

Указанное в (3) явление положено в основу разработанного датчика потока. Датчик представляет собой активный фильтр э.д.с. взаимоиנדукции 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-

ших регулирование скорости производственных механизмов в широком диапазоне (при значительных изменениях нагрузки), возникает необходимость измерения статического момента нагрузки электродвигателя как в статических, так и в динамических режимах. Такая же необходимость возникает при построении адаптивных систем управления металлорежущими станками и другими механизмами. Статический момент нагрузки получают как разность полного момента электродвигателя и динамического. Наибольшую трудность представляет измерение динамического момента. Для его измерения некоторое применение нашли электромагнитные датчики ускорения, представляющие собой синхронную микромашину с полным ротором и двумя обмотками на статоре.

Основные погрешности такого датчика следующие: зависимость выходной э.д.с. от угловой скорости и влияние переходных процессов, определяемых электромагнитной инерцией обмоток датчика, на качество измерения. Они возрастают при быстроизменяющемся ускорении. По этой причине практическое применение электромагнитных датчиков ограничено. Из-за сложности устройства не нашли широкого распространения акселерометры инерционного типа. Наиболее часто применяется метод, основанный на дифференцировании сигнала, пропорционального скорости двигателя и получаемого, например, с помощью тахогенератора.

Найдем зависимость между величиной измеренного  $M_{C.и.}$  и действительного  $M_C$  статического момента.

$$M_C = M - M_{дин} \quad (1)$$

где  $M$  — полный момент, развиваемый двигателем;  $M_{дин}$  — динамический момент.

При наличии идеального дифференцирующего устройства

$$M_{дин} = \theta_p \Omega, \quad (2)$$

где  $\theta$  — момент инерции электропривода;  $p$  — оператор Лапласа;  $\Omega$  — угловая скорость электродвигателя.

Тогда из (1) и (2) имеем

$$M_C = M - \theta p \Omega. \quad (3)$$

На выходе реального дифференцирующего устройства имеет место сигнал

$$M_{\text{дин}} = \frac{\theta p \Omega}{ap+1},$$

где  $a$  — постоянная времени дифференцирующего устройства.

Таким образом, измеренный статический момент будет

$$M_{\text{с.и}} = M - \frac{\theta p \Omega}{ap+1}. \quad (4)$$

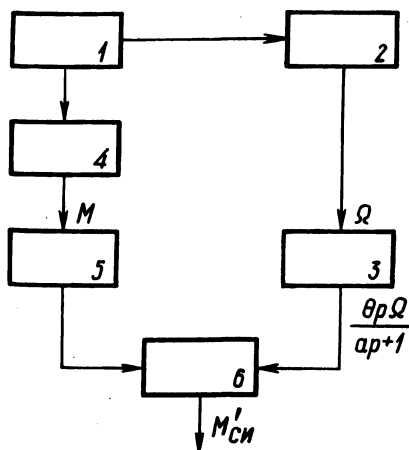


Рис. 1. Функциональная схема устройства измерения статического момента электродвигателя: 1 — электродвигатель; 2,4 — соответственно датчики угловой скорости и электромагнитного момента двигателя; 3,5 — соответственно дифференцирующее и инерционное звено; 6 — вычитатель.

Из (3) и (4) получим

$$M_{\text{с.и}} = M_{\text{с}} + \frac{\theta ap^2 \Omega}{ap+1}. \quad (5)$$

Таким образом, измеренное значение момента зависит от второй производной угловой скорости двигателя. Это приводит к большой погрешности в измерении и неблагоприятно сказывается на динамике электропривода.

Точность измерения момента можно повысить, если в канал измерения электромагнитного момента двигателя ввести инерционное звено (рис. 1). Тогда измеренное с помощью данного устройства значение статического момента будет

$$M'_{\text{с.и}} = \frac{M}{ap+1} - \frac{\theta p \Omega}{ap+1}, \quad (6)$$

или с учетом уравнения (3)

$$M'_{\text{с.и}} = \frac{M_{\text{с}} + \theta p \Omega}{ap+1} - \frac{\theta p \Omega}{ap+1} = \frac{M_{\text{с}}}{ap+1}. \quad (7)$$

Таким образом, как следует из уравнения (7), ошибка в измерении не зависит от второй производной угловой скорости электродвигателя.

Исследование предложенной схемы проведено с помощью моделирования электропривода постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости на МН-7. Статический момент прикладывался скачком. На рис. 2, а, б введены следующие обозначения:  $\beta$  — коэффициент усиления преобразователя;  $T_{\ominus}$  — электромагнитная постоянная времени двигателя;  $T_M$  — электромеханическая постоянная времени.

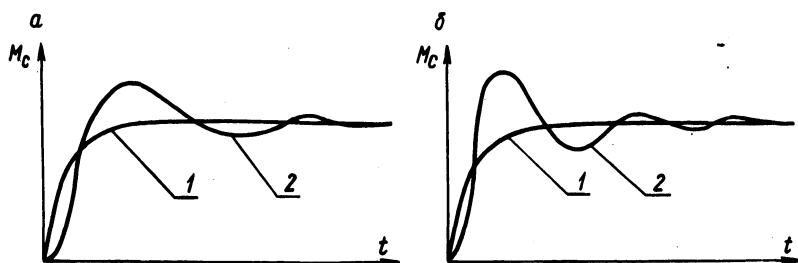


Рис. 2. Осциллограммы измеренного статического момента: 1 — при наличии инерционного звена; 2 — без инерционного звена в канале полного момента электродвигателя;  $T_M = 0,5$  с;  $T_{\ominus} = 0,1$  с;  $a = 0,05$  с,  $\beta = 10$  (а);  $\beta = 20$  (б).

Приведенная схема может применяться и для электроприводов с асинхронными двигателями. В этом случае датчик электромагнитного момента двигателя выполняется по одной из известных схем.

### Л и т е р а т у р а

1. Ильин О.П., Шейна Г.П., Петренко Ю.Н. Метод исследования периодических режимов в регулируемом асинхронном электроприводе. — "Изв. АН БССР. Сер. физ.-техн. наук", 1970, № 4.