

УДК 621.3.077

В.М. Завьялов, В.В. Ладурко

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ АСИНХРОНИЗИРОВАННОЙ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ

Электрические машины являются неотъемлемой частью механизации производственных процессов, для повышения эффективности технологических процессов часто используют электрический привод с регулированием механических координат. При этом для разных типов электрических машин разработаны различные варианты систем управления их состоянием, основанные на особенностях конкретных типов двигателей.

В работе [1] приводится вариант управления, основанный на базе обобщенной электрической машины (ОЭМ), который предлагается применять для различных типов двигателей.

В данной статье рассматривается вариант применения алгоритма управления приведенного в [1] применительно к асинхронизированной синхронной машине (АСМ) (машине двойного питания).

Запишем уравнения машины двойного питания в осях координатной системы $u - v$, вращающейся с произвольной скоростью ω_k . Уравнения ОЭМ запишем в векторной форме:

$$\begin{cases} \Psi_1 = U_1 - I_1 R_1 - \omega_k D\Psi_1; \\ \Psi_2 = U_2 - I_2 R_2 - (\omega_k - \omega) D\Psi_2; \\ I_1 = \sigma(L_2 \Psi_1 - L_m \Psi_2); \\ I_2 = \sigma(L_1 \Psi_2 - L_m \Psi_1); \end{cases}$$

$$M = L_m \sigma \Psi_1 D\Psi_2,$$

где $\Psi_1 = [\psi_{1u} \psi_{1v}]^T$ – вектор потокосцепления

статора; $\Psi_2 = [\psi_{2u} \psi_{2v}]^T$ – потокосцепления ротора; $U_1 = [u_{1u} u_{1v}]^T$ – напряжения статора; $U_2 = [u_{2u} u_{2v}]^T$ – напряжения ротора; $I_1 = [i_{1u} i_{1v}]^T$ – тока статора; $I_2 = [i_{2u} i_{2v}]^T$ – тока ротора; R_1, R_2 – активные сопротивления обмоток статора и ротора соответственно; L_1, L_2 – индуктивности обмоток статора и ротора соответственно; L_m – взаимная индуктивность обмоток статора и ротора; M – электромагнитный момент на валу двигателя; ω – угловая скорость вращения ротора двигателя; $D = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ – матрица по-

ворота вектора; $\sigma = \frac{1}{L_1 L_2 - L_m^2}$ – коэффициент рассеяния.

Алгоритм уравнения согласно [1]:

$$\begin{aligned} U_1 &= \frac{1}{2} \left(h_1 D \Psi_2 \frac{M_{ref} - M}{|M_{ref} - M|} + h_3 \Psi_1 \frac{|\Psi_1|_{ref} - |\Psi_1|}{|\Psi_1|_{ref} - |\Psi_1|} \right) + \\ &\quad + I_1 R_1 + \omega_k D \Psi_1 \\ U_2 &= \frac{1}{2} \left(-h_2 D \Psi_1 \frac{M_{ref} - M}{|M_{ref} - M|} + h_4 \Psi_2 \frac{|\Psi_2|_{ref} - |\Psi_2|}{|\Psi_2|_{ref} - |\Psi_2|} \right) + \\ &\quad + I_2 R_2 + (\omega_k - \omega) D \Psi_2 \end{aligned}$$

