

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
Факультет Энергетический
Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,

_____/_____/_____
«____» _____ 20__ г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, д.т.н., профессор

_____/ И.М. Кирпичникова /_____
«____» _____ 20__ г.

Микропроцессорный комплекс релейной защиты и автоматики для подстанций
на переменном оперативном токе

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ НАУЧНАЯ РАБОТА (ДИССЕРТАЦИЯ)
ЮУрГУ – 13.04.02. 2018. 261. ВКР

Руководитель, к.т.н., доцент

_____/ А.Н. Андреев /_____
«____» _____ 20__ г.

Автор

студент группы П – 282

_____/ В.А. Алексеев /_____
«____» _____ 20__ г.

Нормоконтролер, к.т.н., доцент

_____/ А.Н. Андреев /_____
«____» _____ 20__ г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(национальный исследовательский университет)

Институт Политехнический
Факультет Энергетический
Кафедра Электрические станции, сети и системы электроснабжения
Направление Электроэнергетика и электротехника

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____/И.М. Кирпичникова/
_____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную научную работу (диссертацию) студента

Алексеева Виталий Андреевича
(Ф. И.О. полностью)

Группа _____

1. Тема выпускной квалификационной работы

Микропроцессорный комплекс релейной защиты и автоматики для подстанций на переменном оперативном токе.

утверждена приказом по университету от _____ 20__ г. № _____

2. Срок сдачи студентом законченной работы _____

3. Исходные данные к работе

Схема подстанции на переменном оперативном токе _____

Схема подстанции на постоянном оперативном токе _____

Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35 – 750 кВ

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

- 1) Изучение оперативного тока
- 2) Изучение источников питания оперативного тока
- 3) Выбор средств РЗА
- 4) Разработка источника оперативного питания
- 5) Выбор оборудования
- 6) Сравнение оборудования с аналогами
- 7) Заключение

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

Весь графический материал отображен в презентации

Структурная схема питания цепей релейной защиты и автоматики

Таблица с экономическими данными

6. Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)

7. Дата выдачи задания _____

Руководитель _____

(подпись)

Задание принял к исполнению _____

(подпись студента)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Изучение оперативного тока	1.06.2017	
Изучение источников питания	1.10.2017	
Выбор средств РЗА	1.12.2018	
Разработка источника ОП	1.03.2018	
Выбор оборудования	1.04.2018	
Сравнение с аналогами	1.05.2018	
Экономический расчет	15.05.2018	
Оформление РПЗ	1.06.2018	

Заведующий кафедрой _____ /И.М. Кирпичникова/

Руководитель работы _____ / _____ /

Студент _____ / _____ /

Аннотация

Алексеев В.А. – Микропроцессорный комплекс релейной защиты и автоматики для подстанций на переменном оперативном токе – Челябинск: ЮУрГУ, П - 282, 2018 г., стр. 38, илл. 8, Список литературы – 12 наименований.

В данном проекте была изучена система оперативного питания на подстанциях с переменным оперативным током. Область применения и требования для оперативных цепей. Приведены схемы реализации оперативных цепей. Были выявлены преимущества и недостатки для каждой из схем. Сравнивались источники питания оперативных цепей различных токов для выявления преимуществ и недостатков. Приведен пример выбора аккумуляторной батареи для подстанции. Приведены несколько вариантов реализации источников оперативного тока с аккумуляторной батареей малой емкости. Рассчитаны параметры источников питания для акб и сами аккумуляторные батареи, способные выдерживать нагрузки, требуемые для питания оперативных цепей и выключателей. Был проведен сравнительный анализ с аналогами и выявлены преимущества и недостатки. Была рассчитана экономическая эффективность системы источника питания с аккумуляторной батареей малой емкости.

					<i>13.04.02.2018.261.00. ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	Алексеев В.А.				Микропроцессорный комплекс релейной защиты и автоматики для подстанции на переменном оперативном токе.	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	Андреев А.Н.						3	38
<i>Реценз.</i>						ЮУрГУ		
<i>Н. Контр.</i>	Андреев А.Н.							
<i>Утверд.</i>	Горшков К.Е.							

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	7
1.Оперативный ток	8
1.1. Область применения постоянного и переменного оперативного тока.....	8
1.1.2. Постоянный оперативный ток:	8
1.1.3. Переменный оперативный ток:.....	10
1.2. Требования к оперативному току.....	11
1.3. Оперативный постоянный ток.	12
1.3.1. Понятие	12
1.3.2. Основные достоинства:	13
1.3.3. Недостатки постоянного оперативного тока:.....	13
1.4. Оперативный переменный ток.....	14
1.4.1. Понятие	14
1.4.2. Схемы с использованием переменного оперативного тока:.....	14
1.4.2.1. Схемы с дешунтированием катушки отключения привода выключателя.	14
1.4.2.1.1. Достоинства и недостатки схем дешунтирования.....	15
1.4.2.2. Схемы с блоками питания выпрямленным током, напряжением.	15
1.4.2.2.1. Достоинства схем с блоками питания выпрямленным током и напряжением:	16
1.4.2.2.2. Недостатки схем с блоками питания выпрямленным напряжением и током:.....	16
1.4.2.3. Схемы с предварительно заряженными конденсаторами.	17
1.4.2.3.1. Недостатки	17
1.4.2.3.2. Достоинства	17
1.4.2.4. Схемы с реле прямого действия.....	17
2. Реализация комплекса РЗА на постоянном оперативном токе.....	18
2.1. Комплекс РЗА на постоянном оперативном токе.....	18
2.1.1. Блок БПЗ-401	19
2.1.2. Блок БПЗ-402	19
2.1.2.1. Конструкция.....	19
2.1.2.2. Структура условного обозначения	20

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

2.2 Промышленные микропроцессорные терминалы РЗА на постоянном опер токе	22
2.2.1. Экра.....	22
2.2.2. Мехатроника	23
2.3. Выбор АКБ и устройство зарядки	24
2.3.1. Определение наибольшего толчкового тока	25
2.3.2. Определение минимально возможного напряжения на одном элементе аккумуляторной батареи.....	25
2.3.3. Определение номера аккумуляторной батареи.....	25
2.3.4. Определение сечения кабеля, питающего шинки электромагнитов включения выключателей 10кВ ВКЭ 10.....	26
2.3.5. Определение номера АБ при требовании включения выключателя с электромагнитным приводом в конце двухчасового разряда АБ током 5N.....	26
2.3.6. Определение номера АБ типа GroE	26
2.4. Источники питания для постоянного опер тока.	27
3.Реализация комплекса РЗА на переменном опер токе	27
3.1. Промышленные микропроцессорные терминалы РЗА на переменном опер токе.....	27
3.1.1. Экра.....	27
3.1.2. Мехатроника	28
3.3 Источники питания для переменного оперативного тока.	29
3.4 Реализация цепей управления выключателей по схеме дешунтирования.....	30
4.Источник Оперативного тока с АКБ малой емкости	31
4.1. Разработка структурной схемы источника.....	31
4.2. Описание устройства	32
4.3. Сравнение с аналогами	32
4.3.1. Для 1,3 кВт HYBRID.....	32
4.3.1.1. ИБП СИПБ1,5КА.8-11 онлайн двойного преобразования с встроенными аккумуляторами.....	32
4.3.1.2. Импульсное автоматическое зарядно-разрядное устройство ЗЕВС-Т-Р-12.....	32
4.3.2. Для 20 кВт DOMINATOR	32
4.3.2.1. ИБП СИПБ20БД.9-31 20 кВА (ДЕШК.435341.008-02).....	32
4.3.2.2. ВЗА-Р-50-110.....	33
4.4. Инверторы.....	33

4.4.1. Краткое описание	33
4.4.2. Разновидности	34
4.4.2.1. 1.3 кВт HYBRID (инвертор) 12В	34
4.4.1. Для инвертора 1.3 кВт HYBRID 12В	35
4.4.2. Для инвертора 20 кВт DOMINATOR UPS 48В.....	35
5. Экономический расчет.....	37
5.1. Стоимость оснащения подстанции оперативным постоянным током:	37
5.2. Связка на 1.3 кВт	37
5.3. Связка на 20 кВт	37
Заключение	38
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	39

ВВЕДЕНИЕ

Измерительные трансформаторы и трансформаторы собственного расхода являются основными источниками питания оперативных цепей релейной защиты на подстанциях с переменным оперативным током.

Использование трансформаторов тока обеспечивает в большинстве случаев надежное питание оперативных цепей защиты, особенно при больших токах, возникших вследствие короткого замыкания, а также позволяет полностью разделить оперативные цепи отдельных присоединений.

Трансформаторы напряжения и собственного расхода являются достаточно надежными источниками оперативного тока, при повреждениях не сопровождающихся снижением междуфазного напряжения (замыкание на землю, действие газовой защиты и т. п.).

Особое значение для подстанций с переменным оперативным током имеет величина мощности, отдаваемой источником в нормальном и особенно аварийном режимах. Как известно, измерительные трансформаторы — маломощные аппараты, класс точности которых и величины погрешностей в большой степени зависят от величины и характера нагрузки. Особенно это относится к трансформаторам тока и в меньшей степени — к трансформаторам напряжения.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Оперативный ток

1.1. Область применения постоянного и переменного оперативного тока.

1.1.2. Постоянный оперативный ток:

Согласно [4]

УТВЕРЖДЕНО приказом Минэнерго России от 30 июня 2003 г. N 288)

6.3.1. Постоянный оперативный ток.

6.3.1.1. На ПС 110 кВ и выше, как правило, применяется оперативный постоянный ток (ОПТ) напряжением 220 В. Источником напряжения ОПТ служит аккумуляторная батарея (АБ), работающая с зарядно-подзарядным агрегатом (ЗПА) в режиме постоянного подзаряда.

При реконструкции ПС производится проверочный расчет существующих АБ с учетом изменений условий их работы. При необходимости АБ заменяются на новые.

6.3.1.2. На ПС 110-220 кВ устанавливается одна АБ и два зарядно-подзарядных агрегата. На ПС 330 кВ и выше устанавливаются две АБ и четыре ЗПА: по два для каждой АБ. Каждая АБ выбирается с учетом полной нагрузки ОПТ на ПС.

