

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»**



***I Міжнародна науково-технічна конференція
викладачів, аспірантів і студентів***

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ СИСТЕМ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ТА
ПОБУТОВИХ ОБ'ЄКТІВ**

Збірник наукових праць



Донецьк – 2013

Міністерство освіти і науки України

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»

I Міжнародна науково-технічна конференція
викладачів, аспірантів і студентів

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ПРОМИСЛОВИХ ТА ПОБУТОВИХ ОБ'ЄКТІВ**

Збірник наукових праць

м. Донецьк

17-18 жовтня 2013 р.

Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів. Збірник наукових праць I Міжнародної науково-технічної конференції викладачів, аспірантів і студентів: 17-18 жовтня 2013 р., м. Донецьк: «ДВНЗ» ДонНТУ, 2013. – 197 с.

До збірника увійшли матеріали доповідей, представлених на I-й Міжнародній науково-технічній конференції викладачів, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів», яку проведено кафедрою електропостачання промислових підприємств і міст електротехнічного факультету ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». Збірник призначений для викладачів, аспірантів і студентів вищих технічних навчальних закладів, а також фахівців з електропостачання, охорони праці, пожежної безпеки та робототехніки.

Представлені результати досліджень та розробок вчених із провідних технічних вузів та наукових закладів України (Алчевськ, Вінниця, Горлівка, Дніпропетровськ, Донецьк, Запоріжжя, Івано-Франківськ, Київ, Краматорськ, Кривий Ріг, Львів, Маріуполь, Мелітополь, Одеса, Севастополь, Суми, Харків, Черкаси), Росії (Москва), Польщі (Краків).

Організаційний комітет: голова – д.т.н., проф. Ковальов О.П.; співголови – д.т.н., проф. Курінний Е.Г., к.т.н., проф., проректор із науково-педагогічної роботи, зав. каф. ЕПМ Левшов О.В., д.т.н., проф., декан ЕтФ, зав. каф. ЕСИС Гребченко М.В.; заст. голови – к.т.н., доц. Сольоний С.В.; відповідальний секретар – к.т.н., доц. Бершадський І.А.; члени – к.т.н., доц. Олійник В.Г., к.т.н., доц. Коломитцев А.Д., к.т.н., доц. Чурсінов В.І., к.т.н., доц. Джура С.Г., к.т.н., доц. Погрібняк Н.М., к.т.н., доц. Шлепньов С.В., к.т.н., доц. Шевченко О.А., к.т.н., доц. Якімішина В.В., ас. Халявінська Н.М., асп. Сольона О.Я., ст. виклад. каф. ЕМ і ТОЕ Мельник А.А., адмін. web-ресурсу конф. Рябошапка А.О.

Міжнародний оргкомітет: д.т.н., проф., зав. каф. ТЕЕП, РДУ нафти та газу ім. І.М. Губкіна Єршов М.С. (Росія, м. Москва); д.т.н., проф., зав. каф. ОЕС, Краківська політехніка Гудим В.І. (Польща, м. Краків); д.т.н., доц. університету Сержи-Понтуаз Энафф Патрик (Франція, м. Сержи-Понтуаз).

Відповідальність за зміст, новизну та оригінальність наданого матеріалу несуть автори статей.

Затверджено вченою радою електротехнічного факультету ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». Протокол № 7 від 27.09.2013 р.

© ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», 2013 р.

Адреса оргкомітету: ДВНЗ «ДонНТУ», електротехнічний факультет, кафедра електропостачання промислових підприємств і міст, вул. Артема, 83001, м. Донецьк, Україна, 8-й учбовий корпус, к. 8.402. Тел.: (062) 301-03-06, (066) 196-40-52 (Сольоний Сергій Валентинович). Сайт конференції: http://etf.donntu.edu.ua/konf_epm/. Е-mail конференції: konfepm@donntu.edu.ua.

ДО АВТОРІВ

Міжнародна науково-технічна конференція викладачів, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів» започаткована у 2012 році як всеукраїнська науково-технічна конференція на базі кафедри «Електропостачання промислових підприємств і міст» електротехнічного факультету Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет». Але вже після проведення першої конференції було прийнято рішення перетворити її на міжнародну бо були отримані пропозицій з Росії, Польщі, Франції до міжнародної наукової співпраці та розширення оргкомітету.

На сьогодні організаційний комітет конференції складається як з членів електротехнічного факультету ДВНЗ «ДонНТУ» так і з представників Російського державного університету нафти та газу ім. І.М. Губкіна (Росія, м. Москва), Краківської політехніки (Польща, м. Краків) та Університету Сержи-Понтуаз (Франція, м. Сержи-Понтуаз).

Будь-яка науково-технічна конференція сприяє розвитку науково-дослідної роботи студентів, молодих вчених, викладачів, а також дозволяє поєднати у творчій тандем науковців та виробників.

Тематичні напрямки конференції охопили актуальні питання електроенергетики, охорони праці, пожежної безпеки та багато інших, наприклад, таких сучасних, як технології Smart Grid та робототехніка.

Конференція має свій сайт, на якому розміщуються електронні версії збірників наукових праць конференції, фотогалереї засідань та інша важлива інформація.

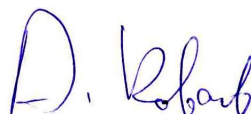
Оргкомітет висловлює подяку всім науковцям та виробникам, які взяли участь у конференції.

Бажаємо і надалі бути наполегливими, креативними та інноваційними у Вашій науковій діяльності.

Сподіваємось на подальшу продуктивну наукову-технічну співпрацю.

З повагою,

Голова організаційного комітету,
д.т.н., проф., проф. каф. ЕПМ



О.П. Ковальов

Заступник голови
організаційного комітету,
к.т.н., доц., доц. каф. ЕПМ



С.В. Сольоний

Зміст

Ковалев А.П., д.т.н., проф. О ПРОБЛЕМАХ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ОПАСНЫХ В ОТНОШЕНИИ ВЗРЫВОВ И ПОЖАРОВ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	12
Бондаренко Є.А., к.т.н., доц. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ПРИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННІ ПРОМИСЛОВИХ ТА ПОБУТОВИХ ОБ’ЄКТІВ.....	15
Ершов М.С., д.т.н., проф.; Анцифоров В.А., магистр; Мелик-Шахназарова И.А., к.т.н., доц. ОЦЕНКА НЕЗАВИСИМОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	17
Банин Д.Б., к.т.н., доц.; Банин Д.Б.; Бедерак Я.С. РАСЧЕТ РЕАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПЕРЕТОКА РЕАКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АСКУЭ.....	18
Егоров А.В., д.т.н., проф.; Малиновская Г.Н., к.т.н.; Синицына Н.В. ВЕРОЯТНОСТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК СРЕДСТВАМИ АСУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ.....	20
Комков А.Н., аспирант О ПАРАМЕТРАХ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В СИСТЕМЕ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	22
Шутенко О.В., к.т.н., доц.; Баклай Д.Н., ассистент МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ГРАНИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАСТВОРЕННЫХ В МАСЛЕ ГАЗОВ.....	24
Ликаренко А.Г., к.т.н., доц.; Петриченко А.А., аспирант К ВОПРОСУ ЗАЩИТЫ ОТ ТОКОВ УТЕЧКИ В РУДНИЧНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.....	26
Синчук О.Н., д.т.н., проф.; Гузов Э.С., к.т.н., доц.; Яловая А.Н., соиск. К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА ЭЛЕКТРОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ.....	28
Мелик-Шахназарова И.А., к.т.н., доц.; Трифонов А.А., к.т.н., доц. К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ.....	30
Гаврилюк А.Ф., ад’юнкт; Гудим В.І., д.т.н., проф. ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНІ РЕЖИМИ ЕЛЕКТРООБЛАДНЕННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	32
Лугчин Т.М., аспірант КЛАСИФІКАЦІЯ ГРАФІКІВ СПОЖИВАННЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЧАСТКОВОГО СИНГУЛЯРНОГО РОЗКЛАДУ.....	34
Солёная О.Я., аспірант ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ИЗОЛЯЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ К ПЕРЕГРУЗКАМ.....	36
Луценко І.М., асистент ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВИБУХОБЕЗПЕЧНИХ ПІДСТАНЦІЙ ВИДОБУВНИХ ДІЛЬНИЦЬ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ.....	40
Соломчак А.О., магистр; Соломчак О.В., к.т.н., доц. ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ НЕЛІНІЙНИХ ПОБУТОВИХ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ.....	42
Юрченко В.А., студент; Дорошенко О.І., к.т.н., доц. ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ВИЩИХ ГАРМОНІК СТРУМУ ПІДСТАНЦІЇ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ.....	44

Касаткіна І.В., студент; Дорошенко О.І., к.т.н., доц. ПРО КОМПЕНСАЦІЮ РЕАКТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИ НАПРУЗІ 6(10) КВ.....	46
Лобанов Ю.Ю., студент; Нестерчук Д.М., к.т.н., доц. РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА З ГРУПИ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ.....	48
Заїка В.Т., д.т.н., проф.; Калінніков В.Б., аспірант ВДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИРШЕННЯ ПИТАННЯ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ШАХТНИХ ПІДЗЕМНИХ МЕРЕЖАХ.....	50
Заболотный А.П., к.т.н., доц. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ НА ПРОЦЕССЫ ЭНЕРГООБМЕНА В СИСТЕМАХ ЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	51
Пастушенко М.С., асистент; Борисовська Ю.А., студент; Цибульський А.С., студент ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДЛЯ ПОТРЕБ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ.....	53
Пачева А.В., студент; Нестеренко О.М., студент; Попова І.О., к.т.н., доц. РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОГО ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА.....	54
Рухлова Н.Ю., аспірант МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ШАХТНОГО ВОДООТЛИВА.....	56
Гудим В.І., д.т.н., проф.; Косовська В.В., магістр; Мамцяж Д., магістр ВПЛИВ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАЛЬНОГО АГРЕГАТА З КЕРОВАНИМ ФІЛЬТРОМ СТРУМУ НА СИСТЕМУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	58
Гудим В.І., д.т.н., проф.; Назаровець О.Б., викладач ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ ПРИЧИН ЗАГОРЯНЬ ВІД ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ.....	60
Гудим В.І., д.т.н., проф.; Янків В. В., викладач ОСОБЛИВОСТІ РЕЖИМІВ ТРИФАЗНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ СОЦІАЛЬНО-ПОБУТОВОГО СЕКТОРУ.....	62
Кошевой Д.О., аспірант РЕЖИМЫ РАБОТЫ СТАЦИОНАРНЫХ УСТАНОВОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ.....	64
Бурлака В.В., к.т.н.; Гулаков С.В., д.т.н., проф.; Федоровська С.О. ШВИДКОДІЮЧИЙ КОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ З АКТИВНИМ ФОРМУВАННЯМ КОМУТАЦІЙНИХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ.....	66
Бурлака В.В., к.т.н.; Гулаков С.В., д.т.н., проф.; Поднебенна С.К. ГІБРИДНИЙ КОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ З ПЛАВНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ.....	68
Долгих В.С. магістр; Олейник В.Г. доцент, к.т.н. ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АСКУЭ.....	70
Халявинская А.Д., магістр; Куренный Э.Г., проф., д.т.н. АППРОКСИМАЦІЯ КРИВОЇ ТОКА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТИ 6 КВ.....	72
Переломов І.А., магістр; Рябошапка А.О., студент; Сольоний С.В., к.т.н., доц. РОЗВИТОК СПОСОБІВ УЗГОДЖЕННЯ ЗАХИСТІВ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	73
Гресько А.С., магістр; Солёный С.В., к.т.н., доц.; Демченко Г.В., к.т.н., доц. СОВРЕМЕННЫЕ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ОБЪЕКТОВ, СВЯЗАННЫХ С ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕКА.....	74

Манукян К.А., магістр; Літвінов В.В., к.т.н., доц. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБМОТКИ СТАТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКИХ МОДЕЛЕЙ.....	75
Джуржий П.О., здобувач; Літвінов В.В., доц., к.т.н. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ГРУПОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ГЕС З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОАГРЕГАТИВ.....	78
Кіянюк О.І., аспірант; Гладь І.В., к.т.н. доцент ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРЕЦЕЗІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА.....	81
Федорич І.М., студент; Гладь І.В., к.т.н., доц. АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУХИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ З ЛИТОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ.....	83
Іллюченко П.О.; Кравченко Р.І., к.т.н., с.н.с. ВИМОГИ МІЖНАРОДНИХ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ДО СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ.....	85
Губанов Р.О., ст. наук. співробітник ДО ПИТАННЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРОВОДІВ З АЛЮМІНІЄВИМИ ТА МІДНИМИ ЖИЛАМИ НА ПРИЧЕТНІСТЬ ДО ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ.....	87
Владимиров Ю.В., к.т.н., проф. ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ – ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ.....	89
Семенюк Н.В., інженер; Лежнюк П.Д., д.т.н., проф. ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКІВ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ ВІД ТРАНЗИТНИХ ПЕРЕТОКІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ.....	91
Харитонов О.О., старший преподаватель АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	93
Эмджали А.М., магистр; Стопник А.Е., магистр; Солёный С.В., к.т.н., доц. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ПРОГРАММИРУЕМЫЕ РЕЛЕ В АВТОМАТИЧЕСКОМ ВВОДЕ РЕЗЕРВА.....	95
Находов В.Ф., к.т.н., доц.; Бориченко О.В., к.т.н., доц.; Іванько Д.О., аспірант ВИБІР МЕТОДУ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	96
Федоша Д.В., ассистент ФОРМИРОВАНИЕ УЗЛОВ НАГРУЗКИ ПРИ СИНТЕЗЕ СТРУКТУРЫ ЦЭС СОДЕРЖАЩЕЙ ЭЛЕКТРОПРИЁМНИКИ С ФУНКЦИЕЙ РЕКУПЕРАЦИИ.....	98
Чупирь В.П., магістр; Демченко Г.В., к.т.н., доц.; Сольоний С.В., к.т.н., доц. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕНЕРГОБЛОКУ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	100
Улітко О.С., магістр; Нагорный М.А., к.т.н., с.н.с.; Сольоний С.В., к.т.н., доц. ТЕПЛОВІЗІЙНИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ПРОТИПОЖЕЖНОМУ ОБСТЕЖЕННІ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ.....	101
Лоскутов Р.И., магистр; Василец С.В., к.т.н. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТУРБОКОМПРЕССОРА ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	103
Крещак Р.И., магистр; Мельник А.А., старший преподаватель CARTEUR PORTÉ POUR ETUDE DE LA DYNAMIQUE DES MOUVEMENTS DE L'ETRE HUMAIN.....	105

Федорченко А.А., магистр; Василюк С.В., к.т.н. УСТРОЙСТВО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНОСТИ ВЗРЫВА МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ШАХТЕ.....	107
Лісієнко Д.А., студент; Шлепньов С.В., к.т.н., доц. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЯК ЗАСОБУ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У МІСЬКИХ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ.....	109
Безбородова Е.В., студент; Шлепнёв С.В., к.т.н., доц. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ОПЛАТЫ ЗА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ НА КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	111
Дяговченко І.М., студент; Лебедка С. М., асистент ВИБІР ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ.....	113
Король О.В., аспірант; Говорова К.В., студент ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ Я МІСТ НА ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ.....	114
Пеньков О.В. АНАЛІЗ ТЕПЛООВОГО СТАНУ ВЕНТИЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГУНА.....	116
Лайкіна Є.В., студент; Веремійчук Ю.А, аспірант; Замулко А.І, к.т.н., доц. АНАЛІЗ РИЗИКІВ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ ПРИ ПРИЄДНАННІ СПОЖИВАЧІВ ДО ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ.....	118
Беляева Л.Л., старший преподаватель УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА БАЗЕ ПЛК FES FC620.....	119
Заика В.Т., д.т.н., проф.; Прокуда В.Н. НОВЫЙ ЭФФЕКТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕНТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ КОНВЕЙЕРОВ.....	121
Груздев А.П., доцент АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІОННИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПС 35-110(150)КВ НА ЮГЕ ЗАПОРОЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	123
Кравчук С.Н., Бурлака В.В., к.т.н.; Гулаков С.В., д.т.н., проф. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ АКТИВНЫЙ ФИЛЬТР С АНАЛОГОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ.....	125
Кігель А.Г., асистент РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ РЕСУРСУ ТРАНСФОРМАТОРА.....	127
Волоцький А.М., ас.; Девятко М. В., к.т.н.; Милосердов В.О., к.е.н. ПОКРОКОВА ОПТИМІЗАЦІЯ НЕПОВНОФАЗНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ.....	129
Кулаковський Л.Я., аспірант; Розен В.П., к.т.н., проф. ЗНАХОДЖЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МГУА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ТОРФУ В ПАРОВИХ ТРУБЧАТИХ СУШАРКАХ.....	131
Маренич К.М., к.т.н., доцент ЗАПРОВАДЖЕННЯ ДВОБІЧНОГО ЗАХИСНОГО ЗНЕСТРУМЛЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ЯК ДІЄВИЙ ЗАХІД ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ШАХТНИХ ПРОМИСЛОВИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ.....	133
Полях О.М., Доля В.М. ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТЯГОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ.....	135

Кошеленко Є.В., аспірант; Випанасенко С.І., д.т.н., проф. ВИЗНАЧЕННЯ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ МАГНІТОСТРИКЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ПРИ ІМПУЛЬСНОМУ ЗБУДЖЕННІ.....	136
Скоробогатова І.В., аспірант АДАПТИВНІ ПИД-РЕГУЛЯТОРИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕННЯ РАБОТОЮ КАМЕРНОЇ ПЕЧИ С ВИДВИЖНИМ ПОДОМ.....	138
Шевченко С.Ю., к.т.н., проф.; Довгалюк О.М., к.т.н., доц.; Піротті О.Є., к.т.н., доц.; Єрмоленко Б.Ф., зав. лаб. ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГИ ДЛЯ ЗАХИСТУ ІЗОЛЯЦІЇ ЕКРАНУ КАБЕЛЯ.....	140
Довгалюк О.М., к.т.н., доц.; Омеляненко Г.В., к.т.н., доц. КРИТЕРІЙ ВИБОРУ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	142
Івженко О.А., студент; Курінний Е.Г. д.т.н., проф. УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ.....	144
Піхтарь О.В., студент; Жарков В.Я., к.т.н., доцент ОСОБЛИВІСТЬ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАНЗИСТОРІВ ВЧ ГЕНЕРАТОРА ЕПРА ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП.....	146
Каретник В.В., Алексютін П.О., студенти; Жарков В.Я., доцент, к.т.н. ОСВІТЛЕННЯ ДІЛЯНОК АВТОДОРОГИ ВІД ВЕТРИКАЛЬНООСЬОВИХ ВІТРОУСТАНОВОК.....	148
Пешков М.О., студент; Жарков В.Я., к.т.н., доцент ОБГРУНТУВАННЯ ТИПУ ФОТОЕЛЕКТРОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ПОБУТОВОЇ ФОТОЕЛЕКТРО СТАНЦІЇ.....	149
Ломиш В.В., студент; Жарков В.Я., к.т.н., доцент ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВУЛИЧНИМ ОСВІТЛЕННЯМ СІЛЬСЬКОГО НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ.....	152
Базюк Т.М., аспірант; Трохимчук Д.С., студент МІКРОМЕРЕЖІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ПІДХІД ДО СИСТЕМНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ДЖЕРЕЛ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТА АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА.....	154
Лежнюк П.Д., д.т.н., проф.; Рубаненко О.Є., к.т.н., доц.; Килимчук А.В., аспірант ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЛОКАЛЬНИХ САК З ВРАХУВАННЯМ СИСТЕМНОГО ЕФЕКТУ.....	156
Галушак І.Д., доцент; Катеринок В.В., магістр ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ НА ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЯХ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ ПРОМИСЛІВ.....	158
Левшов А.В., проф., к.т.н.; Коротков А.В., ст.пр.; Шестаков А.С., студент МОНІТОРИНГ ЕЛЕКТРОСНАБЖЕННЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦІЇ СОВРЕМЕННОГО ЗДАНИЯ.....	160
Жарков В.Я., доцент, к.т.н АНАЛІЗ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	162
Розіскулов С.С.; Михайлів В.І.; Грабчук Б.Л. ВИКОРИСТАННЯ ЯВИЩА АБСОРБЦІЇ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАБЕЛІВ.....	164
Чорноус Є.В., ст. викладач; Ковальов О.П., д.т.н., проф.; Готін Б.О., студент СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНОЇ ФАЗИ В КОМБІНОВАНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ.....	166
Голинько В.И., д.т.н., проф.; Фрундин В.Е., к.т.н., доц. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК.....	168

Горбенко Е.О., студентка ЭТФ; Гришанов С.А., старший преподаватель РАСЧЕТ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ПРОМОЩИ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСА POWERFACTORY.....	170
Бурый С.В., ассистент.; Халимов В.В., к.т.н., доц. ОЦЕНКА СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ УГОЛЬНОЙ.....	172
Кузнецов П.А., студент; Рудик Ю.И., к.т.н., доц.; Сольоний С.В., к.т.н., доц. НОВИ МЕТОДИ РЕГУЛЮВАННЯ СИСТЕМАМИ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ ПЕРЕРОБКИ ШАХТНОГО МЕТАНУ.....	174
Лужнев А.И., аспирант ВЕНТИЛЬНЫЙ РЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПРИ ПИТАНИИ ОТ ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.....	178
Ковалев А.П., д.т.н., проф.; Лехтман И.И., к.т.н., доц. ОЦЕНКА ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ГАЗИФИЦИРОВАННОГО ПОМЕЩЕНИЯ... ..	180
Переломов А.А., магистр; Бершадский И.А, доц., к.т.н. ОЦЕНКА МОДЕРНИЗАЦИИ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП НА СВЕТОДИОДНЫЕ ЛАМПЫ.....	182
Лысенко Ю.Л., магистр; Шавёлкин А.А., д.т.н., проф.; Мирошник Д.Н., к.т.н. ТРЕХУРОВНЕВЫЙ АКТИВНЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ.....	184
Деревянко Ю.С., магистр; Шавёлкин А.А., д.т.н., проф.; Мирошник Д.Н., к.т.н. ФОРМИРОВАНИЕ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЕХУРОВНЕВОГО РЕЛЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ.....	186
Буйнов С.И., магистр; Бершадский И.А., к.т.н., доц. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ПО ЕГО КОЛЕБАНИЮ ОТ НОМИНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ.....	188
Квашнин В.О., к.т.н., доц.; Кириенко Т.В., ассистент ПРОБЛЕМЫ УЧЁТА ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ.....	191
Федів Є.І., к.т.н., доц.; Сівакова О.М., к.т.н., доц. СПОСІБ КЕРУВАННЯ СИЛОВИМИ ВИПРЯМЛЯЧАМИ У ВУЗЛАХ НАВАНТАЖЕННЯ.....	193
ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЕРЕНЦІЮ.....	195

О ПРОБЛЕМАХ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ОПАСНЫХ В ОТНОШЕНИИ ВЗРЫВОВ И ПОЖАРОВ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ковалев А.П., д.т.н., проф.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Под безопасностью будем понимать свойства объекта не допускать ситуаций, опасных для людей и окружающей среды [1].

Под объектом будем понимать промышленное предприятие, на котором при его эксплуатации возможен взрыв, пожар, выброс вредных и опасных для человека и окружающей среды веществ: шахты, химические предприятия, газопроводы, атомные электростанции, морские суда, склады боеприпасов и т.д.

Под ситуацией будем понимать совпадение в пространстве и времени ряда случайных независимых событий, имеющих различную частоту появления и длительность существования. Определенная ситуация на объекте может привести к аварии или катастрофе.

Под аварией на объекте будем понимать случайное появление взрывов, пожаров, выбросов радиоактивных веществ в атмосферу и т.д., сопровождающихся материальными убытками за счет порчи оборудования, загрязнения окружающей среды и прекращения технологического цикла. Под катастрофой будем понимать аварию, при которой гибнут люди.

Безопасность на объекте обеспечивается надежной работой автоматических средств защиты, реагирующих на недопустимое изменение контролируемых параметров (величину электрического тока, напряжения, температуру, давление, концентрацию взрывоопасного газа, скорость проветривания и т.д.).

За надежную работу автоматических средств защиты отвечают фирмы, изготавливающие и поставляющие их на объект, а также обслуживающий это оборудование персонал. Следовательно, под обеспечением безопасности объекта будем понимать техническую возможность автоматических средств защиты и обслуживающего их персонала не допускать ситуаций, которые приводят к авариям (катастрофам).

Под опасным состоянием автоматических средств защиты будем понимать такое их состояние, когда при случайном выходе контролируемых параметров оборудования за допустимый уровень, происходит их отказ в срабатывании. Опасные состояния средств защиты обнаруживаются либо с помощью автоматической системы диагностики, либо в результате профилактического их осмотра.

Под опасным состоянием окружающей среды будем понимать независимое случайное загазирование помещения, в котором находится оборудование (цеха, выработки шахт, трюм корабля и т.д.) или случайное нахождение горючего материала вблизи возможного появления источника поджига.

Под риском будем понимать меру опасности при эксплуатации объекта. Риск может быть измерен числом аварий (катастроф) на объекте в единицу времени. Индивидуальный риск – мера опасности для человека, измеряемая числом погибших в единицу времени от данного вида деятельности и на данном объекте.

Нормативные документы [2] и [3], регламентируют вероятность возникновения взрывов и пожаров на технологических объектах. Производственные процессы должны были разрабатываться так, чтобы вероятность возникновения взрывов на любом взрывоопасном участке в течение года не превышало величину $1 \cdot 10^{-6}$. Вероятность возникновения пожаров в электротехническом и другом единичном изделии не должна превышать $1 \cdot 10^{-6}$ в течение года.

Специалисты в области безопасности технических систем принимают интенсивность появления аварий (катастроф) $H = 1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ как тот уровень риска, к которому следует стремиться на промышленных предприятиях.

Объясняется этот уровень тем, что частота аварий (катастроф) на конкретном объекте, равная $1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$, настолько мала, что ради выгоды, получаемой от эксплуатации объекта, общество (люди) готовы пойти на такой риск [4].

Проведенный анализ за период 2000-2012 года показал, что интервалы времени между смежными авариями (катастрофами) на объектах в различных отраслях промышленности и по различным причинам не противоречат экспоненциальным функциям распределения вероятностей по критерию согласия Бартлетта.

Физический смысл величины $H = 1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$ можно объяснить следующим образом. Если под наблюдением в течение времени $T = 1 \text{ год}$ будет находиться $N = 1000000$ однотипных объектов, то статистически допускается одна авария (катастрофа) $n = 1$ в течение года на одном из них:

$$H = \frac{n}{N \cdot t} = \frac{1}{1000000 \cdot 1} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.} \quad (1)$$

В этом случае вероятность появления аварий (катастроф) на объекте в течение времени t может быть определена следующим образом:

$$F_1(t) = 1 - e^{-H \cdot t}, \quad (2)$$

В том случае, если $H \cdot t < 0,1$ то $F(t) \cong H \cdot t$. При $t=1 \text{ год}$ $F(1) \cong H$.

Статистический анализ данных о крупных авариях (катастрофах), произошедших за период 2002-2012 года по различным отраслям промышленности России и Украины показал, что степень риска их появления в этих странах находится на уровне $H \cong 1 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$, т.е. на три порядка больше нормируемой величины.

Борьба с авариями на технологических объектах может проводиться по двум направлениям:

а) прогнозирование катастроф, разработка технических и организационных мероприятий по их предупреждению;

б) использование существующих способов и средств, а также разработка новых, которые позволяют ликвидировать последствия аварии в кратчайшие сроки и с минимальными затратами.

Оценка нами этих двух направлений показала, что экономические затраты по первому направлению, обозначим их Z_1 , и второму Z_2 , для крупных объектов находятся в следующем соотношении:

$$Z_1 < 1000 \cdot Z_2. \quad (3)$$

Соотношение (3) означает, что затраты на то, чтобы не допустить катастрофу в 1000 раз меньше, чем затраты на ее ликвидацию и восстановление технологического цикла. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать первое направление обеспечения безопасности объекта.

Основную задачу по обеспечению безопасности объекта можно сформулировать следующим образом: разработать организационные и технические рекомендации с минимальными экономическими затратами для осуществления перехода от реального уровня безопасности ($1 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$) к нормируемому ($1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$), т.е. почти полностью исключить появление аварий и катастроф на нем при его эксплуатации.

На сегодняшний день в Украине, да и в России, не существует приемлемых для практического применения методик, которые позволили бы для конкретного объекта оценить уровень его безопасности, обосновать с экономической точки зрения рекомендации, которые позволили бы осуществить переход от реального (в большинстве случаев низкого) уровня безопасности к нормируемому.

В первую очередь необходимо определить, на каком же уровне безопасности находится каждый конкретный объект Украины, опасный в отношении взрывов и пожаров. Используя существующие нормы по допустимому риску, задачу по обеспечению безопасности любого объекта, опасного в отношении взрыва и пожара, можно сформулировать следующим образом.

Определить, какую статистическую информацию об объекте необходимо получить в течение времени T , чтобы оценить уровень его безопасности (степень риска) и если он окажется больше допустимого $H_1 > 1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$, то какие организационные и технические мероприятия необходимо использовать, чтобы вывести его на допустимый уровень риска, т.е. почти полностью исключить аварии (катастрофы) на данном объекте [5].

Для решения поставленной задачи необходимо разработать математическую модель процесса формирования возможных аварий (катастроф) на объекте, опасном в отношении взрывов и пожаров при его эксплуатации.

На основе марковских случайных процессов с дискретным числом состояний и непрерывным временем авария (катастрофа) на объекте была представлена нами как процесс совпадения в пространстве и времени определенного числа событий, имеющих различную частоту появления и длительность существования. Это позволило получить две системы линейных алгебраических уравнений и две системы линейных дифференциальных уравнений, из которых возможно определить:

- среднее время до первой аварии (катастрофы);
- дисперсию времени до аварии (катастрофы);
- вероятность появления аварии (катастрофы) на объекте в течение времени с учетом состояния оборудования, окружающей его среды, надежности средств защиты и сроков их диагностики;
- экономическую оценку объекта при нахождении его в течение времени в каждом из возможных состояний.

Используя полученные зависимости для данного конкретного объекта, представляется возможность разрабатывать организационные и технические мероприятия, которые позволяют выводить его на допустимый уровень по безопасности с минимальными экономическими затратами.

Список литературы

1. Надежность систем энергетики. Терминология: Сборник рекомендов. терминов / АН СССР, комитет науч.-техн. терминологии. Науч. совет по комплекс. проблеме энергетики. – М., 1980. – Вып.95. – 44 с.
2. ГОСТ 12.1.010 – 76. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 7 с.
3. ГОСТ 12.1.004 – 91. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 256 с.
4. Хенли Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Дж. Хенли, Х. Кумамото Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
5. Ковалев А.П. О проблемах оценки безопасности электротехнических объектов / А.П. Ковалев // Электричество. – 1991. – № 8. – С. 50-55.

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ПРИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННІ ПРОМИСЛОВИХ ТА ПОБУТОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Бондаренко Є. А., к.т.н., доц.

(Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна)

Практично всі люди на виробництві, в побуті, громадських місцях є споживачами електричної енергії і мають справу з електроустановками. Експлуатація електроустановок потенційно небезпечна, оскільки пов'язана з використанням (виробленням, транспортуванням, зберіганням і перетворенням) електричної енергії, яка накопичується в устаткуванні, тілі людини й навколишньому середовищі. Неконтрольований вихід енергії на людину у певних умовах супроводжується небажаними подіями – електротравмами, які завдають значних економічних, етично-моральних проблем особі, сім'ї та суспільству.

Сучасний стан промислової безпеки та охорони праці на підприємствах, що перебувають у сфері управління Міненерговугілля України, не можна вважати задовільним: стабільно збільшується кількість небезпечних робочих місць, де в результаті застосування застарілої техніки та обладнання (в енергетиці зношеність енергетичного обладнання досягла критичного рівня) ризик нещасних випадків зростає, незадовільними є забезпечення працюючих засобами індивідуального захисту та рівень знань працівників з питань охорони праці; серйозною проблемою галузі є велика кількість енергетичних об'єктів (ліній електропередачі, трансформаторних підстанцій, розподільчих пунктів), що перебувають у власності підприємств – споживачів електроенергії, які не мають відповідної інфраструктури та матеріально-технічної бази для забезпечення необхідного рівня їх експлуатації; коефіцієнт частоти нещасних випадків зі смертельними наслідками становить близько 6 випадків на 100 тис. працюючих за рік, що значно перевищує рівень європейських країн [1]. Отже «напруга» в управлінні системою електробезпеки при електропостачанні промислових та побутових об'єктів є досить високою. І якщо її не знімати, вона знову і знову битиме по галузі аж ніяк не європейським рівнем травматизму.

Вимога абсолютної безпеки, що панувала у радянському суспільстві, навряд чи була виправдана, оскільки, з одного боку, будь-який вид людської діяльності носить імовірнісний характер і в силу цього пов'язаний з деяким початковим ризиком. Тому при вирішенні проблеми електротравматизму необхідне нове теоретичне обґрунтування на основі нового міждисциплінарного напрямлення – системного аналізу, оцінки та аналізу ризику, яке б дозволило вибрати оптимальний комплекс засобів та заходів для мінімізації ризику електротравматизму на різних ієрархічних рівнях управління системою електробезпеки.

Мета дослідження. Розробити пропозиції по удосконаленню управління системою електробезпеки при електропостачанні промислових та побутових об'єктів з урахуванням теорії ризику та сучасної концепції електробезпеки.

Результати дослідження. Аналіз багаточисельних даних по електротравматизму показав, що типовими причинами електротравм виявилася така послідовність подій-передумов: помилка людини, відмова електроустаткування і несприятлива для них зовнішня дія; поява небезпечного чинника (електричної енергії) в несподіваному місці і невчасно; відсутність або несправність передбачених на ці випадки засобів захисту і неточні дії людини в такій ситуації; поширення і дія небезпечних чинників на людину.

Автором статті проводився аналіз навчальних посібників з охорони праці та безпеки життєдіяльності, присвячених розгляду базових питань оцінки та аналізу ризику з електробезпеки, який показав, що на сьогоднішній день немає єдиної методології, яка регулює порядок проведення оцінювання ризику в електроустановках. Відсутній системний підхід до аналізу й оцінювання ризику, який би найбільш повно відображав реальні механізми виникнення й розвитку електротравм при взаємодії людини з електроустановками.

Публікації, що з'являються із оцінювання та аналізу ризику електротравматизму, відрізняються суперечністю факторів дії електрики, точністю методів оцінювання ризику, спірністю трактувань, визначень, не містять системних рекомендацій щодо рішення проблеми електробезпеки, що характерно при виникненні і розвитку нових теорій [2].

Для успішного вирішення проблеми забезпечення електробезпеки людини у виробничому середовищі пропонується прийняття сучасної науково обґрунтованої методології на основі системного аналізу, що базується на об'єктивних уявленнях про природу та закономірності причин електротравматизму і обґрунтовує основні принципи теоретичних досліджень щодо аналізу ризику електротравматизму (аналізу можливості небезпечного розвитку подій в сукупності з небажаними для людини наслідками).

Такою методологією, відповідно до [3], є запропонована концепція електробезпеки. Згідно з нею, для забезпечення безпечних умов взаємодії людини з електроустановками в певному середовищі, дія електричної енергії на людину не повинна перевищувати граничних значень. Гранично допустимі значення електричної енергії, яка поглинається тілом людини, повинні встановлюватися з урахуванням параметрів конкретної людини при відповідних значеннях напруги дотику, струму, який протікає через тіло людини, його роду, частоти і часу дії. Значення для енергії, що поглинається тілом людини середньостатистичних параметрів, яка взаємодіє з електроустановками надвисокої напруги промислової частоти, не повинно перевищувати 0,36 Дж. З урахуванням цієї умови повинні прийматися рішення по оцінці ризику енергобезпеки та при розробці керівництвом інформації для здійснення тактичного та оперативного управління.

З урахуванням значень допустимої енергії та параметрів конкретної людини повинні визначатися первинні критерії електробезпеки: гранично допустимі значення напруги дотику та сили струму, допустимий час перебування людини в електричному полі промислової частоти.

Чинні в Україні базові стандарти з електробезпеки, щодо вимог до заходів захисту від ураження електрикою: ГОСТ 12.1.019-76 ССБП "Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту, ГОСТ 12.1.30-81 ССБП "Електробезпека. Захисне заземлення, занулення", ГОСТ 12.1.038-82 ССБП "Електробезпека. Гранично допустимі рівні напруг дотику і струмів", ГОСТ 12.1.002-84 ССБП "Електричні поля промислової частоти. Допустимі рівні напруженості та вимоги до проведення контролю на робочих місцях", не враховують параметри конкретної людини, взаємозв'язок з кількістю енергії, поглинутої її тілом, та не дозволяють визначити ризик електротравматизму. Закон України "Про охорону праці" визначає основні положення стосовно реалізації конституційних прав громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності та принципи державної політики у сфері охорони праці. Зокрема, ст.28 Закону України "Про охорону праці" визначає: "Нормативно-правові акти з охорони праці переглядаються ... не рідше одного разу на десять років". Відповідно до цього Закону, необхідне розроблення і створення сучасної нормативної бази України з електробезпеки.

Тому, для зменшення травматизму при електропостачанні промислових та побутових об'єктів, необхідно застосувати дані пропозиції, що дозволили б вдосконалити систему управління енергобезпекою.

Перелік посилань

1. Фандєєв Олександр. Охорона праці ... Під напругою / Фандєєв Олександр // Охорона праці – 2012. – № 10. – С.10 – 11.
2. Бондаренко Є. А. Методи аналізу та оцінювання ризику електротравматизму / Бондаренко Є. А. // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2013. – № 2. – С. 52-56.
3. Кутін В. М. Принцип управління енергобезпекою при організації робіт в електроустановках надвисокої напруги / В. М. Кутін, Є. А. Бондаренко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка та енергетика» – 2013. – № 1(14). – С. 138-143.

ОЦЕНКА НЕЗАВИСИМОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**Ершов М.С., д.т.н., проф.; Анцифоров В.А., магистр;
Мелик-Шахназарова И.А., к.т.н., доц.**

(Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, г. Москва)

Частой причиной массовых отключений электрооборудования непрерывных производств являются кратковременные нарушения электроснабжения, обусловленные короткими замыканиями (КЗ) в электрических сетях внутреннего и особенно внешнего электроснабжения и проявляющиеся в виде провалов напряжения [1-2]. Кратковременные нарушения электроснабжения приводят к самопроизвольному отключению электродвигателей напряжением до 1000 В из-за отпадания магнитных пускателей и к нарушению устойчивости промышленных электротехнических систем (ЭТС) с большой электродвигательной нагрузкой [2]. Проблема осложняется тем, что независимость источников питания, относительно кратковременных нарушений электроснабжения не выполняется, что объясняется замкнутой структурой сетей внешнего электроснабжения, КЗ в электрических сетях часто приводят к одновременным глубоким провалам напряжения на всех вводах системы электроснабжения предприятия. Относительно кратковременных нарушений электроснабжения абсолютно независимых источников питания не бывает в принципе [1]. Выбор и обоснование мероприятий, направленных на повышение надежности и устойчивости работы систем промышленного электроснабжения необходимо производить с учетом реальной оценки независимости источников питания.

Для экспресс оценки независимости источников питания может быть использован метод, предложенный в работе [1]. Экспресс-метод основан на компьютерном моделировании трехфазных КЗ на вводах системы промышленного электроснабжения. Обычно системы промышленного электроснабжения имеют два ввода. В этом случае значение коэффициента зависимости источников можно определить по формуле:

$$k_{zij} = d_{ui} / d_{uj}, \quad (1)$$

где $d_{ui} = (U_{i_норм} - U_{i_КЗ}) / U_{i_норм}$, отн.ед. – глубина провала напряжения на i -ом источнике при коротком замыкании на j -ом источнике; $d_{uj} = (U_{j_норм} - U_{j_КЗ}) / U_{j_норм}$, отн.ед. – глубина провала напряжения на j -ом источнике при коротком замыкании на i -ом источнике; $U_{i_норм}$, $U_{j_норм}$ – нормальные напряжения на i -ом и j -ом источниках; $U_{i_КЗ}$, $U_{j_КЗ}$ – напряжения на i -ом и j -ом источниках при коротких замыканиях на i -ом и j -ом источниках, соответственно.

Экспресс-метод отличается простотой и требует расчета минимального числа аварийных режимов. В месте с тем, данный метод имеет ряд недостатков, включая неоднозначность решений ($k_{zij} \neq k_{zji}$), отсутствие характеристик частоты аварий и другие.

Для устранения недостатков предложен метод, основанный на компьютерном имитационном моделировании коротких замыканий во всех электрически близких узлах системы внешнего электроснабжения. В этом методе значение коэффициента зависимости определяется по формуле:

$$k_{z(i,j)} = N_{(i,j)} / (N_{(i)} + N_{(j)} - N_{(i,j)}), \quad (2)$$

где $N_{(i)}$ и $N_{(j)}$ – частота глубоких (ниже напряжения статической устойчивости) провалов напряжения на i -ом и j -ом вводах; $N_{(i,j)}$ – частота одновременных провалов напряжения на обоих вводах.

Данный метод апробирован как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации систем промышленного электроснабжения.

Список литературы

1. Гуревич Ю.Е., Кабиков К.В. Особенности электроснабжения, ориентированного на бесперебойную работу промышленного потребителя. – М.: ЭЛЕКС-КМ, 2005.- 408 с.
2. Ершов М.С., Егоров А.В., Трифонов А.А. Устойчивость промышленных электротехнических систем. – М.: ООО «Издательский дом «Недра», 2010. – 319 с.

РАСЧЕТ РЕАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПЕРЕТОКА РЕАКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АСКУЭ

Банин Д.Б., к.т.н., доц.¹; Банин Д.Б.¹; Бедерак Я.С.²

(¹НТУУ «Киевский политехнический институт» г. Киев, Украина; ² ПАО "АЗОТ" г. Черкассы, Украина)

В электроэнергетике Украины все крупные потребители электроэнергии рассчитываются с электропередающими организациями (ЭО) за перетоки реактивной электроэнергии согласно действующей Методики [1]. Основная составляющая платы вычисляется по формуле:

$$П1 = \sum (WQ_{П} + 3 \cdot WQ_{Г}) \cdot D \cdot T, \quad (1)$$

где $WQ_{П}$ – потребление реактивной электроэнергии в точках учета за расчетный период (месяц); $WQ_{Г}$ – генерация реактивной электроэнергии в точках учета за расчетный период; D – экономический эквивалент реактивной мощности (ЭЭРМ) в точке учета; T – фактическая средняя закупочная цена на электроэнергию.

На рис. 1 показана схема главной понизительной подстанции (ГПП) потребителя с расчетным учетом на четырех вводах низкого напряжения (НН) трансформатора.

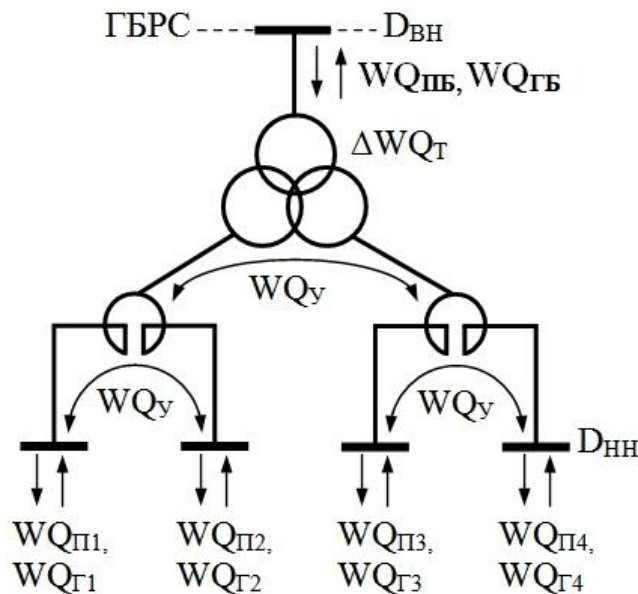


Рисунок 1 – Типовая схема ГПП потребителя

На рис.1 граница балансного раздела сетей (ГБРС) потребителя и ЭО находится на стороне высокого напряжения (ВН) трансформатора. Каждый ввод низкого напряжения содержит присоединения с нагрузкой и с конденсаторной установкой (КУ). Расчетный учет может фиксировать как потребление, так и генерацию реактивной электроэнергии ($WQ_{П}$, $WQ_{Г}$), которые должны быть оплачены согласно формулы (1). Возможна ситуация, когда потребление на одних вводах компенсируется генерацией от других вводов за счет уравнивательных перетоков ($WQ_{У}$). Также за счет генерации могут быть скомпенсированы реактивные потери в трансформаторе ($\Delta WQ_{Т}$). Реальные балансные значения потребления и генерации могут быть получены на ГБРС ($WQ_{ПБ}$, $WQ_{ГБ}$), причем, за счет уравнивательных перетоков будут наблюдаться соотношения: $WQ_{ПБ} < \sum WQ_{П} + \Delta WQ_{Т}$, $WQ_{ГБ} < \sum WQ_{Г}$. ЭЭРМ на вводе высокого напряжения также будет меньше ЭЭРМ на вводах низкого напряжения ($D_{ВН} < D_{НН}$). Таким образом, у предприятия есть стимул к расчету платы за перетоки

реактивной электроэнергии по балансным значениям $W_{Q_{ГБ}}$ и $W_{Q_{ГБ}}$ на ГБРС. Перенос приборного учета на сторону ВН трансформатора связан с значительными расходами и экономически может быть не целесообразным. Альтернативой является использование корректных расчетных методов для определения значений $W_{Q_{ГБ}}$, $W_{Q_{ГБ}}$.

Методика [1] разрешает и рекомендует в условиях сложных схем электроснабжения с переменными направлениями перетоков реактивной мощности в качестве расчетного аппарата использовать средства АСКУЭ, которые должны учитывать все возможные соотношения перетоков в соответствующих временных интервалах. Таким образом возможно расширение аппарата АСКУЭ сертифицированным программным блоком, который бы выполнял функцию расчета балансных значений $W_{Q_{ГБ}}$ и $W_{Q_{ГБ}}$ на ГБРС.

Наибольшего эффекта от компенсации реактивной мощности (КРМ) можно достичь при системном и комплексном ее решении. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии позволяют расширять методологические подходы к реализации и меры по снижению уровня затрат на реактивную мощность. В [2] было отмечено, что в условиях учета электроэнергии не на границе балансовой принадлежности потребителей с ЭО в некоторых случаях некорректно определяются объем перетоков реактивной мощности. Но благодаря информационной базе АСКУЭ можно определить фактические значения перетоков реактивной мощности на границе балансовой принадлежности ЭО и потребителя электроэнергии и формально заменить приборный учет на этой границе. Это позволит промышленным предприятиям рассчитываться с ЭО за действительно потребленную или генерируемую реактивную мощность. На базе программного комплекса РАОТП [3], разработан программный блок расчета баланса перетоков реактивной электроэнергии на ГБРС потребителя и ЭО в составе АСКУЭ промышленных предприятий ("Баланс W_Q АСКУЭ"). Этот блок также позволяет вести расчет потерь электроэнергии в силовых трансформаторах в информационных условиях АСКУЭ.

С 2007 года на предприятии ПАО "АЗОТ" г. Черкассы внедрен сертифицированный программный блок "Баланс W_Q АСКУЭ" – совместная разработка представителей НТУУ "КПИ" и ПАО "АЗОТ". Техническое задание на внедрение программного блока согласовано с электропередающей организацией – ПАО "Черкасыоблэнерго". Программный блок "Баланс W_Q АСКУЭ" применяется для коммерческих расчетов за перетоки реактивной электроэнергии между ПАО "АЗОТ" и ПАО "Черкасыоблэнерго". Внедрение программного блока "Баланс W_Q АСКУЭ" позволило снизить объем ежемесячной платы за перетоки реактивной электроэнергии для ПАО "АЗОТ" в среднем на 20 – 30 %. Таким образом, крупным промышленным предприятиям, в схемах электроснабжения которых возникают встречные перетоки реактивной мощности, выгодно рассчитываться с ЭО по расчетным балансным перетокам реактивной электроэнергии на ГБРС.

Разработанный программный блок "Баланс W_Q АСКУЭ" работает в режиме off-line, не нарушая принятую технологию учета потребления электроэнергии, и не оказывает влияния на метрологические характеристики АСКУЭ.

Перечень ссылок

1. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами // Офіційний Вісник України. – 2000. – №6. – С. 263 – 283.
2. Бедерак Я.С. Об эффективности компенсации активной мощности и поддержания оптимальных уровней напряжения 6 (10) и 0,4 кВ в электрических сетях промышленных предприятий / Я.С. Бедерак // Промислова електротехніка та електроенергетика. – 2005. – №3. – С. 29–35.
3. Банін Д.Б. Розрахунок та пофідерний аналіз складових технологічних витрат електроенергії в мережах 10(6)/0,4 кВ ВАТ ЕК "Хмельницькобленерго" за допомогою програмного комплексу РАОТВ / Д.Б. Банін, М.Д. Банін, П.Д. Луців // Енергетика та Електрифікація. – 2010. – Спецвипуск. – С.46–67.

ВЕРОЯТНОСТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК СРЕДСТВАМИ АСУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ

Егоров А.В., д.т.н., проф.; Малиновская Г.Н., к.т.н.; Сеницына Н.В.

(Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия)

Развитие систем автоматизированного управления системами электроснабжения (АСУ ЭС) промышленных предприятий требует формирования перечня их функциональных задач. Одной из первоочередных задач, решаемых на долгосрочном и краткосрочном временных интервалах, является задача прогноза электрических нагрузок и планирование режимов энергопотребления. Для решения данной задачи современные предприятия располагают достаточным информационным обеспечением, реализованным за счет применения систем коммерческого и технического учета электрической энергии.

Электрическая нагрузка объекта складывается из детерминированной и случайной составляющих. Детерминированная составляющая определяется технологическим процессом, случайная – влиянием ряда факторов, стохастических по самой своей природе. Реальное состояние самого технологического процесса также случайно, ибо определяется влиянием факторов, сколько-нибудь строгий учет и прогноз которых невозможен. Электрическая нагрузка любого объекта представляет собой случайный процесс того или иного рода. Предполагается, что этот процесс стационарен, квазистационарен или кусочно-стационарен. На участке стационарности электрическую нагрузку можно представить как случайную величину. Исчерпывающую информацию о случайной величине дает закон или плотность её распределения. Наличие системы технического учета электрической энергии позволяет воспользоваться методами обработки статистического материала. Результатом реализации комплекса предлагаемых алгоритмов и методов будет плотность распределения электрической нагрузки предприятия в часы максимума нагрузки питающей энергосистемы.

В рамках рассматриваемых задач обоснованный выбор точек технического учета имеет существенное значение. Предлагаемые методы и алгоритмы ориентированы на выделение отдельных потребителей, построение статистических моделей нагрузки для них, установление технологических связей между отдельными потребителями и получение на основе этой информации плотности распределения электрических нагрузок для предприятия в целом. Точка технического учета должна обеспечивать получение статистической информации от некоторой совокупности потребителей, которую с точки зрения технологического процесса можно рассматривать как единое целое. Предлагаемый подход к определению понятия «потребитель электрической энергии» в рамках поставленной задачи позволил сформулировать некоторые рекомендации по выделению участков стационарности графиков электрической нагрузки.

Вероятностной моделью электропотребления для точки технического учета являются плотности распределения активной и реактивной мощности. По накопленным значениям электрической нагрузки для нее рассчитываются средние значения, дисперсии, средние квадратичные отклонения, третьи и четвертые центральные моменты, асимметрии и эксцессы случайных величин. Все значения рассчитываемых параметров обновляются после каждого прохождения часов максимума нагрузки питающей энергосистемы. В целях обеспечения возможности алгоритмизации подбор вида плотности распределения производится с использованием параметрических методов оценки, основанных на использовании диаграммы Пирсона. После оценки вида плотности распределения производится подбор параметров распределения. Для подбора параметров используются полученные оценки центральных моментов случайной величины.

Оценку вида закона распределения электрической нагрузки при вводе отдельного приемника электрической энергии, не имеющего аналогов, предлагается искать в классе непрерывных классических распределений. Для этого вводится некоторое пространство параметров распределения активной мощности. Расчетные коэффициенты графика нагрузки задают в веденном пространстве точку. Расстояние от этой точки до некоторой области,

задаваемой законом распределения, минимизируется по значениям параметров распределения и его виду, что позволяет получить наиболее адекватную оценку плотности распределения электрической нагрузки.

Задача получения плотности распределения активной мощности для объекта решается с учетом различия коэффициентов включения потребителей, а также технологических ограничений на работу отдельных потребителей. В качестве базовой принята связь, запрещающая совместную работу двух потребителей. Можно показать, что любой иной вид связи сводится к данному. Вся система разбивается на группы по признаку наличия связей между потребителями внутри группы и их отсутствию вне группы. Для каждого потребителя ранее определена плотность распределения электрической нагрузки и известна вероятность его работы в некоторый произвольный момент времени. Для группы составляется матрица включений, строки которой соответствуют различным вариантам включения потребителей. Предложен алгоритм определения вероятности реализации любого варианта. Плотность распределения активной мощности для варианта включения определяется как свертка плотностей распределений включенных в нем потребителей, так как потребители независимы и имеют внутри варианта общий коэффициент включения. В качестве базового алгоритма использована свертка плотностей распределения двух независимых случайных величин. Рекуррентное применение данной процедуры позволяет получить плотность распределения суммы любого числа слагаемых. Варианты реализуются только по отдельности и, следовательно, плотность распределения активной мощности для группы в целом определяется как сумма плотностей распределения вариантов умноженных на вероятности их реализации. Группы по условию их выделения между собой не связаны, и их электрические нагрузки – независимые случайные величины, чьи плотности распределения могут быть свернуты для получения плотности распределения активной мощности для объекта в целом. Переход от значений активной мощности к значениям потребления электрической энергии осуществляется по выделенным участкам стационарности графиков электрических нагрузок с учетом длительности таких участков.

Прогноз потребления реактивной мощности предлагается строить в виде линейной зависимости от прогнозируемого значения активной мощности. Коэффициенты уравнения регрессии определяются по статистическому материалу. Для построения статистических моделей потребления реактивной мощности необходимо учитывать мощность средств компенсации. Объективную картину прогнозного потребления реактивной мощности при предлагаемом подходе к ее моделированию можно получить только в том случае, если мы будем оценивать ее естественные значения. В связи с тем, что современные средства измерения и учета электрической энергии учитывают фактически не значение реактивной мощности, а тот параметр, который в литературе иногда называют неактивной мощностью, приходится в качестве оценки реактивных мощности и энергии принимать значения неактивных мощности и энергии соответственно.

Изложенные методы и алгоритмы позволяют решить поставленную задачу получения плотности распределения электрических нагрузок для предприятия в целом с учетом технологических ограничений на работу электроприемников и последовательно реализуют представление об электрической нагрузке как о случайной величине, обладающей некоторым, как правило, априорно неизвестным законом распределения. Использование данных методов и алгоритмов позволит получить достаточно обоснованный прогноз электропотребления в часы максимума нагрузки питающей энергосистемы.

Список литературы

1. Егоров А.В., Малиновская Г.Н., Медведева Н.В. Функциональные задачи АСУ электроснабжением. Построение вероятностных моделей электропотребления для элементов электротехнической системы // Территория НЕФТЕГАЗ. – 2013. – № 2.
2. Егоров А.В., Малиновская Г.Н., Медведева Н.В. Функциональные задачи АСУ электроснабжением. Построение вероятностной модели электропотребления для промышленного предприятия с учетом технологических ограничений на совместную работу потребителей электрической энергии // Территория НЕФТЕГАЗ. – 2013. – № 8.

О ПАРАМЕТРАХ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В СИСТЕМЕ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Комков А.Н., аспирант

(РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия)

Электромеханические переходные процессы и устойчивость электротехнических систем (ЭТС) при несимметрии питающего напряжения изучены в меньшей степени, чем явления, возникающие при внешних симметричных возмущениях. При этом среди аварийных режимов, обуславливающих провалы напряжения в электрических сетях, наиболее часты именно несимметричные короткие замыкания. Несимметричные короткие замыкания обуславливают в системе внешнего электроснабжения напряжения прямой, обратной и нулевой последовательностей. В этой связи была поставлена и решена задача определения области возможных сочетаний прямой ($U^{(1)}$) и обратной ($U^{(2)}$) последовательностей напряжения на входе ЭТС при несимметричных возмущениях в системе внешнего электроснабжения.

При решении данной задачи были получены уравнения линий, ограничивающих область сочетаний напряжений $U^{(1)}$ и $U^{(2)}$. Из рисунка 1 видно, что первые две границы представляют собой прямые, а вид третьей границы зависит от значения угла (ψ) между системами векторов прямой и обратной последовательностей.

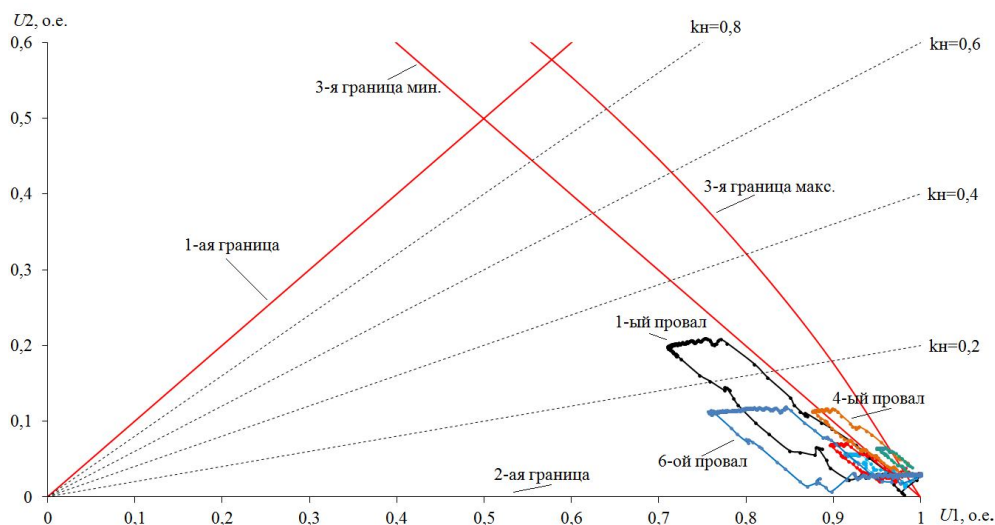


Рисунок 1 – Область сочетаний напряжений прямой и обратной последовательностей с графиками провалов напряжений, зарегистрированных на входе ЭТС предприятия по производству синтетического каучука

Экспериментально подтверждена достоверность теоретического обоснования области сочетаний напряжений прямой и обратной последовательностей.

Кривые, зарегистрированные на вводах предприятия, имеют свои характерные черты для каждого объекта. Так для предприятия, провалы на вводах которого представлены на рисунке 1, в течение провала наблюдается стабильное высокое значение напряжения обратной последовательности. Для предприятия, провалы на вводах которого представлены на рисунке 2, наблюдается стабильное незначительное значение напряжения обратной последовательности. Для предприятия, провалы на вводах которого представлены на рисунке 3, меняющееся в течение провала высокое значение $U^{(2)}$. Можно предположить, что вид кривых непосредственно связан с качеством системы внешнего электроснабжения, такими как её уровень развития, электрическая удаленность от источника электроснабжения. В первом случае система внешнего электроснабжения достаточно развита: закольцована,

имеются связи с уровнем напряжения 500 кВ, недалеко находятся крупные генерирующие мощности. При провалах происходит «подпор» напряжения $U^{(1)}$, значение $U^{(2)}$ ограничено, но в тоже время достаточно велико из-за электрической удалённости от генерации. Во втором случае ГПП нефтеперерабатывающего завода непосредственно питаются от шин 35 кВ распределительного устройства ТЭЦ. Близость генерирующих мощностей обуславливает высокое значение остаточного напряжения $U^{(1)}$, и низкое, близкое к установленному ГОСТ Р 54149-2010 для нормального режима, ограниченное значение $U^{(2)}$. И в третьем случае при значительной электрической удаленности и слаборазвитой системе внешнего электроснабжения имеем низкое значение остаточного напряжения $U^{(1)}$ и высокое, меняющееся в течение возмущения, значение $U^{(2)}$. Таким образом, кривая провала напряжения в координатах $(U^{(1)}, U^{(2)})$ может быть использована для анализа состояния системы внешнего электроснабжения.

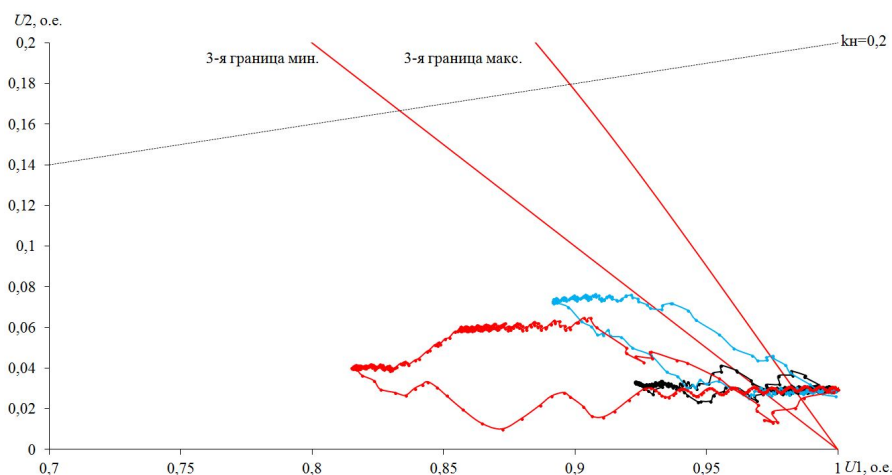


Рисунок 2 – Провалы напряжения в координатах $(U^{(1)}, U^{(2)})$, зарегистрированные на входе ЭТС нефтеперерабатывающего завода

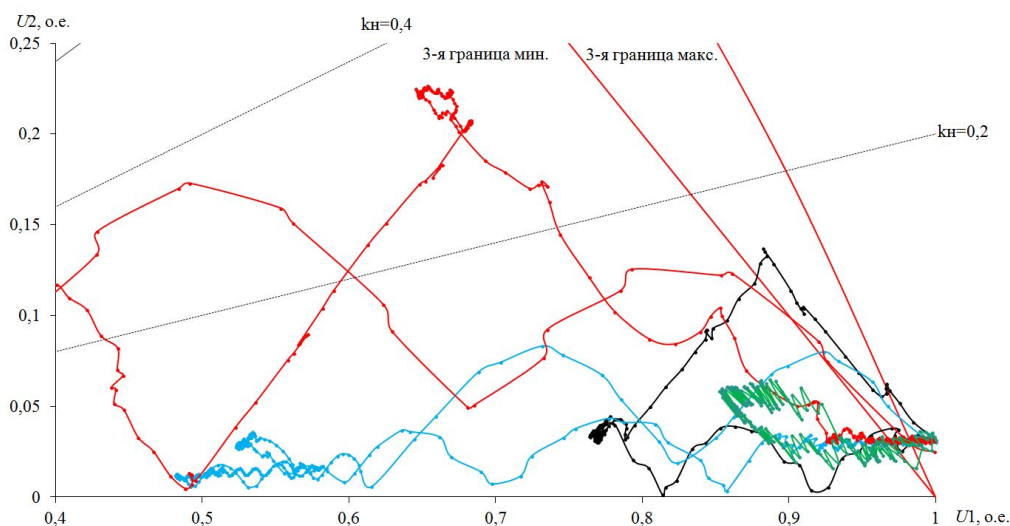


Рисунок 3 – Провалы напряжения в координатах $(U^{(1)}, U^{(2)})$, зарегистрированные на входе ЭТС предприятия по производству пищевой пленки

Перечень ссылок

1. Ершов М.С., Егоров А.В., Валов Н.В., Комков А.Н. Учет несимметрии питающего напряжения в системах защиты от потери устойчивости промышленных электротехнических систем. // Промышленная энергетика. – 2011. - №9. – С. 22-24.
2. Ершов М.С., Егоров А.В., Комков А.Н. Влияние несимметрии питающего напряжения на устойчивость синхронных двигателей // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012, №1(266) . – С. 117 – 128.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ГРАНИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАСТВОРЕННЫХ В МАСЛЕ ГАЗОВ

Шутенко О.В., к.т.н., доц.; Баклай Д.Н., ассистент

(Харьковский национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина)

Критерий граничных концентраций газов широко используется для интерпретации результатов хроматографического анализа растворенных в масле газов (ХАРГ) в большинстве известных методиках [1-3]. Согласно данным методикам в качестве граничной концентрации газа, принимают 90-95% точку на интегральной функции распределения, полученную для 100 и более единиц однотипного, бездефектного оборудования. Однако, таким образом определяются не граничные, а типичные концентрации, т.е. максимальные концентрации газов, которые могут быть обнаружены у 90 – 95% оборудования от общего количества, не имеющего признаков дефекта. Методика определения граничных значений концентраций газов, в настоящее время отсутствует.

Авторами предлагается, определять граничные концентрации растворенных в масле газов из условия минимума среднего риска, т.е. минимума величины возможного экономического ущерба, в случае принятия ошибочных решений. Решение о наличии дефекта в трансформаторе принимается, если концентрация одного из газов превышает некоторое граничное значение – x_0 . Выражения для среднего риска, при условии, что правильные решения не поощряются [4], имеет вид:

$$R = C_{21}P_1 \int_{x_0}^{\infty} f(x/D_1) dx + C_{12}P_2 \int_{-\infty}^{x_0} f(x/D_2) dx, \quad (1)$$

где R – значение риска; P_1 – априорная вероятность рабочего состояния трансформатора; P_2 – априорная вероятность дефектного состояния трансформатора; C_{21} – цена ложной тревоги; C_{12} – цена пропуска цели; $f(x/D_1)$ – функция плотности распределения концентрации i -го газа для бездефектного состояния трансформатора; $f(x/D_2)$ – функция плотности распределения концентрации i -го газа для дефектного состояния трансформатора.

$\int_{x_0}^{\infty} f(x/D_1) dx$ – вероятность ложной тревоги, (случай, когда принимается решение о наличии дефекта, но в действительности трансформатор находится в исправном состоянии);

$\int_{-\infty}^{x_0} f(x/D_2) dx$ – вероятность пропуска цели (принятие решения об исправном состоянии, тогда как трансформатор имеет дефект)

Выполненные на кафедре «Передача электрической энергии» НТУ «ХПИ» исследования показали, что распределения концентраций газов растворенных в масле как бездефектных, так и дефектных трансформаторов могут быть описаны законом Вейбулла, плотность которого имеет вид:

$$p(x; \alpha, \beta) = \frac{\beta}{\alpha^\beta} \cdot x^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta} \quad \text{при } (0 \leq x < +\infty), (\alpha > 0; \beta > 0), \quad (2)$$

где α, β – параметр масштаба и параметр формы.

С учетом распределения Вейбулла выражение для среднего риска будет иметь вид:

$$R = C_{21}P_1 \int_{x_0}^{\infty} \frac{\beta_1}{\alpha_1^{\beta_1}} \cdot x^{\beta_1-1} \cdot e^{-\left(\frac{x}{\alpha_1}\right)^{\beta_1}} dx + C_{12}P_2 \int_{-\infty}^{x_0} \frac{\beta_2}{\alpha_2^{\beta_2}} \cdot x^{\beta_2-1} \cdot e^{-\left(\frac{x}{\alpha_2}\right)^{\beta_2}} dx, \quad (3)$$

где α_1, β_1 – параметр масштаба и параметр формы для распределения газов в бездефектных трансформаторах; α_2, β_2 – параметр масштаба и параметр формы для распределения газов в дефектных трансформаторах.

Дифференцируя (3) по x_0 и приравнивая производную нулю, получено условие экстремума:

$$\frac{dR}{dx_0} = \frac{-\alpha_1^{-\beta_1} \cdot \beta_1 \cdot C_{21} \cdot e^{-\left(\frac{x_0}{\alpha_1}\right)^{\beta_1}} \cdot P_1 \cdot x_0^{\beta_1} + \alpha_2^{-\beta_2} \cdot \beta_2 \cdot C_{12} \cdot e^{-\left(\frac{x_0}{\alpha_2}\right)^{\beta_2}} \cdot P_2 \cdot x_0^{\beta_2}}{x_0} = 0. \quad (4)$$

Условие (4) определяет два значения x_0 из которых одно соответствует минимуму, второе – максимуму риска. Для существования минимума R в точке $x=x_0$ вторая производная должна быть положительной, что приводит к следующему условию относительно производных плотностей распределений:

$$\frac{1}{x_0^2} \cdot \alpha_1^{-\beta_1} \cdot \alpha_2^{-\beta_2} \cdot e^{-\left(\frac{x_0}{\alpha_1}\right)^{\beta_1} - \left(\frac{x_0}{\alpha_2}\right)^{\beta_2}} \cdot \left[\begin{array}{l} -\alpha_2^{\beta_2} \cdot (\beta_1 - 1) \cdot \beta_1 \cdot C_{21} \cdot e^{-\left(\frac{x_0}{\alpha_2}\right)^{\beta_2}} \cdot P_1 \cdot x_0^{\beta_1} + \\ + \alpha_1^{\beta_1} \cdot (\beta_2 - 1) \cdot \beta_2 \cdot C_{12} \cdot e^{-\left(\frac{x_0}{\alpha_1}\right)^{\beta_1}} \cdot P_2 \cdot x_0^{\beta_2} + \\ + \left[\begin{array}{l} \alpha_2^{\beta_2} \cdot \beta_1^2 \cdot C_{21} \cdot e^{-\left(\frac{x_0}{\alpha_2}\right)^{\beta_2}} \cdot P_1 \cdot x_0^{\beta_1} \cdot \left(\frac{x_0}{\alpha_1}\right)^{\beta_1} - \\ - \alpha_1^{\beta_1} \cdot \beta_2^2 \cdot C_{12} \cdot e^{-\left(\frac{x_0}{\alpha_1}\right)^{\beta_1}} \cdot P_2 \cdot x_0^{\beta_2} \cdot \left(\frac{x_0}{\alpha_2}\right)^{\beta_2} \end{array} \right] \cdot \log(e) \end{array} \right] > 0. \quad (5)$$

Таким образом, для определение граничных концентраций растворенных в масле газов, которые бы обеспечивали минимальное значение среднего риска, необходимо решить систему из (4) и (5). Точного аналитического решения данная система не имеет. Поэтому для определения значений граничных концентраций, был использован метод Ньютона. Известно [4], что для одnogорбых распределений граничное значение, обеспечивающее минимум риска, находится между математическими ожиданиями плотностей распределений двух состояний. Поскольку распределение Вейбулла является одnogорбым, то изменяя значение концентрации газа, от \bar{x}_1 до \bar{x}_2 , при заданных значениях C_{12}, C_{21}, P_1 и P_2 сначала получаем значение, при котором $\frac{dR}{dx_0} = 0$. А затем подставляя полученное значение в (5) проверяем

выполнение условия $\frac{d^2R}{dx_0^2} > 0$. Значение концентраций газов, удовлетворяющее этим условиям и принимаются в качестве граничных значений.

Список литературы

1. МЭК (IEC) 60599, второе издание, 1999-03. Электротехническое оборудование с изоляцией, пропитанной минеральным маслом. Руководство по интерпретации анализа растворенных и свободных газов.
2. СОУ-Н ЕЕ 46.501:2006 Діагностика маслonaповненого трансформаторного обладнання за результатами хроматографічного аналізу вільних газів, відібраних із газового реле, і газів, розчинених у ізоляційному маслі.
3. РД 153-34.0-46.302-00 Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле.
4. Биргер И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.

К ВОПРОСУ ЗАЩИТЫ ОТ ТОКОВ УТЕЧКИ В РУДНИЧНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Ликаренко А.Г., к.т.н., доц.; Петриченко А.А., аспирант

(ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, Украина)

Постановка проблемы. Для защиты горнорабочих от поражения электрическим током и других опасностей в следствии утечек тока на землю рудничные электрические сети до 1200В с изолированной нейтралью трансформатора, применяемые в подземных выработках угольных и горнорудных предприятий, оснащены рудничными аппаратами от токов утечки, к которым относят аппараты общесетевой защиты от утечек, устройства компенсации емкостной составляющей тока утечки (встраиваемые в аппараты защиты или индивидуального исполнения), фазные короткозамыкатели и аппараты предупредительного контроля и блокировки [1].

Применяемые в отечественной и зарубежной практике схемы аппаратов защиты от токов утечки основаны на принципе измерения активного сопротивления фаз сети относительно земли. Они предназначены для применения в простых сетях промышленной частоты, где основными дестабилизирующими факторами являются параметры изоляции сети. Однако в этих сетях уже давно начато внедрение полупроводниковых преобразователей для регулируемых электроприводов постоянного и переменного токов, что превратило эти сети в комбинированные, состоящие из участков промышленной частоты, участков постоянного тока и участка изменяемой частоты 0-70 Гц. Поскольку существующие аппараты защиты выполнены в требованиях ГОСТ 22929-78 [1], который не распространяется на аппараты защиты для комбинированных сетей, то и применение существующих аппаратов защиты в этих сетях неправомерно. Это было известно еще в 80-х годах прошлого века, когда предпринимались попытки внедрения в шахты комбайнов с регулируемой подачей на постоянном токе. Однако аппарат защиты от токов утечки для комбинированных сетей до настоящего времени не создан.

Состояние вопроса. Многочисленные исследования токов утечки на участках промышленной частоты и изменяемой частоты показали, что они являются переменными, а при несимметричном токе утечки на участке постоянного тока появляется постоянная составляющая, возникновение которой является причиной неработоспособности серийных общесетевых аппаратов защиты от токов утечки [2]. Необходима разработка системы защиты, свободной от этого недостатка. Его давно и безуспешно пытаются устранить созданием аппаратуры защиты от утечек для сетей с выпрямителями на базе существующих аппаратов защиты на постоянном оперативном токе, которые разработаны для трехфазных электрических сетей переменного тока [3,4]. Однако давно известно, что любой аппарат, работающий на постоянном оперативном токе, не может обеспечить безопасность эксплуатации сетей с выпрямителями из-за функциональных отказов при возникновении утечек или плавном снижении сопротивления изоляции на участке постоянного тока, так как появляется дополнительный источник постоянного тока между сетью и землей, напряжение которого значительно выше напряжения оперативного тока аппарата защиты [4]. Более тяжелые последствия возникают в распределительных сетях напряжением 1140 В, где для ограничения тока утечки используют устройства обнаружения поврежденной фазы и шунтирование ее через малое сопротивление. Однако, это приводит к тому, что протекающий ток будет подпитывать утечки на участках постоянного тока и изменяющейся частоты, т.е. ухудшит условия обеспечения электробезопасности [4].

Предполагалось дополнительно применить асимметр для контроля асимметрии напряжения положительного и отрицательного полюсов относительно земли. При возникновении асимметрии сеть будет отключаться асимметром, во всех остальных случаях

– общесетевым аппаратом. Однако, является очевидным что аппарат защиты на постоянном оперативном токе принципиально невозможно отстроить от дестабилизирующего действия утечек на участке постоянного тока.

Результаты исследований. Нами были проведены исследования защитных характеристик аппаратов защиты АЗАК и САЗУ, имеющих принципиально различные схемные решения. Для проведения исследований была создана физическая модель комбинированной сети, которая содержала промышленный выпрямитель и тиристорный преобразователь напряжения, а в качестве их нагрузки использовалась система “двигатель - генератор”. Генератор нагружался на балластные сопротивления. Параметры изоляции участков сети принимались сосредоточенными, а их имитация осуществлялась набором соответствующих сопротивлений (резисторов) и конденсаторов.

В ходе исследований установлено что:

- в комбинированной сети с неуправляемым выпрямителем защитные характеристики аппарата защиты на постоянном оперативном токе существенно отличаются от требуемой по условиям электробезопасности. На участке промышленной частоты $r'_{yo} = f(R_{u(\approx)})$, уже при симметричной изоляции 99 кОм на участке постоянного тока, у аппарата САЗУ они проходят значительно выше требуемой (2-5 раз), а АЗАК – в зоне значений меньших половины требуемых;

- в комбинированной сети с тиристорным регулятором напряжения защитные характеристики исследуемых аппаратов на участке промышленной частоты в зависимости от параметров симметричной изоляции на участке промышленной частоты $r'_{yo} = f(R_{u(\approx)})$ и постоянного тока $r'_{yo} = f(R_{u(=)})$ проходят существенно ниже требуемой, т.е. электробезопасность не обеспечивается. Причем у аппарата САЗУ имеет место функциональный отказ при напряжении выпрямителя $U_{np} = 0$;

- в комбинированной сети с тиристорным регулятором напряжения защитные характеристики исследуемых аппаратов на участке постоянного тока с отрицательного и положительного полюса в зависимости от сопротивлений симметричной изоляции на участках промышленной частоты r_{yo}^+ ; $r_{yo}^- = f(R_{u(\approx)})$ и постоянного тока r_{yo}^+ ; $r_{yo}^- = f(R_{u(=)})$ имеют разрывы, а их участки проходят как выше так и ниже требуемой защитной характеристики.

Выводы. Направление создания аппаратуры защиты от утечек тока для сетей с преобразователями энергии на базе существующих аппаратов защиты на постоянном оперативном токе следует признать бесперспективным. Альтернативой ему является разработка для этих сетей аппаратуры на переменном оперативном токе, при выделении и контроле его активной составляющей.

Список литературы

1. ГОСТ 22929. Аппараты защиты от токов утечки рудничные для сетей напряжением до 1200В. Общие технические условия. Введен 01.01.79.
2. Траубе Е.С., Лукашевич Ю.Ю., Шавелкин А.А. Закономерности формирования токов утечки на землю в шахтных электрических сетях с преобразователями частоты / Безопасная, экономичная и надежная эксплуатация взрывозащищенного электрооборудования. Сб. научн. трудов ВНИИВЭ. Донецк, 1990.
3. Дзюбан В.С., Кононенко В.П., Леонтьева Л.А. О защите от утечек сетей, питающих через выпрямители электроприводы постоянного тока // Взрывозащищенное электрооборудование. Сб. научн. Трудов ВНИИВЭ.-вып.12.-Донецк.- 1976.
4. Савицкий В.И., Белошистов А.И. Защита от токов утечки в комбинированных распределительных сетях электроснабжения очистных комбайнов // Уголь Украины.- №12(612).-2005.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА ЭЛЕКТРОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Синчук О.Н., д.т.н., проф.; Гузов Э.С., к.т.н., доц.; Яловая А.Н., соискатель
(ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, Украина)

Особенностью горного производства является постоянное понижение уровня ведения работ в связи с чем себестоимость добычи руды с каждым годом возрастает. Так в Криворожском железорудном комбинате за последние 5 лет себестоимость 1 т руды увеличилась вдвое [1]. Существенную роль в этом играют энергозатраты, которые также значительно возросли [2].

Основным видом энергии, потребляемой железорудными шахтами является электрическая, на долю которой приходится около 90% общих энергозатрат, затраты на природный газ составляют около 7% и на тепловую энергию – 3% [3].

Наиболее энергоёмкими потребителями являются стационарные установки – водоотлив, вентиляция, подъём, компрессорные – потребляющие вместе свыше 80% всей потребляемой электроэнергии. Особенно велики затраты на выработку сжатого воздуха, которые составляют 30% потребляемой на комбинате электроэнергии.

Поэтому наиболее перспективным путём снижения энергозатрат на железорудных предприятиях является снижение электропотребления и энергозатрат в стационарных установках и особенно в компрессорных установках.

Сжатый воздух от центральных компрессорных станций на поверхности транспортируется в места использования в забоях шахты на расстояние нескольких километров и значительная часть энергии теряется. В результате с учётом всех потерь КПД пневматического привода составляет всего 8 – 10%.

В этой связи большие возможности снижения энергозатрат открывает замена пневматического привода электрическим, имеющим КПД на порядок выше, - для погрузочных и буровых машин, ударного инструмента. Это даст возможность сократить или вообще отказаться от применения сжатого воздуха и отказаться от центральных компрессорных станций и длинных пневматических трубопроводов. При необходимости можно использовать передвижные компрессоры небольшой производительности непосредственно в местах потребления сжатого воздуха.

Энергоэффективность может быть также существенно повышена путём применения регулируемого электропривода для таких потребителей как конвейеры, вентиляторные установки и др. Так вентиляторы главного проветривания потребляют до 20% электроэнергии, что показывает низкую энергоэффективность вентиляционных систем. Применение регулируемого электропривода позволит регулировать подачу воздуха в соответствии с потребностями проветривания. Дополнительно за счёт снижения подачи воздуха снижается общешахтная депрессия, и соответственно, уменьшаются внешние и внутренние утечки воздуха.

Затраты на электроснабжение могут быть существенно снижены путём регулирования электропотребления по тарифным зонам суток. Учитывая, что в ночные часы цена

электроэнергии в 4,8 раза ниже, чем в часы максимума энергосистемы, разрабатываются планы-графики регулировочных мероприятий, внедрение которых позволит снизить нагрузку в часы утреннего и вечернего максимумов нагрузки энергосистемы. В условиях шахт в качестве потребителей-регуляторов наиболее эффективно использовать водоотливные установки, которые должны работать главным образом в часы минимальной цены электроэнергии – в ночные часы. Ёмкости водосборников обычно имеют достаточный запас, при необходимости ёмкости могут быть увеличены.

Остаётся актуальным вопрос компенсации реактивной мощности для повышения эффективности систем электроснабжения. Рассмотрены особенности компенсации реактивной мощности в условиях железорудных комбинатов с использованием синхронных машин с учётом их режимов работы и дополнительных потерь энергии, обусловленных генерацией реактивной мощности.

Силовые трансформаторы на главных подстанциях железорудных комбинатов имеют низкую загрузку и работают в неэкономичных режимах. Произведена оценка снижения потерь при выводе в «холодный» резерв одного из трансформаторов в зависимости от результирующего коэффициента загрузки оставшегося в работе трансформатора. Определено, что вывод в «холодный» резерв одного из трансформаторов экономически целесообразен при результирующем коэффициенте загрузки меньше 0,6.

Среди подземных потребителей наиболее сложным и энергоёмким электротехническим комплексом является электровозный транспорт, имеющий низкую эффективность энергоиспользования. Применение реостатных систем управления приводит к тому, что 30 – 40% электроэнергии бесполезно теряется. Современное развитие промышленной электроники позволяет значительно улучшить технические характеристики электровозов и в 1,5 раза сократить расход электроэнергии.

Повышение энергоэффективности – это комплексная задача, для решения которой требуются не только технические, но и организационные мероприятия, в том числе разработка и внедрение действенной структуры энергоменеджмента на железорудных предприятиях.

Список литературы

1. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины в 2009 – 2010 гг. Анализ мировой конъюнктуры рынка ЖРС 2004 – 2011 гг. / Е.К. Бабец, Л.А. Штанько, В.А. Салганик и др. – Кривой Рог: Видавничий дім, 2011 – 329 с.
2. Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв / А.А.Азарян, Ю.Г. Вілкул, Ю.П. Капленко, Ф.І. Караманиц, В.О. Колосов, В.С. Моркун, П.І. Пілов, В.Д. Сидоренко, А.Г. Темченко, П.Й. Федоренко – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.
3. Електрифікація гірничого виробництва: Підручник для ВНЗ. – Вид. 2-ге, перероб. та допов. / За ред. Л.О. Пучкова і Г.Г. Півняка. – Д.: Нац. гірн. ун-т, 2010. – Т.1. – 503 с.
4. Синчук О.Н., Гузов Є.С., Пархоменко Р.А. Совершенствование методов расчёта электрических нагрузок при проектировании и модернизации систем электроснабжения железорудных предприятий. Вісник Кременчуцького національного університету. – Кременчук, 2013 – Вип. 1 (78) – с. 28 – 32.

К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Мелик-Шахназарова И.А., к.т.н., доц.; Трифонов А.А., к.т.н., доц.

(Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва, Россия)

В настоящее время частотно-регулируемый электропривод (ЧРП) находит все более широкое применение во всех областях промышленности за счет таких преимуществ, как возможность глубокого и плавного регулирования скорости электропривода, увеличение срока службы и межремонтных периодов, как самих электроприводов, так и приводимых ими в движение механизмов. Очевидно, что доля ЧРП будет увеличиваться из года в год, чему способствует развитие силовой полупроводниковой техники, уменьшение габаритов и снижение стоимости преобразователей частоты (ПЧ). Однако вопрос устойчивости ЧРП при кратковременных провалах напряжения является в настоящее время недостаточно изученным. Также мало изученным остается влияние ПЧ и выпускаемых к ним фильтров электромагнитной совместимости (ЭМС) на качество электроэнергии.

Для более детального изучения обозначенных вопросов в лаборатории электропривода университета была создана экспериментальная установка. В качестве объектов исследования были выбраны два ПЧ известного производителя одинаковой мощности, укомплектованные пассивными сетевым и моторным фильтрами ЭМС. Первый из преобразователей позиционируется производителем для массового применения, второй – как более продвинутый с расширенными возможностями. В качестве нагрузки к преобразователям подключены асинхронные двигатели соответствующей мощности.

Имитация провала напряжения производилась отключением ПЧ от сети на заданное время с последующим подключением. При этом фиксировалось продолжилась ли нормальная работа электродвигателя после восстановления напряжения или провал привел к отключению, т.е. к потере устойчивости ЧРП.

Результаты, опытов по определению устойчивости ЧРП к провалам питающего напряжения, а также влияния наличия фильтров ЭМС на устойчивость представлены в (табл. 1).

