

СИСТЕМА БЕЗУДАРНОГО ПЛАВНОГО ПУСКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СЕРИИ УБПВД

СОДЕРЖАНИЕ

СИСТЕМА БЕЗУДАРНОГО ПЛАВНОГО ПУСКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СЕРИИ УБПВД	2
УСТРОЙСТВО БЕЗУДАРНОГО ПУСКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ УБПВД-С	5
РЕФЕРЕНС-ЛИСТ по поставкам высоковольтного оборудования в январе–июле 2004 года	6
РЕФЕРЕНС-ЛИСТ по системам безударного пуска высоковольтных электродвигателей на базе устройств УБПВД	7
РЕФЕРЕНС-ИНФОРМАЦИЯ ПО СИСТЕМЕ БЕЗУДАРНОГО ПУСКА МАГИСТРАЛЬНЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ НПС «Поповка» ОАО «Транснефть»	8

СИСТЕМА БЕЗУДАРНОГО ПЛАВНОГО ПУСКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СЕРИИ УБПВД

2



НАЗНАЧЕНИЕ

Устройства предназначены для плавного безударного пуска высоковольтных синхронных и асинхронных электродвигателей различных механизмов с обеспечением требуемых характеристик (токовых, временных и др.) режима пуска. Устройства имеют 3 исполнения, выбираемые в зависимости от нагрузочной характеристики приводного механизма: УБПВД-В, УБПВД-М, УБПВД-С.

Исполнения УБПВД-В и УБПВД-М предназначены для пуска асинхронных и синхронных электродвигателей следующих механизмов:

- первое – для механизмов с «вентиляторной» характеристикой нагрузочного момента (центробежные насосы, компрессоры, вентиляторы);
- второе – для механизмов с большим начальным статическим моментом на валу (дробилки, мельницы, конвейеры, поршневые компрессоры и т.д.);
- УБПВД-С позволяет плавно запускать синхронные электродвигатели крупных механизмов с большими статическими нагрузками и инерционными массами (вентиляторные установки, насосы, мельницы и т.д.).

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

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Устройство УБПВД-В в течение заданного времени пуска электродвигателя обеспечивает плавное нарастание напряжения на обмотках статора от нуля до номинального значения. При этом пусковой ток увеличивается плавно, с заданным токоограничением.

Устройство УБПВД-М позволяет с момента трогания до скорости $0,6 n_{\text{ном}}$ изменять напряжение и частоту питания электродвигателя, создавая пусковой момент, превышающий номинальный. При этом ток двигателя пропорционален вращающему моменту. При достижении электродвигателем скорости $0,6 n_{\text{ном}}$ пуск продолжается только за счет плавного роста напряжения питания.

Устройство УБПВД-С обеспечивает частотный пуск и разгон электродвигателя до синхронной скорости с заданными параметрами времени пуска и токоограничения.

ПРЕИМУЩЕСТВА:

- повышается надежность работы агрегатов и системы электроснабжения, так как исключаются механические, электромагнитные и гидравлические ударные нагрузки, возникающие при пусках;
- пусковой ток нарастает плавно с заданным ограничением;
- появляется возможность осуществлять практически неограниченное число пусков агрегатов;
- электродвигатели могут быть запущены от газотурбинных, газопоршневых, дизельных электростанций и других источников без увеличения их мощности для обеспечения пуска электродвигателей;
- увеличиваются межремонтные промежутки и срок эксплуатации оборудования;
- исключаются просадки напряжения сети в режиме пуска электродвигателей, что обеспечивает надежную работу подключенного к сети оборудования.



ВАРИАНТЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ

Разработана система безударного пуска нескольких электродвигателей, подключенных к одной или нескольким секциям шин, от одного устройства серии УБПВД. Система позволяет осуществлять как прямой, так и поочередный плавный пуск любого выбранного электродвигателя под управлением контроллера, который исключает возможность аварийных ситуаций, связанных с ошибочными действиями оперативного персонала.

Вариант системы, например, для пуска четырех электродвигателей, подключённых к двум секциям шин, приведен на рисунке 1, где приняты следующие обозначения:

УБПВД – устройство безударного пуска высоковольтных электродвигателей;

M1...M4 – запускаемые электродвигатели;

Q1.1...Q1.4 – рабочие высоковольтные выключатели;

QF1, QF2 – пусковые высоковольтные выключатели;

K1...K4 – пусковые высоковольтные коммутирующие устройства.

Плавный пуск электродвигателей возможен по командам с пульта управления и местного поста управления агрегатами.

