

Федеральное агентство связи

**Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего профессионального образования**

**ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ**

**ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕЧНАЯ СИСТЕМА**

Самара

**Федеральное агентство связи
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Поволжский государственный университет телекоммуникаций
и информатики"**

Кафедра **"Основы конструирования и технологии радиотехнических систем"**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ УСТАНОВОК
СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
ТЭ ЭПУ СТ

для студентов, обучающихся по направлению
"Телекоммуникации"

Самара 2011

Артамонова О.М. Техническая эксплуатация электропитающих установок систем телекоммуникаций. Конспект лекций. – Самара.: ГОУВПО ПГУТИ, 2011. – 146 с.

Курс "Техническая эксплуатация электропитающих установок систем телекоммуникаций" - специальная инженерная дисциплина. Её предмет составляют вопросы эксплуатации, в том числе надежности и электромагнитной совместимости, промышленного оборудования и систем электропитания, обеспечивающих аппаратуру цифровых коммутационных систем электрической энергией в должном количестве и надлежащего качества. Курс построен таким образом, чтобы студенты имели возможность изучить основы эксплуатации, восстановления электропитающих устройств и систем обеспечения диагностики и работоспособности, современную схемотехнику узлов, блоков источников вторичного электропитания и систем электропитания предприятий телекоммуникаций. Основное внимание уделяется изучению блоков и систем электропитания, выпускаемых в настоящее время отечественной промышленностью, а также предлагаемых зарубежными фирмами.

Рецензент:

Гейтенко Е.Н. – к.т.н., доцент, доцент кафедры "Основы конструирования и технологии радиотехнических систем" ГОУВПО ПГУТИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики" ГОУВПО ПГУТИ

Артамонова О.М., 2011

Содержание

| | стр |
|--|-----|
| Введение. | 6 |
| Лекция 1 | 7 |
| Тема 1 Сеть общего электроснабжения | |
| Раздел 1.1 Качество электроснабжения от сети общего назначения | 9 |
| Лекция 2 | 21 |
| Раздел 1.2 Надежность системы электро- снабжения | |
| Раздел 1.3 Трансформаторная подстанция с двумя высоковольтными вводами | 24 |
| Раздел 1.4 Электрооборудование транс- форматорных подстанций. Оборудование напряжением выше 1 кВ | 25 |
| Лекция 3 | 33 |
| Раздел 1.5 Электрооборудование транс- форматорных подстанций. Оборудование напряжением до 1 кВ | |
| Тема 2 Система гарантированного электро- снабжения | 36 |
| Раздел 2.1 Автоматическое включение ре- зерва. Полупроводниковые АВР | 37 |
| Лекция 4 | 39 |
| Раздел 2.2 Электромеханические АВР на контакторах и автоматических выключае- телях | |
| Раздел 2.3 Распределительное оборудова- ние переменного тока | 43 |
| Лекция 5 | 50 |

| | |
|---|-----|
| Тема 3 Система бесперебойного электропитания постоянного тока | |
| Раздел 3.1 Требования к ЭПУ постоянного тока | 50 |
| Лекция 6 | 56 |
| Раздел 3.2 Надежность системы электропитания | |
| Раздел 3.3 Типовая ЭПУ постоянного тока | 59 |
| Лекция 7 | 64 |
| Тема 4. Аккумуляторы | |
| 4.1 Кислотные аккумуляторы | 66 |
| 4.2 Технологии производства аккумуляторов | 69 |
| Лекция 8 | |
| 4.3 Эксплуатация аккумуляторов | 75 |
| 4.4 Щелочные аккумуляторы | 79 |
| 4.5 Стартерные аккумуляторы | 83 |
| Лекция 9 | 85 |
| Тема 5. Системы бесперебойного электропитания переменного тока | |
| Раздел 5.1 Требования по защите электропитания | 86 |
| Раздел 5.2. Структурные схемы систем бесперебойного питания ЛВС | 88 |
| Лекция 10 | 93 |
| Раздел 5.3 Источники бесперебойного питания переменного тока | |
| Лекция 11 | 99 |
| Тема 6 Средства мониторинга и защиты | |
| Раздел 6.1. Мониторинг оборудования | 100 |

| | |
|--|-----|
| электропитания | |
| Лекция 12 | 105 |
| Раздел 6.2. Система диспетчеризации электроснабжения (СДЭ) | |
| Тема 7. Источники вторичного электропитания (ИВЭ) | 109 |
| Раздел 7.1 Классификация ИВЭ | 109 |
| Раздел 7.2 Источники вторичного электропитания с бестрансформаторным входом | 111 |
| Лекция 13 | 115 |
| Тема 8 Электромагнитная совместимость источников электропитания с системой электроснабжения | |
| Раздел 8.1 Особенности электропитания потребителей от сети переменного тока | 117 |
| Лекция 14 | |
| Раздел 8.2 Активный корректор коэффициента мощности | 126 |
| Тема 9. Защита от электромагнитных помех (ЭМП) | 129 |
| Раздел 9.1 Импульсный ИВЭ как источник электромагнитных помех | 130 |
| Раздел 9.2 Защита оборудования от помех в системах электропитания | 135 |
| Заключение | 139 |
| Список литературы | 140 |
| Глоссарий | 141 |

Список сокращений и обозначений

АБ – аккумуляторная батарея
АВР – автоматическое включение резерва
АДЭС – автоматизированная дизельная электростанция
ГРЩ – главный распределительный щит
ВВВ – выпрямитель с бестрансформаторным входом
КПД – коэффициент полезного действия
ИБП – источник бесперебойного питания
ИН – инвертор напряжения
К.з. – короткое замыкание
ККМ – корректор коэффициента мощности
КТ - контактор
ТП – трансформаторная подстанция
КУВ – конвертор унифицированный вольтдобавочный
ЛЭП – линия электропередачи
ОПН – одноконтурный преобразователь напряжения
РЩ – распределительный щит
САР – система автоматического регулирования
СПН – стабилизатор постоянного напряжения
СС – схема сравнения
СУ – схема управления
СЭ – солнечные элементы
СЭП – система электропитания
СОЭ – система общего электроснабжения
СГЭ - система гарантированного электроснабжения
СБЭ - система бесперебойного электроснабжения
Эдс – электродвижущая сила
ЭМС – электромагнитная совместимость
Qp – расчетное значение емкости аккумулятора

Введение

Предметом изучения настоящего курса являются системы электропитания, обеспечивающие оборудование телекоммуникаций электрической энергией в должном количестве и надлежащего качества, а также особенности технической эксплуатации промышленного оборудования этих систем. **Система электропитания** это комплекс сооружений на территории предприятия связи, включающий систему электроснабжения, устройства преобразования, распределения, регулирования и резервирования электрической энергии. Система электропитания обеспечивает функционирование предприятия телекоммуникаций, как в нормальных, так и в аварийных режимах работы. Для различных потребителей требуется и различное качество питающего напряжения, которое определяется, в том числе, надежностью и бесперебойностью. Поэтому в данном курсе уделено внимание системам общего, гарантированного и бесперебойного электроснабжения, изучению входящего в эти системы оборудования, особенностям эксплуатационных режимов оборудования и систем электропитания, их электромагнитной совместимости.

Дисциплина относится к циклу общепрофессиональных дисциплин и компоненту "ОПД.В.00 Дисциплины и курсы по выбору студента, устанавливаемые вузом" основной образовательной программы. Ее изучение базируется на дисциплине "Электропитание устройств и систем телекоммуникаций", изучаемой студентами в предыдущем семестре. Курс "Техническая эксплуатация электропитающих установок систем телекоммуникаций" построен таким образом, чтобы студенты имели возможность изучить основы эксплуатации, восстановления электропитающих устройств и систем обеспечения диагностики и работоспособности, современную схемотехнику узлов, блоков источников вторичного электропитания и систем электропитания предприятий связи. Большое внимание уделяется изучению блоков и систем электропитания, выпускаемых в настоящее время отечественной промышленностью, а также предлагаемых зарубежными фирмами. Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении специальных дисциплин (СД) телекоммуникационных специальностей.

Лекция 1

Тема 1 Сеть общего электроснабжения

Для предприятий связи источником электроэнергии является энергосистема или собственная автономная электростанция. **Энергосистема (ЭС)** это совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой (фрагмент энергосистемы показан на рис. 1.1). Их взаимосвязь основана на общем непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и теплоты при общем управлении режимами работы.

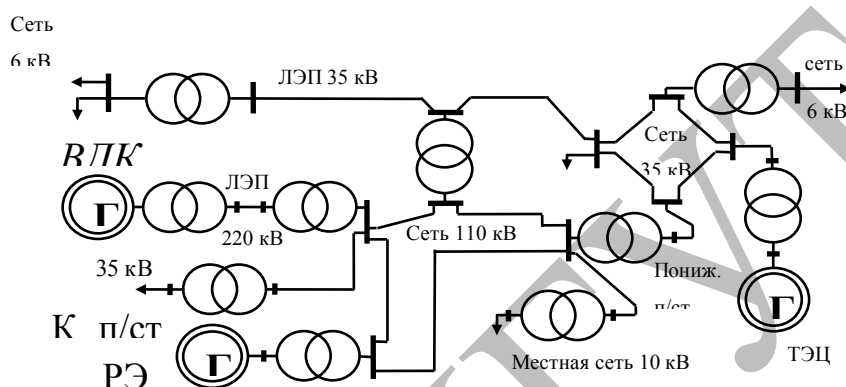


Рисунок 1.1

Первичным источником трехфазной ЭДС в энергосистеме является специальная электрическая машина — **синхронный генератор** ("Г" на рис. 1.1), который превращает механическую энергию вращения ротора в электрическую энергию. Обычно фазные обмотки статора генератора соединены друг с другом в «звезду», и в них генерируется трехфазная, симметричная система синусоидальных ЭДС, которая характеризуется фазным напряжением и током ($U_{\phi}=220\text{ В}$, I_{ϕ}), линейным напряжением и током ($U_{л}=380\text{ В}$, $I_{л}$), частотой $f=50\text{ Гц}$.

Следует помнить, что при соединении обмоток "звездой" $U_{л}=\sqrt{3} U_{\phi}$, а $I_{л}=I_{\phi}$. При соединении обмоток "треугольником", наоборот, $U_{л}=U_{\phi}$, а $I_{л}=\sqrt{3} I_{\phi}$. Полная мощность, потребляемая нагрузкой от трехфазной сети, равна

$$S=3S_{\phi}=3 U_{\phi} I_{\phi}=\sqrt{3} U_{л} I_{л}.$$

Активная составляющая мощности при напряжении и токе синусоидальной формы равна

$$P=3 S_{\phi} \cos \varphi_c=3 U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi_c=\sqrt{3} U_{л} I_{л} \cos \varphi_c,$$

где φ_c - угол сдвига фаз между синусоидальным напряжением сети и первой гармоникой потребляемого от сети тока.

Реактивная составляющая мощности равна

$$Q = 3 S \phi \sin \varphi_c = \sqrt{3} U_l I_l \sin \varphi_c$$

Действующее значение U_D напряжения переменного тока (рис. 1.2) равно эквивалентной величине напряжения постоянного тока, которое приводит к выделению такого же количества тепла (период синусоидального напряжения $T=1/f$, $\omega=2\pi f$, U_m – амплитуда синусоидального напряжения):

$$U_D = \frac{1}{T} \sqrt{\int_0^T (U_m \sin \omega t)^2 dt}$$

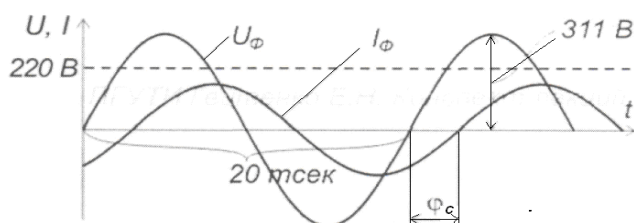


Рисунок 1.2

Для однофазной сети действующее значение синусоидального напряжения равно $U_D=220\text{В}$, а амплитудное $U_m=\sqrt{2} U_D=311\text{В}$.

Выходная мощность синхронного генератора, вырабатывающего электроэнергию, велика, а напряжение и частота обычно соответствуют параметрам трехфазной электросети, т.е. 380/220В, 50 Гц.

С целью снижения потерь электрической энергии ее передача на расстояние обычно обеспечивается при высоких уровнях напряжения. Поэтому в непосредственной близости от генератора располагается повышающая трансформаторная подстанция. Остальные подстанции энергосистемы понижающие (рис. 1.1).

Электростанции и подстанции ЭС связаны между собой линиями электрической сети. **Электрической сетью** называется совокупность электроустановок для передачи и распределения энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории. Таким образом, электрическая сеть это часть энергосистемы. Районные сети образуют кольцевые структуры, содержащие понижающие подстанции. Сети, обеспечивающие большой промышленный район, могут получать энергию от районной теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), работающей на привозном топливе и снабжающей потребителей электрической и тепловой энергией. ТЭЦ включается в сеть через повышающую подстанцию.

На рис.1.1 районная сеть с напряжением 110 кВ получает энергию от гидростанции через повышающую подстанцию, линию электропередачи 220 кВ и понижающую подстанцию. Эта сеть получает питание также от тепловой электростанции, расположенной в районе сосредоточения топливных ресурсов. От районной сети 110 кВ через понижающую подстанцию питается районная сеть 35 кВ, от которой, в свою очередь, через понижающую подстанцию питаются местные сети 10 или 6 кВ. От распределительной сети также через понижающую подстанцию питаются распределительные сети с напряжением 380/220 В. Предприятия связи получают электроэнергию от местных сетей с напряжением

6 или 10 кВ. Возможны варианты питания предприятий от районной сети 35 кВ. Вопрос о выборе напряжения сети решается с учетом разветвленности сети и потребляемой мощности.

Раздел 1.1 Качество электроснабжения от сети общего назначения

По определению ПУЭ («Правила устройства электроустановок»), **система (сеть) общего электроснабжения (СОЭ)** является системой электроснабжающей организации и предназначена для обеспечения электроэнергией различных потребителей, в том числе предприятий связи. **Электроустановка** это комплекс энергооборудований, обеспечивающий энергоснабжение, электропитание аппаратуры связи, электроосвещение, а также функционирование ряда устройств, связанных с жизнедеятельностью станции первичной сети как в нормальных, так и в аварийных условиях. **Электропитающая установка (ЭПУ)** это составная часть электроустановки, предназначенная для преобразования, регулирования и обеспечения подачи напряжений постоянного и переменного тока, необходимых для нормальной работы аппаратуры связи. Телекоммуникационная аппаратура предприятия связи получает электроэнергию от сети (или системы) общего электроснабжения (СОЭ) не непосредственно, а через установки электропитания (ЭПУ), поскольку электросеть не обеспечивает бесперебойность и требуемое качество поставляемой потребителю, т.е. аппаратуре телекоммуникаций, электроэнергии.

Будем считать, что **система электроснабжения** обеспечивает предприятие связи переменным напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц, которое подается от трансформаторной подстанции. Дальнейшее преобразование и распределение электроэнергии постоянного и переменного тока осуществляется с помощью ЭПУ, которые объединяются в **систему электропитания**. Однако когда говорят о надежности электропитания в целом, часто систему электропитания тоже называют системой электроснабжения. Маломощные преобразователи, подающие электроэнергию требуемого качества непосредственно к электрическим цепям телекоммуникационной и другой аппаратуре, будем называть **источниками вторичного электропитания (ИВЭ)**.

Качество электроснабжения – это способность электрической системы обеспечивать надежное (без перерывов) электроснабжение при заданных показателях тех параметров, ограничения на которые установлены Государственным стандартом. ГОСТом 13109-97 определяются следующие показатели качества сети общего электроснабжения (СОЭ):

Установившееся отклонение напряжения:

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100 \%$$

где U_y , $U_{ном}$ - установившееся и номинальное линейное напряжение. Нормально допустимое значение $\delta U_y \pm 5\%$, предельно допустимое $\pm 10\%$. Т.о. действующее значение напряжения допускается 380В±10% для трехфазной и 220В±10% для однофазной сети.

Временное перенапряжение - повышение напряжения в точке электрической сети выше $1,1U_{ном}$ продолжительностью более 10 мс. Возникает в системах электроснабжения при коммутациях или коротких замыканиях. Коэффициент временного перенапряжения - величина, равная отношению максимального значения огибающей амплитудных значений напряжения (за время существования временного перенапряжения) к амплитуде номинального напряжения сети (табл. 1.1)

Таблица 1.1

| Длительность временного перенапряжения $t_{пер}$, сек | До 1 | До 20 | До 60 |
|---|------|-------|-------|
| Коэффициент временного перенапряжения $K_{пер}$ и, о.е. | 1.47 | 1.31 | 1.15 |

Провал напряжения - внезапное понижение напряжения в точке электрической сети ниже $0,9U_{ном}$, за которым следует восстановление напряжения до первоначального за время от десяти миллисекунд до нескольких десятков секунд. Предельно допустимая длительность провала напряжения в городских электрических сетях равна 30 секунд.

Несинусоидальность напряжения по ГОСТ13109-97 характеризуется:

1. коэффициентом n -ой гармонической составляющей напряжения $K_u(n)$
2. коэффициентом искажения синусоидального напряжения K_u .

На рис. 1.3 приведена кривая напряжения, отличающаяся от синусоиды. На кривой имеют место составляющие основной частоты и частоты 150 Гц - третьей гармонической составляющей. Чаще всего третья гармоническая возникает из-за насыщения магнитопроводов силовых трансформаторов.

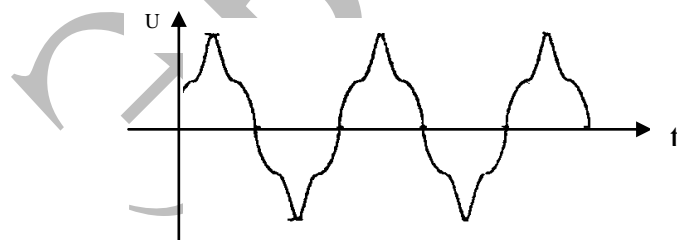


Рисунок 1.3

Высшие гармонические составляющие во-первых, вызывают увеличение потерь мощности и энергии в системе электроснабжения; во-вторых, создают помехи для работы средств связи.

Коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения $K_u(n)$ вычисляется по формуле:

$$K_u(n) = \frac{U(n)}{U(1)},$$

где n - номер гармоники, $U(n)$ - действующее значение напряжения n -ой гармоники, $U(1)$ - действующее значение напряжения основной частоты, т.е. 1-ой гармоники.

Допускается вычислять $K_u(n)$ по формуле

$$K_u(n) = \frac{U(n)}{U_{ном}} 100 \%$$

Нормы на коэффициент $K_u(n)$ приведены в табл. 1.2.

Коэффициент искажения синусоидальности напряжения K_u в процентах определяется по формуле:

$$K_u = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U^2(n)}}{U(1)} 100 \%$$

Допускается вычислять данный показатель по формуле

$$K_u = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U^2(n)}}{U_{ном}} 100 \%$$

Нормально допустимое значение K_u при $U_{ном}=380В$ составляет **8.0%**. Предельно допустимое значение составляет **12.0%**

Таблица 1.2

| Нечетные гармоники, не кратные 3 | | Нечетные гармоники, кратные 3 | | Четные гармоники | |
|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|------------|------------------|------------|
| n | $K_u(n)\%$ | n | $K_u(n)\%$ | n | $K_u(n)\%$ |
| 5 | 6.0 | 3 | 5.0 | 2 | 2.0 |
| 7 | 5.0 | 9 | 1.5 | 4 | 1.0 |
| 11 | 3.5 | 15 | 0.3 | 6 | 0.5 |
| 13 | 3.0 | 21 | 0.2 | 8 | 0.5 |
| 17 | 2.0 | >21 | 0.2 | 10 | 0.5 |
| 19 | 1.5 | | | 12 | 0.2 |
| 23 | 1.5 | | | >12 | 0.2 |
| 25 | 1.5 | | | | |
| >25 | 0.2+ 1.3x 25/n | | | | |

Отклонение частоты - это разность между действительным и номинальным (50 Гц) значением, т.е.

$$\Delta f = f - 50 \text{ Гц.}$$

Нормально допустимые значения Δf составляют $\pm 0,2$ Гц, а предельно допустимые $\pm 0,4$ Гц.

Ограничения накладываются также на

- импульс напряжения - его амплитуду и длительность,
 - несимметрию напряжения, которая приводит к увеличению потерь в системе и увеличивает отклонения напряжения,
 - уровень электромагнитных помех
- и др. параметры.

В действительности нормы выполняются не всегда. Для российских сетей характерна нестабильность параметров, что приводит к неустойчивой работе, а иногда и к отказам электрооборудования (компьютерного, банковского, офисного, связного и т. п.). Среди вызывающих нестабильность причин можно выделить природные и техногенные. Природными источниками помех в сети электропитания являются разряды молний, приводящие к возникновению импульсов большой амплитуды и длительности. Группа техногенных источников включает в себя всякого рода подключения, переключения и отключения потребителей, аварии на подстанциях, проведение электросварочных работ вблизи потребителей, помехи от работающего электрооборудования и т.д. Ухудшение качества электроэнергии приводит к росту потерь электроэнергии, перегреву оборудования, износу изоляции, сокращению срока службы электрооборудования, созданию электромагнитных помех, отрицательно влияющих на функционирование средств автоматики, связи, вычислительной техники и т. д.

Оборудование ЭПУ должно надежно работать при допустимых отклонениях входных параметров, а в ряде случаев и при фактическом качестве питающей его сети, как при электроснабжении от сети (СОЭ), так и от собственной электростанции.

Автоматизированная дизельная электростанция (АДЭС) предназначена для обеспечения электроэнергией предприятия связи при отключении внешней сети переменного тока и является в общем случае резервным источником электроэнергии. АДЭС состоит из одного или двух дизель-генераторных агрегатов со средствами управления, защиты и сигнализации. Генераторы выполняются трехфазными (рис. 1.4). Та часть электрической машины, в обмотке которой индуцируется эдс, называется якорем. Для создания электромагнитного поля используется электромагниты - катушки или обмотки возбуждения, намотанные на сердечники, которые называются полюса. Обмотка якоря размещается на статоре (неподвижная часть) в пазах и называется обмотка статора. В пространстве обмотки статора размещены так, что угол сдвига между соседними фазами (А, В, С), соединенными звездой, равен 120° (рис. 1.5).

Дизельный двигатель и синхронный генератор жестко соединяются между собой фланцевым соединением и представляют единый блок, укрепленный на сваренной из швеллеров раме и имеют общий вал. Сдвиг по фазе между эдс достигается пространственным разнесением на статоре трех обмоток генератора. Источником магнитного поля является электромагнит (ротор). При вращении обмоток в магнитном поле в них возникает переменная эдс. Но можно, на-

оборот, вращать электромагнит, т.е. само магнитное поле, в котором неподвижно расположены обмотки. В любом случае при вращении электромагнита в неподвижных фазных обмотках возбуждаются ЭДС, и векторы ЭДС фазных обмоток (обмоток статора) E_A , E_B , E_C вращаются в пространстве как показано на рис. 1.6.

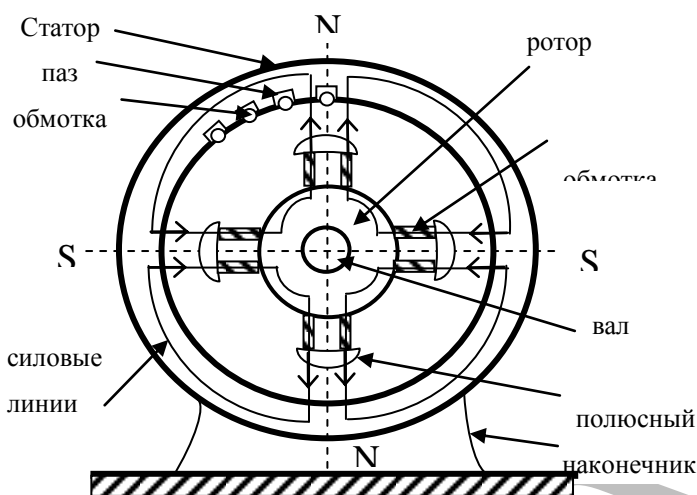


Рисунок 1.4

Обычно фазные обмотки генератора электрически соединены друг с другом, например, в «звезду», как в трехфазном трансформаторе. Векторная диаграмма системы фазных ЭДС статора (см. рис. 1.6, а) и магнитное поле вращаются в пространстве синхронно с частотой $\omega = 2\pi f_c$, и генератор называется синхронным. Временная диаграмма фазных ЭДС, которые снимаются с обмоток статора, образуется как проекция мгновенных значений ЭДС каждой фазы на ось ординат (см. рис.1.6, б). Это система симметричных напряжений трехфазной сети ABC (обычно 380/220В, 50 Гц). Напряжения и токи каждой из обмоток генератора (или нагрузки) называют фазными и обозначают U_ϕ , I_ϕ . Напряжения между концами фазных обмоток или между линейными проводами и токи в нагрузке, присоединенной между концами фазных обмоток, называют линейными и обозначают U_l , I_l .



Рисунок 1.5

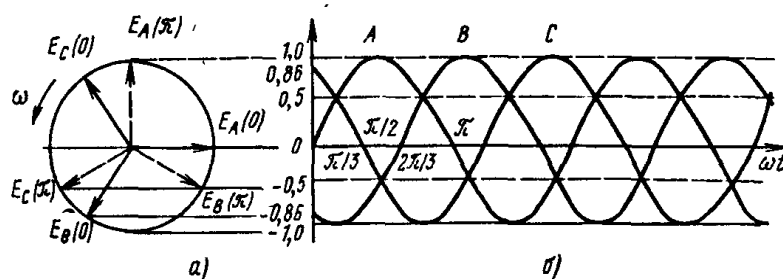


Рисунок 1.6

В дизель-генераторной установке (ДГУ) ротор генератора вращается с помощью дизельного двигателя, укрепленного на одном валу с генератором. Но синхронные генераторы используются не только в АДЭС, а также в других первичных источниках энергии ЭС. Например, на гидроэлектростанции ротор генератора приводит в движение турбина, использующая гидроэнергию, и первичный источник энергии называется турбогенератор.

Дизель-генераторные агрегаты ДГА (или ДГУ - установки) предназначены для работы в качестве основных (prime) или резервных (stand-by) источников электроснабжения. Основные ДГА допускают работу с перегрузкой 10% от номинальной мощности в течение одного часа, но не чаще одного раза в двенадцать часов.

Резервные ДГА не допускают перегрузки относительно номинальной мощности установки. В течение года резервная ДГА должна наработать не более 500 моточасов при номинальной мощности.

ДГА - это преобразователь неэлектрической энергии в электрическую, т.е. первичный источник переменного напряжения. В ДГА в первичном двигателе (дизеле) при сгорании топлива происходит превращение тепловой энергии в механическую. Механическая энергия дизельного двигателя преобразуется в трехфазную систему эдс с параметрами сети общего назначения с помощью синхронного (или асинхронного) генератора (рис. 1.4, 1.6). Панели управления отличаются степенью автоматизации и дополнительными возможностями (рис. 1.7).

Первая степень автоматизации – электроагрегат запускается обслуживающим персоналом. Автоматически обеспечивается:

- поддержание номиналов режима работы (напряжение, частота вращения, температура двигателя и масла, давление масла в системе смазки),
- останов электроагрегата с выдачей аварийного сигнала при достижении предельных значений температуры воды, масла, частоты вращения, уровня топлива.

Время необслуживаемой работы – не менее 4 ч.

Вторая степень автоматизации – электроагрегат запускается автоматически или дистанционно. Включает автоматику первой степени и устройства для автоматического (дистанционного) управления электроагрегатом:

- пуска,
- принятия нагрузки,
- синхронизации при параллельной работе,
- контроля за работой,
- останова,
- поддержания неработающего двигателя в прогретом состоянии.

Время необслуживаемой работы для электроагрегатов мощностью до 100кВт – не менее 16ч, для электроагрегатов мощностью свыше 100кВт – 24ч.

Третья степень автоматизации включает автоматику второй степени и автоматические устройства, обеспечивающие:

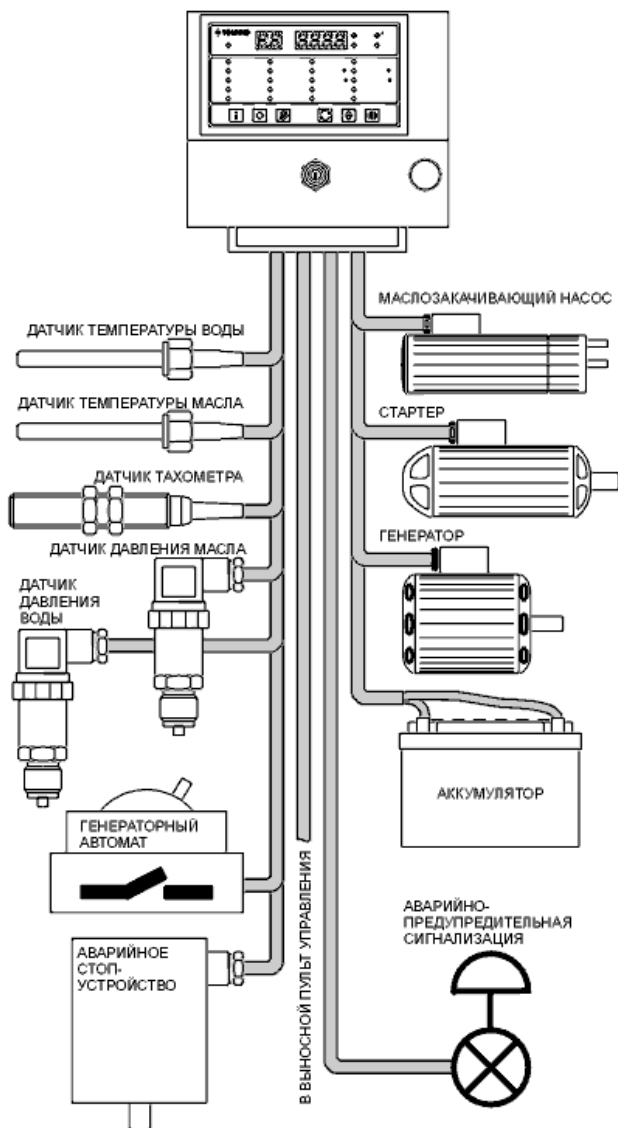


Рисунок 1.7

- пополнение топливных, масляных, водяных расходных баков и воздушных пусковых баллонов,
- заданное распределение нагрузок при параллельной работе,
- подзаряд аккумуляторных батарей,
- управление работой вентиляции и системы отопления электростанции.

Время необслуживаемой работы для электроагрегатов мощностью до 100кВт – 150ч, для электроагрегатов мощностью свыше 100кВт – 240ч.

В собственных электростанциях применяются ДГА, автоматизированные, как правило, по третьей степени. Эта степень автоматизации предусматривает работу станции без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Автоматический запуск АДЭС может быть осуществлен с помощью электростартеров (от аккумуляторов) или сжатого воздуха.

Установки с ДГА могут подключаться для параллельной работы на общую нагрузку с суммарной мощностью до 10 МВА. При параллельном соединении нескольких агрегатов, в том числе различной мощности применяются микропроцессорные панели управления. Контроллеры, связанные через коммуникационные линии, обеспечивают последовательный запуск агрегатов в зависимости от мощности нагрузки, а также распределяют активную и реактивную нагрузки пропорционально выходной мощности ДГА. ДГА выпускаются как в трехфазном, так и в однофазном (до 100 кВА) исполнении. Например, АДЭС типа АС-814 имеет номинальную выходную мощность 500кВА, напряжение 400В, частоту 50Гц, время запуска не более 15с., а с учетом установления выходного напряжения генератора до 1÷3 мин. АДЭС содержит цепь отрицательной обратной связи, с помощью которой в зависимости от величины нагрузки осуществляется регулирование подачи топлива и стабилизация выходного напряжения.

Для размещения собственных стационарных электростанций на предприятиях связи оборудуются специальные помещения. Эти помещения могут устраиваться как в отдельных зданиях, так и в технических помещениях предприятий связи. Передвижные АДЭС обслуживают несколько предприятий. Шасси передвижных ДГУ представляют собой дорожные одно-, двух- или трехосные трейлеры. Агрегат комплектуется одним из типов защитных кожухов. Трейлеры допускают буксировку на большие расстояния

Выводы по разделу 1.1

Предприятие, эксплуатирующее телекоммуникационное оборудование, получает электроэнергию от энергосистемы, а точнее, от районной сети напряжением 6кВ или 10кВ. Для того, чтобы электропитание оборудования было качественным и надежным, на предприятии предусматривается собственная система электроснабжения и система преобразования электроэнергии с помощью электропитающих установок (ЭПУ). СОЭ – это сеть общего электроснабжения, показатели качества которой определены ГОСТ 13109-97. При отключении внешней сети ее функции выполняет собственная автоматизированная дизельная электростанция АДЭС, которая запускается автоматически.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает дисциплина "Техническая эксплуатация электропитающих установок систем телекоммуникаций"?
2. Какие устройства называют источниками вторичного электропитания
3. Дайте определение: "Электрической сетью называется...", "Система электропитания это...", "Электропитающая установка ", "Энергосистема ", "Система общего электроснабжения ."
4. Как определяется временное перенапряжение и провал напряжения
5. Что является первичным источником трехфазной эдс в энергосистеме
6. Какая установка располагается в непосредственной близости от первичного источника энергии энергосистемы (генератора)
7. Для чего предназначена и из чего состоит автоматизированная дизельная электростанция
8. Каково назначение ДГА - дизель-генераторного агрегата и чем отличаются ДГА по степени автоматизации

Лекция 2

Раздел 1.2 Надежность системы электроснабжения

Надежность электроснабжения от электрических сетей энергосистем СОЭ обеспечивается автоматическим резервированием в системе электроснабжения.

