

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ В СИСТЕМАХ С НАБЛЮДАТЕЛЯМИ СОСТОЯНИЯ, ВОССТАНАВЛИВАЮЩИМИ СТАТИЧЕСКИЙ МОМЕНТ

**Введение.** В [1] предложено идентифицировать статический и динамический моменты двигателя постоянного тока при помощи наблюдателя состояния (НС) первого порядка, в основу которого положена модель механической части привода. Оценку статического момента удобно использовать в системах регулирования и стабилизации скорости для компенсации статической просадки скорости без усложнения структуры регуляторов. В [2] предложена методика наладки таких НС. Она основана на обнаруженном авторами статьи явлении неправильного оценивания динамического и статического моментов двигателя на участках разгона и торможения двигателя при несовпадении электромеханической постоянной времени в объекте регулирования и в его модели.

**Целью работы** является идентификация электромеханической постоянной времени привода  $T_M$  в системах с описанными выше НС при медленных изменениях момента статического сопротивления и момента инерции электропривода.

**Материал и результаты исследования.** Структурная схема идентифицируемой части объекта регулирования (ОР) и исследуемого НС в относительных единицах (о.е.) представлена на рис. 1а.

В качестве базовых величин при нормировании приняты ток и момент короткого замыкания ( $I_{\bar{б}} = I_{кз}$ ,  $M_{\bar{б}} = M_{кз} = cI_{кз}$ ), скорость идеального холостого хода ( $\omega_{\bar{б}} = \omega_0 = U_n/c$ ) и номинальное напряжение двигателя ( $E_{\bar{б}} = U_n = I_{кз}R_{я}$ ). В принятой системе о.е. интегрирующее звено в составе ОР имеет постоянную времени, равную электромеханической постоянной времени привода  $T_M = J\omega_0/M_{кз} = JR_{я}/c^2$ . Коэффициент корректирующей связи НС рассчитываются по формуле

$$l = T_{M0}\Omega_{0н}, \quad (1)$$

где  $\Omega_{0н}$  – средне-геометрический корень наблюдателя, определяющий его быстродействие и фильтрующие свойства.

Для того, чтобы НС был асимптотическим, необходимо равенство сходственных параметров объекта регулирования и его модели, положенной в основу НС ( $T_{M0} = T_M$ ). Если в процессе работы момент инерции привода изменяется, то, во избежание неправильного оценивания динамического и статического моментов, необходимо выполнить идентификацию электромеханической постоянной времени  $T_M$ , и использовать полученный идентифицированный параметр в схеме НС так, как это показано на рис. 1б, где постоянные коэффициенты интегратора  $1/T_M$  и корректирующей связи (1) заменяются соответственно блоками деления и умножения входных сигналов на идентифицированное значение электромеханической постоянной времени  $\hat{T}_M$ . Это же значение используется для адаптации коэффициента усиления регулятора скорости РС.

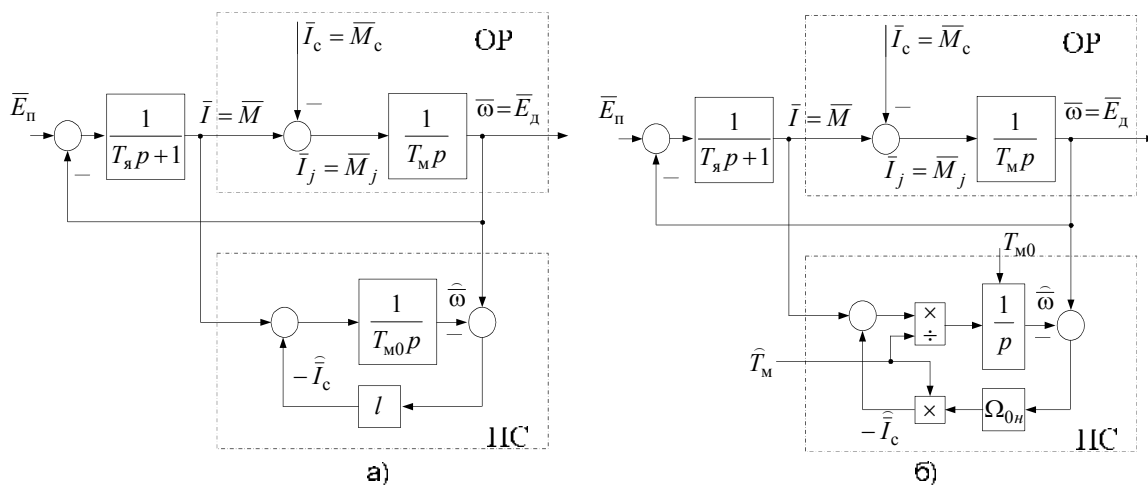


Рисунок 1 – Структурная схема объекта регулирования и НС:

а) без идентификации  $T_M$ ; б) с идентификацией  $T_M$

Для идентификации  $T_M$  воспользуемся выведенной в [2] формулой:

$$\hat{T}_{M_i} = T_{M_{i-1}} \frac{I_p - I_T}{I_p - I_T + \hat{I}_{cr} - \hat{I}_{cp}}, \quad (2)$$

где  $I_p$ ,  $I_T$  – установившиеся значения тока якоря на участках разгона и торможения;  $\hat{I}_{cp}$ ,  $\hat{I}_{cr}$  – установившиеся значения оценки статической составляющей тока якоря на этих же участках;  $i$  – номер цикла разгон-торможение (с возможным участком работы на установившейся скорости). При  $i=0$  (начало работы после отключения системы управления)  $T_{M0}$  – начальное условие интегратора НС, равное ориентировочному значению идентифицируемого параметра. При работе с реальным электрооборудованием из-за наличия в измеряемых сигналах различного рода помех и пульсаций вместо мгновенных значений токов, входящих в формулу (2), необходимо использовать их средние значения на участках с установившимся ускорением. Реализация этой идеи возможна при использовании структурной схемы рис.2 (РТ, РС – регуляторы тока и скорости, ТО – узел токоограничения, ТП – тиристорный преобразователь, ЗИ – задатчик интенсивности).

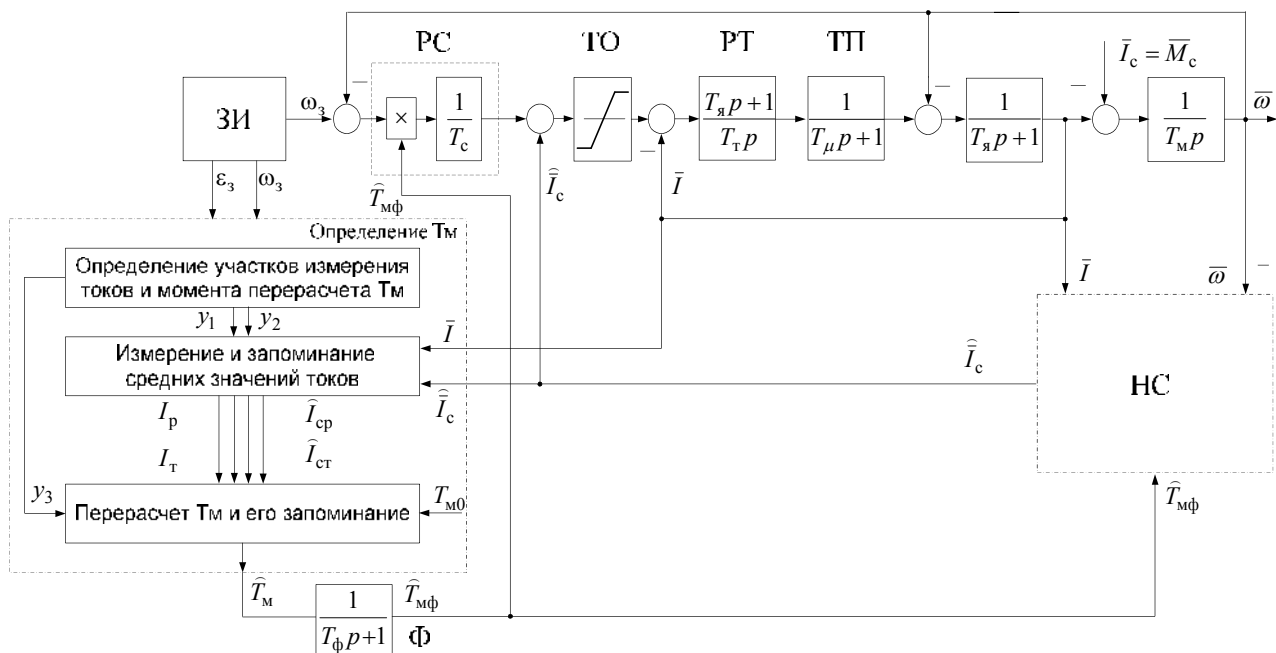


Рисунок 2 – Структурная схема системы регулирования скорости с блоком идентификации  $T_M$

