

Максим Рябчицкий, руководитель учебного центра LP

Р21 – «Основы проектирования современных электроустановок на базе оборудования АББ»

Содержание курса

- Используемые термины и определения
- Принципы и особенности расчета электроустановок
- Выбор аппаратов защиты и селективность
- **Влияние реактивной мощности и нелинейных искажений на расчет**
- Защита от поражения электрическим током, от импульсных перенапряжений, учет электроэнергии

Компенсация реактивной мощности и искажений

Активная мощность

Под активной мощностью P понимают среднее значение мгновенной мощности p за период T [Вт (Ватт)].

Если ток и напряжение на участке цепи имеют синусоидальную форму, то значение активной мощности определяется сдвигом фаз между током и напряжением (коэффициентом мощности).

Активная мощность, эквивалентна преобразованию электрической энергии в другие виды энергии за единицу времени.

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T U_m \sin(\omega t) \cdot I_m \sin(\omega t + \varphi) dt = \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi = UI \cos \varphi$$

Компенсация реактивной мощности и искажений

Полная мощность

- **Полная мощность, S** характеризует ту мощность, которую источник может отдавать потребителю, если последний будет представлять собой чисто активное сопротивление ($\cos \varphi = 1$) [**ВА (Вольт-Ампер)**].
- Полная мощность – вычисляемое значение мощности, необходимое для определения параметров элементов системы электроснабжения переменного тока (генератора, трансформатора, токопровода, коммутационных аппаратов).

$$S = \frac{U_m I_m}{2} = UI$$

Компенсация реактивной мощности и искажений

Реактивная мощность

▪ **Реактивная мощность Q** характеризует собой ту энергию, которой обменивается генератор и приемник при возникновении и исчезновении электромагнитного и электростатического полей (**не имеет физического смысла**) [**ВАр (Вольт-Ампер реактивный)**].

▪ Реактивная мощность количественно характеризует интенсивность циркуляции энергии между генератором и потребителем энергии, она не производит полезной работы, но при этом нагружает оборудование и линии электропередач.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = U \cdot I$$

$$Q = UI \sin \varphi$$

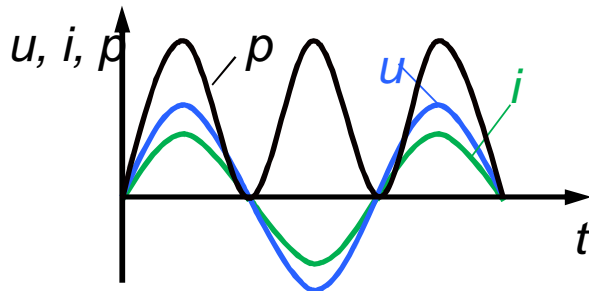
Компенсация реактивной мощности и искажений

Реактивная мощность это как . . .

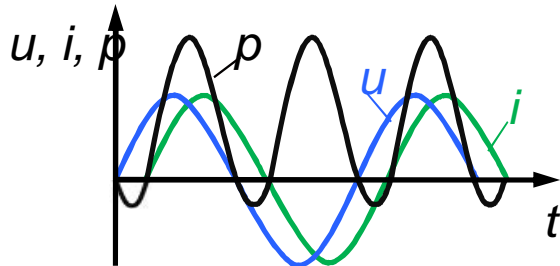


Компенсация реактивной мощности и искажений

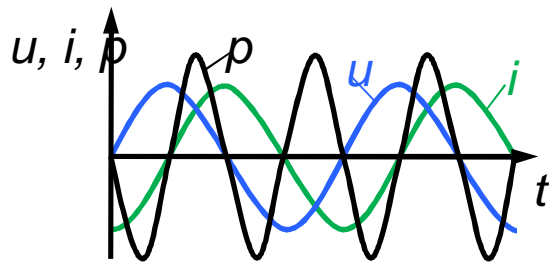
Графическое представление реактивной мощности



$$\varphi = 0 \Rightarrow \begin{cases} P = U \cdot I \\ Q = 0 \\ S = P \end{cases}$$



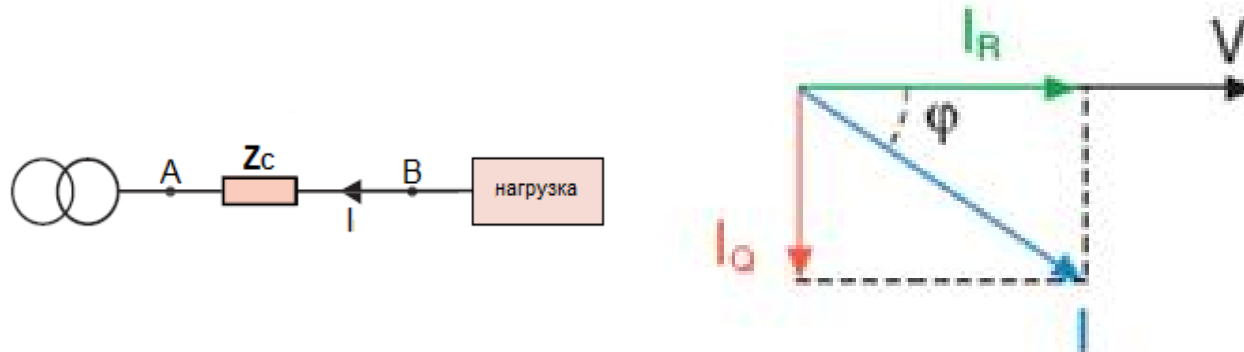
$$\varphi < \frac{\pi}{2} \Rightarrow \begin{cases} P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \\ Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \\ S = \sqrt{P^2 + Q^2} \end{cases}$$



$$\varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \begin{cases} P = 0 \\ Q = U \cdot I \\ S = Q \end{cases}$$

Компенсация реактивной мощности и искажений

Негативное влияние реактивной мощности



- Наличие реактивной составляющей I_Q приводит к росту полного тока I , в следствие чего:
 - увеличиваются потери энергии при передаче;
 - увеличивается расчетная мощность оборудования линии электропередач (генератора, трансформатора, токопровода);
 - увеличивается падение напряжения.

Компенсация реактивной мощности и искажений

Негативное влияние реактивной мощности

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U_{л}} = \sqrt{\frac{(P^2 + Q^2)}{3U_{л}^2}}$$

▪Снижение Q ведет к снижению номинального тока в системе и следовательно к снижению сечения проводников, номиналов аппаратов и потерь на передачу энергии

$$\Delta U = \frac{P}{U_{л}} (R + X \operatorname{tg} \varphi)$$

▪Снижение Q ($\operatorname{tg} \varphi$) ведет к снижению падения напряжения в системе

Компенсация реактивной мощности и искажений

Негативное влияние реактивной мощности

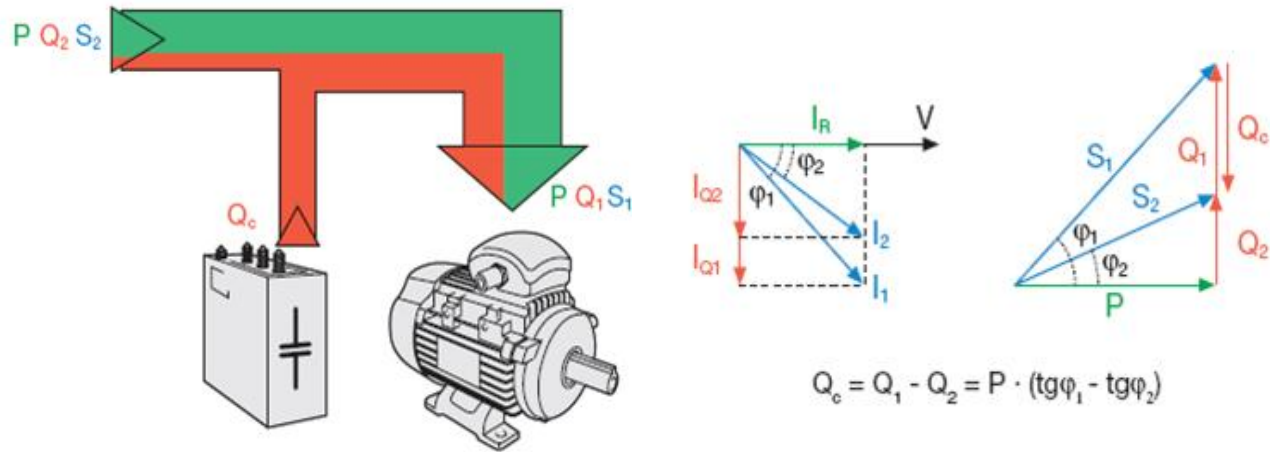
▪ При нагрузке мощностью 170 кВт (асинхронный двигатель) с $\cos\varphi=0,7$ питание подводится кабелем с сечением 120 мм², падение напряжения при длине линии 10 м составит 3,8 В

▪ После компенсации до $\cos\varphi=0,9$ питание может осуществляться кабелем с сечением 70 мм², падение напряжения при той же длине линии 1,6 В (при сниженном сечении кабеля)

Значение	До компенсации	После компенсации
Номинальный ток	350 А	272 А
Сечение проводника	120 мм ²	70 мм ²
Падение напряжения	3,8 В	1,6 В

Компенсация реактивной мощности и искажений

Технические преимущества коррекции



Основными преимуществами коррекции коэффициента мощности являются:

- более эффективное использование электрических машин,
- более эффективное использование электрических линий,
- снижение потерь,
- снижение падения напряжения.

Компенсация реактивной мощности и искажений

Изменения тарифов

- **Повышающий коэффициент** вводится за потребление (генерацию) реактивной мощности сверх установленных предельных значений коэффициента мощности.
- **Понижающий коэффициент** вводится при участии потребителя, по соглашению с сетевой организацией, в регулировании реактивной мощности.

*Приказ федеральной службы по тарифам
от 31 августа 2010г. № 219-э/6*

Компенсация реактивной мощности и искажений

Типовые значения коэффициента мощности

Для линейных цепей

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

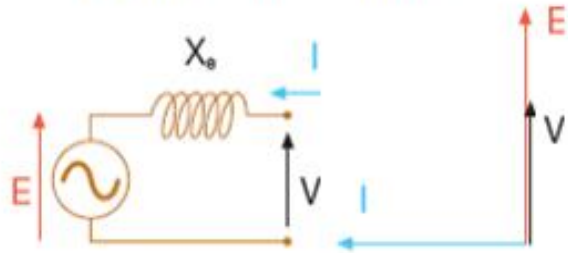
Тип нагрузки	Примерный коэффициент мощности
Асинхронный электродвигатель до 100 кВт	0,6-0,8
Асинхронный электродвигатель 100-250 кВт	0,8-0,9
Индукционная печь	0,2-0,6
Сварочный аппарат переменного тока	0,5-0,6
Электродуговая печь	0,6-0,8
Лампа дневного света	0,5-0,6

Устройства компенсации реактивной мощности

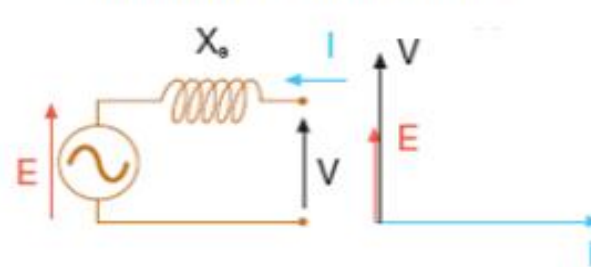
Синхронные компенсаторы



Синхронный компенсатор
в режиме недовозбуждения



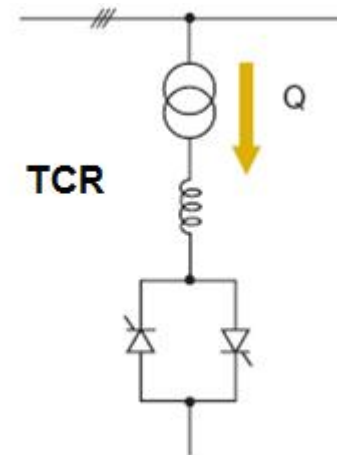
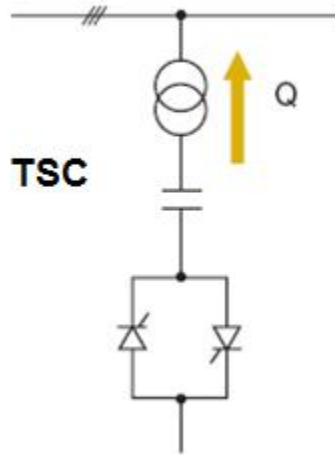
Синхронный компенсатор
в режиме перевозбуждения



- **Синхронные компенсаторы** – это синхронные двигатели, которые работают без нагрузки, вращаясь синхронно с напряжением в сети, и выполняют единственную функцию: **потребляют избыточную реактивную мощность** (в режиме недовозбуждения) **или генерируют недостающую** (в режиме перевозбуждения).
- *Использование синхронных компенсаторов* в распределительных сетях *экономически нецелесообразно* из-за высокой начальной стоимости и затрат на техническое обслуживание.

Устройства компенсации реактивной мощности

Статические компенсаторы реактивной мощности



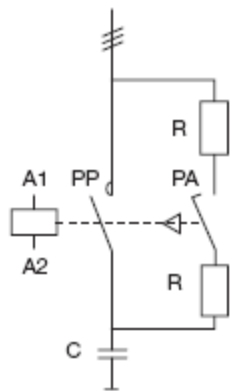
- **Статический компенсатор** - это электронный вариант электромеханического компенсатора, в котором для коммутации конденсаторов (TSC) и реакторов (TSR) применяются пары тиристоров, включенных встречно-параллельно.
- Комбинация TSC и TCR, позволяет плавно регулировать генерируемую и потребляемую реактивную мощность.

Устройства компенсации реактивной мощности

Конденсаторные батареи



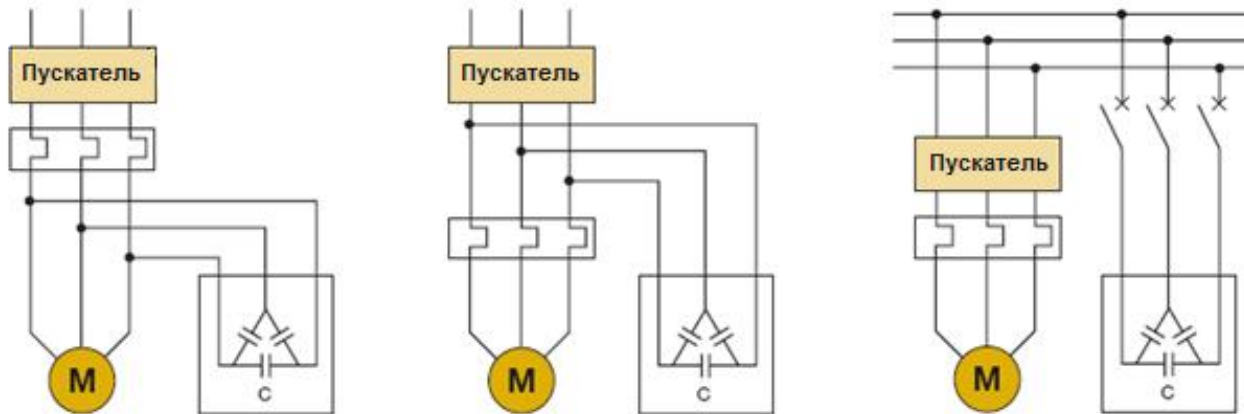
• Контакторы UA..RA для коммутации конденсаторов



- Ступенчатое подключение конденсаторов, является самым простым и малозатратным способом компенсации реактивной мощности.
- Конденсаторы должны быть разряжены перед повторным включением (максимальное остаточное напряжение на выводах менее 50 В).
- Подключение токоограничивающих резисторов защищает контактор и конденсатор от высокого зарядного тока.

