УДК 621.3.07

А.Э. ЕВСТРАТОВ, ассистент (ТПУ)
г. Томск

ВЛИЯНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ НА КАЧЕСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ МОМЕНТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ[1]

Существенная проблема наблюдений за состоянием асинхронного двигателя (АД) – это искажения, вносимые наблюдателем. Искажения могут появиться из-за неточности методики или из-за неточности измерительных устройств (датчиков). Эта статья посвящена погрешностям, вносимым самой методикой ее определения.

Для того, чтобы регулировать момент АД необходимо управлять его магнитным состоянием, в частности токами. Однако, для его регулирования необходимо определить его текущее состояние. Для идентификации магнитного состояния АД существует множество методик [1,2]. Рассмотрим самые применяемые.

Статорная модель

Статорная модель является самой простой системой определения потокосцепления статора. Она выражается следующими зависимостями:

$$\bar{\psi}_s = \int \bar{u}_s - \bar{i}_s R_s, \quad (1)$$

где $\bar{i}_s$ – мгновенное значение вектора тока статора; $\bar{\psi}_s$ – мгновенное значение вектора потокосцепления статора; $\bar{u}_s$ – мгновенное значение вектора напряжения статора; R_s–активное сопротивление обмотки статора. При цифровой реализации такого наблюдателя возможно накапливание ошибки интегрирования, которая формируется от квантования. Одним способом решения такой проблемы является замена интегрирующего звена на апериодическое звено первого порядка. Тогда получившийся наблюдатель позволит оценивать потокосцепление статора с большей точностью при высоких скоростях вращения ротора.

Адаптивный наблюдатель.

1 Статья подготовлена в рамках госзадания "Наука", проект № 3852 "Интеллектуальные мехатронные системы"

В отличие от статорной модели такой наблюдатель позволяет не только наблюдать потокосцепление статора на всем диапазоне частот вращения ротора, а также оценивать потокосцепление ротора.

Его структурная схема представлена на рис. 1. Математическое описание представлено выражениями с (2) – (5).

(2)

$$\begin{cases} \dfrac{d\psi_{rd}}{dt} = \dfrac{L_m}{\tau_r} i_{sd} - \dfrac{1}{\tau_r}\psi_{rd}; \\ \psi_{rq} = 0. \end{cases}$$

(3)

$$\begin{cases} \psi_{r\alpha} = \psi_{rd}\left(\cos\left(\theta_{\psi_r}\right)\right) - \psi_{rq}\left(\sin\left(\theta_{\psi_r}\right)\right); \\ \psi_{r\beta} = \psi_{rd}\left(\sin\left(\theta_{\psi_r}\right)\right) + \psi_{rq}\left(\cos\left(\theta_{\psi_r}\right)\right). \end{cases}$$

(4)

$$\begin{cases} \psi_{s\alpha} = \left(\dfrac{L_s L_r - L_m^2}{L_r}\right) i_{s\alpha} + \dfrac{L_m}{L_r}\psi_{r\alpha}; \\ \psi_{s\beta} = \left(\dfrac{L_s L_r - L_m^2}{L_r}\right) i_{s\beta} + \dfrac{L_m}{L_r}\psi_{r\beta}. \end{cases}$$

(5)

$$\begin{cases} \psi_{r\alpha} = -\left(\dfrac{L_s L_r - L_m^2}{L_r}\right) i_{s\alpha} + \dfrac{L_m}{L_r}\psi_{s\alpha}; \\ \psi_{r\beta} = -\left(\dfrac{L_s L_r - L_m^2}{L_r}\right) i_{s\beta} + \dfrac{L_m}{L_r}\psi_{s\beta}, \end{cases}$$

где $\mathbf{\Psi}_s = [\psi_{sd}\ \psi_{sq}]^T$ –вектор потокосцепления статора; $\mathbf{\Psi}_r = [\psi_{rd}\ \psi_{rq}]^T$ – вектор потокосцепления ротор, L_m – взаимная индукция, L_s – индуктивность статора, L_r – индуктивность ротора; τ_r − постоянная времени ротора; $I_s = [i_{sd}\ i_{sq}]^T$ – вектор тока статора.

