

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abdulaziz A., Yaro A.S., Adam A.A., Kabir M.T., Salau H.B. Optimum receiver for decoding ADS-B signals // American Journal of Signal Processing. – 2015. –no.5(2). – P. 23–31.
2. Применение АЗН-В [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forum.aeronet.aero/viewtopic.php?t=12> (дата обращения: 09.10.2020).
3. Технология ADS-B Расширенный сквиттер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adsbradar.ru/ads-b-conception> (дата обращения: 04.10.2020).
4. Мыцко Е.А., Мальчуков А.Н. Исследование программных реализаций табличного и матричного алгоритмов вычисления контрольной суммы // Вестник науки Сибири. – 2011. – №1(1). – С.273–278.
5. Ерёмин В.В., Мальчуков А.Н. О применении блочно-ориентированного подхода к разработке устройств на ПЛИС // Вестник науки Сибири. – 2011. – №1(1). – С.379–381.

ИЗМЕРЕНИЕ МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОБМОТОК

И.А. Набунский, К.В. Образцов, А.С. Глазырин, И.В. Раков, Д.С. Буньков
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: nabunskiiivanlove@tpu.ru

MEASUREMENT OF INSTANTANEOUS MAGNETIC FIELD VALUES IN AN INDUCTION MOTOR USING A MEASURING WINDINGS

I.A. Nabunskiy, K.V. Obratsov, A.S. Glazyrin, I.V. Rakov, D.S. Bunkov
National Research Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** The field-oriented control (FOC) algorithm requires information about the direction of the reference vector of flux linkage. In this paper, we propose one of the methods for measuring the magnetic field parameters in an induction motor. Experimental data of EMF from the measuring winding laid in the slots of the stator have been obtained and analyzed.*

Вращающий момент на валу асинхронного двигателя (АД) образуется путем векторного произведения двух векторов, отвечающих за электромагнитное состояние статора и ротора. В качестве таких векторов может служить как ток, так и потокосцепление [1, 2]. В зависимости от того какая переменная выбрана в качестве переменной состояния статора и ротора возможно шесть вариантов записи мгновенного значения крутящего момента:

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{3}{2} \cdot z_p (\psi_{1\alpha} I_{1\beta} - \psi_{1\beta} I_{1\alpha}); & M &= \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{L_1} (\psi_{1\beta} I_{2\alpha} - \psi_{1\alpha} I_{2\beta}); \\
 M &= \frac{3}{2} \cdot z_p (\psi_{2\beta} I_{2\alpha} - \psi_{2\alpha} I_{2\beta}); & M &= \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{L_2} (\psi_{2\alpha} I_{1\beta} - \psi_{2\beta} I_{1\alpha}); \\
 M &= \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot L_m (I_{1\beta} I_{2\alpha} - I_{1\alpha} I_{2\beta}); & M &= \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{\sigma \cdot L_1 \cdot L_2} (\psi_{1\beta} \psi_{2\alpha} - \psi_{1\alpha} \psi_{2\beta}),
 \end{aligned} \tag{1}$$

где z_p – число пар полюсов АД, $\psi_{1\alpha}, \psi_{1\beta}, \psi_{2\alpha}, \psi_{2\beta}$ – ортогональные проекции потокосцепления статора и ротора в осях α, β ; $I_{1\alpha}, I_{1\beta}, I_{2\alpha}, I_{2\beta}$ – ортогональные проекции токов статора и ротора в осях α, β ; L_1, L_2 – эквивалентные индуктивности обмотки статора и ротора; L_m – результирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком в воздушном зазоре машины; $\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 \cdot L_2}$ – коэффициент рассеяния.

Для построения качественной системы векторного управления асинхронным электроприводом, необходимо измерять или оценивать одну магнитную переменную состояния представленную своими ортогональными проекциями (α, β или d, q) в статоре и одну – в роторе [3]. Переменные состояния магнитной системы АД могут быть измерены напрямую с помощью датчиков, либо вычислены косвенным способом. Потокосцепление АД может быть измерено с помощью датчиков, основанных на эффекте Холла. В работе [4] предложено несколько вариантов крепления датчиков Холла на зубцы статора. Также мгновенные значения проекций потокосцепления статора можно восстановить с помощью интегрирования проекций вектора ЭДС измерительной системы $\vec{E}_{изм}$, снимаемых с двух измерительных обмоток, уложенных в пазы статора АД,

$$\vec{\psi}_s = \int \vec{E}_{изм} dt \quad (2)$$

При питании обмоток статора АД от трехфазного гармонического источника (380 В, 50 Гц) измерительные обмотки позволяют снять два гармонических сигнала, сдвинутых на 90 электрических градусов.

