

КОМПЛЕКТНЫЕ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ

Бурдасов Б. К., Нестеров С. А., Трошкин В. М.

ОАО «Конвертор», г. Саранск, E-mail: convrt@moris.ru

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск,
тел. (8342) 29-06-05, E-mail: nesterov@mrsu.ru

Аннотация. Описаны системы оперативного постоянного тока (СОПТ) электрических станций и подстанций. Задача повышения надежности СОПТ решается созданием комплектных систем оперативного постоянного тока. Такие системы (КАУ-КСОПТ) с микропроцессорным управлением разработаны и внедряются ЗАО «Конвертор». Описан состав КАУ-КСОПТ, приведены их структурные схемы для различных исполнений, описаны их функциональные возможности и характеристики.

Ключевые слова: Электрические подстанции, оперативный постоянный ток, аккумуляторные батареи, бесперебойное питание, зарядно-подзарядные устройства, мониторинг, АСУТП.

Для питания приборов и аппаратов управления, сигнализации, защиты, автоматики, телемеханики и связи электрических станций и подстанций применяют так называемый оперативный ток. При нарушениях нормальной работы подстанции оперативный ток используется также для аварийного освещения и электроснабжения электродвигателей особо ответственных механизмов. Он может быть обеспечен системами, формирующими постоянное, выпрямленное или переменное напряжение величиной 24, 36, 48, 110, 220 В. Оперативный постоянный ток применяется на подстанциях 330 кВ и выше, подстанциях 110 – 220 кВ с числом выключателей три и более и на всех подстанциях с воздушными выключателями, синхронными компенсаторами и принудительной системой охлаждения трансформаторов. В качестве источников постоянного оперативного тока используются аккумуляторные батареи с зарядными устройствами.

Всех потребителей энергии, получающих питание от аккумуляторной батареи, можно разделить на три группы:

1. Постоянно включенная нагрузка — аппараты устройств управления, блокировки, сигнализации и релейной защиты, постоянно обтекаемые током, а также постоянно включенная часть аварийного освещения. Постоянная нагрузка на аккумуляторной батарее зависит от мощности постоянно включенных ламп сигнализации и аварийного освещения, а также от типов реле. Так как постоянные нагрузки невелики и не влияют на выбор батареи, в расчетах можно ориентировочно принимать для крупных подстанций 110-500 кВ значение постоянно включенной нагрузки 25 А.

2. Временная нагрузка, появляющаяся при исчезновении переменного тока во время аварийного режима, — аварийное освещение и электродвигатели постоянного тока. Длительность этой нагрузки определяется длительностью аварии (расчетная длительность 0,5 часа).

3. Кратковременная (толчковая) нагрузка (длительностью не более 5 с) создается токами включения и отключения приводов выключателей и автоматов, пусковыми токами электродвигателей и токами нагрузки аппаратов управления, блокировки, сигнализации и релейной защиты, кратковременно обтекаемых током.

Для питания устройств релейной защиты и автоматики, управления выключателями, аварийной и предупредительной сигнализации, а также других установок, требующих питания от независимого источника постоянного тока, создается специальная распределительная сеть. Для обеспечения надежного питания оперативным током ответственных устройств распределительная сеть делится на отдельные участки, чтобы повреждение на одном из них не нарушало работу других.

Все потребители постоянного оперативного тока делятся по степени их ответственности на несколько категорий. Наиболее ответственными потребителями являются цепи оперативного тока релейной защиты, автоматики и управления выключателями. Эти цепи питаются от отдельных шин управления (рис.1), которые для повышения надежности делятся на несколько секций. Каждая секция шин управления питает цепи релейной защиты, автоматики и управления определенного участка, например, выключателей 110 кВ, 35 кВ и т. д. Между секциями установлены рубильники, позволяющие производить питание от соседней секции при повреждении питающей линии.