Таблица 1 – Устойчивость ЧРП к кратковременным провалам напряжения

	Перерыв в электроснабжении, с	
	Первый ПЧ	Второй ПЧ
Фильтры отключены		
Продолжение работы	0,04	0,17
Отключение	0,05	0,18
Подключен сетевой фильтр		
Продолжение работы	0,03	0,15
Отключение	0,04	0,17
Подключен моторный фильтр		
Продолжение работы	0,03	0,16
Отключение	0,04	0,17
Подключены сетевой и моторный фильтры		
Продолжение работы	0,04	0,16
Отключение	0,05	0,17

По представленным результатам можно сделать следующие выводы:

- оба ЧРП не обладают достаточным запасом устойчивости при кратковременных провалах напряжения [1];

- второй ЧРП имеет несколько лучшие показатели устойчивости, что возможно объясняется более совершенными элементной базой и системой управления;
- наличие фильтров ЭМС практически не влияет на показатели устойчивости обоих ЧРП, некоторая разница во временах, приведенных в таблице сравнима с погрешностью измерений.

Для исследования влияния ЧРП на качество электроэнергии в качестве исследуемого показателя был выбран коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения [2], значения которого измерялись промышленным цифровым анализатором качества электроэнергии. Для более полного исследования предусмотрена возможность подключения анализатора как со стороны питающей сети, так и со стороны двигателя. При отключенных ПЧ естественный уровень искажения синусоидальности напряжения сети зафиксирован на уровне 0,3%.

Результаты, проведенных опытов по определению искажения синусоидальности напряжения ЧРП, а также влияние наличия фильтров представлены в (табл. 2).

Таблица 2 – Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения

	Первый ПЧ	Второй ПЧ
Измерено со стороны сети		
Фильтры отключены	1,5%	1,4%
Подключен сетевой фильтр	1,3%	1,2%
Подключен моторный фильтр	1,4%	1,3%
Подключены сетевой и моторный фильтры	1,3%	1,1%
Измерено со стороны двигателя		
Фильтры отключены	30%	12%
Подключен сетевой фильтр	28%	12%
Подключен моторный фильтр	25%	11%
Подключены сетевой и моторный фильтры	25%	10%

По представленным результатам можно сделать следующие выводы:

- влияние преобразователей на качество напряжения сети практически одинаково, что может быть объяснено схожей конструкцией выпрямителя;
- влияние обоих преобразователей на качество напряжения сети незначительно, но вполне заметно, что необходимо учитывать, поскольку установка большого числа преобразователей способна существенно снизить качество напряжения сети;
- качество напряжения со стороны двигателя первого преобразователя не соответствует требованиям ГОСТ [2], для второго преобразователя укладывается только в предельно допустимые значения, что может объясняться принципиально различным устройством инверторов преобразователей и их систем управления. Следовательно, для обоих преобразователей необходимо при выборе приводного двигателя проводить его дополнительную проверку по нагреву токами высших гармоник;
- эффект от применения пассивных фильтров ЭМС заметен, но сравнительно невелик.

По результатам исследований, можно предположить, что применение большого количества ЧРП может создать существенные проблемы как с обеспечением их устойчивости, так и соблюдением требований к качеству электроэнергии. Таким образом, применение ЧРП в каждом случае требует тщательного анализа и обоснования.

Список литературы

1. Ершов М.С., Егоров А.В., Трифионов А.А. Устойчивость промышленных электротехнических систем. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2010.
2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – 1997.

ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНІ РЕЖИМИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Гаврилюк А.Ф., ад'юнкт; Гудим В.І., д.т.н., проф.

(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна)

Щороку на території України виникає понад 3 тис. пожеж на транспортних засобах, що становить близько 5,8 % від загальної кількості пожеж, що призводить до травмування та загибелі людей, а також до значних матеріальних збитків, які сягають понад 100 млн. грн. Згідно статистичних даних близько 40% пожеж пов'язаних з неполадками та (чи) аварійними режимами бортових електромереж, 25% припадає на підпал, 20% на необережне поводження з вогнем, 15% інші причини. Особливості пожежної небезпеки автотранспортних засобів полягає в тому, що в обмежених об'ємах зосереджені вузли та агрегати із високими робочими температурами, розгалужена система електропроводників, які у випадку несправності можуть спричинити пожежу. На жаль в ні Україні, ні за кордоном не ведеться детальної статистики, щодо конкретних вузлів чи агрегатів, що призвели до займання. Це може бути зумовлено недосконалою методикою визначення причини пожежі на автотранспорті.

Так як майже кожна 2 пожежа автотранспортних засобів пов'язана із електричним струмом, тому визначимо фактори, що характеризують пожежну небезпеку бортових електромереж. Для виникнення пожежі необхідний досить потужний тепловий імпульс, який викличе нагрівання речовини або матеріалу та спричинить загоряння. Оцінка пожежної небезпеки електрообладнання повинна бути пов'язана з оцінкою теплового нагрівання окремих елементів. Тому необхідно проаналізувати тепловий стан найбільш пожежонебезпечних елементів електрообладнання.

Теплові стани електрообладнання автотранспортних засобів при аварійних режимах (з точки зору пожежонебезпеки) [3]:

- коротке замикання;
- струмове перевантаження;
- великий (підвищений) перехідний опір;

Найбільш типовий випадок - виникнення КЗ при руйнуванні електричної ізоляції, яке відбувається внаслідок механічних пошкоджень, експлуатаційного зносу, частих струмових перенавантажень, а також дії агресивних середовищ і вологи. Струм КЗ для електромереж автотранспортних засобів може складати від декількох десятків до декількох сотень ампер. Значне зростання виділення теплоти при КЗ призводить до швидкого нагрівання горючих речовин і матеріалів в і подальшому до їх загоряння.

Безпосередньо в місцях металевого КЗ температура провідника може досягати 600-800 ° С [3]. При дугових КЗ температура в місці дугового розряду може становити 2000-4000 ° С і від неї загоряються всі речовини і матеріали, що знаходяться поблизу. При цьому також відбувається розбризкування розплавленого металу, температура частинок якого в вихідний момент понад 1000 ° С, внаслідок ці частинки здатні запалити горючі речовини і матеріали.

КЗ в бортовій мережі автотранспортних засобів нерідко виникає в результаті руйнування ізоляції при терті об гострі краї елементів конструкції, чому сприяє вібрація електропроводів при русі автотранспортних засобів.

При струмових перевантаженнях температура жили проводу може значно перевищити критичну (за термостійкістю) температуру ізоляції (105 ° С) і досягає температури межі руйнування жили [3]. Тому струмові перевантаження нерідко є першим ступенем утворення КЗ, послаблюючи захисні характеристики ізоляційної оболонки електропроводів, а також є причиною загоряння як ізоляції, так і інших горючих матеріалів, які безпосередньо стикаються з провідником, в якому проходить даний аварійний режим. Тривалі струмові

перевантаження значно зменшують еластичність і міцність ізоляції провідника через нагрівання (100-130 ° С) і в результаті вона стає твердою та хрупкою, а згодом руйнується.

Якщо ж струми перевантаження провідника проходять всередині джгута електропроводів, то враховуючи локальну акумуляцію тепла в джгуті руйнування ізоляції призводить до міжпровідникових КЗ, внаслідок чого уражуються провідники суміжних кіл. Температурні умови виникнення такого КЗ можуть становити 200-300 ° С, що залежить від різних факторів: способу прокладки проводів усередині джгута; натягу джгута і окремих електропроводів в джгуті; кута вигину джгута; зовнішнього механічного впливу. Подальше зростання струмового перевантаження може закінчитися загорянням електричного джгута [2, 3]. Основною причиною струмових перевантажень є використання нештатних, що перевищують допустимі за потужністю споживачів електроенергії (нерідко в кілька разів), використання нестандартних плавких вставок електрозапобіжників або інших апаратів захисту також використання додаткових електричних споживачів, що не передбачається заводом-виробником автотранспортного засобу, неправильне їх підключення до електромережі автомобіля. Неправильний вибір перерізу і типу електропроводів при ремонті також може призвести до аварійних режимів в електромережі автотранспортного засобу [2].

Ознаки, характерні для струмових перевантажень:

- підвищена температура проводів і об'єднуючих ізолюючих (джгутів);
- поверхня ізоляції з боку струмопровідної жили проводу має почорніння, обвуглювання;

- поява специфічного запаху розкладання ізоляції;
- поява кольорів мінливості, потемніння на струмоведучих жилах;
- поява здуття, тріщин, поздовжніх складок на поверхні ізоляції;
- зміна кольору ізоляції (придбання колірних відтінків);
- реагування на перевантаження контролюючих приладів;
- спрацювання апаратів електрозахисту.

Великий перехідний опір виникає внаслідок ослабленні кріплення контактів, появи нещільностей в місцях контактів із-за дії агресивних середовищ (електроліту, води) і утворення окисних плівок на контактуючих поверхнях. Температура в місцях великих перехідних опорів може досягати рівня в 400 ° С залежно від стану контакту і величини струму, що протікає через нього. Великі перехідні опори часто призводять до металевих КЗ між жилами електропроводів внаслідок руйнування ізоляції. Саме в місцях перехідних опорів, перш за все і відбувається небезпечний нагрів ізоляції, інших дотичних горючих речовин і матеріалів і навіть їх займання. Великі перехідні опори виявляються в місцях з'єднань провідників, виготовлених з різних матеріалів. Особливу небезпеку являють собою зєднання багатожильних проводів, виконані без опресовки, або пайки.

Висновки. У роботі підкреслено актуальність дослідження пожеж автотранспортних засобів з наведенням статистичних даних кількості пожеж та збитків, які вони спричиняють. Розглянуто та описано теплові стани електрообладнання з точки зору пожежонебезпеки. Струмові перенавантаження послаблюють захисні властивості ізоляційної оболонки електропроводів, що в подальшому призводить до короткого замикання. Таким чином дані питання є актуальними та потребують детальнішого вивчення та експериментальних досліджень.

Перелік посилань

1. Булочнікв Н.М., Зернов С.И., Становенко А.А., Черничук Ю.П., Пожар в автомобиле: как установить причину? – М: «ФЛИГИСТОН», 2006.- 224 с.;
2. Исхаков Х.И., Пахомов А.В., Каминский Я.Н. Пожарная безопасность автомобиля - М: Транспорт, 1987г., -86с.;
3. Смелков Г.И. Пожарная опасность электропроводок при аварийных режимах - М.: Энергоиздат, 1984г., -183с.;

КЛАСИФІКАЦІЯ ГРАФІКІВ СПОЖИВАННЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЧАСТКОВОГО СИНГУЛЯРНОГО РОЗКЛАДУ

Лутчин Т.М., аспірант

(Інститут енергозбереження та енергоменеджменту Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна)

При класифікації графіків електричних навантажень (ГЕН) може виникнути ситуація, коли кількість класифікованих ГЕН менша чисельності періоду розгляду цих графіків. У даному випадку класифікація даних виявиться неефективною. Зменшення числа ординат призводить до збільшення інтервалу усереднення і «гасить» особливості графіків, що призводить до зниження ефективності вищенаведеної класифікації.

Більш перспективний варіант зменшення числа ординат ГЕН полягає в економному описуванні графіків, при цьому необхідно використовувати цільову функцію виду [1]:

$$\left[\sum_i P_i - \int_0^T X_{\Delta}^s(\vec{b}; t) dt \right]^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $\vec{b} = (b_1, \dots, b_k)$ – вектор параметрів апроксимуючих функцій X_{Δ}^s ; $T = 24$ год – тривалість доби.

Оскільки у більшості випадків графіки навантажень вказуються за різні моменти часу та не співпадають між собою за формою, тобто їх розподіл представляє собою випадковий процес. У якості оптимальної вибірки прийнято використовувати добовий графік. У вказаному випадку подальшу обробку даних можна здійснювати тільки після інтерполяції значень для отримання вибірок значень з однаковим кроком дискретизації у часі.

Для достовіризації коректності початкового вибору підходів для аналізу вимірів рівнів електроспоживання та раніше розроблених підходів кластеризації доцільно використати існуючий метод класифікації. У якості такого методу та з врахуванням розмірності аналізованих даних (а точніше їх чисельність) до уваги приймалося матричне представлення сигналу, а саме сингулярний розклад (Singular Value Decomposition).

Як відомо, для довільної матриці A розмірності $(m \times n)$ існує так званий сингулярний розклад, тобто представлення матриці у вигляді:

$$A = USV^T, \quad (2)$$

де U – $(m \times m)$ і V – $(n \times n)$ – квадратні матриці, що задовольняють критерій ортогональності:

$$VV^T = V^T V = E_{m \times m}, \quad UU^T = U^T U = E_{n \times n}, \quad (3)$$

де E – одиничні матриці відповідних розмірностей.

Матриця S складається із квадратного діагонального блоку розмірності $r \times r$ ($r = \min(m, n)$) з додатніми елементами на головній діагоналі та, якщо $n \neq m$, з додаткових нульових рядків або стовпчиків.

Детальне представлення ходу рішень у залежності від розмірів матриць компонент наведено у [2]. Принципи часткових матричних представлень вперше були використані у роботі [3].

Результати класифікації обчислень відповідних добових графіків споживання у режимний день для промисловостей країни та код програми SciLab представлені відповідно на рис. 1 та рис. 2.

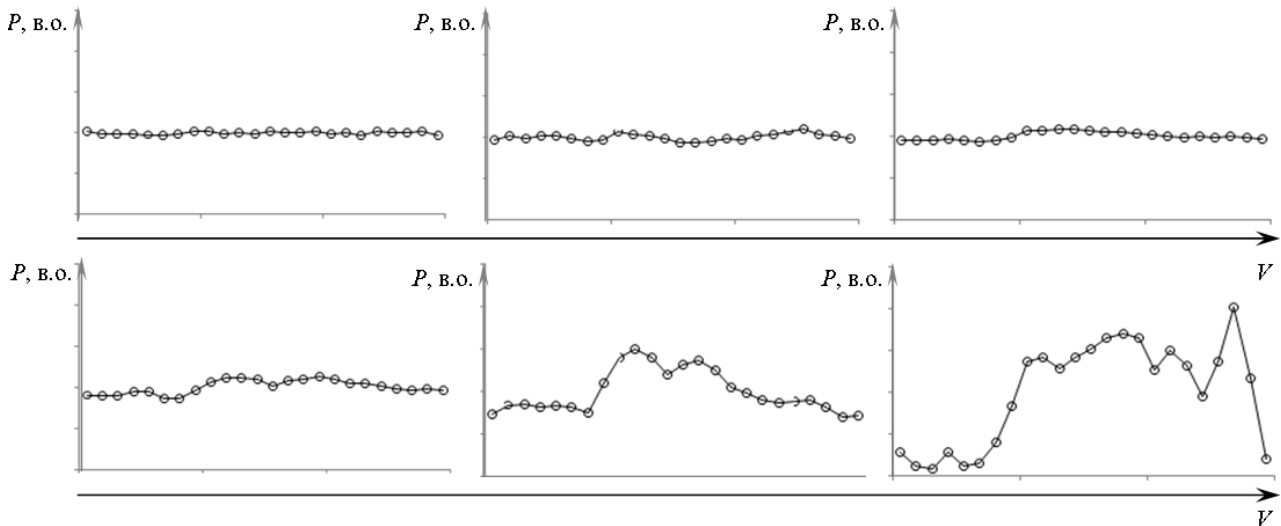


Рисунок 1 – Розподіл графіків споживання у режимний день для промисловостей країни класифікованих за матричним параметром V

```

scilab-4.0
Copyright (c) 1989-2006
Consortium Scilab (INRIA, ENSP)

Startup execution:
loading initial environment

--// create a 2x2 rotation matrix, given degrees
-->function [m] = rotation(d)
-->c = d * %pi / 180.0
-->m = [cos(c) sin(c); -sin(c) cos(c)]
-->end function
-->

--// create a 2x2 scale matrix, given x and y scales
-->function [m] = scale(ax, ay)
-->m = [ax 0; 0 ay]
-->end function
-->

--// example rotation matrix, by 45 degrees
-->rotation(45.0)
ans =
0.7071068 0.7071068
- 0.7071068 0.7071068
-->

--// example scale matrix X*3 and Y*2
-->scale(3,2)
ans =
3. 0.
0. 2.

-->
--// A is product of rotation and scale
-->A = rotation(45.0) * scale(3,2)
A =
2.1213203 1.4142136
- 2.1213203 1.4142136
-->

--// factor A into U,S,V
-->[U,S,V] = svd(A)
U =
1. 0.
0. 1.
S =
3. 0.
0. 2.
V =
0.7071068 0.7071068
0.7071068 0.7071068
-->

--// get product of U,S and transpose of V
-->U*S*V'
ans =
2.1213203 1.4142136
- 2.1213203 1.4142136
-->A
A =
2.1213203 1.4142136
- 2.1213203 1.4142136

```

Рисунок 2 – Код програми SciLab сингулярного розкладу матриці

Перелік посилань

1. Праховник А. В. Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий / А. В. Праховник, В. П. Розен, В. В. Дегтярев // М.: Недра. – 1985. – 232 с.
2. Соколова С. П. Оценивание состояния сложных систем на основе иммунокомпьютинга. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Интеллектуальные информационные системы» / С. П. Соколова, И. В. Усикова, Н. В. Зуева // С.-Петербургский Гос. Ун. аэрокосмического приборостроения. – 2010. – 65 р.
3. Pfeiffer C. Singular Value Decomposition / C. Pfeiffer // Presentation for lectures courses in TUC, Norway. – 24 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ИЗОЛЯЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ К ПЕРЕГРУЗКАМ

Солёная О.Я., аспирант

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Периодические и случайные перегрузки в электропроводке отрицательно сказываются на химических, физических и механических свойствах ее изоляции (старение, разрушение, воспламенение), а значит, перегрузка с большой долей вероятности может быть как причиной возгорания, так и промежуточным аварийным режимом с последующими проявлениями коротких замыканий (КЗ), утечек тока на землю и других источников зажигания изоляции. Таким образом, оперируя значениями интервалов времени до плавления изоляции электропроводок при различных кратностях токов их перегрузок можно сформировать более точные критерии выбора уставок, усовершенствованные технические условия на разработку защит от перегрузок, а также расширить возможности математического моделирования интенсивности их отказов.

Современная промышленность выпускает множество видов кабельных изделий, но в большинстве случаев для прокладки внутренней электропроводки объектов, связанных с жизнедеятельностью человека, используется негибкий монтаж при помощи проводов и силовых кабелей следующих типов: ППВ и АППВ – провода установочные с поливинилхлоридной (ПВХ) или виниловой изоляцией незащищенные; ВВГ и АВВГ – силовые кабели с ПВХ изоляцией. Однако в некоторых условиях прокладки внутренней электропроводки объектов, связанных с жизнедеятельностью человека, есть необходимость использовать гибкий монтаж (зачастую почти вся электробытовая техника подключается через «удлинители») при помощи проводов и шнуров силовых (медных) следующих типов: ПВС – провод соединительный с ПВХ изоляцией; ШВВП – шнур соединительный с ПВХ изоляцией [1].

Применение ПВХ изоляции для кабельных изделий ВВГ (АВВГ), ППВ (АППВ), ПВС, ШВВП и др. обусловлено сочетанием хороших диэлектрических свойств (удельное электрическое сопротивление $10^{12} \div 10^{13}$ Ом·м) и цены. Согласно ПУЭ, длительно допустимый ток (номинальный ток) – это такой ток, который проходя по проводнику в течение длительного времени (более 3τ (где τ – постоянная времени нагрева и охлаждения проводника с изоляцией, зависящая от его материала, конструкции, сечения и способа прокладки, может изменяться от нескольких минут до нескольких часов)) нагревает его до допустимой (номинальной) температуры (для ПВХ изоляции до 65°C), т.о. все токи, приводящие к нагреву более чем на 65°C за 3τ , являются токами перегрузки.

В работе [2], довольно широко раскрывающих вопросы нагрева-охлаждения электропроводок с изоляцией и без, однако нет полного решения поставленной задачи, а именно определения интервалов времени до плавления ПВХ изоляции кабельных изделий ВВГ (АВВГ), ППВ (АППВ), ПВС, ШВВП с реально эксплуатируемыми сечениями в объектах, связанных с жизнедеятельностью человека, при разных кратностях перегрузок.

Исходя из вышеизложенного, была разработана принципиальная схема экспериментального стенда для проведения необходимых измерений, которая представлена на рис. 1, а, а сама установка приведена на фото (рис. 1, б). Приборы, использованные в принципиальной схеме рис. 1, а, имеют следующие технические характеристики: ЛАТ₁ – лабораторный автотрансформатор АОСН-2-220-82 (предел регулирования по напряжению $5 \div 240$ В, при токе нагрузки до 2 А); Т₁ – силовой понижающий трансформатор ОСМ-0,25 УЗ (мощность 0,25 кВт, напряжения обмоток ВН – 220 В, НН – 24 В); А – токоизмерительные клещи FUKKE 266 Clamp meter CE (предел измерения до 1 кА); V₁ – токоизмерительные клещи FUKKE 266 Clamp meter CE (с возможностью измерения температуры при помощи

термопары до 750 °С); V_2 – вольтметр универсальный цифровой В7-38 (предел измерения выбирается автоматически до 1 кВ); в качестве цифрового секундомера использовался сенсорный мобильный телефон Samsung GT-B5722 Duos.

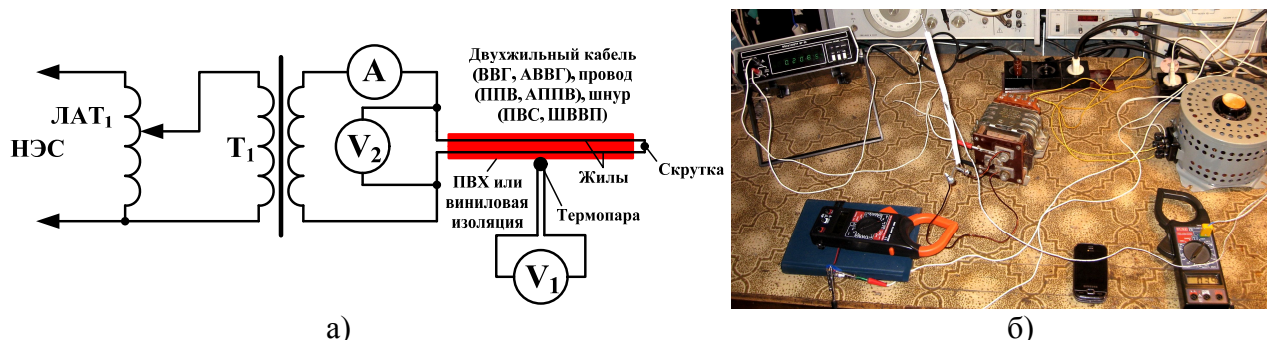


Рисунок 1 – Экспериментальный стенд: (а) принципиальная схема; (б) внешний вид

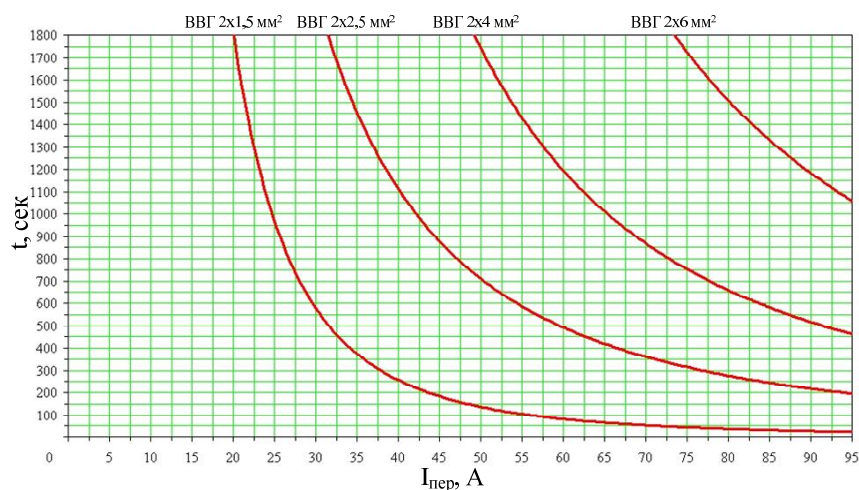
Для проведения эксперимента согласно рекомендаций ПУЭ были выбраны кабельные изделия ВВГ, ППВ (сечением 1,5; 2,5; 4; 6 мм²), АВВГ, АППВ (сечением 2,5; 4; 6; 10 мм²), ПВС, ШВВП (сечением 0,75; 1,5; 2,5; 4; 6 мм²). Они нарезались на отрезки длиной 0,3 м, с одной стороны зачищались, а с другой зачищались и скручивались (рис. 2, а). Длина испытуемых кабельных изделий была выбрана также исходя из условий ПУЭ по соотношениям максимально допустимой длины кабельного изделия от рекомендуемой мощности при заданном сечении. Таким образом, при длине кабельных изделий 0,3 м (около 2 % от максимально допустимого по ПУЭ значения) обеспечивались минимальные падения напряжения на них (по показаниям V_2 они составили $0,193 \div 2,816$ В), а значит и минимальные потери мощности в них, что положительно сказалось на погрешностях измерений тока и температуры.



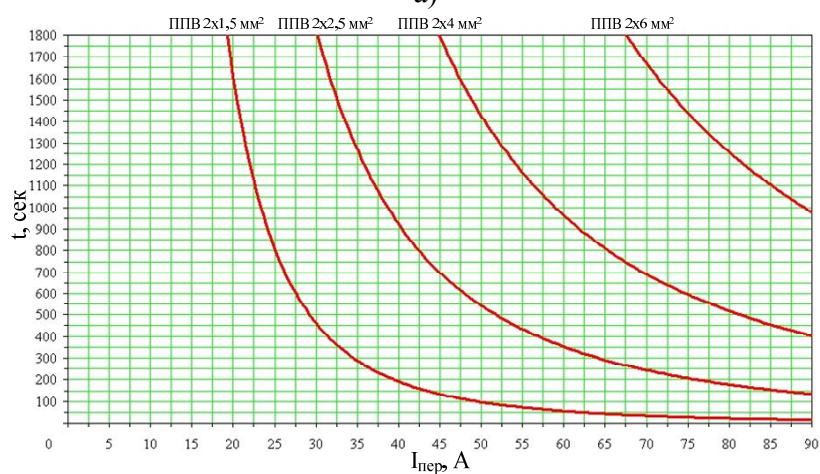
Рисунок 2 – Внешний вид кабельных изделий, на фото сверху вниз представлены ВВГ 2x1,5; АВВГ 2x2,5; ППВ 2x1,5; АППВ 2x2,5; ШВВП 2x0,75; ПВС 2x0,75: (а) до проведения эксперимента; (б) после проведения эксперимента,

Сечение вторичной обмотки (10 мм² – медь) и характеристики магнитной системы (индукция до 1,65 Тл) силового понижающего трансформатора T_1 позволили при опытном коротком замыкании кратковременно достигать во вторичной обмотке ток в 105 А (до 30 секунд). Таким образом, удалось получить следующие кратности перегрузок: медный провод сечением 0,75 (5-ти кратная); 1,5 (5-ти кратная); 2,5 (4-х кратная); 4 (3-х кратная); 6 (2-х кратная); алюминиевый провод сечением 2,5 (5-ти кратная); 4 (4-х кратная); 6 (3-х кратная); 10 (2-х кратная).

Результаты эксперимента представлены в виде графиков зависимостей интервалов времени до плавления ПВХ изоляции кабельных изделий от разной кратности перегрузок (рис. 3), обработка результатов проводилась в среде MathCAD с предварительным формированием массивов данных в txt-файлы.



а)



б)

Рисунок 3 – Графики зависимостей интервалов времени до плавления ПВХ изоляции: (а) силового кабеля марки ВВГ; (б) провода установочного марки ППВ, сечениями 2x1,5; 2x2,5; 2x4; 2x6 мм² при разной кратности токов перегрузок

Во время проведения эксперимента были сделаны следующие наблюдения. При протекании длительно допустимого тока по всем участвовавшим в опытах кабельным изделиям допустимое значение температуры (65°С) достигалось для ВВГ, ППВ, ШВВП и ПВС примерно за 3 минуты, а для АВВГ и АППВ примерно за 1 минуту. Также почти для всех образцов температура продолжала нарастать в некоторых случаях до 80°С за 30 минут (максимально выдерживаемое время при номинальных токах для всех образцов), зачастую это было обусловлено несоответствием указанных на маркировке кабелей сечений реальным измеренным значениям. Особенно ярко это было выражено у ШВВП и ПВС, т.к. измерение микрометром диаметров каждой жилы и пересчет общего сечения давало расхождение до 6 % с заявленным. Это может и не свидетельствует о нарушении ГОСТ 22483-77 [3] производителями, но об их недобросовестности явно сигнализирует. В таких режимах ПВХ изоляция не размягчалась, но была теплая при касании. Поэтому при покупке кабельных сечений необходимо измерять их реальное сечение и через него рассчитывать значения длительно допустимого тока. При 2-х кратной перегрузке у ВВГ, ППВ, ШВВП и ПВС примерно за 3 минуты температура ПВХ изоляции достигала почти 100 °С, а у АВВГ и АППВ примерно за 1 минуту. При этом ПВХ изоляция размягчалась, была горячей при касании и свободно вращалась вокруг жил. При 2-х кратной перегрузке у ВВГ, ППВ, ШВВП и ПВС примерно за 3 минуты температура ПВХ изоляции достигала почти 100 °С, а у АВВГ и АППВ примерно за 1 минуту почти 120 °С. При этом ПВХ изоляция размягчалась, была горячей при касании и свободно вращалась вокруг жил – для меди, а у алюминия начинал выделяться хлористый водород (рис. 4).

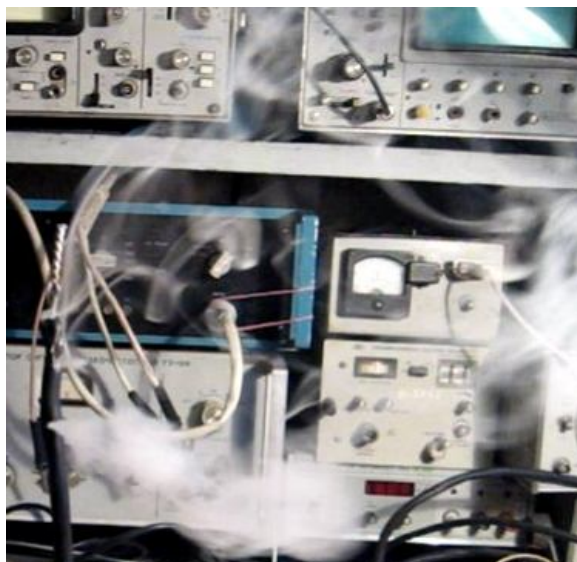


Рисунок 4 – Выделение хлористого водорода из силового кабеля АВВГ 2х2,5 при 2-х кратной перегрузке

Начиная с 3-х кратной перегрузки у всех кабельных изделий наступало расплавление изоляции с выделением хлористого водорода – для меди в пределах 1 минуты, а для алюминия в пределах 30 секунд. Если кабельные изделия располагались перпендикулярно земле, то ПВХ изоляция не стекала с них, а если параллельно – ПВХ изоляция стекала. Первое оплавление ПВХ изоляции происходило в местах скрутки из-за наличия повышенного переходного сопротивления в месте КЗ (т.е. здесь выделялась наибольшая мощность), у алюминия это проявлялось ярче, чем у меди, т.к. он имеет большую оксидную пленку.

При 5-ти кратной перегрузке у АВВГ и АППВ примерно за 1 минуту происходило расплавление металла в месте скрутки, при этом иногда воспламенялась ПВХ изоляция.

Выявлено, что у ВВГ, АВВГ, ШВВП и

ПВС из-за наличия ПВХ оболочки присутствует большее температурное транспортное запаздывание, чем у ППВ и АППВ, т.е. их общая ПВХ изоляция (изоляция жил + оболочка) нагревается и остывает дольше. Данный факт может привести к более быстрому разогреву ПВХ изоляции при повторной перегрузке, т.к. она не успеет остыть после предыдущей. Данный эффект наблюдается и при помещении кабельных изделий в защитную гофру или ПВХ трубу, поэтому необходимо учитывать это при поиске компромисса между механическо-диэлектрической прочностью и охлаждением кабельных изделий.

После многократных перегрузок даже если ПВХ изоляция не разрушалась, она зачастую становилась более твердой и хрупкой, т.е. ускоренно старела. Также при плавлении (горении) ПВХ изоляция превращается в угольный порошок (рис. 2, б).

Часто у кабельных изделий ВВГ, АВВГ, ШВВП и ПВС после перегрузки, которая должна была разрушить их ПВХ изоляцию, наблюдалось полное сохранение целостности ПВХ оболочки. Но при всей видимости, что кабельное изделие не разрушено, удаление ПВХ оболочки показывало полное разрушение внутренней изоляции жил. Примерно такие же результаты наблюдались и у кабельных изделий, помещавшихся в гофру или ПВХ трубу.

Также наблюдались случаи частичного разрушения ПВХ изоляции кабельного изделия – вся изоляция начинала оплавляться, но в какой-то момент в одном из мест происходило спаивание жил, т.е. КЗ, при этом ПВХ изоляция кабельного изделия, находящаяся до места КЗ, расплавлялась, а после места КЗ остывала и как бы оставалась целой. Поэтому даже если заменить разрушенную часть кабельного изделия, а остальную как бы нетронутую оставить в последующей эксплуатации, ее разрушение наступит раньше нормированного срока.

Данные, полученные в ходе проведенных экспериментов, позволили расширить представление о поведении ПВХ изоляции в номинальных и аварийных перегрузочных режимах.

Список литературы

1. Белоруссов Н.И. и др. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник / Н.И. Белоруссов, А.Е. Саакян, А.И. Яковлева; Под ред. Н.И. Белорусова. – 5 изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 536 с.; ил.
2. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок. – М: Кабель, 2009. – 328 с.: рис., табл.
3. ГОСТ 22483-77 (СТ СЭВ 3466-81). Жилы токопроводящие медные и алюминиевые для кабелей, проводов и шнуров. Основные параметры. Технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1980 – 14 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВИБУХОБЕЗПЕЧНИХ ПІДСТАНЦІЙ ВИДОБУВНИХ ДІЛЬНИЦЬ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Луценко І.М., асистент

(ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)

Постановка проблеми. Одним із важливих чинників, що прямо впливають на ефективність функціонування гірничо-видобувних підприємств, є значне перевищення регламентованих строків експлуатації основних фондів, викликане завищенням номінальних параметрів обладнання вже на стадії проектування. Це призводить до підвищення капітальних витрат на його придбання, неефективного використання у процесі експлуатації. Таке положення є особливо актуальним для вибухобезпечних комплектних трансформаторних підстанцій (КТП), які застосовуються у вугільних шахтах та за строком експлуатації значно перевищують регламентований, що становить 15 років. Той факт, що трансформатори працюють понад номінальний термін служби, свідчить про неефективність їх використання за навантажувальною здатністю в умовах експлуатації. Виходячи з наведених положень, задача визначення та обґрунтування умов підвищення ефективності використання закладеної виробником навантажувальної здатності трансформаторів шахтних КТП є актуальною.

Дослідження рівня завантаження вибухобезпечних підстанцій. Масовий натурний експеримент, проведений науковцями Національного гірничого університету для типової шахти Західного Донбасу, дозволив отримати репрезентативну вибірку графіків добових електричних навантажень (ГЕН) видобувних дільниць (ВД) та показав, що завантаження трансформаторів КТП дуже низьке, а режими роботи далекі від номінальних [1].

Основною причиною неефективного використання навантажувальної здатності трансформаторів слід вважати значну похибку з визначення розрахункового навантаження дільниць за існуючою методикою (метод коефіцієнту попиту) [2]. Задля її зменшення необхідно вже на етапі вибору потужності трансформаторів врахувати вплив гірничо-технічних та технологічних особливостей роботи даного обладнання у конкретних умовах експлуатації для оперативного коригування розрахункової потужності струмоприймачів дільниць.

Фактори оточуючого середовища. У роботах [3, 4] показано, що до факторів, які впливають на навантажувальну здатність КТП відносяться умови оточуючого середовища: температура повітря (T_{oc}) та швидкість повітряного струменю (V_{cmp}) у місці їх установки. Дані фактори жодним чином не враховуються при розрахунках за методом коефіцієнту попиту як і вимоги [5] щодо їх нормованих значень. Проведені дослідження з оцінки впливу даних факторів на навантажувальну здатність дозволили отримати універсальну залежність допустимого коефіцієнту завантаження трансформатора від умов оточуючого середовища:

$$K_{з,дон} = -0,005 \cdot T_{oc} + 1,187 \cdot 1,08^{V_{cmp}} \quad (1)$$

Таким чином, при врахуванні реальних умов роботи трансформаторів за розглянутими факторами необхідно вносити відповідну поправку при виборі їх потужності.

Гірничо-технологічні фактори. Дані стосовно характеристики родовища, технології ведення робіт, застосованого технологічного обладнання та планових показників видобутку корисної копалини, тривалості основних та допоміжних операцій є заздалегідь відомими та містяться у технологічному паспорті кожної нової дільниці. Тобто є умови для застосування найбільш точного методу розрахунку навантажень – методу технологічного графіку. Попередню оцінку очікуваного електричного навантаження для задоволення планових показників видобутку вугілля на етапі введення в дію нової лави можливо виконати за питомими витратами електричної енергії для ВД з механізованими комплексами [6].

Швидкість подачі комбайну для досягнення планового добового видобутку вугілля, виражена через технологічні показники, може бути визначена за формулою (2):

$$V_k = \frac{Q_{доб}}{n_{p.з} K_m T_{p.з} \gamma H B_3}, \quad (2)$$

де V_k – швидкість подачі комбайну, м/хв; $Q_{доб}$ – добова продуктивність дільниці, т; $n_{p.з}$ – число робочих змін; K_m – коефіцієнт машинного часу; $T_{p.з}$ – тривалість робочої зміни, хв.; γ – щільність вугілля в цілику, т/м³; H – потужність пласту, м; B_3 – ширина захвату робочого органу, м.

За швидкістю подачі (2), визначається величина питомої витрати електричної енергії, ω комплексом устаткування ВД з виїмковою машиною [6, рис. 1].

Наступним кроком є визначення споживання електричної енергії комплексом за робочі зміни, $A_{вид}$ та середньої активної потужності споживання P_{cp} :

$$A_{вид} = \omega \cdot Q_{доб}; \quad P_{cp} = \frac{60 \cdot A_{вид}}{T_{p.з} \cdot n_{p.з}}.$$

Середньоквадратичне значення активної ($P_{cp.кв}$) та повної ($S_{cp.кв}$) потужності, за якою правомірно виконувати вибір трансформатора КТП, можливо отримати з наступних виразів:

$$P_{cp.кв} = P_{cp} \cdot K_\phi; \quad S_{cp.кв} = P_{cp.кв} / \cos \varphi_{cp},$$

де K_ϕ – коефіцієнт форми ГЕН (для ВД приймається рівним 1,37); $\cos \varphi_{cp}$ – середній коефіцієнт потужності за робочі зміни (для ВД приймається рівним 0,6-0,7).

Типорозмір трансформатора підстанції повинен бути вибраний не меншим за найближчий більший стандартний, ніж отримане значення $S_{cp.кв}$.

Перевірка прийнятого типорозміру має бути виконана за технічними обмеженнями по напрузі на затискачах двигунів електрообладнання задля забезпечення їх стійкої роботи.

Висновки. Комплексне врахування планових показників, технологічної та технічної характеристики родовища і застосованого обладнання, внесення поправки на вплив факторів оточуючого середовища, задоволення технічних обмежень і вимог, що пред'являються до підземної системи електропостачання надасть змогу більш обґрунтовано виконувати вибір потужності трансформаторів КТП, а наявність моніторингу поточного навантаження КТП гарантовано сприятиме підвищенню ефективності їх використання за навантажувальною здатністю під час експлуатації.

Перелік посилань

1. Півняк Г. Г. Формування парку вибухозахищених трансформаторних підстанцій вугільних шахт / Г. Г. Півняк, В. Т. Заїка, І. М. Луценко // Уголь Украины. – 2011 – №6. – С. 20–23.
2. Методика расчета электрических нагрузок угольных шахт. – Днепропетровск: Днепрогипрошахт, 1990.– 86 с.
3. Шахтные сухие трансформаторы и передвижные подстанции / А.Н. Селищев. – М. : Недра, 1968. – 384 с. : ил.; 21см. – 151 р.
4. Перегрузочная способность взрывобезопасных трансформаторных подстанций / И.Я. Чернов, В.В. Шилов, В.М. Грушко, В.Л. Кузнецов // Взрывозащищенное электрооборудование: Сб. науч. тр. УкрНИИВЭ. – Донецк: ООО «АИР», 2011. – С. 42–46.
5. Державні санітарні правила та норми "Підприємства вугільної промисловості": ДСП 3.3.1.095-2002. – [Електронний ресурс] – Режим доступу до даних: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0498-03>.
6. СОУ 10.1.00174094.001-204. Енергобаланс вугільних підприємств. Аудит енергоспоживання.

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ НЕЛІНІЙНИХ ПОБУТОВИХ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ

Соломчак А.О., магістр; Соломчак О.В., к.т.н., доц.

(Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна)

Однофазні нелінійні електроприлади через свою масовість призвели до збільшення коефіцієнта нелінійних спотворень (гармонік) струму, особливо за рахунок генерації в мережу 3-ої, 5-ої та 7-ї гармонік. Вищі гармоніки струму збільшують коефіцієнт нелінійних спотворень напруги.

Нелінійні навантаження погіршують електромагнітну сумісність, що призводить до перевантаження електричних мереж, додаткових втрат електроенергії, ненадійної роботи електричного та електронного устаткування, прискореного старіння ізоляції.

Об'єктом досліджень є типові електропобутові прилади.

Предметом дослідження є гармоніки струму і напруги.

Засобом дослідження миттєвих значень струмів та напруг є інформаційно-вимірвальний комплекс кафедри електропостачання та електрообладнання ІФНТУНГ. Миттєві значення напруги вимірювались за допомогою перетворювача напруги компенсаційного типу, марки CV3-1000 виробництва LEM класу точності 0,2, а миттєві значення струму – за допомогою струмовимірвальних кліщів-адаптера марки АТА-2502 виробництва АКТАКОМ класу точності 2. Введення вторинних сигналів в ЕОМ здійснювалось 14-розрядним АЦП марки NI USB-6009 виробництва National Instruments класу точності 0,5. Дискретність зняття показів становила 100 значень за 1 період (5кГц). Розрядність аналого-цифрового перетворювача NI USB-6210 – 16 біт. Частота дискретизації аналого-цифрового перетворювача – 10 кГц (200 відліків часу на період частоти 50Гц). Кількість каналів вимірювання напруги – 3. Кількість каналів вимірювання струму – 4. Діапазон вимірювання напруги – 0...±1000В постійної напруги та 0...700В змінної напруги (середньоквадратичне значення) за допомогою датчиків напруги на ефекті Холла типу CV3-1000 фірми Lem.

Для дослідження було вибрано ряд характерних побутових електроприладів у різних режимах роботи: електричний чайник, побутовий фен в режимах максимальної і половинної потужності, мікрохвильова піч, пилосос в режимах максимальної і мінімальної потужностей, телевізор, комп'ютер при різному завантаженні.

Згідно вимоги ДСТУ [1] для нормування гармонік струму побутові електроприлади поділяють на 5 класів від А до D.

На основі вимірювань миттєвих значень струму і напруги проведено розкладання несинусоїдного сигналу в ряд Фур'є і розраховані амплітудні і діючі значення вищих гармонік струмів, а також коефіцієнти гармонічних складових струмів [2,3], які наведено в табл.1.

Таблиця 1 - Виміряні значення вищих гармонік електроприймачів

	Гармоніка	h	1	2	3	4	5	6	7	8
Електро- чайник	Діючі значення	U	212,07	0,042	1,817	0,092	5,537	0,092	2,524	0,170
		I, A	8,11	0,007	0,071	0,007	0,198	0,007	0,009	0,007
	$K_{I(n)}$	%		0,087	0,872	0,087	2,440	0,087	0,113	0,087
Фен на максималь- ній потужності	Діючі значення	U	214,56	0,078	1,782	0,014	5,636	0,127	2,708	0,134
		I, A	2,6	0,000	0,021	0,000	0,071	0,007	0,028	0,000
	$K_{I(n)}$	%		0,000	0,813	0,000	2,710	0,271	1,084	0,000
Фен в режимі 50% потужності	Діючі значення	U	215,72	0,467	1,916	0,148	5,593	0,078	2,638	0,177
		I, A	1,31	0,559	0,014	0,106	0,035	0,028	0,014	0,028
	$K_{I(n)}$	%		42,70	1,081	8,108	2,703	2,162	1,081	2,162
Мікрохви- льова піч	Діючі значення	U	213,81	0,191	3,323	0,071	5,452	0,085	2,892	0,127
		I, A	5,69	0,255	1,789	0,120	0,375	0,042	0,177	0,007
	$K_{I(n)}$	%		4,478	31,468	2,114	6,592	0,746	3,109	0,124
Пилосос в режимі максималь- ної потужності	Діючі значення	U	212,75	0,028	2,263	0,057	5,544	0,092	2,737	0,156
		I, A	4,76	0,007	0,651	0,007	0,148	0,000	0,092	0,007
	$K_{I(n)}$	%		0,149	13,67	0,149	3,120	0,00	1,932	0,149
Пилосос в режимі мінімальної потужності	Діючі значення	U	214,8	0,106	0,566	0,064	5,494	0,049	2,383	0,134
		I, A	2,84	0,014	1,796	0,007	0,764	0,007	0,375	0,007
	$K_{I(n)}$	%		0,498	63,18	0,249	26,87	0,249	13,18	0,249
Телевізор	Діючі значення	U	218,04	0,106	1,860	0,078	6,145	0,092	2,871	0,106
		I, A	0,18	0,007	0,177	0,007	0,113	0,007	0,078	0,007
	$K_{I(n)}$	%		4,00	100,0	4,00	64,00	4,00	44,00	4,00
Комп'ютер	Діючі значення	U	216,8	0,085	2,270	0,057	6,173	0,064	3,246	0,127
		I, A	0,594	0,007	0,453	0,014	0,255	0,007	0,092	0,007
	$K_{I(n)}$	%		1,190	76,19	2,381	42,86	1,190	15,47	1,190

Висновки: коефіцієнти гармонічних складових струмі побутових електроприладів є значними, в окремих випадках співрозмірними з першою гармонікою, а у телевізора і комп'ютера, які відносяться до електроприймачів групи D величини всіх непарних гармонік перевищують допустимі ДСТУ [1] значення.

Перелік посилань

1. ДСТУ ІЕС 61000-3-2:2008 “Електромагнітна сумісність. Частина 3-2. Норми на емісію гармонік струму (для сили вхідного струму обладнання не більше 16А на фазу)”.
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. / И.В. Жежеленко. - М.: Энергоатомиздат – 1984. – 159 с.
3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. / Л.А. Бессонов. - М.: Высшая школа – 1973. – 733 с.

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ВИЩИХ ГАРМОНІК СТРУМУ ПІДСТАНЦІЇ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Юрченко В.А., студент; Дорошенко О.І., к.т.н., доц.

(Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, Україна)

З метою визначення рівня електромагнітної сумісності систем зовнішнього електропостачання рухомого складу міського електротранспорту, типову схему якого наведено на рис. 1,

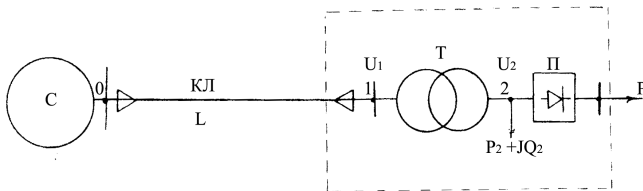


Рисунок 1 – Принципова схема живлення навантаження

необхідно проводити аналіз рівня вищих гармонік (ВГ) струму їх навантаження.

Відомо, що для такого аналізу застосовують математичний гармонійний метод, який дозволяє умовно вважати нелінійне навантаження таких систем

джерелом струму ВГ, який не залежить від напруги на затискачах такого навантаження. При цьому, розглядаються гармоніки до $V = 40$, включно, а розрахункову схему заміщення для кожної гармоніки наведено на рис.2.

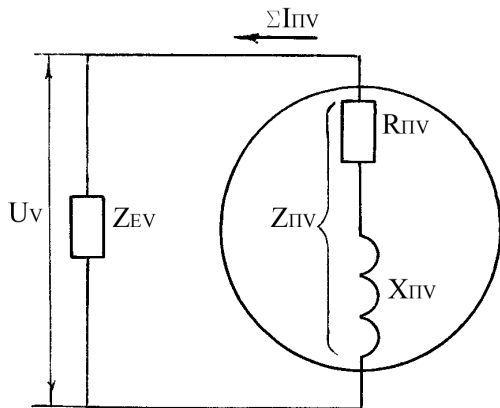


Рисунок 2 – Схема заміщення для струму V -ої гармоніки

Для прикладу розглянемо тягову підстанцію міського електротранспорту, що живиться при номінальній напрузі $U = 6$ кВ від системної підстанції 110/6 кВ, де розташується комерційний облік електроенергії, який зафіксував такий річний виток електроенергії:

Активної $WP = 225946$ кВт·год/рік.

Реактивної $WQ^+ = 267192$ квар·год/рік.

При цьому середньо виважений коефіцієнт реактивної потужності складає

$$tg\varphi_c = 267192 / 225946 = 1,183 \text{ в.о.}$$

Аналіз добових графіків навантаження свідчить про те, що число годин максимуму споживача складає $T_M = 2200$ год/рік.

При цьому: активне навантаження споживача складає $P_p = 225946 / 2200 = 103$ кВт, реактивне $Q_p = 267192 / 2200 = 121$ квар, а повне $S_p = \sqrt{103^2 + 121^2} = 159$ кВА.

За даними [1], коефіцієнт потужності перетворювача першої гармоніки (частота 50 Гц) зі схемою сполучення вентилів “дві зворотні зірки” складає $\cos\varphi_1 = 0,670$ в.о., за якого $tg\varphi_1 = 1,108$ в.о. Очевидно що збільшення повного реального навантаження відбувається за рахунок реактивної потужності на ВГ. Тому, для першої гармоніки

$$S_1 = S_p \cdot \sqrt{1 + tg\varphi_1^2} / \sqrt{1 + tg\varphi_c^2} = 159 \cdot \sqrt{1 + 1,108^2} / \sqrt{1 + 1,183^2} = 153 \text{ кВА.}$$

При цьому, розрахункові опори навантаження на першій гармоніці визначається за відомими формулами:

$$Z_{П1} = \frac{6^2 \cdot 10^3}{153} = 235,3 \text{ Ом. } R_{П1} = 235,3 \cdot 0,67 = 157,6 \text{ Ом. } X_{П1} = \sqrt{235,3^2 + 157,6^2} = 174,7 \text{ Ом.}$$

Як відомо, фізично, опори залежать від частоти. Тому для частоти V -ої гармоніки струму можна записати, Ом:

$$X_{IV} = X_{III} \cdot V. \quad (1)$$

$$R_{IV} = R_{III} \cdot k_V. \quad (2)$$

За даними [2], приймається, в.о.

$$k_V = e^{0,035 \cdot \sqrt{V^2 - 1}}. \quad (3)$$

Величину струму V -ої гармоніки визначається за формулою з [2]

$$I_V = I_{III} \cdot \frac{Z_{III}}{Z_{IV}} = \frac{\sqrt{R_{III}^2 + X_{III}^2}}{\sqrt{R_{IV}^2 + X_{IV}^2}}, \quad (4)$$

$$\text{де } I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3}U} = \frac{153}{\sqrt{3} \cdot 6} = 14,7 \text{ А.}$$

Результати розрахунку струмів ВГ за методикою, яку викладено вище, з використанням формул (1) – (4), наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Визначення струму вищих гармонік підстанції міського електротранспорту

V , од.	k_V , од.	R_V , Ом	X_V , Ом	Z_V , Ом	I_V , А	V од.	k_V од.	R_V Ом	X_V Ом	Z_V Ом	I_V А
1	1,000	157,4	174,3	234,9	14,8	21	2,084	327,9	3661,3	3675,9	0,9
2	1,062	167,2	348,7	386,7	9,0	22	2,158	339,6	3835,6	3850,6	0,9
3	1,104	173,7	523,0	551,1	6,3	23	2,235	351,7	4009,9	4025,3	0,9
4	1,145	180,2	697,4	720,3	4,8	24	2,315	364,2	4184,3	4200,1	0,8
5	1,187	186,8	871,7	891,5	3,9	25	2,397	377,2	4358,6	4374,9	0,8
6	1,230	193,6	1046,1	1063,8	3,3	26	2,483	390,6	4533,0	4549,8	0,8
7	1,274	200,5	1220,4	1236,8	2,8	27	2,571	404,6	4707,3	4724,7	0,7
8	1,320	207,7	1394,8	1410,1	2,5	28	2,663	419,0	4881,7	4899,6	0,7
9	1,368	215,2	1569,1	1583,8	2,2	29	2,758	433,9	5056,0	5074,6	0,7
10	1,417	222,9	1743,5	1757,6	2,0	30	2,856	449,4	5230,4	5249,6	0,7
11	1,467	230,9	1917,8	1931,6	1,8	31	2,958	465,4	5404,7	5424,7	0,6
12	1,520	239,1	2092,1	2105,8	1,6	32	3,063	482,0	5575,1	5599,8	0,6
13	1,574	247,7	2266,5	2280,0	1,5	33	3,172	499,2	5753,4	5775,0	0,6
14	1,630	256,5	2440,8	2454,3	1,4	34	3,285	517,0	5927,7	5950,2	0,6
15	1,688	265,7	2615,2	2628,6	1,3	35	3,402	535,4	6102,1	6125,5	0,6
16	1,749	275,2	2789,5	2803,1	1,2	36	3,524	554,5	6276,4	6300,9	0,5
17	1,811	285,0	2963,9	2977,5	1,2	37	3,649	574,2	6450,8	6476,3	0,5
18	1,876	295,2	3138,2	3152,1	1,1	38	3,779	594,7	6625,1	6651,8	0,5
19	1,943	305,7	3312,6	3326,6	1,0	39	3,914	615,9	6799,5	6827,3	0,5
20	2,012	316,6	3486,9	3501,3	1,0	40	4,053	637,8	6973,8	7002,9	0,5

Таким чином, визначення струму вищих гармонік системи зовнішнього електропостачання рухомого складу міського електротранспорту необхідно проводити з урахуванням її реального річного витоку активної та реактивної електроенергії.

Перелік посилань

1. Константинов Б.А. О коэффициенте мощности тиристорных установок / Б.А. Константинов, Е.П. Есаков // Промышленная энергетика. – 1971. – № 2. – С. 26–28.
2. Дорошенко О.І. Про коефіцієнт реактивної потужності трансформаторної підстанції для живлення рухомого складу міського електротранспорту / О.І. Дорошенко, В.А. Юрченко // XI міжнародна науково-технічна конференція “Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації”, Кременчук, 9 – 11 квітня 2012 р. Кременчук, 2013. – С. 164 – 165.

ПРО КОМПЕНСАЦІЮ РЕАКТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИ НАПРУЗІ 6(10) КВ

Касаткіна І.В., студентка; Дорошенко О.І., к.т.н., доц.

(Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, Україна)

Як показують дослідження [1], останнім часом значно збільшився середній показник питомого рівня пошкоджень обладнання електричних мереж (ЕМ) з номінальною напругою 6 – 35 кВ, який перебільшує величину, більше ніж 100 од/рік на 100 км довжини таких мереж. У більшості випадків такі неприємності обумовлені однофазними замиканнями на землю (ОЗЗ). Загально відомо, що такі замикання складають біля 70 % від загальної кількості замикань усіх їх видів і супроводжуються значними перенапругами в згаданих ЕМ.

На рис.1,а наведено принципову схему такого ОЗЗ та на рис.1,б – розрахункову схему заміщення мережі у такому режимі.

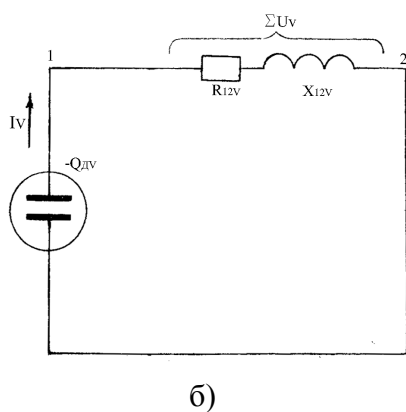
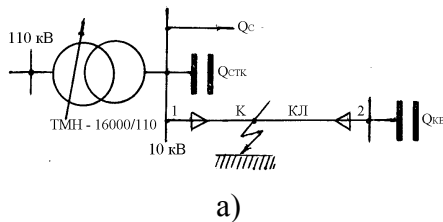


Рисунок 1 – Схеми режиму ОЗЗ:
а) принципова схема; б) схема заміщення для V -ої гармоніки струму

На рис.1,а показано ОЗЗ кабельної лінії, що живить споживача від системної підстанції 110/10 кВ, який застосовує для компенсації власного реактивного навантаження конденсаторну установку Q_{KB} з номінальною напругою 10 кВ. На збірних шинах 10 кВ системної підстанції також застосовано статичний компенсатор реактивного навантаження Q_{CTK} . З урахуванням власної реактивної потужності ЕМ 10 кВ Q_C , загальна реактивна потужність системної підстанції складає, квар

$$Q_{\Sigma} = Q_C + Q_{CTK} + Q_{KB}. \quad (1)$$

Як відомо з [2], фізично, це поперечна складова енергії електромагнітного поля електроенергетичної системи, яка може передаватись тільки у середину її струмоведучих частин, утворюючи в них струм самоіндукції (реактивний струм, що випереджає напругу таких частин).

Оскільки контакт у точці замикання має форму мікророзрядів, то джерело реактивного струму кола замикання можна вважати джерелом вищих гармонік (ВГ) і розглядати для кожної гармоніки окремо (рис.1,б).

При цьому, для кожної гармоніки справедливо, кВ

$$U_{VM} = -I_V R_{12V} - I_V X_{12V} = -I_V R_{12V} - L_{12V} \frac{-\partial i_V}{\partial t} = -I_V R_{12V} + I_V X_{12V}. \quad (2)$$

Як можна бачити з (2), за певних умов, що залежать від випадкового характеру розвитку процесів у точці замикання, падіння напруг на реактивному опорі кола замикання (фізично, це електрорушійна сила, що залежить від величини реактивного струму гармоніки) може не тільки скомпенсувати падіння напруги на активному опорі кола замикання, але й сумуючись з фазною напругою, що зростає до значення лінійної напруги, створити явище перенапруги на кожній гармоніці, що розглядається.

При цьому, струм будь-якої гармоніки визначається за формулою, А

$$I_V = \frac{-3Q_\Sigma}{\sqrt{3}U_{НОМ}}. \quad (3)$$

За рекомендацією [3], активний опір кола замикання для V -ої гармоніки струму провідності визначається за формулами:

Активний опір, Ом

$$R_{12V} = R_1 e^{a\sqrt{V^2-1}}, \quad (4)$$

де R_1 - активний опір кола на першій гармоніці, Ом; a - числовий коефіцієнт, значення якого необхідно визначити у подальшому, од.

Реактивний опір, Ом

$$X_{12V} = X_1 V, \quad (5)$$

де X_1 - реактивний опір кола на першій гармоніці, Ом

Значення напруги, визначене за формулою (2) вважається амплітудним. Тому, результуюче діюче значення перенапруги на усіх ВГ, що враховуються, можна визначити, кВ

$$U_V = \frac{\sum_{V1}^{V2} U_{VM} / \sqrt{2}}{V2 - V1}, \quad (6)$$

де $V1$ - номер гармоніки, для якої вже починає діяти вираз $X_V > R_V$, од; $V2$ - номер гармоніки, для якої ще діє вираз $X_V > R_V$, од.

Очевидно, що діюче значення перенапруги при ОЗЗ можна визначити за формулою, кВ

$$UV = U_{НОМ} + U_V. \quad (7)$$

Амплітуда перенапруги складає величину, кВ

$$UV_M = \sqrt{2}UV. \quad (8)$$

Висновки

1. Через збільшення величин перенапруги за однофазних замикань в мережах 6 – 35 кВ застосування пристроїв компенсації їх реактивного навантаження з номінальною напругою вище 1 кВ не рекомендується.

2. Якщо доведено економічність застосування конденсаторних установок з номінальною напругою 6(10) кВ, то на час тривалості однофазних замикань в електричних мережах 6 – 35 кВ такі установки необхідно відмикати.

3. Якщо в мережах 6(10) кВ споживачів, за технологією виробництва, застосовуються синхронні двигуни, то на час тривалості однофазних замикань в електричних мережах 6 – 35 кВ такі двигуни необхідно відмикати, або зменшувати запас їх статичної стійкості в межах до коефіцієнта 0,92.

Перелік посилань

1. Мусиенко А.Г. Пути повышения надежности работы городских распределительных сетей напряжением 6(10) кВ / А.Г. Мусиенко, В.Ф. Сивокобыленко, М.П. Дергилев // Электрические сети и системы. – 2003. – №3. – С. 18 – 36.

2. Дорошенко О.І. Про фізику електромагнітного поля електроенергетичної системи / О.І. Дорошенко // XI міжнародна науково-технічна конференція “Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об’єктів, Кременчук, 2 – 4 листопада 2012 р. Кременчук, 2012. – С. 33 –35.

3. Дорошенко О.І. Про коефіцієнт реактивної потужності трансформаторної підстанції для живлення міського електротранспорту / О.І. Дорошенко, В.А. Юрченко // Матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів “Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації”. Кременчук, 9 – 11 квітня 2013 р. – С. 164 – 165.

РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА З ГРУПИ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Лобанов Ю.Ю., студент; Нестерчук Д.М., к.т.н., доц.

(Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна)

Проблема підвищення експлуатаційної надійності трифазних асинхронних електродвигунів (АД) на сучасному етапі розвитку промислового виробництва набула істотне економічне значення. Це пояснюється тим, що електротехнічна промисловість в цілому, і особливо електромашинобудування, є технічної базою електрифікації всіх галузей виробництва. У зв'язку з цим технічний і технологічний рівень виробництва, при широкому застосуванні електричних машин для приводу робочих машин і виконавчих механізмів і систем автоматичного управління виробничими процесами, у великій мірі, визначається надійністю АД. Практика експлуатації АД показує, що збільшення терміну служби і підвищення надійності їх роботи дає відносно більший економічний ефект, ніж поліпшення техніко-економічних показників, а саме, коефіцієнта корисної дії, коефіцієнта потужності, коефіцієнта використання. Підвищення якості та експлуатаційної надійності електричних машин - одна з найбільш актуальних проблем сучасного електромашинобудування та експлуатації електричних машин.[1, 2]. Існують сучасні методи та засоби експлуатаційного моніторингу АД, які розглянуті в [3]. Основою експлуатаційного моніторингу АД є технічна діагностика, суть якої – це безперервний контроль за зміною одного або декількох параметрів, які характеризують процеси пошкодження та зносу ізоляції, а також параметрів, які характеризують поточний стан ізоляції, це своєчасне прогнозування ненормального розвитку процесів, яке дозволяє визначати як остаточний технічний ресурс, так й швидкість зносу ізоляції обмоток АД. На нашу думку, універсальна система моніторингу АД повинна бути багатofункціональною та багатоканальною, яка б забезпечувала повну інтеграцію енергетичного та електромеханічного моніторингу АД. [3].

Метою статті є обґрунтування структури універсальної системи моніторингу асинхронного електродвигуна. Основні функції універсальної системи моніторингу АД такі: здійснення алгоритму визначення певного АД з групи електродвигунів, що підпадають під моніторинг; здійснення алгоритму аналізу параметрів технічної діагностики АД з групи електродвигунів; здійснення алгоритму збору первинної інформації та її обробки щодо технічного стану АД; здійснення перетворення первинної інформації для подальшої передачі. На рис.1 наведена структурна схема системи моніторингу АД з групи електродвигунів. Складовими універсальної системи є група асинхронних електродвигунів, як об'єкти моніторингу, модулі первинних перетворювачів, модулі діагностування для кожного АД з групи електродвигунів, електрична мережа «прийом-передача інформації» та централізований монітор групи асинхронних електродвигунів. Слід відзначити, що модуль первинних перетворювачів може бути укомплектований перетворювачем температури ізоляції статорної обмотки, перетворювачами для контролю фазних струмів, а також блоком контролю неповно фазного режиму. Модуль діагностування АД здійснює обробку виміральної інформації з модуля первинних перетворювачів та формує електричні сигнали, які через електричну мережу «прийом-передача інформації» на надходять на централізований монітор групи асинхронних електродвигунів. Централізований монітор групи асинхронних електродвигунів є реалізований на базі мікроконтролера та є головним функціональним блоком універсальної системи моніторингу, який призначений для збору, обробки та аналізу параметрів моніторингу та захисту АД з величинами нормованих уставок. За результатами аналізу в мікроконтролері формується електричний сигнал керування АД з групи електродвигунів. Конструктивно електрична мережа «прийом-передача інформації» -

це універсальний асинхронний приймач, який поділяється на приймач і передавач, які працюють одночасно, незалежно один від одного. [4].



Рисунок 1 - Структурна схема універсальної системи моніторингу АД з групи електродвигунів

Нами пропонується застосовувати для електричної мережі інтерфейс RS-485, як один з найбільш з розповсюджених стандартів фізичного рівня зв'язку та способу передачі інформації. Складовими централізованого монітора групи асинхронних електродвигунів є цифровий дисплей, клавіатура, блок живлення та блок спряження з комп'ютером.

Впровадження запропонованої універсальної системи моніторингу асинхронного електродвигуна з групи електродвигунів дозволить підвищити експлуатаційну надійність асинхронних електродвигунів для електроприводу робочих машин технологічних ліній в агропромисловому виробництві.

Перелік посилань

1. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. / В.В.Овчаров. – К.: Изд – во УСХА, 1990. – 168 с.
2. Закладний О.М. Захист як складник системи функціонального діагностування асинхронних електродвигунів / О.М.Закладний, В.В.Прокопенко, О.О.Закладний // Промелектро. – 2010. - №4. – С.36 – 40.
3. Пустахайлов С.К. Информационные методы мониторинга электрических машин / С.К.Пустахайлов, В.Ф. Минаков // Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики: Материалы VI Международной научно-практической конференции. – Новочеркасск: Юр. ГТУ, 2005. – С. 6 – 8.
4. Нестерчук Д.М. Монітор групи асинхронних електродвигунів / Д.М.Нестерчук, Н.В.Гончарова. // Праці ТДАТУ. – Вип.13, т. 2. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013.-С.90-100.

ВДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ШАХТНИХ ПІДЗЕМНИХ МЕРЕЖАХ

Заїка В.Т., д.т.н., проф.; Калінніков В.Б., аспірант

(Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ, Україна)

Аналіз режимів роботи та енергоспоживання окремих струмоприймачів, їх груп та виробничих дільниць вугільних шахт показує необхідність зниження потоків реактивної енергії в підземних мережах гірничо-вугільної промисловості [1]. Такі потоки значно знижують техніко-економічні показники вугільних підприємств, підвищують собівартість вугілля та призводять до значного завищення номінальних параметрів елементів системи електропостачання шахти (потужність трансформаторів, переріз кабелів і т.д.). На даний час компенсація реактивної потужності в СЕП вугільних шахт виконується тільки на поверхні шахти за допомогою конденсаторних батарей (КБ), приєднаних до шин головної знижувальної підстанції, в той час як в підземній мережі спостерігаються значне зниження коефіцієнта потужності, а отже нераціональне використання електроенергії та ресурсів. У світлі енергетичної політики України вирішення питання компенсації реактивної потужності в підземних мережах шахт набуває особливої актуальності, оскільки вугільна галузь промисловості є основою забезпечення енергетичної незалежності нашої держави.

Доповнена та узагальнена техніко-економічна модель, елементи якої вперше були запропоновані авторами [1,2], дозволяє встановити оптимальну потужність компенсуючих установок Q_{ky} та перетин живлячих кабелів F в мережі шахти. Критерієм оптимальності є максимум функції чистого приведенного доходу (Net Present Value або NPV). Параметри оптимізації – Q_{ky} та F . Модель враховує також зменшення збитку від відхилень напруги на затискачах електродвигунів вугледобувних комбайнів.

$$NPV(Q_{ky}, F) = \sum_{t=2}^{T_p} \frac{c_e T \cdot r \cdot 10^{-3} (2Q_c Q_{ky} - Q_{ky}^2)}{U^2 (1+\alpha)^t} + \sum_{t=2}^{T_p} \frac{\Delta Y(Q_{ky}, F)}{(1+\alpha)^t} + \sum_{t=2}^{T_p} \frac{(c_l + d_l \Delta F_l) L_l + (\alpha_a + \alpha_o) \Delta F_l}{(1+\alpha)^t} - \frac{Q_{ky} c_{ky}}{(1+\alpha)} - \sum_{t=2}^{T_p} \frac{c_e T_l \Delta p_{ky} Q_{ky} + (\alpha_a + \alpha_o) Q_{ky} c_{ky}}{(1+\alpha)^t} \quad (1)$$

де $c_l + d_l \Delta F_l$ – функція, що апроксимує вартість економії на спорудження кабельної лінії в залежності від можливого зменшення перетину за рахунок компенсації, грн/км; $\Delta Y(Q_{ky}, F)$ – функція річної економії від відхилень напруги на затискачах електродвигунів вугледобувних комбайнів в періоди їх стопоріння [2], грн/рік.

Цільова функція (1) дає змогу пов'язати конкуруючі фактори, такі як рівень компенсації реактивної потужності, втрати електричної енергії та напруги в мережі, переріз струмоведучих частин. Однак недоліком даної моделі є те, що вона не враховує потужність трансформаторних підстанцій, яка вивільняється при їх розвантаженні від реактивної потужності, що також впливає на рівень компенсації, а також не відповідає на питання розподілення компенсуючих установок в розгалужених та досить складних підземних мережах шахт. Ці фактори мають бути враховані в моделі.

Перелік посилань

1. Півняк Г. Г. Обґрунтування рівня компенсації реактивної потужності для систем підземного електропостачання шахт / Г. Г. Півняк, В. Т. Заїка, В. В. Самойленко // Доповіді Національної академії наук України. – 2007. – № 4. – С. 96–103.

2. Заїка В.Т. Оцінка впливу відхилень напруги на рівень компенсації реактивних навантажень. / В. Т. Заїка, В. В. Самойленко // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2007. – Вип. 44, ч. 1 – С. 51–54.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ НА ПРОЦЕССЫ ЭНЕРГООБМЕНА В СИСТЕМАХ ЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Заболотный А..П., к.т.н., доц.

(Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина)

Тенденции роста тарифов на электрическую энергию обуславливают значительное увеличение составляющей стоимости потерь электроэнергии в сетях при ее передаче, распределении и потреблении. Особую актуальность это приобретает в сетях цехового электроснабжения (ЦЭС), что обусловлено их разветвленностью и использованием низких классов напряжения. Уменьшение составляющей стоимости потерь электроэнергии при ее передаче и распределении возможно путем оптимизации структуры ЦЭС, а составляющей стоимости потерь электроэнергии при ее потреблении – посредством внедрения новых энергосберегающих технологических процессов и, в частности, путем замены существующего нерегулируемого электропривода на автоматизированный регулируемый, обеспечивающий рекуперацию электроэнергии в питающую сеть.

До недавнего времени накопленная энергия в высокоинерционных нагрузках (подъёмнотранспортные механизмы, стенды нагрузок, намотчики, центрифуги, конвейеры, сепараторы и т.п.), в режиме торможения, с целью ограничения уровня величины напряжения в звене постоянного тока автономных инверторов, рассеивалась на специальных тормозных резисторах. Использование последних влечет за собой ряд определенных неудобств при их эксплуатации, а именно: большие габариты тормозных резисторов; разогрев их поверхности до температуры 100°С и выше; обязательная защита резисторов от попадания пыли и влаги и т.д. При этом рассеиваемая электроэнергия (за которую предприятие заплатило деньги) превращается в ненужное тепло, и в теплое время года, когда температура в помещениях с технологическим оборудованием достаточно высока, требует дополнительной вентиляции, а в некоторых случаях – кондиционирования.

Рост числа использования частотно-регулируемых асинхронных электроприводов, обеспечивающих улучшенные динамические свойства электропривода, а также рекуперацию электрической энергии в питающую сеть, при внедрении энергосберегающих технологических процессов в различных отраслях промышленности, обуславливает ряд технических проблем в ЦЭС. К ним относятся: решение проблем электромагнитной совместимости, необходимость замены коммутирующей и защитной аппаратуры; изменение настроек релейной защиты и автоматики. Но основная проблема несогласованного присоединения разрозненных электроприводов с рекуперацией (ЭПР) к сети – это сложность управления и прогнозирования режимов работы ЦЭС связанные с возникновением перетоков мощности по сети, при этом структура такой ЦЭС не будет оптимальна с точки зрения потерь электроэнергии при ее передаче, распределении [1].

Ключевой задачей при формировании оптимальной (по критерию минимума величины потерь) структуры ЦЭС является задача определения количества источников питания с координатами их установки и распределение между ними приемников электроэнергии, а также оборудование промежуточных узлов нагрузки с учетом специфики процессов энергообмена между ЭПР и остальными электроприёмниками (ЭП) цеха.

Основные подходы при решении задач построения оптимальной структуры ЦЭС базируются на использовании оценочных и оптимизационных моделей. Первые служат для определения технико-экономических показателей для заданного проектировщиком варианта сети. Вторые - для определения оптимального варианта конфигурации сети в пределах принятых проектировщиком допущений в соответствии с принятым критерием оптимальности. Используемые в настоящее время методы проектирования структуры ЦЭС с ЭПР не учитывают наличие перетоков мощности в таких сетях, что обуславливает

необходимость их развития. Анализ существующих методов решения задачи определения количества источников питания и распределение между ними приемников электроэнергии показал, что объединить оценочные и оптимизационные модели возможно на основе метода эквипотенциальных контуров посредством построения потенциальной поверхности учитывающей ожидаемые потери [2].

Для учёта влияния ЭПР на значения координат центров в которых будут установлены источники питания, возможно построить аналогичную поверхность для приемников, работающих в режиме рекуперации и затем произвести наложение с потенциальной поверхностью построенной для режима потребления.

Таким образом, процедуру определения значения координат центров установки источников питания в структуре ЦЭС содержащей ЭПР можно представить в виде следующего алгоритма.

На первом этапе строится потенциальная поверхность для ЭП в режиме потребления.

На втором этапе строится поверхность для режима когда ЭПР отдают электроэнергию в питающую сеть.

Затем производится наложение этих поверхностей. На суммарной поверхности выделяется максимум функции, в координатах которого и будет расположен источник питания.

После этого происходит формирование группы ЭП получающих электропитание от данного источника питания исходя из условия обеспечения максимума его КПД.

На последнем этапе ЭП, вошедшие в группу «удаляются» с плана цеха и процедура построения потенциальных поверхностей повторяется для оставшихся ЭП снова.

Предложенный алгоритм был реализован программно с помощью языка программирования Python и пакета математического вычисления SciPy.

Используя свойство предложенного подхода, согласно которому источником питания (включая и ЭПР) могут выступать узлы любых уровней ЦЭС, возможно выполнить декомпозицию отдельных участков потенциальной поверхности для образования в пределах этих зон промежуточных узлов нагрузки. Это позволяет рассматривать эти промежуточные узлы нагрузки как приемники электрической энергии, при этом ЭП и ЭПР, которые присоединяются к промежуточному узлу нагрузки, непосредственно не учитываются на потенциальной поверхности, т.е. исключаются, но потребляемая и рекуперированная ими мощность учитывается на начальном уровне через мощность промежуточного узла нагрузки.

Целесообразность устройства промежуточных узлов нагрузки определяется на основе оценочной модели технико-экономического сравнения вариантов выполнения локального участка структуры ЦЭС содержащего ЭПР, по критерию минимума потерь электроэнергии при ее передаче и распределении, с учётом возникающих процессов энергообмена [3].

Перечень ссылок

1. Заболотный А.П. Макромоделирование процессов энергообмена в системе «Электропривод - Сеть» на основе принципов декомпозиции и редукции// Вестник национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Тематический выпуск «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика» - Харьков: НТУ «ХПИ», 2010. - № 28 – С. 218 - 219.

2. Авдеев І.В. Розвиток методу еквіпотенційних контурів для проектування розподільчої мережі / І.В. Авдеев, А.П. Заболотний, Д.В. Федоша, С.А. Теліпайло, В.С. Мамбаєва // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Тематичний випуск «Електроенергетичні та електромеханічні системи» – 2009. - № 637 – С. 3-7.

3. Заболотный А.П. Формирование узлов нагрузки при синтезе структуры ЦЭС радиальной топологии / А.П. Заболотный, Д.В.Федоша, А.М. Меньков, В.С. Мамбаева // Наукові праці донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка і енергетика» – 2013. - №1(14). – С. 96-99.

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДЛЯ ПОТРЕБ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Пастушенко М.С., асистент; Борисовська Ю.А., студент; Цибульський А.С., студент
(Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, м. Дніпропетровськ, Україна)

За останні роки на енергетичному ринку України досить широкого розвитку набули відновлювальні джерела електроенергії, тому постає питання про напрями їх застосування для залізниць України. Найбільш перспективним, для потреб залізничного транспорту, є застосування сонячних електростанцій (СЕС). Доцільним є впровадження їх для живлення пристроїв системи управління, сигналізації і телемеханіки, будинків обслуговуючого персоналу та власних потреб тягових підстанцій, що знаходяться за межами населених пунктів (без обслуговуючого персоналу) чи для заряду акумуляторних батарей тягових підстанцій.

Важливими перевагами є те, що для їх впровадження не потрібні значні площі і можна використовувати дахи підстанцій, та відсутність необхідності використовувати яке-небудь паливо, рухомі частини, що зношуються, проведення трудомісткого технічного обслуговування для підтримки системи у працездатному стані. Ще однією перевагою є їх модульність, що дає можливість швидкого монтажу в місцях експлуатації, відсутність експлуатаційного шуму і джерел шкідливих викидів.

Для районів України та характерному для нашої широти розсіяному світлі, модулі на основі аморфного кремнію мають більшу ефективність, ніж модулі на основі моно- та полікристалічного кремнію. Цей факт підтверджено дослідженнями провідних закордонних компаній.

При приєднанні необхідно враховувати циклічність роботи СЕС. Максимальна потужність від сонячних елементів отримується між 9 та 15 годинами. Це потребує модернізації тягової підстанції, враховуючи, що деяке обладнання буде працювати у реверсному режимі, реалізацію схеми автоматичного вводу в роботу сонячних батарей та принципово нових типів релейного захисту та пристроїв автоматики.

Перелік посилань:

1. Боков В.А., Стоянов В.У. Сонячна енергетика в Криму. Методичний посібник для спеціалістів та всіх зацікавлених проблемами використання сонячної енергетики [Текст]. Київ – Сімферополь. – 2008. – 201с.
2. Величко С.А. Енергетика навколишнього середовища України (з електронними картами). Навчально-методичний посібник для магістрантів [Текст]. Харків: Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна. – 2003. – 52с.
3. Денисюк С.П., Базюк Т.М. Аналіз впливу джерел розосередженої генерації на електромережу та особливості побудови віртуальних електростанцій [Текст]. – Електрифікація транспорту. – 2012. – №4. – с. 23-29

РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОГО ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Пачева А.В., студент; Нестеренко О.М., студент; Попова І.О., к.т.н., доц.
(Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна)

Щорічно в АПК виходить з ладу до 15-20 % асинхронних двигунів [1], незважаючи на те, що термін роботи асинхронних двигунів з короткозамкнутим ротором без капітального ремонту за умови їх правильної експлуатації складає 15-20 років. Головною причиною виходу їх з ладу є аварійні експлуатаційні режими. Методом експертних оцінок для півдня України встановлено, що більше ніж 50 % асинхронних двигунів виходить з ладу в наслідок технологічного перевантаження, заклинювання ротора і зруйнування підшипникового вузлу, а 45 % - в наслідок обриву фази. В результаті виникнення аварійних режимів, в переважній більшості випадків, руйнується ізоляція статорних обмоток асинхронного двигуна через перегрів, оскільки переважна більшість аварійних режимів супроводжується значним збільшенням фазних струмів [2].

Вирішити проблему підвищення надійності роботи асинхронних двигунів можна за допомогою розробки комбінованих пристроїв контролю декількох параметрів: наприклад сили фазних струмів і температури обмотки статора асинхронного двигуна.

Рациональна структурна схема пристрою захисту, що здійснює контроль режимів роботи електродвигуна, працюючого у сільськогосподарському виробництві, повинна мати вузол струмової і температурного захисту [3,4].

Розроблений пристрій, структурна схема якого наведена на рисунку 1, призначений для контролю і діагностування експлуатаційних режимів роботи асинхронного двигуна від перевантаження за силою струму і температурою статорних обмоток. Він повинен забезпечувати виконання наступних умов:

- здійснювати контроль струмів в обмотках статора асинхронного двигуна;
- здійснювати контроль температури обмоток статора асинхронного двигуна;
- забезпечувати включення світлової сигналізації при перевищенні фазних струмів або температури обмоток асинхронного двигуна більш допустимого значення;
- забезпечувати відключення асинхронного електродвигуна при перевищенні фазних струмів або температури обмоток асинхронного двигуна більш допустимого значення;
- забезпечувати включення звукової сигналізації при перевищенні фазних струмів або температури обмоток асинхронного двигуна більш допустимого значення.

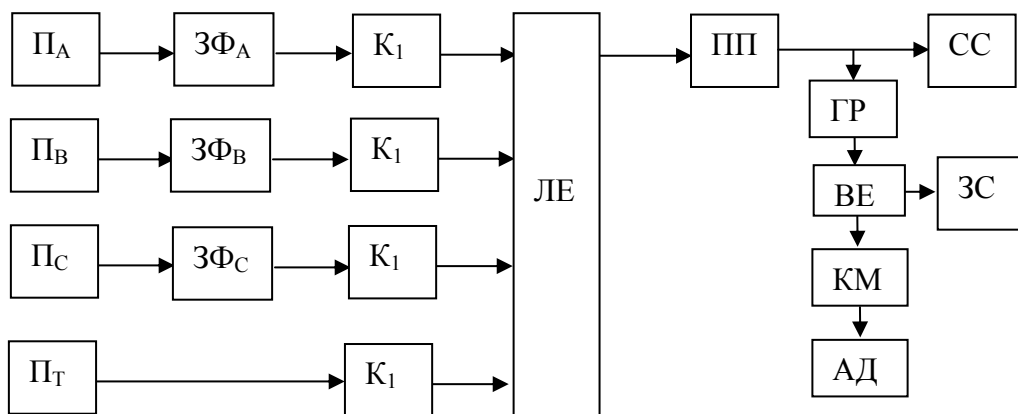


Рисунок 1 – Структурна схема комбінованого пристрою захисту асинхронного двигуна

Структурна схема пристрою має наступні блоки:

P_A, P_B, P_C – первинний вимірювальний перетворювач фазного струму у напругу, датчик Холла ($\sim/-$);

$3\Phi_A, 3\Phi_B, 3\Phi_C$ – згладжуючий фільтр;

$K1, K2, K3$ – операційний підсилювач на основі компаратора;

ЛЕ – логічний елемент «ИЛИ-НЕ»;

СС – світлова сигналізація при перевищенні фазного струму допустимого значення;

ПП – підсилюючий пристрій;

ЗС – звукова сигналізація при перевищенні фазного струму допустимого значення;

ЗЧ – пристрій затримки часу включення діагностуючого пристрою;

РГ – гальванічна розв'язка електричних кіл;

ВЕ – виконавчий орган;

ДНС – стабілізоване джерело напруги;

КМП – котушка магнітного пускача;

АД – асинхронний електродвигун.

В якості первинного вимірювального перетворювача P_A, P_B, P_C фазного струму у напругу використаний датчики Холла ($\sim/-$), це три мікросхеми, кожна з яких вимірює змінний синусоїдний фазний струм і перетворює сигнал на виході мікросхеми у постійну напругу, пропорційну фазному струму. В якості первинних перетворювачів температури використані три послідовно з'єднані позистори, укладені в лобових частинах обмоток двигуна.

Згладжуючими фільтрами є конденсатори. Для обмеження величини сигналу, що подається на компаратори, використані потенціометри.

Оптрон служить гальванічною розв'язкою між колами з великими і малими струмами.

Світлова сигналізація СС виконана на світлодіоді. Компаратори $K1, K2, K3, K4$ використані в якості підсилювачів.

Стабілізоване джерело постійної напруги для живлення операційних підсилювачів $K1, K2, K3, K4$ і створення опорної напруги на них, виконано на двох біполярних транзистора і випрямляючих діодних мостах і видає напругу $+15\text{ В}$ і -15 В .

Для затримки включення стабілізованого джерела напруги на час пуску асинхронного двигуна передбачено реле часу. Час затримки задається з урахування умов пуску асинхронного двигуна.

Для подачі сигналу на входи логічного елементу «ИЛИ-НЕ» використані транзистори, що виконують функцію ключа. Якщо присутній сигнал хоча б на одному ввіді логічного елементу, наприклад при збільшенні струмів у обмотках асинхронного електродвигуна, з'являється сигнал на виході логічного елементу ЛЕ.

Для сигналізації аварійного відключення асинхронного двигуна використана звукова сигналізація ЗС.