Для питания микропроцессорных устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики в случае обоснованной необходимости предусматривается установка отдельных аккумуляторных батарей (одной или двух). Сеть, которую они будут обслуживать, располагается в пределах ОПУ.

6.3.1.3. Система ОПТ на ПС проектируется с учетом следующего:

АБ снабжается двумя комплектами выводов, образующих два канала питания, соединенных кабелями с соответствующими автоматическими выключателями (АВ) (предохранителями), защищающими соответственно две секции главных шин щита постоянного тока (ЩПТ); к каждой из двух секций ЩПТ через соответствующие АВ (предохранители) подключаются шинки в ОПУ, на щите РЗА, в ЗРУ;

Предусматривается возможность объединения одноименных шинок обоих каналов с помощью рубильников или аппаратов, их заменяющих;

На каждой секции шин ЩПТ предусматривается устройство контроля изоляции, а также устройство нахождения повреждения изоляции;

Предусматривается возможность дозаряда аккумуляторов батареи без отключения нагрузки.

6.3.1.4. На ПС с двумя АБ количество каналов питания и шин в системе ОПТ удваивается по сравнению с одной АБ.

6.3.1.5. На ПС с одной АБ предусматривается возможность параллельной работы двух зарядно-подзарядных агрегатов.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

6.3.1.6. На ПС с двумя АБ предусматриваются две ремонтные перемычки для возможности отключения любого из четырех каналов питания или полностью одной АБ.

Автоматические выключатели (предохранители) цепей управления, релейной защиты и автоматики устанавливаются либо на панелях управления, либо на отдельных панелях (в шкафах).

6.3.1.7. Вся нагрузка ОПТ распределяется на ПС с одной АБ между двумя каналами питания, на ПС с двумя АБ - между четырьмя каналами. При этом основные и резервные защиты (первые и вторые комплекты защит), основные и дублирующие комплекты противоаварийной автоматики, первые и вторые электромагниты отключения высоковольтных выключателей питаются от разных каналов ОПТ при одной АБ и от разных АБ, когда их две.

6.3.1.8. Система ОПТ предусматривается с трехступенчатым уровнем защиты:

Верхний уровень - защита селективными АБ (предохранителями) на вводах от АБ;

Средний уровень - защита селективными АБ (предохранителями) на отходящих присоединениях ЩПТ;

Нижний уровень - защита АБ (предохранителями) без выдержки времени цепей питания ОПТ панелей (шкафов).

6.3.1.9. Защитные элементы трех уровней обеспечивают селективное отключение КЗ на защищаемом участке, верхнего и среднего уровней, а также в зоне резервирования.

Чувствительность защитных элементов АБ:

Вводных - при КЗ в основной зоне защиты и в зоне резервирования коэффициент чувствительности не менее 2;

Среднего уровня - при КЗ в основной зоне защиты не менее 2, в зоне резервирования - не менее 1,3;

Нижнего уровня - при КЗ на входе панели (шкафа) не менее 2.

Расчеты токов КЗ в системе ОПТ выполняются с учетом сопротивления дуги в месте повреждения.

6.3.1.10. Выбор АБ, расчет токов КЗ, выбор защитных аппаратов, распределение нагрузки по каналам питания в системе ОПТ выполняются в соответствии с указаниями по организации системы ОПТ на ПС 110 кВ и выше.

6.3.1.11. Крепление элементов АБ для ПС в сейсмических регионах выполняется в соответствии с действующими рекомендациями.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

6.3.2. При выполнении на реконструируемых ПС электромагнитной блокировки разъединителей независимо от наличия АБ на ПС предусматриваются выпрямительные блоки питания от сети собственных нужд 0,4 кВ для питания цепей оперативной блокировки.

Цепи питания РЗ не объединяются с цепями питания оперативной блокировки, а цепи питания микропроцессорных устройств РЗ еще и с цепями питания двигателей постоянного тока.

1.1.3. Переменный оперативный ток:

Согласно [4].

6.3.4. Переменный оперативный ток.

6.3.4.1. С целью повышения надежности ПС на переменном оперативном токе система оперативного переменного тока подстанции выполняется с учетом следующих положений:

Питание шинок оперативного переменного тока осуществляется от двух секций собственных нужд 0,4 кВ через отдельные трансформаторы с АВР между линиями питания;

На шинках предусматривается устройство контроля изоляции; АВР линий питания выполняется с помощью магнитных пускателей, обеспечивающих динамическую стойкость к токам КЗ в системе оперативного тока. Питание катушек магнитных пускателей выполняется от устройства бесперебойного питания;

Питание электродвигателей заводки пружин приводов выключателей осуществляется от шинок, образованных от шин собственных нужд; в схему питания оперативным током не включаются стабилизаторы напряжения типа С-ЗС;

Для обеспечения надежного действия АЧР при снижении напряжения в сети питание устройства АЧР осуществляется от устройства бесперебойного питания.

6.3.4.2. Обеспечивается чувствительность всех защитных элементов при повреждении в конце смежного участка сети.

6.3.4.3. Организация цепей оперативного переменного тока и расчеты по обеспечению селективности и чувствительности защитных аппаратов схемы питания цепей защиты и управления выполняются в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

6.4. В качестве источников переменного оперативного тока для питания цепей защиты и управления используются трансформаторы тока и предварительно заряженные конденсаторы.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

При этом могут применяться:

Схемы совмещенного действия с дешунтированием и от предварительно заряженных конденсаторов для включения короткозамыкателей;

Схемы с дешунтированием для отключения выключателей 6, 10 и 35 кВ;

Схемы с действием от предварительно заряженных конденсаторов для отключения отделителей и выключателей.

В России питание оперативных цепей от источников переменного тока получило широкое распространение в электрических сетях напряжением 6-35 кВ

1.2. Требования к оперативному току.

Согласно [5].

3.2.24. Чувствительность защит на переменном оперативном токе, выполняемых по схеме с дешунтированием электромагнитов отключения, следует проверять с учетом действительной токовой погрешности трансформаторов тока после дешунтирования. При этом минимальное значение коэффициента чувствительности электро- магнитов отключения, определяемое для условия их надежного срабатывания, должно быть приблизительно на 20% больше принимаемого для соответствующих защит (см. 3.2.21).

3.2.31. Защиту с применением реле прямого действия, как первичных, так и вторичных, и защиты на переменном оперативном токе рекомендуется применять, если это возможно и ведет к упрощению и удешевлению электроустановки.

3.2.32. В качестве источника переменного оперативного тока для защит от КЗ, как правило, следует использовать трансформаторы тока защищаемого элемента. Допускается также использование трансформаторов напряжения или трансформаторов собственных нужд. В зависимости от конкретных условий должна быть применена одна из следующих схем: с дешунтированием электромагнитов отключения выключателей, с использованием блоков питания, с использованием зарядных устройств с конденсатором.

4.2.44. На ПС применяются постоянный и переменный оперативные токи. Переменный ток должен применяться во всех случаях, когда это возможно и ведет к упрощению и удешевлению электроустановок при обеспечении необходимой надежности их работы.

3.4.24. Вторичные обмотки трансформатора напряжения должны быть заземлены соединением нейтральной точки или одного из концов обмотки с заземляющим устройством. Заземление вторичных обмоток трансформатора напряжения должно быть выполнено, как правило, на ближайшей от трансформатора напряжения сборке зажимов или на зажимах трансформатора напряжения. Допускается объединение заземляемых вторичных цепей нескольких трансформаторов напряжения одного распределительного устройства общей заземляющей шинкой. Если указанные шинки относятся к разным распределительным устройствам и находятся в разных помещениях (например, релейные щиты распределительных устройств различных напряжений), то эти

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

шинки, как правило, не следует соединять между собой. Для трансформаторов напряжения, используемых в качестве источников оперативного переменного тока, если не предусматривается рабочее заземление одного из полюсов сети оперативного тока, защитное заземление вторичных обмоток трансформаторов напряжения должно быть осуществлено через пробивной предохранитель.

3.4.18. Изоляция аппаратуры, применяемой во вторичных цепях, должна соответствовать нормам, определяемым рабочим напряжением источника (или разделительного трансформатора), питающего данные цепи. Контроль изоляции цепей оперативного постоянного и переменного тока следует предусматривать на каждом независимом источнике (включая разделительные трансформаторы), не имеющем заземления. Устройство контроля изоляции должно обеспечивать подачу сигнала при снижении изоляции ниже установленного значения, а на постоянном токе — также измерение значения сопротивления изоляции полюсов. Контроль изоляции допускается не выполнять при неразветвленной сети оперативного тока.

3.3.102. Питание устройств телемеханики (как основное, так и резервное) на диспетчерских и контролируемых пунктах должно осуществляться совместно с питанием аппаратуры каналов связи и телемеханики. Резервное питание устройств телемеханики на контролируемых пунктах с оперативным переменным током должно предусматриваться при наличии источников резервирования (другие секции систем шин, резервные вводы, аккумуляторные батареи устройств каналов связи, трансформаторы напряжения на вводах, отбор от конденсаторов связи и т.п.). Если резервные источники питания для каких-либо других целей не предусматриваются, то резервирование питания устройств телемеханики, как правило, не должно предусматриваться. Резервное питание устройств телемеханики на контролируемых пунктах, имеющих аккумуляторные батареи оперативного тока, должно осуществляться через преобразователи. Резервное питание устройств телемеханики, установленных на диспетчерских пунктах объединенных энергосистем и предприятий электросетей, должно осуществляться от независимых источников (аккумуляторной батареи с преобразователями постоянного тока в переменный, двигателя-генератора внутреннего сгорания) совместно с устройствами каналов связи и телемеханики. Переход на работу от источников резервного питания при нарушении электроснабжения основных источников должен быть автоматизирован. Необходимость резервирования питания на диспетчерских пунктах промышленных предприятий должна определяться в зависимости от требований по обеспечению надежности энергоснабжения.

1.3. Оперативный постоянный ток.

1.3.1. Понятие

Источниками постоянного тока являются аккумуляторные батареи, работающие в режиме постоянного подзаряда. Рабочее напряжение батарей 110–220 В. В качестве подзарядного устройства используется мощный тиристорный преобразователь, снабженный элементным коммутатором, с помощью которого

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

можно изменять число участвующих в химической реакции пластин. Для повышения надежности сеть оперативного тока секционируют на ряд участков, имеющих самостоятельное питание от сборных шин батареи.

