

## Л и т е р а т у р а

1. Ильин О.П., Примшиц П.П. Синтез систем автоматического управления объектом с переменными параметрами. Рукопись депонирована в Информэлектро № 39 Д/1-64. Минск, 1977.

УДК 62-83:621.313.3-592.3

А.И.Лapidус, канд.техн.наук

### ТИРИСТОРНАЯ СХЕМА ТОРМОЖЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

С помощью тиристорных коммутаторов можно создавать схемы управления различными режимами работы двигателей. На рис. 1 представлена разработанная тиристорная схема торможения асинхронного короткозамкнутого двигателя, которая реализует метод индукционно-динамического торможения. Тормозной эффект здесь получается в результате действия двух факторов: короткого замыкания обмоток статора через тиристор и динамического торможения. При коротком замыкании используется энергия, запасаемая в магнитном поле машины до торможения [1]. Динамическое торможение обусловлено постоянной составляющей тока в обмотках статора.

Схема работает следующим образом. С подачей команды на торможение отключается контактор вращения К и размыкаются его замыкающие силовые контакты. При этом две фазные обмотки статора через размыкающий контакт этого контактора, вентиль ВЗ и резистор RЗ подключаются к катушке реле РП, параллельно которой присоединена емкость С. Под действием э.д.с., наведенной в обмотках статора затухающим магнитным полем машины, срабатывает реле РП. Причем емкость С создает задержку на включение реле. Благодаря этой задержке поле ротора частично затухает, что приводит к уменьшению пиков тормозного момента от эффекта короткого замыкания обмоток статора при включении тиристора Т2, шунтирующего эти обмотки. Реле РП, включившись, своими контактами замыкает цепи для подачи управляющего сигнала на тиристоры Т1 и Т2. Тиристоры открываются поочередно, в зависимости от полярности приложенного напряжения.

В проводящий полупериод напряжения сети, когда открыт тиристор Т1, выпрямленный ток идет через этот тиристор, две

фазы статора и резистор R4. В следующий непроводящий полупериод закрывается тиристор T1 и за счет запасенной в двигателе электромагнитной энергии открывается тиристор T2. Таким образом, через обмотки статора в течение всего периода протекает ток в одном направлении, обеспечивая тем самым интенсивное безвибрационное торможение двигателя. Интенсивность торможения регулируется резистором R4. Контроль длительности торможения осуществляется реле РП, включенное состояние которого определяется временем разряда емкости C на катушку реле РП.

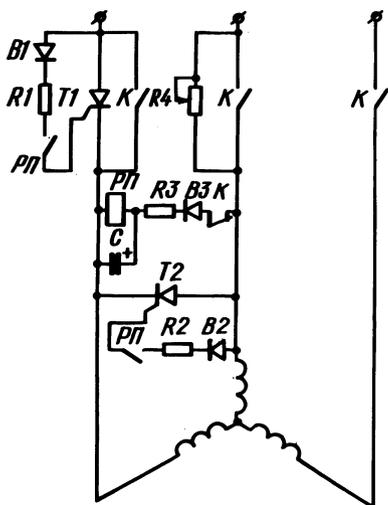


Рис. 1. Схема торможения.

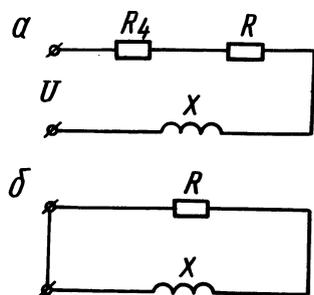


Рис. 2. Схемы замещения двигателя в тормозном режиме: а – для проводящей части периода; б – для непроводящей части периода.

На рис. 2 представлены схемы замещения двигателя в тормозном режиме: для проводящего полупериода (рис. 2, а) и непроводящего (рис. 2, б). Для рассматриваемого случая  $R = 2R_k$  и  $X = 2X_k$ , где  $R_k$  и  $X_k$  – параметры короткого замыкания к машины, которые могут быть определены по [2, 3].