Требуемое число независимых источников питания (от электрических сетей энергосистемы, автоматизированных дизельных агрегатов собственной электростанции, аккумуляторных батарей) зависит от категории технологических электроприемников

Категории технологических электроприемников по надежности в настоящее время определяются Приказом министерства информационных технологий и связи Российской Федерации № 32 от 13 марта 2007 г. Согласно Приказу средства связи сети связи общего пользования, выполняющие функции систем коммутации и являющиеся электроприемниками, в части обеспечения надежности электроснабжения разделяются на электроприемники I и II категории надежности с выделением в I категории надежности электроприемников особой группы. Требования к надежности электроснабжения в нормальном режиме приведены в табл. 2.1. **Нормальным или штатным** называют режим, при котором поддерживаются заданные значения параметров работы оборудования.

При отсутствии возможности получения электроэнергии от двух независимых источников электропитания электрических сетей энергосистемы (что должно подтверждаться техническими условиями на технологическое присоединение к электрическим сетям) электроснабжение средств связи допускается осуществлять от одного источника электропитания по двум линиям электропередачи, подключенным к разным подстанциям или разным секциям шин одной подстанции. В этом случае для резервирования электропитания электро-

приемников особой группы I категории надежности необходимо использовать АДЭС в составе двух дизель-электрических агрегатов или две дополнительных АДЭС в составе одного дизель-электрического агрегата каждая, а для электроприемников I категории надежности необходимо использовать АДЭС в составе одного дизель-электрического агрегата.

Для обеспечения бесперебойности электроснабжения электроприемников I категории надежности, включая электроприемники особой группы I категории надежности, при нарушении электроснабжения на время переключения с одного источника электропитания на другой используются аккумуляторные батареи с емкостью, обеспечивающей электроснабжение электроприемников с расчетным временем разряда в час наибольшей нагрузки не менее **2 часов** для электроприемников особой группы I категории надежности и не менее **8 часов** для электроприемников I категории надежности.

Перерыв электроснабжения электроприемников II категории надежности при нарушении электроснабжения от одного из источников электропитания допускается на время, необходимое для включения резервного электропитания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады. Для обеспечения надежности электроснабжения электроприемников II категории надежности используются аккумуляторные батареи с емкостью, обеспечивающей электроснабжение электроприемников с расчетным временем разряда в час наибольшей нагрузки - не менее **24 часов**.

Электроснабжение средств связи, выполняющих функции точек присоединения к сетям международной и междугородной телефонной связи, осуществляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к категории электроприемников не ниже I. Электроснабжение средств связи, выполняющих функции точек присоединения к сетям зональной телефонной связи, осуществляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к категории электроприемников не ниже II.

В сетях подвижной связи электроснабжение базовых станций, имеющих зону обслуживания свыше 5 км, осуществляется от одного источника электропитания от электрических сетей энергосистемы или дизель-электрической станции. При нарушении электроснабжения **базовых станций** для обеспечения их функционирования используются аккумуляторные батареи с емкостью, обеспечивающей электроснабжение базовых станций с расчетным временем разряда в час наибольшей нагрузки не менее **4 часов**.

Таблица 2.1

| Категория | Технологические электроприемники | Электроснабжение в нормальном режиме |
|------------------|--|--|
| Первая категория | Узлы связи сети местной телефонной связи с коли- | От двух независимых взаимно резервирующих источни- |

| | | |
|-------------------------------------|--|---|
| (I) | <p>чеством портов от 1024 до 10000, за исключением транзитных и оконечно-транзитных узлов связи, которые соединяются с узлами обслуживания вызовов экстренных оперативных служб</p> | <p>ков электропитания от электрических сетей энергосистемы с применением устройств автоматического ввода резерва</p> |
| <p>Особая группа I-ой категории</p> | <p>Узлы связи сетей междугородной и международной телефонной связи, сетей зонавой телефонной связи, узлы связи сетей местной телефонной связи с количеством портов более 10000, а также транзитные и оконечно-транзитные узлы связи сетей местной телефонной связи, которые соединяются с узлами обслуживания вызовов экстренных оперативных служб</p> | <p>Электроснабжение первой категории плюс дополнительный третий независимый источник электропитания - автоматизированные дизель - электрические станции (АДЭС)</p> |
| <p>Вторая категория (II)</p> | <p>Узлы связи сети местной телефонной связи с количеством портов до 1024</p> | <p>От двух независимых взаимно резервирующих источников электропитания. В качестве одного из независимых источников электропитания допускается использование дизель - электрической станции</p> |

Для обеспечения бесперебойности электроснабжения базовых станций для подзарядки аккумуляторных батарей при нарушении электроснабжения используются стационарные или передвижные дизель-электрические станции.

Выводы по разделу 1.2

Надежность системы электроснабжения на предприятии обеспечивается в зависимости от категории, к которой отнесено находящееся в эксплуатации оборудование. Требования к надежности электроснабжения определены и для штатного, и для аварийного режимов. В штатном режиме регламентируется количество источников электропитания переменного тока. В аварийном режиме – расчетное время работы от аккумуляторных батарей.

Вопросы для самоконтроля

1. Как регламентируется расчетное время работы от аккумуляторов для потребителей, относящихся к различным категориям по надежности
2. Дайте характеристику электроприёмников по категориям относительно надежности электроснабжения.

Раздел 1.3 Трансформаторная подстанция с двумя высоковольтными вводами

Трансформаторная подстанция предприятия связи - электроустановка, понижающая напряжение от 6кВ или 10кВ до 0,4кВ (рис. 1.8). Для подстанций применяется типовое оборудование, выпускаемое промышленностью. К этому оборудованию относятся понижающие трансформаторы, высоковольтные выключатели или высоковольтные разъединители, высоковольтные предохранители, измерительные трансформаторы, разрядники для защиты воздушных вводов аппаратуры и приборы низкого напряжения. К подстанции подводятся 2 высоковольтные линии ВЛ, которые через разъединители Q2, Q8 поступают на шины 10 кВ. Шины между собой соединяются разъединителями Q6, Q7, которые обычно замкнуты. Через разъединители Q3, Q9 и предохранители F1, F2 к шинам подсоединяются понижающие трансформаторы T1, T2. Вторичные обмотки трансформаторов через автоматические масляные выключатели Q4, Q10 подключаются к шинам низкого напряжения.

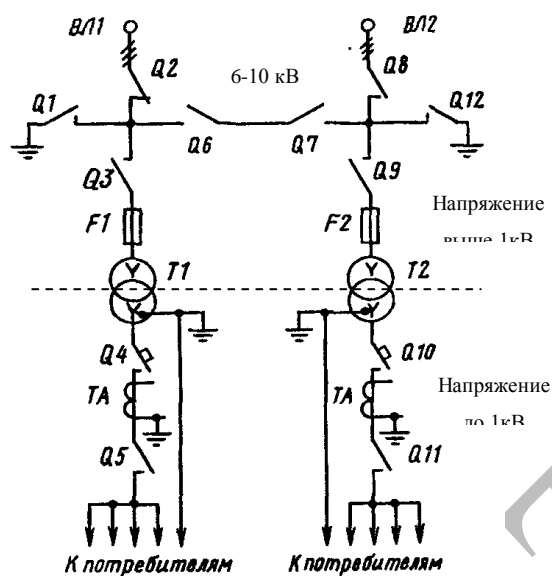


Рисунок 1.8

Разъединители Q1, Q12 служат для заземления шин в случае проведения ремонтных работ.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего устанавливается трансформаторная подстанция на предприятии связи?
2. Поясните рисунок 1.8.

Раздел 1.4 Электрооборудование трансформаторных подстанций. Оборудование напряжением выше 1 кВ

В общем случае к основному оборудованию ТП напряжением выше 1кВ относятся: выключатели, разъединители, предохранители для защиты силовых трансформаторов, измерительные трансформаторы.

Высоковольтные выключатели. Трехфазные высоковольтные выключатели применяются для включения и отключения высоковольтных цепей (рабочих токов и токов к.з.) под нагрузкой. Выключатели могут срабатывать автоматически и имеют ручной привод. Для напряжений 6...10кВ наибольшее распространение получили масляные выключатели ВМ, у которых размыкаемые контакты помещены в трансформаторное масло. Кроме того, момент размыкания контактов соответствует переходу мгновенного значения тока через нуль. Это позволяет разрывать высоковольтную цепь при больших токах. На практике применяются различные конструкции масляных выключателей (ВМПП, ВМГ, ВМП, ВК). При токах нагрузки $I_{\text{чнн}} \leq 400\text{А}$ используют воздушные выключатели снабженные дугогасительным приспособлением. В вакуумных выключателях серии

ВВ гашение электрической дуги при отключении тока осуществляется в вакууме.

Выключатели нагрузки предназначены для отключения рабочих токов до 800А при напряжении 6кВ и до 400А при напряжении 10кВ. Выпускают выключатели нагрузки с предохранителями и устройством отключения выключателя при перегорании одного из предохранителей, с заземляющими ножами и др.

Разъединители представляют собой рубильники, смонтированные на высоковольтных изоляторах. Разъединители служат для обесточивания цепи при проведении работ на электрооборудовании, обеспечивают видимый разрыв цепи. Пользоваться разъединителями можно только при снятой нагрузке. Их размещают на высоте не ниже 2,5м. Разъединители изготавливают для внутренней и наружной установки. В последнем случае в обозначении имеется буква Н. Они могут быть однополюсными (буква О) или трехполюсными. Разъединители в целях безопасности ремонтов снабжают заземляющими ножами. Привод заземляющих ножей обычно отдельный, причем предусматривают механическую блокировку между валами основных и заземляющих ножей. Например, заземляющий нож можно включить или отключить только при отключенном основном ноже.

Высоковольтный предохранитель — электрический аппарат, предназначенный для автоматического отключения электрической цепи при кз и перегрузках. Высоковольтные предохранители защищают линии (ВЛ1, ВЛ2) и трансформаторы (Т1, Т2) – рис. 1.8. В состав предохранителя входит плавкая вставка, расплавляющаяся при прохождении тока кз или перегрузки. Образующаяся электрическая дуга гасится за счет охлаждения ее наполнителем (песком). Плавкая вставка и песок располагаются в корпусе с выводами. Отличительной особенностью предохранителя является однократность действия. Поэтому для восстановления рабочих свойств предохранителя необходимо заменить перегоревшую плавкую вставку. Следует различать номинальный ток предохранителя и номинальный ток плавкой вставки. **Номинальным током плавкой вставки $I_{вс.ном}$** называют такой ток, при котором она может длительно работать, не расплавляясь. **Номинальным током предохранителя $I_{пр.ном}$** называют такой ток, при котором все его элементы не нагреваются выше длительно допустимой температуры.

Обычно в одном корпусе (патроне) предохранителя с целью сокращения номенклатуры изделий могут устанавливаться плавкие вставки с различными $I_{вс.ном}$. Так, например, в корпусе предохранителя ПН-2-250 могут устанавливаться вставки с $I_{вс.ном} = 80; 100; 125; 160; 200; 250$ А. Номинальный ток предохранителя равен номинальному току вставки с наибольшим значением $I_{вс.ном}$ т.е. 250А. Каждая пластинка плавкой вставки рассчитана на определенное значение тока. Чтобы предохранитель мог иметь разные номинальные токи плавкой вставки, необходимо параллельно включать (припаивать) несколько пластинок таких вставок.

В справочных материалах приводятся **защитные** (токовременные) характеристики плавких вставок предохранителей, представляющие собой зависимости

полного времени перегорания плавкой вставки от проходящего по ней тока. Одним из недостатков предохранителей является нестабильность защитной характеристики из-за старения плавкой вставки. Время срабатывания предохранителя может отличаться от приводимого в справочной литературе на $\pm 50\%$. Основное электроэнергетическое оборудование (линии, трансформаторы и др.) обладает нагрузочной способностью, т.е. способностью выдерживать перегрузки. Это означает, что при появлении недопустимой перегрузки плавкая вставка должна перегореть раньше, чем, например, трансформатор получит повреждение.

Силовые трансформаторы бывают воздушными и масляными. В масляных сердечник с обмотками помещается в стальной бак с трансформаторным маслом. Обмотки ВН (высокое напряжение 35кВ и выше) всегда соединяются по схеме "звезда-звезда" с выводом нулевой точки. При этом удешевляется междувитковая изоляция, которую можно выполнить из расчета на фазное, а не на линейное напряжение. Обмотки НН (низкое напряжение 6-10кВ, 400В) чаще соединяют в треугольник, что позволяет рассчитывать сечение обмотки на фазный, а не на линейный ток. Кроме того, соединение в треугольник способствует уменьшению искажения симметрии линейных напряжений при неравномерной загрузке фаз. На рис. 1.9,а показан навитой несимметричный плоский трехстержневой магнитопровод, а на рис.1.9,б - симметричный трехстержневой магнитопровод.

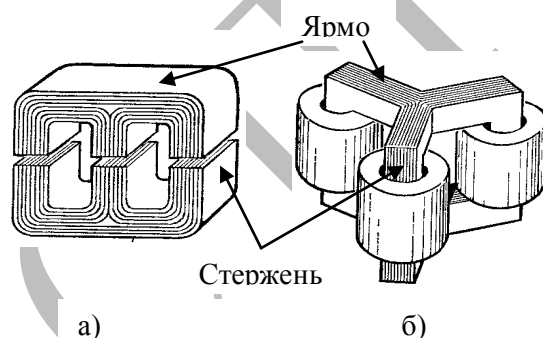
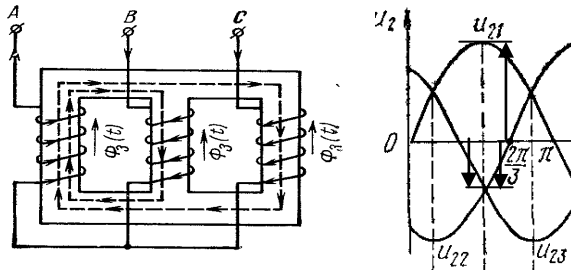


Рисунок 1.9

Одной из особенностей трехфазного трансформатора с несимметричным магнитопроводом (рис. 1.9,а) является асимметрия трехфазной системы его токов холостого хода. Причиной асимметрии служит различие в длинах участков магнитопровода, соединяющих средний стержень с крайними, и участков, соединяющих крайние стержни друг с другом (вторая длина вдвое больше первой). На рис.1.10 (где $\Phi_3(t)$ - третья гармоника магнитного потока) показан случай соединения первичной и вторичной обмоток звездой без нулевого провода. Пунктиром показаны (рис.1.10,а) пути замыкания первых гармоник потоков трех стержней фазы А в момент времени, когда первая гармоника потока левого стержня (фаза А) максимальна, а сдвинутые относительно нее на 120° первые гармоники потоков двух других стержней отрицательны и численно равны половине амплитуды (рис.1.10,б).



а)

б)

Рисунок 1.10

Третьи гармоники $\Phi_3(t)$ магнитных потоков всех трех стержней трехфазного трансформатора совпадают друг с другом по фазе и в случае симметричной системы первичных напряжений в любой момент времени имеют одинаковые величины и одинаковые направления (вдоль стержней сверху вниз или вдоль стержней снизу вверх; как на рис.1.9,а). В отличие от первых гармоник, третья гармоника магнитного потока любого стержня не может замкнуться ни через один из двух других стержней, так как третьи гармоники всех трех стержней направлены навстречу друг другу. По этой причине третьи гармоники магнитного потока трехфазного трансформатора замыкаются по воздуху, а в случае масляного трансформатора — по маслу, крышке и стенкам бака.

Этот недостаток отсутствует у трансформаторов с симметричным магнитопроводом (рис. 1.9,б), все ярма которого имеют одинаковую длину. Третья гармоника магнитного потока каждого из однофазных трансформаторов, составляющих трехфазную систему, замыкается в пределах своего магнитопровода, не встречая противодействия со стороны третьих гармоник магнитных потоков двух других трансформаторов. Трехфазная система токов холостого хода становится симметричной, поскольку три магнитопровода этой системы одинаковы. Второе преимущество симметричного магнитопровода состоит в том, что для его изготовления требуется несколько меньше материала, чем для изготовления «плоского» магнитопровода. Но конструкция симметричного магнитопровода более сложна и менее технологична.

Разрядники защищают аппаратуру трансформаторной подстанции от перенапряжений, возможных при грозовых разрядах путем электрического пробоя на землю при избыточном напряжении. Проходящий в разряднике разряд ограничивает амплитуду перенапряжений до пределов, не представляющих опасности для изоляции защищаемого объекта. Возникающая при этом в разряднике электрическая дуга гасится после исчезновения импульсов перенапряжения раньше, чем срабатывает защита от КЗ, и таким образом объект не отключается от сети.

Измерительные трансформаторы. Различают трансформаторы тока (ТТ) и трансформаторы напряжения (ТН). Их назначение:

- снижение измеряемых токов и напряжений до значений, которые могут быть измерены стандартными измерительными приборами (с пределами измерений по току 5А или по напряжению 100В);
- безопасность измерений и удобство обслуживания приборов и реле, так как вторичные обмотки этих трансформаторов электрически не связаны с первичными.

Трансформатор тока это маломощный трансформатор, первичная обмотка которого имеет малое число витков $W_1=1 \div 3$, а вторичная W_2 - несколько сот витков. Благодаря этому ток во вторичной цепи в сотни раз меньше тока в первичной цепи:

$$I_2 = I_1 \frac{W_1}{W_2}$$

Во вторичной цепи ТТ должно быть включено незначительное сопротивление (не более 1 Ом), так как нормальным для ТТ является режим короткого замыкания (кз). Режим кз опасен для генераторов, силовых трансформаторов, так как он сопровождается большими токами. Для ТТ режим кз во вторичной цепи не опасен, что поясняет рис. 1.11. ТТ включается в сеть последовательно с сопротивлением нагрузки Z_H (рис. 1.11), поэтому ток в его первичной цепи равен

$$I_1 = \frac{U_c}{Z_H}$$

Ток во вторичной цепи ТТ определяется коэффициентом трансформации $K_I=W_1/W_2$ и составляет $I_2=I_1/K_I$, т.е. не опасен для ТТ. Режим холостого хода (разомкнута вторичная цепь) для ТТ является аварийным. Напряжение на разомкнутой вторичной обмотке достигает опасных для жизни значений. Кроме того, возникает повышенный нагрев сердечника вихревыми токами, что может привести к е

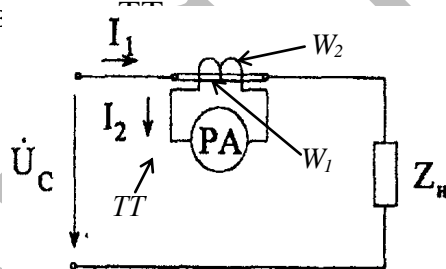


Рисунок 1.11.

Трансформатор напряжения (ТН) представляет собой маломощный силовой понижающий трансформатор, подключенный параллельно к нагрузке (рис. 1.12). Числа витков его первичной W_1 , и вторичной W_2 обмоток относятся друг к другу, как $W_1/W_2=U_1/U_2$, где U_1 и U_2 — напряжения на первичной и вторичной обмотках ТН.

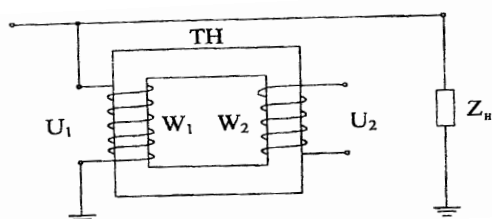
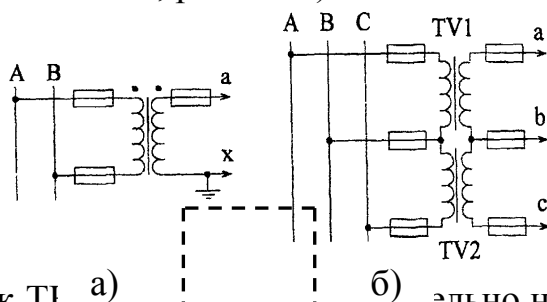


Рисунок 1.12

Точность работы ТН зависит от нагрузки вторичной обмотки. Один и тот же ТН может иметь классы точности 0,2; 0,5; 1,0; 3,0 в зависимости от мощности нагрузки. Аварийным режимом для ТН является кз во вторичной цепи. При этом по обмоткам ТН проходят большие токи, приводящие к перегреву и выходу из строя изоляций обмоток и, соответственно, к кз в самом ТН. Поэтому в первичных и вторичных цепях ТН устанавливают аппараты защиты (предохранители и автоматы, рис. 1.13).



Так как ТН а) и б) являются индуктивными приборами, то его обмотки не обтекаются ток в цепи нагрузки (см. рис. 1.12), то его обмотки не обтекаются ток в цепи нагрузки. Поэтому ТН не должен обладать электродинамической и термической стойкостью к току кз в сети. ТН устанавливают в одной, двух и трех фазах. Простейшая схема установкой ТН в одной фазе применяется для пуска АВР (рис.1.13, а). Схема с двумя ТН (TV1, TV2) с соединением обмоток в неполный (открытый) треугольник приведена на рис. 1.13,б. Она применяется для подключения двухэлементных трехфазных электрических счетчиков и ваттметров (варметров).

Выводы по разделу 1.4

К основному оборудованию ТП напряжением выше 1кВ относятся: выключатели, разъединители, предохранители для защиты силовых трансформаторов, измерительные трансформаторы. Трехфазные высоковольтные выключатели применяются для включения и отключения высоковольтных цепей под нагрузкой. Выключатели нагрузки предназначены для отключения рабочих токов. Разъединители служат для обесточивания цепи при проведении работ на электрооборудовании, обеспечивают видимый разрыв цепи. Высоковольтный предохранитель — электрический аппарат, предназначенный для автоматического отключения электрической цепи при кз и перегрузках. Разрядники защищают аппаратуру трансформаторной подстанции от перенапряжений, возможных при грозовых разрядах. Назначение измерительных трансформаторов - снижение измеряемых токов и напряжений до значений, которые могут быть измерены стандартными измерительными приборами

Вопросы для самоконтроля

1. Укажите назначение разъединителей, высоковольтных предохранителей, выключателей, силовых и измерительных трансформаторов

2. Когда можно пользоваться высоковольтным разъединителем?
3. Чем отличается номинальный ток высоковольтного предохранителя и ток плавкой вставки?
4. Как соединяют обмотки высокого и низкого напряжения силового трансформатора и почему?

Лекция 3

Раздел 1.5 Электрооборудование трансформаторных подстанций. Оборудование напряжением до 1 кВ

К основному оборудованию ТП напряжением до 1кВ относятся: рубильники, автоматы, контакторы, магнитные пускатели, разрядники, предохранители, измерительные трансформаторы.

Рубильник — аппарат с двумя положениями ("включено" и "отключено"), предназначенный для включения и отключения цепей. Существует два типа рубильников: с центральной и с боковой рукоятками. Рукоятки могут соединяться с ножом рубильника непосредственно или через рычажный привод. Рубильники с центральной рукояткой без рычажного привода разрешается применять только для отключения цепи без тока. С помощью рубильников с боковой рукояткой или с рычажным приводом допускается отключать ток не более чем $0,2I_{ном}$, где $I_{ном}$ -номинальный ток рубильника. Для увеличения отключающей способности рубильники снабжают дугогасительными решетками. При этом отключаемый ток возрастает до $0,5I_{ном}$.

Контактор — аппарат с двумя положениями, предназначенный для частых коммутаций токов, которые не превышают тока перегрузки коммутируемых силовых цепей. Наибольшее распространение получили электромагнитные контакторы. Разновидностью электромагнитного контактора является **магнитный пускатель**. В состав магнитного пускателя кроме контактора входят тепловые реле для защиты оборудования от перегрузки и обрыва фазы. С помощью магнитного пускателя автоматически получается защита от потери питания: при снижении или исчезновении напряжения подвижная система пускателя отключается под действием силы веса или противодействующих пружин.

Автоматический выключатель (автомат) - выключатель напряжением до 1 кВ, снабженный встроенными в него устройствами защиты (расцепителями). К автоматам предъявляют следующие требования. Токоведущая цепь автомата должна выдерживать номинальный ток в течение всего срока службы, причем нормальным состоянием автомата является включенное. Автомат должен обеспечивать многократное отключение токов короткого замыкания. Принципиальная схема автомата содержит:

- токоведущую цепь,
- дугогасительную систему,
- привод,

- механизм свободного расцепления и
- расцепители.

Токоведущая цепь включает в себя основные и дугогасительные контакты. Во включенном состоянии ток проходит по основным контактам, имеющим меньшее сопротивление. При отключении автомата сначала размыкаются основные, а затем дугогасительные контакты. На последних зажигается электрическая дуга. Гашение дуги производится с помощью дугогасительной системы. Включение автомата производится вручную с помощью рукоятки или электромагнитом. При включении автомата растягивается отключающая пружина, т.е. запасается энергия для отключения. Автомат удерживается во включенном положении за счет того, что звено автомата упирается в упор. Отключение автомата может производиться вручную или расцепителями (независимый, минимальный, максимальный и тепловой).

Устройство защитного отключения. Основным назначением устройства защитного отключения (УЗО) является дополнительная защита от поражения электрическим током путем отключения защищаемой цепи от источника в случае появления в ней чрезмерного тока утечки. УЗО подразделяются на дифференциальные выключатели общего типа и селективные дифференциальные выключатели, последние характеризуются параметром "время неотключения", т.е. минимальным временем, за которое дифференциальный выключатель не должен сработать при протекании через него отключающего тока утечки. Схема включения УЗО в однофазной системе показана на рис.1.14.

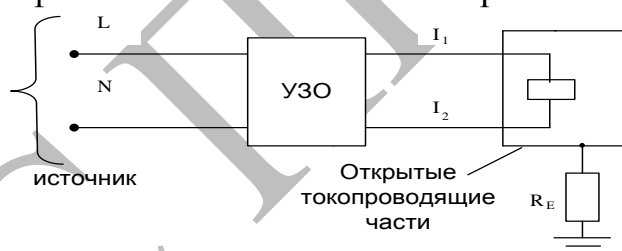


Рисунок 1.14

Схема рис. 1.14 работает следующим образом. В нормальном режиме работы ток I_1 равен току I_2 , поэтому УЗО не срабатывает. В случае снижения сопротивления в цепи по отношению к земле, появляется ток утечки, который будет равен разности токов I_1 и I_2 , и измерительный элемент УЗО дает команду на отключение защищаемой цепи, если разностный ток (утечки) будет больше заданной величины. В зависимости от условий работы электроустановки подбирается пороговый ток срабатывания УЗО, величины которого могут изменяться от единиц до сотен миллиампер. Так, при использовании УЗО в качестве средства дополнительной защиты человека при работе его в особо опасных условиях величина тока отключения выбирается равной 6 - 10 мА, при работе в более благоприятных условиях для защиты от прямого прикосновения к проводящей части рекомендуется применение УЗО с током не более 30 мА. Для специальных цепей выпускается УЗО с током отключения до 500 мА. Следует подчеркнуть, что УЗО не ограничивает величину тока утечки, а ограничивает время

протекания тока, если он превышает заданную номинальную величину для данного конкретного УЗО.

Принцип действия разрядников, предохранителей, измерительных трансформаторов аналогичен высоковольтным.

Выводы по разделу 1.5

К основному оборудованию ТП напряжением до 1КВ относятся: рубильники, автоматы, контакторы, магнитные пускатели, разрядники, предохранители, измерительные трансформаторы. Рубильники с центральной рукояткой без рычажного привода разрешается применять только для отключения цепи без тока. Токоведущая цепь автомата должна выдерживать номинальный ток в течение всего срока службы, причем нормальным состоянием автомата является включенное. Основным назначением устройства защитного отключения (УЗО) является дополнительная защита от поражения электрическим током путем отключения защищаемой цепи от источника в случае появления в ней чрезмерного тока утечки.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните назначение рубильника, контактора, автоматического выключателя, УЗО.
2. Что представляет собой магнитный пускатель?
3. Как работает УЗО?

Тема 2 Система гарантированного электроснабжения

Система гарантированного электроснабжения (электропитания) СГЭ - электроустановка, осуществляющая электроснабжение нагрузки от резервной АДЭС в случае отключения внешнего электроснабжения. *СГЭ состоит из следующих компонентов:*

- дизель-генераторных установок;
- распределительных щитов;
- устройств автоматического включения резерва (АВР).

В СГЭ время автономной работы от резервного источника определяется количеством дизельного топлива ДГУ.

Раздел 2.1 Автоматическое включение резерва. Полупроводниковые АВР

Термин **«устройство автоматического включения резерва»** применяется в случаях, когда переключаются источники питания различных видов, таких как трансформаторные подстанции, дизель-генераторные установки, источники бесперебойного питания, секции распределительных щитов и т.д. В системах электроснабжения для восстановления питания потребителей путем автоматического присоединения резервного источника питания (при отключении рабо-

чего источника) должно быть предусмотрено устройство АВР. Устройства АВР могут устанавливаться на трансформаторах, линиях, секционных и шинно-соединительных выключателях, электродвигателях т.п.

Большим быстродействием и высокой надежностью обладают *полупроводниковые АВР на тиристорах*.

Принцип действия полупроводникового АВР. Переключающими элементами АВР служат пары встречно-параллельных тиристоров (рис. 2.1). Управление тиристорами осуществляется от специальной управляющей схемы (УУ). Так как АВР по принципу действия являются коммутаторами со свободным (естественным) спаданием тока через тиристорные ключи при прекращении подачи на них управляющих импульсов, то их также называют тиристорными коммутаторами с естественной коммутацией (ТКЕ).

В нормальных условиях питание нагрузки производится от основного источника (ввод *A, B, C*) через пары *VS1—VS2, VS3—VS4, VS5—VS6*. При отклонении напряжения основного источника за установленные пределы, контролируемого датчиками *Д1—Д3*, устройство управления *УУ* прерывает подачу импульсов управления на тиристоры ключей основного источника и в момент прохождения мгновенного значения тока через нуль, тиристоры основного ввода закрываются.

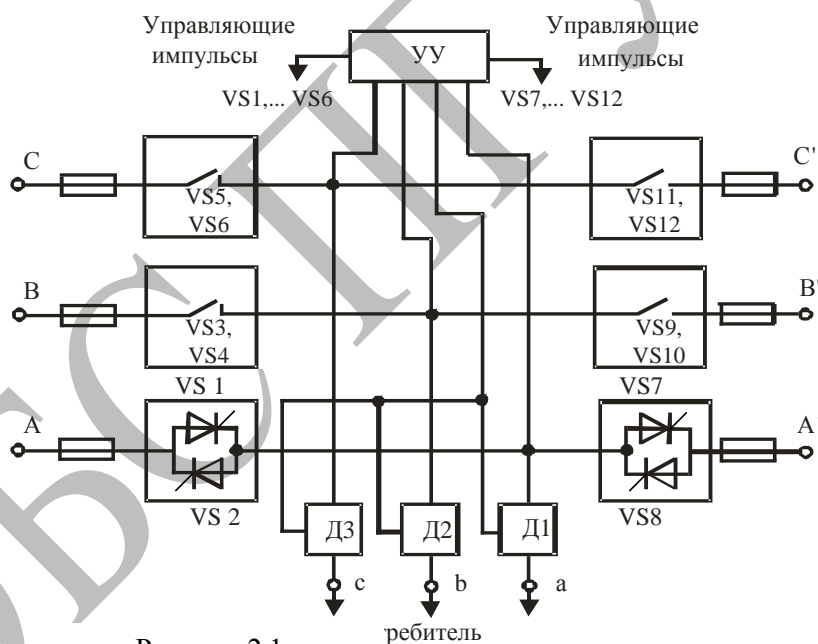


Рисунок 2.1

Устройство управления *УУ* выдает импульсы управления на ключи *VS7—VS12*, подключающие нагрузку к резервному источнику (ввод *A', B', C'*). При срабатывании АВР время пропадания напряжения на нагрузке не превышает, по трем фазам - 3 мс, по одной фазе — 10 мс. В устройстве предусмотрена выдержка времени на срабатывание до 1 с, если отклонения контролируемого напряжения лежат в пределах от $(+10\% \div -15\%)$ до $\pm 25\%$ номинального значения.

Полупроводниковые АВР выполняются на токи 50А, 100А, потери мощности не превышают 3%. При больших токах нагрузки тепловыделение тиристорных

АВР может достигать нескольких киловатт (потребуется принудительная вентиляция или кондиционирование помещения электрощитовой).