1.3.2. Основные достоинства:

- простой источник тока, работа которого не зависит от состояния основной системы;
- возможность работы при одном замыкании на землю одного из полюсов при сохранении междуполюсного напряжения.

1.3.3. Недостатки постоянного оперативного тока:

- сложность выполнения защиты от повреждений в цепях постоянного тока;
- требуют специального помещения;
- требуют квалифицированного обслуживания;
- дорогие (большой расход цветных металлов).

Оперативный постоянный ток в первую очередь используется в электроустановках, где батареи требуются для включения мощных выключателей с электромагнитными приводами и ряда других нужд (например, на ТЭС, мощных ГЭС и подстанциях).

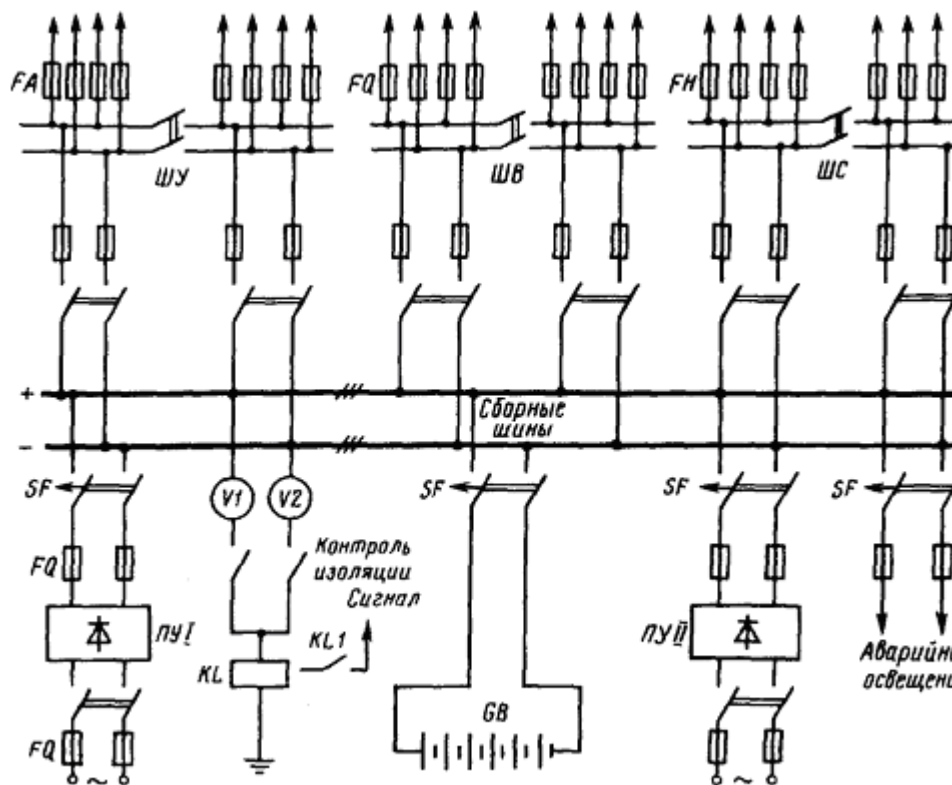


Рис.1 Принципиальная схема питания оперативных цепей РЗ, управления и сигнализации оперативным постоянным током

1.4. Оперативный переменный ток.

1.4.1. Понятие

Источниками оперативного переменного тока могут быть трансформаторы тока, трансформаторы напряжения и трансформаторы собственных нужд, включаемые соответственно на токи и напряжения элементов защищаемой установки.

Трансформаторы тока могут являться надежными источниками питания защит только от повреждений, сопровождающихся значительными токами, когда они в состоянии отдавать мощность, достаточную кроме всего для работы привода выключателя (при однофазных замыканиях на землю не подходят).

Трансформаторы собственных нужд и трансформаторы напряжения в общем случае, наоборот, непригодны для питания защит от КЗ, сопровождающихся снижением напряжения до нуля, и могут применяться для управления в режимах, характеризуемых напряжениями близкими к рабочим (например, однофазное замыкание на землю).

Таким образом, перечисленные источники питания не являются универсальными (как аккумуляторные батареи), а имеют ограниченные области применения. Поэтому часто используются несколько отдельных источников переменного оперативного тока или комбинированные устройства.

1.4.2. Схемы с использованием переменного оперативного тока:

1.4.2.1. Схемы с дешунтированием катушки отключения привода выключателя.

Однолинейный вид совмещенной схемы токовой защиты с реле тока КАТ с выдержкой времени с имеющим специальный переключающий контакт без разрыва цепи представлена на рис. 4.

В рабочих режимах процессе срабатывания реле тока КАТ размыкающей частью своего контакта, имеющей большую отключающую способность (с дугогасящим устройством), шунтирует цепь катушки электромагнита отключения выключателя УАТ (нормально разорвана замыкающей частью контакта).

Нагрузка трансформатора тока ТА определяется относительно небольшой мощностью цепи обмотки реле тока, и трансформатор работает с необходимой точностью ($\epsilon \leq 10\%$). После срабатывания защиты электромагнит выключателя включается последовательно с обмоткой реле и через нее проходит полный вторичный ток трансформатора тока, определяющий отключение выключателя. При этом трансформатор тока сильно перегружается ($\epsilon > 10\%$), но для срабатывания защиты это уже несущественно.

Главное, чтобы ток, протекающий по вторичной обмотке трансформатора тока был больше или равен току срабатывания катушки электромагнита отключения выключателя и был не меньше тока возврата реле тока.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1.4.2.1.1. Достоинства и недостатки схем дешунтирования.

Достоинствами схем с дешунтированием катушки отключения привода выключателя являются простота и экономичность. А недостатками являются: зависимость от режима работы сети; оборудование на переменном токе имеет большие габариты; вибрация контактов.

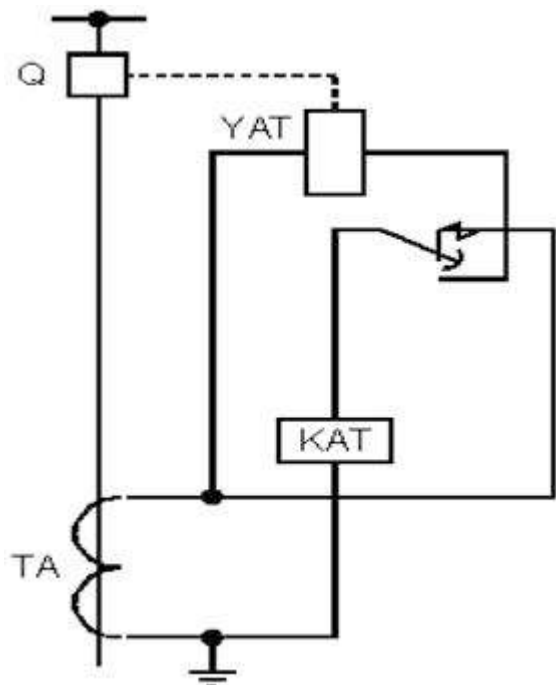


Рис.2. Схема с дешунтированием катушки отключения выключателя.

Рассмотренные схемы могут применяться в сетях с номинальным напряжением до 35 кВ при пружинных приводах у выключателей (преимущественно на тупиковых подстанциях, где ток дешунтирования не превышает 50 А). Современные специальные реле тока и промежуточные реле имеют контакты, способные отключить ток до 150 А.

1.4.2.2. Схемы с блоками питания выпрямленным током, напряжением.

Под блоками питания понимаются устройства, питаемые от трансформаторов тока, трансформаторов напряжения и трансформаторов собственных нужд, выпрямляющие ток, напряжение и обеспечивающие напряжение, используемое для оперативных цепей.

Блоки делятся на токовые (БПТ), напряжения (БПН) и комбинированные, состоящие из БПТ и БПН, работающих параллельно на стороне выпрямленного напряжения. На рис. 2. 5 представлен пример схемы комбинированного блока питания оперативным выпрямленным током.

БПН обеспечивает питание при замыканиях между двумя фазами за силовым трансформатором с группой соединения обмоток Y/D, D/Y, а также при однофазном КЗ за трансформатором с группой соединения обмоток Y/Y-0 с нулевым проводом, когда разность токов с питающей стороны равна нулю, но междуфазное напряжение близко к рабочему.

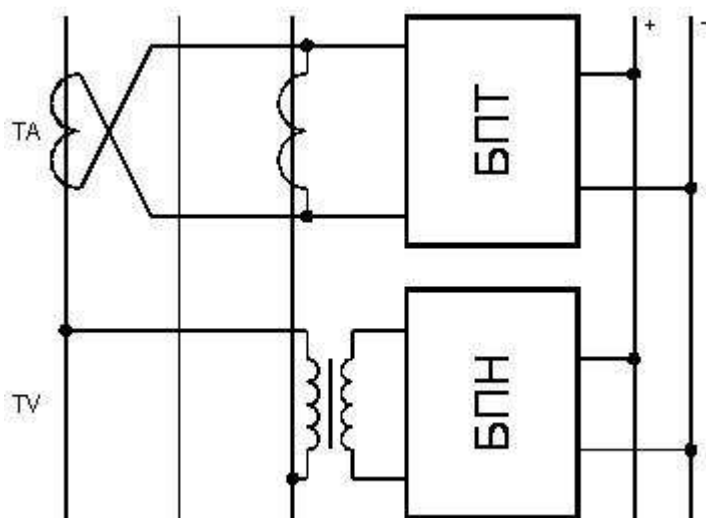


Рис. 3. Схема комбинированного блока питания выпрямленным током

1.4.2.2.1. Достоинства схем с блоками питания выпрямленным током и напряжением:

- возможность индивидуального обеспечения питания оперативным током одного защищаемого присоединения (однако при значительном числе присоединений экономически целесообразным оказывается групповое питание);
- возможность применения защитной аппаратуры, изготавливаемой для установок с аккумуляторными батареями.

