Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XX, вып. 1, 1976 г.

КОМПЛЕКТНЫЙ ТИРИСТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЭКСКАВАТОРА

В.Н.БАТИШКИЙ, Р.П.МАРТИКАЙНЕН, В.В.РУДАКОВ

Разработка экскаваторного привода тиристорный преобразователь-двигатель (ТП-Д) выполнена совместно сотрудниками ВНИИЭлектромаш и ЛГИ им.Плеханова. Конструкторскую разработку и изготовление силовой части тиристорных преобразователей осуществил Таллинский электротехнический завод им.Калинина. Реконструкцию экскаватора ЭКГ-4,6, связанную с заменой системы генератор-двигатель на систему тиристорный преобразователь-двигатель, осуществил комбинат «Апатит".

Экскаватор снабжается электроэнергией от сети напряжением 6 кВ. Масляным выключателем напряжение подается на два силовых трансформатора типа ТКШВ суммарной установленной мощностью 560 кВ·А. В схеме энергоснабжения (рис.I) предусмотрены защиты: нулевая, от коротких замыканий, земляная и от проникновения высокого напряжения (6 кВ) на сторону низкого напряжения трансформатора. Главные электроприводы экскаватора питаются от тиристорного агрегата АТЭ-3-800, состоящего из трех тиристорных преобразователей. Для исключения электрической связи между силовыми цепями электроприводов тиристорные преобразователи получают питание от отдельных обмоток трансформаторов.

В системе электроприводов экскаватора были установлены трансформаторы с малыми напряжениями кроткого замыкания ($U_к$ = 2,5÷3 %), поэтому в схеме предусмотрены токоограничивающие (анодные) реакторы ТКР, выполненные в виде катушек без сердечников.

Тиристорный агрегат АТЭ-3-800 состоит из трех реверсивных тиристорных преобразователей. В трех силовых шкафах агрегата размещены силовые блоки с тиристорами, система защиты, автоматические выключатели и система сигнализации; в четвертом шкафу - системы управления тремя преобразователями. В силовом шкафу преобразователя привода подъема находится вентилятор для принудительного охлаждения тиристоров. Силовые шкафы рассчитаны для включения двух групп тиристоров, собранных по трехфазной мостовой схеме и помещенных в силовые блоки. В каждую группу тиристоров может быть включено параллельно по четыре силовых блока. Число силовых блоков в группе определяется мощностью привода и допустимым током установленных тиристоров. Равномерное распределение тока между параллельно включенными тиристорами осуществляется индуктивными делителями тока.

