

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ типа ПАД-В ДЛЯ ПЛАВНОГО ПУСКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.А. Ткачук, А.Ю. Силуков, В.К. Кривовяз, ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы», г. Екатеринбург

На предприятиях различных отраслей промышленности, добывающего, перерабатывающего и горно-металлургического комплекса для электропривода механизмов находят применение высоковольтные асинхронные двигатели. Определенную группу механизмов составляют механизмы центробежного принципа действия: насосы, вентиляторы, турбокомпрессоры и т.п. Как правило, осуществляется прямой пуск электропривода этих механизмов. Прямой пуск характеризуется подачей полного напряжения сети в цепь статора двигателя при остановленном роторе. Подача полного напряжения от системы электроснабжения осуществляется при срабатывании высоковольтного контактора. Обратимся к электромеханической характеристике асинхронного двигателя на рис. 1, определяющей зависимость электромагнитного момента МЭМ двигателя от частоты вращения вала  $n$ .

Момент статического сопротивления (момент нагрузки) турбокомпрессора, насоса или вентилятора имеет квадратичную зависимость

от частоты вращения вала, поэтому пусковой момент таких механизмов составляет всего 15–20 % от номинального. Однако пусковой момент МП мощного асинхронного двигателя может достигать 180 % номинального МНОМ. А у некоторых высоковольтных двигателей погружных насосов, например типа ПЭДВ, пусковой момент в 4 раза превышает номинальный. Разница между электромагнитным моментом МЭМ двигателя и моментом статического сопротивления механизма МСТ называется динамическим моментом

$$M_{\text{дин}} = M_{\text{ЭМ}} - M_{\text{СТ}}$$

Как видно из диаграммы, динамический момент имеет очень большую величину – более 150 % от номинала, практически во всем диапазоне изменения частоты вращения от нуля до номинальной скорости. Именно динамический момент влияет на ускорение при разгоне привода и приводит к возникновению больших деформирующих нагрузок на кинематические звенья передачи механической мощности от двигателя к насосу: вал двигателя; муф-

та; шестерни редуктора; вал насоса; лопасти и т.д. Поэтому заводы-изготовители насосов предъявляют требования об ограничении их пусков из-за опасения снизить их надежность и долговечность. Кроме того, значительно влияние двигателя на систему электроснабжения из-за большого пускового тока, который превышает номинальный в 6–8 раз. Потери в двигателе пропорциональны квадрату тока и более чем в 40 раз могут превышать номинальные, что приводит к перегреву двигателя. Сегодня эта проблема особенно очевидна из-за длительной работы приводов насосного оборудования без их замены и серьезной реконструкции.

Известно несколько способов снижения динамического пускового момента. Рассмотрим способ пуска при подаче пониженного напряжения на статор двигателя. Обратимся к диаграмме на рисунке 2. Согласно теории электрических машин, электромагнитный момент двигателя пропорционален квадрату напряжения статора. Поэтому при снижении напряжения статора

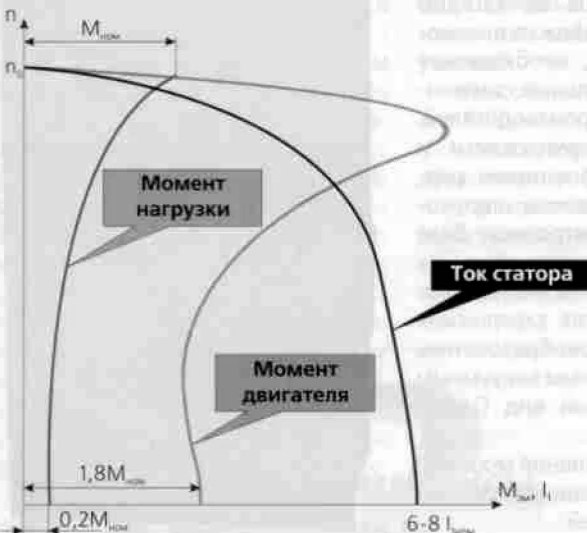


Рис. 1. Электромеханическая характеристика асинхронного двигателя

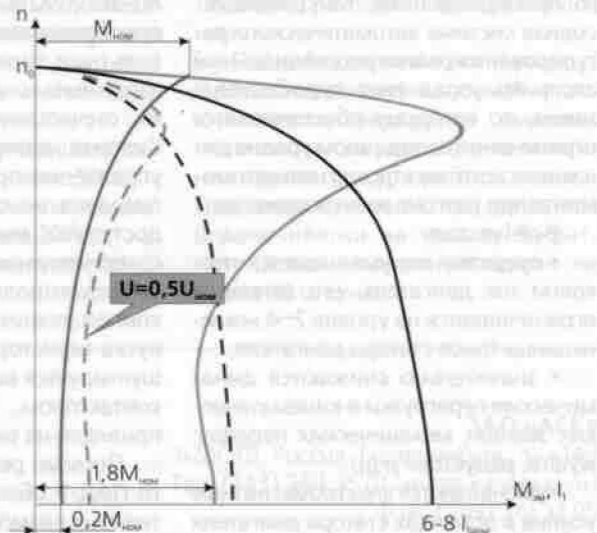


Рис. 2. Семейство электромеханических характеристик асинхронного двигателя при регулировании напряжения статора