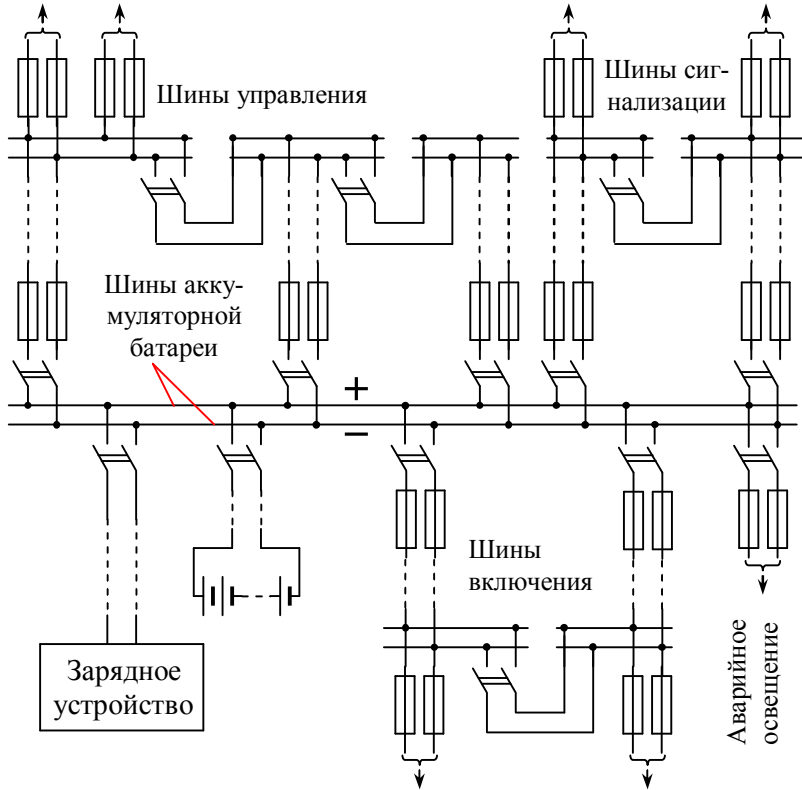


Рис. 1. Пример принципиальной схемы распределительной сети оперативного постоянного тока.

временные коммутационные аппараты предохранители-разъединители, сочетающие функции рубильников и предохранителей.

От шин управления питание на цепи релейной защиты, автоматики и управления подается через отдельные предохранители-разъединители. Контроль положения и исправности этих предохранителей-разъединителей осуществляется с помощью встроенные вспомогательных контактов. Вспомогательные контакты позволяют контролировать положение крышки разъединителя и состояние предохранителей.

Цепи сигнализации также часто питаются от отдельных шин сигнализации. Однако ввиду меньшей ответственности они делятся на меньшее количество секций, например, на две. В тех случаях, когда отдельные шины сигнализации не предусматриваются, питание цепей сигнализации осуществляется от цепей управления через отдельные предохранители.

Отдельные шины и цепи выполняются для питания обмоток включающих электромагнитов масляных выключателей. Ток в этих цепях протекает кратковременно, но достигает больших величин (до 400 А). Поэтому сечение кабелей выбирается таким, чтобы падение напряжения в них не превосходило допустимой величины, и напряжение на обмотках включающих электромагнитов не снижалось ниже 70% номинального. Предохранители в этих цепях предназначены для отделения поврежденного участка от батареи и для защиты обмоток включающих электромагнитов от длительного прохождения тока, на которое они не рассчитаны.

Остальные потребители постоянного тока: аварийное освещение, небольшие электродвигатели и т. п. — также питаются от специально сформированных шин, коммутационных аппаратов, устанавливаемых в отдельных шкафах.

Важным шагом на пути повышения надежности систем оперативного постоянного тока для электрических станций и подстанций и интегрирования их в АСУТП предприятия является создание комплектных систем оперативного постоянного тока. Такие комплектные системы, получившие название КСОПТ на напряжения 24, 110 и 220 В разработаны в ЗАО «Конвертор», г. Саранск. Они предназначены для бесперебойного электроснабжения и пита-

тивного тока релейной защиты, автоматики и управления выключателями. Эти цепи питаются от отдельных шин управления (рис.1), которые для повышения надежности делятся на несколько секций. Каждая секция шин управления питает цепи релейной защиты, автоматики и управления определенного участка, например, выключателей 110 кВ, 35 кВ и т. д. Между секциями установлены рубильники, позволяющие производить питание от соседней секции при повреждении питающей линии.

На каждой линии, отходящей от шин аккумуляторной батареи, установлены рубильники и плавкие предохранители, исправность которых непрерывно контролируется сигнальными лампами или реле. В настоящее время широко используются со-

ния релейной защиты, АСУТП и цепей управления коммутационными аппаратами, автоматики и сигнализации распределительных устройств высокого напряжения подстанций, ТЭЦ, других объектов, требующих обеспечения бесперебойным электроснабжением цепей оперативного тока.

КСОПТ содержат два или более одно или двухканальных выпрямительных зарядных устройств типа ВЗП, аккумуляторную батарею, шкафы ввода и шкафы отходящих линий. Они применяются для формирования, ввода и распределения электроэнергии постоянного тока от основных источников (выпрямительных зарядных устройств ВЗП) в нормальном режиме и от резервных источников (аккумуляторных батарей АБ) при исчезновении напряжения переменного тока.