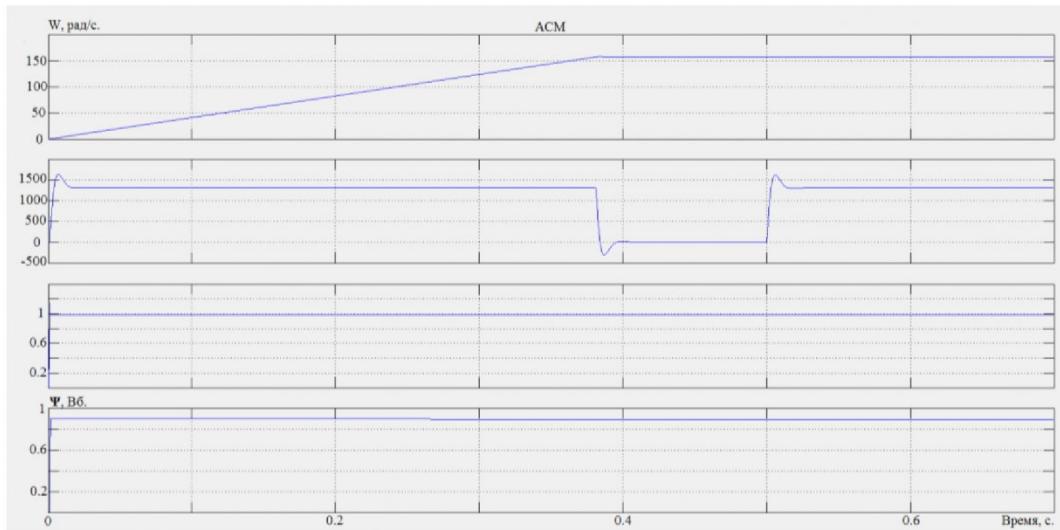


Рис. 1 Осциллограммы (сверху вниз) угловая скорость, электромагнитный момент и магнитные потоки статора и ротора.

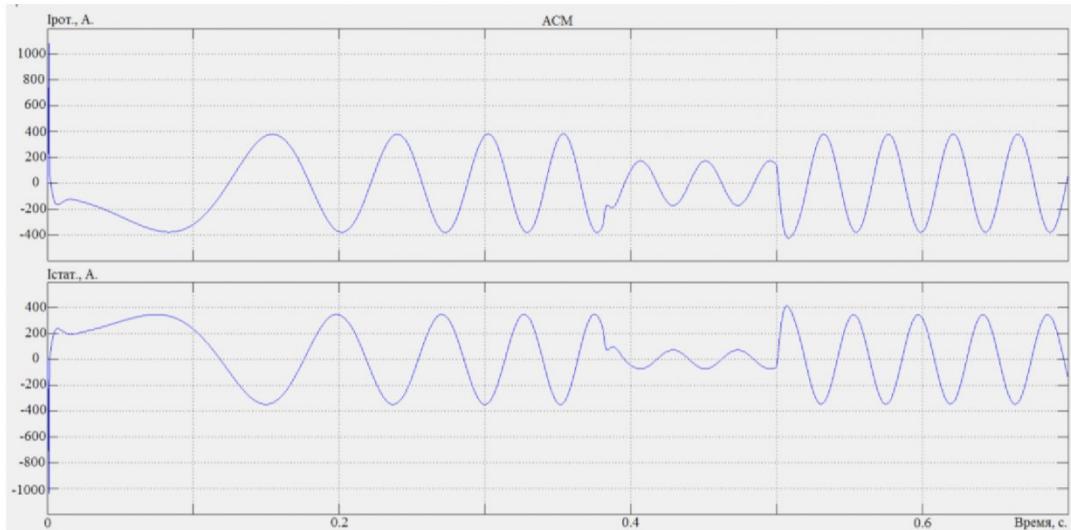


Рис. 2 Осциллограммы токов статора и ротора.

