

**МЕТОДИКА НАСТРОЙКИ НАБЛЮДАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ,
ВОССТАНАВЛИВАЮЩЕГО СТАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ МОМЕНТЫ
ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

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. Этот наблюдатель может быть использован при разработке астатических по нагрузке систем регулирования скорости и положения, а также в системах автоматизации технологических процессов. Исследование систем управления с предложенным НС выполнялось в предположении полной идентичности моделей объекта регулирования и прямой части НС. Однако наличие в прямом канале рассматриваемого наблюдателя интегратора делает его чрезвычайно чувствительным к изменению постоянной времени этого интегратора.

Целью работы является разработка методики наладки предложенного наблюдателя состояния.

Материал и результаты исследования. Структурные схемы идентифицируемой части объекта регулирования (ОР) и исследуемого НС в относительных единицах (о.е.) представлены на рис. 1.

В качестве базовых величин при нормировании приняты ток и момент короткого замыкания ($I_б = I_{кз}$, $M_б = M_{кз}$), скорость идеального холостого хода ($\omega_б = \omega_0$) и номинальное напряжение двигателя ($E_б = U_n$). В принятой системе о.е. интегрирующее звено в составе ОР имеет постоянную времени, равную электромеханической постоянной времени привода $T_M = J\omega_0 / M_{кз} = JR_y / c^2$.

Коэффициент корректирующей связи НС рассчитывается по формуле

$$l = T_M \Omega_{0н}, \tag{1}$$

где $\Omega_{0н}$ – среднегеометрический корень наблюдателя.

Если постоянные времени интегрирования в ОР и НС одинаковы

$$T_M = T_{M1}, \tag{2}$$

то установившиеся ошибки оценивания статического и динамического моментов на участках движения с постоянным ускорением равны нулю. Если же условие (1) не выполняется, то при $d\omega/dt = \text{const} \neq 0$ установившиеся значения динамического тока $I_{jуст}$ и его оценки \tilde{I}_j не совпадают друг с другом. В предположении, что при работе на рассматриваемых участках ошибка оценивания скорости близка к нулю, т.е. $\omega \approx \hat{\omega}$, эту взаимосвязь можно выразить следующей формулой:

$$I_{jуст} = \frac{T_{M1}}{T_M} \tilde{I}_j,$$

откуда установившаяся ошибка оценивания динамического тока составляет:

$$\tilde{I}_{jуст} = \frac{T_M - T_{M1}}{T_M} I_{jуст}. \tag{3}$$

Поскольку, как видно из рис. 1, $I_c = I + I_j$, то

$$\tilde{I}_c = \tilde{I}_j, \tag{4}$$

$$I_{cуст} = I_c + \tilde{I}_{jуст} = I_c + \frac{T_M - T_{M1}}{T_M} I_{jуст}. \tag{5}$$

Анализируя формулу (5) с учетом того, что при разгоне $I_{jуст} = I_{jр} > 0$, при торможении $I_{jуст} = I_{jт} < 0$, а при движении с установившейся скоростью $I_{jуст} = I_{j0} = 0$, приходим к следующим выводам:

- при $T_{M1} < T_M$ установившееся значение оценки статического тока на участке разгона оказывается больше истинного, а при торможении – меньше;

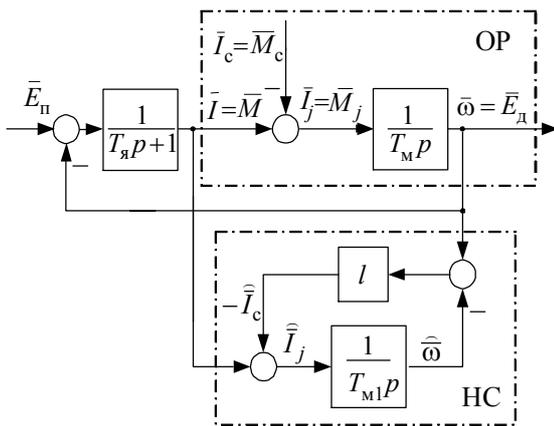


Рисунок 1 – Структурная схема объекта регулирования и наблюдателя состояния в о.е.

- при $T_{M1} > T_M$ знак ошибки оценивания статической составляющей тока якоря в пуско-тормозных режимах изменяется на противоположный;
- при работе привода на установившейся скорости, несмотря на несовпадении параметров ОР и НС, рассматриваемая ошибка оценивания отсутствует.