Виды коррекции коэффициента мощности

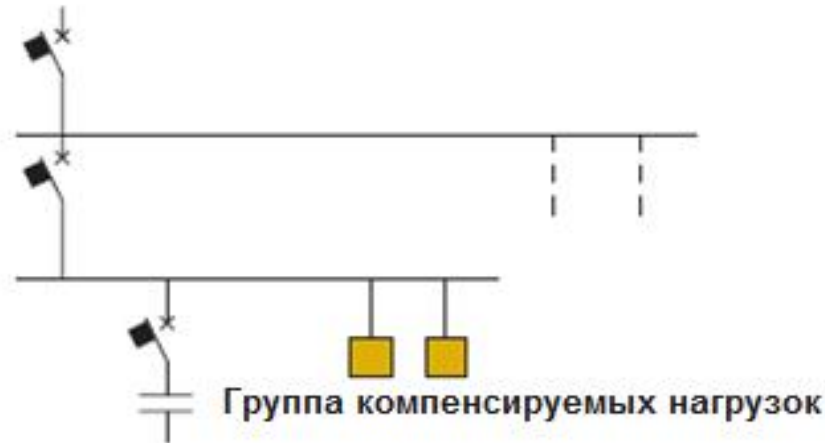
Индивидуальная коррекция коэффициента мощности



- **Индивидуальная коррекция** достигается подключением точно рассчитанной конденсаторной батареи к выводам нагрузки, реактивную мощность которой нужно компенсировать.
- Монтаж не требует больших расходов, конденсаторы и нагрузка коммутируются одновременно и для них можно использовать общие устройства защиты от перегрузки.

Виды коррекции коэффициента мощности

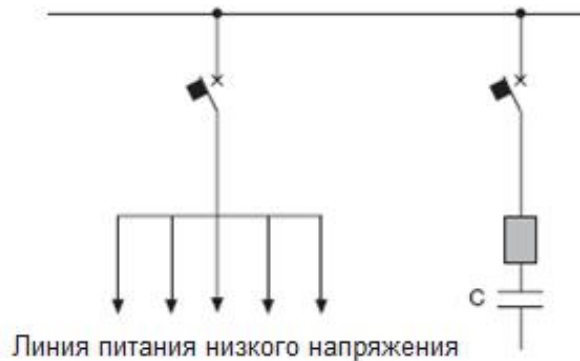
Групповая коррекция коэффициента мощности



- **Групповая коррекция** предназначена для повышения коэффициента мощности группы нагрузок с близкими функциональными характеристиками путем подключения общей батареи конденсаторов.
- Такое решение – компромисс между экономичностью и эффективностью, поскольку преимущества от коррекции коэффициента мощности проявляются только со стороны источника питания, т. е. выше точки подключения батареи конденсаторов.

Виды коррекции коэффициента мощности

Централизованная коррекция коэффициента мощности



- В таких случаях используют единую систему компенсации, которая подключается в точке присоединения электроустановки к сети и позволяет обойтись существенно меньшим числом конденсаторов – **централизованная коррекция**.
- Централизованная коррекция позволяет оптимизировать расходы на конденсаторные батареи, но распределительную сеть приходится проектировать с учетом максимальной реактивной мощности, потребляемой нагрузками.

Виды коррекции коэффициента мощности

Комбинированная коррекция коэффициента мощности

- **Комбинированная коррекция** коэффициента мощности представляет собой компромисс между индивидуальной и централизованной коррекцией коэффициента мощности и использует преимущества обоих вариантов.
- Для мощного электрического оборудования применяется индивидуальная коррекция, а для остального – централизованная.
- Комбинированная коррекция коэффициента мощности предпочтительна в электроустановках, где только мощное оборудование работает в продолжительном режиме.

Виды коррекции коэффициента мощности

Автоматическая коррекция коэффициента мощности

- В большинстве электроустановок потребление реактивной мощности не является постоянным из-за того, что в рабочих циклах последовательно используются машины с разными электрическими характеристиками.
- Автоматические системы компенсации реактивной мощности включают в себя:
 - датчики тока и напряжения;
 - регулятор коэффициента мощности, который сравнивает измеренный коэффициент мощности с заданным и соответствующим образом управляет коммутацией конденсаторных батарей;
 - НКУ с устройствами коммутации и защиты;
 - конденсаторные батареи.
- Регулятор поддерживает коэффициент мощности как можно ближе к заданному значению, ступенчато изменяя подключаемую ёмкость.

Оборудование предлагаемое компанией АББ

Автоматические установки компенсации реактивной мощности



- **Серия APC**, статические компенсаторы с контакторами для коммутации конденсаторных батарей.

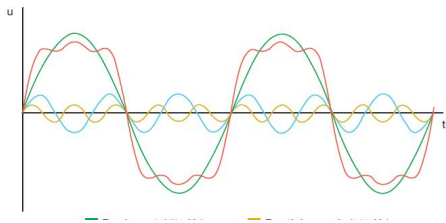


- **Серия Dynacomp**, статические компенсаторы, оборудованные ёмкостными и индуктивными компонентами, которые подключаются к сети с помощью встречно-параллельно включенных тиристоров.

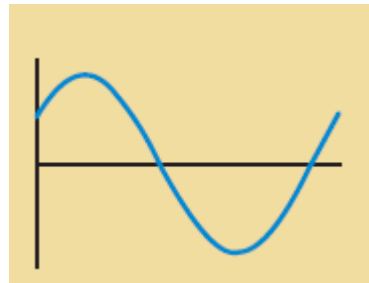
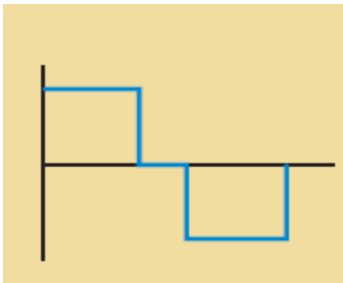
Высшие гармоники

Мощность искажений

- Если ток и напряжение имеют несинусоидальную форму, то возникает *мощность искажения*, которая не производит работу, но загружает сеть.
- **Мощность искажения D** характеризует собой ту энергию, которой обменивается генератор и приемник на частотах не равных частоте сети (50 Гц) (**не имеет физического смысла**).

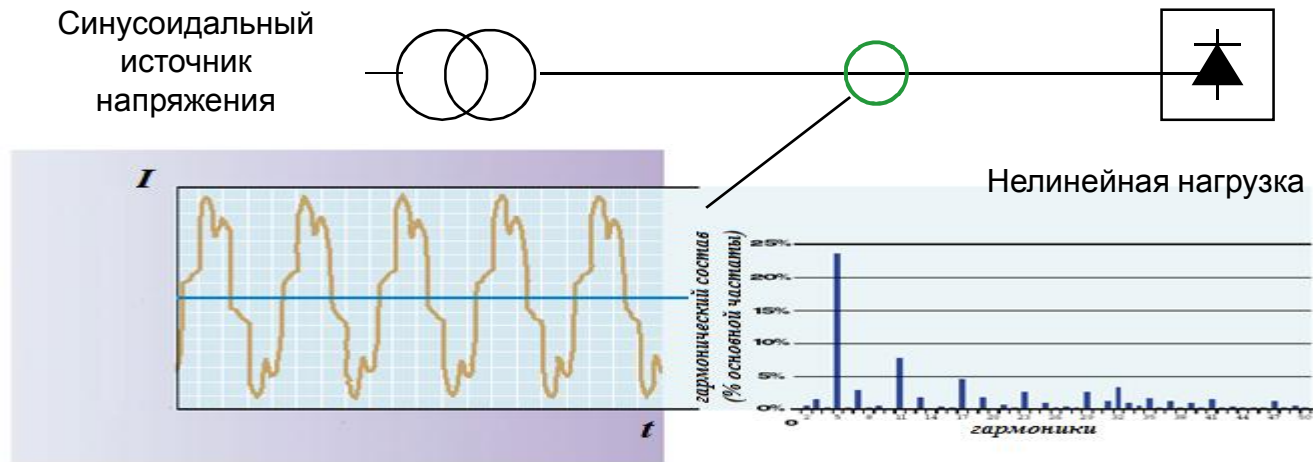


$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} = U \cdot I$$



Происхождение гармоник

Нелинейные нагрузки



В современной промышленности и в быту широко распространены электронные устройства, которые в силу принципа своей работы потребляют несинусоидальный ток, т. е. являются нелинейной нагрузкой.

Происхождение гармоник

Примеры нелинейных нагрузок



- **Промышленное оборудование:**

сварочные аппараты, дуговые печи, индукционные печи, выпрямители.



- **Электрические приводы** для асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока.

- **Оргтехника:**

компьютеры, копировальные аппараты, факсы.



- **Бытовые приборы:**

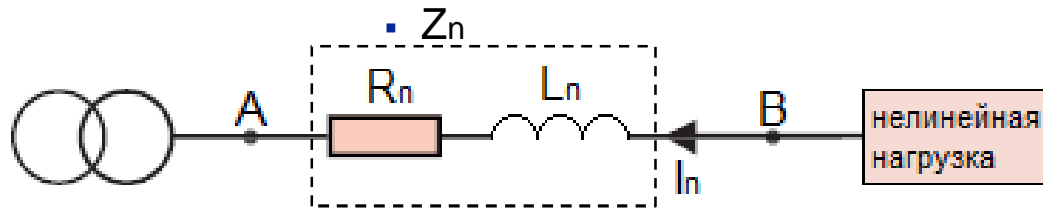
телевизоры, микроволновые печи, энергоэффективные осветительные приборы.



- **Источники бесперебойного питания**

Возмущения от нелинейных нагрузок

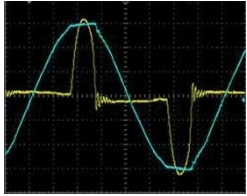
Гармонический ток и гармоническое напряжение



- Нелинейные нагрузки потребляют несинусоидальные токи, содержащие высшие гармоники.
- Искажение напряжения появляется в результате прохождения несинусоидального тока через сопротивление цепи питания, которое возрастает с увеличением порядкового номера гармоники.
- Гармонический ток n -го порядка создает падение напряжения $U_n = Z_n \times I_n$.

Возмущения от нелинейных нагрузок

Почему необходимо устранять гармоники?

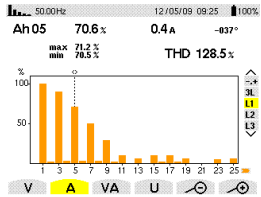


Проходящие по сети гармоники ухудшают качество электроэнергии и являются причиной многочисленных отрицательных эффектов:

- перегрузка проводников из-за увеличения действующего значения тока;
- дополнительные потери в проводниках и магнитных элементах из-за высокочастотной составляющей токов и магнитных полей;
- перегрузка нулевых рабочих проводников из-за суммирования гармоник 3-го порядка, создаваемых однофазными нагрузками;
- перегрузка и преждевременное старение изоляции проводников, изоляционных частей установки и конденсаторов.

Возмущения от нелинейных нагрузок

Почему необходимо устранять гармоники?



Гармоники оказывают значительное отрицательное экономическое воздействие:

- преждевременное старение оборудования;
- перегрузки сети вынуждают увеличивать мощность установки и приводят к дополнительным потерям;
- искажения тока вызывают ложные отключения и остановку производственного оборудования.

В результате – дополнительная стоимость оборудования, энергетические потери и уменьшение производительности приводят к снижению конкурентоспособности предприятий.

Влияние токов высших гармоник

Выбор сечения токоведущих частей

Содержание третьей гармоники фазного тока	Понижающий коэффициент			
	Выбор размера основан на фазном токе	Ток, который необходимо учитывать при выборе кабеля I_b'	Выбор размера основан на фазном токе	Ток, который необходимо учитывать при выборе кабеля I_b'
%				
0 ÷ 15	1	$I_b' = \frac{I_b}{k_{tot}}$	-	-
15 ÷ 33	0,86	$I_b' = \frac{I_b}{k_{tot} \cdot 0,86}$	-	-
33 ÷ 45	-	-	0,86	$I_b' = \frac{I_N}{0,86}$
> 45	-	-	1	$I_b' = I_N$

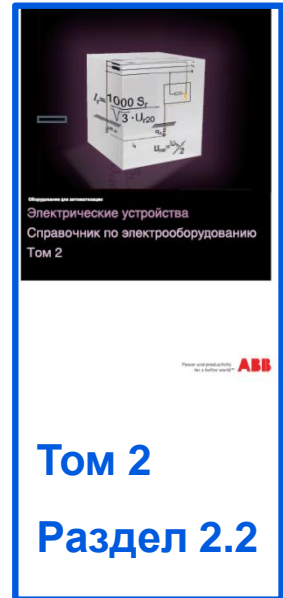
В случае, когда I_N - ток, протекающий в нейтрали; он рассчитывается следующим образом:

$$I_N = \frac{I_b}{k_{tot}} \cdot 3 \cdot k_{III}$$

I_b - ток нагрузки;

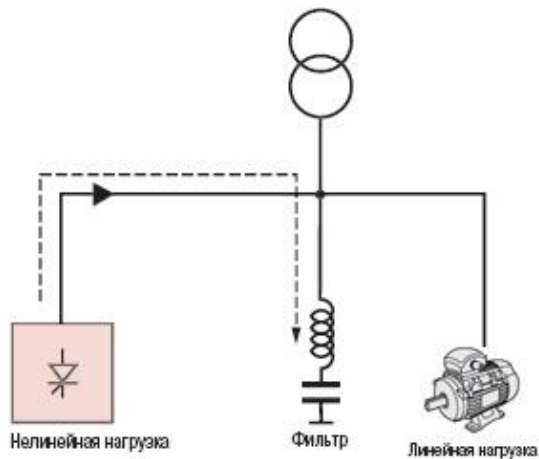
k_{tot} - общий поправочный коэффициент;

k_{III} - содержание третьей гармоники фазного тока;



Способы фильтрации высших гармоник

Пассивный фильтр

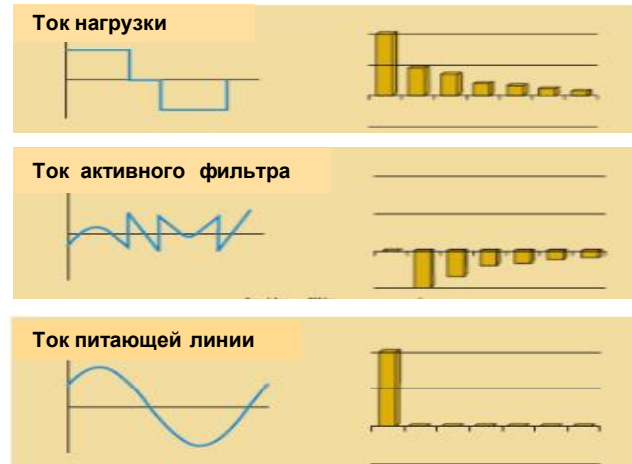
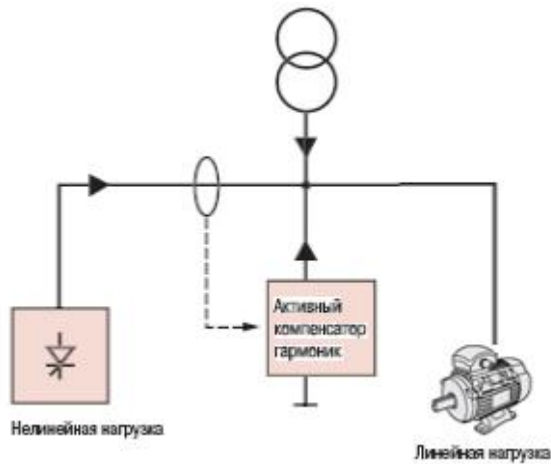


Область применения

Промышленные электроустановки с нелинейными нагрузками мощностью *более 200 кВА* (регулируемые приводы, источники бесперебойного питания, выпрямители и др.).