Перелік посилань

1. Некрасов А.И. Система технического сервиса электрооборудования в АПК. / А.И. Некрасов. //Механизация и электрификация сельского хозяйства, – 2002. – №5, - С.23-25.
2. Данилов В.Н.. Классификация устройств защиты электродвигателей от аварийных режимов. /В.Н. Данилов. //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – С. 34-37.
3. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В.Овчаров. – К.: Изд – во УСХА, 1990. – 168 с.
4. Жарков В.Я. Диагностика режимів роботи та захисту електродвигунів в АПК. / В.Я. Жарков, І.О. Попова Деп. в ДНТБ України 27.07.2000, №158.Ук.2000.- 110с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ШАХТНОГО ВОДООТЛИВА

Рухлова Н.Ю., аспирант

(Государственное высшее учебное заведение "Национальный горный университет", г. Днепропетровск, Украина)

Шахтный водоотлив, по своей сути, является классическим потребителем-регулятором (П-Р), однако эффективность его использования в этом качестве не для всех условий остается достаточно высокой. Участие главной водоотливной установки (ГВУ) в регулировании режимов электропотребления (РРЭ) должно быть экономически выгодным как потребителю (шахте), так и производителю (энергосистеме) при условии использования дифференцированного по периодам суток тарифа на электроэнергию. Исходя из этого экономический эффект от изменения режимов работы водоотлива, отключения насосов в часы пика и интенсивной откачки воды в часы ночного провала энергосистемы должен быть достаточно высоким. При реализации режимов работы ГВУ в качестве П-Р достигается желаемое снижение величины оплаты за потребленную электроэнергию, но возникшая необходимость интенсивной работы насосов в определенные периоды суток может приводить к увеличению удельного расхода электроэнергии, поскольку будут использоваться не только рабочие но и резервные насосные агрегаты, что отразится на параметрах сети. Следовательно, для реализации таких режимов работы необходимо создать технологические условия, при которых шахтная водоотливная установка будет работать в зоне максимального коэффициента полезного действия (КПД), а трубопроводная сеть выполнена таким образом, чтобы откачка воды выполнялась с минимальным удельным расходом электроэнергии.

Немаловажным моментом в процессе регулирования является объем водосборника, который должен быть как достаточным, так и не избыточным. Анализируя конструкцию и емкости водосборников существующих шахт можно сделать вывод, что ветви водосборников различны по объему и при выведении наибольшей ветви в чистку, объема оставшейся рабочей ветви недостаточно для выполнения эффективного регулирования электропотреблением ГВУ. При выведении меньшей по объему ветви в чистку оставшийся рабочий (регулируемый) объем является, как правило, избыточным. Предложенный в [1] способ определения объема водосборника позволяет определять достаточный для выполнения эффективного регулирования объем ГВУ.

Режим откачивания воды ГВУ определяют шахтным водопритокком, объемом водосборников, параметрами используемых насосов и, непосредственно, управлением этим режимом. Для реализации данного способа необходимо получить некоторое ограниченное множество реальных технологических режимов работы водоотлива путем применения имитационного моделирования. Разработанная модель позволяет предварительно устанавливая периоды откачивания воды при минимальных и средних электрических нагрузках в энергосистеме и интервал изменения режима работы насосов, т.е. периодичность возможных переключений насосных агрегатов (t_n), определять количество одновременно работающих насосных агрегатов ($N_{n,max} \leq (N_{n,раб} + N_{n,рез})$), а также устанавливать периоды максимальных нагрузок в энергосистеме без использования насосов ($N_{n,min} = 0$). В общем случае область всех возможных режимов работы ГВУ ограничена прямоугольником, сторонами которого являются: по вертикали – ось объема воды в водосборнике V (момент начального времени) и прямая конечного времени T_p , в течение которого выполняется моделирование режимов работы (целесообразно принимать суточный интервал); по горизонтали – ось времени t , ниже которой насосы работают вхолостую, и прямая, ограничивающая допустимый для заполнения объем водосборника V_v , выше которой наблюдается его переполнение.

Схема возможных режимов работы ГВУ, приведенная на рисунке 1, наглядно демонстрирует принципы моделирования в виде множества режимов работы главного

водоотлива при одинаковых начальных (заданных) данных и условиях ($N_n = 2$, $t_n = 1$ ч., $T_p = 24$ ч., количество включений насосов на суточном интервале ограничено до 6). При объеме воды в водосборнике в начале суток $t_0 = 0$ ч., который равняется $V_0 = 1200 \text{ м}^3$, предлагается три варианта работы насосов: 0 – не работает ни один насос, 1 – работает один, 2 – работает два насоса, а также возможное изменение режима работы насосных агрегатов каждый час (t_n). При этом моделирование режимов работы насосных агрегатов выполняется в определенных границах параметров водосборника и с заданными требованиями относительно отключения насосов в периоды максимальной нагрузки энергосистемы (в пиковую зону П).

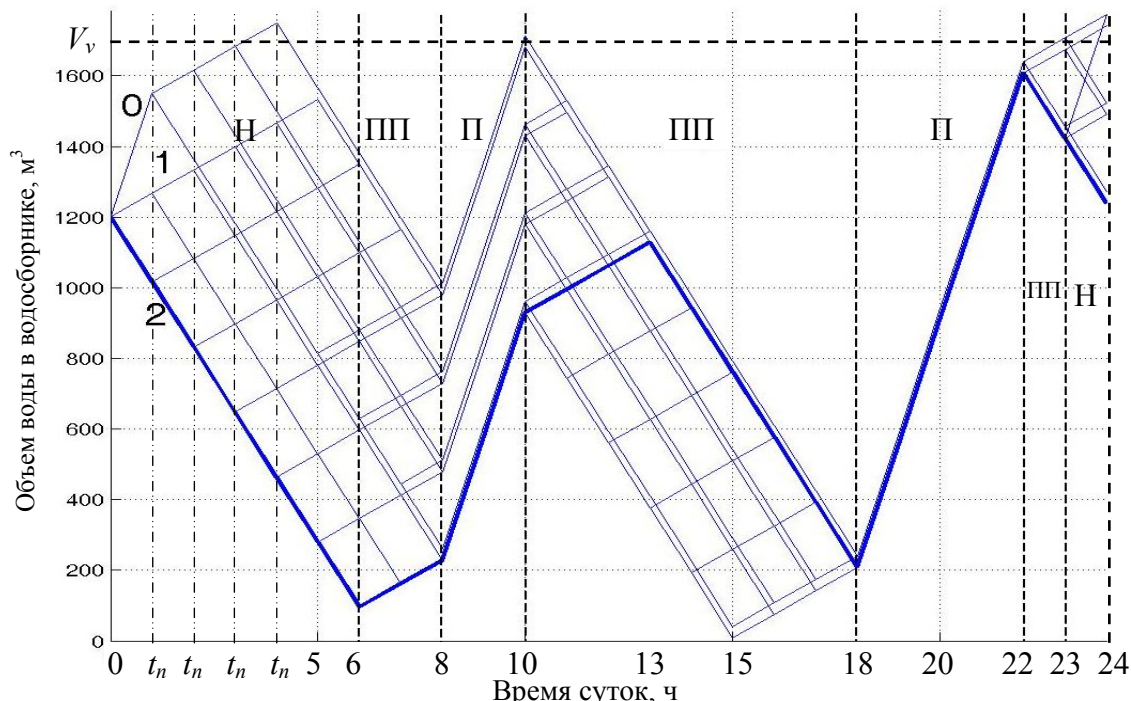


Рисунок 1 – Схемы возможных режимов работы ГВУ с двумя насосами

Жирными ломаными линиями в качестве примера выделенный один из возможных режимов функционирования водоотливной установки на суточном интервале. При котором в ночной период Н с 00^{00} до 06^{00} ч и с 23^{00} до 24^{00} ч – работают два насоса; в период полупиковых нагрузок ПП с 06^{00} до 08^{00} ч и с 10^{00} до 13^{00} ч – работает один насос, а с 13^{00} до 18^{00} ч и с 22^{00} до 23^{00} ч – работают два насоса; в период максимальных (пиковых) нагрузок П с 08^{00} до 10^{00} ч и с 18^{00} до 22^{00} ч – насосы не работают.

Рассмотренная модель позволяет из множества полученных вариантов выбрать режим, при котором удельный расход электроэнергии и оплата за потребленную водоотливом электроэнергию будут минимальны. Причем эти два показателя не обязательно будут соответствовать одному режиму, т. е. наиболее экономичный режим работы водоотлива не всегда соответствует минимальному расходу электроэнергии.

Следовательно данная модель позволяет выбрать наиболее энергоэффективный режим работы шахтного водоотлива, который будет направлен на экономию не только денежных средств предприятия, но и способствовать снижению удельного расхода топлива на тепловых электростанциях энергосистемы.

Перечень ссылок

1. Патент на корисну модель № 82512 Україна, МПК Е 02 D 19/00. Спосіб визначення об'єму водозбірника головної водовідливної установки шахти / Разумний Ю.Т., Рухлов А.В., Рухлова Н.Ю.; заявник и патентовласник Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет". – № у 2013 00039 ; заявл. 02.01.13 ; опубл. 12.08.13, Бюл. № 15.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАЛЬНОГО АГРЕГАТА З КЕРОВАНИМ ФІЛЬТРОМ СТРУМУ НА СИСТЕМУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Гудим В.І., д.т.н., проф.; Косовська В.В., магістр; Мамцяж Д., магістр

(Краківська політехніка, м. Краків, Польща; Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна; Національний університет «Львівська політехніка»)

Широко використовувані у машинобудуванні, промисловому та житловому будівництві дугові електрозварювальні апарати живляться від електричних мереж напругою 0,4 кВ, і є джерелом широкого спектру гармонік. Завади, генеровані обладнанням такого типу у багатьох випадках перевищують допустимі значення, які визначені нормами відповідного Державного стандарту України та країн Євросоюзу [1, 2].

З метою обмеження негативного впливу електродугового зварювального обладнання на живлячу мережу запропоновано керований резонансний L-C фільтр, який дозволяє підстроювати частоту поглинання безпосередньо під навантаженням, завдяки чому живляча мережа є більш захищена від проникнення гармонік під час зміни частотного спектру, генерованого електричною дугою [3]. Його здатність до поглинання широкого спектру частот за рахунок поглинання широкої смуги частот є значно ефективнішим у порівнянні з пасивними L-C фільтрами з фіксованою частотою поглинання. Однак підвищена величина страт активної потужності у випадку розширення частотної смуги є його основним недоліком. Керований фільтр містить послідовно з'єднані конденсатор та реактор з додатковою обмоткою. Між основною та додатковою обмотками існує магнітний зв'язок через спільний магнітний потік, який замикається у магнітопроводі з повітряною щільною. Завдяки додатковій обмотці у контурі якої увімкнено змінні резистор, індуктивність, або конденсатор, відбувається регулювання частоти поглинання фільтра згідно з виразом:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{(C + \Delta C) \cdot (L + \Delta L)}}$$

За рахунок уведення активного опору з контура додаткової обмотки реактора в основну відбувається зміна добротності фільтра, що дозволяє розширити смугу пропускання частот. Значення параметрів елементів керованого фільтра вибираються таким чином, щоб повний опір фільтра для гармоніки з переважаючою амплітудою був мінімальний, або наближався до нуля, тоді опір фільтра для основної гармоніки (50 Гц) є ємнісним. У цьому випадку фільтр генерує реактивну потужність і тим самим піднімає коефіцієнт потужності у мережі живлення від 0,46 (без фільтра) до 0,99 (з фільтром). Для підтвердження доцільності використання такого фільтра було вибрано параметри для поглинання третьої гармоніки струму з розімкненими додатковими обмотками реактора. Для цього було вибрано конденсатор фільтра $C_\phi = 160 \mu F$, $U_n = 350 V$, та фільтровий реактор з параметрами $L = 7,04 мГн$, $I_H = 24 A$, потужністю 1,3 кВА. У таблиці 1 наведено результати вимірювання координат режимів системи електропостачання та зварювального агрегату для чотирьох випадків. З погляду завантаження мережі живлення найкращим є режим з конденсатором ємністю 4 мкФ, оскільки струм мережі є мінімальним за рахунок мінімального споживання реактивної потужності, а коефіцієнт потужності близький до одиниці. Склад гармонік у цьому режимі не змінюється хоча їх амплітуда дещо зменшується, але у зв'язку зі зменшенням амплітуди основної гармоніки коефіцієнт несинусоїдальності струму залишається найвищим.

Таблиця 1 – Результати вимірювань координат режимів мережі живлення

Параметр	Значення параметра			Одиниця вимі- ня	
	без фільтра	з керованим фільтром			
		без дод. елементів	з конд. 4мкФ		з конд. 16мкФ
Напруга U_1	238,77	248,3	244,24	242,73	[В]
Струм I_1	15,86	8,67	7,2	7,96	[А]
Потужність активна P_1	1,74	2,02	1,755	1,898	[кВт]
Потужність реактивна Q_1	3,36	0,73	0,117	0,36	[кВАр]
Повна потужність S_1	3,79	2,15	1,759	1,93	[кВА]
$\cos\varphi$	0,46	0,94	0,998	0,98	[-]

Слід зауважити, що фільтр з вище вказаними параметрами забезпечив покращення форми миттєвої напруги, але погіршив форму струму в наслідок резонансу струмів на третій гармоніці між мережею живлення та фільтром. Аналіз частотних спектрів напруги та струму мережі живлення показав, що приєднання конденсатора ємністю 4 мкФ до виводів додаткових обмоток фільтрового реактора дозволяє знизити коефіцієнт гармонік напруги до 12,78% проти 14,2% без наявності фільтра, а коефіцієнт гармонік струму зростає від 25,5% до 57% за рахунок резонансу струмів між вітками фільтра та мережі живлення. У випадку приєднання конденсатора ємністю 16 мкФ коефіцієнт гармонік напруги знижується до 7,39% і одночасно знижується коефіцієнт гармонік струму, до 55,59%. З метою оцінки економічної ефективності підраховано втрати електричної енергії в системі електропостачання зварювального агрегату без фільтра, які є вищими у 3,0...4,3 рази ніж з фільтром. Крім того для поглинання другої, третьої, п'ятої та сьомої гармонік необхідно встановлювати чотири фільтри, або один керований, який за вартістю є дешевшим у 2,8...3,3 рази від вартості фільтрів на другу, третю, п'яту і сьому гармоніки.

Таким чином електродуговий зварювальний агрегат внаслідок суттєвої нелінійності вольт-амперної характеристики дуги генерує широкий спектр парних і непарних гармонік у систему електропостачання, які вдається зменшити за рахунок застосування керованого фільтра струмів вищих гармонік, приєданого паралельно до електрозварювального агрегата. Це дозволяє значно покращити форму напруги в системі електропостачання та підвищити коефіцієнт потужності за рахунок компенсації реактивної складової струму. Економічна ефективність застосування запропонованого фільтра залежить від вартості фільтра, потужності зварювального агрегату та вартості електроенергії.

Перелік посилань

- ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения. Киев: Госстандарт Украины, 1999.
- Жаркин А.Ф. Нормативно-правовое регулирование качества электрической энергии. Анализ украинских и европейских законодательных актов и нормативно-технических документов./ Жаркин А.Ф., Новский В.А., Палачев С.А. – Киев: Институт электродинамики НАН Украины, 2010. -167 с.
- Гудим В.І. Технічні засоби зниження гармонік в електропостачальних системах/Технічна електродинаміка.–1996.-№3.–С. 30-35

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ ПРИЧИН ЗАГОРЯНЬ ВІД ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ

Гудим В.І., д.т.н., проф.²; Назаровець О.Б., викладач¹

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів; Україна;

²Краківська політехніка, м. Краків, Польща)

Під час дослідження пожежі перед експертами завжди стоїть завдання, що ж послужило причиною її виникнення. Якщо виникає підозра, що причиною пожежі є джерело запалювання електромагнітного походження тоді виникає питання: чи виникло воно через несправність електромережі, чи внаслідок розвитку пожежі.

Виходячи з цього залишається небагато причин, які можуть призвести до загорянь від електроустановок. Перша з них - перевантаження кабельно-провідникових виробів (КПВ) електромережі, друга – порушення правил експлуатації побутового електрообладнання і внаслідок тривалої дії струму короткого замикання, який не був обмежений запобіжною арматурою, а третя – несправність ізоляції елементів електричних мереж.

Очевидним є те, що всі зазначені причини виникнення пожеж мають різні умови, серед яких варто відзначити первинність і вторинність струму, як фактора пожежі. У зв'язку з цим необхідно розробляти і застосовувати для експертизи причин такі способи і методи, які б дали як найточнішу оцінку передпожежної ситуації, що дозволить однозначно виявити причину загорянь. В тому числі на основі аналізу матеріалів КПВ, зокрема міді [1].

Мідь у природі існує у вигляді сульфідних руд. Має найвищу після срібла електропровідність і теплопровідність. Електропровідність і пластичність міді тим більша, чим більша чистота металу. Тому для виготовлення виробів електротехнічного призначення застосовують дві марки міді з малим вмістом домішок: М0 і М1. Хімічний склад міді цих марок повинен відповідати вимогам ГОСТ 859-66, згідно з яким допустимий вміст кисню в міді марки М0 не повинен перевищувати 0,04 % (для провідників струму і сплавів високої чистоти), марки М1 – 0,1 % (для провідників струму, вальцьованих високоякісних бронз, що не містять олова). Температура топлення міді 1083 °С, температура кипіння – 2360 °С.

Кристалічна ґратка міді гранецентрована кубічна (просторова група симетрії $Fm\bar{3}m$, $a=3,615(1) \text{ \AA}$); координаційний поліедр атома Cu – кубооктаедр ($d_{Cu-Cu} 2.55(1) \text{ \AA}$).

При високих температурах ребро кубічної елементарної комірки видовжується, внаслідок посилення теплових коливань атомів.

При нагріванні міді вище температури рекристалізації ($\sim 270 \text{ }^\circ\text{C}$) відбувається процес зародження та росту нових недеформованих зерен [2].

Є дві стадії рекристалізації:

- первинна (зародження нових зерен);
- збиральна (збільшення розмірів зерен).

Первинна рекристалізація полягає в зародженні у деформованій структурі недеформованих зерен та їх подальшому росту. Зерна ростуть внаслідок міграції атомів із деформованих зон до зародків новоутворених зерен. Первинна рекристалізація завершується повною заміною початкових зерен новими, переважно з іншою кристалографічною орієнтацією. Новоутворенні зерна мають невелику кількість лінійних і точкових дефектів. У результаті напруження майже зовсім знімається, міцність і твердість металу істотно зменшується, а пластичність зростає.

Температура порогу рекристалізації $T_{\text{рекрист.}}$ пов'язана з термодинамічною температурою топлення $T_{\text{топл.}}$ металу залежністю:

$$T_{\text{рекрист.}} = \alpha \cdot T_{\text{топл.}}$$

На коефіцієнт α найбільше впливає чистота металу і пластична деформація.

Для металів технічної чистоти $\alpha = 0,4$ і знижується зі збільшенням пластичної деформації. Для особливо чистих металів $\alpha = 0,1 \dots 0,2$, а для твердих розчинів (сплавів) $\alpha = 0,5 \dots 0,6$ і більше.

При незначній попередній пластичній деформації рекристалізації не відбувається. Величина мінімальної деформації, вище якої починається первинна рекристалізація, є критичною деформацією, яка для міді становить 5%.

Для отримання мікроструктури мідного провідника за різних температурних умов були проведені такі експериментальні дослідження: I група – через провідники пропускалися струми за умов поступового збільшення сили струму (40-400 А), а також миттєвого значення сили струму 400 А; II група – через провідники спочатку пропускалися струми, як у I групі і вони піддавалися дії відкритого полум'я протягом 15 та 30 хв. Для визначення температури використовували термометри. Інтервали часу вимірювалися за допомогою секундоміра.

Із ділянок проводів на яких були оплавлення відбирались зразки та виготовлялись шліфи [1].

Якісну поверхню шліфа протравлювали нанесенням на поверхню різних травників:

Травник №1 – Ферум (III) хлорид гексагідрат 10 г, хлоридна кислота 25 см³, вода 100 см³.

Травник №2 – Подвійна сіль амоній хлориду та купрум (II) хлориду 10 г, вода 100 см³, амоніак (до отримання нейтральної або слаболужної реакції).

Мікроструктуру протравленого шліфа досліджували за допомогою оптичного мікроскопу МЕТАМ Р-1 при різному збільшенні.

У вихідному стані полікристали міді витягнуті в напрямку деформації. Слід відмітити, що після травлення травником №1 виявляється мікроструктурна неоднорідність, на окремих ділянках з'являються зерна, які є більші за розміром, ніж середнє значення. Травлення травником №2 підтверджує формування неоднорідності при волочінні (неоднорідна структура сформувалась в процесі виготовлення дроту). Після пропускання електричного струму силою 400 А протягом 10 с в мікроструктурі з'являються локальні ділянки кулеподібної форми, що свідчить про оплавлення і наступну швидку кристалізацію, яка призводить до утворення локальних ділянок у вигляді круглих форм. Оплавлені ділянки виявляються, як при травленні травником №1, так і при травленні травником №2. Слід відмітити, що при пропусканні струму силою 400 А протягом 10 с замість зерен, деформованих внаслідок дії зусилля в умовах виготовлення дроту, формуються округлі зерна, що свідчить про процеси рекристалізації в матеріалі дроту при його нагріванні в умовах проходження струму. При проходженні струму короткого замикання, кількість ділянок, які вказують на оплавлення металу суттєво зростають, метричні параметри ділянок оплавлення стають більшими. При травленні травником №2 на ділянках оплавлення стає помітно, що формується структура, напрямлена по осі найшвидшого відведення тепла, тобто формуються дендрити. Дослідження мікроструктури проводів після проходження електричного струму $I=400$ А вказує на те, що в дротах формується крупнозерниста структура, а дія полум'я проявляється в тому, що відбувається окиснення міді на границях зерен, яке спричиняє руйнуванню матеріалу. Дослідження нетривалої дії полум'я це підтверджує, тобто за більш низької температури окиснення міді на границях зерен відбувається меншою мірою.

Перелік посилань

1. Гудим В.І. Аналіз мікроструктури мідних кабельно-провідникових виробів електричних мереж, які перебували у середовищі пожежі / В.І. Гудим, М. Карбонічек, О.Б. Назаровець // Пожежна безпека : Зб. Наук. праць. – ЛДУБЖД, 2013, - № 22. – С. 55-60.

2. Мальцев М.В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов (с приложением атласа макро- и микроструктур) / Мальцев М.В. – 2 –е издание, переработанное и дополненное. – М. : «МЕТАЛЛУРГИЯ», 1970. – 343 с.

ОСОБЛИВОСТІ РЕЖИМІВ ТРИФАЗНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ СОЦІАЛЬНО-ПОБУТОВОГО СЕКТОРУ

Гудим В.І., д.т.н., проф.; Янків В. В., викладач

(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна)

Як показує аналіз пожежної небезпеки електричних мереж соціально-побутового сектору, однією з головних причин загорання електричних мереж є надмірне нагрівання їхніх окремих елементів внаслідок струмового перевантаження. Також досить важливою технічною задачею є виявлення причин відгорання нульового провідника в трансформаторних підстанціях зі сторони низької напруги. Попередньо можна допустити, що це обумовлено протіканням в нульових провідниках та їх контактних з'єднаннях струмів, значення яких значною мірою перевищує допустимі.

Причинами цього явища може бути значне зростання однофазного електричного навантаження, що викликає значну несиметрію трифазних струмів. Така несиметрія і нерівність струмового навантаження фаз призводить до зростання струму в нульовому провіднику, переріз якого зазвичай становить приблизно 70% від перерізу фазних провідників, що стає причиною нагрівання і навіть перегорання цього провідника.

Переважає цей провідник відгорає в місцях контактних з'єднань, які виконані або скруткою або ж за допомогою болтового з'єднання. Якщо розглянути болтове з'єднання нульового провідника в трансформаторній підстанції, в місці якого часто виникає дана ситуація, то можна сказати, що в момент зростання струму в провіднику він нагрівається разом з болтовим з'єднанням. Навіть якщо температура не досягає критичного значення, то внаслідок такого нагрівання метал мідного наконечника і болта з гайкою, які мають різний коефіцієнт лінійного розширення, розширюється, а після зменшення величини струму охолоджується і звужується не однаково. Під час різких змін струму у місці з'єднання часто виникають вібрації, які сприяють розкручуванню гайок. Це приводить до ослаблення з'єднання та потребує постійного контролю і дотягування гайки, що не завжди виконується вчасно. Якщо рівень експлуатації та контролю не достатній, то в цьому місці ослаблюється контакт і під час проходження струму виникають іскріння й інтенсивніше нагрівання, і як наслідок відгорання нульового провідника навіть при проходженні допустимих значень струмів.

Для вирішення цієї задачі доцільно проаналізувати струмові навантаження та температурні режими провідників ліній електропостачання використовуючи математичне моделювання динамічних електротеплових процесів, які відбуваються в проводах електричних мереж, як сучасний неруйнівний метод.

Математична модель динамічних електротеплових процесів повинна забезпечувати можливість відтворення режимів перетоків потужностей в проводах схеми та нагрівання як окремих ділянок мережі, так і температурних режимів в цілому. Достовірність отриманих результатів залежить від прийнятих допущень та структури заступної схеми мережі [1]. Завдання полягає у формуванні математичної моделі досліджуваного об'єкту.

Для формування математичної моделі розглянемо один під'їзд чотирьохповерхового будинку, з висотою поверху – 3 метри. На поверсі розташовані 4 квартири (однокімнатна, двокімнатна та дві трьохкімнатні), які є однотипними для всіх поверхів.

Переважає електричні мережі житлового та промислового сектору мають радіальну структуру з відгалуженням у розподільчих щитах будинків, тому на рис. 1 наведена однолінійна схема живлення під'їзду житлового будинку, що розглядається.

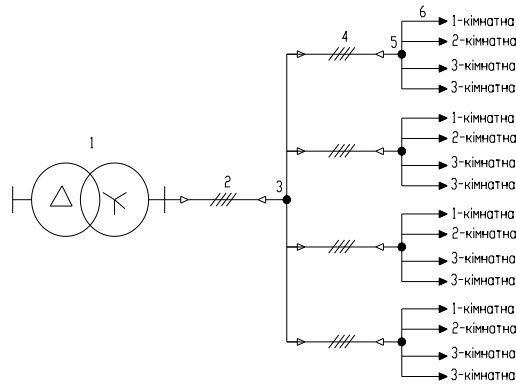


Рисунок 1 – Однолінійна схема живлення під'їзду житлового будинку

Топологічна структура заступних схем систем електропостачання соціально-побутового сектору характеризується переважаючою кількістю незалежних контурів над кількістю незалежних вузлів. Це ми можемо побачити розглянувши граф заступної схеми живлення під'їзду житлового будинку зображений на рис. 2. З рисунку видно, що кількість незалежних вузлів значно менша ніж кількість незалежних контурів, а отже система рівнянь у вузлових координатах має нижчий порядок, ніж в контурних і контурно-вузлових. Звідси робимо висновок, що дану задачу доцільно розв'язувати за допомогою методу вузлових напруг.

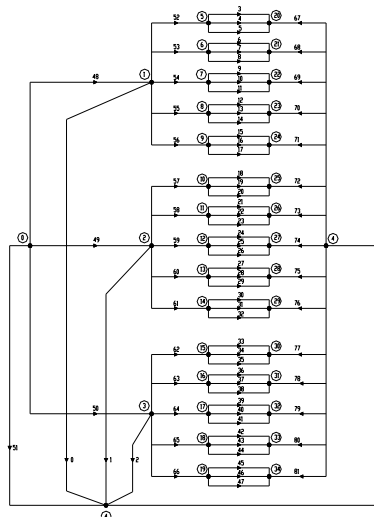


Рисунок 2 –Граф заступної схеми живлення під'їзду житлового будинку

Остаточна математична модель реалізована у програмному середовищі Delphi7у вигляді програмного модуля, який дозволяє моделювати електротеплові динамічні процеси в електричних схемах довільної топологічної структури.

Перелік посилань

1. Гудим В.І. Математична модель аналізу електротеплових режимів електричних мереж побутового призначення/В.І. Гудим, В.В. Янків//І Всеукраїнська науково-технічна конференція викладачів, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів»: Зб.наук.пр.- Донецьк: ДонНТУ, 2012.- с.62-63т .

2. Гудим В.І. Моделювання нестационарних електротеплових процесів в побутових електромережах / В.І. Гудим, М.М. Семерак, О.М. Коваль // Пожежна безпека: Зб.наук.пр.- Львів: ЛДУ БЖД, 2006.- №9. - С.142-147.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ СТАЦИОНАРНЫХ УСТАНОВОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Кошевой Д.О., аспирант

(Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

Современные стационарные установки угольных шахт, к которым относятся подъемные, вентиляторные и водоотливные, являются наиболее мощными потребителями на любом угольных предприятиях. Суммарное электропотребление этими установками может достигать 65 – 70%, что составляет две трети от всей потребляемой мощности по шахте.[1]. Однако получаемые данные об электропотреблении стационарных установок будут не совсем достоверными без учета такого важного параметра как режим работы, так как именно режим работы определяет режим электропотребления, а не наоборот.

Режим работы подъемной установки (ПУ) характеризуется цикличностью, т.е. рядом сменяющихся циклов, следующих друг за другом. Каждый такой цикл разбивается на четыре основных периода: разгон, равномерное движение, замедление до полной остановки и пауза. Обеспечения требуемой производительности подъема, обеспечивается за счет того, что каждый такой цикл укладывается в определенное, заранее известное время. Поскольку, режим работы ПУ циклический, поэтому приводной двигатель подъемной установки работает в повторно-кратковременном режиме (S3), чередуя время движения с периодами пауз.

При рассмотрении водоотливных установок, можно говорить о том, что они, характеризуются свободными циклическими графиками работы, т.к. приток воды в течение, как времени эксплуатации шахты, так и на протяжении каждого года, месяца – величины переменные со значительным диапазоном изменений. Режим работы главной водоотливной установки (ГВУ) – длительный (S1), нагрузка на двигатель постоянная. Вентиляторы главного проветривания (ВГП), так же как и ГВУ, относятся к электроприемникам с длительным режимом работы (S1).

Рассмотрение режимов работы стационарных установок будет не полным без учета такого важного параметра как продолжительность включения (ПВ). Обычно данная величина используется при определении мощности приводного электродвигателя с учетом продолжительности его рабочего цикла. Краткий анализ режимов работы стационарных установок показал, что для водоливной и вентиляторной установок, величина ПВ близка к 100%. В случае с подъемными установками ситуация немного другая. При длительности рабочего цикла рабочего цикла $T_{ц} \leq 10$ минут ПВ будет определяться из выражения [2]

$$ПВ = \frac{\sum t_{pi}}{T_{ц}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где t_{pi} – время работы при i -ой нагрузке за время цикла $T_{ц}$.

Полученные на основании выражения (1) значения ПВ сопоставляются со значением $ПВ_{ст} = 15, 25, 40, 60\%$, которое используется для дальнейших расчетов по определению электрической нагрузки подъемной установки. Расчеты могут выполняться как на основании метод эквивалентного момента или усилия (для которого потребуется выполнить построение

нагрузочной диаграммы моментов или усилий для одного полного цикла подъема) так и с помощью различных формульных зависимостей, например [3]:

$$P_{\text{дв}} = \frac{\rho \cdot K_{\text{вс}} \cdot Q_n \cdot H}{102 \cdot T_n \cdot \eta_p},$$

где ρ – коэффициент динамического режима, принимается равным 1,15-1,4; $K_{\text{вс}}$ – коэффициент шахтных сопротивлений (для скиповых подъемов $K_{\text{вс}}=1,15$, для клетевых подъемов $K_{\text{вс}}=1,2$); Q_n – масса полезного груза в подъемном сосуде, кг; T_n – полный период подъема, с; H – высота подъема, м; η_p – КПД редуктора ($\eta_p=0,94-0,97$).

Однако ввиду того что реально получаемые значения ПВ находятся в диапазоне 60 – 90%, возникает вопрос о необходимости учета данного параметра при определении мощности электродвигателя ПУ. Мощность ПУ будет определяться на основе выражения:

$$P_{\text{номПВст}} = P_{\text{ном}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ}{ПВ_{\text{ст}}}}.$$

Для более точного результата наиболее правильным будет определение значений ПВ как для скиповых, так и для клетевых подъемных установок ввиду различия их рабочих циклов.

Вывод. Режим работы стационарных установок определяется на основе величин продолжительности включения. Так, ВПП и ГВУ работают в длительном режиме – S1, для которого $ПВ=100\%$, ПУ работает в повторно-кратковременном режиме – S3, для которого $ПВ_{\text{ст}}=15, 25, 40, 60\%$. Однако на практике выходит, что $ПВ_{\text{факт}} > ПВ_{\text{ст}} = 60\%$, что говорит о необходимости использования данного параметра при определении электрической нагрузки ПУ.

Список литературы

1. Разумный Ю.Т. Классификация графиков электрической нагрузки по группам электроприемников угольной шахты [Текст] / Ю.Т. Разумный, А.В. Рухлов // Науковий вісник НГУ. – 2009. - №12. – С. 63-66.
2. Автоматизований електропривод машин і установок шахт і рудників: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / К.М. Маренич, Ю.В. Товстюк, В.В. Турупалов та ін. – Донецьк: ДВНЗ «Дон НТУ», 2012. – 245 с.
3. Электрификация стационарных установок шахт: Справочное пособ. / С.А. Волотковский, Д.К. Крюков, Ю.Т. Разумный и др. Под общей редакцией Г.Г. Пивняка – М.: 1990. – 399 с.: ил. – ISBN 5-247-01119-8.

ШВИДКОДІЮЧИЙ КОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ З АКТИВНИМ ФОРМУВАННЯМ КОМУТАЦІЙНИХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ

Бурлака В.В., к.т.н.; Гулаков С.В., д.т.н., проф.; Федоровська С.О.

(ДВНЗ “Приазовський державний технічний університет”, м. Маріуполь, Україна)

Одним з економічних і ефективних методів компенсації реактивної потужності (РП) є використання батарей конденсаторів (БК) зі ступеневим регулюванням. Задача забезпечення швидкої комутації конденсаторів вирішується за рахунок застосування безконтактних – тиристорних – комутаторів. При цьому підключення конденсатора до мережі здійснюється в момент, коли їх миттєві напруги зрівнюються між собою, що повністю усуває проблему пускових струмів. Але в струмі БК з’являється перехідна складова, обумовлена резонансним обміном енергії між БК і індуктивністю мережі.

В літературі [1 – 3] запропоновано декілька варіантів вирішення проблеми демпфування перехідного процесу при комутації БК, кожний з яких має свої характерні особливості.

Авторами запропоновано спосіб зниження амплітуд складових струму перехідного процесу при підключенні розрядженого конденсатора до мережі за рахунок двоступеневої комутації з активним формуванням перехідного процесу. На рис. 1 наведена схема силової частини компенсатора РП з тиристорним керуванням. БК має n однакових конденсаторів ($C1...Cn$) по 600 мкФ (тобто по 10 кВАр при 230 В), підключених до мережі через тиристорні ключі $S1...Sn$. В компенсаторі РП додатково введено блок формування перехідного процесу, який складається з повністю керованого двонаправленого ключа ST , конденсатора CT (причому $CT=C1=...=Cn$) і блока попереднього заряду БПЗ (рис. 1).

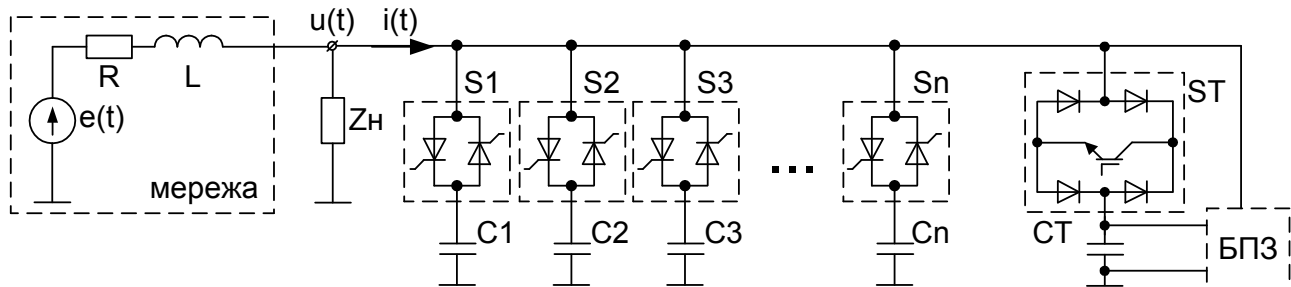


Рисунок 1 – Схема силової частини компенсатора РП

На рис. 2,а наведено діаграми напруги та струму БК при ступінчастій зміні в момент часу $t = 0$ її потужності з 10 до 20 кВАр без активації блоку формування перехідного процесу. Параметри мережі: $E = 230$ В, $f = 50$ Гц, $R = 2,5$ мОм, $L = 40$ мкГн. Ці параметри відповідають трансформатору ТМ-630/6. Навантаження мережі представлено опором $Z_n = (1 \text{ Ом} + 5 \text{ мГн послідовно})$. Спостерігається тривалий перехідний процес на підвищеній частоті, який супроводжується перевантаженням конденсаторів і комутаторів.

Для зниження амплітуд складових струму перехідного процесу застосовується блок формування перехідного процесу, який забезпечує “м’яке” включення БК. Розглянемо випадок, коли до мережі підключено конденсатор $C1$ (що відповідає потужності 10 кВАр) і необхідно додатково підключити розряджений конденсатор $C2$.

Комутація конденсаторів виконується наступним чином. Блок попереднього заряду забезпечує заряд конденсатора CT до амплітуди напруги мережі. При переході напруги мережі через максимум активується ключ ST (рис. 1). Напруга на ключі ST при цьому дорівнює нулю, адже миттєві значення напруги мережі і напруги на конденсаторі CT рівні. Конденсатор CT “м’яко” (з нульовим початковим струмом) підключається до мережі. На рис. 2,б це відповідає моменту часу $t = 0$.

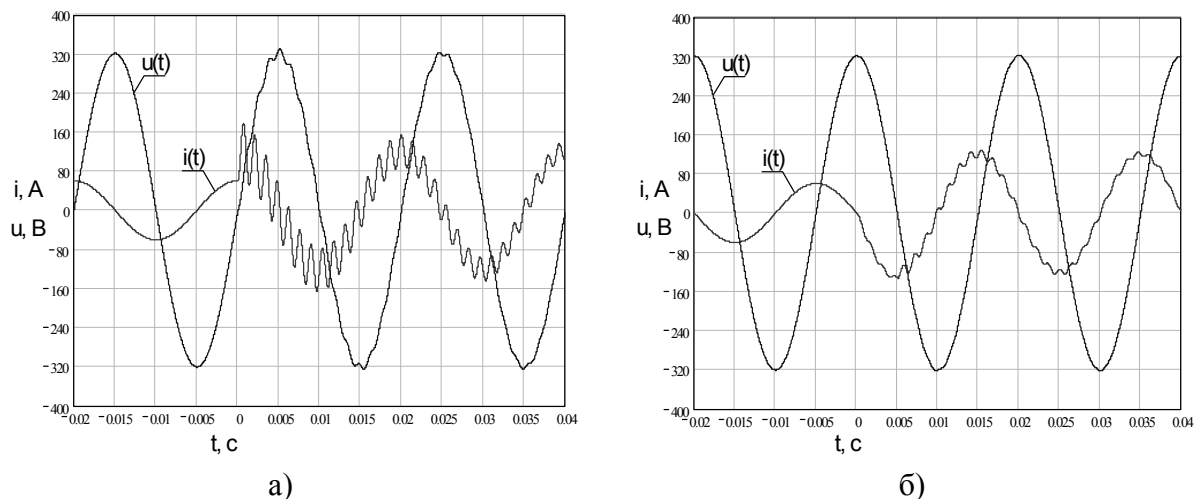


Рисунок 2 – Діаграми напруги та струму при підключенні конденсатора: а) без формування перехідного процесу; б) з активним формуванням перехідного процесу

Через деякий час миттєва напруга мережі зрівнюється з напругою конденсатора C_2 , який потрібно підключити до мережі. В цей момент подається сигнал на включення ключа S_2 і водночас деактивується (закривається) ключ ST , тобто конденсатор блоку формування перехідного процесу ST “підмінюється” основним конденсатором C_2 . На рис. 2,б це відповідає моменту часу $t = 0,005$ с (показано випадок, коли початкова напруга конденсатора C_2 дорівнює нулю). Оскільки $C_2 = C_1$, перехідний процес при включенні ключа S_2 і закритті ключа ST майже відсутній (при моделюванні конденсатора ємність ST вибрана на 10 % більша за C_2 , тому на рис. 2,б можна спостерігати коливальний перехідний процес невеликої амплітуди). На цьому робота блоку формування перехідного процесу завершується, конденсатор ST заряджається від блоку попереднього заряду до амплітуди напруги мережі. Після закінчення заряду ST схема готова до наступної комутації.

Як видно з рис. 2,б, складові струму перехідного процесу значно менші, ніж у випадку, показаному на рис. 2,а.

Відключення конденсаторів $C_1 \dots C_n$ відбувається відповідним ключем ($S_1 \dots S_n$) при переході струму через нуль, що відповідає максимуму напруги. Після відключення конденсатор повільно розряджається на розрядний резистор (на рис. 1 умовно не показані).

Підвищити швидкодію запропонованого компенсатора реактивної потужності можливо за рахунок встановлення двох блоків формування перехідного процесу, один з яких працює з позитивною напругою, інший – з негативною. Це дозволить виконувати комутації при найближчому переході напруги мережі через максимум. Крім того, це дає можливість використання в блоках формування перехідного процесу електролітичних конденсаторів завдяки постійному знаку напруги на них.

Застосування запропонованого способу дозволяє підвищити надійність роботи батарей конденсаторів і підвищити якість напруги мережі живлення за рахунок зниження рівня комутаційних перехідних процесів.

Перелік посилань

1. Switching technique for thyristor-switched capacitors to achieve network damping. /Gyugyi et al. – US patent №4638238, МПК H02J 3/18. – Jan. 20, 1987.
2. W. Dixon, Y. del Valle, M. Orchard, M. Ortúzar, L. Morán and C. Maffrand, “A Full Compensating System for General Loads, Based on a Combination of Thyristor Binary Compensator, and a PWM-IGBT Active Power Filter”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 50, no. 5, October 2003, pp. 982-989.
3. Capacitor Bank for AC Networks /Kjell Frank, Lennart Johansson. – US Patent №3703680, МПК G05F 1/68. – Nov. 21, 1972.

ГІБРИДНИЙ КОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ З ПЛАВНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ

Бурлака В.В., к.т.н.; Гулаков С.В., д.т.н., проф.; Поднебенна С.К.

(ДВНЗ “Приазовський державний технічний університет”, м. Маріуполь, Україна)

Сучасним рішенням компенсації реактивної потужності (РП) є використання батарей конденсаторів (БК) зі ступеневим перемиканням, статичних компенсаторів (STATCOM) або активних фільтрів (АФ) [1].

Представляє інтерес розробка гібридних компенсаторів РП, які б поєднували у собі економічну ефективність БК і функціональність АФ, зокрема, плавність регулювання, відсутність резонансів на частотах вищих гармонік завдяки активному формуванню мережевого струму.

Такий гібридний компенсатор може бути утворений шляхом послідовного з'єднання БК і низьковольтного АФ. Силова частина такого компенсатора показана на рис. 1.

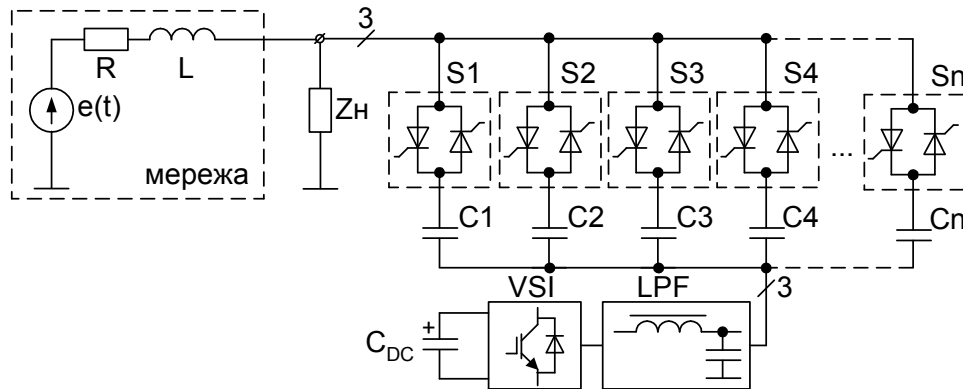


Рисунок 1 – Схема силової частини компенсатора РП

БК представлена конденсаторами $C_1 \dots C_n$, які комутуються тиристорними ключами $S_1 \dots S_n$. АФ представлений інвертором напруги VSI з накопичуючим конденсатором C_{DC} і фільтром шумів перемикання LPF. Навантаження мережі представлено опором Z_n .

Ємності БК можуть бути встановлені пропорційно цілим ступеням двійки. При цьому, маючи m паралельно включених конденсаторів у батареї, можна отримати 2^m ступенів регулювання РП. Плавне регулювання РП між ступенями здійснюється за допомогою АФ.

Встановлення ємностей конденсаторів БК пропорційно ступеням двійки призводить до того, що при малих номерах ступенів регульовальна характеристика гібридного компенсатора РП може мати розриви. Їх усунення веде до необхідності збільшення встановленої потужності АФ або до підвищення кількості конденсаторів, що погіршує техніко-економічні показники компенсатора.

Авторами вирішена задача мінімізації кількості конденсаторів БК і вибору їх ємностей за умов забезпечення безперервного регулювання РП гібридного компенсатора при переключенні ступенів БК при незмінній встановленій потужності АФ.

Оскільки вихідна напруга АФ формується його системою керування таким чином, що компенсатор по відношенню до мережі являє собою джерело струму, в спектрі якого присутня лише перша гармоніка, подальший аналіз виконано лише по основній частоті. Схема заміщення для цього випадку наведена на рис. 2 (E_s – ЕРС мережі, Z_s – опір мережі, E – вихідна напруга (ЕРС) АФ, C – ємність БК).

Нехтуючи втратами активної потужності в гібридному компенсаторі, можна вважати, що його струм носить чисто реактивний характер, тому далі можна оперувати модулями (середньоквадратичними значеннями) напруги та струму.

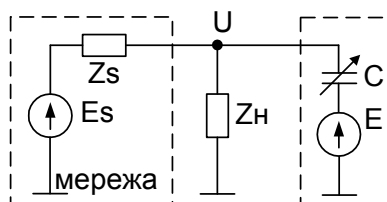


Рисунок 2 – Схема заміщення компенсатора РП на частоті мережі

Регулювання потужності компенсатора виконується за рахунок дискретної зміни ємності C перемиканням БК та плавного регулювання вихідної напруги АФ E , і може бути визначена як

$$Q = U \cdot (U - E) \cdot \omega \cdot C_n = U^2 \cdot \omega \cdot C_n (1 - \delta), \quad (1)$$

де C_n – ємність n -ї ступені БК, Ф; ω – кутова частота мережі, c^{-1} ; U – складова напруги мережі на основній частоті, В; E – складова ЕРС АФ на основній частоті, В;

$\delta = \frac{E}{U}$ – коефіцієнт пропорційності між вихідною напругою АФ і напругою мережі.

Коефіцієнт δ може приймати значення в діапазоні $[-\delta_{\max}; +\delta_{\max}]$, при чому максимальна РП n -го ступеня забезпечується при $\delta = -\delta_{\max}$, а мінімальна РП $(n+1)$ -го ступеня – при $\delta = +\delta_{\max}$. Негативний знак δ вказує на зміну фази вихідної напруги АФ на 180 електричних градусів по відношенню до мережевої напруги U .

Для забезпечення плавного регулювання РП потрібне виконання умови $Q_{n\max} = Q_{(n+1)\min}$, тобто

$$U^2 \cdot \omega \cdot C_n (1 + \delta_{\max}) = U^2 \cdot \omega \cdot C_{n+1} (1 - \delta_{\max}). \quad (3)$$

Звідси отримано співвідношення між ємностями ступенів, при якому забезпечується безперервне регулювання:

$$\frac{C_{n+1}}{C_n} = \frac{1 + \delta_{\max}}{1 - \delta_{\max}} = \frac{U + E_{\max}}{U - E_{\max}}, \quad (4)$$

де E_{\max} – максимальна вихідна напруга АФ, В.

Отриманий вираз представляє собою геометричну прогресію.

Скоротити число конденсаторів у складі БК можна за рахунок вибору їх ємностей таким чином, щоб отримати можливість комбінування конденсаторів (з'єднанням в паралель) при виконанні умови (4).

Для цього доцільно встановити залежність між їх ємностями наступним чином:

$$\left(\frac{C_{n+1}}{C_n} \right)^k = 1 + \frac{C_{n+1}}{C_n}, \quad (5)$$

де k – ціле число не менше 2.

При виконанні цієї умови ємність ступеня з номером k може бути реалізована шляхом паралельного включення ступенів з номерами 0 та 1; ємність ступеня з номером $(k+1)$ – включення ступенів з номерами 1 та 2 і т.д.

Останнє рівняння однозначно визначає мінімально необхідну величину коефіцієнта δ_{\max} , який визначає встановлену потужність АФ. Так, при $k = 4$ $\delta_{\max} = 0,1$, тобто максимальна вихідна напруга АФ не перевищує 10 % напруги мережі, а БК може бути складена з 4 конденсаторів. Шляхом з'єднання цих конденсаторів в паралель в різних комбінаціях може бути отримано 10 ступенів безперервного регулювання РП.

Застосування запропонованого способу реалізації гібридного компенсатора РП дозволяє підвищити його техніко-економічні показники за рахунок зменшення кількості конденсаторів у складі батареї і мінімізації потужності АФ, забезпечити плавне (безперервне) регулювання РП і попередити резонанси БК з індуктивністю мережі на частотах вищих гармонік.

Перелік посилань

1. Dixon J., Reactive Power compensation Technologies: State-of-the-Art Review / J. Dixon, L. Moran, J. Rodriguez, R. Domke // IEEE Proc. – December, 2005. – pp. 2144 – 2164.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АСКУЭ**Долгих В.С. магистр; Олейник В.Г. доцент, к.т.н.***(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)*

Высокая стоимость энергоресурсов обусловила в последние годы кардинальное изменение отношения к организации энергоучета в промышленности и других энергоемких отраслях (транспорт и жилищно-коммунальное хозяйство). Сформированные еще в период плановой экономики организационные принципы и инфраструктура сферы учета энергоресурсов на сегодня остались практически без перемен. При существовавшей до 2000 года системе учета энергоресурсов, имели место сверхнормативные их потери. Основная часть потерь складывалась из потерь от разворовывания, бесхозяйственности, неэффективного использования оборудования и оплачивались потребителем через систему тарифов. В связи с переходом экономики страны на рыночные условия работы, значения приобретают вопросы достоверного учета электроэнергии на всех уровнях ее производства, передачи и потребления. До последнего времени в Украине отсутствовали предприятия с производством необходимого спектра измерительной техники, средств сбора, передачи и обработки информации. Отсутствовала также нормативная база и концепция создания таких устройств. Поэтому в 2000 году было принято решение о разработке отраслевой программы и концепции развития автоматизированных систем учета электроэнергии в условиях Энергорынка – государственного предприятия, осуществляющего руководство оптовым рынком электрической энергии.

Кроме этого, в энергетике Украины существовала еще одна немаловажная проблема, а именно – неравномерность суточных графиков нагрузки по регионам. В связи с этим, в мае 1995 года в электроэнергетике Украины были разрешены к использованию так называемые зонные тарифы на электроэнергию, суть которых заключается в том, что сутки разбиваются на отдельные части (зоны) и стоимость электроэнергии меняется в зависимости от зоны суток. Следует отметить, что цель внедрения зонных тарифов – это экономически заинтересовать потребителей внедрять мероприятия по выравниванию суточных графиков нагрузок, то есть смещать работу энергоемких потребителей с пиковой зоны (максимальная цена на электроэнергию) в ночную зону (минимальная цена на электроэнергию).

Для реализации зонных тарифов на электроэнергию появилась необходимость в электросчетчиках, которые бы имели возможность работать в реальном режиме времени, то есть снабженные часами и календарем. В это время в Украине появились и были разрешены к применению многофункциональные высокоточные микропроцессорные электросчетчики «АЛЬФА» и «Евро-АЛЬФА», предназначенные для учета потребления и генерации активной и реактивной электроэнергии в режиме многотарифности (до 64 параметров электропотребления). Данные счетчики позволяют хранить в своей памяти до 70 суток все измеренные данные и через свои интерфейсы по различным цифровым каналам передавать эти данные на сервера энергосберегающих компаний и отдела главного энергетика.

Возможности современных электросчетчиков и эволюция коммуникационных технологий позволила упростить задачу объединения множества коммерческих

электросчетчиков в единую автоматизированную систему коммерческого учета электропотребления на предприятиях (АСКУЭ).

АСКУЭ – это инструмент, позволяющий потребителю в реальном режиме времени контролировать и управлять электропотреблением. Внедрение АСКУЭ позволяет провести целый комплекс мероприятий, результатом которых будет:

1. Повышение точности учета энергоносителей за счет использования современных интеллектуальных приборов учета.
2. Оперативное получение полной и достоверной информации о потреблении и распределении всех энергоресурсов по всему предприятию, цеху, участку.
3. Повышение уровня управленческих решений и своевременное выявление перерасходов в результате получения полной картины по энергопотреблению.
4. Расчет удельных норм электропотребления и планирование затрат на энергоресурсы.
5. Проведение анализа рациональности расходования энергоносителей и оценка энергоэффективности работы оборудования.
6. Экономия рабочего времени энергослужб по сбору и предоставлению отчетных документов, сведению балансов и т.п.
7. Задание цехам лимитов энергопотребления, осуществление контроля превышений установленных норм и сигнализация о превышении .
8. Контроль работоспособности первичных приборов учета энергоносителей.

Вывод: на сегодняшний день будущее промышленных предприятий в области энергоучета связано с внедрением современных АСКУЭ. На ряде предприятий АСКУЭ функционируют уже не один год, на других предприятиях начинается их внедрение. Смысл создания и использования АСКУЭ заключается в постоянной экономии энергоресурсов и финансов предприятия при минимальных начальных денежных затратах. Величина экономического эффекта от использования АСКУЭ и зонных тарифов достигает по предприятиям сотен тысяч гривен в месяц, а окупаемость затрат на создание АСКУЭ возможна за 2-3 квартала, а именно окупаемость зонных АСКУЭ: шахта им. А.Ф. Засядько – 1,5 месяца, при среднемесячном потреблении 22 млн кВт-ч/мес, частная шахта «Горняк-95» - 1,5 месяца, при среднем потреблении 1,4 млн кВт-ч/мес. Таким образом На сегодняшний день АСКУЭ предприятия является тем необходимым механизмом, без которого невозможно решать проблемы цивилизованных расчетов за энергоресурсы с их поставщиками, непрерывной экономии энергоносителей и снижения доли энергозатрат в себестоимости продукции предприятия.

Список литературы

1. Гуртовцев А.В. Комплексная автоматизация энергоучета на промышленных предприятиях и хозяйственных объектах журнал "СТА" №3, 1999 г.
2. АСКУЭ современного предприятия [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://esco-ecosys.com>
3. Концепция построения автоматизированных систем коммерческого учёта электроэнергии в условиях энергорынка. 2000 г.

АППРОКСИМАЦИЯ КРИВОЙ ТОКА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТИ 6 кВ

Халявинская А.Д., магистр; Куренный Э.Г., проф., д.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Кривые тока i_3 замыкания на землю необходимы для проверки чувствительности релейной защиты и правильности настройки дугогасящего реактора. Аналитическое решение задачи затруднено из-за большой сложности объекта, поэтому единственным способом являются опыты замыкания на землю. Исходной для исследования была осциллограмма тока металлического замыкания на землю (ТМЗ) в сети химического предприятия, полученная с использованием осциллографического гальванометра. Осциллограмма была оцифрована для цифровой обработки.

Гальванометр вносит динамическую погрешность. Для её оценки опытным путём была получена амплитудная частотная характеристика гальванометра, которая хорошо аппроксимируется выражением, относящимся к инерционному звену первого порядка. Это позволило определить постоянную инерцию гальванометра и выполнить коррекцию динамической погрешности.

Прямое использование стандартных компьютерных функций регрессии (полиномиальной и др.) невозможно, т.к. они не обеспечивают выполнения основного условия: кривая ТМЗ должна представляться в виде суммы свободной и установившейся составляющих. В связи с этим вначале была найдена установившаяся составляющая. В силу её периодичности она была описана рядом Фурье.

Разность между кривой ТМЗ и установившейся составляющей даёт свободную составляющую. Теоретически её можно представить в виде суммы экспоненциально-косинусоидальных компонент. Для практических целей эту непериодическую составляющую можно представить в виде ряда Фурье, но при условии, что ряд используется на отрезке времени, несколько меньшем длительности периода разложения.

В начальный период замыкания из-за инерционности реактор практически не уменьшает ТМЗ (рис. 1). Затем до установившегося режима в основном наблюдается апериодическая компонента, затухание которой обусловлено переходным процессом в реакторе. При этом ТМЗ постепенно уменьшается. В связи с этим гармонический анализ выполнялся для начального и промежуточного режима. В последнем случае гармоники рассчитывались для каждого периода по 20 мс, что позволило проанализировать изменение состава гармоник во времени, а также действующих значений тока.

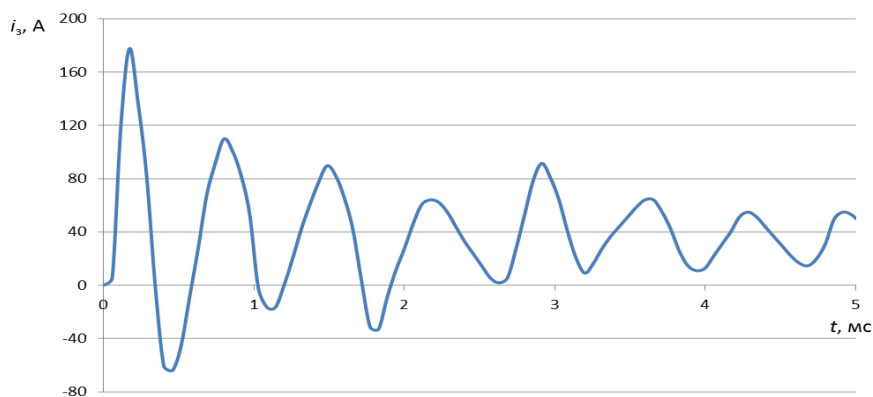


Рисунок 1 – Начальный период замыкания

Полученные данные переданы химическому предприятию для использования.

Перечень ссылок

1. Куренный Э.Г., Дмитриева Е.Н., Вальков Н.Г. Динамические погрешности осциллографирования электроэнергетических процессов и их коррекция // Энергетика и электрификация. – 1997. – №3. – С.33-36.

РОЗВИТОК СПОСОБІВ УЗГОДЖЕННЯ ЗАХИСТІВ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Переломов І.А., магістр; Рябошапко А.О., студент; Сольоний С.В., к.т.н., доц.
(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)

Згідно [1] до розподільних низьковольтних електричних мереж пред'являється ряд немаловажних вимог основними з яких є: безпека та безперебійність електроживлення. Найбільш простим способом задоволення системи низьковольтного електропостачання, яка проектується або експлуатується даним вимогам, є застосування узгодження захистів.

На сьогоднішній день існує та активно застосовується два види узгодження захистів – каскадування та селективність [2], при цьому селективність диференціальних захистів виконується окремо [3].

Найчастіше будь-яку низьковольтну систему електропостачання можна умовно розділити на три щаблі:

- рівень А (головний розподільний щит), є найважливішим й уразливим вузлом всієї системи тому що струми короткого замикання можуть перевищити межу термічної стійкості електрообладнання, це обумовлено наближеністю до джерела живлення та використанням великих перетинів шин;

- рівень Б (проміжні розподільні щити), є не менш важливим вузлом тому що розподіл електроенергії виконується кабельними лініями, які захищаються автоматичними вимикачами, а вони потребують узгодження як з вищестоящим так і з нижчестоящим захистом;

- рівень В (остаточне розподільні щити), даний вузол не є виключенням із правил тому що забезпечує електроенергією кінцевих споживачів та повинен бути погоджений з усіма вищестоящими рівнями.

Узгодження захистів вищенаведених рівнів найчастіше є труднореалізуемой зачею, яка потребує наявності високоякісних фахівців та запас людино-годин.

У рамках вищевикладеного можна відзначити, що всі закордонні проектні організації застосовують автоматизовані розрахункові програми, які дозволяють погоджувати захисти низьковольтних систем електропостачання. Це стало можливим завдяки обопільно вигідному співробітництву даних організацій з виробниками електрообладнання, які намагаються самостійно розробляти подібні продукти.

На жаль, Україна та країни СНД, є аутсайдерами по застосуванню автоматизованих комплексів з розрахунку та узгодженню систем електропостачання, але пробіл поступово заповнюється, це обумовлено приходом на український ринок таких компаній як АВВ, Siemens, Schneider Electric. Запропоновані ними програмні продукти такі як: MyEcodial, Rapsody, Canbrass дозволяють спростити роботу проектувальникам, а також намітити шляхи до створення аналогічних продуктів заточених під вітчизняні норми проектування низьковольтних систем електропостачання.

Перелік посилань

1. Правила устройства электроустановок. – Х.: Изд-во «Форт», Харьков, 2009. – 704 с.
2. ГОСТ Р 50030.2-99 (МЭК 60949-2-98) Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели. – М.: Изд-во стандартов, 1999 г. – 108 с.
3. Техническая коллекция Schneider Electric / Координация защит низкого напряжения. Выпуск № 4, июль 2006 г. – 49 с.

СОВРЕМЕННЫЕ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ОБЪЕКТОВ, СВЯЗАННЫХ С ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕКА

Гресько А.С., магистр; Солёный С.В., к.т.н., доц.; Демченко Г.В., к.т.н., доц.
(Донецкий национальный технический университет, м. Донецк, Украина)

На сегодняшний день большинство технологически развивающихся стран мира стараются добиться единообразия классификации в области нормативной документации на предмет проектирования систем электроснабжения, что является немаловажным, в виду почти каждодневного ужесточения требований на проектирование объектов связанных с повседневной жизнедеятельностью человека (торгово-развлекательные комплексы, учебные заведения, бизнес центры, жилые здания и др.). Так как важным аспектом остается соответствие их систем низковольтного электроснабжения (СНЭ) требованиям современных потребителей электроэнергии, которые все больше начинают использовать нестандартные электрические нагрузки (кондиционеры, теплый пол, системы электрического отопления и др.).

Долгие годы отечественные проектировщики руководствовались только лишь ПУЭ при проектировании СНЭ. В основном в ПУЭ даны общие технические подходы к правилам монтажа и эксплуатации систем электроснабжения – описаны варианты выбора сечения проводников, даны рекомендации по расчету потребляемой нагрузки, однако остается неучтенным систематический рост потребляемой мощности каждым отдельным абонентом, а также неописаны принципы построения схем и структуры сетей. Таким образом наблюдается завышение расчетной нагрузки – существующая на сегодняшний день нормативная база по монтажу и эксплуатации СНЭ [1] показывает, что увеличилась расчетная нагрузка по сравнению с прежними нормами проектирования [2]. В объектах жилого сектора площадью 35-600 м² мощность электрооборудования варьируется в пределах 30-140 кВт. В реальности нередко строятся новые объекты связанные с жизнедеятельностью человека с использованием устаревших норм либо к технически устаревшей СНЭ подключаются более мощная нагрузка и ставятся более мощные защитно-коммутационные аппараты, что приводит к перегрузкам и авариям в ней, а как следствие могут проявиться пожароопасные ситуации способные нанести невосполнимый ущерб потребителям электроэнергии.

Для решения вышеизложенной проблемы необходимо провести всесторонний критический анализ ПУЭ с последующим формированием дополнительных вспомогательных документов по выбору и оснащению СНЭ для тех или иных объектов связанных с жизнедеятельностью человека. Большинство современных производителей электрооборудования пытаются восполнить существующий пробел путем разработки собственных вспомогательных нормативных документов по проектированию СНЭ с использованием их оборудования, например, компания Schneider Electric выпустила рекомендации по проектированию электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей [3]. Таким образом современное проектирование СНЭ должно опираться не только на ПУЭ но и на передовые нормативные разработки.

Список литературы

1. ДБН В. 2.5-23-2003. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Видання офіційне. Державний комітет України з будівництва та архітектури Київ 2004. – 119 с.
2. СНиП 2.08.02-89. Общественные здания и сооружения.
3. Гельман Г.А., Карлов Г.С., Крючков В.В., Еремеев В.Е., Панов В.Ф., Петраковская С.А., Пентельков А.Г., Тудоровский Я.Л. Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей (на базе электрооборудования компании Schneider Electric). Выпуск № 11, октябрь 2007 г. – 242 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБМОТКИ СТАТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКИХ МОДЕЛЕЙ

Манукян К.А., магістр; Літвінов В.В., к.т.н., доц.

(Запорізька державна інженерна академія, м. Запоріжжя, Україна)

Сучасні умови експлуатації електроенергетичної системи (ЕЕС) України вимагають комплексного підходу до оцінювання технічного стану (ТС) її елементів в умовах реального часу без виведення в ремонт. При цьому, до параметрів за якими виконується оцінювання ТС, висуваються такі вимоги як інформативність та доступність вимірювання в процесі експлуатації.

Одним з найважливіших об'єктів ЕЕС є синхронний генератор. Оцінювання його ТС є складною задачею, оскільки він представляє собою багаторівневий об'єкт, який доцільно розглядати як окрему підсистему ЕЕС, яка складається з наступних вузлів: обмотка статора, обмотка збудження, демпферна обмотка, збуджувач, регулятор збудження, підшипники та підп'ятник, вал, турбіна, система охолодження, система управління [1]. Особливий інтерес представляє оцінювання ТС гідрогенераторів ГЕС, більше 90% яких працює понад строк експлуатації, який визначається нормативними документами.

Найбільш часто пошкоджуваним вузлом гідрогенератора, згідно зі статистичними даними [2], є обмотка статора (ОС). Умови функціонування гідрогенератора роблять доцільним використання нечітких моделей для оцінювання стану його вузлів, зокрема ОС. Нечіткі моделі дозволяють представити в єдиній формі різномірну інформацію, що описує стан об'єкту, включаючи і суб'єктивну оцінку експертів [1].

В [3] запропоновано підхід до оцінки експлуатаційної надійності гідроагрегата у вигляді його параметрів стану (електричного, теплового, тощо). Такий підхід доцільніше використати для оцінки ТС окремих вузлів агрегату, в тому числі і ОС, з наступним визначенням загального ТС генератора. Для оцінювання ТС ОС, запропоновано нечітку модель, яка використовує в якості вхідних величин лише такі, які можна виміряти та спостерігати без виведення гідрогенератора в ремонт та визначає загальний спрацьований ресурс ОС. Структурна схема розробленої нечіткої моделі представлена на рис. 1.

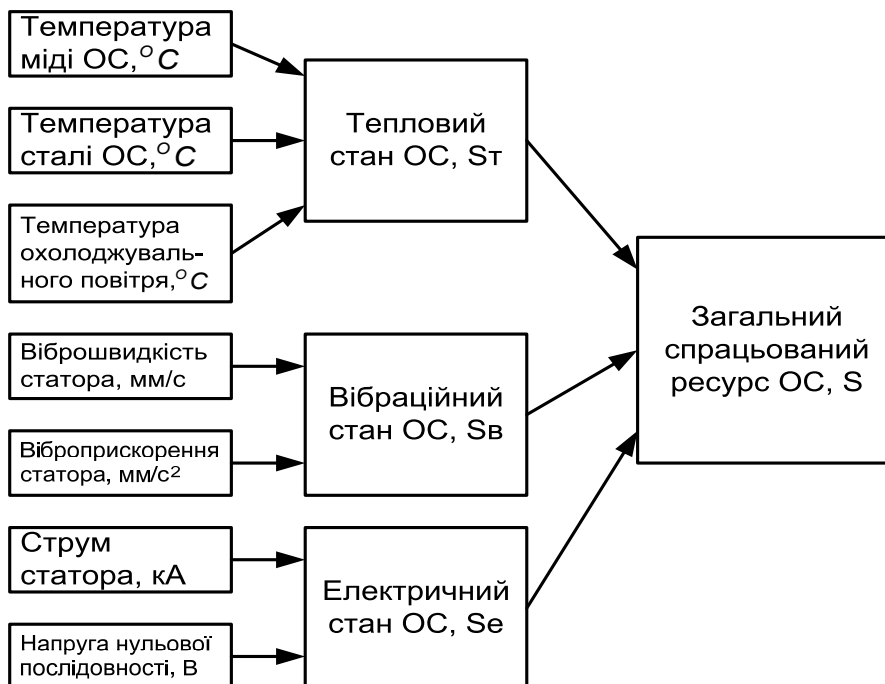


Рисунок 1 – Структурна схема нечіткої моделі для визначення ТС ОС гідрогенератора

Кожна вхідна лінгвістична змінна описується своїми нечіткими термами:

- A = «Температура міді»: A_1 = «Нормальна», A_2 = «Висока»;
- B = «Температура сталі»: B_1 = «Нормальна», B_2 = «Висока»;
- C = «Температура повітря»: C_1 = «Нормальна», C_2 = «Висока»;
- D = «Віброшвидкість»: D_1 = «Задовільна», D_2 = «Незадовільна»;
- E = «Віброприскорення»: E_1 = «Задовільне», E_2 = «Незадовільне»;
- F = «Струм статора»: F_1 = «Припустимий», F_2 = «Неприпустимий»;
- G = «Напруга $3U_0$ »: G_1 = «Припустима», G_2 = «Неприпустима».

Для побудови функцій приналежності нечітких термів вхідних величин використано експертні оцінки, які було отримано від 5 експертів Дніпровської ГЕС та оброблено за методом парних порівнянь Сааті. Побудовані функції приналежності нечітких термів вхідних величин представлені на рис.2.

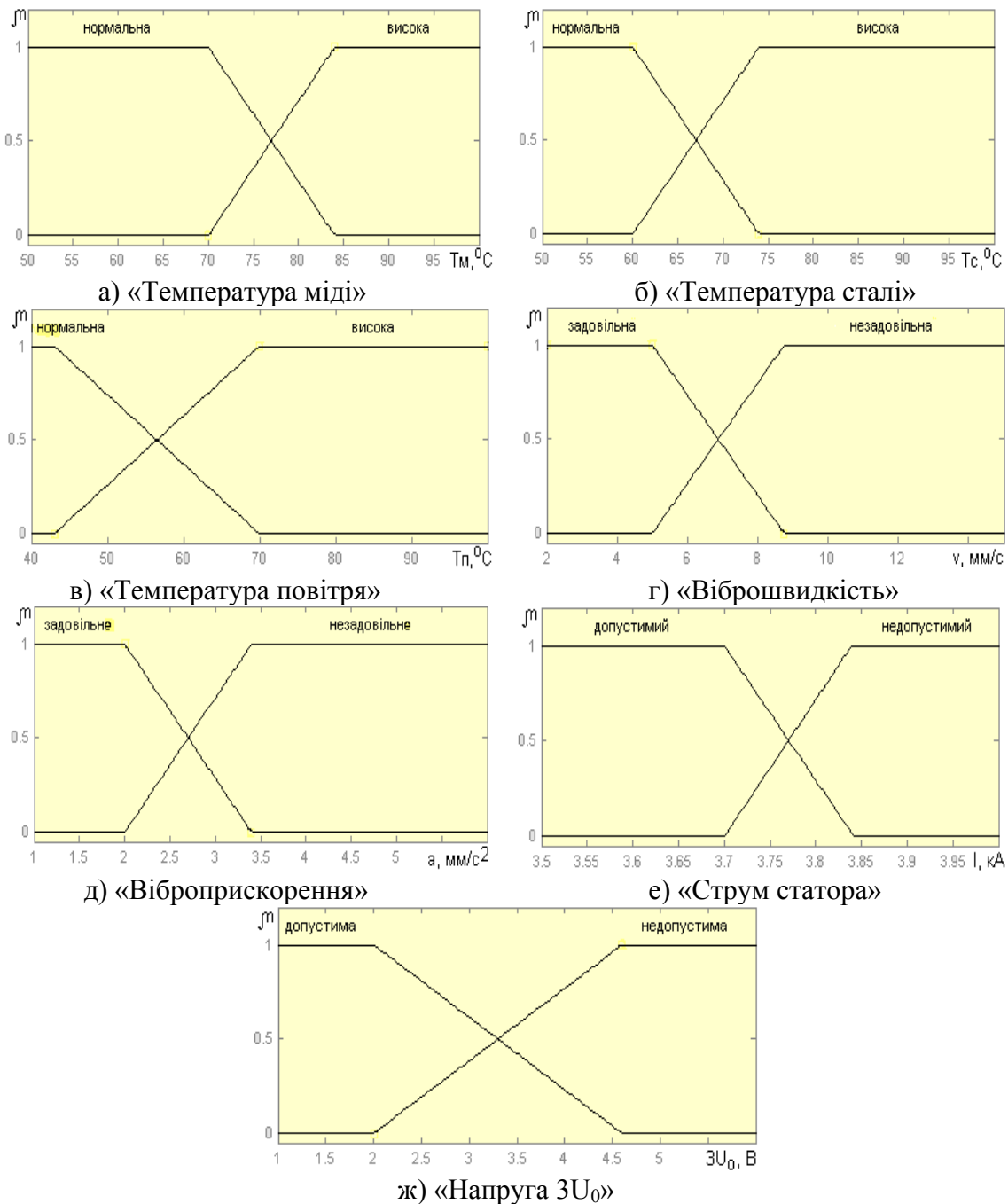


Рисунок 2 – Функції приналежності вхідних величин нечіткої моделі для визначення ТС ОС

Вихідні змінні стану об'єкта H = «Тепловий стан ОС», I = «Вібраційний стан ОС», J = «Електричний стан ОС» складаються з трьох нечітких термів $H_1 = I_1 = J_1$ = «Поганий», $H_2 = I_2 = J_2$ = «Середній», $H_3 = I_3 = J_3$ = «Добрий», які будуються на стандартних інтервалах шкали Харрінгтона (рис.3).

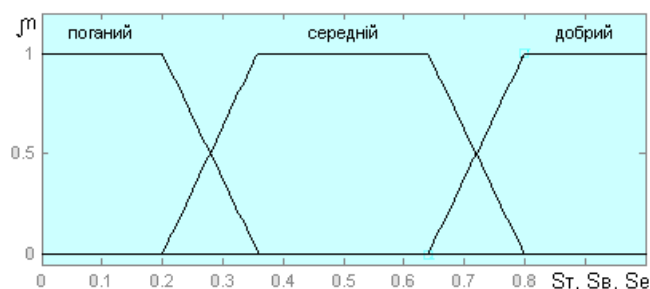


Рисунок 3 – Функції приналежності нечітких термів вихідних змінних стану

Вихідна змінна нечіткої моделі K = «Загальний спрацьований ресурс ОС» описується п'ятьма нечіткими термами: K_1 = «Дуже поганий», K_2 = «Поганий», K_3 = «Середній», K_4 = «Добрий», K_5 = «Дуже добрий» які також визначаються за шкалою бажаності Харрінгтона (рис.4).

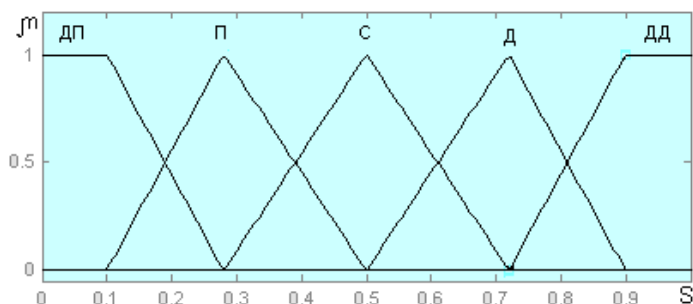


Рисунок 4 - Функції приналежності нечітких термів вихідної величини нечіткої моделі

Враховуючи відсутність обґрунтованих математичних зв'язків між різними параметрами стану ОС генератора, серед існуючих способів нечіткого виводу доцільно застосувати алгоритм Мамдані, в якому використовуються виключно якісні правила, що складаються експертами. Також, слід зазначити, що запропонована нечітка модель є адаптивною до додаткової вхідної інформації. Так, наприклад, якщо на ОС генератора буде встановлено аналізатор частинних розрядів, то вимірювану ним величину (уявний заряд або потужність частинних розрядів) можна ввести до нечіткої моделі в якості додаткової вхідної величини для визначення електричного стану ОС.

Отримана величина загального спрацьованого ресурсу S кількісно характеризує загальний ТС ОС і в подальшому буде застосована для оцінювання імовірності відмови гідрогенераторів на інтервалі часу з урахуванням індивідуальних характеристик стану окремих одиниць обладнання, що підвищить достовірність отриманої оцінки.

Перелік посилань

1. Літвінов В.В. Оцінювання технічного стану гідрогенераторів в умовах нечіткої інформації / В.В. Літвінов, К.А. Манукян // Відновлювана енергетика XXI століття. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції. – Крим, 2013. – С. 389–394.
2. Тупис Л.В. Проблемы с изоляцией статорной обмотки генератора и их решение / Л.В. Тупис // Энергетика та електрифікація. – 2006. - № 10. – С. 27–29.
3. Жданович А.А. Разработка модели оценки текущего эксплуатационного состояния гидростанции как участника водохозяйственного комплекса / А.А. Жданович, Ю.А. Секретарев // Ползуновский вестник. – 2011. - № 2. – С. 122–126.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ГРУПОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ГЕС З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОАГРЕГАТІВ

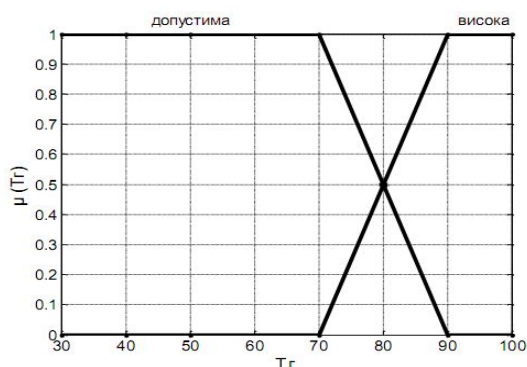
Джуржий П.О., здобувач; Літвінов В.В., доц., к.т.н.
(Запорізька державна інженерна академія, м. Запоріжжя, Україна)

У 2003 році в електроенергетичній системі (ЕЕС) України було впроваджено в експлуатацію систему регулювання частоти та активної потужності (САРЧП) [1]. Ключову роль в роботі САРЧП відіграють гідроелектростанції (ГЕС) Дніпровського та Дністровського каскаду. Вони забезпечують стійку роботу ЕЕС України та міжсистемних зв'язків завдяки наявності резервних потужностей та високій маневреності гідроагрегатів. Десятирічний досвід експлуатації САРЧП показав, що використання гідрогенераторів в системі групового регулювання активної потужності (ГРАП) призводить до погіршення їхнього технічного стану (ТС) та зростання кількості аварій внаслідок збільшення кількості перевідних режимів. Більшість гідроагрегатів ГЕС України знаходиться в експлуатації понад 30 років і відпрацювали свій ресурс. Таким чином, задача впровадження ефективних засобів постійного контролю ТС та визначення пріоритетності пуску гідроагрегату в системі ГРАП є актуальною.

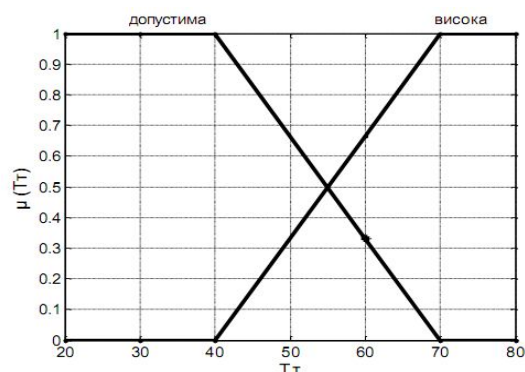
На теперішній час контроль стану та визначення пріоритетності пуску гідроагрегату в системі ГРАП виконується начальником зміни станції за допомогою автоматизованих систем моніторингу, які здійснюють збір необхідних параметрів режиму гідроагрегату. Такий контроль стану гідроагрегату вимагає наявності досвідченого, спеціально навченого персоналу, але навіть за наявності такого персоналу слід враховувати людський фактор при прийнятті рішень. В цих умовах доцільним є впровадження автоматичного контролю загального ТС гідроагрегатів з визначенням пріоритету для введення в систему ГРАП.

Автоматичний контроль ТС гідроагрегату має здійснюватись в умовах великої кількості параметрів від яких залежить стан гідроагрегату та відсутності математичного зв'язку між цими параметрами. Для вирішення цієї задачі запропоновано використання нечіткої моделі, в якій поєднано всі діагностичні ознаки, а зв'язок між ними встановлено на основі експертних знань [2].

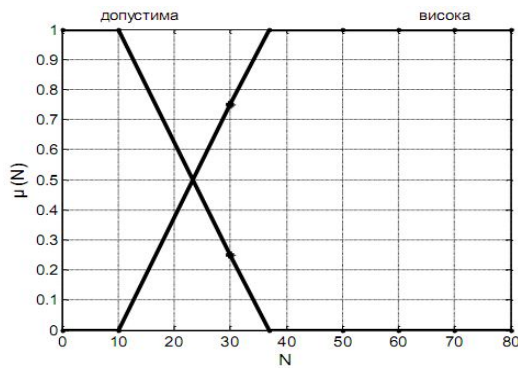
Основними чинниками, якими керується оперативний персонал ГЕС при прийнятті рішення щодо пріоритету гідроагрегату у ГРАП є температурні режими гідроагрегату та блочного трансформатора, вібраційний режим гідроагрегату, стан допоміжного обладнання, та кількість перевідних режимів. В [2] представлено нечітку модель для визначення пріоритетності гідроагрегатів у ГРАП, яка використовує в якості вхідних величин температуру найбільш нагрітої точки генератора (T_G), температуру найбільш нагрітої точки трансформатора (T_T), кількість перевідних режимів (N), тиск у котлі МНУ (P). Функції приналежності нечітких термів цих величин побудовані за методом Сааті за результатами опитування 12 експертів і представлені на рис.1.



