

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**  
**АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**  
**«ТЕХНИКУМ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**  
**ИМЕНИ АЛЕКСАНДРА ВАСИЛЬЕВИЧА ВОСКРЕСЕНСКОГО»**

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**

**Дисциплина ОП.08 Энергоснабжение телекоммуникационных систем**  
**программы подготовки специалистов среднего звена**  
**специальность 11.02.15 Инфокоммуникационные сети и системы связи**  
**квалификации выпускника – специалист по монтажу и обслуживанию**  
**телекоммуникаций**  
Форма обучения - очная

2024 г.

## Практическая работа №1 Расчет параметров аккумуляторных батарей (АБ)»

**Цель работы:** Изучение работы АБ и способов расчета их параметров.

### Теоретический материал

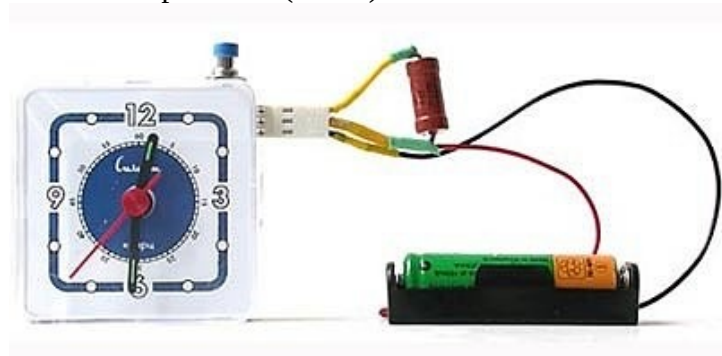
Аккумуляторная батарея представляет собой источник тока многократного использования. Ее особенность заключается в цикличности: зарядив батарею, ее можно использовать установленное производителем количество часов. Разряженную батарею легко зарядить с помощью специального зарядного устройства. Время заряда связано с параметрами источника, а количество циклов “заряд-разряд” напрямую зависит от типа и особенностей АКБ.

### Что такое емкость и зачем нужен этот показатель?

Емкость аккумуляторной батареи - ее ключевая характеристика. Она влияет на стоимость устройства, область применения (от бытовых нужд до медицинских), срок службы.

Эта характеристика отображает длительность временного промежутка, на время которого батарея будет полноценно питать соответствующее устройство (пульт, телефон и т.д.) и обеспечивать его автономную работу. Иными словами, емкость АКБ - это максимальное количество электрической энергии, которое батарея способна накапливать за 1 полный цикл заряда.

Единица измерения емкости АКБ - амперы в час (А\*ч), а для батарей высокой мощности - миллиамперы в час (мА\*ч).



### Основные понятия, которые связаны с расчетом емкости АКБ

С определением емкости АКБ связаны несколько терминов, среди них ток разряда аккумулятора, энергетическая и резервная емкость и прочие. Рассмотрим основные из них.

#### 1. Зависимость емкости АКБ от тока разряда

При подключении к аккумулятору защищенной нагрузки без преобразователя, величина тока не меняется. При этом время работы АКБ будет выглядеть как соотношение емкости к току.

В виде формулы эта зависимость выглядит следующим образом:

$$Q = I \cdot T,$$

где Q – емкость аккумулятора (А\*ч или мА\*ч);

I – постоянный ток разряда аккумулятора (А);

T – время разряда батареи (ч).

#### 2. Зависимость емкости АКБ от энергии

Способность к накоплению энергии батареями связана с напряжением: чем оно больше, тем больше энергии накопит АКБ. Таким образом, электрическая энергия определяется как произведение тока, напряжения и времени:

$$W = I \cdot U \cdot T,$$

где W – энергия, накопленная батареями (Дж);

U – напряжение аккумулятора (В);

I – постоянный ток (А);

T – время разряда (ч).

#### 3. Энергетическая емкость

Под этим понятием подразумевается энергия, которую отдает полностью заряженный аккумулятор при разряде до минимального напряжения. Для расчета энергетической емкости используют формулу:

$$Q = W/4$$

где Q – емкость аккумулятора (А\*ч);

W – энергетическая емкость аккумулятора (Вт/элемент).