В асинхронный двигатель АИР 56А4 с числом пар полюсов $z_p = 2$ и количеством пазов статора $Z_1 = 24$ было установлено две измерительные обмотки, сдвинутые в пространстве относительно друг друга на угол $\frac{\pi}{2}$ с учётом целого числа пазов на полюс и фазу (рис. 1).



Рис. 1. Фото экспериментальной установки

На рис. 2 представлены осциллограммы проекций ЭДС измерительной системы $E_{изм.\alpha}(t)$ и $E_{изм.\beta}(t)$. Осциллограммы сняты с помощью двухканального цифрового осциллографа АКТАКОМ АСК-2035. Анализируя рис. 2, можно сказать, что сигналы с измерительных обмоток расходятся по фазе на угол 90°. Сигналы $E_{изм.\alpha}(t)$ и $E_{изм.\beta}(t)$ практически равны по амплитуде и содержат шумовые составляющие.

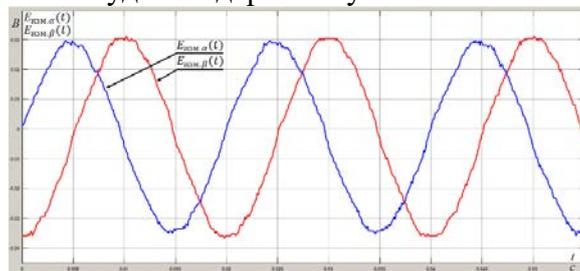


Рис. 2. Сигналы с измерительных обмоток, уложенных в пазы статора АД

При восстановлении сигнала потокосцепления статора АД по (2) возникает проблема неизвестных начальных условий интегрирования. В связи с этим будет неизбежно накапливаться систематическая ошибка интегрирования. Для решения этой проблемы с некоторой степенью приближения интегратор можно заменить аperiодическим звеном

первого порядка [5]. Недостатком данного метода является появление амплитудно-фазовых искажений в потокосцеплении при работе на низких частотах.

На основании косвенной информации о потокосцеплениях, получаемой по проекциям ЭДС $E_{изм.\alpha}(t)$ и $E_{изм.\beta}(t)$, снимаемым с измерительных обмоток, уложенных в пазы статора асинхронного двигателя, возможно восстанавливать проекции потокосцепления статора АД. При этом необходимо будет решить проблему построения высококачественного цифрового интегратора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000 – 654 с.
2. Боловин Е.В. Разработка алгебраических методов идентификации параметров асинхронных двигателей на основе дискретных моделей [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.09.03, 05.09.01. - Томск, 2018. - 271 с.
3. Электропривод с асинхронной машиной [Текст]: пат. 548220 СССР: МПК⁷ Н 02 Р 21/12, Н 02 Р 21/10 / Феликс Блашке; патентообладатель СИМЕНС АГ (ФИРМА). - N 1619609; заявл. 27.01.71; опубл. 25.02.77, Бюл. N 7 ; приоритет:; 14.08.69, DT 69 1941312
4. Шатков А.П. Реализация релейно-векторного принципа управления в асинхронном электроприводе при непосредственном измерении параметров магнитного поля // Вестник ИГЭУ. – 2011. – Вып. 5. – С. 52–57.
5. Калачев Ю.Н. Наблюдатели состояния в векторном электроприводе. – М: МВТУ им. Баумана, 2015. – 60 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

И.И. Романцов, О.А. Антоневиц, И.И. Авдеева, А.А. Аверкиев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: antonevich@tpu.ru

FORECASTING EMERGENCY SITUATIONS

I. I. Romantsov, O. A. Antonevich, I. I. Avdeeva, A. A. Averkiev

National research Tomsk Polytechnic University

Annotation. *The article is devoted to the problems of monitoring and forecasting emergency situations on the Tomsk region territory. The purpose of the work is to consider forecasting emergency situations technologies. Technologies for long-term and operational forecasting were identified. Approaches to estimating the probability of occurrence of an emergency situation and damage from an emergency are presented.*

Опыт ликвидации крупных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, имевших место в новейшей истории, показывает, что своевременный прогноз их возникновения приводит к существенному снижению масштабов и смягчению последствий воздействия источников ЧС [1].

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций предполагает определение времени и места ЧС, вероятности наступления ЧС (и в первую очередь, вероятности возникновения источника чрезвычайной ситуации), возможного характера и масштаба чрезвычайных ситуаций. Современные технологии прогнозирования чрезвычайных ситуаций можно условно подразделить на технологии долгосрочного прогнозирования и технологии оперативного (краткосрочного) прогнозирования опасных природных явлений (ураганов, смерчей, наводнений, природных пожаров, цунами и др.). При подготовке прогнозов рассматриваются все возможные источники чрезвычайных ситуаций,