

СИСТЕМЫ БЕЗУДАРНОГО ПУСКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ПУСКЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ	2
УСТРОЙСТВО БЕЗУДАРНОГО ПУСКА И РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ УБПВД - С	3
УСТРОЙСТВО БЕЗУДАРНОГО ПУСКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ УБПДВ-В.....	4
СИСТЕМА БЕЗУДАРНОГО ПУСКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ УСТРОЙСТВ УБПВД	6
РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ОАО «ВНИИР», ПО СИСТЕМАМ БЕЗУДАРНОГО ПУСКА.....	9
ИНФОРМАЦИЯ ПО СИСТЕМАМ БЕЗУДАРНОГО ПУСКА МАГИСТРАЛЬНЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОАО «ТРАНСНЕФТЬ»	10
РЕФЕРЕНС - ЛИСТ	11

ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ПРЯМОМ ПУСКЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Прямой пуск высоковольтного электродвигателя сопровождается 6-8 кратным броском пускового тока, создающим ударный электромагнитный момент, передающийся через вал двигателя на приводимый в движение механизм. В течение 1,5 – 2 секунд этот момент содержит постоянную составляющую и вынужденную составляющую в виде знакопеременного момента с амплитудой до 4 номинальных моментов электродвигателя. Знакопеременный момент вызывает вибрации как самого электродвигателя, так и приводимого в движение механизма. Возникающие большие знакопеременные электродинамические усилия в обмотке статора вызывают смещение проводников друг относительно друга. В результате, ударные нагрузки приводят к разрушению и пробое изоляции обмоток статора электродвигателей, перегоранию межкатушечных соединений, обгоранию выводных концов, поломкам валов, соединительных муфт, редукторов и другим неполадкам. Нарушается ритмичность производства и снижается выпуск готовой про-

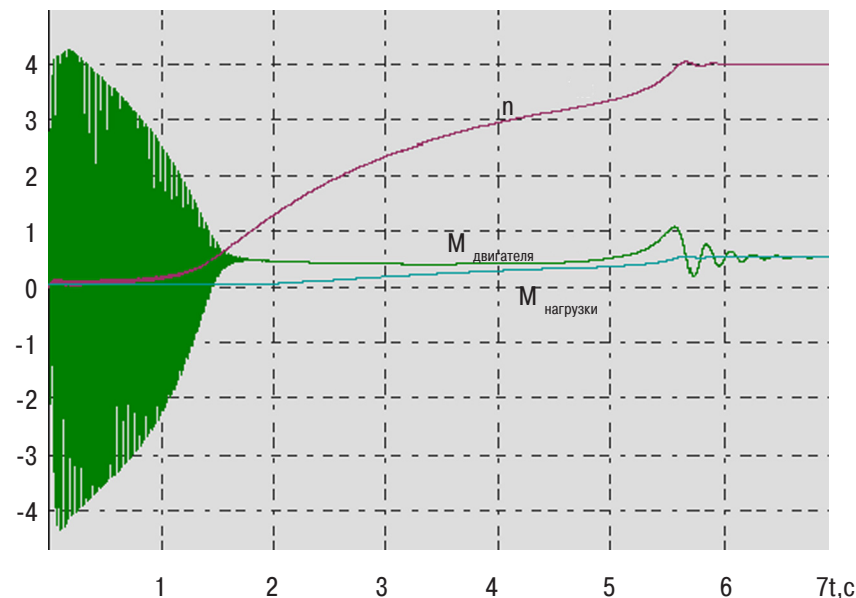


Рис. 1. Осциллограммы прямого пуска короткозамкнутого асинхронного электродвигателя 5000 кВт, 6 кВ, $I_{\text{пуск}} = 6I_{\text{ном}}$

дукции и. Предприятия несут большие затраты на ремонт вышедшего из строя оборудования.

На рисунке 1 приведены осциллограммы прямого пуска короткозамкнутого асинхронного электродвигателя 5000 кВт, 6 кВ, входящего в состав насосного агрегата. Как видно из рисунка, продолжительность пуска – 5,7 с при токе 6 $I_{\text{ном}}$, а знакопеременная составляющая пускового момента электродвигателя в начале переходного процесса достигает 4,0-4,1 Мном.

Ещё более неблагоприятны для электродвигателей пусковые режимы, продолжительность которых превышает 8-10 с. Обмотки электродвигателей помимо мощного электродинамического воздействия подвергаются интенсивному нагреву пусковыми токами. При этом выделяющееся тепло не успевая рассеяться в металле статора или ротора, вызывает резкое повышение температуры обмотки, что приводит к снижению уровня изоляции и авариям. Примером может служить авария асинхронного электродвигателя мощностью 8000 кВт, 6 кВ привода турбокомпрессора, продолжительность пуска которого составляла 12-14 с. После 45 пусков изоляция электродвигателя под воздействием ударных электродинамических и тепловых пусковых нагрузок практически разрушилась. Произошло межфазное короткое замыкание в пазовой части обмотки, а затем замыкание на землю в лобовых частях с возгоранием электродвигателя.

Так же неблагоприятно сказываются броски пускового тока на питающую сеть, приводя к большим просадкам напряжения, что отрицательно сказывается на устойчивости работы других потребителей. Нарушается нормальное течение технологических процессов, предприятия несут большие убытки из-за недо выпуска продукции.

Большие пусковые токи, потребляемые электродвигателями в момент их пуска, и связанные с этим глубокие посадки напряжения очень усложняют, а в ряде случаев делают невозможным пуск в работу двигателей в случае их электроснабжения от газотурбинных, дизельных или иных электростанций ограниченной мощности.

В связи с отмеченными моментами персонал предприятий, эксплуатирующий высоковольтные двигатели, старается обеспечивать

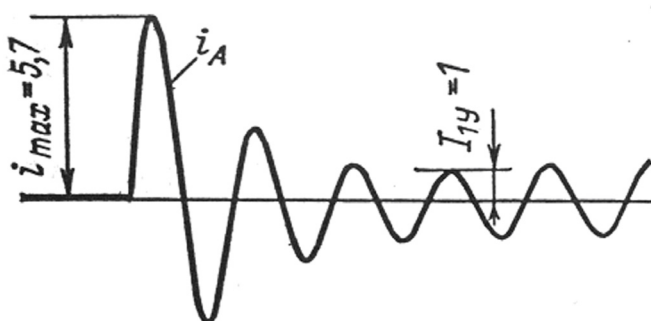


Рис. 2. Осциллограмма тока при подключении вращающегося двигателя на полное напряжения

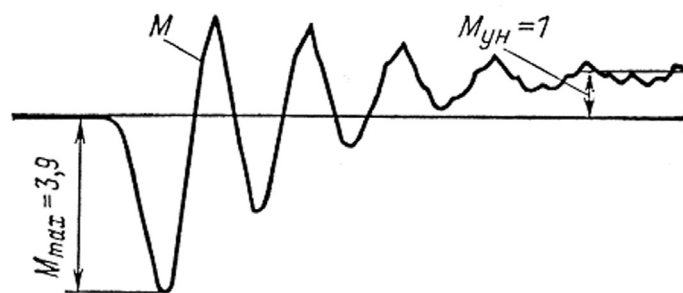


Рис. 3. Осциллограмма электромагнитного момента при подключении вращающегося двигателя на полное напряжение

их работу без остановов возможно более длительное время, даже когда указанное не требуется по технологии. А это, в свою очередь, приводит к значительному перерасходу электроэнергии.