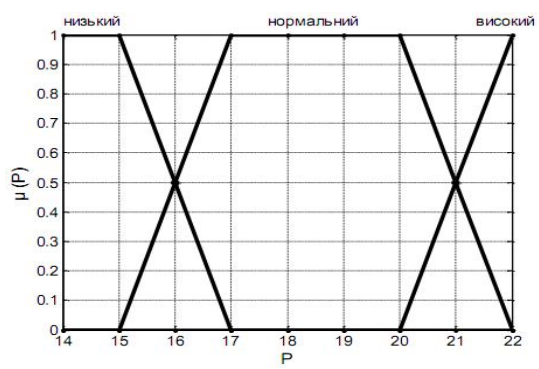
а) «Температура ННТ генератора»



б) «Температура ННТ трансформатора»



в) «Кількість перевідних режимів»



г) «Тиск у котлі МНУ»

Рисунок 1 – Функції приналежності вхідних величин нечіткої моделі для визначення пріоритету гідроагрегату у ГРАП

Розроблена нечітка модель є адаптивною до додаткової вхідної інформації. Ця її властивість дозволяє визначати пріоритетність встановлення гідроагрегатів у ГРАП базуючись на оцінках ТС основних вузлів гідроагрегату (статор, ротор, підшипники, під'ятник, вал, турбіна, система збудження, система регулювання швидкості, система управління). Структурна схема нечіткої моделі для оцінювання ТС підшипників та під'ятника гідроагрегату представлена на рис.2

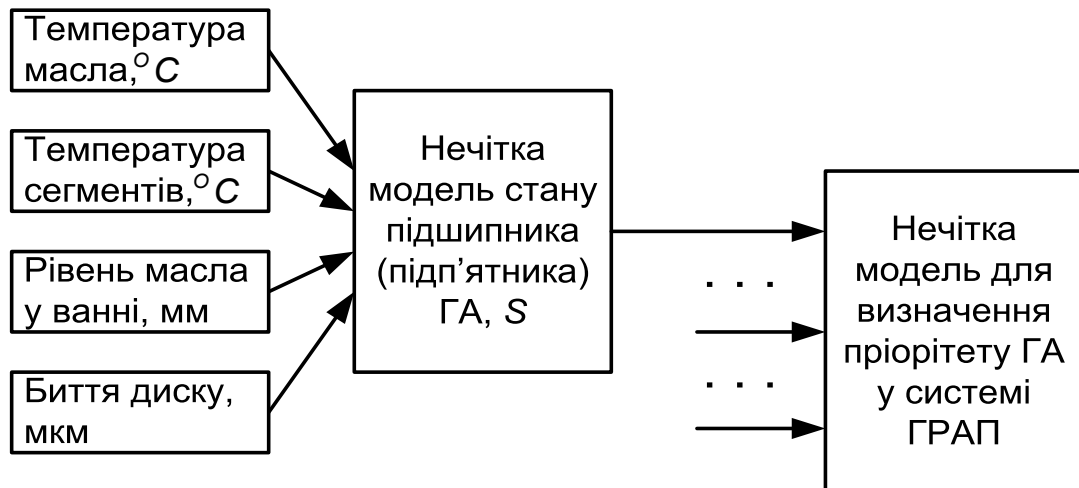
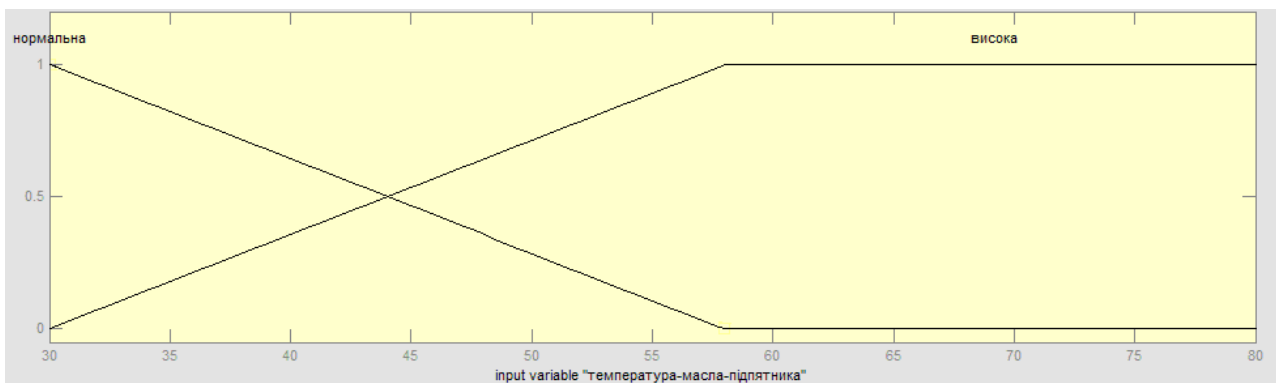
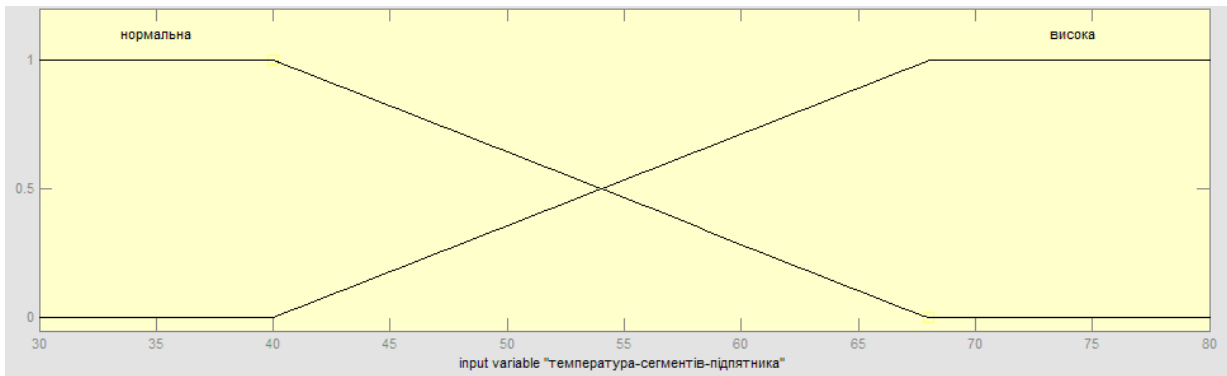


Рисунок 2 – Структурна схема нечіткої моделі для оцінювання стану підшипників (під'ятника) гідроагрегату

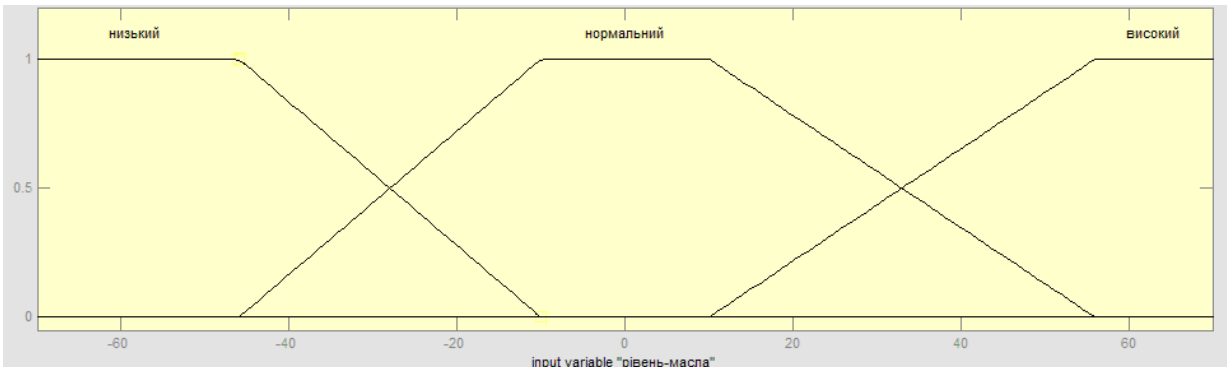
Функції приналежності вхідних величин нечітких моделей для оцінювання стану підшипників та під'ятника побудовані за результатами опитування 5 експертів – працівників Дніпровської ГЕС. Функції приналежності для нечіткої моделі оцінювання ТС під'ятника представлені на рис.3.



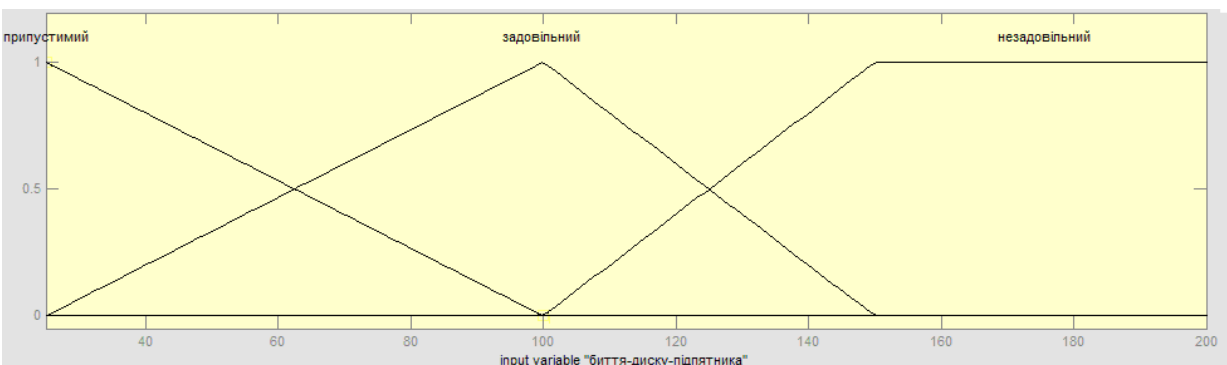
а) «Температура масла під'ятника»



б) «Температура сегментів підп'ятника»



в) «Рівень масла в ванні підп'ятника»



г) «Биття диску підп'ятника»

Рисунок 3 – Функції приналежності вхідних величин нечіткої моделі для оцінювання ТС підп'ятника

База правил нечіткої моделі для оцінювання ТС підп'ятника гідроагрегату будується експертом, тому в якості нечіткого виводу доцільно застосувати нечіткий вивід Мамдані, який опрацьовує якісні нечіткі правила. Виходом нечіткої моделі є кількісна оцінка ТС підп'ятника (підшипника). Отримана величина одночасно є вхідною величиною до нечіткої моделі визначення пріоритетності гідроагрегатів у ГРАП (див. рис.2). Тому подальший розвиток запропонованої системи визначення пріоритетності гідроагрегатів у ГРАП полягає в розробці нечітких моделей оцінювання стану інших вузлів гідроагрегату.

Перелік посилань

1. Редин В.И. Принципы построения и организация взаимодействия системы SCADA/AGC – "Centralog" ГЭС / В.И. Редин, А.Г. Баталов, Ю.Н. Бондаренко, Д.А. Олефир, А.Г. Денисенко // Электрические сети и системы. – 2004. – № 3. – С. 3-8.
2. Джуржий П.О. Удосконалення групового регулювання гідроагрегатів з використанням нечіткої логіки / П.О. Джуржий, Ю.С. Скалько // Матеріали XVIII НТК «Металургія та енергозбереження як основа сучасної промисловості». – Запоріжжя: ЗДІА, 2013. – С. 199.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРЕЦЕЗИЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА

Кіянюк О. І., аспірант ; Гладь І. В., к.т.н. доцент

*(Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна)*

Посткризовий період розвитку економіки України потребує зменшення залежності від іноземних постачальників енергоносіїв. Найбільш енергоємними споживачами є промислові підприємства, у встановленій потужності яких частка асинхронного електроприводу становить понад 50%. Тому одним із шляхів досягнення енергетичної незалежності України є забезпечення високої енергоефективності електроприводу технологічних машин, зокрема електровідцентрових pomp. На енергетичний режим привідних асинхронних електродвигунів впливає якість напруги живлення, коефіцієнт завантаження, часті пуски та гальмування, несвоєчасне технічне обслуговування.

Висока енергоефективність електроприводу можлива за умови, коли кожен елемент технологічного агрегату працює в режимі максимального коефіцієнту корисної дії (ККД), оскільки загальний ККД агрегату є добутком значень ККД його складових. В ідеальному випадку всі елементи агрегату повинні працювати в номінальному режимі, коли їх ККД є максимальний. Однак внаслідок відхилення навантаження, зносу робочих органів, спотворення показників якості напруги живлення, некоректного підбору потужності електродвигунів ККД елементів електроприводу зазвичай менший від номінального.

Задача визначення ККД елементів електропривідного технологічного агрегату та його загального ККД може вирішуватися із застосуванням різних підходів залежно від доступних початкових даних. Наприклад, високоточне пряме вимірювання вхідної активної потужності трифазного електродвигуна в трипровідній мережі можливе за умови приєднання датчиків струму і напруги за схемою Арона (схема двох ватметрів), яка враховує можливу несиметрію напруг і струмів. Сучасними достатньо точними датчиками струму і напруги слугують струмові кліщі, в основу роботи яких покладено ефект Холла, а активна потужність обчислюється методами цифрової обробки сигналів [1].

Реалізація прямого вимірювання вихідної потужності відцентрової помпи можлива за умови використання портативного витратоміру для визначення подачі та манометрів на всмоктувальному і напірному патрубках для обчислення напору. На жаль, похибка безконтактного вимірювання подачі навіть у кращих закордонних ультразвукових витратомірів рідин становить 1,5...2%, а їх закупівельна ціна та щорічна метрологічна перевірка недешеві [2]. Не завжди є доступ до патрубків помпи, наприклад до занурювальної помпи нафтовидобування. Конструкція різноманітних технологічних машин не завжди уможливує пряме вимірювання вихідної потужності, відношення якої до вхідної потужності становитиме загальний ККД агрегату. Крім того, для якісної картини енергетичного режиму всіх складових агрегату необхідною є інформація про швидкість обертання валу електродвигуна чи робочого механізму. Наприклад, відхилення швидкості обертання асинхронного двигуна від номінального значення при якісному електроживленні свідчить про механічне недовантаження (перевантаження) на валі, або про пошкодження обмоток. За допомогою робочих характеристик електродвигуна можна визначити його ККД, маючи інформацію про активну потужність і швидкість обертання. Існує багато портативних безконтактних тахометрів, які забезпечують високу точність та роздільну здатність

вимірювання швидкості обертання валів машин. Однак вони не оснащені промисловим інтерфейсом для приєднання їх до ЕОМ з метою часової синхронізації вимірювань та усунення суб'єктивної похибки оператора.

Для прецизійного вимірювання швидкості обертання валу електродвигуна в якості датчика швидкості авторами запропоновано використання інкрементального енкодера E40S8-25, який приєднаний до цифрового входу пристрою вводу даних NI USB-6210 виробництва компанії National Instruments (США), який також забезпечує вимірювання напруг і струмів для обчислення активної потужності електродвигуна. Фрагмент написаної в середовищі LabVIEW програми визначення швидкості обертання на основі зчитаної з енкодера інформації про кут повороту валу двигуна показаний на рис. 1.

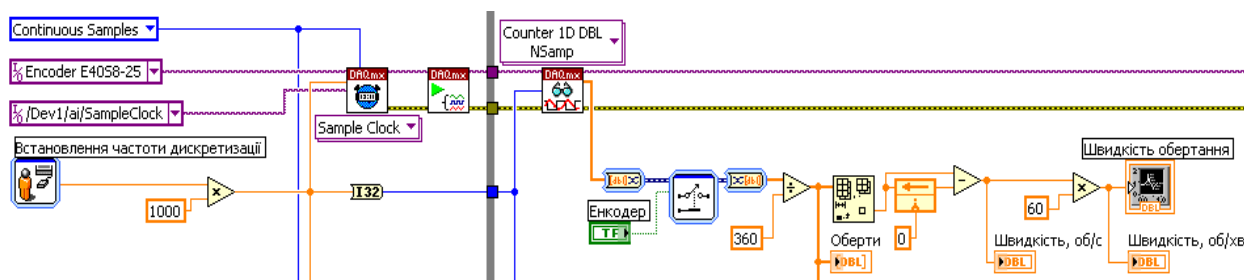


Рисунок 1 – Фрагмент блок-діаграми програми обчислення швидкості обертання валу

Перевагою інкрементальних енкодерів як цифрових датчиків кута закручування валу є висока роздільна здатність та надзвичайно малий момент опору обертання їх валу, оскільки чутливим елементом перетворювача “кут повороту - цифровий код” є перфорований диск та оптопара. Квадратурний енкодер E40S8-25 з типом енкодування x4 має високу роздільну здатність 100 імпульсів на оберт, а висока точність часо-імпульсного методу визначення швидкості обертання забезпечується застосуванням частоти 100 кГц внутрішнього кварцованого тактового генератора пристрою вводу даних NI USB-6210. При використанні типу енкодування x4 враховуються як фронти, так і спади прямокутних імпульсів каналів А і В цифрового виходу квадратурного енкодера. Також можливе визначення напрямку обертання валу за зміною знаку обчисленої в програмі швидкості.

Перспективою подальших досліджень є розробка портативного апаратно-програмного комплексу для визначення енергоефективності асинхронного електроприводу технологічних агрегатів з мінімізацією суб'єктивного впливу оператора.

Перелік посилань

1. Гладь І.В., Галушак І.Д., Поточний А.І., Маскевич У.М., Бацала Я.В., Кіянюк О.І. Проблеми та принципи проектування універсального апаратно-програмного комплексу для енергетичних обстежень електромереж // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – м. Івано-Франківськ, 2008. - № 3(28). – С 83-87.
2. <http://www.microl.ua>; <http://www.ni.com>.
3. І. В. Гладь, к.т.н., доц., М. Й. Федорів, к.т.н., доц., О. І. Кіянюк, ас. Контроль енергоефективності відцентрових насосів // Діагностика електромеханічних систем та енергоресурсозбереження. – м. Кременчук, 2011. - С 272-273.

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУХИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ З ЛИТОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ

Федорич І. М., студент; Гладь І. В., к.т.н., доц.

(Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна)

В статті висвітлено проблему енергоефективності сухих силових трансформаторів різних виробників світу. В основу задачі покладено мінімізувати втрати енергії в розподільних електромережах. В зв'язку з відсутністю інформації про енергоефективні силові трансформатори опрацьовано паспортні дані силових трансформаторів та створено базу даних для проведення аналізу енергоефективності їх роботи.

Для аналізу вибрані сухі двообмоткові трансформатори з литою ізоляцією класу напруги до 12 кВ і напругою обмотки високої сторони 10 кВ таких виробників як «Legrand Zucchini», «Siemens», «Schneider electric», «ABB» (рис. 1). До уваги приймалися трансформатори з номінальними потужностями 630 кВА, оскільки вони є найбільш вживаними в сучасних системах електропостачання міст, сіл та промислових підприємств. Параметри трансформаторів вибираємо з каталогів та прайс-листів фірм-виробників [1].



Рисунок 1 – Сухий трансформатор фірми АВВ типу RESIBLOC

Номінальні параметри всіх трансформаторів зведемо у таблицю 1, на основі яких і проведені подальші розрахунки та порівняння.

Таблиця 1 – Номінальні параметри трансформаторів

Фірма виробник	S _{ном} , кВА	P _о , Вт	P _к , Вт	U _к , %
«Legrand Zucchini»	630	1790	7800	4
«Siemens»	630	1370	7300	6
«Schneider electric»	630	1500	7300	6
«ABB»	630	1000	7100	6

Виходячи з даних в таблиці 1, можна зробити висновок, що найменші втрати забезпечують трансформатори фірми «ABB», а також напруга короткого замикання є великою, що збільшує струмообмежувальні властивості трансформаторів при короткому замиканні. Найбільші втрати потужності відбуваються у трансформаторах фірми

«Legrand_Zucchini», що може свідчити про їх низьку енергоефективність. Другими і третіми в нашому рейтингу знаходяться трансформатори фірм «Siemens» і «Schneider electric» відповідно.

Отож якщо необхідно зробити вибір трансформатора рекомендовано зупинитись на такому виробнику як «ABB». Слід зауважити що для аналізу вибирались трансформатори класу ефективності Ак А0, які є найбільш енергоефективними і мають найменший рівень шумів. Також побудовані залежності втрат неробочого ходу та короткого замикання від номінальної потужності трансформаторів в діапазоні номінальних потужностей від 630 до 2500 кВА. Ці графіки наведені на рисунку 2.

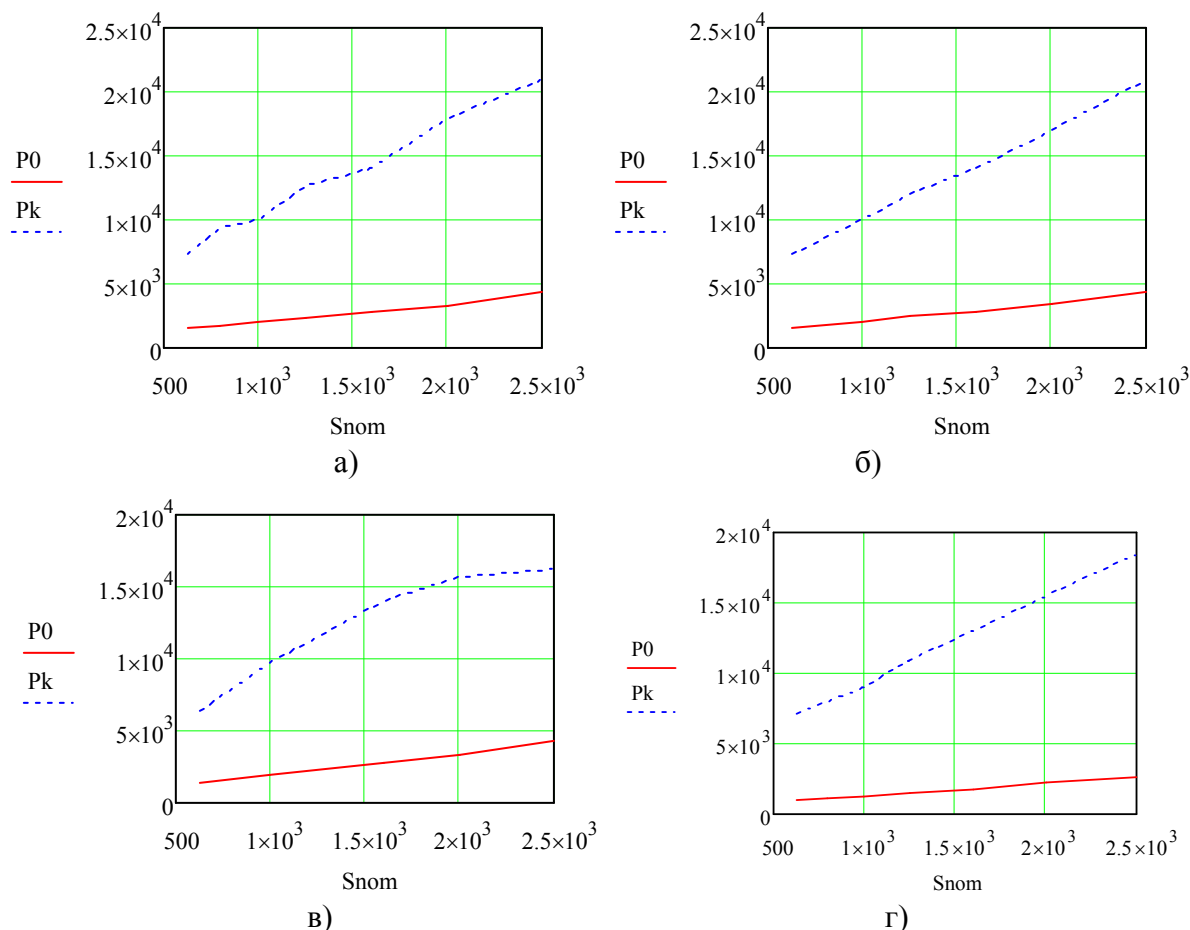


Рисунок 2 – Графічні залежності для трансформаторів:
а) Legrand Zucchini; б) Schneider electric; в) Siemens; г) ABB

Виходячи з отриманих графіків можна зробити висновок, що найменшими втратами на всьому заданому діапазоні потужностей відзначаються трансформатори Siemens, особливо з потужностями 2000 та 2500 кВА. Також хороші показники виявились і в трансформаторів фірми ABB. Перспектива подальших досліджень полягає у формуванні та розширенні бази даних енергоефективних сухих силових трансформаторів з параметрами та орієнтовними цінами постачальників.

Перелік посилань на джерела

1. https://www.cee.siemens.com/web/ua/ru/ptd/ptd/Transformers/Documents/file_38_1.pdf
2. <http://www.abb.ru/product/ru/9AAC30405576.aspx>
3. <http://www.schneider-electric.com/products/ru/ru/3600-transformatory-sn/3610-suhie-transformatory-s-litoj-izolaciej/977-trihal/>

ВИМОГИ МІЖНАРОДНИХ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ДО СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ

Іллюченко П.О.; Кравченко Р.І., к.т.н., с.н.с.

(Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, м. Київ, Україна)

За статистичними даними протягом 2012 року в Україні зареєстровано 71443 пожежі, унаслідок яких загинуло 2751 людина, у тому числі 87 дітей; 1682 людини отримали травми, з них 143 дитини. Матеріальні збитки від цих пожеж склали 3 млрд. 360 млн. 61 тис. грн., з них прямі матеріальні збитки становили 860 млн. 70 тис. грн., а побічні – 2 млрд. 499 млн. 991 тис. грн. У будівлях та спорудах промислового та цивільного призначення трапилося 37525 пожеж, що становить 52,5 % від загальної кількості пожеж. Серед цих об'єктів 295 було оснащено системами пожежної сигналізації, пожежогасіння та протидимового захисту. У 25 випадках ці системи не спрацювали.

Причинами відмови в умовах пожежі систем протипожежного захисту є похибки, допущені під час їх проектування, у тому числі їхніх систем електропостачання.

Системи електропостачання систем протипожежного захисту складаються з джерела живлення та електричних кіл (системи електропроводки), розміщених до ввідних пристроїв протипожежного устаткування. Ці системи призначені для живлення світильників аварійного й евакуаційного освітлення, пристроїв керування евакуацією і пожежної сигналізації, електроприводів, у тому числі насосів і вентиляторів, систем пожежогасіння, протидимового захисту та пожежних ліфтів.

В Україні загальні вимоги щодо проектування систем електропостачання систем протипожежного захисту визначені в ДБН В.2.5-56 [1] та ДБН В.2.5-23 [2]. Але вимоги цих будівельних норм потребують уточнення з урахуванням вимог міжнародних та європейських стандартів ІЕС 60364-5-56 та HD 60364-5-56 [3].

Європейський гармонізований документ [3] розроблено на основі міжнародного стандарту ІЕС 60364-5-56 з внесенням модифікацій, згідно з якими:

- центральні джерела живлення систем аварійного та евакуаційного освітлювання мають відповідати EN 50171;
- в електричних колах систем безпеки мають застосовуватися вогнестійкі кабелі згідно з EN 50200;
- акумуляторні установки для систем безпеки мають відповідати EN 50272-2;
- аварійне освітлювання має виконуватися згідно з EN 1838.

Вимоги HD 60364-5-56 [3] поширюються на системи електропостачання таких систем безпеки, як системи протипожежного захисту, системи тривожної сигналізації та медичні системи життєзабезпечення, крім систем електропостачання установок, призначених для експлуатації у вибухонебезпечних зонах, які мають відповідати вимогам EN 60079-14.

Згідно з HD 60364-5-56 [3] системи електропостачання систем безпеки класифікують на неавтоматизовані та автоматизовані. Останні класифікують на системи електропостачання:

- з безперервним режимом електропостачання;
- з надкороткочасним режимом переривання електропостачання – системи, які забезпечують автоматичне електропостачання протягом 0,15 с;
- з короткочасним режимом переривання електропостачання – системи, які забезпечують автоматичне електропостачання протягом 0,5 с;
- з середньопереривчастим режимом електропостачання – системи, які забезпечують автоматичне електропостачання протягом 5 с;
- з середньотривалим режимом переривання електропостачання – системи, які забезпечують автоматичне електропостачання протягом 15 с;

– з тривалим режимом переривання електропостачання – системи, які забезпечують автоматичне електропостачання протягом більше, ніж 15 с.

Для живлення систем безпеки європейським стандартом, що розглядається, допускається використання джерел живлення систем електропостачання загального і резервного призначення та спеціальних джерел живлення.

Системи електропостачання зі спеціальними джерелами живлення класифікують на системи центрального електропостачання з необмеженою потужністю та малопотужні системи центрального електропостачання. Останні повинні забезпечувати вихідну потужність 500 Вт протягом 3 год або 1500 Вт протягом 1 год.

Для живлення систем безпеки можуть використовуватися:

- джерела безперебійного живлення згідно з EN 62040-1 чи EN 62040-3;
- акумуляторні батареї згідно з EN 60623, EN 60896 разом з їхніми зарядними та контролюючими пристроями;
- генераторні установки згідно з ISO 8528-12.

Серед зазначених в Україні впроваджено європейські та міжнародні стандарти на джерела безперебійного живлення та генераторні установки.

У системах електропостачання кола живлення систем безпеки мають бути прокладені окремо від інших електричних кіл або відокремлені від них вогнестійкими матеріалами. У випадку необхідності прокладання кіл систем безпеки у пожежонебезпечних зонах, ці кола мають бути вогнестійкими, але вони не повинні прокладатися у вибухонебезпечних зонах.

Кола живлення аварійного та евакуаційного освітлювання мають виконуватися двома незалежними лініями, якщо світильники не оснащені автономними джерелами живлення. У разі наявності на шляхах евакуації понад 20 світильників, кожна група світильників (у кількості не більше ніж 20) повинна живитися окремою лінією.

Кола живлення, що мають функціонувати в умовах пожежі, повинні виконуватися кабелями з мінеральною ізоляцією та їхньою арматурою згідно з EN 60702 або вогнестійкими кабелями згідно з EN 50200.

Слід відзначити, що EN 50200 визначає класифікацію РН і метод випробування на вогнестійкість електричних і оптичних кабелів із зовнішнім діаметром до 20 мм включно, що використовуються в малопотужних системах електропостачання. Для цих кабелів застосовують менш жорсткий випробувальний режим порівняно зі стандартним температурним режимом пожежі, що застосовують для кабелів згідно з будівельними нормами [1, 2].

Крім зазначеного, в HD 60364-5-56 [3] встановлено вимоги до пристроїв розподілення та контролю кіл живлення систем безпеки та рекомендації щодо вибору систем електропостачання та джерел живлення для різних систем безпеки та будівель і споруд.

Розглянутий європейський нормативний документ HD 60364-5-56 [3], що гармонізований з міжнародним стандартом IEC 60364-5-56, рекомендується до впровадження у національні стандарти України з внесенням модифікацій, які б урахували застосування у колах систем безпеки кабелів та кабельних ліній, випробуваних за стандартного температурного режиму згідно з ДСТУ 4809 та ДСТУ Б В.1.1-11.

Перелік посилань

1. ДБН В.2.5-56:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи притипожежного захисту. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 137 с.
2. ДБН В.2.5-23:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення – К.: Укрархбудінформ, 2010. – С. 33.
3. HD 60364-5-56:2010 Low-voltage electrical installations – Part 5-56: Selection and erection of electrical equipment – Safety services (IEC 60364-5-56:2009). – Supersedes HD 384.5.56 S1:1985. – CENELEC, February 2010. – 17 p.

ДО ПИТАННЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРОВІДІВ З АЛЮМІНІЄВИМИ ТА МІДНИМИ ЖИЛАМИ НА ПРИЧЕТНІСТЬ ДО ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ

Губанов Р.О., ст. наук. співробітник

(Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, м. Київ, Україна)

У процесі розвитку суспільства електротехнічна продукція як промислового так і побутового призначення набула широкого застосування. Разом з тим, протягом тривалого часу пожежі від електротехнічних виробів посідають друге місце після пожеж, що виникають внаслідок необережного поводження з вогнем.

За статистичними даними щорічно від електротехнічних виробів виникає близько 11 тис. пожеж, що складає приблизно 21% від загальної кількості пожеж в країні. Традиційно найбільш пожежонебезпечними з року в рік є кабельні вироботи ($\approx 70\%$ пожеж від електротехнічних виробів), для яких характерні наявність горючих елементів (електроізоляції, оболонки тощо) та утворення в аварійних режимах роботи джерел запалювання (електричних дуг, розжарених часток металу в зоні короткого замкнення, надмірно нагрітих електричним струмом елементів тощо).

У переважній кількості випадків причинами і обставинами виникнення пожеж, пов'язаних з електротехнічними виробами є недоліки конструкцій або виготовлення, а також порушення правил експлуатації.

В якості речових доказів на дослідження можуть бути надані: електропроводи та кабелі; комутаційні апарати (рубильники, пускачі, реле, штепсельні роз'єми й ін.); електричні нагрівальні, освітлювальні та побутові прилади (плитки, праски, чайники, кип'ятильники, нагрівачі, різноманітні світильники й ін.); апарати захисту (автоматичні вимикачі, запобіжники та їх подібні); електродвигуни та трансформатори й інші електротехнічні пристрої.

Правила вилучення, обліку, зберігання та передачі речових доказів, цінностей та іншого майна на стадії дізнання, досудового слідства і судового розгляду затверджено відповідною інструкцією[1].

Метою дослідження речових доказів, вилучених з місця пожежі, є визначення типу або моделі стандартного електротехнічного пристрою, марки проводу або кабелю, виявлення на них ознак (слідів), що характеризують режим їх роботи, визначення їх місцезнаходження на об'єкті в момент виникнення пожежі і їх причетність до ділянки досліджуваної електромережі[2].

Для досліджень електричних проводів та кабелів з алюмінієвими та мідними жилами будь якого перетину, вилучених з місця пожежі, використовуються різноманітні методи та технічні засоби.

Першим етапом дослідження електричних проводів та кабелів є Візуальний огляд. В процесі огляду необхідно визначити: перетин та довжину кабельного виробу; кількість жил; стан ізоляції; при наявності ізоляції визначити матеріал і марку кабельного виробу; наявність оплавлень та зміни перетину провідників по довжині. Основним завданням цього методу являється попереднє встановлення причини оплавлення провідника, а також моменту виникнення короткого замкнення (далі - КЗ)[3].

Наступним методом дослідження являється Морфологічний аналіз. Для проведення морфологічного дослідження мідних і алюмінієвих провідників зі слідами оплавлення краще всього використовувати растровий електронний мікроскоп, а також будь-який оптичний мікроскоп, який працює у відбитому світлі. При проведенні морфологічного аналізу остаточно вирішується питання про причину оплавлення, а також уточнюється момент

виникнення КЗ (первинне КЗ або вторинне КЗ). Якщо походження оплавлення не зв'язано з КЗ, тоді застосування подальших етапів дослідження не доцільно.

При проведенні третього етапу дослідження застосовується Рентгеноструктурний аналіз. На даному етапі можливо остаточно визначити момент виникнення КЗ (ПКЗ або ВКЗ). За допомогою рентгеноструктурного аналізу проводяться дослідження відкрито прокладених дротів та кабелів без металевих обплетень з мідними жилами, а також будь-які кабельні вироби з алюмінієвими жилами, прокладеними як відкрито, так і в металорукавах, трубах тощо. Також слід зазначити, що для дослідження мідних провідників використовується рентгеноструктурний фазовий аналіз поверхового шару, а для алюмінієвих провідників застосовується аналіз структури методом Лауе. Якщо в результаті дослідження рентгеноструктурним аналізом отримані суперечливі висновки про момент виникнення КЗ, тоді слід виконувати металографічний аналіз.

Металографічний аналіз дуже інформативний та у більшості випадків дозволяє однозначно визначити момент виникнення КЗ без проведення другого (морфологічний аналіз) та третього (рентгеноструктурний аналіз) етапів дослідження проводів та кабелів. Без цього аналізу неможливо визначити момент виникнення КЗ для мідних провідників прокладених в трубах.

Для визначення моменту виникнення КЗ у проводах з алюмінієвими жилами в окремих випадках доцільно досліджувати оплавлену дільницю на зміст вуглецю. Застосування даного методу приводить до повного знищення речового доказу. Тому його використання рекомендується в тих випадках, коли рентгеноструктурний аналіз не дозволив остаточно вирішити питання про момент виникнення КЗ, а застосування металографічного аналізу по різним причинам (відсутність спеціаліста, обладнання тощо) неможливо.

Не можна виключати, що сліди деяких коротких замикань, які виявляються на різних елементах електротехнічних пристроїв, можуть не мати прямого зв'язку з виникненням пожежі, тобто їх утворення не пов'язано з виникненням пожежі, вони не є ні його причиною, ні його наслідком. До таких слідів належать сліди коротких замикань, які були утворені під час експлуатації електромережі задовго до виникнення пожежі. Такі сліди можуть утворитися і внаслідок подачі напруги в електромережу після гасіння пожежі, до початку огляду місця пожежі. На місці пожежі, яка була обумовлена підпалом, в електропроводці або в електричному приладі можуть бути виявлені сліди імітації аварійного режиму (умисно спровокованого).

Таким чином, причинно-наслідковий зв'язок між аварійним режимом в електромережі та виникненням пожежі можна виявити тільки на основі комплексного дослідження електричних і теплових процесів, а встановлення первинності чи вторинності короткого замикання за слідами оплавлень на провідниках методами рентгеноструктурного або металографічного аналізу є встановленням тільки одного з комплексу ознак.

Перелік посилань

1. Інструкція про порядок вилучення, обліку, зберігання та передачі речових доказів у кримінальних справах, цінностей та іншого майна органами дізнання, досудового слідства і суду. Наказ Генеральної прокуратури України №51/401/649/471/23/125 від 27.08.2010 року.

2. Методи дослідження пожеж. Методичний посібник / [Климась Р.В., Кріса І.Я., Саріюгло Д.П., Скоробагатько Т.М., Степаненко С.Г., Шалупін А.В., Хом'як Я.І., Якименко О.П.]. – К.: ТОВ "Поліграфцентр "ТАТ", 2010. – 240 с.

3. Митричев Л. С., Колмаков А. И., Степанов Б. В., Россинская Е. Р., Вртанесьян Э. В., Зернов С. И. Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия: Методические рекомендации. — М.: ВНИИ МВД СССР, 1986. — 44 с.: ил.

ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ – ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ

Владимиров Ю.В., к.т.н., проф.

(Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г.Харьков, Украина)

Проблема утилизации твердых бытовых отходов ТБО не нова и актуальна для всех стран мира. К сожалению в большей части стран, и в том числе на Украине, эта проблема решается путем захоронения ТБО на полигонах и свалках, хотя доказано, что технологии полигонного захоронения ТБО ведут к загрязнению окружающей среды, грунтовых и артезианских вод и создают существенный вред условиям проживания населения. Особо следует отметить, что экологические последствия захоронения ТБО на полигонах и свалках приводят к большим социальным проблемам в виде протестов и даже бунтов жителей близлежащих к этим полигонам населенным пунктам. С другой стороны забывается, что ТБО являются источником промышленных ресурсов, в т.ч. и топливно-энергетических [1]. В развитых странах мира все большее внимание уделяется возобновляемым источникам энергии. Этот процесс затронул и Украину, однако хотя по многочисленным обнародованным данным потенциал такого, как биомасса, возобновляемого источника энергии в десять раз превышает потенциал ветровой энергетики, именно последняя первой получила государственную поддержку. Что же касается биомассы, а именно, отходов представляющих вторичную биомассу и являющихся одной из существенных составляющих ТБО, то эти отходы практически не рассматривались как источник возобновляемой энергии. Все государственные программы и решения в т.ч. и последнее (распоряжение №22-р от 3 января 2013 года Кабинета Министров Украины об одобрении Концепции Общегосударственной программы обращения с отходами на 2013 – 2020 гг.) предусматривают прежде всего условия захоронения этих отходов и в некоторых случаях сжигание их для получения тепловой энергии, что есть самым неэффективным методом получения энергии из биомассы.

По мнению автора данной статьи настало время повернуться лицом к данной проблеме, о чем было сказано еще в [1]. ТБО как источник возобновляемой энергии имеет огромный потенциал. Использование этого источника энергии решает не только энергетические вопросы, но, что еще более важно, экологические и социальные, которые оценить в денежном выражении практически невозможно.

Последнее время очень часто рекламируется метод извлечения биогаза из ТБО непосредственно на полигонах путем бурения там скважин. С экономической точки зрения это безусловно выгодное мероприятие, но к сожалению оно не решает задачу в комплексе, т.е. не устраняет полигонного хранения ТБО и следовательно не решает экологические и социальные задачи. Данный метод можно считать вполне приемлемым на этапе до полного комплексного решения проблемы ТБО.

Вопросу обращения с ТБО посвящено достаточное количество статей, в т.ч. и [2]. Некоторые специалисты возлагают надежду на отдельный сбор мусора населением Украины. Автор этой статьи согласен с авторами [2], что в ближайшем будущем это не реально. Раздельному сбору мусора препятствуют как нерешенность экономических и организационных вопросов, так и, в первую очередь, менталитет населения. Ряд специалистов, в т.ч. и [2], предлагают с целью снижения затрат на сбор, транспортировку и сортировку ТБО, осуществлять сортировку отходов в местах их образования путем создания специальных сортировочных пунктов или площадок. К данному предложению имеется ряд серьезных замечаний: во-первых, подобное мероприятие не снизит затрат на сбор, транспортировку и сортировку ТБО, а существенно их увеличит, поскольку таких пунктов (площадок) необходимо создать сотни тысяч по всей Украине; во-вторых, экологическая

ситуация вблизи этих площадок будет существенно ухудшать среду обитания населения. Наличие в одном месте более чем одного мусорного контейнера (кроме контейнеров раздельного сбора отходов) приводит к существенному ухудшению санитарного состояния объекта, в т.ч. появлению запахов и крыс.

По мнению автора решением данной проблемы есть строительство заводов по полной безотходной переработке ТБО на основе концепции «Zero Waste» [3] с сортировкой отходов непосредственно на них. Данная концепция предполагает переход от рассмотрения отходов, как вредных загрязняющих веществ, которые необходимо изолировать и контролировать, к потенциальному дешевому источнику полезных элементов, материалов, и главное – энергии. Доставка ТБО от мест их образования к данным заводам должна осуществляться обычными автомобилями – мусоровозами с подпрессовкой отходов. Кроме того на эти заводы должны постепенно вывозиться ТБО с действующих на данный момент и закрытых полигонов и свалок, а также сельхозотходы данного региона. С момента ввода в действие мусороперерабатывающих заводов любое захоронение ТБО и сельскохозяйственных отходов на свалках и полигонах в регионах, где они построены, должно быть запрещено, а свалки закрыты. Говоря о фактическом морфологическом составе ТБО следует отметить, что он имеет более широкий спектр компонентов чем указано в [2], применительно к отходам учебного заведения, а именно, металлы: от черных и цветных до редкоземельных и благородных; пластмассы различных видов; бумага, картон и отходы древесины; отходы строительных материалов (цемент, песок, кирпич, стекло, куски бетона, щебень, шлаки, мел и т.п.); текстиль; резину; и что особо присуще отходам коммунально-бытового сектора, пищевые отходы. Учитывая такой морфологический состав ТБО на заводе должна происходить сортировка их с использованием как грубых методов в виде ручной сортировки, промывки отходов гидропушкой, виброрешетки и отделение черных металлов электромагнитом, так и с использованием всех современных технологий сортировки известных в мире.

В результате безотходной переработки ТБО, на основе указанной выше концепции, продукцией такого завода будут компоненты для строительных материалов; удобрения и главное – топливо: биогаз и жидкое (бензин и дизельное). Особо следует отметить, что для реализации технологического цикла на таком предприятии будет использоваться система замкнутого водоснабжения, которая не требует химической и бактериологической очистки, а только – грубой механической.

Вывод: Необходимо срочно на начальном периоде, в течении 4÷6 лет на основе Государственной программы Украины, строительство вблизи мегаполисов как минимум 10 ÷15 мусороперерабатывающих заводов с безотходной технологией с целью получения углеводородных энергоносителей и полной ликвидации свалок и полигонов ТБО.

Решение данной проблемы позволит повысить энергетическую и экологическую безопасность Украины.

Список литературы

1. Владимиров Ю. Міське сміття – джерело електричної та теплової енергії /Юрій Владимиров: доповіді 2-ї Міжнар. наук.- практ.конф. [«Управління енерговикористанням»], (Львів, 3-6 червня 1997р.)/ М-во освіти України, Державний університет «Львівська політехніка». – Л.: Між.галуз. ін-т підвищення кваліфікації ДУ «ЛП», 1997. – С.134.

2. Пенчук В.О. Технологія поводження з твердими побутовими відходами в місцях їх створення / В.О.Пенчук, В.М. Доценко сб. трудов ХХІ Междунар.научн.-практ.конф. [Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго и ресурсосбережения], (г. Щелкино, АР Крым, 3–7 июня 2013 г.): в 3т. ТЗ./М-во пром. политики ГП Укр.НТЦ «Энергосталь».– Х.: НТМТ, 2013. – С.260-265.

3. Мюррей Р. Цель – Zero Waste /Р. Мюррей; [перев.с англ. Горницкого В.О.]. – М.: ОМНОО «Совет Гринпис», 2004.– 232 с.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКІВ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ ВІД ТРАНЗИТНИХ ПЕРЕТОКІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ

Семенюк Н.В., інженер; Лежнюк П.Д., д.т.н., проф.

*(Відокремлений підрозділ ДП "НЕК "Укренерго" Донбаська ЕС, м. Горлівка, Україна,
Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, Україна)*

Розвиток електроспоживання промислового підприємства передбачає поступове ускладнення системи його електропостачання, яка може включати мережі високих напруг, розподільні мережі, а в ряді випадків і мережі промислових ТЕЦ. Виникає необхідність впроваджувати автоматизацію систем електропостачання промислових підприємств і виробничих процесів, здійснювати в широких масштабах диспетчеризацію процесів виробництва з застосуванням телесигналізації і телекерування і – вести активну роботу по економії електроенергії.

Зважаючи на поступовий процес переходу до балансуєчого ринку в Україні [1], найбільш важливим фактором при виборі енергопостачальника буде ціна на електроенергію. Розглянемо складову технічних втрат, які формуються як при передачі електроенергії своїм споживачам, так і при її транзиті до суміжних розподільних компаній. Хоча існуюча модель енергоринку України дозволяє компенсувати ліцензіатам втрати за рахунок тарифу, у конкурентному середовищі підвищення частки втрат для одного поставника за рахунок включення в них втрат від транзиту потужності до інших є економічно несправедливим. Це підтверджується і міжнародною практикою ціноутворення: прийнята у Російській Федерації "Методика расчета транзитных потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях субъектов оптового рынка электроэнергии" [2] передбачає розрахунок значень технологічних втрат електричної потужності від транзитних перетоків з подальшим використанням їх для фінансових (комерційних) розрахунків за електроенергію та прогнозування балансів електроенергії та потужності.

Розглянута у [3] можливість фізично обґрунтованого підходу до розрахунку втрат потужності від транзитних перетікань за допомогою \mathfrak{R} - матриці економічних вузлових опорів схеми та A - матриці опорів схеми, яка характеризує додаткові втрати активної потужності, викликані неоднорідністю мережі, відкриває нові можливості для забезпечення прозорого та ефективного функціонування електричних мереж. Складові втрат ΔP_{\min} , $\delta P_{\text{дод}}$ від транзиту потужності до кожного з вузлів споживання можуть визначатись не лише для поточних розрахунків, а і на етапі проектування електричної мережі. Для прикладу розглянемо фрагмент мережі 110 кВ (Рис.1) та порахуємо втрати для різних варіантів забезпечення електропостачання деякого промислового підприємства (ПС №6).

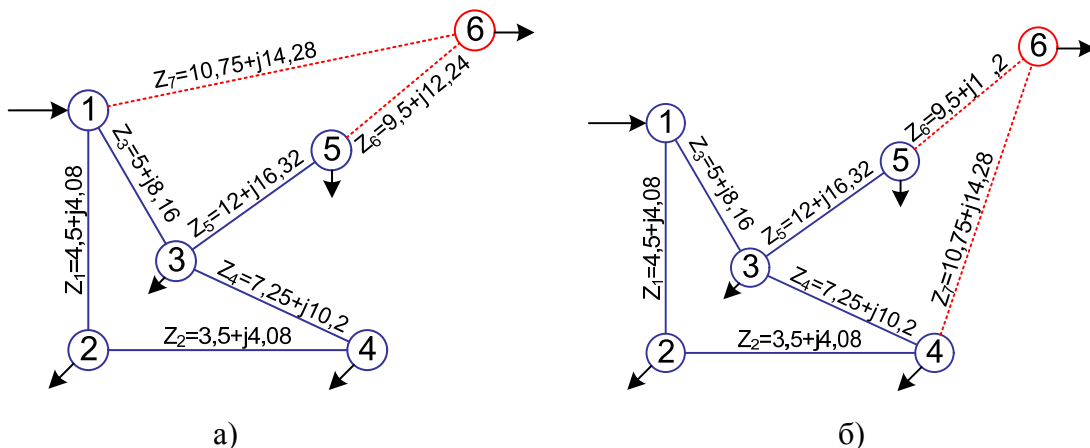


Рисунок 1 – Варіанти схем електропостачання промислового підприємства:

а) під'єднання ПЛ до ПС №1, 5; б) під'єднання ПЛ до ПС № 4, 5.

Для простоти аналізу приймемо, що параметри проєктованих ПЛ для обох варіантів схеми ідентичні. Результати розрахунку зведемо до Таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку втрат, спричинених транзитом потужності до вузлів споживання

№ вузла	Споживання у вузлах, $P+jQ$	І варіант		ІІ варіант	
		ΔP_{\min}	$\delta P_{\text{дод.}}$	ΔP_{\min}	$\delta P_{\text{дод.}}$
2	$30 + j14,53$	0,6421	0,0178	0,4871	0,0116
3	$15 + j7,26$	0,3281	0,0085	0,2408	0,005
4	$10 + j4,84$	0,2804	0,0076	0,1873	0,005
5	$20 + j9,68$	0,962	0,0139	0,6694	0,0045
6	$15 + j7,26$	0,7087	0,0108	0,3886	0,0017
Сумарно	$90 + j43,57$	2,9213	0,0587	1,9733	0,0278

Для наведеної у прикладі схеми можна було б сказати і без додаткових розрахунків, що ІІ варіант приєднання буде більш економічним (сумарні втрати в мережі ΔP_{\min} зменшились на 32,4 %, $\delta P_{\text{дод.}}$ – на 52,6 %), тому що живляча ПЛ безпосередньо під'єднується до шин генерувальної потужності (ПС №1 – балансуєчий вузол). Це усього лиш ще раз підтверджує вірність виконаних розрахунків.

У випадку ж складнозамкненої розгалуженої мережі багатьох рівнів напруги складність подібної задачі зростає в квадратичній залежності від кількості учасників енергообміну. Використання наведеного в [3] підходу дає можливість визначати втрати на транзит потужності до кожного вузла споживання з урахуванням взаємовпливу мереж та режимів роботи мережі. Це якнайліпше може бути використано для гармонійного поєднання фізичної суті процесу виробництва, передачі та споживання електричної енергії і економічних засад функціонування балансуєчого ринку двосторонніх договорів.

Роблячи висновки з отриманих результатів, можна сказати, що у разі поточного використання методики розрахунку технологічних втрат на транзит потужності до споживача з ціллю врахування у фінансових взаєморозрахунках у зручному для господарської діяльності форматі, слід обов'язково виконувати аналіз варіантів підключення споживача до живлячої мережі ще на етапі проєктування та прорахунку основних ремонтних режимів. А запропонована можливість виділення мінімально можливої складової втрат ΔP_{\min} та додаткової складової втрат $\delta P_{\text{дод.}}$, зумовленої неоднорідністю мережі, дасть можливість оцінювання доцільності проведення керувальних впливів для оптимізації режиму мережі за умовою знаходження мінімуму величини $\delta P_{\text{дод.}}$, як на етапі проєктування, так і в поточному режимі.

Перелік посилань

1. Концепції функціонування та розвитку оптового ринку електричної енергії України : Постанова Кабінету Міністрів України від 16.11.2002 р. № 1789 // Офіційний вісник України. – 2002. – № 47 (06.12.2002). – Ст. 2164.

2. Методика расчета транзитных потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях субъектов оптового рынка электроэнергии: постановление ФЭК РФ от 14.12.01 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://www.yug.so-ups.ru/Page.aspx?IdP=272> – Назва з екрана.

3. Лежнюк П.Д. Визначення втрат від адресних транзитних перетоків за даними ОІУК. П.Д. Лежнюк, Л.Р. Пауткіна, Н.В. Семенюк // Матеріали VI міжнародної наук.-техн. конф. "Керування режимами роботи об'єктів електричних та електромеханічних систем – 2013, Донецьк, ДонНТУ, 2013, - С. 163-167.

АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Харитонов О.О., старший преподаватель

(Криворожский национальный университет, г.Кривой Рог, Украина)

Ожидаемое и крайне необходимое для экономики Украины повышение эффективности добычи ПИ связано с острой необходимостью разрешения проблемы обеспечения безопасности эксплуатации электрооборудования и систем электроснабжения горных предприятий вообще и их железорудных слагаемых в частности [1].

Технология ведения горных работ железорудных производств в последние годы характеризовалась: усложнением горно-геологических условий; повышением единичных мощностей горных машин и механизмов; применением горных машин и механизмов с импульсными системами управления их электроприводами; возрастанием частоты перемещений потребителей электроэнергии; лимитированием объёмов электропотребления вызванными ограничением генерирующих мощностей. Всё это вскрыло болевые точки существующих структур и параметров систем электроснабжения железорудных предприятий и определило достаточно одиозное число факторов и обстоятельств, образующих рост числа и причин электротравм горнорабочих [2].

Анализ безопасности электротехнических комплексов и систем горных предприятий за последние 20 лет показывает, что ожидаемый процесс снижения электротравматизма скорее виртуален, чем реален.

По данным Украинского НИИ безопасности труда и экологии в горнорудной и металлургической промышленности (НИИБТГ) электротравматизм на железорудных производствах Украины в период с 1992 по 2003 годы имел те же показатели, что и в горнодобывающей промышленности СССР за период с 1979 по 1989 годы (математические ожидания – 11,2 и 11,0 н.с., дисперсии – 3,4 и 3,14 н.с.), а к 2013 году эти показатели значительно ухудшились – соответственно до 7,1 и 1,65. Это указывает на то, что существующие методы профилактики электротравматизма в горнорудных производствах давно исчерпали свои возможности и реалии сегодняшнего дня диктуют необходимость поиска новых путей повышения электробезопасности и создания соответствующей теоретической базы для современных и далеко не «эталонных» условий железорудных производств.

Решение вопросов повышения электробезопасности в передовых отраслях промышленности в последние десятилетия базировалось на основе комплексно установленных причинно-следственных связей в возникновении электротравматизма в системе «человек – рабочая среда – электроустановка». В железорудном же производстве изучение причинно-следственных связей в рамках такой системы практически не проводилось, а внедрение профилактических мероприятий по снижению электротравматизма происходило бессистемно, в основном, путём использования, а точнее слепого копирования разработок выполняемых для других отраслей. Однако их эффективность в условиях ЖРП производства оказалась существенно сниженной, так как природа, причины, системные взаимосвязи возникновения электротравматизма в других производствах имеют существенные отличия, обусловленные, прежде всего определяющей спецификой технологии ведения горных работ [2].

В соответствии с параграфом 520 ЕПБ в подземных выработках предприятий горнодобывающих отраслей промышленности должно применяться электрооборудование в рудничном нормальном исполнении, изготавливаемое по адресным правилам и маркированное аббревиатурой «РН». Однако даже в немногочисленную номенклатуру разработанных и освоенных в производстве комплексов электрооборудования в РН исполнении так и не вошли устройства защиты от электротравматизма потому, что научно обоснованные требования к ним отсутствуют, и не было соответствующих теоретических основ для их реализации. В связи с этим, в электроустановках горнорудных производств вынуждено используются средства электробезопасности во взрывозащищённом и общепромышленном исполнениях, надёжность работы которых в условиях горнорудных производств заметно снизилась и уже не обеспечивает заданный уровень

электробезопасности [3]. В связи с вышеизложенным, возникает научная задача дальнейшего развития теоретических основ проявления факторов, что формируют электротравмоопасные ситуации и негативные влияния на надёжность электрооборудования и средства электробезопасности в системе «человек – горнорудное производство – электротехнические комплексы» и создания на этой основе новых методов и средств повышения электробезопасности в шахтах и карьерах железорудных производств.

Значительный вклад в решение многоплановой проблемы электробезопасности при эксплуатации электротехнических комплексов на горных работах внесли ученые Айдаров Ф.А., Бухтояров В.Ф., Багаудинов Г.А., Белых Б.П., Бинус М.С., Бунько В.А., Бацежев Ю.Г., Волотковский С.А., Гимоян Г.Г., Голубев В.А., Гладилин Л.В., Дремов В.Н., Дзюбан В.С., Жидков В.О., Иохельсон З.М., Князевский Б.А., Карякин Р.Н., Колосюк В.П., Коптиков В.П., Ковалев П.Ф., Лейбов Р.М., Ликаренко А.Г., Меньшов Б.Г., Мнухин А.Г., Озерной М.И., Обабков В.К., Петров О.А., Пивняк Г.Г., Поляков В.Е., Разгильдеев Г.И., Разумный Ю.Т., Ревякин А.И., Сидоров А.И., Ситчихин Ю.В., Самойлович И.С., Серов В.И., Сирота И.М., Синчук О.Н., Соболев В.Г., Тонкошкур Л.С., Цапенко Е.Ф., Шишкин Н.Ф., Шкрабец Ф.П., Щуцкий В.И., Ягудаев Б.М., Якобс А.И. и другие.

Значительный вклад в решении указанной проблемы внесли научные школы горных ВУЗов Москвы, Днепропетровска, Ленинграда и Екатеринбурга, Магнитогорского и Северокавказского горнометаллургического институтов, Криворожского горнорудного, Киевского, Иркутского, Кемеровского, Челябинского и Донецкого политехнических институтов, а также коллективы научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов ИЭД НАН Украины, УкрНИИВЭ, НИИАчермет, МакНИИ, НИИБТГ, ВостНИИ и др.

Значительно более высокий качественный уровень профилактических мероприятий там, где внедрена система подготовки управляющих решений по профилактике травматизма, которая направлена на формирование управляющего воздействия в виде активной функции - комплекса профилактических мероприятий, а не пассивной - фиксации отклонений от требований нормативных документов.

Говоря об эффективности мероприятий по профилактике электротравматизма следует подчеркнуть, что они наряду с разработкой их при безусловности базирования на основе своевременной и объективной информации о факторах формирующих электротравмоопасные ситуации и исходя из того, что электропоражения являются реализацией случайного процесса, необходима законодательная база их реализации в практику работы предприятий с указанием степени каждого должностного лица за их невыполнение. Разработка же такого качества профилактических мероприятий возможна только в рамках системы подготовки управляющих решений, где действует подсистема автоматизированного учета и анализа электротравматизма, регулярно вскрывающая закономерности формирования электротравмоопасных ситуаций. В связи с отсутствием такой системы в отечественной железорудной промышленности, да и не только в ней, уровень знаний о природе, причинах, системных взаимосвязях и основных закономерностях ее электротравматизма является низким, что не позволило до настоящего времени определить стратегию борьбы с ним и выработать научные пути безопасной и безаварийной эксплуатации электроустановок в шахтах и карьерах горнорудных производств.

Продолжающаяся тенденция ухудшения состояния электробезопасности в горнорудных производствах обусловлено по-прежнему массовым применением и расширением использования средств электробезопасности в общепромышленном и взрывозащищенном исполнениях вместо рудничного нормального исполнения, что есть грубейшим нарушением действующего законодательства по безопасности ведения горных работ в этой отрасли производства.

Таким образом, проведение исследований и разработка реальноосуществимых рекомендаций для повышения электробезопасности в железорудных производствах актуально, своевременно и целесообразно.

Перечень ссылок

1. Расследование и анализ производственного травматизма. Методические указания и рекомендации. ВНИИ охраны труда Л., 1983г. - 31с.
2. Гладилин Л.В. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности / Л.В. Гладилин, В.И. Щуцкий, Ю.Г.Бацежев, Н.И. Чеботаев // М.: Недра – 1997 г. – 327 с.
3. Виноградов В.С. Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий / Под ред. В.С. Виноградова // М.: Недра, 1983 г. – 335 с.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ПРОГРАММИРУЕМЫЕ РЕЛЕ В АВТОМАТИЧЕСКОМ ВВОДЕ РЕЗЕРВА

Эмджали А.М., магистр; Стопник А.Е., магистр; Солёный С.В., к.т.н., доц.
(Донецкий национальный технический университет, м. Донецк, Украина)

Любая система электроснабжения должна двадцать четыре часа в сутки семь дней в году обеспечивать потребителей электроэнергией, т.е. быть бесперебойной. На бесперебойность электроснабжения сильно влияет схема построения сети и возможность резервирования питания. Зачастую для обеспечения бесперебойного электроснабжения используют подключение потребителя к источнику питания двумя линиями или трансформаторами: источники питания работают в раздельном режиме на часть нагрузки потребителя, например, на отдельную секцию шин подстанции; потребитель постоянно запитан от первого источника питания, при этом второй источник питания находится в резерве [1].

Для реализации автоматического подключения к нагрузкам потребителя резервного источника питания в случае потери основного, используется автоматический ввод резерва (АВР). К системам АВР предъявляются следующие требования: должен срабатывать за минимальный промежуток времени после потери основного источника питания; должен срабатывать однократно из-за возможности присутствия не устраненного короткого замыкания в системе электроснабжения; должен быть помехоустойчивым – не срабатывать от просадки напряжения при запуске электродвигателей и др.

Принципиальные схемы АВР, являются разветвленными, сложными и труднореализуемыми элементами схем релейной защиты системы электроснабжения. В последнее время большинство современных компаний по производству электрооборудования предлагает комплексный подход в построении АВР на базе интеллектуально-программируемых реле. В данной сфере выделяется фирма Schneider Electric т.к. предлагает готовую к непосредственной установке систему АВР с использованием реле Zelio Logic (рис. 1) [3].

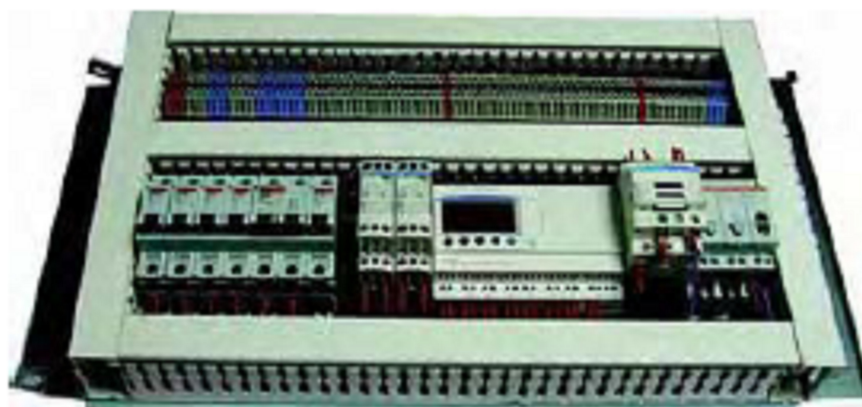


Рисунок 1 – Блок управления АВР для схемы два ввода на общую систему шин

Предлагаемый подход построения схем АВР даст возможность обеспечить надежное, многофункциональное, соответствующие всем нормам и недорогое бесперебойное электроснабжение, практически любого объекта.

Список литературы

1. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Высшая Школа, 1969 г. – 510 с.
2. Библиотека проектных решений Schneider Electric. Типовые схемы АВР с применением интеллектуально-программируемого реле Zelio Logic. июнь 2008 г. – 98 с.

ВИБІР МЕТОДУ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Находов В.Ф., к.т.н., доц.; Бориченко О.В., к.т.н., доц.; Іванько Д.О., аспірант
(Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"
м. Київ, Україна)

Сучасні ринково-економічні відносини вимагають зменшення собівартості продукції вітчизняних промислових підприємств та підвищення їх конкурентоспроможності. Досягнення цієї мети не можливе без підвищення рівня ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) на всіх рівнях суспільного виробництва.

На сьогодні для практичного вирішення цієї задачі у багатьох економічно розвинених країнах світу, на промислових і комерційних об'єктах були запроваджені системи енергетичного менеджменту, які виконують функції управління енерговикористанням. До складу кожної з таких систем обов'язково входить підсистема оперативного контролю і планування енергоспоживання, яка складається з численних систем контролю і планування енергоспоживання (систем КіП).

В системах КіП рівень ефективності використання палива чи енергії на будь-якому виробничому об'єкті визначається шляхом порівняння фактичних обсягів споживання відповідного енергоресурсу з так званим «стандартом» енергоспоживання. При цьому в якості «стандарту» енергоспоживання використовують певну математичну модель, споживання палива або енергії, побудовану для даного виробничого об'єкту в залежності від одного або кількох чинників, що суттєво впливають на величину витрати енергоресурсу.

Отже коректне вирішення питань, якими мають бути математичні моделі, що використовуються для встановлення «стандартів» споживання палива чи енергії на кожному конкретному виробничому об'єкті, якими методами необхідно будувати такі моделі, є принципово важливим при побудові та подальшому функціонуванні КіП.

На сьогоднішній день існує багато методів побудови лінійних та нелінійних однофакторних та багатофакторних математичних моделей, які дозволяють враховувати вплив численних чинників на зміну обсягів споживання ПЕР виробничими об'єктами. На відміну від досить простих математичних моделей, які застосовуються в традиційних системах КіП (лінійна однофакторна або багатофакторна регресія), використання більш складних методів математичного моделювання дозволяє підвищити точність математичної моделі, а також врахувати нелінійний характер впливу багатьох чинників на енергоспоживання.

Авторами даної роботи розглянуто кілька різних методів математичного моделювання для встановлення «стандарту» енергоспоживання одного з реальних технологічних об'єктів, зокрема: побудова та подальше об'єднання однофакторних математичних моделей різного типу окремо за кожним з чинників, що впливають на енергоспоживання (лінійна регресія, експоненціальна залежність, поліноми 1...5 порядків, періодичні функції); застосування методів побудови рівнянь багатофакторної лінійної і нелінійної регресії у вигляді простого поліному та поліному з використання специфічних функцій; використання алгоритмів групового урахування аргументів МГУА; а також моделювання енергоспоживання шляхом побудови радіальної базисної нейронної мережі (Generalized Regression Neural Network) [1].

На практиці існує досить широкий набір критеріїв, які дозволяють зробити висновок про адекватність тієї чи іншої математичної моделі в залежності від поставленої мети моделювання, серед яких найбільш відомими є: залишкова дисперсія, коефіцієнт детермінації, середня похибка апроксимації, інформаційний критерій Акаїке, критерій Шварца, критерій Фішера, критерій що визначається на основі теорії Вапніка-Червоненкіса, критерій регулярності, критерій мінімуму зсуву, критерій absolute noise-immune, критерій

прогнозувальної здатності тощо [2]. Однак при цьому слід звернути увагу на те, що деякі з цих критеріїв фактично дублюють один одного, тому до їх вибору необхідно ставитися уважно, щоб уникнути зайвих розрахунків. Склад критеріїв повинен обиратися з урахуванням вимог до математичних моделей, які будуть використані для встановлення «стандартів» енергоспоживання.

Результати проведених авторами досліджень свідчать про те що використання окремо кожного з зазначених критеріїв може призводити до прийняття неузгоджених рішень щодо вибору найбільш адекватної математичної моделі [1]. Цей факт доводить, що вибір найкращого методу побудови математичних моделей енергоспоживання конкретних виробничих об'єктів повинен здійснюватися одночасно за кількома критеріями, тобто являє собою багатокритеріальну задачу. Необхідність застосування такого підходу до вибору математичних моделей і методів їх побудови підтверджують також висновки, зроблені багатьма іншими дослідниками, зокрема [2].

Слід зазначити, що наведені вище критерії за своїм змістом є кількісними показниками і характеризують математичні моделі дещо однобічно, переважно відображаючи їх адекватність відповідним процесам. Тому для більш повної оцінки моделей, крім описаних вище критеріїв адекватності, доцільно враховувати також деякі «якісні» критерії, які пов'язані з іншими властивостями моделей, що розглядаються. При цьому під іншими властивостями моделі будемо розуміти сукупність деяких її додаткових характеристик (крім показників адекватності), які повинні задовольняти певним вимогам дослідника. Наприклад, у якості таких додаткових характеристик можуть розглядатися витрати різних ресурсів на побудову відповідної математичної моделі. До них можна віднести витрати часу, фінансові витрати на побудову моделі тощо. При виборі «якісних» критеріїв дослідник може сам вирішувати, які саме додаткові характеристики моделі потрібно враховувати або врахувати думки з цього приводу інших фахівців. В останньому випадку для визначення складу та числових значень «якісних» критеріїв вибору моделей доцільно застосовувати методи експертного опитування та нечіткої логіки.

Одним з відомих підходів до вирішення задачі вибору математичної моделі за кількома критеріями є обчислення для кожної з моделей зваженої суми числових значень критеріїв з подальшим вирішенням задачі стандартним однокритеріальним порівнянням. Обчислення зваженої суми всіх критеріїв може здійснюватись різними відомими методами в рамках теорії «багатокритеріальної корисності» [3]. Однак, при використанні будь-якого з таких методів виникає проблема вибору вагових коефіцієнтів, значення яких суттєво впливають на вибір методу математичного моделювання. Питання вибору вагових коефіцієнтів залишається не вирішеним. До того ж необхідно звернути увагу, що застосування відомих методів визначення вагових коефіцієнтів у випадку великої кількості критеріїв значно ускладнює розрахунки.

Авторами даної роботи запропоновано замість обчислення зваженої суми декількох критеріїв застосувати DEA аналіз (Data Envelopment Analysis), який в вітчизняних публікаціях носить назву «аналіз середовища функціонування». Даний підхід позбавлений багатьох недоліків методів, що використовуються в рамках теорії «багатокритеріальної корисності», та дозволяє здійснювати обґрунтований вибір найбільш доцільного методу математичного моделювання енергоспоживання одночасно за багатьма критеріями.

Перелік посилань

1. Вибір методів математичного моделювання процесів енергоспоживання в системах оперативного контролю енергоефективності/ Находов В. Ф., Іванько Д.О., Головка А.В.// доповідь на аспірантських читаннях пам'яті д.т.н., проф. А.В. Праховника. – 2013. – 10с.
2. Лекции по методам оценивания и выбора моделей/К. В. Воронцов//Режим доступа: <http://www.MachineLearning.ru> – 2010 – 28 с.
3. Методы принятия решений / И. Г. Черноруцкий – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416с.

ФОРМИРОВАНИЕ УЗЛОВ НАГРУЗКИ ПРИ СИНТЕЗЕ СТРУКТУРЫ ЦЭС СОДЕРЖАЩЕЙ ЭЛЕКТРОПРИЁМНИКИ С ФУНКЦИЕЙ РЕКУПЕРАЦИИ

Федоша Д.В., ассистент

(Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина)

В работе [1] предложена процедура формирования промежуточных узлов нагрузки (ПУН) при синтезе структуры цеховой электрической сети (ЦЭС) радиальной топологии с однонаправленным потоком передачи электроэнергии (ЭЭ).

Наличие в составе цеховых потребителей (ПЭ) ЭЭ приемников с функцией рекуперации ЭЭ (ЭПР) в питающую сеть приводит к возникновению сложных процессов энергообмена между ПЭ подключёнными к одному и тому же ПУН, и соответствующему изменению величины потерь в этом участке ЦЭС.

На рис. 1 показан энергообмен в участке ЦЭС, содержащий два ЭПР (П3 и П7) работающих в режиме потребления (рис. 1а) и рекуперации ЭЭ (рис 1б) и соответствующие этому перетоки мощности в питающей сети. Во втором случае П3 и П7 выступают в роли источников ЭЭ, расчетная мощность рекуperiруемой ЭЭ которых ($P_{П3}^P, P_{П7}^P$) определяется параметрами технологического процесса.

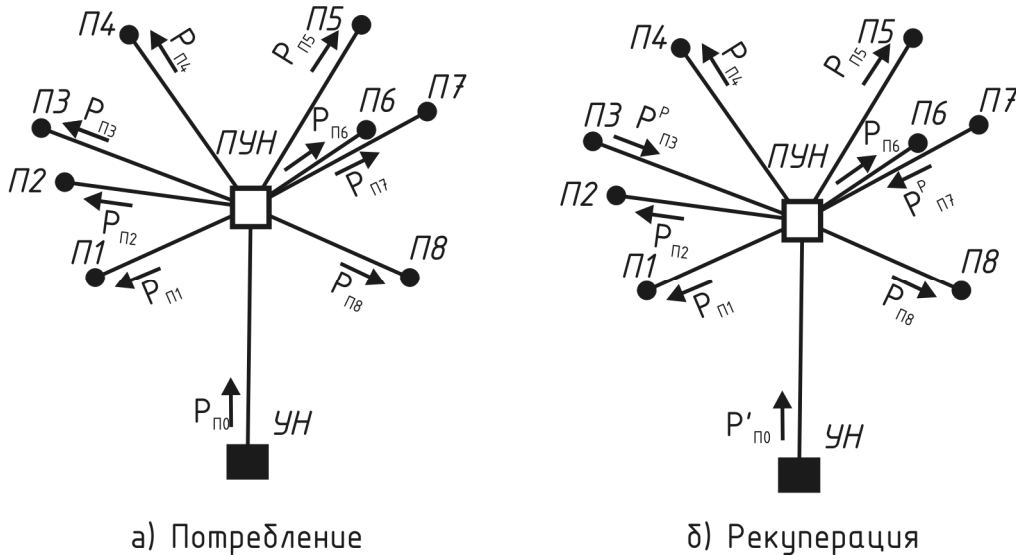


Рисунок 1 – Энергообмен в участке ЦЭС в режимах потребление и рекуперация

При этом направление потоков энергии в питающих участках сети ПУН-П3 и ПУН-П7 меняется на противоположное и эта энергия потребляется другими ПЭ этой группы. В результате величина мощности передаваемой по участку ПУН-УН ($P_{П0}$) снизится на величину рекуperiруемой ЭЭ (до значения $P'_{П0}$), что приведет к снижению величины потерь ЭЭ в данном участке ЦЭС. А величина потерь ЭЭ в линиях УН-ЭПР увеличится, за счет передачи по ним рекуperiруемой ЭЭ значение которой может достигать 50 % [2].

Величина ЭЭ (W'_Σ) необходимая для питания ПУН будет равна сумме ЭЭ потребляемых ПЭ с учетом потерь в питающих их линиях и величины потерь ЭЭ в питающей ПУН линии за вычетом суммы рекуperiруемой ЭЭ с учетом потерь возникающих при ее передаче от ЭПР и определяется выражением (1).

$$W'_\Sigma = \sum_{i \in np} (W_{Пi} + \Delta W_{Пi}) + \Delta W'_{П0} - \sum_{j \in nr} (W_{Пj}^P - \Delta W_{Пj}^P), \quad (1)$$

где nr – список ПЭ подключенных к ПУН; $W_{\Pi i}$ – величина ЭЭ потребляемой i -м ПЭ; $\Delta W_{\Pi i}$ – величина потерь ЭЭ в линиях питающих i -м ПЭ от ПУН для случая однонаправленного потока передачи ЭЭ; $\Delta W'_{\Pi 0}$ – величина потерь ЭЭ в линии УН-ПУН с учетом изменения процессов энергообмена в режиме рекуперации; nr – список ЭПР подключенных к ПУН ($nr \in nr$); $W_{\Pi j}^P$ – величина ЭЭ рекуперированной j -м ЭПР; $\Delta W_{\Pi j}^P$ – величина потерь ЭЭ в линии возникающих при передаче ЭЭ рекуперированной j -м ЭПР.

Поскольку мощность, передаваемая по участку ПУН-УН снизится на величину мощности рекуперированной ЭЭ, то величина потерь ЭЭ в линии УН-ПУН с учетом изменения процессов энергообмена в данном участке ЦЭС ($\Delta W'_{\Pi 0}$) будет меньше на величину пропорциональную рекуперированной ЭЭ и ее значение может быть найдено как

$$\Delta W'_{\Pi 0} = \Delta W_{\Pi 0} \cdot \left(I - \frac{\sum_{j \in nr} (W_{\Pi j}^P - \Delta W_{\Pi j}^P)}{\sum_{i \in nr} (W_{\Pi i} + \Delta W_{\Pi i})} \right), \quad (2)$$

где $\Delta W_{\Pi 0}$ – величина потерь ЭЭ в линии УН-ПУН для случая однонаправленного потока передачи ЭЭ.

Аналогично может быть найдена и величина потерь ЭЭ $\Delta W_{\Pi j}^P$ в линии присоединяющей j -й ЭПР к ПУН возникающих при передаче рекуперированной ЭЭ

$$\Delta W_{\Pi j}^P = \frac{\Delta W_{\Pi j}}{W_{\Pi j}} \cdot W_{\Pi j}^P. \quad (3)$$

Учитывая, что $nr \in nr$, согласно выражению (1), выражение для определения величины потерь ЭЭ, потребляемой от УН, в участке ЦЭС с ПУН содержащем ЭПР будет иметь следующий вид

$$\Delta W = \sum_{i \in nr} \Delta W_{\Pi i} - \sum_{i \in nr} \frac{\Delta W_{\Pi i}}{W_{\Pi i}} \cdot \sum_{j \in nr} \left(W_{\Pi j}^P \cdot \left(I - \frac{\Delta W_{\Pi j}}{W_{\Pi j}} \right) \right) + \Delta W_{\Pi 0} \cdot \left(I - \frac{\sum_{j \in nr} \left(W_{\Pi j}^P \cdot \left(I - \frac{\Delta W_{\Pi j}}{W_{\Pi j}} \right) \right)}{\sum_{i \in nr} (W_{\Pi i} + \Delta W_{\Pi i})} \right). \quad (4)$$

Полученное выражение (4) может быть использовано в методе формирования структуры систем цехового электроснабжения радиальной топологии [1] содержащей электроприёмники с функцией рекуперации.

Перечень ссылок

1. Формирование узлов нагрузки при синтезе структуры ЦЭС радиальной топологии / А.П. Заболотный, Д.В.Федоса, А.М. Меньков, В.С. Мамбаева // Наукові праці донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка і енергетика» – 2013. - №1(14). – С. 96-99.
2. Савич С.П. Сравнение экономической эффективности альтернативных электроприводов в нестационарных режимах // Електротехнічні та комп'ютерні системи – 2012. – № 07 (83). – С. 13-17.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕНЕРГОБЛОКУ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Чупирь В.П., магістр; Демченко Г.В., к.т.н., доц.; Сольоний С.В., к.т.н., доц.
(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)

У результаті аварії на атомній електростанції (АЕС) може загинути більше людей, ніж при вибуху атомної бомби. Наслідки у фінансовому відношенні можуть також бути катастрофічними.

Аварія в 1986 р. На Чорнобильській АЕС коштувала колишньому Радянському Союзу в три з гаком рази більше, ніж сумарний економічний ефект, накопичений в результаті роботи всіх радянських АЕС, які експлуатувалися в 1954-1990 рр.

Відомо, що 28 березня 1979 р. о 4 годині ранку за місцевим часом на американській АЕС «Три-Майл-Айленд» на реакторі PWR (легководяний реактор з водою під тиском) потужністю 885 МВт енергоблоку № 2 сталася аварія. У результаті аварії була розплавлена верхня частина активної зони реактора, після чого відновлення його стало недоцільним. Загальний збиток від аварії склав 1,86 млрд. дол [1].

У Україні у даний час працює 13 енергоблоків з реакторами типу ВВЕР встановленою потужністю 11,8 ГВт. Більшість блоків ВВЕР знаходяться в експлуатації більше 15 років (проектний термін служби 30 років). Значна частина електротехнічного та теплотехнічного обладнання АЕС (2000-5000 одиниць) вимагає заміни або модернізації внаслідок того, що закінчується термін їх експлуатації [2].

Тому наукові розробки пов'язані із розробкою та створенням енергоблоків АЕС, у яких за рахунок нових конструктивних елементів та їхніх зв'язків забезпечується резервування головного обладнання, буде сприяти безаварійній роботі та призведе до підвищення безпеки, надійності і ефективності роботи енергоблоків АЕС.

На рис. 1 наведено блок-схему енергоблоку АЕС, який може задовольнити поставленій задачі [3].

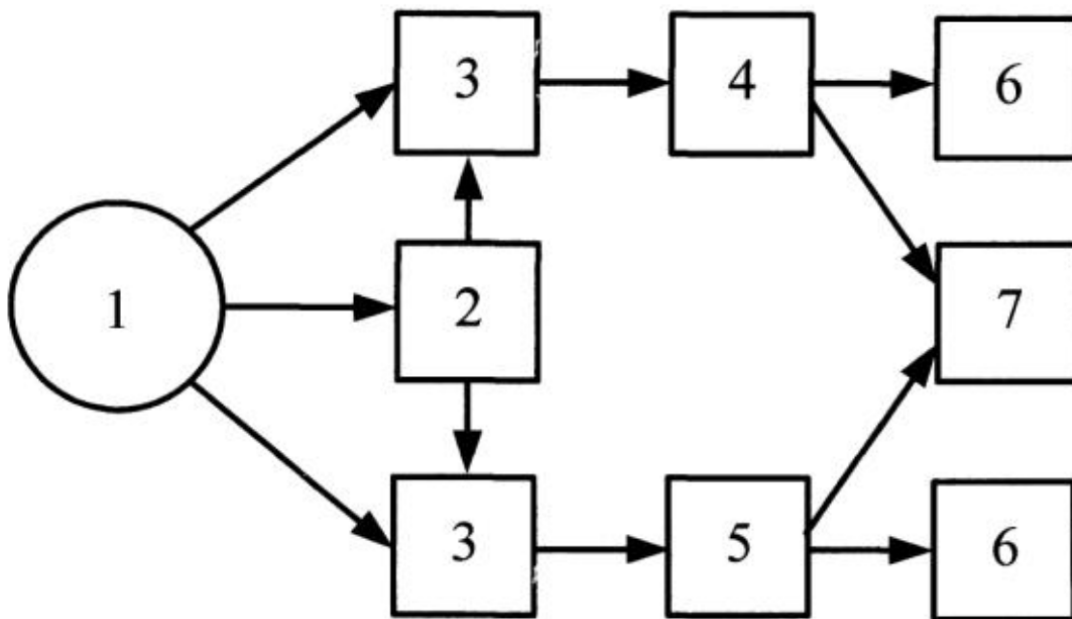


Рисунок 1 – Блок-схема енергоблоку АЕС: 1 – ядерний реактор із основними паропроводами; 2 – резервний паропровід і з'єднана з ним система розподілу пари із двома резервними паропроводами; 3 – парові турбіни; 4 – синхронний турбогенератор; 5 – асинхронізований турбогенератор; 6 – основні блокові трансформатори; 7 – резервний блоковий трансформатор

Енергоблок АЕС (рис. 1) працює у такий спосіб.

Пара від основних паропроводів ядерного реактора 1 подається в парові турбіни 3, які призводять до обертання синхронний 4 і асинхронізований 5 турбогенератори, які виробляють електроенергію, яка через основні блокові трансформатори 6 передається до регіонів її споживання по лініях електропередачі високої та надвисокої напруги.

Синхронний турбогенератор енергоблоку 4 працює у базовому режимі з номінальним коефіцієнтом потужності, а асинхронізований турбогенератор 5 – з коефіцієнтом потужності, який забезпечує підтримку номінального базового режиму синхронного турбогенератора 4, це дозволяє підтримувати високий коефіцієнт використання встановленої потужності енергоблоку АЕС і коефіцієнти готовності обох турбогенераторів.

При виході з ладу обох або одного з основних паропроводів ядерного реактора 1, пара почне подаватися в парові турбіни 3, через резервний паропровід і з'єднану з ним систему розподілу пари із двома резервними паропроводами 2, забезпечуючи безперебійну роботу енергоблоку АЕС до закінчення ремонтних робіт основних паропроводів ядерного реактора 1.

Порушення в роботі одного або двох основних блокових трансформаторів 6 приведе до введення в роботу резервного блокового трансформатора 7, забезпечуючи безперервну передачу електроенергії в регіони її споживання до відновлення основних блокових трансформаторів 6.

Запропонований енергоблок АЕС за рахунок резервних систем паропроводів і резервного блокового трансформатора дозволяє забезпечити необхідний рівень безпеки, надійності й техніко-економічних показників експлуатації енергоблоку АЕС.

Перелік посилань

1. Новиков И.И., Кружилин Г.Н. Уроки аварии реактора PWR на АЭС Три-Майл-Айленд в США в 1979 г. – Электрические станции, 1999, № 6, с. 29-35.
2. Концепція державної енергетичної політики України на період до 2020 року. Центр Розумкова. Національна безпека і оборона, 2001. – № 2, с. 2-33.
3. Патент на Корисну модель № 60093 Україна, МПК(2011.01) H02J 3/00, H02J 3/38. Енергоблок атомної електростанції /Сольона О.Я., Ковальов О.П., Заболотний І.П., Демченко Г.В.; власник ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». – № u201013840; заявл. 22.11.10; опубл. 10.06.11, Бюл. № 11.

УДК 614.84

ТЕПЛОВІЗІЙНИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ПРОТИПОЖЕЖНОМУ ОБСТЕЖЕННІ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Улітко О.С., магістр¹; Нагорный М.А., к.т.н., с.н.с.²; Сольоний С.В., к.т.н., доц.¹

(¹Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна; ²Украинский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт взрывозащитного и рудничного электрооборудования с опытно- экспериментальным производством, г. Донецк, Украина)

Внаслідок пожеж у 2012 р. в Україні загинуло 2751 чоловік, у тому числі 87 дітей, 1682 чоловік одержали травми, з них 143 дитини. У середньому щодня виникало 214 пожеж (у 2011 р. – 167 пожеж), внаслідок яких гинуло 8 та одержувало травми 5 людей. Вогнем знищувалося або пошкоджувалося 75 будинків та 10 одиниць техніки. Щоденні матеріальні втрати від пожеж становили близько 10 млн. 60 тис. грн. (на 2 млн. 617 тис. грн. більше, ніж у 2011 р.). Кожною пожежею державі наносився прямий збиток на суму близько 12 тис. грн. [1].

У 2012 р. основними причинами виникнення пожеж було: необережне поводження з вогнем (45161 пожежа – 63,2 %), порушення правил пожежної безпеки (ПБ) при пристрої та експлуатації електроустановок (13221 пожежа – 18,5 %), порушення правил ПБ при пристрої та експлуатації печей, агрегатів, які генерують тепло та установок (5525 пожеж – 7,7 %) [2].

Аналізуючи статистичні дані [1, 2], можна відзначити, що найбільше пожеж, матеріального збитку та людських жертв відбувається по двох причинах: необережне поводження із вогнем та порушення правил ПБ при пристрої та експлуатації електроустановок.

Показник порушення правил ПБ при пристрої та експлуатації електроустановок містить у собі наступні ушкодження низьковольтної електричної мережі напругою до 1 кВ (НЕМ): коротке замикання, електричне іскріння або монотонні зміни перехідного опору контактів, перевантаження, витоки струму на землю, перенапруги та інші узагальнені причини, які носять важко-визначний характер (займання пилю, який осідає на ізоляції та елементах конструкції НЕМ, яка працює у аварійному режимі і ін.).

Таким чином задачі пов'язані із своєчасним виявленням можливих місць займання ізоляційних матеріалів НЕМ є важливим і актуальними, тому що вони дозволяють запобігти та зменшити кількість потенційно можливих пожеж і, як наслідок уникнути людських жертв та значних матеріальних втрат.

На сьогоднішній день у Україні та країнах СНД не існує ефективних профілактичних протипожежних методів визначення температури НЕМ, однак можна взяти на озброєння методи тепловізійного контролю об'єктів електроенергетики, які затверджені на законодавчому рівні [3].

На жаль у Україні відсутня нормативно-правова база для використання тепловізійної техніки при пожежній профілактиці об'єктів, однак у 2005 р. Інститутом електрофізики та радіаційних технологій НАН України була розроблена методика визначення температури електропроводки та обладнання при проведенні досліджень на протипожежну безпеку Змієвської ТЕС. У результаті випробувань запропонованої методики підтвердилася необхідність створення відповідних нормативних документів, які дозволять застосування методів тепловізійного контролю електрообладнання [4].

Підводячи підсумки можна відзначити, що використання методів тепловізійного контролю для оцінки пожежного стану НЕМ під час їхньої експлуатації, є ефективним, швидкодіючим, безконтактним, наочним та безпечним для персоналу способом. Даний метод має перспективу до подальшого розвитку та удосконалювання тому що дозволяє оперативно виявляти підозрілі зони, порушення ізоляції НЕМ де температура вище встановленої та можливе займання.

