Горные стационарные установки и машины.
Записки Ленинградского горного института. Л., 1988. Т.117

УДК 621.314.6:621.876.32

АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ТРАНСФОРМАТОРНО-ТИРИСТОРНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ

В.С.КЛИМАШ, В.С.СОЛОВЬЕВ,
Ю.П.ПАВЛОВ, В.В.НЕКРАСОВ

Электроприводы эскалаторов метрополитенов по своему назначению находятся в одном ряду с подвижным составом [1]. Схемы электроприводов эскалаторов могут быть разделены на две группы: электроприводы с асинхронным двигателем (АД) и реостатом в цепи ротора для станций глубокого заложения; электроприводы с короткозамкнутыми двигателями и добавочными активными сопротивлениями в одной фазе статора для станций мелкого заложения.

Экспериментальными исследованиями на Ленметрополитене им.В.И.Ленина установлено, что загрузка приводов эскалаторов изменяется от 15-20 до 70-80 % от номинальной. При этом коэффициент мощности колеблется от 0,2 до 0,7 при работе на подъем и от 0 до 0,3 при спуске, что согласуется с данными М.М.Соколова [3]. Средний коэффициент загрузки эскалаторов составляет 0,4-0,5, чему соответствует средневзвешенный коэффициент мощности 0,3-0,4. При этом КПД электродвигателя также на 50-60 % ниже номинального.

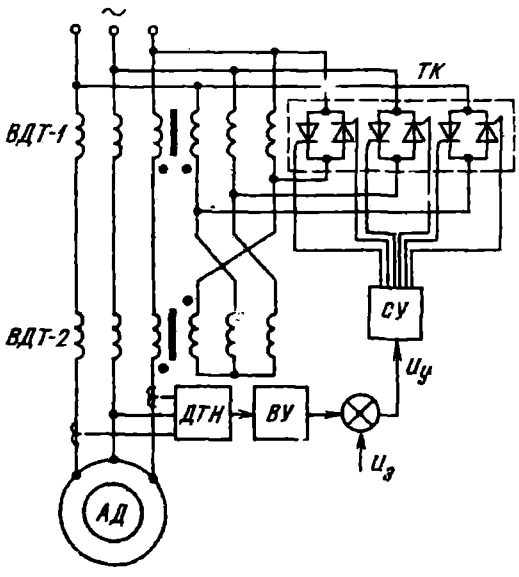


Рис.1. Электропривод по схеме ТТРН-АД

Для поддержания энергетических показателей привода эскалатора на высоком уровне целесообразно применение регулирования мощности привода изменением подводимого к двигателю напряжения. В качестве регулятора напряжения для эскалаторных приводов могут быть применены регуляторы, выполненные на базе тиристорных ключей. Применение тиристорных ключей, особенно в комплекте с вольтодобавочными трансформаторами (ВДТ), дает возможность лучшим образом регулировать $\cos\varphi$.

Достоинством преобразователя с ВДТ является свободный обмен энергии между АД и сетью, что позволяет реализовать регулируемые режимы торможения с рекуперацией энергии в сеть при работе эскалатора на спуск. Это обстоятельство выгодно отличает при-

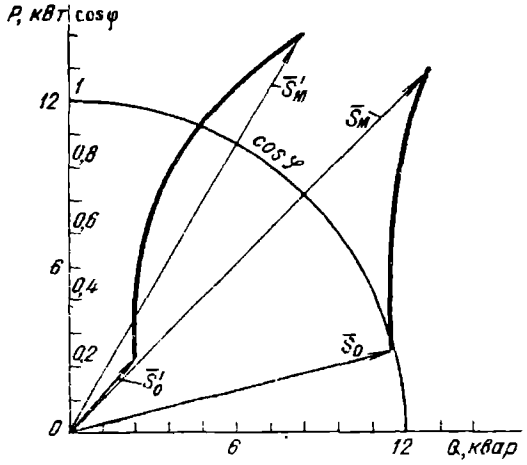


Рис.2. Экспериментальные годографы мощности $\bar{S}_0$, $\bar{S}'_0$ – векторы полной мощности электропривода эскалатора при работе на холостом ходу по штатной схеме и от ТТРН; $\bar{S}_м$, $\bar{S}'_м$ – векторы полной мощности при работе электропривода эскалатора с максимальной нагрузкой по штатной схеме и от ТТРН; P, Q – активная и реактивная мощности

вод по схеме ТТРН–АД от электропривода по схеме ТПЧ–АД [2], где обеспечение режима рекуперации сопряжено со значительным усложнением силовой части преобразователя.