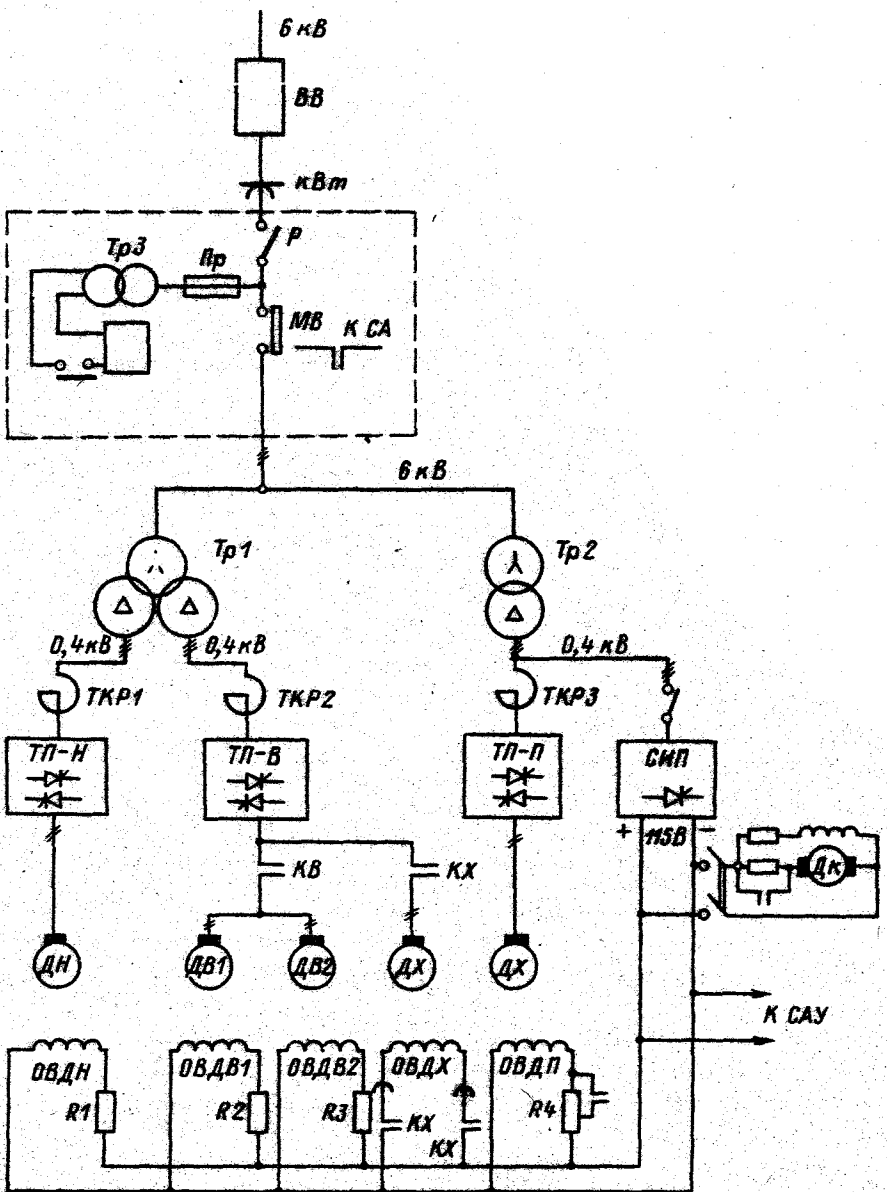


Рис.1. Принципиальная схема экскаватора с приводами по системе ТП-Д

Преобразователи подключаются к сети переменного тока автоматическими выключателями А-3734Б. На стороне выпрямленного напряжения установлены автоматические устройства сканирования и токовой логики. При отсутствии входного сигнала и сигнала от датчика тока система сканирования поочередно включает группу тиристоров. После подачи входного сигнала определенной

полярности сканирование прекращается и включается цепь управления одной из групп тиристоров. Одновременно подается сигнал запрета формирования импульсов управления второй группой тиристоров. Система сканирования вновь включается в работу, если величина тока в якорной цепи станет ниже порога чувствительности блока токовой логики. Схема построена так, что одновременная подача импульсов на обе группы тиристоров исключена.

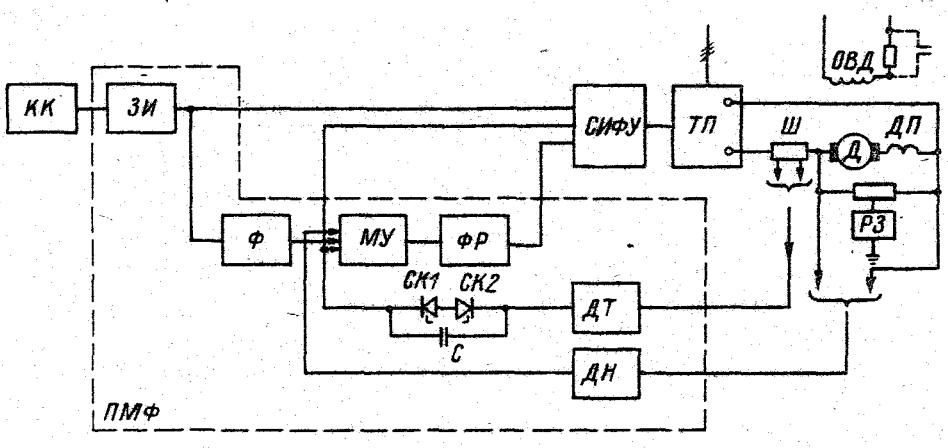


Рис.2. Функциональная схема тиристорного электропривода экскаватора

В комплектных тиристорных электроприводах рабочих механизмов экскаватора (рис.2) привод управляется командоконтроллером КК. Система управления приводом построена по принципу дифференциальной коррекции и имеет узел токоограничения.

