

СПОСОБЫ КОСВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Метеленко А.В. , магистрантка; Чекавский Г.С., к.т.н, доц.
(Донецкий национальный технический университет)

Источник: Г.Г. Соколовский, Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: Ученик – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 265 с

В настоящее время все большее распространение на практике приобретают электроприводы (ЭП) на основе двигателей переменного тока, прежде всего – на основе асинхронных двигателей (АД) и синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ) на роторе. В зависимости от конкретных условий, к системе ЭП могут предъявляться требования по отсутствию механических датчиков на валу двигателя. При этом обычно возникает задача согласования требований по точности системы и динамических свойств с требованиями конкретного технологического процесса.

Под косвенным регулированием скорости понимается достижение заданных показателей точности регулирования скорости без непосредственного ее измерения. В зависимости от требований, предъявляемых к статическим и динамическим характеристикам системы, возможно применение как скалярного, так и векторного принципа управления. При скалярном управлении задача обеспечения требуемой точности может решаться без использования датчика скорости достаточно просто (компенсация статизма, улучшение закона управления) с достижением диапазона регулирования скорости до 10:1, но при этом динамические свойства системы специально не контролируются. Более интересной является задача косвенного регулирования скорости в системах векторного управления, когда следует обеспечить качество как статических характеристик, так и переходных процессов. Диапазон регулирования скорости при этом практически не превышает 50:1.

Существуют методы идентификации скорости делят на 5 групп [1]:

- неадаптивные методы (скорость рассчитывается через доступные для измерения координаты, например, ток и напряжение);
- адаптивные методы (с помощью замкнутых наблюдателей);
- методы, основанные на конструктивных особенностях двигателей;
- нелинейные методы, базирующиеся на теории нейронных сетей;
- методы, использующие дополнительные высокочастотные сигналы или другую дополнительную информацию.

В докладе приводятся результаты исследования точности вычисления скорости с помощью математических моделей потока (идентификаторов), которые строятся на основании математической связи напряжений, ЭДС, токов двигателя с его скоростью.

Асинхронный двигатель характеру протекания процессов в нем наиболее близок к обобщенной электрической машине, поэтому исследование способов идентификации скорости целесообразно выполнить в первую очередь на примере АД.

В основе идентификации скорости лежат уравнения Парка-Горева для электромагнитных контуров АД в неподвижной системе координат α, β .

$$\vec{U}_S = \vec{I}_S R_S + \frac{d\vec{\Psi}_S}{dt}; \quad (1)$$

$$0 = \vec{I}_R R_R + \frac{d\vec{\Psi}_R}{dt} - j\omega_R \vec{\Psi}_R. \quad (2)$$

$$\vec{\Psi}_S = L_S \vec{I}_S + L_m \vec{I}_R; \quad (3)$$

$$\vec{\Psi}_R = L_m \vec{I}_S + L_R \vec{I}_R. \quad (4)$$

где \vec{U}_S напряжение статора; R_S, R_R – сопротивление статора и ротора; $\vec{\Psi}_S, \vec{\Psi}_R$ – потокосцепление статора и ротора; \vec{I}_S, \vec{I}_R – ток статора и ротора; L_m – взаимная индуктивность между статором и ротором; L_S, L_R – индуктивность статора и ротора; ω_R – угловая частота поворота ротора.

Суть косвенного определения скорости сводится к тому, что [1] электрическая скорость, фигурирующая в (2), может вычисляться на основании информации о других координатах, входящих в (1) – (4).

К числу наиболее простых идентификаторов (вычислителей) скорости относятся следующие:

1) Посредством идентификации потокосцепления статора и вычисления скорости в системе координат x, y , ориентированной по вектору $\vec{\Psi}_S$:

$$\omega = \frac{1}{z_p} \cdot \frac{\text{Im} \left\{ \left[\vec{U}_S - \left(R_S + \frac{L_S}{T_R} \right) \vec{I}_S - \sigma L_S \frac{d\vec{I}_S}{dt} \right] e^{j\theta_{\Psi_S}} \right\}}{\Psi_S - \sigma L_S i_{Sx}}$$

2) Посредством идентификации потокосцепления ротора и вычисления частоты скольжения с последующим вычислением скорости в системе координат d, q , ориентированной по вектору $\vec{\Psi}_R$:

$$\omega = \frac{1}{z_p} (\omega_C - \omega_E) = \frac{1}{z_p} \left(\frac{d\theta_{\Psi_R}}{dt} - k_R R_R \frac{i_{Sq}}{\Psi_R} \right).$$

3) Посредством идентификации потокосцепления статора и вычисления частоты скольжения с последующим вычислением скорости в системе координат x, y :

$$\omega = \frac{1}{z_p} (\omega_S - \omega_E) = \frac{1}{z_p} \left(\frac{d\theta_S}{dt} - \frac{L_S}{T_R} \cdot \frac{i_{Sy} + \sigma T_R \frac{di_{Sy}}{dt}}{\Psi_S - \sigma L_S i_{Sx}} \right).$$

Перечисленные методы идентификации предполагают достаточно точное измерение фазных напряжений и токов двигателя, а также наличие необходимых средств фильтрации.