Способы фильтрации высших гармоник

Активный фильтр

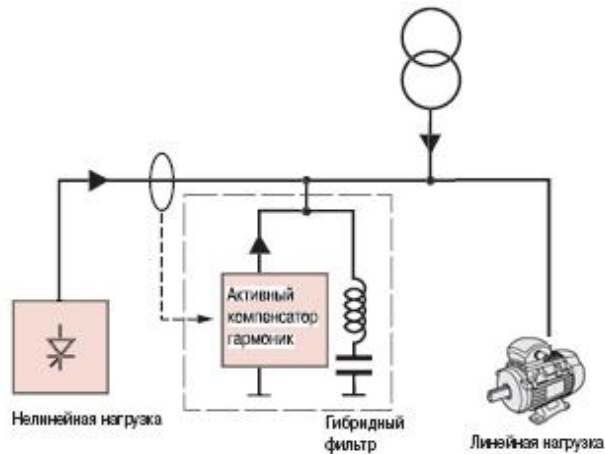


Область применения

Коммерческие электроустановки с нелинейными нагрузками мощностью менее 200 кВА (регулируемые приводы, источники бесперебойного питания, офисное оборудование и др.).

Способы фильтрации высших гармоник

Гибридный фильтр



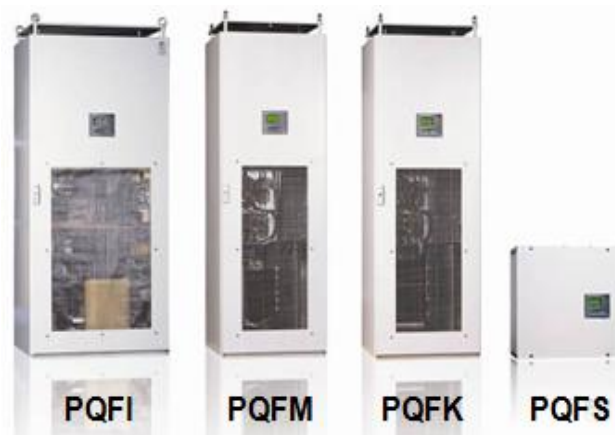
- **Принцип действия**

Гибридный фильтр состоит из комбинации пассивных и активных фильтров.

- Он обладает преимуществами обоих типов фильтров и пригоден для применения в широком диапазоне уровней мощности и функционирования электроустановки.

Оборудование предлагаемое компанией АББ

Активные фильтры серии PQF



- **Фильтры PQF** (*Power Quality Filters*) выполняют тройную функцию – фильтруют гармоники, компенсируют реактивную мощность и симметрируют напряжения.

- **PQFI** – активные фильтры для мощных промышленных нагрузок.
- **PQFM** – активные фильтры для промышленных нагрузок средней мощности.
- **PQFK** – Активные фильтры для сетей коммерческих объектов.
- **PQFS** – Активные фильтры для коммерческих, жилых и маломощных промышленных объектов.

Оборудование предлагаемое компанией АББ

Поставки оборудования

Менеджер по устройствам

- Автоматической компенсации реактивной мощности
- Активными фильтрами

Дмитрий Чайка

Dmitry.Chaika@ru.abb.com

+7 495 960-22-00 вн. 2625

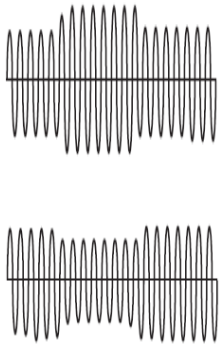
Качество электроэнергии

Показатели качества электроэнергии

- **Качество электрической энергии** – это совокупность ее характеристик по частоте и напряжению, называемых показателями качества электроэнергии (ПКЭ), определяющих воздействие электроэнергии на электроприемники, электрооборудование, электрические аппараты и приборы, подключенные к электрической сети.
- Качество электроэнергии оценивается по соответствию показателей качества требованиям, установленным ГОСТ 13109-97.
- ГОСТ Р 54149-2010. Начало действия 1.01.2013 г.

Качество электроэнергии

Отклонение напряжения



Причины

- Суточные, сезонные и технологические изменения нагрузки, использование резкопеременных нагрузок;
- Изменения схемы, параметров и режимов работы электрической сети;
- Обрыв нулевого провода.

Последствия

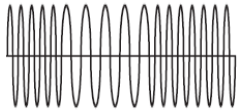
- При снижении напряжения увеличивается длительность технологических процессов, уменьшается яркость освещения, падает рабочий момент двигателей с одновременным увеличением потребляемого тока, что увеличивает нагрев и снижает срок службы двигателя.
- При повышении напряжения снижается срок службы оборудования, повышается вероятность аварий, увеличивается потребляемая двигателями реактивная мощность.

Нормы для сетей 0,38 кВ

За сутки в течение 5 % времени не превосходит 5 % от номинала и 0% времени – 10 % от номинала

Качество электроэнергии

Отклонение частоты



Причины

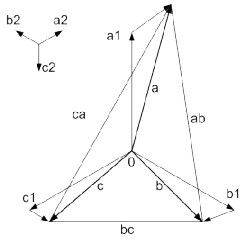
- Снижение частоты происходит при дефиците генерируемой мощности (отключение части генераторов или электростанции в целом, подключение мощных приемников электроэнергии);
- При избытке генерируемой мощности частота повышается.

Последствия

- Нарушение частоты вращения электродвигателей;
- Нестандартная работа средств управления и автоматики.
- **Нормы для сетей 0,38 кВ**
- За сутки в течение 5 % времени не превосходит $\pm 0,2$ Гц и 0% времени $\pm 0,4$ Гц

Качество электроэнергии

Несимметрия напряжения



Причины

- Электроприемники, получающие питание от одной или двух фаз образуют несимметричную нагрузку трехфазной цепи.

Последствия

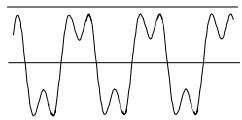
- Рост потерь электроэнергии в сетях, вызванный дополнительными потерями в нулевом проводе;
- Дополнительные потери в электродвигателях и трансформаторах
- Отклонения фазных напряжений от номинального значения.

Нормы для сетей 0,38 кВ

- Не превышает 2 % в течение менее 5% времени наблюдений и никогда не превышает 4 %.

Качество электроэнергии

Несинусоидальность напряжения



Причины

- Электроприёмники с нелинейной вольт-амперной характеристикой потребляют ток, форма кривой которого отличается от синусоидальной.
- Протекание несинусоидального тока по элементам электрической сети создаёт на них падение напряжения, отличное от синусоидального, что и является причиной искажения напряжения в узле сети.

Последствия

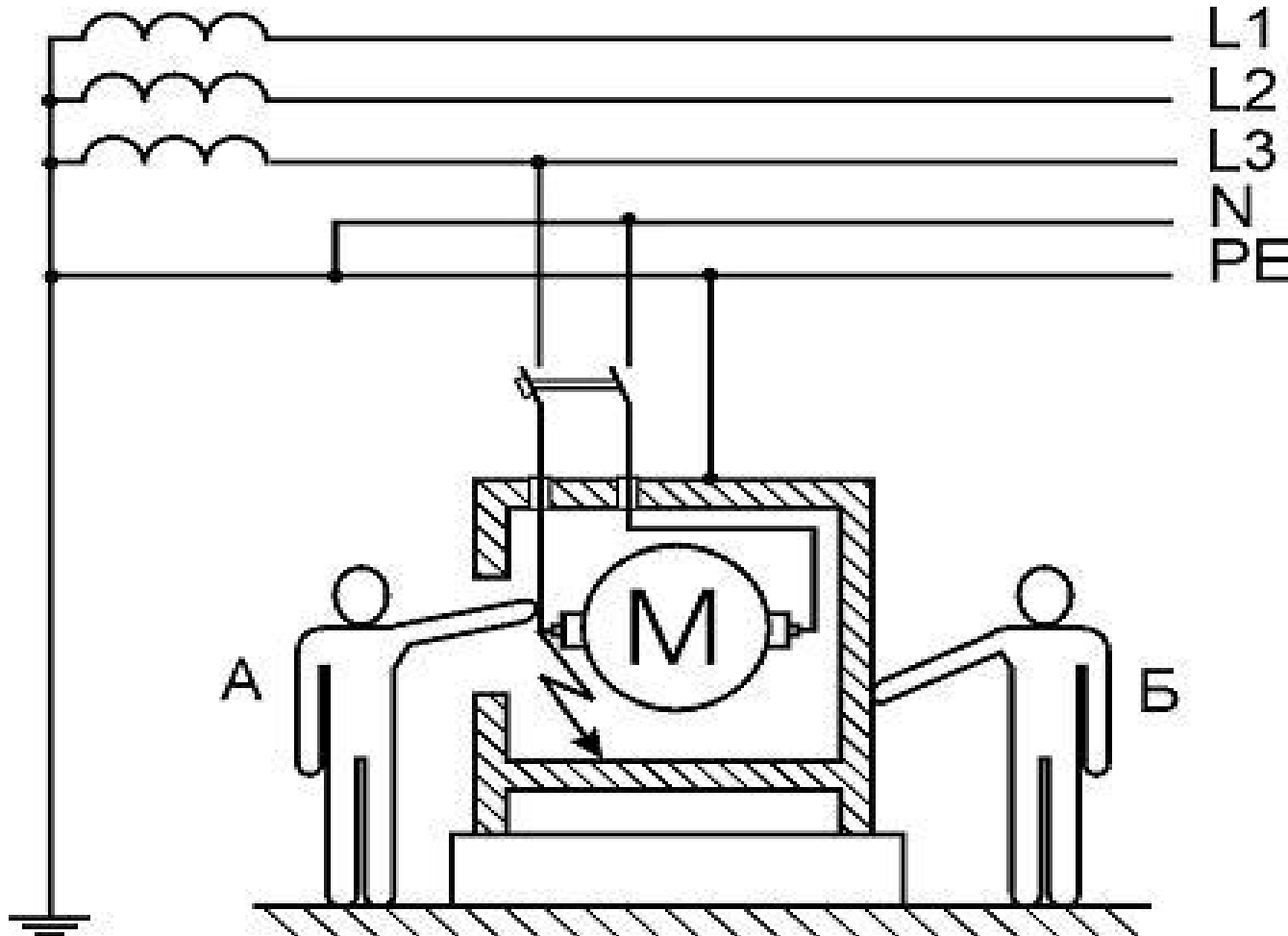
- Ускоренное старение изоляции кабельных линий;
- Возрастают суммарные потери в кабелях и проводах, трансформаторах, конденсаторах, электрических машинах и аппаратах;
- Ложное срабатывание устройств управления и защиты.

▪ Нормы для сетей 0,38 кВ

- n 2 3 4 5 6 7 8 9...
- $KU_{(n)}, \%$ 2 5 1 6 0.5 5 0.5 1.5
- $KU, \%$ = 8...12

Защита человека

Прямое и косвенное прикосновение



Защита человека

Классификация способов защиты

Защита от прямого прикосновения обеспечивается:

- ограждениями и оболочками;
- изоляцией, соответствующей минимальному испытательному напряжению.

Защита от косвенного прикосновения обеспечивается:

- соединением оболочки с защитным проводником или системой уравнивания потенциала;
- автоматическим отключением питания.

ГОСТ Р 50571.3-94
Электроустановки зданий
Часть 4
Требования по обеспечению безопасности.
Защита от поражения электрическим током.

Защита человека

Классификация защитной изоляции

Защита обеспечивается применением оборудования указанных ниже типов, успешно выдержавшего контрольные испытания согласно соответствующим стандартам:

- электрическое оборудование с двойной или усиленной изоляцией (оборудование класса II);
- блоки электрооборудования заводского изготовления со сплошной изоляцией.



7.4.2.2.1

Все наружные поверхности должны обеспечивать степень защиты не менее IPXXB или IP2X.

ГОСТ Р 50571.3-94
Электроустановки зданий

Часть 4

Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.

ГОСТ Р 51321.1-2007 Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1.

Защита человека

Защитное заземление



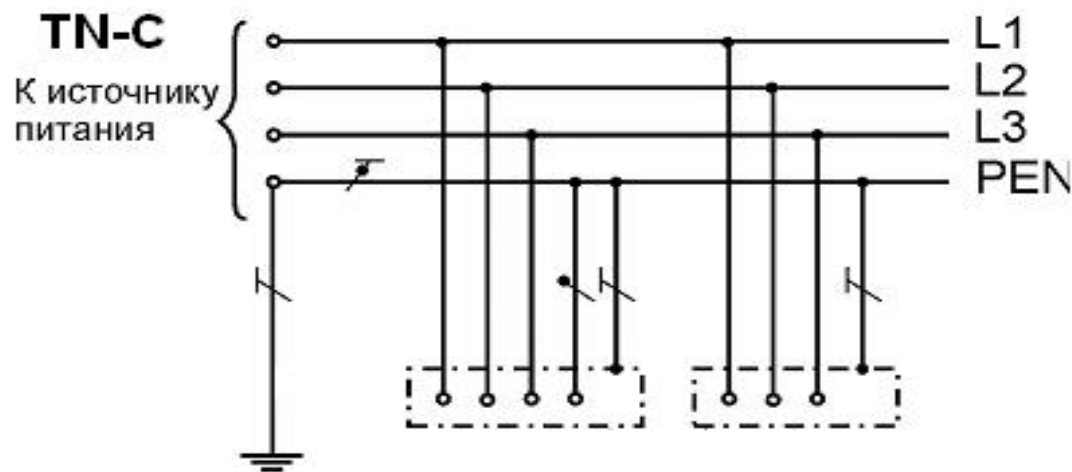
Защитный проводник (РЕ) - проводник, применяемый для каких-либо защитных мер от поражения электрическим током в случае повреждения и для соединения открытых проводящих частей:

- с другими открытыми проводящими частями;
 - со сторонними проводящими частями;
 - с заземлителями, заземляющим проводником или заземленной токоведущей частью.
- **Нулевой защитный проводник (РЕ)** - проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока.

ГОСТ Р 50571.10-96
«Электроустановки и зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники.