1.4.2.2.2. Недостатки схем с блоками питания выпрямленным напряжением и током:

- недостаточная мощность для питания катушек включения электромагнитных приводов (обычно осуществляется от выпрямительных блоков, питаемых от трансформаторов собственных нужд подстанции);
- невозможность использования для минимальных защит напряжения, а также при отключении подстанции с упрощенной схемой соединений со стороны высшего напряжения для управления отделителем в бестоковую паузу;
- необходимость отдельных сердечников трансформаторов тока, когда требуется большая отдаваемая мощность.

Схемы с блоками питания выпрямленным током широко применяются на понижающих подстанциях с номинальным напряжением до 35 кВ, а также на подстанциях с номинальным напряжением 110–220 кВ с упрощенными схемами электрических соединений со стороны высшего напряжения (не имеется выключателей на этом напряжении).

Некоторые из недостатков могут быть устранены при одновременном использовании энергии предварительно заряженных конденсаторов.

1.4.2.3. Схемы с предварительно заряженными конденсаторами.

Состоит из зарядного устройства, условно показанного на схеме промежуточным трансформатором TL , и блока конденсаторов C , заряжаемого через выпрямитель VD . Для предотвращения разряда конденсаторов через обратное сопротивление выпрямителя блок конденсаторов автоматически отключается от зарядного устройства замыкающим контактом минимального реле напряжения KV при значительном понижении выходного напряжения зарядного устройства.

1.4.2.3.1. Недостатки

Основным недостатком схем с предварительно заряженным конденсатором является импульсность действия, поэтому каждый элемент должен присоединяться к отдельному блоку конденсаторов.

1.4.2.3.2. Достоинства

Достоинствами схемы является возможность проведения оперативных операций на подстанции, потерявшей питание (например, отключение отделителей в бестоковую паузу) и возможность отключения выключателей с любыми тяжелыми приводами.

Основная область применения: питание цепей отключения выключателей и отделителей.

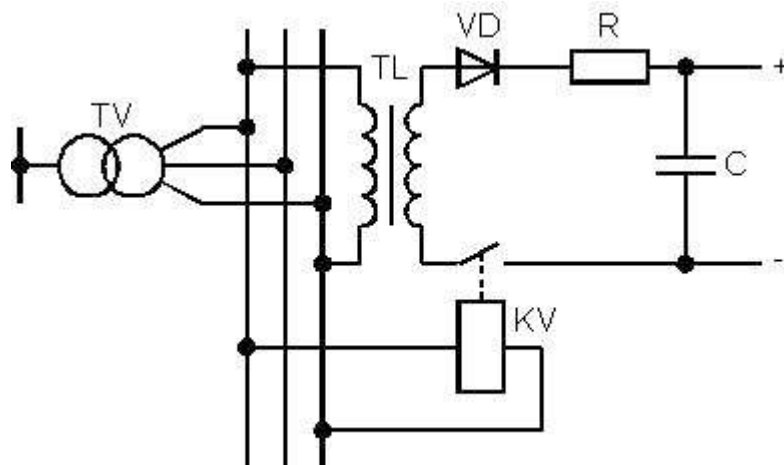


Рис.4. Схема с предварительно заряженным конденсатором

1.4.2.4. Схемы с реле прямого действия.

Защиты с реле прямого действия также могут быть условно отнесены к работающим на оперативном переменном токе. Простота и автономность защит с реле прямого действия обуславливают продолжающееся их использование для осуществления защит, если их параметры и погрешности являются приемлемым (обмотки реле питаются непосредственно от трансформаторов тока и трансформаторов напряжения, а исполнительные органы действуют непосредственно на отключение выключателей).

2. Реализация комплекса РЗА на постоянном оперативном токе.

2.1. Комплекс РЗА на постоянном оперативном токе.

Блоки питания и заряда БПЗ 401, БПЗ-402

Блоки типов БПЗ-401 (блок напряжения), БПЗ-402 (блок токовый) предназначены для питания выпрямленным током устройств автоматики, управления и релейной защиты, выполненной на номинальное напряжение 110 или 220 В или заряда конденсаторных батарей (блоков БК-400 и др.) напряжением заряда 400 В. Блоки БПЗ-401 и БПЗ-402 имеют выходную мощность 100 Вт в длительном режиме и 200 Вт в кратковременно режиме.

Блоки БПЗ-401 включаются на измерительные трансформаторы напряжения или цепь трансформаторов собственных нужд.

Блоки БПЗ-402 могут работать с трансформаторами тока, отдаваемая мощность которых при двукратном номинальном токе не менее 500 ВА.

Условия эксплуатации

Климатическое исполнение УХЛ или О, категория размещения "4" по ГОСТ 15150 - 69.

Диапазон рабочих температур окружающего воздуха от - 40° С до + 40° С.

Группа механического исполнения по ГОСТ17516.1 - 90, при этом вибрационные нагрузки с максимальным ускорением 0,25 g в диапазоне частот от 5 до 100 Гц.

Степень защиты оболочки блоков и выводов IP00 по ГОСТ 14255 - 69.

Основные параметры

Номинальное входное напряжение блока БПЗ-401, В 100, 105, 110, 115, 121, 127, 200, 210, 220, 230, 242, 254.

Уставки по току наступления феррорезонанса блока БПЗ-402, А 4,65; 6; 8,5, 9,3; 12; 17

Номинальное выходное напряжение, В 110, 220

Номинальная частота блоков БПЗ-401, Гц 50,60

Технические данные

Напряжение заряда, В 400

Время заряда конденсаторов ёмкостью 200 мкФ, мс, не более 70

Значения выходного напряжения блоков типов БПЗ-401 и БПЗ-402 при отсутствии нагрузки и минимально допустимом сопротивлении нагрузки на выходе приведены в таблице 1.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

2.1.1. Блок БПЗ-401

В длительном режиме блок выдерживает 110% номинального входного напряжения при длительно допустимом сопротивлении нагрузки, Ом :

На уставке выходного напряжения 110 В 150

На уставке выходного напряжения 220 В 600

Максимальная емкость заряженных конденсаторов, мкФ 2000

Блок имеет реле контроля исправности цепи заряда.

Напряжение срабатывания реле контроля не более 70% номинального входного на уставке выходного напряжения 220 В

Разрывная мощность размыкающего контакта реле не менее 30 Вт при напряжении от 24 до 250 В или при токе 1 А.

Потребляемая мощность, ВА:

В режиме блока заряда, не более 20

В режиме блока питания при отсутствии нагрузки на уставке выходного напряжения 110 В, не более 5

В режиме блока питания при отсутствии нагрузки на уставке выходного напряжения 220 В, не более 20

При длительно допустимой нагрузке, не более 200

При максимально допустимой нагрузке, не более 400

Масса блоков БПЗ-401, кг, не более 9

2.1.2. Блок БПЗ-402

Максимальная ёмкость заряженных конденсаторов, мкФ 200

Ток наступления феррорезонанса при отсутствии нагрузки не должен отличаться от уставок более, чем на 10%

В длительном режиме блок выдерживает:

до наступления феррорезонанса токи, не превышающие токов наступления феррорезонанса;

режиме феррорезонанса, ампервитки, не менее 550

Потребляемая мощность блоков, ВА 550

Масса блоков, кг, не более 10

2.1.2.1. Конструкция

Все части блоков смонтированы на механически прочном металлическом цоколе и закрыты оболочкой.

Исполнение по способу присоединения внешних проводников: переднее или заднее (шпилькой или винтом).

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

2.1.2.2. Структура условного обозначения

Б - блок;

П - питания;

З - заряда;

40 - условное обозначение конструктивного исполнения;

Х - тип блока:

1 -напряжения;

2 - токовый;

Х4 - климатическое исполнение (УХЛ, О) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150 - 69 и ГОСТ15543.1 - 89.

НТД - ТУ16-88 ИАЕЖ.656121.004ТУ

Для питания конденсаторных батарей используют блоки питания и заряда, подключаемые как к трансформаторам напряжения, так и к трансформаторам тока.

При использовании блока БПЗ-401 вторичные цепи трансформатора напряжения подключают к зажимам 1 и 2, цепи оперативного питания - к зажимам 8 и 9 (рис. 6, а), а заряжаемые конденсаторы или конденсаторные блоки - к зажимам 6 и 10. Сигнализация о наличии или отсутствии напряжения на выходе блока осуществляется с помощью размыкающего контакта реле КЛ.

Диоды

VD1 и VD2 предотвращают разряд конденсатора при исчезновении напряжения на зажимах 7, 10.

Для регулирования напряжения на выходе блока изменяют схему переключения одинаковых секций первичной обмотки, а с помощью накладок SX1 и SX2 изменяют число задействованных витков во вторичной обмотке [15], что позволяет изменять момент наступления феррорезонанса, используемого для стабилизации выходного напряжения.

Входные цепи блока БПЗ-402 (рис. 6, б) подключают ко вторичной обмотке трансформатора тока. Внешний конденсатор С2 подсоединяют через резистор R и диод VD2 к выходу выпрямительного моста VD1. Разряд внешнего конденсатора С2 при исчезновении напряжения на выходе блока ограничивается обратным сопротивлением диода VD2.

Рассмотренные и подобные им блоки питания, рассчитанные на длительную нагрузку до 1500 Вт, применяли в электроустановках с электромеханическими устройствами релейной защиты.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Специальных требований к напряжению оперативного питания, получаемого с помощью таких блоков, не предъявлялось. В действующих ПУЭ регламентирована только одна характеристика - потеря напряжения, отражающая статическое изменение напряжения в сторону уменьшения от номинального значения.

<Для цепей оперативного тока потери напряжения от источника питания должны составлять:

до панели устройства или до электромагнитов управления, не имеющих форсировки, - не более 10 % при наибольшем токе нагрузки;

до электромагнитов управления, имеющих трехкратную и большую форсировку, - не более 25 % при форсировочном значении тока> [21, гл. 3.4].

Однако еще при переходе к полупроводниковым устройствам релейной защиты совместно с такими блоками питания пришлось применять сглаживающие фильтры, ограничивающие пульсации напряжения оперативного питания .

Последовавший позже переход на цифровые устройства релейной защиты потребовал строгой регламентации требований к источникам оперативного питания. Однако в известной литературе, описывающей цифровые устройства релейной защиты, нет сведений о характеристиках, используемых в них блоков питания, а также требований к качеству электроэнергии источника оперативного питания (см., например, [1]).