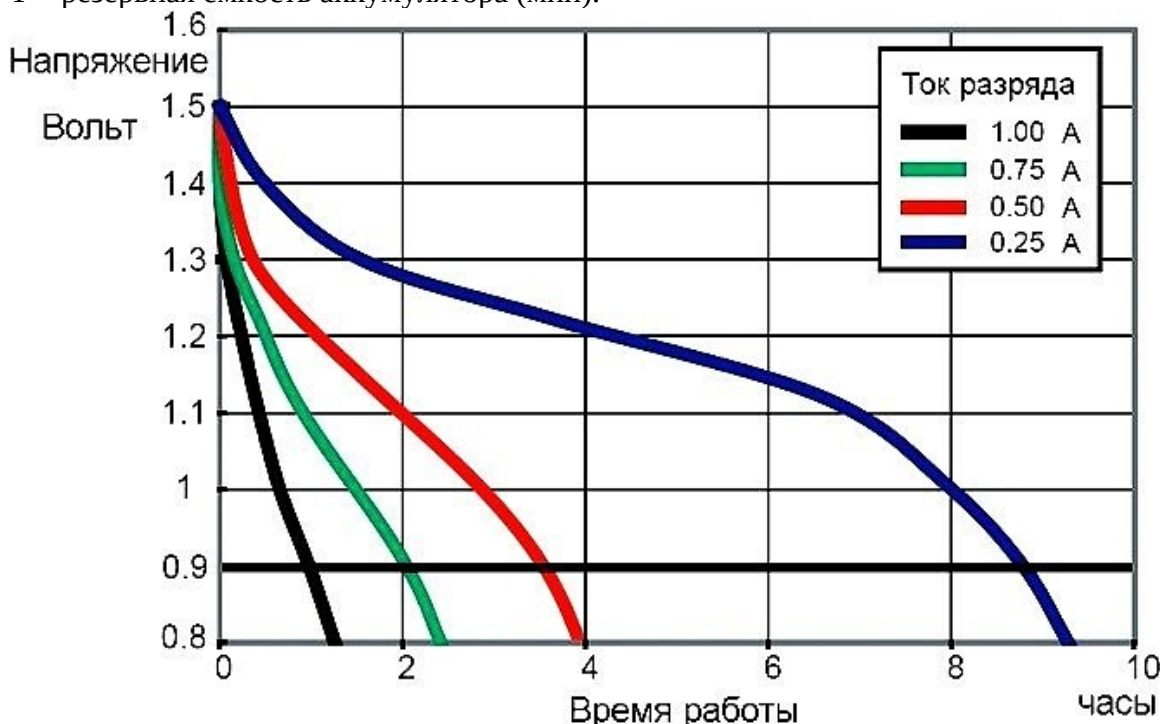
#### 4. Резервная емкость

Этот термин используется при расчете емкости автомобильных аккумуляторов. Он описывает способность АКБ питать электрооборудование автомобиля, когда встроенный генератор не функционирует. Резервная емкость рассчитывается следующим образом:

$$Q = T/2$$

где Q – емкость аккумулятора (А\*ч);

T – резервная емкость аккумулятора (мин).



#### Расчет емкости аккумуляторной батареи

Измерение объема батареи необходимо в случае определения количества энергии для продолжительной автономной работы любых устройств (к примеру, для ноутбука, смартфона и т.д.);

Для того чтобы определить емкость АКБ, необходимо применить стандартную формулу:

$$Q = (P * t) / V * k,$$

где Q - рассчитываемая емкость АКБ (А\*ч или мА\*ч);

P – нагрузочная мощность (Вт);

t - временной промежуток резервирования (ч);

V - напряжение батареи (В);

k - коэффициент, отображающий какая часть емкости АКБ используется.

Значение k компенсирует ситуацию неполного заряда батареи. К слову, полный разряд после нескольких полных циклом работы существенно увеличивает работоспособность устройства.

#### Пример расчета

Для того чтобы провести подсчет емкость батареи смог даже новичок, рассмотрим следующую задачу.

Мы имеем критическую нагрузку 500 Вт, которая требует резервирования на протяжении 3 часов, а также стандартное напряжение 12 В. Сперва посчитаем емкость для батареи, которая разряжается на 70 процентов, а потом заряжается. Это будет выглядеть следующим образом:

$$Q = 500 * 3 / 12 * 0,7 = 178,6 \text{ А*ч.}$$

Так рассчитывается минимальная емкость. Чаще всего следует считать объем АКБ с небольшим запасом (например, 20%). В таком случае батарея проработает максимальное количество времени. Расчет будет выглядеть так:

$$Q = 178,6 \cdot 1,2 = 214,3 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

### Задание

Рассчитать емкость аккумуляторной батареи согласно варианта

№ варианта	Нагрузка (Вт)	Время работ(час)	Стандартное напряжение (В)	Емкость батареи (Q)100
1	100	6	12	
2	150	8	48	
3	200	12	24	
4	50	24	36	
5	180	4	12	
6	250	18	16	
7	100	20	24	
8	150	26	36	
9	200	8	12	
10	50	14	48	
11	180	16	24	
12	250	12	36	
13	100	16	12	
14	150	100	16	
15	200	150	24	
16	50	200	36	
17	180	50	12	
18	250	180	48	
19	100	250	24	
20	150	20	36	
21	200	26	12	
22	50	8	16	
23	180	14	24	
24	250	16	36	

### Отчет

1. Представить результаты расчетов
2. Ответить на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы.