Из-за неблагоприятного воздействия ударных пусковых моментов сокращается гарантированный срок службы агрегатов. Например, по данным ООО «Межрегиональное проектно-производственное объединение «РЕГИОТурбоКОМ» каждый пуск центробежного компрессора К-250 или К-500 с электродвигателями 1600 кВт и 3150 кВт сокращает срок службы агрегата на 50 часов, а у более мощных агрегатов - до 200 часов. Поэтому изготовители высоковольтных электродвигателей и приводимых ими в движение механизмов ограничивают число пусков до 50-60 в год, из-за чего компрессорные агрегаты с высоковольтными электродвигателями останавливают крайне редко, несмотря на технологические возможности, что приводит к неоправданному расходу электроэнергии. Остановка в ночное время на 8 часов, а также в выходные и праздничные дни компрессора К-250 дает годовую экономию электроэнергии свыше 3,5 миллиона киловатт часов (в зависимости от стоимости электроэнергии в регионе не менее 3-х миллионов рублей в год).

Проблема исключения ударных пусковых нагрузок, и, следовательно, повышения надёжности работы и снятия ограничения на число пусков и остановов агрегатов с высоковольтными электродвигателями, а так же снижения просадок напряжения может быть решена посредством применения разработанных в нашем институте устройств УБПВД для безударного пуска высоковольтных электродвигателей.

В зависимости от нагрузочной характеристики приводимого механизма могут использоваться два исполнения устройств:

УБПВД-В предназначено для пуска асинхронных и синхронных электродвигателей механизмов с «вентиляторной» характеристикой нагрузочного момента (центробежные насосы, компрессоры, вентиляторы);

УБПВД-С позволяет плавно запускать синхронные электродвигатели механизмов с большими статическими нагрузками и инерционными массами (мельницы, вентиляторные установки, экскаваторы и т. д.).

Для безударного пуска высоковольтных синхронных электродвигателей агрегатов с вентиляторной характеристикой нагрузки в зависимости от проблемы, которая решается, могут использоваться оба исполнения устройств безударного пуска. Исключение только ударных нагрузок решается применением устройства типа УБПВД-В. При этом пусковой ток в конце разгона достигает величины 2,5 номинального тока двигателя. Если нужно ограничить и ударные нагрузки, и обеспечить значение пускового тока на уровне не более 1,0-1,5 номинального тока двигателя (например, при питании от источника ограниченной мощности) рекомендуется применять более сложное и дорогое устройство УБПВД-С.

В последнее время некоторые производители предлагают систему запуска высоковольтных электродвигателей с использованием разгонного низковольтного электродвигателя. Маломощный низковольтный электродвигатель разгоняет компрессорный агрегат до некоторой промежуточной скорости, после чего высоковольтный электродвигатель подключается напрямую в сеть 6 или 10 кВ. Такая система не решает проблему ударных пусковых нагрузок. При подаче напряжения на вращающийся невозбуждённый электродвигатель бросок тока, а, следовательно, ударные воздействия сохраняются, но становятся менее продолжительными. Это подтверждается осциллограммами тока (рис.2) и момента (рис. 3) при включении вращающегося асинхронного электродвигателя со скольжением 3,4% (А.В. Иванов-Смелянский. Электрические машины. М. Энергия, 1980.)

УСТРОЙСТВО БЕЗУДАРНОГО ПУСКА И РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ УБПВД – С

Устройство УБПВД-С предназначено для осуществления частотного пуска синхронных электродвигателей, используемых в качестве привода исполнительных механизмов с тяжелыми условиями пуска, таких как шаровые мельницы, турбокомпрессоры большой единичной мощности, вентиляторы с большими инерционными массами, насосы-компрессоры с большим начальным моментом сопротивления. Оно выполнено по схеме с зависимым тиристорным инвертором тока и обеспечивает пусковой ток запускаемого электродвигателя, не превышающий 1-1,5 значения его номинального тока. Двухконтурная система регулирования устройства осуществляет включение в широкий интервале времён пуска с формированием требуемой траектории разгона.

На рис.4 приведена упрощенная электрическая схема устройства УБПВД-С, которое включает в себя трёхфазный токоограничивающий реактор ТОР, трехфазный высоковольтный тиристорный выпрямитель В, сглаживающий реактор СР и зависимый тиристорный инвертор И. Цифровая система управления устройства выполнена на основе сигнального процессора.

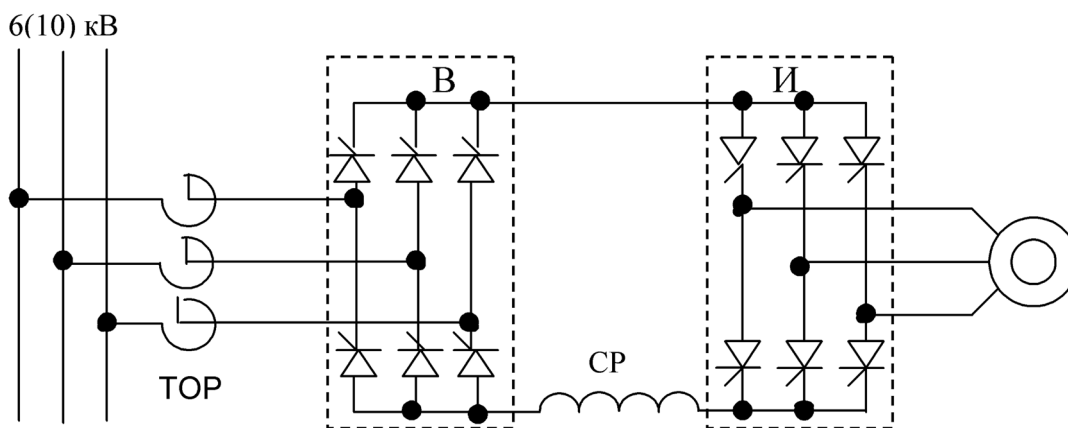


Рис. 4. Схема устройства УБПВД-С

Устройством УБПВД-С двигатель запускается в режиме регулирования частоты с включённым возбуждением. До частоты 5 Гц осуществляется принудительная коммутация тиристоров инвертора и прерыванием тока тиристорами выпрямителя В. В дальнейшем ЭДС двигателя становится достаточной для коммутации тиристоров инвертора и последний переходит в режим естественной коммутации.