в 2 раза получаем четырехкратное снижение момента. Регулируя напряжение в процессе пуска, можно достичь постоянства динамического момента на любом заданном уровне и тем самым обеспечивать требуемое ускорение и время пуска. Вследствие снижения напряжения снижается и пусковой ток. Практически для электроприводов насосов можно обеспечить плавный разгон с 2,5-кратным номинальным током не более чем за 50 секунд. На рисунке 3 представлены графики переходных процессов при плавном пуске двигателя с ограничением тока статора на уровне 2,5 номинального.

В настоящее время для плавного пуска высоковольтных асинхронных двигателей компрессоров, вентиляторов, насосов, воздуходувок и других механизмов центробежного принципа действия в подавляющем большинстве используется тиристорный преобразователь напряжения. Плавный пуск осуществляется формированием электромагнитного момента, развиваемого двигателем переменного тока, путем изменения напряжения и тока в обмотке статора двигателя. Регулирование тока достигается за счет управления основным потоком электрической энергии, которая поступает от источника питания силовых цепей к электродвигателю через мощные высоковольтные тиристорные ключи. Управление потоком электрической энергии во время пуска электропривода основано на фазовом способе регулирования выходного напряжения тиристорного преобразователя. Микропроцессорная система автоматического регулирования реализует специальный алгоритм управления преобразователем, по которому обеспечивается ограничение на заданном уровне динамического электромагнитного момента при разгоне электропривода.

В результате:

- существенно уменьшается пусковой ток двигателя, его величина ограничивается на уровне 2-4 номинальных токов статора двигателя;
- значительно снижаются динамические перегрузки в кинематических звеньях механических передач: муфте, редукторе и др.;
- уменьшаются электромагнитные усилия в обмотках статора двигателя и, как следствие, повышается срок службы статора за счет уменьшения

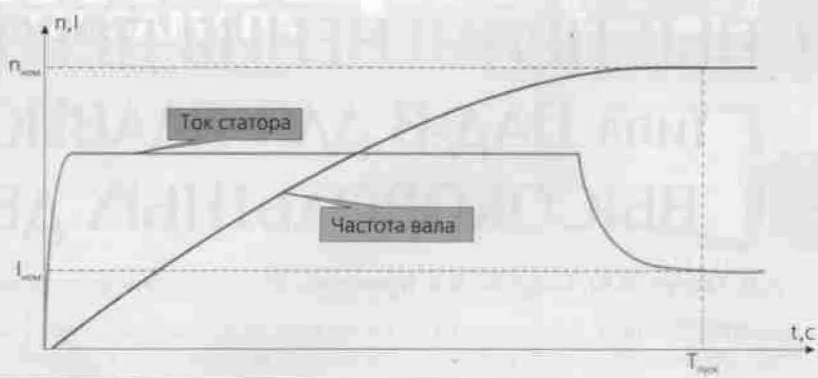


Рис. 3. Переходный процесс при плавном пуске двигателя

дрожания торцевых витков и разрушения изоляции обмотки;

- исключаются гидравлические удары в насосе и магистрали за счет исключения быстрого набора давления;
- улучшаются условия эксплуатации сопутствующего электротехнического оборудования: коммутационных аппаратов, трансформатора, кабельных линий и т.д.
- значительно снижаются потери электроэнергии в системе электропитания предприятия при пуске двигателей;
- уменьшаются посадки напряжения в сети при пуске двигателей;
- в целом применение плавного пуска приводит к повышению надежности и срока службы насосного оборудования.

ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы» разработан и изготовлен высоковольтный преобразователь для плавного пуска асинхронных двигателей типа ПАД-В-80-3к-1 УХЛ4. Вентильные каскады преобразователя содержат высоковольтные тиристоры, необходимые защитные и делительные элементы отечественных производителей. Система датчиков, диагностики и управления преобразователем реализована на современной широкодоступной микроэлектронной базе с применением однокристалльных микроконтроллеров и оптоволоконной техники. После завершения пуска тиристорный преобразователь шунтируется встроенным вакуумным контактором. Внешний вид ПАД-В приведен на рис. 4.