Для подтверждения этих положений на рис. 2 приведены графики переходных процессов, полученные при математическом моделировании объекта рис. 1 в составе системы подчиненного регулирования скорости с задатчиком интенсивности (ЗИ). Токи на графиках, в отличие от структурной схемы, где $\bar{I} = I/I_{кз}$, пронормированы

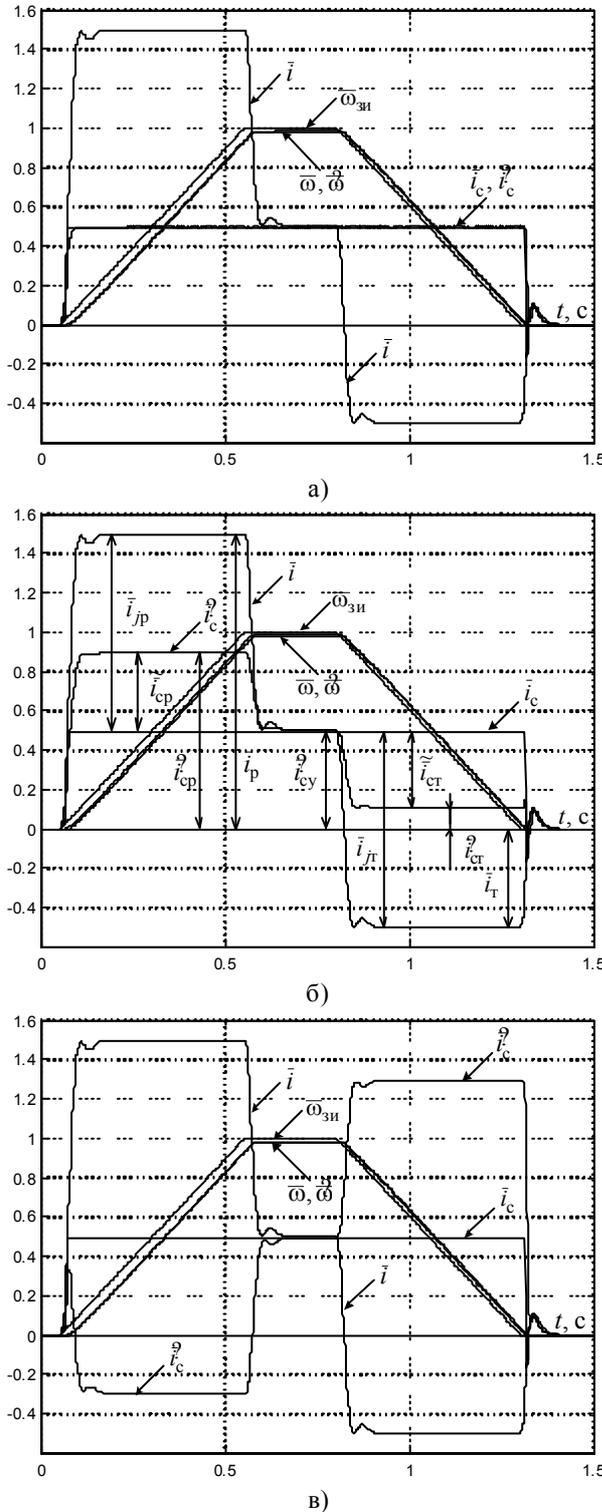


Рисунок 2 – Переходные процессы изменения координат электропривода и их оценок:

а) $T_{M1} = T_M$; б) $T_{M1} = 0.6T_M$; в) $T_{M1} = 1.8T_M$

по номинальному значению тока якоря ($\bar{i} = I/I_n$).

Из приведенных графиков и формул вытекает следующая методика наладки рассматриваемого наблюдателя состояния:

- 1) собираем НС в соответствии с приведенной структурной схемой, устанавливая в нем ориентировочные значения постоянной времени интегрирующего звена и коэффициента передачи корректирующей связи;
- 2) осуществляем работу привода при постоянном моменте статического сопротивления по трапецидальной тахограмме, формируя управляющее воздействие на входе преобразователя или на входе регулятора скорости с помощью задатчика интенсивности (ЗИ), фиксируя оценку статического тока;
- 3) если сигнал I_c при разгоне оказывается больше,

чем при торможении, то постоянную времени интегрирующего звена необходимо увеличивать, в противном случае – уменьшать, добиваясь постоянства этого сигнала в течение всего цикла;

- 4) после завершения настройки интегратора подбираем коэффициент корректирующей связи НС из условия достижения компромисса между быстродействием наблюдателя и его помехозащищенностью.

Принципиально настройку НС можно выполнять и при работе привода по треугольной тахограмме. Важно только, чтобы времена разгона и торможения были достаточно велики для того, чтобы токи и их оценки успевали достигать своих установившихся значений. Для достижения этой цели используется задатчик интенсивности.

Величина нагрузки также не имеет значения. В частности, настройку можно выполнять и на холостом ходу. Важно, чтобы нагрузка в течение некоторого времени при переходе от равноускоренного движения к движению с постоянной скоростью или при переходе от движения с постоянной скорости к равнозамедленному движению оставалась неизменной.

Процесс поиска постоянной времени интегрирования наблюдателя можно ускорить, вычисляя ее по формуле, вытекающей из формулы (5):

$$T_M = T_{M1} \frac{I_{jp}}{I_c - I_{cp} + I_{jp}} = T_{M1} \frac{I_{jt}}{I_c - I_{ct} + I_{jt}} \quad (6)$$

В соответствии с приведенными графиками и формулами

$$I_c = I_{cy} = I_y, \quad (7)$$

$$I_{jp} = I_p - I_y, \quad I_{jt} = I_t - I_y. \quad (8)$$

При отсутствии участка движения с постоянной скоростью, т.е. при работе привода по треугольной тахограмме, величины статической и динамической составляющих тока якоря при одинаковом темпе ускоре-