Устройство УБПВД-С обеспечивает максимальную надёжность и качество при эксплуатации электромеханической системы вследствие наличия набора защит от недостаточного для разгона электродвигателя пускового тока, короткого замыкания в системе, электрической перегрузки в системе, превышения напряжения, обрыва фазы, неправильного чередования фаз, а так же защиту от провалов напряжения сети. В устройстве УБПВД-С реализованы функции логического контроллера и возможность программных заданий настроек параметров устройства. Пользователь может осуществлять программную коррекцию регуляторов, выбирать кривую пуска, ограничение тока, время разгона, аварийный останов и формировать траекторию торможения. Устройство УБПВД-С легко встраивается в разработанную систему поочерёдного пуска высоковольтных двигателей, выполненную на базе промышленного контроллера. Алгоритмические решения дискретного и параметрического управления насосными агрегатами в функции давления в трубопроводе и отличительные особенности разработанного устройства УБПВД-С являются оптимальными для применения в системах плавного пуска и регулирования насосных агрегатов.

При обеспечении усиленного охлаждения силовых модулей устройство УБПВД-С может быть так же использовано для регулирования скорости высоковольтных синхронных двигателей в диапазоне скоростей от 15% до 100%. При этом для механизмов с вентиляторной характеристикой нагрузочного момента электродвигатель должен иметь запас мощности 20-25% по отношению к мощности требуемой механизмом, а для электродвигателей механизмов с нагрузочным моментом независимым от скорости (шаровые мельницы, нагруженные конвейеры и другие механизмы) требуется дополнительное охлаждение. Система регулирования скорости на базе устройства УБПВД-С с зависимым инвертором тока, в котором используются тиристоры с фазовым управлением, в 3-5 раз дешевле преобразователей частоты на базе IGBT или IGCT приборов, менее сложная, а следовательно, более надёжная.

Применение системы автоматического управления с УБПВД-С в режиме регулирования скорости обеспечивает:

- снижение энергопотребления насосных установок до 30%;
- снижение аварийности систем трубопроводов, за счёт стабилизации давления и исключения гидроударов;
- повышение надёжности работы оборудования насосных установок вследствие значительного сокращения количества пусков насосных агрегатов, а также отказа от использования запорной арматуры в качестве регулирующей;
- повышается качество продукта, получаемого на регулируемых мельничных агрегатах.

**УСТРОЙСТВА УБПВД-С ЗАЩИЩЕНЫ СВИДЕТЕЛЬСТВОМ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ.
СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ №ССВЭ RU.M064.H.00672.**

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВ УБПВД - С:

Тип устройства	Номинальное напряжение (линейное), кВ	Максимальная мощность запускаемого двигателя, кВт	Номинальный ток устройства, А	Типовой размер устройства
УБПВД-С-6-200 УХЛ4	6	1600	200	1500
УБПВД-С-6-500 УХЛ4		4000	500	
УБПВД-С-6-800 УХЛ4		6300	800	
УБПВД-С-6-1250 УХЛ4		10000	1250	
УБПВД-С-10-200 УХЛ4	10	2500	200	2x1825
УБПВД-С-10-500 УХЛ4		6300	500	
УБПВД-С-10-800 УХЛ4		10000	800	
УБПВД-С-10-1250 УХЛ4		12500	1250	

УСТРОЙСТВО БЕЗУДАРНОГО ПУСКА УБПВД - В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Устройство УБПВД-В предназначено для безударного плавного пуска высоковольтных асинхронных и синхронных электродвигателей механизмов с «вентиляторной» (квадратично зависимой от скорости) характеристикой нагрузочного момента (центробежные компрессоры, насосы, вентиляторы, дымососы, эксгаустеры и другие аналогичные механизмы). Устройство, выполненное по принципу тиристорного регулятора напряжения (рис. 5), обеспечивает ограничение скорости нарастания и значения пускового тока электродвигателя изменением углов отпирания тиристоров через систему импульсно-фазового управления (СИФУ). В течение заданного времени пуска электродвигателя происходит плавное нарастание напряжения на обмотках статора от нуля до номинального значения. Пусковой ток увеличивается плавно с заданным токоограничением, не создавая ударных электромагнитных моментов, отрицательно сказывающихся на электродвигателе и механизме. Устройство УБПВД-В обеспечивает следующие виды защит:

- максимально-токовая от превышения заданного значения пускового тока и коротких замыканий;
- время-токовая от перегрузки силовых тиристоров;
- от затягивания времени пуска двигателя;
- от неполнофазного пуска и недопустимой асимметрии фазных токов;
- от неисправности тиристоров главных цепей.

В устройствах УБПВД - В предусмотрены 4 регулируемые, программно выбираемые уставки начального токоограничения с равномерной шкалой от 1,0 до 4,0 Iном.

В устройстве предусмотрена связь по высокопроизводительному интерфейсу RS-485 для возможности дистанционного управления от АСУ ТП. Использование удобного пользовательского интерфейса обеспечивает максимально-улучшенные сервисно-эксплуатационные характеристики устройства.

Устройства УБПВД-В изготавливаются в трех конструктивных вариантах: шириной 1500 (1875) мм и 750 мм (рис.6, 7). Компактный вариант шириной 750 мм рекомендуется использовать при отсутствии свободных площадей на действующих установках и в других аналогичных случаях.

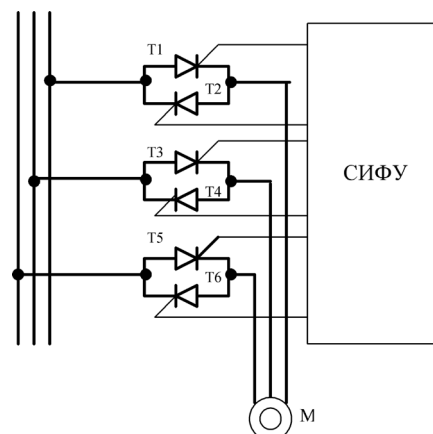


Рис. 5. Схема устройства УБПВД- В



Рис. 6. УБПВД-В-6-(125-400) УХЛ4
(компактный вариант шириной 750 мм)



Рис. 7. УБПВД-В-6 (10)-(125- 1250) УХЛ4
вариант шириной 1500 (1875) мм

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВ УБПВД - В:

Тип устройства	Номинальное напряжение (линейное), кВ	Максимальная мощность запускаемого двигателя, кВт	Номинальный ток, А	Максимальный ток главных цепей в течение не более 60 с, А	Типовой размер устройства
УБПВД-В-6-125 УХЛ4	6,0; 6,3; 6,6	1000	125	350	750(1500)
УБПВД-В-6-250 УХЛ4		2000	250	750	750(1500)
УБПВД-В-6-400 УХЛ4		3150	400	1400	750(1500)
УБПВД-В-6-630 УХЛ4		5000	630	1800	1500
УБПВД-В-6-800 УХЛ4		6300	800	2500	1875
УБПВД-В-6-1250 УХЛ4	10,0	10000	1250	3400	1875
УБПВД-В-10-125 УХЛ4		1600	125	350	1500
УБПВД-В-10-250 УХЛ4		3150	250	750	1500
УБПВД-В-10-400 УХЛ4		5000	400	1400	1500
УБПВД-В-10-630 УХЛ4		8000	630	1800	1875
УБПВД-В-10-800 УХЛ4		12500	800	2500	1875