Наиболее полно требования к источнику оперативного питания изложены в РД [23], содержащем раздел 4.5 <Требования к условиям питания оперативным током>.

Учитывая изложенное, за последние годы практически все производители цифровых устройств релейной защиты начали выпуск специальных устройств питания, отвечающих всем требованиям, предъявляемым к источникам оперативного питания, установленным в [23].

Как и выпускавшиеся ранее, новые блоки также получают энергию от трансформаторов тока и напряжения, но выполнены в виде единой конструкции. Такие блоки принято называть комбинированными блоками питания [27 - 29].

Данная брошюра посвящена рассмотрению таких блоков и некоторых других устройств, используемых в настоящее время в схемах релейной защиты совместно с цифровыми устройствами релейной защиты и автоматики, а также в схемах управления высоковольтными выключателями.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

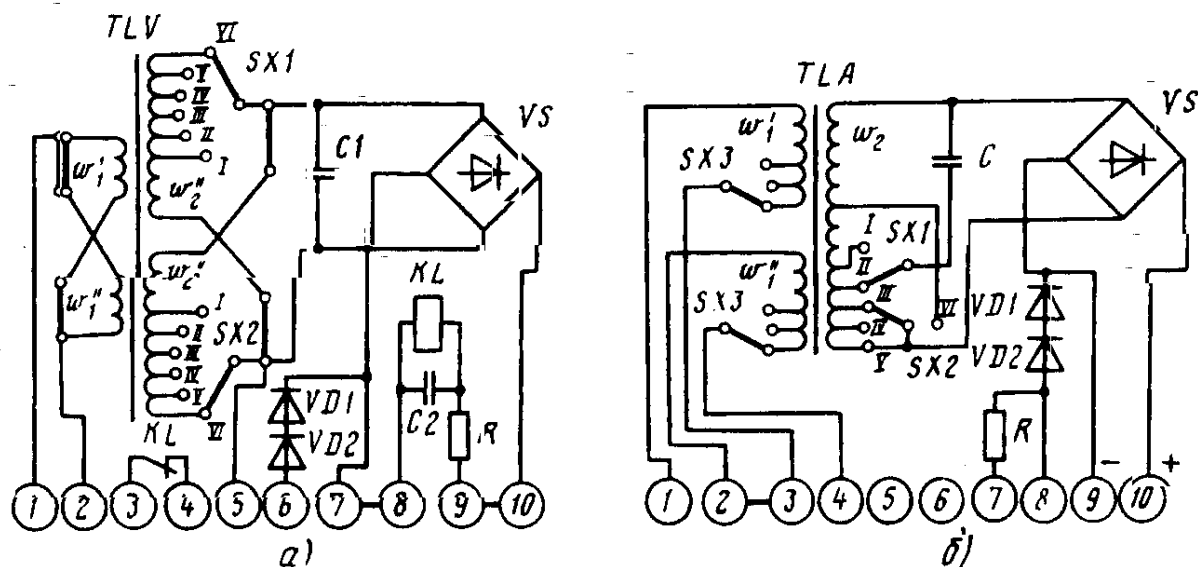


Рис. 5. Блоки питания типов: а – БПЗ-401; б – БПЗ-402

2.2 Промышленные микропроцессорные терминалы РЗА на постоянном опер токе

Т.к. выбранные промышленные микропроцессорные терминалы РЗА работают как на переменном, так и на постоянном оперативном токе, то в данном разделе приведены те-же устройства.

2.2.1. Экра

РЗА подстанционного оборудования 6-35 кВ

Релейная защита и автоматика оборудования для распределительных сетей номинальным напряжением 6-35 кВ реализована на базе терминалов серии БЭ2502 и обеспечивает:

- защиту кабельных и воздушных линий, в том числе и линий к ТСН;
- защиту секционного выключателя;
- защиту рабочих и резервных вводов;
- контроль трансформатора напряжения секции;
- автоматику регулирования коэффициента трансформации;
- защиту асинхронного и синхронного электродвигателей;
- дифференциальную защиту электродвигателя;
- дистанционную защиту линии;
- автоматику частотной разгрузки и ограничения снижения напряжения.

Входные цепи переменного тока имеют термическую стойкость:

- 2 Iном при длительном токовом воздействии;
- 40 Iном при токовом воздействии в течение 1 с.

Входные цепи переменного напряжения длительно выдерживают:

- 1,8 Uном – цепи напряжения «разомкнутого треугольника»;
- 1,5 Uном – остальные цепи напряжения.

Терминал выдерживает без повреждений длительное воздействие напряжения оперативного тока 1,15 Uпит. ном.

Общие технические характеристики

Дополнительные возможности:

- мониторинг текущих значений тока, напряжения и частоты;
- встроенный аварийный осциллограф;
- встроенный регистратор событий;
- развитая система диагностики;
- интеграция в локальную сеть и АСУ ТП.

2.2.2. Мехатроника

БМРЗ, БМРЗ-50, БМРЗ-100, БМРЗ-0.4 соответствуют нашим требованиям по оперативному переменному току.

1.5 Технические характеристики

1.5.1 Оперативное питание

1.5.1.1 Питание блока осуществляется от источника переменного, постоянного или выпрямленного тока. Диапазон напряжения питания от 66 до 264 В. Блок устойчив к перенапряжениям в цепи питания с амплитудой до 390 В.

1.5.1.2 Время готовности блока к работе после подачи оперативного питания - не более 0,25 с. Пусковой ток, установившейся через 1 мс после включения оперативного питания не должен превышать 15 А в течение 6 мс. С учетом пускового тока необходимо выбирать автомат питания блока с номинальным током не менее 2 А для временной характеристики отключения «С». Кроме того, автомат должен пройти проверки на номинальное напряжение, номинальный ток отключения, чувствительность, быстрдействие и селективность с учетом требований действующих нормативных документов.

1.5.1.3 Блок сохраняет работоспособность при прерывании напряжения питания (устойчивость к прерыванию):

- в дежурном режиме – 2,6 с;
- в режиме срабатывания защит – 2 с.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Примечание - Для подстанций на переменном оперативном токе по отдельному заказу поставляется блок питания БПК - 5, увеличивающий время работы блока при исчезновении оперативного питания.

1.5.1.4 Мощность, потребляемая блоком от источника оперативного питания в дежурном режиме, - не более 8 Вт, в режиме срабатывания защит - не более 14 Вт.

1.5.1.5 Блок не срабатывает ложно и не повреждается: - при снятии и подаче оперативного питания, а также при перерывах питания любой длительности с последующим восстановлением; - при подаче напряжения постоянного и выпрямленного тока обратной полярности; - при замыкании на землю цепей оперативного питания.

1.5.1.6 Блок обеспечивает хранение программной настройки, информации журнала сообщений и журнала аварий, накопительной информации и осциллограмм в течение всего срока службы. 1.5.1.7 Блок обеспечивает сохранение хода часов: - при наличии оперативного питания - в течение всего срока службы; - при отсутствии оперативного питания - не менее 200 часов.

1.5.1.8 Время и дата снижения напряжения питания ниже $0,7U_{НОМ}$ и восстановления напряжения выше $0,8U_{НОМ}$ фиксируются в журнале сообщений.

1.5.2 Входные и выходные цепи

1.5.2.1 Технические характеристики входных - выходных цепей блока приведены в таблице 2.

1.5.2.2 Дополнительные погрешности измерения параметров и срабатывания алгоритмов при изменении температуры окружающей среды, изменении частоты входных аналоговых сигналов не должны превышать 2 %. Таблица 2 - Технические характеристики входов и выходов блока

2.3. Выбор АКБ и устройство зарядки

Пример выбора аккумуляторной батареи для ПС 220/110/10 кВ

На стороне высшего напряжения ПС - ОРУ 220кВ со схемой "Одна рабочая секционированная выключателем и обходная системы шин" с пятью линиями, двумя автотрансформаторами, одним обходным и двумя секционными выключателями [3]. Выключатели типа ВВД 220.

На стороне среднего напряжения ПС - ОРУ 110кВ со схемой "Две рабочие и обходная системы шин" с двенадцатью линиями, двумя автотрансформаторами, одним обходным и одним шиносоединительным выключателем. Выключатели типа 145 РМ 40 элегазовые, баковые фирмы АВВ.

На стороне низшего напряжения - ЗРУ 110кВ со схемой "Одна одиночная секционированная выключателем система шин". На каждой секции шин 10кВ - восемь отходящих фидеров. Выключатели типа ВКЭ-10.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

2.3.1. Определение наибольшего толчкового тока

Сравниваются величины толковых токов в различных режимах. В случае одновременного отключения выключателей 220кВ при КЗ на секции шин отключаются три линии, один автотрансформатор, два секционных выключателя, всего шесть элементов.

$I_{откл} 220 = 6 \cdot 36 = 216 \text{ А}$, ток нагрузки $I_{нагр} = 80 \text{ А}$ (табл.4), толчковый ток $I_t = 216 + 80 = 296 \text{ А}$.

В случае КЗ на шинах 110кВ в режиме работы ОРУ 110кВ на одной системе шин. При этом ток отключения $I_{откл} 110 = (12 + 2) \cdot 6 = 84 \text{ А}$,

$$I_t = 84 + 80 = 164 \text{ А}.$$

При включении выключателя в конце получасового разряда АБ током $5N$, где N - номер АБ

$$I_t = I_{вкл} + I_{нагр} = 100 + 80 = 180 \text{ А}.$$

Как видно из сравнения, наибольший толчковый ток будет при КЗ на секции шин 220кВ с учетом тока нагрузки (296 А).

2.3.2. Определение минимально возможного напряжения на одном элементе аккумуляторной батареи

По выражениям (3),(4),(5) и (6) определяем минимальное напряжение, приходящееся на один элемент (аккумулятор) при условии обеспечения на шинках РЗА ($\pm EC$ ЩРЗ) напряжения не менее $0,8U_{ном}$.

В соответствии с таблицей 5 для $I_t = 180 \text{ А}$ сечение ошиновки АБ принимается равным $S_{ош} = 113 \text{ мм}^2$ ($d_{ош} = 12 \text{ мм}$); $S_{КБ1} = 120 \text{ мм}^2$; $l_{ош} = 20 \text{ м}$ - общая длина.