Перелік посилань

1. Официальный сайт Центра пожарной статистики при Международной ассоциации по предотвращению и тушению пожаров (CTIF, International association of fire and rescue service): <http://www.ctif.org/ctif/>. [Электронный ресурс] / Раздел Projects & Documents / Statistics / N.N. Bruschlinsky, J.R. Hall, S.V. Sokolov, I.P. Wagner: World fire statistics – Report № 17 Center of fire statistics of CTIF, 2012. – 64 p., режим доступа к ссылке: http://www.ctif.org/ctif/IMG/pdf/CTIF_report17_world_fire_statistics_2012.pdf.

2. Офіційний інформаційний сервер ГУ МНС України. Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків чорнобильської катастрофи: <http://www.mns.gov.ua>. [Електронний ресурс] / Розділ Оперативна інформація / Національна доповідь / Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році, режим доступу до посилання: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopovid2012.html>.

3. РД 153-34.0-20.363-99. Методика инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ.

4. Клепиков В.Ф. Применение метода тепловизионного контроля при противопожарном обследовании оборудования тепловых электростанций / В.Ф. Клепиков, Е.М. Прохоренко, А.М. Баранов, А.И. Морозов // Проблемы пожарной безопасности // Сб. научн. трудов. Вып. 29. – Харьков, 2011. – С. 75-83.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТУРБОКОМПРЕССОРА ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Лоскутов Р.И., магистр; Василец С.В., к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г.Донецк, Украина)

При производстве чугуна и стали (конвертерное производство стали, электросталеплавильное производство и кислородное дутье в доменных печах) широко используется сжатый кислород, получают который с помощью воздуходелительной установки (ВРУ). Она включает оборудование для сжатия и очистки атмосферного воздуха, его охлаждения до криогенных температур, разделения методом ректификации, нагрева полученных продуктов, их компремирования и перекачки [1]. В частности, на Донецком электрометаллургическом заводе в кислородно-компрессорном цеху используются 4 турбокомпрессорные установки производительностью по 750 м³/мин и давлением - 5,6 бар (изб.), каждая из которых оборудована асинхронными электродвигателями (ЭД) ($U_n=6$ кВ, $P_n=4$ МВт). Режим работы ВРУ характеризуется изменяющимся потреблением пневмоэнергии, что изменяет нагрузку турбокомпрессорной установки и может привести к недопустимым колебаниям давления в сети [2]. В настоящее время регулирование работы турбокомпрессора осуществляется дросселированием, что сужает диапазон регулирования давления и является экономически невыгодным [3;4]. В связи с этим актуальной представляется задача повышения эффективности работы турбокомпрессора за счет внедрения автоматического частотного регулирования работы приводного двигателя.

Структура предлагаемого контура автоматического регулирования работы турбокомпрессора, оснащенной ПЧ (рис.1), включает в себя модуль управления (МУ), преобразователь частоты (ПЧ), двигатель, компрессор, датчики давления и частоты вращения двигателя.

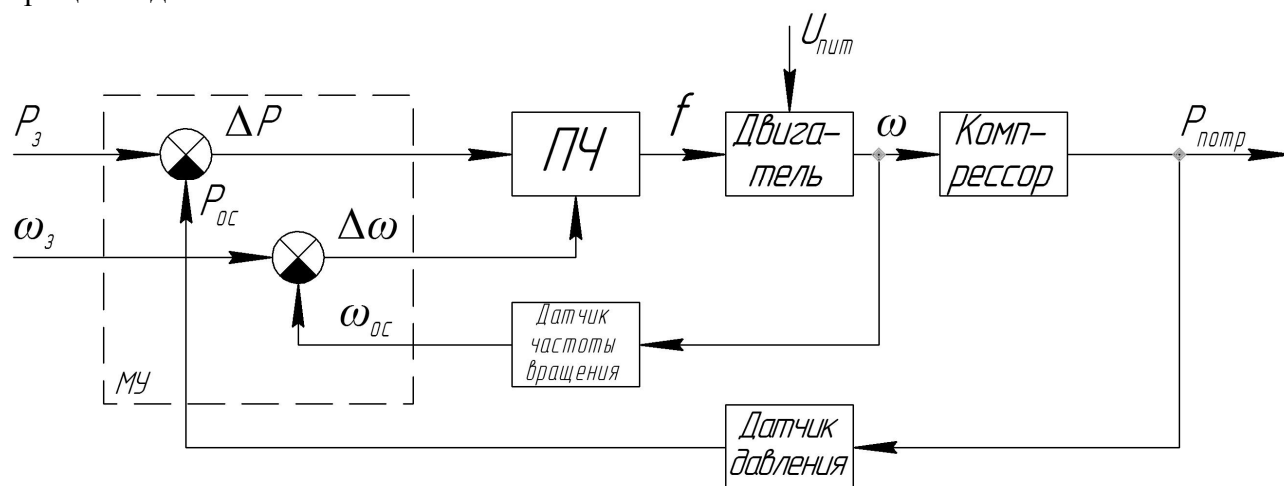


Рисунок 1 – Структурная схема системы автоматического регулирования
производительности турбокомпрессорной установки

Фактическое давление воздуха в пневматической сети $P_{номр}$ измеряется датчиком давления (сигнал P_{oc}) на выходе компрессора и сравнивается с сигналом задания P_3 . При возникновении рассогласования ΔP МУ формирует сигнал управления ПЧ, который корректирует частоту вращения ЭД турбокомпрессора. Фактическая частота вращения двигателя ω измеряется тахогенератором, выходной сигнал которого ω_{oc} сравнивается с задающим сигналом ω_3 . Сигнал рассогласования поступает на регулятор частоты вращения

электродвигателя, который формирует сигнал на увеличение или уменьшение частоты вращения приводного ЭД турбокомпрессора.

Структура турбокомпрессора с автоматическим частотным регулированием двигателя, предполагает наличие (рис. 2) датчиков давления 1, 2 в расходной сети и на выходе компрессора, датчиков температуры двигателя 3, подшипников 4 и масла 5, датчика уровня масла 6, давления масла 7 и частоты вращения электродвигателя 8.

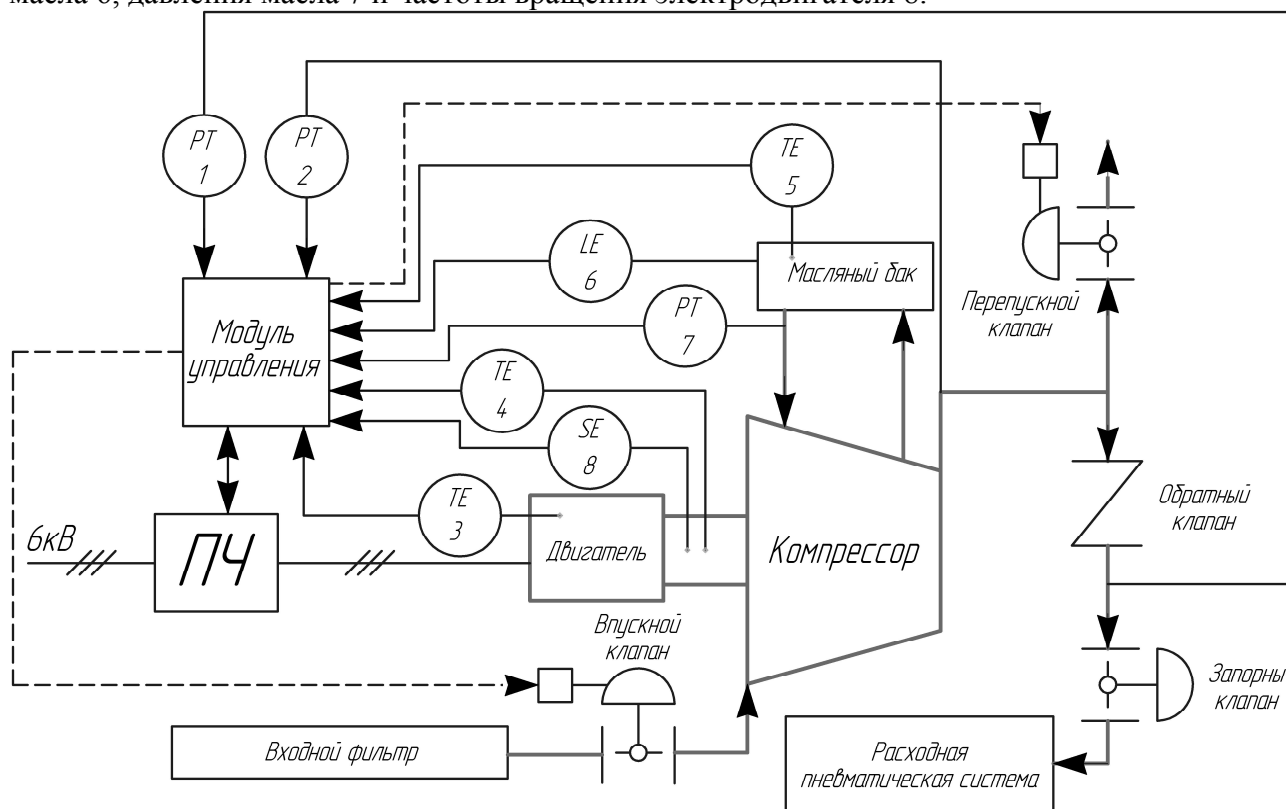


Рисунок 2 - Структура турбокомпрессора с автоматическим частотным регулированием двигателя

В качестве преобразователя частоты может быть использован высоковольтный преобразователь фирмы RockwellAutomation (Allen-Bradley) - PowerFlex7000 [5].

Внедрение такой системы позволит повысить эффективность работы ВРУ за счет стабилизации выходного давления сжатого воздуха и экономии энергоресурсов. В ходе дальнейших исследований целесообразно осуществить моделирование работы установки и обосновать структуру и параметры устройства управления.

Перечень ссылок

1. Получение кислорода / Д.Л.Глизманенко. - 5-е изд. - М.: Химия, 1972. - 752с.
2. И.Г.Хисамаев, В.А.Максимов, Г.С.Баткис, Я.З.Гузельбаев. Проектирование и эксплуатация промышленных центробежных компрессоров. – Казань: Изд-во «ФЭН», 2010. – 671с..
3. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Энергоатомиздат. 1984. — 416 с..
4. Турбокомпрессоры: Учеб. пособие / Ю. Б. Галеркин, Л. И. Козаченко. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 374 с..
5. Каталог частотных преобразователей фирмы Rockwell Automation (Allen-Bradley) [Офиц. сайт]. – Режим доступа: <http://controller.tdia.ru/vvppt.shtml>

CAPTEUR PORTÉ POUR ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DES MOUVEMENTS DE L'ÊTRE HUMAIN

Крещак Р.И., магистр; Мельник А.А., старший преподаватель
(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)

Un facteur important dans l'évaluation de la qualité de vie des personnes à mobilité réduite est une évaluation quantitative de leur activité physique quotidienne [1]. Les systèmes de santé occidentaux constatent une augmentation des maladies chroniques causées par l'augmentation de l'âge moyen de la population [2] et il est probable que cette tendance se poursuivra à l'avenir. La mesure fiable de l'activité physique dans la vie quotidienne permettrait une meilleure évaluation des activités de la vie quotidienne et les effets de nombreuses conditions médicales et les traitements. L'enregistrement en continu de 24 h de la posture et du mouvement peut également être utile dans l'évaluation du comportement [3]. Cela engendre d'intérêt croissant pour l'utilisation de mesures directes et indirectes des paramètres des activités de la vie quotidienne. Parmi ceux-ci on remarque l'observation, le questionnement, l'enregistrement la fréquence cardiaque et le capture de mouvement. Cette dernière solution est plus adaptée à l'évaluation de l'activité physique quotidienne en utilisant les capteurs portés.

L'objectif de cet article est d'étudier la dynamique des mouvements de l'être humain et l'évaluation des performances du système de mesure basé sur un seul capteur inertiel microélectromécanique placé sur le torse.

Les sujets testés étaient équipés par prototype du système qui comprend un capteur cinématique attachés à leur torse et un enregistreur portable (le microcontrôleur avec SD carte), situé à la taille. Le capteur cinématique possède 6 degrés de liberté et il est composée d'un gyromètre miniature (le capteur LPR530AL pour roulis et tangage et le capteur LY530ALH pour lacet) et accéléromètre miniature (ADXL335 à trois axes) (fig.1a). Le gyromètre mesure la vitesse angulaire du torse dans les plans sagittal (g_s), coronal (g_c) et transversal (g_t) respectivement. L'accéléromètre, il mesure l'accélération du torse dans le sens vertical (a_v), frontale (a_f) et transversal (a_t) du torse respectivement (fig.1b). On utilise un fil de diamètre de 0.07mm^2 du type MGTF pour connecter le capteur au collecteur des données. Ceci faire possible de créer un ensemble souple de fils de petit diamètre. Les fils sont soudés vers sorties correspondantes du capteur et sont fixés à l'aide du colle thermofusible (pendant le montage la température du colle ne dépasse pas les limites de température de fonctionnement maximale admissible du capteur). Cette approche permet d'augmenter l'aptitude du système de surveillance de l'activité physique à long terme, et en fait n'influence pas essentiellement l'activité des sujets testés.

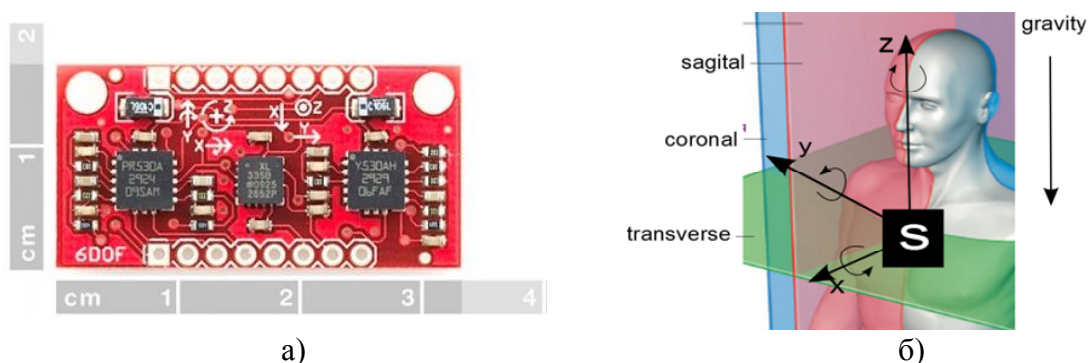


Figure 1 – Capteur inertiel 6 axes (a) et sa fixation sur le torse (b).

Le passage SiSt (de la position assise « sitting » à la position debout « standing ») et StSi avec une pause prolongée est illustré dans la fig.2. Deux colonnes de données temporelles présentent l'accélération et vitesse du torse de l'être humaine. Ces transitions posturales peuvent être détectées à base de la variation de l'inclinaison du tronc dans le plan sagittal (Θ_s) qui a été calculé à partir de l'intégral du signal de gyroscope (fig. 3) [4].

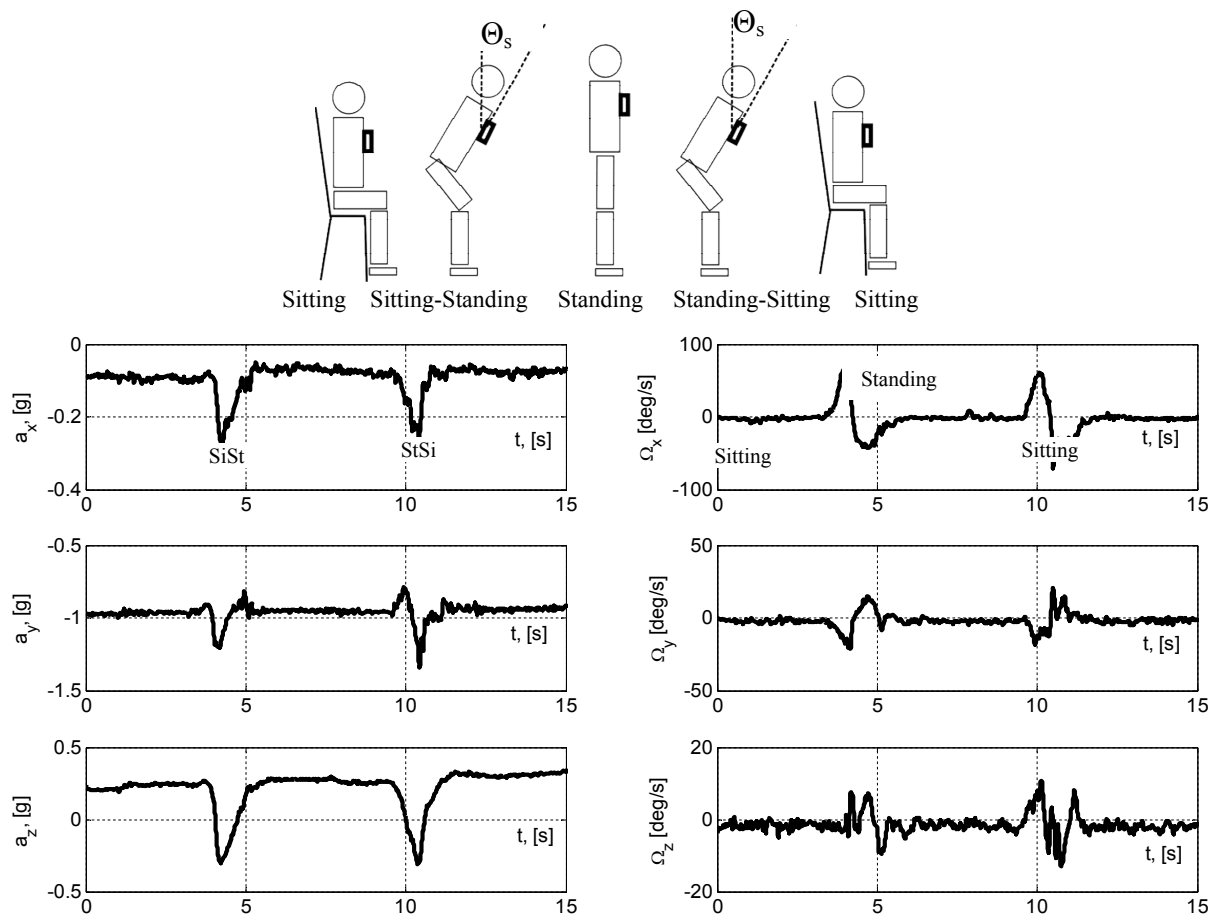


Figure2 –Accélération et vitesse du torse de l'êtr humain pendant lepassage Si-St-Si

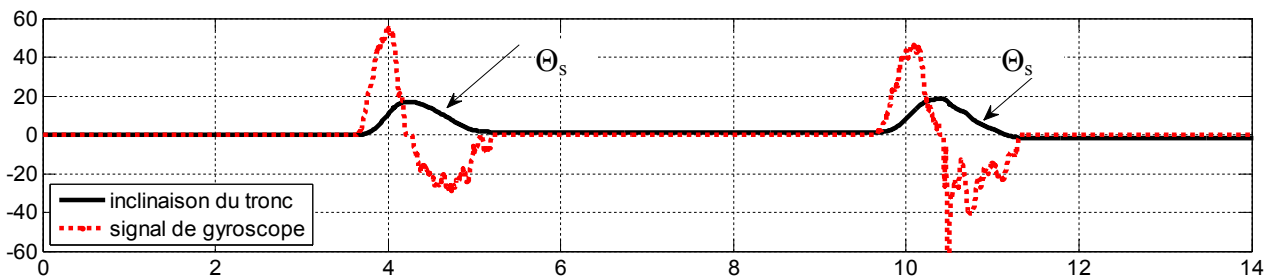


Figure3 –Inclinaison du tronc dans le plan sagittal à partir du signal de gyroscope

La plage de notre étude sepropage sur tous les activités de l'êtr humainmais cette étude supplémentaire n'est pas donné dans cet article. Les activités « Walking », « Falling », la posture « Lying » et passages entre euxsont aussi étudiées pour mieux comprendre la dynamique de ces phénomènes. Le travail futur consistera à l'enregistrement en continu de la série des mouvements d'une personne pendant 24 h l'analyse de comportement du sujet.

Référencesbibliographiques

1. F. Foerster, M. Smeja, and J. Fahrenberg, (1999), "Detection of posture and motion by accelerometry: A validation study in ambulatory monitoring," *Comput. Hum. Beh.*, pp. 571–583.
2. B. C. Spillman and J. Lubitz, (2000), "The effect of longevity on spending for acute and long-term care," *N. Eng. J. Med.*, vol. 342, pp. 1409–1415.
3. M. Jun and J. C. Barbenel, (1997), "Anew ambulatory monitoring instrument of posture and mobility related activities," *ISA*, pp. 88–93.
4. B. Najafi, K. Aminian, F. Loew, Y. Blanc, and P. Robert, (2002), "Measurement of stand-sit and sit-stand transitions using a miniature gyroscope and its application in fall risk evaluation in the elderly," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 49, pp. 843–851.

УСТРОЙСТВО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНОСТИ ВЗРЫВА МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ШАХТЕ

Федорченко А. А., магистр; Василец С.В., к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Взрыв метановоздушной смеси и угольной пыли в шахте приводит к травмам и смерти людей, разрушению и повреждению выработок. Принцип действия современных систем газовой защиты основан на измерении концентрации метана и отключении электроэнергии при превышении ею заданного уровня (аппаратуры МЕТАН, КАГИ, УТАС). Однако, существует ряд технических и организационных проблем, вследствие которых они не обеспечивают требуемый уровень безопасности ведения горных работ [1].

Целью данной работы является повышение эффективности функционирования автоматической газовой защиты (АГЗ) шахты путем прогнозирования взрывов метановоздушной смеси. Для решения задач прогнозирования необходимо установить причины события «Взрыв метановоздушной смеси», для чего составлено дерево данного события (рис. 1). Событие взрыв является конъюнкцией следующих состояний: «повышенная концентрация метана», «наличие источника воспламенения», «отказ АГЗ». Состояние «повышенная концентрация метана» является реализацией случайного процесса, данное состояние дискретно и не известно до проведения измерения. Состояние «наличие источника воспламенения» описано в теории защитного отключения электрооборудования [1], каждый источник воспламенения характеризуется вероятностью нахождения в опасном состоянии, при этом данная вероятность определяется не только типом оборудования и условиями его эксплуатации, но и прочими факторами, такими как производственная культура, состояние рудничной атмосферы и т.д. Состояние «отказ АГЗ» возможен при выходе из строя любого из образующих функциональных компонентов. Существует самодиагностика некоторых отказов, так применением специальных интерфейсов (например, токовой петли) возможна самодиагностика неисправности датчика и линии связи, но все же большая часть функциональных компонентов не обладает данным свойством [2]. Однако известна наработка на отказ элементов АГЗ, таким образом, вероятность выхода ее из строя является определенной функцией времени [3].

Предлагаемое устройство (рис. 2) на основании данных о состоянии рудничной атмосферы и электрооборудования, а также АГЗ на участке рассчитывает вероятность опасного состояния. Данное устройство предназначено для диагностирования состояния оборудования участка, а также для сигнализации опасных состояний.

Устройство выполняет следующие функции: регистрацию концентрации метана через равные промежутки времени и формирование текущей выборки концентрации; вычисление скорости изменения концентрации метана; корреляционный анализ текущей выборки концентрации с «опасными» выборками; учет ресурса аппаратуры газовой защиты и датчиков метана; учет ресурса коммутирующей и пусковой аппаратуры участка; учет количества повреждений кабеля (учет количества срабатываний токовой защиты и реле утечки тока); расчет вероятности безотказной работы оборудования на основании априорных данных и измеренного времени работы. Устройство реализуется с использованием микроконтроллера. Функции, выполняемые данным устройством, позволяют осуществлять опережающее отключение при двухуровневом контроле концентрации метана благодаря регистрации скорости нарастания концентрации метана. Выполнение корреляционного анализа процесса метановыделения позволяет прогнозировать опасные состояния и планировать организационные и технические мероприятия по дегазации. Учет ресурса электрооборудования и АГЗ позволяет корректировать сроки проведения плановых технических обслуживаний и ремонтов, определять вероятность отказа данного

оборудования, следовательно, и безопасность проведения горных работ на данном участке. Учет количества повреждений кабеля на участке позволяет вычислять вероятность возникновения источника воспламенения на контролируемом участке, что позволяет проводить организационные мероприятия по охране труда.

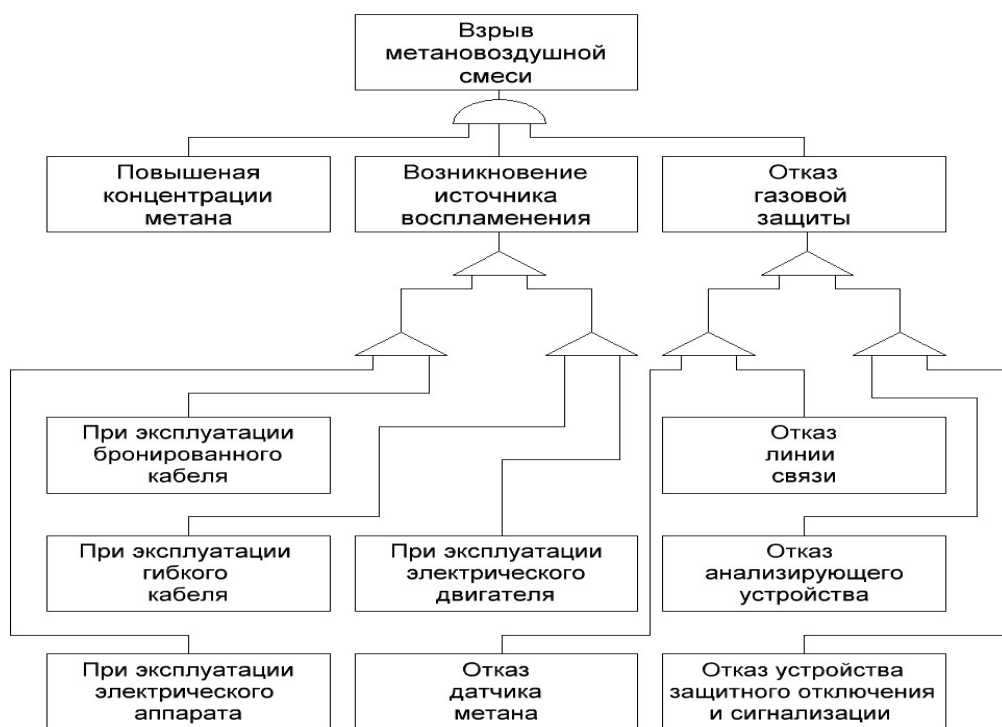


Рисунок 1 – Дерево события «взрыв метановоздушной смеси»

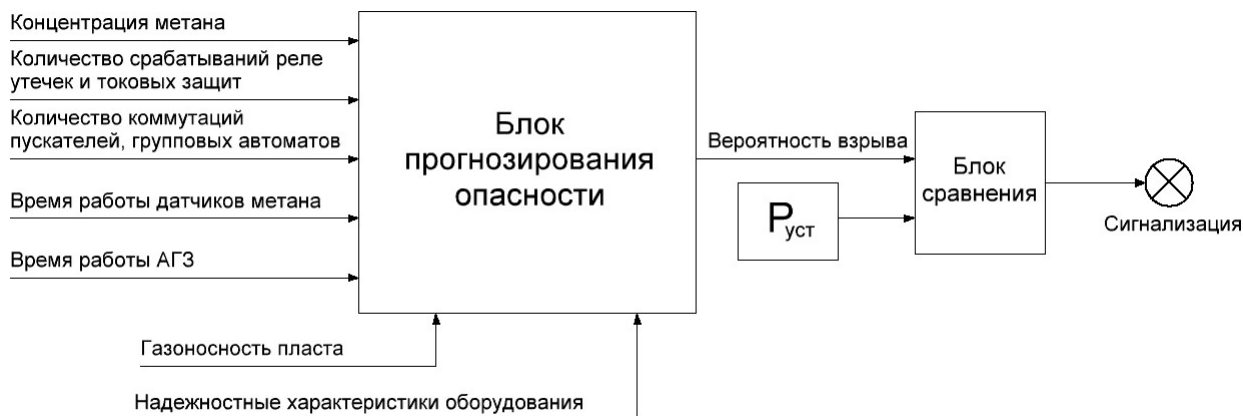


Рисунок 2 – Логическая схема устройства прогнозирования опасности взрыва

Перечень ссылок

1. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах: в 3 т. / [А.М. Брюханов, В.И. Бережинский, В.П. Колосюк и др] под ред А.М. Брюханова. Т I – Донецк.: Вебер (Донецкое отделение), – 2004. – 548 с.
2. Медведев В.Н. Контроль содержания метана в шахтной атмосфере / В.Н. Медведев.// Уголь Украины. – 2008, №3 – С.37-40.
3. Приборы шахтные газоаналитические. Общие технические требования. Методы испытаний: ДСТУ ГОСТ 24032:2009 (СТ СЭВ 6455:88) [Чинний від 2009.01.01] –М.: Изд-во стандартов, 1989. – 36 с. – (Национальный стандарт Украины)

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЕСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЯК ЗАСОБУ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У МІСЬКИХ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ

Лісієнко Д.А., студент; Шлепньов С.В., к.т.н., доц.

(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)

Задачі ефективного використання усіх видів ресурсів (у першу чергу енергетичних) та підвищення якості промислової продукції є на сучасному етапі одними з найбільш актуальних як в Україні, так і в інших країнах світу. В області електроенергетики ці задачі зводяться до зниження втрат електроенергії у мережах та підвищення її якості у точках споживання.

У більшості розглянутої технічної літератури, яка стосується проблематики зниження втрат електроенергії, вказується найбільш ефективним способом зниження втрат – установка у електричних мережах компенсуючих пристроїв.

Історично склалося так, що в Україні у компенсації реактивної потужності зацікавлений кінцевий споживач, оскільки йому доводиться платити за всі види споживаної енергії. Але, згідно постанови НКРЕ від 04.02.2010 р. N 105 пункт 6.25 “Правил користування електричною енергією” уся відповідальність за втрати електроенергії у мережі покладається на енергопостачальну компанію.

При встановленні компенсуючої установки (КУ) необхідно враховувати, що компенсуючий пристрій (КП) повинен встановлюватись максимально близько до споживача у мережі, власником якої є енергопостачальна компанія.

Розглянемо на прикладі ділянки міської мережі чи є ефективним один з видів компенсації реактивної потужності, а саме: поперечна компенсація для генерації реактивної потужності у вузлах мережі при встановленні КП у трансформаторній підстанції (ТП).

У розподільчій мережі величина потужності КП $Q_{кп}$ розраховується за формулою [1]:

$$Q_{кп} = P_{\phi} \cdot (tg\phi_{\phi} - tg\phi_{min}),$$

де P_{ϕ} – значення активної потужності вузла навантаження під час максимуму в енергосистемі;

$tg\phi_{\phi} = \Sigma Q_{\phi} / \Sigma P_{\phi}$ – тангенс кута навантаження;

ΣP_{ϕ} – фактичне добове споживання активної потужності вузла навантаження;

ΣQ_{ϕ} – фактичне добове споживання реактивної потужності;

$tg\phi_{min}$ – найменше значення тангенса, при якому споживач не сплачує штраф за недостатнє оснащення компенсуючими пристроями, $tg\phi_{min} = 0,25$.

Таблиця 1 – Вибір потужності КП за зимовим добовим графіком навантаження

ТП	Тр-р	Тип	ΣQ_{ϕ} , квар·год	ΣP_{ϕ} , кВт·год	tgφ	P_{ϕ} , кВт	$Q_{кп}$, квар	Тип і потужність КП	$Q_{кп ном}$ квар
1353	T ₁	ТМ-400	2729	6296	0,433	419	76,7	УКРМ0,4-50/10-3 УКРМ0,4-25/5-3	75

Таблиця 2 – Вибір потужності КП за літнім добовим графіком навантаження

ТП	Тр-р	Тип	ΣQ_{ϕ} , квар·год	ΣP_{ϕ} , кВт·год	tgφ	P_{ϕ} , кВт	$Q_{кп}$, квар	Тип і потужність КП	$Q_{кп ном}$ квар
1353	T ₁	ТМ-400	931,4	2122	0,439	140	26,45	УКРМ 0,4-25/5-3	25

Якість виконаної компенсації оцінюється порівнянням сумарної потужності компенсуючих пристроїв ($Q_{кп вим}$), що потребуються, з сумарною потужністю встановлених КП ($Q_{кп ном}$):

– взимку

$$\delta Q = \left| \frac{Q_{\text{КП ВИМ}} - Q_{\text{КП НОМ}}}{Q_{\text{КП ВИМ}}} \right| \cdot 100 = \left| \frac{76,7 - 75}{76,7} \right| \cdot 100 = 2,2\%$$

– влітку

$$\delta Q = \left| \frac{Q_{\text{КП ВИМ}} - Q_{\text{КП НОМ}}}{Q_{\text{КП ВИМ}}} \right| \cdot 100 = \left| \frac{26,45 - 25}{26,45} \right| \cdot 100 = 5,4\%$$

Значення $\delta Q < 5,5\%$ отже умова виконується.

Таблиця 3 – Рекомендований режим роботи КП на ТП

ТП	Тр-р	Тип	Тип і потужність КП	Режим роботи
1353	T ₁	ТМ-400	УКРМ 0,4-50/10-3 УКРМ 0,4-25/5-3	вимкнений влітку КП УКРМ 0,4-25/10-3

Визначимо економічну ефективність встановлення компенсуючих пристроїв - розрахуємо плату за перетоки реактивної потужності.

Добова плата за спожиту і генеровану реактивну енергію для споживачів визначається за формулою:

$$P_{\text{доб}} = \Sigma (W_{\text{Qсп}} + K \cdot W_{\text{Qг}}) \cdot D \cdot b_c,$$

де $W_{\text{Qсп}}$ – споживання реактивної електроенергії в точці обліку за розрахунковий період, квар· год;

$W_{\text{Qг}}$ – генерація реактивної електроенергії в мережу енергопостачальної організації в точці обліку в нічних провалах добових графіків за розрахунковий період, квар· год;

$K = 3$ – нормативний коефіцієнт урахування збитків енергопостачальної організації від генерації реактивної електроенергії з мережі споживача;

$D = 0,03$ кВт/квар – економічний еквівалент реактивної потужності (ЕЕРП), що характеризує частку вплива реактивного перетоку в точці обліку на техніко-економічні показники в розрахунковому режимі;

$b_c = 794$ грн/МВт·год – середня вартість активної електроенергії за розрахунковий період.

Щорічна плата визначається з урахуванням того, що для умов Донбасу кількість зимових діб дорівнює 213, а літніх – 152 доби:

$$P_{\text{рік}} = P_{\text{зима}} \cdot 213 + P_{\text{літо}} \cdot 152,$$

Таблиця 4 – Щорічна плата

ТП	Варіант	Добова плата		Повна плата, грн.		
		П _{зима} , грн.	П _{літо} , грн.	зима	літо	щорічна
1353	без КП	65	22,19	13 845	3 372,88	17 217,88
	с КП	26,42	8,67	5 627,46	1 317,84	6 945,3
Різниця						10 272,58

Вартість компенсуючих пристроїв складає 12 287 грн. [2], вартість монтажу 250 грн., вартість доставки 200 грн., загальні капіталовкладення складають 12 737 грн. Орієнтовний строк окупності півтора року. Встановлення КП можемо вважати економічно доцільним.

Перелік посилань

1. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышения качества электроэнергии.- М.: Энергоатомиздат, 1985.- 224 с.

2. Комплектные конденсаторные установки АКУ, КРМ, УКРМ 58 0.4 (0.38). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://electrocontrol.com.ua>

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ОПЛАТЫ ЗА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ НА КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Безбородова Е.В., студент; Шлепнёв С.В., к.т.н., доц.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

В наше время коммерческий термин «тариф» приобрел в некотором смысле философское значение. За все надо платить – этот неоспоримый факт каждый из нас ощущает в течение всей своей жизни. Тариф - система ставок платы (платёж) за различные производственные и непроизводственные услуги, предоставляемые компаниями, организациями, фирмами и учреждениями [1].

Действительно, сейчас актуально стоит вопрос об оплате за потребленную электроэнергию на промышленных предприятиях Украины. Особенно широко рассматриваются вопросы экономии. Поскольку график нагрузки в течении суток меняется, то целесообразнее применять зонные тарифы при оплате за электроэнергию.

График нагрузки энергосистемы определяется режимом потребления электроэнергии и характеризуется неравномерностью потребления, которая в обобщенном виде может быть выражена числом часов использования максимальной нагрузки. Несмотря на определенные трудности, возникающие в энергосистеме при покрытии переменной части нагрузки, задача эта технически решается, но связана со значительными затратами на сооружение специальных пиковых агрегатов и электростанций, увеличением расхода топлива и т.п. [2].

Трехставочные тарифы предусматривают установление дифференцированных ставок для трех зон суток: пиковой, ночной и полупиковой.

Введение трехставочных тарифов способствует совмещению энергии на ночные часы, и, следовательно, выравниванию графика нагрузки энергосистемы. Рассмотрим пример расчета по одноставочному и зонным тарифам для одного из угольных предприятий Украины.

Схема электроснабжения сложная, имеет несколько ответвлений. Потребителями являются группы различных двигателей, насосов, а также другие электроприёмники. Рассчитаем стоимость потребленной электроэнергии по одному присоединению предприятия, а таких присоединений предприятие содержит около 30. Затем определим экономическую эффективность.

Стоимость электрической энергии по зонам суток определяем по формуле:

$$C_{0i} = K_i \cdot C_{0i}, \quad (1)$$

где K_i – коэффициент стоимости для зоны, C_{0i} – стоимость электроэнергии, грн/кВт·ч.

Определяем стоимость электрической энергии по зонам суток (формула 2):

$$WP_i = \sum_i^n P_i \cdot \Delta t, \quad (2)$$

где P_i – расход электроэнергии, кВт·ч, Δt – время для определенной расчетной зоны.

Таблица 1 – Исходные данные

Время, ч	1-00	2-00	3-00	4-00	5-00	...	19- 00	20- 00	21- 00	22- 00	23- 00	0-00
Расход, кВт·ч	792	936	792	840	816	...	192	120	408	744	912	720
Расход, квар·ч	624	744	888	408	672	...	168	144	312	576	720	600

Принимаем, что шахта работает непрерывно. Число рабочих дней в месяце - 31. Потребление электроэнергии по зонам за месяц определим по формуле:

$$WP_i^{мес} = WP_i \cdot n_{дней} \quad (3)$$

Стоимость электроэнергии за месяц:

$$C_{эз} = \sum C_{oi} \cdot WP_i^{мес} + WQ_{мес} \quad (4)$$

В табл. 2 приведены результаты расчетов.

Таблица 2 – Результаты расчетов

	А	В	С	Тариф	Стоимость, грн.	НДС(20%), грн.	Итого, грн.
WP,кВт·ч	1056	4728	5208	Зонный	260519,04	52103,81	312622,85
WPмес,кВт·ч	32736	146568	161448	Одноставочный	363667,12	72733,44	436400,56

Экономическая эффективность:

$$\mathcal{E}f = \frac{C_{эз}^{одн} - C_{эз}^{зоны}}{C_{эз}^{одн}} \cdot 100\% = \frac{436400,56 - 312622,85}{436400,56} \cdot 100\% = 28.4\%$$

Следовательно, целесообразно платить за электроэнергию по зонным тарифам. Для этого необходимо применить автоматизированную систему коммерческого учета, которая позволяет:

Реализовать постоянный мониторинг величин мощности и энергии.

Следить за превышением лимитов величин мощности и энергии со звуковой и визуальной сигнализацией оператору.

Строить графики нагрузки и потребления.

Осуществлять дополнительный визуальный контроль в реальном времени, таких параметров, как: ток нагрузки, напряжение питающей сети, частота питающей сети, сдвиг по фазе между током и напряжением.

Создавать базы данных по всем измеряемым параметрам.

Перечень список

1. Электронный ресурс: <http://ru.wikipedia.org> – режим доступа.
2. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов – 2-е изд. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с.

ВИБІР ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ

Дяговченко І.М., студент; Лебедка С.М., асистент
(Сумський державний університет, м. Суми, Україна)

Вітроелектроустановки (ВЕУ) перетворюють кінетичну енергію вітру в електричну за допомогою генератора в процесі обертання ротора. Метою роботи є розрахунок ВЕУ для живлення електроенергією навчального корпусу університету: вибір типу й потужності вітрогенератора, акумулятора, кабельної лінії.

В якості вихідних даних використане навантаження чотириповерхового навчального корпусу університету, знаючи його номінальні потужності та кількість годин роботи за тиждень: загальна середньодобова потужність складає близько 25 кВт. За даними Сумської метеорологічної станції отримані параметри вітру: частка вітрів, придатних для потреб вітроенергетики по місяцях року, середні швидкості вітру по місяцях, повторюваності напрямку вітру по румбах, прогноз вітрової активності. Для розрахунку використовувалася також карта енергетичного потенціалу вітру на території України для визначення кількості енергії, яку можна одержувати щорічно за допомогою вітроенергетичного агрегату.

В роботі розрахована швидкість вітру, яка залежить від висоти, при цьому відомі значення швидкості вітру на вихідній висоті. Використавши показники вітротурбін в залежності від швидкості вітру, знайдено ймовірний ефект роботи вітрового колеса при різних швидкостях. Знайдена необхідна потужність генератора з врахуванням 10 % перевантаження від сумарної потужності – близько 28 кВт. За знайденою потужністю генератора, обираємо необхідний нам вітряк.

Виходячи з отриманих розрахунків, логічно було б зробити вибір на користь вітряка EuroWind 30 (потужність – 30 кВт). Проте в даному випадку слід врахувати той факт, що цей вітрогенератор починає виробляти енергію за умови наявності вітру швидкістю 3 м/с, а за даним Сумського Гідрометцентру протягом року має місце значна частка вітрів, швидкість яких менша, ніж 3 м/с. Тому вирішено зупинити вибір на генераторах EuroWind 10 (початкова швидкість вітру – 2 м/с, продуктивність – 900-13000 Вт, напруга – 240 В, максимальна сила струму – 54,2 А, рекомендовані акумулятори – 20 шт. по 12В, 200Ач, напруга після інвертора – 220/380 В) та EuroWind 20 (початкова швидкість вітру – 2 м/с, продуктивність генератора – 1800-26500 Вт, напруга – 360 В, максимальна сила струму – 73,6 А, рекомендовані акумулятори – 30 шт. по 12В, 200Ач, напруга після інвертора – 380 В), сумарна потужність яких складе 30 кВт. При цьому обидва ці генератори починають віддавати енергію в мережу вже при швидкості вітру 2 м/с.

В роботі також здійснено вибір акумулятора для вітряка, що залежить від тривалості періоду безвітря. Через те, що іноді дуже важко заздалегідь точно визначити кількість послідовних безвітряних днів, акумулятор вітряка повинен бути розрахований на більше число днів.

Для живлення навчального корпусу електроенергію від ВЕУ необхідно передавати лінією електропередачі. В роботі розрахований переріз кабельної лінії за економічною щільністю струму та перевірений на мінімум провідникового матеріалу, розраховані допустимі втрати напруги в мережі.

Перелік посилань

1. <http://meteoinfo.ru/bofort>
2. <http://futenergy.in.ua>.
3. <http://ecost.lviv.ua>.
4. <http://gendocs.ru/>

ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСТ НА ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Король О.В., аспірант; Говорова К.В., студент

*(Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
м. Харків, Україна)*

Останнім часом все більше уваги приділяється екологічним проблемам освітлення. Світлове забруднення атмосфери стало екологічною проблемою глобального масштабу. Відповідно до деяких досліджень, нічне небо над Євросоюзом на 85% яскравіше від свого природнього стану. У США цей показник становить 62%, в Японії – 98,5%. В таких країнах, як Німеччина, Австрія, Бельгія і Нідерланди, нічного неба практично більше немає як такого: воно постійно світиться відбитим світлом міст [1].

Зіставлення отриманої інформації з даними про щільність населення, дає можливість розподілити всіх жителів планети на групи, залежно від штучного засвічування неба в місці їх проживання. Виявилось, що 2/3 населення Землі та 99% населення Європейського союзу живе в районах з помітним світловим забрудненням. Більш того п'ята частина населення планети (більше 2/3 жителів ЄС, а також трохи більше 40% населення України) живуть в умовах світлового забруднення [2]. Для сучасної людини світло в темряві – це благо цивілізації. Людині властиво приймати рішення на свою користь, а не на користь оточуючого середовища. Але проблема світлового забруднення повинна турбувати людство. І не дивлячись на те, що ця проблема мало відома у суспільстві, вона не стає менш небезпечною. Тому світлове забруднення міст слід вважати однією з форм забруднення навколишнього середовища. Воно визначається, як періодичне чи постійне освітлення нічного неба штучними джерелами світла. Основними джерелами світлового забруднення є великі міста та промислові комплекси. Вуличне освітлення, що світиться рекламними щитами або прожекторами, створює над містами так звані світлові купола. Наслідком цього є неефективне використання енергії в системах зовнішнього освітлення.

Прямі форми забруднення навколишнього середовища пов'язані також з його впливом на цикл росту багатьох рослин. Поширені джерела білого світла з великою питомою вагою блакитного світла в спектрі заважають орієнтації багатьох видів комах, що ведуть нічний спосіб життя, а також збивають зі шляху перелітних птахів, що намагаються облітати вогнища цивілізації. Згідно зі спостереженнями, кожен вуличний світильник щодоби є причиною загибелі понад 150 комах. Зайве світло погано діє практично на всі нічні види. Якись з них не можуть полювати, якись розмножуватися, а інші – просто жити. Наприклад, зменшення кількості комах знижує площу запилення рослин. Як відомо, випадання з «харчового ланцюжка» хоча б однієї ланки призводить до дуже серйозних наслідків для всіх інших ланок. Природний ритм рослин і всіх живих істот піддається значним змінам. Наприклад, для рослин збільшення періоду фотосинтезу, викликане застосуванням штучного світла, веде до зсуву фази цвітіння і змін в процесі фотосинтезу. Має місце також вплив світлового забруднення на організм людини. Можливі відхилення у його гормональному балансі, що тісно пов'язані зі сприйняттям циклів дня і ночі.

Крім того, світлове забруднення в великих містах робить також практично неможливим астрономічні спостереження. Через освітлення неба видно тільки найбільш яскраві зірки, і якщо при темному небі людина неозброєним оком може побачити до 2-3 тисяч зірок, то, перебуваючи в місті чи іншому місці з яскравим штучним освітленням, часто не налічити їх більше півсотні. Таким чином, з великих міст можна спостерігати лише яскраві зірки, місяць і деякі планети (Меркурій, Венеру, Марс, Юпітер і Сатурн), і стає дуже складно спостерігати об'єкти далекого космосу : зоряні скупчення, туманності, галактики і т. п. Крім того, стає

неможливим визначати контури сузір'їв, так як багато хто з них включають слабкі зірки. До того ж, яскраве світло заважає адаптації людського ока до темряви.

Недавно італійські астрономи П'єрантоніо Чинзано і Фабіо Фалькі склали перший атлас освітленості нічного неба. Перші знімки земних вогнів були зроблені зі супутників ще наприкінці 80-х років минулого століття. На них можна бачити не лише великі міста, але і нафтові промисли, на яких спалюють побіжний газ, великі лісові пожежі і навіть скупчення рибальських судів в океані. Карти штучного освітлення нічного неба дають можливість порівнювати рівні світлового забруднення атмосфери, визначити більш або менш забруднені райони. Італійці вперше змогли врахувати ефекти розсіювання світла від земних джерел на хмарах і атмосферному пилу. Штучне світло, випромінюване містом у космічну пітьму, є лише індикатором забруднення, і боротись потрібно не стільки з наслідком, стільки з причиною – з фізичним засміченням атмосфери. Саме на це мають бути спрямовані основні зусилля вчених світлотехників та екологів і суспільства в цілому. Штучне світло не порівнянне за інтенсивністю з сонячним, тому воно не здатне в масштабі цілого міста засмітити повітря, якщо повітря чисте. Світлова завіса з'являється лише в брудному повітрі мегаполісів. Тому проблема світлового забруднення найбільш актуальною є для великих міст.

Для з'ясування реального стану світлового забруднення на прикладі м. Харкова, було досліджено значення фону неба, визначено негативні фактори впливу штучного засвічування фону неба, дано порівняльну оцінку фону неба в місті.

Результати досліджень та їх порівняльні характеристики наведені на рис. 1.

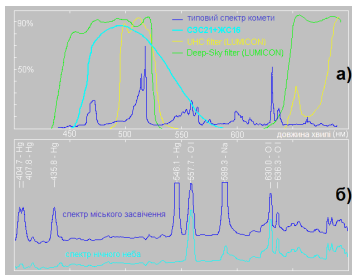


Рисунок 1 - Спектри випромінювання нічного неба в діапазоні довжин хвиль 400...700 нм за відсутності засвічення нічного неба вогнями міста (а) та за наявності міського засвічення (б).



Рисунок 2 – Екологічне чисте світлодіодне освітлення площі Незалежності в м. Харкова

З метою зменшення нічного засвічування неба в м. Харкові було застосовано спеціальні екологічно чисті ліхтарі з закритими зверху лампами, що спрямовують світло тільки вниз (рис. 2). Це стало рішенням, яке поставило негативний вплив світлового забруднення в залежність від напрямку світлового випромінювання. Відсутність випромінювання світла світильника вгору, та його відбиття від освітленої поверхні вгору не лише не засвічує нічне небо, але й сприяє ефективній витраті електроенергії, що становить мільйони кВт·годин на рік. У випадку використання таких ліхтарів саме джерело світла залишається невидимим оку з неба, на відміну від звичайних вуличних ліхтарів. До того ж виникає істотна економія енергії за рахунок зниження втрат світла в ліхтарях. Додаткова економія досягається також при використанні ефективніших світлодіодних ламп, що витрачають 2-3 рази менше енергії для створення необхідного рівня освітлення.

Таким чином, застосування спеціального екологічно чистого світлодіодного зовнішнього освітлення в містах забезпечує зменшення в 2-3 рази витрат на освітлення та рівня засвічення неба.

Перелік посилань

1. Семків Ю.М. Світлове забруднення атмосфери: астрономічний аспект проблеми/Ю.М. Семків, В.А. Андрійчук, В.С. Касаркевич//Світло люкс. -2010. -№4. - С. 30-35.
2. <http://asteroid.lowell.edu/cgi-bin/koehn/webnet>

АНАЛІЗ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ВЕНТИЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГУНА**Пеньков О.В.***(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)*

Електроенергетика відіграє важливу роль у забезпеченні прискорення науково-технічного прогресу. Електрична енергія є основним чинником, що визначає рівень промислового виробництва. Зменшення енергоспоживання можна досягти шляхом проектування нових видів електричних машин або модернізацією діючих приводів. Сучасні досягнення в силовій електроніці суттєво полегшують розв'язання даних завдань на стадії проектування, коли обрані основні елементи автоматизованого електропривода [1]. Одним з головних елементів є електрична машина, яка являє собою динамічну багато параметричну систему. У сучасних технологічних процесах дуже часто необхідно регулювати кутову швидкість при значних змінах статичного моменту. Експлуатація електричної машини – процес електромеханічного перетворення енергії. Частина перетвореної енергії перетворюється в теплову. Теплова енергія втрачає конструкційні частини електричної машини, передається в навколишнє середовище, розсіюється й безповоротно втрачаються. Збільшення електромагнітних навантажень значно розширює діапазон робочих температур електричних машин при експлуатаційних режимах. Граничне використання електричних машин по нагріванню характеризується комплексом показників, пов'язаних з технічними й економічними аспектами їх функціонування.

З погляду теплопередачі електрична машина являє собою складну систему різнорідних елементів з розподіленими джерелами теплоти в окремих зонах. Надійна робота існуючих і створюваних машин у значній мірі обумовлюється старанністю аналізу теплових процесів. Аналіз літературних джерел свідчить, що правильний вибір математичної моделі дозволить повною мірою досліджувати, розкрити переваги розроблювальних або діючих електроприводів [2].

Одним з перспективних напрямків сучасного регульованого електропривода є привод на основі вентильного реактивного двигуна (ВРД). Даний вид привода знаходить широке застосування завдяки таким його перевагам як простота конструкції, мала вартість, гарні регульовальні властивості. До безсумнівних гідностей ВРД можна віднести й те, що для зовнішньої мережі змінного струму він є практично на 100% активним навантаженням і звільняє мережу від перекачування реактивної енергії з мережі у двигун і навпаки.

ВРД не має стану, що встановився, який настає в традиційних машинах після завершення перехідних процесів. Режим обертання з постійною швидкістю складається з послідовності перехідних процесів. Дискретність роботи, нелінійність магнітної системи та зміна в широких межах електромагнітних параметрів на кожному інтервалі роботи робить незручним застосування традиційних методик аналізу електричних машин. Встановити певні закономірності протікання теплових процесів, виявити їхній вплив на різні експлуатаційні характеристики двигуна при різних режимах роботи ВРД можливо на підставі математичного моделювання.

Основними чинниками, що визначають нагрівання машини є втрати в міді ΔP_m і втрати в сталі магнітопроводу $\Delta P_{ст}$. Характер змін втрат у сталі не має простого достовірного опису. Визначення втрат у сталі пов'язане з амплітудою й формою імпульсів напруг подаваних на фази. Відомі методики засновані на складних процедурах моделювання, що враховують властивості конкретного матеріалу, геометрію машини, зміни потокозчеплення в часі. Втрати в міді визначаються через легко вимірювані величини - струми в обмотках і опір обмоток.

Для одержання спрощеної математичної моделі, що описує теплові процеси у ВРД, приймемо наступні допущення:

- основна частина втрат у сталі виділяються в полюсах статора в зоні повітряного зазору, де найбільш значні перепади індукції та насичення сталі, тобто в безпосередній близькості від обмоток;

- всі котушки на полюсах статора представлені у вигляді єдиного узагальненого провідника;

- при невисоких температурах не враховується зміна опору від температури, коефіцієнти тепловіддачі усереднюються (не враховується їх залежності від швидкості і температури);

- реальна форма струмів у фазах замінюється прямокутною;

- при побудові моделі ВРД, як однорідної маси, з розподіленими джерелами тепла враховується температура в найбільш нагрітій зоні.

Тепловий баланс визначається наступним рівнянням:

$$I^2 n R_{\kappa} dt = C_{\text{м}} n V_{\text{м}} d\tau + n k_{\text{ТО}} S_c \tau dt, \quad (1)$$

де I – струм, R_{κ} – опір котушки, n – кількість котушок, $C_{\text{м}}$ – питома теплоємність, $V_{\text{м}}$ – обсяг міді, S_c – площа поверхні котушки, $k_{\text{ТО}}$ – коефіцієнт теплопередачі, τ – перевищення температури.

З урахуванням конструкційних параметрів ВРД та деяких алгебраїчних перетворень рівняння теплового балансу (1) буде мати вигляд:

$$\frac{K_{\Gamma} j^2 \rho_{\sigma}}{k_{\text{ТО}}} = \frac{K_{\Gamma} C_{\text{м}}}{k_{\text{ТО}}} \frac{d\tau}{dt} + \tau, \quad (2)$$

де K_{Γ} – геометричний параметр, ρ_{σ} – питомий опір провідника, j – щільність струму.

Для оцінки теплового стану обмотки двигуна на підставі спрощеної моделі були прийняті параметри ВРД, наведені [3]. Перевірочні результати розрахунків теплового стану обмотки наведені в табл. 1

Таблиця 1 Результати розрахунків теплового стану обмотки ВРД

Щільність струму, А/мм ²	Температура обмотки $\tau_{\text{м}}$ (модель) °С	Температура обмотки τ °С	Погрішність %
2.5	73	82	10.9
2.8	92	105	11.1
3.0	96	112	14.3

На підставі аналізу результатів розрахунків, наведених у табл. 2.1, можна зробити вивід, що тепла модель адекватно відображає тепловий стан обмотки. Для збільшення точності розрахунків необхідно проведення додаткових досліджень з метою внесення уточнення впливу різних факторів на тепловий стан двигуна.

Перелік посилань

1. Сипайлов Г. А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах / Г. А. Сипайлов. – М.: ВШ, 1989. – 236 с.
2. Омеляненко В. И. Анализ и сравнение перспективных тяговых электродвигателей / В. И. Омеляненко // Залізничний транспорт України. -2008. -№ 2/1. – С. 26-31.
3. Галайко Л. П., Гаевская Н. Г. Сравнение методов эквивалентных тепловых схем и конечных элементов для теплового расчета вентильно-индукторного двигателя / Л. П. Галайко, Н. Г. Гаевская // Вестник НТУ ХПИ. -2008. -№ 25. - С. 3-5.

АНАЛІЗ РИЗИКІВ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ ПРИ ПРИЄДНАННІ СПОЖИВАЧІВ ДО ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Лайкіна Є.В., студент; Веремійчук Ю.А, аспірант; Замулко А.І, к.т.н., доц.

(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна)

На сучасному етапі функціонування електроенергетичної галузі особливої актуальності набуває питання забезпечення безперебійного, надійного та якісного електропостачання, де основні функції виконують електропередавальні організації. Враховуючи, що взаємовідносини між суб'єктами електроенергетики регламентуються нормативно-правовими, нормативно-технічними документами, які формують ряд правил та обов'язків, але завжди залишається ймовірність виникнення різних ситуацій, які є характерними для ризикової. Зважаючи, що вступили в дію зміни до законодавчих актів та нові нормативні документи з питань приєднання електроустановок замовників до електричних мереж: «Правила приєднання електроустановок до електричних мереж» (постанова НКРЕ № 32 від 17.01.2013), закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо плати за приєднання до електричних мереж суб'єктів природних монополій» (Закон України № 5021-VI від 22.06.2012), у зв'язку з цим можуть виникнути ризики, щодо виконання даних умов, в частині: виділення землі для забезпечення технічних умов на приєднання споживача; забезпечення паритету дольової участі усіх замовників, які приєднуються до певного вузла живлення; модернізації, реконструкції та побудова нових електричних мереж; відмінностей між фізичними та юридичними особами; інших технологічних особливостей.

Виділені ризики є одними з не багатьох, які можуть виникнути при приєднанні до електричних мереж для забезпечення споживачів електричної енергією. Для електроенергетики завжди була характерна висока міра технологічних ризиків, а заплановані масштабні зміни в галузі обумовлюють появу нових, які необхідно враховувати, тому для проведення аналізу, упередження, усунення нестандартних ситуацій та покращення технологічних особливостей електропостачання, електропередавальним організаціям слід використовувати ряд методів ризик-менеджменту [1]:

- визначення категорій «ризик» і «невизначеності» для досліджень в області управління ризиком електропередавальними організаціями;

- побудова схеми основних типів ризику електропередавальної організації;

- визначення чинників, що сприяють появі ризику;

- визначення основних принципів і методів для оцінки ризиків;

- визначення показників оцінки ризиків електропередавальної організації;

- розробка рекомендацій по впровадженню системи управління ризиком.

Обов'язковою умовою дослідження та виявлення ризиків є використання системного підходу, який дозволяє визначити причини виникнення і рівень ризиків. Виявлення ризиків необхідне для подальшої їх оцінки, проте питання оцінки для електропередавальної організації залишається мало вивченим, а існуючі напрацювання за напрямком дослідження, ще не отримали підтвердження на практиці значущості своїх результатів. Результатом роботи є оцінка ризиків і використання відповідних методів управління ними, що дозволить електропередавальним організаціям вибудувувати оптимальну стратегію використання ресурсів і забезпечити високий рівень електропостачання.

Перелік посилань

1. Вітлінський В.В. Ризик у менеджменті / В.В.Вітлінський, С.І.Наконечний // – К.: ТОВ «Борисфен-М», 1996. – 336 с.

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА БАЗЕ ПЛК FEC FC620

Беляева Л.Л., старший преподаватель

(Севастопольский национальный технический университет, г. Севастополь, Украина)

Введение. Основу очень многих современных машин, предназначенных для обработки предметов (станки, автоматы порезки, фасовочные, упаковочные машины, устройства для автоматического складирования) и получения о них информации (научные приборы) составляет электромеханический координатный привод. Это система позиционирования инструмента относительно измеряемого или изменяемого изделия по одной или нескольким осям.

В настоящее время в системах управления технологическими процессами применяются программируемые контроллеры двух типов: программируемые логические контроллеры (PLC – Programmable Logic Controller) и промышленные логические контроллеры (IPC – Industrial Programmable Controller). IPC являются более универсальными и избыточными, но имеют гораздо большую базу пользователей, умеющих программировать для ПК и с помощью ПК. Контроллеры серии FEC Standard – это семейство однокорпусных промышленных программируемых логических мини-контроллеров, разработанных на основе микросхемы IPC@CHIP, которая фактически является миниатюрным персональным компьютером в одном чипе.

Целью работы является описание системы позиционирования, алгоритма и программы управления системой позиционирования постоянного тока на базе программируемого контроллера серии FEC Standard – FEC FC620.

Характеристика элементов системы позиционирования. В лаборатории Электропривода Института современных технологий и инноваций СевНТУ построен электромеханический одно координатный привод на элементной базе фирмы FESTO:

– электропривод постоянного тока со встроенной электроникой (контроллер двигателя) серии MTR-DCI-42S-VC SC-EG7-H2IO. Его параметризация (конфигурация системы, значения позиций в мм, скорость перемещения в м/с) выполняется в среде программы Festo Configuration Tool (FCT);

– контроллер IPC FEC FC620. Контроллер программируется с помощью среды FST4.10 на алгоритмическом языке STL или LDR. В случае необходимости подключения системы в локальную сеть можно использовать контроллер FEC FC640, имеющий вывод для подключения к сети Ethernet;

– панель оператора FED50, конфигурируемая с использованием FED Designer.

Описание алгоритма управления. Для позиционирования необходимо организовать передачу управляющих сигналов по каналу интерфейса ввода/вывода MTR-DCI. Блок-схема алгоритма (рисунок 1) применима для реализации следующих режимов работы системы позиционирования:

– перемещение на фиксированные позиции (всего допустимо 16 позиций, одна из которых является позицией реперной точки);

– перемещение от одной фиксированной позиции к заданной оператором с панели управления;

– перемещение на различные позиции, заданные оператором с панели управления.

Каждый из этих режимов позволяет предусмотреть задержку по времени на позициях, требуемую условиями технологического процесса.

В комментариях на блок-схеме указаны значения цифровых входов/выходов контроллера FEC и интерфейса ввода/вывода MTR-DCI.

Задание позиций оператор выполняет от панели FED50. Параметры позиций загружаются в память контроллера MTR-DCI с помощью программы параметризации FCT.

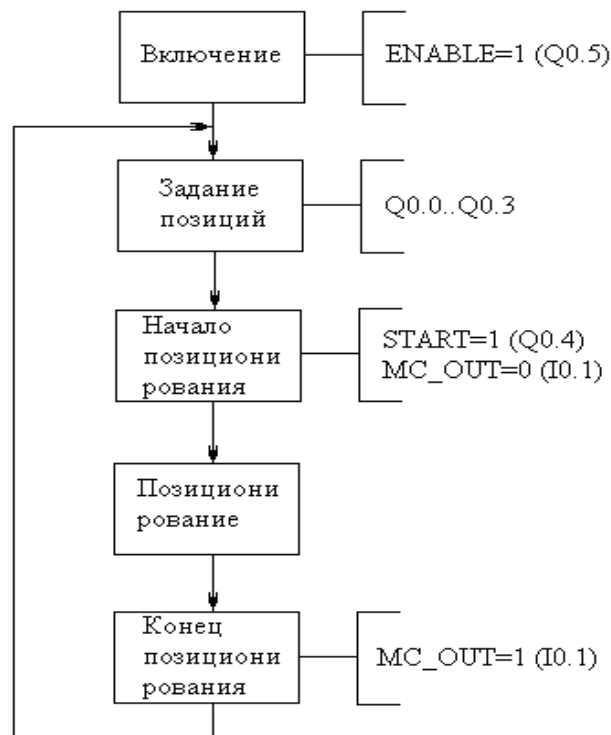


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма

Программное обеспечение. Реализация программного обеспечения включает следующие этапы: 1) разработка программного обеспечения для контроллера IPC FEC; 2) разработка программного обеспечения для панели FED. Для программирования контроллера IPC FEC выбран паскалеподобный язык программирования STL. Программное обеспечение представляет проект, в котором выполнены этапы:

1. Определение и описание типа контроллера, его входов/выходов, используемых в системе.
2. Подключение стандартных модулей для открытия и передачи данных по последовательному СОМ-порту между контроллером и панелью управления FED.
3. Программирование открытия СОМ-порта.
4. Программирование кодов позиций.
5. Программирование перемещения на позиции.
6. Программирование для циклического выполнения перемещений на позиции (главная программа).

Выводы. Предложенный способ управления системой позиционирования позволяет организовать циклическое перемещение на заданные позиции, что обеспечит автоматическое выполнение технологического цикла производства. Разработанный алгоритм и программа управления для ПЛК FEC FC620 могут быть применены для управления системами позиционирования, в конфигурацию которых входит контроллер двигателя, имеющий цифровые входы по позициям.

Перечень ссылок

1. Пашков С.В. Автоматизация у помисловості: Практикум. В 4 ч. Ч.ІІІ. Автоматизований електропривод і моделювання механотронних модулів руху/ С.В.Пашков, О.М.Круговий, В.О.Крамарь, Л.Л.Беляева, В.В.Альчаков; за ред.. С.В.Пашкова.— Севастополь: СевНТУ, 2011. — 225 с., іл.

НОВЫЙ ЭФФЕКТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕНТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Заика В.Т., д.т.н., проф.; Прокуда В.Н.

(ГВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

Известно, что при сплошной конвейеризации доставки угля из забоев, конкретные конвейеры на шахтах, в том числе и Западного Донбасса, работают при неравномерных грузопотоках и потому с завышенным в 2-5 раз удельным расходом электроэнергии, то есть, не эффективно. Устранить этот недостаток можно с помощью регулируемого привода.

В общем случае (рисунок 1) грузопоток из очистного забоя представляет собой последовательность импульсов случайной длины со случайными интервалами отсутствия груза. Грузопоток может быть описан как непрерывный случайный процесс.

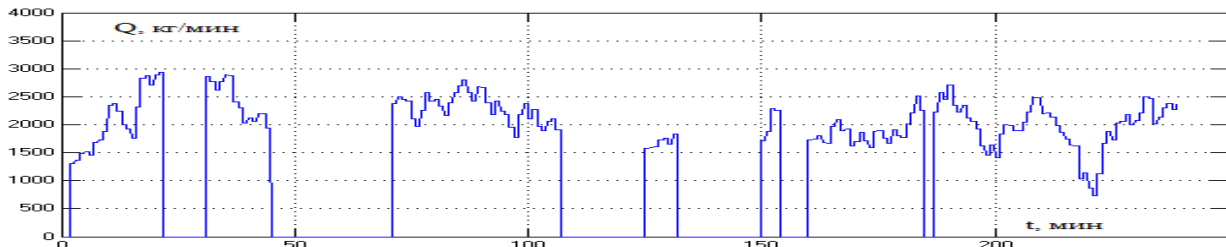


Рисунок 1 – Пример реализации транспортного грузопотока

Выражение для плотности вероятности распределения грузопотока из очистного забоя имеет вид:

$$p(Q) = \frac{\lambda}{\mu + \lambda} \delta(0) + \frac{\mu}{\mu + \lambda} \times \frac{1}{Q' \sigma_{Q'} \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(Q' - M_{Q'})^2}{2\sigma_{Q'}^2} \right] \quad (1)$$

где $\delta(0)$ – дельта-функция, описывающая вероятность отсутствия грузопотока, $\lambda \cdot \Delta t$ – вероятность перехода от 1 к 0; $\mu \cdot \Delta t$ – вероятность перехода от 0 к 1; Δt – рассматриваемый интервал времени (одна минута); так же $\lambda = 1/T_n$, $\mu = 1/T_0$, где T_n и T_0 – математические ожидания времени поступления и отсутствия грузопотока.

При регулировании скорости ленты изменяются характеристики грузопотока, который формируется после конвейера. Если на конвейер работает одна лава то в общем случае плотность вероятности грузопотока после конвейера находится по следующему выражению:

$$p(Q_{\text{вкл}}) = \frac{\lambda \left(1 - \exp \left(-\frac{l}{v_{\text{ном}} K_{\text{ск}}} \right) \right) \cdot K_{\text{ск}}}{\lambda \left(1 - \exp \left(-\frac{l}{v_{\text{ном}} K_{\text{ск}}} \right) \right) \cdot K_{\text{ск}} + \mu \left(1 - \exp \left(-\frac{l}{v_{\text{ном}}} \right) \right)} \cdot \delta(0) + \frac{\mu \left(1 - \exp \left(-\frac{l}{v_{\text{ном}}} \right) \right)}{\mu \left(1 - \exp \left(-\frac{l}{v_{\text{ном}}} \right) \right) + \lambda \left(1 - \exp \left(-\frac{l}{v_{\text{ном}} K_{\text{ск}}} \right) \right) \cdot K_{\text{ск}}} \cdot \frac{\lambda}{\mu + \lambda} \cdot (K_{\text{ск}} \cdot M_Q) + \frac{\mu \left(1 - \exp \left(-\frac{l}{v_{\text{ном}}} \right) \right)}{\mu \left(1 - \exp \left(-\frac{l}{v_{\text{ном}}} \right) \right) + \lambda \left(1 - \exp \left(-\frac{l}{v_{\text{ном}} K_{\text{ск}}} \right) \right) \cdot K_{\text{ск}}} \cdot \frac{\mu}{\mu + \lambda} \cdot \frac{1}{Q \sigma_Q \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(Q - M_Q)^2}{2\sigma_Q^2} \right] \quad (2)$$

где под $K_{\text{ск}}$ подразумевается отношение минимально возможной скорости к скорости, которая устанавливается системой регулирования при поступлении потока равного его

математическому ожиданию, то есть, $K_{ск}$ численно обратно пропорционален параметру D , который используется в теории привода для характеристики глубины регулирования.

Для оценки энергоэффективности выполним расчет электропотребления ленточных конвейеров при известных параметрах их установки и погонной загрузке [1]: $q''_p = 9,2$ кг/м; $q'_p = 20$ кг/м; $q_l = 15$ кг/м; $c' = 1,1$; $\omega = 0,06$; $\beta = 0^\circ$; $v = 2$ м/с, $L = 1$ км. Параметры грузопотока из очистного забоя принимаем следующие: $\lambda = 0,25$, $\mu = 0,164$, $M(Q) = 3420$ кг/мин, $D(Q) = 202500$ (кг/мин)². На рисунке 2 приведено электропотребление магистрального шахтного конвейера в зависимости от количества работающих на него лав. Кривая 1 показывает электропотребление конвейера при отсутствии регулирования скорости движения ленты, 2 – то же, но с регулированием скорости, 3 – то же, что и случай 2, но при регулировании скорости движения ленты по грузопотоку последующего в линии конвейера. Уменьшение расхода электроэнергии в этом случае достигается за счет увеличения времени работы на минимальной скорости последующего в цепочке конвейера.

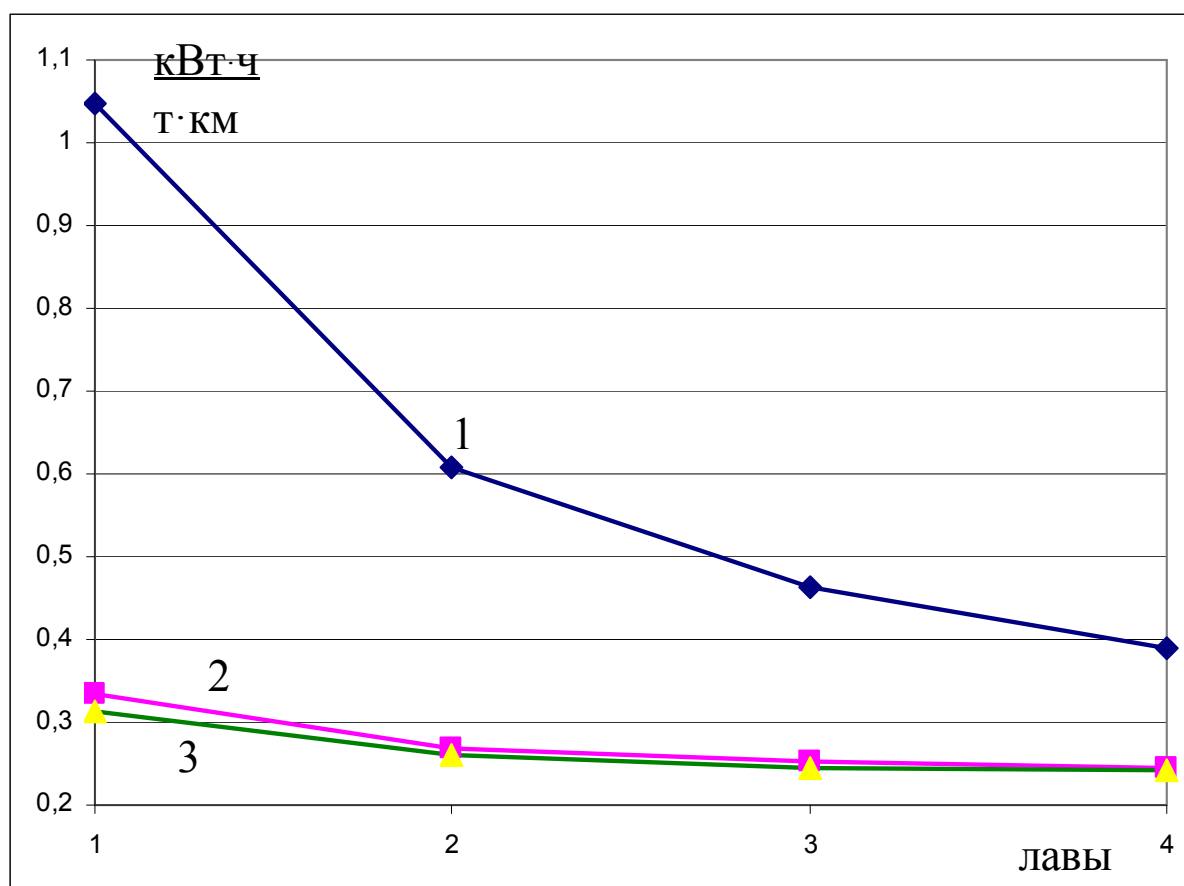


Рисунок 2 – Зависимость энергоэффективности транспортирования горной массы от количества лав и регулирования работы конвейеров

Выводы. Подтверждено, что при увеличении количества лав, работающих на один конвейер, удельный расход электроэнергии на транспортирование горной массы снижается, а дополнительный эффект от уменьшения расхода электроэнергии можно получить за счет регулирования скорости движения ленты по грузовому потоку смежных в цепочке конвейеров.

Перечень литературы

1. Шахмейстер. Л.Г. Вероятностные методы расчета транспортирующих машин, М.,1983. – 312 с.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПС 35-110(150) КВ НА ЮГЕ ЗАПОРОЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Груздев А.П., доцент

(Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь, Украина)

Со 2 по 20 сентября 2013 г. инспекцией Госэнергонадзора Украины планово обследовались подразделения ОАО «Запорожьеоблэнерго» на готовность их к прохождению осенне-зимнего периода 2013-14 г.г. По результатам этой проверки, будет рассмотрено состояние снижения потерь электроэнергии в режимах малых нагрузок. После остановки многих заводов и сельскохозяйственных предприятий большинство ПС 35-110(150)кВ области работают на малых нагрузках.

Для примера возьмём «Мелитопольские высоковольтные электрические сети» (далее МВЭС), которые обслуживают электрические сети 35-110(150) кВ расположенные на территории юга и запада Запорожской области. Это территория 14 районов: от г. Энергодара до г. Бердянска, включая побережье Азовского моря и г. Мелитополь. Так уж исторически сложилось, что на территории Запорожской области используется преимущественно рабочее напряжение 150 кВ и только в районе г. Бердянск со стороны Донецкой обл. заходит ВЛ 110 кВ.

Таблица 1 - Техническое состояние эксплуатируемых трансформаторных подстанций

Напряжение, кВ	Количество ПС, шт.	Общая мощность, МВА	Удовлетворительное состояние, шт.	Неудовлетворительное состояние, шт.	Необходима реконструкция, шт.	Необходим капитальный ремонт, шт..	Запланирована реконструкция, шт.	Выполнена реконструкция, шт.
35/10/6	2	86	1	1		1		
150/110/35/10/6	17	1347,3	15	2	1	1	1	

Из всех подстанций только одна напряжением 150/110/35/10 - однотрансформаторная.

Согласно схемы нормального режима МВЭС, утвержденной техническим руководителем ОАО «ЗОО», на всех двух- и более трансформаторных подстанциях в работе находятся все трансформаторы. Что соответствует требованиям Поручения Минэнергоуголь Украины от 15.07.2013 г. №03/32-345 на проверку соответствия схем нормального режима двухтрансформаторных подстанций. Кроме того, необходимость работы на ПС резервных трансформаторов обусловлена присоединением к некоторым из них потребителей с I категорией электроснабжения, согласно ПУЭ [1].

Да, действительно, половина ПС имеет таких потребителей, но при этом 14 ПС загружены менее 50% от своей номинальной мощности. Как определить необходимость работы резервных трансформаторов – рассмотрим ниже.

Согласно разработкам д.т.н. Железко Юрия Станиславовича [2], отключение одного из параллельно работающих трансформаторов целесообразно, когда происходящее при этом

снижение потерь холостого хода оказывается большим, чем увеличение нагрузочных потерь из-за перераспределения суммарной нагрузки между меньшим числом трансформаторов. Отключение одного из n однотипных трансформаторов целесообразно, если коэффициент загрузки трансформаторов β_T становится ниже значения

$$\beta_{T\text{МИН}} = \sqrt{\frac{(n-1) \cdot \Delta P_X}{n \cdot \Delta P_K}}, \quad (1)$$

где ΔP_X – потери холостого хода, кВт;
 ΔP_K – потери короткого замыкания, кВт;
 n – количество трансформаторов на ПС.

Отношение $\Delta P_X/\Delta P_K$ для трансформаторов напряжением 110 кВ составляет 0,25, а 6-35кВ – 0,19. Для ПС этих напряжений значения β_T , при которых целесообразно отключение очередного трансформатора приведены в табл. 2 [2].

Таблица 2 – Соотношение потерь, при которых целесообразно отключение трансформатора

n	4	3	2
$\beta_{T\text{МИН}} 110\text{кВ}$	0,43	0,41	0,35
$\beta_{T\text{МИН}} 6-35\text{кВ}$	0,38	0,36	0,31

Из приведенных значений следует, что для наиболее распространенных двухтрансформаторных подстанций отключение одного трансформатора целесообразно, когда коэффициент загрузки трансформаторов снизится ниже 0,3. После отключения коэффициент загрузки оставшегося в работе трансформатора составит 0,6. Снижение потерь мощности при отключении одного трансформатора определяют по формуле

$$\delta P = \Delta P_X - \Delta P_X \cdot \frac{n}{n-1}. \quad (2)$$

Например, рассмотрим в г. Мелитополь ПС «Рабочая» 150/35/10 кВ 2×63 МВА – нагрузка составляет - 0,1. Потребителей I категории электроснабжения - нет, при отключении одного из трансформаторов нагрузка составит - 0,2. Фактически работают, в соответствии с требованием Минэнергоуголь Украины - соблюдать схемы нормального режима, два трансформатора, что вызывает необоснованные потери электроэнергии.

Предложенный в работе подход приводит к значительному сокращению потерь электроэнергии на ПС обследованного предприятия.

Перечень ссылок

1. Правила улаштування електроустановок.- 2-ге вид. переробл. і допов.- Харків: Форт, 2009.- 736 с.
2. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии.- М.: ЭНАС, 2009. - 454 с.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ АКТИВНЫЙ ФИЛЬТР С АНАЛОГОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Кравчук С.Н., Бурлака В.В., к.т.н.; Гулаков С.В., д.т.н., проф.

(VDT Industrial Automation, г. Мариуполь, Украина;

ГВУЗ “Приазовский государственный технический университет”, г. Мариуполь, Украина)

В последнее время значительно возросли число и мощность потребителей электроэнергии, имеющих нелинейный характер (преобразователи частоты, тиристорные преобразователи, импульсные источники питания, электролизные выпрямители, сварочная техника, дуговые печи и т.д.), которые снижают качество электроэнергии в питающей сети из-за генерации в нее высших гармоник. Для устранения негативного влияния высших гармоник на других потребителей, чувствительных к их воздействию (электронные системы управления различными технологическими объектами, электронные системы измерения и регулирования технологических параметров, различное лабораторное оборудование и др.) применяются современные средства активной фильтрации, в том числе активные фильтры (АФ) [1]. При необходимости подавления гармоник напряжения эффективным решением является применение последовательных активных фильтров (ПАФ). Для маломощных потребителей (до 2 кВА) применение импульсных АФ затруднено наличием достаточно высокого уровня собственных помех, лежащих в диапазоне частот от частоты коммутации и выше [2, 3].

Авторами аналоговый ПАФ с выходным током до 10 А, характеризующийся низким уровнем собственных помех. Упрощенная схема его силовой части приведена на рис. 1. ПАФ содержит аналоговую систему управления (СУ), а его силовая часть представлена усилителем $У$, включенным последовательно с нагрузкой.

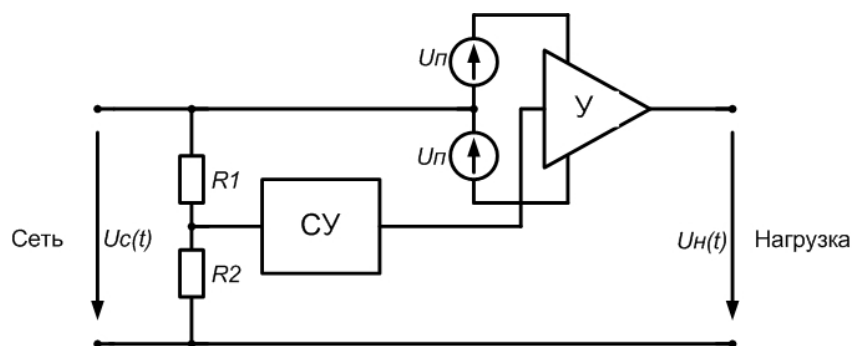


Рисунок 1 – Упрощенная схема ПАФ

Отсутствие согласующего трансформатора в силовой части позволило получить высокий уровень подавления на частотах до нескольких десятков килогерц. Напряжение питания силовой части $Uп$ определяется суммой амплитуд напряжений искажения питающей сети и отклонения от номинального значения, и на практике не превышает 40 В, что позволило применить в качестве силовой части типовой аналоговый усилитель мощности с низким уровнем собственных искажений. Ток нагрузки протекает через выходной каскад силовой части, и выходная мощность фильтра определяется выходной мощностью силовой части. Примененный в силовой части усилитель позволяет обеспечить ток нагрузки 10 А и выходную мощность фильтра до 2 кВА.

СУ формирует аналоговый сигнал управления u_y для управления силовой частью. Напряжение на выходе СУ равно разности напряжения питающей сети и напряжения первой гармоники сети, подаваемое в противофазе относительно сетевого напряжения.

$$u_y(t) = -k(u_c(t) - u_1(t)) \quad (1)$$

Авторами разработана аналоговая СУ, имеющая в составе типовые схемы на операционных усилителях (дифференциальный усилитель, триггер Шмитта, полосовой фильтр и др.). Главным достоинством разработанной аналоговой СУ, по сравнению с существующими цифровыми СУ [2], является работа в режиме реального времени, что дает возможность получить высокий уровень подавления помех и широкую полосу подавления.

Моделирование работы ПАФ выполнено в пакете LTspice IV v4.17. Для моделирования использованы модели электронных компонентов, предоставляемые заводом-изготовителем. Результаты моделирования представлены на рис. 2. Слева приведена АФЧХ полосового фильтра с характеристикой Баттерворта 8-го порядка, примененного в СУ для восстановления первой гармоники сетевого напряжения. Справа приведены осциллограммы входного напряжения фильтра, выходного и продуктов искажений.

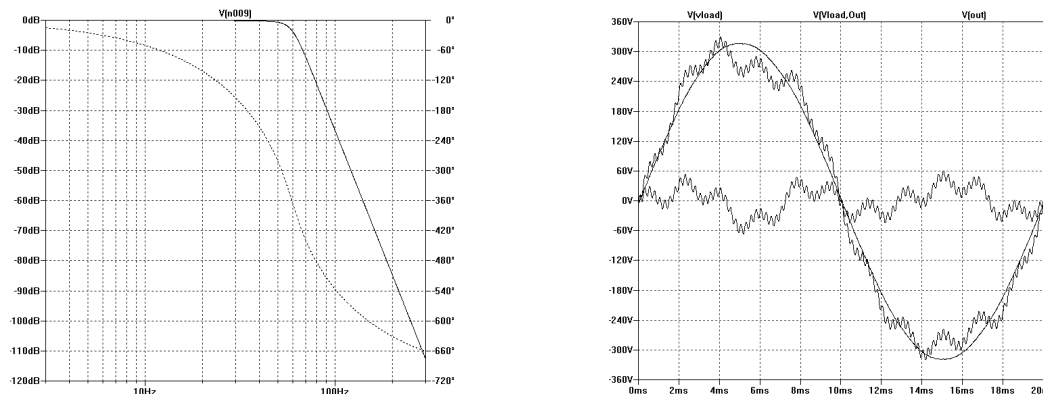


Рисунок 2 – Результаты моделирования

Результаты измерений на изготовленном макете устройства представлены на рис. 3. Слева приведена осциллограмма напряжения на нагрузке, справа – осциллограмма выходного напряжения силовой части.