Рациональные диаграммы тока и напряжения формируются полупроводниково-магнитным формирователем переходных процессов ПМФ. В состав ПМФ входят: задатчик интенсивности ЗИ, фильтр Ф, магнитный усилитель МУ, триодно-емкостной функциональный регулятор ФР, делитель напряжения ДН и узел задержанной обратной связи с датчиком тока ДТ и стабилитронами СК1, СК2. Корректирующими звеньями в приведенной схеме являются триодно-емкостные функциональные регуляторы и фильтры в цепях задержанных обратных связей по току.

Линейная гибкая обратная связь по току, действующая при токах $I < I_{отс}$, служит для формирования переднего фронта токовой диаграммы и, таким образом, дает возможность устранить „рывки" механизмов.

Описанная схема системы электроприводов была установлена на экскаваторе ЭКГ-4,6 Центрального рудника комбината „Апатит" (Мурманская область). Напряжение питания при работе в карьере - в пределах 380-400 В.

Чтобы обеспечить запас по напряжению, необходимый в инверторных режимах, максимальное выпрямленное напряжение тиристорных преобразователей устанавливалось не выше 480-500 В на холостом ходу. Настройка всех приводов экскаватора была выполнена в соответствии с данными, приведенными в таблице.

Установочные показатели электроприводов экскаватора ЭКГ-4,6 с тиристорным агрегатом АТЭ-3-800

Привод механизма	Режим	Положение командо-контроллера	$U_{вх}$, В	$U_{тп}$, В	$I_{ст}$, А	$k_з = \frac{I_{отс}}{I_{ст}}$	$I_{возб}$, А
Подъема	Подъем	1	8	175	1050	0,75	24,6
		II	11	270	1070		
		III	13,6	360	1150		
		1У	17,2	480	1200		
	Спуск	1	7,7	120	-	-	24,6
		II	11,2	240	-	-	24,6
		III	13,7	960	-	-	24,6
		1У	17,2	480	-	-	12,4
Напора	Напор	1	10	80	273	0,75	15,0
		II	14	170	285		
		III	17,5	240	225		
		1У	24,0	420	320		
	Возврат	1	10	80	270	0,75	15,0
		II	14	170	285		
		III	17,5	240	285		
		1У	24,0	420	320		
Вращения (ход)	Правое	1	10,3	140	220	0,77	13,2
		II	13,8	270	350		
		III	16,7	360	360		
		1У	21,2	440	400		
	Левое	1	10,3	140	320	0,77	13,2
		II	13,8	270	350		
		III	16,6	360	360		
		1У	21	440	400		
	Ход	1У	16,0	430	430	0,76	18,0

Экспериментальные скоростные характеристики электропривода подъема (рис.3) были получены косвенным методом.

На рис.4 приведена осциллограмма переходного процесса в приводе подъема при включении на 1У скорость и заторможенном электродвигателе. Осциллограммы на рис.5 показывают, что величина динамического тока в режиме пуска на подъем, вследствие действия веса конша, значительно выше, чем на спуск. Кроме того, при спуске в рабочих режимах ток в приводе подъема не достигает стопорного.