Схема асинхронного электропривода эскалатора с трансформаторно-тиристорным регулятором напряжения ТТРН–АД, разработанная в ЛГИ, приведена на рис.I. ТТРН состоит из двух вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ–I, ВДТ–2) и тиристорного ключа с естественной коммутацией (ТК), включаемого параллельно первичной обмотке ВДТ–I. Первичные обмотки ВДТ–2 включены с фазовым сдвигом встречно-последовательно с первичными обмотками ВДТ–I. Вторичные обмотки соединены согласно-последовательно и включены между сетью и АД. Такое включение обмоток ВДТ обеспечивает регулирование напряжения питания на двигателе с опережением по фазе относительно напряжения сети на 60 эл.градусов. Это обеспечивает возможность компенсации реактивной мощности, вводимой ТК в процессе регулирования напряжения на двигателе. Общий $\cos\varphi$ привода повышается за счет регулирования напряжения на двигателе. Регулирование коэффициента мощности в рабочих режимах эскалатора в исследованной схеме осуществлено по величине $\mathrm{tg}\,\varphi$

Промышленные испытания асинхронного привода с ТТРН были проведены на эскалаторе типа ЛП–6 с асинхронным короткозамкнутым двигателем типа АП–72–6 мощностью 20 кВт, $\omega_н$ = 90 рад/с.

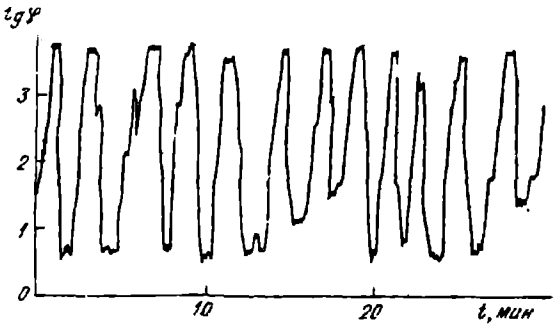


Рис.3. Зависимость $\mathrm{tg}\,\varphi$ от времени при работе на подъем по штатной схеме

На рис.2 приведены экспериментальные годографы мощности АД при работе по штатной схеме от сети с нерегулируемым напряжением и по схеме с ТТРН при регулировании напряжения на двигателе в функции $\mathrm{tg}\,\varphi$.

На рис.3 приведена зависимость $\mathrm{tg}\,\varphi$ от времени, иллюстрирующая циклический характер нагрузки эскалатора и

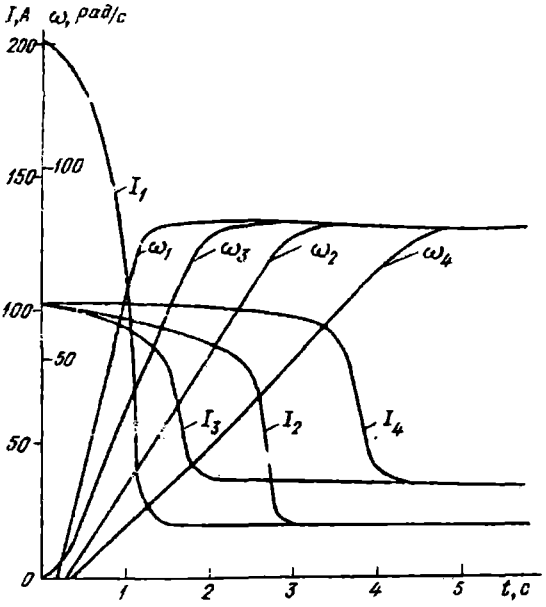


Рис.4. Осциллограммы пусков АД эскалатора I_1, ω_1 – ток и частота вращения АД при пуске на подъем без нагрузки по штатной схеме; I_2, ω_2 – то же при пуске от ТТРН; I_3, ω_3 – ток и частота вращения АД при пуске на спуск под нагрузкой от ТТРН; I_4, ω_4 – то же при пуске на подъем

