

### Список литературы

1. Козярук А.Е., Рудаков В.В. Прямое управление моментом в электроприводе переменного тока машин и механизмов горного производства. СПб: СПГГИ(ТУ), 2008., 100 с.
2. Козярук А.Е., Рудаков В.В. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов. СПб: СПБЭК, 2004, 130 с.
3. Комплекты электрооборудования постоянного и переменного тока для карьерных экскаваторов ЭШ «Уралмаш», ЭКГ «Ижора - КАРТКС». СПб: Силовые машины, 2009.

*A. Kozyaruk*

*Structures and algorithms of electric drives control with semi-conductor switchboards*

*Structures and algorithms of electric drives control with semi-conductor switchboards on completely operated keys are considered. The realised technical decisions for the excavators electric drive are resulted.*

*Keywords: power semiconductor converter, system of direct torque control, semi-conductor switchboard.*

Получено 06.07.10

УДК 62-83:004

А.А. Ткачук, канд. техн. наук, гл. конструктор по энергосберегающей технике, (343) 360-05-01,

[tkachuk@asc-ural.ru](mailto:tkachuk@asc-ural.ru) (Россия, Екатеринбург, ЗАО «АСК»),

В.К. Кривовяз, канд. техн. наук, технический директор, (343) 341-37-05, [tkachuk@asc-ural.ru](mailto:tkachuk@asc-ural.ru) (Россия, Екатеринбург, ЗАО «АСК»)

### СЕРИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПЛАВНОГО ПУСКА МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

*Приводится опыт применения высоковольтных тиристорных преобразователей, разработанных и серийно изготавливаемых ЗАО «АСК», которые используются для плавного пуска асинхронных и синхронных электроприводов напряжением 3, 6 и 10 кВ и мощностью до 3,2 МВт.*

*Ключевые слова: высоковольтные тиристорные преобразователи, плавный пуск двигателя.*

Тиристорные высоковольтные преобразователи напряжения (ТПН) всё более широко применяются в качестве устройств плавного пуска высоковольтных асинхронных и синхронных двигателей с номинальным напряжением 3, 6 и 10 кВ. Высокие технико-экономические показатели по-

лучают при плавном пуске индивидуального электропривода для механизмов центробежного принципа действия: насосов, вентиляторов, компрессоров.

Показатели экономической эффективности, при сохранении всех положительных характеристик индивидуального электропривода (ЭП), повышаются при использовании тиристорного преобразователя напряжения для плавного пуска группы высоковольтных двигателей центробежных механизмов (ЦМ). В этом случае достаточно одного ТПН для поочередного плавного пуска всех двигателей группы электроприводов центробежных механизмов [1-6]. Тиристорный преобразователь напряжения управляет основным потоком электрической энергии, которая поступает от источника питания силовых цепей к электродвигателю через мощные тиристорные ключи. В ЗАО «АСК» накоплен значительный опыт в разработке, производстве и применении высоковольтной системы на базе преобразователей типа ПАД-В-Г и ПСД-В-Г, используемых для плавного пуска группы высоковольтных асинхронных и синхронных двигателей соответственно, и комплектных преобразователей типа ПАД-В-К, используемых для плавного пуска, защиты и управления индивидуальным асинхронным электроприводом.

Обзор литературы и энергетическое обследование ряда предприятий позволило обосновать перечень параметров приводных высоковольтных двигателей для номинальных линейных напряжений 3, 6 и 10 кВ. Разработана шкала типоразмеров серийно изготавливаемых групповых преобразователей типа ПАД-В-Г и ПСД-В-Г (табл.1) и комплектных преобразователей типа ПАД-В-К (табл. 2).

В результате применения системы плавного пуска существенно уменьшается пусковой ток двигателя, его величина ограничивается на уровне 1-4 номинальных токов статора двигателя; значительно снижаются динамические перегрузки в кинематических звеньях механических передач; уменьшаются электромагнитные усилия в обмотках статора двигателя и, как следствие, повышается срок службы статора; исключаются гидравлические и пневматические удары в ЦМ и магистрали за счёт исключения резкого изменения давления (напора); улучшаются условия эксплуатации сопутствующего электротехнического оборудования: коммутационных аппаратов, трансформатора, кабельных линий и т.д.; уменьшаются посадки напряжения в сети при пуске двигателей; применение плавного пуска приводит к увеличению срока службы ЦМ.