Контроллер обеспечивает требуемый закон нарастания тока и разгона электродвигателя по заранее заданной программе. На мнемосхеме системы, расположенной на пульте управления, отражается текущее состояние высоковольтных выключателей и электродвигателей, а на ЖК-дисплее – подсказки для персонала, осуществляющего пуск. По завершению разгона асинхронного двигателя включается выключатель, шунтирующий УБПВД, и двигатель оказывается подключенным непосредственно к сети. Система готова к следующему пуску.

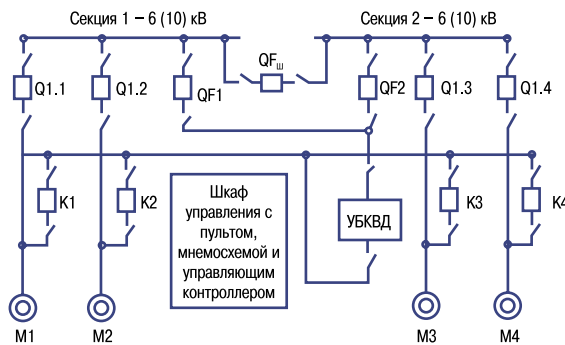


Рис. 1. Система безударного пуска нескольких электродвигателей

При пуске синхронного электродвигателя, после достижения подсинхронной скорости, электронный блок возбудителя, контролирующий частоту тока наводимого в роторе, подает команду на включение возбуждения, и электродвигатель втягивается в «синхронизм».

Устройства УБПВД имеют ряд преимуществ перед аналогичными устройствами других производителей:

- высокая надёжность за счёт технических решений, основанных на сорокалетнем опыте работы с тиристорными агрегатами и применении импортных высоковольтных тиристорных агрегатов;
- удобство обслуживания, так как тиристоры расположены в выкатных силовых высоковольтных блоках;
- испытание и наладка устройств УБПВД производится совместно с высоковольтными синхронными и асинхронными электродвигателями на испытательной базе института;
- технические решения учитывают специфические условия эксплуатации на российских предприятиях, что зачастую отсутствует у иностранных производителей.

ОАО «ВНИИР» считает перспективным направлением своей деятельности преддоговорное исследование и комплексное решение всех вопросов заказчика, связанных с использованием устройств плавного пуска электродвигателей.

Поставка системы безударного пуска может осуществляться в блок-боксе с отоплением, освещением и вентиляцией. Оборудование поставляется ошинованным, с монтажом вторичных соединений между элементами системы, в состоянии полной заводской готовности, что существенно упрощает его монтаж.



Рис. 2. Элементы системы безударного пуска в блок-боксе

Системы управления УБПВД 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 ЖКИ, функциональную клавиатуру управления, светодиодную диагностику;
- удаленный доступ к устройству по высокопроизводительному

- интерфейсу RS485, что обеспечивает работу в составе АСУ ТП;
- качественную оценку влияния системы плавного пуска на энергосистему предприятия посредством использования функции цифрового осциллографа;
- качественный и количественный анализ работоспособности агрегатов и механизмов с использованием функции журнала регистрации событий (последний период пуска, максимальный ток последнего пуска, общее время разгона, общее количество пусков, последнее выключение, ток выключения, общее количество выключений, регистрация аварийных режимов), определение необходимости проведения ремонтных мероприятий;
- широкий набор функциональных защит.

Накоплен опыт эксплуатации устройств УБПВД-В на кустовых и промежуточных насосных станциях, насосных станциях водоканалов, компрессорных станциях, в том числе плавный пуск электродвигателей 8 МВт, 10 кВ насосов транспортировки нефти и ряде других объектов промышленности.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

1	Номинальное напряжение запускаемых электродвигателей, частота 50 Гц, 60 Гц, кВ	6–10
2	Диапазон мощностей запускаемых электродвигателей, кВт	До 12500
3	Регулируемые пределы ограничения пускового тока при безударном пуске	$(1 \div 4) I_{\text{ном. двиг.}}$
4	Количество пусков	3 пуска подряд с последующим интервалом 15 мин
5	Регулируемое время пуска, с	10–60
6	Охлаждение устройства	естественное; принудительное воздушное
7	Степень защиты	IP20 (IP44 – по заказу)
8	Температура окружающей среды, °С	от 1 до 40 (от -5 до 40 – по заказу)
9	Относительная влажность (без конденсации влаги), %, при 25 °С	80
10	Окружающая среда	невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, паров и газов, разрушающих металл и изоляцию

УСТРОЙСТВО БЕЗУДАРНОГО ПУСКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ УБПВД-С

Устройство УБПВД-С предназначено для безударного пуска высоковольтных синхронных двигателей. Устройство обеспечивает частотный пуск и разгон двигателя до синхронной скорости с заданными параметрами времени пуска и токоограничения. По окончании разгона электродвигатель контактами выключателя Q3 подключается на прямую к питающей сети. Структурная схема устройства УБПВД – С приведена на рис.1.