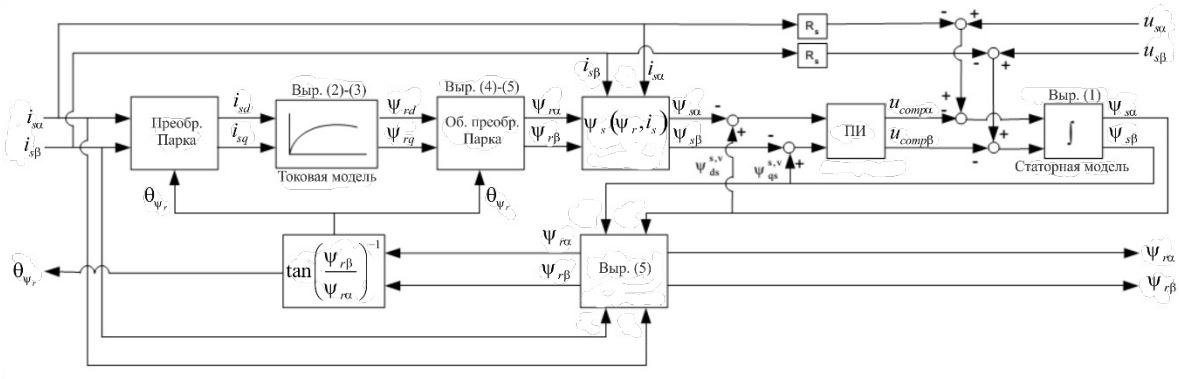
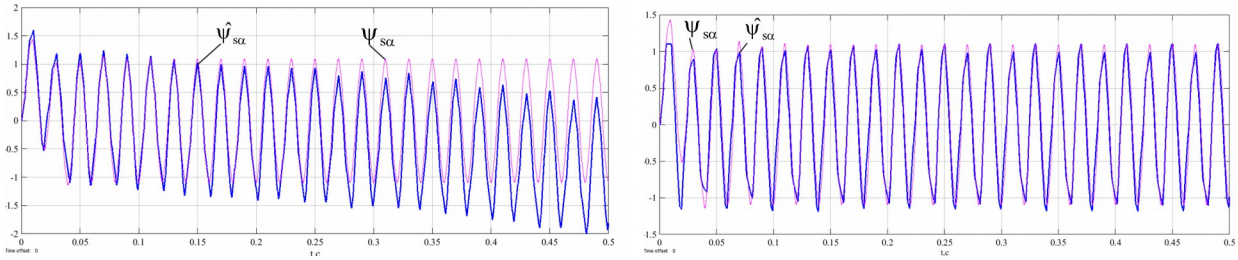


Рис.1. Структурная схема адаптивного наблюдателя магнитного состояния АД

Для оценки их работы пронаблюдаем их работу при прямом пуске АД. Результаты представлены рис. 2. Опыты проводились с шагом $2e^{-4}$.



а) б)

Рис.2. Результаты моделирования наблюдателей. а) Статорная модель б) Адаптивный наблюдатель

По результатам моделирования видно, что в процессе работы статорная модель накапливает ошибку, в отличие от адаптивного наблюдателя.

Однако, для корректной оценки качества работы наблюдателя необходимо оценивать его работу в замкнутой системе. Для этого рассмотрим управление, зависящее от наблюдателя. Таким способом регулирования выступает градиентное управление [3]:

(6)

$$u^*_{s\alpha} = -\gamma_1 \int \Big(-h_{11}\sigma L_m p\Big(\sigma L_m p(\psi_{s\beta}\psi_{r\alpha} - \psi_{s\alpha}\psi_{r\beta}) - M^*(t)\Big)\psi_{r\beta} + $$

$$+ 2h_{22}(\psi^2_{s\alpha} + \psi^2_{s\beta} - \psi^{2*}_s)\psi_{s\alpha}\Big)dt;$$

$$u^*_{s\beta} = -\gamma_2 \int \Big(h_{11}\sigma L_m p\Big(\sigma L_m p(\psi_{s\beta}\psi_{r\alpha} - \psi_{s\alpha}\psi_{r\beta}) - M^*(t)\Big)\psi_{sa} + $$

$$+ 2h_{22}(\psi^2_{s\alpha} + \psi^2_{s\beta} - \psi^{2*}_s)\psi_{s\beta}\Big)dt,$$

где $M^*(t)$ − заданное значение момента, ψ^{2*}_s − заданное значение потока, σ − коэффициент рассеивания.

В результате моделирования получились следующие графики переходных процессов потока статора, электромагнитного момента и угловой скорости рис. 3, рис. 4, рис. 5.