СИСТЕМА БЕЗУДАРНОГО ПУСКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ УСТРОЙСТВ УБПВД

С целью снижения затрат разработана и успешно эксплуатируется система безударного пуска (СБП) от одного устройства УБПВД нескольких электродвигателей, подключенных к одной или нескольким секциям шин. СБП позволяет осуществлять как прямой, так и поочередный безударный пуск любого выбранного электродвигателя под управлением контроллера, который исключает возможность аварийных ситуаций, связанных с ошибочными действиями оперативного персонала. Применение СБП позволяет получить существенную экономию по сравнению с вариантом запуска каждого электродвигателя от индивидуального устройства УБПВД. Например, при запуске 4-х электродвигателей использование СБП обеспечивает сокращение затрат на плавный пуск одного электродвигателя почти в 3 раза.

СБП работает по командам с пульта управления и местного поста управления агрегатами. Контроллер обеспечивает необходимую последовательность пусковых операций, требуемые законы нарастания тока и разгона электродвигателя, необходимые защиты и блокировки. На мнемосхеме, расположенной на пульте управления, отражается текущее состояние высоковольтных выключателей и электродвигателей, а на дисплее – рекомендации для персонала, осуществляющего пуск. Для реализации пульта управления могут быть использованы ЖК-дисплей с клавиатурой и светодиодной мнемосхемой, сенсорная панель оператора с цветным дисплеем или персональный компьютер (рис.8-10).



Рис. 8. Пульт управления с жидкокристаллическим дисплеем



Рис. 9. Пульт управления на базе сенсорной панели оператора



Рис. 10. Пульт управления на базе персонального компьютера

Все происходящие в СБП события, в том числе изменения состояния коммутационных аппаратов и срабатывания защит, фиксируются в памяти пульта управления и могут быть выведены на экран в текстовом виде с указанием времени появления события, что позволяет быстро определить причины отключения, найти неисправность в системе и устранить ее.

СБП может осуществлять поочередный пуск практически любого количества двигателей от одного устройства УБПВД в пределах одного распределительного устройства 6 (10) кВ. Вариант системы на базе устройства УБПВД-В для пуска четырех электродвигателей, подключенных к двум секциям шин, приведен на рис. 11, где приняты следующие обозначения:

У- устройство безударного пуска УБПВД-В;
M1... M4 – запускаемые электродвигатели;
Q1.1...Q1.4 – рабочие высоковольтные выключатели;
QF1, QF2 – пусковые высоковольтные выключатели;
KA1...KA4 – пусковые высоковольтные коммутационные аппараты (разъединители с моторным приводом РВУ, высоковольтные контакторы или выключатели).
ШК – шкаф автоматики на базе программируемого контроллера;
ПУ – пульт управления.

Например, безударный пуск двигателя M1 происходит в следующей последовательности.

Если все предпусковые условия выполнены, на дисплее появляется информация «Пуск разрешен» и оператор нажатием кнопки «Пуск» активизирует алгоритм безударно-

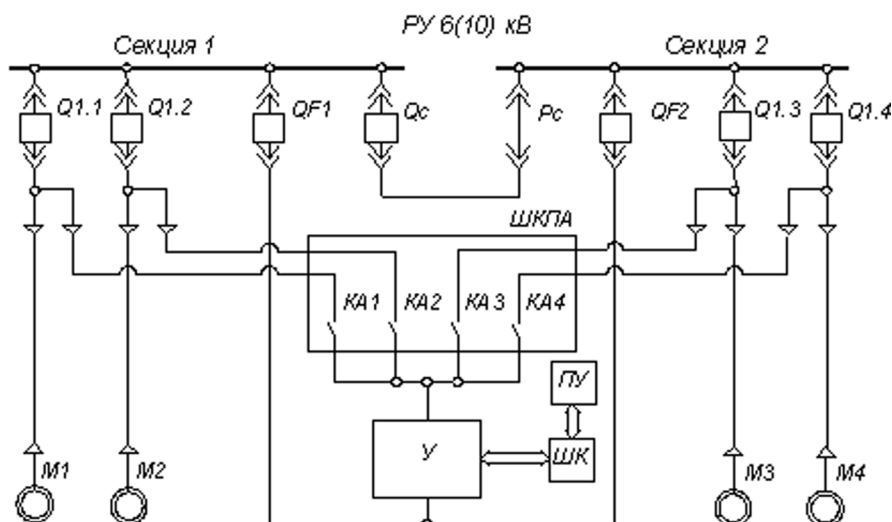


Рис. 11. Однолинейная схема системы безударного пуска на базе устройства УБПВД-В

го пуска двигателя М1:

- включается коммутирующий аппарат КА1 и двигатель М1 подключается к выходу устройства У;
- включается головной выключатель QF1 и устройство У подключается к секции 1 сборных шин, производится самотестирование элементов силовой цепи устройства УБПВД-В под рабочим напряжением. При положительном результате теста отпираются тиристоры устройства У, и начинается разгон двигателя;
- по окончании разгона пусковой ток снижается до величины, определяемой фактической нагрузкой двигателя, включается рабочий выключатель Q1.1, запираются тиристоры и устройство У выключателем QF1 отключается от секции 1. Так же отключается коммутирующий аппарат КА1.

На этом процесс пуска завершается, а СБП готова к пуску следующего двигателя.

На рис. 12 приведена схема СБП на базе устройства УБПВД-С, используемая для поочередного пуска 6 мельничных агрегатов.

На схеме приняты следующие обозначения:

У – устройство безударного пуска УБПВД-С;

М1 – М6 – запускаемые электродвигатели;

Q1 – Q6 – рабочие двигательные ячейки;

QF1 – QF2 – пусковые головные ячейки для подключения устройства УБПВД-С к секции шин, от которой питается запускаемый электродвигатель;

PBU1 – PBU6 – разъединители с моторным приводом, устанавливаемые в шкафах ШРВУ1 – ШРВУ2;

РТ – реактор токоограничивающий;

РС – реактор сглаживающий;

ВК – выключатель, обеспечивающий бестоковую коммутацию разъединителей в шкафах ШРВУ1 – ШРВУ2;

Qш – шунтирующий выключатель;

ШК – шкаф контроллера;

ПУ – пульт управления.

Контроллер, управляющий системой пуска, принимает команду на пуск заданного электродвигателя и включает его возбудитель.