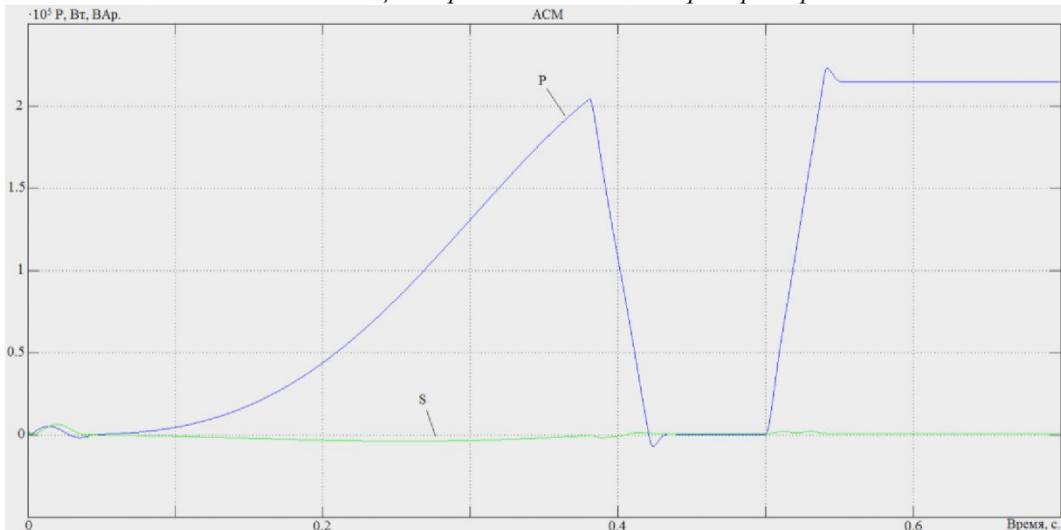


Рис. 3 Осциллограммы активной и реактивной мощности.

При реализации данных зависимостей мы будем формировать вектор ЭДС ротора и статора как сумму векторов, направленных вдоль вектора Ψ_1 и $D\Psi_2$. Таким образом, мы попадаем в область, обеспечивающую достижение двух целей: управления – регулирование электромагнитного момента и регулирования потокосцеплений ротора и статора.

В качестве параметров двигателя взяты данные двигателя с фазным ротором 4АНК315S4УЗ, с номинальными параметрами; мощность 200кВт, угловая скорость вращения 157 рад/с, электромагнитный момент 1309 Н·м, фазный ток 370А.

Моделирование показало что, с помощью данной системы управления двигатель с фазным ротором работает в режиме машины двойного питания, достигая целей управления и позволяет формировать $\cos\varphi$.

Анализ работы АСМ проводится методом компьютерного моделирования. На рис.1 представлены угловая скорость, электромагнитный момент и магнитные потоки статора и ротора дви-

гателя. При моделировании магнитный поток статора был задан на уровне 0.98 Вб., ротора 0.9Вб.

При анализе осциллографм (рис.1) видно, что перерегулирование по скорости и магнитному потоку ротора менее 1%, перерегулирование по магнитному потоку ротора 10%, перерегулирование по электромагнитному моменту 23%, статическая ошибка по скорости и электромагнитному моменту отсутствует, статическая ошибка по магнитным потокам статора и ротора менее 1%.

Из осциллографм фазных токов статора и ротора (рис. 2) видно, что изменяется не только амплитуда тока, но и частота, по мере разгона ротора.

Осциллографмы активной и реактивной мощности показаны на рис.3.

Данная система управления позволяет изменять энергетический режим работы АСМ, он зависит от соотношения потоков статора и ротора, что позволяет использовать АСМ как компенсатор или генератор реактивной мощности. При этом машина несет номинальную активную нагрузку. Осциллографмы, иллюстрирующие эти режимы

