

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ВЕНТИЛЬНОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ШАХТНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА

Буряк А.Д., магистрант; Ставицкий В.Н., доцент, к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Исследование современных тенденций построения перспективного электропривода шахтных электровозов показывает, что успешно конкурировать с традиционно используемыми в качестве приводных, двигателями постоянного тока могут бесконтактные вентильные двигатели (ВД) [1]. Исследование процессов в таком приводе – представляется актуальным

Моделирование ВД выполним в ортогональной системе координат. При построении модели ВД и электропривода принимаются допущения:

- трехфазная вентильная машина электрически симметрична, потери в стали не учитываются;
- реакция якоря - незначительна при влиянии на магнитный поток в ВД;
- напряжение аккумуляторной батареи постоянно и не изменяется в различных режимах работы привода (например, при разгоне электровоза);
- преобразователь частоты идеализирован (силовые транзисторные ключи имеют бесконечно большое входное сопротивление в закрытом состоянии, а в открытом состоянии сопротивление составляет подключенная якорная цепь).

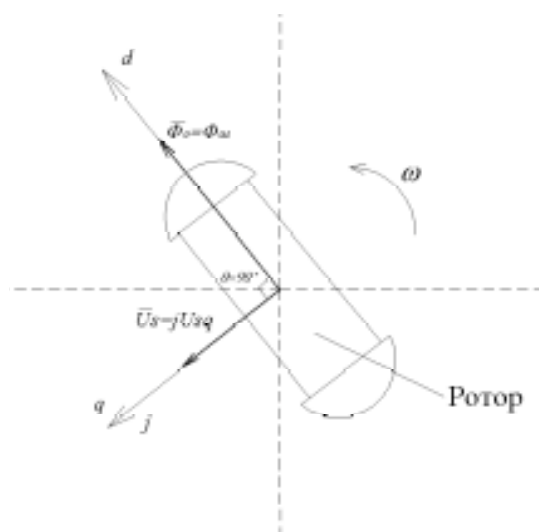


Рисунок 1 – Разложение векторов во вращающейся со скоростью ротора системе координат

имеют бесконечно большое входное сопротивление в закрытом состоянии, а в открытом состоянии сопротивление составляет подключенная якорная цепь).

При исследовании режимов работы во вращающихся электрических машинах, целесообразно использовать координатную систему, жестко связанную с ротором. Поскольку ротор исследуемой машины обладает магнитной асимметрией, т.е. различными магнитными проводимостями в двух взаимно перпендикулярных осях, пространственные векторы будут раскладываться на две составляющие, рис. 1. В направлении продольной (d) и поперечной (q) осях, причем направление оси d принимается за вещественную ось, а q – за мнимую [2].

Принцип управления ВД, основан на использовании датчика положения ротора (ДПР), преобразователя координат и силового полупроводникового преобразователя. Они совместно формируют на обмотках статора машины напряжения u_a, u_b, u_c таким образом, чтобы резуль-

тирующий вектор напряжения \bar{u}_s всегда был сдвинут на угол $\theta = 90^\circ$ и неподвижен относительно оси магнитного поля ротора. В этом случае и результирующий вектор тока будет сдвинут и неподвижен относительно потока ротора ($\bar{\Phi}_r$), что и создает момент на валу двигателя [1].

Уравнение, описывающее электрическую часть ВД в координатной системе d, q, вращающейся со скоростью ротора ω , с учетом отсутствия роторных обмоток может быть составлено на основе 2-го закона Кирхгофа:

$$\bar{u}_s = \bar{i}_s R_s + L_s \frac{d\bar{i}_s}{dt} + j\omega L_s \bar{i}_s + j\omega \bar{\Phi}_r \quad (1)$$

где $\bar{u}_s = u_{sd} - ju_{sq}$ – результирующий вектор напряжения на статорной обмотке;

R_s, L_s – активное сопротивление и полная индуктивность фазы статора;

$\bar{\Phi}_r = \Phi_{rd} + j\Phi_{rq}$ – вектор потока машины;

$j\omega L_s \bar{i}_s$ – падение напряжения, обусловленное потоком рассеяния статора;

$j\omega \bar{\Phi}_r$ – падение напряжения, обусловленное основным магнитным потоком

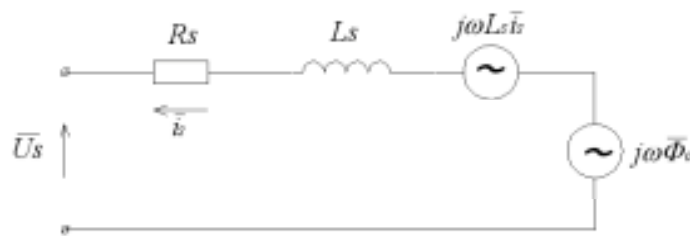


Рисунок 2 – Схема замещения фазы ВД

машины, который создается возбуждением ротора.

На рис. 2 представлена упрощенная схема замещения ВД, в системе координат вращающейся синхронно с ротором.