Идентификация  $T_M$  осуществляется следующим образом. При отработке некоторого перемещения вначале определяются участки разгона и торможения, на которых величина ускорения остается практически неизменной, и формируются логические сигналы  $y_1$ ,  $y_2$ , запускающие процессы измерения и запоминания средних значений токов  $I_p$ ,  $I_T$  и оценок их статических составляющих  $\hat{I}_{cp}$ ,  $\hat{I}_{cr}$ , и логический сигнал  $y_3$ , инициализирующий процедуру перерасчета  $T_M$  по окончании измерения токов. Фильтр  $\Phi$  на выходе идентификатора электромеханической постоянной устанавливается для уменьшения бросков электромагнитного момента при скачкообразном изменении  $\hat{T}_M$  после его идентификации.

Структурная схема блока «Определение участков измерения токов и момента перерасчета  $T_M$ » представлена на рис. 3. Участки разгона и торможения идентифицируются по выполнению условий:  $\omega_3 \varepsilon_3 > 0$  и  $\omega_3 \varepsilon_3 < 0$  соответственно (в схеме вместо нулей используется очень малые константы «eps»), а участки, на которых определяются усредненные значения токов – по выполнению условия  $\omega_n \leq |\omega_3| \leq \omega_k$ . Сигнал  $y_3$ , благодаря предложенному схемному решению, представляет собой импульс длительностью в один период дискретности  $T$ .

Содержимое части блока «Измерение и запоминание средних значений токов», ориентированной на измерение и запоминание одного из токов ( $I_p$ ) показано на рис. 4. Определение среднего тока выполняется по формуле

$$I_{\delta} = T \sum_{i=1}^n I_i / nT. \quad (3)$$

Числитель и знаменатель выражения (3) формируются цифровыми интеграторами со сбросом по уровню. Блок max установлен для предотвращения деления на ноль на первом такте. Блок БЗ предназначен для запоминания среднего тока при  $k=n$ .

