

# СИСТЕМЫ ДВУХЗОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ С НАБЛЮДАТЕЛЯМИ СОСТОЯНИЯ

**Авторы:** Толочко О.И., Максаев П.А.

**Источник:** Инженер. Студентський науково-технічний журнал. - Донецьк, ДонНТУ, 2001, с.48-51.

В системах регулирования скорости промышленных механизмов в качестве датчиков скорости применяются либо тахогенераторы, либо импульсные датчики скорости, имеющие известные недостатки [1]. Использование систем косвенного регулирования скорости с датчиками ЭДС или напряжения во внешнем контуре приводит к ухудшению динамических свойств привода. Особенно большие проблемы возникают в системах двухзонного регулирования, где при отсутствии датчика скорости приходится применять системы раздельного управления преобразовательными агрегатами в якорной цепи и в цепи возбуждения двигателя [2].

Рассмотрим возможность применения в системах двухзонного регулирования в качестве датчика скорости наблюдателя состояния (НС).

В качестве входных сигналов для НС используем сигналы, пропорциональные напряжению якоря и потоку возбуждения двигателя; контроль и коррекцию будем выполнять по току якоря; для повышения точности работы наблюдателя при набросе нагрузки и для оценки величины статического тока включим в НС дополнительный интегратор.

Структурная схема такого наблюдателя в относительных единицах (о.е.) представлена на рис. 1 (в качестве базовых значений при нормировании приняты следующие величины:  $\omega_0 = \omega_0$  – скорость идеального холостого хода,  $I_0 = I_{кз}$ ,  $M_0 = M_{кз}$  – ток и момент короткого замыкания,  $E_0 = U_0 = E_0 = U_n$  – номинальное напряжение,  $\Phi_0 = \Phi_n$  – номинальный поток возбуждения двигателя,  $R_{я0} = R_{я}$  – суммарное сопротивление якорной цепи тиристорный преобразователь-двигатель).

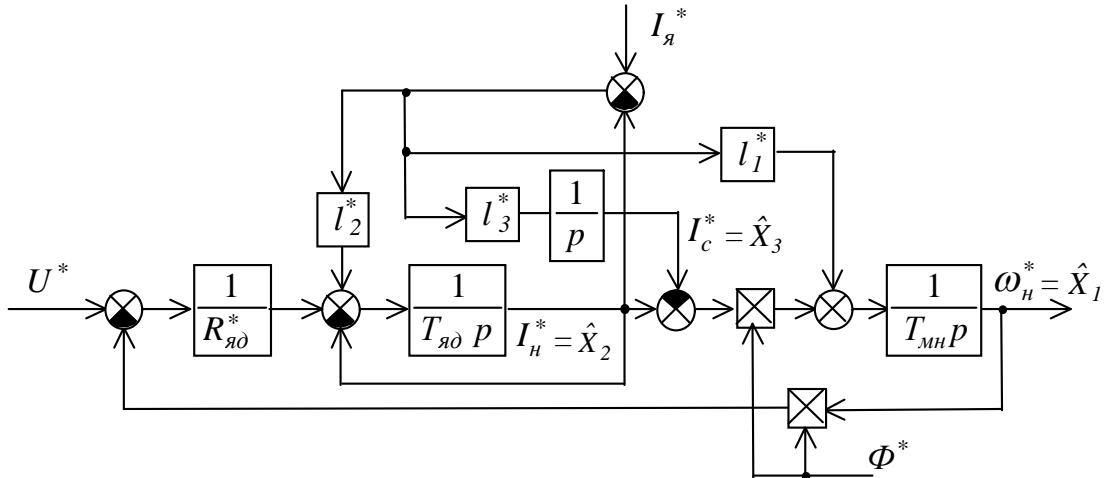


Рисунок 1 – Структурная схема наблюдателя, оценивающего скорость, противоЭДС и ток статической нагрузки двигателя

Определим выражения для расчёта коэффициентов наблюдателя из условия обеспечения желаемых коэффициентов характеристического полинома  $G(p)$ . Из структурной схемы рис. 1

$$G(p) = p^3 + \frac{(1+l_2^*)}{T_{я0}} p^2 + \frac{(\Phi^* - l_1^*) \cdot \Phi^*}{R_{я0}^* \cdot T_{я0} \cdot T_m} p + \frac{l_3^* \cdot (\Phi^*)^2}{T_{я0} \cdot T_m}. \quad (1)$$

Желаемый характеристический полином в общем случае может иметь вид:

$$G(p) = p^3 + \alpha_2 \Omega_0 p^2 + \alpha_1 \Omega_0^2 p + \alpha_0 \Omega_0^3, \quad (2)$$

где  $\Omega_0$  – среднегеометрический корень полинома.