Учитывая, что вектор \bar{u}_s совпадает с направлением оси q, раскладывая в выражении (1) вектора на действующие и мнимые

части по осям d, q, получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 0 = i_{sd} R_s + L_s \frac{di_{sd}}{dt} - \omega L_s i_{sq}; \\ u_{sq} = i_{sq} R_s + L_s \frac{di_{sq}}{dt} + \omega L_s i_{sd} + \omega \Phi_{rd}. \end{cases} \quad (2)$$

Вращающий момент двигателя, учитывая совпадения направления вектора $\bar{\Phi}_r$ с осью магнитного поля ротора d, можно записать следующим образом:

$$M = \frac{3}{2} p \Phi_{rd} i_{sq} \quad (3)$$

Условие механического равновесия описывается выражением:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M - M_c \quad (4)$$

где J – приведенный момент инерции механической системы $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; M – электромагнитный момент, развиваемый ВД, Н·м; M_c – момент сопротивления на валу ВД, Н·м.

(двигателю постоянного тока): $R_{\nu} = 0.2$ Ом - приведенное сопротивление статора; $L_{\nu} = 0.0075$ Гн - полная индуктивность фазы статора; $2p = 8$ - количество пар полюсов машины; $\Phi_{ind} = 0.2$ Вб - магнитный поток; $J = 4$ кг·м² момент инерции механической системы приведенный к валу двигателя; $U_{\pi} = 180$ В – номинальное напряжение аккумуляторной батареи.

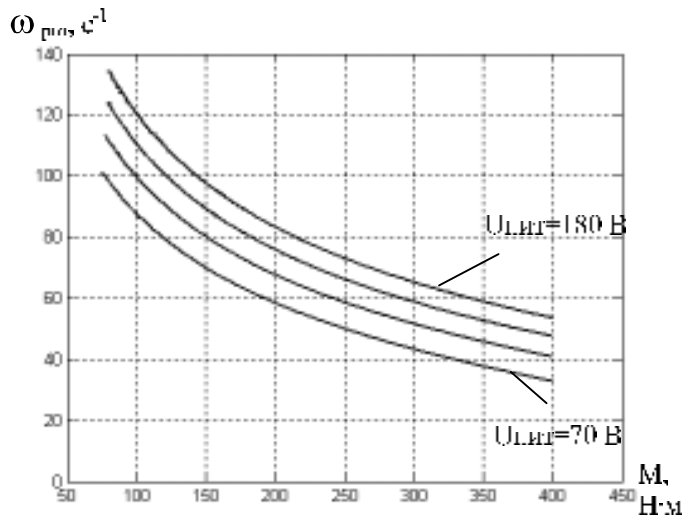


Рисунок 4 – Тяговые характеристики ВД, полученные в результате моделирования

На основании полученной модели, получены тяговые характеристики электропривода в установившемся режиме (рис. 4). Их анализ показывает, что мощность, потребляемая ВД P , при изменении момента M_t , остается практически постоянной, что существенно улучшает энергетические характеристики привода.

Осциллограммы переходного процесса пуска вентильного привода представлены на рис. 5.

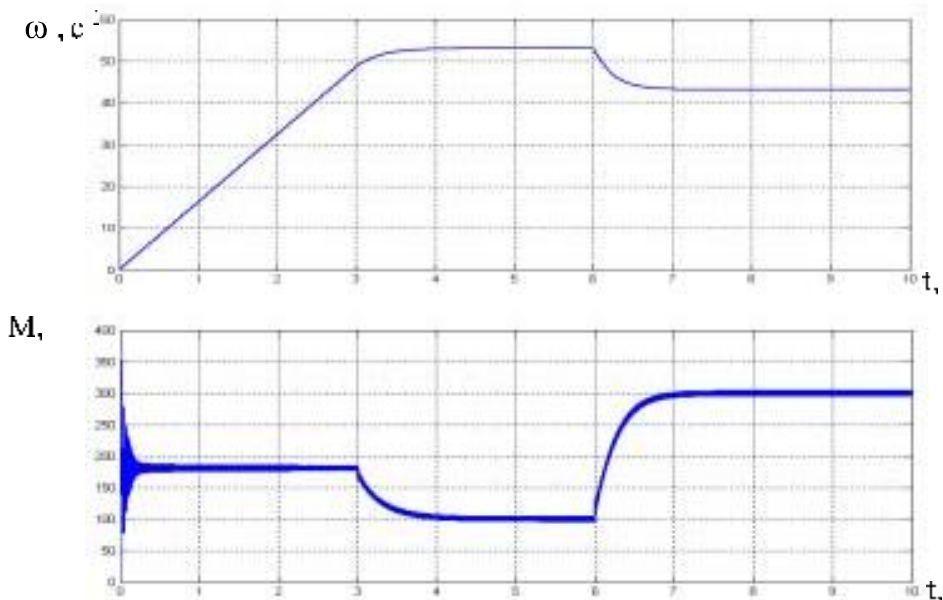


Рисунок 5 – Переходные процессы в электроприводе при пуске и изменении момента на валу ВД полученные в результате моделирования

Перечень ссылок

1. Казачковський М.М. Комплектні електроприводи: Навч. посібник - Дніпропетровськ.: НГУ, 2003, - 226с
2. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.