

Алгоритм полной параметрической идентификации для частотно-регулируемого асинхронного электропривода в режиме наладки

Д.С. Однолько
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь
odnolkod@tut.by

Реализация современных алгоритмов управления электроприводами (ЭП) на базе асинхронных двигателей (АД) требует информации о значениях параметров схемы замещения электрических машин. Вследствие массового производства частотно-регулируемого асинхронного электропривода и его широкого внедрения в различных отраслях хозяйства, во всем мире и в РБ уделяется большое внимание косвенному определению электромагнитных параметров АД. Параметрическая идентификация АД при наладке системы ЧРАЭП является одной из стандартных функций, интегрированных в программное обеспечение современных ЭП.

В данной работе предлагается алгоритм параметрической идентификации АД, позволяющий выполнить полную оценку электромагнитных параметров за один цикл предварительного намагничивания машины в режиме питания обмоток АД неподвижными векторами выходного напряжения преобразователей частоты с широтно-импульсной модуляцией. Алгоритм синтезирован с использованием метода наименьших квадратов (МНК) и выполняется в режиме наладки ЭП при неподвижном роторе.

Для синтеза алгоритма используется математическая модель АД в неподвижной системе координат $\alpha\beta$, при этом, если возбуждается только одна фаза обобщенной 2-х фазной машины, например α , то уравнения работы АД имеют следующий вид:

$$\frac{d\Psi_{s\alpha}}{dt} = -R_s i_{s\alpha} + u_{s\alpha};$$

$$\sigma L_s \frac{di_{s\alpha}}{dt} = -R_s i_{s\alpha} - \alpha(\sigma L_s + L_m k_r) i_{s\alpha} + \alpha \Psi_{s\alpha} + u_{s\alpha},$$

где $i_{s\alpha}$, $u_{s\alpha}$, $\Psi_{s\alpha}$ – проекции векторов тока, напряжения и потокосцепления статора на ось α ; $\alpha = R_r / L_r$ –

$$\hat{R}_s = \left(\sum_{i=k_\varepsilon}^{k_\mu} (I_{s\alpha, const}^i)^2 \right)^{-1} \left(\sum_{i=k_\varepsilon}^{k_\mu} U_{s\alpha, const}^i I_{s\alpha, const}^i \right) = \left(\sum_{i=k_\varepsilon}^{k_\mu} (I_{s\alpha, const}^i)^2 \right)^{-1} \left(\sum_{i=k_\varepsilon}^{k_\mu} I_{s\alpha, const}^i \right) ((k_\mu - k_\varepsilon) \cdot U_{s\alpha, const}),$$

где $I_{s\alpha, const}^i$ – соответствующие элементы матрицы $I_{s\alpha, const}^{1 \times k_\mu}$; k_ε – количество периодов ШИМ, прошедших

величина обратная электромагнитной постоянной времени короткозамкнутого ротора; $k_r = L_m / L_r$ – коэффициент связи ротора; L_r , L_s , L_m – полная индуктивность ротора, статора и цепи намагничивания; $\sigma = 1 - L_m^2 / L_s L_r$ – коэффициент рассеяния статора и ротора.

Непосредственному определению электромагнитных параметров АД предшествует процедура формирования 2-х массивов данных о значениях тока статора фазы α . Данные сохраняются в виде матрицы-строки $I_{s\alpha, const}^{1 \times k_\mu}$, каждый элемент которой представляет собой значение постоянной составляющей фазного тока на соответствующем периоде ШИМ:

$$I_{s\alpha, const}^{1 \times k_\mu} = [I_{s\alpha, const}^1, I_{s\alpha, const}^2, \dots, I_{s\alpha, const}^{k_\mu}]$$

где $I_{s\alpha, const}^i$ – постоянная составляющая фазного тока статора на i -ом периоде ШИМ, $i \in [1, k_\mu]$; k_μ – количество периодов ШИМ, прошедших в течение предварительного намагничивания двигателя.

А также в виде матрицы $i_{s\alpha}^{k_p \times k_n}$, которая является матрицей мгновенных значений тока статора фазы α на интервалах цифрового управления n_p , соответствующих проводящим состояниям АИН в течение предварительного намагничивания двигателя; $i_{s\alpha}^{j, n_p}$ – значение фазного тока статора на n_p -ом интервале цифрового управления, соответствующем j -ому интервалу проводящего состояния АИН, $n_p \in [1, k_n]$, $j \in [1, k_p]$.

На основании МНК и математической модели АД, активное сопротивление статора определяется в виде:

до момента достижения установившегося значения фазного тока при намагничивании АД.

Суммарная индуктивность рассеяния машины σL_s определяется как:

$$\hat{\sigma L}_s = \left(\sum_{j=1}^{k_p} \sum_{n_p=2}^{k_n} \left(\frac{i_{s\alpha}^{j,n_p} - i_{s\alpha}^{j,(n_p-1)}}{\Delta t} \right)^2 \right)^{-1} \left(\sum_{j=1}^{k_p} \sum_{n_p=2}^{k_n} u_{s\alpha}^{j,n_p} \frac{i_{s\alpha}^{j,n_p} - i_{s\alpha}^{j,(n_p-1)}}{\Delta t} \right)$$

где $\hat{L}_m = \hat{L}_s - (\hat{\sigma L}_s / 2)$ – оцененное значение взаимной индуктивности; $\hat{k}_r = \hat{L}_m / \hat{L}_r$ – оцененное значение полной индуктивности ротора, причем $\hat{L}_r \approx \hat{L}_s$, T – период ШИМ.

$$= \left(\sum_{j=1}^{k_p} \sum_{n_p=2}^{k_n} \left(\frac{i_{s\alpha}^{j,n_p} - i_{s\alpha}^{j,(n_p-1)}}{\Delta t} \right)^2 \right)^{-1} \left(\sum_{j=1}^{k_p} \sum_{n_p=2}^{k_n} \frac{i_{s\alpha}^{j,n_p} - i_{s\alpha}^{j,(n_p-1)}}{\Delta t} \right) k_p k_n u_{s\alpha},$$

где $u_{s\alpha}$ – фазное напряжение статора, определяемое как $u_{s\alpha} = 2U_{dc} / 3$; $i_{s\alpha}^{j,n_p}$ – соответствующие элементы матрицы $i_{s\alpha}^{k_p \times k_n}$.

$$\begin{cases} \hat{\alpha}_i = \hat{\alpha}_{i-1} + g_i^{-1} q_i (z_i - q_i \hat{\alpha}_{i-1}); g_i = g_{i-1} + q_i^2; z_i = \hat{\sigma L}_s \frac{I_{s\alpha.const}^i - I_{s\alpha.const}^{i-1}}{T} + \hat{R}_s I_{s\alpha.const}^i - U_{s\alpha.const}; \\ q_i = \Psi_{s\alpha.const}^i - \left(\hat{\sigma L}_s + \hat{L}_m \hat{k}_r \right) I_{s\alpha.const}^i; \Psi_{s\alpha.const}^i = \Psi_{s\alpha.const}^{i-1} + T \left(U_{s\alpha.const} - \hat{R}_s I_{s\alpha.const}^i \right), \end{cases}$$