Выводы по разделу 2.1

На предприятии связи (телекоммуникаций) потребители могут получать электроэнергию от шин СОЭ трансформаторной подстанции 0,4кВ. И тогда надежность электроснабжения обеспечивается наличием двух независимых вводов ТП. В случае пропадания напряжения на вводах срабатывает система АВР, подключая к шинам 0,4кВ АДЭС. Шины АДЭС относятся уже к системе гарантированного электроснабжения, на них гарантируется подача электроэнергии потребителю, но с определенным перерывом. Тиристорные АВР по принципу действия являются коммутаторами со свободным (естественным) спаданием тока через тиристорные ключи при прекращении подачи на них управляющих импульсов и позволяют осуществлять, например, перевод нагрузки с аварийного ввода на резервный.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение системе гарантированного электроснабжения (электропитания) СГЭ.
2. Чем в системе гарантированного электроснабжения определяется время автономной работы от АДЭС?
3. Для чего предназначено устройство автоматического включения резерва?
4. Какие элементы являются переключающими в полупроводниковых АВР?

Лекция 4

Раздел 2.2 Электромеханические АВР на контакторах и автоматических выключателях

Электромеханические АВР на контакторах имеют достаточно высокое быстродействие (десятки-сотни миллисекунд) среди электромеханических аппаратов. Уступают только тиристорным. При двухвходовой и трехвходовой схеме АВР существует возможность ввести в дополнение к электрической механическую блокировку контакторов. *Механическая блокировка* служит для предотвращения возможности работы АДЭС на сеть и выполняется на базе простого и надежного рычажного механизма. Количество вводов принципиально не ограничено. Оно определяется логикой работы системы автоматики, управляющей контакторами.

На рис. 2.2 АВР имеет 3 входа, обеспечивающие питание нагрузки от двух основных источников питания (ввод 1 и ввод 2) и от резервной дизельной станции (ДЭС).

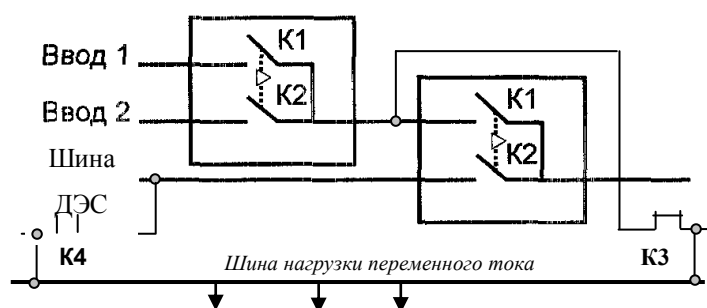


Рисунок 2.2

В штатном режиме контакты К1 и К2 вводов замкнуты, а К1 и К2 ДЭС – разомкнуты. Нагрузка питается через нз контакт К3. В аварийном режиме К3 размыкается, а К4 замыкается. Соответственно контакты К1 и К2 вводов разомкнуты и механически заблокированы, а К1 и К2 ДЭС – замкнуты. Нагрузка питается от ДЭС, встречная работа ДЭС на сеть исключена.

Трехвходовые АВР на базе двухвходовых (рис. 2.2), как правило, выполняются на номинальные токи до 630А. Это связано с конструктивным исполнением контакторов и управляемых выключателей.

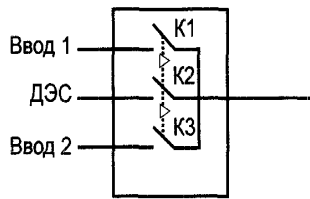


Рисунок 2.3

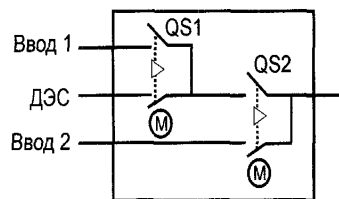


Рисунок 2.4

При токах, больших 630А, трехвходовые АВР выполняются непосредственно на трех аппаратах (рис. 2.3). Механическая блокировка при этом производится специальным тросовым блокировочным механизмом.

Электромеханические АВР на автоматических выключателях с электроприводом (рис. 2.4) уступают предыдущим по быстродействию и также позволяют осуществить механическую и электрическую блокировки при двухвходовой (рычажная блокировка) и трехвходовой (тросовая блокировка) схемах. Недостатки - более сложная электрическая схема и более высокая стоимость этих устройств при мощностях ниже 100 кВА. Достоинства - конструкция, обеспечивающая невозможность замыкания между собой двух входов, а также наличие ручного управления, которое обеспечивается независимо от напряжения на сетевых вводах. Пример реализации схемы АВР с применением электромеханических устройств показан на (рис.2.5).

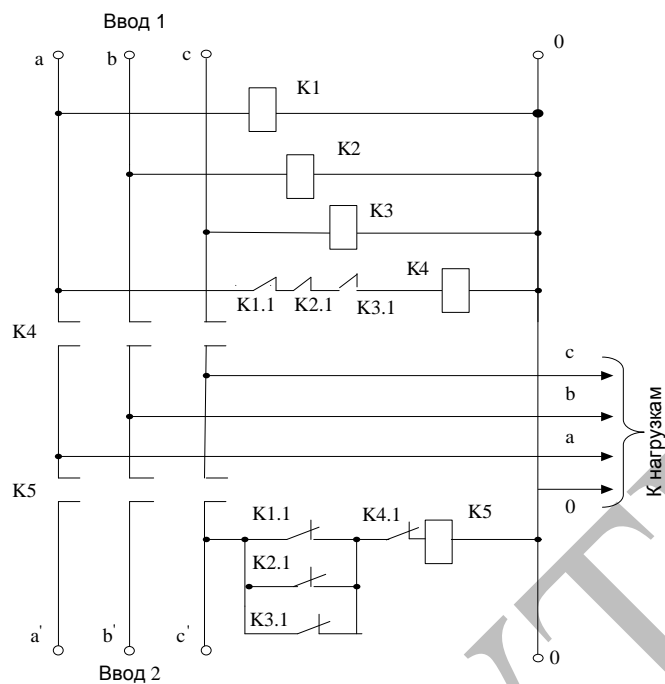


Рисунок 2.5

Схема позволяет подключать нагрузки к любому из двух источников, имеющих в электроустановке предприятия связи. Предположим, что от двух источников электроснабжения (a, b, c - ввод 1, a', b', c' - ввод 2) подается напряжение требуемого качества. В этом случае контакты $K1.1, K2.1$ и $K3.1$ реле контроля напряжения $K1, K2, K3$ замкнуты и обмотка контактора $K4$ находится под напряжением. Нагрузки через контакты $K4$ питаются от первого источника (ввод 1). Нормально замкнутые контакты $K1.1, K2.1$ и $K3.1$ реле контроля напряжения и нормально замкнутый блок-контакт контактора $K4.1$, включенные в цепь обмотки контактора $K5$, разомкнуты и обмотка этого контактора обесточена. При отключении напряжения любой из фаз источника 1 отпускает контакты соответствующее реле контроля напряжения ($K1$, или $K2$, или $K3$), обесточивается обмотка контактора $K4$ и его контакты ($K1.1$, или $K2.1$, или $K3.1$) размыкаются. После отпускания реле контроля напряжения его нормально замкнутые контакты $K1.1, K2.1$ и $K3.1$ через блок-контакт $K4.1$ контактора $K4$ подают напряжение на обмотку контактора $K5$, и его контакты подключают нагрузку ко второму источнику «Ввод 2». Суммарное время переключения нагрузки может достигать $0,6 \div 0,8$ с. Устройство требует регулировки и чистки контактов, обладает сравнительно невысокой надежностью.

У всех рассмотренных типов АВР при необходимости могут быть реализованы функции контроля уровня напряжения, введены элементы регулировки задержек и схемы управления работой ДЭС.

Контроль уровня напряжения необходим для работы автоматики по заданному алгоритму: если напряжение на рабочем входе АВР упало ниже установленного уровня, то автоматика определяет это как отключение напряжения и производит переключение нагрузки на тот вход, где уровень напряжения нахо-

дится в допустимом диапазоне.

Задержки времени на осуществление переключения устанавливаются для исключения излишних переключений на резервный ввод и обратно в случае кратковременного пропадания напряжения и его последующего восстановления. Управление работой генератора необходимо для выдачи сигнала на запуск ДГУ по прошествии необходимой выдержки (задержки) времени в случае отключения вводов от энергосистемы.

Выводы по разделу 2.2

Электромеханические АВР имеют меньшее быстродействие, чем полупроводниковые, но они выполняются на большие токи и предусматривают кроме электронной механическую (видимую) блокировку режима работы дизельной станции на сеть

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличаются электромеханические АВР на контакторах и автоматических выключателях?
2. Чем отличаются электромеханические АВР от полупроводниковых?
3. Для чего устанавливаются задержки времени АВР?

Раздел 2.3 Распределительное оборудование переменного тока

От шин СОЭ или СГЭ потребители питаются не непосредственно, а через распределительные щиты переменного тока. Такие щиты могут потребоваться и при вводе сети переменного тока на каждый этаж здания, и для организации питания переменным током локальных нагрузок

Главный распределительный щит. Главный распределительный щит (ГРЩ - рис.2.6) обеспечивает ввод и распределение энергии по потребителям, защиту потребителей от перегрузок и токов короткого замыкания, автоматическое включение резерва, выполненное на выключателях, и автоматическое резервирование электроснабжения потребителей от АДЭС.

Все автоматические выключатели снабжаются микропроцессорными (интеллектуальными) модулями, позволяющими организовать дистанционное управление и измерение электрических параметров. Эти модули подключаются к системе автоматизации управления ГРЩ. Потребителей электроэнергии предприятия можно условно разделить на три группы – А, В, С (табл. 2.2).

Таблица 2.2

| Группа | Состав потребителей электроэнергии | Допустимый перерыв |
|--------|------------------------------------|--------------------|
|--------|------------------------------------|--------------------|

| | | |
|---|---|-------------------------------|
| А | Информационно-вычислительные системы, телекоммуникационные системы, система голосового оповещения и АТС, системы охранной и пожарной сигнализации, система контроля и управления досту- | Не допуска-ется |
| В | Пожарные насосы, системы подпора воздуха и дымоудаления пожарные лифты, система кондиционирования технологиче- | Допуска-ется на время включе- |
| С | Прочие технологические и инженерные системы, не вошедшие в группы А и В | Допуска-ется на время |

На (рис. 2.6) ГРЩ - это щит переменного тока ЩО-70, состоящий из двух секций. Схема ГРЩ обеспечивает:

- дистанционное управление нагрузками;
- дистанционный контроль состояния автоматов;
- дистанционный и местный контроль отходящих линий (сигнализация положения выключателя и измерение токов нагрузки);
- блокировку одновременности включения энергоемких потребителей при работе ДЭС;
- предотвращение несанкционированного включения потребителей, не относящихся к группам А и В при работе ДЭС;
- разгрузку системы электроснабжения при работе ДЭС;
- возможность ручной коммутации автоматов на ГРЩ.

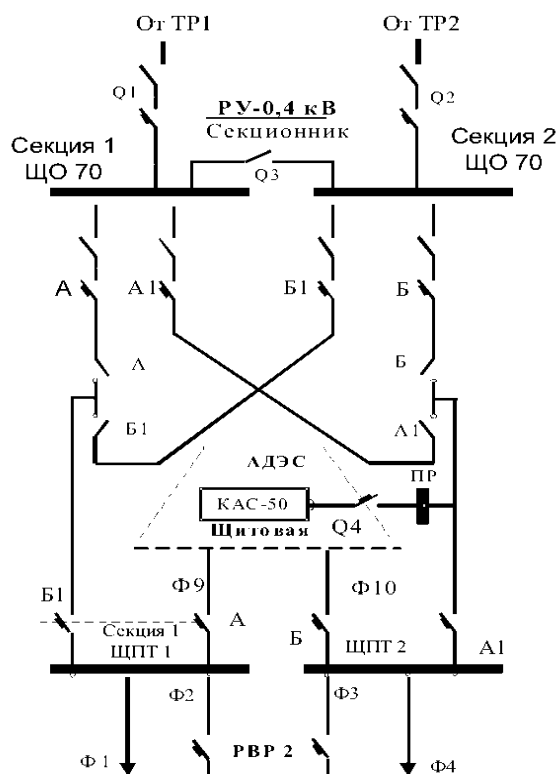


Рисунок 2.6

Панели распределительных щитов ЩО-70 предназначены для комплектования из них распределительных устройств трёхфазного тока напряжением до 380В с ударными токами КЗ до 50кА. Предусмотренный в ГРЩ АВР на вводных ($Q1$, $Q2$) и секционном ($Q3$) выключателях и автоматическое включение резерва дизель-генератора ($Q4$, АВР ДГ КАС500, ПР - пункт распределительный) реализованы на автоматических выключателях с приводами дистанционного управления. АВР секционного выключателя работает следующим образом:

1. В нормальном режиме секционный выключатель $Q3$ и выключатель ввода $Q4$ АДЭС отключены. Выключатели $Q1$, $Q2$ ввода 0,4 кВ включены.

2. При исчезновении напряжения на одном из вводов или отклонении напряжения за границы допустимого диапазона соответствующий ввод $Q1$ или $Q2$ отключается защитой минимального напряжения и затем включается секционный выключатель $Q3$.

4. При восстановлении напряжения на обоих вводах отключается секционный выключатель $Q3$ и включается соответствующий ввод $Q1$ или $Q2$.

АВР АДЭС работает при исчезновении напряжения на обоих вводах 0,4 кВ или отклонении напряжения на обоих вводах за границы допустимого диапазона по следующему алгоритму:

1. Замыкается цепь запуска АДЭС.

2. После запуска генератора появляется напряжение на вводе ДЭС и в цепях управления, срабатывает система автоматической разгрузки, отключающая потребителей группы С (часть линий секции 1 и секции 2) и на время пуска ДЭС — потребителей группы В.

АП

3. Отключаются оба ввода Q1, Q2.
4. Отключаются конденсаторные батареи ККУ1 и ККУ2 (компенсаторы реактивной мощности).
5. Включается секционный выключатель Q3.
6. Включается ввод ДЭС Q4.
7. После этого с выдержкой времени между включениями не менее 15с происходит включение автоматических выключателей в цепях нагрузок группы В. В зависимости от загрузки ДЭС диспетчер может изменить состав подключенной к ДЭС нагрузки ручным включением резерва РВР.
8. При появлении напряжения хотя бы на одном из вводов Q1 или Q2 снимается сигнал запуска АДЭС, отключается ввод АДЭС Q4 и включается соответствующий ввод Q1 или Q2. Затем автоматически включаются потребители, отключенные системой разгрузки, и подключаются компенсирующие реактивную мощность конденсаторные батареи.

Щиты переменного тока ЩПТ. Простейшие щиты шкафной конструкции переменного тока ШПТА и ЩПТС предназначены для совместной работы с выпрямительными устройствами. Схема (упрощенная) щита ЩПТА -4-200 показана на (рис. 2.7)

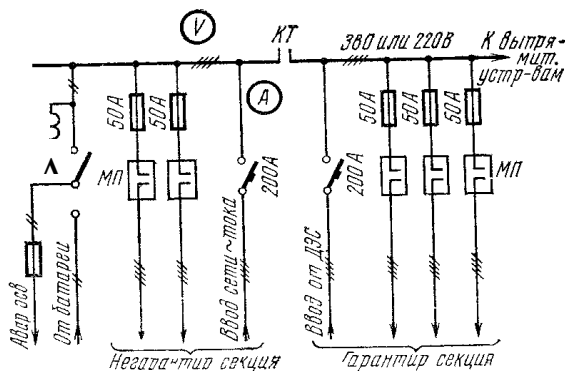


Рисунок 2.7

ЩПТА-4/200 предназначен для обеспечения оборудования переменным током напряжением 380/220В при токе до 200А и для распределения нагрузок по фидерам потребителей. Применяется в ЭПУ при наличии АДЭС. При отсутствии АДЭС применяются вводные устройства ЩПТС. Щиты устанавливаются в общий ряд с выпрямительными устройствами ВУ, обеспечивают питание потребителей, контроль напряжения постоянного тока ЭПУ, сбор сигналов о повреждениях, возникающих на другом оборудовании ЭПУ, а также автоматическое включение или переключение аварийного освещения АТС. ЩПТА состоит из 2-х секций шин — гарантированного и негарантированного переменного тока, объединенных контактором КТ. К первой секции подключается фидер от автоматизированной дизельной электростанции и потребители, не допускающие длительного перерыва в подаче электроэнергии, а ко второй — фидер от внешней сети переменного тока и потребители, допускающие перерыв в подаче

электроэнергии. В нормальном режиме работы секции шин гарантированного и негарантированного переменного тока соединяются с помощью контактора *КТ*. Управление контактором осуществляется со щита автоматизированной ДЭС ЩДГА. При работающей АДЭС он разомкнут, что исключает встречное включение ДЭС на сеть.

Для защиты от перегрузок вводных фидеров и возможности их коммутации на каждом вводе установлены автоматические выключатели типа А-3134 на ток 200А каждый. К секции шин негарантированного тока можно подключить две нагрузки. Нагрузочные фидеры защищены плавкими предохранителями типа ПД-3 на ток 50 А. Включение и отключение этих фидеров осуществляется с помощью магнитных пускателей *МП* с тепловой защитой. От секции шин гарантированных потребителей отходят три фидера, защищенные такими же плавкими предохранителями. Коммутация этих фидеров осуществляется магнитными пускателями без тепловой защиты. Благодаря этому пускатели не отключаются при пропадании и восстановлении напряжения на шинах. На ЩПТА-4/200 установлен специальный автомат *АП* для подключения сети аварийного освещения от батареи объекта при отключении сети переменного тока. Выключение автомата осуществляется вручную. Для измерения тока нагрузки от сети на щите установлен амперметр *А* типа Э-30 со шкалой на 200А, включенный через трансформатор тока *ТТ* типа ТК-20 с коэффициентом трансформации 200/5. Напряжение на вводных фидерах измеряется вольтметром типа Э-30 со шкалой до 250В. Подключение вольтметра между фазой и нулем каждого из вводных фидеров осуществляется с помощью вольтметрового переключателя *ВП*. На каждом вводном фидере осуществляется оптическая сигнализация наличия напряжения индикаторами, аварийная сигнализация.

Шкафы вводные распределительные. Предприятием Промсвязь выпускаются шкафы ШВР. Они, как и ЩПТ, предназначены для ввода и распределения по потребителям электрической энергии трехфазного (однофазного) переменного тока, номинального напряжения 380В (220В), а также для защиты вводов сети и нагрузок потребителей от перегрузок и токов короткого замыкания, от перенапряжений, для контроля изоляции и т.п. Шкафы выпускаются с ручным подключением вводов (ШВРР), с автоматическим переключением вводов (ШВРА) и без автоматического выключателя для включения вводов (ШВРО). Предусмотрена возможность подключения к ШВР одного и более питающих вводов от сети общего назначения, а также дизельной электростанции (ДЭС). Номинальный ток шкафов - от 16 до 1000А.

При необходимости в шкаф устанавливается панель коммутации аварийного освещения, которая обеспечивает автоматическое подключение сети аварийного освещения к аккумуляторной батарее при пропадании напряжения переменного тока и автоматическое отключение сети аварийного освещения от аккумуляторной батареи при восстановлении напряжения переменного тока. Максимальный ток сети аварийного освещения напряжением аккумуляторной батареи 60,48, или 24 В составляет 100 А.

Шкафы ШВРР для защиты от импульсных перенапряжений предназначены для защиты трехфазных силовых сетей питания электрооборудования, вычис-

лительной техники и другой аппаратуры от импульсных перенапряжений большой мощности и для дистанционного контроля за состоянием системы подавления импульсных перенапряжений, возникающих в силовом коммутационном оборудовании вследствие ударов молний, электростатических разрядов и переходных процессов. Высокая эффективность системы достигается согласованной работой воздушных разрядников и блока варисторов.

Выводы по разделу 2.3

Главный распределительный щит предприятия обеспечивает не только ввод и распределение электроэнергии по потребителям, но и защиту потребителей от перегрузок и токов короткого замыкания, автоматическое резервирование электроснабжения потребителей от АДЭС. При нарушениях в электроснабжении от СОЭ ГРЩ осуществляет множество функций, что обеспечивается наличием микропроцессорного управления. Кроме главного щита используются вводные распределительные шкафы различной конструкции и различного назначения

Вопросы для самоконтроля

1. Что собой представляет главный распределительный щит?
2. Чем отличаются вводные распределительные щиты ШВР, ШВРР, ШВРА?

Лекция 5

Тема 3 Система бесперебойного электропитания постоянного тока

Системой бесперебойного электроснабжения (электропитания) СБЭ называется электроустановка, осуществляющая электроснабжение нагрузки в случаях отключения основных источников внешнего электроснабжения за счет энергии, накопленной в аккумуляторах, на время до восстановления внешнего электроснабжения или включения резервных (аварийных) источников системы гарантированного электроснабжения (АДЭС). Она обеспечивает качество электроэнергии (КЭ) у электроприемников в нормальном режиме и обладает следующими функциональными возможностями:

- обеспечивает непрерывное электроснабжение, в том числе “без разрыва синусоиды”;
- имеет время автономной работы, необходимое для корректного завершения процессов в информационных и телекоммуникационных системах без потери информации и повреждения оборудования;
- осуществляет электроснабжение с требуемыми показателями качества электроэнергии;
- обеспечивает электромагнитную совместимость оборудования.

СБЭ состоит из следующих компонентов: источников или систем бесперебойного питания; главных распределительных щитов СБЭ; распределительных щитов (пунктов); распределительных сетей; групповых сетей.

В СБЭ время автономной работы определяется емкостью аккумуляторной батареи - АБ (в СГЭ - количеством дизельного топлива).

Раздел 3.1 Требования к ЭПУ постоянного тока

В соответствии с отраслевым стандартом ОСТ 45.183-2001 на стационарные установки электропитания аппаратуры электросвязи ЭПУ постоянного тока это УП - установка питания или УБП - установка бесперебойного питания.

Электроснабжение стационарной УП осуществляется от электрической сети общего назначения и резервных источников электроэнергии.

В настоящее время действуют “Правила применения оборудования электропитания средств связи”, в соответствии с которыми оборудование электропитания должно нормально функционировать, если на его входные зажимы подается электроэнергия от источников внешнего электроснабжения (от электрических сетей энергосистемы), параметры которой отвечают требованиям, приведенным в таблице 3.1.

Таблица 3.1

| Наименование параметра | Значения параметров |
|---|---------------------|
| 1. Номинальное действующее значение напряжения ($U_{ном}$), В | 380/220 |
| 2. Номинальная частота, Гц | 50 |
| 3. Установившееся отклонение напряжения от номинального значения, %, не более | +10 -15 |
| 4. Переходное отклонение напряжения, %, не более | ±40 |
| 5. Длительность переходного отклонения напряжения, с, не более | 3 |
| 6. Исчезновение напряжения на время, мс, не более | 10 |
| 7. Установившееся отклонение частоты от номинального значения, %, не более | ±0,8 |
| 8. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, %, не более | 10 |
| 9. Коэффициент небаланса напряжения, | 5 |

| | |
|--|--------------------------|
| % , не более | |
| 10. Импульс напряжения: импульсное напряжение, В, не более длительность импульса (на уровне 0,5 амплитудного значения $U_{ном}$), мкс, не более | 1,8 $U_{ном}$ 1300 |
| 11. Импульс напряжения: импульсное напряжение, В, не более длительность импульса (на уровне 0,5 амплитудного значения $U_{ном}$), мкс, не более | 2000 50 |

Выходное напряжение УП постоянного тока может быть 12В, 24В, 48В, 60В. Напряжение 12В, 24В используется, в основном, для несилового оборудования. **Положительный выходной вывод УП соединен с "землей"**.

Основные потребители УП постоянного тока:

- аппаратура систем коммутации;
- каналообразующая аппаратура;
- аппаратура системы безопасности предприятия (теленаблюдение и т.д.);
- аппаратура мониторинга производственного процесса.

Электропитание перечисленных потребителей должно быть бесперебойным (особая группа первой категории по надежности электроснабжения). Поэтому УБП должна иметь буферную систему с АБ, выводы которой постоянно соединены с нагрузкой. Буферная УП (рис. 3.1, а) является наиболее простой, но характеризуется широкими пределами изменения выходного напряжения и может быть рекомендована только для аппаратуры, допускающей такие изменения напряжения. Упрощенная схема буферной ЭПУ показана на (рис.3.1,а) ЗБВ – зарядно-буферный выпрямитель, АБ – аккумуляторная батарея.

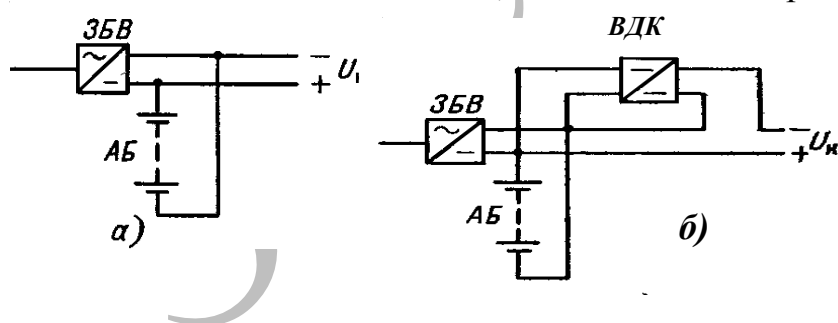
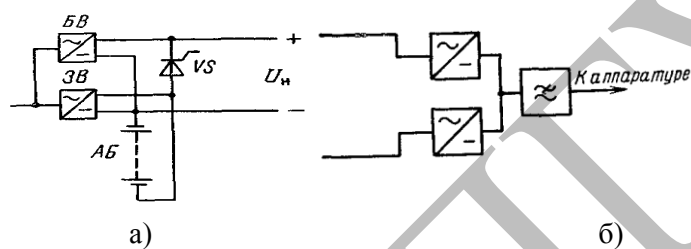


Рис. 1

Поэтому система бесперебойного электропитания постоянного тока включает в свой состав источники вторичного питания (ИВЭ), преобразующие напряжение шин постоянного тока в напряжения требуемого уровня и качества для питания непосредственно телекоммуникационной аппаратуры. ИВЭ или преобразователи типа DC/DC, DC/AC устанавливаются на стойках питаемой аппаратуры. **Достоинства буферной системы:** бесперебойность электропитания ап-

паратуры во всех режимах работы ЭПУ; улучшение динамических характеристик и устойчивости системы в целом за счет подключения аккумуляторной батареи параллельно нагрузке. **Недостатки:** большая стоимость токораспределительной сети и потери энергии в ней, особенно при централизованной системе на низкие выходные напряжения (-24В). Кроме того, в режиме аварийного разряда напряжение на батарее, и следовательно, на шинах нагрузки нестабильно – снижается по мере разряда батареи. В ЭПУ (рис. 3.1,б) стабилизация выходного напряжения осуществляется с помощью вольтодобавочного конвертора ВДК обеспечивающего стабилизацию выходного напряжения с высокой точностью при разряде аккумуляторной батареи.

В ряде случаев ОСТ 45.183-2001 допускает использование системы электропитания с отделенной батареей. В системе электропитания с отделенной от нагрузки резервной аккумуляторной батареей (рис. 3.2, а) при нормальном электроснабжении питание аппаратуры осуществляется от стабилизирующего буферного выпрямителя *БВ*, а *АБ* находится в режиме непрерывного подзаряда от дополнительного зарядного выпрямителя *ЗВ* и отключена от нагрузки тиристором *VS*.



Рисунки 3.2

При пропадании сети тиристор *VS* подключает *АБ* к нагрузке без перерыва в питании аппаратуры. Послеаварийный заряд *АБ* осуществляется при ее отключении от нагрузки. Эта система применяется при выходной мощности ЭПУ до 2кВт. Выводы *АБ* автоматически подключаются к шинам нагрузки при отклонении режима работы УБП от нормы.

При безбатарейной системе электропитание аппаратуры может осуществляться непосредственно от выпрямительного устройства, подключаемого к сети переменного тока (рис. 3.2,б).

Таблица 3.2

| Наименование параметра | Значение параметра |
|--|--------------------|
| 1. Номинальное напряжение ($U_{ном}$), В | 12, 24, 48 или 60 |

| | |
|--|-----------------|
| 2. Установившееся отклонение напряжения от номинального значения, В, не более: $U_{ном} = 12В$ | +3 -2 |
| $U_{ном} = 24В$ | + 4 -3,6 |
| $U_{ном} = 48В$ | + 9 -7,5 |
| $U_{ном} = 60В$ | ± 12 |
| 3. Установившееся отклонение напряжения в точке подключения аккумуляторной батареи, %, не более | ± 1 |
| 4. Переходное отклонение напряжения при скачкообразном набросе (сбросе) нагрузки от 5 до 100% номинального значения, %, не более: Время процесса переходного процесса, с, не более: | ± 20 0,1 |
| 5. Действующее значение суммы гармонических составляющих пульсации напряжения, мВ, не более: в диапазоне частот от 25 Гц до 150 кГц | 50 |
| 6. Действующее значение n-ой гармонической пульсации напряжения, мВ, не более в диапазоне частот до 300 Гц в диапазоне частот от 300 Гц до 150 кГц | 50 7 |
| 7. Псофометрическое значение пульсации, мВ, не более | 2 |

Эта схема может быть рекомендована только для потребителей, допускающих перерывы в питании, например для питания учреждений и домовых телефонных подстанций малой емкости (до 100 номеров).

Определены и требования к показателям качества самой УП (приведены в табл. 3.2). В соответствии с отраслевым стандартом ОСТ 45.183-2001 коэффициент мощности УП должен быть не менее 0,95 для устройств с корректором мощности и не менее 0,7 для остальных устройств. Входящие в состав УП и передающие основную часть электроэнергии преобразователи переменного напряжения в постоянное должны иметь к.п.д. не менее 0,8 при выходной мощности до 2кВт и 0,9 при более высокой мощности. Установившееся отклонение напряжения УП на выходных выводах для включения аккумуляторной бата-

реи должно быть не более +1% от установленного значения. В УП должна быть предусмотрена защита аккумуляторной батареи от ее чрезмерного заряда или разряда.

Потери напряжения в ТРС на участке от выводов оборудования УП до стоек аппаратуры связи, включая потери в устройствах защиты и коммутации, не должны превышать 4% от номинального значения выходного напряжения УП. УБП может поставляться в комплекте как единая установка (пример – устройство электропитания связи УЭПС), либо комплектоваться из выпускаемых различными фирмами устройств электропитания.

Выводы по разделу 3.1

В СБЭ электроснабжение нагрузки в случаях отключения основных источников внешнего электроснабжения осуществляется за счет энергии, накопленной в аккумуляторах. телекоммуникационное оборудование систем передачи, систем коммутации, сотовой связи и др. получает электропитание от буферных ЭПУ постоянного тока. В буферных системах резервный источник питания – аккумуляторная батарея – постоянно присоединен к шинам нагрузки. Поэтому питание от буферной СБЭ постоянного тока можно назвать непрерывным.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие номинальные напряжения установки питания постоянного тока являются стандартными?
2. Какое оборудование относится к резервному источнику электропитания ЭПУ постоянного тока?
3. В установке питания постоянного тока с "землей" соединена плюсовая или минусовая шина?
4. Для чего используют вольтодобавочный конвертор?

Лекция 6

Раздел 3.2 Надежность системы электропитания

Электропитающая установка ЭПУ или система электропитания СЭП предназначена для преобразования, регулирования, распределения и обеспечения бесперебойности подачи напряжения требуемого качества к аппаратуре телекоммуникаций.

Под надежностью понимают способность устройства или системы выполнять свои функции в процессе эксплуатации.

Эксплуатационная надежность СЭП определяется следующими факторами:

- электрическими режимами;
- условиями работы в составе аппаратуры;
- наличием и степенью резервирования.

Для количественной оценки надежности конкретного элемента аппаратуры используют понятие интенсивности отказов элемента λ . Эта величина показывает, чему равно относительное количество одинаковых элементов вышедших из строя за единицу времени эксплуатации:

$$\lambda = n / N \cdot \Delta t ,$$

здесь n – количество элементов вышедших из строя,

N – общее количество элементов данного типа,

Δt – время эксплуатации элементов.

Интенсивность отказов элемента определяется в том числе временем его эксплуатации. Характер зависимости λ от времени эксплуатации для большинства элементов имеет вид, показанный на (рис. 3.3). Первый интервал $0 < t < t_1$ – интервал «приработки», когда интенсивность отказов уменьшается по мере увеличения периода эксплуатации, второй интервал $t_1 \leq t < t_2$ – рабочий, когда λ остается практически постоянной величиной и третий интервал $t_2 \leq t < t_3$, когда λ возрастает по мере увеличения времени эксплуатации. Параметры надежности рассчитывают для второго интервала.

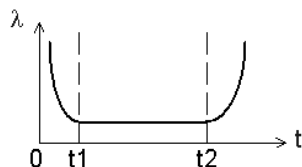


Рисунок 3.3

Под отказом устройства или системы понимают выход хотя бы одного параметра устройства или системы за допустимые пределы как в установившемся, так и в переходном режимах. Если нет резервирования, то отказ одного элемента приводит к выходу из строя всего устройства.

С наибольшей вероятностью отказ произойдет в момент времени соответствующий математическому ожиданию (среднему значению) случайной величины t , которое равно:

$$T_0 = t_{cp} = 1 / \lambda_{\Sigma} ,$$

где λ_{Σ} - сумма интенсивностей отказов элементов всех типов, которые используются в устройстве.

Величину T_0 называют **средним временем наработки на отказ**.