КСОПТ выполняет следующие функции:

- преобразование напряжения сети переменного тока в напряжение постоянного тока с коэффициентом пульсаций не более 0,2%;
- контроль параметров питающих сетей;
- ввод электроэнергии постоянного тока от ВЗП и АБ;
- распределение электроэнергии между потребителями;
- бесперебойное питание цепей аварийного освещения;
- селективную защиту вводов и отходящих линий от токов перегрузки и короткого замыкания;
- дублирование системы питания и распределения электроэнергии с секционированием

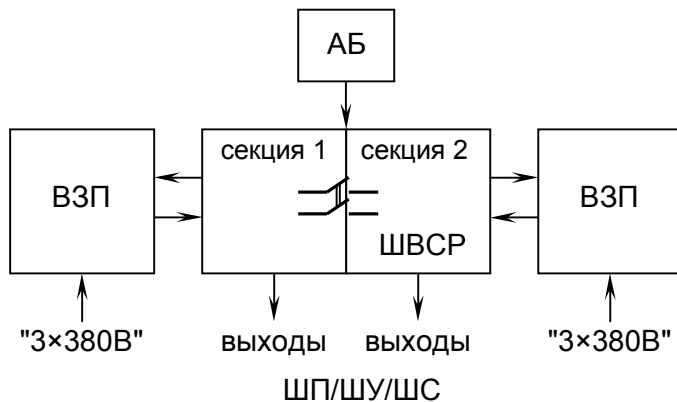


Рис.2. Структурная схема КСОП (исполнение 1): АБ – аккумуляторная батарея; ШВСР – шкаф ввода, распределения и секционирования; ВЗП – шкаф зарядного устройства; ШП, ШУ, ШС – шины питания, управления и сигнализации.

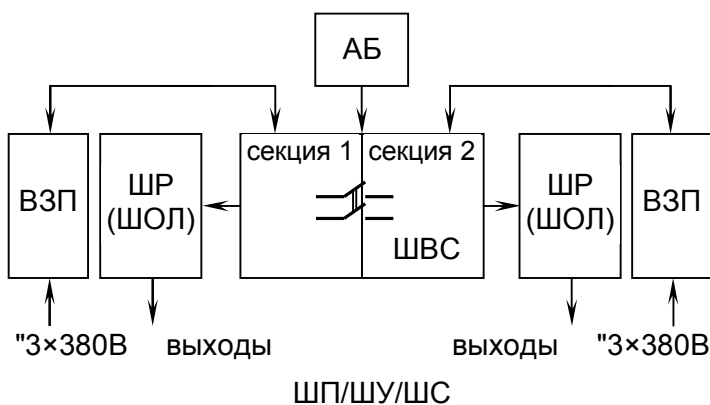


Рис.3. Структурная схема КСОП (исполнение 2): ШВС – шкаф ввода и секционирования; ШР (ШОЛ) – шкаф распределительный (шкаф отходящих линий).

сборных шин;

— непрерывный автоматический контроль напряжения на сборных шинах щита постоянного тока (ЩПТ) с формированием сигнала об отклонении напряжения от нормируемого значения;

— непрерывный автоматический контроль сопротивления изоляции сети постоянного тока относительно земли с формированием сигнала о снижении сопротивления изоляции ниже допустимого уровня;

— поиск фидера с утечкой на землю (определение фидера, определение полюса фидера, определение сопротивления утечки полюса фидера);

— непрерывный контроль положения автоматических выключателей и автоматическое формирование обобщенного сигнала об аварийном отключении выключателей;

— формирование обобщенного аварийного сигнала;

— полный местный мониторинг (мнемосхема, светодиодная индикация и цифровой дисплей);

— полный дистанционный мониторинг с выдачей информации о режимах работы, токах и напряжениях ВЗП, АБ, шкафов ввода и отходящих

линий, сопротивлении изоляции, положении и аварийном отключении коммутационных аппаратов (сухие контакты и интерфейс RS485);

— контроль режима работы АБ (ЗАРЯД-РАЗРЯД) и стабилизацию тока заряда АБ и напряжения подзаряда (содержания) независимо от числа работающих ВЗП, нагрузки отходящих фидеров и удаленности АБ от шкафа ввода;

— автоматический контроль целостности цепи аккумуляторной батареи (отсутствие внешних или внутренних обрывов);

— температурную коррекцию напряжения подзаряда (содержания) АБ независимо от удаленности АБ от шкафа ввода;

— IR-компенсацию напряжения содержания АБ независимо от удаленности АБ от шкафа ввода;

— контрольный разряд АБ путем перевода любого ВЗП в инверторный режим;

— измерение основных параметров АБ аналоговыми измерительными приборами:

- напряжения на АБ;
- тока заряда-разряда АБ;
- тока подзаряда АБ.