Системы заземления нейтрали

Система TN-C

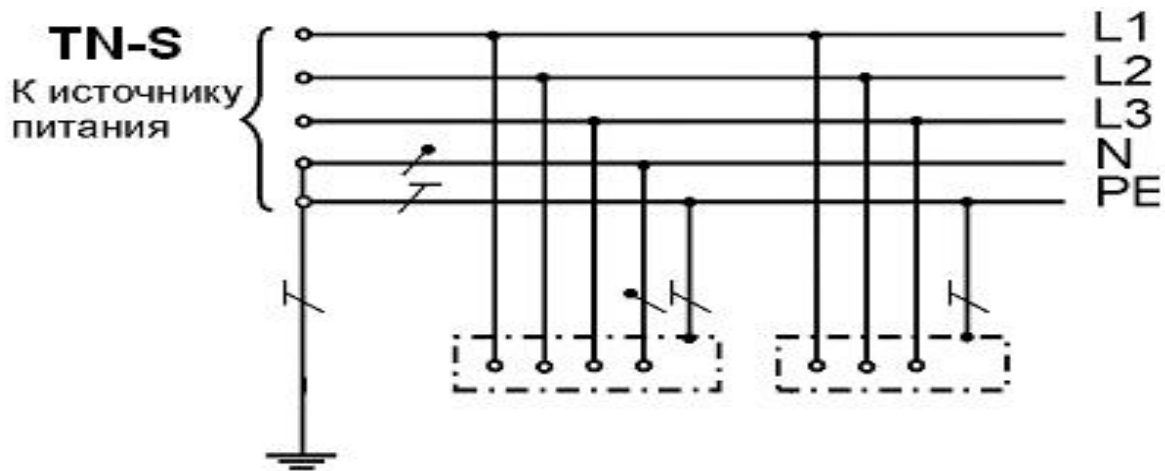


Система TN-C — система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении.

Ранее применялись в гражданских объектах.

Системы заземления нейтрали

Система TN-S

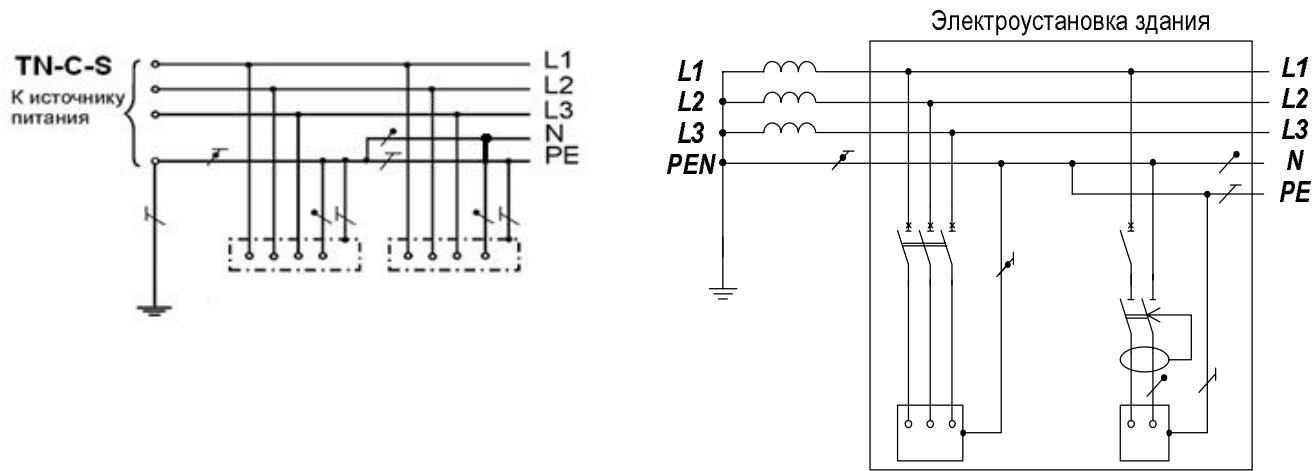


Система TN-S — система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении.

Применяется во всех вновь строящихся гражданских объектах.

Системы заземления нейтрали

Система TN-C-S

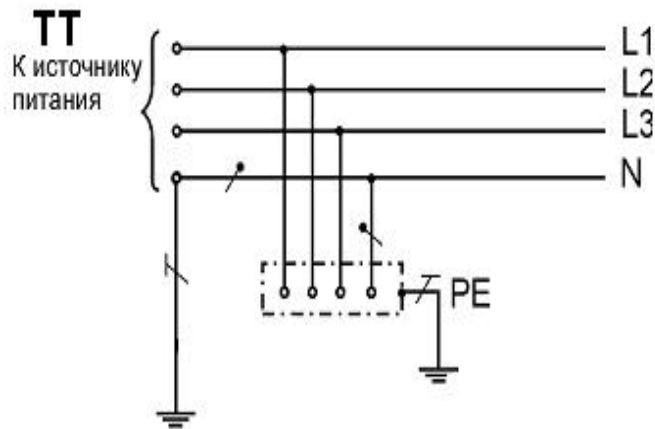


Система TN-C-S — система TN, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания.

Применяется в старых гражданских объектах, когда в части объекта необходимо обеспечить работу дифференциальной защиты.

Системы заземления нейтрали

Система ТТ

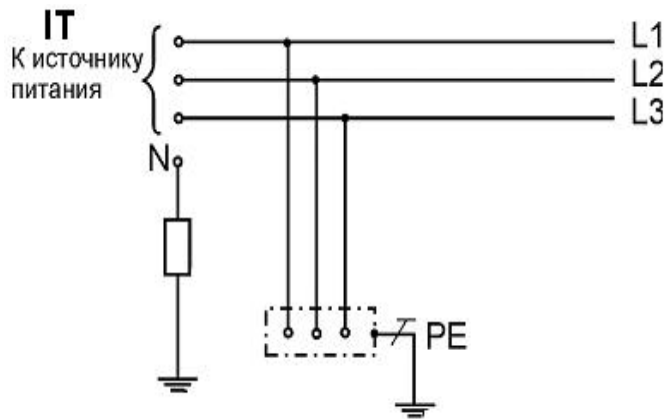


Система ТТ — система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника.

Применяется в промышленных электроустановках.

Системы заземления нейтрали

Система IT



Система IT — система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части заземлены.

Оборудование для больниц

Требования стандарта



В настоящее время выпущен ГОСТ 50571.28-2006 (МЭК 60364-7-710-2002) «Электроустановки зданий часть 7-710 Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений».

Основные защитные меры в помещениях Группы 2:

- Двойная изоляция;
- Медицинская система IT;
- Применение разделительных трансформаторов с системой контроля изоляции, тока и температуры;
- Безопасная система сверхнизкого напряжения (БСНН);
- Заземленная система сверхнизкого напряжения (ЗСНН).

Безопасность ответственных потребителей Электроснабжение медицинских учреждений



В основу организации сети питания для медицинской аппаратуры в помещениях Гр 2 заложены три основных принципа:

- Использование устройств преобразования, передачи и распределения энергии обеспечивающих **высокий уровень изоляции и надежности** сети.
- Непрерывный **контроль** персонала за состоянием IT-сети.
- Обеспечение **непрерывности питания** аппаратуры, как необходимого условия безопасности жизни пациентов.

Безопасность ответственных потребителей Электроснабжение медицинских учреждений



Требования к разделительному трансформатору

- Мощность разделительных трансформаторов ограничена диапазоном 0,5-10 кВА (Питание каждой операционной от одного трансформатора (инструкция РТМ-42-80))
- Выходное напряжение трехфазного изолирующего трансформатора 3 ф 220В. (Наличие линейного напряжения 380 В в помещении с медицинским оборудованием запрещено ГОСТ Р 50571.28)
- Обязательное наличие экранирующей обмотки (Снижает вероятность пробоя изоляции, уменьшает токи утечки, фильтр высокочастотных помех)

Безопасность ответственных потребителей Электроснабжение медицинских учреждений

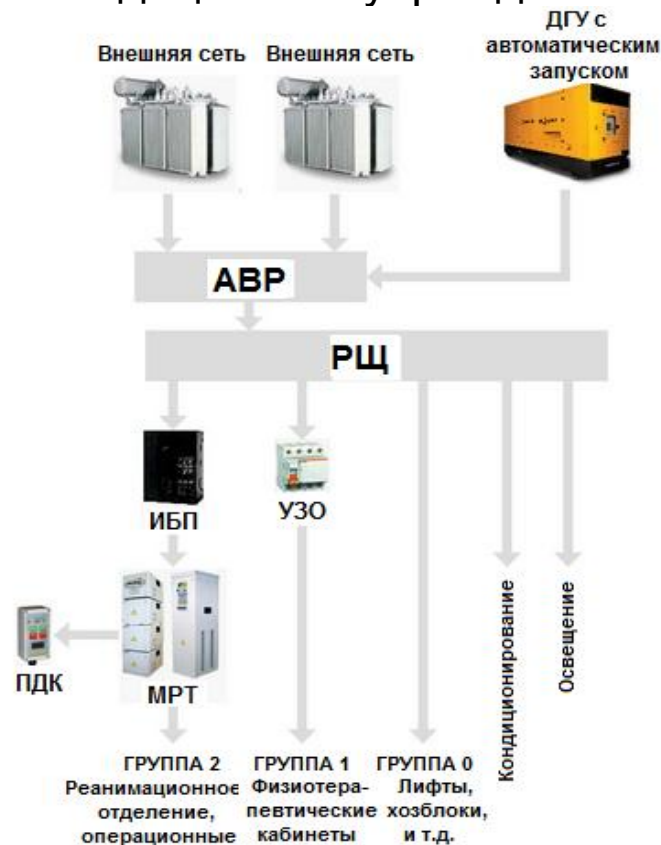


Обеспечение бесперебойности электропитания

В медицинских учреждениях обязательно наличие двух независимых источников питания. Для повышения надежности электроснабжения в качестве третьего источника питания применяют дизельные станции с системой автоматического запуска и источники бесперебойного питания.

Безопасность ответственных потребителей Электроснабжение медицинских учреждений

Структурная схема системы электроснабжения медицинских учреждений

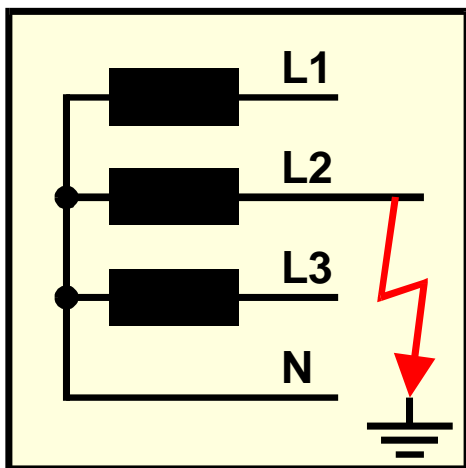


Защита от повреждения изоляции

Реле контроля изоляции

В медицинских учреждениях применяется система электропитания IT (через разделительный трансформатор), в этой системе при первом замыкании на землю авария не приводит к нарушению электроснабжения нагрузок и не выявляется стандартными функциями защиты.

Для выявления предаварийной ситуации применяется реле контроля изоляции.



Контроль изоляции

- Реле CM-IWN-AC
- Реле CM-IWN-DC

Система H+LINE для больниц

Состав системы

ISOLTESTER



Отслеживает токи утечки на землю в цепях 230В IT-M

SELVTESTER



Отслеживает токи утечки на землю в цепях 24В SELV

QSD



Обеспечивает акустическую и визуальную индикацию в медицинских помещениях при первом появлении тока утечки на землю

TI



Обеспечивает разделение между распределительной сетью и нижестоящими нагрузками

QSO



Напольные и настенные распределительные щиты для питания и защиты устройств в медицине

Оборудование для больниц

Готовое решение для IT сети

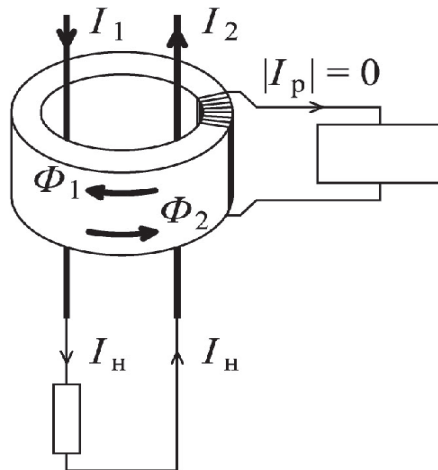


- Готовые НКУ для медицинских помещений группы 2
- две версии для различных вариантов установки:
 - Напольные: блоки интенсивной терапии, хирургические, кардиотерапии...
 - Настенные: стоматологические клиники, дневные стационары, амбулаторные, дома престарелых...
- полное соответствие существующим стандартам
- Собраны на заводе на основе новейших компонентов ABB

Выключатель дифференциального тока

Принцип действия дифференциальной защиты

•Нормальный режим



$$|I_1| = |I_2|$$

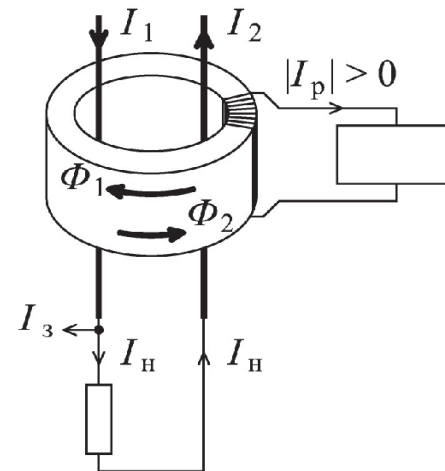
$$\Delta I = |I_1 - I_2| = 0$$

$$|\Phi_1| = |\Phi_2|$$

$$\Delta \Phi = |\Phi_1 - \Phi_2| = 0$$

$$|I_p| = 0$$

•Аварийный режим



$$|I_1| > |I_2|$$

$$\Delta I = |I_1 - I_2| = |I_H + I_3 - I_H| = |I_3|$$

$$|\Phi_1| > |\Phi_2|$$

$$\Delta \Phi = |\Phi_1 - \Phi_2| > 0$$

$$|I_p| > 0$$

Выключатель дифференциального тока

Основные технические параметры

Количество полюсов – 2, 3, 4.

Номинальное напряжение, U_n

Номинальный ток, I_n

Номинальный отключающий дифференциальный ток, $I_{\Delta n}$
(значение дифференциального тока, при котором ВДТ должен срабатывать): 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5; 1 А.

Номинальный неотключающий дифференциальный ток, $I_{\Delta n0}$
(значение дифференциального тока, которое не вызывает отключение) $I_{\Delta n0} = 0,5I_{\Delta n}$

•Классы выключателей дифференциального тока

•Класс AC



•Размыкание гарантировано в случае, если разностный *синусоидальный* ток или внезапно возникает, или медленно увеличивается.

•Класс A



•Размыкание гарантировано в случае, если *синусоидальный или пульсирующий* разностный ток или внезапно возникает, или медленно увеличивается.

Выключатель дифференциального тока

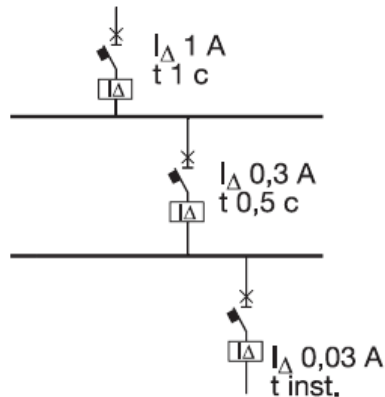
Принцип выбора

Выбор осуществляется по назначению:

- защита человека, $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$,
- защита от пожара $I_{\Delta n} \geq 100 \text{ mA}$.