Далее последовательно включаются аппараты ВК, соответствующий двигателю разъединитель РВУ и головной выключатель QF. После подтверждения их включения и наличия тока возбуждения двигателя контроллер выдает команду на пуск мельницы в систему управления устройства У. Система управления анализирует состояние устройства У, в том числе исправность тириستоров и состояние защит, обеспечивает пуск электродвигателя до синхронной скорости. При достижении двигателем синхронной скорости и минимизации разности фаз между напряжением сети и ЭДС двигателя устройство УБПВД-С шунтируется выключателем Qш, подключая двигатель через токоограничивающий реактор к сети. После втягивания двигателя в синхронизм включается соответствующий рабочий выключатель, и двигатель подключается к сети напрямую. Участвовавшие в пуске аппараты отключаются в следующем порядке: головная ячейка QF, выключатели ВК и Qш и последним разъединитель РВУ.

СБП имеют ряд преимуществ перед аналогичными системами других изготовителей:

- повышенное удобство обслуживания, так как в устройствах УБПВД тиристоры расположены в выкатных силовых высоковольтных блоках;

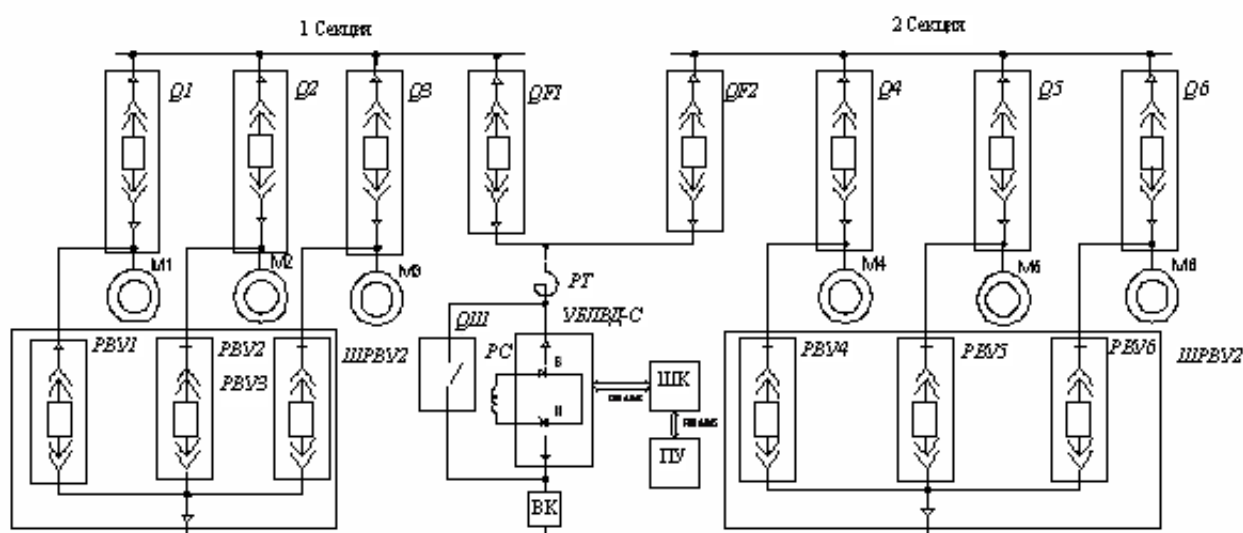


Рис. 12. Схема СБП на базе устройства УБПВД-С для 6 мельничных агрегатов

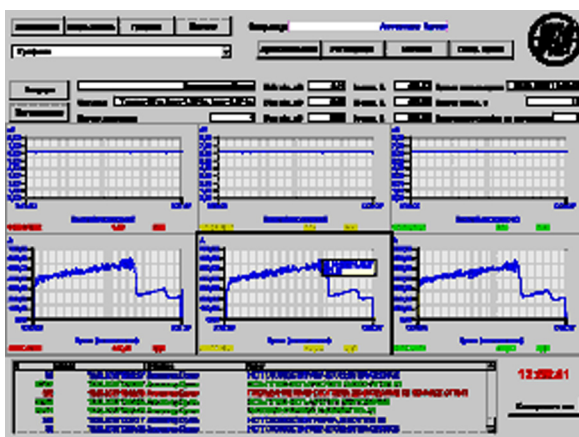


Рис. 13. Мнемосхема СБП на экране дисплея

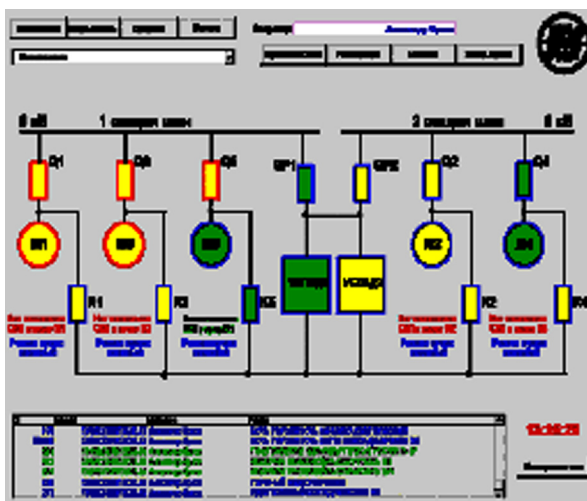


Рис. 14. Осциллограммы пусковых токов и напряжений на экране дисплея



Рис. 15. Системы безударного пуска в блок-боксе

- испытание и наладка каждого изготовленного устройства производится совместно с высоковольтными синхронными и асинхронными двигателями на испытательной базе института, что значительно снижает необходимое время для пуско-наладочных работ и повышает надёжность;

- дизайн элементов СБП соответствует современным требованиям.

СБП выполнены на современной элементной базе с применением высокопроизводительных сигнальных процессоров, передовой технологии поверхностного монтажа и обеспечивают:

- возможность формирования траектории разгона и торможения электродвигателя;

- реализацию гибких алгоритмов управления;

- широкий набор функций управления и максимально удобный пользовательский интерфейс, использующий графический дисплей (рис. 13), функциональную клавиатуру управления, светодиодную диагностику;

- удаленный доступ к устройству по высокопроизводительному интерфейсу RS485, что позволяет использовать СБП в составе АСУТП;

- оценку влияния системы плавного пуска на энергосистему предприятия посредством использования функции цифрового осциллографа (рис. 14);

- качественный и количественный анализ работоспособности агрегатов и механизмов с использованием осциллограмм пусков и журнала регистрации событий (дата последнего пуска, максимальный ток последнего пуска, общее время разгона, общее количество пусков). Отмеченное позволяет определить необходимость проведения ремонтных мероприятий;

- широкий набор функциональных защит.

Поставка СБП может осуществляться в блок-боксе с отоплением, освещением и вентиляцией (рис. 15). В этом случае оборудование поставляется ошинованным, с монтажом вторичных соединений между элементами системы, в состоянии полной заводской готовности, что существенно упрощает его монтаж.

