

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.313.333.045.028

В.Г. Каширских, В.М. Завьялов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Данная статья является продолжением публикаций [1,2] и посвящена определению индуктивности ротора асинхронного двигателя (АД) в реальном времени с использованием рекуррентного метода наименьших квадратов на основе измеряемых фазных токов статора и предварительно рассчитанных величин потокосцепления и индуктивности цепи намагничивания [1, 2]. Следует отметить, что представленный метод применим только для двигателей, работающих со статической, либо с медленно изменяющейся нагрузкой.

Рассмотрим векторную диаграмму, отражающую роторные переменные АД с короткозамкнутым ротором (рис.1), представленного в виде обобщенной электрической машины [3]. Угол между током и потокосцеплением ротора в установившемся режиме работы при отсутствии подводимого к ротору напряжения будет равен 90° . Для определения потокосцепления ротора воспользуемся уравнениями перехода от непод-

вижной системы координат α, β к координатам u, v , вращающимся с частотой вращения поля:

$$\begin{cases} \psi_{2u} = \psi_{2\alpha} \cos \gamma + \psi_{2\beta} \sin \gamma; \\ \psi_{2v} = \psi_{2\alpha} \sin \gamma - \psi_{2\beta} \cos \gamma, \end{cases} \quad (1)$$

где ψ_{2u}, ψ_{2v} - составляющие потокосцепления ротора по осям u и v ; $\psi_{2\alpha}, \psi_{2\beta}$ - составляющие потокосцепления ротора по осям α и β ; γ - угол между координатными осями α, β и u, v .

Привязав ось u к вектору тока ротора, как это показано на рис.1, получим зависимости:

$$\cos \gamma = \frac{i_{2\alpha}}{I_2}, \quad \sin \gamma = \frac{i_{2\beta}}{I_2},$$

где $i_{2\alpha}, i_{2\beta}$ - составляющие тока ротора по осям α и β ; I_2 - модуль вектора тока ротора.

Приняв во внимание то, что составляющая потокосцепления ротора по оси u равна нулю, представим первое уравнение из (1) в виде:

$$\psi_{2\alpha} i_{2\alpha} + \psi_{2\beta} i_{2\beta} = 0. \quad (2)$$

Значения потокосцеплений определяются зависимостями:

$$\psi_{2\alpha} = i_{1\alpha} L_m + i_{2\alpha} L_2, \quad (3)$$

$$\psi_{2\beta} = i_{1\beta} L_m + i_{2\beta} L_2. \quad (4)$$

Подставив (3) и (4) в уравнение (2), получим:

$$\begin{aligned} L_m (i_{1\alpha} i_{2\alpha} + i_{1\beta} i_{2\beta}) &= \\ &= -L_2 (i_{2\alpha}^2 + i_{2\beta}^2) \end{aligned} \quad (5)$$

где $i_{1\alpha}, i_{1\beta}$ - составляющие тока статора по осям α и β ; L_m

- индуктивность цепи намагничивания; L_2 - индуктивность ротора.

Составляющие тока ротора можно определить из выражений:

$$i_{2\alpha} = \frac{\psi_{m\alpha}}{L_m} - i_{1\alpha},$$

$$i_{2\beta} = \frac{\psi_{m\beta}}{L_m} - i_{1\beta},$$

где $\psi_{m\alpha}, \psi_{m\beta}$ - составляющие потокосцепления цепи намагничивания по осям α и β .