По классу срабатывания (наличие электронной техники).

Селективность.

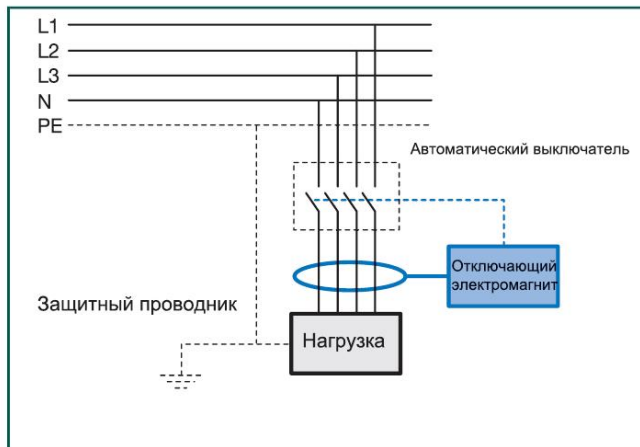


Выключатель дифференциального тока

Функция защиты дифференциального тока в АВ

Функция защиты от токов утечки реализуется в силовых автоматических выключателях за счет подключения внешнего расцепителя к автоматическому выключателю.

Внешний расцепитель представляет собой тороид, сигнал с которого подается на электронный расцепитель.



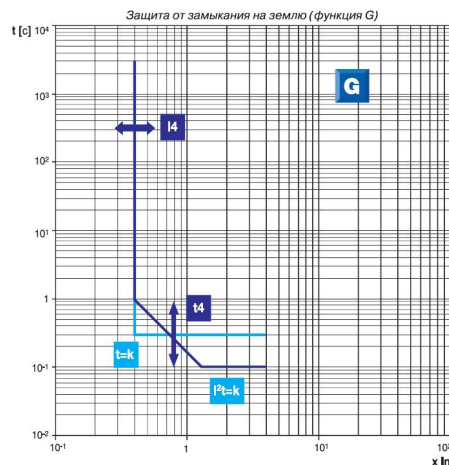
	Форма дифференциального тока	Правильная работа расцепителей дифференциального тока		
		Тип		
		AC	A	B
Синусоидальный переменный ток	 Подаваемый внезапно Плавно нарастающий	+	+	+
	 Плавно нарастающий			
Пульсирующий постоянный ток	 Подаваемый внезапно с током 0,006 А или без		+	+
	 Плавно нарастающий			
Плавно изменяющийся постоянный ток				+

Защита от замыкания на землю

Функция защиты G в АВ

Функция защиты от замыкания на землю (G) определяет векторную сумму токов в трехфазной сети, включая нейтраль. Для ее реализации обязательно наличия трансформатора тока в нейтральном проводнике.

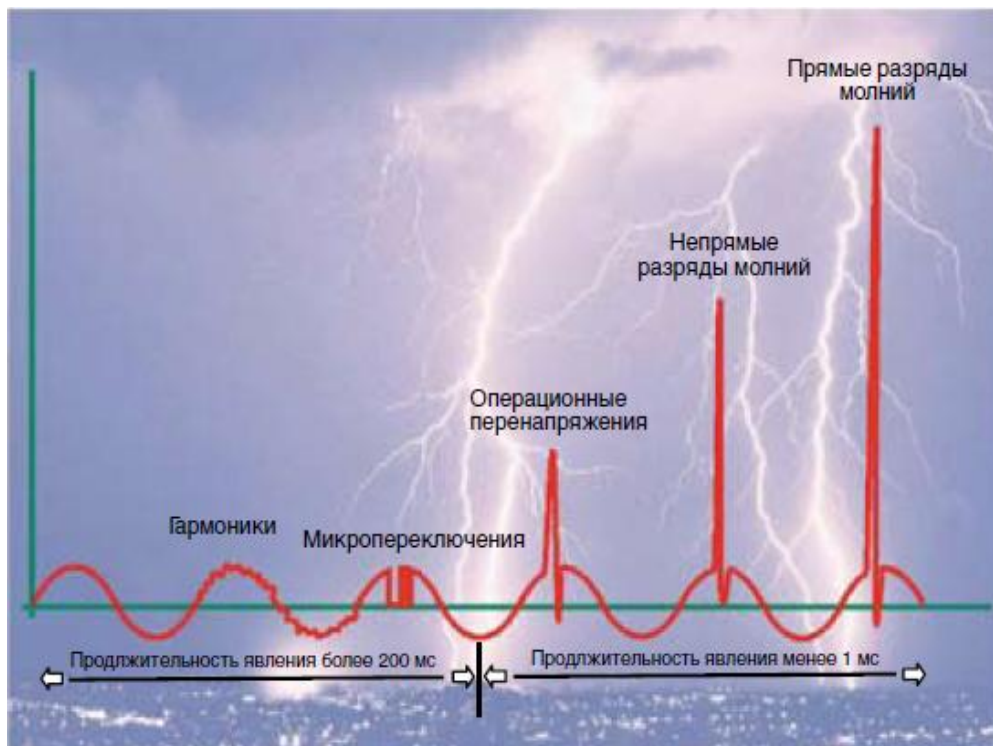
В нормальном режиме работы векторная сумма токов фазных и нейтрального проводника равна нулю.



Импульсные перенапряжения

Определение

Импульсные перенапряжения - это скачки напряжения с максимальной длительностью менее одной миллисекунды.



Импульсные перенапряжения

Перенапряжения от ударов молний

•Прямой разряд молнии в воздушную линию электропередач



•Непрямой разряд молнии в воздушную линию электропередач



- **Естественные перенапряжения** в низковольтных электрических сетях возникают в результате прямых и непрямых разрядов молний.
- **Уровень перенапряжения** может превышать значение нормального напряжения более, чем в 20 раз.

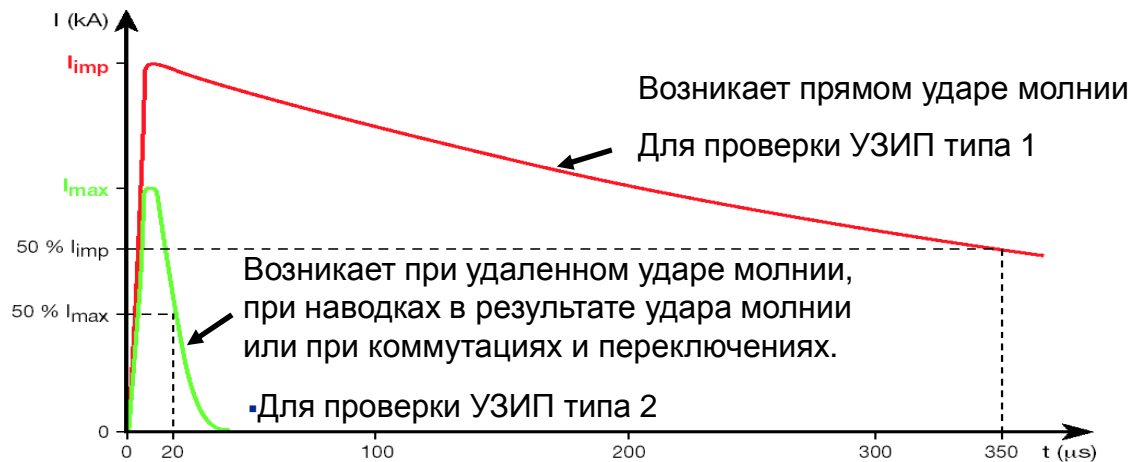
Импульсные перенапряжения

Операционные или коммутационные перенапряжения

- Оборудование содержащее силовые полупроводниковые приборы (выпрямители, инверторы и т.д.) создают существенные перенапряжения. Эти перенапряжения вызывают преждевременный износ элементов электроустановок, могут вызывать сбои в электронных устройствах и выход их из строя.
- Перенапряжения возникают при включении и выключении индуктивных и емкостных нагрузок.
- **Операционные или коммутационные перенапряжения** создают скачки напряжения в **3-5 раз больше номинального**, и происходят более часто (по сравнению с естественными), оказывая негативное влияние на электроустановку.

Импульсные перенапряжения

Типы ограничителей перенапряжения

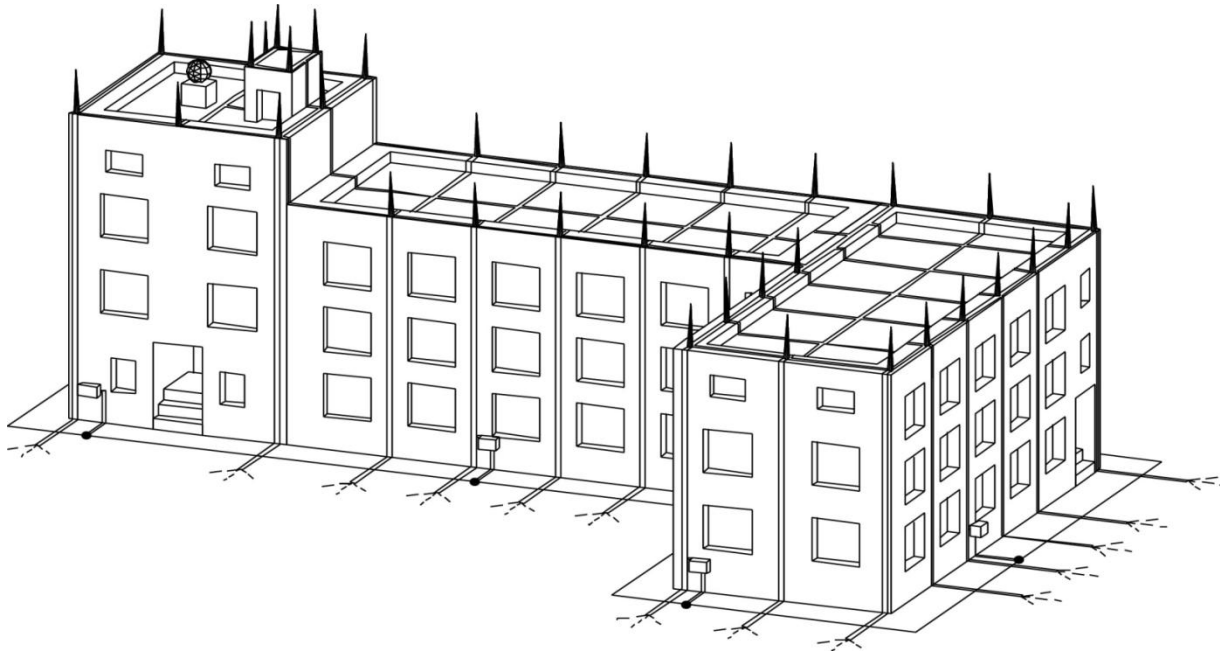


• **УЗИП типа 1 (на основе разрядника)** предназначены для защиты от прямого попадания молнии в молниеотвод. Устанавливаются на вводе в здание в главном распределительном щите.

• **УЗИП типа 2 (на основе варистора)** предназначены для безопасного замыкания на землю импульсов тока при удаленном ударе молнии или при переключениях в системе электропитания.

Молниезащита

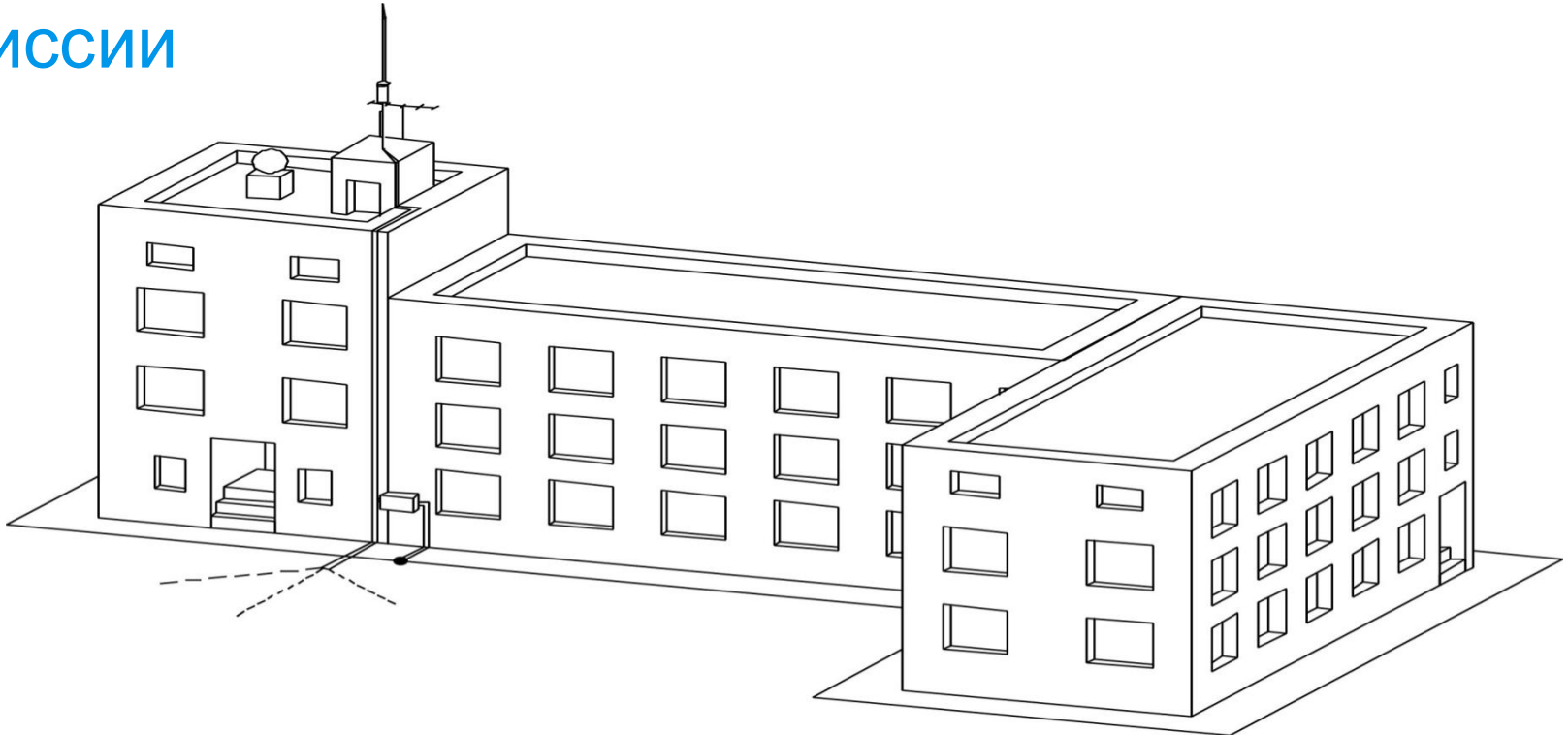
Молниеприемная сетка



- Пассивное решение.
- Дорогостоящее оборудование.
- Нарушает эстетический вид здания.

Молниезащита

Молниеприемники с системой ранней стриммерной эмиссии



- Активное решение: улавливает молнию раньше, чем пассивные системы, следовательно больше радиус защиты.
- Экономически выгодное решение: хорошее соотношение цена / радиус защиты.
- Незначительное вмешательство в эстетический вид здания.