Помимо обеспечения плавного пуска, преобразователи обладают рядом дополнительных возможностей: автоматическое управление внешней коммутационной аппаратурой; измерение напряжения, тока, мощности и энергии электродвигателя; автоматическое форсирование напряжения (тока) при несостоявшемся запуске ЭП; имеет защитную блокировку от подачи высокого напряжения на ТПН при ошибочных действиях обслужи-

вающего персонала; имеет обширный набор параметров, которые дают возможность конфигурирования для широких областей применения; имеет изолированные дискретные и аналоговые входы и выходы; выдаёт подробную информацию о состоянии электропривода на дисплей; имеет встроенный модуль передачи данных по шине PROFIBUS; имеет энергонезависимые часы реального времени и календарь для протоколирования ошибочных ситуаций.

Таблица 1

Технические характеристики групповых преобразователей

Ном. на- пряжение сети, кВ	Параметры двига- теля		Параметры преобразователя			
	Макс. мощность, кВт	Ном. ток, А	Макс. ток, А	Габариты (ВхШхГ), мм	Тип для АД	Тип для СД
3	315	80	350	2200x800x60 0	ПАД-В-Г-80-3к	ПСД-В-Г-80-3к
	630	160	550		ПАД-В-Г-160-3к	ПСД-В-Г-160-3к
	800	250	750		ПАД-В-Г-250-3к	ПСД-В-Г-250-3к
6	1000	125	500	2400x800x80 0	ПАД-В-Г-125-6к	ПСД-В-Г-125-6к
	2000	250	700	2400x2400x8 00	ПАД-В-Г-250-6к	ПСД-В-Г-250-6к
	3150	400	1200		ПАД-В-Г-400-6к	ПСД-В-Г-400-6к
	5000	630	1900		ПАД-В-Г-630-6к	ПСД-В-Г-630-6к
	6300	800	2400	2400x3000x8 00	ПАД-В-Г-800-6к	ПСД-В-Г-800-6к
	10000	1250	3700	ПАД-В-Г-1250-6к	ПСД-В-Г-1250-6к	
10	1600	125	500	2400x800x80 0	ПАД-В-Г-125-10к	ПСД-В-Г-125-10к
	3150	250	700	2400x2400x8 00	ПАД-В-Г-250-10к	ПСД-В-Г-250-10к
	5000	400	1200		ПАД-В-Г-400-10к	ПСД-В-Г-400-10к
	8000	630	1900		ПАД-В-Г-630-10к	ПСД-В-Г-630-10к
	12500	800	2400	2400x3000x8 00	ПАД-В-Г-800-10к	ПСД-В-Г-800-10к

Преобразователь оснащён комплексом защиты системы от: повышенного или пониженного напряжения сети; не симметрии напряжений и токов статора двигателя; не полнофазного режима работы; сверхтоков; замыкания на землю; коммутационных перенапряжений на тиристорах;

дисбаланса вентиляльного каскада; перегрева и ухудшения вентиляции силового тиристорного модуля.

Таблица 2

Технические характеристики комплектных преобразователей

Ном. на- пряжение сети, кВ	Параметры двигателя		Параметры преобразователя		
	Макс. мощность, кВт	Ном. ток, А	Макс. ток, А	Габариты (ВхШхГ), мм	Тип
3	315	63	250	2400x800x900	ПАД-В-К-63-3к
	400	80	300		ПАД-В-К-80-3к
	500	100	350		ПАД-В-К-100-3к
	630	150	400		ПАД-В-К-150-3к
	800	200	700		ПАД-В-К-200-3к
6	315	40	200	2400x800x900	ПАД-В-К-40-6к
	400	50	200		ПАД-В-К-50-6к
	500	63	250		ПАД-В-К-63-6к
	630	80	300		ПАД-В-К-80-6к
	800	100	350		ПАД-В-К-100-6к
	1000	125	350		ПАД-В-К-125-6к

Типовая схема электроснабжения высоковольтных асинхронных электроприводов центробежных механизмов с системой группового плавного пуска на базе высоковольтного ТПН типа ПАД-В-Г приведена на рис.1 [3,4]. На рис. 2 приведена схема электроснабжения комплектных преобразователей типа ПАД-В-К для двух вариантов исполнений: с индивидуальным или групповым питанием. Секции 1 и 2 системы электроснабжения получают питание от двух независимых вводов через высоковольтные коммутирующие ячейки с выключателями QF5 и QF6 соответственно. В качестве примера взяты четыре асинхронных двигателя М1-М4 по два на секцию, которые запитаны от рабочих ячеек с выключателями QF1-QF4.