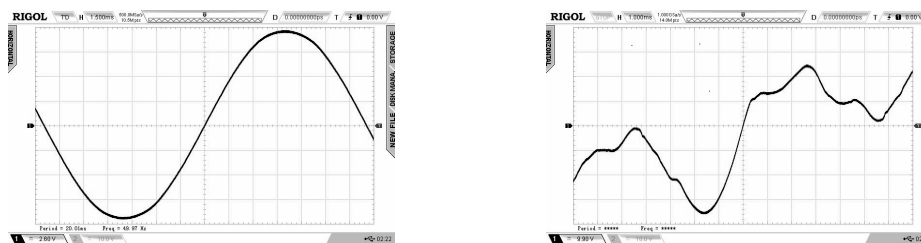


Рисунок 3 – Результаты макетирования

Таким образом, авторами разработан ПАФ, работающий в режиме реального времени, с высоким уровнем подавления и полосой подавления до 100 кГц, построенный с применением типовых аналоговых схемотехнических решений и серийных аналоговых элементов. Полученные результаты подтверждены результатами моделирования и макетирования.

Перечень ссылок

1. Бурлака В.В., Гулаков С.В., Бублик С.К., Дьяченко М.Д. Параллельный активный фильтр с повышенным коэффициентом подавления высших гармоник тока // Вестник ПГТУ. – 2009.
2. Сазонов В.В. Кондиционеры сети на основе активных фильтров // Электротехника. 2007. – №5.
3. Агунов А.В. Улучшение электромагнитной совместимости в автономных электроэнергетических системах ограниченной мощности методом активной фильтрации напряжения. // Электротехника, 2003, № 6.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ РЕСУРСУ ТРАНСФОРМАТОРА

Кігель А.Г., асистент

(ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)

В теперішній час більшість силових трансформаторів, встановлених в мережах споживачів та енергетичних систем, експлуатуються за межами нормативної тривалості терміну роботоспроможності. В той же час з розвитком ринкових взаємин в енергетиці підвищуються вимоги до роботи електроустаткування в частині безаварійності і надійності. Інтегральним показником стану трансформатора є його технічний ресурс: фактичний або спрацьований [1]. Виконані дослідження показують, що розроблення методик визначення ресурсу електроустаткування дозволить об'єктивно оцінювати його поточний стан і тим самим об'єктивно управляти процесами його експлуатації, технічного обслуговування і ремонту. Оскільки силові трансформатори є статичними елементами, то як одиниця виміру напрацювання доцільно вибрати часові одиниці, що відповідає прийнятому терміну тривалості заходу при оперативному керуванні об'єктом [2, 3].

Свого часу за результатами досліджень було встановлено, що головною причиною спрацювання ресурсу трансформаторів електричних мереж являється знос ізоляційних конструкцій [1]. Причиною зносу ізоляції трансформаторів являється велика кількість факторів, але основними являються хімічні реакції, інтенсивність яких залежить від температури, в якій працює ізоляція, значимий вплив на знос ізоляції роблять і динамічні процеси в обмотках, що викликані короткими замиканнями та іншими електродинамічними процесами. Таким чином, рівень зносу ізоляції являється показником виробленого чи залишкового ресурсу [2]. У відповідності до сучасних вимог до систем керування енергетичними об'єктами ресурсна діагностика трансформаторів являється обов'язковою [3].

Істотний вплив на швидкість протікання хімічних реакцій, а значить і на процес спрацювання ресурсу робить температура процесу. Тому за найбільш значущий експлуатаційний чинник для силових трансформаторів доцільно вибрати саме температуру. Значення температури найбільш нагрітої точки трансформатора при роботі з постійним навантаженням визначатиметься наступною формулою:

$$\Theta_{ННТ}^{УСТ} = \Theta_{ОХЛ} + \vartheta_{М.НОМ} \cdot \left(\frac{1 + d(K)^2}{1 + d} \right)^X + \vartheta_{М.НОМ} \cdot (K)^Y, \quad (1)$$

де $\Theta_{ОХЛ}$ - температура середовища, що охолоджує; $\vartheta_{М.НОМ}$ - перевищення температури масла у верхніх шарах над температурою середовища, що охолоджує; $\vartheta_{ННТ.НОМ}$ - перевищення температури найбільш нагрітої точки обмотки над температурою масла у верхніх шарах; d - відношення втрат короткого замикання трансформатора до втрат холостого ходу; K – коефіцієнт навантаження трансформатора ($K = S/S_{НОМ}$); S - фактичне навантаження трансформатора; $S_{НОМ}$ - номінальне навантаження трансформатора; x, y - коефіцієнти (залежать від типу системи охолодження).

Ця формула використовується при роботі трансформатора в сталому режимі. В той же час в процесі експлуатації навантаження трансформатора значно змінюється. За вказаних обставин для оперативного керування доцільно виробити алгоритмізацію розрахунку фактично спрацьованого ресурсу силових трансформаторів при його експлуатації з метою спрощення процесу. Справа у тому, що розрахунок температури найбільш нагрітої точки в перехідних режимах досить трудомісткий і складний, як видно з приведеного вище співвідношення. Крім того, сталі значення $\vartheta_{М.УСТ.2}$ і $\vartheta_{ННТ.УСТ.2}$ можливо отримати через визначене значення часу, що не дозволяє розрахувати перехідний тепловий процес в режимі on-line. Розв'язати цю проблему запропоновано шляхом розбиття даної тривалості експлуатації на короткі часові проміжки (1 хвилина, 5 хвилин, 10 хвилин), на яких значення

температури внаслідок інерційності теплових процесів можна вважати умовно постійним. Таким чином, розрахунок фактично спрацьованого ресурсу трансформатора за дану добу зводиться до ітерації значень напрацювання трансформатора на вказаних коротких відрізках часу. Тривалість цих тимчасових інтервалів на практиці може дорівнювати інтервалам часу надходженням телеметричної інформації про поточне навантаження устаткування. Фактично спрацьований ресурс трансформатора при вказаній температурі найбільш нагрітої точки за даний короткий часовий проміжок Δt визначається по формулі:

$$\zeta_j^* = \frac{\Delta t}{1440} \cdot e^{\frac{\Theta_{\text{ННТ}}^{\text{ПЕР}} - \vartheta_0}{\Delta \vartheta}}, \quad (2)$$

де 1440 - кількість хвилин в добі; $\vartheta_0 = 98 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta \vartheta = 8,656 \text{ }^\circ\text{C}$ [1].

Сумарний фактично спрацьований за добу експлуатації ресурс трансформатора дорівнюватиме сумі елементарних напрацювань:

$$\zeta^* = \sum_{j=1}^K \zeta_j^*, \quad (3)$$

де K - число відрізків часу за добу (залежить від їх тривалості).

Алгоритм розрахунку ресурсу силового трансформатора складається з наступних кроків:

1. Отримання параметрів трансформаторів, а саме: паспортні дані; температурні дані; режим навантаження; коефіцієнти що залежать від типу системи охолодження; інтервал часу.

2. Встановлення параметрів часу: $t = 10 \text{ хв}$.

3. Введення значень $S_{\text{тр}}$; $\Theta_{\text{ОХЛ.СР}}$ з показань приладів.

4. Встановлення параметрів: $S' = S_{\text{тр}}$; $\Theta' = \Theta_{\text{ОХЛ.СР}}$.

5. Якщо рівняння $0 < t < 1440$ є вірне то виконуються наступні дії:

а. Розраховуються коефіцієнти за формулами 1, 2 та 3;

б. Результати розрахунків видаються користувачу системи;

с. Інтервал часу збільшується та система повертається до збору показань даних з приладів.

6. У випадку коли рівняння у пункті 5 невірне, то виконується: $\zeta_{\text{СР.ДОБ.}} = \zeta_{\text{СР.}}$, користувачу виводиться значення $\zeta_{\text{СР.ДОБ.}}$, та алгоритм завершує роботу.

Висновки. 1. За умов сучасного стану електрообладнання систем електропостачання та ринкових стосунків електроенергетиці всіх рівнів потрібне впровадження автоматизованих інформаційних систем, що дозволяють оперативно відстежувати технічний стан устаткування. 2. Для оперативного керування в сучасних умовах запропоновано алгоритм розрахунку ресурсу силових трансформаторів в залежності від величини навантаження, температури довкілля. 3. Програмне забезпечення, написане на основі цього алгоритму, дозволить визначати фактично спрацьований ресурс устаткування. 4. Значення цього показника може використовуватися експлуатуючими організаціями при управлінні процесами технічного обслуговування і ремонту електроустаткування.

Перелік посилань

1. Півняк Г.Г. Експлуатація електроустановок: Навч. посібник / Г.Г. Півняк, А.В. Журахівський, Г.А. Кігель та ін.; За ред. академіка НАН України Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ, 2005.

2. Назарычев А.Н. Методы и математические модели комплексной оценки технического состояния электрооборудования / А.Н. Назарычев, Д.А. Андреев / ГОУ ВПО «Иван. Гос. Энерг. Ун-т им. В.И. Ленина» – Иваново, 2005. – 224.

3. Кігель А.Г. Шляхи підвищення ефективності автоматизованого керування об'єктами енергетичних компаній та систем. / А.Г. Кігель // Електротехніка і енергетика. Наукові праці ДонНТУ. – Донецьк: ДонНТУ, – 2011. – №11. – С. 178–181.

ПОКРОКОВА ОПТИМІЗАЦІЯ НЕПОВНОФАЗНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

Волоцький А.М., ас.; Девятко М.В., к.т.н.; Милосердов В.О., к.е.н.
(Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна)

Несиметричні режими можуть виникати не тільки в нормальних, а й у аварійних режимах, наприклад, при поздовжніх пошкодженнях. При цьому в усіх вузлах навантаження може виникати несиметрія режиму, незалежно від характеру навантаження. В таких умовах актуальним є забезпечення необхідних рівнів якості електричної енергії у вузлах навантаження.

Відомо багато методів оптимізації неповнофазних режимів, однак, всі вони мають низку недоліків, що звужують сферу їх використання. Авторами був розроблений метод, який дозволяє застосувати концепцію системного підходу та розглядати електричну систему, що знаходиться у неповнофазному режимі роботи, з так званого, «верхнього» рівня. Використання цього методу дозволяє контролювати несиметрію режиму одночасно в усіх вузлах системи, враховувати впливи одного вузла на інший, що є важливим при забезпеченні напруги зворотної послідовності в них на рівні, що нормується.

Однак метод, який базується на створенні та використанні математичних моделей, що адекватно описують стан електричної системи в неповнофазному режимі, потребує для свого аналізу не аби яких зусиль. Це пов'язано з тим, що розмірність математичних моделей виходить дуже великою і тим самим ускладнює її аналіз. Так, наприклад, якщо розглядати електричну систему, яка складається з чотирьох вузлів навантаження, розмірність моделі становить 18×36 .

Для спрощення і уникнення вказаних недоліків, в роботі пропонується до уваги метод, де застосовуються елементи покрокової оптимізації і, який базується на ранжуванні вузлів навантажень, починаючи з найбільш важких, з точки зору несиметрії режиму.

Суттєвою перевагою такого підходу є те, що на кожному кроці оптимізації несиметрії режиму в певному вузлі можна використовувати різні математичні моделі, які мають оригінальні критеріальні функції та обмеження. Тому створено деякі адекватні математичні моделі, критеріальними функціями та обмеженнями яких на кожному кроці симетрування використані не тільки технічні вимоги до процесу оптимізації, але й економічні. Керованими змінними в них є струми або потужності у фазах симетрувальних пристроїв, які виконані на базі реактивних елементів. Серед них заслуговують на увагу наступні математичні моделі:

$$\begin{cases} Q_{\text{вст}}(x) \rightarrow \min \\ U_2^{(i)}(x) \leq 2\%U_1^{(i)}, \\ x \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} Q_{\text{вст}}(x) \rightarrow \min \\ \text{Re} \dot{U}_2^{(i)}(x) \leq \pm 2\%U_1^{(i)} \\ \text{Im} \dot{U}_2^{(i)}(x) \leq \pm 2\%U_1^{(i)} \\ x \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} U_2^{(i)}(x) \rightarrow \min \\ U_2^{(i)}(x) \leq U_{2\text{дон}} \\ U_{\min} \leq U_1^{(i)}(x) \leq U_{\max} \\ x \geq 0 \end{cases}, \quad (3)$$

$$\begin{cases} I_2^{(i)}(x) \rightarrow \min \\ U_{\max} \leq U_1^{(i)}(x) \leq U_{\max} \\ x \geq 0 \end{cases}, \quad (4)$$

$$\begin{cases} Q_{\text{вст}}(x) \rightarrow \min \\ U_2^{(i)}(x) \leq U_{2\text{дон}} \\ U_{\min} \leq U_1^{(i)}(x) \leq U_{\max} \\ x \geq 0 \end{cases}, \quad (5)$$

$$\begin{cases} U_2^{(i)}(x) \rightarrow \min \\ U_2^{(i)}(x) \leq U_{2\text{дон}} \\ K_{\text{зон}}^{(i)}(x) \geq K_{\text{зан дон}} \\ x \geq 0 \end{cases}, \quad (6)$$

де $Q_{\text{вст}}(x)$ - встановлена потужність оптимізуемого пристрою;

$U_2^{(i)}(x)$ - напруга зворотної послідовності в i -му вузлі електричної системи;

$I_2^{(i)}(x)$ - струм зворотної послідовності в i -му вузлі;

$K_{\text{зон}}^{(i)}(x)$ - характеристика стійкості i -го вузла навантаження;

x - вектор керованих змінних (наприклад, струм по фазах симетруючого пристрою)

Більшість з математичних моделей пройшли випробування при розв'язку практичних задач і показали збіжність та стійкість оптимальних рішень. Важливою особливістю їх використання при покроковій оптимізації є те, що оптимальне рішення, отримане при симетруванні неповнофазного режиму в i -ому вузлі електричної системи має застосовуватися як базове при створенні математичної моделі та симетруванні режиму в вузлі $i+1$.

Такий підхід дозволяє значно спростити процес оптимізації неповнофазного режиму роботи електричної системи, зберегти принципи системності та адекватність рішень.

Перелік посилань

1. Аввакумов В.Г, О постановке ограниченной по устойчивости узлов нагрузки в задачах оптимального проектирования устройств с использованием силовых реактивных элементов. / В.Г. Аввакумов, А.М. Волоцкий./ В сб. Методы и средства повышения эффективности устройств преобразовательной техники. – Киев: Наукова думка.- 1981, - С. 69-71.

2. Зорин В.В. Об одном правиле предпочтения частных целей в задачах многоцелевой оптимизации качества электроэнергии. / . Зорин В.В., Волоцкий А.М / Эл. сети и системы. Респ. Межвед.научно-техн. сб.- Киев.- 1987,- Вып.23, - С. 43-46.

3. Леонтьев В.О. Симетрування неповнофазних режимів в розподільних електричних мережах./Вінниця.- ВНТУ,- 2009,-163 с.

ЗНАХОДЖЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МГУА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ТОРФУ В ПАРОВИХ ТРУБЧАТИХ СУШАРКАХ

Кулаковський Л.Я., аспірант; Розен В.П., к.т.н., проф.

(Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна)

Застосування ручного регулювання параметрів сушіння торфу, суб'єктивність у визначенні необхідних режимів роботи прагнення забезпечити заданий рівень тільки кінцевої вологості сушенки призводять до високих витрат енергоносіїв, низької продуктивності процесу, його пожежонебезпеки [1, 2]. Вирішення цього питання можливе шляхом математичного опису процесу, що дозволить виявити не тільки основні впливи, але і оптимізувати процес за режимами роботи сушарки.

За допомогою аналізу факторів процесу сушіння торфу оцінюванням анкет експертів торф'яної галузі був зроблений вибір сукупності факторів (ознак), що впливають на техніко-економічні показники режиму роботи парових трубчатих сушарок.

Розробка і дослідження математичної моделі дозволяє виявити фактори, що найбільш сильно впливають на процес сушіння, оптимізувати їх та розробити оптимальну структуру системи управління сушіння. Вибір оптимальної структури моделі залежить від дисперсії (рівня) шуму, довжини вибірки, вхідних впливів (планів експерименту) і параметрів об'єкта та взаємозв'язку між ними.

В останні роки формується напрям „м'яких розрахунків” для знаходження математичної моделі (англ. soft computing), що об'єднує синергетичний ефект імовірнісних міркувань, теорії нейронних мереж та методів еволюційного (індуктивного) моделювання [3].

За допомогою генетичних алгоритмів або алгоритму метода групового урахування аргументу (МГУА) можна отримати модель у формі математичних рівнянь. Основна перевага генетичного алгоритму в його очевидності і багатих можливостях для введення різних евристик. Недолік – відносно повільна збіжність [3]. Незважаючи на тисячі успішних практичних застосувань, збіжність генетичного алгоритму досі залишається відкритою теоретичною проблемою. МГУА володіє перевагами, коли відсутня або майже відсутня апріорна інформація про структуру моделі і розподіл її параметрів та коли даних спостережень вкрай мало, навіть у випадку, коли параметрів моделі більше, ніж число спостережень [4]. Тому для створення математичної моделі процесу сушіння торфу доцільно використовувати МГУА.

Рішення практичних завдань і розвиток теорії МГУА привели до розробки широкого спектру алгоритмів індуктивного моделювання. Серед параметричних алгоритмів найбільш відомими є комбінаторний (англ. COMBI) алгоритм і багатошаровий ітераційний алгоритм (англ. MIA) [5].

Основний комбінаторний алгоритм МГУА має багаторядну ітераційну структуру. Його особливість полягає в тому, що правило ітерації не залишається постійним, а розширюється з кожним новим рядом. Ідея комбінаторного алгоритму: не пропустити жодного із можливих моделей. Натомість основна ідея MIA алгоритму - зменшити кількість моделей, що розглядаються на кожному ряді [5].

Параметри MIA моделей:

- кількість рядів – 13 (кількість рядів відповідає кількості факторів моделі);

- максимальна кількість з'єднань для утворення одиниці сполучення в ряді – 6.

Для параметричних моделей – кількість моделей, що розглядається на кожному рівні складності – 6. Вибір незначної кількості з'єднань для алгоритму MIA (половини кількості всіх факторів цільових функцій) та кількості моделей для параметричного алгоритму

пов'язано із необхідністю скорочення факторів технологічного процесу для відбору найбільш інформативних ознак, що дозволить відсіяти не шумові ознаки, підвищити швидкість виконання алгоритмів, зменшити загальну похибку моделі, оскільки кожна ознака має свою вимірну похибку та знайти модель оптимальної складності при якій перенавчання мінімальне.

Результати моделювання процесу сушіння торфу в парових трубчатих сушарках комбінаторним та МІА алгоритмами представлені таблицею відхилень значень отриманих моделей від дійсних значень (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення середньоквадратичної (англ. RMSE) та абсолютної похибки (англ. MAE) моделей цільових функцій

Цільова функція	Алгоритм навчання	RMSE	MAE
Теплоспоживання, Y_1	COMBI	0,094824	0,7643
	MIA	0,022121	0,5323
Електроспоживання, Y_2	COMBI	0,007121	0,5908
	MIA	0,006745	0,5212
Температура сушенки, Y_3	COMBI	0,057419	0,03953
	MIA	0,044706	0,00805
Температура відходящих газів, Y_4	COMBI	0,038591	0,4686
	MIA	0,036048	0,5143
Продуктивність сушарки, Y_5	COMBI	0,052505	0,1679
	MIA	0,044802	0,2668
Вологість сушенки, Y_6	COMBI	0,053298	0,05927
	MIA	0,013399	0,03599
Вологорізниця сушенки, Y_7	COMBI	0,057419	0,3195
	MIA	0,019476	0,1307

За результатами моделювання можна зробити висновок, що хоч COMBI моделі МГУА і мають невелику розмірність, що зручно для виконання оптимізаційних алгоритмів, проте вони мають значно більшу середньоквадратичну похибку ніж МГУА з МІА алгоритмом, а отримання моделі вимагає більше затрати часу, оскільки на кожному етапі вибирається деяка кількість кращих за вибраними критеріями моделей.

В результаті проведеного моделювання був вибраний алгоритм побудови математичної моделі та отримані цільові функції процесу сушіння торфу в парових трубчатих сушарках. Для формування енергозберігаючих режимів роботи сушарки необхідно дослідити аддитивну функцію теплоспоживання та електроспоживання на мінімум при дотриманні якісних характеристик сушенки (вологості, температури, вологорізниці) та умовам пожежобезпеки (температури відходящих газів).

Перелік посилань

1. Гнеушев В.О. Брикетування торфу: Монографія / В.О. Гнеушев // Рівне: НУВГП, 2010. – 167 с.
2. Наумович В.М. Искусственная сушка торфа / В.М. Наумович. – М.: Недра, 1984. – 78 с.
3. Zadeh L.A. Fuzzy logic, neural network and softcomputing // Communication of the ACM, 1994, vol.37,N3.- P.77-84.
4. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А.Г. Ивахненко. – К.: «Наук. думка», 1982. – 296 с.
5. Ивахненко А.Г. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным / А.Г. Ивахненко, Ю.П. Юрачковский. – М.: Радио и связь, - 1987. – 120 с.

ЗАПРОВАДЖЕННЯ ДВОБІЧНОГО ЗАХИСНОГО ЗНЕСТРУМЛЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ЯК ДІЄВИЙ ЗАХІД ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ШАХТНИХ ПРОМИСЛОВИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ

Маренич К.М., к.т.н., доцент

(ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, м. Донецьк, Україна)

Значна складова енергоємних виробництв в промисловому секторі економіки України обумовлює необхідність наявності відповідних енергетичних ресурсів, найважливішим з яких є кам'яне вугілля. Отже, вугільна промисловість є стратегічно важливою галуззю, що визначає енергетичну незалежність і самодостатність держави.

Тенденцією сьогодення є підвищення потужності електромеханічного устаткування технологічних установок гірничих підприємств, що потребує застосування більш потужних приводних асинхронних двигунів, трансформаторних підстанцій, кабелів збільшених перерізів і довжин, використання переведення дільничних електромереж на напругу живлення підвищеного номінального рівня (1140 В. або 3300 В). Однак, все це обумовлює підвищення потужностей енергетичних потоків у рудникових дільничних електротехнічних комплексах, наслідком чого є збільшення параметрів небезпеки (величина струму та його тривалість) в колах міжфазного короткого замикання, дугоутворення, а також в колі витоку струму на землю. Широке використання гнучких кабелів (з обмеженими параметрами механічної міцності) для електроживлення нестационарного устаткування в умовах шахти обумовлює високу ймовірність виникнення вказаних аварійних і небезпечних станів.

Структура шахтних дільничних електротехнічних комплексів підпорядкована загальному принципу, згідно з яким напруга високого рівня перетворюється до рівня номінальної напруги дільничної мережі безпосередньо в місці розташування розподільчого пункту і подається до асинхронних двигунів споживачів за допомогою кабельних ліній, що підключені за радіальною схемою і комутуються контакторами пускачів, або напівпровідниковими регуляторами. При цьому, в разі виникнення аварійного або небезпечного стану функція засобів струмового захисту і захисту від витоку струму на землю полягає у відокремленні енергетичного потоку, що надходить в мережу дільниці від комплектної трансформаторної підстанції.

Практика експлуатації свідчить, що захисна дія вказаних засобів не є достатньою, оскільки стан мережі дільничного електротехнічного комплексу шахти після вимкнення напруги живлення певний час визначатиметься параметрами зворотних енергетичних потоків асинхронних двигунів споживачів. Ця проблематика обумовлює доцільність удосконалення структури схеми електротехнічного комплексу шахтної дільниці з метою запровадження автоматичного захисного двобічного знеструмлення мережі шляхом застосування автономно діючих технічних засобів відокремлення зворотних енергетичних потоків асинхронних двигунів та потребує відповідних досліджень.

Враховуючи на тенденцію застосування високо потужних асинхронних двигунів, що мають підвищений рівень постійної часу і спроможні тривало підтримувати високий рівень зворотної ЕРС у стані вибігу, проблема автоматичного її відокремлення в процесі захисного знеструмлення мережі шахтного дільничного електротехнічного комплексу набуває безумовної практичної та наукової актуальності.

Виконаними дослідженнями доведено, що рішенням даної проблеми може бути запровадження двобічного захисного знеструмлення шахтної дільничної мережі за умови використання штатних захисних засобів захисту від коротких замикань і витоків струму на землю, екранованих шахтних гнучких кабелів із заземленими заземлюючими жилами та засобів автономного визначення стану кабелів живлення асинхронних двигунів при їхньому

застосуванні безпосередньо у приєднаннях цих двигунів при запровадженні захисної функції у якості відокремлення зворотних енергетичних потоків. Запровадження вказаної функції пояснюється наступним (рис.1).

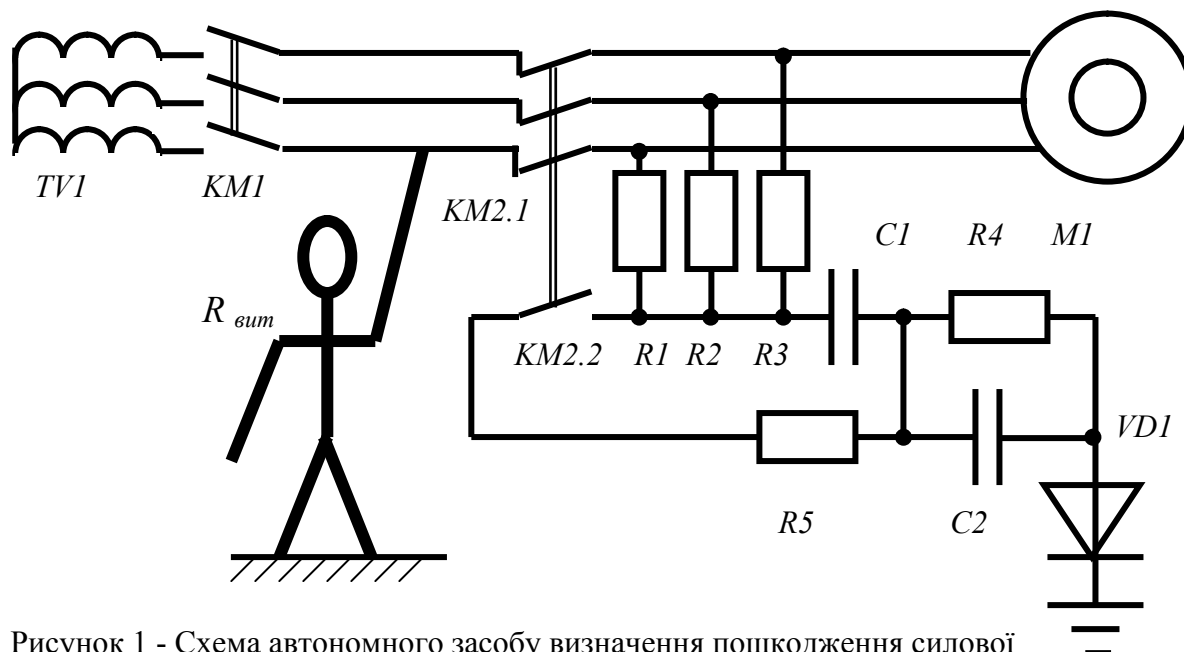


Рисунок 1 - Схема автономного засобу визначення пошкодження силової ланки електроживлення асинхронного двигуна і захисного відокремлення його зворотного енергетичного потоку

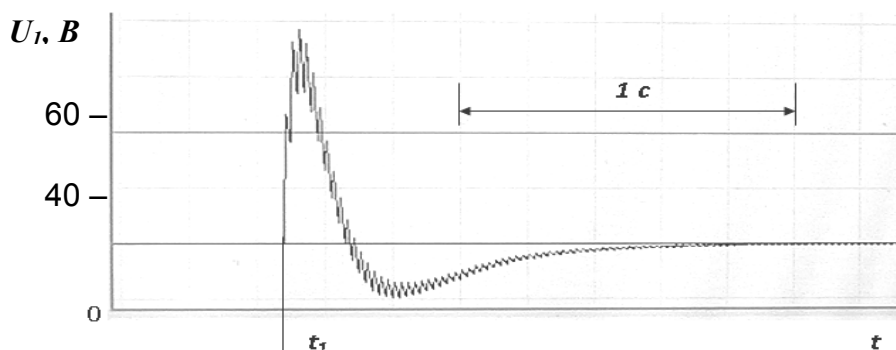


Рисунок 2 - Осцилограма напруги на резисторі $R4$ ланцюга визначення оперативного параметру засобу відокремлення зворотного енергетичного потоку асинхронного двигуна при виникненні в момент t_1 пошкодження живлячого кабелю

В схемі автономного засобу визначення аварійного (небезпечного) стану кабелю живлення асинхронного двигуна ланка з конденсаторів $C1 - C2$ і діода $VD1$: підтримує режим ізольованої нейтралі мережі за відсутності однофазного витоку струму на землю, унеможливує протікання постійного струму, включаючи оперативний струм апарата захисту від витоків струму на землю (тобто, не впливає на його захисні функції); в момент t_1 виникнення однофазного витоку на землю (через опір R_{sum}) створює імпульс напруги U_1 обмеженої тривалості на резисторі $R4$, достатній для приведення в дію реагуючого органу (РО) засобу відокремлення зворотного енергетичного потоку асинхронного двигуна (рис. 2) Для повернення схеми до первинного стану після спрацьовування має виконуватися шунтування конденсатора $C1$ додатковим контактом $KM2.2$ виконавчого пристрою $KM2$.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТЯГОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Полях О.М., Доля В.М.

(Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпропетровськ, Україна)

Силові трансформатори являються основними конструктивними елементами у електропостачанні залізниць змінного та постійного струму. Тому необхідно приділяти особливу увагу заходам по підвищенню надійності силових трансформаторів.

Згідно ГОСТ 52719-2007 для силових трансформаторів встановлюються наступні вимоги: напрацювання на відмову повинно бути не менше 25000 годин; термін роботи не менше 30 років. Однак аналіз даних про відмови силових трансформаторів тягових підстанцій на Укрзалізниці показує, що в основному пошкодженням піддаються трансформатори, термін роботи яких відповідає терміну до першого капітального ремонту і становить приблизно 12 років. Це пояснюється тим, що порівняно з трансформаторами підстанцій енергосистем і промисловості, силові трансформатори тягових підстанцій працюють у більш важких умовах.

Існуючий комплекс діагностичних заходів не дозволяє виявити на ранніх стадіях процеси розвитку відмов у роботі силових тягових трансформаторів. Тому при експлуатації пропонується проводити додаткову періодичну діагностику їх стану.

Вимоги до технічного обслуговування і ремонту тягових підстанцій, трансформаторних підстанцій та лінійних пристроїв тягового електропостачання передбачає наступну періодичність заходів з технічного обслуговування і ремонту силових трансформаторів: хроматографічний аналіз масла – 1 раз на рік для трансформаторів 35-110 кВ, та 1 раз на 6 місяців для трансформаторів класом напруги 220кВ; профілактичні випробування трансформаторів виконуються 1 раз на 4 роки; періодичність ремонту: - поточний ремонт трансформаторів виконують 1 раз на 2 роки; - поточний ремонт систем охолодження виконують щорічно; - середній ремонт трансформаторів виконують 1 раз на 8 років; - періодичність капітального ремонту не регламентується. Найбільш часто виконується тільки газохроматографічний контроль, який виявляє теплові та електричні види пошкоджень. Тому необхідно виконувати уточнений системний контроль і діагностику стану силових трансформаторів при експлуатації з урахуванням динаміки розвитку дефектів.

Пропонується відмовитися від технічного обслуговування і ремонту силових тягових трансформаторів за терміном експлуатації і переходу до ремонту тягових силових трансформаторів по фактичному технічному стану застосовуючи систему контролю та діагностики стану силових тягових трансформаторів при їх експлуатації.

Система контролю та діагностики стану тягових силових трансформаторів повинна забезпечувати наступні функції:

- система сама визначає оптимальний набір діагностичних параметрів і методів діагностування, що охоплює і виявляє як можна більше число дефектів;
- система має виявляти дефекти на ранній стадії та пропонувати виконати відповідний ремонт, коли він може бути проведений з порівняно малими витратами;
- система повинна визначати вид, ступінь розвитку, місце знаходження пошкодженого елемента або вузла трансформатора;
- система на основі діагностики силового тягового трансформатора, та проаналізувавши діагностичні параметри, повинна надавати обґрунтовані рекомендації по обслуговуванню і ремонту трансформатора.

Застосування інформаційного аналізу для системи діагностики тягових трансформаторів дозволить створити більш надійну систему тягового електропостачання, зменшити трудовитрати та час на технічне обслуговування і ремонт.

Література

1. Полях О.М. Аналіз систем діагностування тягових трансформаторів [Текст] / О.М. Полях // Энергосбережение Энергетика Энергоаудит. 2013. – № 6 (112) – 38 с.
2. Аналіз роботи господарства електрифікації та електропостачання в 2011 році / Державна адміністрація залізничного транспорту України Укрзалізниця. Головне управління електрифікації та електропостачання. – К. : – 2012. – 324 с.
3. Бобров Е. Г. Нормирование и контроль ресурса динамической прочности трансформаторов тяговых подстанций переменного тока [Текст] / Е. Г. Бобров // Вестник ВНИИЖТ. 1973. № 4.

ВИЗНАЧЕННЯ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ МАГНІОСТРИКЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ПРИ ІМПУЛЬСНОМУ ЗБУДЖЕННІ

Кошеленко Є.В., аспірант; Випанасенко С.І., д.т.н., проф.

(Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)

Технологія ультразвукового очищення широко застосовується у сучасній промисловості. За її допомогою з виробів знімають забруднення після консервації, транспортування, експлуатації та механічної обробки перед нанесенням на них захисних, зміцнювальних та інших покриттів. Ця технологія застосовується як для мініатюрних виробів (деталей годинників, ювелірних прикрас), так і для великих об'єктів, таких як котли та теплообмінне обладнання. Швидко розвивається процес очищення деталей та вузлів дизельних та карбюраторних двигунів, де застосування ультразвуку зумовлене не тільки високою якістю очищення, але й неможливістю використання інших способів усунення забруднень з поверхонь складної форми.

Інтенсивність та якість очищення поверхонь залежить від різних чинників. З однієї сторони це чинники, зумовлені видом забруднення – міцність зчеплення між оброблюваною поверхнею та забруднюючою речовиною, здатність до розчинення цієї речовини у рідинах тощо. З іншого боку це вид та параметри технологічної дії на об'єкт, що підлягає очищенню. Так, очищення може відбуватися у різних мийних речовинах – у воді, розчинах лугів та кислот, органічних розчинниках. Очищення може відбуватися з нагріванням технологічного середовища разом з очищуваними деталями та з рештою може бути застосоване ультразвукове озвучування мийного середовища ультразвуковими хвилями різної частоти та інтенсивності. Зокрема, розповсюдженими є ультразвукові мийні установки з синусоїдальним збудженням джерела ультразвуку (стрижня з магніострикційного чи п'єзокерамічного матеріалу). Однією з головних вимог, що висуваються до технологічного процесу очищення, є його відтворюваність та забезпечення стабільності результату. Значна увага приділяється стабілізації амплітуди коливань стриктора[1]. Проте стабілізація цього параметра при зміні навантаження вимагає відповідної зміни потужності джерела ультразвуку. Варто зауважити, що поширеними є установки, в яких частота збудження коливань регулюється у незначних межах близько $\pm 5..10\%$. Проте, інтенсивність кавітаційних процесів зростає з підвищенням частоти збуджуючого ультразвукового поля. Ідея застосування імпульсного збудження в технологічних процесах, де зростання частоти збудження призводить до інтенсифікації технологічної обробки, знаходить своє застосування у практиці. Тому актуальним буде дослідження імпульсного збудження ультразвукового поля в мийній рідині.

Для аналізу режиму імпульсного збудження магніостриктора ультразвукової мийної ванни було застосовано розповсюджену схему заміщення, що представляє собою послідовний коливальний контур (рис.1). [2]

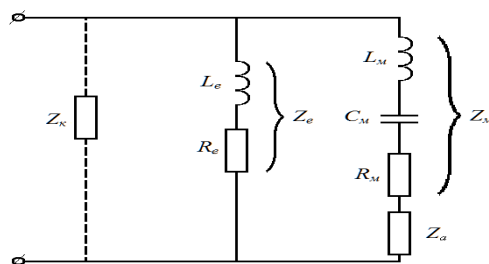


Рисунок 1 – Еквівалентна схема заміщення магніостриктора, що враховує лише дію струму основної частоти.

На схемі заміщення Z_m - еквівалентний комплексний опір, що відповідає механічній частині магнітострикційного перетворювача, Z_a - еквівалентний комплексний опір акустичного навантаження, Z_e - комплексний опір електричної частини магнітострикційного перетворювача, Z_k - комплексний опір електричного кола живлення перетворювача.

Метою роботи є аналіз потужності стрижневого магнітостриктора з урахуванням вищих гармонійних складових струму та з'ясування необхідності включення у схему заміщення ультразвукової магнітострикційної установки гілок, що враховують дію цих гармонік.

Застосовуючи диференціальне рівняння коливань магнітостриктора, виражене через механічні параметри системи:

$$M\ddot{x} + W\dot{x} + Gx = F \cos \omega t,$$

де M – маса половини стрижня; W – коефіцієнт динамічної в'язкості; G – еквівалентна жорсткість, $F \cos \omega t$ - закон зміни збуджуючої сили. А також застосувавши залежність механічних параметрів навантаження від частоти, знайдемо відношення потужностей, що віддає стриктор на базовій частоті f_0 та на частоті гармоніки h - f_h . Після

виконання необхідних обчислень, знаходимо, що $\frac{P_h}{P_0} = \frac{1}{h^2} \cdot \frac{F_h^2}{F_0^2}$.

Практичний інтерес являють гармоніки, на яких потужність складає не менше 5% від потужності на основній резонансній частоті, тобто для яких виконується умова $P_h \geq 0,05P_0$. З урахуванням того, що амплітуда збуджуючої сили пропорційна амплітуді відповідної гармоніки струму збудження магнітостриктора, $F_0 \sim I^{(1)}$, $F_h \sim I^{(h)}$, з'ясуємо, яким має бути відношення амплітуд вищих гармонік струму через його обмотку збудження до амплітуди першої гармоніки, щоб потужність, яка віддається стриктором на цій гармоніці була значущою і відповідну гілку потрібно було включати у схему заміщення магнітостриктора (табл. 1).

Таблиця 1 – Відношення амплітуд вищих непарних гармонік струму в обмотці збудження магнітостриктора до амплітуди першої гармоніки

h	3	5	7	9
$\frac{I^{(h)}}{I^{(1)}}$	0,67	1,12	1,57	2,01

Таким чином, якщо відношення амплітуди h – і гармоніки струму до амплітуди першої гармоніки при імпульсному збудженні магнітостриктора більше значення, зазначеного у таблиці, то дія цієї гармоніки повинна враховуватися при аналізі роботи ультразвукової установки і відповідна гілка повинна бути включена у схему заміщення магнітостриктора.

Висновок. У даній роботі досліджена залежність потужності магнітострикційного перетворювача від частоти струму. Визначені співвідношення між гармоніками імпульсного струму, при яких потужностями вищих гармонійних складових можна знехтувати. Це дозволяє застосувати схему заміщення, що враховує дію в магнітострикторі лише гармонік, на яких віддається не менше 5% потужності порівняно з базовою гармонікою, і на цій основі спростити аналіз.

Перелік посилань

1. Петушко І.В. Автоматизація технологічних процесів ультразвукової обробки рідких та твердих середовищ: дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук / І.В. Петушко. – С.Пб., 2005. – 329 с.
2. Про деякі особливості узгодження системи тиристорний перетворювач частоти – навантаження при роботі інвертора на ультразвукову мийну ванну: тез. доп. всесоюз. наук.-техн. конф. “Застосування у технологічних процесах машинобудівного виробництва напівпровідникових перетворювачів частоти”, Уфа, 1980 р. – Уфа: Уфим. авіац. ун-т, 1980. – 186с.

АДАПТИВНЫЕ ПИД-РЕГУЛЯТОРЫ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ КАМЕРНОЙ ПЕЧИ С ВЫДВИЖНЫМ ПОДОМ

Скоробогатова И.В., аспирант

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Камерная печь является многосвязным нелинейным объектом управления с транспортной задержкой.

Условно, процесс термической обработки металла в камерных печах с выдвижным подом разделяется на два технологических периода: период основного нагрева и период выдержки. В период основного нагрева необходимо стабилизировать температуру уходящих газов в рабочем пространстве печи. Период выдержки или томления характеризуется постепенным снижением температуры дымовых газов до заданного значения температурной картой печи.

При построении системы автоматического управления работой камерной печи важно учитывать особенности нового режима сжигания газо-воздушной смеси.

Основными требованиями к системе управления нагревом металла в энергосберегающем режиме являются: учет максимальной мощности горелок, так как в период основного нагрева мощность достигает максимального значения, в отличие от периода выдержки; рациональный выбор типа регулятора и алгоритма его настроек (идентификация, расчет, ввод параметров, настройка и подстройка коэффициентов регулятора) [1].

Настройка ПИД - регуляторов может осуществляться в автоматическом режиме по требованию оператора или в режиме адаптации.

Известны методы настройки параметров регуляторов: метод незатухающих колебаний (метод Зиглера и Николса), метод затухающих колебаний, метод Шубладзе и т.д.

Метод Зиглера и Никольса является наиболее простым методом, так как при описании объекта управления используются только два параметра, но при этом не учитываются требования к запасу устойчивости системы управления.

В режиме предварительной идентификации параметров регулятора без расчета параметров модели объекта в замкнутом контуре управления достичь заданного качества переходного процесса достаточно сложно, так как амплитуда колебаний превышает допустимое значение, то есть процесс носит автоколебательный характер. Последующая идентификация производится при отключенном регуляторе с подачей на вход объекта управления ступенчатого воздействия. Однако этот метод расчета параметров регулятора дает приближенные настройки. Коррекция параметров в режиме адаптации происходит в замкнутом контуре при подаче на вход импульсного воздействия [2].

Так как при настройке параметров регуляторов системы автоматического управления энергосберегающим режимом камерной печи коэффициент усиления разомкнутой цепи повышается, то это приводит к необходимости обеспечения малых постоянных времени, нелинейных факторов, величины запаздывания, в противном случае нарушается устойчивость системы. Следовательно, параметры регулятора должны адаптироваться к изменяющимся параметрам технологического процесса нагрева металла в печи при заданной точности и качестве системы управления.

При расчете параметров регулятора применяемые методы адаптации разделяются на методы, основанные на идентификации и методы, для которых не требуется расчет параметров модели объекта управления.

Так как камерная печь является многомерным объектом, то динамика параметров управляющих устройств без идентификации не позволяет получить корректные настройки регуляторов, а значит, применение идентификатора для адаптации позволит решить эту проблему [4].

Вместе с тем, возникает задача диагностики переходных характеристик процесса нагрева металла в условиях энергосберегающего режима, а также задача идентификации модели технологического процесса.

Основными требованиями к алгоритмам адаптации настроек ПИД - регуляторов являются: выбор в автоматическом режиме вида переходного процесса системы управления нагревом металла в печи и перенастройка коэффициентов регулятора в замкнутом контуре. Перенастройка должна осуществляться только при несоответствии критериям качества системы управления работой камерной печи.

Настройка коэффициентов ПИД - регулятора может осуществляться в автоматизированном режиме при помощи пакета Simulink Response Optimization программы MATLAB.

Принцип действия поиска и настройки коэффициентов ПИД - регулятора с учетом заданной формы переходного процесса основан на применении градиентного метода. Этот метод обеспечивает минимизацию функции штрафа за нарушение ограничений по установлению переходного процесса системы управления энергосберегающим режимом камерной печи.

При регулировании процесса нагрева металла в печи практическая реализация ПИД - регуляторов усложняется при настройке их дифференциальных составляющих.

В настоящее время 30 % ПИД - регуляторов содержат неправильные настройки [3]. Необходимость перенастройки коэффициентов регуляторов возникает в результате изменения положения задвижек газа и воздуха и шиберов дымовых газов, так как в этом случае изменяется коэффициент усиления объекта управления [4].

Корректная установка параметров ПИД - регуляторов в условиях энергосберегающего режима позволит не только повысить КИТ, но и обеспечит равномерное распределение тепла по сечению металла, а, следовательно, исключит выход бракованной продукции при обработке давлением.

Таким образом, возникает необходимость разработки алгоритма адаптивных регуляторов, так как традиционный метод ПИД - регулирования не обеспечивает качество переходных процессов.

Перечень ссылок

1. Изерман Р. Цифровые системы управления: Пер с англ. И. М. Макарова – М.: Мир, 1984. – 541с., ил.
2. Шубладзе А. М. Автоматически настраиваемые адаптивные регуляторы/ А.М.Шубладзе, С.В. Гуляев, В.А. Малахов// Промышленные АСУ и контроллеры. – 2007. - №7. – с.12-17
3. Leva A., Cox C., Ruano A. Hands-on PID autotuning: a guide to better utilization. IFAC Professional Brief. - <http://www.ifac-control.org>.
4. Штейнберг Ш.Е. Адаптация стандартных регуляторов к условиям эксплуатации в промышленных системах регулирования / Ш.Е. Штейнберг, И.Е. Залуцкий // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2003. – №4. – С. 11-14.3.

ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГИ ДЛЯ ЗАХИСТУ ІЗОЛЯЦІЇ ЕКРАНУ КАБЕЛЯ

Шевченко С.Ю., к.т.н., проф.; Довгалоук О.М., к.т.н., доц.; Піротті О.Є., к.т.н., доц.; Єрмоленко Б.Ф., зав. лаб.

(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна)

В Україні експлуатується значна кількість кабельних ліній (КЛ) різної напруги та функціонального призначення. Так кабелі напругою 0,4-110 кВ застосовуються для забезпечення ефективного електропостачання споживачів усіх категорій за ступенем надійності електропостачання в тих місцях, де будівництво повітряних ліній неможливе або утруднене в силу об'єктивних причин. Їх прокладка здійснюється в містах, котеджних селищах, на територіях промислових підприємств, в мережах як зовнішнього, так і внутрішнього електропостачання. Кабелі напругою 110-500 кВ отримують все більше застосування для виведення потужності від енергоблоків ГЕС до відкритих розподільчих установок або пунктів переходу через важкопрохідні місцевості, для глибоких вводів електроенергії в міста, електропостачання енергоємних промислових підприємств, а також для введення високої напруги безпосередньо до цехів для живлення потужних агрегатів

На сьогоднішній день для мереж середньої та високої напруги найбільше поширення отримують силові однофазні кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену. Високий рівень напруги жили таких кабелів призводить до необхідності використання металевого екрану, основним призначенням якого є забезпечення рівномірності електричного поля, що впливає на ізоляцію кабелю. Це досягається тільки у разі заземлення екрану, яке виконується по кінцях кабеля.

Протягом терміну експлуатації кабельні мережі неодноразово наражаються на дію різних за природою перенапруг, які за характером можна розділити на атмосферні, що виникають при дії на мережу атмосферної електрики, та внутрішні, до яких відносяться комутаційні, стаціонарні й квазістаціонарні перенапруги. Це викликає необхідність захисту кабелів від подібних негативних впливів. Ця задача є досить важливою для енергетики, а іноді стає однією з пріоритетних як при проектуванні кабельних мереж, так і при їх експлуатації.

Основним видом захисних апаратів, що застосовуються для захисту КЛ від перенапруг, є обмежувачі перенапруги (ОПН). Для надійного захисту КЛ необхідно здійснити коректний вибір ОПН, для чого слід враховувати технічні характеристики самого ОПН, параметри мережі та захищуваного обладнання. Це забезпечується шляхом виконання загальних умов вибору ОПН [1]: за найбільшою робочою напругою ОПН ($U_{нро}$); подальшим уточненням вибору $U_{нро}$, якщо в мережі можливі тривалі підвищення напруги понад нормоване значення найбільшої робочої напруги мережі; за номінальним розрядним струмом (I_n); питомою енергоємністю (W_{num}) і струмом пропускної здатності ОПН (I_{2000}); залишковою напругою ОПН для захисту від комутаційних та грозових перенапруг; за умовами забезпечення вибухобезпечності та умовами експлуатації; обґрунтуванням місця встановлення ОПН.

Особливої уваги потребує вибір ОПН для захисту ізоляції екрану кабеля, оскільки він має значні особливості. Спосіб з'єднання і заземлення екранів кабелю помітно впливає на струми та електричні втрати в екранах, його пропускну здатність та величину напруги на екрані відносно землі, тобто на надійність роботи кабелю і безпеку його обслуговування. З урахуванням зазначеного для боротьби з паразитними струмами і втратами в екранах кабелів можуть застосовуватися різні технічні рішення, такі як часткове (одностороннє) розземлення екранів кабелів та транспозиція екранів [2].

Для захисту ізоляції екрану таких кабелів відносно землі застосовуються ОПН спеціального типу, що встановлюються в незаземлених кінцях екранів та у вузлах транспозиції. Вибір характеристик для таких ОПН базується на результатах розрахунків напруги промислової частоти на ізоляції екрану. Характеристики ОПН, призначеного для захисту ізоляції екрану кабелю, повинні вибиратися виходячи з двох основних критеріїв:

- забезпечення надійного захисту ізоляції екрану при грозових і комутаційних перенапругах;

• забезпечення надійної роботи самого ОПН в сталих і квазістаціонарних режимах, тобто в нормальному режимі та при коротких замиканнях (КЗ) в мережі відповідно.

Для забезпечення цих умов визначається величина найбільшої робочої напруги ОПН

$$U_{\text{про}} \geq \frac{U_e}{\kappa_{\text{н-в}}(T)}, \quad (1)$$

де U_e – найбільше можливе діюче значення напруги промислової частоти на розімкненому кінці КЛ або у вузлі транспозиції; T – час його впливу на ОПН; $\kappa_{\text{н-в}}(T)$ – типова характеристика «напруга-час» у відносних одиницях $U_{\text{про}}$ робочої напруги ОПН. При використанні транспозиції найбільша напруга на ізоляції екранів досягається у вузлах транспозиції і визначається як $U_e = \frac{X^* \cdot I_{\text{ж}} \cdot l_{\text{к}}}{3N}$ в симетричному режимі або $U_e = \frac{2 \cdot X^* \cdot I_{\text{ж}} \cdot l_{\text{к}}}{9N}$ – в несиметричному, де X^* – індуктивний опір петлі «екран-жила»; $I_{\text{ж}}$ – струм в жилі кабелю; $l_{\text{к}}$ – довжина КЛ; N – число циклів транспозиції.

Якщо прийняти $T = 1$ с (час існування КЗ в розрахунках термічної стійкості екранів кабелю), то найбільша робоча напруга ОПН, встановлюваного для захисту ізоляції екрану кабелю, повинна задовольняти наступному виразу

$$U_{\text{про}} \geq \frac{U_e}{1,35}. \quad (2)$$

Оскільки вибір способу заземлення екрану заснований на забезпеченні $U_e \leq U_e^{\text{дон-1}}$, де $U_e^{\text{дон-1}} = 5$ кВ, то найбільша робоча напруга ОПН, як правило, повинна задовольняти умові

$$U_{\text{про}} \geq \frac{U_e^{\text{дон-1}}}{1,35} = 3,7 \text{ кВ}. \quad (3)$$

Обраний таким чином ОПН, що має найбільшу робочу напругу $U_{\text{про}}$, матиме залишкову напругу в режимі обмеження грозових і комутаційних перенапруг $U_{8/20}$ і $U_{30/60}$, які пов'язані з $U_{\text{про}}$ наступним чином

$$U_{8/20} = (\sqrt{2} \cdot U_{\text{про}}) \cdot K_{8/20}, \quad U_{30/60} = (\sqrt{2} \cdot U_{\text{про}}) \cdot K_{30/60}, \quad (4)$$

де $K_{8/20}$ і $K_{30/60}$ – кратності обмеження грозових і комутаційних перенапруг, які для сучасних ОПН, як правило, близькі до значень $K_{8/20} = 2,1$ і $K_{30/60} = 1,75$.

Якщо напруги $K_{8/20}$ і $K_{30/60}$ із запасом менше імпульсної міцності ізоляції екрану при перенапругах, то вибір ОПН проведений правильно. Якщо напруга $K_{8/20}$ або $K_{30/60}$ вище імпульсної міцності ізоляції екрану, то необхідно використовувати ОПН з більш низьким значенням $U_{\text{про}}$, що виявляється можливим за рахунок зниження впливаючих на ОПН напруг U_e , що досягається збільшенням числа місць заземлення екранів або збільшенням числа циклів транспозиції. Виробники кабелів не надають інформації щодо імпульсної міцності ізоляції екрану, визначаючи лише постійну напругу для випробовування ізоляції екрану перед введенням в експлуатацію, яка дорівнює 10 кВ. Враховуючи помітне підвищення міцності ізоляції кабелів на імпульсних напругах в порівнянні з постійними, цілком припустимо приймати $U_{\text{про}} = 5$ кВ, що забезпечить надійну роботу ОПН навіть при тривало існуючих у мережі КЗ, супроводжуваних підвищенням напруги промислової частоти на екранах відносно землі; досить надійний захист ізоляції екрану кабелю при грозових і комутаційних перенапругах.

Таким чином, проведений аналіз особливостей функціонування та виконання захисту КЛ від грозових і внутрішніх перенапруг в електричних мережах дозволив зробити висновок, що основним параметром для вибору ОПН, призначеного для захисту ізоляції екрану кабелю, є його найбільша робоча напруга, від якої залежить величина залишкової напруги, яка впливає на екран в імпульсному вигляді.

Перелік посилань

1. Александров Г.Н. Ограничение перенапряжений в электрических сетях / Г.Н. Александров. – СПб: Издание Центра подготовки кадров, 2003. – 192.
2. Дмитриев М.В. Заземление экранов однофазных силовых кабелей 6-500 кВ / М.В. Дмитриев. – СПб.: Изд-во «НИВА», 2008. – 104 с.

КРИТЕРІЙ ВИБОРУ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Довгалюк О.М., к.т.н., доц.; Омеляненко Г.В., к.т.н., доц.

(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна)

Забезпечення якості електричної енергії (ЯЕ) є однією з важливих задач електроенергетики. Особливо гострою ця задача стає при взаємодії постачальників і споживачів електроенергії в умовах ринкових відносин. Ці взаємодії мають бути взаємовигідними за умови забезпечення необхідної ЯЕ, нормованої в Україні ГОСТ 13109-97 [1], згідно з яким ЯЕ дається кількісна оцінка, що виражається показниками якості електроенергії (ПЯЕ).

Винуватцями погіршення ЯЕ можуть бути як енергопостачальні організації, так і споживачі. Зниження ПЯЕ призводить до негативних наслідків: збільшення втрат електроенергії, скорочення терміну служби електроустаткування, порушення технологічного процесу та зниження обсягів або якості продукції, що випускається, погіршення роботи приладів обліку електроенергії, дискомфорту в житті населення тощо [2].

Зниження рівня ЯЕ призводить до прямих і непрямих матеріальних втрат як у споживача, так і у постачальника електроенергії, виражених у вигляді збитків. Таким чином, обидві сторони зацікавлені у вирішенні питання забезпечення ЯЕ згідно [1], що вказує на актуальність питання обґрунтування найбільш ефективних заходів з підвищення ЯЕ.

Метою проведених досліджень є розробка критерію для обґрунтованого вибору заходів щодо забезпечення вимог ГОСТ 13109-97 в досліджуваній електричній мережі.

Підвищення ЯЕ є комплексним завданням, тому що одночасно має місце відхилення від норми декількох ПЯЕ і оцінка наслідків від запропонованих заходів також повинна проводитися з урахуванням комплексного впливу всіх розроблених засобів на ПЯЕ.

Заходи з підвищення ЯЕ спрямовані на нейтралізацію або зниження шкідливого впливу джерел спотворення ЯЕ і поділяються на організаційні та технічні. До найбільш вагомих з них можна віднести наступні. Зниження відхилень напруги досягається регулюванням напруги. Для зниження несиметрії напруги застосовують рівномірний розподіл однофазних навантажень за фазами, а також використання некерованих і керованих симетрувальних пристроїв. Для зменшення спотворення синусоїдності кривої напруги доцільно роздільне живлення електроприймачів з нелінійною вольт-амперною характеристикою і звичайних електроприймачів, а також застосування фільтрів вищих гармонік.

Слід зазначити, що не існує єдиного універсального способу усунення проблем ЯЕ. Оптимальне техніко-економічне рішення має вироблятися для кожної електроустановки індивідуально. Особливо складно вирішуються проблеми ЯЕ, якщо в установці існують одночасно кілька факторів, що впливають на ЯЕ, тому застосовувані рішення повинні бути не тільки оптимальні, але і сумісні.

Оскільки будь-яке рішення у сфері якості, у тому числі і ЯЕ, має бути економічно обґрунтованим, в якості критерію вибору оптимального варіанту заходів для забезпечення ЯЕ в електричній мережі використовуємо мінімум приведених витрат від впровадження технічних засобів для поліпшення ЯЕ:

$$C_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де C_i – приведені витрати на варіант впровадження технічних засобів для забезпечення ЯЕ. Їх значення знаходимо за виразом

$$C_i = E_n \cdot K_i + B_i + Z_i, \quad (2)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; K_i – капіталовкладення в i -ий варіант заходів з поліпшення ЯЕ; B_i – експлуатаційні витрати мережі; Z_i – збиток від зниження ЯЕ. Капіталовкладення визначаються на основі зведеного кошторисного

розрахунку для реалізації передбачених технічних і організаційних заходів. До експлуатаційних витрат відносяться відрахування на амортизацію B_a і витрати на обслуговування B_o та ремонт B_p :

$$B_i = B_a + B_o + B_p. \quad (3)$$

Зниження якості спожитої електроенергії кількісно можна виразити у вигляді економічного збитку, при визначенні якого слід враховувати, що збиток є результатом спільного впливу всіх ПЯЕ. З урахуванням цього чинника величину економічного збитку від зниження ЯЕ визначаємо як суму збитку від несиметрії, несинусоїдності, відхилення, колювання і провалу напруги:

$$Z = Z_n + Z_{відх} + Z_{пров} + Z_{колюв}, \quad (4)$$

де Z_n – збиток від несиметрії та несинусоїдності напруги, який визначається відповідно до [3]; $Z_{відх}$ – збиток від відхилень напруги розраховується згідно [3]; $Z_{пров}$ – збиток від провалів напруги; $Z_{колюв}$ – збиток від колювання напруги.

Розрахунок критерію оптимізації і вибір заходів щодо забезпечення ПЯЕ проводиться згідно з алгоритмом, який представлено на рис. 1.

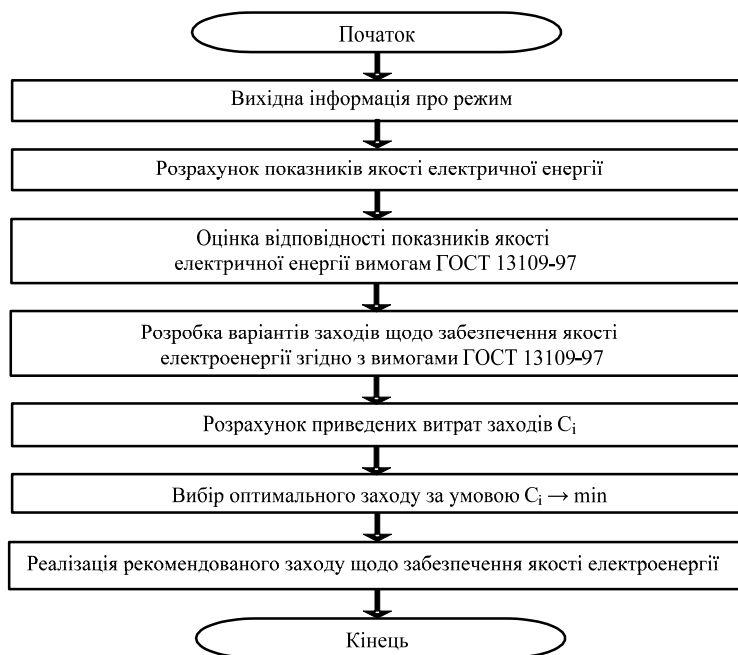


Рисунок 1 – Алгоритм вибору заходів щодо забезпечення ЯЕ в електричній мережі

Таким чином, розроблено критерій для вибору заходів щодо забезпечення ЯЕ згідно вимог ГОСТ 13109-97 в досліджуваній електричній мережі, який в подальшому може бути використаний для обґрунтованої реалізації запропонованих заходів щодо забезпечення необхідної ЯЕ в електричних мережах з метою підвищення ефективності їх функціонування.

Перелік посилань

1. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Взамен ГОСТ 13109-87; введ. 01.01.2000. - К.: Изд-во стандартов, 1999. - 31 с.
2. Суднова В.В. Качество электрической энергии / В.В. Суднова. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2000. – 80 с.
3. Шидловский А.К. Экономическая оценка последствий снижения качества электрической энергии в современных системах электроснабжения / А.К. Шидловский, В.Г. Кузнецов, В.Г. Николаенко – Киев: Наук. Думка, 1981. – 47 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ

Івженко О.А., студент; Курінний Е.Г. д.т.н., проф.

(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)

Забезпечення електробезпеки є однією з основних вимог до систем електропостачання. Параметрами електробезпеки є час доторкання $t_{\text{л}}$, напруг доторкання $U_{\text{л}}$ і струм через людину $I_{\text{л}}$. Допустимі значення (символ $\hat{\quad}$) нормуються в стандарті [1]. Практичне застосування стандарту виявило наступне.

По-перше, за звичай таблиці в директивних документах складають так, щоб була можливою лінійна інтерполяція для проміжних значень аргументу. Ця вимога в стандарті [1] виконується лише для напруг $\hat{U}_{\text{л}} = 160$ В і нижче. Однак в зоні важливих для практики значень 220 і 380 В, яких немає у стандарті (є лише 340 і 550 В), лінійна інтерполяція суттєво завищує результат. Такий саме недолік має і залежність $\hat{t}_{\text{л}}$ від струму $\hat{I}_{\text{л}}$.

По-друге, відомо, що залежність опору людини $R_{\text{л}}$ від напруги або струму є монотонною. Проте, якщо розділити значення напруг на струми зі стандарту, то отримані опори $\hat{R}_{\text{л}}$ дають немонотонну залежність (табл. 1) Це є принциповим недоліком стандарту, який мабуть виник від округлення норм до значень, кратних п'яти.

Таблиця 1 – Значення опору людини

$\hat{U}_{\text{л}}, \text{В}$	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60
$\hat{R}_{\text{л}}, \text{Ом}$	846	850	842	844	857	840	905	944	1000	1077	1200

Для усунення недоліків виконано апроксимацію табличних даних стандарту. За основу прийнято залежності часу від напруги зі стандарту і опору від напруги доторкання. Дані стандарту щодо напруг залишаються незмінними.

На інтервалі напруг від 160 до 60 В достатньо прийняти кусково-лінійну апроксимацію. Для напруг 160 В і вище маємо три точки (160;0,2), (340;0,1) і (550;0,08). Показано, що їх не можна з'єднати параболою, оскільки її вершина знаходиться всередині інтервалу, а тому залежність буде немонотонною.

Запропоновано використовувати гіперболічну залежність

$$\hat{t} = \frac{11,689}{\hat{U} - 79,31} + 0,0552, \text{ при } \hat{U}_{\text{л}} \text{ від } 160 \text{ до } 550 \text{ В,}$$

яка при 220 і 380 В з округленням до 0,05 дає допустимі значення 0,15 і 0,01 с.

Дані табл.1 апроксимовано виразами:

$$\widehat{R}_L = \frac{8454,7}{\widehat{U}_L - 41,225} + 749,67, \text{ при } \widehat{U}_L \text{ від } 60 \text{ до } 120 \text{ В,}$$

$$\widehat{R}_L = -0,00256 \cdot \widehat{U}_L + 860,1, \text{ при } \widehat{U}_L \text{ від } 120 \text{ до } 550 \text{ В.}$$

Найбільша похибка апроксимації становить 4,76 % при 105 В. Залежність опору від напруги у діапазоні 60-120 В представлено на рис. 1, де крапками показано дані зі стандарту.

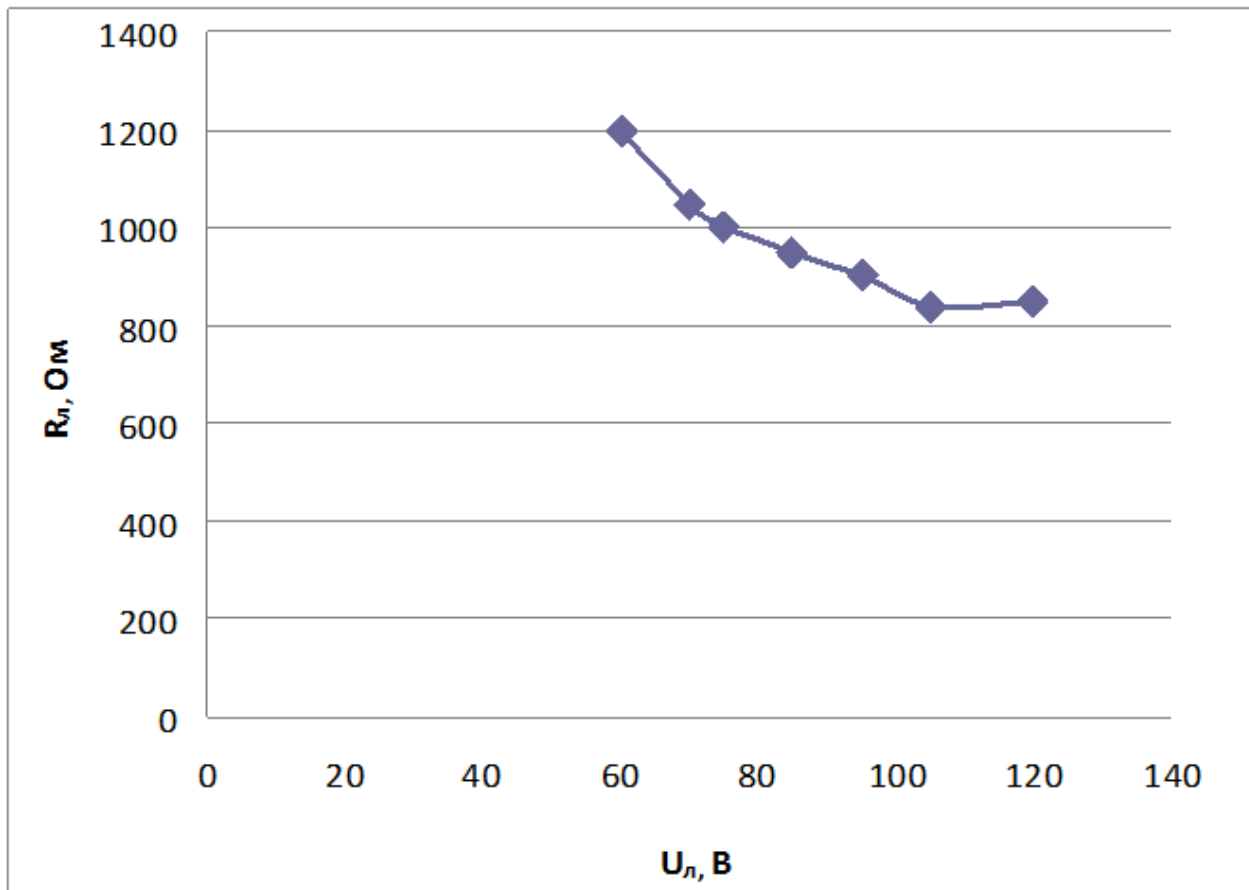


Рисунок 1 – Залежність опору від напруги у діапазоні 60-120 В

Отримані вирази дозволили визначити залежності часу від струму і виконати корекцію табличних значень струмів в стандарті, яка необхідна для забезпечення монотонності залежності опору від напруги.

Таким чином, в стандарті потрібно внести значення параметрів електробезпеки при напругах доторкання 220 і 380 В, а також прийняти скоректовану залежність часу доторкання від струму через людину.

Перелік посилань

1. Правила улаштування електроустановок. – Х.: Форт, 2011. – 736 с. п. 1.7.56

ОСОБЛИВІСТЬ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАНЗИСТОРІВ ВЧ ГЕНЕРАТОРА ЕПРА ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП

Піхтарь О.В., студент; Жарков В.Я., к.т.н., доцент

(Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна)

Зараз приблизно 25% світового елетроспоживання витрачається на освітлення, і проблема заощадження на ньому є однією з основних проблем нашої планети. Витрату електроенергії можна зменшити за рахунок використання компактної люмінесцентної лампи (КЛЛ) замість ламп розжарювання (ЛР). Широкому впровадженню КЛЛ в Україні сприятиме їх діагностування і ремонт [1]. Перевірка справності резисторів, конденсаторів та діодів, на відміну від транзисторів VT1, VT2, не визиває трудностей [2].

В електронному пускорегулюючому апараті (ЕПРА) для живлення КЛЛ транзистори VT1, VT2 n-p-n провідності виконують функцію ВЧ-ключів двотактного напівмостового перетворювача постійної напруги у змінну високочастотну (до 50 кГц), що дозволяє значно зменшити габарити ланцюга живлення (рис. 1).

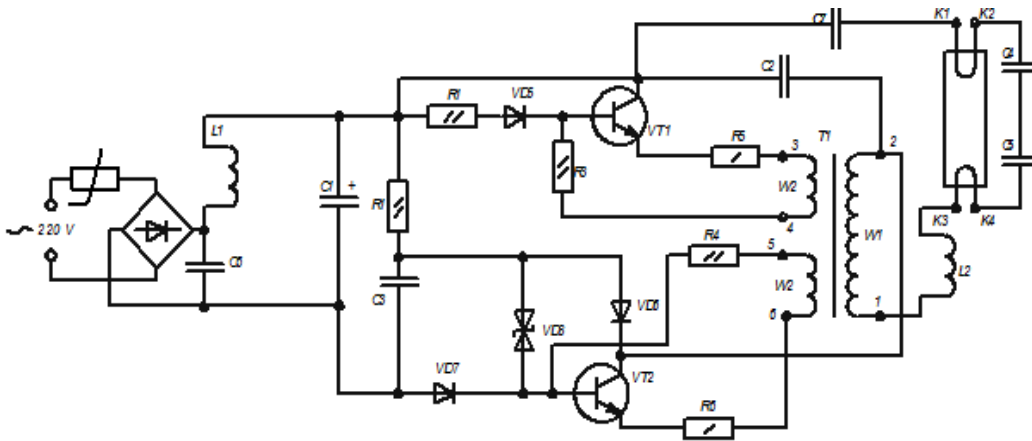


Рисунок 1 – Схема лампи DELUX EQS-04- 28W 6400K 220 V/50 Hz.

Справність транзистора VT1 чи VT2 (рис.2) можна перевірити мультиметром, без випаювання його зі схеми, якщо він не зашунтований низькоомною обмоткою трансформатора T1. Вид пошкодження транзистора визначають за величинами опорів для прямого й зворотного увімкнення їхніх переходів та їх порівнянням між собою.

Максимум напруги живильної мережі спостерігається в нічний час, при мінімальному навантаженні енергосистеми. Екстремуми амплітуди імпульсних перешкод припадають на час масового вклучення і виключення обладнання - початок і кінець робочого дня, обідня перерва. У літній період кількість викидів напруги збільшується.

В цілому, в освітлювальній мережі можливе як тривале зниження напруги до 160 ... 180 В, так і підвищення напруги до 240 ... 264 В. На час до декількох хвилин напруга може зрости до 280 В, на кілька секунд - до 300 ... 320 В і до 400 В при тривалості 0,2 с, а також необмежену кількість імпульсів перенапруги тривалістю десятки і сотні мікросекунд амплітудою до 2500В. Отже спостерігається резонанс напруг.

За умови $x_c = x_L$ виникає резонанс напруг.

Розглянемо більш докладно умови виникнення резонансу напруг:

$$x_c = x_L, \quad (1)$$

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L \quad (2)$$

З формули (2) видно, що резонансу напруг можна досягти, змінюючи значення індуктивності L або ємності C , або змінюючи частоту струму ω .

З формули (2) знаходимо вираз резонансної частоти при заданих параметрах кола L, C :

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (3)$$

За структурою біполярного транзистора (рис. 2), можна зробити висновок, що при величині прямого й оберненого опору переходу близькій до нуля, буде коротке замикання переходу; якщо величина прямого опору становить сотні Ом, а оберненого в десятки разів більша, то діагностують справність транзистора. Але якщо перехід буде зашунтований справними низькоомними резисторами, то його обрив так визначити неможливо. В такому разі транзистори VT1, VT2 (рис.1) випають і проводять заміри опорів переходів. Для зручності діагностування можна скористатися запропонованою нами таблицею стану транзистора (табл.1).

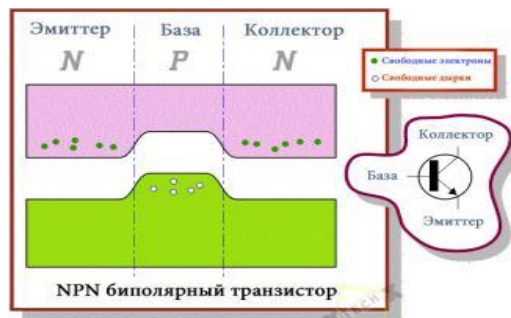


Рисунок 2 – Структура біполярного транзистора з n-p-n провідністю

Таблиця 1 - Стан транзистора з n-p-n провідністю

Виводи транзисторів			Опір p-n переходів	Стан
Е	Б	К		
-	+		Н	Норма
+	-		В	
	+	-	Н	
	-	+	В	
+		-	В	
-		+	В	
-	+		В	Обрив ланцюга p-n переходів
	+	-	В	
+	-		Н	Пробій p-n переходів
	-	+	Н	

Н – низький опір; В - високий опір

Запропонований у роботі підхід дозволяє зекономити електроенергію та заощадити кошти споживачів.

Перелік посилань

1 .Обґрунтування необхідності і технології ремонту компактних люмінесцентних ламп/ Е.Р. Білялов, О.О. Шушара, Д.М. Мисов, В.Я. Жарков // Матеріали наук.-техн. конференції студентів та магістрантів.- Вип. XI, т 2.- Мелітополь: ТДАТУ, 2012.- С. 72-76.

2. Піхтарь О. В. Діагностика компактних люмінесцентних ламп, спрямована для наступного ремонту/ О. В. Піхтарь, В. Я. Жарков// Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – С. 340 – 344.

ОСВІТЛЕННЯ ДІЛЯНОК АВТОДОРОГИ ВІД ВЕТРИКАЛЬНООСЬОВИХ ВІТРОУСТАНОВОК

Каретник В.В., Алексютін П.О., студенти; Жарков В.Я., доцент, к.т.н.

(Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь; Україна)

До проблеми освітлення дороги є два підходи: індивідуальний – за рахунок оснащення сучасними світловими приборами свого автомобіля, наприклад, протитуманними фарами; суспільний – за рахунок покращання загального і місцевого освітлення окремих елементів автомобільної дороги. Для освітлення окремих ділянок дороги, віддалених від мереж централізованого електропостачання, запропоновано використовувати запатентовані в ТДАТУ вертикальноосьові ВЕУ.

В Норвегії вночі щорічно відбувається приблизно 2800 ДТП з травмами людей (Bjornskau, 1993). З них близько 560 припадають на бічні зіткнення на перехресті. Якби всі автомобілі мали бічні габаритні вогні, 7% таких ДТП (40 шт.) можна було б уникнути. Згідно шведським дослідженням ризик ДТП в темний час доби приблизно в 1,5-2 рази вище, ніж у світлий час (Brude, Larson og Tulin, 1980). Для пішоходів ризик ДТП в темний час доби може бути ще вище (Ward, Cave, Morrison, Allsop, Evans, Kuiper og Willumsen, 1994). Біля 30% ДТП з травмами людей, зареєстрованих поліцією, відбувається в темний час доби.

Найбільш прийнятним засобом для автономного освітлення віддалених елементів автомобільної дороги є вертикальноосьові вітроенергоустановки [1]. Поставлена задача вирішується тим, що ВЕУ для освітлення автодороги, яка містить роторний вітроподвигун з вихідним валом і електромеханічний генератор у вигляді циліндричних, коаксіально розташованих з радіальним зазором рухомого та нерухомого магнітопроводів, з повздовжніми пазами в прилеглих поверхнях, паралельними спільній осі магнітопроводів, нерухомий магнітопровід статора набраний із листів електротехнічної сталі, розміщених в металевому корпусі, в пазах нерухомого магнітопровода розташована якірна обмотка, всередині якого розташований, зв'язаний з валом вітроподвигуна, рухомий магнітопровід, з можливістю обертання в підшипниках, які закріплені в підшипникових щитах по торцям електромеханічного генератора, згідно з корисною моделлю, кожна установка додатково містить випрямляч і акумулятор, причому ряд ВЕУ установлений на обочині автомобільної дороги, в пазах рухомого магнітопроводу установлені полюса магнітів протилежної полярності, а до вихідних клем якірної обмотки електрогенератора паралельно приєднані акумулятор і енергозберігаючі освітлювальні лампи [1]. Розташування ВЕУ між паралельними смугами з різним напрямком руху підвищує ефективність використання установок. Виконання лопатей кожного вітроподвигуна з робочими поверхнями вигнутими зустрічно напрямку автомобільного руху прилеглої смуги сприяє кращому використанню енергії потоку повітря, захопленого автомобілем. Об'єднання ВЕУ на окремих ділянках автодороги в єдину електричну мережу підвищує надійність електропостачання при пошкодженні окремих установок.

Система освітлення працює таким чином [1]. За рахунок потоку повітря, створюваного автомобільним рухом, а при його відсутності за рахунок енергії вітру, вал 4 вітроподвигуна 2, а разом з ним і рухомий магнітопровід 6 разом з постійними магнітами 13 електромеханічного генератора 5 обертаються, утворюючи обертове магнітне поле. Магнітні силові лінії обертового магнітного поля перетинаючи витки якірної обмотки 12, розташованої в пазах 9, індують в них ЕРС.

В елементарних провідниках 12 якоря індуюється ЕРС величиною

$$e=Blv, \quad (1)$$

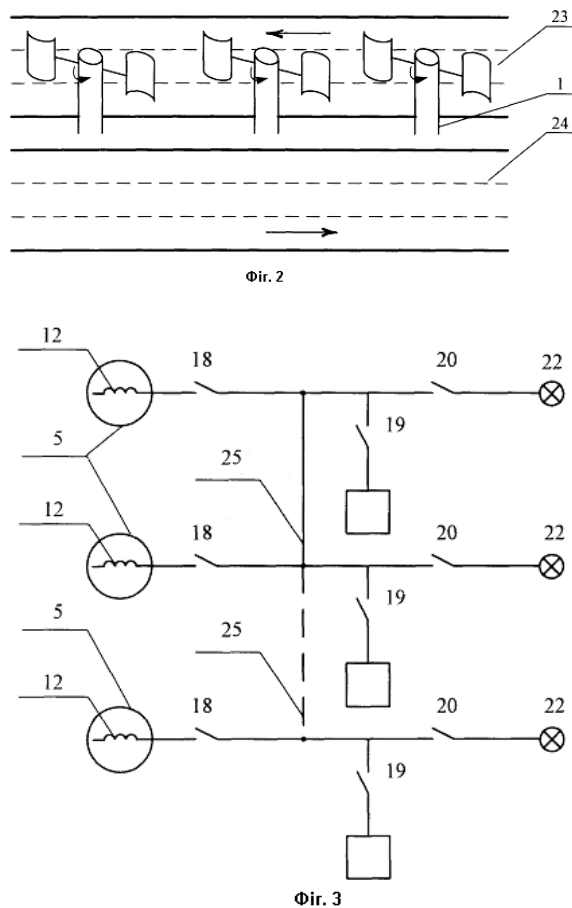
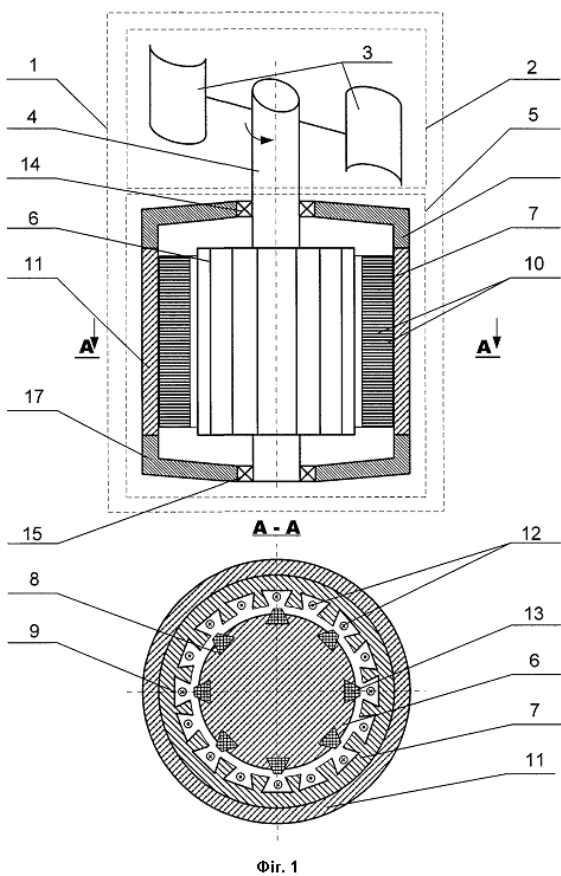


Рисунок 1 - Вертикальноосьова ВЕУ для освітлення перехрестя за патентом №31091 [1]

де l - активна довжина провідника, що рівна довжині магнітного полюса;
 v - швидкість переміщення магнітного полюса відносно якоря

$$v = \frac{dx}{dt}, \quad (2)$$

де x - координата переміщення магнітного полюса відносно якоря.

Період зміни цієї ЕРС відповідає повороту ротора на одне полюсне ділення. Тому частота зміни ЕРС становитиме

$$f = pn, \quad (3)$$

де p - число пар магнітних полюсів на рухомому магнітопроводі;

n - частота обертання рухомого магнітопроводу, s^{-1} .

Із формули 3 слідує, що за рахунок збільшення кількості пар полюсів ротора можна досягти номінальної частоти струму при меншій частоті обертання вала вітрогенератора, тобто обійтися без підвищувального редуктора.

Висновок. Впровадження корисної моделі призведе до зменшення втомлюваності водіїв, а отже і до зменшення дорожньо-транспортних пригод на автодорогах.

Перелік посилань

1. Пат. 31091 Україна, МПК F03D3/00, F03D7/00. Ряд вертикальноосьових вітроенергетичних установок для освітлення дороги / В.Я.Жарков, Є.П. Слєпкін, Д.М. Мисов.- Опубл. 25.03.2008, Бюл.№6.

ОБГРУНТУВАННЯ ТИПУ ФОТОЕЛЕКТРОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ПОБУТОВОЇ ФОТОЕЛЕКТРО СТАНЦІЇ

Пешков М.О., студент; Жарков В.Я., к.т.н., доцент

(Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна)

Сонячна енергія, енергія яка найбільшою мірою покриває місцевості нашої планети! Якщо порівняти то із статичних даних можемо сказати, що за рік під дією різних засобів вироблення електричної енергії – виробляється більш ніж двадцяти мільярдів кіловат годин в рік. Для того щоб отримати таку ж кількість електроенергії тільки за рахунок сонячних батарей треба покрити площину земної поверхні в шістдесят шість тисяч квадратних кілометрів, це менш ніж один відсоток пустині Сахара.

Конструкція ФЕП виготовляється у вигляді тонколистових елементів (при товщині шару напівпровідника 50 мкм), і складається з двох шарів: кремнію n-типу і кремнію р-типу, які закриті з опромінюваного боку плівкою діоксиду кремнію. СБ відрізняються високою надійністю і стабільністю, вони не мають рухомих деталей, термін їх служби досить високий.

Деякі перспективні матеріали важко отримати в необхідних для створення сонячних фотоелектростанцій (ФЕС) кількостях через обмеженість природних запасів вихідної сировини і складності його переробки. В якості найбільш ймовірних матеріалів для ФЕС в даний час розглядається кремній (Si) і гетероструктурний арсенід галію AlGaAs-GaAs.

ФЕП на основі арсеніду галію (GaAs), як відомо, мають більш високий, ніж кремнієві ФЕП, теоретичний ККД, оскільки ширина забороненої зони у них практично співпадає з оптимальною шириною забороненої зони для напівпровідникових перетворювачів сонячної енергії (1,4 еВ). У кремнієвих ФЕП цей показник становить 1,1 еВ. Але цінова політика є досить високою на СБ із GaAs, що не дає можливості їх використовувати в побутових умовах навіть при їх значному ККД та термостійкості.

В свою чергу, можна використовувати ФЕП на основі кремнію (Si), які, в свою чергу, розділяються на групи:

- а) монокристалічні;
- б) полікристалічні;
- в) мультикристалічні;
- г) полімерні (тонкоплівкові).

Полімерні (тонкоплівкові) досить поширені ФЕП, ККД яких сягає від 5% до 10%, але вони мають властивості гнучкості, що не притаманні іншим типам. Це дає можливість надійного транспортування та зменшення маси конструкції. Ціна таких ФЕП найнижча.

Мультикристалічний ФЕП - це один із найпоширеніших типів цього виду, який використовується, починаючи від портативних зарядних пристроїв до сонячних електростанцій. Такий тип ФЕП заснований на трафаретному друку, їх ККД становить 14-18% при сталій температурі 25°C. Характерною ознакою таких ФЕП є нерівномірність кристалічного зерна – ефект цинкового листа, квадратна форма, та порівняно невисока ціна.