Накоплен опыт эксплуатации СБП на кустовых и дожимных насосных станциях, насосных станциях водоканалов, компрессорных станциях. Успешно эксплуатируется СБП четырёх синхронных электродвигателей 8 МВт, 10 кВ насосов транспортировки нефти.

Окупаемость систем безударного пуска электродвигателей, как



Рис. 16. Шкаф ШРВУ

показал опыт эксплуатации, не превышает одного года- полутора лет.

Разработанные ОАО «ВНИИР» дистанционно управляемые разъединители серии РВУ (сертификат соответствия № ССВЭ RU.M064. Н.00857) и малогабаритное (750х1100х2200 мм) устройство УБПВД-В позволили существенно уменьшить стоимость и габариты СБП. Разъединитель с габаритными размерами 406х748х360 мм заменяет ячейку КСО с вакуумным контактором КВТ10-4/400 и двумя разъединителями РВЗ с размерами 750х2200х1100мм. В результате для размещения коммутационной пусковой аппаратуры систем 4-х электродвигателей вместо 3,3м² требуется 1,375 м² (без учёта коридора обслуживания). От 2 до 4 разъединителей монтируются в шкафу ШРВУ (рис.16) с габаритами 1250х1100х2200 мм. Это особенно важно при модернизации и размещении системы безударного пуска в блок-контейнерах. Стоимость коммутационной аппаратуры уменьшается в 1,5 раза.

РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ОАО «ВНИИР» ПО СБП

ОАО «ВНИИР» осуществляет весь цикл работ по системам безударного пуска. Проводятся предпроектные исследования и оформляется опросный лист на СБП. Это позволяет учесть особенности запускаемых агрегатов и источника питания (энергосистема или автономная электростанция), возможность использования в системе безударного пуска имеющегося у заказчика оборудования, наличие свободных площадей для размещения оборудования системы и другое. На основании полученных данных заказчику направляется технико-коммерческое предложение, в котором излагается техническая сущность рекомендуемой СБП, приводится перечень поставляемого оборудования, его стоимость, условия и сроки поставки. При заключении договора на поставку заказчику направляются на согласование подробные технические требования к СБП, являющиеся неотъемлемой частью договора. ОАО «ВНИИР» разрабатывает принципиальную схему СБП, схему соединений, перечень элементов и кабельный журнал с перечислением рекомендуемых кабелей. Эта документация в кратчайшие сроки передаётся заказчику.

Изготовленное оборудование СБП проходит тщательную наладку и испытания на высоковольтных электродвигателях, имеющихся на испытательной базе ОАО «ВНИИР». Специалисты института выполняют шеф-монтаж, пусконаладочные работы и сдают СБП под ключ заказчику.

В ОАО «ВНИИР» разработана цифровая компьютерная модель системы безударного пуска. На модели могут быть получены основные характеристики процесса разгона электродвигателя: пусковой ток, вращающий момент, время разгона. Полученные результаты моделирования позволяют выбрать оптимальные значения пускового тока и времени разгона, а заказчику убедиться в эффективности предлагаемой системы безударного пуска.

Пример результата моделирования пуска агрегата с высоковольтным электродвигателем приведён на рис.17. Как видно из приведённой осциллограммы, нарастание пускового тока до тока трогания 1,33 номинального происходит без удара за время 0,3 с, дальнейший рост тока до 2,4 номинального в течение 10 с осуществляется линейно с небольшой скоростью, что так же исключает возникновение ударных нагрузок.

Для обеспечения квалифицированного обслуживания СБП во время эксплуатации проводится обучение обслуживающего персонала. Программа обучения предусматривает ознакомление с теоретическими основами использования силовой полупроводниковой техники для управления пуском, остановом и регулированием скорости синхронных и асинхронных электродвигателей, устройством и принципом работы УБПВД-В и УБПВД-С, СБП. Слушатели получают необходимые сведения по вводу в эксплуатацию и обслуживанию СБП, а так же приобретают практические навыки работы с устройствами и системами безударного пуска.

ОАО «ВНИИР» осуществляет гарантийное и постгарантийное сервисное обслуживание СБП.

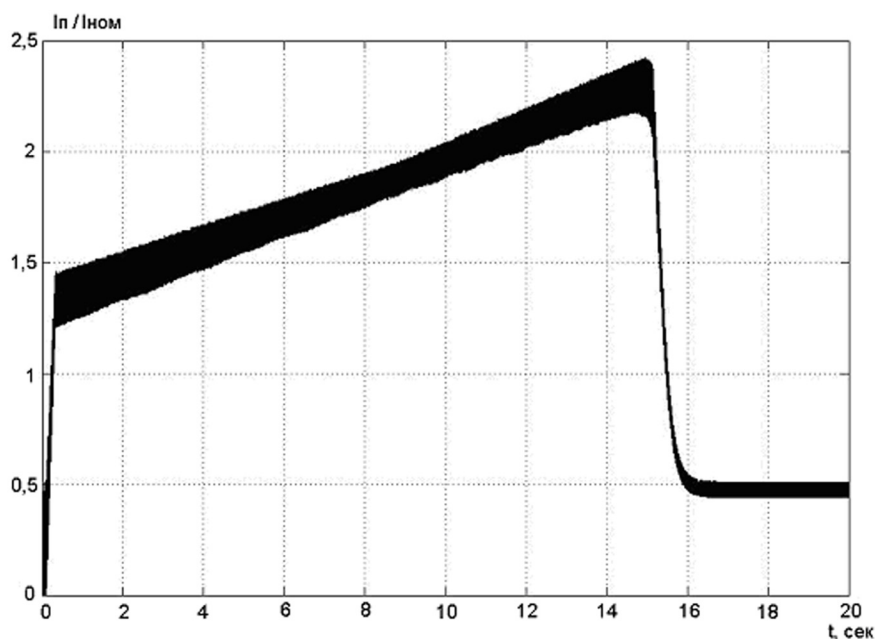


Рис. 17. Пример результата моделирования пуска агрегата с высоковольтным электродвигателем

ИНФОРМАЦИЯ ПО СИСТЕМАМ БЕЗУДАРНОГО ПУСКА МАГИСТРАЛЬНЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОАО «Транснефть»

В июле 2004г были проведены успешные приёмочные испытания опытного образца системы плавного пуска высоковольтных синхронных двигателей СТД-8000-2 (10 кВ, 8000 кВт) для привода магистральных насосных агрегатов НПС «Поповка» Бугурусланского РНУ ОАО «Приволжскнефтепровод». После проведения в течение опытно-промышленной эксплуатации 41 успешного пуска приказом по ОАО «Транснефть» система безударного пуска введена в промышленную эксплуатацию в сентябре 2004 г..