По таблице 6 для $l_{КБ1} = 25 \text{ м}$ и $S_{КБ1} = 120 \text{ мм}^2$ определяется $R_{КБ1} = 7,15 \text{ мОм}$, а также для $l_{КБ2} = 50 \text{ м}$; $S_{КБ2} = 50 \text{ мм}^2$ определяется $R_{КБ2} = 34,4 \text{ мОм}$.

В соответствии с таблицей 3 для $I_{ном} = 600 \text{ А}$ определяются $R_{аб} в/у = 0,41 \text{ мОм}$; $R_{Кс} в/у = 0,15 \text{ мОм}$; $R_{аб} с/у = 2,15 \text{ мОм}$; $R_{Кс} с/у = 0,5 \text{ мОм}$.

Далее расчет выполняется в следующей последовательности.

Определяется сопротивление ошиновки АБ $R_{ош}$ из выражения (14), а также величины соответственно по выражениям (6),(5),(4).

По выражению (3) определяем минимально возможное напряжение на одном элементе (аккумуляторе) АБ, вызванное толчковым током I_t

2.3.3. Определение номера аккумуляторной батареи

По кривой $5N$ на рис.2, характеризующей толчок тока в конце получасового разряда током $5N$ и полученному значению находим значение $jT = 35 \text{ А}$. По выражению (7) определяем номер АБ

$$N = 296/35 = 8,45.$$

Выбираем ближайший больший номер по шкале - СК 10.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.3.4. Определение сечения кабеля, питающего шинки электромагнитов включения выключателей 10кВ ВКЭ 10

Определяется величина толчкового тока при включении выключателя ВКЭ 10 в конце получасового разряда АБ током 5N по выражению (2)

$$I_t = 100 + 80 = 180 \text{ А.}$$

Определяется $j_t = 180/10 = 18 \text{ А}$. По характеристике 5N на рис.2 для $j_t = 18 \text{ А}$ находим величину напряжения, приходящегося на один элемент АБ $U_{э \text{ min}} = 1,84 \text{ В}$. Напряжение на АБ будет равно $U_{аб} = 1,84 * 106 = 195 \text{ В}$. Определяется величина допустимого падения напряжения на кабеле и шинках ±ЕУ ЗРУ

Сечение кабеля и шинок должно быть не менее 50 мм². Сочетание сечений кабеля и шинок может быть иным. Необходимо, чтобы общее сопротивление было не более $R_{КБ2+ш} < 68,7 \text{ мОм}$.

2.3.5. Определение номера АБ при требовании включения выключателя с электромагнитным приводом в конце двухчасового разряда АБ током 5N

По кривой 5N(2ч) для $U_a \text{ min} = 1,71 \text{ В}$ находим $j_T = 22 \text{ А}$. Далее определяется номер АБ, способной включить выключатель, например, ВКЭ 10 в конце двухчасового разряда АБ током 80А

$$N = 180/22 = 8,2.$$

Расчеты показали, что АБ типа СК 10 удовлетворяет требованиям к остаточным напряжениям:

0,8U_{ном} на шинках, питающих устройства Р8А при максимально возможном толчковом токе, равном 296 А (отключение присоединений от поврежденной секции шин 220 кВ);

0,85U_{ном} на выводах электромагнита включения при включении выключателя

ВКЭ10 в конце двухчасового разряда АБ током 5N.

2.3.6. Определение номера АБ типа GroE

По характеристике 3 на рис.3 для GroE 25 и $U_a = 1,71 \text{ В}$ находим величину тока $j_t - 43 \text{ А}$. Определяем номер АБ

$$N - 296/43 - 6,8.$$

Выбираем по шкале 7 GroE 25, $p = 106$. Емкость АБ 150 Ач.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

2.4. Источники питания для постоянного опер тока.

Источник постоянного оперативного тока - аккумуляторные батареи и зарядные устройства. В качестве зарядного устройства, для обеспечения оптимального режима заряда, разряда и подзаряда батареи, используются полупроводниковые выпрямительные установки.

Сеть постоянного тока секционируется на отдельные участки - шинки, имеющие собственные источники оперативного тока. Такие меры предприняты для увеличения надежности питания ответственных участков цепи. Секции шинок разделены между собой рубильниками для подачи питания при повреждении одной или нескольких питающих линий. На всех отходящих питающих линиях установлены автоматические выключатели либо предохранители, для защиты от коротких замыканий.

На шинках батареи устанавливается устройство контроля изоляции которое работает на сигнал. Используется для избежания нарушения целостности изоляции, что в свою очередь может привести к образованию обходных путей для тока в цепях управления коммутационным оборудованием и ложным его срабатываниям.

3. Реализация комплекса РЗА на переменном опер токе

3.1. Промышленные микропроцессорные терминалы РЗА на переменном опер токе

3.1.1. Экра

РЗА подстанционного оборудования 6-35 кВ

Релейная защита и автоматика оборудования для распределительных сетей номинальным напряжением 6-35 кВ реализована на базе терминалов серии БЭ2502 и обеспечивает:

- защиту кабельных и воздушных линий, в том числе и линий к ТСН;
- защиту секционного выключателя;
- защиту рабочих и резервных вводов;
- контроль трансформатора напряжения секции;
- автоматику регулирования коэффициента трансформации;
- защиту асинхронного и синхронного электродвигателей;
- дифференциальную защиту электродвигателя;
- дистанционную защиту линии;
- автоматику частотной разгрузки и ограничения снижения напряжения.

Входные цепи переменного тока имеют термическую стойкость:

- 2 Iном при длительном токовом воздействии;
- 40 Iном при токовом воздействии в течение 1 с.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Входные цепи переменного напряжения длительно выдерживают:

- 1,8 $U_{ном}$ – цепи напряжения «разомкнутого треугольника»;
- 1,5 $U_{ном}$ – остальные цепи напряжения.

Терминал выдерживает без повреждений длительное воздействие напряжения оперативного тока 1,15 $U_{пит. ном}$.

Дополнительные возможности:

- мониторинг текущих значений тока, напряжения и частоты;
- встроенный аварийный осциллограф;
- встроенный регистратор событий;
- развитая система диагностики;
- интеграция в локальную сеть и АСУ ТП.

3.1.2. Мехатроника

БМРЗ, БМРЗ-50, БМРЗ-100, БМРЗ-0.4 соответствуют нашим требованиям по оперативному переменному току.

1.5. Технические характеристики

1.5.1. Оперативное питание

1.5.1.1. Питание блока осуществляется от источника переменного, постоянного или выпрямленного тока. Диапазон напряжения питания от 66 до 264 В. Блок устойчив к перенапряжениям в цепи питания с амплитудой до 390 В.

1.5.1.2. Время готовности блока к работе после подачи оперативного питания - не более 0,25 с. Пусковой ток, установившейся через 1 мс после включения оперативного питания не должен превышать 15 А в течение 6 мс. С учетом пускового тока необходимо выбирать автомат питания блока с номинальным током не менее 2 А для временной характеристики отключения «С». Кроме того, автомат должен пройти проверки на номинальное напряжение, номинальный ток отключения, чувствительность, быстродействие и селективность с учетом требований действующих нормативных документов.

1.5.1.3. Блок сохраняет работоспособность при прерывании напряжения питания (устойчивость к прерыванию):

- в дежурном режиме – 2,6 с;
- в режиме срабатывания защит – 2 с.

Примечание - Для подстанций на переменном оперативном токе по отдельному заказу поставляется блок питания БПК - 5, увеличивающий время работы блока при исчезновении оперативного питания.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.5.1.4. Мощность, потребляемая блоком от источника оперативного питания в дежурном режиме, - не более 8 Вт, в режиме срабатывания защит - не более 14 Вт.

1.5.1.5. Блок не срабатывает ложно и не повреждается: - при снятии и подаче оперативного питания, а также при перерывах питания любой длительности с последующим восстановлением; - при подаче напряжения постоянного и выпрямленного тока обратной полярности; - при замыкании на землю цепей оперативного питания.

1.5.1.6. Блок обеспечивает хранение программной настройки, информации журнала сообщений и журнала аварий, накопительной информации и осциллограмм в течение всего срока службы. 1.5.1.7 Блок обеспечивает сохранение хода часов: - при наличии оперативного питания - в течение всего срока службы; - при отсутствии оперативного питания - не менее 200 часов.

1.5.1.8. Время и дата снижения напряжения питания ниже $0,7U_{НОМ}$ и восстановления напряжения выше $0,8U_{НОМ}$ фиксируются в журнале сообщений.

1.5.2. Входные и выходные цепи

1.5.2.1. Технические характеристики входных - выходных цепей блока приведены в таблице 2.

1.5.2.2. Дополнительные погрешности измерения параметров и срабатывания алгоритмов при изменении температуры окружающей среды, изменении частоты входных аналоговых сигналов не должны превышать 2 %. Таблица 2 - Технические характеристики входов и выходов блока

3.3 Источники питания для переменного оперативного тока.

Источниками оперативного переменного тока могут быть трансформаторы тока, трансформаторы напряжения и трансформаторы собственных нужд, включаемые соответственно на токи и напряжения элементов защищаемой установки.

Трансформаторы тока могут являться надежными источниками питания защит только от повреждений, сопровождающихся значительными токами, когда они в состоянии отдавать мощность, достаточную кроме всего для работы привода выключателя (при однофазных замыканиях на землю не подходят).

Трансформаторы собственных нужд и трансформаторы напряжения в общем случае, наоборот, непригодны для питания защит от КЗ, сопровождающихся снижением напряжения до нуля, и могут применяться для управления в режимах, характеризуемых напряжениями близкими к рабочим (например, однофазное замыкание на землю).

Таким образом, перечисленные источники питания не являются универсальными (как аккумуляторные батареи), а имеют ограниченные области применения. Поэтому часто используются несколько отдельных источников переменного оперативного тока или комбинированные устройства.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

3.4 Реализация цепей управления выключателей по схеме дешунтирования

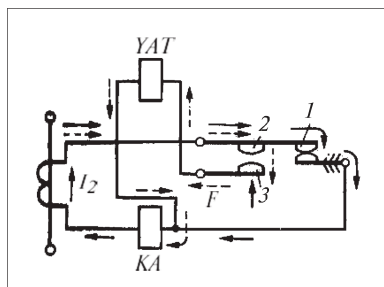


Рис. 6. Схема дешунтирования электромагнита отключения.