Силовая часть пускового устройства состоит из вводного высоковольтного выключателя Q1, токоограничивающего реакторного блока РБ, двух тиристорных трехфазных мостов U, UZ, сглаживающего дросселя СД, выключателя Q2 и шунтирующего выключателя Q3.

Применение устройства УБПВД-С позволит:

- разгрузить питающие сети и трансформаторы от больших пусковых токов и обеспечить включение электродвигателей от источников ограниченной мощности;
- повысить надёжность работы агрегатов из-за снижения механических и электромагнитных нагрузок при пусках;
- улучшить условия эксплуатации токоподводящего оборудования;
- увеличить частоту пусков и удлинить межремонтные промежутки оборудования;
- обеспечить возможность рационального и экономического использования оборудования с учётом, как технологических потребностей, так и суточного графика тарифов на электроэнергию;
- продлить сроки эксплуатации оборудования.

Технические данные для различных исполнений устройств представлены в таблице:

Исполнение	УБПВД-С-250-6 (10)	УБПВД-С-800-6 (10)	УБПВД-С-1250-6 (10)
Номинальное напряжение, кВ (50 Гц)	6, 10		
Номинальный ток, А	250	800	1 250
Токоограничение, А	$(0,5; 1; 1,5) I_{ном}$		
Напряжения питания цепей управления, В	100		
Мощность электродвигателя, кВт, не более	2 250 (3 150)	6 300 (10 000)	8 000 (12 500)
Общее время пуска, мин	0,5–10		
Габариты ШхВхГ, мм	1500х2200х1200	1800х2200х1200	3000х2200х1200
Масса, кг, не более	1 500	1 800	3000

При наличии у двигателя запаса по мощности 20–25 % по отношению к мощности, требуемой насосом или вентилятором при номинальной скорости, устройство УБПВД-С позволяет регулировать скорость электродвигателя в диапазоне скоростей от 10 % до синхронной, а при необходимости и выше.

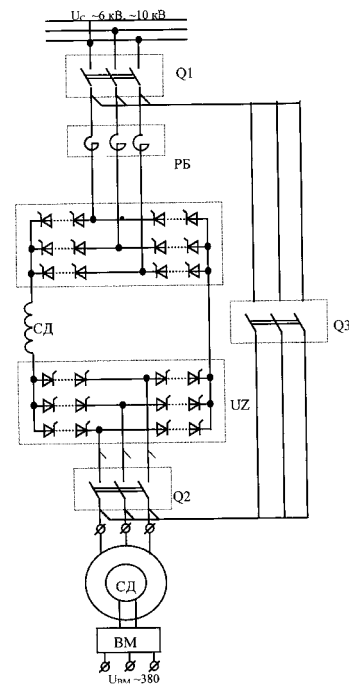


Рис. 3. Структурная схема УБПВД-С

РЕФЕРЕНС-ЛИСТ

по поставкам высоковольтного оборудования в январе—июле 2004 года

6

В марте 2004 года ОАО «ВНИИР» поставил на базе разработанных и выпускаемых ОАО «ВНИИР» устройств УБПВД систему безударного пуска четырех электродвигателей STD-8000 (8000 кВт, 10 кВ) магистральных насосных агрегатов на насосно—перекачивающую станцию «Поповка» ОАО «Транснефть». После проведения успешных испытаний комиссия во главе с главным энергетиком ОАО «Транснефть» приняла систему в эксплуатацию и рекомендовала устройства УБПВД для внедрения на объектах компании.

Для ОАО «Северная нефть» (дочерняя компания ОАО «Роснефть») в мае-апреле 2004 года ОАО «ВНИИР» поставил три РУ-6 кВ на насосно-перекачивающие станции «Хасырейская», «Нерую» и «Черпаю».