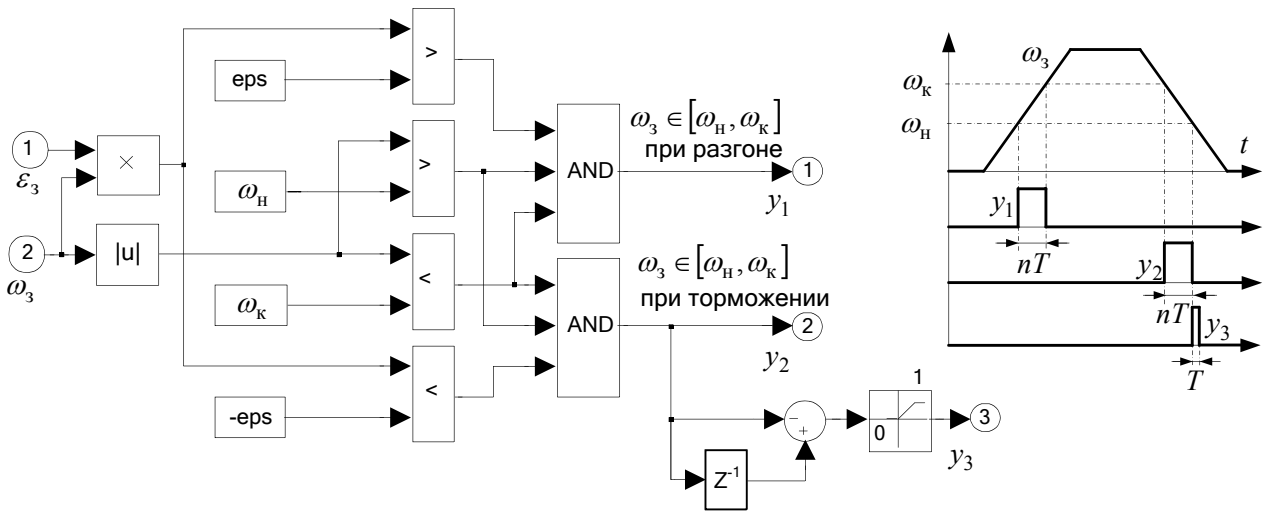


Рисунок 3 – Определение участков измерения токов и момента перерасчета  $T_M$

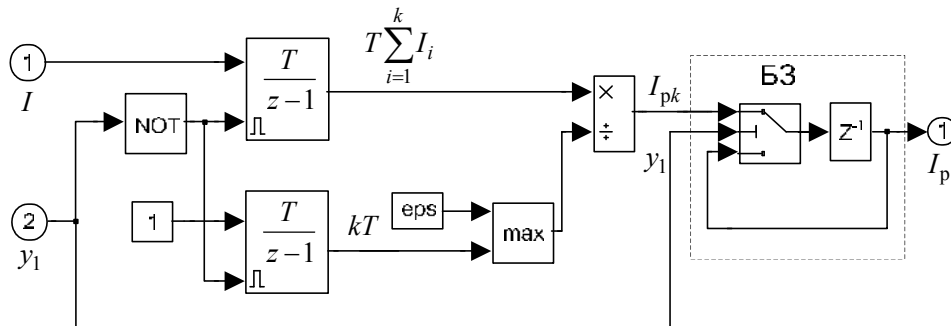


Рисунок 4 – Измерение средних значений токов и запоминание

Последнее звено запаздывания на период дискретности, охваченное жесткой обратной связью, является «запоминающим» элементом. При появлении логической единицы (сигнал  $y_1$ ) на управляющем входе ключа на выходе звена задержки формируется текущее значение  $I_p$ , а после снятия логической единицы – это значение сохраняется. Аналогичным образом формируются и запоминаются значения  $I_T$ ,  $\hat{I}_{cp}$  и  $\hat{I}_{ct}$ .

Перерасчет нового значения  $T_M$  осуществляется согласно выражению (2); структурная схема данной процедуры представлена на рис. 5. Звено запаздывания в блоке задержки БЗ, на выходе которого сохраняется текущее значение идентифицируемого момента инерции, имеет начальное условие  $T_{M0}$ .

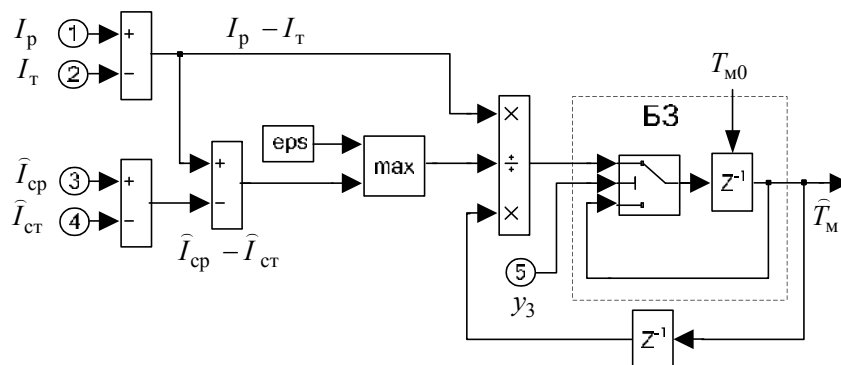


Рисунок 5 – Перерасчет  $T_M$  и его запоминание

Проверка предлагаемого алгоритма идентификации электромеханической постоянной времени была выполнена на экспериментальной установке [3], в которой программно реализованы не только блок идентификации  $T_M$ , но и НС, а также регуляторы. Приведенные на рис. 3-5 структурные схемы были дополнены необходимыми элементами для возможности реализации в реальном времени. Период дискретности системы регулирования равен 0.5мс,  $T_{M0} = 1.5T_M$ ,  $T_\phi = 50$ мс. На рис. 6 представлены осциллограммы переходных процессов. В начале отработки первого перемещения значение  $T_M$ , используемое в НС и в регуляторе скорости, отличается от истинного, в результате чего статическая составляющая тока идентифицируется с ошибкой. В конце отработки первого перемещения осуществляется идентификация  $T_M$ , после чего оценка  $\hat{T}_c$  практически совпадает с истинным значением этой физической величины, которая на экспериментальном стенде создается нагрузочной машиной. Приведенные графики подтверждают правильность описанного алгоритма идентификации  $T_M$ .