Точность идентификации, кроме того, зависит от следующих факторов:

- точности используемого уравнения идентификации;
- необходимости реализации операций чистого интегрирования или дифференцирования;
- чувствительности идентификаторов к изменению параметров АД.

В среде программного пакета Matlab/Simulink было выполнено исследование перечисленных идентификаторов на предмет точности определения скорости, а также их чувствительности к изменению параметров АД. В качестве исследуемого режима принят режим прямого пуска без нагрузки с последующим набросом нагрузки на установившейся скорости. В частности, на рис.1 показаны графики переходных процессов при полном совпадении параметров АД и идентификаторов полученные в результате моделирования указанного режима работы на примере двигателя МТК 011-6 ($P=1400$ кВт, 380 В, 870 об/мин, 50Гц).

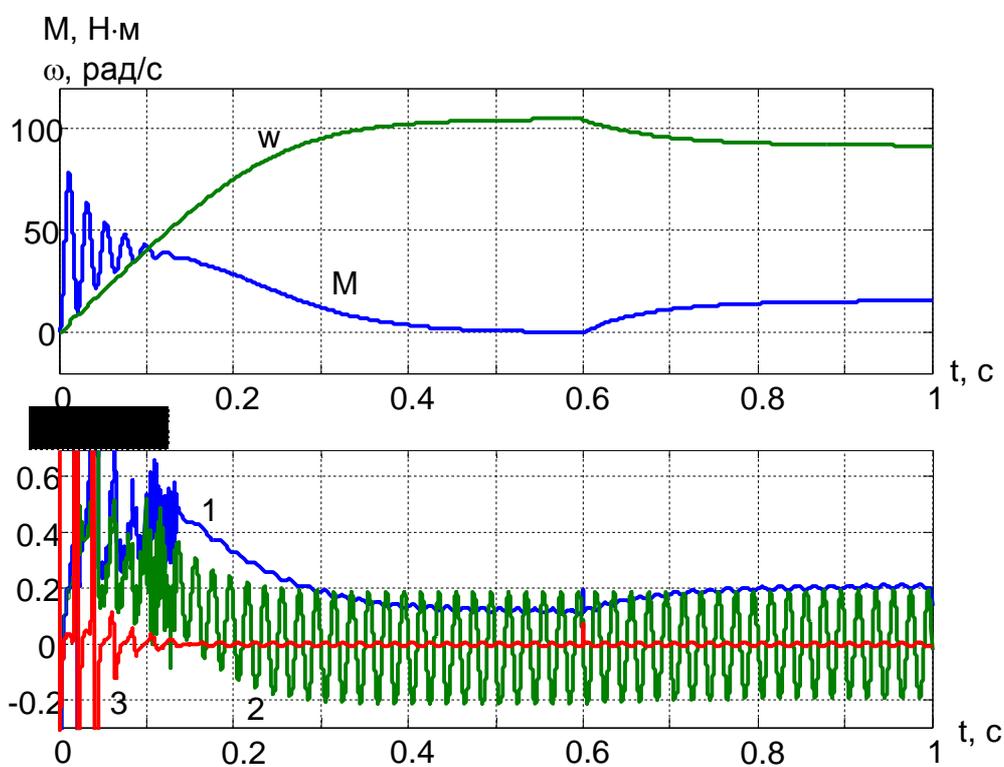


Рисунок 1 – Сравнительный анализ точности идентификаторов скорости.

Анализ графиков показывает, что наиболее точным оказался метод идентификации согласно способа 3, однако следует отметить, что он дает повышенную абсолютную погрешность оценки скорости в начальный период прямого пуска. Остальные идентификаторы являются статическими, т.е. дают установившуюся ошибки идентификации скорости в разных режимах работы.

В результате исследований получено также, что способ 3 дает наименьшую чувствительность к изменению параметров АД, а способ 1 – наибольшую.

Литература:

1. Г.Г. Соколовский, Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: Ученик – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 265 с