Приравнявая выражения при одинаковых степенях оператора Лапласа  $p$  полиномов  $G(p)$  и  $G_{ж}(p)$ , получим формулы для расчёта коэффициентов наблюдателя:

$$\begin{cases} l_1 = \Phi^* - \frac{\alpha_1 \Omega_0^2 R_{\text{яд}}^* T_{\text{мн}} T_{\text{яд}}}{\Phi^*}; \\ l_2 = \alpha_2 \Omega_0 T_{\text{яд}} - 1; \\ l_3 = \frac{\alpha_0 \Omega_0^3 R_{\text{яд}}^* T_{\text{мн}} T_{\text{яд}}}{(\Phi^*)^2}. \end{cases} \quad (3)$$

Как видно из формул, коэффициенты наблюдателя  $l_1$  и  $l_3$  необходимо изменять в функции потока возбуждения. Для того, чтобы не усложнять структуру НС и воспользоваться постоянным расчётным значением потока возбуждения  $\Phi^* = \Phi_p^* = \text{const}$  ( $\Phi_{\text{мин}}^* \leq \Phi_p^* \leq \Phi_{\text{н}}^* = 1$ ), необходимо проанализировать чувствительность системы, замкнутой через НС, к изменению параметра  $\Phi_p^*$ .

В связи со сложностью измерения потока возбуждения его также можно оценить при помощи наблюдателя состояния, структурная схема которого в о. е. представлена на рис. 2.

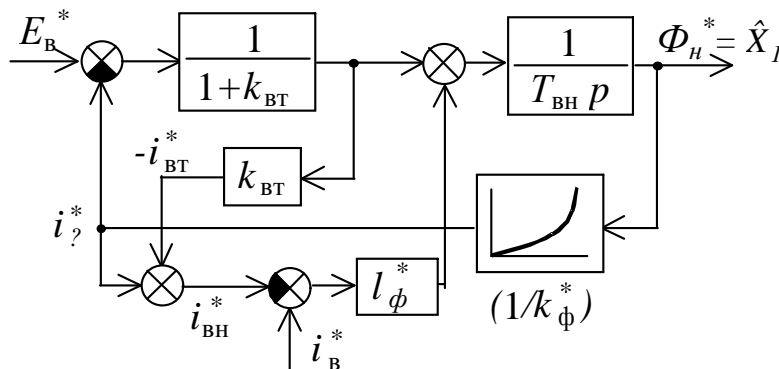


Рисунок 5 – Структурная схема наблюдателя, оценивающего поток возбуждения

Расчёт наблюдателя первого порядка сводится к расчёту одного корректирующего коэффициента. Для упрощения его расчёта нелинейное звено, обратно пропорциональное кривой намагничивания, представлено в виде коэффициента  $1/k_{\phi}^*$ , где  $k_{\phi} = d\Phi/di_u$ .

Выражение для характеристического полинома НС рис.5 имеет вид:

$$\varphi_A(p) = p + \frac{1+l_{\phi}^*}{k_{\phi}^*(1+k_{BT}) \cdot T_{BH}}. \quad (4)$$

Принимая в качестве желаемого характеристического полинома

$$\varphi_{ж}(p) = p + \Omega_0, \quad (5)$$

получим:

$$l_{\phi}^* = \Omega_0 \cdot T_{BH} \cdot k_{\phi}^* \cdot (1+k_{BT}) - 1. \quad (6)$$

Оценим возможность применения для исследования возьмем систему с параметрическим управлением полем двигателя, описанную в [2].

Ее структурная схема с двумя приведенными выше наблюдателями показана на рис. 3.

Исследования показали, что синтезированная система мало чувствительна к изменению параметра  $\Phi_p^*$ . Поэтому в качестве расчётного можно принять любое значение из указанного выше диапазона, например,  $\Phi_p^* = \Phi_{н}^* = 1$ .

Наблюдатель рис.1 позволяет не только обойтись без датчика скорости, но и сделать систему астатической по возмущающему воздействию за счет положительной обратной связи по оценке статического тока, введенной на регулятор тока ошибку по скорости при набросе нагрузки. На рис. 4 и 5 представлены графики переходных процессов системы двухзонного регулирования скорости замкнутой по скорости наблюдателя без компенсации и с компенсацией действия статического момента.