Вероятность безотказной работы за время Δt равна:

$$P_{\Delta t} = 1 - Q_{\Delta t} = \exp -\Delta t \cdot \lambda_{\Sigma} ,$$

где $Q(\Delta t)$ - вероятность того, что отказ произойдет за время $t \leq \Delta t$.

Среднее время восстановления T_B включает в себя время активного ремонта неисправности, время диагностирования и определения неисправности и время доставки аппаратуры или ее узла к месту ремонта.

Согласно ОСТ 45.183 – 2001 для УП установлены следующие показатели надежности:

- средняя наработка до отказа (T_0) не менее 10^6 ч (с аккумуляторной батареей);

- среднее время восстановления ($Tв$) не более **0,5ч**;
- средний срок службы ($Tсл$) не менее **20** лет;
- срок хранения не менее **12** месяцев.

В источниках и системах электропитания применяют резервирование по блокам, устройствам, источникам электрической энергии. Резервирование может быть “горячим” и “холодным”. При “горячем” резервировании, резервирующее устройство постоянно включено и либо работает совместно с резервируемыми устройствами на общую нагрузку, либо находится в режиме холостого хода.

Например, предположим, что в состав буферной системы электропитания входят пять постоянно включенных выпрямителей, тогда как для обеспечения питания аппаратуры (при отключении сети переменного тока) требуется четыре выпрямителя, т.е. в этом случае пятый выпрямитель используется как резервирующий. Если все выпрямители исправны, то каждый из них работает с неполной нагрузкой по мощности. В этом случае при выходе одного выпрямителя из строя, “избыточный” выпрямитель позволяет обеспечить нормальную работу аппаратуры.

В случае “холодного” резервирования, резервирующее устройство включается только тогда, когда происходит отказ одного из резервируемых устройств.

Классические методы резервирования: постоянное и замещением.

Постоянное резервирование при нагруженном резервировании обеспечивает возможность организации бесперебойного электропитания нагрузки.

При резервировании **замещением** в СЭП возможно применение трех режимов *подготовки резерва*:

- нагруженное
- облегченное
- ненагруженное

При нагруженном резервировании запасные и основные элементы и устройства СЭП находятся в одинаковых режимах. В случае применения одного резервного устройства для одного основного устройства на эквивалентной нагрузке будет рассеиваться половина мощности СЭП.

Облегченное резервирование характерно тем, что до момента включения в работающую схему резервные элементы или устройства находятся в облегченном режиме. Надежность каждого резервного элемента или устройства в этом случае выше надежности соответствующего основного элемента или устройства. Облегченное резервирование допускает применение “скользящего” резервирования, когда, например, одно резервное устройство электропитания используется для резервирования нескольких основных. При этом резервное устройство переключается с помощью АВР. При ненагруженном резервировании запасные элементы и устройства СЭП до момента включения находятся в нерабочем состоянии. Здесь также применяется “скользящее” резервирование.

Системы электропитания предприятий связи могут иметь наработку на отказ около 50 тыс. ч.

Выводы по разделу 3.2

Под надежностью понимают способность устройства или системы выполнять свои функции в процессе эксплуатации. Надежность электропитающего устройства зависит от надежности его элементов. Надежность системы электропитания обеспечивается кроме того различными способами резервирования.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем определяется эксплуатационная надежность системы электропитания?
2. Что понимают под отказом устройства или системы?
3. Какие виды резервирования устройства электропитания используются?

Раздел 3.3 Типовая ЭПУ постоянного тока

Структурная схема варианта ЭПУ постоянного тока типа УЭПС (устройство электропитания связи) приведена на (рис. 3.4). В состав УБП входит:

- комплект выпрямителей, состоящий из K выпрямителей (модулей);
- автоматические выключатели $A1-1 \dots A1-K$, с помощью которых выпрямительные устройства подключаются к вводному щиту (щит вводной распределительный автоматизированный –ЩВРА);
- автоматические выключатели $A2-1 \dots A2-K$, установленные в минусовом полюсе каждого из выпрямителей;
- двухгруппная аккумуляторная батарея (АБ№1, АБ№2);
- автомат (контактор) глубокого разряда АГР;
- батарейные автоматические выключатели АБ1, АБ2, установленные в минусовом полюсе каждой из аккумуляторных батарей;
- токовые шунты, с помощью которых осуществляется измерение тока в цепи аккумуляторных батарей Ш1 и в цепи нагрузок Ш2;
- автоматические выключатели $A_n-1 \dots A_n-m$, через которые стивы аппаратуры подключаются к УБП;
- контроллер, обеспечивающий мониторинг и управление УБП.
- В УБП общее число выпрямительных устройств (модулей) n выбирается с избыточностью по формуле:

$$n \geq \frac{n_{РАБ} + m_{РЕЗ}}{n_{РАБ}},$$

где $n_{РАБ}$ - необходимое число рабочих выпрямителей, обеспечивающее питание аппаратуры при ее максимальном потреблении и заряд аккумуляторных батарей; $m_{РЕЗ}$ – число резервных выпрямителей.

В нормальных режиме все K модулей постоянно включены, т.е. избыточные модули обеспечивают горячий резерв. Они питают нагрузку и обеспечивают непрерывный подзаряд аккумуляторов. Аккумуляторная батарея (АБ№1, АБ№2), постоянно подключена параллельно нагрузке (выходным зажимам выпрямительных устройств). На (рис.3.4) показан вариант УБП с однофазными выпрямителями типа ВБВ, при этом отдельные выпрямители подключаются к

различным фазам ($L1...L3$) трехфазной сети переменного тока через индивидуальные автоматические выключатели ($A1-1...A1-K$).

Значение выходного напряжения выпрямительных устройств определяется числом последовательно соединенных элементов (аккумуляторов) в каждой группе АБ и требуемым напряжением содержания одного элемента. При относительно небольшой номинальной емкости каждой группы аккумуляторной батареи (до 100Ач) она собирается из моноблоков по три или шесть элементов в каждом. Чаще всего эти моноблоки и все остальное оборудование СЭП размещаются в одном стативе.

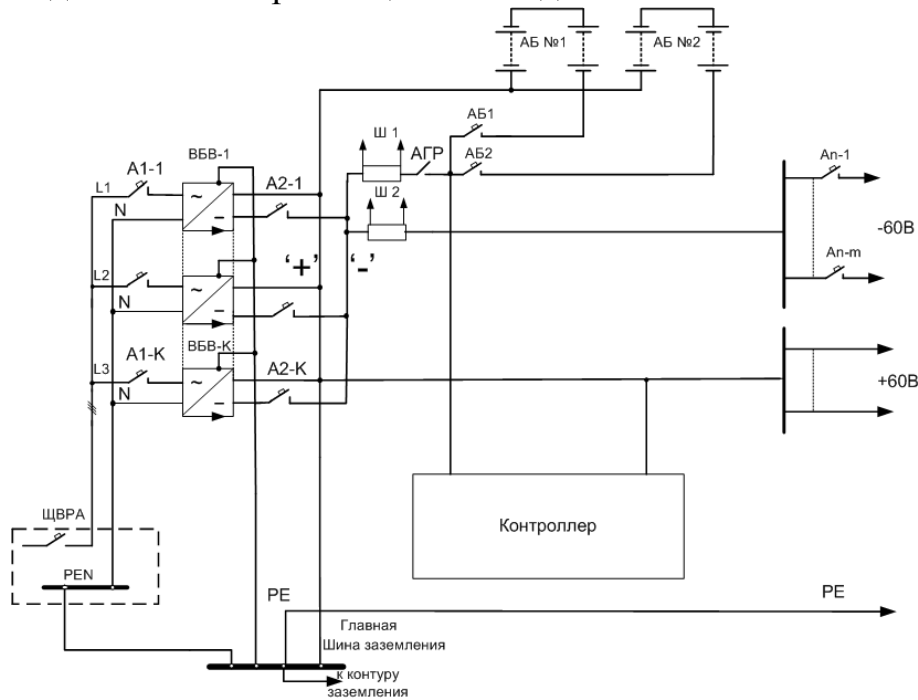


Рисунок 3.4

В случае применения кислотных аккумуляторов большой номинальной емкости эти аккумуляторы размещаются в отдельном помещении (аккумуляторной), имеющем приточно-вытяжную вентиляцию. Для уменьшения индуктивности проводников (шин), подключающих к СЭП аккумуляторную батарею, ее плюсовые и минусовые выводы должны располагаться как можно ближе друг к другу, для чего элементы каждой группы АБ разворачиваются как показано на (рис.3.4) (размещаются по так называемой U-образной схеме).

При перерывах в электроснабжении питание аппаратуры осуществляется от разряжающейся АБ. Для того чтобы не допустить сульфатации аккумуляторов в результате недопустимо глубокого их разряда, в систему электропитания вводится контактор АГР (автомат глубокого разряда), с помощью которого осуществляется отключение АБ от аппаратуры.

При восстановлении электроснабжения выпрямительные устройства должны обеспечить питание аппаратуры и заряд АБ, без отключения ее от нагрузки. За-

ряд АБ может осуществляться либо в одну ступень (при напряжении, равном напряжению содержания АБ), либо в две ступени. В последнем случае выходное напряжение выпрямителей на первой ступени заряда обычно выбирается из расчета 2,35В на один элемент АБ.

Функции, выполняемые контроллером в данной СЭП, могут быть различными в зависимости от фирмы изготовителя аппаратуры электропитания. Так в системе электропитания УЭПС, выпускаемой Юрьев-Польским заводом, контроллер выполняет следующие функции:

- обеспечивает контроль: тока АБ и тока нагрузки; напряжения на АБ и нагрузке; текущей температуры окружающей среды; емкости полученной АБ при ее заряде; емкости отданной АБ при ее разряде;
- следит за состоянием автоматических выключателей: на выходе выпрямителей (А2-1...А2-К), аккумуляторной батареи (АБ1, АБ2) и нагрузки (Ап-1...Ап-т); аварийных реле выпрямителей; автомата (АГР); наличием всех трех фаз питающей сети;
- обеспечивает дискретное изменение выходного напряжения выпрямителей (напряжения содержания АБ) при отклонении температуры окружающей среды от номинального значения (20°C) на $\pm 10^\circ\text{C}$;
- во время работы контроллер непрерывно ведет протокол, записывая информацию в энергонезависимую память, поэтому при соединении контроллера с компьютером на экран монитора можно вывести все текущие параметры и состояние всех сигналов ввода и вывода в позиционном коде с указанием даты и времени возникшей аварийной ситуации. Питание контроллера осуществляется непосредственно от АБ.

Для цифровых АТС часто используются модульные системы электропитания PS (Power Supply System), которые приобретаются отдельно или поставляются с аппаратурой телекоммуникаций. Основные необходимые элементы модульной системы показаны на рисунке 3.5: Rectifier (выпрямитель), Rectifier rack (статив выпрямителей), Monitoring module (модуль мониторинга), AC distribution (распределение переменного тока), DC distribution (распределение постоянного тока).

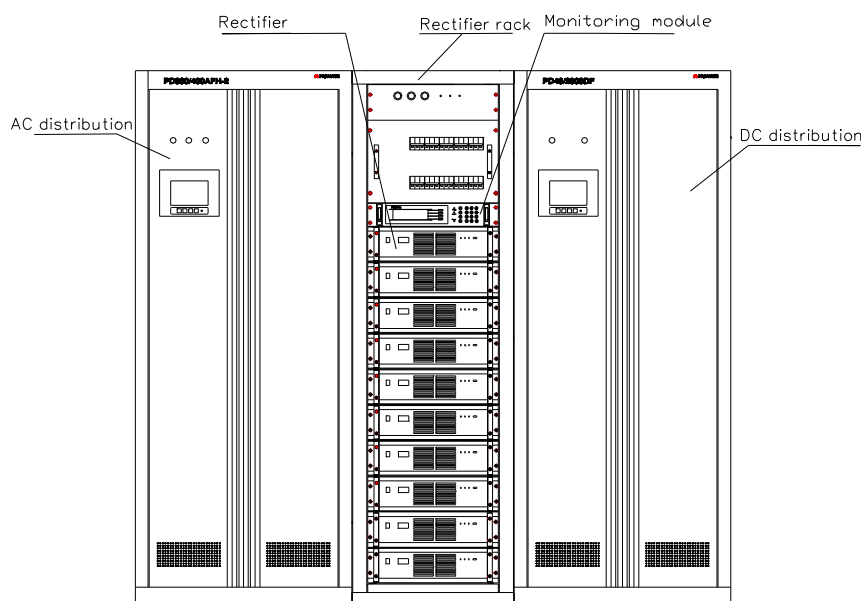


Рисунок 3.5

Напряжение питания переменного тока из сети электроснабжения поступает на блоки выпрямителя от стива распределения AC distribution. Затем, напряжение постоянного тока “-48В” с нагрузочной шины выпрямителей подается на стив распределения постоянного тока DC distribution по минусовой шине (-48В), которая подает питание на оборудование связи. Резервные аккумуляторные батареи АБ располагаются в отдельном аккумуляторном шкафу. При нормальных условиях выпрямители и АБ работают в параллельном режиме с дозированной зарядкой, контролируемой посредством программного обеспечения PS, и заземленным плюсом. В режиме автоматического управления батареями, если ток дозированной зарядки превышает установленное значение, система переключится в режим выравнивающей зарядки. Это обычно происходит, когда система заряжает батарею после восстановления подачи питания с основного источника. При отклонении параметров на шинах переменного тока от нормы потребители питаются от АБ.

Выводы по разделу 3.3

Типовая ЭПУ постоянного тока содержит комплект выпрямителей, двухгруппную аккумуляторную батарею, контроллер, обеспечивающий мониторинг и управление, стивы распределения по постоянному и переменному току, автоматы защиты. К минусовой шине -48В или -60В подключаются параллельно работающие выпрямители, АБ и нагрузка ЭПУ. Плюсовая шина заземляется.

Вопросы для самоконтроля

1. Как работает буферная ЭПУ постоянного тока в нормальном режиме?
2. Как работает буферная ЭПУ в аварийном режиме?
3. Какой параметр буферной ЭПУ определяется по количеству аккумуляторов в батарее?
4. Что представляет собой ВБВ?

Лекция 7

Тема 4 Аккумуляторы

Аккумуляторы - это химические источники постоянного тока многократного использования и обратимого действия. Они способны превращать химическую энергию в электрическую (при разряде) и наоборот - электрическую в химическую (при заряде), создавая ее запас. До сих пор ничего не изобретено экономичнее аккумулятора. Эксперты ООН считают, что в обозримом будущем свинцовые аккумуляторы сохранят свое значение как одних из самых удобных источников электрической энергии. Электрические аккумуляторы являются очень надежным источником постоянного тока. Они никогда не прекращают своего действия "вдруг". При плохом уходе или неправильной организации эксплуатации электрические свойства аккумуляторов ухудшаются постепенно, что нетрудно выявить при очередной проверке их работы. Вот почему аккумуляторная батарея является основным средством резервирования сети переменного тока.

При разряде аккумулятора химическая энергия активных веществ, входящих в состав катода, анода и электролита, преобразуется в электрическую энергию. При этом активные вещества превращаются в продукты разряда. При заряде аккумулятора подводимая электрическая энергия расходуется на регенерацию продуктов разряда.

Аккумуляторы могут быть смонтированы как на стеллажах, поставляемых вместе с аккумуляторами, так и в отсеках стоек электропитающего оборудования. Они устанавливаются так, чтобы положительная клемма находилась вблизи с отрицательной клеммой соседнего аккумулятора. Монтаж аккумуляторов в батарею осуществляется соединительными проводами при помощи винтов. В зависимости от состава электролита аккумуляторы бывают кислотными и щелочными.

Таблица 4.1

| Тип | Относительная стоимость |
|----------------------------------|-------------------------|
| Свинцово_кислотный | 1 |
| Кадмиево-никелевый, ламельный | 3 |
| Кадмиево-никелевый, безламельный | 13 |
| Железо-никелевый | 2 |
| Серебряно-цинковый | 15 |

В (табл. 4.1) приведена относительная стоимость 1Вт·ч энергии, получаемой от аккумуляторов различных типов.

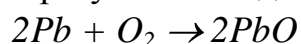
4.1 Кислотные аккумуляторы

Их основным достоинством является относительная стабильность напряжения при изменении тока нагрузки и температуры.

Каждый кислотный аккумулятор состоит из сосуда, изготовленного из кислотно-устойчивого материала (стекло, пластмасса), положительного и отрицательного электродов (пластин), разделителей между ними - сепараторов, электролита и токоведущих частей.

Отрицательные пластины, сверху соединены между собой с помощью, так называемого мостика, в единый пакет, что позволяет существенно увеличить объем активной массы отрицательного электрода. Между отрицательными пластинами помещаются положительные пластины, также объединенные в единый пакет. Положительные и отрицательные пластины этих пакетов изолируются друг от друга высокопористой сепарацией, обеспечивающей свободную циркуляцию положительных и отрицательных ионов и защищающей отрицательные и положительные пластины от короткого замыкания между собой. Сверху сосуд герметично закрывается крышкой, через которую выводятся полюсы (борны) от пакета положительных и отрицательных пластин.

В кислотных аккумуляторах электролитом служит водный раствор серной кислоты (H_2SO_4). При погружении в электролит пластины из чистого свинца положительные ионы (Pb^{++}) переходят в раствор электролита. Сама пластина из-за избытка электронов заряжается отрицательно (отрицательный электрод). Если в электролит погрузить вторую пластину из диоксида свинца (PbO_2), то ввиду повышенной концентрации ионов водорода диоксид свинца частично переходит в раствор, образуя положительные четырехвалентные ионы свинца (Pb^{++++}) и отрицательные ионы гидроксидов (OH^-). Сама пластина из-за избытка положительных ионов свинца заряжается положительно (положительный электрод). При заряде аккумулятора молекулы кислорода, образующиеся у положительных пластин, перемещаются к отрицательным пластинам. В результате химической реакции между кислородом O_2 и пористым свинцом на поверхности отрицательной пластины образуется оксид свинца (PbO):



Серная кислота, находящаяся в составе электролита реагирует с этим оксидом свинца в результате чего образуется сульфат свинца ($PbSO_4$) и вода.

Электродвижущая сила E такого простейшего аккумулятора определяется разностью потенциалов положительного и отрицательного электродов относительно электролита и не зависит от размеров и конструкции самих электродов.

При подключении к аккумулятору нагрузки под действием ЭДС во внешней цепи будет протекать ток, обусловленный перемещением электронов от отрицательного электрода к положительному. Ток внутри аккумулятора обусловлен перемещением положительных ионов водорода к положительному электроду. При этом в результате взаимодействия ионов водорода с отрицательными ио-

нами гидроксиды образуются молекулы воды. Следовательно, при разряде аккумулятора на обоих электродах выделяется сульфат свинца и уменьшается плотность электролита. При заряде аккумулятора сульфат на одном электроде превращается в свинец, а на другом - в диоксид свинца PbO_2 , причем концентрация H_2SO_4 в электролите повышается.

Процесс заряда или дозаряда аккумулятора заключается в превращении молекул сульфата свинца на отрицательном электроде в чистый свинец и молекул сульфата свинца на положительном электроде в двуокись свинца. Т.о. подводимая от внешнего источника электрическая энергия в основном расходуется на регенерацию продуктов разряда.

Электродвижущая сила полностью заряженного кислотного аккумулятора, зависящая от плотности электролита; составляет 2,06... 2,15В. Плотность электролита заряженного аккумулятора равна 1,21 ... 1,3г/см³. Верхний уровень плотности относится к стартерным аккумуляторам, эксплуатируемым в зимнее время. Изменение температуры незначительно влияет на ЭДС; так, повышение температуры на 10° увеличивает ЭДС на 0,002... 0,003В.

При разряде аккумулятора напряжение между его выводами всегда меньше ЭДС за счет падения напряжения на омическом сопротивлении и поляризации электродов $U_p = E - i_p R_i$, где i_p - значение разрядного тока. Внутреннее сопротивление R_i порядка 0,5 – 4 Ома состоит из омического внутреннего сопротивления аккумулятора и сопротивления поляризации. Оно имеет размерность сопротивления, но не подчиняется закону Ома, так как зависит от величины проходящего тока. Кроме того, R_i зависит как от температуры электролита, так и от степени его разряженности.

Номинальная емкость - то количество электричества, которое может отдать полностью заряженный аккумулятор при 10-часовом режиме разряда. Расчетное значение емкости:

$$Q_p = \frac{I_p \cdot t_p}{q_t [1 + k(t^0 - 25)]} \text{ (А час)}$$

где, I_p - разрядный ток в амперах, t_p - время разряда в часах; t^0 – фактическая температура электролита аккумуляторов k - температурный коэффициент емкости аккумуляторов; q_t - коэффициент изменения емкости кислотного аккумулятора, зависящий от режима разряда (отношение емкости аккумулятора при заданном режиме разряда к его номинальной емкости).

Емкость, которую может отдать предварительно заряженный аккумулятор, зависит от типа и количества пластин, их размера, плотности электролита, тока разряда и температуры окружающей среды. Отбор емкости большей номинального значения не допустим, так как приводит к резкому сокращению срока службы аккумулятора или выходу его из строя.

При отключении заряженного аккумулятора от источника энергии электролит вступает в реакцию с активными массами электродов, образуя на поверхности отрицательных и положительных пластин мелкозернистый сульфат свинца.

Под саморазрядом аккумуляторов понимается потеря емкости в процессе их хранения. Саморазряд S за время хранения τ обычно выражается в процентах:

$$S = \frac{100(C_0 - C_\tau)}{C_0},$$

где C_0 - емкость заряженного аккумулятора;

C_τ - остаточная емкость аккумулятора после его хранения в течение τ месяцев.

Процесс расходования активных масс электродов, т.е. саморазряд, наиболее быстро идет на первом этапе после отключения от источника энергии. При длительном хранении скорость саморазряда уменьшается. Однако фирмами изготовителями категорически запрещается хранить заряженные аккумуляторы более 3-х месяцев без промежуточных подзарядов, так как это, как правило, приводит к выходу их из строя. На скорость саморазряда большое влияние оказывает температура окружающей среды. Повышение температуры на каждые 10°C сокращает допустимое время хранения примерно в полтора-два раза.

Выводы по разделу 4.1

До сих пор ничего не изобретено экономичнее аккумулятора. Они способны превращать химическую энергию в электрическую (при разряде) и наоборот - электрическую в химическую (при заряде), создавая ее запас. Номинальная емкость - то количество электричества, которое может отдать полностью заряженный аккумулятор при 10-часовом режиме разряда

Вопросы для самоконтроля

1. Что является основным достоинством кислотного аккумулятора?
2. Какие процессы происходят при разряде аккумулятора, а какие при его заряде?
3. Что служит электролитом в кислотных аккумуляторах?
4. Чем обусловлен ток внутри аккумулятора ?

Технологии производства аккумуляторов

На предприятиях связи эксплуатируются аккумуляторы трех основных технологий:

- классические *Classic* (жидкий электролит);
- драйфит *Dryfit* (желеобразный электролит);
- пауэрфит *Powerfit* (абсорбированный электролит);

Технология Classic ("классик" - серии OPzS, OGi, GroE). Закрытые малообслуживаемые свинцово-кислотные аккумуляторы с **жидким** электролитом. Поставляются в сухозаряженном состоянии и достигают 100% емкости после пятого цикла разряд-заряд. Номинальное напряжение аккумулятора - 2В. Срок службы такой технологии 15 - 25 лет. Особенности эксплуатации аккумуляторов типа Classic являются то, что они 1) обслуживаемые (при эксплуатации требуют систематического ухода: доливки электролита, удаления налета солей с поверхности сосудов, регулярной замены электролита), 2) требуют отдельного помещения.

Аккумуляторы поставляются сухими незаряженными, т.е. без электролита. По окончании монтажа в батарею заливают электролит. По истечении 1,5 - 2ч после заливки электролита аккумуляторную батарею ставят на заряд. Для того, чтобы поверхностные положительные пластины получили нормальный слой диоксида свинца, а сырая паста, которой заполнены решетки отрицательных пластин, превратились в губчатый свинец, производят формовочный заряд батареи - формовку, который выполняют строго по инструкции. Для обеспечения номинальной емкости необходимо при формовке сообщить им не менее девятикратной емкости, при этом ток для пластин регламентируется.

Общая продолжительность циклов первого заряда 60-100 часов. К концу формовки напряжение на элементах остается постоянным - до 2,6В на элемент.

Затем доливают аккумуляторы электролитом и батарею подвергают контрольному разряду.

После контрольных заряда и разряда проверяют сопротивление изоляции, которое должно быть не менее 50 кОм. В классических аккумуляторах корпус обычно выполняется из прозрачного пластика - стироакрилнитрита (SAN), что позволяет контролировать уровень электролита, состояние пластин и внутренних частей выводов (борнов). Крышка у аккумуляторов имеет отверстия для заливки электролита, доливки дистиллированной воды, измерения температуры, плотности электролита, а также для выхода газов из аккумулятора. Это отверстие закрывается вентиляционно-рекомбинационной насадкой. В аккумуляторах место соединения бака с крышкой склеивается. Аккумуляторы **Classic** имеют герметичную укупорку в месте соединения крышки с баком, с пробкой и в выводах.

Аккумуляторы с жидким электролитом отличаются большей, чем другие, долговечностью, меньшей восприимчивы к условиям эксплуатации и позволяют легко определять контроль состояния по плотности электролита.

Технология Dryfit (драйфит) и GEL (Gelled Electrolite) – серии OPzV, OGiV, SOLAR и др. Герметичные необслуживаемые в течение всего срока службы свинцово-кислотные аккумуляторы, электролит в которых загущен в гель. В гелеобразном электролите раствор серной кислоты содержит примерно 6% загустителя. Перед заполнением аккумулятора такое желе интенсивно перемешивают и оно становится текучим. После заполнения аккумулятора в результате застывания геля образуется много пор, которые распространяются в разных направлениях и способствуют свободному движению газообразного кислорода. Корпус аккумулятора чаще всего выполняется либо из акрил-бута-диен-стирола (ABS), либо из поли-пропилена (PP).

Технические характеристики аккумулятора А600 типа 4 OPzV 200 WE: 4-количество положительных пластин, OPzV- стационарный, свинцовый, герметизированный, необслуживаемый, 200-номинальная емкость в Ач, WE - универсальное исполнение. Для OPzV напряжение поддерживающего заряда на выводах батареи при 20°C должно составлять 2,2-2,25 В на количество элементов, напряжение конца заряда - 2,4 В на аккумулятор. Аккумуляторы поставляются полностью заряженными.

Преимущества технологии «драйфит»:

- абсолютно необслуживаемые в течении всего срока службы;
- электролит зафиксирован в желеобразном состоянии, даже при повреждении корпуса электролит не вытекает и не наносит ущерба;
- очень малое газовыделение за счет системы внутренней рекомбинации, не требуется принудительная вентиляция и специальная комната;
- устойчивы к глубокому разряду
- очень малый саморазряд (после 2-х лет хранения при 20 С° не требуется подзаряд перед вводом в эксплуатацию);
- защита от внутренних коротких замыканий;

Недостатки: более высокая цена, сложный контроль состояния, значительный разбег параметров по отдельным элементам, ограниченная циклическая наработка. В конечном счете, это приводит к уменьшению срока службы батареи.

Технология Powerfit (пауэрфит) или технология AGM (Absorptive Glass Mat) - электролит абсорбирован в стекловолокно (серии S300, S500, P300, P500, L400).

Герметичные необслуживаемые свинцово-кислотные аккумуляторы, электролит в которых впитан в специальный пористый сепаратор между пластинами. Срок службы данной технологии 7–10 лет; напряжение 2, 6, 12В на элемент.

В отличие от аккумуляторов обычного типа в Powerfit электролит абсорбирован в сепаратор с очень тонкой стекловолокнистой структурой. В результате достигается высокая степень рекомбинации газов (98—99%). Аккумуляторы на базе технологии AGM обладают ничтожно малым газовыделением (из-за ограниченного объема электролита), способностью выдавать токи больших значений при пиковых нагрузках, возможностью эксплуатации в широком диапазоне температур и низким внутренним сопротивлением.

Конструкция электродов. В кислотных аккумуляторах отрицательные пластины выполняются, как правило, намазными (решетчатыми), представляющими собой свинцовую решетку, в ячейки которой помещается активная масса, представляющая собой пасту из порошкообразного чистого свинца, замешанного на серной кислоте. В настоящее время в аккумуляторах применяются положительные пластины четырех типов: поверхностные, решетчатые, стержневые и трубчатые. Общий вид пластин кислотных аккумуляторов: поверхностного (а), решетчатого (б), трубчатого (в) и стержневого (г) типов приведен на (рис. 4.1.)

Положительные пластины поверхностного типа применяются например в классических аккумуляторах типа GroE. Эти пластины, называемые также пластинами Планте, отливаются под давлением из чистого свинца (99.99%) и имеют самую большую поверхность (примерно в 8...10 раз большую по сравнению с поверхностью обычной плоской пластины таких же габаритов). Аккумуляторы типа GroE имеют наибольший срок службы по сравнению с аккумуляторами других типов (срок службы таких аккумуляторов составляет 25 лет).

В аккумуляторах типа OP_ZS и OP_ZV применяются трубчатые положительные пластины. Такая пластина представляет собой металлические стержни, выпол-

ненные из свинцово-сурьмяного или свинцово-кальциевого сплава (OP_zSC) круглого поперечного сечения, на которые наносится активная масса. Сверху для удержания активной массы и предупреждения ее оползания вниз под действием силы тяжести устанавливаются перфорированные пластмассовые трубки (панцири). Поэтому такие аккумуляторы в литературе иногда называют панцирными. В условном обозначении таких аккумуляторов (как и аккумуляторов типа GroE) указывается число положительных пластин (число отрицательных пластин для кислотных аккумуляторов любого типа всегда на единицу больше числа положительных пластин) и номинальная емкость. Например, условное обозначение $8OP_zS 800$ говорит о том, что аккумулятор имеет 8 положительных пластин типа OP_z , а его номинальная емкость равна 800 Ач.

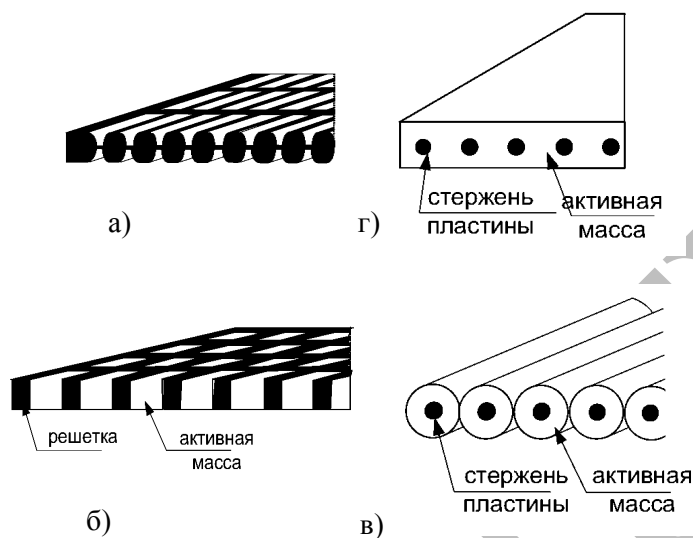


Рисунок 4.1

Положительные пластины стержневого типа из свинцово-сурьмяного сплава с содержанием сурьмы не более 1,6% применяются, например, в классических аккумуляторах типа Vb. Срок службы подобных аккумуляторов при их работе в режиме непрерывного подзаряда составляет 20 лет.

Широкое применение в системах электропитания аппаратуры телекоммуникаций находят также классические (например типа OGi) и герметизированные аккумуляторы с положительными и отрицательными пластинами решетчатого типа (с намазными пластинами). Применение в герметизированных аккумуляторах намазных пластин в сочетании с технологией AGM позволяет создавать аккумуляторы с малым внутренним сопротивлением, способные работать при коротких режимах разряда. Так аккумулятор 2RG 200 (типа ESPACE серии RG фирмы «OLDHAM») с номинальной емкостью 200Ач способен при разряде током 352 А в течение 10 минут до конечного напряжения 1,75В/эл отдать заряд равный 58Ач. Оговоренный фирмой-изготовителем срок службы аккумуляторов типа ESPACE серии RG составляет не менее 8-10 лет.

Выводы по разделу 4.2

Аккумуляторы типа Classic являются обслуживаемыми, требуют отдельного помещения. Однако аккумуляторы с жидким электролитом отличаются большей, чем другие, долговечностью, меньшей восприимчивы к условиям эксплуатации и позволяют легко определять контроль состояния по плотности электролита. При технологии драйфит и GEL электролит загущен в гель, а аккумуляторы герметичные необслуживаемые в течение всего срока службы. Аккумуляторы на базе технологии AGM обладают ничтожно малым, способностью выдавать токи больших значений при пиковых нагрузках, возможностью эксплуатации в широком диапазоне температур и низким внутренним сопротивлением

Вопросы для самоконтроля

1. Что представляет собой электролит в аккумуляторах Classic?
2. Что представляет собой электролит в аккумуляторах Dryfit?
3. Что представляет собой электролит в аккумуляторах Powerfit?
4. Какими бывают типы пластин электродов?