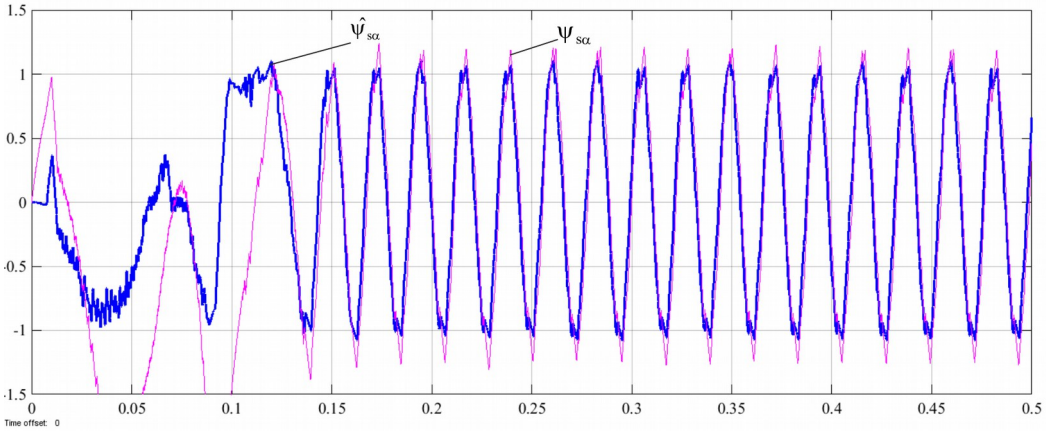


Рис.3. Переходный процесс потокосцепления статора

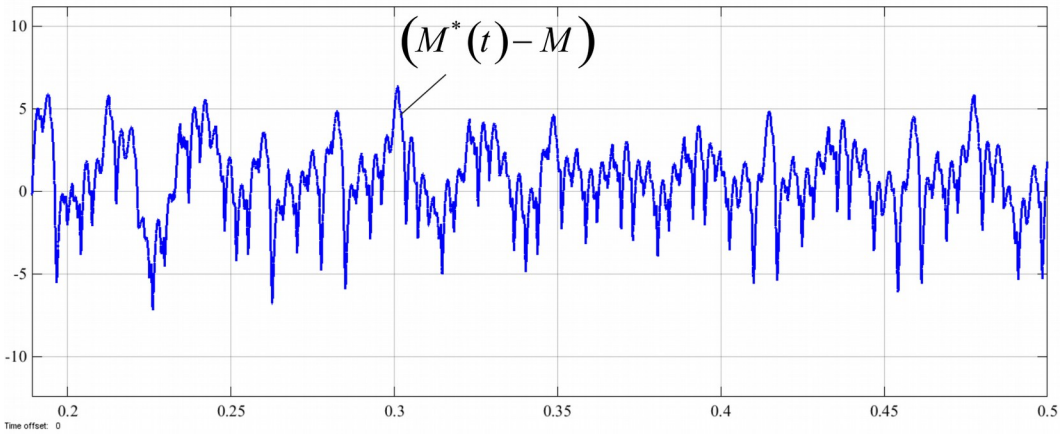


Рис.4. Переходный процесс отклонения электромагнитного момента от заданного

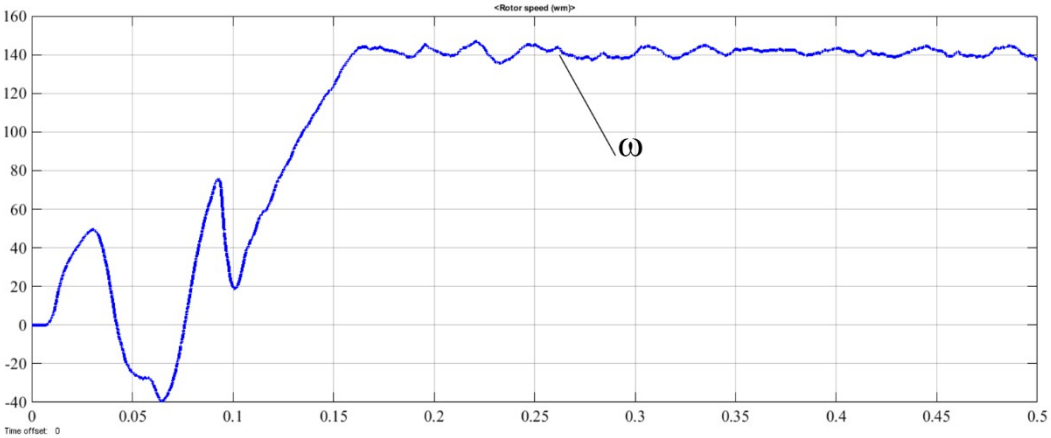


Рис.5. Переходный процесс изменения угловой скорости

По представленным рисункам видно, что в процессе адаптации, а именно в начальный период времени, наблюдатель работает некорректно, что приводит к ошибке регулирования электромагнитного момента.

Впоследствии значения наблюдателя и значения потокосцепления совпадают (рис. 3), однако из-за относительного большого шага дискретизации ($2e^{-4}$) наблюдается высокая пульсация электромагнитного момента (рис. 4) и скорости (рис. 5).

В заключение можно сделать вывод о том, что качество идентификации параметров асинхронного двигателя является важнейшей задачей при управлении его состоянием, о чем свидетельствуют результаты моделирования. Для снижения влияния наблюдателя, нужно управляющие воздействие подавать плавно – это позволит наблюдателю адаптироваться, также увеличить шаг дискретизации, что также улучшить качество его работы.

Список литературы:

1. Татарников А. Б., Татарникова А. А. Исследование адаптивных алгоритмов бездатчикового асинхронного электропривода при вариациях параметров двигателя // ЭС и К . 2012. №20. С.117-125.
2. Душинова Е. В., Левыкина В. И., Васильева Е. В. Простой метод оценки потокосцепления асинхронного двигателя // Радіоелектроніка, інформатика, управління . 2008. №1 (19). С.143-147.
3. Семыкина И.Ю. Повышение энерго- и ресурсоэффективности горных машин средствами регулируемого электропривода: дис. докт. техн. наук. - Кемерово, 2013.