

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТИРИСТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПЛАВНОГО ПУСКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

**А.А. Ткачук**

*ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы», г. Екатеринбург*

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 получают при плавном пуске индивидуально-го 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 [1-7]. 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 и ПСД-В-К, используемых для плавного пуска, защиты и управления асинхронным и синхронным электроприводом соответственно.

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 (см. табл. 1) и комплектных преобразователей типа ПАД-В-К и ПСД-В-К (см. 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 обслуживающего 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 пер-

редачи данных по шине PROFIBUS; имеет энергонезависимые часы реального времени и календарь для протоколирования ошибочных ситуаций.

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 вентильного каскада; перегрева и ухудшения вентиляции силового тиристорного модуля.

Таблица 1 - Технические характеристики групповых преобразователей

Ном. напряжение сети, кВ	Параметры двигателя		Параметры преобразователя			
	Макс. мощность, кВт	Ном. ток, А	Макс. ток, А	Габариты (ВхШхГ), мм	Тип для АД	Тип для СД
3	315	80	350	2200x800x600	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	2400x800x800	ПАД-В-Г-125-6к	ПСД-В-Г-125-6к
	2000	250	700		ПАД-В-Г-250-6к	ПСД-В-Г-250-6к
	3150	400	1200	2400x3000x800	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		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	2400x800x800	ПАД-В-Г-125-10к	ПСД-В-Г-125-10к
	3150	250	700		ПАД-В-Г-250-10к	ПСД-В-Г-250-10к
	5000	400	1200	2400x2400x800	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		2400x3000x800	ПАД-В-Г-800-10к

Таблица 2 - Технические характеристики комплектных преобразователей

Ном. напряжение 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	ПСД-В-К-63-3к
	400	80	300		ПАД-В-К-80-3к	ПСД-В-К-80-3к
	500	100	350		ПАД-В-К-100-3к	ПСД-В-К-100-3к
	630	150	400		ПАД-В-К-150-3к	ПСД-В-К-150-3к
	800	200	700		ПАД-В-К-200-3к	ПСД-В-К-200-3к
6	315	40	200	2400x800x900	ПАД-В-К-40-6к	ПСД-В-К-40-6к
	400	50	200		ПАД-В-К-50-6к	ПСД-В-К-50-6к
	500	63	250		ПАД-В-К-63-6к	ПСД-В-К-63-6к
	630	80	300		ПАД-В-К-80-6к	ПСД-В-К-80-6к
	800	100	350		ПАД-В-К-100-6к	ПСД-В-К-100-6к
	1000	125	350	2400x1000x900	ПАД-В-К-125-6к	ПСД-В-К-125-6к
	1400	160	700		ПАД-В-К-160-6к	ПСД-В-К-160-6к
	1800	200	700		ПАД-В-К-200-6к	ПСД-В-К-200-6к

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 исполнения: с индивидуальным или групповым питанием. Секции 1 и 2 системы электроснабжения получают питание от двух независимых вводов через высоко-

вольтные 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 электропривода.

Схема работает следующим образом. Допустим, требуется запустить двигатель М1. Из контроллера 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 для индивидуального применения типа ПАД-В-К выполняются в одном шкафу и содержат все необходимые элементы защиты, коммутации и управления. Преобразователи для группового применения 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. На рис. 3 показан внешний вид комплектного преобразователя типа ПСД-В-К-200-6к-1 используемый для плавного пуска одного синхронного электропривода мощностью до 1,7 МВт. Отличительной особенностью преобразователей ПСД является наличие алгоритмов управления тиристорным возбудителем по сети MODBUS, более высокая термическая и электродинамическая устойчивость к коротким замыканиям силовой части преобразователя и дуговая защита.

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]. Основными заказчиками являются: АК «Транснефть» - подпорные насосы нефтепровода ВСТО; ОАО «УГМК-холдинг» - турбокомпрессоры и глубинные насосы на шахтах; ОАО «ВСМПО-Ависма» - плунжерные насосы гидроаккумуляторной станции и ряд других организаций. Системы в полной мере соответствуют предъявляемым требованиям, и положительно зарекомендовали себя в эксплуатации.