Лекция 8

4.3 Эксплуатация аккумуляторов

Режим непрерывного подзаряда называется также буферным режимом или параллельным резервным режимом. Полностью заряженная аккумуляторная батарея подключена параллельно выходу выпрямителей и параллельно нагрузке. Выходное напряжения выпрямителей определяется требуемым напряжением содержания U_{AB} , обеспечивающим компенсацию саморазряда аккумуляторов. Напряжение содержания (непрерывного подзаряда) определяется числом последовательно соединенных элементов в аккумуляторной батарее, требуемым напряжением содержания одного элемента и температурой окружающей среды. В зависимости от номинальной плотности электролита и технологии изготовления аккумуляторов напряжение содержания для одного элемента при номинальной температуре $+20^{\circ}\text{C}$ лежит в пределах 2,15...2,29В. Для обеспечения нормального режима эксплуатации и следовательно нормального срока службы точность стабилизации напряжения содержания аккумуляторов должна быть не ниже чем $\pm 1\%$. В случае применения выпрямителей с меньшей точностью стабилизации выходного напряжения для обеспечения компенсации саморазряда аккумуляторов приходится увеличивать значение напряжения содержания. Так для герметизированных аккумуляторов технологии dryfit типа OP_ZV (Sonnenschein A600 и A700) при нормальной температуре окружающей среды и стабилизации напряжения содержания с точностью $\pm 1\%$ рекомендуемая величина этого напряжения составляет 2,25 В/эл, а при точности стабилизации $\pm 2\%$ - 2,27В/эл. В случае применения герметизированных аккумуляторов с ростом температуры окружающей среды напряжение содержания необходимо уменьшать, чтобы избежать возможного выхода аккумуляторов из строя.

Ток постоянного подзаряда зависит от:

- - напряжения постоянного подзаряда;
- - температуры аккумулятора.

При возрастании напряжения на аккумуляторе только на 2,5% ток может удвоиться. Увеличение напряжения на аккумуляторах увеличивает скорость коррозии решеток и, тем самым, приводит к уменьшению срока службы.

Режим разряда. Конечное напряжение разряда зависит от тока разряда и времени разряда. На (рис.4.2) показан график для времени разряда 0,5 часа.

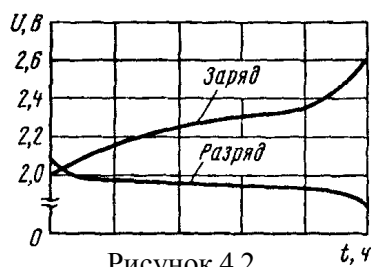


Рисунок 4.2

Как видно из (рис.4.2), **разрядное** напряжение кислотного аккумулятора быстро падает до 2,0В, затем медленно понижается до 1,8В, после чего наблюдается резкое снижение напряжения. Предельное значение разрядного напряжения, до которого можно разряжать аккумулятор стационарного типа, составляет 1,8В для режимов разряда не короче одночасового и 1,75В для более коротких режимов разряда. Дальнейший разряд приводит к образованию крупнокристаллического сульфата свинца на пластинах, что исключает возможность последующего эксплуатационного заряда аккумулятора. Разрядное напряжение аккумулятора падает с понижением температуры электролита вследствие увеличения внутреннего сопротивления аккумулятора.

Послеаварийный заряд. Температура электролита существенно влияет на напряжение во время его заряда. Понижение температуры, вызывающее увеличение его внутреннего зарядного сопротивления, приводит к повышению напряжения на нем. При низких температурах (близких к нулевой) не удастся осуществить заряд кислотного аккумулятора, так как напряжение на нем сразу возрастает до значения, при котором начинается электролиз воды.

а) Метод IУ предполагает заряд аккумуляторных батарей в две ступени. На первой ступени заряд целесообразно осуществлять при стабилизации зарядного тока I_3 на уровне $(0,05 \dots 0,3)C_{10}$. По мере заряда и увеличении плотности электролита напряжение на зажимах батареи возрастает. Заряд на первой ступени продолжается до тех пор пока напряжение на зажимах аккумуляторной батареи не достигнет значения $U_3 = (2,35 \dots 2,45) * n_{эл}$, где $n_{эл}$ – число последовательно соединенных элементов в аккумуляторной батарее. После этого необходимо сразу перейти ко второй ступени заряда.

Вторая ступень предполагает заряд аккумуляторной батареи при стабилизации напряжения на уровне напряжения содержания U_c . Примерный вид кривых изменения напряжения и тока при этом способе заряда показан на рис. 4.3, а.

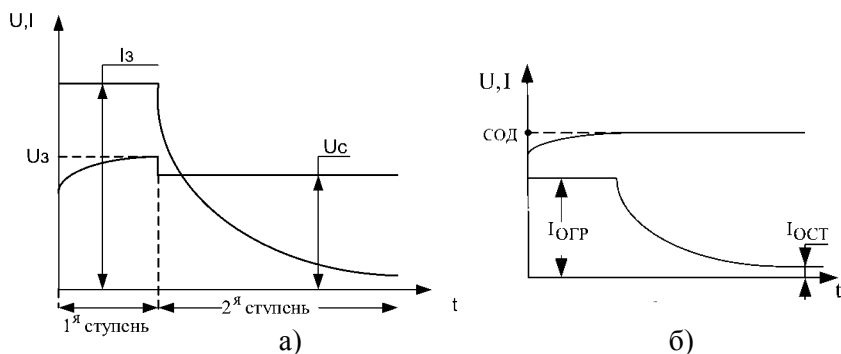


Рисунок 4.3

б) Метод U является частным случаем метода IU . При этом методе напряжение на выходе зарядного выпрямителя устанавливается на уровне напряжения содержания батареи. Причем в начале заряда выпрямители работают в режиме ограничения тока так, что заряд батареи осуществляется неизменным по значению током $I_{огр}$. После перехода выпрямителей в режим стабилизации напряжения по мере заряда батареи зарядный ток уменьшается. Этот метод заряда рекомендуется к применению для герметизированных аккумуляторов. Признаком окончания заряда также как и при методе IU является снижение величины зарядного тока до значения $I_{ост}$ и его последующая неизменность рис. 4.3, б.

в) При заряде кислотного аккумулятора **неизменным по величине током** напряжение его сравнительно быстро возрастает до 2,10.-2,15В (см. рис.4.2). Затем напряжение медленно растет до 2,3 - 2,34В по мере восстановления активной массы пластин и повышения плотности электролита. При напряжениях выше 2,4 - 2,5В начинается бурное выделение водорода и кислорода, связанное с электролизом воды. К концу заряда, когда восстановление активных масс пластин закончено, энергия заряда расходуется только на электролиз воды. При этом напряжение на аккумуляторе остается неизменным. Используется для аккумуляторов с жидким электролитом.

Уравнительный заряд следует проводить в том случае, когда отклонение напряжения на отдельных элементах аккумуляторной батареи от среднего значения достигает значений превышающих $\pm 0,2В$, плотность электролита отдельных элементов снижается более чем на 0,01кг/л от требуемого значения (для классических аккумуляторов) или температура корпусов различных элементов (моноблоков) отличается более чем на $5^{\circ}С$. Причины: длительные недозаряды аккумуляторов, связанные например с пониженным напряжением их содержания, или чрезмерно глубокие разряды. Уравнительные заряды как классических так и герметизированных аккумуляторов следует проводить при стабилизации напряжения на зажимах батареи на уровне, определяемом из расчета 2,4В/эл в течение 48...72 часов. Причем начальный зарядный ток не должен превышать

$0,35C_{10}$. При этом выпрямительное устройство работает в режиме ограничения тока. Уравнительный заряд считается законченным, если плотность электролита (только для классических аккумуляторов) и напряжение на элементах не изменяются в течение 2-х часов.

Выводы по разделу 4.3

При эксплуатации аккумуляторов различают режим непрерывного подзаряда, режим разряда, послеаварийный заряд, уравнительный заряд.

Вопросы для самоконтроля

1. Что представляет собой режим непрерывного подзаряда?
2. Что представляет собой режим разряда?
3. Что представляет собой послеаварийный заряд?
4. Что представляет собой уравнительный заряд?

4.4 Щелочные аккумуляторы

В переносной аппаратуре связи, в источниках бесперебойного питания, а также на сельских АТС небольшой емкости, применяются **щелочные** аккумуляторы, которые, в отличие от кислотных, могут эксплуатироваться при низких отрицательных температурах окружающей среды.

Для кислотных аккумуляторов конечное напряжение составляет 1,8 или 1,75В. Они отдают емкость, зависящую от величины разрядного тока. С увеличением тока емкость уменьшается. Таким образом, при разряде свинцового аккумулятора используется не полная емкость, а только часть ее, которая может быть названа эксплуатационной емкостью. Железоникиелевые аккумуляторы ЖН при различных режимах разряда могут отдать полную номинальную емкость и, таким образом, на первый взгляд, они имеют преимущество перед кислотными.

Однако щелочные аккумуляторы имеют существенный недостаток. У ЖН аккумуляторов конечное напряжение разряда сильно меняется: от 1,15В при нормальном 8-часовом режиме разряда, до 0,5—0,6В при 1-часовом. Величины напряжений при разряде нестабильны и значительно отличаются друг от друга даже у аккумуляторов одной батареи. При этом, чем короче режим разряда, тем разброс этих величин больше. Так, для 3-часового режима разряда конечное напряжение различных аккумуляторов одной и той же батареи может колебаться в пределах от 0,8 до 1,1В.

Щелочные аккумуляторы, например, ЖН (железно-никелевые отечественного производства) эксплуатируются в режиме заряд-разряд. В буферном режиме не эффективны, т.к. для сохранения полного заряда надо поддерживать напряжение намного выше среднего напряжения разряда. Поэтому при переходе из буферного режима в режим разряда напряжение понижается резко почти на 25%, требуются специальные меры сохранения напряжения на шинах питания в допустимых пределах.

Электродвижущая сила (эдс) щелочных аккумуляторов определяется состоянием активной массы электродов, поэтому по величине эдс можно судить о степени разряженности щелочных аккумуляторов. Тотчас после заряда эдс аккумуляторов ЖН равна 1,5 – 1,6В. Эдс почти не зависит от температуры. Только при температурах, близких к нулю, она резко понижается. Среднее напряжение в конце разряда у новых щелочных аккумуляторов (при температуре раствора щелочи +25°С) составляет:

- при 8-часовом разряде 1,15—1,18В;
- при 5-часовом разряде 1,10—1,12В;
- при 3-часовом разряде 1,00—1,05В;
- при 2-часовом разряде 0,80—0,85В;
- при 1-часовом разряде 0,50—0,60В;

Номинальное напряжение щелочных аккумуляторов принимается равным 1,25В.

Наибольшее применение находят щелочные никель-кадмиевые аккумуляторы закрытого типа НК.

| Обозначение | Номинальное напряжение, В | Номинальная емкость, А • ч | Диапазон рабочих температур |
|-------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Д-0,26С | 1,2 | 0,26 | -20.. +45 |
| Д-0,55С | 1,2 | 0,55 | -20 +45 |
| НКГ-8К | 1,25 | 8 | -40 ..+45 |

Активная часть положительных электродов состоит из гидроксида никеля (NiOOH), активная масса отрицательных электродов состоит из кадмия. Электролитом служит раствор гидроксида калия КОН.

Основным эксплуатационным преимуществом является полная герметичность в процессе эксплуатации, исключающая выделение газов и паров щелочи в окружающую среду, что позволяет располагать аккумуляторы в непосредственной близости к аппаратуре связи, при любом положении их в пространстве. Отсутствие выделения водорода гарантирует их взрывобезопасность.

Конструкция и электрические характеристики никель-кадмиевых аккумуляторов. По конструкции электродов они бывают ламельные и безламельные (рис.4.4 а, б). Первые предназначены для длительных режимов разряда, вторые допускают импульсный режим разряда. В аккумуляторах ламельной конструкции пластины формируются из нескольких ламелей, представляющих пакет из железной никелированной перфорированной ленты в виде ячеек, внутри которых размещаются активные порошкообразные вещества.

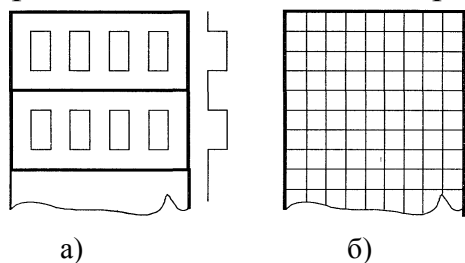


Рисунок 4.4

Безламельная конструкция представляет собой железную рамку, в которую помещается сетка из никеля. На обе стороны сетки наносится слой из специального никелевого порошка. Основным недостатком безламельной конструкции электродов - небольшой срок службы (до 300 циклов заряд-разряд) из-за малой прочности положительного электрода. Со временем он разбухает и разрывает сепараторы. Блоки пластин помещаются в сосуд, изготавливаемый из листового железа и крышкой с отверстием для заливки аккумулятора электролитом и пробкой с каналом для вывода газов. В качестве электролита применяется водный раствор едкого калия.

Электродвижущая сила свежезаряженного аккумулятора примерно равна 1,45В, устойчивая величина 1,36В. Зависимость разрядного напряжения никель-кадмиевого аккумулятора от времени разряда при нормальных условиях показана на (рис.4.5). Среднее значение разрядного напряжения 1,2В.

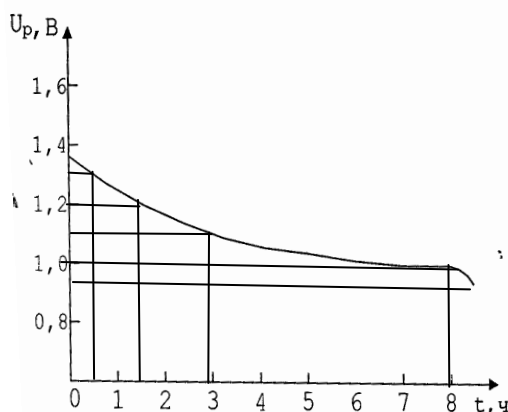


Рисунок 4.5

Рабочее напряжение - это единственная характеристика, по которой можно судить о степени разряда никель-кадмиевого аккумулятора. Заряд герметичного никель-кадмиевого аккумулятора до 1,6В сопровождается повышенным давлением внутри аккумулятора в конце заряда. Большие перезаряды и заряд большим током даже при небольшом перезаряде могут привести к чрезмерному повышению давления, деформации и разрыву аккумуляторного сосуда.

В источниках и агрегатах бесперебойного питания используются герметичные аккумуляторы небольшой емкости характеристики которых, рассчитанные на отрицательную температуру минус 20°С. Кроме никель-кадмиевых используются аккумуляторы:

- Серебряно-цинковые СЦД12М;
- Марганцево-цинковые ГБ-Ю-У-1,3; ГИТ-20 (батареи);
- Литиевые ЛВБ-316 (батареи);
- Серебряно-цинковые СЦД12М и др.

Выводы по разделу 4.4

У щелочных аккумуляторов величины напряжений при разряде нестабильны и значительно отличаются друг от друга даже у аккумуляторов одной батареи. Однако они могут эксплуатироваться при низких отрицательных температурах окружающей среды.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Эффективны щелочные аккумуляторы в буферном режиме? Почему?
- 2 Дайте характеристику конструкции электродов
3. Каков состав электролита щелочного никель-кадмиевого аккумулятора?

4.5 Стартерные аккумуляторы

Стартерные кислотные аккумуляторы на предприятиях электросвязи применяются главным образом для запуска дизель-генераторов стационарных и передвижных ДЭС, а также как источники питания автоматики ДЭС.

- Тип батареи **3СТ150ж**
- Ток разряда стартерного режима 450А;
- Номинальное напряжение 6В;
- Номинальная ёмкость в режиме 20-час. разряда 150Ач;
- в режиме 10-час. разряда 135 Ач;
- Разрядный ток в режиме 20-час. разряда 7,5А;
- в режиме 10-час. разряда 13,5А;
- Зарядный ток. 15А.

Число последовательно соединенных в батарею аккумуляторных модулей может быть три или шесть, номинальное напряжение 6 или 12В; номинальная емкость регламентируется при 20-часовом и 10-и часовом режиме разряда.

Разряд батарей при 10- и 20-часовых режимах ведется до окончного напряжения на выводах соответственно у 6-вольтовых батарей 5,1 и 5,25В и у 12-вольтовых батарей 10,2 и 10,5В. Напряжение на каждом элементе в конце разряда при температуре электролита 25°C должно быть не ниже 1,8В при 20-часовом режиме разряда, 1,7В при 10-часовом режиме разряда, не ниже 1,5В при 5-минутном (стартерном) режиме; рабочая температура электролита в любых режимах разряда и заряда не должна превышать 45°C.

Отечественные аккумуляторные заводы выпускают стартерные аккумуляторные батареи в сухозаряженном исполнении без электролита. В аварийной ситуации при необходимости экстренного ввода в эксплуатацию сухозаряженных батарей, время хранения которых с момента изготовления не превышает 12 месяцев, допускается установка их в схему стартерного пуска после заливки

электролитом при температуре не ниже 15°C и пропитки в течение не менее 30 мин. После ликвидации аварийной ситуации указанные стартерные аккумуляторы должны быть подвергнуты нормальному пусковому циклу.

Аккумуляторные батареи в составе стационарной ДЭС должны эксплуатироваться в режиме постоянного подзаряда. Необходимо систематически контролировать режим постоянного подзаряда, чтобы не допустить излишнего перезаряда или недозаряда аккумуляторов. Выпрямительное устройство, отключенное к батарее автоматики, должно компенсировать ток, потребляемый схемой автоматики, и ток саморазряда аккумуляторов. Напряжение постоянного подзаряда стартерных аккумуляторов выбирается из расчета 2,25В на элемент с допустимыми отклонениями $\pm 0,01$ В, т.е. в пределах 2,24 ... 2,26В на элемент. Для батареи из 12 аккумуляторов напряжение подзаряда составляет 27В.

Выпрямители, обеспечивающие содержание стартерных аккумуляторов в режиме непрерывного подзаряда, должны поддерживать напряжение 27В с точностью $\pm 2\%$, т. е. в пределах $U_{ст} = 26,5 \dots 27,5В$.

Выводы по разделу 4.5

Стартерные аккумуляторные батареи в составе стационарной ДЭС должны эксплуатироваться в режиме постоянного подзаряда. На предприятиях электросвязи они применяются главным образом для запуска дизель-генераторов стационарных и передвижных ДЭС, а также как источники питания автоматики ДЭС.

Вопросы для самоконтроля

1. Сколько стартерных аккумуляторных модулей можно соединять в батарею и при каких напряжениях
2. Для чего применяются стартерные аккумуляторы?
3. Какое напряжение подзаряда для батареи из 12 аккумуляторов

Лекция 9

Тема 5 Системы бесперебойного электропитания переменного тока

Установка переменного тока должна быть рассчитана на работу с нелинейной нагрузкой, коэффициент амплитуды потребляемого тока которой не менее 2,5, а также на нагрузку индуктивного или емкостного характера, коэффициент мощности которой может изменяться в пределах $0,8 \div 1,0$. Параметры выходного напряжения УБП переменного тока приведены в (табл. 5.1)

Схемы электроснабжения могут иметь различную конфигурацию. Можно выделить две традиционные структуры - распределенную и централизованную или локальную.

| Наименование параметра | Значение параметра |
|--|--------------------|
| 1. Номинальное напряжение, В, | 380/220 |
| 2. Номинальная частота, Гц, | 50 |
| 3. Установившееся отклонение напряжения от номинального, %, не более | ± 3 |
| 4. Переходное отклонение выходного напряжения при сбросе-набросе нагрузки 5 – 100 – 5 % номинального значения, %, не более Длительность переходного процесса, с, не более | ± 20 0,1 |
| 5. Установившиеся отклонения частоты, %, не более | ± 5 |
| 6. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, %, не более | 10 |
| 7. Коэффициент небаланса трехфазного напряжения при симметричной нагрузке, %, не более | ± 5 |

Непосредственное подключение к сетям компьютерного и телекоммуникационного оборудования часто приводит к его неисправностям.

Меры защиты оборудования

- при всплесках напряжения (правда не всегда) и высоковольтных выбросах наиболее эффективны сетевые фильтры, стабилизаторы;
- при проседаниях напряжения применяются только стабилизаторы;
- Во всех остальных случаях лучше использовать ИБП переменного тока.

Влияние самого ИБП на сеть определяет требования к качеству электроэнергии на его входе. Эти требования регламентируют **коэффициент мощности** на входе АБП и **коэффициент гармоник** потребляемого им тока.

Раздел 5.1 Требования по защите электропитания

Требования сетевых операционных систем к защите по электропитанию: корректное закрытие сетевой ОС при исчезновении электропитания и последующий автоматический запуск сервера при появлении электропитания. Практически все сетевые операционные системы (ОС) требуют наличия защиты по электропитанию. Это связано с тем, что с целью увеличения быстродействия в таких ОС используется кэширование данных в оперативной памяти и для очи-

стки кэша требуется некоторое время, в течение которого любой сбой имеет фатальные последствия. Процесс прекращения функционирования (закрытия) таких ОС требует некоторого времени на очистку буферов и закрытие сетевых соединений. Старт операционной системы тоже требует примерно такого же времени, как и закрытие. Однако во время старта операционная система не может взаимодействовать с ИБП некоторое время, пока не будет запущен соответствующий программный модуль.

Время закрытия и старта ОС учитывается при выборе мощности ИБП. В среднем время закрытия и время старта для распространенных сетевых ОС составляет:

- Novell, Windows NT2 - 10мин;
- UNIX различных производителей 5 - 15мин;
- IBM AS/400, Mainframe > 25мин. с участием оператора.

Требования по защите рабочих станций. Степень защиты рабочих станций зависит от типа приложения, выполняющегося на ней. Более высокую степень защиты должны иметь станции сетевого управления и клиенты приложений, запущенных на сервере (например, клиенты базы данных). Внезапное выключение или сбой подобных станций могут повлечь за собой искажение или потерю данных. Кроме того, в этих случаях часто трудно определить, имела ли место потеря данных и какие именно данные потеряны. Защиты требуют и те станции, операторы которых не знают сетевого пароля и, следовательно, не смогут продолжить работу без участия системного администратора. Для защиты рабочих станций в большинстве случаев достаточно времени 5-10мин.

Защита активного сетевого оборудования ЛВС. Если установлена защита для рабочих станций, необходима и защита сетевых устройств, через которые эти станции подключены (концентраторы, мосты, маршрутизаторы). В этом случае необходимо учесть дополнительную нагрузку при выборе ИБП.

Особенности защиты устройств с большим пиковым потреблением. К устройствам с большим пиковым потреблением относятся лазерные печатающие и копирующие устройства, факсы, некоторые модели мониторов. Пиковое значение потребляемой мощности у таких устройств в несколько раз (3-5 раз) больше номинальной. Такой ток может вызвать перегрузку и последующий выход из строя электронных компонентов ИБП. Поэтому для защиты таких устройств необходимо применять ИБП с соответствующим запасом по мощности, либо ИБП, допускающие кратковременную перегрузку по току.

В системах реального времени, к которым следует отнести системы автоматизации работы узлов связи, электропитание должно быть и бесперебойным, и непрерывным, причем информационные потери из-за нестабильного питания должны быть минимальны.

Выводы по разделу 5.1

Требования по защите электропитания различаются в зависимости от типа оборудования. В среднем время закрытия и время старта для распространенных сетевых ОС составляет от 5мин до 25 мин, в системах реального времени время

автономной работы от резервного источника такое же, как и для СБЭ постоянного тока

Вопросы для самоконтроля

1. Когда требуется применять ИБП с соответствующим запасом по мощности?
2. На какое время работы надо рассчитывать аккумуляторные батареи ИБП рабочих станций ЛВС?
3. На какое время работы надо рассчитывать аккумуляторные батареи ИБП серверов?
4. На какое время работы надо рассчитывать аккумуляторные батареи ИБП оборудования, работающего в режиме реального времени?

Раздел 5.2 Структурные схемы систем бесперебойного питания ЛВС

В *распределенной системе* СБЭ электроприемник (или небольшая группа электроприемников) получает питание от отдельного (локального) ИБП – (см. рис.5.1.)

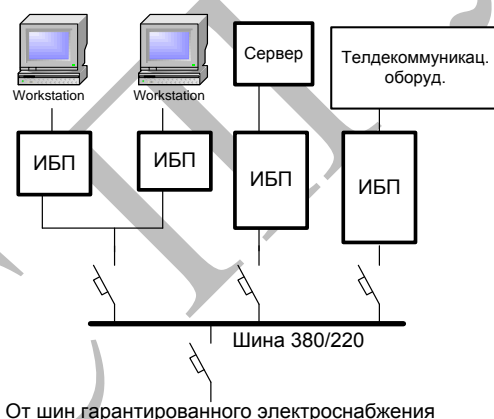


Рисунок 5.1

Преимуществами распределенной системы являются:

- отсутствие необходимости переделки кабельной сети при использовании “розеточных” ИБП (ИБП малой мощности, включаемые непосредственно в розетку);
- простота наращивания мощности и изменения конфигурации;
- отключение только части системы при отказе одного ИБП и устранение последствий отказа простой заменой поврежденного источника;
- отсутствие необходимости выделения специальных помещений для размещения ИБП.

Недостатками распределенной системы являются:

- неэффективное использование установленной мощности ИБП из-за невозможности обеспечения номинальной загрузки всех ИБП;
- время автономной работы всей системы не является общим для всех нагрузок;
- недостаточная перегрузочная способность системы при подключении дополнительной нагрузки или коротком замыкании в цепи нагрузки одного ИБП (этот недостаток не является существенным и проявляется редко);
- при использовании ИБП с режимами работы off-line или line-interactive при сбалансированной симметричной нагрузке в нейтральном проводнике возникают токи, значения которых могут превосходить значения токов в фазных проводниках; это явление приводит к перегрузке нейтрального проводника и ухудшению электромагнитной совместимости.

Централизованная система строится на основе одного или несколько мощных ИБП – (см. рис. 5.2.)

Преимуществами централизованной структуры СБЭ являются:

- эффективное использование установленной мощности ИБП и емкости батарей;
- устойчивость к локальным перегрузкам;
- возможность увеличения времени автономной работы за счет отключения менее ответственных потребителей в соответствии с так называемым планом «деградации» системы;
- исключение перегрузки нейтрального проводника на участке от ввода до ИБП.

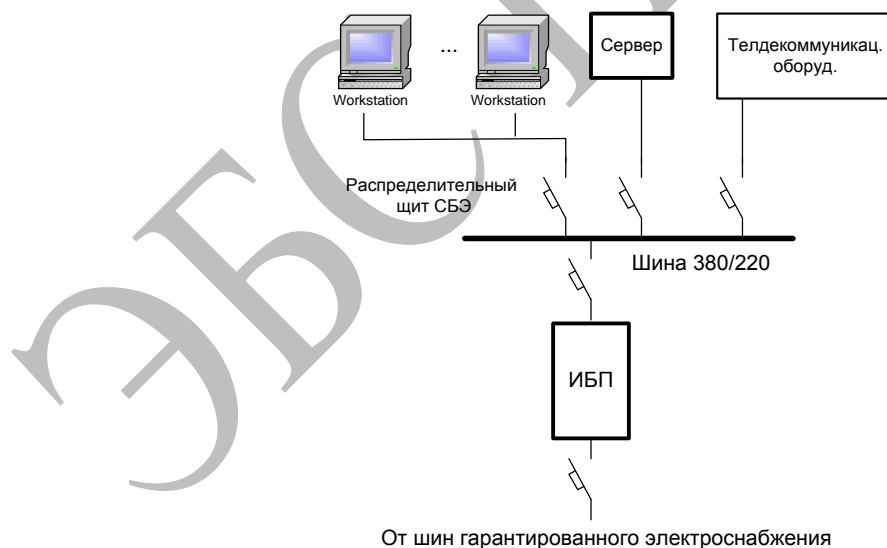


Рисунок 5.2

Недостатком централизованной системы является вероятность общего отказа из-за неисправности распределительной сети бесперебойного электроснабжения или самого ИБП.

Обычно используются комбинированные системы. В чистом виде каждая из приведенных систем применяется достаточно редко. Использование централи-

зованной системы целесообразно для электроснабжения оборудования, выполняющего единую задачу и состоящего из однородных по назначению и надежности элементов (издательские комплексы, телекоммуникационные центры и т.п). Типичными приложениями распределенной системы являются административные учреждения, в которых большое число персональных компьютеров работает в режиме рабочих станций с объединением или без объединения их в локальную вычислительную сеть, а также сравнительно небольшие организации, размещающиеся в арендуемых помещениях.

На практике часто применяют *двухуровневую или многоуровневую систему*, которая представляет собой комбинацию централизованной и распределенной системы. Для этого выделяют наиболее ответственные потребители, которые будут получать электроснабжение от ИБП малой мощности, но более высокого качества (ИБП “второго уровня”), последовательно подключенных к централизованной системе. Чем выше уровень, тем более защищено оборудование.

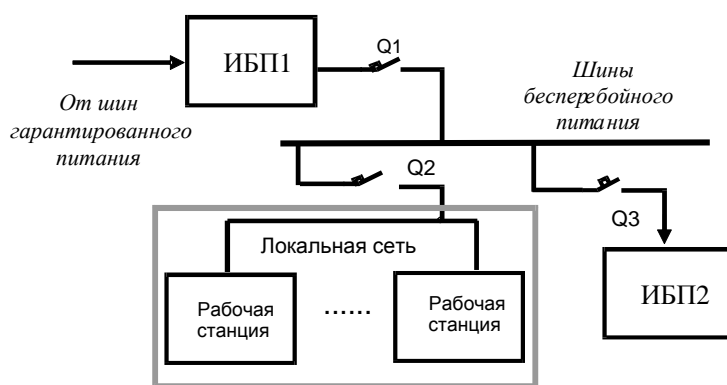


Рисунок 5.3

Энергетические массивы. Энергетические массивы - это параллельная система модулей ИБП в одном корпусе. ИБП выполняются обычно по типу on-line и принципу избыточности $N+1$ (горячий резерв – замена неисправного блока под напряжением), т.е. работоспособность ИБП сохраняется при выходе из строя силового модуля, модуля батареи или модуля управления.

Силовой модуль представляет собой блок, содержащий выпрямитель и инвертор, устанавливаемый в корпус энергетического массива для параллельной работы с другими силовыми модулями.

Существуют различные концепции энергетических массивов:

- с распределенной логикой управления;
- с централизованной избыточной логикой;
- с отдельными батарейными модулями;
- с совмещенными силовыми и батарейными модулями.

На (рис. 5.4) приводится схема энергетического массива с централизованной избыточной логикой управления и отдельными силовыми и батарейными модулями.

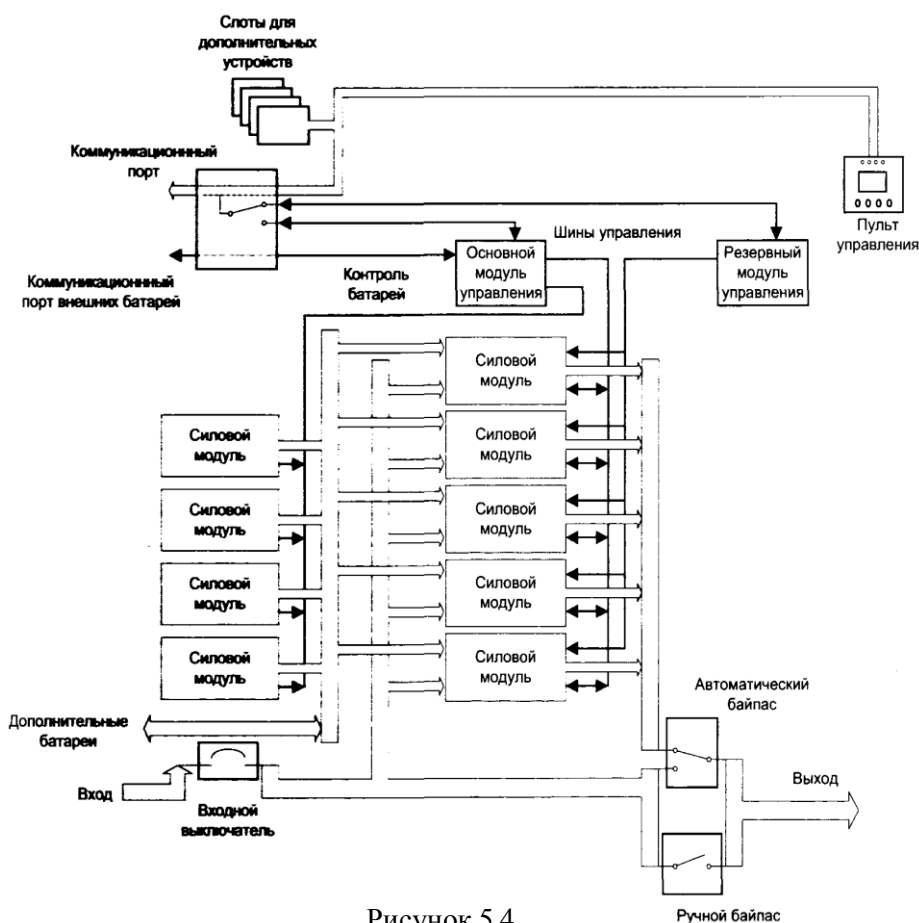


Рисунок 5.4

Из схемы (рис. 5.4) видно, что питание через входной выключатель поступает на каждый силовой модуль, которые включены параллельно. АБ состоит из нескольких батарейных модулей, также включенных параллельно.