1. Какие устройства называют аккумуляторами.
2. Какие бывают аккумуляторы.
3. Как устроен аккумулятор.
4. Что называют плотностью раствора.
5. Что представляет собой разряд аккумулятора и от чего он зависит.
6. Какие величины характеризуют работу аккумулятора.

## Практическая работа № 4

### ТЕМА: Эксплуатация электропитающей установки аппаратуры электросвязи

#### Теоретический материал

#### 1. Структурная схема системы электропитания предприятия связи

Предприятия многоканальной электросвязи питаются напряжением как постоянного, так и переменного тока. Существуют следующие градации напряжения:

1. Электропитание аппаратуры линейно-аппаратного цеха (ЛАЦ) узла связи, а также пунктов регенерации (промежуточных, оконечных и узловых) кабельных и воздушных магистралей связи должно осуществляться напряжением  $-24В \pm 3\%, \pm 10\%$  постоянного тока.
2. Питание накальных цепей ламповой аппаратуры осуществляется напряжением  $-21,2В \pm 3\%$ .
3. Питание анодных цепей аппаратуры дальней связи должны питаться напряжением  $+206В \pm 3\%$ .
4. Питание радиорелейных линий связи обеспечивается напряжением  $-24В \pm 3\%, \pm 10\%$ .

При внедрении волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) переходят к уровням напряжения питания :  $\pm 48 В$ ,  $\pm 400 В$  и структура системы питания приближается к системе электропитания автоматической электросвязи. Дистанционное питание при этом ликвидируется. В ГОСТе 5237-83 оговариваются требования по качеству питающих напряжений, основные из них: действующее напряжение пульсации в полосе до 300 Гц лежит в диапазоне от 100 до 250 мВ, в полосе частот от 300 Гц до 20 кГц пульсации лежат в диапазоне от 5 до 25 мВ. Существуют также требования к динамическим показателям: напряжение питания может отклоняться от установившегося значения в пределах до  $+20\%$  за время 0,4 с., при отклонении  $+40\%$  от установившегося значения за время не более 5 мс.

## **2. Требования к системе электропитания**

Система электропитания должна

- быть *эффективной* с точки зрения преобразования энергии (высокий к.п.д и коэффициент мощности). Для этого источники электропитания строятся с бестрансформаторным входом по импульсной технологии (высокая частота преобразования);
- обеспечивать *гарантированную и бесперебойную* подачу электроэнергии. Для этого используются резервные источники энергии (аккумуляторные батареи, дизель-генераторные установки, солнечные установки и т.д., а также обеспечивать два ввода);
- быть *надёжной*. Это достигается применением различных способов защиты системы питания (предохранительная, контакторная, быстродействующая - электронная). Кроме того, используется резервное оборудование (преобразователи) при параллельной их работе. Внедряется микропроцессорное управление режимами работы системы питания. Для обеспечения области безопасной работы ключевых элементов преобразователей используется режим "мягкой коммутации" и т.д..
- предусматриваться *возможность модернизации* отдельных блоков в течение 5...10 лет без замены основного оборудования;
- быть по мере возможности *не обслуживаемой*. Для этого вводятся компьютерные технологии: в блоке управления имеет место интерфейс и микроконтроллер с выходом на дисплей пользователя.