Молниезащита

Устройство защиты от импульсных перенапряжений

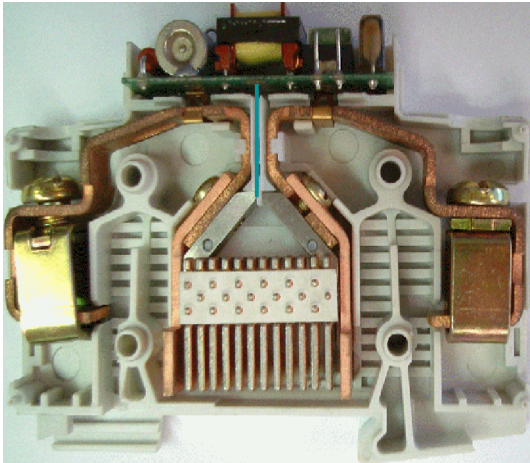
▪Серия System pro M



▪**Устройство защиты от импульсных перенапряжений (ограничитель перенапряжения)** предназначено для защиты электрического и электронного оборудования от перенапряжений и импульсных токов (грозовых и коммутационных) (**ГОСТ Р 51992 - 2002**).

Молниезащита

УЗИП на основе разрядника



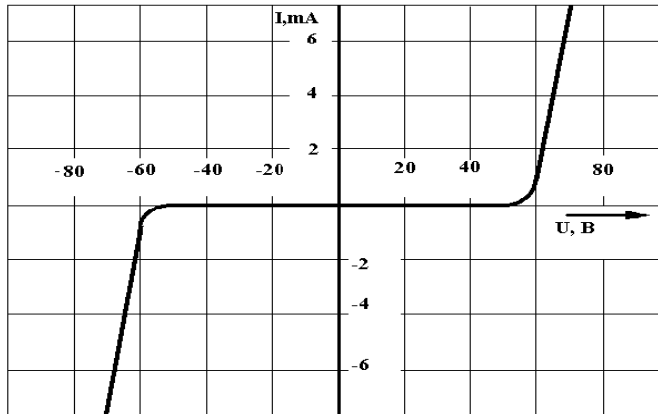
- Разрядник состоит из двух электродов и дугогасительного устройства.

- Электроды
 - Один из электродов крепится на защищаемой цепи, второй электрод заземляется. При определенном значении напряжения между двумя электродами искровой промежуток пробивается.
- Дугогасительное устройство
 - Задача дугогасительного устройства — устранить замыкание в наиболее короткие сроки до срабатывания устройств защиты.

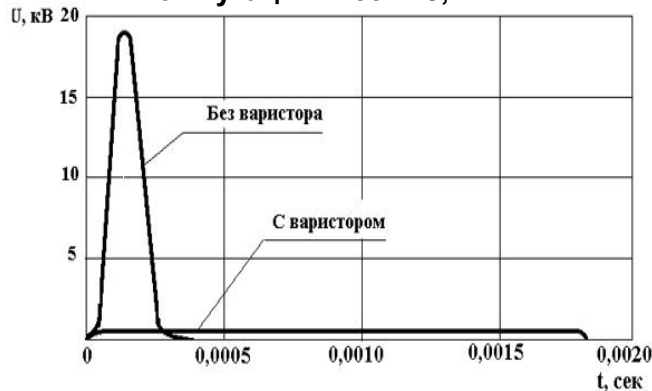
Устройство защиты от импульсных перенапряжений УЗИП на основе варистора



• Вольтамперная характеристика варистора



• Напряжение на нагрузке при
коммутации в сети 0,4 кВ



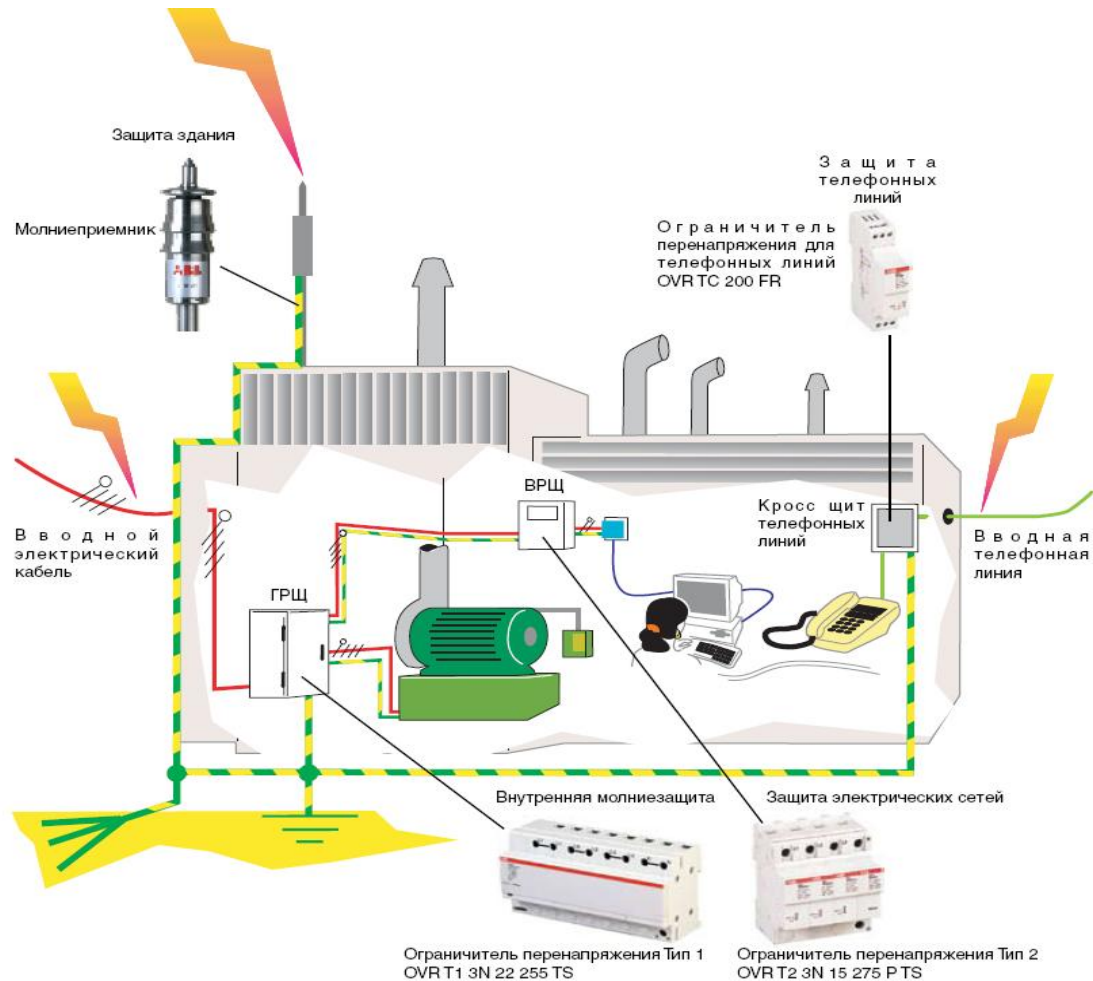
• **Варистор** включается параллельно защищаемому оборудованию.

• **В рабочем режиме** ток через варистор пренебрежимо мал, и поэтому варистор в этих условиях представляет собой изолятор.

• **При возникновении импульса** напряжения варистор в силу нелинейности своей характеристики резко уменьшает свое сопротивление до долей Ома и шунтирует нагрузку, защищая ее, и рассеивая поглощенную энергию в виде тепла.

Устройство защиты от импульсных перенапряжений

Размещение УЗИП



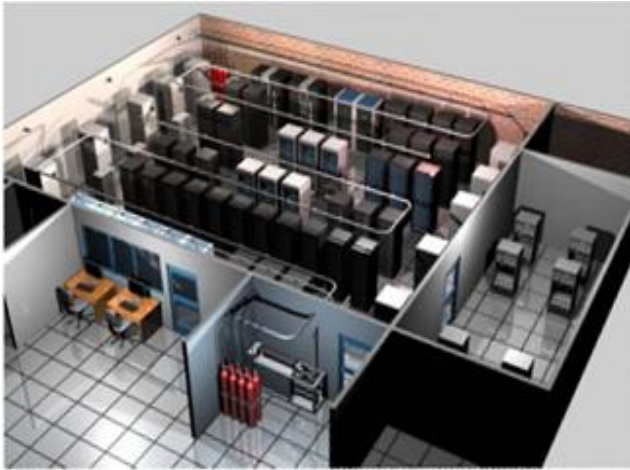
Надежность электроснабжения

Гарантированное и бесперебойное электроснабжение

- **Подсистема гарантированного электроснабжения (СГЭ)** — предназначена для питания резервируемых нагрузок при отказе системы общего электроснабжения в автоматическом режиме. В состав системы входят дизель-генераторные установки (ДГУ).
- Во время пуска ДГУ питание потребителей особой бесперебойной группы должно обеспечиваться за счет источников бесперебойного питания (ИБП), входящих в состав СБЭ.
- **Подсистема бесперебойного электроснабжения (СБЭ)** — используемые источники бесперебойного питания СБЭ представляют собой современные высокотехнологичные системы надежного и безопасного электроснабжения, имеющие высокий коэффициент мощности, низкий уровень искажений на выходе, высокий КПД. На объектах, где требуется большая чем 800 кВА мощность, можно параллельно устанавливать несколько ИБП, с резервированием по избыточной схеме N+1, что обеспечивает эффективную защиту нагрузки.

Надежность электроснабжения

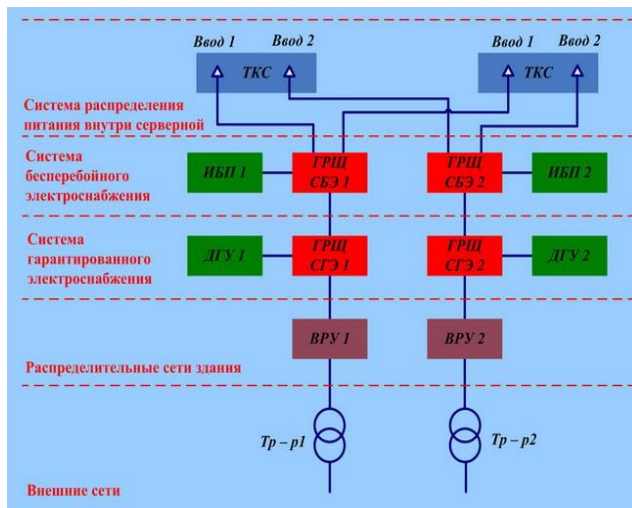
Электроснабжение ЦОД



- Центры обработки данных (ЦОД, Data-center) являются высокотехнологичными площадками для размещения информационных систем с большой концентрацией сетевого и серверного оборудования.
- В инфраструктуру ЦОД входит множество сложных и резервируемых инженерных систем высокой надежности:
 - система электроснабжения и электроосвещения.
 - система кондиционирования.
 - системы раннего обнаружения пожара и газового пожаротушения.
 - система автоматизации, видеонаблюдения диспетчеризации и управления.

Надежность электроснабжения

Структура электроснабжение ЦОД



- В основе системы электроснабжения **ЦОД** лежит принцип обеспечения дублирующего двустороннего питания потребителей от двух независимых подсистем с резервированием подсистем: источников бесперебойного питания (ИБП), дизель-генераторных установок (ДГУ)
- Потребители электроэнергии разделены на две группы:
 - потребители гарантированной группы (оборудование системы кондиционирования, электроосвещение, вентиляция) подключаются к СГЭ;
 - потребители особой бесперебойной группы (оборудование установленное в телекоммуникационных шкафах и серверных стойках, электродвигатели шкафных кондиционеров, насосы обеспечивающие циркуляцию хладоносителя) подключаются к СБЭ.

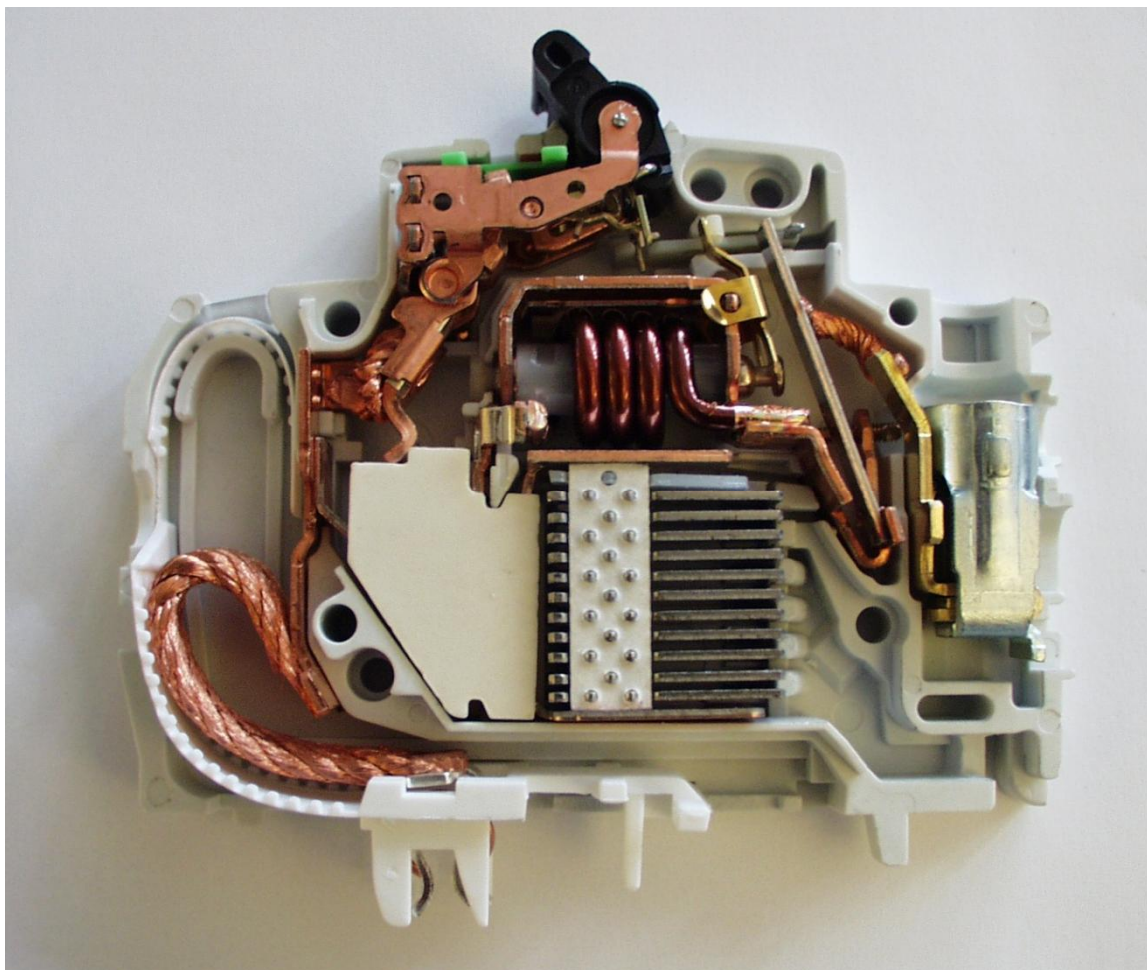
Smisline -решения для ЦОД

Шинная распределительная система

- **Применение:** **SMISSLINE** - решение для организации системы распределения электроэнергии в **НКУ 0.4 кВ** для электроприемников **первой категорией** электроснабжения
- **Номинальные токи:** **до 200А** на одну шинную сборку
- **Аппаратная часть:** **SMISSLINE** – **5 типов** модульных устройств System pro M compact – вся линейка DIN устройств
- **Шинная система:** Шасси **до 108** модулей, длина шин **до 1943 мм** вертикальная или горизонтальная установка, силовая шина **10x3 мм**
- **Конструктив:** STRIEBEL&JOHN шкафы глубиной не менее **215 мм** совместно с системой CombiLine с установкой на EDF профиль или WR раму