Управление энергетическим массивом осуществляется по шинам управления от основного и резервного модулей управления. Отказ любого модуля не вызывает остановки ИБП в целом. Процедура ремонта состоит в замене отказавшего блока без отключения ИБП (“горячая” замена). Индикация о неисправности выводится на пульт управления и на коммуникационный порт для передачи в систему мониторинга ИБП. Слоты дополнительных устройств предназначены для расширения коммуникационных и функциональных возможностей ИБП.

Появление энергетических массивов позволяет организовать электроснабжение по централизованной схеме, разделив оборудование по функциональным и территориальным группам. Рабочие станции защищаются по централизованной схеме в масштабах здания. Коммутационные центры, серверы и телекоммуникационное оборудование защищаются энергетическими массивами малой и средней мощности в масштабах телекоммуникационной (серверной) стойки или технологического помещения.

Выводы по разделу 5.2

Системы бесперебойного питания ЛВС могут быть централизованные, распределенные, комбинированные. При централизованной системе коммутационные центры, серверы и телекоммуникационное оборудование защищаются

энергетическими массивами малой и средней мощности в масштабах телекоммуникационной (серверной) стойки или технологического помещения

Вопросы для самоконтроля

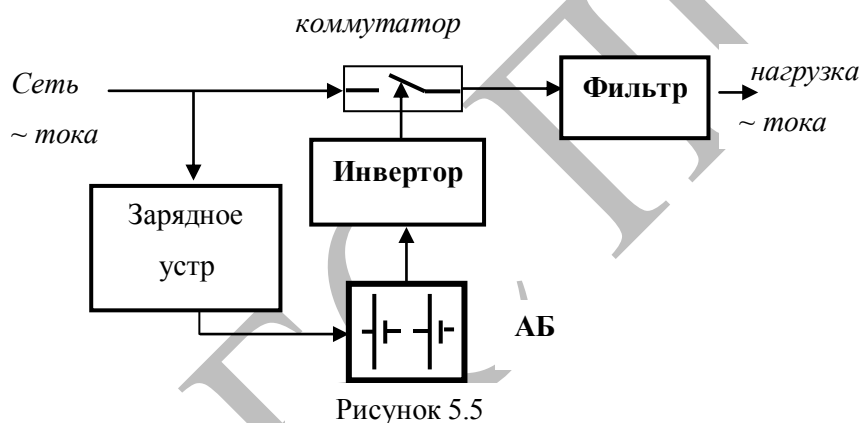
1. Каковы преимущества и недостатки распределенной системы бесперебойного питания переменного тока?
2. Каковы преимущества и недостатки распределенной системы бесперебойного питания переменного тока?
3. Когда применяются энергетические массивы и почему?

Лекция 10

Раздел 5.3 Источники бесперебойного питания переменного тока

Условно ИБП можно разделить на две группы: Off-line, Line Online. Все остальные топологии являются их модификациями.

ИБП типа Off-line (второе название Stand-By UPS) простые, экономичные и сравнительно недорогие (рис. 5.5) характеризуются наличием коммутатора подключения аккумуляторной батареи (АБ) и отсутствием блоков преобразования вида энергии в прямом канале ее передачи.



В них используется резервное питание в случаях, когда параметры сети не удовлетворяют требованиям. Основные узлы таких ИБП - выпрямитель, аккумулятор, инвертор, коммутатор, фильтр. Если напряжение находится в допустимых пределах, то оно подается на нагрузку через специальный автоматический переключатель прямо от сети. В противном случае нагрузка подключается к выходу инвертора, что требует некоторых временных затрат (в пределах 2—15мс), которые могут быть критичными, например, когда от ИБП питается файл-сервер, факс-сервер, либо аппаратура, требующая непрерывной синусоидальной формы выходного сигнала со стабилизацией частоты и величины напряжения. Кроме того, ИБП архитектуры Offline проблематично использовать в условиях длительного пониженного напряжения питания. В этом случае, пока

напряжение не опустится ниже порога срабатывания ИБП, пониженное значение напряжения будет и на выходе устройства с повторением формы выходного сигнала.

Зарядного выпрямителя может и не быть. Если напряжение сети находится в заданных пределах, то нагрузка получает электроэнергию через коммутатор от сети переменного тока. Инвертор в данном случае работает в режиме выпрямителя, подзаряжая аккумуляторную батарею. При снижении напряжения сети ниже заданного уровня коммутатор отключает сеть от нагрузки. Последняя обеспечивается напряжением переменного тока инвертора, получающего электроэнергию от аккумуляторной батареи.

ИБП типа Line Interactive относятся к Off-line, называются также гибридными ИБП, феррорезонансными ИБП, Online UPS с одинарным преобразованием и т. д. Они лишены этих недостатков. Кроме вышеперечисленных узлов они содержат различные устройства компенсации пониженного и повышенного напряжения переменного тока (такие как феррорезонансный стабилизатор), уменьшения времени переключения в другой режим и приближения формы выходного сигнала к синусоиде (рис. 5.6).

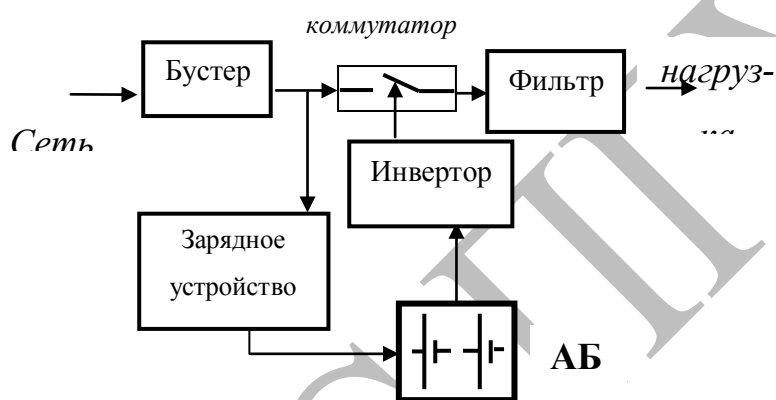


Рисунок 5.6

Для компенсации пониженного напряжения применяются бустер — автотрансформатор с автоматическим регулятором коэффициента трансформации, который позволяет ИБП выдерживать значительные колебания сетевого напряжения (220 В -27 %, +22 %), без перехода на аккумуляторные батареи. С его помощью время и напряжение перехода на автономный режим работы ИБП уменьшаются, а величина выходного напряжения остается в пределах 220В. Форма выходного сигнала в простых моделях напоминает трапецию, а в более сложных приближается к ступенчатой синусоиде. Наличие мощных фильтров обеспечивает защиту от низкочастотных и высокочастотных помех.

Недостатки:

- устойчивые искажения выходного сигнала;
- непредсказуемые переходные процессы, когда внешние напряжения находятся на границе переключения;

- наличие фиксированного времени переключения при переходе на питание от батарей и обратно;
- отсутствие возможности регулировки выходного напряжения;
- наличие автоматического переключателя режимов работы, который обладает определенными ограничениями по величине коммутируемых токов и не позволяет проектировать ИБП большой мощности.

ИБП типа On-line (другое название — ИБП с двойным преобразованием) – (рис. 5.7) - обеспечивают лучшую защиту от любого вида нарушений в сети электропитания. В нормальном режиме работы входное напряжение сначала выпрямляется стабилизированным выпрямителем, а затем подается на инвертор. Т.о. происходит **двойное преобразование энергии**. Выпрямитель обеспечивает автоматический подзаряд аккумуляторной батареи. При отклонении или пропадании входного напряжения инвертор получает электроэнергию от аккумуляторной батареи и в его работе, как и в выходном напряжении ИБП, никаких изменений не происходит. Дополнительным режимом является режим обхода (BYPASS) используемый для питания нагрузки от внешней электросети при выходе из строя элементов схемы или перегрузки инвертора. Достоинства:

- сетевые импульсные помехи любого типа фильтруются;
- вход и выход гальванически развязаны,
- обеспечивается защита от перенапряжений и провалов сетевого напряжения;
- ограничивается утечка информации по цепям электроснабжения;
- не требуется времени для переключения в автономный режим работы, поскольку аккумулятор постоянно подключен к инвертору и генерирует выходное напряжение без перерывов, скачков и фазовых сдвигов. Таким образом, выходной сигнал имеет вид идеальной синусоиды.

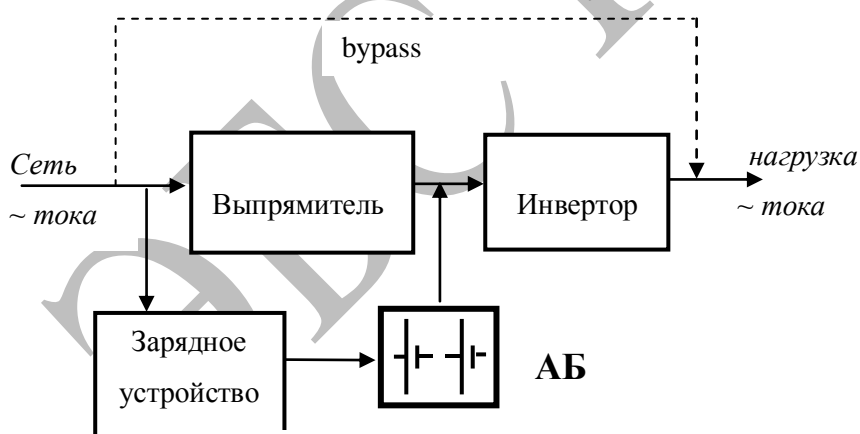


Рисунок 5.7

Недостатки:

- высокая стоимость;
- низкий косинус фи;

- часть электроэнергии, а именно 10 — 12 % мощности ИБП теряется и рассеивается в виде тепла и шума.

Для охлаждения системы и поглощения шума требуются дополнительные устройства, что приводит к финансовым затратам, величина которых (для ИБП большой мощности) через несколько лет эксплуатации приближается к первоначальной стоимости ИБП.

ИБП с технологией дельта-преобразования (рис. 5.8) работают в режиме On-Line, но при этом преобразуется не вся электроэнергия, а только зашумленная нестабильная часть, являющаяся источником ее неудовлетворительного качества. Структура ИБП включает два инвертора/выпрямителя, выполненных по специальной 4 квадрантной схеме системы управления и аккумуляторной батареи. Два инвертора работают также, как выпрямители для заряда батарей. Например, если в электросети происходит падение напряжения, то устройство 2 работает как инвертор, а устройство 1 как выпрямитель. При увеличении напряжения — наоборот. При этом первый инвертор предназначен для улучшения входного коэффициента мощности. Его мощность составляет 20% от мощности второго инвертора, работающего на нагрузку. Данная система работает в режиме автоматического регулирования как выходного напряжения, так и входного коэффициента мощности.

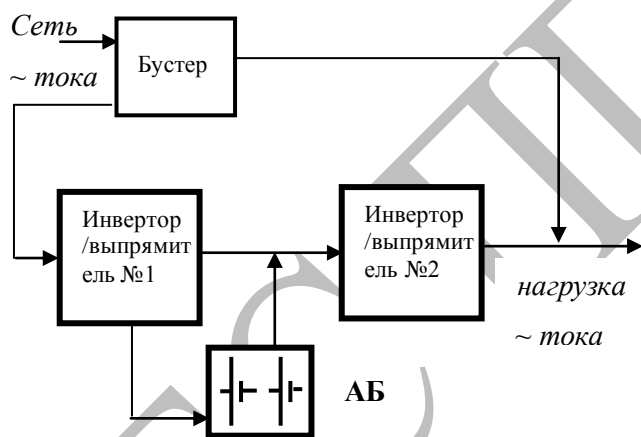


Рисунок 5.8

Когда параметры электросети в норме, электроэнергия передается в нагрузку и потери на преобразование отсутствуют.

Если параметры сети не идеальны, происходит традиционное преобразование, но не всей электроэнергии, а только необходимой ее части. Так при отклонениях входного напряжения на 15% двойному преобразованию подвергнется только 15% электроэнергии. Если принять суммарные потери как в традиционном ИБП двойного преобразования равными 10%, то в схеме с дельта-преобразованием они составят $0,15 \times 10\% = 1,5\%$. При аварии инвертор 2 получает энергию от аккумуляторной батареи, и схема работает по принципу

классического двойного преобразования. Коэффициента входной мощности поддерживается равным практически единице в широком диапазоне изменения нагрузки. Вносимые в сеть гармонические искажения сведены практически к нулю в силу того, что схема дельта-преобразования, выполняя свою основную функцию, является одновременно двунаправленным фильтром. ИБП с дельта-преобразованием не генерирует гармонические помехи. Более того, электросеть защищена от нелинейных искажений, вносимых компьютерной нагрузкой на выходе ИБП.

Выводы по разделу 5.3

ИБП переменного тока можно разделить на две группы: Offline и On-line. ИБП типа Off-line характеризуются наличием коммутатора подключения аккумуляторной батареи (АБ) и отсутствием блоков преобразования вида энергии в прямом канале ее передачи. ИБП типа On-line обеспечивают двойное преобразование энергии сети, в результате потребитель всегда получает питание от инвертора ИБП, который и определяет качество питания потребителя. Коммутатор отсутствует, т.к. АБ постоянно подключена к шине постоянного тока ИБП.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные узлы источника бесперебойного питания типа Off-line и On-line?
2. Каковы основные узлы линейно-интерактивные источники бесперебойного питания ?
3. Каковы признаки Off-line и On-line ИБП?
4. Что представляет собой ИБП с технологией дельта-преобразования ?

Лекция 11

Тема 6 Средства мониторинга и защиты

Предприятие телекоммуникаций является сложным объектом автоматизации, который можно представить совокупностью технологических подсистем. Выделяют пять основных технологических уровней:

- 1) уровень предприятия, (например, всего предприятия телекоммуникаций);
- 2) уровень технологического объекта (система энергоснабжения);
- 3) уровень технологических подсистем:
 - электросеть потребителей первой категории;
 - система бесперебойного питания переменного тока;
 - система бесперебойного питания постоянного тока.
- 4) уровень технологических функциональных узлов (вводные трансформаторы, АВР, дизель-генератор, источники бесперебойного питания и так далее;
- 5) уровень технологического оборудования внутри функционального узла (топливный бак, аккумуляторная батарея, механизмы, датчики и так далее).

Для решения задач диспетчерского, производственно-технологического и организационно-экономического управления электрохозяйством предприятия требуются автоматизированные системы управления. Системы бесперебойного и гарантированного электроснабжения имеют стандартные средства, входящие в номенклатуру производителей и позволяющие обеспечить выполнение этих требований. Такими средствами являются системы мониторинга, которые обеспечивают контроль и сигнализацию параметров ИБП и ДГУ и позволяют осуществлять удаленное управление.

Раздел 6.1 Мониторинг оборудования электропитания

Системы мониторинга решают следующие задачи:

- контроль параметров ИБП;
- контроль параметров ДГУ;
- контроль параметров среды в электромашиных помещениях (измерение температуры и влажности воздуха);
- управление ранжировщиками нагрузки (опциональное оборудование ИБП) с целью отключения менее приоритетных электроприемников при переходе в автономный режим или в соответствии с заданиями администратора;
- закрытие серверов и их запуск по событиям отключения и восстановления питания, а также по заранее установленному графику;
- управление ИБП и ДГУ.

Эти функции осуществляются по выделенным и коммутируемым каналам, они выполняются с применением локальных и глобальных телекоммуникационных сетей, используют мобильный доступ в Интернет.

Мониторинг ИБП. Все типы ИБП имеют релейный интерфейс, контакты которого могут быть использованы для управления дистанционными сигнализаторами. В релейном интерфейсе реализованы “сухие” контакты — контакты без потенциального или токового сигнала, имеющие два состояния: “замкнуто” и “разомкнуто”. В ИБП малой мощности релейный интерфейс является обязательным и входит в базовую комплектацию. Мониторинг через дистанционные сигнализаторы, подключенные к релейному интерфейсу, позволяет судить о статусе ИБП по состоянию светодиодов и обеспечивает звуковую сигнализацию по тревоге от ИБП. Такой мониторинг обладает малой информативностью, но высокой надежностью. Этот уровень мониторинга является базовым и предназначен для оперативного дежурного персонала СБЭ.

Релейные интерфейсы позволяют осуществлять простейшие функции управления: включение ИБП; выключение ИБП; тест ИБП; перевод на байпас. Контроль состояния “сухих” контактов возможен при помощи компьютера, оснащенного платой дискретного ввода и соответствующим программным обеспечением. При необходимости компьютер (станция) мониторинга может передавать информацию о состоянии ИБП клиентским приложениям на станциях локальной сети, для которых является сервером.

Существуют специальные сетевые адаптеры, поддерживающие SNMP (Simple Network Management Protocol) — простой сетевой протокол управления, которые выпускаются как опция ИБП, делающая информацию о состоянии контактов реле доступной для станций мониторинга, подключенных к локальной сети. Этот уровень мониторинга предназначен для администраторов локальной вычислительной сети.

Для более детальной информации о режиме работы ИБП необходимы цифровые значения параметров режима — токов, напряжений, мощностей, емкости батареи, а также сообщения о рассогласованиях и неисправностях в работе, состоянии коммутационных аппаратов и байпасных переключателей и т.д. Для СБЭ масштабов здания, этажа или офиса, как правило, применяется мониторинг с предоставлением детальной информации.

Информация о параметрах режима выводится на последовательный порт ИБП и по протоколу RS-232 может передаваться на выносной (дублирующий) пульт управления ИБП.

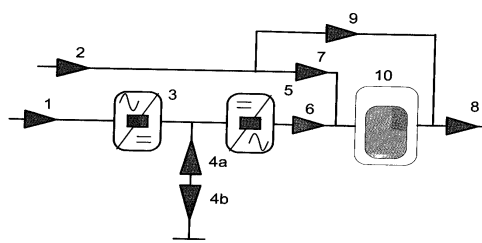


Рисунок 6.1

На мнемосхеме (рис.6.1) обозначены индикаторы: 1 — вход выпрямителя ИБП (MAINS); 2 — вход обходной цепи (bypass); 3 — выпрямитель; 4 — цепь заряда АКБ (a — разряд, b — заряд); 5 — инвертор; 6 — коммутационный аппарат на выходе инвертора; 7 — статический выключатель цепи байпаса; 8 — коммутационный аппарат на выходе ИБП; 9 — механический (ручной) выключатель цепи байпаса; 10 — кнопка экстренного отключения (под предохранительной шторкой).

Программное обеспечение мониторинга ИБП малой и средней мощности предназначено для работы с серверами и рабочими станциями. Программное обеспечение построено по принципу “клиент-сервер”. Функции клиентской части зависят от типа интерфейса. В случае релейного интерфейса в клиентской части будет представлена только функция предоставления информации о состоянии ИБП пользователю. Функции контроля параметров ИБП представлены в клиентской части ПО и позволяют контролировать основные электрические характеристики ИБП. Мониторинг крупных ИБП отличается более детальным отображением параметров режима. Для мощных ИБП существует собственное программное обеспечение.

Мониторинг дизель-генераторных установок (ДГУ). Для организации совместной работы ИБП и ДГУ в едином технологическом комплексе применяются специализированные системы мониторинга и управления ДГУ.

Таблица 6.1

| |
|--|
| <i>Измерительные приборы</i> |
| Вольтметр, амперметр, тахометр, частотомер (измерения: кВт, кВА, pf (cos (φ), кВАР, кВт-ч), цифровой дисплей, счетчик времени работы, термометр охлаждающей жидкости, манометр давления масла, вольтметр аккумулятора |
| <i>Органы управления</i> |
| Ключ-переключатель Выкл/Вкл/Подогрев Старт. Переключатель Пуск/Выкл/Авто. Кнопка аварийного останова. Кнопка подогрева двигателя. Кнопка «Тест индикаторов/Сброс». Переключатель фаз вольтметра 7-позиционный. Переключатель фаз амперметра 4-позиционный. Таймер пуска на 3 попытки. Таймер останова. Изменяемая задержка на запуск двигателя. Звуковая сирена. Трехконтурная схема для устройств подогрева 220/240В. Зарядное устройство аккумулятора 220/240В. |
| <i>Остановы с индивидуальными индикаторами</i> |
| Неисправность при пуске Перегрев охлаждающей жидкости. Низкое давление масла. Превышение допустимой скорости вращения. Повышенное выходное напряжение. Пониженное выходное напряжение. Повышенная выходная частота. Пониженная выходная частота. Максимальное суммарное количество каналов для останова/сигнализации (помимо стандартных) — зависит от модели панели. Высокая температура масла. Низкий уровень охлаждающей жидкости. Низкий уровень топлива. Недостаточная скорость вращения. Высокое выходное напряжение. Низкое выходное напряжение. Неисправность заземления. Утечка тока на «землю». Комбинация: низкое высокое выходное напряжение. Останов по перегрузке посредством защитного автомата. Останов по перегрузке посредством реле максимального тока. Дополнительные каналы для останова сигнализации, назначаемые и определяемые пользователем. |
| <i>Сигнализация с индивидуальными индикаторами</i> |
| Приближение к низкому давлению масла. Приближение к перегреву двигателя. Высокая темпе- |

| |
|---|
| ратура выхлопа. Разряд аккумуляторной батареи. Неисправность зарядного устройства. Отключение автоматического режима. |
|---|

| |
|---------------------------------|
| <i>Дистанционное управление</i> |
|---------------------------------|

| |
|---|
| Интерфейс с дистанционной панелью оповещения. Разъём для дистанционного аварийного останова. Общий сигнал неисправности «сухие» контакты для: пуска генератора; общего сигнала неисправности. Коммуникационный порт (RS-422 485). |
|---|

Панели управления ДГУ позволяют контролировать параметры работы дизеля — температуру, частоту вращения, запас топлива и т.д. и параметры работы генератора — токи, напряжения, температуру, параметры системы возбуждения.

Панели управления ДГУ, так же как и ИБП, оборудуются релейными интерфейсами, на которые выводятся основные сигналы. Стандартная комплектация панелей управления приведена в табл.6.1. Аналогично релейным интерфейсам ИБП панели управления ДГУ оснащаются “сухими” контактами, на которые можно заводить сигналы от других устройств и дополнительных датчиков. Средства мониторинга ИБП и ДГУ, поставляемые производителями оборудования, решают необходимые задачи в типовых случаях применения. Это замкнутые системы мониторинга, имеющие незначительную степень интеграции со смежными инженерными системами. Для крупных корпоративных проектов их применение возможно, но потребует создания автоматизированных рабочих мест диспетчеров для каждой из систем — СБЭ, СГЭ, СОЭ. В случаях присутствия в системах оборудования разных производителей или большого парка оборудования одного производителя число станций мониторинга также возрастает.

Мониторинг систем постоянного тока. Средства мониторинга систем постоянного тока мало отличаются от средств мониторинга ИБП. Программное обеспечение имеет интерфейс с пользователем, близкий к мнемосхемам ИБП большой мощности. На экран последовательно выводятся окна мониторинга системы в целом и детального представления параметров функциональных блоков — выпрямителей, инверторов, аккумуляторных батарей (АБ).

Управление нагрузками. Управление электроснабжением не ограничивается управлением источниками бесперебойного питания. В число задач управления входит управление нагрузками. Исчерпывающее решение задачи управления нагрузками дает система диспетчеризации электроснабжения. В качестве частных решений предлагаются ранжировщики нагрузки (master switch), представляющие собой опциональное оборудование ИБП, позволяющее коммутировать нагрузки, находящиеся в стандартных телекоммуникационных шкафах или сосредоточенно расположенных в пределах помещения.

Выводы по разделу 6.1

Для решения задач диспетчерского, производственно-технологического и организационно-экономического управления электрохозяйством предприятия требуются автоматизированные системы управления. Они включают средства мониторинга основного оборудования электроснабжения и электропитания.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите пять основных уровней технологических подсистем предприятия
2. Как осуществляется мониторинг ИБП и ДГУ?
3. Как осуществляется мониторинг систем электропитания постоянного тока?

Лекция 12

Раздел 6.2 Система диспетчеризации электроснабжения (СДЭ)

СДЭ построена на основе концепции объединенной автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) и характеризуется следующим:

- обеспечивает автоматизированный контроль параметров режима и управление системой электроснабжения;
- имеет модульную структуру: допускает последующее расширение (масштабирование) как по числу объектов автоматизации, так и по числу функций;
- имеет открытую архитектуру: обеспечивает возможность диспетчеризации и управления вновь устанавливаемого электрооборудования;
- допускает возможность объединения с другими системами мониторинга и управления.

В состав СОЭ входит система учета электроэнергии. Различают расчетный (коммерческий) учет электроэнергии и технический учет. *Расчетным учетом электроэнергии* называют учет отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за неё. *Техническим (контрольным) учетом электроэнергии* называется учет для контроля расхода электроэнергии в зданиях, внутри предприятий и т.п. Счетчики электроэнергии, устанавливаемые для расчетного учета, называются расчетными. Счетчики, устанавливаемые для технического учета, называются счетчиками технического учета. Счетчики являются интегрирующими приборами, т.е. их показания зависят от времени, за которое производится измерение. В общем случае счетчик производит измерения, а точнее вычисляет энергию по выражению:

$$W = \int_0^T P dt.$$

где P — мощность, кВт, T — время, ч, W — энергия, кВт-ч.

Для крупных зданий и предприятий с током потребления более 100А необходимо включение счетчиков с применением трансформаторов тока (ТТ) (рис. 6.2.).

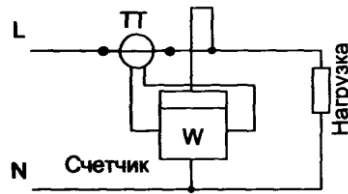


Рисунок 6.2

Первичная обмотка (как правило, один виток) трансформатора позволяет проводить большие токи. Номинальное значение тока вторичной обмотки ТТ — 5А. Во вторичной обмотке протекает ток, пропорциональный току в первичной обмотке с учетом коэффициента трансформации. Ко вторичной обмотке подключаются измерительные приборы, устройства релейной защиты и счетчики электроэнергии. Система диспетчеризации электроснабжения объединяет СБЭ, СГЭ и СОЭ на уровне их систем мониторинга, способных функционировать как самостоятельные системы. Обеспечение управления электроснабжением в целом достигается интеграцией отдельных систем.

Следующим шагом интеграции для оптимального управления инженерной инфраструктурой объекта является создание объединенной автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ). Объединенная АСДУ — распределенная система, содержащая центральный сервер АСДУ и модули распределенного ввода и вывода. С модулями распределенного ввода/вывода по информационной сети связаны датчики контроля и измерения, устройства управления узлами и агрегатами систем инженерного оборудования здания. При этом сервер АСДУ оснащен программным обеспечением с функциями централизованного сбора данных мониторинга, их обработки и выдачи управляющих сигналов на устройства управления узлами и агрегатами систем инженерного оборудования здания. В объединенной АСДУ присутствует как минимум одно автоматизированное рабочее место диспетчера, которое связано по локальной вычислительной сети с сервером АСДУ или по выделенному каналу — с соответствующим контроллером. Это обеспечивает локальный мониторинг и управление узлами и агрегатами по крайней мере одной функционально самостоятельной частью инженерного оборудования здания. Дополнительные АРМ диспетчеров, АРМ руководителей и станции мониторинга систем безопасности связаны между собой и с сервером АСДУ по локальной вычислительной сети.

Программное обеспечение системы диспетчеризации электроснабжения. Центральным устройством системы диспетчеризации электроснабжения является сервер электропитающей установки (ЭПУ). Сервер ЭПУ представляет собой автоматизированное рабочее место диспетчера ЭПУ и вместе с контроллерами устройств ЭПУ образует локальную информационно-вычислительную сеть. В настоящее время известно множество программных сред модульного программирования систем управления, мониторинга и диспетчеризации технологическими процессами называемые системами SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Производителей SCADA-систем достаточно много, в том числе: CitectScada, разработчик — корпорация Citect (Австралия); TraceMode, разработчик — AdAstra Research Group. Ltd (Россия); WinCC, разработчик —

фирма Siemens (Германия); EBI, разработчик — фирма Honeywell (США, австралийское отделение); InTouch, разработчик — фирма Wonderware (США).

ПО на базе SCADA-систем позволяет просматривать в динамическом режиме состояния систем, оборудования и отдельных узлов, вносить управляющие воздействия, формировать отчетную документацию. Программные среды создания автоматизированных систем управления обладают функциональными характеристиками, надежностью и производительностью, которые позволяют разрабатывать как интегрированные системы управления уровня предприятия, так и производительные автономные приложения.

При отображении мнемосхемы на экране дисплея в динамическом режиме система автоматически связывается с управляющим контроллером инженерного оборудования (контроллером нижнего уровня) через базу данных. Для связи с контроллерами основных фирм-изготовителей имеется набор драйверов для наиболее распространенных контроллеров с нестандартными протоколами обмена. Оператор может наблюдать за текущими значениями контролируемых параметров, состояниями аварийных и других объектов, осуществлять при необходимости ручное управление, изменять коэффициенты регулирования и т.д.

Выводы по разделу 6.1

Автоматизированной системы диспетчерского управления включает систему учета электроэнергии и объединяет СБЭ, СГЭ и СОЭ на уровне их систем мониторинга, способных функционировать как самостоятельные системы. Центральным устройством системы диспетчеризации электроснабжения является сервер электропитающей установки с программным обеспечением на базе SCADA-систем.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое АСДУ?
2. Что такое SCADA-система?
3. Как производится учет потребляемой электроэнергии?

Тема 7 Источники вторичного электропитания (ИВЭ)

Источники электропитания можно разделить на автономные, или первичные, и вторичные (ИВЭ). К ИВЭ относятся все устройства, преобразующие поступающие на вход напряжение и ток с целью получения требуемых значений параметров: напряжения, тока, показателей стабильности, надежности, электромагнитной совместимости и др. ИВЭ может входить в систему ЭПУ. Это выпрямительные устройства, инверторы, конверторы, а также преобразователи постоянного напряжения (ППН), децентрализованно питающие отдельные цепи аппаратуры связи. ИВЭ может самостоятельно питать аппаратуру связи, пример - источник бесперебойного питания ИБП.

Раздел 7.1 Классификация ИВЭ

Обобщенная структура ИВЭ приведена на (рис. 7.1). *Устройство управления и контроля*, входящее в состав ИВЭ, может быть использовано для изменения характеристик ИВЭ при различных сигналах внешнего или внутреннего управления: дистанционного включения или выключения, перевода в ждущий режим, формирования сигналов сброса и др. *Устройство защиты и коммутации* позволяет сохранить работоспособность ИВЭ при возникновении различных нестандартных режимов: короткого замыкания в нагрузке, ее внезапного отключения, резкого повышения окружающей температуры и др. Эти дополнительные устройства могут быть обеспечены собственными источниками электропитания, включая резервные аккумуляторы или гальванические элементы.

В зависимости от вида питающего напряжения ИВЭ можно разделить на две группы: **инверторные и конверторные**. По количеству различных выходных напряжений ИВЭ можно разделить на **одноканальные и многоканальные**. Если в каждом канале используется отдельный стабилизатор выходного напряжения, то говорят, что это многоканальный ИВЭ с индивидуальной стабилизацией. Если же для стабилизации всех выходных напряжений используется выходное напряжение только одного источника (который называется главным или ведущим), то такие источники называются ИВЭ с групповой стабилизацией.

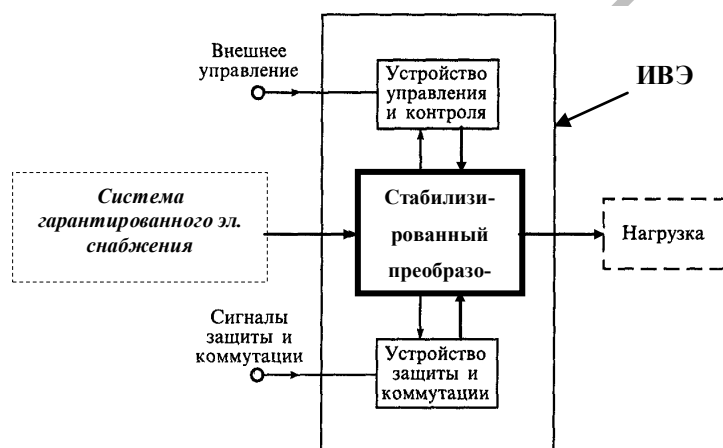


Рисунок 7.1

По выходной мощности ИВЭ принято делить на:

- микромощные (1Вт);
- маломощные (от 1 до 100Вт);
- средней мощности (от 100Вт до 1кВт);
- мощные (> 1кВт).

По принципу действия ИВЭП можно разделить на две группы: **трансформаторные** (или непрерывные - на входе низкочастотный трансформатор) и **бестрансформаторные** (или импульсные).

Все характеристики ИВЭ можно разделить на три группы: входные, выходные и эксплуатационные. К входным характеристикам относят: значение и вид

напряжения первичного источника питания; нестабильность питающего напряжения; частоту питающего напряжения и ее нестабильность; количество фаз источника переменного напряжения; допустимый коэффициент гармоник питающего напряжения. К выходным характеристикам относят: значения выходных напряжений; нестабильность выходных напряжений; ток нагрузки или выходную мощность по каждому каналу; наличие гальванической изоляции между входом и выходом; наличие защиты от перегрузки или повышения выходного напряжения. К эксплуатационным характеристикам относят: диапазон рабочих температур; допустимую относительную влажность; диапазон допустимых давлений окружающей атмосферы.