Предусмотрена возможность выбора из большого числа конфигураций КСОПТ в зависимости от особенностей конкретной подстанции. Некоторые из этих конфигураций показаны на рис. 2–6. В состав КАУ 1-го исполнения (рис. 2) входит секционированный или несекционированный шкаф ввода-распределения, два зарядных устройства с микропроцессорным управлением и шкаф (стеллаж) с аккумуляторными батареями. В состав КАУ 2-го исполнения (рис. 3) дополнительно входят два или более шкафов отходящих линий.

КАУ 3-го исполнения (рис. 4) состоит из двух шкафов ввода, зарядки и распределения, двух зарядных устройств с микропроцессорным управлением и шкафа (стеллажа) с аккумуляторными батареями. КАУ 4-го исполнения (рис. 5) состоит из двух или более шкафов ввода-распределения, двух зарядных устройств с микропроцессорным управлением и двух аккумуляторных батарей.

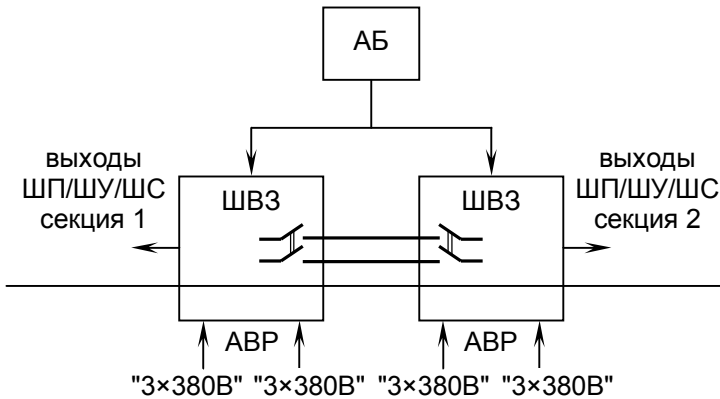


Рис.4. Структурная схема КСОП (исполнение 3): ШВЗ – шкаф вводно-зарядный; АВР – автоматическое включение резервного питания.

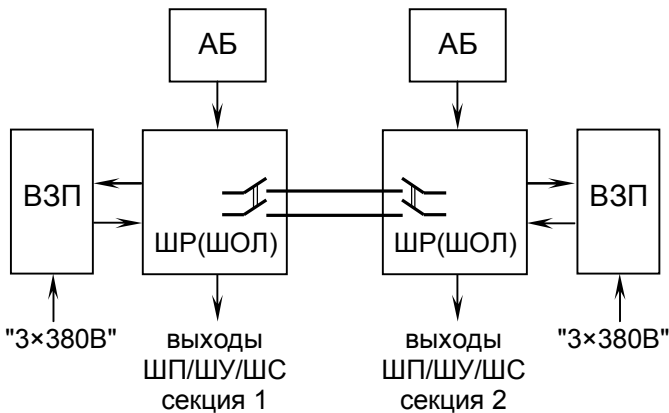


Рис.5. Структурная схема КСОП (исполнение 4).

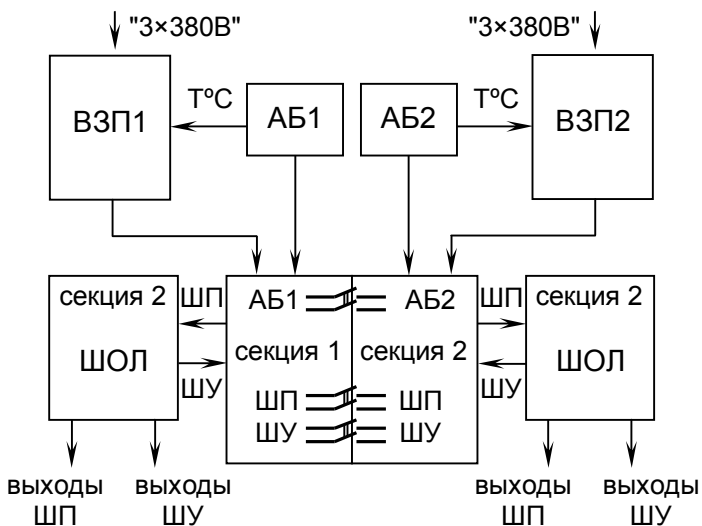


Рис.6. Структурная схема КСОП (исполнение 5): Т°С – температурная коррекция напряжения содержания аккумуляторной батареи.