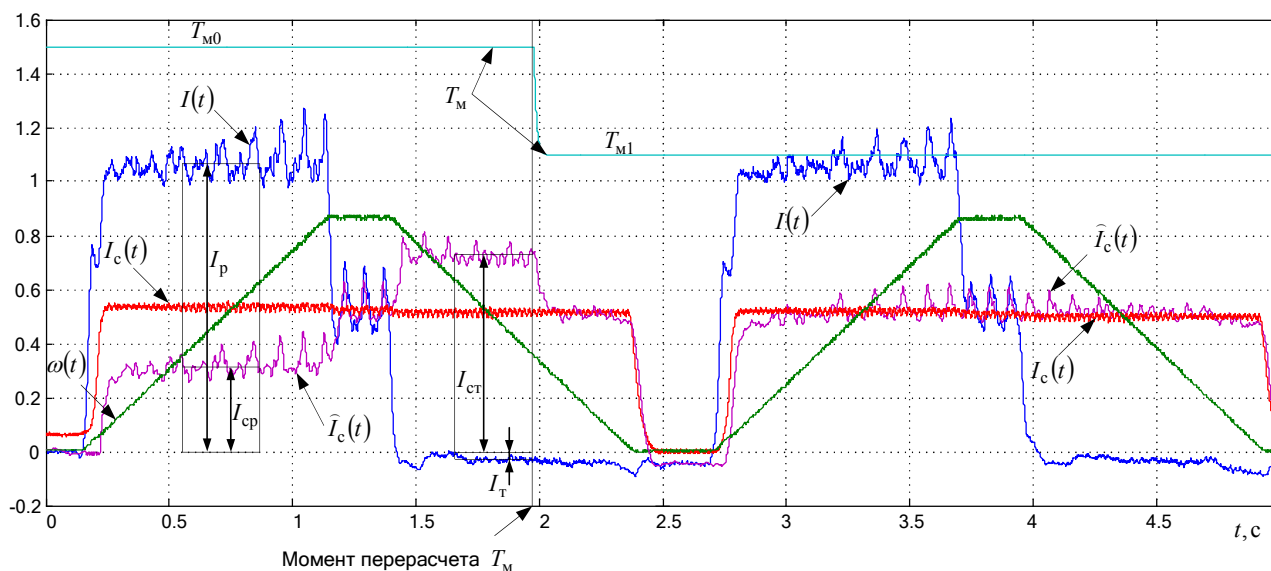


Рис.6 – Осциллограммы переходных процессов

### Выводы

1. При использовании наблюдателей состояния НС, оценивающих величину момента статического сопротивления, необходимо идентифицировать и электромеханическую постоянную времени привода  $T_M$ .
2. При медленно изменяющемся моменте статического сопротивления  $M_c$  в основу идентификации  $T_M$  можно положить формулу (2), выведенную в статье [2], используя для этого результаты измерения сигналов тока якоря и оценки статического момента на участках разгона и торможения привода с постоянным ускорением.
3. Предложенные в статье структурные модели можно использовать при реализации рассматриваемой системы управления.

### Литература

1. Коцегуб П.Х., Толочко О.И., Мариничев В.Ю., Розкаряка П.И. Система подчиненного регулирования скорости с наблюдателем динамического и статического токов первого порядка // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПУ. – Кременчуг: КГПУ. – 2001. – №1(10) – С. 103-109.
2. Толочко О.И., Коцегуб П.Х., Розкаряка П. И., Чекавский Г.С. Методика настройки наблюдателя состояния, восстанавливающего статический и динамический моменты двигателя постоянного тока // Сборник научных трудов ДГТУ. Днепропетровск: 2007, с 434-436.
3. Коцегуб П.Х., Толочко О.И., Розкаряка П.И. Реализация алгоритмов цифрового управления позиционным электроприводом постоянного тока // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчуг: КДПУ. – 2007. – №3 (44). – Ч.1. – С. 18-20.