Распредустройство для БКНС и ДНС Хасырейского месторождения имеет в своем составе систему безударного пуска 8 шестикиловольтных электродвигателей (5 электродвигателей 1250 кВт и 3 электродвигателя 800 кВт), состоящую из двух устройств УБПВД, двух ячеек подключения устройств УБПВД на одну из секций шин 6 кВ, восьми пусковых ячеек с вакуумными контакторами, восьми рабочих ячеек для подключения электродвигателей на шины 6 кВ после окончания разгона, шкаф автоматики пуска и пульт управления на базе сенсорной панели оператора фирмы «Siemens» с цветным дисплеем. Кроме того, в состав распредустройства входят ячейки ввода, ячейки для подключения других потребителей, секционный выключатель и секционный разъединитель, ячейки трансформаторов напряжения. Вводные ячейки и ячейки, через которые питаются присоединенные к РУ нагрузки, оборудованы микропроцессорными токовыми терминалами защиты и автоматики ТЭМП-2501. Ячейки трансформаторов тока выполнены с напряженческими терминалами ТЭМП-2501, что позволяет организовать АВР. Для питания вспомогательных цепей РУ оборудовано шкафами оперативного тока «Тиросот» 220/20 с необслуживаемыми аккумуляторами на срок эксплуатации 12 лет и оперативным вводом резервного источника питания. Так же в состав РУ входит система автоматического управления энергетическим объектом Uniscada, позволяющая управлять микропроцессорными терминалами и отслеживать процессы на вводных и отходящих линиях, фиксируя их в памяти компьютера.

Все электрооборудование РУ размещено в модульном блок-контейнере с отоплением, освещением, пожарной сигнализацией и вентиляцией. При этом поставка осуществлена в состоянии полной заводской готовности с выполненными ошинковкой и монтажом вспомогательных цепей и межячеечных соединений.

Аналогично выполнены РУ-6 кВ для насосно-перекачивающей станции «Нерую» и БКНС «Черпаю» (по 4 электродвигателя 800 кВт, 6 кВ). В соответствии с требованиями, последние отличаются применением в системах безударного пуска по одному устройству УБПВД и меньшим количеством других, помимо двигательных, нагрузок на РУ.



РЕФЕРЕНС-ЛИСТ

по системам безударного пуска высоковольтных электродвигателей на базе устройств УБПВД

ОАО «ВНИИР» – крупнейший в России разработчик и изготовитель систем безударного пуска высоковольтных электродвигателей. В марте 2004 года ОАО «ВНИИР» поставил на базе разработанных и выпускаемых ОАО «ВНИИР» устройств УБПВД систему безударного пуска четырех электродвигателей СТД-8000 (8000 кВт, 10 кВ) магистральных насосных агрегатов на насосно-перекачивающую станцию «Поповка» ОАО «Транснефть». После проведения успешных испытаний комиссия во главе с главным энергетиком ОАО «Транснефть» приняла систему в эксплуатацию и рекомендовала устройства УБПВД для внедрения на объектах компании

№ п/п	Заказчик	Оборудование	Год поставки
1	ОАО «Татнефть»	Электродвигатель 630 кВт, 6 кВ насосного агрегата	2001
2		9 электродвигателей 630 кВт, 6 кВ насосных агрегатов	2002
3	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 высокого давления (две системы пуска)	2002
6	ОАО «Стрежевойнефть»	3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов	2002
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 «Башнефть»	4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосов высокого давления	2002
10	ЗАО «ЮКОС»	3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов высокого давления	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 высокого давления	2003
13		3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов высокого давления	
14		4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов высокого давления	
15		10 электродвигателей 1600 и 800 кВт, 6 кВ насосных агрегатов высокого давления	
16	ОАО «Нефтемаш» г. Тюмень	4 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов высокого давления (питание от дизель-генераторов)	2003
17		5 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов высокого давления	
18	ОАО «Северная нефть» г. Усинск	3 электродвигателя 800 кВт, 6 кВ магистральных насосных агрегатов (питание от дизель-генераторов)	2003
19	ОАО «ЦКК» г. Братск	3 электродвигателя 2300 кВт, 6 кВ рафинеров	2003
20	ЗАО «Манойл»	6 электродвигателей 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов высокого давления	2003
21	ОАО «Транснефть»	4 электродвигателя 8000 кВт, 10 кВ магистральных насосных агрегатов	2004
22	ОАО «Каракудукмунай», Казахстан	5 электродвигателей 800 кВт, 6 кВ насосных агрегатов высокого давления	2004
23	ОАО «Негуснефть», г. Радужный	3 электродвигателя 1600 кВт, 6 кВ насосных агрегатов высокого давления	2003
24	ОАО «Северная нефть», Г. Усинск	5 электродвигателей 800 кВт, 6 кВ и 3 электродвигателя 1250 кВт, 6 кВ ДНС и БКНС Хасырейского месторождения	2004
25		4 электродвигателя 800 кВт, 6 кВ ДНС Черпаю	
26		4 электродвигателя 800 кВт, 6 кВ ПНС Нерую	