Выводы по разделу 7.1

К ИВЭ относятся все устройства, преобразующие поступающие на вход напряжение и ток с целью получения требуемых потребителем значений параметров. Классификация ИВЭ осуществляется по различным признакам: по выходной мощности, принципу действия и др.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните назначение функциональных узлов ИВЭ
2. Чем отличаются инверторные и конверторные ИВЭ?
3. Чем отличаются трансформаторные и бестрансформаторные ИВЭ?

Раздел 7.2 Источники вторичного электропитания с бестрансформаторным входом

Простейшее устройство, преобразующее переменное напряжение сети в постоянное заданного уровня, - ТВБ (трансформаторно-выпрямительный блок). В ИВЭ на основе ТВБ напряжение переменного тока, например, силовой сети, вначале изменяется по значению при помощи трансформатора, а затем выпрямляется, фильтруется и стабилизируется. Элементы ТВБ работают на частоте сети 50Гц, обладают относительно большими габаритами и в системах вторичного электропитания могут использоваться лишь во вспомогательных цепях.

Основной способ преобразования электроэнергии в источниках вторичного электропитания – импульсный. Именно он используется в источниках питания с бестрансформаторным входом, в которых отсутствует трансформатор, работающий на частоте питающей сети. В основном эти источники представляют собой стабилизирующие выпрямительные устройства, имеющих один или несколько выходов напряжения постоянного тока. Так, например стабилизирующие выпрямители с бестрансформаторным входом (ВБВ), применяемые для питания телекоммуникационного оборудования, например, систем коммутации, имеют, как правило, один выход напряжения постоянного тока, тогда как блок питания персонального компьютера или импульсный источник питания телевизионного приемника, представляющие собой также ВБВ, имеют по несколько выходов напряжения постоянного тока. Не следует забывать, что серьезным принципиальным недостатком импульсных ИВЭ является генерация ими элек-

тромагнитных помех, распространяющихся в окружающем пространстве и по проводам.

Структурная схема выпрямителей, которые применяются в установках электропитания постоянного тока типа УЭПС, приведена на (рис. 7.2), где обозначено: Вх. ППФ – входной помехоподавляющий фильтр (фильтр радиопомех), СВ - сетевой выпрямитель; ККМ – корректор коэффициента мощности; ПН – импульсный преобразователь напряжения; Вых. ППФ – выходной помехоподавляющий фильтр, Схема упр. ПН – схема управления преобразователем напряжения, УМ - усилитель мощности, Схема упр. ККМ – схема управления ККМ.

На рис.7.3 представлена функциональная схема однофазного выпрямительного устройства ВВВ-60/25-2к (с номинальным выходным напряжением – 60 В и номинальным выходным током 25 А), выпускаемого Юрьев-Польским заводом “Промсвязь”.

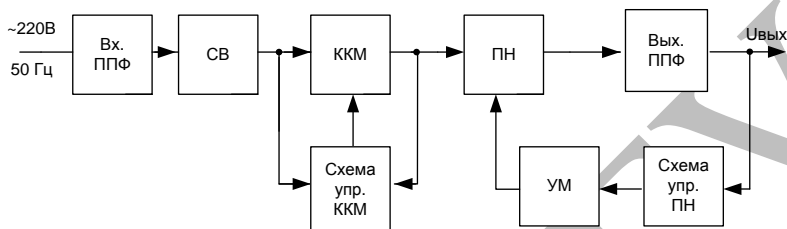


Рисунок 7.2

Выпрямитель имеет следующую структуру, первая часть которого представлена: дросселем $L1$; транзисторами $V2, V3$; диодами $V1, V4$; выходным конденсатором $C1$; резисторами $R1, R2$ и реле $K1$. Резистор $R1$ введен в ККМ для ограничения пускового тока (тока заряда конденсатора $C1$) в момент включения выпрямителя.

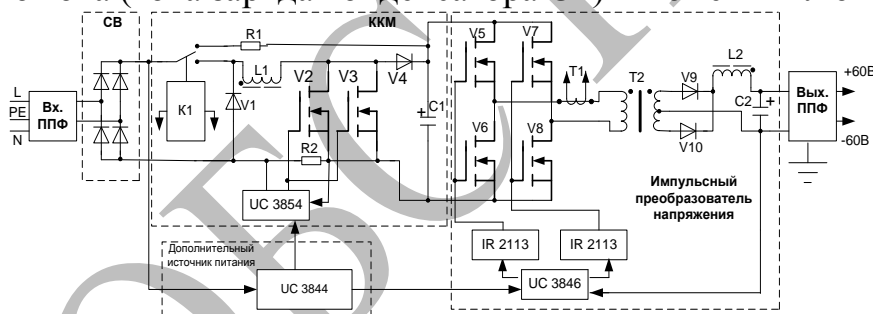


Рисунок 7.3

При включении выпрямителя заряд конденсатора $C1$ осуществляется через резистор $R1$, до тех пор пока напряжение на конденсаторе не достигнет величины порядка 200 В, после чего реле $K1$ переключает выход СВ с резистора $R1$ на вход ККМ (на дроссель $L1$). Для того чтобы избежать разрыва цепи тока дросселя $L1$ при коммутации схемы ККМ введен диод $V1$. Напряжение на выходе ККМ (на конденсаторе $C1$) при его работе стабилизируется на уровне 400 В. Резистор $R2$ является датчиком тока (токовым шунтом) дросселя $L1$. Управление транзисторами $V2, V3$ ККМ осуществляется с платы корректора, основным элементом которой является микросхема $UC 3854$.

Регулируемый ПН, выполнен по двухтактной мостовой схеме на транзисторах $V5... V8$ и силовом трансформаторе $T2$, работает на постоянной частоте 40

кГц. Широтно-импульсное управление транзисторами РИ осуществляется схемой управления, реализованной на ШИМ-контроллере UC 3846. Для согласования по мощности транзисторов ПН и схемы управления, а также их гальванической развязки введены два усилителя мощности (два драйвера) - IR 2113. Каждый драйвер имеет два гальванически изолированных друг от друга выхода. Выходной выпрямитель ПН выполнен по двухполупериодной схеме выпрямления с выводом нейтральной точки вторичной обмотки трансформатора Т2 на высокочастотных диодах V9, V10. Последовательность однополярных прямоугольных импульсов напряжения с выхода выпрямителя поступает на LC-фильтр нижних частот, выполненный на дросселе L2 и конденсаторе C2. Аппаратура (нагрузка) подключается к выходу ВБВ через выходной помехоподавляющий фильтр Вых.ППФ. Для организации защиты силовых транзисторов ПН от перегрузки по току в цепь первичной обмотки силового трансформатора Т2 введен трансформатор тока Т1, выполняющий функцию датчика тока, потребляемого от ПН. Кроме того, предусмотрен съем сигнала пропорционального выходному току ВБВ (снимается с токового шунта, установленного в минусовом полюсе выходного напряжения ВБВ), с целью реализации режима ограничения выходного тока ВБВ и автоматического выравнивания токов, нескольких ВБВ, работающих параллельно на общую нагрузку. Принцип действия ВБВ заключается в том, что при любом изменении выходного напряжения схема управления автоматически меняет длительность импульсов, определяющих длительность открытого состояния силовых транзисторов ПН, что и обеспечивает стабилизацию выходного напряжения ВБВ. При работе ВБВ в режиме ограничения (в режиме стабилизации выходного тока) длительность импульсов, вырабатываемых схемой управления, меняется в функции выходного тока ВБВ, а не в функции выходного напряжения. Питание элементов схемы управления, платы корректора коэффициента мощности и усилителей мощности осуществляется от маломощного источника, представляющего собой одноканальный преобразователь с обратным включением диода, работающий на частоте 80 кГц (микросхема UC 3844). Выпрямительное устройство ВБВ-60/25-2к обеспечивает стабильность выходного напряжения с точностью не ниже, чем $\pm 1\%$ от установленного значения выходного напряжения (в пределах 54...72 В) при изменении напряжения питающей сети в диапазоне 125...290 В и тока нагрузки от 0 до номинального значения. Коэффициент полезного действия ВБВ при его номинальной нагрузке не ниже 0,9, а коэффициент мощности – не менее 0,99. Удельный объем устройства составляет более 100 Вт/дм³.

Выводы по разделу 7.2

Элементы ИВЭ, работающего на частоте сети 50 Гц, обладают относительно большими габаритами и в системах вторичного электропитания могут использоваться лишь во вспомогательных цепях. Импульсные ИВЭ, к которым относится выпрямитель с бестрансформаторным входом (ВБВ), имеют малые габариты и высокий КПД, но не следует забывать, что серьезным принципиальным недостатком импульсных ИВЭ является генерация ими электромагнитных помех.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные блоки структурной схемы ВБВ и поясните их назначение
2. Для чего нужны помехоподавляющие фильтры?
3. Как работает ВБВ-60/25-2к?

Лекция 13

Тема 8 Электромагнитная совместимость источников электропитания с системой электроснабжения

Электромагнитная совместимость или ЭМС, это способность оборудования нормально функционировать в данной электромагнитной обстановке, не внося собственных помех.

При работе источников электропитания импульсного типа (ИВЭ ИТ) возникают электромагнитные помехи (ЭМП), т.е. нежелательное воздействие электромагнитной энергии, нарушающее функционирование питаемой аппаратуры.

По отношению к конкретной аппаратуре *помехи* могут быть *внутренними*, т.е. формироваться внутри данной системы, и *внешними*. ЭМП, средой распространения которых является пространство, окружающее данное устройство, называются *помехами излучения*. ЭМП, средой распространения которых являются проводящие электрический ток предметы (провода, силовые кабели, шасси и корпуса приборов, экраны, оболочки, шины заземления), а также паразитные цепи, по которым протекает электрический ток, называются *помехами проводимости, или кондуктивными помехами*.

За нулевой уровень (0 дБ) приняты для помех:

- излучения — 1мкВ/м;
- кондуктивных — 1мкВ.

Потребители, имеющие на входе импульсный блок питания без корректора (например, on-line ИБП), являются причиной искажения тока в электрической сети. Они имеют низкое значение коэффициента мощности K_m . Обеспечение требуемого значения K_m обязательно необходимо для любого электрооборудования, потребляющего от сети мощность более 300Вт и имеющего на выходе сетевого выпрямителя емкостной фильтр.

- При питании от трехфазной сети K_m можно повысить за счет применения дополнительных устройств, например, 12-ти импульсных выпрямителей. 12-фазную схему можно получить из двух мостовых трехфазных схем выпрямления Ларионова, включённых последовательно или параллельно (рис. 8.1).

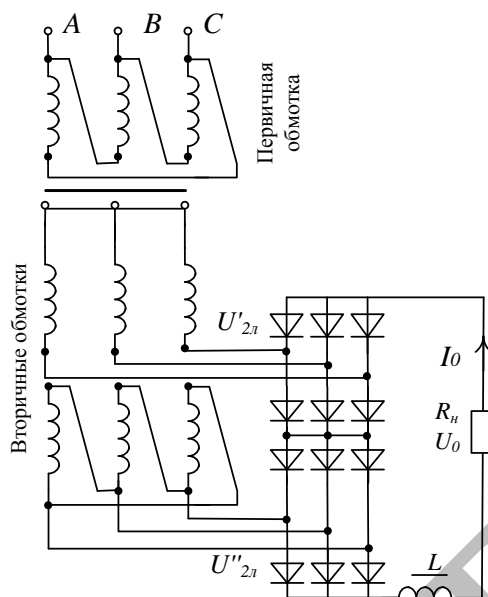


Рисунок 8.1

Трансформатор, питающий выпрямитель, имеет две системы вторичных обмоток, из которых одна включена в звезду, а вторая — треугольником. В результате фазы линейных напряжений вторичных обмоток $U'_{2л}$ и $U''_{2л}$ равны друг другу и сдвинуты между собой на угол 30° и, следовательно, вся система в целом получается двенадцатифазной. Коэффициент пульсаций на выходе этой системы:

$$Kn = 2/(12^2 - 1) = 0,014$$

т. е. всего 1,4% полного выпрямленного напряжения. Это позволяет иметь очень небольшой фильтр или не иметь его вовсе. Для потребителей, питающиеся от однофазной сети, наиболее часто используются три метода коррекции коэффициента мощности:

- пассивная коррекция;
- активная высокочастотная;
- активная низкочастотная коррекции.

Схемы **пассивной коррекции** коэффициента мощности представляют собой фильтр нижних частот (L_k, C_k на рис. 8.2) или полосовой фильтр, настроенный на частоту $50 Гц$ напряжения электросети. Т.е. коэффициент мощности может быть увеличен при использовании дополнительных пассивных цепей, работающих на сетевой частоте. Они содержат реактивные элементы, и масса таких устройств сравнительно велика. Для маломощных нагрузок применение их экономически нецелесообразно. Пассивные корректоры невозможно использовать при изменяющейся нагрузке и импульсной форме тока. Такие корректоры применяются при индуктивном характере нагрузки — это источники питания ламп дневного света, асинхронные двигатели и др.

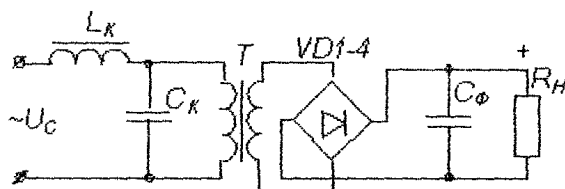


Рисунок 8.2

Раздел 8.1 Особенности электропитания потребителей от сети переменного тока

Влияние качества системы бесперебойного электроснабжения на потребителей переменного тока. На предприятии связи основными потребителями переменного тока являются локальные информационно-вычислительные сети (ЛВС), компьютерное оборудование, процессоры телекоммуникационной аппаратуры, система диспетчерского управления. Компьютерная система энергоемка, и потому первое условие ее функционирования - бесперебойная подача электроэнергии.

Броски и перебои в питании могут привести к следующим последствиям. *Порча данных.* Электрическая нестабильность может изменить состояние памяти или запортить информацию, передаваемую по кабелю в пакетах данных. Такие броски могут изменить программу в памяти и привести к ее сбою. Такие ошибки, которые часто принимают за ошибки в программе, могут вызываться помехами в электропитании. *Выход из строя аппаратуры.* Сильные броски питания могут привести к порче аппаратуры. Особенно уязвимы при этом микросхемы и блоки питания. Чтобы предотвратить это, можно использовать сетевые фильтры, но если бросок очень сильный (что иногда бывает во время грозы), такой фильтр не спасет. *Медленная "деградация" аппаратуры.* Аппаратура, регулярно подвергающаяся броскам и падениям напряжения в сети, со временем выйдет из строя. Иногда это происходит без всякой очевидной причины. Причем фильтры не спасают от такого рода сбоев. Микросхемы постепенно "слабеют" и выходят из строя.

Электрическое оборудование создает помехи. Такие механизмы как кондиционеры, лифты и холодильники, и даже лазерные принтеры, могут приводить при включении к броскам питания. Фактически, любое устройство с нелинейным использованием электроэнергии может приводить к броскам питания, влияющим на другие устройства. Проблемы электропитания можно классифицировать следующим образом.

Шумы и броски питания могут приводить к немедленному выходу из строя чувствительного электронного оборудования. Большинство источников питания компьютеров имеют встроенную защиту от бросков, превышающих норму. Дешевые устройства предохраняют от таких бросков остальную электронику тем, что просто перегорают (в лучшем случае это будет предохранитель). Понижение питания - это падение напряжения ниже номинального уровня, что вызывается обычно перегрузкой сети. Длительное понижения питания может при-

вести к выходу из строя блока питания. Повышение напряжения также может вывести из строя блок питания. Высокочастотные гармонические колебания вызываются проблемами в заземлении. Это может приводить к ошибкам при передаче данных по телекоммуникационным линиям.

Меры защиты оборудования:

- при всплесках напряжения (правда не всегда) и высоковольтных выбросах наиболее эффективны сетевые фильтры, стабилизаторы;
- при проседаниях напряжения применяются только стабилизаторы;
- во всех остальных случаях лучше использовать источники бесперебойного питания (ИБП) переменного тока.

Потребление источником питания реактивной мощности. Величина коэффициента мощности зависит от соотношения величин активного, индуктивного и ёмкостного сопротивлений потребителей, включенных в цепь переменного тока. Реактивная составляющая тока является намагничивающим током, который создаёт переменное магнитное поле (в сердечниках трансформаторов, дросселей и т.д.). Активная составляющая потребляемого переменного тока идёт на создание работы, полезно используемой в приёмниках электрической энергии. Активная составляющая равна полному току, умноженному на $\cos \varphi$:

$$I_{акт} = I \cos \varphi,$$

где $I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_k^2 + \dots}$ - действующее значение потребляемого тока.

При синусоидальном токе (в линейных цепях) высшие гармоники I_k отсутствуют и $\cos \varphi$ характеризует только наличие реактивной составляющей. Реактивная составляющая тока равна полному току, умноженному на $\sin \varphi$: $I_{реакт} = I \sin \varphi$. На (рис. 8.3,а) показан случай преобладания индуктивного сопротивления над ёмкостным; здесь вектор тока I отстаёт от вектора напряжения U на угол φ . На (рис. 8.3,б) показан случай преобладания ёмкостного сопротивления над индуктивным; здесь вектор тока I опережает вектор напряжения U на угол φ .

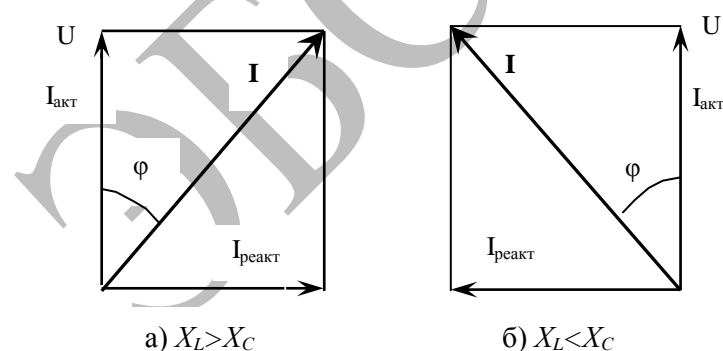


Рисунок 8.3

Если при этом в цепь включить амперметр, то он покажет величину полного тока. При переменном токе различают три вида мощности: активную, реактивную и полную. Активная мощность P равна произведению напряжения на активную составляющую тока:

$$P = UI \cos \varphi, \text{ Ватт}$$

Реактивная мощность Q равна произведению напряжения на реактивную составляющую тока:

$$Q = UI \sin \varphi, \text{ ВАР}$$

Полная мощность S равна произведению напряжения на полный ток:

$$S = UI, \text{ ВА}$$

Приведённые формулы действительны для цепей однофазного тока. Для цепей трёхфазного тока в формулы вводится множитель 1,73205. Величина $\cos \varphi$ показывает, какую часть от полной мощности составляет активная мощность: $\cos \varphi = P/(U \cdot I)$. Чем меньше $\cos \varphi$, тем меньше активная мощность (при одной и той же полной мощности), и наоборот. Следовательно, по величине $\cos \varphi$ можно судить, какая часть полной мощности используется для полезной работы. Так как $\cos \varphi$ даёт соотношение между двумя мощностями (активной и реактивной), то он называется коэффициентом мощности. Чем меньше $\cos \varphi$, тем меньшая часть полной мощности используется для полезной работы.

Потребление источником питания несинусоидального тока. Источники вторичного электропитания сами являются потребителями для сети или шин, от которых получают электроэнергию. Часть оборудования имеет на входе блоки питания, которые выполнены по схеме без преобразования частоты, т.е. питаются через низкочастотный сетевой трансформатор (рис. 8.4). Преобразование энергии на первичной стороне трансформатора отсутствует.

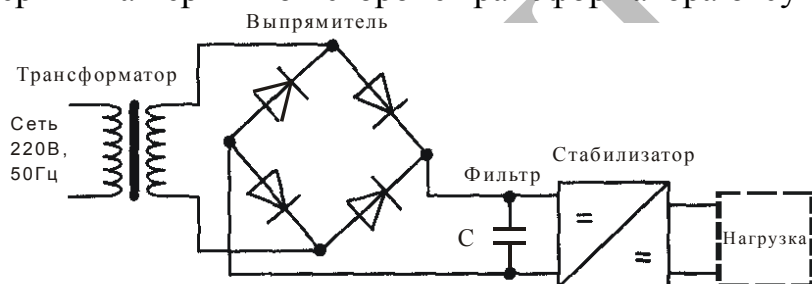


Рисунок 8.4

Другое оборудование питается через собственные импульсные источники вторичного электропитания с бестрансформаторным входом (см. рис 8.5). Большинство импульсных источников питания использовали до последнего времени на входе мостовой выпрямитель с фильтровой батареей конденсаторов C , дающий пульсирующее выпрямленное напряжение (рис. 8.6).

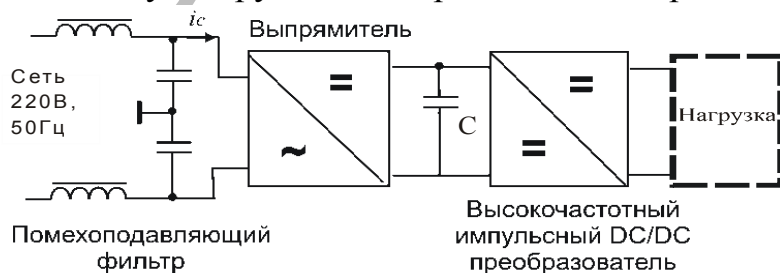


Рисунок 8.5

Т.к. выпрямитель работает на емкостную нагрузку (рис. 8.6), потребляемый ток i_c в этом случае имеет форму узкого импульса высокой амплитуды, ширина основания которого существенно меньше полупериода сетевого напряжения. Это приводит к высокому содержанию гармоник в потребляемом токе (вплоть до 31 гармоники). Полная мощность S возрастает за счет возрастания действующего значения несинусоидального потребляемого тока: $I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_k^2 + \dots}$

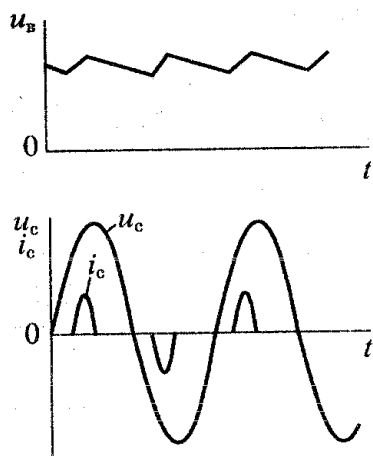


Рисунок 8.6

При такой схеме питания коэффициент мощности K_M обычно имеет значения от 0.5 до 0.7 и определяется, как видим, не только потреблением реактивной мощности Q . Приходится отказываться от традиционной интерпретации физического смысла того коэффициента, который используется в формуле для вычисления активной мощности - он не эквивалентен $\cos \varphi$:

$$K_M = P/S = P / (U \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_k^2 + \dots})$$

Для повышения коэффициента мощности требуется его коррекция.

Импульсный блок питания как нелинейная нагрузка. Практика показала, что нелинейная нагрузка характеризуется повышенным коэффициентом амплитуды (отношением амплитуды кривой тока к ее действующему значению). Измерения, проведенные для различных нелинейных нагрузок, показывают, что значения этого коэффициента находятся в пределах от 2,5 (нижнее значение) до 7 (верхнее значение). В иностранной литературе более широко известен близкий по смыслу КРЕСТ-ФАКТОР (*Crest Factor*), соответствующий коэффициенту амплитуды, равному отношению амплитудного значения к действующему значению напряжения: $K_m = U_{max} / U_D$

Генерирование третьих гармоник. Существует и другая проблема использования потребителей с импульсными преобразователями. В четырехпроводной сети с соединением “звездой”, нагрузки внутри здания подключаются между каждой фазой и нулевым проводником. При идеальных условиях, когда токи нагрузки в каждой фазе равны по величине, имеют синусоидальную форму и не имеют сдвига фаз, токи в нулевом проводнике взаимно компенсируются и ре-

зультирующий ток равен нулю. Даже при различных нагрузках в разных фазах происходит частичная компенсация токов в нулевом проводнике.

Однако, если импульсные источники питания типа ВБВ (выпрямитель с бестрансформаторным входом) подключены к каждой фазе и потребляют искажённые несинусоидальные входные токи, то эти токи не компенсируются взаимно, а скорее складываются, образуя результирующий ток с большой амплитудой. Токи третьей гармоники, генерируемые в каждой фазе такими нагрузками, непосредственно суммируются в нулевом проводнике. Вследствие этого при применении импульсных источников питания без коррекции коэффициента мощности в нулевом проводнике могут возникать очень большие токи третьей гармоники, значительно большие фазовых токов. Они могут превышать допустимое значение тока для этого проводника. Поскольку в нулевом проводнике не устанавливается каких либо защитных устройств, избыточный ток может привести к перегреву проводника и его повреждению. В подобных случаях защитные выключатели сети или другие защитные устройства не будут защищать электросеть, что иногда приводит к пожарам.

Требования к бесперебойности питания. Понятие бесперебойности электропитания для потребителя, питающегося от сети переменного тока через импульсный ИВЭ зависит от назначения потребителя. На (рис. 8.7) приведена диаграмма потребления мощности блоками питания без преобразования частоты, а на рис. 8.8 диаграмма электропотребления импульсного блока питания.

В импульсных ИВЭ энергия потребляется импульсами через каждые 10 мс, или 100 раз в секунду (2 раза за период промышленной частоты переменного тока 50 Г

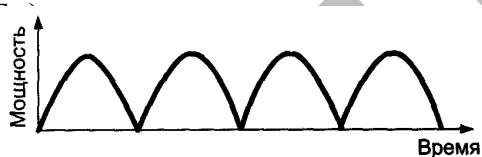


Рисунок 8.7

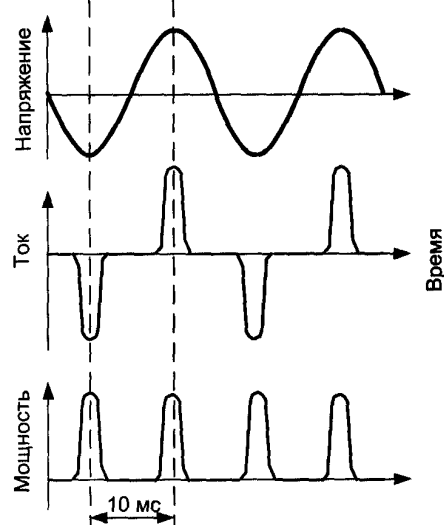


Рисунок 8.8

Существуют промежутки времени между импульсами, когда электроэнергия не потребляется из сети, а электронное устройство (компьютер, маршрутизатор и т.п.) получает энергию от конденсаторов в составе блока питания (рис. 8.5, 8.6). За счет этой запасенной энергии блок питания может обеспечивать работоспособность оборудования или аппаратуры даже во время кратковременного прерывания электроснабжения на время до 50 мс. Отсюда следует, что требование к обеспечению электроснабжения “без разрыва синусоиды” носит условный характер и относится к времени переключения на резервное питание, которое не должно быть более 50 мс.

Часть электроприемников оборудована блоками питания, выполненными по схеме без преобразования частоты: “Трансформаторно-выпрямительный блок-стабилизатор” (см. рис. 8.4) в том числе маломощными, на несколько ватт, например сетевыми адаптерами, конверторами протоколов и т.п., которые потребляют энергию не импульсами (рис. 8.7). Эта схема характерна отсутствием преобразования энергии на первичной стороне трансформатора. Для таких устройств требование к питанию “без разрыва синусоиды” более актуально, так как конденсатор, находящийся в составе блока питания, несет функцию сглаживающего фильтра, а не накопителя энергии, как у импульсных блоков.

Выводы по разделу 8.1

При работе источников электропитания импульсного типа возникают электромагнитные помехи (ЭМП), как внутренние, так и внешние, как кондуктивные, так и помехи излучения. Электромагнитная обстановка существенно влияет на работу как системы электропитания, так и питаемого оборудования. В линейных цепях при синусоидальном потребляемом токе соотношение между активной мощностью, передаваемой в нагрузку, и полной потребляемой мощностью оценивается параметром $\cos\varphi$ (косинус фи). Если потребитель имеет на входе импульсный блок питания, представляющий собой нелинейную нагрузку, более корректно оценивать потребляемую мощность параметром K_m . Требования к бесперебойности питания также определяются типом потребителя.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте классификацию помех
2. Какие последствия возможны при нарушении норм электромагнитной совместимости?
3. Каким параметром оценивается потребление реактивной мощности при синусоидальном потребляемом токе?
4. О чем можно судить по величине $\cos\varphi$
5. К чему приводит потребление источником питания несинусоидального тока?
6. Что такое *Crest Factor*?
7. Для каких устройств требование к питанию “без разрыва синусоиды” более актуально?

Лекция 14

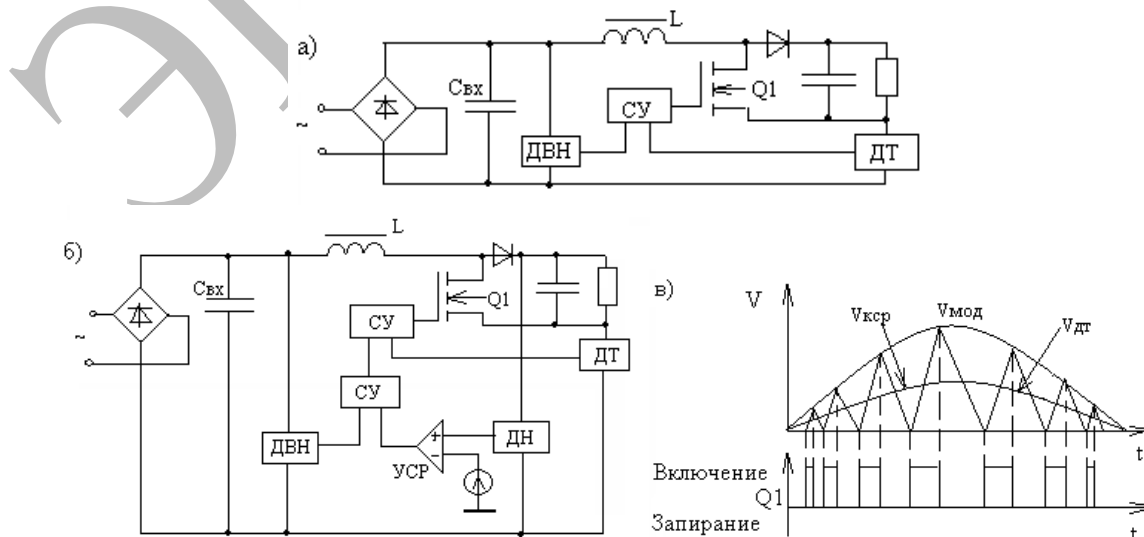
Раздел 8.2 Активный корректор коэффициента мощности

Идея состоит в обеспечении с помощью импульсных регуляторов требуемой синусоидальной формы тока во входной цепи, определяющего коэффициент мощности. Для формирования гармонического входного тока сетевой частоты импульсный регулятор включается между сетевым выпрямителем и входным импульсным преобразователем, к которому и подключается нагрузка. Для формирования потребляемого тока при этом идеально подходит типовая схема повышающего ИСН (рис. 8.9, а). При такой структуре в цепь потребляемого тока на всех рабочих интервалах включена индуктивность, что исключает возможность резкого изменения тока и, соответственно, снижает содержание высоких гармоник во входном токе.

Формировать кривую входного тока в этом случае можно с помощью двух датчиков: датчика тока в индуктивности ДТ и датчика выпрямленного напряжения ДВН. При этом в корректорах малой и средней мощности включение транзистора происходит в момент достижения напряжением на входе ДТ нуля, а выключение – в момент сравнения выходного сигнала ДТ с сигналом ДВН, который является в этом случае модулирующим ($V_{\text{Мод}}$ на рис. 8.9, в).

На каждом цикле переключения потребляемый ток имеет треугольную форму, максимальное значение его определяется произведением $K_{\text{ДТ}} V_{\text{Мод}}(t)$, а среднее значение за цикл – половиной этой величины ($K_{\text{ДТ}}$ – коэффициент передачи ДТ).

В структуре (рис. 8.9, а) модулирующее напряжение равно выходному напряжению ДВН $V_{\text{ДВН}}$. При этом среднее значение потребляемого тока (усредненное уже на интервале полупериода сетевого напряжения) пропорционально среднему значению выпрямленного напряжения и не зависит от сопротивления нагрузки, по отношению к которой такая система является источником мощности. При таком управлении выходное напряжение корректора будет изменяться как при изменении входного напряжения, так и при изменении величины тока нагрузки.



