

Структурная схема подсистем и объектов энергетики, участвующих в электроснабжении:

К – котел тепловой электростанции; Т – турбина; Г – генератор; Тр – трансформатор; ПС – подстанция; ЛЭП – линия электропередачи; ИРМ – источник реактивной мощности; ЭП – электроприемник; ИМ – исполнительный механизм

## **Причины возникновения и последствия переходных процессов**

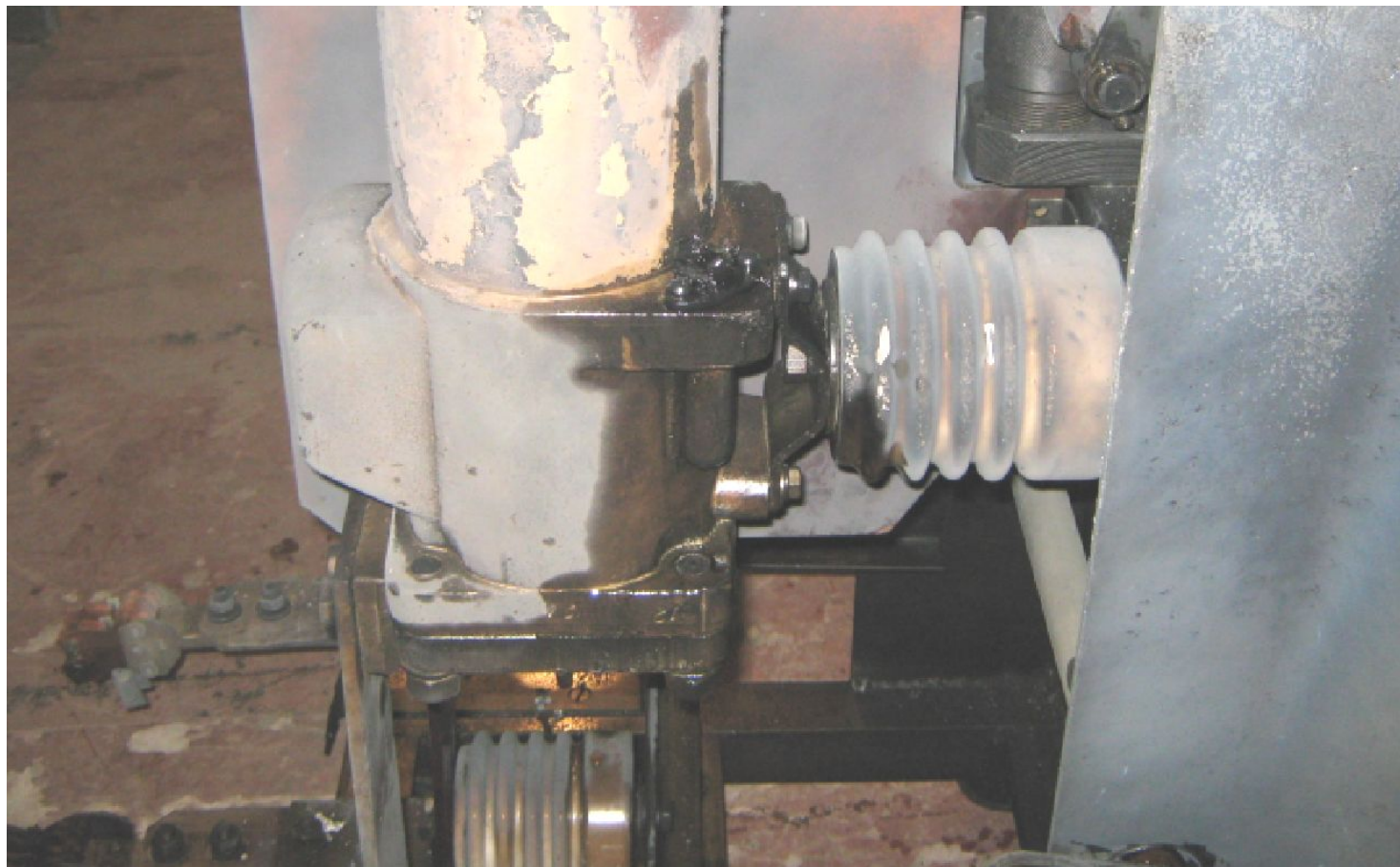
- 1) внутренние перенапряжения, которые в зависимости от длительности воздействия на изоляцию подразделяются на стационарные, квазистационарные и коммутационные;
- 2) влияние толчкообразной нагрузки электроприемников на работу системы электроснабжения;
- 3) возникновение местной несимметрии;
- 4) пуск, реверсирование и самозапуск асинхронных двигателей (АД);
- 5) несинхронное включение синхронных двигателей (СД), асинхронный ход СД и генераторов;
- 6) действие форсировки возбуждения синхронных машин (СМ) с помощью автоматических регуляторов возбуждения (АРВ), а также их развозбуждение с помощью устройств автоматического гашения поля (АГП);
- 7) апериодическая неустойчивость, самораскачивание и самовозбуждение автономных генераторов в системах электроснабжения;
- 8) отключение и переключение источников питания, автоматическое включение резерва (АВР);
- 9) отключения и повторные включения короткозамкнутых цепей, автоматическое повторное включение (АПВ);
- 10) явление неустойчивости (лавина) частоты в системе и автоматическая частотная разгрузка (АЧР);
- 11) лавинообразное снижение напряжения;
- 12) деление энергосистемы на части;
- 13) влияние электрического центра качаний (центра системы);
- 14) атмосферно-климатические воздействия на элементы систем электроснабжения;
- 15) разрушение отдельных элементов системы и их изоляции, короткие замыкания.