РЕФЕРЕНС-ИНФОРМАЦИЯ ПО СИСТЕМЕ БЕЗУДАРНОГО ПУСКА МАГИСТРАЛЬНЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ НПС «Поповка» ОАО «Транснефть»

В июле 2004г были проведены успешные приёмочные испытания опытного образца устройства плавного пуска высоковольтных синхронных двигателей СТД-8000-2 (10 кВ, 8000 кВт) для привода магистральных насосных агрегатов НПС «Поповка» Бугурусланского РНУ ОАО «Приволжскнефтепровод». 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 КПС19-06) и их гибкость в настройке к повышенным техническим требованиям компании «АК Транснефть», качество и надёжность компонентов системы, наличие функций самотестирования неисправностей, удачные алгоритмические решения инженерного персонала ОАО «ВНИИР». Устройство плавного пуска оптимально встраивается в существующую конструкцию НПС «Поповка» и удовлетворяет жёстким технологическим требованиям насосно-перекачивающих станций «АК Транснефть». Система плавного пуска 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 использования оборудования. Применение высокопроизводительного контроллера системы плавного пуска КПС 19-06 позволило оптимальным образом реализовать алгоритм управления системой, обеспечить возможность мониторинга и контроля процесса пуска, архивации событий нижнего уровня, реализации функций хранения и отображения исторических трендов по данным измерениям, организацию журнала регистрации событий.

В настоящий момент ОАО «ВНИИР» успешно завершил разработку системы плавного пуска высоковольтных синхронных двигателей УБПВД-С. Устройство УБПВД-С, выполненное по схеме с зависимым инвертором тока, позволяет обеспечить пусковой ток, не превышающий 1,5 In. Двухконтурная система регулирования устройства УБПВД-С позволяет обеспечить пуск в широком временном интервале с формированием траектории разгона. Устройство УБПВД-С может быть использовано для регулирования скорости высоковольтных синхронных двигателей насосных агрегатов в диапазоне скоростей от 50 % до 100 %, используя конструктивное исполнение для охлаждения силовых модулей.

Устройство УБПВД-С обеспечивает максимальную надёжность и качество при эксплуатации электромеханической системы за счёт набора защит: недостаточный пусковой ток системы, защита от короткого замыкания в системе, электронная перегрузка в системе, блокировка ввиду провала напряжения в сети, высокое напряжение, защита от обрыва фазы, защита от неправильного чередования фаз.

В устройстве УБПВД-С реализованы функции логического контроллера и возможность программных заданий настроек пользователя. Настройки пользователя включают следующие характеристики: программную коррекцию регуляторов, номинальный ток двигателя, кривую пуска, ограничение тока, время разгона, аварийный останов и технологический останов с возможностью формирования траектории торможения.

Устройство плавного пуска обеспечивает связь по высокопроизводительному интерфейсу RS485 для возможности дистанционного управления от системы АСУ ТП. Программный протокол позволяет обеспечить возможность встраивания в существующие системы АСУ ТП предприятий, потребителей устройства плавного пуска.

Использование удобного пользовательского интерфейса обеспечивает максимально улучшенные сервисно-эксплуатационные характеристики устройства плавного пуска.

Устройство УБПВД-С автоматически встраивается в разработанную систему поочерёдного пуска высоковольтных двигателей, выполненного 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 насосными агрегатами.

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

- энергопотребление насосных установок снижается до 20 %;
- повышается надёжность работы систем трубопроводов, за счёт стабилизации давления в сети;
- повышается надёжность работы оборудования насосных установок за счёт значительного сокращения количества пусков насосных агрегатов, а также отказа от использования запорной арматуры в качестве регулирующей.

Устройство УБПВД-С обладает уникальной возможностью пуска взрывозащищённых синхронных двигателей с вращающимся возбудителем типа СДТП. Пуск взрывозащищённых синхронных двигателей невозможно осуществить фазовым методом, по причине возникающего несимметричного вращающегося поля. Применение частотного метода требует больших финансовых затрат на приобретение частотных пусковых устройств и наличие квалифицированного электротехнического персонала.

Применение УБПВД-С в составе автоматизированной системы насосных станций является оптимальным для применения благодаря высоким техническим характеристикам, простоте управления, невысокой стоимости.