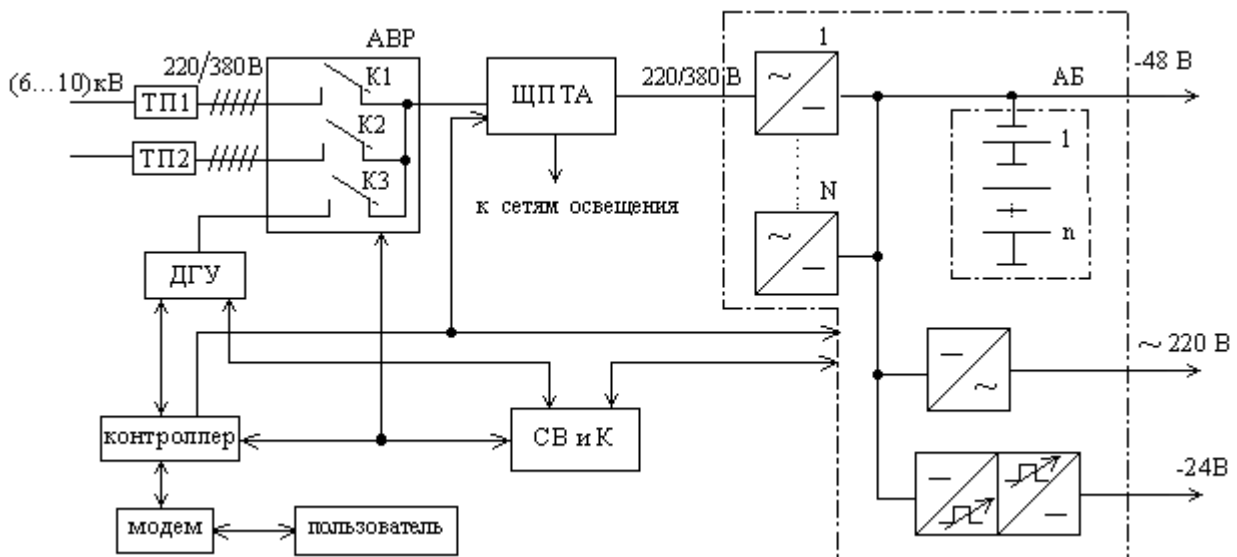
## **3. Структурная схема электроустановки**

*Электрическая установка* – это комплекс сооружений на территории предприятия связи и в производственных помещениях, обеспечивающий функционирование предприятия связи, как в нормальных так и в аварийных режимах его работы.

*Электроустановка включает* в себя следующее оборудование:

- дизель-генераторные установки (ДГУ);
- трансформаторные подстанции (ТП);
- электропитающие установки (ЭПУ);
- система вентиляции и кондиционирования воздуха;
- электросети освещения.

*ЭПУ* – это комплекс оборудования, предназначенного для распределения и резервирования электрической энергии, а также ее регулирование и преобразование для удовлетворения требований по качеству питающих напряжений. ЭПУ включает в себя конверторы напряжения, аккумуляторные батареи, инверторы и токораспределительную сеть (ТРС).



Система питания должна предусматривать два ввода (фидера) от двух независимых трансформаторных подстанций. Трансформаторная подстанция бывает открытого и закрытого типа. Она обеспечивает понижение напряжения от (5...10) кВ до 220/380В.

На трансформаторной подстанции находятся масляные выключатели, которые позволяют размыкать высоковольтные линии электропередачи без снятия нагрузки. Размыкание происходит при прохождении тока через ноль, что позволяет уменьшить уровень перенапряжения. Кожух масляного выключателя заполняется маслом, что позволяет гасить искру. Кроме того, на ТП устанавливаются разъединители, которые представляют собой рубильники с изоляторами. Трансформаторы ТП устанавливаются на изолированных опорах. Вторичные цепи трансформаторов ТП должны быть включены по схеме звезда с нулевым проводом.

АВР - автоматический ввод резерва, осуществляет переключение на резервный фидер в случае пропадания напряжения на основном фидере. При выходе из строя обоих фидеров осуществляется подключение дизель-генераторной установки автоматически или ручным способом при помощи размыкателя. Существуют два способа запуска ДГУ: сжатым воздухом или с помощью электрического стартера. Запуск дизеля должен произойти за (1...3) минуты. Разрешается запускать его с помощью стартера до 3-х раз (по 5...6 с). Это обусловлено возможностью выхода из строя стартерных аккумуляторов. Мощность ДГУ лежит в пределах от 8кВт до 1500кВт. В системах электропитания чаще всего используется два ДГУ, один – основной, другой резервный.

ЩПТА – щит переменного тока автоматизированный, обеспечивает ввод и распределение по потребителям токоведущих шин. На передней панели ЩПТА расположены измерительные приборы (вольтметр, амперметр, ваттметр, измеритель  $\cos\varphi$ ) для контроля коэффициента мощности  $\cos\varphi$  и полной мощности  $S$ .