***Атмосферно-климатические воздействия на элементы систем электроснабжения.***



Гололед и снежные образования на проводах ВЛ

***Разрушение отдельных элементов системы и их изоляции, короткие замыкания***



Повреждение маломасляного  
выключателя

## **Причины возникновения коротких замыканий**

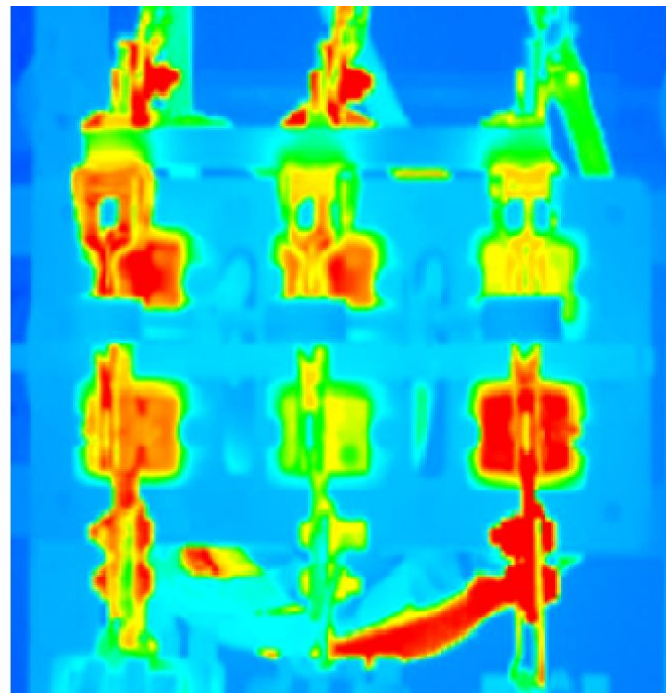
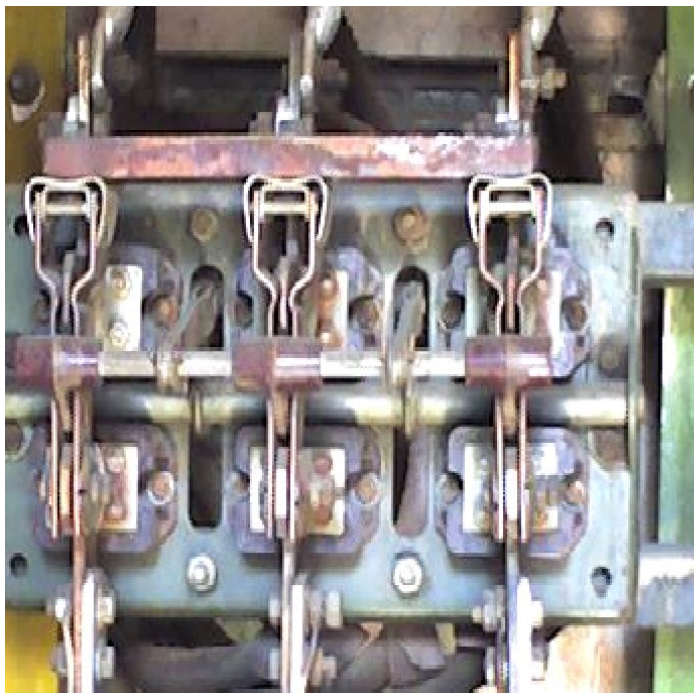
- 1) нарушения изоляции токоведущих частей, происходящей в результате старения;
- 2) профилактических испытаний, проводимых для обнаружения скрытых дефектов изоляции;
- 2) механических повреждений, связанных с эксплуатацией электрооборудования;
- 3) перегрузки электрооборудования и перегрева изоляции;
- 4) перегрева контактных соединений токоведущих частей электрооборудования;
- 5) разрушения изоляции во влажной или химически активной среде;
- 6) перекрытия фаз птицами и животными, разрушения изоляции грызунами;
- 7) атмосферно-климатических воздействий;
- 8) внутренних перенапряжений в электрической сети;
- 9) проведения преднамеренных КЗ на подстанциях с упрощенными схемами при помощи короткозамыкателей;
- 10) неправильного или плохого ухода за электрооборудованием;
- 11) неправильных действий обслуживающего персонала;
- 12) непреднамеренных повреждений изоляции;
- 13) вандализма и хищения элементов действующих электроустановок и оборудования.