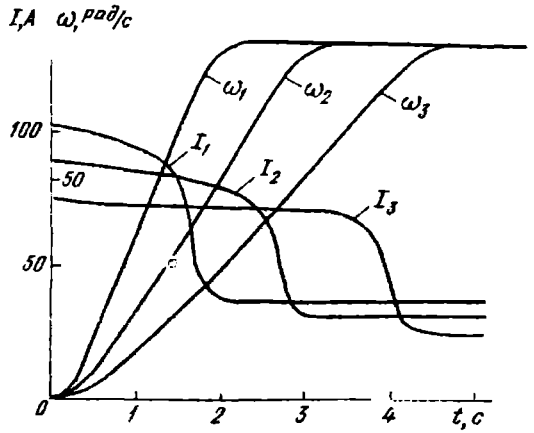


Рис.5. Осциллограммы пусков АД от ТТРН под нагрузкой на спуск при различных сигналах управления ТК для разомкнутой системы

I_1, ω_1 – ток и частота вращения при относительном сигнале управления $U_3 = 1$; I_2, ω_2 – то же при $U_3 = 0.9$; I_3, ω_3 – то же при $U_3 = 0,8$

энергетику привода при работе по штатной схеме. Запись производилась в часы пик. Экспериментально показано, что привод эскалатора по ТТРН–АД с регулятором напряжения по $tg\varphi$ позволяет:

а) повысить коэффициент мощности АД на холостом ходу от 0,2–0,3 по штатной схеме до 0,75, при максимальной загрузке эскалатора от 0,7 по штатной схеме до 0,87;

б) снизить ток потребления на 32 % против номинального, а $\cos\varphi$ повысить на 3,5 % по сравнению с номинальным $\cos\varphi_н = 0,84$. По штатной схеме при тех же эксплуатационных условиях ток АД ниже номинального на 12,5 %, а $\cos\varphi$ двигателя ниже номинального на 16,5 %;

в) реализовать плавно регулируемый пуск, причем время пуска может задаваться от 4 до 10 с на подъем и от 2 до 7 с на спуск.

Переходные процессы пуска и остановки эскалатора исследовались посредством осциллографирования тока и скорости двигателя привода.

На рис.4 приведены осциллограммы пусков эскалатора с асинхронным нерегулируемым приводом по штатной схеме и с приводом по схеме ТТРН–АД без автоматического регулирования напряжения (при постоянном угле управления ТК). Из рис.4 привод что кратность пусковых токов относительно штатной схемы снижена в два раза. Уровень пус-

ковых токов в системе ТТРН-АД определяется величиной задающего сигнала управления ТК в разомкнутой системе.

На рис.5 приведены осциллограммы пусков эскалатора под нагрузкой с приводом ТТРН-АД при различных сигналах управления ТК. Из рис.5 видно, что при уменьшении сигнала управления ТК установившийся ток двигателя при одинаковой загрузке эскалатора уменьшается за счет снижения реактивной составляющей тока холостого хода АД. Управление ТК позволяет регулировать динамический момент и темп подъема скорости ленты от 0,4 м/с^2 и ниже. Изменение сигнала управления ТК позволяет регулировать пусковой ток АД, который уменьшается по сравнению со штатной схемой на 45 % и более.

Выводы

1. Предлагаемая трансформаторно-тиристорная схема управления АД отвечает требованиям, предъявляемым к электроприводу эскалатора.

2. Применение привода ТТРН-АД с регулятором напряжения в стационарном режиме работы эскалатора с периодическим изменением нагрузки позволяет повысить средний $\cos\varphi$ привода до 0,7-0,8 и снизить ток потребления на 30 %.

3. Схема позволяет изменять ускорение лестничного полотна эскалатора в пределах от 0,05 до 0,4 м/с^2, что дает возможность сформировать требуемую тахограмму привода, обеспечивающую улучшение комфортности пассажиров и снижение динамических нагрузок на элементы привода.

4. В часы малой нагрузки эскалаторов целесообразно снижение скорости движения ленты, что резко уменьшит износ ряда механических узлов и деталей. В этом случае может быть рекомендован электропривод, оборудованный асинхронным двухскоростным двигателем с ТТРН. При использовании такого привода остановку эскалатора можно осуществлять в две ступени, причем переход на пониженную скорость может происходить с рекуперацией энергии в сеть.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Быков Е.И., Косарев В.Н., Манфред Е.В. Электропривод эскалаторов // Повышение надежности эскалаторов метрополитенов. Вып.648 / ВНИИЖТ. М., 1981.

2. Кудрявцев Г.В., Гинзберг М.Д. Результаты исследования привода эскалатора с частотным регулированием // Сборник научных трудов. № 11. Вып.3 / ВНИИПТМАШ. М., 1971.

3. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. М. : Энергия. 1969.