Для реализации группового плавного пуска всех двигателей схема содержит следующее оборудование: две головные рабочие ячейки с выключателями QF8 и QF9 и системой защиты, подключенные к первой и второй секциям соответственно; тиристорный преобразователь напряжения ТПН с соответствующими токами и напряжением типа ПАД-В-Г (см. табл. 1); микроконтроллерная система управления МПСУ с блоками управления БУ высоковольтными выключателями QF1 – QF9 и контакторами КМ1 – КМ4; четыре ячейки выбора двигателя ЯВД1 – ЯВД4 с вакуумными контакторами КМ1 – КМ4; контроллер верхнего уровня КВУ для автоматизации пуска асинхронного электропривода центробежных механизмов.

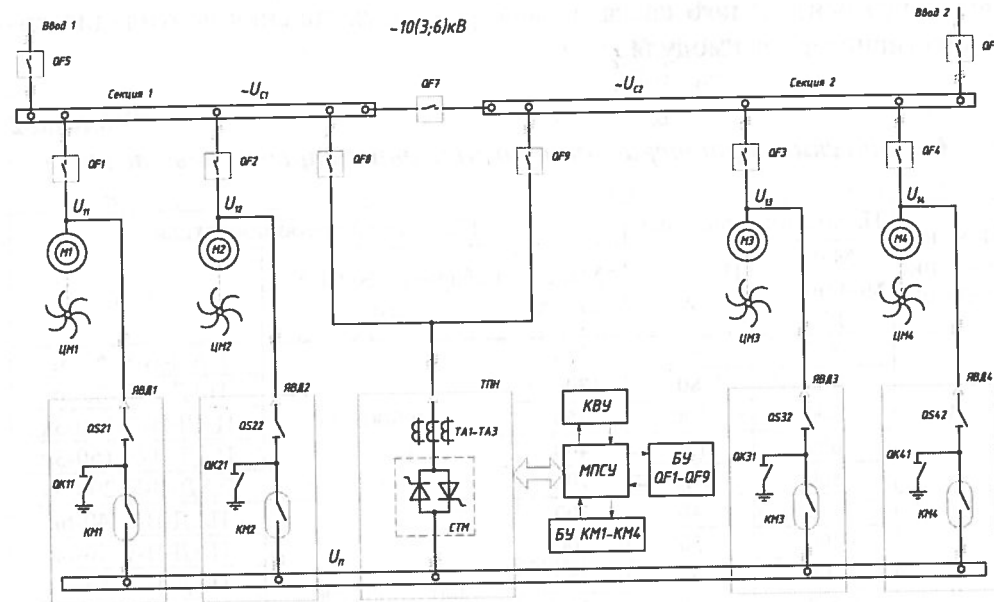


Рис. 1. Электрическая схема автоматизированного плавного пуска группы высоковольтных АЭП центробежных механизмов

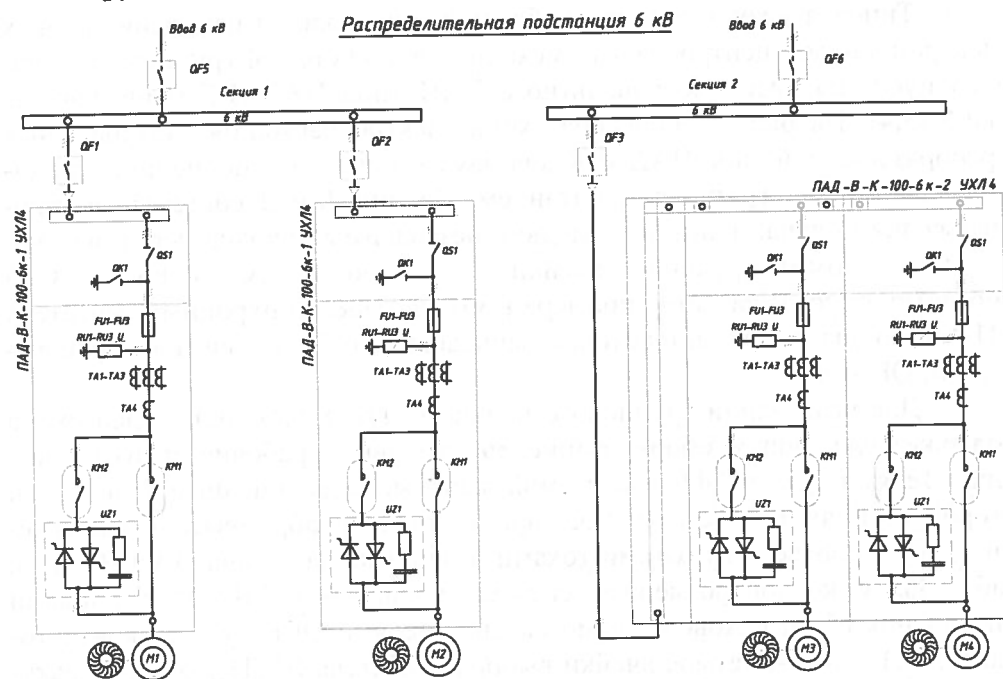


Рис. 2. Электрическая схема автоматизированного плавного пуска индивидуальных высоковольтных АЭП центробежных механизмов