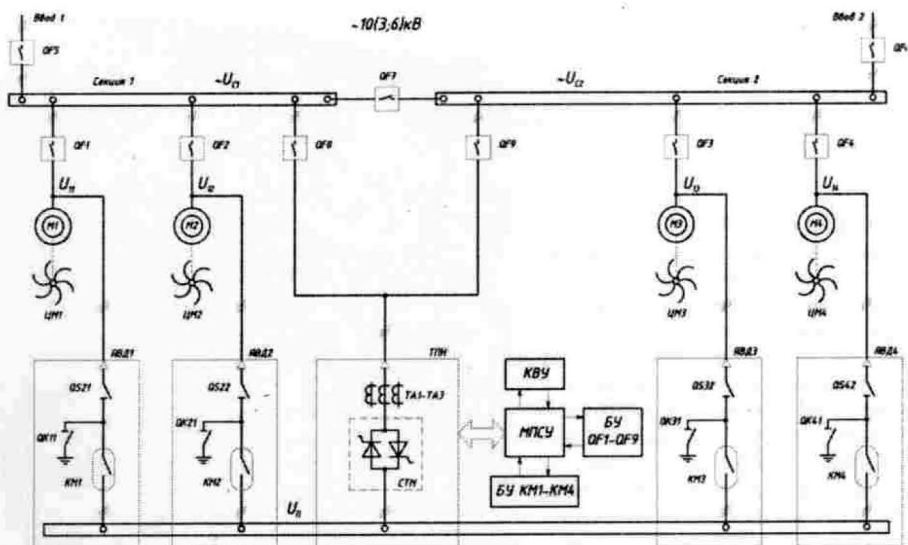


Рис. 1. Схема автоматизированного плавного пуска группы высоковольтных ЭП.

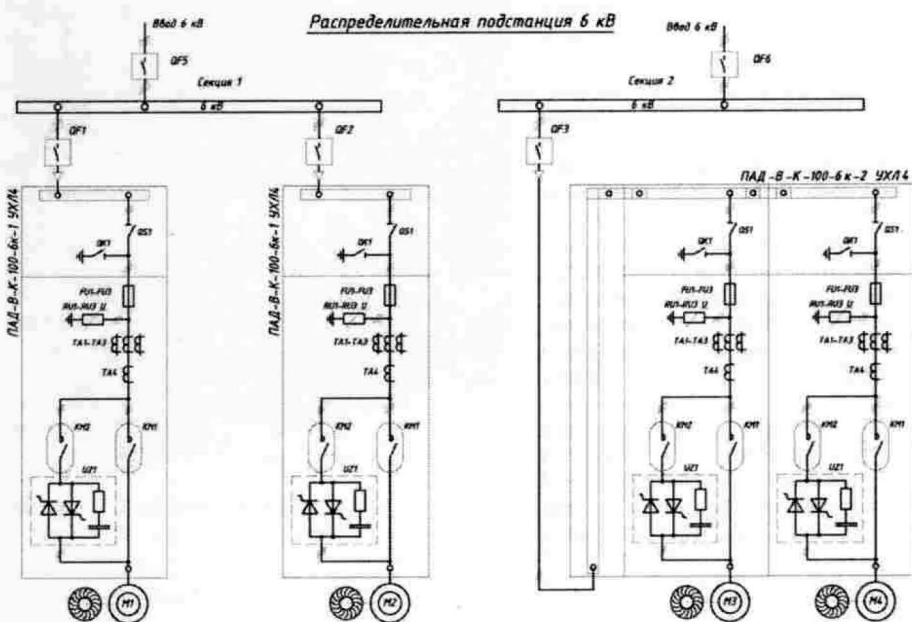


Рис. 2. Схема автоматизированного плавного пуска индивидуальных высоковольтных ЭП.

Список использованных  
источников

1. Тиристорный преобразователь для плавного пуска высоковольтных асинхронных двигателей / А.А. Ткачук, В.К. Кривовяз, В.С. Копырин, А.Ю. Силуков // Силовая электроника. 2007. № 1.

2. Высоковольтный тиристорный преобразователь напряжения для плавного пуска электродвигателя переменного тока / А.А. Ткачук, В.К. Кривовяз, В.Н. Яковлев, В.С. Копырин // В сб. трудов международной 14-й НТК «Электроприводы переменного тока» / УГТУ-УПИ. Екатеринбург, 2007.

3. Плавный пуск группы высоковольтных асинхронных электроприводов центробежных механизмов / А.А. Ткачук, В.К. Кривовяз, В.С. Копырин, А.Ю. Силуков // 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, В.К. Кривовяз, В.С. Копырин, А.Ю. Силуков // Силовая электроника. 2008. № 3.

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

7. Серия высоковольтных преобразователей для плавного пуска мощных электроприводов / А.А. Ткачук, В.К. Кривовяз // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 3: в 5 ч. Тула: Изд-во ТулГУ, 2010, ч.2.



Рис. 3. ПСД-В-К-200-6к-1.