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + Z^2},$$

где,  $S$  – полная мощность,  $P$  – активная мощность;  $Q$  – реактивная мощность,  $Z$  – составляющая мощности, учитывающая не синусоидальное потребление тока из сети. Полный коэффициент мощности нагрузки  $\cos\varphi$  определяется из выражения:

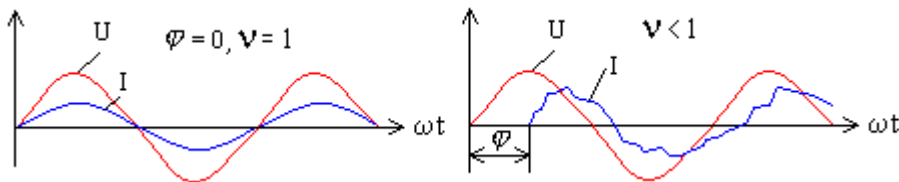
$$\cos\varphi = \frac{P}{S},$$

где  $n$  - коэффициент, учитывающий не синусоидальность потребляемого тока и равен

$$n = \frac{I_{U(1)}}{\sqrt{I_{U(1)}^2 + I_{U(2)}^2 + \dots + I_{U(n)}^2}}$$

$j$  - учитывает фазовый сдвиг первой гармоники тока по отношению к напряжению сети.

Для обеспечения минимальной оплаты за энергопотребление необходимо, чтобы  $\cos\varphi = 1$ , при этом также исключается влияние на источник электроэнергии.



Расчет за электрическую энергию осуществляется по показателям, снимаемым с ЩПТА по одна -, двух - или трех - ставочным тарифам в зависимости от мощности потребления и категории предприятия. Одноставочный тариф учитывает только показания ваттметра (P), т.е. расчет производится за 1 кВт электроэнергии по показаниям счетчика. Двухставочный тариф учитывает помимо P расходы за полную мощность S. Трехставочный тариф учитывает три составляющие мощности P, S и Q.

*Блок выпрямительного устройства -*



преобразует напряжение переменного тока в напряжение постоянного тока и допускает параллельную работу для увеличения тока нагрузки. Существует два режима работы выпрямительного устройства:

- режим стабилизации напряжения для питания аппаратуры связи и подзарядки аккумуляторных батарей;
- режим стабилизации тока для заряда аккумуляторных батарей после аварии.

*Инвертор напряжения -*



преобразует напряжение постоянного тока в напряжение переменного тока прямоугольной или синусоидальной формы и обеспечивает его стабилизацию.

*Конвертор напряжения (или преобразователь постоянного напряжения)*



– это преобразователь постоянного напряжения одного уровня в постоянное напряжение другого уровня. Конвертор напряжения включает в себя инвертор напряжения и выпрямитель. Промежуточным звеном является - высокочастотный трансформатор. Конвертор напряжения может выполнять одну из двух функций в системе электропитания:

- формировать дополнительные градации напряжения;
- обеспечивать вольтдобавку к напряжению аккумуляторной батареи при ее саморазряде в аварийном режиме работы системы электропитания.

*Аккумуляторная батарея (АБ)* – химический источник постоянного тока. Используется в качестве резервного источника энергии в аварийном режиме работы системы электропитания до момента запуска ДГУ.

*Контроллер* следит за скоростью вращения генератора ДГУ, уровнем напряжения, наличием воздуха, топлива и воды, масла, за давлением масла, которое используется для смазки ДГУ, за повышением температуры воды и т.д. Контроллер также обеспечивает выравнивание токов на выходе выпрямителей для повышения надежности системы, и переход из режима стабилизации тока в режим стабилизации напряжения по информации поступающей от устройств контроля состояния АБ.

*Система вентиляции и кондиционирования воздуха (СВ и К)* обеспечивает нормальное функционирование (что также повышает надежность системы) преобразователей напряжения, ДГУ, аккумуляторных батарей. СВ и К регулирует процессом охлаждения или подогрева отдельных устройств. При зарядке аккумуляторной батареи происходит выделение газов в окружающую среду, поэтому необходимо производить очистку воздуха

для обеспечения нормальной жизнедеятельности персонала. СВ и К обеспечивает циркуляцию воздуха и очистку от вредных примесей.

Модем предназначен для передачи на обработку, информации о состоянии системы электропитания в сервисный центр обслуживания по телефонным каналам.

#### 4. Режимы работы системы электропитания

*Нормальный режим:* электропитание аппаратура связи получает по цепи: основной фидер, замкнутый контакт (К1), АВР, ЩПТА, выпрямители и ответвления на конвертор напряжения, инвертор напряжения и аккумуляторную батарею. Если нестабильность сети выходит за нормы допустимые для питающего оборудования или аппаратура связи предъявляет высокие требования к питающим напряжениям переменного тока, то инвертор напряжения включается и в нормальном режиме работы. В этом режиме происходит подзаряд АБ от выпрямителя.