Чтобы выходное напряжение оставалось стабильным, необходимо предусмотреть цепь отрицательной обратной связи как в обычном импульсном стабилизаторе компенсационного типа. В структуру СУ включают усилитель сигнала рассогласования (УСР) по обычной схеме, когда на вход УСР подается сигнал опорного напряжения и сигнал датчика выходного напряжения. Модулирующий сигнал пропорциональный произведению выпрямленного напряжения на выходной сигнал УСР, создается при этом новым функциональным блоком (рис. 8.9, б), характерным лишь для корректоров – умножителем сигналов. Временные диаграммы для такой структуры не отличаются от диаграмм на (рис. 8.9, а), просто модулирующее напряжение теперь является произведением $KV_{УСР}V_{ДВН}$, а в коэффициенте K должен учитываться и коэффициент передачи умножителя. Изменение напряжения $V_{УСР} = (V_{ИОН} - V_{ДН})$ компенсирует в этом случае изменение сетевого напряжения и тока нагрузки, поддерживая постоянным выходное напряжение. В такой структуре осуществляется граничный режим между режимом непрерывного тока и режимом разрывного тока ($L=L_{кр}$). При средних мощностях (до 300Вт) работа корректора с такой СУ позволяет обеспечивать хороший коэффициент мощности (порядка 0.99). Однако при повышении мощности он снижается и появляется потребность в еще более гладкой кривой изменения потребляемого тока. Этого можно достичь, осуществляя включение силового транзистора по сигналу цепи, содержащей второй умножитель, настроенный на нижний порог. В этом случае получается режим, называемый просто непрерывным режимом.

Схема коррекции коэффициента мощности может быть выполнена в виде отдельного модуля, устанавливаемого между источником вторичного питания и источником энергии переменного тока, либо встраиваться в каскад входного выпрямителя и фильтра. Координируя формирование кривой входного тока с процессом выпрямления и накопления энергии, можно добиться наилучших характеристик при наименьшей стоимости.

Выводы по разделу 8.2

В активном корректоре импульсный регулятор включается между сетевым выпрямителем и входным импульсным преобразователем, к которому и подключается нагрузка. Формировать гармонический входной ток сетевой частоты можно с помощью двух датчиков: датчика потребляемого тока (в индуктивности) и датчика выпрямленного напряжения ДВН.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем состоит идея активного корректора коэффициента мощности?
2. Какую форму имеет ток дросселя?
3. Какую частоту имеет ток дросселя?
4. Для чего используется усилитель сигнала рассогласования?

Главная причина генерации электромагнитных помех ИВЭ импульсного типа это коммутационные процессы в силовых цепях, обусловленные ключевым характером работы активных элементов. Образующиеся при этом перепады тока и напряжения приводят к появлению поля радиопомех, а также кондуктивных помех.

Другими причинами ЭМП можно считать *высокочастотные колебания*, формируемые за счет энергии, запасенной в паразитных реактивных элементах цепи, образующих резонансные контуры; переходные процессы при включении - отключении ИВЭ от сети; скачкообразные изменения питающего напряжения и нагрузки; сквозные токи, а также свойства элементной базы при работе в ключевом режиме (например, обратный выброс в диодах при смене полярности выпрямленного напряжения).

Основные пути распространения помех следующие:

- *наводка на провода* при размещении их в электромагнитном поле помех и последующим ее влиянием на другие цепи;

- *связь различных цепей через общее сопротивление* — это основной путь распространения помех по цепям электропитания (шины питания, внутреннее сопротивление источника питания, в том числе для больших групп потребителей — внутреннее сопротивление сети питания);

- *электрически и магнитное поля*, формируемые при движении электрических зарядов во всех элементах электрических цепей, в том числе и проводах.

Кроме того, все *силовые провода*, по которым протекают импульсные токи, представляют собой излучающие антенны.

Т.о. электромагнитные связи между электрическими цепями и узлами проявляются через:

- *электрическое поле*;

- *магнитное поле*;

- *электромагнитное поле*;

- *провода и волноводы*, связывающие электрические цепи и узлы.

Значение напряженности *ближних* электрического и магнитного полей в свободном пространстве *обратно пропорционально квадрату расстояния* от помехообразующего элемента, *в дальнем — первой степени расстояния*. Напряжение на приемнике (рецепторе) помехи, связанном с источником проводами с увеличением расстояния падает медленно. Таким образом, на *малых расстояниях* действуют *все четыре вида связи*. По мере удаления от генератора помехи прекращается вначале влияние электрического и магнитного полей, затем электромагнитного поля излучения и на большом расстоянии действует только связь по проводам. Т. е. наиболее благоприятная среда для распространения помех - *провода*, причем в ближнем поле на них могут влиять электрическое и магнитное поля, формируя ток помехи, который по проводам передается на большие расстояния. При этом провод действует и как передающая антенна.

Для практических расчетов принято считать, что паразитная связь через ближнее *электрическое поле* проявляется как *емкостная связь* через паразит-

ную емкость, а паразитная связь через ближнее магнитное поле - как индуктивная связь через взаимоиндуктивность.

Раздел 9.1 Импульсный ИВЭ как источник электромагнитных помех

Импульсный ИВЭ как источник ЭМП создает на входных зажимах **симметричное** напряжение ЭМП $U_{п сим}$ и между каждым из силовых проводов и корпусом источника или землей $U_{п нс}$ **несимметричные** напряжения ЭМП (рис.9.1). Симметричные токи $i_{сим}$ замыкаются через нагрузочное для источника помех сопротивление (в данном случае - сопротивление питающей сети Z_c), а несимметричные $i_{п.нс1}$, $i_{п.нс2}$ — через сопротивление заземления ИВЭ $Z_з$ и паразитные емкостные связи C_n .

Симметричные токи в двухпроводной системе равны по значению, противофазны и циркулируют по определенной цепи, в связи с чем их нежелательное воздействие на аппаратуру ослабить легче, чем от несимметричных токов, уровни которых и фазы относительно друг друга в различных проводах, как правило, различны, а цепи их циркуляции четко не определены.

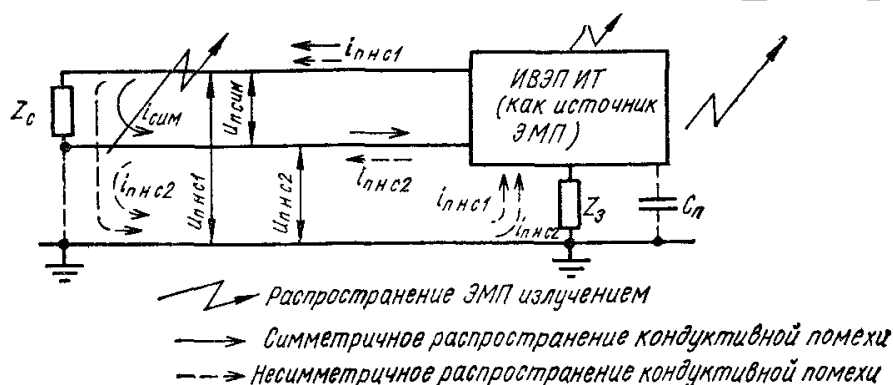


Рисунок 9.1

Контроль электромагнитной обстановки. Необходимость в замерах электромагнитной обстановки возникает в процессе эксплуатации, когда есть основания полагать, что затруднения и сбои в работе оборудования вызваны нарушением электромагнитной совместимости. Для установления причины нарушения ЭМС необходимо провести следующие измерения: напряженности электромагнитного поля в помещениях, напряжений в заземляющих проводниках, линиях связи и сетях электропитания в полосе частот от 10КГц до 80МГц; импульсных напряжений в сетях электропитания, линиях связи и заземляющих проводниках, возникающих в результате процессов коммутации в здании; параметров питающей сети; состояние заземлителя (заземлителей). Токи в нулевом защитном проводнике свидетельствуют о нарушениях в монтаже распределительной и групповой сетей. Потенциал на корпусах заземленного оборудования свидетельствует о нарушении (отсутствии) контакта в цепи заземляющих проводников. Небаланс токов в трехфазных кабелях с нулевым рабочим про-

водником (сумма должна быть равна нулю) свидетельствует о возникновении цепи для обратного тока по конструкциям здания (сторонним проводящим частям) или защитному проводнику РЕ.

Конструктивные способы и средства снижения ЭМП устраняют или ослабляют паразитные емкостные и индуктивные связи между ИВЭ и сетью, создают шунтирующие цепи для тока помехи, снижают уровень помех излучения. Это обеспечивается *рациональным размещением узлов друг относительно друга и корпуса ИВЭ, а также применением специальных экранирующих элементов.*

Например, установка *электростатических экранов* между обмотками трансформаторов силовой и управляющей цепей при соединении их с входной и выходной цепями трансформатора позволяет создать шунтирующую цепь для тока помехи внутри узлов ИВЭ, уменьшив ее составляющую, проходящую по корпусу и земле. *Заземление экранов и узлов должно выполняться проводом с минимальным полным сопротивлением.* Такими же низкоомными проводами следует выполнять *шины питания*. “Сигнальную”, “шумящую” и корпусную земли вместе соединять следует только в основном, т. е. сетевом, источнике питания.

Типичной ошибкой при создании ИВЭ является предположение, что поскольку в системе используются постоянные напряжения и сигналы звуковой частоты, то расположение компонент, длина соединительных проводов и методы заземления имеют второстепенное значение. Такой подход может легко привести к неправильной работе, что вызвано тремя причинами:

- Значительная часть энергии, обмен которой происходит в системе, приходится на высокие гармоники. В связи с этим, важными становятся паразитные параметры и эффекты, связанные с взаимным расположением компонент. Таким образом, часто приходится обращать внимание на расположение компонент устройства так, как это делается в удачных конструкциях блока настройки телевизора;

- В системе возможны очень высокие значения максимальных токов. Если эти максимальные токи протекают через точки подключения чувствительных частей схемы, то можно быть уверенным, схема будет работать неправильно;

- Схема имеет высокий коэффициент усиления. Когда компаратор находится между двумя состояниями насыщения, он ведет себя по существу как линейный усилитель. В отличие от большинства применений ОУ, усиление компаратора очень велико в течение коротких переходных процессов между состояниями насыщения, поэтому он очень чувствителен к появляющимся на входах паразитным сигналам. Высокий коэффициент петлевого усиления, имеющийся в высококачественном стабилизаторе, сам по себе вызывает проблемы со стабильностью. Не следует считать что, в связи с наличием в автоколебательном стабилизаторе положительной обратной связи, уже не нужно обращать внимание на появление паразитной положительной обратной связи, все это далеко не так. В системе остается отрицательная обратная связь, отрабатывающая сигнал рассогласования, которая должна удовлетворять критерию устойчивости любой замкнутой системы.

Рисунок 9.2 дает некоторые рекомендации по расположению компонент и методах заземления. Самое важное состоит в том, что фиксирующий диод и входной блокировочный конденсатор должны быть подключены к земле в одной точке, как можно дальше от базы переключающего транзистора. Эти компоненты не должны быть заземлены в той же самой точке, которая использована для конденсатора выходного фильтра. В этом случае по всему пространству между этой точкой заземления и нестабилизированным источником питания протекал бы большой уравнивающий ток, создающий индуктивные наводки в различных компонентах и проводниках. Входной блокировочный конденсатор не всегда изображается на принципиальной схеме, и в идеальном случае он не требуется. Но практически, этот компонент необходим, особенно, когда между нестабилизированным источником и переключающим транзистором имеется заметное расстояние. Поскольку диод Шоттки не накапливает неосновных носителей, у него отсутствует процесс восстановления и, казалось бы, он идеально удовлетворяет требованиям, предъявляемым к фиксирующему диоду, устраняя дополнительную нагрузку на переключающий транзистор при переходном процессе. Однако часто другие факторы препятствуют его использованию, такие как рабочая температура, номинальное напряжение и обратное сопротивление. Кроме того, при высоких частотах переключений, собственная емкость диода Шоттки может, по существу, оказывать то же самое влияние на форму сигнала при включении переключающего транзистора, что и процесс восстановления обычного диода.

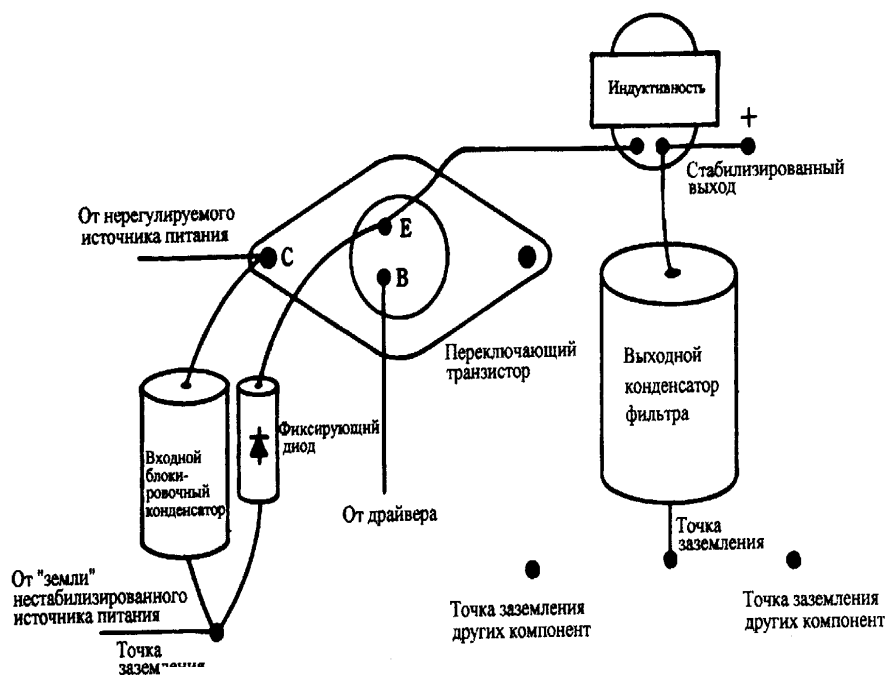


Рисунок 9.2

Периодически пов... перегрузка, вызванная фиксирующим диодом, представляет большую опасность для переключающего транзистора, хотя его средняя температура может остаться на приемлемом уровне. Хотя разрушение переключающего транзистора представляет собой энергетическое явление, можно напомнить о диэлектрическом пробое конденсатора при кратковременном превышении напряжения. Тепловая энергия, выводящая из строя и пере-

ключающий транзистор, и конденсатор, настолько локализована, что не представляется возможным обнаружить повышение температуры до их разрушения.

Мощный МОП-транзистор почти свободен от вторичного пробоя, независимо от того включается он или выключается. Здесь уместно слово «почти», потому что значительная энергия переходного процесса может, конечно, разрушить транзистор. Интересной особенностью является встроенный внутренний диод - паразитная *pn*-структура, возникающая в процессе изготовления транзистора. Она часто используется для протекания обратного тока или как «фиксирующий» диод в коммутаторах. Однако при частотах выше 100кГц этот диод может быть неподходящим из-за его медленного восстановления.

Выводы по разделу 9.1

Коммутационные процессы в силовых цепях импульсных источников питания это одна из основных причин нарушения электромагнитной совместимости системы электропитания и аппаратуры телекоммуникаций. На входных зажимах ИВЭ создаются симметричные и несимметричные кондуктивные помехи. Поэтому требуется контроль электромагнитной обстановки и установление причин ее нарушения.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные пути распространения помех?
2. Как распространяются кондуктивные помехи?
3. Как замыкаются симметричные и несимметричные токи помех?
4. Как осуществляется контроль электромагнитной обстановки?
5. Как отражается на ЭМС высокий коэффициент усиления ИВЭ?
6. Каковы рекомендации по расположению компонент и методах заземления ИВЭ?

Раздел 9.2 Защита оборудования от помех в системах электропитания

Помехоподавляющие фильтры (ППФ). Для ослабления кондуктивных помех дополнительно к внутренним мерам применяются специальные помехоподавляющие фильтры (ППФ). По своему назначению *ППФ* — это *широкополосные фильтры нижних частот (ФНЧ)*, пропускающие в идеальном случае беспрепятственно постоянный ток или ток промышленной частоты (50, 400Гц) и не пропускающие высокочастотные токи. Между полосой пропускания и затухания находится широкий промежуточный диапазон, поэтому ППФ обычно выполняются по сравнительно простым схемам индуктивно-емкостных фильтров типа *k*.

Схемы ППФ. Эффективность ППФ в значительной степени зависит от сопротивления генератора помех (см. рис.9.3, 9.4). Для несимметричной помехи это сопротивление велико. Оно определяется паразитной емкостью, составляющей от единиц до сотен пикофарад. Для симметричной помехи в бестрансформаторных ИВЭ это сопротивление определяется значением полного сопро-

тивления конденсатора входного фильтра (десятки микрофарад) и сравнительно невелико. Поэтому элементы фильтра, предназначенные для ослабления симметричных помех ($z_{ген.пом} < 150\text{Ом}$), начинаются (со стороны бестрансформаторных ИВЭ) с дросселя, а для несимметричных ($z_{ген.пом} \gg 150\text{Ом}$) — с конденсаторов. Если же и для симметричной помехи выходное сопротивление велико (трансформаторный ИВЭ), то симметричные и несимметричные конденсаторы устанавливаются параллельно (рис. 9.3). При ослаблении помех от высокоомного источника не более, чем на 10...30дБ достаточно применение только емкостных элементов. Однозвенные индуктивные фильтры обеспечивают подавление помех на 30...50дБ. Ослабление помех на 40...60дБ может быть достигнуто в двух-, трехзвенных LC-фильтрах.

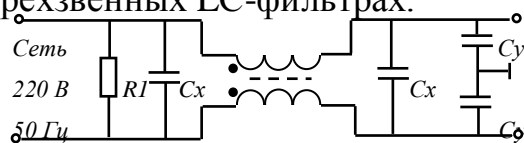


Рисунок 9.3

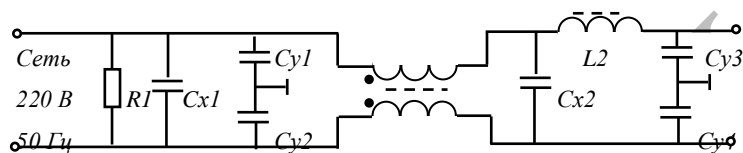


Рисунок 9.4

Схема фильтра, обеспечивающего в диапазоне частот 0,15...30МГц затухание в пределах 40дБ показана на рис. 9.3. Затухание до 60дБ в этом же диапазоне обеспечивает более сложный ППФ, схема которого приведена на (рис. 9.4).

При конструировании ППФ следует стремиться предельно уменьшать длину проводников от генератора помехи к ППФ. Фильтр целесообразно экранировать, используя в качестве экрана корпус. Несимметричные конденсаторы, как правило, проходные должны устанавливаться на корпусе в месте выхода (входа) проводов к фильтру. Внутри фильтр должен быть разделен экранными перегородками на отдельные отсеки, корпус (экран) фильтра должен быть сплошным без щелей. Целесообразно подключение проводов осуществлять с помощью экранированных разъемов.

Особенностью элементной базы ППФ является сохранение технических характеристик при работе в *широком диапазоне частот*. Эффективны широкополосные симметричные конденсаторы металлопленочные К73—21 (0,1...10мкф, $U_{раб} = 50, 160, 250, 500\text{В}$, $U_{\sim} = 127$ и 220В), включаемые в разрыв сети с током до 4...10А с помощью четырех выводов. В конденсаторе К.73 — 21 индуктивности выводов не оказывают отрицательное влияние, более того их используют как последовательный элемент фильтра. Для работы в цепях постоянного тока применяются конденсаторы типов К76—3, МБМ, КСО и др. Эффективность конденсаторных блоков на высоких частотах значительно возрастает, если на их выводы надеть ферромагнитные трубки или бусинки, обра-

зующие *дроссели безвиткового типа*. Для этой цели рекомендуется использовать ферритовые трубчатые сердечники типа М600НН — 2,8 X 0,8 X 12. Индуктивность таких дросселей составляет от десятых долей до нескольких микрогенри, резонансная частота - выше 10МГц.

Роль оборудования электропитания в обеспечении ЭМС. Одним из наиболее универсальных средств обеспечения электромагнитной совместимости являются ИБП. ИБП типа on-line обеспечивают практически полную защиту оборудования от кондуктивных (поступающих по проводнику) помех. Однако при возникновении индуктивных (излучаемых) помех добиться качественного функционирования оборудования только применением ИБП не удастся. В некоторых случаях это связано с явлениями “блуждающих токов”, вызываемых протеканием обратных токов нагрузки по элементам конструкции здания при построении электрических сетей общего назначения по четырехпроводной схеме ТТ-С. Индуктивные помехи могут иметь источники как индустриального происхождения — электрооборудование и электронные системы, так и природного — грозы и электромагнитные возмущения в атмосфере. Сам источник бесперебойного питания и ДГУ являются источником индустриальных помех, и приходится прибегать к специальным мероприятиям по ограничению искажений от ИБП для обеспечения совместной работы с ДГУ и другим электрооборудованием.

Выводы по разделу 9.2

Для ослабления кондуктивных помех применяются специальные помехоподавляющие фильтры (ППФ). Тип ППФ и его элементы определяются видом помех, для ослабления которых они применяются. Элементная база ППФ имеет свои особенности. В ряде случаев улучшить электромагнитную совместимость позволяет использование ИБП.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие помехи ослабляют помехоподавляющие фильтры?
2. Какие элементы ППФ используются для ослабления симметричных, а какие – несимметричных помех?
3. Какова особенность элементной базы ППФ?
4. Какова роль оборудования электропитания в обеспечении электромагнитной совместимости?

Заключение

Гарантированное качество системы электроснабжения — основа надежного функционирования телекоммуникационных систем. Отказоустойчивые системы электроснабжения объединяют в себе понятия систем бесперебойного, гарантированного и общего электроснабжения. Система общего электроснабжения предприятия телекоммуникаций, или СОЭ, включает в себя трансформаторную подстанцию с соответствующим оборудованием. Качество электроснабжения от СОЭ во многом зависит от электроснабжающей организации.

СГЭ и СБЭ — резервные аварийные системы электроснабжения. Экономия средств при их создании вряд ли оправдана. Резервным источником энергии СГЭ является автоматизированная дизельная электростанция. Резервным источником энергии СБЭ является аккумуляторная батарея. На телекоммуникационном предприятии обычно имеются СБЭ как постоянного, так и переменного тока. Последние включают источники бесперебойного питания ИБП различного типа и назначения. Оборудование электропитания СБЭ как правило, имеет средства мониторинга и защиты. Локальные средства мониторинга используются для создания системы диспетчеризации электроснабжения (СДЭ) всего предприятия.

Электромагнитная совместимость должна обеспечиваться проектными решениями и применением сертифицированного оборудования. Большую роль играет электромагнитная совместимость источников электропитания с системой электроснабжения. Для обеспечения ЭМС используются активные корректоры коэффициента мощности, помехоподавляющие фильтры, экранирование оборудования и другие средства.

Грамотная техническая эксплуатация оборудования и специально обученный персонал — основная составляющая надежности электроснабжения потребителей.

Список литературы

1. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: Учебное пособие для вузов / В.М.Бушуев, В.А.Деминский, Л.Ф.Захаров и др. – М.:Горячая линия – Телеком, 2009. – 384 с
2. .Воробьев А.Ю. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем. — М.: Эко-Трендз, 2002. — 280 с.: ил.
3. ГОСТ 13109-87. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения.
4. Приказ Мининформсвязи РФ от 11.10.2007 N 115. "Об утверждении требований к построению телефонной сети связи общего пользования в части обеспечения надежности электроснабжения средств связи, выполняющих функции систем коммутации, точек присоединения и базовых станций сетей подвижной связи".
5. Modular Power Supply. MPS. – Режим доступа: <http://www.iskratel.com> - Загл. с экрана.

6. Выпрямительная система "РоМо MPS" – Режим доступа: <http://www.efore.com> - Загл. с экрана.
7. Цифровые системы коммутации для ГТС / под ред. Карташевского В.Г, Рослякова А.В. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 352
8. Климов В.П., Портнов А.А., Зуенко В.В. Топологии источников бесперебойного питания переменного тока, Электронные компоненты, №7, 2008
9. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. Москва Техносфера, 2005 г. 632 с.
10. Ермаков С.И., Костиков А.В. Комплексное решение электропитания в контейнерном исполнении. "Вестник связи" № 2, 2002 г.
11. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание. – СПб.: Из-во ДЕАН, 2002. - 176 с.
12. Интегральные микросхемы. Микросхемы для импульсных источников питания и их применение / Ред. Перебаскин А. В. – М.: «Додека», 1998, 224 с.
13. Статические агрегаты бесперебойного питания/ Г. Г. Адамия, Е. И. Беркович, А. С. Картавых и др.; Под ред. Ф. И. Ковалева. — М.: Энергоатомиздат, 2009. — 288 с.
14. Лазученков А. Построение современных систем электропитания // Компоненты и технологии, 2008. Вып. 1. С. 8–9.
15. Промышленные батареи. Правила эксплуатации, контроля и ухода для свинцовых стационарных аккумуляторов OPzS. Специальное издание 5 20 06. Германия.1991г. – 20с
16. Промышленные батареи. Правила эксплуатации, контроля и ухода для свинцовых стационарных аккумуляторов OPzV. Специальное издание 5 20 06. Германия.1991г. –15с.
17. Цыркин М.И., Гольдинер А.Я., Тюляков К.А. Совместная работа дизельной электростанции (ДЭС) и источника бесперебойного питания (ИБП). (Системы "ДЭС-ИБП"). Двигателестроение, 2009, № 2.
18. ОСТ 45.183-2001. Стандарт отрасли. Установки электропитания аппаратуры электросвязи стационарные. Общие технические требования.
19. Единичный коэффициент мощности уменьшает риск перегрузки системы бесперебойного питания. American Power Conversion.<http://www.apc.ru>

Глоссарий

А

Автономный генератор - локальный преобразователь механической или какой-либо другой энергии в электрическую, например, дизель-электрогенератор, ветро-электрогенератор и т.д.

Автономный режим работы ИБП - режим, при котором ИБП питает нагрузку от встроенного аккумулятора.

Активный фильтр - любое сложное силовое электронное устройство, предназначенное для предотвращения искажения синусоидальности кривой.

Активный корректор коэффициента мощности - импульсный регулятор, обеспечивающий требуемую синусоидальную форму тока во входной цепи источника питания

"Аварийный" (автономный) режим работы - режим работы ИБП, при котором критичная нагрузка питается энергией аккумуляторных батарей, преобразованной в переменное напряжение.

Активная мощность - полезная мощность, отбираемая любой нагрузкой из электросети, и идущая на дальнейшее преобразование в любой другой вид энергии (механическую, тепловую, электрическую, электромагнитную и др.). Единица измерения: W (ватт).

Б

Бестрансформаторный вход - используется в источниках питания, в которых отсутствует трансформатор, работающий на частоте питающей сети.

Бустер - устройство, позволяющее повышать или понижать выходное напряжение за счет переключения обмоток автотрансформатора. Применяется в линейно-интерактивных ИБП.

В

Время переключения ИБП - время перехода ИБП в автономный режим и обратно. У аппаратов класса Off-line и Line-interactive составляет от 5 до 20 мсек. (и более), может вызывать сбои в подключенной нагрузке. В аппаратах класса On-line время переключения не существует (равно нулю).

Выбег частоты - изменение частоты более чем на 3 Гц.

Высокочастотный шум - высокочастотные помехи, передаваемые по электросети.

Высоковольтные выбросы - резкое увеличение напряжения до 6 кВА продолжительностью от 10 до 100 мСек.

Виртуальная батарея - технология, при которой основная батарея включается в работу при авариях сетевого напряжения длительностью более 1...2 с.

Выпрямитель - устройство, преобразующее переменное напряжение электросети в постоянное.

Г

Гальваническая развязка - цепи, не имеющие замкнутой электрической связи между входом и выходом. Гальваническая развязка осуществляется трансформаторами, либо оптоэлектронными приборами.

Д

Дизель-генераторная установка (ДГУ) - устройство, использующее механическую энергию топливных двигателей для питания нагрузки в "аварийном" режиме.

Е

Емкость аккумулятора - способность накапливать и отдавать электроэнергию постоянного тока (измеряется в Ампер-часах или Ватт-часах).

З

Заземление - проводящий проводник, посредством которого электрическая цепь или оборудование преднамеренно или случайно соединяется с землёй или

с каким-либо проводящим телом относительно большого размера, служащим вместо земли.

И

Инвертор - преобразователь постоянного напряжения в переменное. В ИБП класса Off-line инвертор работает только в автономном режиме ИБП. В ИБП класса On-line он работает в любом режиме (кроме Ву-pass), получая на свой вход в автономном режиме питание от аккумуляторов, а в нормальном режиме - от входной сети после выпрямления и стабилизации входного переменного напряжения.

Источник бесперебойного питания, ИБП - устройство, поддерживающее выходное напряжение при наличии перерывов во входном напряжении.

Источник вторичного электропитания (ИВЭ) - маломощный преобразователь, подающий электроэнергию требуемого качества непосредственно к электрическим цепям телекоммуникационной и другой аппаратуре.

Искажение синусоидальности тока - искажение кривой переменного тока.

Исчезновение напряжения - полное пропадание напряжения на время, большее 2 периодов.

К

Коэффициент нелинейных искажений - КНИ (или коэффициент несинусоидальности) определяет веса высших гармоник переменного напряжения по отношению к основной гармонике. Чем КНИ меньше, тем ближе форма напряжения к чистой синусоиде.

Коэффициент мощности – отношение активной потребляемой мощности к полной, содержащей весь спектр гармоник потребляемого несинусоидального тока

Критическая нагрузка - устройства и оборудование, неудовлетворительная работа которых угрожает здоровью или безопасности персонала и/или приводит к потере функциональных возможностей, считающимся пользователем критическими.

Крест-фактор (Crest Factor), - отношению амплитудного значения к действующему значению напряжения.

Л

Линейная нагрузка - нагрузка, в которой ток и напряжение связаны между собой линейным законом, например: нагреватели, электролампы, электродвигатели и т.д.

Локальная вычислительная сеть, ЛВС - два или более компьютеров, соединенные между собой для обмена данными.

М

Мощность ИБП - мощность, которую может обеспечить ИБП для питания нагрузки. Различают полную (S) и активную (P) мощности. Для компьютерных нагрузок они связаны между собой примерным соотношением $S [VA] = 1.4 * P [W]$.

Н

Нелинейная нагрузка - нагрузка, в которой ток и напряжение связаны между собой нелинейным законом, например: компьютер, монитор, т.е. любая цепь, в которой присутствуют полупроводниковые элементы.

"Нормальный" режим работы - режим работы ИБП, при котором критичная нагрузка питается энергией напряжения электросети, а аккумуляторные батареи находятся в режиме подзарядки.

О

Однофазные и трехфазные ИБП - ИБП по своей конфигурации различаются на три вида:

- однофазный вход - однофазный выход 1:1
- трехфазный вход - однофазный выход 3:1
- трехфазный вход - трехфазный выход 3:3

Отклонение частоты - уменьшение или увеличение частоты питания. Длительность отклонения частоты может составлять от нескольких периодов напряжения питания до нескольких часов.

Основная гармоника - первая гармоника (50 или 60 Гц) в разложении периодической величины в ряд Фурье.

П

Полная мощность - кажущаяся суммарная мощность, потребляемая нагрузкой (например, ИБП) и учитывающая активную и реактивную составляющие мощности, а также отклонение формы тока и напряжения от гармонической. Вычисляется как произведение среднеквадратичных значений входного тока и напряжения. Единица измерения: VA (вольт-ампер).

Провал напряжения - понижение действующего значения напряжения на 20-25% в течение одного или более циклов.

Повышение напряжения - увеличение действующего значения напряжения более чем на 10% в течение одного или более циклов.

Понижение напряжения. - устойчивое снижение действующего значения напряжения, продолжающееся сравнительно долго.

Р

Рабочая станция - любой сетевой компьютер, не являющийся сервером.

Режим Ву-Pass - только для ИБП класса On-line. В этом режиме нагрузка питается непосредственно от сети отфильтрованным и защищенным от выбросов напряжением. Позволяет повысить надежность и избежать применения ИБП большей, чем это необходимо, мощности.

С

Система (сеть) общего электроснабжения (СОЭ) - является системой электроснабжающей организации.

Система гарантированного электроснабжения (электропитания) СГЭ - электроустановка, осуществляющая электроснабжение нагрузки от резервной АДЭС в случае отключения внешнего электроснабжения.

Система бесперебойного электроснабжения (электропитания) СБЭ - электроустановка, осуществляющая электроснабжение нагрузки в случаях отключения основных источников внешнего электроснабжения за счет энергии, накопленной в аккумуляторах, на время до восстановления внешнего электроснаб-

жения или включения резервных (аварийных) источников системы гарантированного электроснабжения (АДЭС).

Стабилизация (напряжения и др.) - способность поддерживать какую-либо величину как можно ближе к номинальной, измеряется в процентах.

Т

Трансформаторная подстанция предприятия связи - электроустановка, понижающая напряжение от 6кВ или 10кВ до 0,4кВ

Ф

Фильтрация напряжения - очищение или выделение основной кривой, в частности, синусоиды на фоне шумов и различных помех.

Форма напряжения - закономерность изменения величины напряжения. В идеальном случае синусоидальная форма, т.е. подчиняющаяся закону $U=U_m \sin \omega t$.

Ч

Частота напряжения - количество циклов изменения знака напряжения за 1 секунду.

Частотная характеристика - применительно к качеству электрической энергии обычно означает зависимость сопротивления системы или измерительного преобразователя от частоты.

Э

Энергосистема (ЭС) это совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой.

Электрическая сеть - совокупность электроустановок для передачи и распределения энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

Электромагнитная совместимость - свойство оборудования не создавать помех работе другого оборудования.

Электромагнитная совместимость - способность устройства, оборудования или системы удовлетворительно функционировать в электромагнитной среде без создания недопустимых электромагнитных возмущений (помех) каким-либо другим устройствам в этой среде.