Схема работает следующим образом. Допустим, требуется запустить двигатель М1. Из котроллера верхнего уровня поступают сигнал управления. При этом собираются цепи управления и контроля участвующие в запуске двигателя М1: головной выключатель QF8; контактор КМ1 в ячейке ЯВД1 и цепи технологических защит М1. Система управления преобразователя выдаёт управляющие импульсы на ТПН и двигатель М1 плавно разгоняется в соответствии с заданным алгоритмом формирования пусковой траектории тока или напряжения статора. При достижении напряжения на статоре М1 равного напряжению на первой секции система управления выполняет следующие команды: включает рабочий выключатель QF1 и тем самым шунтирует тиристоры преобразователя; снимает управляющие импульсы с тиристоров; выключает пусковой контактор КМ1 в ЯВД1 и головной выключатель QF8. Преобразователь ПАД-В-Г, головные выключатели и пусковые контакторы полностью отключены, а двигатель М1 запитан от штатной ячейки с выключателем QF1.

Аналогично контроллер верхнего уровня выполняет запуск следующего электродвигателя. Например, требуется запустить М3. Тогда силовая схема будет собрана по цепи: головной выключатель QF9 и контактор ЯВД3. Алгоритм пуска повторяется. Таким образом, осуществляется независимое управление двигателями от разных секций шин. Отключение двигателя осуществляется по обычной схеме, путём отключения рабочих выключателей в соответствующих ячейках.

Конструктивно преобразователи типа ПАД-В-К выполняются в одном шкафу и содержат все необходимые элементы защиты, коммутации и управления. На рис. 3 показан внешний вид комплектного преобразователя типа ПАД-В-К-100-6к-1 используемый для плавного пуска одного асинхронного электропривода мощностью 1 МВт.

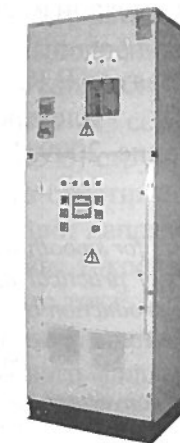


Рис. 3. ПАД-В-К-100-6к-1

Преобразователи типа ПАД-В-Г и ПСД-В-Г в зависимости от напряжения и мощности выполняются в одном или нескольких шкафах. Применяется естественное охлаждение тиристоров, что увеличивает надёжность преобразователя при эксплуатации в запылённых и влажных средах.

В настоящее время на предприятиях России и за рубежом ЗАО «АСК» реализовано несколько проектов системы группового и индивидуального плавного пуска электродвигателей с использованием ТПН на напряжение сети 3, 6 и 10 кВ и мощностью двигателя от 0,25 до 3,2 МВт [5,6]. Системы в полной мере соответствуют предъявляемым требованиям, и положительно зарекомендовали себя в эксплуатации.

### Список литературы

1. Тиристорный преобразователь для плавного пуска высоковольтных асинхронных двигателей / А.А. Ткачук [и др.] // Силовая электроника. 2007. № 1.

2. Высоковольтный тиристорный преобразователь напряжения для плавного пуска электродвигателя переменного тока / А.А. Ткачук [и др.] // Сб. трудов Международной 14-й НТК «Электроприводы переменного тока». Екатеринбург: УГТУ-УПИ. 2007.

3. Плавный пуск группы высоковольтных асинхронных электроприводов центробежных механизмов / А.А. Ткачук [и др.] // Силовая электроника. 2008. № 2.

4. Ткачук А.А., Копырин В.С. Групповой плавный пуск высоковольтных синхронных электроприводов компрессорных станций // Электротехнический рынок. 2007, № 12.

5. Плавный пуск группы высоковольтных синхронных электроприводов центробежных механизмов / А.А. Ткачук [и др.] // Силовая электроника. 2008. № 3.

6. Ткачук А.А., Кривовяз В.К. Плавный пуск группы высоковольтных асинхронных электроприводов центробежных механизмов // Насосы&оборудование. 2009. № 2(55).

*A. Tkachuk, V. Krivoviyaz*

*A series of high-voltage converters for smooth starting of powerful electric drives  
The report includes description of practical application of high-voltage thyristor  
converters, developed and put into series production by CJSC "ASC". They are used for soft  
start of synchronous and asynchronous electric drives with voltage of 3, 6 and 10 kV and  
power up to 3,2 MW.*

*Keywords: high-voltage thyristor converters, smooth starting of engine.*

Получено 06.07.10