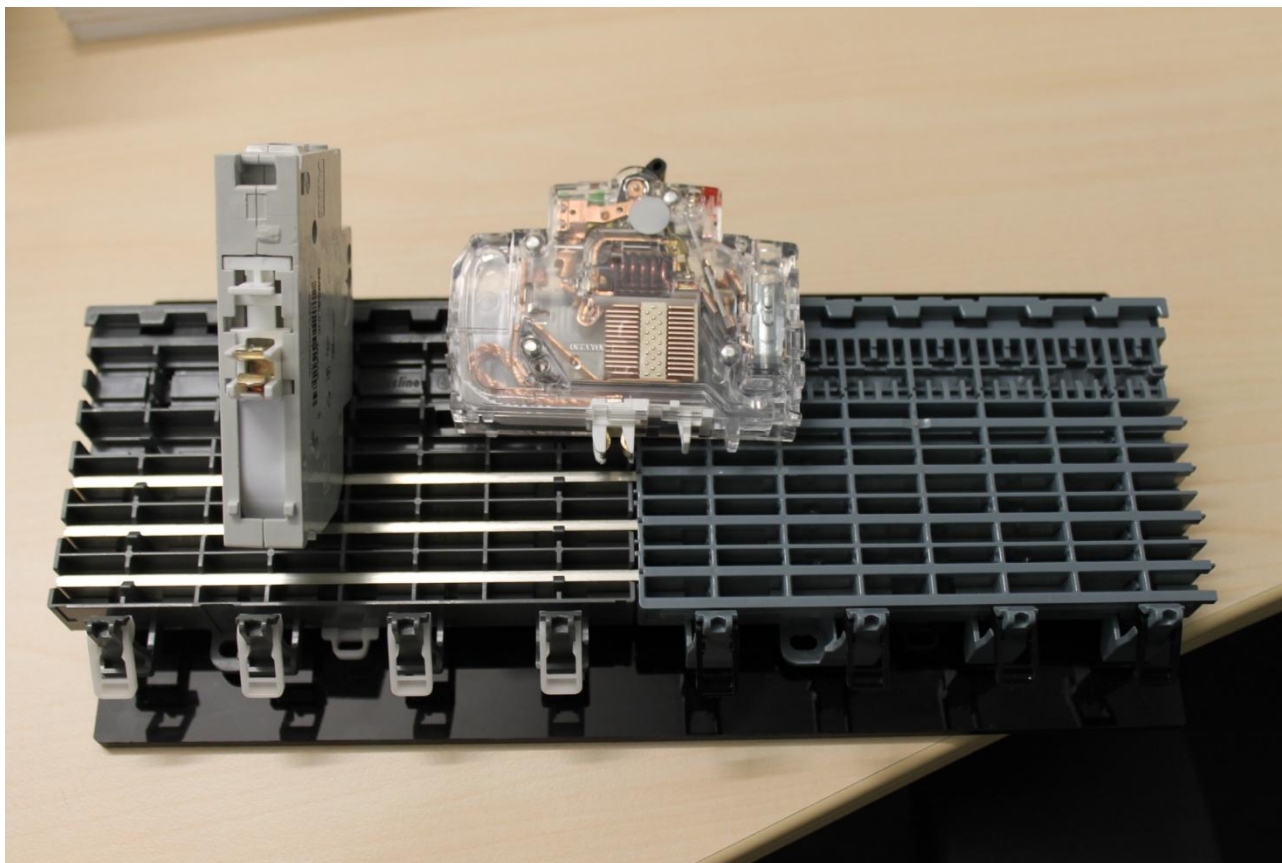
Smisline -решения для ЦОД

Аппараты



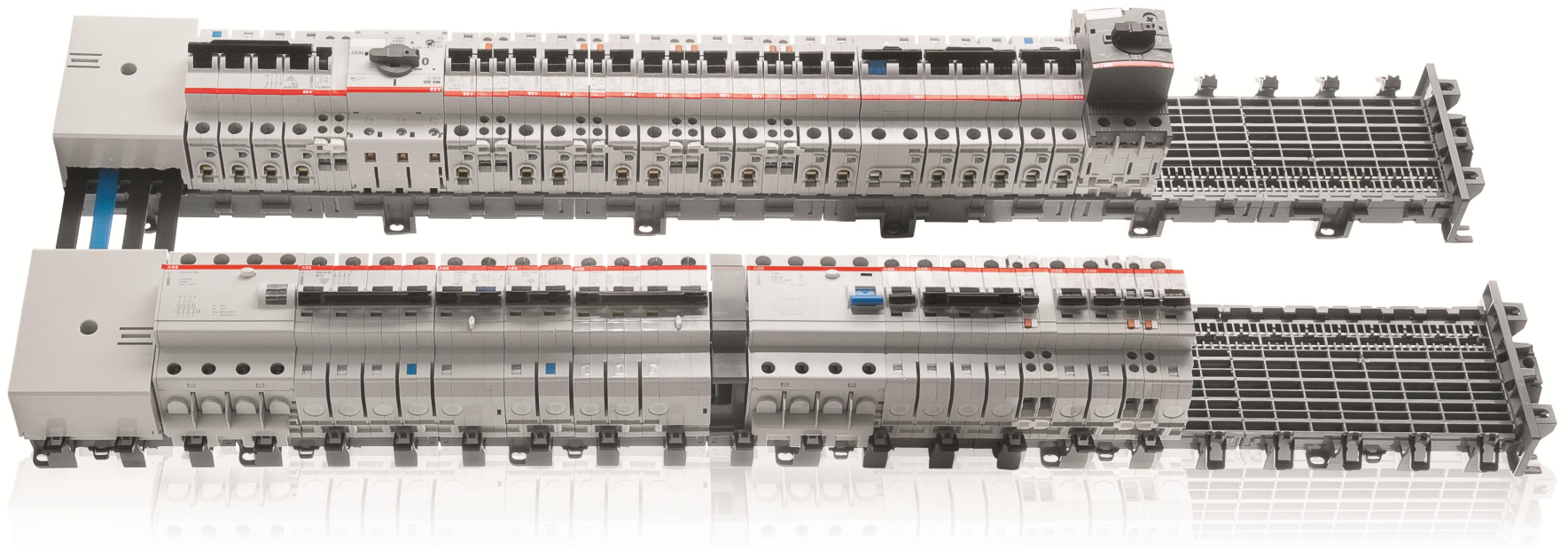
Smisline - решения для ЦОД

Монтаж



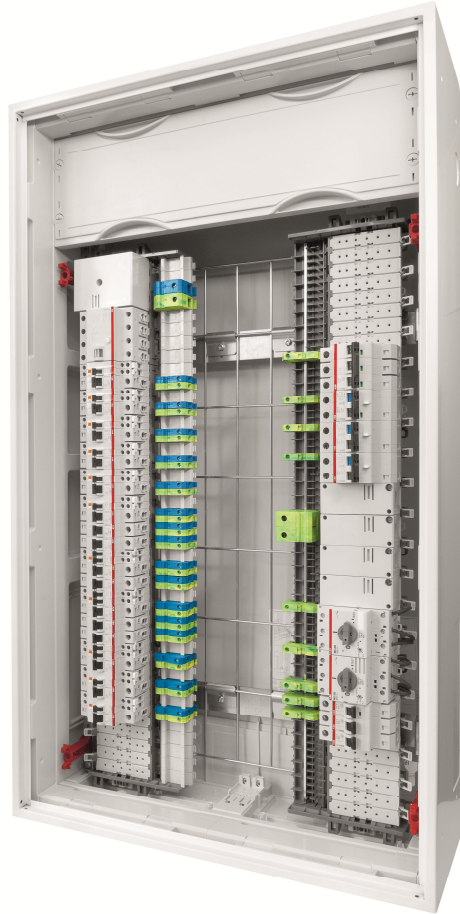
Smisline - решения для ЦОД

Вид системы



Smisline -решения для ЦОД

Готовое НКУ



Smisline – возможности мониторинга

Система измерения токов

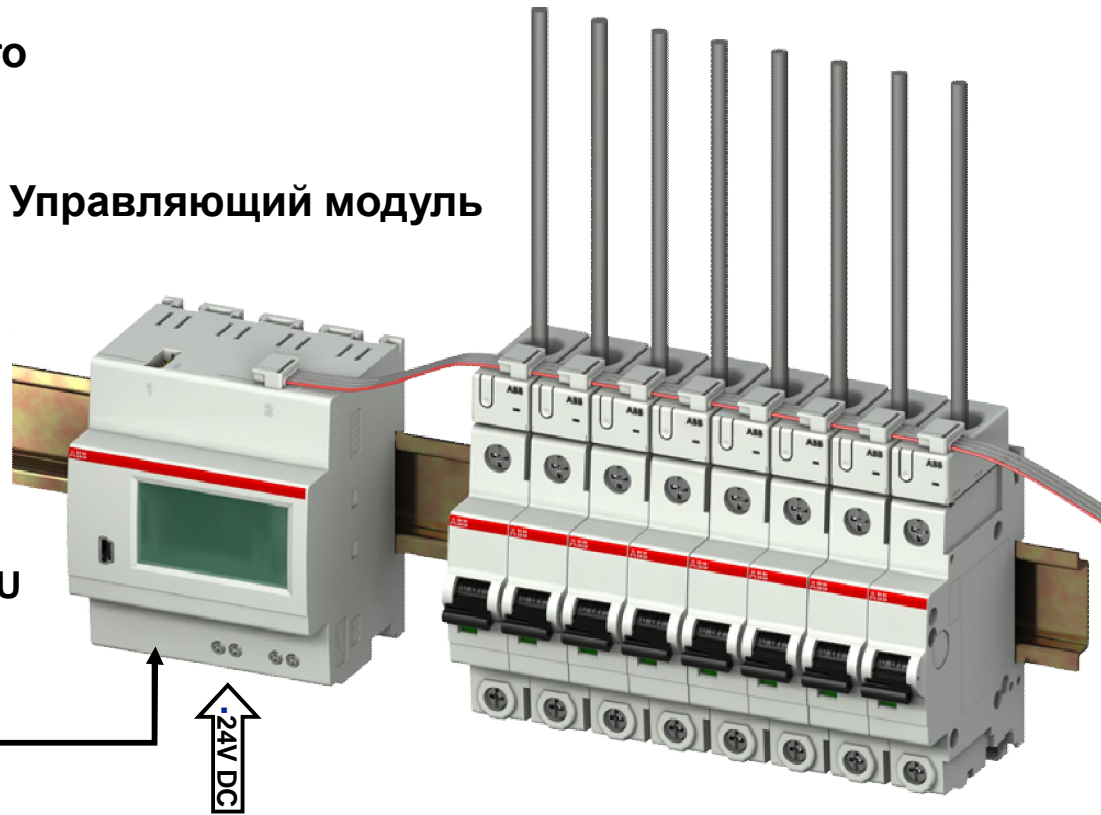
Система удаленного
Мониторинга



Управляющий модуль

Modbus RTU
RS485

24V DC



Датчик тока



Учет электроэнергии

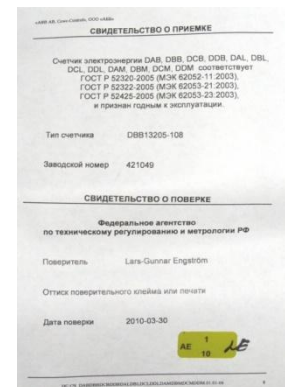
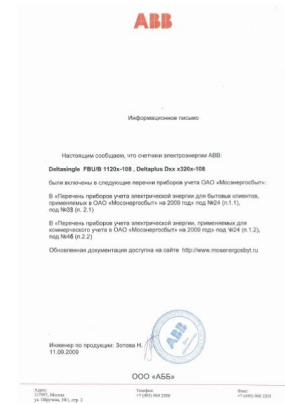
Общие требования



Каждый установленный расчетный счетчик должен иметь на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госповерителя, а на зажимной крышке — пломбу энергоснабжающей организации. Допустимый класс точности расчетных счетчиков активной электроэнергии 2,0 (ПУЭ).

Все счетчики АББ имеют:

- Сертификат ГОСТ Р
- Сертификат об утверждении типа средств измерений
- Занесены в перечень приборов учета, рекомендованных ОАО «Мосэнергосбыт» (перечень на сайте www.mosenergosbyt.ru)
- Заводскую поверку. Паспорт на русском языке



Учет электроэнергии

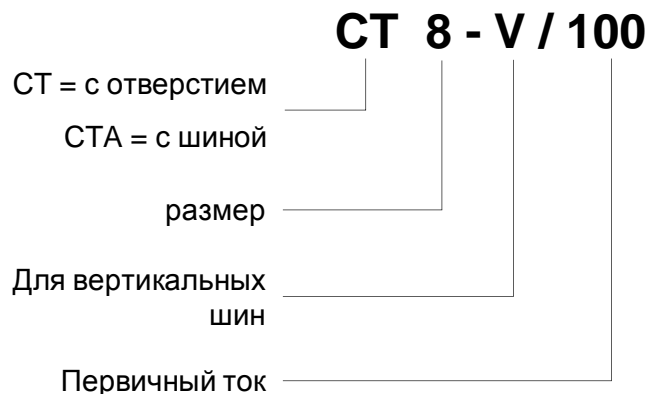
Трансформаторы тока



Класс точности трансформаторов тока и напряжения для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии должен быть не более 0,5. Допускается использование трансформаторов напряжения класса точности 1,0 для включения расчетных счетчиков класса точности 2,0. (ПУЭ)



Трансформаторы тока АBB серии СТ преобразуют ток (до 6000 А) для последующего измерения и обработки.



Учет электроэнергии

Счетчики АББ

ODINsingle



≤ 65 А прямое включ.

DELTAsingle



≤ 80 А прямое включение

1-фазные счетчики

ODIN



≤ 65 А прямое вкл.
или через трансф. тока
(5/5 – 900/5 A/A)

DELTAplus



≤ 80 А прямое вкл.
или через трансф. тока и напряж.
(1 – 9 999)

3-фазные счетчики

Мониторинг и диспетчеризация

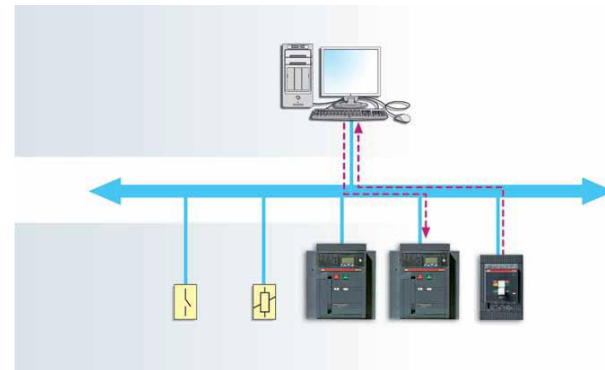
Назначение

Применение системы обмена данными между электрическими аппаратами в системе электроснабжения позволяет:

- обмениваться данными и взаимодействовать с компьютерными системами управления низковольтных электроустановок;
- интегрировать управление распределительной электроустановкой с системами автоматизации;
- контролировать параметры электроэнергии и фиксировать время и причины их отклонений;
- контролировать потребление электроэнергии и оптимизировать управление электроустановкой.