*Аварийный режим:* до момента запуска ДГУ питание основного оборудования осуществляется от АБ постоянным током. Аппаратура, питающаяся переменным током подключается к инвертору напряжения. При пропадании питания от одного из фидеров сразу же происходит запуск ДГУ. После окончания его запуска питание аппаратуры связи протекает по тому же пути, как и в нормальном режиме (только вместо К1 или К2 замыкается К3). После запуска ДГУ происходит отключение АБ.

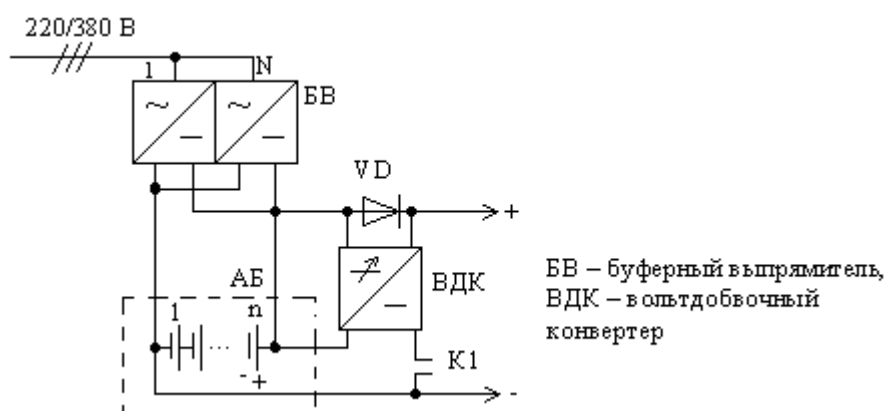
*После аварийный режим:* происходит восстановление элементов АБ в режиме стабилизации тока при подключении одного из фидеров.

#### 5. Модификации системы электропитания в цепи постоянного тока

На предприятиях связи используются три модификации системы электропитания на стороне постоянного тока:

1. Буферная система электропитания.
2. С отделенной от нагрузки АБ.
3. Безаккумуляторная система электропитания.

#### Буферная система электропитания



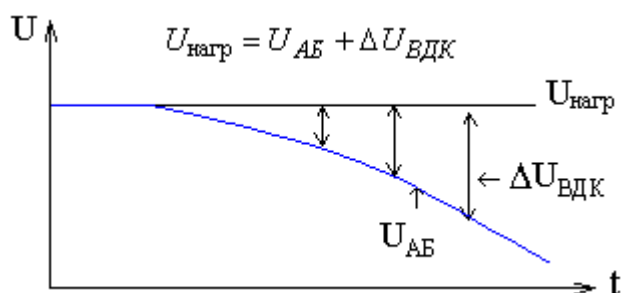
Преимуществом буферных систем электропитания является: использование сглаживающих свойств АБ, что значительно уменьшает габаритные размеры сглаживающих фильтров, установленных на выходе БВ.

Недостатком данной системы является воздействие импульсной нагрузки на АБ, что снижает срок службы и, особенно, герметичных аккумуляторов.

Диод (VD), установленный во внешнюю цепь необходим для обеспечения непрерывного протекания тока в момент срабатывания контактора К1. Недостатком использования является увеличение потерь в схеме конвертора напряжения. Существуют схемы подключения конвертора напряжения без использования диода, но с двумя контакторами. В такой схеме имеет место более высокий КПД, но при этом снижается надежность системы.

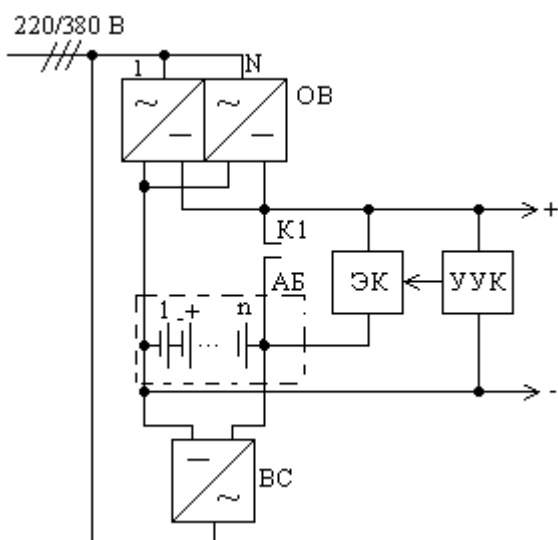


При саморазряде АБ ВДК добавляет недостающую долю напряжения для обеспечения стабилизации напряжения в нагрузке.