Реализация указанного проекта является уникальной и не имеет аналогов в России. Основными факторами для успешной реализации проекта послужили оптимальный выбор элементов системы (устройство плавного пуска УБПВД-В, управляющий контроллер системы) возможность обеспечения повышенных технических требований компании «АК Транснефть», качество и надёжность компонентов системы, наличие функций самотестирования, удачные алгоритмические решения. СБП эффективно встраивается в существующую конструкцию НПС «Поповка» и удовлетворяет жёстким технологическим требованиям насосно-перекачивающих станций «АК Транснефть». СБП позволяет обеспечить поочерёдный плавный пуск 4 насосных агрегатов, уменьшить пусковые токи электродвигателей, исключить гидравлические удары в трубопроводе, улучшить условия эксплуатации токопроводящего электрооборудования, обеспечить возможность рационального и экономичного её использования. Применение высокопроизводительного контроллера позволило оптимальным образом реализовать алгоритм управления СБП, обеспечить возможность мониторинга и контроля процесса пуска, архивации событий нижнего уровня, реализации функций хранения и отображения исторических трендов по данным измерений, организацию журнала регистрации событий.

ОАО «ВНИИР» по проекту ОАО «Гипротрубопровод», г. Москва, который был разработан с участием нашего института, изготовил для Балтийской трубопроводной системы 4 СБП магистральных насосных агрегатов для НПС «Сестрорецкая», «Быково», «Песь» и «Правдино», которые введены в эксплуатацию. Изготовлены, отгружены и введены в эксплуатацию 3 СБП для Северных магистральных нефтепроводов (НПС «Уса», «Таёжная» и «Печора»)

Совместно с институтом «Сибнефтьтранспроект» разработаны системы безударного пуска для 8 НПС Красноярского РНУ ОАО «Транссибнефть». Всё оборудование систем безударного пуска по этим проектам изготовлено ОАО «ВНИИР», принято представителями ОАО «Транссибнефть» и отправлено на НПС.

ОАО «ВНИИР» так же тесно сотрудничает с ОАО «Самарагипротрубопровод», совместно с которым разработан и реализован проект системы безударного пуска электродвигателей СТДП8000 (8000 кВт, 10 кВ) для НПС «Лазарево» СЗМН.

Введена в эксплуатацию система безударного пуска 4-х магистральных насосных агрегатов с электродвигателями СТДП5000 НПС «Филино» ОАО «Верхневолжскнефтепровод». Для этого трубопровода изготавливаются системы безударного пуска для 3-х насосно-перекачивающих станций.

Продолжаются работы по системам безударного пуска второй и третьей очереди Балтийской трубопроводной системы и НПС «Нурлино» ОАО «Уралсибнефтепровод».

ПРОТОКОЛ

приемочных испытаний опытного образца устройства плавного пуска высоковольтных синхронных двигателей для привода магистральных насосных агрегатов, установленного на БКНС «Поповка» Бугуруслановского РНУ ОАО «Приволжскнефтепровод»

15.07.2004

НПС «Поповка»

Комиссия в составе:

Председатель комиссии:

Фокин В.П. - главный энергетик ОАО «АК «Транснефть»;

Заместитель председателя комиссии:

Дышин И.А. - главный инженер ОАО «Приволжскнефтепровод»;

Члены комиссии:

Закраевский В.В. - главный энергетик ОАО «Приволжскнефтепровод»;

Голованов А.В. - начальник отдела АСУ ОАО «Приволжскнефтепровод»;

Алиев А.А. - главный энергетик ОАО «Сибнефтепровод»;

Гололобов В.И. - главный энергетик ОАО «МН Дружба»;

Аиткулов Ф.Ф. - зам. генерального директора ОАО «Нефтеавтоматика»;

Богданов Н.С. - начальник отдела технического развития ОАО «Нефтеавтоматика»;

Вишневский В.И. - зам. заведующего отделом электропривода ОАО «ВНИИР»;

Королев Л.П. - инспектор Бугульминского филиала ФГУ Татгосэнергонадзора России

Устройство УБПВД выдержало испытания и рекомендуется для применения на объектах ОАО «АК «Транснефть».

Председатель комиссии:

главный энергетик ОАО «АК «Транснефть»



Фокин В.П.

РЕФЕРЕНС-ЛИСТ (на 09.2006 г.)

№	заказчик	оборудование	год
1.	ОАО «Татнефть»	Электродвигатель 630 кВт, 6 кВ насосного агрегата	2001
2.		9 электродвигателей 630 кВт, 6 кВ насосных агрегатов	2002
3.	ОАО «ВостокСибэлектромонтаж» Республика Саха	4 электродвигателя 6 кВ насосов водоснабжения	2001
4.		6 электродвигателей 6 кВ насосов водоснабжения	
5.	ОАО «Юганскнефтегаз»	5 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2002
6.		(2 системы плавного пуска)	
7.	ЧМУПП «Водоканал» г. Чебоксары	6 электродвигателей 630 кВт и 800 кВт канализационных насосов	2002
8.	«Байкальский ЦБК»	Электродвигатель 1000 кВт, 6 кВ вакуумного компрессора	2002
9.	ОАО «АНК «Башнефть»	4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосов ППД	2002
10.	ОАО «Томскнефть»	3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Западно-Полуденное	2002
11.	«Минский тракторный завод»	3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ компрессорных агрегатов	2003
12.	ОАО «Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз»	4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД (питание от генераторов) (2 УБПВД) Крапивинское м/р	2003
13.		4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Сумгутское (2 УБПВД)	
14.		4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Карамовское	
15.		6 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Спорышевское (2 УБПВД)	
16.		3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Приобское (южное) (2 УБПВД)	
17.		5 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Новогоднее	
18.	ОАО «Юганскнефтегаз»	4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Кынское	2003
19.	ОАО «Северная нефть» г. Усинск	3 электродвигателя 800 кВт, 6 кВ магистральных насосных агрегатов нефтепровода Уса-Ухта (питание от дизель-генераторов)	2003
20.	ОАО «ЦКК» г. Братск	3 электродвигателя 2300 кВт, 6 кВ рафинеров	2003
21.	ОАО «Руснефть»	6 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Западно-Малобалыкское	2003
22.	ОАО «Негуснефть» г. Радужный	3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2003
23.	ОАО «Транснефть»	4 электродвигателя 8000 кВт, 10 кВ магистральных насосных агрегатов НПС «Поповка»	2004
24.	ОАО «КараКудукМунай» Казахстан	5 электродвигателей 800 кВт, 6 кВ насосных агрегатов высокого давления ППД	2004
25.	ОАО «Северная нефть» г. Усинск	3 электродвигателя 800 кВт, 6 кВ и 5 электродвигателя 1250 кВт, 6 кВ ДНС и БКНС м/р Хасырей (2 УБПВД)	2004
26.		4 электродвигателя 800 кВт, 6 кВ ДНС Черпаю	
27.		4 электродвигателя 800 кВт, 6 кВ ПНС Нерую	
28.	ОАО «Юганскнефтегаз»	5 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Приобское	2004
29.	ОАО «Новороссийский нефтяной порт»	3 электродвигателя 2500 кВт, 6кВ пожарных насосов	2004
30.	ОАО «Учалинский ГОК»	2 электродвигателя 1000 кВт, 6 кВ центробежных двухвальных компрессоров	2004
31.	Себряковский цементный завод	5 электродвигателей 2000 кВт, 6 кВ цементных мельниц	2004
32.	Казахстан м/р Алибек Мола	4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосы БКНС	2004
33.	ОАО «СНПС «Актобемунайгаз» Казахстан	2 электродвигателя 4000 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2004
34.	ООО «Геойлбент» ЯНАО г. Губкинский	4 электродвигателя 800 и 1250 кВт, 6 кВ насосы БКНС	2004

