

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 622:621.313-83

Е.К.Ещин

**УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ МОМЕНТАМИ
ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ
ОТ ОДНОГО ИНВЕРТОРА**

Задача управления параллельно соединенными асинхронными электродвигателями, получающими питание от одного инвертора известна (например - [1-5]). Рассматриваются различные варианты объединения электродвигателей – по два [1,2,4], три [5], произвольного числа – [3]. Описываются различные расчетные схемы для построения математических моделей исследуемых структур, в т.ч. с использованием усредняющих моделей (using the averaging model of the parallel-connected motors) [3].

Мы рассмотрим вариант, соответствующий рис.1. Состояние этой структуры, с учетом параметров возможного кабеля, соединяющего инвертор и электродвигатели, может быть описано по [6]:

$$\begin{aligned} \frac{d\Psi_{sui}}{dt} + L_k \sum_{j=1}^N \frac{1}{L'_{sj}} \cdot \frac{d\Psi_{suj}}{dt} &= U_u + item_iNu \\ ; \\ \frac{d\Psi_{svi}}{dt} + L_k \sum_{j=1}^N \frac{1}{L'_{sj}} \cdot \frac{d\Psi_{svj}}{dt} &= U_v + item_iNv ; \\ \frac{d\Psi_{rui}}{dt} &= -R_{ri}i_{rui} + (\omega_n\alpha - p_i\omega_i)\Psi_{rvi} = f_i^3 \\ ; \\ \frac{d\Psi_{rvi}}{dt} &= -R_{ri}i_{rvi} + (\omega_n\alpha - p_i\omega_i)\Psi_{rui} = f_i^4 ; \\ item_iNu &= \\ &= L_k \sum_{j=1}^N \frac{k_{rj}}{L'_{sj}} f_j^3 - R_k \sum_{j=1}^N i_{suj} - R_{si}i_{sui} + \omega_n\alpha\Psi_{svi} ; \\ item_iNv &= \\ &= L_k \sum_{j=1}^N \frac{k_{rj}}{L'_{sj}} f_j^4 - R_k \sum_{j=1}^N i_{svj} - R_{si}i_{svi} - \omega_n\alpha\Psi_{sui} , \end{aligned}$$

где $\Psi_{su}, \Psi_{sv}, \Psi_{ru}, \Psi_{rv}$ имеющие индексы i или j , составляющие потокосцеплений статоров и роторов АД по осям синхронной системы координат u, v (фазовые координаты); R_k, L_k - активное сопротивление и индуктивность общего участка ка-

бельной сети; R_{si}, R_{ri} - активные сопротивления статоров и роторов АД; ω_n - синхронная угловая частота вращения поля статора АД; ω_l - геометрические частоты вращения роторов АД; p_i - числа пар полюсов; k_{rj} - коэффициенты электромагнитной связи роторов; L'_{sj} - переходные индуктивности статоров; $i_{sui}, i_{svi}, i_{rui}, i_{rvi}$ - составляющие токов статоров и роторов АД по осям синхронной системы координат u, v ; U_u, U_v - составляющие напряжения питания по осям u, v (управляющие воздействия) на выходе преобразователя частоты; α - относительная частота тока статоров АД ;

$$\begin{aligned} i_{suj} &= \frac{\Psi_{suj}}{L'_{sj}} - \frac{k_{rj}}{L'_{sj}} \Psi_{ruj} , i_{svj} = \frac{\Psi_{svj}}{L'_{sj}} - \frac{k_{rj}}{L'_{sj}} \Psi_{rvj} , \\ i_{rui} &= \frac{\Psi_{rui}}{L'_{ri}} - \frac{k_{si}}{L'_{ri}} \Psi_{sui} , i_{rvi} = \frac{\Psi_{rvi}}{L'_{ri}} - \frac{k_{si}}{L'_{ri}} \Psi_{svi} . \end{aligned}$$

Приведение к канонической форме записи этой системы обыкновенных дифференциальных уравнений относительно производных по времени от составляющих потокосцеплений статора и ротора по осям u, v базируется на решении этой системы как линейной алгебраической относительно производных.

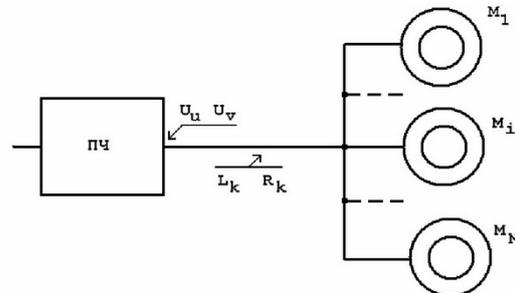


Рис. 1. Расчетная схема параллельно работающих АД при питании от одного инвертора

Задача управления АД может рассматриваться как задача минимизации функционала, записанного в интегральной форме и выражающего цель управления для каждого АД по рис.1:

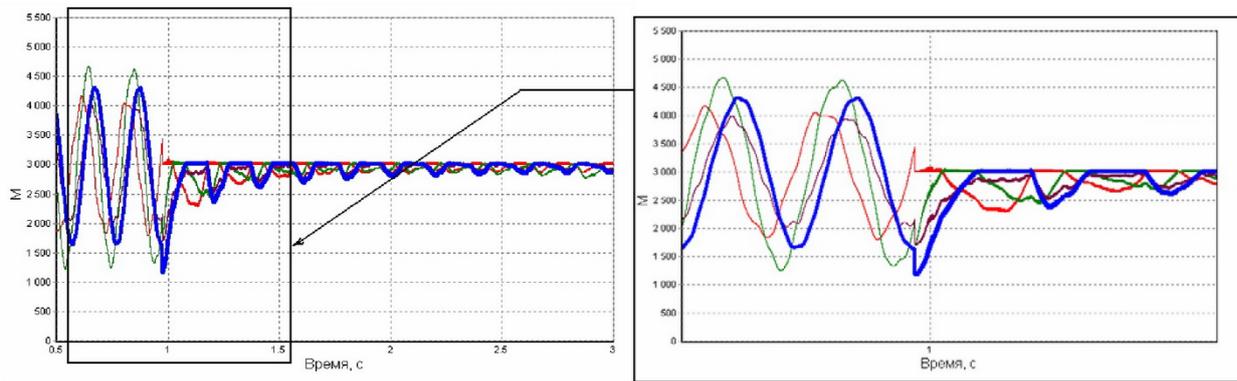


Рис.2. Результаты применения алгоритма к выравниванию значений электромагнитных моментов

$$J = \int_0^t (M_{zi} - M_i)^2 dt,$$

где M_{zi} , M_i – необходимое и мгновенное значения электромагнитного момента i -го АД.

Решение этой задачи для одного электродвигателя известно [7]. Применительно к рассматриваемой задаче оно будет выглядеть так:

$$U_u = \begin{cases} -U_{max} & \text{при } (M_z - M_i) \Psi_{svi} > 0 \\ U_{max} & \text{при } (M_z - M_i) \Psi_{svi} \leq 0 \end{cases}$$

$$U_v = \begin{cases} U_{max} & \text{при } (M_z - M_i) \Psi_{sui} > 0 \\ U_{max} & \text{при } (M_z - M_i) \Psi_{sui} \leq 0 \end{cases}$$

U_{max} – максимальное значение напряжения на выходе инвертора.

Результаты применения этого алгоритма для выравнивания значений электромагнитных моментов (Нм) 4-х АД ЭВР280L4 (160кВт), работающих с различными моментами сопротивления, приведены на рис.2.

Полученные результаты моделирования позволяют сделать вывод о потенциальной возможности построения эффективной системы управления группой АД, получающих питание от одного инвертора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Francisco J. Pérez-Pinal1, Ciro Núñez, Ricardo Álvarez. A novel Speed Control Approach in Parallel-Connected Induction motor by using a single inverter and Electronic Virtual Line-Shafting // [Power Electronics Specialists Conference, 2005. PESC '05. IEEE 36th](#) 2005 Page(s):1339 - 1345
2. Hirotoshi Kawai, Yusuke Kouno, Kouki Matsuse. Characteristics of Speed Sensorless Vector Control of Parallel Connected Dual Induction Motor Fed by A Single Inverter // [Power Conversion Conference, 2002. PCC Osaka 2002. Proceedings of the](#) Volume 2, 2-5 April 2002 Page(s):522 - 527 vol.2
3. Jiangbo Wang, Yue Wang, Zhaoan Wang, Jun Yang, Yunqing Pei, Qiang Dong. Comparative Study of Vector Control Schemes For Parallel-Connected Induction Motors // [Power Electronics Specialists Conference, 2005. PESC '05. IEEE 36th](#) 2005 Page(s):1264 - 1270
4. Itaru Ando, Motoki Sate, Masaki Sazawa, Kiyoshi Ohishi. High Efficient Parallel-Connected Induction Motor Speed Control with Unbalanced Load Condition using One Inverter // [Industrial Electronics Society, 2003. IECON '03. The 29th Annual Conference of the IEEE](#) Volume 1, 2-6 Nov. 2003 Page(s):162 - 167 vol.1
5. Yusuke KONO, Taketo FUSHIMI and Kouki MATSUSE. Speed Sensorless Vector Control of Parallel Connected Induction Motors // [Power Electronics and Motion Control Conference, 2000. Proceedings. IPENC 2000. The Third International](#) Volume 1, 15-18 Aug. 2000 Page(s):278 - 283 vol.1
6. Ещин Е.К. Электромеханические системы многодвигательных электроприводов. Моделирование и управление. - Кемерово: Кузбасский гос. техн. ун-т, 2003. -247 с.
7. Ещин Е.К. Задача управления электромагнитным моментом асинхронного электродвигателя – прямое управление моментом // [Вестн. КузГТУ](#), 2006. №6.2 С.61-63.

□ Автор статьи:

Ещин
Евгений Константинович
- докт. техн. наук, проф, каф. вычислительной техники и информационных технологий