

Экспериментальные исследования разработанной системы защиты проведены на промышленном образце преобразователя ПЧ-60-8000. Расхождение значений  $t_0$ , полученных экспериментально и расчетным путем, не превышает 10%.

Для проверки надежности работы исполнительного элемента защиты произведено 200 автоматических отключений ТПЧ с интервалом в 1 мин при полной мощности, потребляемой от сети напряжением 3 x 380 В. Случаев отказа или иных повреждений элементов инвертора и конденсаторной защиты не зарегистрировано.

Резюме. Разработанное устройство защиты с диодным короткозамыкателем может применяться для селективного отключения тиристорных преобразователей при их питании от общего выпрямителя. Такое выполнение защиты может оказаться экономически целесообразным. Устройство защиты позволяет уменьшить перенапряжения и токи при возникновении аварийной ситуации. Поэтому рассмотренную схему защиты рекомендуется использовать в ТПЧ электротермических установок для индукционного нагрева металлов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Кацнельсон С.М., Зимин Ю.М., Иванов А.В. и др. Устройство защиты источника питания. - Авт. свид. № 481964. - Бюлл. изобр., 1975, № 31.
2. Забродин Ю.С. Узлы принудительной конденсаторной коммутации тиристоров. М., 1974.

УДК 62 - 83 : : 621.313.3 - 532.3

А.И. Лapidус, канд. техн. наук

### ИНДУКЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ ДВУХСКОРОСТНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В электроприводах высокопроизводительных механизмов часто требуется интенсивное торможение и точная остановка перемещающихся узлов. Если цикл механизма состоит из движений, сопровождающихся двухкратным изменением скорости, то в этих случаях применяется электропривод с двухскоростным асинхронным двигателем. Для такого электропривода трудности в реализации требований быстрой и точной остановки возникают только при торможении с низкой скорости, так как переход с высокой скорости на низкую за счет удвоения

числа пар полюсов машины легко осуществляется интенсивным рекуперативным торможением. Переход с высокой скорости на низкую достигается переключением обмотки статора со схемы "двойная звезда - треугольник".

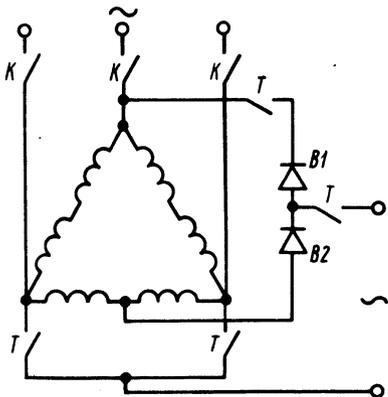


Рис. 1. Схема торможения.

Была разработана схема [1], позволяющая тормозить двухскоростной двигатель с меньшей скорости до полной остановки (рис. 1). Тормозной контактор Т включается сразу после отключения рабочего контактора К, чтобы использовать энергию магнитного поля, запасенную в машине во время вращения на рабочей скорости. Это затухающее магнитное поле сцеплено с замкнутыми контурами [2], образованными из обмоток статора и вентилей В1 и В2. Возникающие в контурах э.д.с. и обусловленные ими токи приводят к созданию в области высоких скоростей значительного тормозного момента, в несколько раз превышающего номинальный момент двигателя. Качественно оценить пик этого момента можно по приближенной формуле [3]

$$M_m = -2M_k V_o^2 \frac{\omega}{(1-\sigma)(\alpha_r^2 + \omega^2)} \left( \alpha_r - \omega e^{-\frac{\pi \alpha_r}{2 \omega_o}} \right), \quad (1)$$

где  $M_k$  - критический момент двигателя по статической характеристике;  $V_o$  - коэффициент, характеризующий степень уменьшения наведенной э.д.с. в статорной обмотке затухающим магнитным потоком;  $\sigma$  - коэффициент рассеяния по Блонделю;  $\alpha_r$  - коэффициент затухания роторной обмотки при замкнутой статорной;  $\omega_o, \omega$  - соответственно синхронное и текущее значение угловой скорости ротора.