Помимо регулирования мощности ПАД-В обладает рядом дополнительных возможностей:

- формирование заданной траектории изменения напряжения или

тока статора асинхронного электродвигателя в функции времени;

- управление внешней коммутационной аппаратурой;
- измерение напряжения, тока, мощности и энергии в статорной цепи электродвигателя;



Рис. 4. Внешний вид ПАД-В

Таблица 1. Технические характеристики ПАД-В

№	Наименование параметра	Ед. изм	Величина
1.	Номинальное напряжение питающей сети	В	3000
2.	Число фаз		3
3.	Частота напряжения питающей сети	Гц	50
4.	Допустимое отклонение напряжения питающей сети от номинального	%	± 15
5.	Номинальный ток электродвигателя	А	80
6.	Диапазон ограничения пускового тока	А	40–400
7.	Диапазон регулирования выходного напряжения	%	0–100
8.	Питание цепей управления	В	≈ 220
9.	Режим работы		S2
10.	Пределы регулирования времени пуска	с	5–180
11.	Количество пусков с максимальным током		5 пусков подряд, после перерыв 10 минут
12.	Исполнение оболочки по ГОСТ 14254-80		IP31
13.	Климатическое исполнение		УХЛ4
14.	Габариты преобразователя (Ш x Г x В)	мм	800 x 600 x 2200

- автоматическое форсирование напряжения (тока) при несостоявшемся запуске электропривода;

- имеет защитную блокировку от ошибочных действий обслуживающего персонала;

- имеет обширный набор параметров, которые дают возможность конфигурирования для широких областей применения;

- имеет изолированные дискретные входы и выходы;

- выдает подробную информацию о состоянии на дисплей;

- имеет встроенный модуль передачи данных по шине PROFIBUS или MODBUS, в связи с чем обеспечивает простую и надежную интеграцию в АСУ насосной станции.

Преобразователь оснащен целым комплексом защиты и диагностики:

- защита от повышенного или пониженного напряжения сети;

- защита от несимметрии напряжений и токов статора двигателя;

- защита от не полнофазного режима работы;

- защита от сверхтоков;

- защита от коммутационных перенапряжений;

- защита от дисбаланса вентильного каскада;

- защита от перегрева и ухудшения вентиляции силового модуля ПАД-В.

Параметрирование преобразователя, вывод основных величин и состояние электропривода осуществляется посредством встроенного модуля клавиатуры и дисплея. Кроме того, вывод всей необходимой информации и параметрирование преобразователя может быть реализовано по сети PROFIBUS.

ПАД-В предназначен для работы под навесом и в закрытых помещениях при соблюдении следующих условий:

- высота над уровнем моря не более 1000 м;

- температура окружающего воздуха: от минус 25 °С до плюс 50 °С;

- относительная влажность воздуха – до 90 % при плюс 20 °С;

- рабочее положение в пространстве – вертикальное.

Не допускается использование ПАД-В во взрывоопасной среде, а также в среде, содержащей едкие пары и газы, разрушающие металлы и изоляцию. Преобразователь эксплуатируется при воздействии климатических факторов, соответствующих исполнению УХЛ, категории размещения 4, тип атмосферы II по ГОСТ 15150. ПАД-В функционирует и сохраняет свои параметры при воздействии механических факторов, соответствующих группе М6 условий эксплуатации ГОСТ 17516. ПАД-В является стационарным устройством и предусматривается к установке на полу отдельно или в составе КРУ. ПАД-В может применяться для пуска трехфазного асинхронного электродвигателя с номинальным напряжением до 3 кВ и номинальным током до 80 А.

В настоящее время преобразователь типа ПАД-В-80-3к-1 УХЛ4 эксплуатируется на насосной станции одной из шахт ОАО «Уралэлектромедь». Он используется для плавного пуска водонаполненного асинхронного двигателя типа ПЭДВ 250-320 В5М погружного насоса. Насос требуется для откачки воды из шахты глубиной более 150 м при превышении допустимого уровня. Требуется довольно частый пуск-останов насоса при номинальной нагрузке. При прямом пуске это приводит к быстрому износу насоса и двигателя. Ресурс работы двигателя значительно снижается. Замена двигателя или его ремонт весьма проблематичны, так как требуется подъем насоса из глубины, разборка трубопроводов и т.п.

По наблюдениям эксплуатирующего персонала насосной станции после внедрения системы плавного пуска удалось значительно поднять ресурс работы насоса. При этом пусковой ток двигателя ограничивался на уровне 3-кратного номинального за время не более 18 секунд.



ЗАО «АСК»  
 620049, Россия, Екатеринбург, а/я 148  
 Тел. (343) 369 95 01 (многоканальный)  
 Факс (343) 341 37 05  
 e-mail: asc@asc-ural.ru  
 http://www.asc-ural.ru