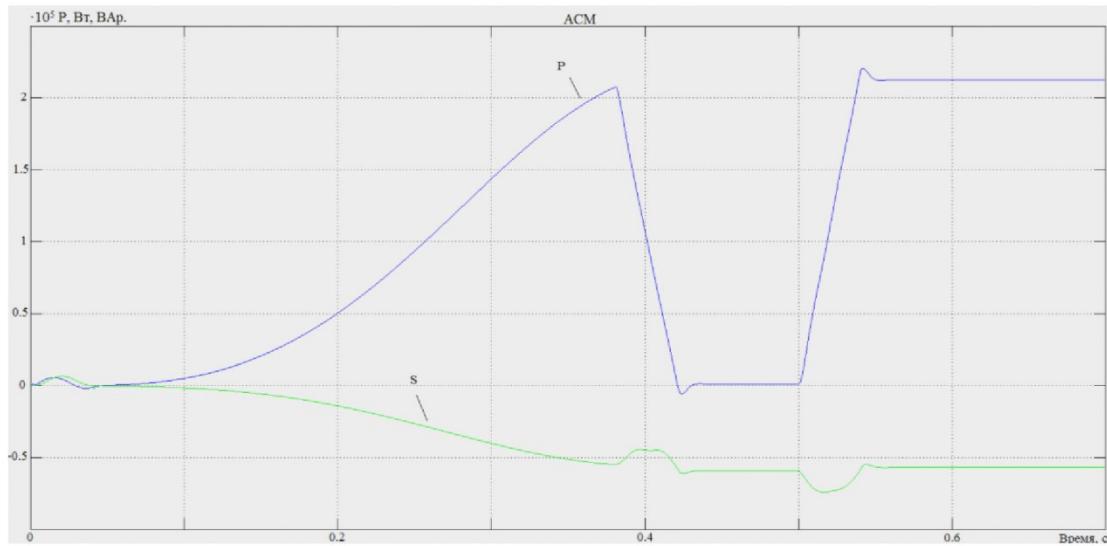


Рис. 4 Осциллограмма режима генерации реактивной мощности.

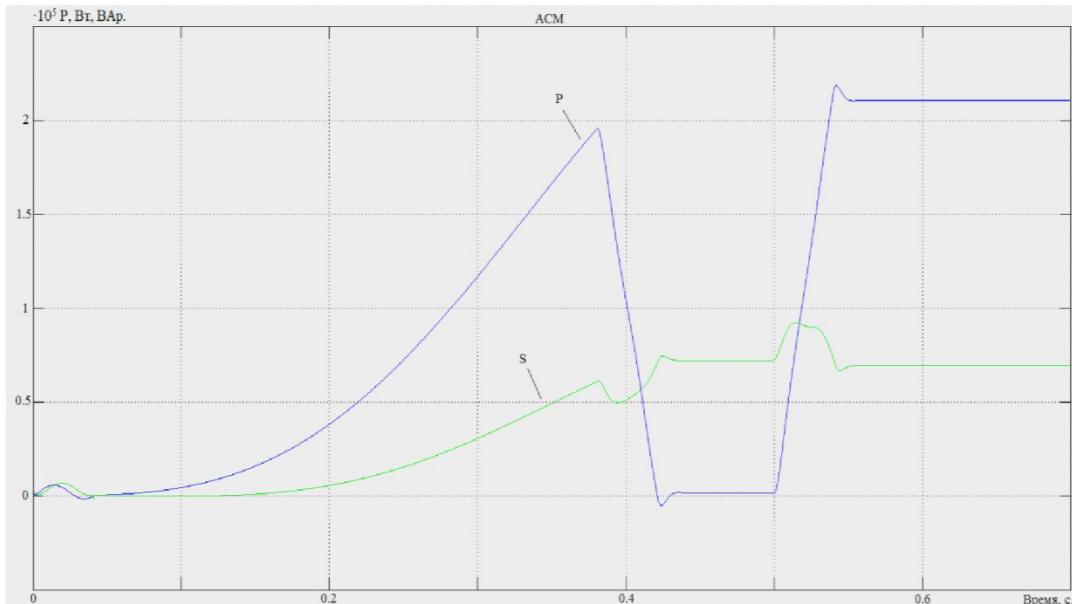


Рис. 5 Осциллограмма режима потребления реактивной мощности.

работы, показаны на рис. 4 генерация, рис. 5 потребление реактивной энергии. Учитывая равенство потоков рассеяния, при увеличении магнитного потока статора больше магнитного потока ротора приводит к тому, что машина переходит в режим потребления реактивной мощности и на-

оборот.

Результаты моделирования подтвердили полученные в [1] результаты, которые могут быть использованы для построения систем управления АСМ и управлять их энергетическими режимами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завьялов В. М. Общие принципы управления процессом электромеханического преобразования энергии // Электричество. - 2013. - № 2. - С. 34-41

□Авторы статьи

Завьялов
Валерий Михайлович,
докт. техн. наук, профессор КузГТУ.
Email:zvm.eav@kuzstu.ru

Ладурко
Владимир Владимирович,
магистрант каф.электро привода и
автоматизации КузГТУ.
Email:vovchanml@mail.ru