

# Система плавного пуска высоковольтных электроприводов



А. А. ТКАЧУК,

главный конструктор по энергосберегающей технике, канд. техн. наук,

В. К. КРИВОВЯЗ,

технический директор

ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы», канд. техн. наук,

г. Екатеринбург, РФ

Тиристорные высоковольтные преобразователи напряжения (ТПН) используются 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 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 очередного плавного пуска всех двигателей группы электроприводов центробежных механизмов. В ЗАО «АСК» накоплен значительный опыт в разработке, производстве и применении высоковольтной системы на базе преобразователей типа ПАД-В-Г и ПСД-В-Г для плавного пуска группы высоковольтных асинхронных и синхронных двигателей соответственно (от 2 до 8).

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: муфте, редукторе и др.;
- уменьшаются электромагнитные уси-

лия в обмотках статора двигателя и, как следствие, повышается срок службы статора;

- исключаются гидравлические и пневматические удары в ЦМ и магистрали за счет 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 регулирования динамического момента преобразователи обладают рядом дополнительных возможностей. Происходит:

- автоматическое управление внешней коммутационной аппаратурой;
- измерение напряжения, тока, мощности и энергии электродвигателя;
- автоматическое форсирование напряжения (тока) при несостоявшемся запуске ЭП.

Кроме того, преобразователь:

- 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;

· выдает подробную информацию о состоянии ЭП на дисплей;

· имеет встроенный модуль передачи данных по шине PROFIBUS, в связи с чем обеспечивает простую и надежную интеграцию в автоматизированную систему управления технологическим процессом;

- имеет энергонезависимые часы реального времени и календарь для протоколирования ошибочных ситуаций.

Преобразователь оснащен комплексом защиты системы от:

- повышенного или пониженного напряжения сети;
- несимметрии напряжений и токов статора двигателя;

- неполнофазного режима работы;
- сверхтоков;
- замыкания на землю;
- коммутационных перенапряжений на тиристорах;
- дисбаланса вентильного каскада;
- перегрева и ухудшения вентиляции силового тиристорного модуля.

Также реализована система диагностики ряда параметров ЭП при плавном пуске. Параметрирование преобразователя, вывод основных величин и состояние ЭП осуществляется посредством встроенного модуля клавиатуры и дисплея. Вывод всей необходимой информации при плавном пуске и параметрирование преобразователя может быть осуществлено по сети PROFIBUS.

Типовая схема электроснабжения высоковольтных асинхронных ЭП центробежных механизмов с системой группового плавного пуска на базе высоковольтного ТПН типа ПАД-В-Г приведена на рис. 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. Ячейки обеспечивают коммутацию нормальных и аварийных токов двигателей, снабжены специализированными автоматическими устройствами защиты, диагностики и измерения электрических параметров. Учитывая значительное потребление реактивной мощности асинхронными двигателями как в рабочем режиме, так и при пуске, к каждой секции подключены статические компенсаторы реактивной мощности КРМ1 и КРМ2 на основе конденсаторных батарей.

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. таблицу);

микроконтроллерная система управления МПСУ с блоками управления БУ и высоковольтными выключателями QF1 – QF9 и контакторами KM1 – KM4;

четыре ячейки выбора двигателя ЯВД1 – ЯВД4 с вакуумными контакторами KM1 – KM4;

фильтр-компенсирующее устройство ФКУ для улучшения электромагнитной совместимости ТПН в момент пуска двигателей;

контроллер верхнего уровня КВУ для автоматизации пуска асинхронного ЭП центробежных механизмов.

четырёх высоковольтных АЭП центробежных механизмов.

Схема работает следующим образом. Допустим, требуется запустить двигатель М1. Силовая схема должна быть подготовлена, подведено напряжение к первой секции и к шкафу управления. Разъединители в ячейках необходимо установить в рабочее положение.