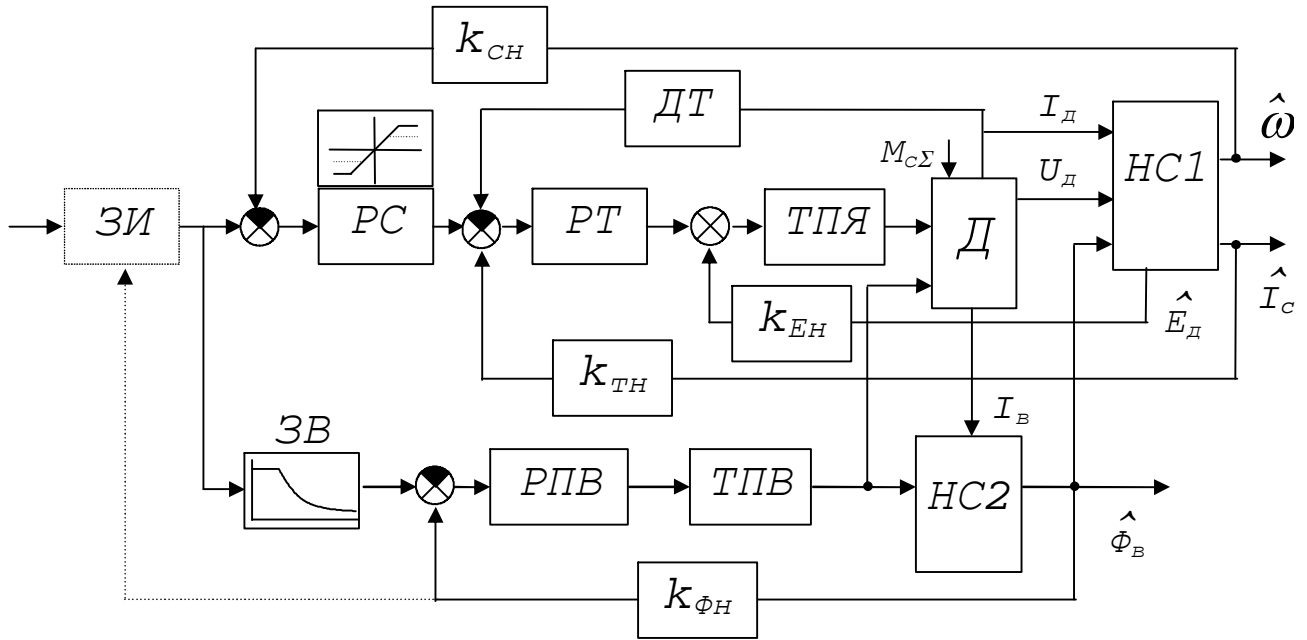


Рисунок 3 – Структурная схема системы двухзонного регулирования скорости с параметрическим управлением полем двигателя с наблюдателями состояния