В нормальном режиме работы контактор К1 разомкнут, элементы АБ поддерживают нормальное состояние от БВ, одновременно обеспечивается питание основного оборудования от выпрямителя. В аварийном режиме замыкается контактор К1 и выход ВДК соединяется последовательно с АБ, вход ВДК при этом подключается к выходу АБ.

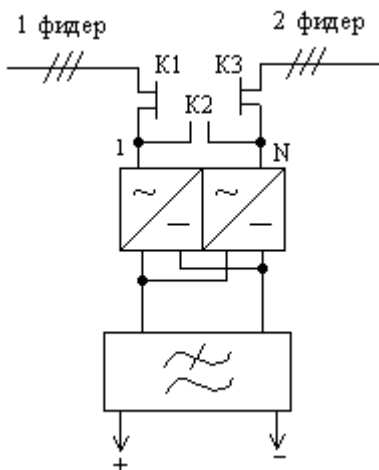
### С отделенной от нагрузки АБ



Достоинством данной системы электропитания является отсутствие влияния импульсной нагрузки на работу АБ. К недостаткам можно отнести: низкий КПД основного выпрямителя (ОВ) за счет больших габаритных размеров сглаживающих фильтров и дополнительного выпрямителя- выпрямителя содержания (ВС) элементов АБ.

В нормальном режиме работы системы электропитание аппаратуры обеспечивается за счет ОВ, элементы АБ подзаряжаются от ВС. Устройство управления ключом (УУК) контролирует напряжение в нагрузке. При снижении его ниже допустимой нормы срабатывает электронный ключ (тиристорный или транзисторный) и подготавливается замыкание контактора К1. Преимуществом данной системы является содержание элементов АБ от отдельного выпрямителя, что предоставляет возможность перехода в режим стабилизации по току не только в после аварийном режиме, но и при работе системы на нагрузку.

### Безаккумуляторная система электропитания



Данная система электропитания требует наличие не менее трех независимых источников энергии, один из которых дизель- генератор. В этой системе всегда работает парное число выпрямителей (при этом улучшается форма потребляемого тока) и они должны быть загружены не более чем на 50%.

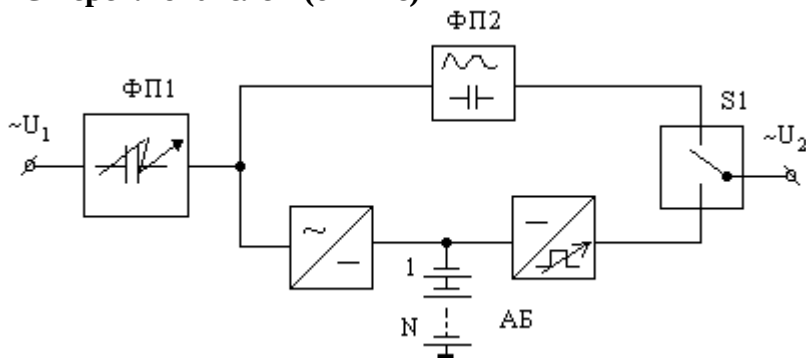
Преимуществом данной системы является простота схемы построения, дешевизна системы. При выходе из строя одного из фидеров замыкается K2 и выпрямители подключаются к другому фидеру.

### Модификации систем питания в цепи переменного тока (АБП – агрегаты бесперебойного питания)

Существуют следующие модификации систем электропитания в цепи переменного тока:

1. С переключателем (off line).
2. Линейно – интерактивная (line interactive).
3. С гальванической развязкой цепей (on line).
4. С дельта – преобразованием (on line).

#### С переключателем (off line)



Преимуществом данной структуры является: низкая стоимость, простота конструкции. К недостаткам можно отнести: низкое качество питающих напряжений из-за отсутствия стабилизаторов напряжения в цепи переменного тока.