При автоматическом пуске из контроллера верхнего уровня поступают сигналы управления, а при ручном пуске оператор на шкафу управления устанавливает ключ выбора режима в положение «Плавный пуск М1» и нажимает кнопку «Пуск». При этом собираются цепи управления и контроля, участвующие в запуске двигателя М1: головной выключатель QF8, контактор KM1 в ячейке ЯВД1 и цепи технологических защит М1. Система управления преобразователя при положительном результате сборки схемы выдает управляющие импульсы на тиристорный преобразователь 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 (при этом скорость вращения АД близка к номинальной), система управления выполняет следующие команды: включает рабочий выключатель QF1 и тем самым шунтирует тиристоры преобразователя; снимает управляющие импульсы с тиристоров; выключает пусковой контактор KM1 в ЯВД1 и головной выключатель QF8. При успешном завершении пуска на шкафу управления загорается сигнальная лампа «Работа», а в КВУ посылается подтверждающий сигнал. Преобразователь ПАД-В-Г, головные выключатели и пусковые контакторы полностью отключены, а двигатель М1 запитан от штатной ячейки с вы-

Технические характеристики преобразователей

Номинальное напряжение сети, кВ	Параметры двигателя			Параметры преобразователя		
	Максимальная мощность, кВт	Номинальный ток, А	Максимальный ток, А	Габариты (ВхШхГ), мм	Тип для асинхронного двигателя	Тип для синхронного двигателя
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		ПАД-В-Г-400-6к	ПСД-В-Г-400-6к
	5000	630	1900	2400x3000x800	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		ПАД-В-Г-800-10к	ПСД-В-Г-800-10к

ключателем QF1. На дисплее системы управления индицируется готовность системы к следующему пуску.

Аналогично контроллер верхнего уровня или оператор выполняют 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, путем отключения рабочих выключателей в соответствующих ячейках. При установке ключа выбора режима «Прямой пуск» система плавного пуска выводиться из работы и возможен только прямой пуск двигателей непосредственно из сети.

Конструктивно преобразователи класса напряжения 3 кВ выполняются в одном шкафу. Преобразователи на напряжение 6 и 10 кВ выполняются в

нескольких шкафах. Применяется естественное охлаждение тиристоров, что увеличивает надежность преобразователя при эксплуатации в запыленных и влажных средах.

В настоящее время на предприятиях России и за рубежом ЗАО «АСК» реализовано несколько проектов системы группового плавного пуска асинхронных и синхронных двигателей центробежных механизмов с использованием высоковольтного преобразователя на напряжение от 0,25 до 3,2 МВт. 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 предприятий. Системы в полной мере соответствуют предъявляемым требованиям и положительно зарекомендовали себя в эксплуатации.

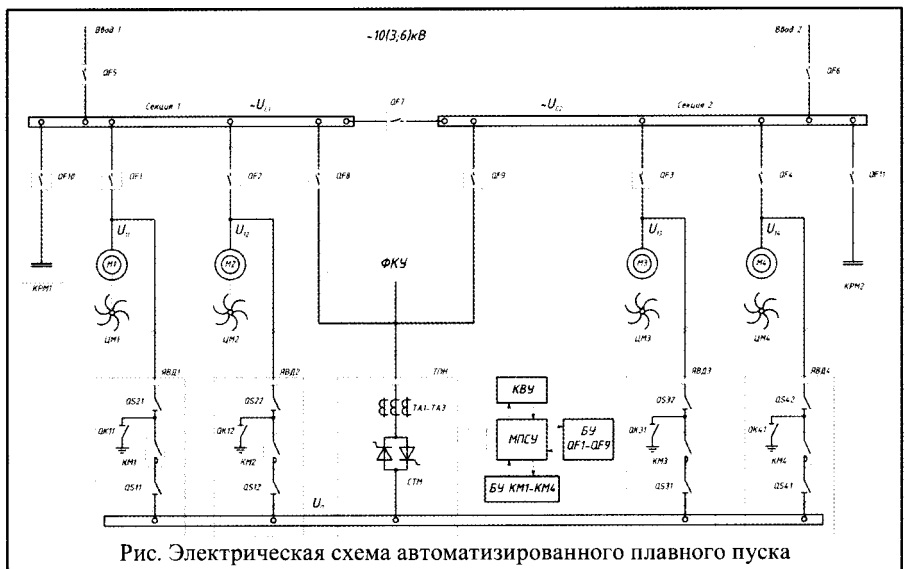


Рис. Электрическая схема автоматизированного плавного пуска