***Нарушение изоляции токоведущих частей, происходящее в результате старения***



Механическое разрушение  
длительно эксплуатируемого изолятора

## *Перегрев контактных соединений токоведущих частей электрооборудования*



Перегрев контактного соединения,  
зафиксированный тепловизором

## ***Индуктированные напряжения при ударах молнии вблизи ВЛ***



Результаты перенапряжения и возникшей электрической дуги



**Проведение преднамеренных КЗ на подстанциях с упрощенными схемами при помощи короткозамыкателей**

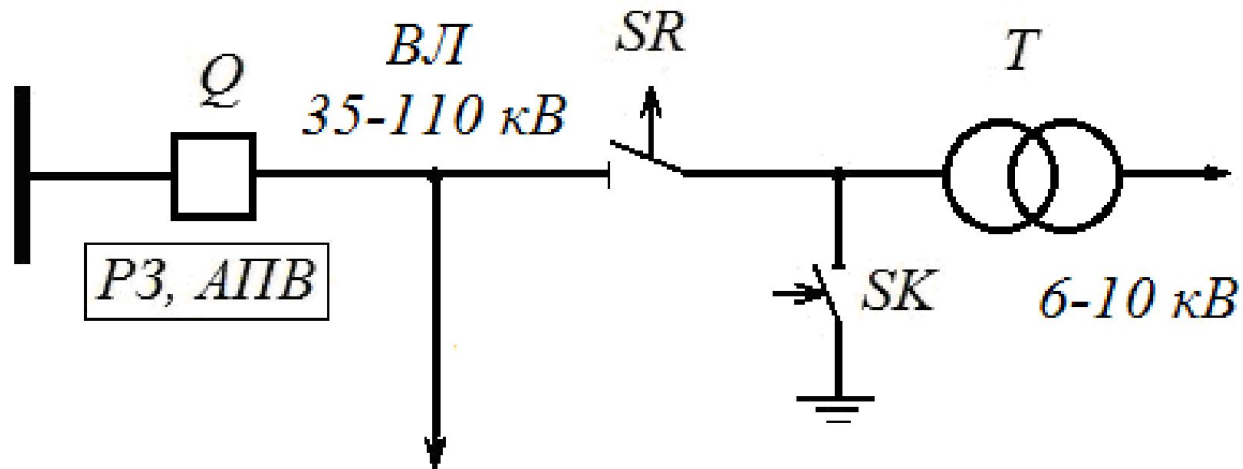
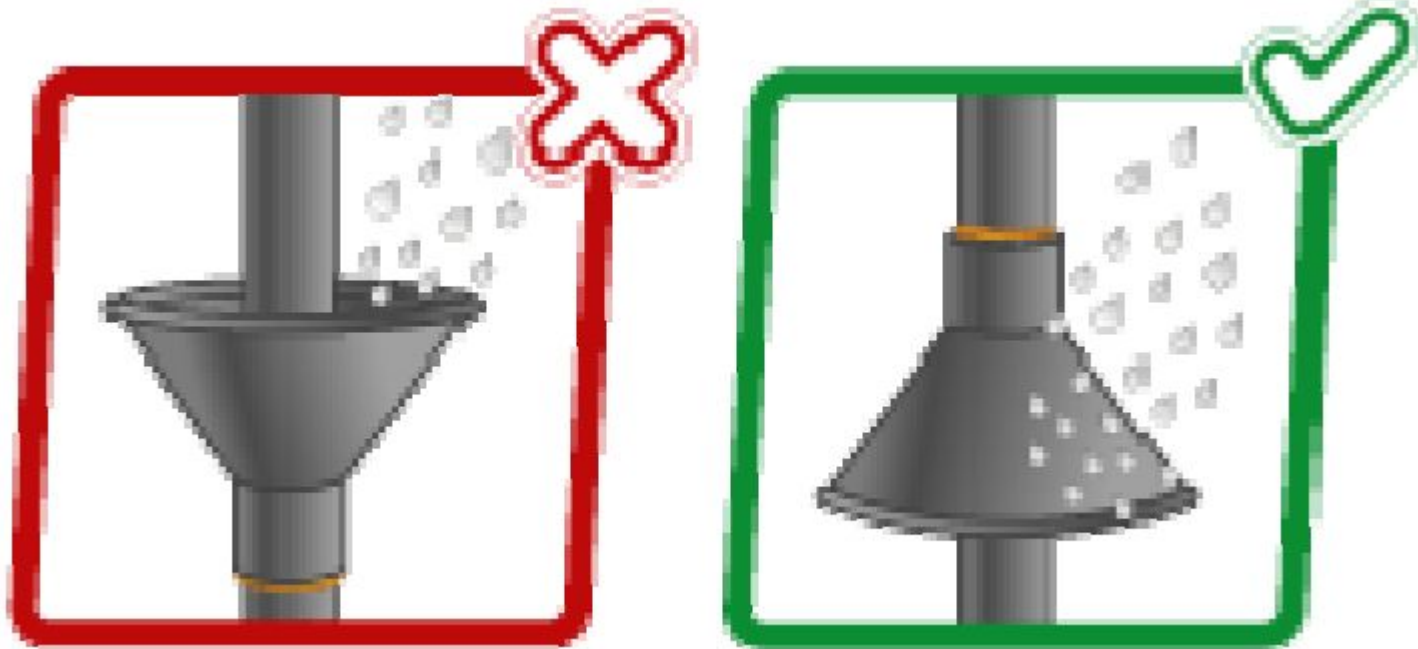