Введем обозначения:

$$y = L_m (i_{1\alpha} i_{2\alpha} + i_{1\beta} i_{2\beta}),$$

$$z = (i_{2\alpha}^2 + i_{2\beta}^2),$$

тогда уравнение (5) примет вид:

$$y = L_2 z.$$

Чтобы при решении этого уравнения сгладить ошибку, вызванную погрешностью системы измерения, воспользуемся рекуррентным методом наименьших квадратов. При этом будем пользоваться следующим алгоритмом расчета индуктивности ротора АД:

1. Определение индуктивности ротора в момент времени $t + T_k$:

$$\begin{aligned} \hat{L}_2(t + T_k) &= \hat{L}_2(t) + P(t) z(t + T_k) \times \\ &\times \frac{[y(t + T_k) - z(t + T_k) \hat{L}_2(t)]}{P(t) z^2(t + T_k) + \rho} \end{aligned}$$

где T_k - время дискретизации; $P(t)$ - дисперсия ошибки оценки индуктивности ротора в момент времени t ; ρ - коэффициент забывания - выбирается в диапазоне $0 < \rho < 1$.

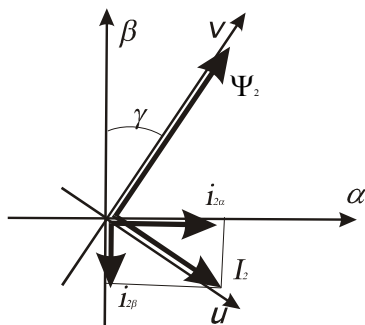


Рис.1. Векторная диаграмма ротора асинхронного двигателя

2. Определение дисперсии ошибки оценки индуктивности ротора в момент времени $t+T_k$:

$$P(t+T_k) = \frac{P(t)}{\rho} - \frac{P^2(t)z^2(t+T_k)}{\rho[P(t)z^2(t+T_k) + \rho]}$$

3. Переход момента времени t к следующему моменту времени $t+T_k$ и возвращение к первому пункту с последующим повторением цикла.

Следует отметить, что в начальный момент времени неизвестна оценка величин \hat{L}_2 и P , поэтому они задаются следующим образом: $\hat{L}_2(0)$ – произвольное действительное число, которое желательно выбирать ближе к предполагаемому значению индуктивности ротора; $P(0)$ – рекомендуется принимать достаточно большим действительным числом [4].

При выборе коэффициента забывания ρ следует обратить внимание на то, что при его увеличении улучшается сгла-



Рис.2. Процесс определения индуктивности ротора двигателя 4AX90L4Y3

живание ошибки, вызванной погрешностью измерения, но в то же время ухудшается отслеживание определяемого параметра в случае его изменения во времени.

Результаты применения рекуррентного метода наименьших квадратов для определения в реальном времени индуктивности ротора представлены на рис.2. Процедура оценки была

проведена при $\rho=0.998$, $P(0)=1000000$, $\hat{L}_2(0)=0.175$.

Большие отклонения оцениваемого параметра на начальном участке вызваны неточным заданием $\hat{L}_2(0)$ и $P(0)$, при этом определение индуктивности ротора осуществляется в пределах 80 мс, что вполне приемлемо для практических целей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каширских В.Г., Завьялов В.М., Соколов Д.В. Идентификация параметров асинхронного электродвигателя с помощью метода наименьших квадратов // Вестн. КузГТУ, 2002. - №2. - С. 17-19.
2. Каширских В.Г., Завьялов В.М. Идентификация параметров обмотки статора и цепи намагничивания асинхронного двигателя с помощью расширенного фильтра Калмана // Вестн. КузГТУ, 2002. №3. - С. 17-21.
3. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов.-М.: Энергоатомиздат, 1985. 560с.
4. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров и состояния. М.: Мир. 1975. 687с.

УДК 621.313.333.045.028

В.Г. Каширских, В.М. Завьялов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЕГО РАБОТЕ В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ

Развивающиеся в последнее время системы векторного управления АД требуют знания информации о векторе потокосцепления ротора. Прямое его измерение труднодоступно, поэтому на практике используют расчетные методы определения потокосцепления ротора по уравнениям динамики, измеряя фазные токи, напряжения статора и скорость вращения

ротора [2]. При этом точность определения потокосцепления напрямую зависит от точности задаваемых параметров двигателя, которые, как правило, определяются из каталожных данных, являющихся усредненными для партии или серии двигателей.

Использование датчика скорости также