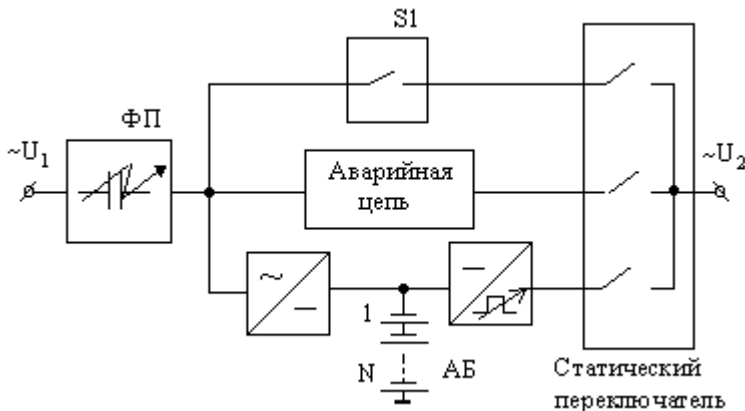
В нормальном режиме работы питание осуществляется через фильтры помех ФП1 и ФП2. ФП1 защищает от высоких "бросков" напряжения, возникающих при воздействии молний и переходных процессов при "коротких замыканиях". ФП2 улучшает гармонический состав напряжения (обеспечивает фильтрацию высокочастотных помех). В нормальном режиме АБ подзаряжается от выпрямителя. При прекращении подачи электроэнергии от основного источника напряжения переменного тока  $U_1$  аппаратура получает питание от резервного источника энергии - АБ через инвертор напряжения. Переключатель S1 в этом режиме переходит в нижнее положение.

Эта система не предусматривает отключение АБ при достижении минимально допустимого уровня напряжения на элементе АБ, т.е. не предусматривает защиту АБ от глубокого разряда.

### Линейно – интерактивная (line interactive)

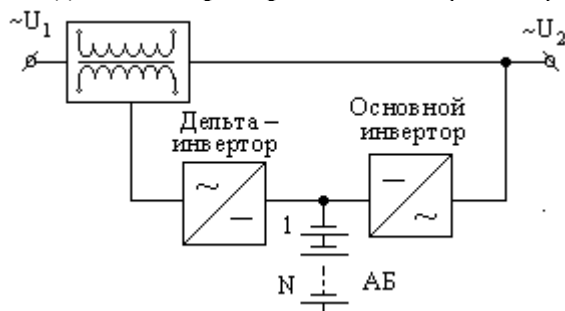
В нормальном режиме работы аппаратуры получает питание через помехоподавляющий фильтр (ФП), устройство коррекции (УК), ключ S1 находится в разомкнутом положении. УК представляет собой автотрансформатор с отводами, которые переключаются механическими контактами, либо электронными ключами, регулируя тем самым выходное напряжение. УК выполняется иногда в виде феррорезонансного стабилизатора. Аварийный режим совпадает со структурой off line.

### С гальванической развязкой цепей (on line)



В нормальном режиме аппарата получает питание через фильтр помех, выпрямитель, инвертор напряжения и статический переключатель. В данной структуре повышено качество питающего напряжения за счет стабилизации методом широтно-импульсного преобразования в звене инвертора напряжения. Аварийная цепь обеспечивает резервирование основной цепи. Дополнительная цепь, коммутируемая ключом S1 в случае выхода из строя преобразователей или при глубоком разряде АБ, называется обходным путем, т.е. байпасом. Статический переключатель включает в себя электронные ключи (выполненные на транзисторах или паре встречно-параллельных тиристоров, а также контакторов).

### С дельта – преобразованием (on line)



При понижении питающего напряжения  $U_1$  дельта-инвертор работает как выпрямитель, основной инвертор напряжения выполняет функции инвертора. При повышении напряжения  $U_1$  наоборот, блок основного инвертора напряжения работает как выпрямитель, а блок дельта-инвертора как инвертор. Т.е. преобразователи в структуре являются обратимыми устройствами, и они оказывают воздействие на входной трансформатор. Достоинством данной системы является высокое качество питающих напряжения, высокий к.п.д. системы.

### Задание

1. Изучить теоретический материал.
2. Ответить на контрольные вопросы

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные технические требования к электроустановкам предприятий связи?
2. Какие системы предприятий связи требуют гарантированной бесперебойной подачи электрической энергии?
3. Перечислите основные функции электроустановок предприятий связи?
4. Перечислите основные виды оборудования предприятий связи.
5. По каким принципам организуется электропитание в необслуживаемых кабельных линиях связи?
6. По каким линиям связи подается электроэнергия в необслуживаемые усилительные пункты?
7. Чем ограничивается длина секции дистанционного питания?
8. Как контролируется целостность изоляции коаксиального кабеля?
9. Укажите особенности электропитания аппаратуры необслуживаемых регенерационных пунктов волоконно-оптических линий связи.
10. Какие напряжения используются для освещения в необслуживаемых регенерационных пунктах?
11. Перечислите функции систем контроля и управления оборудованием электроустановок.
12. Какие режимы работы предусматриваются в системах контроля и управления?
13. Приведите структурную схему системы контроля и управления.