Сплошной линией со стрелкой показан путь тока, не превышающего уставку срабатывания реле. Штриховая линия со стрелкой показывает путь тока после срабатывания реле КА

В нормальном режиме размыкающие контакты промежуточных реле KL1, KL2 шунтируют обмотки электромагнитов УАА1 и

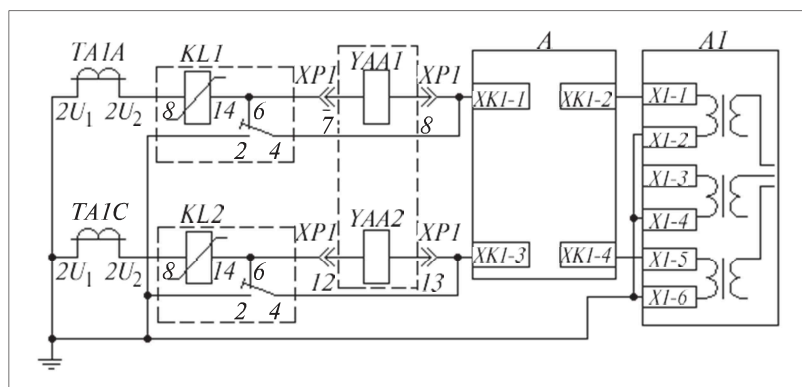


Рис. 7. Схема управления токовыми электромагнитами отключения, предложенная Е. Г. Дорохиным [65]

Управляющий сигнал поступает от трансформаторов тока $TA1$, $TA2$ релейного устройства через формирователь импульсов. Прекращение следования сигналов управления с формирователя импульсов происходит при возникновении перегрузки линии токами короткого замыкания, что приводит к закрытию симистора $VS1$ и дешунтированию $УАТ$.

На погрешность значений напряжения [63, 64] на аноде-катоде симистора при дешунтировании $УАТ$ оказывают влияние ток намагничивания трансформаторов тока и отключающей катушки $УАТ$, наличие потерь на гистерезис и правильность определения параметров цепи. Класс симистора $VS1$ определяется с учетом ограничений по напряжению при насыщении трансформаторов тока $TA3$, $TA4$

Блоки дешунтирования на симисторах выпускают в виде самостоятельных изделий (рис. 58), а также входящими в состав некоторых цифровых

устройств релейной защиты, рассчитанных на питание от вторичных обмоток трансформаторов тока

4. Источник Оперативного тока с АКБ малой емкости

4.1. Разработка структурной схемы источника

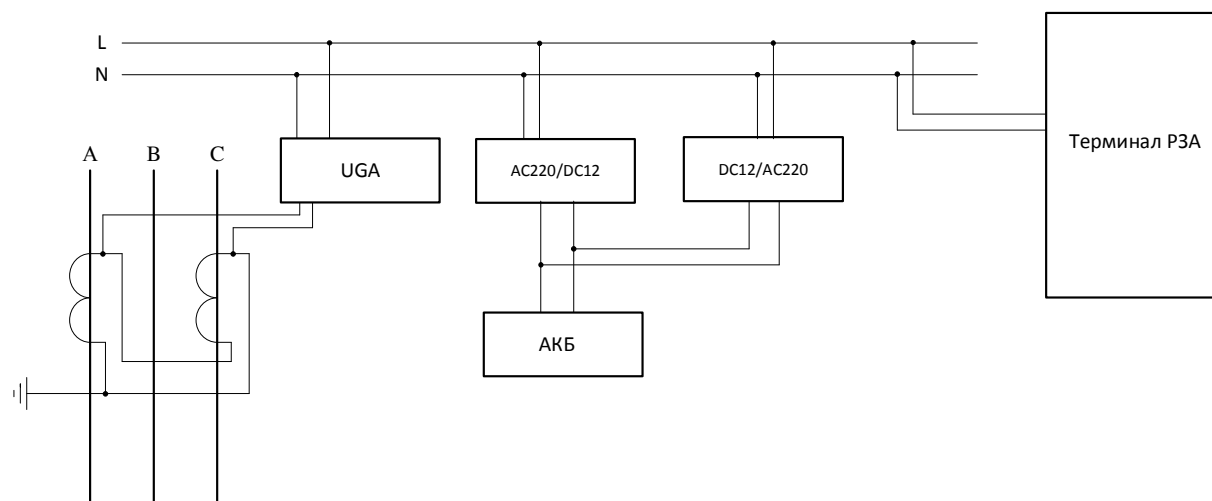


Рис.8. Структурная схема

4.2. Описание устройства

Даная система предназначена для бесперебойного питания терминалов РЗА, аварийного освещения, сигнализации и питания электромагнитов включения\выключения высоковольтных выключателей.

4.3. Сравнение с аналогами

4.3.1. Для 1,3 кВт HYBRID

4.3.1.1. ИБП СИПБ1,5КА.8-11 онлайн двойного преобразования с встроенными аккумуляторами

Цена 58 809 руб.

Онлайн ИБП СИПБ1,5КА.8-11 двойного преобразования полной мощностью 1500 ВА с встроенными аккумуляторами. Выходной коэффициент мощности 0,8. Возможность установки в стойку или на пол, высота в стойке 3U. Подключение дополнительных аккумуляторов для увеличения времени автономной работы. Внутренний слот для установки SNMP-карты.

Вывод: Данный ИБП имеет уже встроенный аккумулятор и он может выдержать нагрузку 800Вт в течении 7 часов. Но он не рассчитан на высокие токи отключения электромагнитов выключателей. Максимальный разрядный ток производителем не указан. Дороже почти в два раза.

4.3.1.2. Импульсное автоматическое зарядно-разрядное устройство ЗЕВС-Т-Р-12

Цена: 79 550 руб.

Импульсное автоматическое зарядно-разрядное устройство Зевс-Т-Р-12 предназначено для заряда, разряда, восстановления (десульфатации акб), проведения контрольно-тренировочных циклов (КТЦ) всех типов кислотных (с жидким электролитом, гелиевых и AGM) и щелочных тяговых аккумуляторных батарей номинальным напряжением от 1,2 В до 120 В и ёмкостью до 1000 А/ч полностью в автоматическом режиме. Изделие Зевс-Т-Р является более мощной модификацией устройства серии Зевс-Р.

Вывод: Данное устройство соответствует зарядно-разрядным требованиям. Но оно дороже почти в 2,5 раза и это без АКБ.

4.3.2. Для 20 кВт DOMINATOR

4.3.2.1. ИБП СИПБ20БД.9-31 20 кВА (ДЕШК.435341.008-02)

Цена 251 414р

Источник бесперебойного питания СИПБ20БД.9-31 российского производства с трехфазным входом и однофазным выходом оптимален для защиты оборудования, критичного к качеству питания. СИПБ20БД.9-31 может быть использован для защиты серверов, систем телекоммуникации, безопасности и контроля доступа, а также компьютеров. Источник поставляются без внутренних

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

аккумуляторных батарей, но с мощным зарядным устройством. Для увеличения времени автономной работы источника возможно подключение внешних батарей. Так как источники этой серии выполнены по технологии двойного преобразования (on-line), они защищают потребителей от всех проблем с электроснабжением. У источника имеется внутренний слот для SNMP-карты.

Вывод: Питание 380В. Поставляется без батарей. На выходе 220в постоянного тока. Данный источник питания уже дороже без АКБ, чем предложенная мною связка на 20кВт.

4.3.2.2. ВЗА-Р-50-110.

Автоматический зарядно-разрядный выпрямитель серии ВЗА-Р предназначен для заряда, разряда, восстановления (десульфатации акб), проведения контрольно-тренировочных циклов (КТЦ) всех типов кислотных (с жидким электролитом, гелиевых и AGM), щелочных и литий ионных тяговых аккумуляторных батарей номинальным напряжением от 1,2 до 400 В и ёмкостью до 3000 А/ч полностью в автоматическом режиме.

4.4. Инверторы

4.4.1. Краткое описание

МАП HYBRID умеет синхронизироваться и подкачивать в сеть дома, энергию от АКБ. Наиболее частое использование - упрочнение сети при недостатке выделенной мощности в пиковые часы, подкачка в сеть энергии от солнечных панелей/ветряков, можно и не задействуя АКБ или задействуя их на небольшой процент ёмкости (без сокращения их срока службы).

Функции аппарата

- Отображение напряжений, токов, режимов работы и др. на ЖК экране.
- Регулируемая четырёхступенчатая система заряда любых аккумуляторов, с термокомпенсацией
- Возможность автоматического увеличения мощности электросетей в пиковое время или при пиковых нагрузках
- Наличие байпаса (автоматическая трансляция 220 В).
- Корректная работа с мини-электростанцией - перехват нагрузки в случае превышения мощности; автоматическое временное уменьшение зарядного тока, в случае общего потребления в рамках максимальной мощности миниэлектростанции; выравнивание зарядного тока).
- Точная подстройка значения выходного напряжения, с возможностью установки его величины по желанию пользователя (в режиме генерации напряжения от МАП).
- Возможность, по желанию пользователя, менять пороги напряжений начала/конца заряда.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

- Расчёт падения напряжения на проводах к АКБ в зависимости от тока и соответствующая корректировка напряжения
- Возможность закачивания энергии от солнечных панелей и ветрогенераторов в промышленную сеть 220 В
- Возможность связи с другими устройствами по шине I2C для их корректной совместной работы (солнечные контроллеры КЭС, BMS для литий-железофосфатных АКБ и др)

4.4.2. Разновидности

4.4.2.1. 1.3 кВт HYBRID (инвертор) 12В

Пиковая мощность, кВт – 2.5

Максимальная мощность, кВт – 1.3

Номинальная мощность, кВт – 0.8

На мощности выше пиковой в автономном режиме МАП будет работать не более 5 сек. Пиковой мощности 2500Вт нам хватит чтобы включить/выключить высоковольтный выключатель с потребляемой мощностью электромагнита до 11.3А, например ВВУ-СЭЩ-П серии. Данные выключатели оснащены пружинно-моторным механизмом включения\выключения выключателя, что позволяет потреблять ток не более 1.5А для взвода пружины электромагнитом.