35.	«Актюбинский завод ферросплавов» г. Акмо-ла	4 электродвигателя 1000 кВт, 10 кВ дымососов (2 системы пуска)	2005
36.	ОАО «ВНК «Томскнефть»	5 электродвигателей 2000 кВт, 6 кВ насосных агрегатов УПН «Пионерный» (2 УБПВД)	2005
37.	ОАО «Северная нефть» г. Усинск	4 электродвигателя 800 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2005
38.	ОАО «Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз»	5 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Спорышевское	2005
39.		5 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Карамовское	
40.		6 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Новогоднее	
41.	ОАО «АК «Транснефть»	5 электродвигателей 2500 кВт, 10 кВ магистральных насосных агрегатов НПС «Песь» (2 УБПВД)	2005
42.		5 электродвигателей 2500 кВт, 10 кВ магистральных насосных агрегатов НПС «Правдино» (2 УБПВД)	
43.		4 электродвигателя 3150 кВт, 6 кВ магистральных насосных агрегатов НПС «Быково» (2 УБПВД)	
44.		4 электродвигателя 5000 кВт, 6 кВ магистральных насосных агрегатов НПС «Сестрорецкая» (2 УБПВД)	
45.	ТЭС г. Кондопога	6 электродвигателей от 320 до 500 кВт, 6 кВ дымососов и насосов	2005
46.	«Лебединский ГОК» г. Губкин	4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ компрессоров	2005
47.	«Компрессормаш» г. Казань	Электродвигатель 1600 кВт, 6 кВ компрессора (4 системы плавного пуска)	2005
48.			
49.			
50.			
51.	ЗАО «Терминал» г. Оренбург	Электродвигатель 3150 кВт, 6 кВ газового нагнетателя	2005
52.	Минский тракторный завод	Электродвигатель компрессора 1600 кВт, 10 кВ	2005
53.	ОАО «Сибнефть»	5 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД м/р Приобское (2 УБПВД)	2005
54.	Васильевский рудник	2 электродвигателя 630 кВт, 6 кВ рудоразмольных мельниц	2005
55.	ЗАО «Соболиное»	Электродвигатель 1250 кВт, 6 кВ насоса ППД м/р Соболиное	2005
56.		Электродвигатель 1250 кВт, 6 кВ насоса ППД м/р Гураринское (2 системы плавного пуска)	2005
57.			
58.	ОАО «Удмуртнефть»	5 электродвигателей 1250 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2005
59.		2 электродвигателя 1000 кВт насосных агрегатов ППД	
60.	ТОО «Экибастузская теплоцентраль»	Электродвигатель 1600 кВт, 6 кВ насоса залива золы	2005
61.	ОАО «Оренбургнефть»	4 электродвигателя 1000 кВт, 6 кВ насосов ППД	2005
62.	ОАО «Верхневолжскнефтепровод»	4 электродвигателя 5000 кВт, 10 кВ насосов магистральных насосных агрегатов НПС «Филино-2»	2005
63.	ОАО «Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз»	3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2006
64.	ОАО «Оренбургнефть»	3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2006
65.	ОАО «Оренбургнефть»	3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2006
66.	ОАО «Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз»	4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2006
67.	ООО «Узеньмунайгаз», Казахстан	8 электродвигателей 1250 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2006
68.	ОАО АК «Транснефть»	4 электродвигателя СТДП8000, 8000 кВт, 10 кВ НПС «Лазарево». Северо-Западных МН.	2006
69.	ОАО АК «Транснефть»	4 электродвигателя 2500 кВт, 10 кВ НПС «Таёжная». Северные МН.	2006
70.	ОАО «Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз»	4 электродвигателя 400 кВт, 6 кВ ДНС, 4 электродвигателя 800 кВт насосных агрегатов ППД м/р «Холмистое»	2006

71	ОАО АК «Транснефть»	4 электродвигателя 2500 кВт. 10 кВ НПС «Печора». Северные МН	2006
72	ОАО АК «Транснефть»	4 электродвигателя 2500 кВт. 10 кВ НПС «Таёжная». Северные МН.	2006
73	ОАО АК «Транснефть»	4 электродвигателя 6300 кВт. 10 кВ НПС «Вознесенка». ОАО «Транссибнефть»	2006
74	ОАО АК «Транснефть»	8 электродвигателей 5000 кВт. 6 кВ НПС «Кемчуг-2». ОАО «Транссибнефть»	2006
75	ОАО АК «Транснефть»	8 электродвигателей 5000 кВт. 6 кВ НПС «Мариинск-2». ОАО «Транссибнефть»	2006
76	ОАО АК «Транснефть»	4 электродвигателя 5000 кВт. 10 кВ НПС «Пойма». ОАО «Транссибнефть»	2006
77	ОАО АК «Транснефть»	4 электродвигателя 2000 кВт. 6 кВ НПС «Сокур». ОАО «Транссибнефть»	2006
78	ОАО АК «Транснефть»	4 электродвигателя СТДП8000, 8000 кВт. 10 кВ НПС «Берёзовое». ОАО «Сибнефтепровод»	2006
79	ОАО АК «Транснефть»	4 электродвигателя 5АЗМВ6300/6000, 6000 кВт. 6 кВ НПС «Рыбинское». ОАО «Транссибнефть»	2006
80	ОАО «Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз»	4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2006
81	Томскнефть	3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2006
82	ООО «РОЛСИБ»	2 электродвигателя 710 кВт, 6 кВ буровых насосов	2006
83	ОАО «Апатит»	5 электродвигателей 2000 кВт, 6 кВ цементных мельниц	2006
84	ОАО «Урайнефтегаз»	5 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2006
85	ОАО «Белореченскминудобрения»	2 электродвигателя 630 кВт. 6 кВ сушильного барабана	2006
86	ТОО «RESMI COMPANY», Жехказган	4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов ППД	2006
87	ОАО АК «Транснефть»	4 электродвигателя СТД6300, 6300 кВт. 10 кВ НПС «Молчаново». ОАО «Центрсибнефтепровод»	2006
88	ОАО «Мордовцемент»	8 двигателей 2000 кВт. 6 кВ цементных мельниц	2006
89	Удмуртнефть-Юг	2 двигателя 1000 кВт. 6 кВ насосов ППД м/р Мишкинское	2006
90	Татнефть	2 двигателя 2000 кВт, 6 кВ насосов ДНС	2006