Для проводящей части периода справедливо уравнение

$$\frac{X}{\omega} \frac{di}{dt} + (R+R_4)i = \sqrt{2} U \sin \omega t. \quad (1)$$

Процесс, происходящий в непроводящую часть периода, описывается выражением

$$\frac{X}{\omega} \frac{di}{dt} + Ri = 0. \quad (2)$$

Решение уравнения (1) имеет вид

$$i = \frac{\sqrt{2} U}{\sqrt{(R+R_4)^2 X^2}} \left[ \sin(\omega t - \varphi) C_1 e^{-\frac{R+R_4}{X} \omega t} \right], \quad (3)$$

где  $C_1$  - постоянная интегрирования свободной, составляющей тока;

$$\varphi = \arctg \frac{X}{R+R_4}.$$

Решение уравнения (2) имеет вид

$$i = C_2 e^{-\frac{R}{X}(\omega t - \theta)}, \quad (4)$$

где  $\theta$  - расчетный угол, соответствующий принятому моменту начала протекания тока в короткозамкнутом контуре.

Постоянные интегрирования  $C_1$  и  $C_2$  находятся путем совместного решения уравнений (3) и (4), исходя из условия, что ток в обмотках не может измениться скачком. Постоянная и переменные составляющие тока в различных участках схемы находятся разложением кривой тока в ряд Фурье.

Для оценки времени торможения целесообразно действительный процесс торможения заменить эквивалентным, при котором снижение скорости до полной остановки производится как бы в два этапа. На первом этапе, в зоне высоких скоростей, действует момент короткого замыкания, а на втором этапе, в зоне средних и низких скоростей, действует момент динамического торможения. Усредненное значение продолжительности первого этапа торможения может быть получено по эмпирической формуле [4]:

$$t_1 = 0,45 \frac{GD_p^2}{GD_{\text{прив}}^2} \sqrt{\frac{GD_p^2 n}{375(K + K_M)M_H}}, \quad (5)$$

где  $C D_p^2$ ,  $G D_{\text{прив}}^2$  - маховой момент соответственно ротора двигателя и привода;  $n$  - номинальная частота вращения двигателя;  $M_n$  - номинальный момент;  $K_n$ ,  $K_M$  - соответственно кратность пускового и максимального моментов по отношению к номинальному.

Продолжительность второго этапа торможения вычисляется по обычной для динамического торможения методике и может быть найдена как

$$t_2 = \frac{T_d S_{2m}}{2} \left( \frac{S_1^2 - S_2^2}{2 S_{2m}^2} + \ln \frac{S_1}{S_2} \right), \quad (6)$$

где  $T_d$  - постоянная времени привода;  $S_{2m}$  - критическое скольжение;  $S_1$  - скольжение, с которого начинается второй этап торможения;  $S_2$  - можно принять равным 0,03.

Общее время торможения равно

$$t_T = t_1 + t_2. \quad (7)$$

### Резюме

Разработанная тиристорная схема обеспечивает высокую интенсивность торможения и наиболее целесообразна для применения в малоинерционных электроприводах станков и других производственных механизмах.

### Литература

1. Лapidус А.И. Индукционно-динамическое торможение асинхронных двигателей в станочных электроприводах. - В сб.: Электротехническая промышленность, сер. "Электропривод", вып. 4, 1975.
2. Туганов М.С. Определение параметров асинхронных короткозамкнутых двигателей по каталожным данным. - Вестник электропромышленности, 1967, № 7.
3. Петров И.И., Мейстель А.М. Специальные режимы работы асинхронного электропривода. М., 1969.
4. Каплан Н.А., Лapidус А.И. Безвибрационное торможение асинхронных двигателей по несимметричным схемам с вентилями. - Электротехника, 1972, № 11.