Динамические показатели электроприводов экскаватора:

	Подъем	Поворот	Напор
Пуск до основной скорости			
время, с	1,3-1,4	2,5-3	1,4
максимальная сила тока, отн.ед.	1,85	1,93	1,55
Торможение с основной скорости до полной остановки			
время, с	1,1-1,3	-	-
максимальная сила тока, отн.ед.	1,8	-	-

Реверс с 1У скорости (вперед) на 1У скорость (назад)			
время, с	2,6–4	3,8–4,8	2,8–3,4
максимальная сила, тока, отн. ед.	1,85	1,95	1,87
Режим стопорения			
максимальная сила тока, отн. ед.	1,1	1,15	1,15

В период опытно-промышленной эксплуатации экскаватор был опробован на расчистке путей, на погрузке руды и скальной породы в автомашины, а также на рытье котлована в скальном грунте. Все работы проводились на высоте около 1050 м над уровнем моря при колебаниях температуры окружающей среды, достигающих зимой минус 25–30°С и летом плюс 26–29°С.

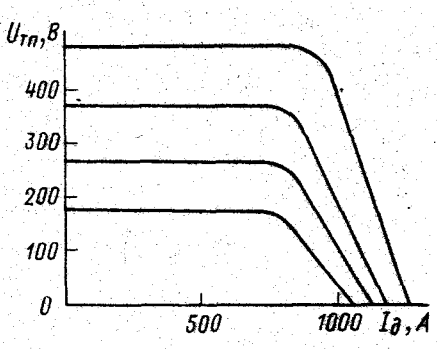


Рис.3. Скоростные характеристики привода подъема

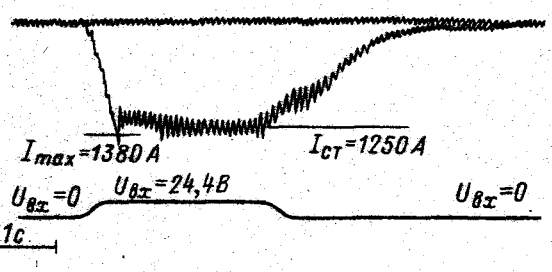


Рис.4. Осциллограмма стопорения привода подъема

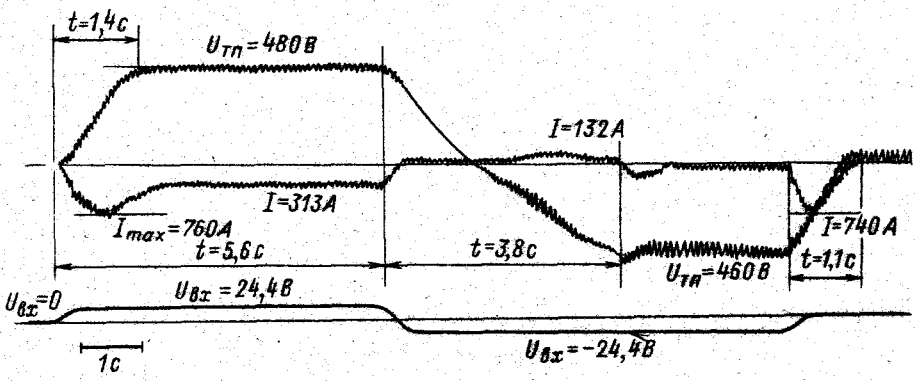


Рис.5. Осциллограмма пуска, реверса, торможения привода подъема

За учтенные 64 смены в карьере экскаватором помимо работ по очистке проездов было погружено на автомашины 85 000 т скальной породы и руды; заснеженной руды – около 16 300 м³. При рытье котлована было погружено на автомашины 25 000 м³ скального грунта.

Выводы

1. Достоинством системы управления тиристорными преобразователями агрегата АТЭ-8-800 является нечувствительность к искажениям формы пита-

ющего напряжения и высокая стабилизация установленных выходных параметров.

2. Система управления электроприводами с полупроводниково-магнитными формирователями переходных процессов обеспечивает получение требуемых статических и динамических характеристик электроприводов. В режимах пуска, реверса и стопорения перерегулирование по току не превышает 10-15%.

3. В процессе эксплуатации система управления работала устойчиво. Установленные при наладке параметры (номинальные напряжения ТП, значения стопорных токов), несмотря на большие колебания температуры окружающей среды, оставались близкими к заданным, и система не требовала сезонной переналадки.