более шкафов ввода-распределения, двух зарядных устройств с микропроцессорным управлением и двух аккумуляторных батарей.

КАУ 5-го исполнения (рис. 6) оснащается отдельным, секционированным шкафом ввода, куда заводятся кабели от двух аккумуляторных батарей и кабели от основного и резервного зарядного устройства (ВЗП). Коммутационные аппараты, формирующие отходящие фидера, размещены в отдельных шкафах отходящих линий (ШОЛ).

На рис. 7 в качестве примера приведен внешний вид КСОПТ с двумя аккумуляторными батареями без дополнительных элементов.

Приведем основные характеристики КСОПТ :

- зарядные устройства: тиристорные или транзисторные с ВЧ преобразованием;
- номинальные токи тиристорных зарядных устройств: 20, 40, 80, 125, 160, 250, 315 А;
- номинальные токи транзисторных зарядных устройств: 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80 А;



Рис. 7. Комплектная система оперативного постоянного тока с двумя аккумуляторными батареями без дополнительных элементов.

- возможность 100% резервирования, как для тиристорных, так и для транзисторных зарядных устройств;
- пульсации выпрямленного напряжения, не более 0, 2%;
- точность стабилизации тока заряда, не менее 1%;
- точность стабилизации напряжения подзаряда АБ, не менее 0,5%;
- аккумуляторные батареи обычные, герметичные или герметизированные;
- емкость аккумуляторных батарей от 35 А/час до 1500 А/час;
- номинальные токи сборных шин ШП до 250А;
- номинальные токи сборных шин ШУ до 120А;
- максимальное число отходящих

фидеров в каждой секции: до 24 ответвлений;

- защитные элементы в цепи АБ: селективный автоматический выключатель или предохранитель-разъединитель;
- защитные элементы в цепях отходящих линий (фидеров): автоматические выключатели или предохранители-разъединители.

В заключение следует отметить, что вопросы построения и модернизации систем постоянного оперативного тока являются комплексной задачей и требуют детальной проработки для каждого конкретного случая. Только правильный выбор типа системы постоянного тока обеспечивает повышение надёжности и долговечности электроустановок.

Литература

1. ГОСТ Р МЭК 60896-2-99. Свинцово-кислотные стационарные батареи. Общие требования и методы испытаний. Часть 2. Закрытые типы. – М.: Издательство стандартов, 2000. — 19 с.
2. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.120.40.041-2010. Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования. — М: Изд-во ОАО «ФСК ЕЭС», 2010. — 20 с.
3. Гусев Ю. П. Схемы подключения аккумуляторной батареи к щиту оперативного постоянного тока // Энергоэксперт. 2011. № 1. С. 42–48.

COMPLETE OPERATING DIRECT CURRENT SYSTEMS FOR ELECTRIC SUBSTATIONS

Abstract. Operating direct current systems for electric stations and substations are described. A problem of their reliability improvement is solved by development of complete operating direct current systems. Such systems named KAU-KSOPT with microprocessor control are developed by “Convertor” Corp., Saransk, Russia. Structures of KAU-KSOPT systems are described. Their block schematic diagrams for variety of versions are given. Their functional capabilities and characteristics are listed.

Keywords: Electric substation; operating direct current; battery pack; power UPS; intelligent battery charger; monitoring; industrial control.

Сведения об авторах

Нестеров Сергей Александрович
Россия, РМ, г. Саранск
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва
E-mail: nesterov@mrsu.ru
Тел. +7-8342-29-06-05

Окончил Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва в 1972 г. по специальности промышленная электроника. В 1977 г. окончил аспирантуру Ленинградского электротехнического института им В. И. Ульянова (Ленина) и защитил диссертацию на соискание степени кандидата технических наук. В настоящее время является доцентом кафедры промышленной электроники Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва.

Бурдасов Борис Константинович
Россия, РМ, г. Саранск
ЗАО «Конвертор»
E-mail: convrt@moris.ru
Тел. +7-8342-56-96-96

Окончил Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва в 1972 г. по специальности промышленная электроника. В 1983 г. защитил диссертацию на соискание степени кандидата технических наук во ВНИИЖТ, г. Москва. В настоящее время является заместителем главного инженера ЗАО «Конвертор».

Трошкин Владимир Михайлович
Россия, РМ, г. Саранск
ЗАО «Конвертор»
E-mail: convrt@moris.ru
Тел. +7-8342-56-96-96

Окончил Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва в 1973 г. по специальности промышленная электроника. В 1988 г. защитил диссертацию на соискание степени кандидата технических наук в Московском энергетическом институте. В настоящее время является председателем совета директоров ЗАО «Конвертор».