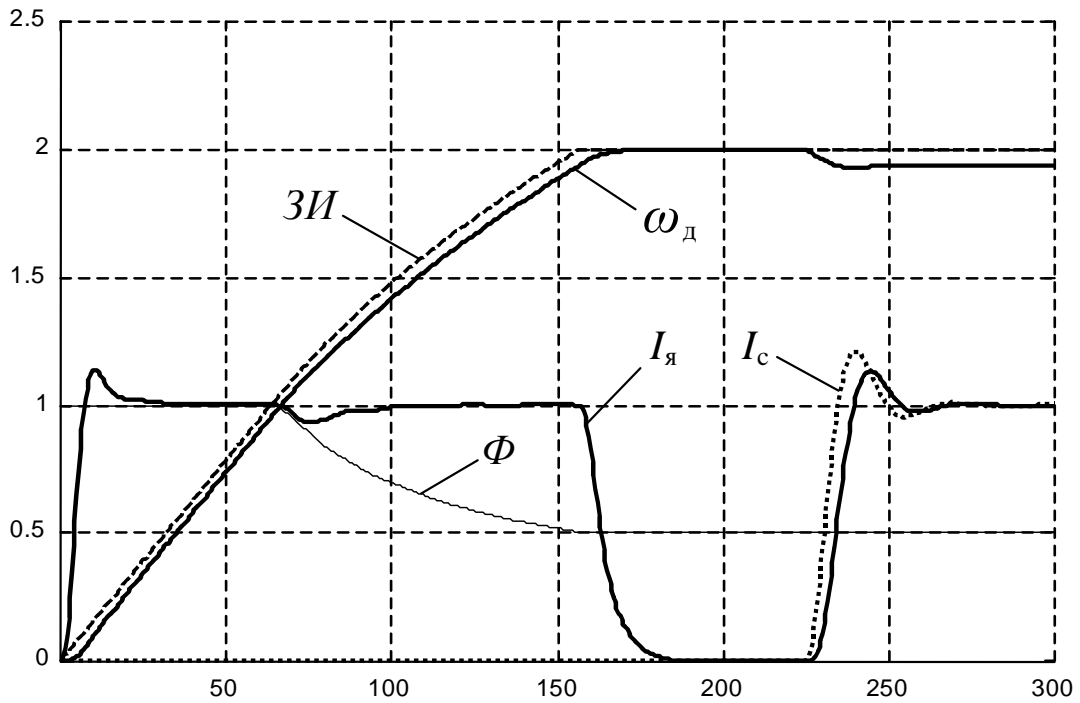


Рисунок 4 – Переходные процессы в системе двухзонного регулирования скорости замкнутой по скорости наблюдателя без компенсации статической ошибки

Графики получены при компенсации внутренней обратной связи по противо-ЭДС двигателя, в качестве сигнала которой используется сигнал ЭДС наблюдателя, отличающийся от датчика ЭДС отсутствием инерционности, что существенно улучшает качество компенсации.

Приведенные выше результаты получены при абсолютном совпадении параметров двигателя и наблюдателя. Исследования показали, что при 5-10-процентных отклонениях основных параметров системы от параметров наблюдателя качество переходных процессов остается достаточно высоким.

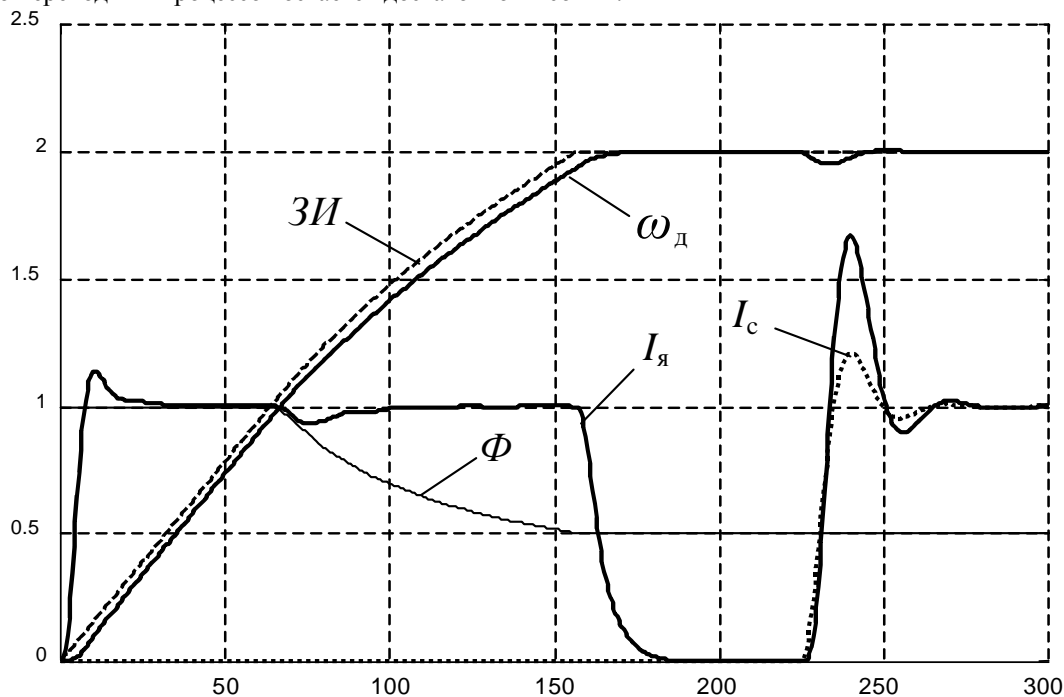


Рисунок 5 – Переходные процессы в системе двухзонного регулирования скорости замкнутой по скорости наблюдателя с компенсацией статической ошибки

**Выводы:**

- 1) Получение сигнала скорости при помощи наблюдателя имеет преимущества перед тахогенератором, а именно: чистота выделяемого сигнала и дешевизна.
- 2) В наблюдателе скорости есть побочные полезные сигналы, такие как  $I_c$ ,  $E_d$ , которые могут использоваться в системе управления.
- 3) Наблюдатель потока возбуждения позволяет достаточно точно получить сигнал потока возбуждения двигателя. Такой наблюдатель можно использовать в системе двухзонного регулирования скорости как отдельно, так и в комплексе с наблюдателем скорости.

**Литература:**

1. Терехов В.М. Элементы автоматизированного электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1987.-224с.
2. Система двухзонного регулирования с основной обратной связью по скорости и с параметрическим управлением полем двигателя /статья. Ольга Толочко, Павел Максаев – Винница 1999г.