На мощности выше номинальной в автономном режиме МАП будет работать не более 20 мин.

Номинальной мощности 800Вт нам хватит чтобы запитать устройства РЗА, аварийного освещения, сигнализации в течение 2 часов.

Для таких параметров нам подойдет А к к у м у л я т о р Delta HRL 12-7,2 – 1517р

Емкостью 7,2А*h и напряжением 12В

Стоимость данной связки:

Аккумулятор Delta HRL 12-7,2 – 1517р

1.3 кВт HYBRID (инвертор) 12В – 30900

Итого: 32417р

4.5.2.2. 20 кВт DOMINATOR UPS (инвертор) 48В

Цена, руб. 229700

Пиковая мощность, кВт* 25

Максимальная мощность, кВт**20

Номинальная мощность, кВт 13.5

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

*на мощности выше пиковой в автономном режиме МАП будет работать не более 5 сек. Пиковой мощности 20КВт нам хватит чтобы включить/выключить высоковольтный выключатель с потребляемой мощностью электромагнита до 90.9А,

**на мощности выше номинальной в автономном режиме МАП будет работать не более 20 мин.

Номинальной мощности 13,5КВт, это 61,3А тока нам хватит чтобы запитать устройства РЗА, аварийного освещения, сигнализации в течение 2 часов.

Для таких параметров нам подойдет А к к у м у л я т о р Delta FT 12-125, стоимость 25066р. Емкостью 125А*h и напряжением 12В.

Для инвертора нам надо 48В, поэтому нам надо 4 таких АКБ.

Итоговая стоимость данной связки составит:

20 кВт DOMINATOR UPS (инвертор) 48В – 229700Р,
4хАккумулятор Delta FT 12-125 стоимость 25066х4=100264Р

Итого: 329964р

4.5. Расчет батареи

При расчете АКБ мы учитываем мощность инвертора.

4.4.1. Для инвертора 1.3 кВт HYBRID 12В

Пиковой мощности 2500Вт нам хватит чтобы включить/выключить высоковольтный выключатель с потребляемой мощностью электромагнита до 11.3А, например ВВУ-СЭЩ-П серии. Данные выключатели оснащены пружинно-моторным механизмом включения\выключения выключателя, что позволяет потреблять ток не более 1.5А для взвода пружины электромагнитом.

Номинальной мощности 800Вт нам хватит чтобы запитать устройства РЗА, аварийного освещения, сигнализации в течение 2 часов.

Для таких параметров нам подойдет Аккумулятор Delta HRL 12-7,2

Емкостью 7,2А*h и напряжением 12В

4.4.2. Для инвертора 20 кВт DOMINATOR UPS 48В

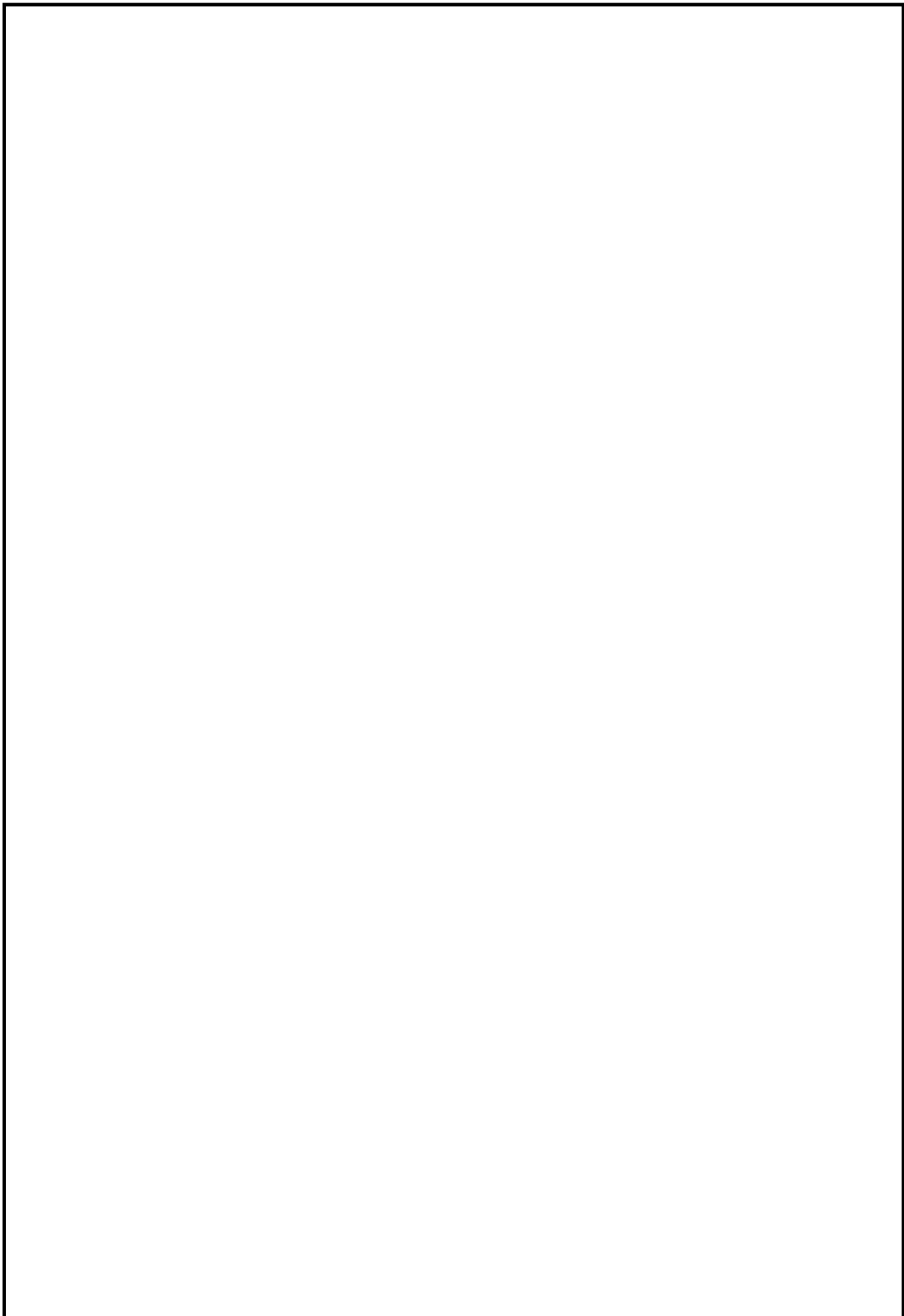
Пиковой мощности 20КВт нам хватит чтобы включить/выключить высоковольтный выключатель с потребляемой мощностью электромагнита до 90.9А.

Номинальной мощности 13,5КВт, это 61,3А тока нам хватит чтобы запитать устройства РЗА, аварийного освещения, сигнализации в течение 2 часов.

Для таких параметров нам подойдет Аккумулятор Delta FT 12-125, стоимость . Емкостью 125А*h и напряжением 12В.

Для инвертора нам надо 48В, поэтому нам надо 4 таких АКБ.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35



					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

5. Экономический расчет.

В данном расчете не учитывалось отдельного проветриваемого помещения под стационарные АКБ, балансировочного устройства, приемно-распределительные щиты постоянного тока (ЩПТ) по числу АБ, кабели вторичной коммутации, т.к. для каждой подстанции эти цифры абсолютно разные.

Были учтены стоимость АКБ и зарядного устройства под него.

5.1. Стоимость оснащения подстанции оперативным постоянным током:

Выпрямитель ВАЗП-230-25М – 148600р

АКБ 106 элементов:

На кислотных:

Закрытый аккумулятор PowerSafe OP 6 2V 219Ah 122x189x380мм – 14090 x 106 = 1493540р

AGM:

Герметизированный аккумулятор PowerSafe V 2V200 2V 200Ah 110x208x272мм – 14900 x 106 = 1579400р

GEL:

Герметизированный аккумулятор PowerSafe OPzV 4 OPzV 200 (VO) 2V 215Ah 103x206x403мм -20370 x 106 = 2159220р

5.2. Связка на 1.3 кВт

Стоимость данной связки:

Аккумулятор Delta HRL 12-7,2 – 1517р

1.3 кВт HYBRID (инвертор) 12В – 30900

Итого: 32417р

5.3. Связка на 20 кВт

20 кВт DOMINATOR UPS (инвертор) 48В – 229700Р,

4хАккумулятор Delta FT 12-125 стоимость 25066x4=100264Р

Итого: 329964р

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Заключение

Разработка данной системы питания оперативным переменным током устройств релейной защиты и автоматики была разработана согласно действующим нормативным техническим документам, и она повышает надежность системы в целом.

На этом основании можно утверждать, что релейная защита и автоматика подстанции будет верно функционировать в течение запланированного срока службы при выполнении требований по монтажу и эксплуатации цепей и оборудования подстанции .

Экономический расчёт показал, что данная идея имеет потенциал к развитию и показывает выгоду, установки таких систем на подстанции, с малым количеством присоединений.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. - http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/
2. Источники питания для схем с цифровыми устройствами релейной защиты
3. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 37-750 кВ. Типовые решения. - http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/
4. Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. - http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/
5. Правило устройства электроустановок. – СПб.: Изд-во ДЕАН, 2011. – 928с.
6. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской федерации. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 175с.
7. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе- http://www.fsk-ees.ru/about/technical_policy/
8. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012 – 376 с.
9. https://parus-electro.ru/ibp-peremennogo-toka/sipb_1-3kva_rack/sipb1%2C5ka_8_11.html
10. <https://www.garo.cc/katalog/puskozarjadnye-ustrojstva-dlja-avtomobilej/kron/impulsnoe-avtomaticheskoe-zarjadno-razrjadnoe-ustrojstvo-8694>
11. Официальный сайт МАП Энергия.
http://invertor.ru/zzz/item/map_dominator_ups_12_3
12. Сайт поставщика И Б П С И П Б 20 Б Д.9-31 20 к В А (Д Е Ш К .435341.008-02) - <http://www.ups-mag.ru/catalog/ups/si/sipb6-20/sipb20bd-9-31>

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.261.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39