Полікристалічний ФЕП, в якого ККД становить 17-20% при сталій температурі 25°C. Характерні ознаки: квадратний ФЕП, блакитного чи синього кольору.

Монокристалічні ФЕП вважаються найефективнішими перетворювачами такого типу, їх ККД досягає 25% при сталій температурі 25°C. Характерними ознаками є багатогранність ФЕП, та темний (чорний) колір.

В лабораторії електроосвітлення ТДАТУ нами були проведені дослідження ФЕП на спектральну чутливість та зняття вольт-люксових характеристик, для оптимального їх вибору та установки в побутових умовах.

А саме: зняття вольт-люксової характеристики кремнієвої сонячної батареї полікристалічного типу, та мультикристалічного типу при сталій температурі.

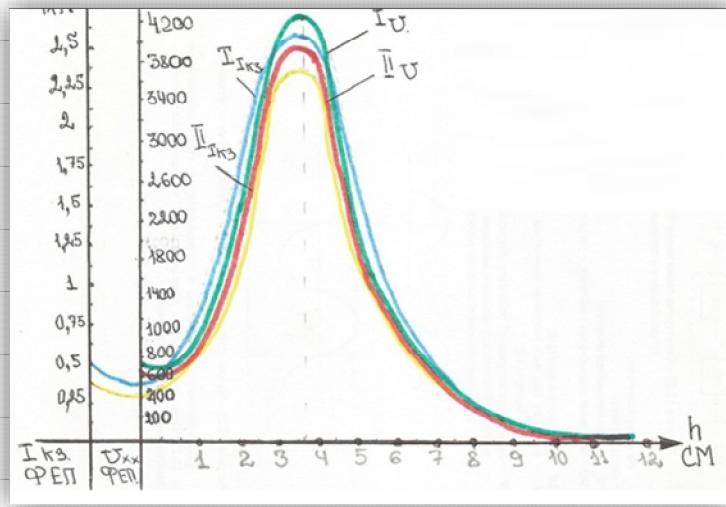


Рисунок 1. Залежність струму КЗ та напруги мультикристалічних ФЕП (крива 2), та полікристалічних (крива 1) в залежності від відстані до джерела світла

В якості джерела світла використовувалась лампа енергозберігаюча, W6400K.

Також нами проведені експериментальні дослідження кремнієвої монокристалічної сонячної батареї БСК1. Дослідження проводилися на базі лабораторії електричного освітлення ТДАТУ. При дослідженні використовувалося наступне обладнання: лабораторний автотрансформатор (ЛАТР) напругою 0-250 В; лампа розжарювання Б220-230, 75 Вт; люксметр 10116, ГОСТ 14841-80; мультиметр DT930В; сонячна батарея БСК1.

Зняття вольт-люксової характеристики сонячної батареї БСК1 проводилося при кімнатній температурі (табл. 1).

Таблиця 1 – Залежність величини ЕРС сонячної батареї БСК1 від рівня її освітленості

Е, лк	100	350	900	1900	3400	5800	7600
ЕРС, В	5,27	7,67	12,94	17,16	19,30	20,47	22,05

Із табл. 1 видно, що ЕРС БСК1 суттєво зростає при збільшенні рівня освітленості.

В ТДАТУ запатентовано пристрій для освітлення автодороги [1]. На кожній опорі установлені верхній і нижній модулі із ФЕП, приєднані через контролер до акумуляторної батареї (АБ). Вдень ФЕП опромінюються сонячним світлом, а в темну пору дня – світлом фар автомобілів, що рухаються по дорозі. Можливість використання сонячної енергії на землі залежить від географічної широти φ , пори року та сонячного сяння. Річне надходження сумарної сонячної радіації в реальних умовах хмарності становить 1050...1400 кВт·год./м² при загальному збільшенні від $\varphi=52^\circ$ до $\varphi=43^\circ$ північних широт, в яких розташована Україна.

Роблячи висновок зможемо сказати, що в побутових ФЕС можна використовувати всі типи ФЕП, але найкращими будуть полікристалічні, враховуючи їх ціну, ККД та фоточутливість.

Перелік посилань

1. Патент 37586 Україна, МПК H02N6/00, H01L31/00. Пристрій для освітлення автостради/ В.Я. Жарков, В.С. Атрошенко, А.О. Манич, Є.П. Слєпкін, Д.М. Мисов, Н.В. Кузьо.- Опубл. 10.12.2008, Бюл. №23.

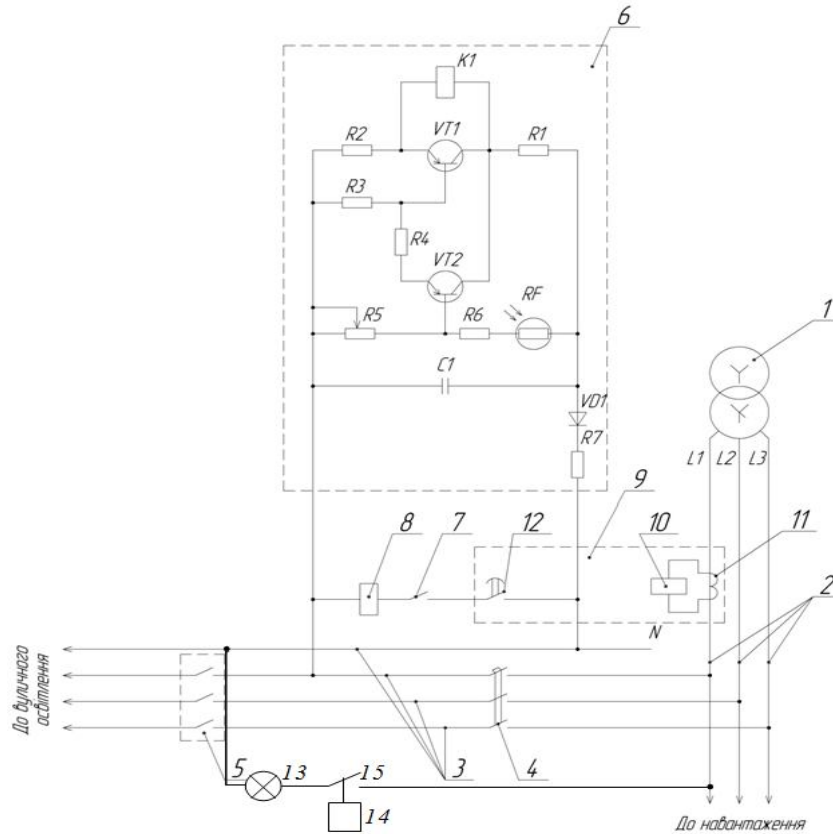
ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВУЛИЧНИМ ОСВІТЛЕННЯМ СІЛЬСЬКОГО НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

Ломиш В.В., студент; Жарков В.Я, к.т.н., доцент

(Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна)

Витрати електроенергії на освітлення становлять близько 25%, значна частина з них витрачається на зовнішнє освітлення. Тому проблема скорочення витрат на вуличне освітлення є досить актуальною. Особливістю сільських населених пунктів (СНП) полягає в тому, що вночі життя села затихає - глибокою ніччю селяни сплять, і безперервно освітлювати пусті вулиці немає сенсу. Вдосвіта буднього дня значна частина селян (доярки, механізатори тощо), піднімаються і йдуть на роботу, інші йдуть на базар, і для них треба освітити вулиці. Нами розроблена і запатентована енергоекономічна система керування вуличним освітленням СНП [1,2].

Схема містить джерело живлення 1, силову електромережу 2, електромережу вуличного освітлення 3, приєднану до силової електромережі 2 через послідовно ввімкненні контакти автоматичного вимикача 4 та магнітного пускача 5, фотореле 6, контакти якого 7 ввімкнені в коло котушки 8 магнітного пускача, струмове реле 9, котушка якого 10 ввімкнена в один із фазних проводів силової електромережі 2 через трансформатор струму 11, а контакти струмового реле 12 ввімкнені в коло котушки 8 магнітного пускача послідовно з контактами 7 фотореле 6. На опорі ЛЕП установлені автономний світильник 13 і датчик руху 14 зі своїм замикаючим контактом 15. Пристрій працює за таким принципом. Від джерела живлення 1, яким виступає трансформатор 10/0,4, обмотки якого з'єднані за схемою зірка з нулем, струм подається в силову електромережу 2, до якої через силові контакти 5 магнітного пускача приєднана освітлювальна електромережа 3.



Запропонована корисна модель реагує не тільки на зміну природної освітленості і споживання електроенергії в лінії, а й на появу людей в місцях їх можливого зосередження в пізній час, наприклад, на автобусних зупинках, що дозволяє використовувати її для автоматизації вуличного освітлення сільських вулиць з метою економії електроенергії і коштів громади на її оплату. Технічний результат – автоматизоване управління вуличним освітленням дозволяє економити не менше 50% електроенергії, зберігаючи комфортність для мешканців села.

Час, за який транспортний засіб проїде зону дії датчика руху, визначався за наступною формулою

$$t = \frac{2R}{V}, \quad (1)$$

де R – радіус зони дії датчика руху, м (22 м);

V – швидкість транспортного засобу, м/с.

Під час експерименту повз зону дії датчика проїжджали автомобілі (легкові та вантажні) з різною швидкістю (40 – 60 км/год). Затримка датчика руху була встановлена в межах 5 – 6 с, і він не спрацьовував, що відповідало поставленій задачі. Так, як в селі є й інша сільськогосподарська техніка, із значно меншою швидкістю руху, були проведені додаткові дослідження, коли проїжджав трактор, швидкість якого становила (20 – 45 км/год). Датчик руху при цьому також не спрацьовував. Коли рухався велосипедист похилого віку (швидкість 15 – 18 км/год), датчик руху також не спрацьовував.

Час проходження пішоходом зони дії датчика руху визначається за формулою (1)

$$t = \frac{2 \cdot 22}{6 \cdot 1000 \cdot 3600} = 26 \text{ с,}$$

де $V = 6$ км/год - середня швидкість пішохода.

Дослідження показали, що навіть при мінімальній швидкості руху вищезазначених транспортних засобів і пішохода – датчик руху не спрацьовував, що й треба було отримати. Після того, як датчик руху спрацює, енергозберігаюча лампа буде освітлювати дорогу не менше 20 с, враховуючи, що більшість селян – похилого віку.

Винахід належить до галузі електротехніки і використовується для автоматизації управління об'єктами залежно від освітленості, наявності використання електричного струму споживачами та при появі людей у місцях можливого їх зосередження у нічний час. Визначена затримка датчика руху, а саме 5 с, щоб він спрацьовував лише при проходженні людини і не реагував на переміщення транспортних засобів. Тому світло буде вмикатися тільки тоді, коли людина буде проходити повз зону дії датчика руху. Технічний результат – автоматизоване управління вуличним освітленням дозволяє економити електроенергію і кошти для бюджету громади СНП. Загальна економія, з урахуванням 80% від переходу на енергозберігаючі лампи, становитиме до 90%.

Перелік посилань

1. Пат 63730 Україна, МПК (2011.01) H02B37/02. Електрична схема керування вуличним освітленням сільського населеного пункту/ В.Я. Жарков, В.В. Ломиш, С.Е. Потривай.- Оpubл.25.10.2011.-Бюл. № 20.

2. Пат.72097 Україна МПК (2011.01) H02B37/02. Комбінована електрична система керування вуличним освітленням сільського населеного пункту/ В.В. Ломиш, В.Я. Жарков. Власник В.В. Ломиш. - Оpubл. 10.08.2012.-Бюл. №15.

МІКРОМЕРЕЖІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ПІДХІД ДО СИСТЕМНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ДЖЕРЕЛ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТА АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА

Базюк Т.М., аспірант; Трохимчук Д.С., студент

(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна)

Однією з ключових тенденцій розвитку світової електроенергетики є перехід до інноваційного перетворення галузі на основі нової концепції Smart Grid[1]. За кордоном ця концепція розглядається як повністю інтегрована, саморегулююча і самовідновлювальна електроенергетична системи, що має мережеву топологію і включає в себе як всі генеруючі джерела, магістральні та розподільні мережі, так і всі види споживачів електричної енергії, керовані єдиною мережею інформаційно-керуючих пристроїв і систем в режимі реального часу. У рамках концепції Smart Grid різноманітність вимог усіх зацікавлених сторін зводиться до групи ключових вимог електроенергетики XXI століття, сформульованих як: доступність, надійність, економічність, ефективність, екологічність і безпека[2].

Формування мікромереж(Microgrid) є одним із перспективних підходів до інтегрування малопотужних джерел розосередженої генерації (до 1 МВт) у систему електропостачання. Microgrid являє собою зменшену версію загальної електромережі – тобто, вона містить генеруючі потужності, пристрої акумуляції енергії, системи керування навантаженням та власне саме навантаження, і при необхідності може бути відключена від загальної мережі. Автономність Microgrid не означає, що вони весь час повинні працювати за рахунок власної генерації – такий режим роботи є лише однією із її багатьох можливостей та переваг.

Мікромережа є напівавтономним угруповання джерел генерації та кінцевих навантажень, метою якого є вигода для усіх його членів (один покупець (енергетична компанія), декілька споживачів, або багато споживачів розташованих розосереджено, але таких, що працюють координовано). Поява Microgrid відкриває широкі можливості для гнучкого та ефективного використання електроенергії, а взаємодія Microgrid з індивідуальними споживачами (в тому числі й активними споживачами (АС)), та загальною мережею дозволяє оптимізувати витрати кожного з учасників на ринку, при цьому покращуючи стабільність всієї системи. Всі елементи підключаються таким чином, щоб зробити можливим виконання своєрідних функцій контролю. Енергетичний баланс може контролюватись диспетчерською службою, з можливістю відключати некритичні навантаження або зменшувати споживання під час недостачі енергії або високих цін. Пристосування до миттєвих цін на ринку та можливість керувати навантаженням для стабілізації кривої добового споживання є одними з найважливіших стимулів до розвитку Microgrid [3]. У загальному випадку мікромережу можна розглядати як окремий випадок АС.

Можливості активного споживача залежать від мережі до якої цей споживач підключений. В табл. 1, порівнюються активні споживачі в залежності від типу мережі до якої вони приєднані.

Таблиця 1 – Характеристика активного споживача

Централізована мережа	Локальна мережа(до 110 кВ)	Мікромережа (до 35 кВ)
Активний споживач		
Споживачі різної потужності які мають можливість для встановлення систем керування навантаженням,генераторів необмеженої потужності на різних напругах.	Включає декілька мікромереж. Може мати кілька генераторів обмеженої потужності та значну кількість споживачів різної потужності. Може працювати в режимі «острова» (islandmode)	Група споживачів із декількома генераторами малої потужності, системою акумуляції енергії. Може об'єднувати кількох різних споживачів,працювати в режимі «острова».

Традиційні підходи до інтеграції розосередженої генерації на малих напругах, в основному, фокусуються на тому, щоб максимально зменшити можливі наслідки від роботи відносно малого числа окремо підключених джерел розосередженої генерації, наприклад, при одночасному відключенні або перебоях у роботі системи. Місцевий контроль над цими ресурсами є дуже обмеженим, а функціонувати окремо від мережі вони можуть лише у виключних випадках. Мікромережі проектується так, щоб працювати у частково незалежному режимі. Відключення від енергосистеми (перехід в автономний режим роботи) може відбуватися при будь-яких необхідних для цього умовах (наприклад, для забезпечення ефективності або підвищення надійності роботи). Зазвичай мікромережа працює разом із загальною мережею, при цьому вона може як купувати енергію та послуги у мережі, так і, часом, продавати їх назад.

У інтелектуальній енергосистемі режими її роботи визначаються поділом функцій між централізованими і розосередженими генераторами. Керування розосередженими генераторами може бути організовано у формі віртуальних електростанцій (ВЕС) (virtual power plants) або мікромереж (Microgrids) шляхом інтеграції джерел генерації у фізичному плані з врахуванням ринкових умов.

Поєднання джерел РГ та активних споживачів у одну структуру дає змогу сформувати ВЕС, для яких досягається узгоджене функціонування всіх її елементів. Віртуальна електростанція – це енергетична система, складена з кількох малих джерел електроенергії, розташованих у різних місцях з одним або кількома вузлами підключення до мережі загального призначення, які працюють як одне джерело більшої потужності.

ВЕС за принципом функціонування є подібною традиційній електростанції та має надійну, плановану і керовану поведінку. Структура ВЕС представляється об'єднанням джерел РГ та систем накопичення енергії. Ідея ВЕС полягає у створенні нової ідеології побудови систем керування та забезпечення надійності.

Концепція ВЕС виникла в результаті того, що у розпорядженні енергопостачальної компанії з'являється можливість доступу до електричної потужності, яка виробляється не електростанціями, а розосередженими генераторами або виникає в результаті виконання програм керування попитом. Використовуючи різні способи керування попитом (наприклад, безпосереднє керування попитом, керування напругою і реактивною потужністю тощо) та джерела РГ (наприклад, акумуляторні батареї, відновлювані джерела енергії тощо), енергопостачальна компанія може створити ВЕС і використовувати її з метою вирівнювання рівнів генерації та споживання електроенергії.

Таким чином, на сьогодні сформовано наступні вимоги до створення майбутніх структур Microgrid та забезпечення оптимальних режимів їх функціонування:

- багаторівнева архітектура керування: пристрій → Microgrid → локальна мережа/система → централізована мережа/система;
- наявність пристроїв місцевого керування і захисту;
- Microgrid – обмін інформацією між пристроями, ідентифікація ситуації, зростання потужності інформаційних потоків (відправки команд);
- обмежена залежність від керування Microgrid та комунікації;
- оптимальний потік електроенергії та ефективне її використання;
- стандартний модуль установки, автоматична установка.

Перелік посилань

1. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В., Денисюк С.П. Інтелектуальні електричні мережі: світовий досвід і перспективи України / Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. Спец. вип. Ч. 1. – К.: ІЕД НАНУ, 2011. – С. 5–20.
2. Smart Power Grids – Talking about a Revolution // IEEE Emerging Technology portal, 2009. 2011.
3. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения / К.: Освіта України, 2007. – 464 с.

ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЛОКАЛЬНИХ САК З ВРАХУВАННЯМ СИСТЕМНОГО ЕФЕКТУ

Лежнюк П.Д., д.т.н., проф.; Рубаненко О.Є., к.т.н., доц.; Килимчук А.В., аспірант
(Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна)

Паралельна робота ліній електропередачі (ЛЕП) різної напруги через високу міру неоднорідності викликає ускладнення при транспортуванні та розподілі електроенергії. Між електричними мережами ЕЕС через неоднорідність виникають взаємні перетоки потужності, які завантажують мережі суміжних енергопостачальних компаній. Відомо, що мережі вищої напруги розвантажуються на паралельно працюючі мережі нижчої напруги. Наслідком цього є додаткові втрати електроенергії, а також перевантаження комутаційних апаратів та ЛЕП нижчої напруги.

Дослідження міри впливу взаємних і транзитних перетоків потужності на рівень втрат електроенергії є актуальною задачею. Її розв'язання дозволить контролювати та оцінювати вплив перетоків потужності магістральних електричних мереж на додаткові втрати в розподільних мережах обласних енергетичних компаній, а також аналізувати наслідки взаємовпливу електричних мереж. Компенсація додаткових втрат електроенергії в електричних мережах, викликаних їх взаємовпливом, можливе шляхом введення в контури е.р.с. лінійними регуляторами типу крос-трансформаторів (КТ) та силовими трансформаторами з РПН. Тобто дія розглядуваних тут САК трансформаторами зв'язку ЕЕС, які об'єднують електричні мережі різних напруг в електричну систему, направлена на зменшення втрат електроенергії при її транспортуванні в ЕЕС шляхом перерозподілу природних потоків потужності і примусового наближення їх до потокорозподілу в однорідній ЕЕС.

Тобто в роботі задача оптимізації режимів ЕЕС ставиться як задача автоматичного керування, кінцевою метою розв'язання якої є формування закону оптимального керування режимами електричних мереж з врахуванням системного ефекту.

Закони оптимального керування трансформаторами з РПН та крос-трансформаторами:

$$\begin{aligned} \mathbf{k}_{a\Sigma}(t) &= 1 - \left[\mathbf{E}_{зр.а\Sigma}^{(6)} \right]_{д} \cdot \mathbf{U}_{бд}^{-1} \cdot \boldsymbol{\pi}_a^E \cdot \mathbf{J}_{*р\Sigma}^E(t); \\ \mathbf{k}_{р\Sigma}(t) &= - \left[\mathbf{E}_{зр.р\Sigma}^{(6)} \right]_{д} \cdot \mathbf{U}_{бд}^{-1} \cdot \boldsymbol{\pi}_p^E \cdot \mathbf{J}_{*а\Sigma}^E(t), \end{aligned} \quad (1)$$

де $\mathbf{k}_{a\Sigma}(t)$, $\mathbf{k}_{р\Sigma}(t)$ - вектори дійсних та уявних складових коефіцієнтів трансформації у відносних одиницях з врахування фактору часу та коефіцієнтів трансформаторів КТ; $\mathbf{E}_{зр.а\Sigma}^{(6)}$, $\mathbf{E}_{зр.р\Sigma}^{(6)}$ - оптимальні значення активних та реактивних складових зрівнювальних е.р.с. в базисному режимі; $\mathbf{U}_{бд}$ - діагональна матриця, кожний елемент якої дорівнює напрузі базисного вузла; $\boldsymbol{\pi}_a^E$, $\boldsymbol{\pi}_p^E$ - матриці критеріїв подібності; $\mathbf{J}_{*р\Sigma}^E(t)$, $\mathbf{J}_{*а\Sigma}^E(t)$ - вектори активних і реактивних складових відносних значень струмів у вузлах.

Ці закони покладені в основу функціонування САК [1]. Як видно з (1) вони визначаються неоднорідністю та мірою незбалансованості коефіцієнтів трансформації трансформаторного обладнання ЕЕС. Їх реалізація компенсує з точністю до ступеня регулювання коефіцієнтів трансформації неоптимальність потокорозподілу в ЕЕС, що викликана неоднорідністю і наближає втрати потужності в ЕЕС до мінімальних.

Як видно з (1), математичний опис законів функціонування САК регульованими трансформаторами є достатньо складним, а їх формування, адаптація та реалізація

вимагають істотних витрат машинного часу, особливо, враховуючи необхідність коригування матриці критеріїв подібності у разі змін стану регульованих пристроїв. Необхідні обчислювальні витрати та обсяги передачі інформації можуть бути істотно знижені, якщо на етапі математичного моделювання врахувати умови практичної реалізації розроблених моделей.

Таким чином, у результаті отримано математичну модель оптимального керування ustalеними режимами ЕЕС у часовій області у вигляді лінеаризованої багатомірної системи з зосередженими постійними параметрами.

Як видно з (1), математичний опис законів функціонування САК регульованими трансформаторами є достатньо складним, а їх формування, адаптація та реалізація вимагають істотних витрат машинного часу, особливо, враховуючи необхідність коригування матриці критеріїв подібності у разі істотних змін стану регульованих пристроїв. Необхідні обчислювальні витрати та обсяги передачі інформації можуть бути істотно знижені, якщо на етапі математичного моделювання врахувати умови практичної реалізації розроблених моделей.

Таким чином, у результаті отримано математичну модель оптимального керування ustalеними режимами ЕЕС у часовій області у вигляді лінеаризованої багатомірної системи з зосередженими постійними параметрами.

Е.р.с. в контури вводяться сумісною дією трансформаторів з РПН і КТ. За допомогою КТ вводиться базова частина змінної в часі $E_{зр}^{*}$ е.р.с. $E_{КТ}^{*}$, до якої ступенями $\Delta E_{РПН}^{*}$ додається е.р.с. трансформаторів з РПН. З врахуванням зв'язку між контурними е.р.с. і коефіцієнтами трансформації трансформаторів за певних умов (трансформатори в базовій системі контурів знаходяться в хордах, кількість регульованих трансформаторів дорівнює кількості контурів) можуть бути переписані у вигляді [2]:

$$\begin{aligned} k'_{КТ}(t) &= 1 - E_{КТ}''(t), & k''_{КТ}(t) &= 1 - E_{КТ}'(t), \\ k'_{РПН}(t) &= 1 - E_{РПН}''(t), & k''_{РПН}(t) &= 1 - E_{РПН}'(t), \end{aligned}$$

де $k'(t), k''(t)$ - вектори дійсних і уявних складових коефіцієнтів трансформації відповідно трансформаторів з РПН і КТ.

Отже, при автоматизації оптимального керування потоками потужності в ЕЕС можливо і доцільно застосовувати методи теорії подібності та моделювання. На основі них можна розв'язувати задачі, характерні для автоматизованої системи диспетчерського керування, з єдиних методологічних засад на всіх етапах оптимального керування. Такий підхід дозволяє побудувати адаптивну САК з децентралізацією частини функцій автоматизованої системи диспетчерського керування практично без порушення принципів централізованого керування.

Перелік посилань

1. Лежнюк Петро Дем'янович. Натурно-імітаційне моделювання з використанням критеріального методу в оптимальному керуванні електроненергетичними системами / П.Д. Лежнюк, В.М. Гайдамака // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. – № 1. – С. 37-41.

2. Автоматизація керування потоками потужності в ЕЕС з використанням крос-трансформаторів та подібності оптимальних режимів [Електронний ресурс] / П. Д. Лежнюк, Жан-П'єр Нгома, А. В. Килимчук // Вінницький національний технічний університет – 2009. – №4 – режим доступу до журн. http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2009-4/2009-4_ru.files/ru/09pdloms_ru.pdf.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ НА ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЯХ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ ПРОМИСЛІВ

Галушак І.Д., доцент; Катеринок В.В., магістр

(Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна)

Нераціональне завантаження технологічного обладнання веде до скорочення ресурсу його роботи і одночасно збільшує питомі енерговитрати на видобування нафти. Це також відноситься і до кушових трансформаторних підстанцій (КТП), встановлення яких було здійснено в більшості випадків на початкових стадіях розробки нафтових родовищ.

Слід відзначити, що навантаження КТП не залишається постійним в часі. Наприклад, вихід з ладу одного з насосів веде до зниження навантаження. З врахуванням часу очікування ремонту (10-60 діб) і самого ремонту (2-3 доби) нераціональний розподіл навантаження веде до істотної перевитрати електроенергії.

Для підвищення надійності експлуатації кушових трансформаторних підстанцій і зниження нераціональних втрат електроенергії необхідно розробити алгоритм розподілу навантаження між КТП з врахуванням фактичної продуктивності насосних обладнання і часового характеру зміни приєднаного навантаження через аварійне вимкнення насосів.

Найбільш інформативним показником роботи КТП є її коефіцієнт корисної дії, який в аналітичному виді показує залежність втрат електроенергії від зміни приєднаного до трансформатора навантаження.

На експлуатаційні і конструктивні особливості ТП найбільше впливає величина втрат в міді P_K і сталі P_O . Найбільший ККД η_{MAX} отримують при рівності втрат в міді і сталі, а також при рівності втрат в обмотках високої і низької напруги, що відповідає навантаженню, рівному $\sqrt{P_O / P_K}$ від номінального.

Для КТП за умовами надійності електропостачання і перевантажувальної здатності навантаження в робочому режимі не повинне перевищувати 0,8 від номінального N_H і, як правило, становить $(0,5-0,7) \cdot N_H$. В нашому випадку, коли завантаження ТП становить 40-60%, ця вимога виконується.

Формалізуємо постановку задачі.

Маємо n КТП, які обслуговують m свердловин. Всі КТП працюють з недовантаженням (на лівій вітці кривої ККД). Необхідно перерозподілити навантаження споживачів (електроцентробіжні (ЕЦН) і штангові (ШГН) глибинні насоси) між КТП таким чином, щоб сумарні втрати електроенергії були мінімальними.

Той факт, що всі КТП працюють з недовантаженням, запишемо у вигляді обмеження

$$0 \leq \eta \leq \eta_{MAX}, \quad (1)$$

де η - поточне значення ККД КТП при одному з можливих варіантів приєднання навантаження споживачів; η_{MAX} - максимальне значення ККД для кожної КТП.

Проведений порівняльний аналіз характеристик ККД трансформаторів показав, що найбільш достовірно (за дисперсією адекватності розрахункових і експериментальних даних) в класі елементарних функцій лівої вітки кривої ККД вдається описати функцією виду

$$\eta = a \cdot (1 - \exp(-\alpha \cdot N)), \quad (2)$$

де η - ККД трансформатора; a, α - емпіричні коефіцієнти; N - споживавна потужність.

Розглянемо функцію Y , яка характеризує роботу групи КТП

$$Y = \sum_{i=1}^n \eta_i = \sum_{i=1}^n a_i \cdot (1 - \exp(-\alpha_i \cdot N_i)). \quad (3)$$

За фізичним змістом максимізація функціоналу Y відповідає мінімуму теплових втрат в магніто провіді і обмотках групи трансформаторів. Очевидно, що ліва частина рівняння (3)

буде досягати максимального значення, коли величина $\sum_{i=1}^n \exp(-\alpha_i \cdot N_i)$ буде мінімальною. В

такому випадку поставлена вище задача оптимізації розподілу навантаження зводиться до вирішення зворотної задачі знаходження мінімуму цільової функції

$$\varphi(N_1, N_2, \dots, N_n) = \sum_{i=1}^n \exp(-\alpha_i \cdot N_i) \phi, \quad (4)$$

де N_1, N_2, \dots, N_n – потужності кожної з КТП в групі.

Проведемо заміну змінних, позначивши $\exp(-\alpha_i \cdot N_i) = z_i$, тоді вираз (4) прийме вид

$$\varphi(N_1, N_2, \dots, N_n) = \sum_{i=1}^n z_i. \quad (5)$$

Крім цього, у відповідності з поставленими умовами, відома загальна потужність кушових трансформаторів

$$\sum_{i=1}^n N_i = N. \quad (6)$$

Використовуючи приведену заміну змінних, можна записати $\ln z_i = -\alpha_i \cdot N_i$. Тому

$$\begin{aligned} -N_i &= (1/\alpha_i) \cdot \ln z_i \\ -N &= \sum_{i=1}^n (1/\alpha_i) \cdot z_i \end{aligned}$$

Це рівносильне виразу

$$-N = \ln \prod_{i=1}^n z_i^{1/\alpha_i}. \quad (7)$$

Права частина рівняння (7) являє собою добуток поліномів (додатньо визначені функції в додатніх степенях). В подібних випадках для пошуку глобального екстремуму можливе застосування основних положень теорії геометричного (випуклого) програмування, за яким вираз для глобального екстремуму шукають у вигляді парметризованої функції. Тому при зміні числового значення параметрів немає потреби повторювати розв'язок задачі оптимізації.

В позначеннях цільової функції вираз (7) приймає вид

$$\prod_{i=1}^n z_i^{1/\alpha_i} = \exp(-N) = \text{const} = A. \quad (8)$$

Тому оптимально приєднана потужність до кожного трансформатора в групі, враховуючи здійснену вище заміну змінних, визначається

$$N = \frac{\ln(\alpha_i)}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_i \cdot \sum_{i=1}^n 1/\alpha_i} \cdot (N - \sum_{i=1}^n (1/\alpha_i) \cdot \ln \alpha_i) \quad (9)$$

Дана залежність дозволяє визначити оптимальне навантаження кожного трансформатора в групі, якщо відома загальна споживана потужність кушового обладнання.

Як приклад використання представленого алгоритму для оптимізації навантаження КТП розглянемо реальний куш свердловин № 105 Надвірнянського НГВУ, обладнаний двома трансформаторними підстанціями з номінальними потужностями 500 і 300 кВА. Число видобуваючих свердловин становить 15, з них 12 обладнані електроцентробіжними насосами і 3 – штанговими. Загальна споживана насосним обладнанням потужність становить 649 кВА.

Емпіричні коефіцієнти моделі (4), визначені методом найменших квадратів за даними трансформаторів, мають такі значення:

$$a_1 = 102,32 \%, \alpha_1 = 0,00553 \text{ кВА}^{-1};$$

$$a_2 = 108,35 \%, \alpha_2 = 0,00815 \text{ кВА}^{-1}.$$

Підставимо отримані значення в залежність (9), отримаємо оптимальний розподіл навантажень на кожному трансформаторі: $N_1 = 358,89$ кВА, $N_2 = 291,11$ кВА.

Запропонований алгоритм дозволяє здійснювати оптимальний перерозподіл навантаження з врахуванням часової динаміки його зміни (при технологічних і аварійних зупинках насосного обладнання).

Перелік посилань

1. Галушак І.Д., Федорів М. Й., Гладь І.В. Модернізація системи електропостачання електробура на основі її математичної моделі. ези III Міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми економії енергії”, м. Львів, 2001. – С . 164-165.

2. Галушак І.Д., Маленкович В.О. Дослідження енергоефективності систем електрообладнання об'єктів нафтогазового комплексу». Матеріали міжнародної проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління (ПНМК-2012)» 7-10 червня 2012 р. Випуск №8, – м. Бучач, 2012.

МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЗДАНИЯ

Левшов А.В., проф., к.т.н.; Коротков А.В., ст.пр.; Шестаков А.С., студент
(*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина*)

По масштабам электроснабжения современные административные здания, больницы, торговые, спортивные и развлекательные центры могут сравниться с крупными производственными предприятиями. Материальные убытки, которые могут приносить даже незначительные перерывы в электроснабжении могут достигать колоссальных размеров. Эффективная эксплуатация таких зданий невозможна без применения основных инженерных систем (вентиляции, отопления, кондиционирования, освещения, контроля доступа и других), которые являются основными потребителями электрической энергии.

Возможность применения распределенных источников электрической (электросеть, дизельные генераторы, солнечные и ветряные электростанции) и тепловой энергии (центральное теплоснабжение, тепловые насосы, солнечные водонагреватели, газовые и электрические котлы) позволяет рассматривать современные здания как часть системы микрогрид [1]. В этом случае предполагается наличие системы управления потребителями энергии с целью оптимизации расходов при достижении заданных критериев комфорта [2]. Однако в настоящее время для большинства реальных зданий возобновляемые источники электрической энергии и оптимальное управление потребителями мало применяются. В тоже время, при реализации проектов современных зданий, наметилась тенденция по включению мониторинга источников энергоснабжения в рамки системы автоматизации.

Рассмотрим мониторинг электроснабжения на примере здания многофункционального торгово-развлекательного центра площадью более 70 тыс. м². Вместе со зданием электроснабжения и инженерного сопровождения требует паркинг более чем на 3 тыс. автомобилей. Питание электропотребителей может осуществляться от основного источника (городская электрическая сеть) или от источника резервного электроснабжения. Источник резервного электроснабжения должен иметь возможность обеспечить и аварийное электроснабжение специальной группы потребителей. Аварийное электроснабжение в первую очередь предназначено для насосов системы пожаротушения, вентиляторов системы дымоудаления, вытяжных вентиляторов паркинга, системы внутреннего и наружного освещения, лифтов и эскалаторов, а также для компьютерного и офисного оборудования.

Резервное и аварийное электроснабжение обеспечивают четыре дизельных генератора фирмы САТ мощностью 1750 кВт·А каждый [3]. Генераторы САТ имеют блоки управления и мониторинга EMCP 4.2, которые могут обмениваться информацией в коммуникационной сети по протоколу Modbus. В экстремальных ситуациях генераторы имеют возможность работать в течение одного часа с максимальной нагрузкой 100 %, в нормальных условиях – с нагрузкой в 75 %. Генераторы должны включаться при исчезновении питания от городской электросети или после ухудшения параметров напряжения в электросети. Переключение потребителей между основным и резервными источниками питания происходит автоматически, но присутствует и опция ручного переключения. Для каждого генератора используется силовой распределительный шкаф, в котором осуществляется подключение нагрузки либо к основному источнику электроснабжения, либо к резервному (рис. 1). В распределительном шкафу расположены автоматические выключатели на большие токи Masterpact с блоками мониторинга и управления Micrologic [4]. Последние выполняют функции автоматики и релейной защиты в сети электроснабжения. Кроме того, используемые в данном случае блоки Micrologic измеряют токи, напряжения, рабочую частоту, мощность и могут передавать информацию в коммуникационной сети по протоколу

Modbus. Это позволяет распределительные шкафы интегрировать в общую систему автоматизации здания.

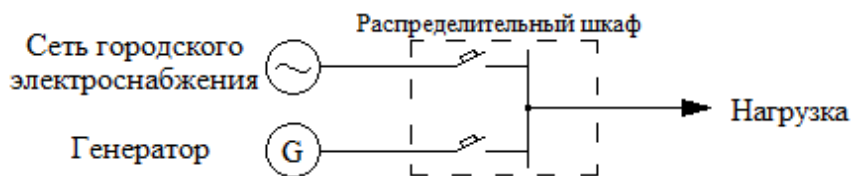


Рисунок 1 – Упрощённая схема силового распределительного шкафа для одного генератора

Функциональная схема сбора данных от системы электроснабжения здания представлена на (рис. 2). Собранные данные в сети Modbus от генераторов и распределительных шкафов через шлюзовое устройство TAC Xenta 913 передаются в систему TAC Vista [5], которая работает на компьютере диспетчера здания. TAC Vista является типичной SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) системой, позволяющей работать с локальными системами управления и мониторинга инженерного оборудования зданий. Вся информация выводится в удобном виде на экране диспетчера, при необходимости формируются отчеты о работе оборудования.

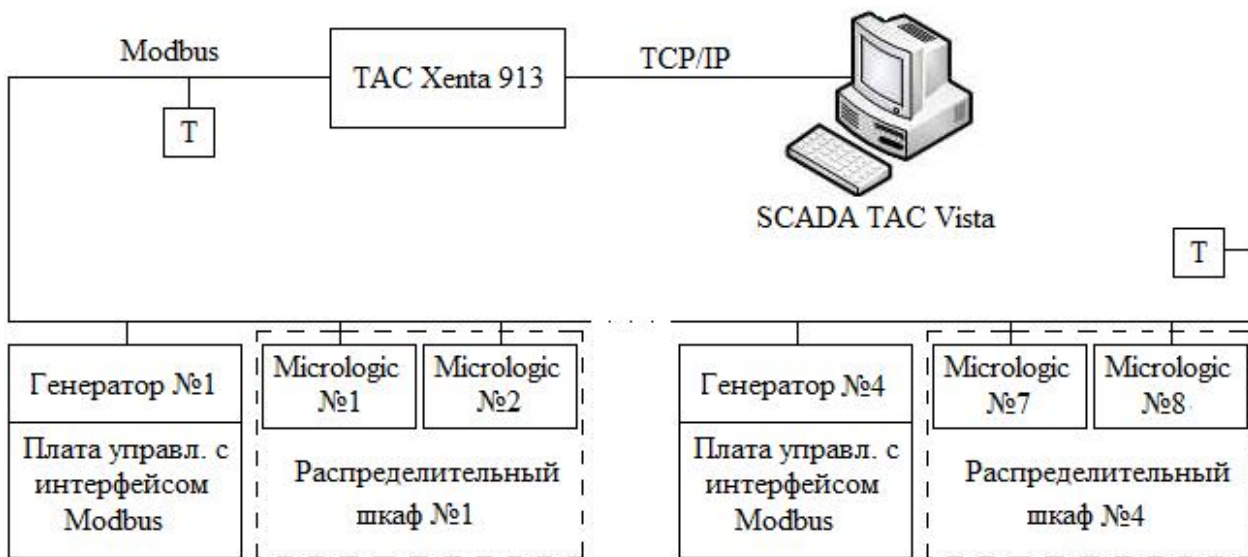


Рисунок 2 – Функциональная схема сбора данных от системы электроснабжения

Рассмотренный подход по мониторингу электроснабжения в системе автоматизации здания в дальнейшем может быть расширен функциями управления источниками и потребителями энергии, что позволит реализовать оптимальное управление энергоресурсами и комфортом.

Перечень ссылок

1. X. Liu, I. Chilvers, M. Mokhtar, A. Bedford, K. Stitt and J. Yazdani, «Microgrid Development for Properties», in The 2nd European Conference on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT- EUROPE 2011), 2011.
2. Левшов А.В. Система управления энергопотреблением и комфортом в многозональном здании / Левшов А.В., Коротков А.В., Забара И.С. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Електротехніка і енергетика» - 2013 - № 2 (15) – с. 160 - 165
3. Cat | Diesel Generator Sets | Caterpillar [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/electric-power-generation/diesel-generator-sets.html, свободный.- Загл. с экрана.
4. Schneider Electric. Каталог Masterpact NT и NW. Автоматические выключатели и выключатели нагрузки, 2011. – 173 с.
5. Schneider Electric. Автоматизация зданий. Каталог продукции, 2012. – 172 с.

АНАЛІЗ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Жарков В.Я., доцент, к.т.н

(Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна)

Постановка проблеми. Сьогодні, коли в світовій економіці відзначають істотний спад, геліоенергетики, одна з небагатьох галузей, що динамічно розвивається. На підвищення ефективності використання сонячної енергії в нашій країні спрямована і Державна цільова економічна програма енергоефективності на 2010-2015 роки.

Мета статті. Проаналізувати роботу сонячних колекторів (СК) і обґрунтувати вид СК прийнятний для цілорічного використання в нашому регіоні.

Аналіз останніх досліджень. Для Запорізької області доцільно-економічний потенціал сонячної енергії становить - $2,6 \cdot 10^5$ МВт•год/рік [1]. Останній визначаються рівнем розвитку науки і техніки, і задача науковців сприяти його збільшенню. Один із способів збільшення цих показників - це використання СК.

Основні матеріали дослідження. СК - пристрій для збору теплової енергії Сонця. Принцип роботи СК заснований на парниковому ефекті: пропускати сонячне світло крізь скло і затримувати зворотне інфрачервоне (теплове) випромінювання.

Провідними країнами у використанні СК є: Китай - 65,1 ГВт теплової потужності, Туреччина - 6,6 ГВт, Німеччина - 5,6 ГВт, Японія - 4,7 ГВт, Ізраїль - 3,4 ГВт [2].

Сонячні колектори поділяються на кілька типів: плоский, повітряний, вакуумний.

Плоский СК має тепловтрати більші, ніж у вакуумних, але вони простіші у виготовленні і, як наслідок, дешевші і менш крихкі в порівнянні з вакуумною трубкою. Являє собою прямокутний ящик з теплоізолюваним дном і боковими стінками, зверху прозоре покриття, усередині трубки з теплоносієм.

Повітряний СК - це окремий випадок плоского СК, в якого в якості теплоносія використовується повітря, можна зробити в домашніх умовах, хоча ККД у нього невисокий.

Вакуумний СК орієнтований, в першу чергу, на зниження тепловтрат за рахунок вакууму між тілом нагріву і зовнішньою оболонкою колектора. Виглядає цей колектор як набір скляних трубок, з яких викачали повітря, а всередині мідна тепла трубка, яка власне і нагрівається.

Кожна вакуумна трубка складається з двох скляних колб. Зовнішня трубка виконана з надзвичайно міцного боросилікатного скла яке витримує удари граду. Внутрішня колба також виконана з боросилікатного скла і покрита спеціальним абсорбером (поглиначем) з матеріалу – Al-N-Cu; матеріал теплової трубки – мідь; в тепловій трубці знаходиться легко кипляча рідина ($T_{\text{кип}}$ - кипіння близько 30°C) - ефір, ацетон, або вода у вакуумі. Проникаючи крізь зовнішню прозору колбу, енергія затримується на другій колбі, на яку нанесено високоселективний непрозорий шар абсорбера. Сонячна енергія, потрапляючи на абсорбер, знаходиться в пастці. Нагрітий до 80°C абсорбер випромінює теплову енергію, яка, проникаючи крізь тіло другої колби, передається на мідну теплову трубку. За рахунок парникового ефекту, який базується на накопиченні енергії під склом, в середині другої колби температура піднімається до 180°C . Це тепло нагріває ефір, який перетворюється на пару і, піднімаючись, переносить тепло в конденсатор теплової трубки, де і відбувається теплообмін з антифризом.

Вакуумні СК працюють при значних мінусових температурах (до -30°C). Можливе підвищення температур теплоносія аж до $250-300^\circ\text{C}$ в режимі обмеження відбору тепла. При опроміненні установки сонячним світлом, рідина, що знаходиться в нижній частині трубки, нагріваючись, перетворюється в пару. Пара піднімається у верхню частину трубки (конденсатор), де конденсуючись передає тепло колектору. Використання даної схеми

дозволяє досягти більшого ККД (у порівнянні з плоскими СК) при роботі в умовах низьких температур і слабого опромінення.

Мідна теплова трубка працює як термічний діод. Теплопровідність дуже висока в одному напрямку (вгору) і низька в зворотному (вниз). Для того, щоб підтримувати вакуум між двома скляними колбами на нижню внутрішню частину колби наносять шар барію. Він активно поглинає CO, CO₂, N₂, O₂, NO і H₂ під час зберігання і роботи трубки. Шар барію також забезпечує візуальний контроль вакуумного статусу - білий колір означає що порушені умови вакууму. Це полегшує роботу монтажника при визначенні працездатності трубки.

Ідеальна комбінація вакуумної та теплової трубок дають наступні переваги перед плоскими СК:

1) висока теплова ефективність, завдяки сучасним методам передачі тепла, високоякісному абсорбційному покриттю;

2) широкий спектр роботи: завдяки малій тепловій ємності вона здатна працювати при високій хмарності (в інфрачервоному діапазоні променів, які проходять крізь хмари);

3) кожна вакуумна трубка працює незалежно одна від іншої, і у випадку фізичного пошкодження колектор продовжує працювати;

4) менша маса колектора при кращій ефективності роботи самого колектора;

5) краща ефективність роботи взимку завдяки вакууму, витримує морози до -30 °С.

Всесезонний трубчастий вакуумний СК ефективний для застосування в цілорічному режимі в будь-якому регіоні України. ККД колектора - до 95%. Має високу продуктивність в умовах низької сонячної інсоляції. Термоізоляція теплообмінника 75 мм. Універсальна конструкція рами розрахована на установку СК на будь-який тип покрівлі - від горизонтальної до вертикальної. Колектори монтуються під кутом, що відповідає географічній широті місця його установки (Мелітополь - 47 п.ш.).

Для підтримки оптимальної температури в системі гарячого водопостачання (ГВП) застосовується буферний бак-теплообмінник, який являє собою автоматизовану систему перетворення, підтримки та збереження тепла, отриманого від енергії сонця, а також від інших джерел енергії (в нашому випадку від електронагівача), які підтримують геліосистему при недостатній кількості сонячного випромінювання [1]. Нагріта від доступних джерел тепла вода може використовуватися і як теплоносій для існуючої системи опалення.

Контролер автоматично підтримує оптимальні параметри циркуляції і забезпечує комфортну задану температуру системи ГВП. Він отримує інформацію від датчиків температури (один з яких обов'язково знаходиться в СК) і вибирає необхідний режим роботи. Ефективність і безпека геліосистеми в значній мірі залежать від контролера: правильності закладених алгоритмів роботи геліосистеми, надійності елементів.

Досвід експлуатації вакуумного СК в Московській області (56 п.ш.) показує, що в травневий день з мінливою хмарністю продуктивність однієї реальної вакуумної трубки - близько 1кВт•год теплоти. На пологовому будинку м. Мелітополь встановлено 6 секцій по 15 вакуумних трубок і 4 по 25 трубок. Всього 190 вакуумних трубок [1]. За один весняний день вони, з врахуванням московського досвіду, повинні видавати не менше 190 кВт•год теплоти.

Висновок. Вакуумні СК з тепловою трубкою нагрівають воду протягом усього року і за своєю тепловіддачею на 1 м² площі абсорбера на 25-40 % ефективніші ніж колектори інших типів.

Перелік посилань

1. Вакуумні трубчасті геліоколектори в бюджетних установах нашого міста/ О.О.Левченко Д.В.Рудлевич, В.Я Жарков., Л.Є. Никифорова// Автоматизація технологічних об'єктів та процесів.- Донецьк: ДонНТУ.- С. 250-253.

2. Митина И.В. Повышение эффективности солнечных коллекторов с вакуумированными стеклопакетами: Автореф. дисс. канд. техн. наук.- М., 2009.

ВИКОРИСТАННЯ ЯВИЩА АБСОРБЦІЇ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАБЕЛІВ

Розіскулов С.С.¹; Михайлів В.І.²; Грабчук Б.Л.²

(¹Інститут електродинаміки НАН України, м. Київ; ²Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ)

З появою автоматизованих систем контролю виникли передумови для широкого впровадження неруйнівних методів контролю стану ізоляції високовольтних кабелів, які базуються на використанні явищ абсорбції в ізоляції, зацікавлення до яких зросло з появою кабелів з полімерною ізоляцією. До таких методів зокрема відносяться метод вимірювання струму релаксації при зарядженні та метод вимірювання і аналізу поверненої (відновленої) напруги в ізоляції. З метою виявлення функціональних або кореляційних залежностей між ступенем старіння ізоляції, її електричною міцністю та параметрами, що реєструються в процесі контролю та діагностики ізоляції необхідно проаналізувати електромагнітні процеси, що протікають в ній при проведенні відповідних видів діагностики і контролю.

Для аналізу перехідних електромагнітних процесів, що протікають в неоднорідній ізоляції при її діагностиці методом вимірювання струму релаксації, розглянуто коаксіальний кабель відносна діелектрична проникність ε і питома електрична провідність γ ізоляції якого є функціями радіуса r : $\varepsilon(r)$ і $\gamma(r)$ відповідно; довжина кабелю l радіуси внутрішнього і зовнішнього електродів r_1 і r_2 . Геометрична ємність такого кабелю

$$C = \frac{l}{\int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{dC(r)}} = \frac{2\pi l \varepsilon_0 \varepsilon_e}{v},$$

а опір R ізоляції струмам витоку

$$R = \int_{r_1}^{r_2} dR(r) = \frac{v}{2\pi l \gamma_e},$$

де $v = \ln \frac{r_2}{r_1}$ – конструктивна стала;

$\varepsilon_e = \frac{v}{\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{\varepsilon(r)r}}$ – еквівалентна відносна діелектрична проникність ізоляції кабелю;

$\gamma_e = \frac{v}{\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{\gamma(r)r}}$ – еквівалентна питома електрична провідність ізоляції кабелю.

Встановлено залежності модуля вектора напруженості електричного поля в неоднорідній ізоляції кабелю в початковий момент часу $E_0(r)$ і після закінчення $E_\infty(r)$ перехідного процесу від радіуса r при ввімкненні кабелю до джерела постійної напруги U_0 :

$$E_0(r) = \frac{U_0}{r \cdot v} \cdot \frac{\varepsilon_e}{\varepsilon(r)},$$

$$E_\infty(r) = \frac{U_0}{r \cdot v} \cdot \frac{\gamma_e}{\gamma(r)}.$$

Це дозволяє визначити часову залежність струму релаксації $i_p(t)$:

$$i_p = \frac{2\pi l U_0}{v^2} \int_{r_1}^{r_2} \frac{(\varepsilon_e \gamma(r) - \gamma_e \varepsilon(r))^2}{\varepsilon^2(r) \gamma(r) r} dr,$$

а також вирази для абсорбційної ємності C_a та абсорбційного опору R_a , на підставі чого визначається коефіцієнт неоднорідності ізоляції

$$k = \frac{RC_a}{R_a C},$$

за яким можна чисельно оцінити якість і ступінь старіння ізоляції та її залишковий ресурс.

В процесі експлуатації кабеля його абсорбційний опір і опір ізоляції струмам витоку знижуються, абсорбційна ємність зростає, а геометрична ємність не змінюється.

Отримано вираз для поверненої напруги $u_n(t)$

$$u_n(t) = - \int_{r_1}^{r_2} \Delta E(r) e^{-\frac{t}{\tau(r)}} dr,$$

$$\tau(r) = \varepsilon_0 \frac{\varepsilon(r)}{\gamma(r)}$$

де – постійна часу розрядження елементарних ємностей через відповідні їм елементарні опори. Інформативними параметрами, що характеризують якість ізоляції є: максимальне значення поверненої напруги або коефіцієнт поляризації

$$k_{пол} = \frac{U_{n\max}}{U_0} \times 100\%,$$

час досягнення максимуму поверненої напруги, початкова швидкість наростання та стала часу спадання поверненої напруги.

Результати досліджень показали, що радіальна напруженість електричного поля в неоднорідній ізоляції ВК може істотно відрізнятись від тієї, яка була б у випадку її однорідності, тобто від розрахункової. Збільшення неоднорідності електроізоляційного матеріалу кабеля призводить до зростання початкового значення струму абсорбції та зменшення постійної часу його спадання, повернена напруга при цьому характеризується збільшенням максимального значення та початкової швидкості її зростання і зменшенням часу досягнення нею максимуму. Критичним значенням неоднорідності електроізоляційного матеріалу високовольтних кабелів можна вважати максимальне значення коефіцієнта неоднорідності або коефіцієнта поляризації, після досягнення якого подальша експлуатація високовольтних кабелів недоцільна.

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНОЇ ФАЗИ В КОМБІНОВАНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛІЮ

Чорноус Є.В., ст. викладач; Ковальов О.П., д.т.н., проф.; Готін Б.О., студент
(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)

В мережах з ізолюованою нейтралію, де для захисту людини застосовують захисне шунтування, пристрій визначення фази з витоком (ПВФ) є найбільш важливою ланкою [1]. В даний час розробляється та впроваджується спосіб визначення пошкодженої фази на землю в трифазній мережі з ізолюованою нейтралію [2, 3]. Його сутність зводиться до наступного:

1. Через фіксовані проміжки часу Δt , що знаходяться в межах від 0.2 до 0.5 мс вимірюються миттєві значення потенціалу нейтралі $u_N(t)$, $u_N(t+\Delta t)$, $u_N(t+2\cdot\Delta t)$ і т.д.

2. Для кожної пари миттєвих значень (метод двох вибірок [4]) обчислюється аргумент (початкова фаза) потенціалу нейтралі ψ шляхом вирішення рівняння:

$$\frac{\sin(\omega \cdot t + \psi)}{\sin(\omega \cdot (t + \Delta t) + \psi)} = \frac{u_N(t)}{u_N(t + \Delta t)}, \quad (1)$$

3. Обчислені значення ψ , надходять з частотою від 2 до 5 кГц і створюють серію, яка, в залежності від інтенсивності завад та спотворень з боку мережі, містить від 5 до 20 проміжних результатів.

4. Пошкоджена фаза визначається співставленням серії проміжних результатів ψ (або її середнього значення) з опорними фазовими інтервалами, що визначаються виразом (відлік часу починається моментом переходу через нуль лінійної напруги u_{AB} при її зростанні):

$$\Delta\psi_i = 1050 + i \cdot 1200 \pm 600, \quad (2)$$

де $i = -1, 0, 1$ визначає опорні інтервали для фаз В, А, С відповідно.

Недоліки вказаного способу полягають в наступному. По-перше, його не можна застосувати в мережі, де кутова частота ω змінюється в часі, наприклад в мережі, що живиться від перетворювача частоти. В цьому разі співставлення результатів вирішення рівняння (1) з опорними фазовими інтервалами (2) неможливе. По-друге, при зміні порядку чергування фаз, яке застосовується при реверсі приводів з частотним керуванням, втрачається однозначна відповідність між системою відліку (момент переходу напруги u_{AB} через нуль при зростанні), проміжними значеннями аргументу ψ потенціалу нейтралі, обчисленими згідно (1), та опорними інтервалами, обчисленими згідно (2).

Ідея, що пропонується, полягає в удосконаленні вказаного способу, в якому здійснюється автоматичне вимірювання та обчислення поточного значення кутової частоти мережі як при прямому, так і при зворотному порядку чергування фаз, причому, при зміні порядку чергування фаз виконується зміщення опорних фазових інтервалів, що і дозволяє застосовувати спосіб у комбінованих мережах реверсивного електроприводу з частотним керуванням при збереженні швидкодії способу.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у способі визначення пошкодженої фази в комбінованих електричних мережах з ізольованою нейтраллю, який включає вимірювання миттєвих значень потенціалу нейтралі, обчислення серії проміжних значень його аргументу та зіставленні означеної серії з опорними фазовими інтервалами, додатково через кожну шосту частину періоду фіксують контрольні точки, яким відповідають моменти переходу через нуль лінійних напруг, вимірюють проміжок часу між двома суміжними контрольними точками і обчислюють уточнене значення частоти, яке використовують для одержання наступного проміжного результату серії, а при зміні порядку чергування фаз з прямого на зворотній межі опорних фазових інтервалів зміщують на одну шосту періоду в сторону їх випередження, а опорні фазові інтервали відстаючої та випереджуючої фаз міняють місцями.

Вказана корекція полягає в тому, що:

1. За допомогою генератора опорних сигналів (імпульсів) та їх лічильника вимірюється проміжок часу між двома контрольними точками і співставляється з їх кутовим параметром (одна шоста періоду або $\pi/3$). В результаті нове (скориговане) значення кутової частоти обчислюється з виразу:

$$\omega = \frac{\pi \cdot f_{oc}}{3 \cdot n}, \quad (3)$$

де f_{oc} – частота опорних сигналів; n – кількість опорних сигналів, зафіксованих між двома суміжними контрольними точками.

2. У випадку зміни порядку чергування фаз нова система відліку приводиться у відповідність з проміжними результатами аргументу потенціалу нейтралі та опорними фазовими інтервалами тим, що межі останніх зміщуються на 60 градусів в сторону їх випередження, а опорні інтервали фаз В і С міняються місцями у відповідності з виразом:

$$\Delta\psi_i = 1650 + i \cdot 1200 \pm 600, \quad (4)$$

де $i = -1, 0, 1$ визначає опорні інтервали для фаз С, А, В відповідно.

Перелік посилань

1. Шуцкий В.И., Жидков В.О., Ильин Ю.Н. Защитное шунтирование однофазных поврежденных электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 152 с.: ил.
2. Черноус Е.В. Об альтернативном варианте защиты шахтной участковой сети от однофазной утечки // Электричество. – 2009. – № 8. – С. 33-36.
3. Патент UA на КМ № 63716, МПК H02H 3/16, G01R31/08 опубл. 25.10.2011.
4. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. – М.: Энергоатомиздат, 2007. 549 с.: ил.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Голинько В.И., д.т.н., проф.; Фрундин В.Е., к.т.н., доц.
(*Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина*)

Поражение электрическим током не является основной причиной смертельного травматизма в Украине. Однако в сравнении со странами Западной Европы и США этот показатель на 1000000 человек населения у нас на порядок больше. Широкое внедрение в этих странах уже в 80-е годы прошлого столетия устройств защитного отключения дифференциального типа УЗО-Д, а также современных электробытовых приборов с двойной изоляцией привело к тому, что практически до нуля уменьшился смертельный травматизм в сетях до 1000 В. В Украине же смертельный травматизм практически не изменился.

Применение УЗО-Д не заменяет основные виды защиты при прямом и косвенном прикосновении, а дополняет и обеспечивает более высокий уровень защиты при неисправностях основных защит. Однако в ПУЭ-2011 (аналогично в ПУЭ-2006) 1.7.81 «... ПЗВ заборонено застосовувати в електроустановках із системою TN-C...», которая является основной для питания электроустановок напряжением до 1000 В (380/220 В) в жилых, общественных и административных зданиях и на промышленных объектах в настоящее время в Украине.

Как указано в пояснениях и комментариях разработчиков к главе 1.7 ПУЭ п. 1.7.81 [1] применение УЗО-Д в системе TN-C жилых домов связано с ошибочными отключениями «... у разі одночасного заземлення і занулення корпусів електрообладнання » при этом термин зануление - отменен.

Следует обратить внимание, что весьма часто неправильная работа УЗО-Д связаны с низкой квалификацией и недостаточным опытом работы с УЗО-Д электромонтажников. Присоединение же корпуса электроустановки к искусственному заземлителю в системе TN-C грозит смертельной опасностью для человека при замыкании фазы на корпус.

Большинство квартир жилого фонда Украины питаются по системе TN-C, а подключение электроприемников осуществляется с помощью розеток без дополнительного зажима для подключения корпуса к PEN-проводнику. УЗО-Д в этом случае является единственным средством для обеспечения защиты от прямого и косвенного прикосновения. Также следует отметить, что УЗО-Д также является эффективным средством защиты детей.

Из изложенного выше можно сделать вывод, что запрещение применения УЗО-Д в системе TN-C не обосновано, а смертельный травматизм в сетях до 1000 В не будет уменьшаться, так как сети напряжением 380/220 В в Украине выполнены в основном по схеме TN-C.

Опыт эксплуатации показывает, что из-за плохого состояния электрических сетей особенно PEN-проводника и низкой квалификации обслуживающего персонала весьма часто происходят короткие замыкания в этажных распределительных щитках между фазным и PEN-проводником в системе TN-C. В результате корпуса электроприемников, присоединенные к PEN-проводнику в системе TN-C, до срабатывания защиты, окажутся под фазным напряжением до тех пор пока не произойдет короткое замыкание от перенапряжения в электроустановке и не сработает максимальная токовая защита. Если максимальная токовая защита обеспечивается однополюсным автоматическим выключателем, то после его отключения корпуса электроприемников останутся под фазным напряжением и прикосновение к ним также опасно, как и к токоведущей части. Аналогичная картина будет и при электроснабжении по системе TN-C-S.

Серьезной проблемой также является значительные колебания напряжения в питающей сети. Поэтому дополнительно к УЗО-Д необходимо устанавливать реле контроля напряжения РКН. На рис. 1 предлагаем схему электроснабжения квартиры или жилого дома.

Реле контроля напряжения РКН отключает фазу при колебаниях напряжения сети за установленные пределы, но не отключает PEN или N-проводник. Для совместного разрыва обоих проводников после счетчика, что разрешено ДБН В.2.5-27, установлен контактор. На входные зажимы контактора подключено реле РКН с минимальным током коммутации (16А), которое управляет только его катушкой К. Отключение питающей линии произойдет при любом нарушении: отклонении напряжения за установленные пределы, подаче линейного напряжения или потенциал одной и той же фазы по обоим проводам, а также при обрыве нулевого проводника.

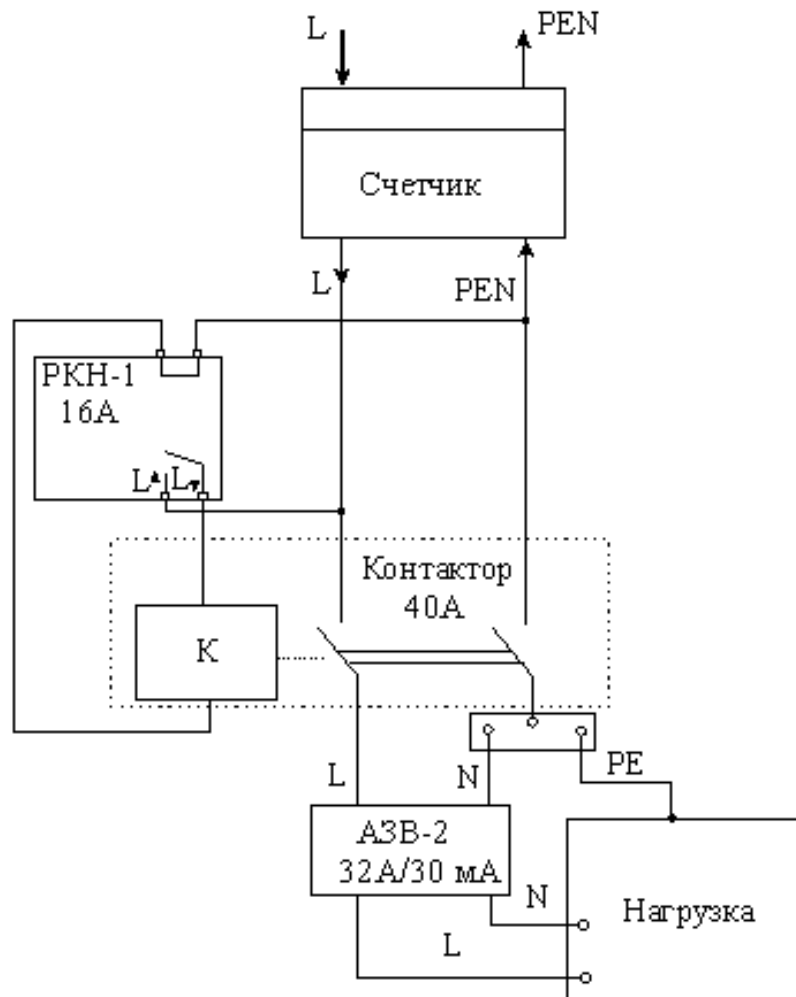


Рисунок 1 - Схема защиты квартиры

После контактора PEN-проводник разделяется на N и PE-проводники, а к фазному и нулевому рабочему N-проводникам подключается дифференциальный автомат. Если же электроснабжение квартиры или жилого дома осуществляется по двухпроводной схеме, то подключение потребителей после дифференциального автомата следует выполнять не разделяя PEN проводник.

Следует обратить внимание, что применение УЗО-Д с током срабатывания до 300 мА практически исключает пожары в защищаемых объектах от коротких замыканий в питающих линиях, которые являются весьма частой причиной пожаров и не только в жилых зданиях.

Перечень источников

1. Посібник з вивчення і використання. Глава 1.7 Заземлення і захисні заходи електробезпеки ПУЕ:2006.-К.: «КВІЦ»,-2008.- 176с

РАСЧЕТ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ПРОМОЩИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА POWERFACTORY

Горбенко Е.О., студентка ЭТФ; Гришанов С.А., старший преподаватель
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Введение. Расчеты установившихся режимов относятся к числу задач, которые имеют большое значение при проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем. При оперативном управлении режимами электроэнергетических систем также возникает необходимость выполнения большого объема вычислений, связанных с расчетами установившихся режимов. Как правило, решение этих задач требует многократного расчета режима, что приводит к повышению требования к методам расчета установившегося режима в реальном времени в плане быстродействия и надежности получения результатов в любых условиях эксплуатации электрических систем. Современные электрические системы представляют собой сложные, пространственно разнесены иерархические объекты, функционирующие в условиях изменчивости их структуры, параметров и режимов работы при многочисленных внешних и внутренних возмущениях как систематического, так и случайного характера. Это определяет сложность задач управления ими.

Актуальность работы. Использование результатов расчета установившихся режимов в электрических системах, как на стадии их проектирования, так и на стадии эксплуатации, а также оценка и выбор средств для этих расчетов является актуальной задачей в современной энергетике.

Основные положения и результаты работы. На кафедре «Электрические системы» ДонНТУ для решения задачи расчета и анализа установившихся режимов в электрических системах использовалось программное обеспечение UREGIM, которое было разработано сотрудниками кафедры. На сегодняшний день существует большое количество современных программных комплексов, которые позволяют решить эти задачи. Причем эти комплексы обладают большими функциональными возможностями по сравнению с UREGIM. Из анализа современных специализированных комплексов можно выделить следующие разработки: информационный комплекс электрических сетей IndorPower (Россия), программный комплекс «EnergyCS» (Россия), программный комплекс «ETAP», программный комплекс «DIgSILENT PowerFactory» [1], программный комплекс «Siemens PSS / E» [2].

Программный комплекс «DIgSILENT PowerFactory» на сегодняшний день является одним из самых мощных по функциональным возможностям. Причем следует отметить, что «DIgSILENT PowerFactory» наиболее близок по своим математическим моделям для расчета и анализа установившихся режимов к моделям, которые были заложены в основу отечественного программного обеспечения. Это позволяет сделать вывод о целесообразности использования «DIgSILENT PowerFactory» в при решении задач расчета установившихся режимов в условиях Украинской энергосистемы.

Помимо всего прочего «DIgSILENT PowerFactory» обладает возможностями для решения задач связанными а анализам электромеханических и электромагнитных переходных процессов в системах, а также есть возможность решать задачи оценки уставок устройств РЗ и автоматики.

В данной работе решается следующая задача: проанализировать возможности программного комплекса PowerFactory относительно его пригодности к решению задач

расчета установившегося режима в электрических сетях. А также выявить возможности использования программного комплекса PowerFactory в учебном процессе. Для проверки возможностей использования программного комплекса PowerFactory в учебном процессе были выполнены расчеты установившегося режима электрической сети (рис.1) и эти результаты расчета были сопоставлены с расчетом аналогичной сети, выполненные в программе UREGIM.

На основе сопоставления результатов расчета и оценки возможностей PowerFactory применительно к анализу режимов были сделаны выводы о целесообразности внедрения ПО PowerFactory в учебный процесс. Сейчас PowerFactory активно используется студентами специальности «Электрические системы и сети» в учебном процессе [3].

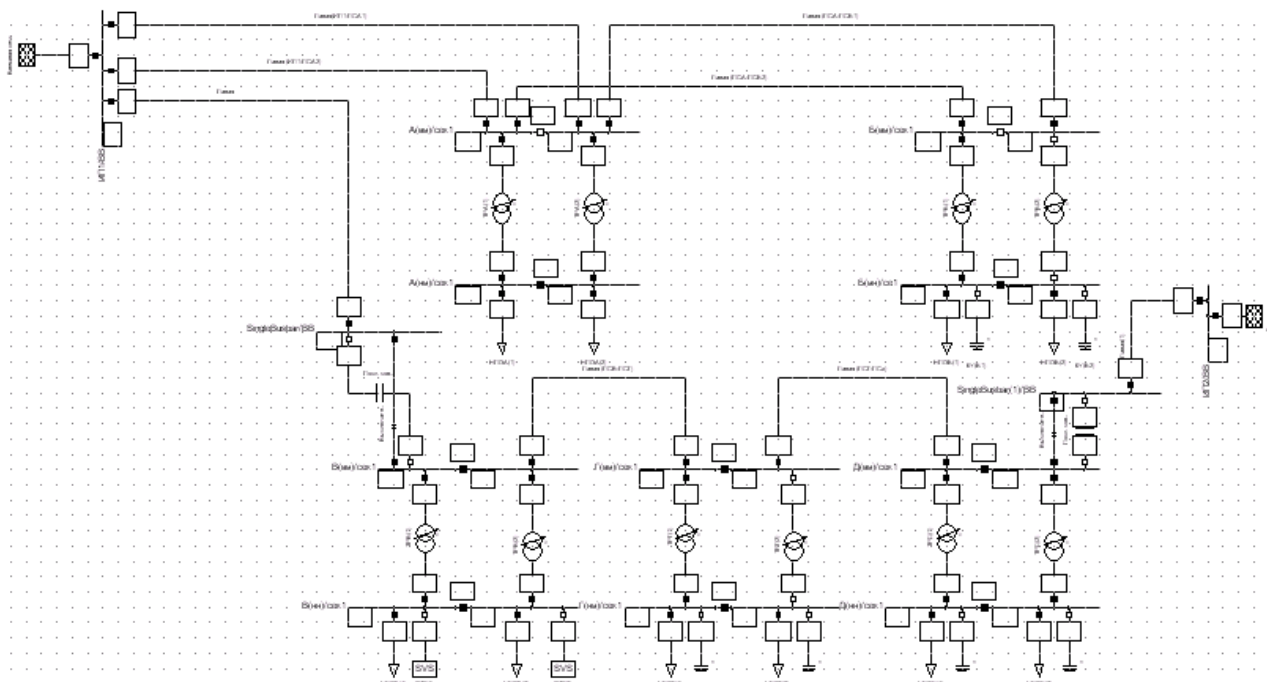


Рисунок 1 – Исходная схема для расчета режима в PowerFactory

Выводы. В итоге можно сделать вывод, что применение PowerFactory для расчета установившихся режимов в электрических системах дает более гибкие возможности для анализа режимов и принятия необходимых решений по повышению эффективности функционирования электрических сетей. Удобный графический интерфейс данного программного комплекса, быстрдействие расчета системы позволяет проанализировать электрическую систему и при необходимости принять необходимые меры для повышения эффективности функционирования электрической системы. Использование функций «оптимизация» режима дает возможность анализировать возможные ситуации для принятия решения по уменьшению потерь мощности в элементах сети, а также подобрать более эффективные устройства для регулирования напряжения вблизи потребителей.

Перечень ссылок

1. Официальный сайт компании Siemens. URL: <http://www.energy.siemens.com>.
2. DIgSILENT GmbH Gomaringen. PowerFactory Руководство пользователя DIgSILENT PowerFactory Версия 14.0. – Germany. 2011-1192с.
3. Неофициальный сайт режимщиков – Программа DIgSILENT PowerFactory. URL: <http://regimov.net/content.php/79-DIGSILENT-PowerFactory>.

ОЦЕНКА СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Бурый С.В., ассистент; Халимов В.В., к.т.н., доц.

(Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Украина)

Потребление электроэнергии промышленными предприятиями зависит от многих факторов, указанных в [1]: режима работы предприятия, температурного режима, времени суток (день/ночь), погодных условий, времени года и т.д. Факторы могут влиять на величину электропотребления как положительно, так и отрицательно.

Известно, что для промышленных предприятий затраты на оплату за потребляемую электроэнергию составляют значительную часть средств. Построенный прогноз позволит снизить такие затраты, и, как результат, более взвешенно подходить к формированию электропотребления на будущий период времени.

Одним из перспективных способов является прогнозирование электропотребления для предприятий. Целью данной статьи является прогнозирование среднесрочного потребления электроэнергии с применением математических моделей для дальнейшей их оценки.

Для достижения цели, поставленной в статье, были решены следующие задачи:

- сбор экспериментальных данных о потреблении электрической энергии с помощью автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) «Альтаир»;
- анализ и первичная обработка экспериментальных данных;
- проведение оценки возможности с применения традиционных методов расчета электрических нагрузок и электропотребления;
- разработка модели и построение прогноза потребления для шахты;
- проверка адекватности результатов прогноза по фактическим данным электропотребления предприятия.

По показаниям счетчиков автоматизированной системы коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ), установленной на вводах главной поверхностной подстанции (ГПП), получены данные по электропотреблению шахты «Центросоюз ДТЭК Сverdловантрацит» (Украина) за период с 2004 по 2010г. Эти данные являются совокупностью признаков, которые объединяются в массив, являющийся базой для получения прогнозной модели.

Для анализа и первичной обработки данных (временных рядов) по электропотреблению используем, пакет программ Statistica 6. Методика обработки данных подробно описана в [2] и включает следующие этапы:

- графическое представление и анализ поведения временного ряда;
- выделение и анализ детерминированного случайного ряда;
- сглаживание и фильтрация временного ряда;
- исследование случайной составляющей временного ряда, построение и проверка адекватности математической модели её описания;
- прогнозирование поведения временного ряда на основе проведенных исследований.

Ниже приведены графики электропотребления с периодом в 1 месяц за 7 лет.

Временной ряд состоящий из месячных показателей электропотребления шахты по виду является однородным стационарным. Поэтому, с учетом рекомендаций [2] принимаем в качестве базовой модели для его обработки универсальную модель авторегрессионное проинтегрированное скользящее среднее (АРПСС).

Далее проводится исследование по методике [2]. Выполняется одномерный анализ Фурье который подтверждает, что присутствует сезонность с периодом в 12 месяцев. После этого ряд логарифмируется по основанию ряда и строится АКФ, которая подтверждает стационарность ряда. На этом основании можно утверждать, что наиболее подходящей

моделью будет модель которая включает 1 параметр авторегрессии т.е. $p=1$ $q=0$, учитывая что $d=0$.

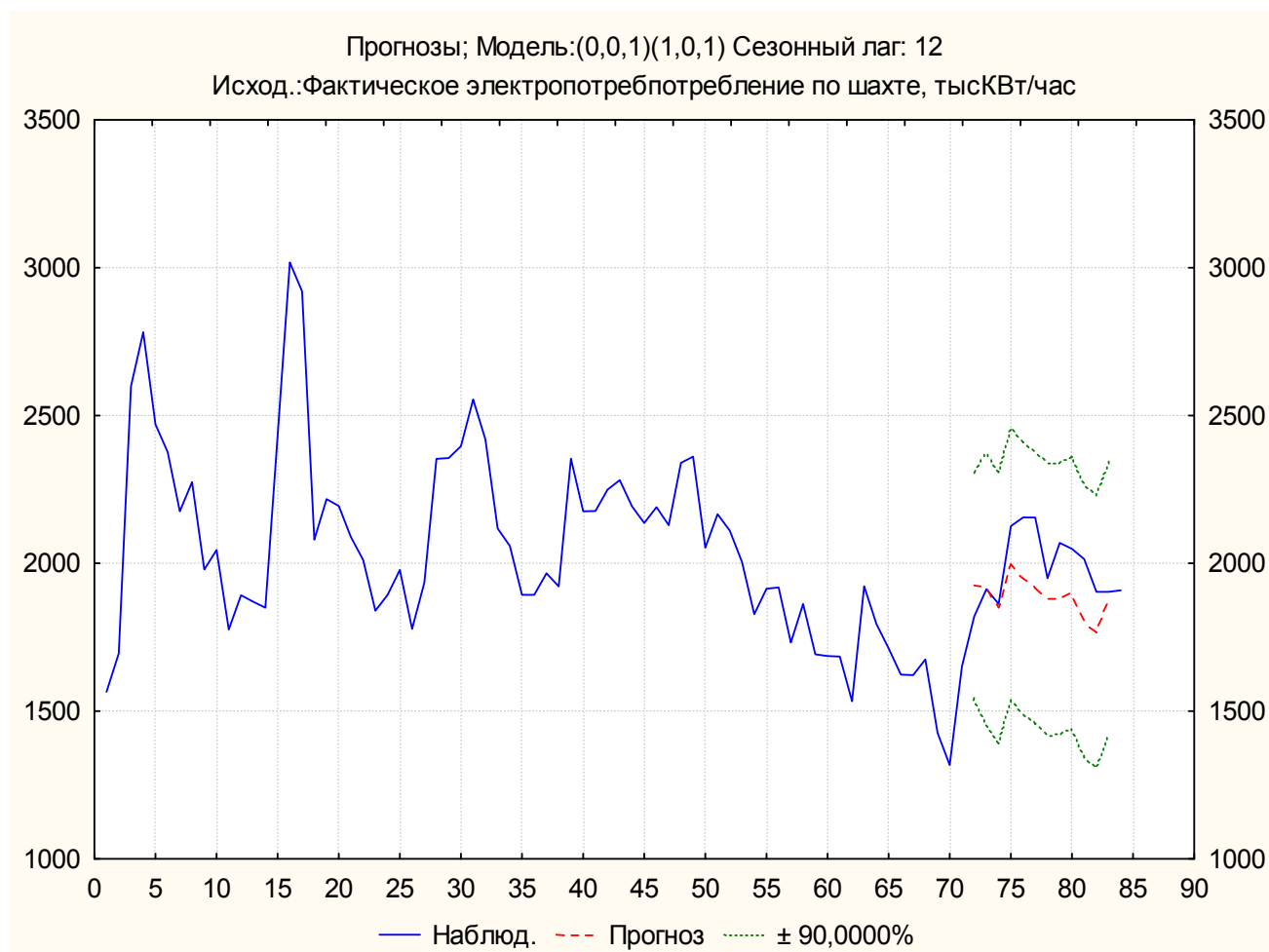


Рисунок 1 – Динамика изменения потребления электроэнергии за 7 лет с прогнозом на 12 месяцев

Кривая прогнозных данных показана пунктирной красной линией, а доверительные интервалы – двумя зелеными пунктирными линиями, которые показывают диапазон отклонений и представлена на рисунке 1.

Из графика показанного на рисунке 1 видно, что прогнозная кривая практически повторяет фрагмент кривой исходного ряда, причем все наблюдаемые значения ряда попадают в доверительный интервал.

Выводы Установлено, что использование современных статистических методов обработки экспериментальных данных позволяет с достаточной для промышленных целей точностью прогнозировать потребность в электроэнергии на среднесрочную перспективу. Это позволит получить существенную (до 5%) экономию.

Перечень ссылок

1. Бурый С.В. Разработка метода перспективного планирования электропотребления с применением регрессионных моделей. – Кривой Рог: № 3. Технические средства и информационные системы, используемые для реализации функций управления. Вестник, 2013. – с. 64-68.
2. А.А. Халафян STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007 г. – 512 с.: ил.

НОВІ МЕТОДИ РЕГУЛЮВАННЯ СИСТЕМАМИ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ ПЕРЕРОБКИ ШАХТНОГО МЕТАНУ

Кузнецов П.А., студент¹; Рудик Ю.І., к.т.н., доц.²; Сольоний С.В., к.т.н., доц.¹

(¹Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна; ²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна)

Однією з головних проблем вуглевидобувної галузі є наявність великої кількості відходів і сировини, які не переробляються, а викидаються в атмосферу або накопичуються у відстійниках. Одним з таких продуктів є газ – метан (CH₄). Практично всі запаси метану викидалися в атмосферу (дуже часто навіть не спалюючись). І лише мала частка метану збиралася і використовувалася як паливо для вантажних автомобілів. Таке нераціональне виробництво підвищує собівартість вугілля і веде до забруднення навколишнього середовища.

Шахти Донбасу відносяться до одних з найбільш загазованих у світі. Тому весь метан доцільно переробляти в теплову та електричну енергію. Великим проривом стало створення підприємством «Шахта ім. А. Ф. Засядька» великої когенераційної станції, сумарною потужністю 34 МВт [1].

Об'єктом дослідження є системи автоматичного керування приводом (генератор-двигун) газової когенераційної електричної станції, яка передбачає керування електроприводом для керованого виробництва електроенергії та обігріву шахтних шурфів залишками метану.

Мета дослідження – покращення системи керування електроприводом станції, паралельний запуск генераторів у мережу та синхронна їх робота разом із розподільчою електричною станцією підприємства.

Керування двигуна внутрішнього згоряння та синхронного генератора реалізовано за допомогою газових датчиків і електроприводу системи LEANOX. Також, окрім дистанційного, безпосередньо на самому двигуні та генераторі передбачене ручне керування та екстрене вимикання. Захист електричної мережі базується на мікропроцесорній системі Diane, яка відстежує більше 20 параметрів одночасно та проводить екстрене вимикання пошкодженої ланки за 0,1 с. Схему керування захистом та керований привод електростанції було розроблено на австрійській фірмі «GE Jenbacher», яка входить у склад американської компанії «General Electric» та є світовим лідером із виробництва керованих приводів для когенераційних станцій.

Шахтний газ дегазації зі свердловин і виробленого простору надходить по чотирьох лініях від двох вакуумних насосних станцій (ВНС). З ВНС газ подається на вузол змішування ділянки газоподготовки КГЕС із метою отримання на виході з вузла однорідної газо-повітряної суміші необхідної концентрації: припустимий діапазон від 25 % до 40 %, номінальний режим 30 %. Некондиційний газ скидається в атмосферу через «свічку». При необхідності збільшити концентрацію суміші до неї підмішується газ високої концентрації (93-98 %) із свердловин поверхневої дегазації.

Далі метано-повітряна суміш (МВС) проходить ряд послідовних процесів: охолодження, очищення, і підігрів-осушку. Охолодження МВС проводиться для її очищення та відділення вологи в сепараторах-фільтрах. Підігрів МВС до 40 °С здійснюється в блоках нагріву з метою зниження вологості газової суміші. Отримання паливного газу для ДВС із потрібними параметрами забезпечує їх нормальну роботу.

Крім паливного газу до агрегатів КГЕС подається газ високої концентрації із свердловин поверхневої дегазації для підпалу паливної суміші в циліндрах ДВС.

Підготовлений паливний газ надходить на 12 ДВС, навантажені генераторами 3035 кВт кожний. Вироблена електроенергія надходить на шахтну підстанцію по шинах 6,3 кВ через реактори, які забезпечують обмеження струму короткого замикання.

Тепло, утилізоване при роботі агрегатів КГЕС, використовується для технологічних (підігрів газу) та побутових потреб КГЕС і виробничо-побутових будівель шахти. У зимовий час тепла енергія так само використовується для обігріву шахтних стовбурів. Передбачається надлишки тепла направляти в міську теплотережу.

КГЕС обладнана сучасними засобами управління та контролю із використанням комп'ютерів і мікроконтролерів, об'єднаних інформаційними мережами. Встановлені засоби збору первинної інформації та пристрої автоматизації провідних світових виробників: АBB, DBT, Keuter, Klinger, Wegabar, Alleen Bradley і Rockwell Automation. Безпека роботи КГЕС контролюється електричною, газовою та пожежною системами. Системи вентиляції та кондиціонування створюють необхідні умови для роботи обладнання та комфортні умови для персоналу [2].

Східна добична дільниця шахти ім. О. Ф. Засядька належить до споживачів першої категорії, тому має два незалежних вводи на підстанцію РПВ-110 від розподільчої підстанції Макіївська-330. Водночас, два незалежних підводи на підстанцію РПВ-110 тягнуться від КГЕС. Кабельна лінія прокладена у герметичному кабелепроводі, ізоляція забезпечується за допомогою газу аргону. Тому підприємство одночасно може жити своє обладнання як від мережі, так і від власної КГЕС, а залишок енергії виплескується у мережу і живить мікрорайон «Ветка». Перетворення енергії на вході електростанції виконується за допомогою двох силових трансформаторів ТДТНШ (Трансформатор з дуттям, трифазний масляний шахтний). На схемі позначені як «Тр-р №2» та «Тр-р №1». Кожний має систему примушеного охолодження на базі асинхронного двигуна. Мікроконтролер за допомогою датчиків відстежує температуру масла і вмикає примушене охолодження, коли вона вище за 55 °С. Вхідна напруга трансформатора дорівнює 110 кВ, вихідна – 6,6 кВ для підземного обладнання і 6,3 кВ для поверхневого та житлових будинків. Електропривод КГЕС видає безпосередньо 6,6 кВ та 6,3 на суспільну шину у мережу.

Станція обладнана системою підвищеного захисту. Засоби захисту кожного генератора встановлено безпосередньо в кожному когенераційному модулі. Крім того, станція РПВ-100 та КГЕС мають наступні ступені захисту: захист від низької/великої напруги; захист від підвищення/зниження частоти мережі; максимальний токовий захист; захист від КЗ на землю; диференційний захист Woodward ESDR4; захист по кожній вхідній і секційній ділянці за системою «Diane».