В области средних и низких скоростей основное значение в создании тормозного эффекта приобретает динамическое торможение. Половину периода питающего напряжения ток из сети течет через один из вентилялей и две фазные обмотки статора, а вторую половину периода – через другой вентиль и две половины третьей фазной обмотки. В течение обоих полупериодов вентили В1 и В2 создают короткозамкнутые контуры, по которым (вследствие действия э.д.с. электромагнитной индукции) продолжает протекать тормозной ток прежнего направления, сглаживая пульсации этого тока и увеличивая тем самым его постоянную составляющую, а следовательно, и интенсивность торможения.

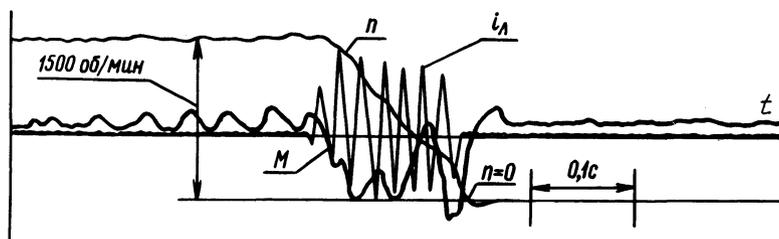


Рис. 2. Осциллограмма торможения двигателя АОЛ2-21-4/2.

Распространенные схемы динамического торможения требуют отдельного источника питания постоянного тока с напряжением, значительно более низким, чем напряжение сети. В схеме (рис. 1) пониженное напряжение обеспечивается тем, что тормозное устройство включается на фазное напряжение сети и что на каждую обмотку двигателя подается напряжение, выпрямленное по однополупериодной схеме, равное

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\lambda} U_m \sin \omega t d \omega t = \frac{U_m}{2\pi} (1 - \cos \lambda), \quad (2)$$

где угол  $\lambda$  соответствует открытому состоянию вентиля.

На рис. 2 представлена осциллограмма торможения двигателя АОЛ2-21-4/2 мощностью  $P = 0,7/0,9$  кВт, включенного в рабочий режим по схеме "треугольник". Осциллографировались частота вращения ротора  $n$ , ток в линейном проводе  $i_L$  и момент  $M$ . Из осциллограммы видно, что двигатель затормозился до полной остановки за 0,15 с. Такая высокая интенсивность торможения обусловлена тем, что в области высоких скоростей действует составляющая момента короткого замыкания, а в области низких скоростей – составляющая момента динамического торможения.

Рассматриваемая схема позволяет тормозить двухскоростной двигатель и в том случае, если перед остановкой он работал на высокой скорости. Для этого в момент поступления команды на торможение обмотки статора снова включаются по схеме треугольник, а с помощью вентиля и тормозного контактора Т тормозное устройство подключается к сети.

Исследуемая схема применена в электроприводе боковых транспортеров транспортного устройства "спутникового" типа ряда автоматических линий, изготовленных на Минском заводе автоматических линий. Боковые транспортеры предназначены для перемещения приспособлений - "спутников" на рабочий и возвратный транспортеры. Перевод "спутника с одного транспортера на другой возможен только при точном его останове на переводной площадке, что достигается торможением двигателя при подходе бокового транспортера к исходной позиции.

Резюме. Разработанная схема индукционно-динамического торможения двухскоростных асинхронных двигателей обеспечивает высокую интенсивность торможения и может быть рекомендована для применения в электроприводах станков и других производственных механизмов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Каплан Н.А., Лapidус А.И. Устройство для динамического торможения асинхронного двигателя. - Авт. свид. № 445973. - "Бюлл. изобр.", 1974, № 37.
2. Лapidус А.И. Индукционно-динамическое торможение асинхронных двигателей в станочных электроприводах. - В сб.: Электротехническая промышленность, сер. "Электропривод", 1975, № 4.
3. Соколов М.М. и др. Электромагнитные переходные процессы в асинхронном электроприводе. М., 1967.

УДК 621.365

Л.С. Герасимович, канд. техн. наук,  
Л.П. Яновский

### ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

На предприятиях приборостроительной промышленности ряд технологических процессов требует нагрева до температуры 70 - 150°С. К ним можно отнести сушку деталей после про-