ABB



Мониторинг и диспетчеризация

Анализ качества электроэнергии

Современные системы диспетчеризации за счет возможностей электронных расцепителей автоматических выключателей SACE, позволяют контролировать в точках установки аппаратов:

- Действующие значения токов и напряжений;
- Полную, активную и реактивную мощность;
- Коэффициенты мощности и имплитуды;
- Частоту;
- Полную, активную и реактивную энергии;
- Гармонический состав токов и напряжений (до 40-ой гармоники);
- Осциллограммы токов и напряжений в режиме реального времени.



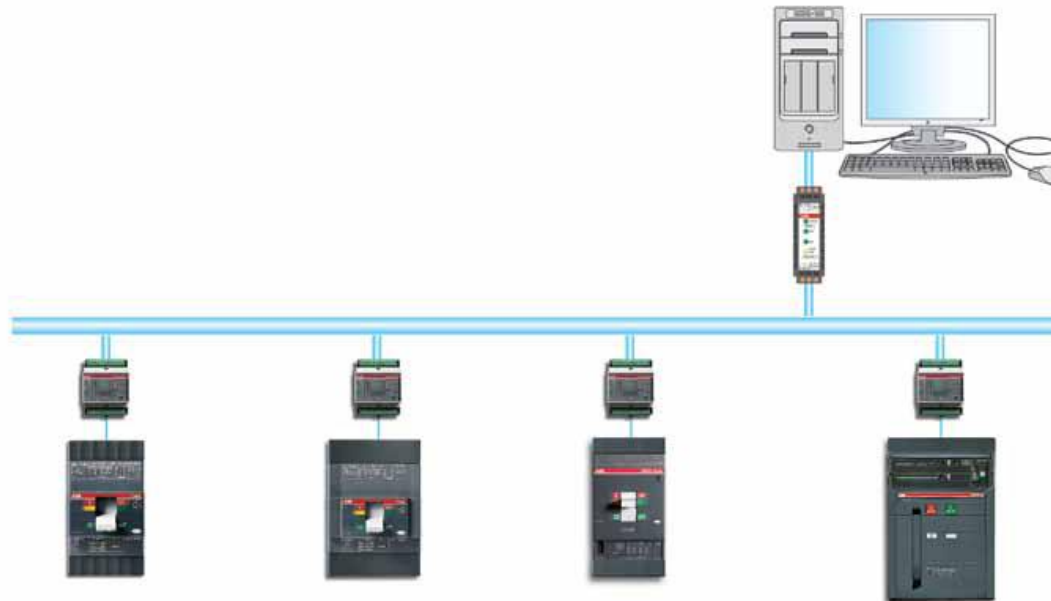
ABB



Мониторинг и диспетчеризация

Дистанционное управление

Наличие информационной шины Modbus позволяет дистанционно управлять отключением, а при наличии моторного привода и включением автоматических выключателей с пульта оператора.



ABB

Мониторинг и диспетчеризация Регистрация событий

Система мониторинга электроустановки подразумевает регистрацию событий (включая время, место, тип и параметры события) в том числе:

- Максимальные фазные токи;
- Максимальные и минимальные значения фазных и линейных напряжений;
- Максимальные полная, активная и реактивная мощность по фазам;
- Предаварийные состояния;
- Причины срабатывания автоматических выключателей.



ABB

A screenshot of a software interface displaying a table of event logs. The table has columns for 'Event ID', 'Event Description', 'Event Time', and 'Event Location'. The data is organized into sections for different parts of the system, such as 'Main Busbar' and 'Circuit Breaker'. The interface is dark-themed with green and yellow highlights for different sections.

Event ID	Event Description	Event Time	Event Location
1. Phase Over	Phase Over	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
2. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
3. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
4. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
5. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
6. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
7. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
8. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
9. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
10. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
11. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
12. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
13. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
14. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
15. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
16. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
17. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
18. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
19. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
20. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
21. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
22. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
23. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
24. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
25. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
26. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
27. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
28. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
29. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1
30. Phase	Phase	2012-09-26 10:10:10	Busbar 1

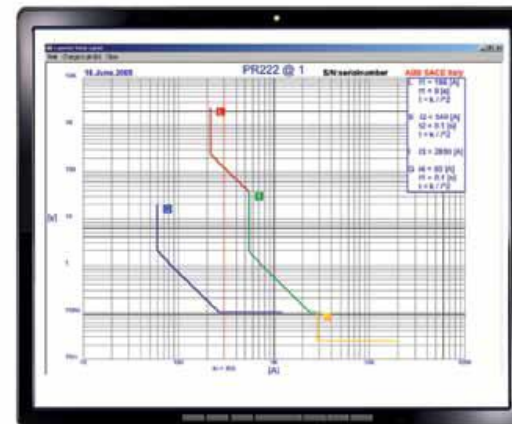
Мониторинг и диспетчеризация

Настройка системы

Благодаря централизованному доступу ко всем расцепителям электроустановки, что позволяет в режиме реального времени просматривать защитные характеристики аппаратов, проверять селективность настроек, при необходимости осуществлять изменение текущих настроек. Для просмотра и изменения настроек большое значение имеет возможность визуального просмотра характеристик выключателей.

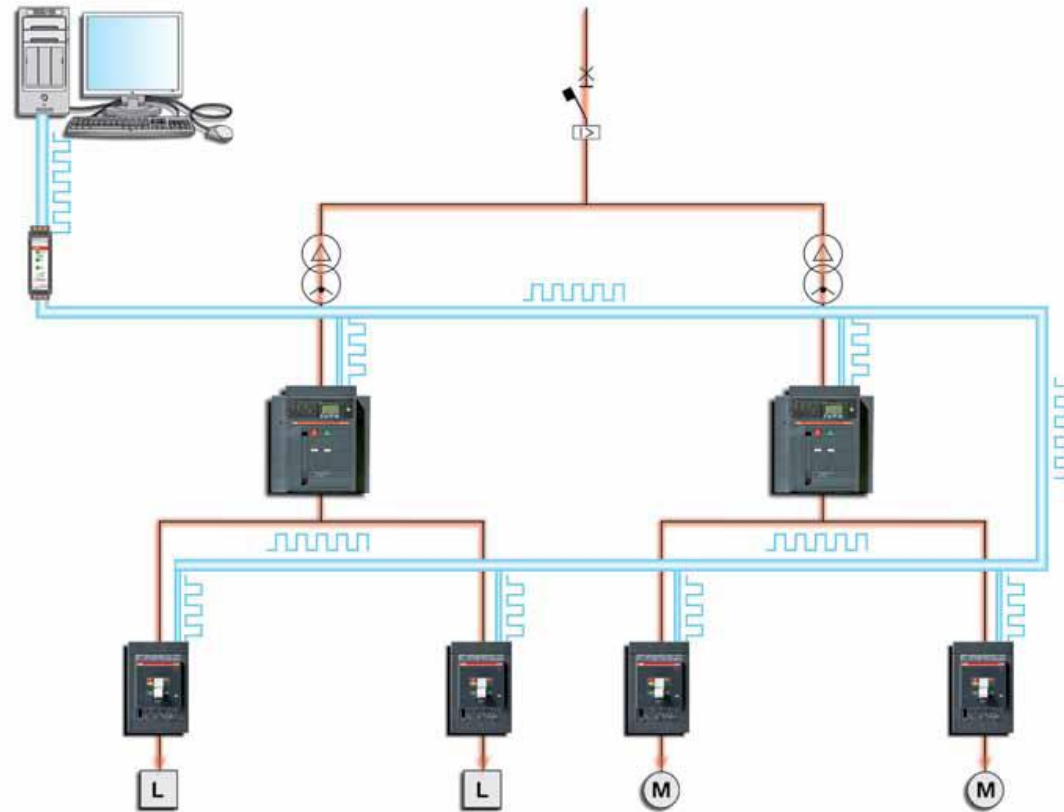


ABB



Мониторинг и диспетчеризация

Структура системы



ABB

Мониторинг и диспетчеризация

Используемые протоколы

- Modbus RTU, наиболее распространенный коммуникационный протокол для электронных промышленных устройств;
- ProfiBus-DP, применяемый для взаимодействия с интеллектуальными датчиками и исполнительными механизмами, как правило, использующими быстрый и циклический обмен данными между силовыми аппаратами и контроллерами;
- DeviceNet, также используемый для подключения аппаратов к контроллерам (ПК, ПЛК);
- AS-i, используемый для связи с очень простыми датчиками, такими как концевые выключатели, или с коммутирующими устройствами (например, кнопками).



ABB

Мониторинг и диспетчеризация

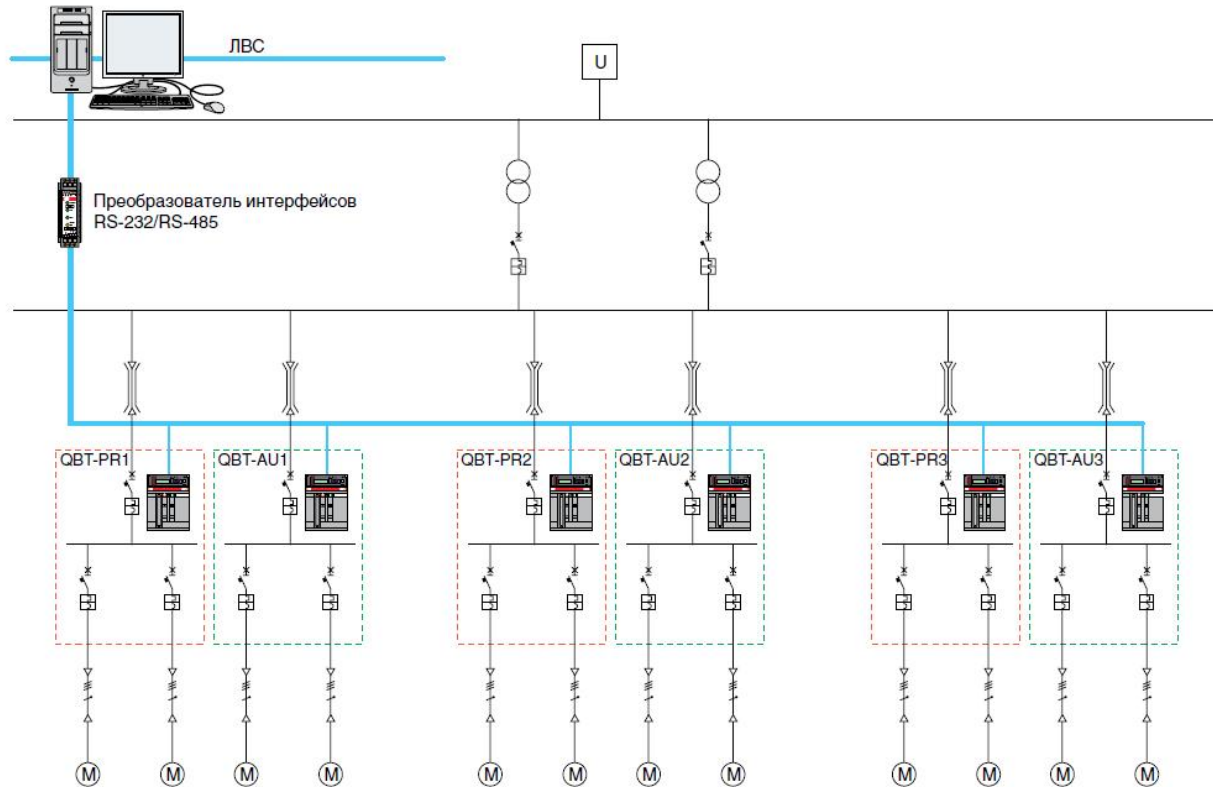
Требуемое оборудование



ABB

Мониторинг и диспетчеризация

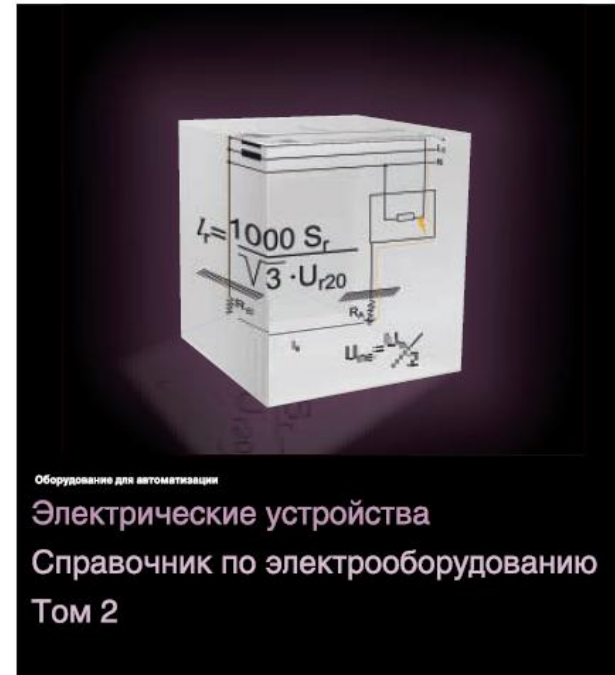
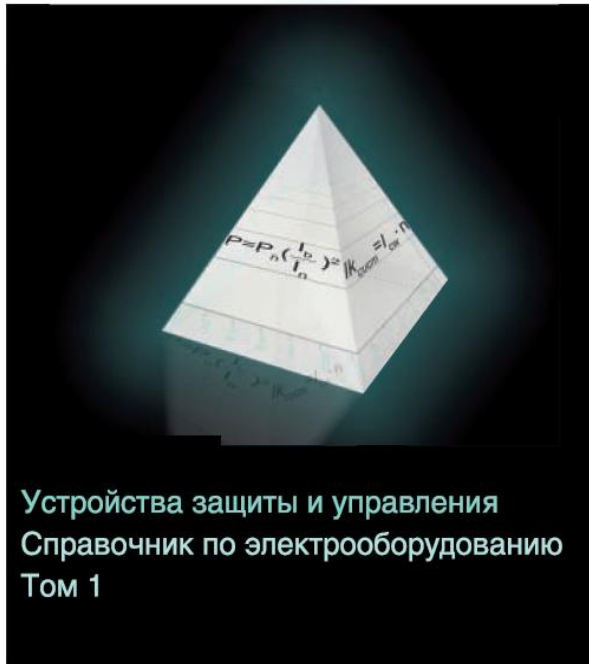
Пример применения



ABB

Полезные материалы

Справочник по электрооборудованию



Полезные материалы

Брошюры серии проектировщика



Полезные материалы Каталоги



ABB

ABB

Power and productivity for a better world™ ABB

ABB

Power and productivity
for a better world™