Число обертів генератора підтримується за допомогою двигуна внутрішнього згоряння. Він виконує роль турбіни. Спочатку виконується запуск двигуна через систему запалення. До кожного циліндра підходить свічка з електричним запалюванням, на яку подається напруга. Свічка виробляє іскру в циліндрі двигуна, де виникає згоряння газоповітряної суміші. Енергія від згоряння (вибуху) потрапляє на кривошипно-шатунний механізм, який через муфту під'єднано до валу генератора. Після пуску синхронний генератор втягується до синхронізму і починає виробляти електроенергію.

Весь процес пуску двигуна виконується за допомогою системи Monic. Monic – це система керування приводом нового покоління. Вона служить для автоматичного вимірювання напруг запалювання на всіх циліндрах. Monic реєструє та запам'ятовує результати вимірювань на активних котушках і передає їх на системи керування за допомогою шини CAN. Також до системи контролю Monic надходять сигнали з датчиків контролю концентрації газометанної суміші та герметичності газової лінії. В екстрених випадках подається сигнал на мікродвигуни, які керують засувами подачі газу.

На активних котушках є блоки вимірювання високих напруг і посилювач вимірювального сигналу. Інтерфейс DIA.NE або DIA.NE XT представляє напругу запалювання в графічній формі, наочно ілюструючій стан свічок запалення. Налаштування та пуск також здійснюються за допомогою інтерфейсу DIA.N або DIA. NE XT. Схематичне зображення системи контролю Monic надано на рис. 1.

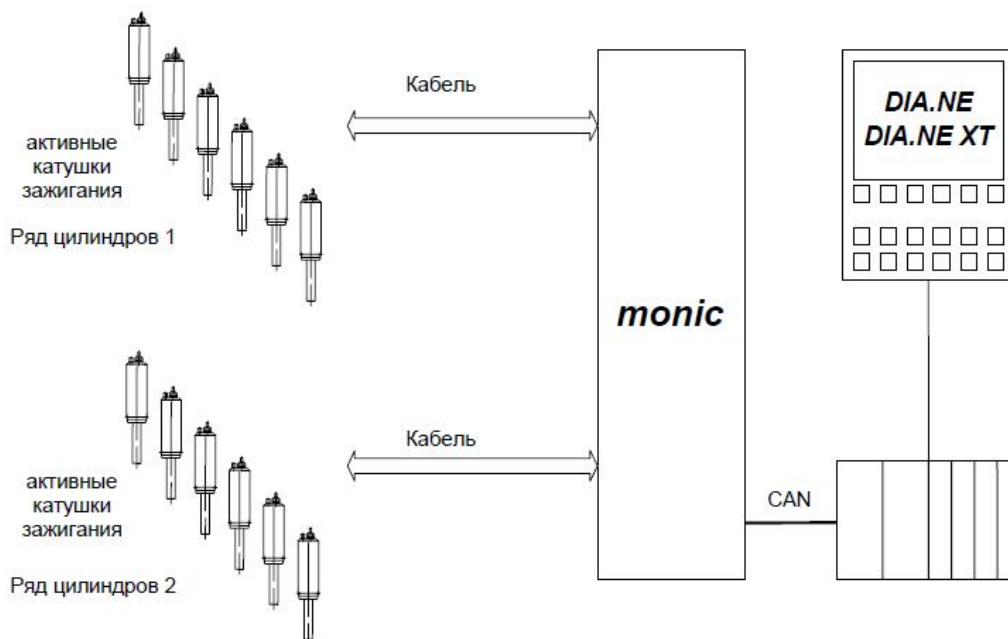


Рисунок 1 – Схема системи Monic

Позначення на малюнку. Активні котушки запалення – 20 електричних свічок, по 10 з кожного боку двигуна. Monic – Електронний блок системи контролю. CAN – шина обробки та перетворення інформації. DIA. NE XT – інтерфейс керування системою та двигуном.

Під'єднання системи виконується за допомогою оптоволоконних кабелів. Позначення входів дублюються на цифровому дисплеї пульта керування. Тому оператор може у будь-який момент вивести для себе неробочий вузол та отримати сигнал з датчиків, що саме вийшло з ладу. Пояснення до системи: CH1-CH20 – канали свічок запалення, живляться постійним струмом, мають два входи «+» та «-». VCC – гніздо контролю мережі, З – заземлення, CAN – підключення до цифрового інтерфейсу, RUN, CPUOK, CAN, ERROR – підключення датчиків контролю за стеженням процесу [3].

Інтерфейс шини CAN оснащено 9-полюсним штекером D-SUB. Перед підключенням шини до системи робочий персонал оснащує шину опором, який відповідає хвильовому опору кабелю. Кабелі для двигунів GE Jeanbacher мають опір 120 Ом. Опір розміщують між входами PIN 2 та PIN 7.

До кожного мотору персонал підключає активну котушку запалення (AIC або активну R-котушку), оптоволоконні кабелі для передачі вимірювального сигналу, блок контролю Monic, прив'язку до керування через шину CAN. До кожної котушки підключається посилювач вимірювального сигналу. Блок вимірювання Monic приймає виміряні сигнали і перевіряє їх на відповідність критеріїв до інтерпретації. Поток даних або сигнал про похибку передається на керування установки за допомогою шини CAN. Параметризація Monic, як і параметризація процесу візуалізації напруг запалювання виконується через DIA. NE або DIA. NE. XT.

Активні котушки запалювання посиляють пропорційно посилений вимірний сигнал. Діапазон сигналі складає 2-12 В. Це відповідає напругам запалення 0-50 кВ (тобто 2 В позначають 10 кВ). На вимірювальних входах завжди є початкова напруга 2 В. Monic також вимірює змінення напруг осцилоскопом, який під'єднано до нього через вимірювальний адаптер MA1.

Щоб спростити вимірювання динаміки напруг запалювання, використовують адаптер MA1 до вимірювального блоку Monic. Його встановлюють між вимірювальним блоком Monic та штреками вимірювальних сигналів. Обертом ручки оператор перемикається між чотирма вимірювальними сигналами, які надходять з мультирозйому.

Перед кожним пуском двигуна оператор перевіряє за допомогою цифрового осцилоскопу рівень та форму напруг запалення. Нормальний рівень стартової напруги запалення, форма кривої напруги наведені на рис. 2.

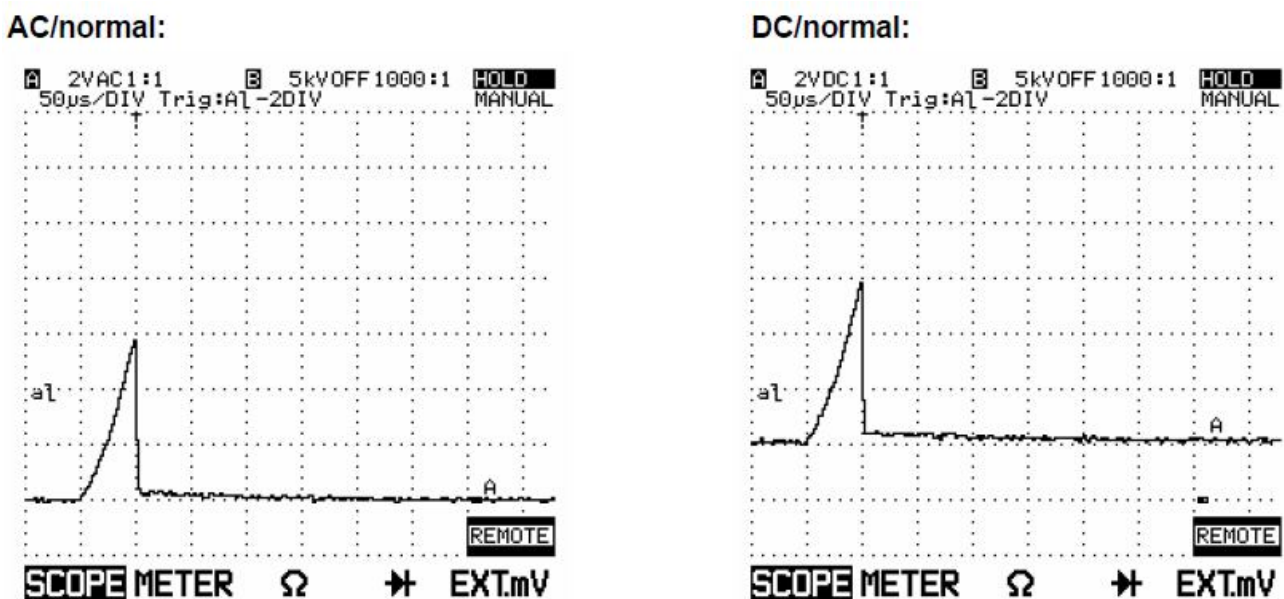


Рисунок 2 – Показники напруг западення при пуску двигуна

Після перевірки напруг осцилоскопом необхідно провести налаштування рецепту DIA. NE. Налаштування може бути частковим або повним. При частковому задаються тільки базові

параметри, а при повному до системи вводяться рівня обмеження по всім 16 параметрам напруги запалення.

Після закінчення перевірки і налаштування параметрів керування система подає сигнал на привод, який контролює подачу метаноповітряної суміші і відбувається запуск двигуна внутрішнього згоряння.

В залежності від часу гарцювання двигуна і генератора персонал станції відповідає і моніторить за розміром напруг запалювання. Система Monic дозволяє відстежувати миттєві зміни напруг та зберігати історію зміни за весь час роботи приводу.

Нормальний колір стовпчиків діаграми, які позначають напругу – зелений. Середнє значення, яке розраховується системою по всіх напругах запалення показано зеленою горизонтальною лінією. Максимальне значення обмежується червоною горизонтальною лінією. Коли напруга запалювання перевищує максимальну позначку, то стовпчик фарбується червоним, при спаданні напруги нижче мінімуму – синім. Одночасно з'являється відповідне повідомлення в менеджері тривог і в залежності від рівня перевищення подається звуковий сигнал. Приклад діаграми напруги запалення наведено на рис. 3.

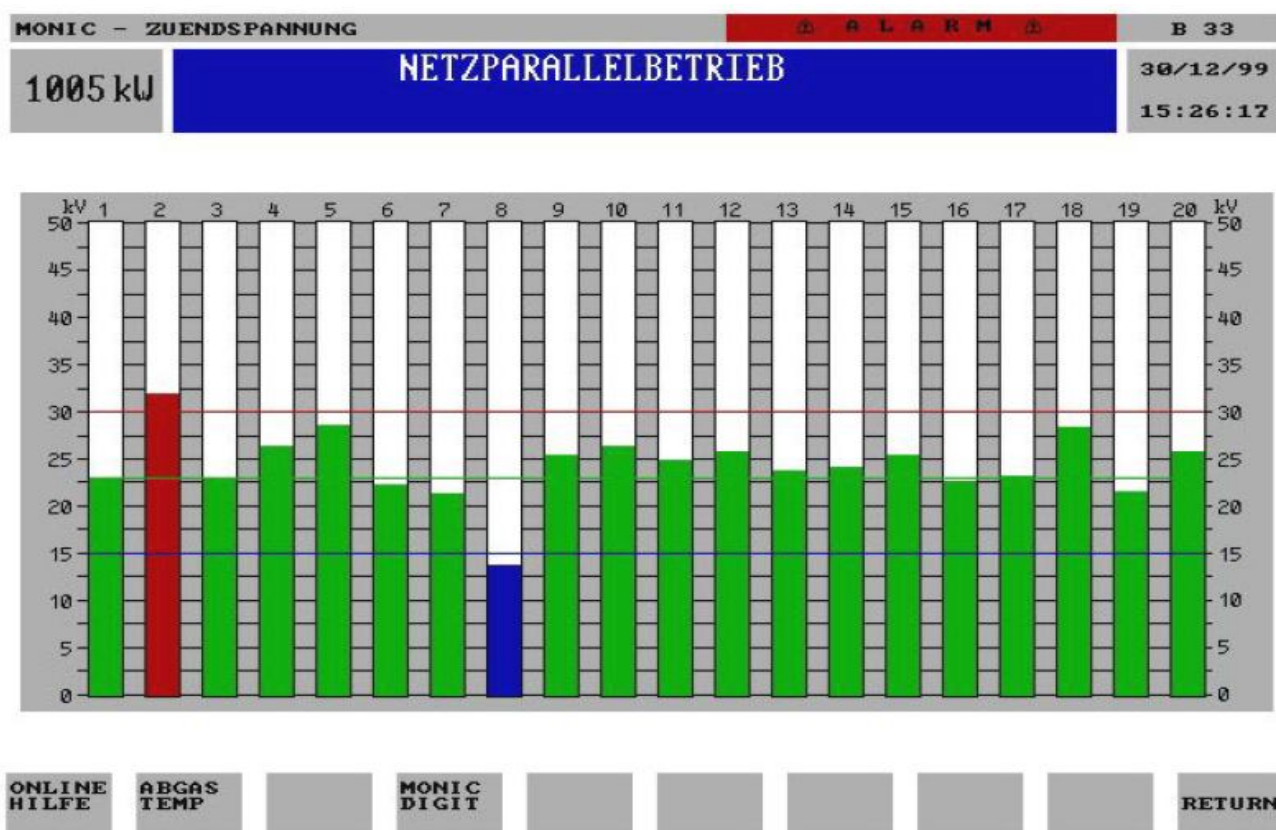


Рисунок 3 – Діаграма миттєвих напруг запалювання двигуна

Розглянута в роботі, нова технологія контролю електроприводу когенераційних станцій є перспективною до впровадження на об'єктах данної галузі, як новопроєктуємих так і тих, що вже експлуатуються. Подальший розвиток передбачає покращення системи регулювання вузлів осушки газу перед постачанням його до запалювальної камери двигуна – це дозволить підвищити ефективність та конкурентоспроможність систему на рику когенерації.

Перелік посилань

1. Москаленко В.В. «Электрический привод», Москва, 2007 г.
2. Официальный сайт предприятия «Шахта им. А. Ф. Засядько»: <http://zasyadko.net/>.
3. Инструкция пользователя для интерфейса DIANA.NE.XT, Salzburg, 2004, 74 с.

ВЕНТИЛЬНЫЙ РЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПРИ ПИТАНИИ ОТ ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Лужнев А.И., аспирант

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

В последнее время исследованию вентильных реактивных двигателей (ВРД) посвящено много работ, в которых всесторонне рассматриваются разные аспекты теоретического описания и конструирование всех узлов двигателя – электромеханического преобразователя энергии, силового полупроводникового преобразователя, устройства определения углового положения ротора, системы управления. Во всех этих работах ВРД исследуется как электрическая машина, которая питается от источника напряжения постоянного тока (аккумуляторной батареи, сети постоянного тока). Такой традиционный подход ограничивает область применения ВРД. Во многих случаях сеть постоянного тока отсутствует, а использование аккумуляторной батареи с учетом ее стоимости, размещения, обслуживания и возобновления может быть экономически не целесообразным. Поэтому исследование возможности и особенностей работы ВРД от сети переменного тока (СПТ) промышленной частоты является актуальной задачей. Это позволит использовать достоинства ВРД для успешной конкуренции не только с машинами постоянного тока, но и с регулируемым асинхронным приводом.

В работе предложено питать ВРД от СПТ через трехфазный мостовой выпрямитель с емкостным сглаживающим фильтром, который также является буфером энергии (БЭ) для ВРД. Для силового полупроводникового преобразователя принимаем схему, предложенную в [1], благодаря таким ее преимуществам, как возможность точного управления током каждой фазы с помощью «мягкого» отключения (замыканием обмотки через обратный диод и открытый транзистор) и «жесткого» отключения (через обратные диоды с рекуперацией энергии в БЭ), возможность использования совместной работы фаз, простота, меньшее количество полупроводниковых модулей и меньшая стоимость.

Таким образом, схема питания фаз ВРД от СПТ имеет вид, приведенный на рисунке 1.

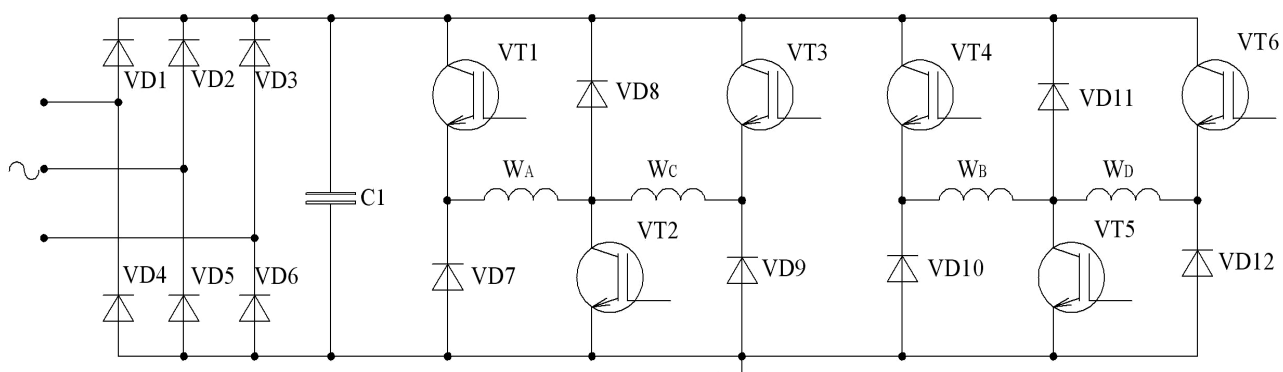


Рисунок 1 – Схема питания четырехфазного ВРД

Для исследования возможности питания ВРД от СПТ и сравнения характеристик использован метод математического моделирования электромеханических процессов в двигателе с учетом коммутации силовых ключей СПП и выпрямителя и накопления энергии в БЭ. В данной работе приведены результаты моделирования маломощного ВРД (мощность 130 Вт, номинальная частота вращения 1500 об/мин), рассчитанного на номинальное напряжение питания 100 В.

На рисунке 2 приведены естественные механические характеристики ВРД при питании от аккумуляторной батареи 100 В и от СПТ, с эквивалентным выпрямленным напряжением 100 В. Полученные характеристики аналогичны, и это служит доказательством возможности

и эффективности работы ВРД от СПТ. Расчетный электромагнитный момент при питании от СПТ больше, чем при питании постоянным током (до 7%), что можно объяснить как влиянием вольтодобавки за счет использования БЭ, так и пульсациями напряжения на выходе выпрямителя

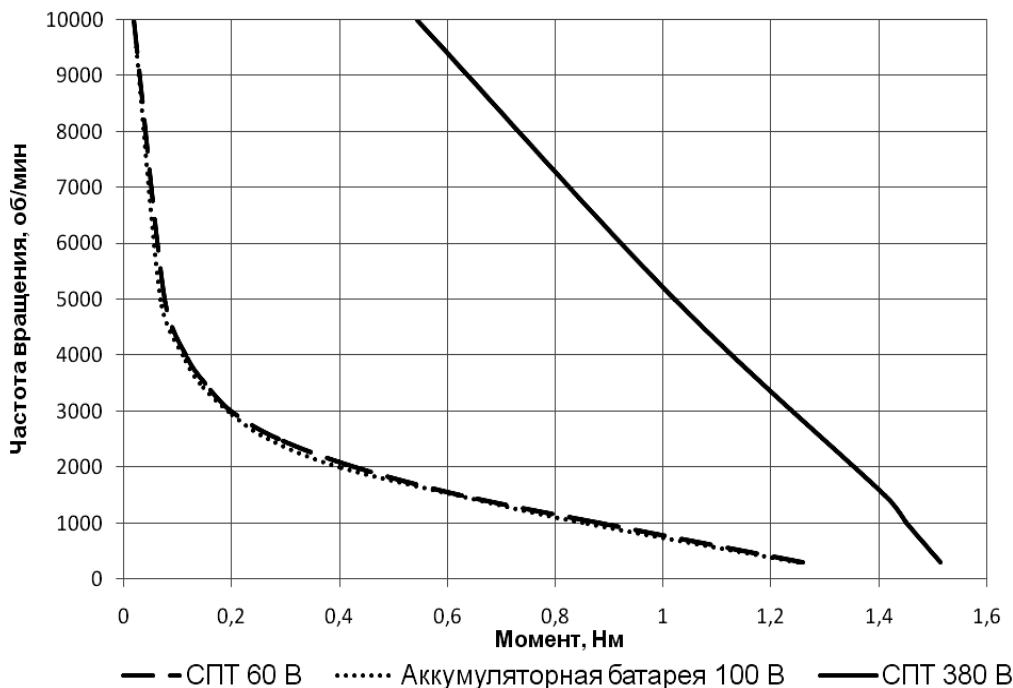


Рисунок 2 – Механические характеристики ВРД

На рисунке 2 приведена также естественная механическая характеристика ВРД при питании от широко распространенной на промышленных предприятиях сети 380 В. Расчетные механические характеристики показывают значительное увеличение мощности и момента ВРД при тех же значениях предельных фазных токов за счет улучшения использования двигателя при повышении напряжения питания.

Использование БЭ вызывает появление емкостной составляющей тока, потребляемого от СПТ. Это позволяет компенсировать индуктивную составляющую тока двигателя и тем самым повысить коэффициент мощности ВРД и улучшить энергосбережение за счет уменьшения реактивной мощности, потребляемой от сети.

При значительных емкостях БЭ емкостная составляющая потребляемого тока преобладает, что способствует улучшению параметров сети, работающей на индуктивную нагрузку. Повышение емкости БЭ также способствует улучшению электромагнитной совместимости привода с ВРД с другими потребителями сети, обеспечивая эффективную фильтрацию высокочастотных составляющих тока двигателя. Поэтому определение рационального значения емкости является важной задачей, которая требует отдельного решения для двигателей различной мощности.

Полученные результаты доказывают возможность и эффективность питания ВРД от сети переменного тока. При этом обеспечиваются необходимые выходные характеристики и технико-экономические показатели двигателя в регулируемом электроприводе с разными видами нагрузки. Питание от сети переменного тока повышает конкурентоспособность вентильных реактивных двигателей и расширяет область их возможного применения.

Перечень ссылок

1. Захарченко П.И. Перспективные схемы силовых преобразователей вентильных реактивных двигателей./ П.И. Захарченко, Л.А. Васильев, Ю.В. Мнускин // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: “Електротехніка і енергетика”, випуск 50: Донецьк: ДонДТУ, 2003. – С. 15-18.

ОЦЕНКА ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ГАЗИФИЦИРОВАННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Ковалев А.П., д.т.н., проф.; Лехтман И.И., к.т.н., доц.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Предположим, что взрыв метановоздушной смеси (МВС) в помещении возможен при совпадении в пространстве и времени двух случайных событий: загазирования помещения до взрывоопасной концентрации и появления опасного источника зажигания, мощность и длительность воздействия которого достаточна для воспламенения МВС [1].

Изменение состояния газозвушной смеси в исследуемом помещении и появление опасного источника представим в виде двух независимых регулярных однородных случайных марковских процессов $\xi_1(t)$ и $\xi_2(t)$ с двумя дискретными состояниями («0» – безопасное, «1» – опасное) и непрерывным временем.

Каждый из процессов $\xi_1(t)$ и $\xi_2(t)$ характеризуется двумя параметрами: $\lambda_1 = 1/\bar{d}_1$; \bar{d}_1 – средний интервал времени между появлением взрывоопасной концентрации метановоздушной смеси; $\mu_1 = 1/d_1$; d_1 – средняя длительность нахождения взрывоопасной концентрации газа в помещении; $\lambda_2 = 1/\bar{d}_2$; \bar{d}_2 – средний интервал времени между появлением опасного источника; $\mu_2 = 1/d_2$; d_2 – средняя длительность существования опасного источника.

Взрыв в газифицированном помещении возможен в момент совпадения процессов в опасном состоянии, т.е. когда $\xi_1(t) = 1$ и $\xi_2(t) = 1$. Будем считать, что в начальный момент времени $\xi_1(t) = 0$ и $\xi_2(t) = 0$. При известных параметрах процессов: λ_1 , μ_1 , λ_2 , μ_2 , заданном объеме газифицированного помещения W , м³, области воспламенения S , %, расхода воздуха на проветривание q_1 , м³/мин, выделяемого аварийного объема газа q_2 , м³/мин, возможно определить: $F_1(t)$ – вероятность взрывов в газифицированном помещении в течение времени t ; τ_1 – среднее время до первого взрыва и дисперсию D_1 .

Функция распределения интервалов времени до первого взрыва во взрывоопасном помещении:

$$F_1(t) = 1 - [P_1(t) + P_2(t) + P_3(t)], \quad (1)$$

где $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ – вероятность того, что в помещении в момент времени t : отсутствует взрывоопасная смесь и опасный экзогенный источник; отсутствует взрывоопасная смесь и появился опасный экзогенный источник; появилась взрывоопасная смесь и отсутствует экзогенный источник соответственно.

Вероятности $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ находятся из системы линейных дифференциальных уравнений, записанной в матричном виде:

$$\begin{bmatrix} \dot{P}_1(t) \\ \dot{P}_2(t) \\ \dot{P}_3(t) \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} P_1(t) \\ P_2(t) \\ P_3(t) \end{bmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} -(\lambda_1 + \lambda_2) & \lambda_1 & \lambda_2 \\ \mu_1 & -(\mu_1 + \lambda_2) & 0 \\ \mu_2 & 0 & -(\lambda_1 + \mu_2) \end{pmatrix} \quad (2)$$

Систему дифференциальных уравнений решаем при начальных условиях: $P_1(0) = 1$; $P_2(0) = 0$; $P_3(0) = 0$.

Подставляя полученные значения, $P_1(t)$, $P_2(t)$ и $P_3(t)$ из (2) в (1), находим:

$$F_1(t) = 1 - \frac{S_1^2 + a \cdot S_1 + b_1}{3 \cdot S_1^2 + 2 \cdot a \cdot S_1 + b} \cdot e^{-S_1 \cdot t} - \frac{S_2^2 + a \cdot S_2 + b_1}{3 \cdot S_2^2 + 2 \cdot a \cdot S_2 + b} \cdot e^{-S_2 \cdot t} - \frac{S_3^2 + a \cdot S_3 + b_1}{3 \cdot S_3^2 + 2 \cdot a \cdot S_3 + b} \cdot e^{-S_3 \cdot t}, \quad (3)$$

где $a = 2 \cdot \lambda_1 + \mu_1 + 2 \cdot \lambda_2 + \mu_2$; $b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 + (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2)$; $c = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)$;
 $b_1 = 2 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 + b$; S_1, S_2, S_3 – корни кубического уравнения: $S^3 + a \cdot S^2 + b \cdot S + c = 0$.

$$\mu_2 = \frac{q_1 + q_2}{k \cdot W \cdot \left\{ \ln \left[1 - \left(1 + \frac{q_1}{q_2} \right) \cdot C_1 \right] - \ln \left[1 - \left(1 + \frac{q_1}{q_2} \right) \cdot C_2 \right] \right\}},$$

где $k \geq 1$ – коэффициент, который зависит от времени снижения концентрации взрывоопасной смеси для области воспламенения метана; C_1, C_2 – нижний и верхний предел взрываемости метановоздушной смеси соответственно.

Среднее время до первого взрыва τ_1 и дисперсию D_1 для случая, когда отсутствует взрывоопасная концентрация газа в помещении и нет опасного экзогенного источника, находится из системы линейных алгебраических уравнений (4) и (5):

$$\begin{pmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_1 + \lambda_2 & -\lambda_1 & -\lambda_2 \\ -\mu_1 & \mu_1 + \lambda_2 & 0 \\ -\mu_2 & 0 & \lambda_1 + \mu_2 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda_1 + \lambda_2 & -\lambda_1 & -\lambda_2 \\ -\mu_1 & \mu_1 + \lambda_2 & 0 \\ -\mu_2 & 0 & \lambda_1 + \mu_2 \end{pmatrix}^{-1} - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \tau_1^2 \\ \tau_2^2 \\ \tau_3^2 \end{pmatrix} \quad (5)$$

В том случае, если: $\tau_1 \cong \sqrt{D_1}$ и $\lambda_1 \ll \mu_1, \lambda_2 \ll \mu_2$ и $\mu_2 \gg \mu_1, \mu_2 \gg \lambda_2$, тогда формула (3) примет вид:

$$F_1(t) = 1 - \exp[-(H_1 \cdot t)] \quad (6)$$

$$H_1 = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot k \cdot W \cdot \left\{ \ln \left[1 - \left(1 + \frac{q_1}{q_2} \right) \cdot C_1 \right] - \ln \left[1 - \left(1 + \frac{q_1}{q_2} \right) \cdot C_2 \right] \right\}}{q_1 + q_2}$$

где H_1 – частота взрывов в газифицированном помещении.

Пример. В помещении объемом $W = 27 \text{ м}^3$ в результате естественной вентиляции поступает свежий воздух с расходом $q_1 = 1 \text{ м}^3/\text{мин}$. При аварии в системе газоснабжения в помещение непрерывно поступает газ с расходом $q_2 = 0,5 \text{ м}^3/\text{мин}$. За время наблюдения за этим помещением в течение 5 лет было зафиксировано $a_1 = 6$ случаев опасного загазирования помещения ($\lambda_1 = 1,37 \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$). Частота появления опасного экзогенного источника составила $\lambda_2 = 0,17 \text{ час}^{-1}$, а средняя длительность его существования $d_2 = 0,2 \text{ с}$.

Определить вероятность взрыва в помещении в течение $t = 10$ лет.

Используя в нашем случае формулу (6), получим: $F_1(87600) = 0,413$.

Список литературы

1. Ковалев П.Ф. О критериях оценки эффективности мер и средств обеспечения безопасности применения электрооборудования в шахтах / П.Ф. Ковалев, В.П. Коптиков, А.П. Ковалев // Безопасность труда в промышленности. – 1972. – № 8. – С. 34-36.

ОЦЕНКА МОДЕРНИЗАЦИИ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП НА СВЕТОДИОДНЫЕ ЛАМПЫ

Переломов А.А., магистр; Бершадский И.А, доц., к.т.н.
(Донецкий национальный технический университет, м. Донецьк, Україна)

В связи с повышением стоимости на энергоресурсы все чаще приходится размышлять над экономией финансов. В большей степени это касается учебных заведений и различных предприятий, потому что стоимость электроэнергии на предприятиях значительно больше, чем в квартирах или частных домах.

Разработано огромное количество различных способов, методов и мероприятий в сфере энергосбережения. Главными и необходимыми мероприятиями являются замена ламп накаливания на более экономичные компактные люминесцентные лампы, замена устаревшей пускорегулирующей аппаратуры (ПРА) на более экономичную. Кроме этого неоспоримым методом является включение света в необходимое для этого время, и также отключение, когда он не нужен.

В это же время в продаже появились светодиодные лампы, которые помогают экономить еще больше денег чем компактные люминесцентные лампы или люминесцентные лампы (ЛЛ) типа Т5 и Т8. До настоящего времени одним из существенных препятствий на пути массового внедрения светодиодов в освещении была их высокая стоимость по сравнению с традиционными источниками света, поэтому они и использовались в основном в декоративном освещении зданий и подсветке рекламных вывесок. Однако, постепенное удешевление и повышение технических характеристик светодиодных изделий, а также насущная необходимость снижения энергопотребления, позволяют уже сегодня применять эти энергосберегающие технологии.

Таблица 1 – Характеристики комплектов ЛЛ+ПРА и светодиодных ламп

Характеристики	ЛЛ+ПРА	Светодиодные лампы
Световой поток, лм	4500	5400
Индекс цветопередачи	55-79	80-90
Средняя продолжительность горения	10000	30000
Коэффициент мощности, $\cos\phi$	$> 0,95$	$> 0,98$
Потребляемая мощность 1 лампы	13	9
Потребляемая мощность 4 ламп	52	36
Потери мощности в ПРА на 1 светильник	48	0
Рабочая температура, °С	от +10 до +40	от -20 до +40
Стабилизация при изменении напряжения сети	нет, $>10\%$ лампа гаснет	есть, улучшается долговечность
Специальные режимы включения и работы лампы	Нет	регулирование светового потока путем регулирования напряжения

На основе имеющихся сведений об осветительном оборудовании был произведен расчет стоимости модернизации осветительной установки путем замены ЛЛ с ПРА на светодиодные лампы в коридоре 4-го этажа 8-го учебного корпуса, и была произведена экономическая оценка данного мероприятия (табл. 2).

Таблица 2 – Экономическая оценка замены ЛЛ на светодиодные лампы(LED)

Источник света	ЛЛ	LED
1. Осветительная установка (ОУ):		
Количество светильников, шт.	20	20
Стоимость светильников, грн.	Установлены	0
Количество ламп, шт.	80	80
Стоимость ламп, грн.	800	6400
Стоимость системы управления, грн.	1600	0
Стоимость монтажа (руб./светильник), грн.	0	0
Общая стоимость установки, грн.	2400	6400
2. Обслуживание ОУ:		
Количество ламп, замененных за 30000 часов работы, шт.	240	0
Стоимость замены ламп, грн.	0	0
Расходы на замену ламп (вышедших из строя), грн.	7200	0
Стоимость утилизации ламп, грн.	0	0
Общая стоимость обслуживания, грн.	7200	0
3. Электропотребление ОУ:		
Мощность, потребляемая ОУ, кВт	2	0,72
Электроэнергия, потребляемая ОУ за 30000ч, кВт·ч	60000	21600
Общие расходы на электроэнергию, грн.	60000	21600
4. Общая стоимость использования ОУ:		
Экономия за 30000ч, %	0	58,3
Годовые эксплуатационные расходы, грн.	2240	933,34
Годовая экономия, грн./год	-	1306,66
Окупаемость, лет	-	4,89
5. Результаты модернизации ОУ:		
Годовое потребление электроэнергии, кВт·ч	2000	720
Годовое снижение потребления электроэнергии, кВт·ч	-	1280

1. Текущий тариф на электроэнергию 1 грн./кВт·ч

2. При эксплуатации 1000 часов в год.

Таким образом, годовое снижение потребления электроэнергии в коридоре учебного корпуса составит 1280 кВт·ч, а годовые эксплуатационные расходы снижаются на 1306,66 грн., что соответствует 58,3 % экономии. Данное мероприятие окупится за 4 года 11 месяцев. Итак, несмотря на то, что экономия на данном виде освещения на данный момент очень мала, но развитие самой технологии освещения и снижение стоимости ламп позволит увеличить экономию и минимизировать окупаемость этих ламп.

Список литературы

1. Айзенберг Ю.Б. Энергосбережение в светотехнических установках / Ю.Б. Айзенберг, Н.В. Рожкова / Под общей ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Дом света, 1999. – 23 с.

ТРЕХУРОВНЕВЫЙ АКТИВНЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

Лысенко Ю.Л., магистр; Шавёлкин А.А., д.т.н., проф.; Мирошник Д.Н., к.т.н.
(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

Вопрос электромагнитной совместимости современных преобразователей частоты (ПЧ) в последнее время связывают с применением во входных цепях выпрямителей с активным формированием синусоидального тока, потребляемого из сети. Такие выпрямители принято называть активными (АВН). Они обеспечивают также двусторонний обмен энергией между сетью и электроприводом. В настоящее время в электроприводе высокого напряжения находят применение ПЧ на базе трехуровневых автономных инверторов напряжения (ТАИН), источник постоянного тока на ходу при этом должен обеспечивать три уровня напряжения [1]. Вопрос реализации трехуровневого АВН на данный момент времени изучен недостаточно.

Цель работы. Изучение принципов реализации трехуровневого АВН. Разработать математическую модель для исследования.

Структура силовых цепей трехуровневого трехфазного АВН приведена на рис. 1. Используется та же схема, что и у трехуровневого АИН с фиксирующими диодами [1]. Каждое плечо содержит четыре ключа и два фиксирующих диода. Подключается к источнику переменного напряжения G посредством реакторов с индуктивностью L_ϕ . На выходе АВН формируется три уровня напряжения $0, \pm U_d$. Возможна работа в двух режимах: в выпрямительном – с передачей энергии в нагрузку и в инверторном – с передачей энергии из цепи постоянного тока в сеть переменного.

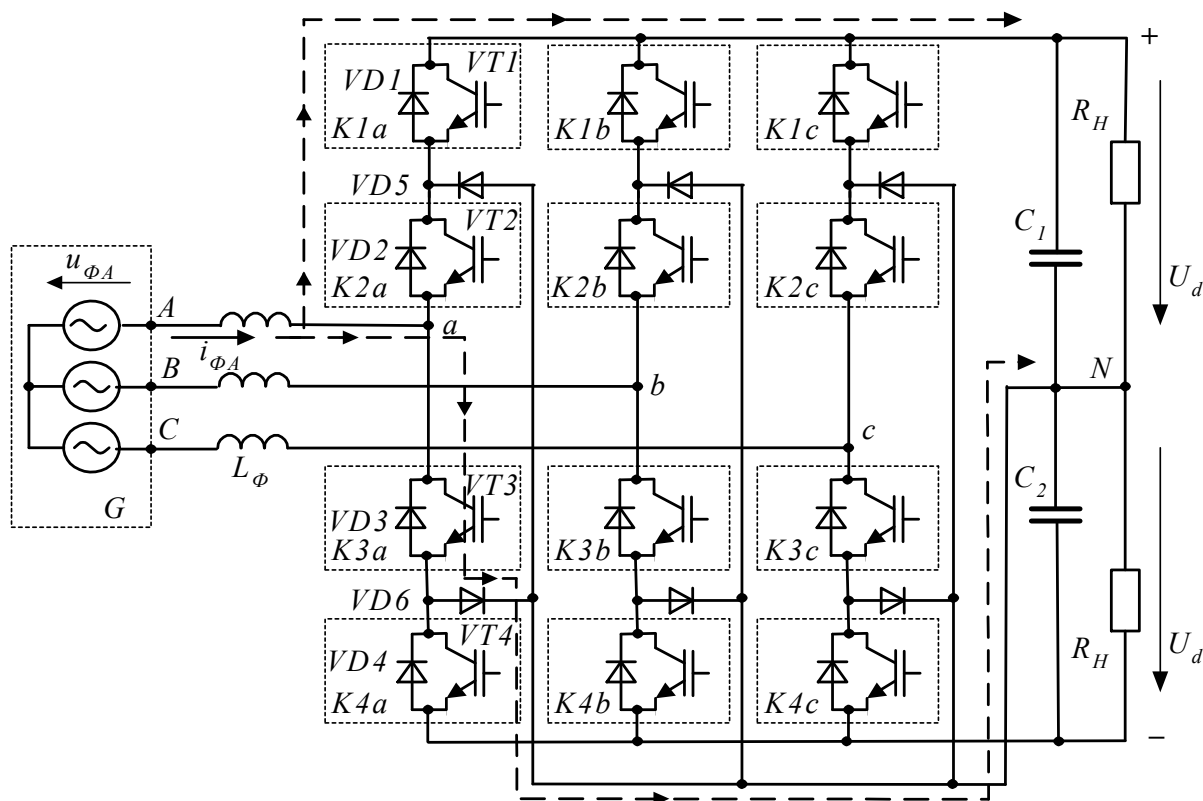
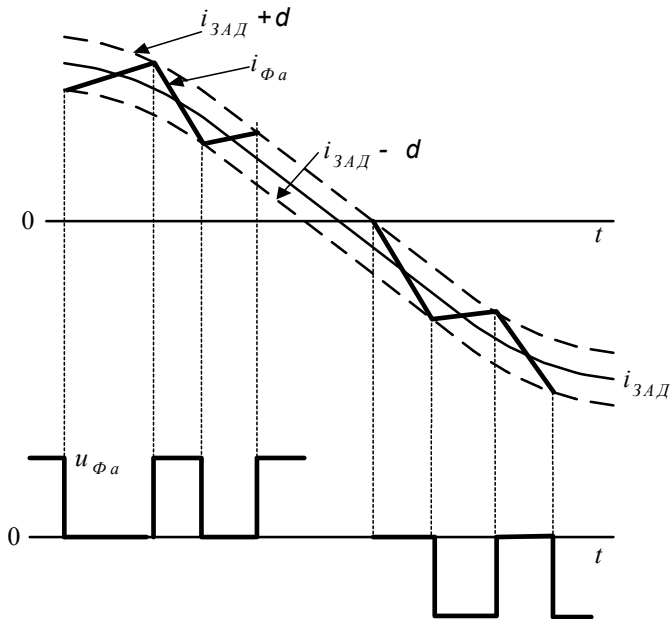


Рисунок 1 – Структура силовых цепей трехуровневого АВН

Рассмотрим принцип действия АВН в выпрямительном режиме при использовании релейных регуляторов тока для формирования синусоидального тока, потребляемого от источника переменного напряжения. Как и в других схемах АВН, используется принцип

работы повышающего импульсного преобразователя. Принцип работы иллюстрирует рис. 2. Релейный регулятор тока формирует два сигнала прямой P и инверсный N .

Положительная полуволна входного тока фазы АВН ($i_{\phi A} > 0$). Направление тока $i_{\phi A}$ соответствует направлению, показанному на рис. 2. При значении тока $i_{\phi A} \leq i_{3AD} - \delta$ $N=1(P=0)$ формируется нарастание тока, что соответствует состоянию «0» и замкнуты ключи К2 и К3 (ток под действием ЭДС источника протекает через VT3 и фиксирующий диод VD6 к выходному зажиму АВН N).



При этом энергия запасается в электромагнитном поле реактора. При достижении значения $i_{\phi A} \geq i_{3AD} + \delta$ $P=1(N=0)$ формируется спад тока, что соответствует состоянию «1» – замкнуты ключи К1(VD1) и К2 (VD2). Ток протекает через конденсатор С1 и в нагрузку, имеет место заряд конденсатора. При $i_{\phi A} < 0$ и $P=1$ открыты ключи К2, К3, что соответствует состоянию «0» – ток нарастает (по модулю). По достижении значения $i_{\phi A} \leq i_{3AD} - \delta$ $N=1(P=0)$ отпираются ключи

К3(VD3), К4(VD4), что соответствует состоянию «-1» и ток снижается.

Рисунок 2 – Принцип формирования входного тока АВН

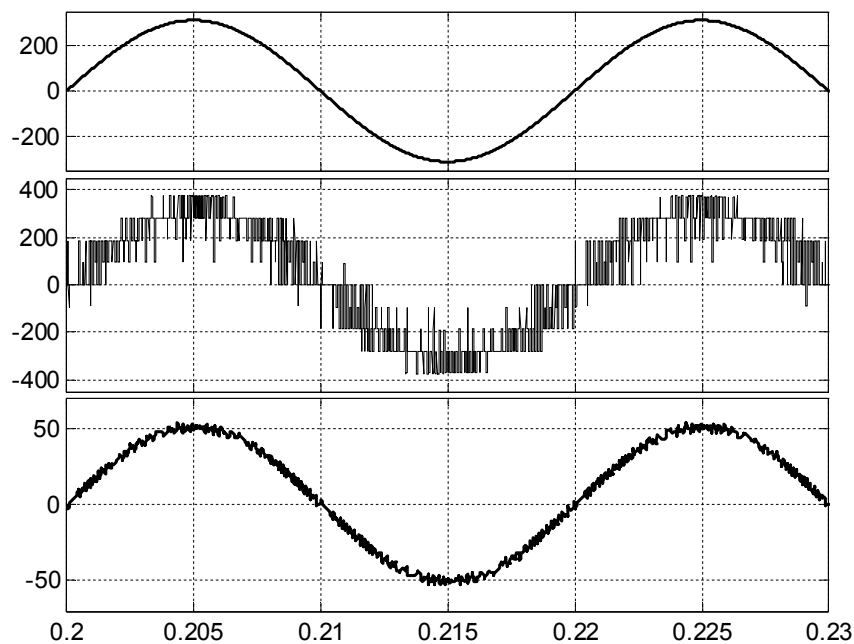


Рисунок 3 – Осциллограммы напряжений и тока фазы АВН

Разработана математическая модель АВН и проведено моделирование в пакете Matlab. Осциллограммы напряжения сети, фазы АВН и тока входной фазы приведены на рис. 3.

Список литературы

1. Шавьолкін О.О. Перетворювальна техніка: навчальний посібник/ О.О. Шавьолкін, О.М.Наливайко. – Краматорськ, ДДМА, 2008. – 326 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЕХУРОВНЕВОГО РЕЛЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Деревянко Ю.С., магистр; Шавёлкин А.А., д.т.н., проф.; Мирошник Д.Н., к.т.н.
(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

Перспективным в плане получения выходного синусоидального напряжения представляется решение преобразователя частоты на базе автономного инвертора тока (АИТ) с выходным емкостным фильтром при использовании ШИМ [1, 2, 3]. Тем более что форма напряжения, близкая к синусоидальной, обеспечивается во всем диапазоне регулирования выходной частоты. При этом фаза и амплитуда выходного напряжения АИТ однозначно задается системой управления, что упрощает реализацию векторной системы асинхронного электропривода в то время как в режиме источника тока задается первая гармоника выходного тока АИТ, а напряжение и ток нагрузки определяются ее параметрами. Вопрос использования АИТ в качестве источника синусоидального напряжения на данный момент времени изучен недостаточно.

Цель работы. Изучение принципа использования АИТ в режиме источника синусоидального напряжения. Разработать математическую модель для исследования.

Схема трехфазного мостового АИТ на запираемых по цепи управления ключах с односторонней проводимостью (рис. 1) содержит выходной емкостной фильтр высших гармоник. Независимо от используемого алгоритма АИТ формирует на выходе ток i_H импульсной формы, который является суммой токов конденсатора i_C и нагрузки i_H ($i_H = i_C + i_H$).

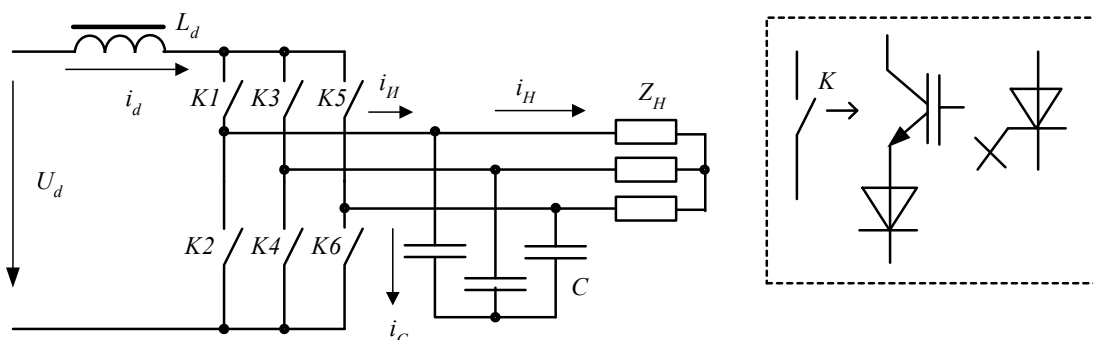


Рисунок 1 – Структура силовых цепей АИТ

В работе [3] рассмотрен принцип формирования напряжения с использованием трех релейных регуляторов напряжения (РРН), обеспечивающий высокое качество выходного напряжения АИТ при минимальном количестве переключений ключей схемы.

При этом РРН фазы формируют сигналы управления ключами в плече АИТ Р и N, обеспечивающих протекание в выходной фазе АИТ импульсов тока положительной и отрицательной полярности. Распределение импульсов осуществляется в соответствии с тактом работы схемы. Такты (6 за период) определяются 1-й гармоникой тока i_H , которая отстает от напряжения на угол β . Необходимость определения β – недостаток данного решения.

Предложен алгоритм управления АИТ, при котором используется только сигнал задания на выходное напряжение АИТ. При этом в любой момент времени работает только один РРН в фазе, отклонение напряжения которой от заданного значения напряжения на данный момент времени наибольшее. Для уменьшения количества переключений ключей используется трехуровневый релейный регулятор напряжения.

В данном случае количество переключений увеличивается, поскольку для увеличения напряжения включается один ключ плеча (ток $i_{II} > 0$ см. рис. 2), для уменьшения – другой, когда ток i_{II} меняет направление (т.е. $P=1$, затем $N=1$). Вместе с тем, напряжение на отключенной фазе нагрузки за счет конденсатора выходного фильтра не может изменяться мгновенно и в ряде случаев изменения его значения «вписывается» в коридор значений

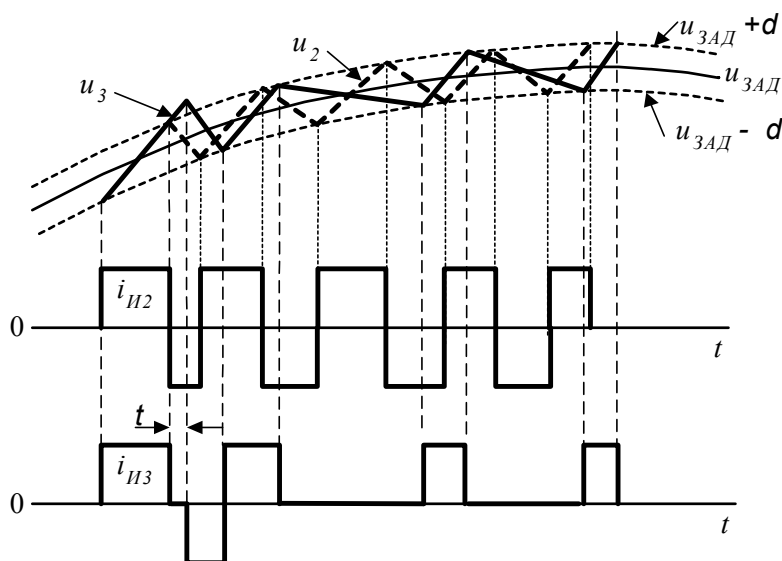


Рисунок 2 – Принцип работы двух- и трехуровневого релейных регуляторов напряжения

отрабатываемых релейным регулятором данной фазы. Трехуровневый релейный регулятор имеет три уровня выходного напряжения $P=1$ ($N=0$), $P=N=0$ и $N=1$ ($P=0$). Так при увеличении напряжения ($P=1$) и достижении заданного значения отклонения регулятор переключается в нулевое состояние (ключ отключается и $i_{II}=0$ см. рис. 1). Если через определенное время (τ на рис. 2) снижение напряжения не произошло, регулятор переключается в состояние $N=1$ (включается другой ключ плеча моста). Это позволит избежать лишних переключений ключей. На рис. 2 показана отработка напряжения фазы нагрузки (напряжения на конденсаторе фильтра) u_2 и выходной ток данной фазы АИТ i_2 при использовании двухуровневого релейного регулятора напряжения, а также напряжение фазы нагрузки u_3 и выходной ток фазы АИТ i_3 при использовании трехуровневого регулятора.

Важным достоинством использования релейного принципа формирования напряжения АИТ является то, что качество отработки напряжения практически не зависит от пульсаций тока i_d . Это позволяет уменьшить индуктивность сглаживающего дросселя L_d . Однако в схеме управления выпрямителем на входе АИТ желательно использовать астатическую по среднему значению i_d систему регулирования (САР).

Список литературы

1. Лазарев Г. Преобразователи для частотно-регулируемого электропривода / Г. Лазарев // Силовая Электроника. – 2008. – № 8 (132). – С. 14-23.
2. Волков А.В. Асинхронный электропривод на основе автономного инвертора тока с широтно-импульсной модуляцией / А.В. Волков, А.И. Косенко // Техн. электродинаміка. – Київ: ІЕД НАНУ. – 2008. – Тематичний. вип., Ч.1. – С. 81-86.
3. Шавёлкин А.А. преобразователь частоты на базе автономного инвертора тока/ А.А. Шавёлкин // техн. электродинаміка». – Київ: ІЕД НАНУ. – 2012. – Тематичний вип., Ч. 4. – с. 75-80.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ПО ЕГО КОЛЕБАНИЮ ОТ НОМИНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Буйнов С.И., магистр; Бершадский И.А., к.т.н., доц.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

В данной статье будет произведен расчет колебаний напряжения, характеризующейся размахом его изменения для главного офиса компании телефонной связи ОАО «Укртелеком».

Наиболее характерным примером колебаний напряжения в сети является снижение напряжения, вызванное пуском короткозамкнутого асинхронного электродвигателя, пусковой ток которого в 4-8 раз превышает номинальный. Из-за этого в первый момент пуска в сети возникает резкое снижение напряжения, длящееся сравнительно малое время, затем по мере разгона двигателя и уменьшения величины пускового тока напряжение снова повышается. В жилых районах городов короткозамкнутые асинхронные электродвигатели в основном применяются в качестве приводных двигателей лифтовых установок жилых и общественных зданий. Поэтому проектируемые сети на 380 В должны проверяться по условию соблюдения допустимых значений размаха изменений напряжения. При определении дополнительного снижения напряжения при пуске двигателя лифта напряжение на шинах высшего напряжения трансформаторов 10 кВ принимается практически не изменяющимся, так как сопротивления сети 10 кВ значительно меньше сопротивлений сети 380 В. Поэтому следует учитывать потери напряжения в трансформаторах ТП и на соответствующих участках сети 380 В, к которым подключён электродвигатель.

По ГОСТ 13109-97 предельно допустимые значения размаха изменения напряжения δU_t в точках общего присоединения к электрическим сетям при колебаниях напряжения, огибающая которых имеет форму меандра, в зависимости от частоты повторения изменений напряжения $F\delta U_t$ или интервала между изменениями напряжения Δt_i , $i+1$ равны значениям, определяемым на рис. 1 по кривой 1, а для потребителей электрической энергии, располагающих лампами накаливания, в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение, – равны значениям, определяемым по кривой 2.

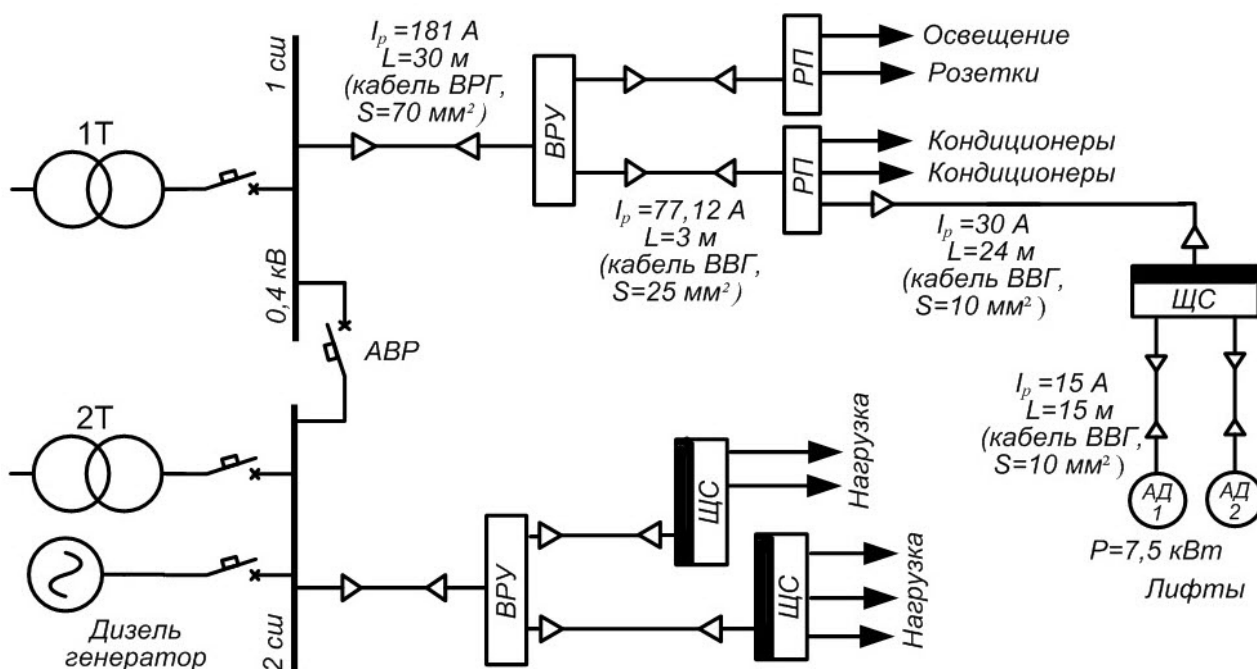


Рисунок 1 – Схема внутреннего электроснабжения

Пример: Для расчёта размаха изменения напряжения рассматривается наиболее удаленный двигатель лифта. Устанавливаю двигатель 4А112М2У3. Технические характеристики: $U_{ном} = 380$ В – номинальное напряжение электродвигателя; $f = 50$ Гц – частота; $P_{ном} = 7,5$ кВт – номинальная мощность; $S_{ном} = 2,6$ % – номинальное скольжение; $\cos\varphi_{ном} = 0,87$ – номинальный коэффициент мощности; $K_{п} = 5,5$ – кратность пускового тока; $m_{п} = 2,2$ – кратность пускового момента; $m_{тах} = 3$ – кратность максимального момента; $\eta_{ном} = 87,5\%$ – номинальный КПД электродвигателя.

В качестве примера рассмотрим схему изображенную на рис. 1.

Определяем номинальный ток электродвигателя:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} U_{ном} \cos\varphi_{ном} \eta_{ном}} = \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,87 \cdot 0,875} = 15 \text{ А}$$

Пусковой ток электродвигателя: $I_{пуск} = K_{п} \cdot I_{ном} = 5,5 \cdot 15 = 82,5 \text{ А}$.

Характеристики выбираемых кабелей. ТП-ВРУ: $l=30$ м, $I_{кл}=181$ А. Выбираем кабель марки ВРГ сечением 70 мм^2 ($I_{доп} = 185 \text{ А}$, $R_0 = 0,265 \text{ Ом/км}$, $X_0 = 0,082 \text{ Ом/км}$). ВРУ-РП: $l = 3$ м, $I_{кл} = 77,12$ А. (выбираем ВВГ S = 25 мм^2 ($I_{доп} = 100 \text{ А}$, $R_0 = 0,74 \text{ Ом/км}$, $X_0 = 0,091 \text{ Ом/км}$)). РП-ЩС: $l = 24$ м, $I_{кл} = 30 \text{ А}$. (выбираем ВВГ S = 10 мм^2 ($I_{доп} = 60 \text{ А}$, $R_0 = 1,84 \text{ Ом/км}$, $X_0 = 0,099 \text{ Ом/км}$)). ЩС-АД: $l = 15$ м, $I_{ад} = 15$ А. (выбираем ВВГ S = 10 мм^2).

Полная величина дополнительной потери напряжения при пуске АД с к.з. ротором:

$$\Delta U_{тп-ад(2)} = \frac{167 \cdot K_i \cdot I_n \cdot A}{U_n + 1,73 \cdot K_i \cdot I_n \cdot A} = \frac{167 \cdot 5,5 \cdot 15 \cdot 0,075}{380 + 1,73 \cdot 5,5 \cdot 15 \cdot 0,075} = 2,6\%.$$

Определяем величину А для расчетных точек сети:

$$A_{(тп-ад)} = (R'_{мп} + \sum L \cdot R_0) \cos\varphi_n + (X'_{мп} + \sum L \cdot X_0) \sin\varphi_n = (0,00941 + 0,03 \cdot 0,265 + 0,003 \cdot 0,74 + 0,024 \cdot 1,84 + 0,015 \cdot 1,84) \cdot 0,49 + (0,0272 + 0,03 \cdot 0,082 + 0,003 \cdot 0,091 + 0,024 \cdot 0,099 + 0,015 \cdot 0,099) \cdot 0,87 = 0,075 \text{ Ом}.$$

Сопротивления приведенные к стороне 0,4 кВ:

$$R'_{ТП} = \frac{R_{ТП}}{k_{ТП}^2} = \frac{5,88}{\left(\frac{10}{0,4}\right)^2} = 0,00941 \text{ Ом};$$

$$X'_{ТП} = \frac{X_{ТП}}{k_{ТП}^2} = \frac{17}{\left(\frac{10}{0,4}\right)^2} = 0,0272 \text{ Ом}.$$

Находим пусковой коэффициент мощности:

$$\cos\varphi'_n = \cos\varphi_n \left[\frac{m_n}{(1-S_n) \cdot k_i} + \frac{1}{3} \cdot k_i (1-\eta_n) \right] = 0,87 \left[\frac{2,2}{(1-0,026) \cdot 5,5} + \frac{1}{3} \cdot 5,5 (1-0,875) \right] = 0,55;$$

$$\cos\varphi''_n = \frac{\eta_n \cos\varphi_n (m_n + 0,025 \kappa_n^2)}{(1-S_n) \kappa_n} = \frac{0,875 \cdot 0,87 (2,2 + 0,025 \cdot 5,5^2)}{(1-0,026) \cdot 5,5} = 0,42;$$

$$\cos \varphi_n = 0,5 \cdot (\cos \varphi_n' + \cos \varphi_n'') = 0,5 \cdot (0,55 + 0,42) = 0,49; \quad \sin \varphi_n = 0,87.$$

$$A_{(\text{тп-вру})} = 0,04 \text{ Ом}; \quad \Delta U_{(\text{тп-вру})} = 1,43\%.$$

Фактическое напряжение на зажимах АД при пуске:

$$U_{1(2)\text{д}} = 1,05 - 0,01(\Delta U_{\text{д}[\%]} + \Delta U_{\text{с}[\%]}) = 1,05 - 0,01(2,6 + 8) = 0,944$$

где: $\Delta U_{\text{с}} = 8\%$ – потеря напряжения в сети от ГПП до эл. двигателя.

Возможность прямого пуска АД с к.з. ротором: $U_{\text{д}}^2 \cdot m_{\text{п}} \geq 1,1 \cdot m_{\text{мех}} \cdot k_{\text{з}}$;

$$0,944^2 \cdot 2,2 = 1,96 \geq 1,1 \cdot 1,7 \cdot 1 = 1,87.$$

По условиям прямого пуска АД проходит.

Проверяем условия работы эл. двигателя второго лифта при пуске первого:

$$U_{\text{д}}^2 \cdot m_{\text{max}} \geq 1,1 \cdot k_{\text{з}}; \quad 0,944^2 \cdot 3 \geq 1,1 \cdot 1.$$

АД по условиям устойчивой работы проходит.

Проверка возможности совместного питания на точке общего присоединения (в нашем случае ВРУ) силовой и осветительной нагрузки.

При расчете размаха колебаний напряжения при пусках непосредственно подключаемых к сети электродвигателей 380 В лифтов общественных зданий, кроме влияния пускового тока двигателя, необходимо учитывать дополнительное колебание напряжения от тока включения электромагнитного тормоза ($\delta U_{\text{эмт}} = 0,4\%$).

Размах колебаний напряжения: $\delta U = \delta U_{\text{тп-рп}} + \delta U_{\text{эмт}} = 1,43 + 0,4 = 1,83\%$.

При застройке здания высотой 8 этажей количество колебаний напряжения (пусков одного лифта) в минуту примем равным 1, тогда для двух лифтов $\delta U_{\Sigma} = 1 \cdot 2 = 2$ колебания в минуту. По ГОСТ 13109-97 размах изменения напряжения для потребителей эл. энергии, располагающих лампами накаливания, в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение равен 2,2 %.

$$\delta U_{\text{тп-рп}} < \delta U_{\text{т,доп}}$$

$$1,83\% < 2,2\% \text{ – удовлетворяет требованиям ГОСТа.}$$

Примечание: в случае если размах колебаний напряжения не удовлетворяет ГОСТ, то зачастую целесообразней не увеличивать сечение кабеля на два порядка (в некоторых случаях бывает и больше, в зависимости от длины КЛ), а разделить питание электроосвещения и силовой нагрузки начиная от шин КТП.

К примеру мною был произведен расчет колебаний напряжения в торговом центре «Континент». В этом случае от РП отходят два кабеля на которые подключено по два АД лифтов мощностью 7,5 кВт. Расчеты показали, что категорически запрещается такая схема подключения лифтов, т.к (при пуске с частотой 4 колебания в минуту) это будет влиять на (зрение) самочувствие людей.

Список литературы

1. ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.docload.ru/Basesdoc/6/6806/index.htm>.

2. Цигельман И.Е., Тульчин И.К. Электроснабжение, электрические сети и освещение. – М., «Высш. школа», 1970.

3. Справочник по проектированию электрических сетей и оборудования / Под. ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.

ПРОБЛЕМЫ УЧЁТА ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

Квашнин В.О., к.т.н., доц.; Кириенко Т.В., ассистент

(Донбасская государственная машиностроительная академия, г.Краматорск, Украина)

С того момента, как электроэнергия в законодательном порядке для различных потребителей стала товаром, энергообеспечение электроэнергией из вида услуг превратилось в вид продукции, предоставление которого предполагает в обязательном порядке осуществление регулярных и своевременных в полном объеме платежей за нее.

Наряду с этим, к ней, как к виду продукции, стали предъявляться требования по соблюдению конкретных параметров ее качества, соответствующих установленной на нее цены [1-3]. Однако, для наиболее массового потребителя электроэнергии – населения, остается нерешенной проблема осуществления контроля хотя бы ключевых параметров качества электрической энергии – уровня напряжения питающей сети, ее отклонений и колебаний. При этом, очень часто, возникает ситуация, когда из-за старых изношенных сетей системы электроснабжения, в определенные периоды суток (как правило это часы вечернего пика электрических нагрузок) уровень напряжения у каждого потребителя настолько становится малым, что перестают работать и начинают выходить из строя домашняя бытовая техника, дорогостоящая электрическая аппаратура и т.д..

Кроме того, в силу все тех же причин (устаревших и изношенных электрических сетей), в последнее время участились случаи возникновения в жилых домах и учреждениях опасных перенапряжений в сети, вследствие обрывов нулевых проводов, перекосов фаз, несоответствующих сечений проводной сети и т.д.

В таких случаях, конечные потребители не могут ни подтвердить, ни опровергнуть сам факт существенного ухудшения качества потребляемой электроэнергии из-за отсутствия соответствующих современных приборов учёта электроэнергии, способных регистрировать такие события.

Таким образом, на основе выше изложенного, для решения указанных проблем, предлагается разработка типовой схемы контроля и учёта параметров электроэнергии, построенной на основе электронного однофазного многотарифного счётчика (рис. 1). По своей сути данная схема представляет автоматизированную систему контроля и учёта параметров потребления электрической энергии. Она построена на основе однофазного программируемого многотарифного счётчика электроэнергии и позволяет в любой момент времени дистанционно считывать и получать данные о параметрах электроэнергии (мгновенной мощности P , потребляемого тока I , энергии W и напряжения U), с помощью четырехпроводного электрического интерфейса RS-485 формировать базы данных и протоколы событий. Для хранения этих данных в счётчиках используется энергонезависимая память.

Поскольку подобные приборы являются дорогостоящими и требуют немалых средств при их программировании (параметризации), то в схеме (рис. 1) предусмотрена его защита от перенапряжений. Она реализуется на основе имеющегося программируемого репейного выхода (15, 16 рис. 1), позволяющего коммутировать переменное напряжение не более 265В при силе тока не более 1 А.

Счётчик имеет двухуровневую защиту от несанкционированного доступа к хранимой в нём информации. На правах "пользователя" обеспечивается доступ к просмотру хранимой в счётчике информации и её передачи на внешние устройства (ПЭВМ, рис.1). Более высокий уровень - "администратор", позволяет осуществлять параметризацию счётчика. Такой счётчик позволяет также перейти к дифференцированному учёту электроэнергии по зонам суток.

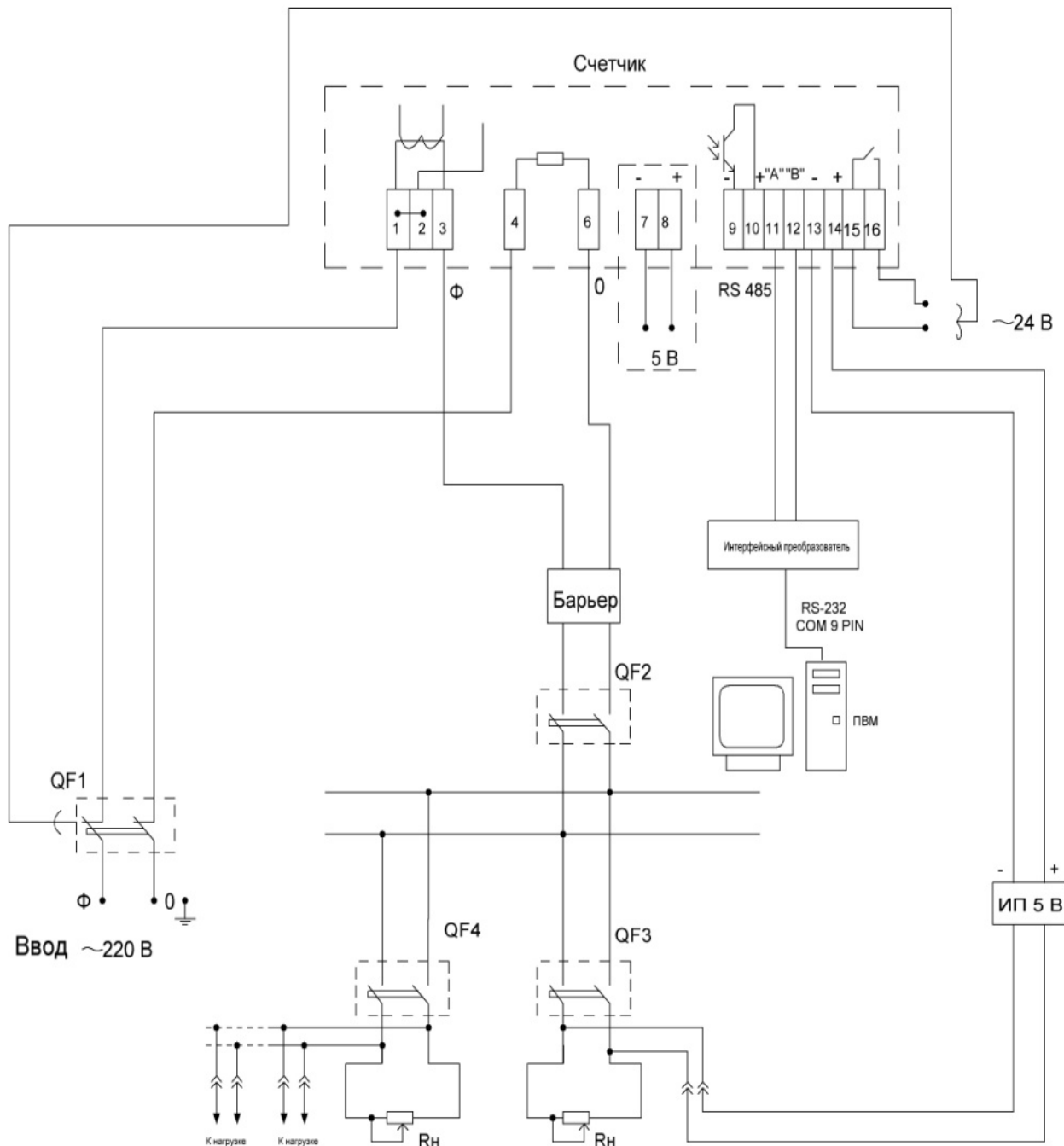


Рисунок 1 – Электронный однофазный многотарифный счётчик

Таким образом, предложенная схема построения системы учета и контроля потребленной электроэнергии абонентом, позволяет обеспечить контроль ключевых параметров качества электроэнергии и устранить выше обозначенные проблемы

Перечень ссылок

1. Жежеленко И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, М.Л. Рабинович, В.М. Божко. – Киев: Техника, 1981. – 160 с.
2. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств: підручник. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 656 с.
3. Бакалін Ю.І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: навч. посібник. – 3-те вид., доп. та переробл. – Х.: Бурун і К, 2006. – 320 с.

СПОСІБ КЕРУВАННЯ СИЛОВИМИ ВИПРЯМЛЯЧАМИ У ВУЗЛАХ НАВАНТАЖЕННЯ

Федів Є.І., к.т.н., доц.; Сівакова О.М., к.т.н., доц.

(Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна)

Для ефективного та надійного електропостачання вузлів навантажень важливо підтримувати постійний баланс реактивної потужності як в усталених, та і перехідних режимах роботи розподільної електромережі. Порушення балансу реактивної потужності в перехідних режимах, що супроводжуються заниженим рівнем та провалами напруги живлення, є основною причиною порушення стійкості роботи вузлів навантаження.

Для забезпечення стійкості електродвигунного навантаження потрібне плавно регульоване швидкодійне джерело реактивної потужності з можливістю його форсування під час електромеханічних перехідних процесів. Такими джерелами в розподільних електромережах можуть бути синхронні двигуни технологічних установок, обладнані пристроями АРЗ для форсування збудження.

В [1,2] авторами показана можливість роботи в режимі генерації реактивної потужності, а також детально розглянуті електромагнітні процеси та енергетичні характеристики силових випрямлячів, виконаних на повністю керованих напівпровідникових вентилях. Це дозволяє для вузлів навантаження з силовими випрямлячами технологічних установок отримати додаткове джерело реактивної потужності зі сприятливими регульовальними характеристиками для вирішення задач забезпечення балансу реактивної потужності як в нормальних експлуатаційних режимах, так і під час складних та тривалих перехідних електромеханічних процесів у вузлах навантаження.

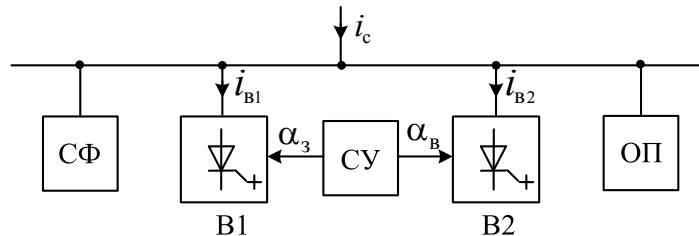


Рисунок 1 – Принципова схема вузла навантаження: В1, В2 – силові випрямлячі; СУ – система управління; СФ – система фільтрів; ОП – обмежувач перенапруг

Розглянемо вузол навантаження з двома паралельно працюючими випрямлячами В1 та В2, виконаними на повністю керованих тиристорах (рис. 1).

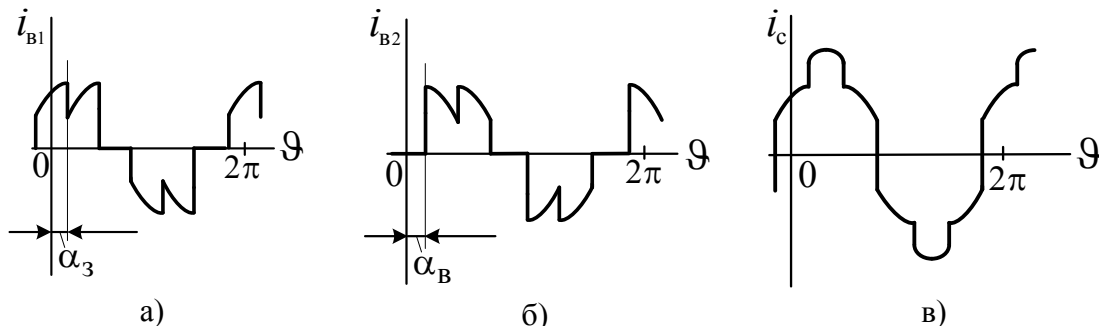


Рисунок 2 – Часові діаграми струмів випрямлячів для малих L_d : а) керування закриванням вентилів; б) керування відкриванням вентилів; в) сумарний струм живлення випрямлячів

Нехай в нормальному режимі вентилі випрямляча В1 вступають в роботу за природних кутів, а закриваються дочасно керуючим імпульсом за кутів α_3 . Тобто випрямляч В1 працюватиме зі зсувом першої гармоніки струму живлення у бік випередження відносно

напруги джерела, а значить генеруватиме реактивну потужність. Часова діаграма вхідного струму такого випрямляча наведена на рис. 2, а. Вентилі іншого випрямляча (В2) вступають в роботу з запізненням на кут α_B стосовно природних кутів, а закриваються за природних моментів часу. Такий випрямляч працює зі зсувом першої гармоніки струму в бік відставання, тобто в режимі споживання реактивної потужності. Часова діаграма вхідного струму для даного випадку наведена на рис. 2, б.

За умови симетричного зсуву в різні боки струмів живлення ($\alpha_3 = \alpha_B$) випрямлячів В1 і В2 отримуємо покращення синусоїдальності форми сумарного струму, що споживає вузол навантаження від джерела живлення (рис. 2,в). Вказаний фактор підтверджує розрахована і перевірена експериментами в середовищі Simulink програмного пакету Matlab залежність коефіцієнта гармонічного спотворення струму живлення вузла від кута управління (рис. 3, б). Такий спосіб керування випрямлячами зменшує встановлену потужність системи фільтрів вищих гармонік в діапазоні неперервності регульованого випрямленого струму.

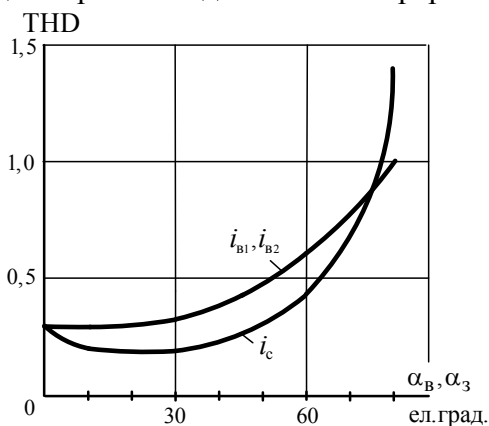


Рисунок 3 – Залежності коефіцієнта гармонічного спотворення струмів на вході випрямлячів від кута управління вентилями

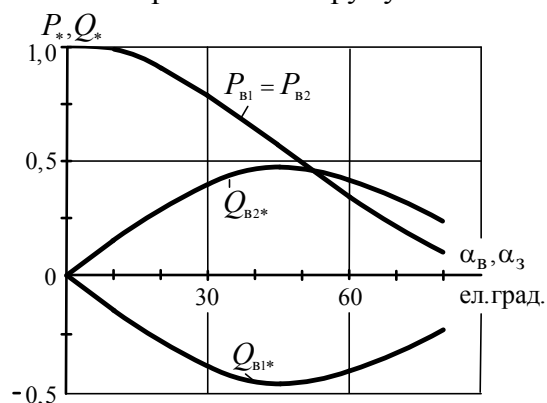


Рисунок 4 – Залежності активної та реактивної потужності на вході випрямлячів від кута управління вентилями

На рис. 4 наведені регульовальні характеристики випрямлячів вузла навантаження. Як бачимо, специфічною особливістю керованого випрямляча, як джерела реактивної потужності, є сприятливий характер регульовальної характеристики за реактивною потужністю в широкому діапазоні кутів управління (до 45 ел. град.). В нормальних режимах роботи керування вентилями випрямляча здійснюють за вимогами основної технології, причому керовані випрямлячі не споживають з мережі реактивної потужності зсуву. Потреба випрямляча В2 в реактивній потужності забезпечується її генерацією випрямлячем В1. В режимах зі зниженням рівня напруги випрямляч В2 системою управління переводять в режим генерації реактивної потужності і отримують значний та зручний ресурс для покриття дефіциту реактивної потужності під час електромеханічного перехідного процесу.

Реалізація запропонованого способу керування випрямлячами потребує традиційних для силової напівпровідникової техніки заходів з покращення якості комутаційних перехідних процесів: обмеження короткочасних кидків струму ввімкнення та кидків напруги під час вимкнення вентилів. Внутрішні комутаційні перенапруги в даний час найбільш ефективно знешкоджувати застосуванням обмежувальних діодів.

Перелік посилань

1. Федів Є.І., Сівакова О.М. Силові випрямлячі систем електропостачання з покращеним коефіцієнтом реактивної потужності // Вісник Приазовського технічного університету: Зб. наук. пр. – Вип. 18. – Ч. 2. – Маріуполь, 2008. – С. 60–64.
2. Никонєць Л.О. Енергетичні характеристики трифазного випрямляча вузла навантаження в режимі видачі реактивної потужності / Л.О. Никонєць, О.М. Сівакова, Є.І. Федів // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – № 30. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2008. – С. 210–216.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЕРЕНЦІЮ

Запрошення

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» щорічно проводить на базі кафедри Електропостачання промислових підприємств і міст електротехнічного факультету Міжнародну науково-технічну конференцію викладачів, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів».

Організаційний комітет запрошує Вас прийняти участь у роботі конференції та виступити із доповідями. Матеріали доповідей будуть опубліковані у збірнику наукових праць конференції.

Мета конференції – обмін інформацією із прогресивних результатів науково-дослідної роботи викладачів, аспірантів і студентів в області сучасних проблем систем електропостачання промислових та побутових об'єктів.

Тематики конференції: загальні питання розвитку, розробки та експлуатації систем електропостачання; комерційний та технічний облік електроенергії; математичне моделювання режимів роботи електричних та електромеханічних систем; діагностування, моніторинг та надійність електрообладнання; електричні апарати та релейний захист; електромагнітна сумісність; нетрадиційні джерела електричної енергії; технології Smart Grid; вибухозахищене та гірниче електрообладнання; охорона праці та пожежна безпека при розробці та експлуатації систем електропостачання; оцінка вибухо- та пожежонебезпеки приміщень; оцінка ризиків та живучості при експлуатації вибухо- та пожежонебезпечних виробництв; робототехніка.

Інформація

Для участі в роботі конференції необхідно подати в Оргкомітет: заявку на участь; текст статті – не більше двох повних сторінок, включаючи рисунки, в одному екземплярі; електронну версію заявки та текст статті.

Робочі мови конференції – українська, російська, англійська.

Витрати на проживання, харчування та транспорт учасники конференції несуть самостійно.

Проїзд від залізничного вокзалу тролейбусом № 2 або автобусом № 2 до зупинки «Технічний університет», трамваєм № 1 до зупинки «пл. ім. Ф.Е. Дзержинського», від аеропорту – тролейбусом № 9 до зупинки «Парк ім. Щербакова», від автовокзалу «Західний» – автобусом № 73а до зупинки «Парк ім. Щербакова», від автовокзалу «Південний» – пішки у бік вул. Артема близько 300 м.

Вимоги до оформлення

1. Текст рукопису статті виконується на білому папері формату А4 (210x297 мм) з полями 20 мм з усіх боків. Сторінки не нумерувати (нумерацію виконати олівцем у нижньому правому куті). Рукопис статті оформити на комп'ютері із застосуванням редактора Microsoft Word шрифтом Times New Roman розміром 12 пт., роздрукувати в одному екземплярі з високою якістю друку.

2. Графічний матеріал варто виконувати впровадженними об'єктами та розташовувати після згадування в тексті. Під кожним рисунком вказується його номер та назва у вигляді напису Microsoft Word, яка згрупується із рисунком: Рисунок 1 – Назва рисунку. Рисунки відділяються від основного тексту інтервалом 6 пт зверху та знизу. Обтікання тестом – зверху та знизу. Всі позиції, позначені на рисунку, повинні бути пояснені в тексті.

3. Математичні формули виконуються в редакторі формул Microsoft Equation. Формули нумеруються (праворуч у круглих дужках, не відступаючи від правого поля) у тому випадку, якщо на них у тексті є посилання. Між крайніми знаками формули та текстом повинен виконуватися інтервал 6 пт.

4. Таблиці повинні мати назву та номер: Таблиця 1 – Назва таблиці. Таблиця розташовується після згадування по тексту та відділяється від основного тексту інтервалом 6 пт зверху та знизу.

5. Перелік посилань (не більше трьох) повинен бути наведений наприкінці статті та складений у порядку згадування у тексті. Посилання на літературу містяться у квадратних дужках.

6. Порядок оформлення. Структура подання матеріалу статті повинна відповідати наступній схемі (дивись зразок оформлення матеріалів): у лівому верхньому куті проставляється індекс по універсальній десятичній класифікації (УДК); через один рядок друкується назва статті прописними напівжирними (Ж) буквами, без переносів та по центру; через один рядок друкується напівжирними буквами прізвища та ініціали авторів (не більше трьох), посада та вчений ступінь (якщо є); на наступному рядку друкується курсивом не жирними буквами повне найменування установи, яку представляють автори, місто та країна її місцезнаходження; через один рядок друкується основний текст статті (мова викладу на вибір авторів, міжстрочний інтервал 1, відступ 10 мм); через один рядок друкується перелік посилань.

7. Матеріали статті, які не відповідають перерахованим вимогам, а також ті, що надійшли в оргкомітет із запізненням, опубліковані не будуть.

Адреса оргкомітету

ДВНЗ «ДонНТУ», електротехнічний факультет, кафедра ЕПМ, вул. Артема, 83001, м. Донецьк, Україна, 8-й учбовий корпус, к. 8.402. Тел.: (062) 301-03-06, (066) 196-40-52, (Сольоний Сергій Валентинович). Сайт конференції: http://etf.donntu.edu.ua/konf_epm/. E-mail конференції: konfepm@donntu.edu.ua.



Наукове видання

***СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ПРОМИСЛОВИХ ТА ПОБУТОВИХ ОБ'ЄКТІВ***

Збірник наукових праць

*I Міжнародної науково-технічної конференції
викладачів, аспірантів і студентів*

м. Донецьк, 17-18 жовтня 2013 р.

Відповідальний за випуск: д.т.н., проф., проф. каф. ЕПМ – О.П. Ковальов

Редагування, коректура

та комп'ютерна верстка: к.т.н., доц., доц. каф. ЕПМ – С.В. Сольоний,
адмін. web-ресурсу конф. – А.О. Рябошапко

Підписано до друку 07.10.2013. Формат 60x84¹/₈
Папір офсетний. Друк різнографія.
Ум. друк. арк. 20. Обл.-вид. арк. 18
Тираж 100 прим.

Надруковано: РВВ ДонНТУ, 83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58.
9-й уч. корп. тел. (062) 301-03-04