

## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ ТИРИСТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПРОСТЕЙШИМИ ЦИКЛОКОНВЕРТОРАМИ

В ряде промышленных установок (краны, подъемники, транспортеры и т.д.) необходимо иметь простой бесконтактный электропривод с регулируемой скоростью вращения при невысоких требованиях к диапазону и плавности регулирования. Использование многоскоростных асинхронных двигателей (АД) с тиристорными переключателями, кроме усложненного двигателя, приводит еще к необходимости иметь многовентильный тиристорный блок [1]. Не останавливаясь на недостатках приводов с параметрическим регулированием скорости АД, следует отметить, что в настоящее время начинают разрабатываться системы частотного регулирования с простейшими тиристорными преобразователями частоты, например с однополупериодными циклоконверторами [2, 3, 4]. Такие приводы при одинаковой в целом сложности тиристорных преобразователей имеют по сравнению с параметрическими системами более высокие энергетические и весо-габаритные показатели. При разработке таких систем следует иметь в виду ряд особенностей, связанных с использованием простейших преобразователей частоты — однополупериодных циклоконверторов с естественной коммутацией вентилей. Такие преобразователи могут питать АД напряжением как с частотой сети  $f_1$ , так и с пониженной [2], однако дискретность преобразователя накладывает ограничения на диапазон и на плавность регулирования частоты. Оказывается, что в однопульсных циклоконверторах с целью исключения субгармонических составляющих выходного напряжения и тока необходимо полупериод  $T_{\text{ВЫХ}}/2$  выходного напряжения пониженной частоты формировать из целого числа полупериодов  $T_1/2$  (полуволн или пауз) питающего напряжения. Это условие может быть выполнено на основе дискретных задающих генераторов в схеме управления циклоконвертором. В частности, для преобразователя [2] задающая частота  $f_{\text{ЗГ}}$  должна быть в шесть раз выше выходной.

В этом случае

$$\left. \begin{aligned} T_{\text{ВЫХ}} &= nT_1, \quad n = 1, 2, 3, \dots, k, \quad f_{\text{ВЫХ}} = \frac{f_1}{n}, \\ f_{\text{ЗГ}} &= 6f_{\text{ВЫХ}}, \quad f_{\text{ЗГ}} = \frac{6f_1}{n}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Анализ (1) показывает, что задающий генератор должен представлять собой целочисленный делитель частоты с переменным коэффициентом деления  $n = 1, 2, 3, \dots k$ , на вход которого должен подаваться сигнал с частотой в 6 раз большей, чем частота питающей сети. Схема такого устройства состоит из импульсного умножителя частоты на основе трехфазного выпрямительного моста и дифференцирующих трансформаторов, включенных на вход этого моста и триггерного делителя частоты с переменным коэффициентом деления.

Экспериментальное исследование работы однополупериодных циклоконверторов в системе с АД показывает, что при переменном моменте нагрузки необходима замкнутая цепь частотного регулирования. Только в этом случае можно получить достаточные показатели жесткости механических характеристик и перегрузочной способности АД при регулировании частоты. Создание замкнутой системы частотного регулирования, в частности датчиков обратной связи, имеет свои особенности. Для системы "однополупериодный циклоконвертор — АД" характерен режим прерывистого тока, причем в бестоковые интервалы на зажимах статора АД наводится квазисинусоидальный сигнал, который многие авторы называют "э.д.с. вращения", связывая его появление с фактом вращения ротора. Исследования показали, что рассматриваемый сигнал хотя и наводится затухающим током ротора, но в силу электромагнитных свойств АД представляет собой не э.д.с. вращения, а э.д.с. взаимной индукции, т.е. наводится результирующим магнитным потоком АД. Как известно [3],

$$u_s(t) = R_s i_s(t) + L_{s\sigma} \frac{di_s(t)}{dt} + \frac{d\psi_m(t)}{dt}, \quad (2)$$

где  $u_s(t)$ ,  $i_s(t)$ ,  $\psi_m(t)$  — соответственно мгновенные значения напряжения, тока статора и потокосцепления взаимной индукции;  $R_s, L_{s\sigma}$  — активное сопротивление и индуктивность рассеяния фазы статора. Тогда для бестокового интервала  $i_s(t) = \text{const} = 0$ , и можно записать

$$u_s(t) = \frac{d\psi_m(t)}{dt}. \quad (3)$$

или

$$\psi_m(t) = \int u_s(t) dt + C. \quad (4)$$

Указанное в (3) явление положено в основу разработанного датчика потока. Датчик представляет собой активный фильтр э.д.с. взаимной индукции модуляционного типа, т.е., пропуская сигнал со статора в измерительную схему на бестоковом интервале, фильтр заполняет кривую э.д.с. на участке протекания тока в статоре по принципу запоминания предшествующего уровня. Полученная знакопеременная кривая весьма близка к синусоиде. После интегрирования указанный сигнал представляет собой по существу мгновенную кривую результирующего потока АД, которая может быть использована для реализации частотного управления по закону  $\Phi = \text{const}$ . В рассматриваемой системе управления АД можно получить выходные частоты  $f_{\text{вых}} = f_1, -\frac{1}{2}f_1, -\frac{1}{3}f_1, -\frac{1}{4}f_1 \dots -\frac{1}{15}f_1$  при кратности максимального момента  $\mu_k = 1,8$  и абсолютном скольжении при номинальных нагрузках  $\Delta n \leq \Delta n_H$ .

#### Л и т е р а т у р а

1. Васильев В.П., Савельев Г.П. Управление асинхронным многоскоростным короткозамкнутым двигателем судовой грузовой лебедки при помощи тиристорных коммутаторов. -- В сб.: Электромашиностроение и электрооборудование. Киев, 1972.
2. Беляев В.П., Сидоров В.Г., Фираго Б.И. Система управления трехфазно-трехфазным однополупериодным тиристорным циклоконвертором для реверсивного асинхронного электропривода. -- В сб.: Научные и прикладные проблемы энергетики. Вып. 2. Минск, 1975.
3. Фираго Б.И., Сидоров В.Г. Схема замещения асинхронного двигателя при несинусоидальном питающем напряжении. -- "Изв. вузов СССР. Энергетика", 1976, № 3.
4. Matley W. Low-cost electronic speed controller for induction motors, - "Electronics and Power". March, 1975.

П.П. Примшиц, О.П. Ильин, Ю.Н. Петренко,  
В.П. Беляев

#### ИЗМЕРЕНИЕ МОМЕНТА НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

При построении инвариантных к возмущающему воздействию электроприводов постоянного и переменного тока, осуществляю-