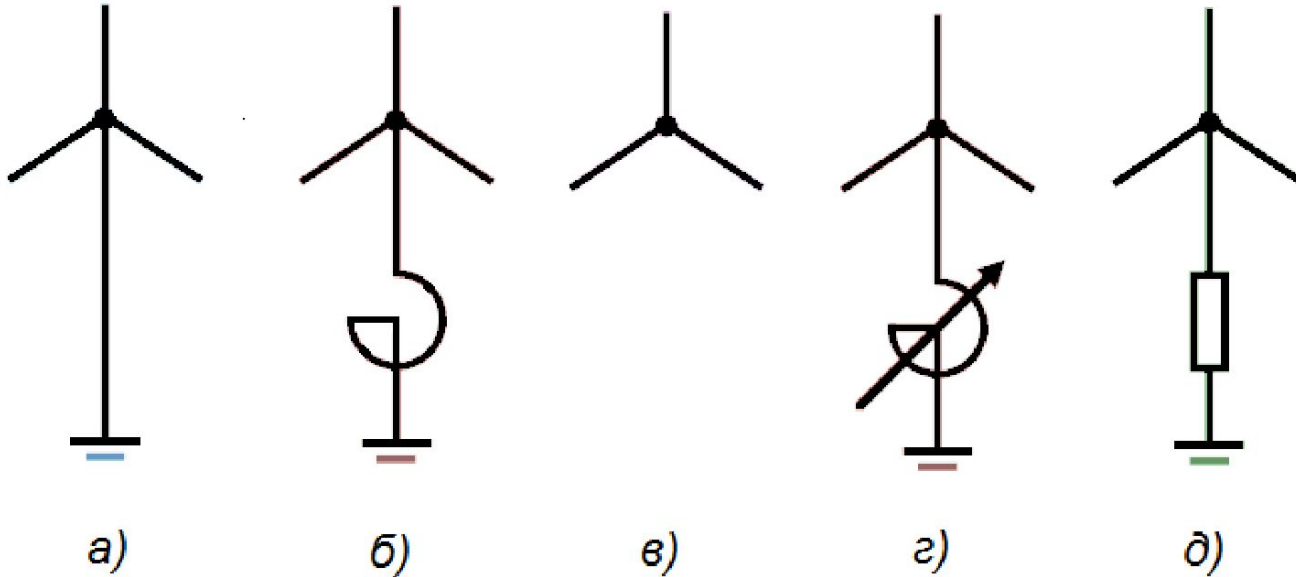
Схема блочной подстанции с упрощенной схемой коммутации

***Ошибки при монтаже  
электрооборудования***



Установка жильных изоляторов на кабельных муфтах  
наружной установки

## Виды коротких замыканий



Режимы заземления нейтрали:

а – глухозаземленная;

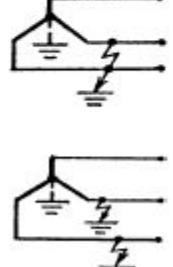
б – эффективнозаземленная (например, через реактор);

в – изолированная;

г – с заземлением через дугогасящий реактор;

д – с заземлением через резистор

## Виды коротких замыканий

Схема короткого замыкания	Сеть с глухозаземленной или эффективно-заземленной нейтралью	Сеть с незаземленной или резонансно-заземленной нейтралью	Частота появления, %
	<p>Трехфазное КЗ <math>K^{(3)}</math> Трехфазное КЗ на землю <math>K^{(1.1.1)}</math></p>	<p>Трехфазное КЗ <math>K^{(3)}</math> Трехфазное КЗ с землей <math>K^{(3з)}</math></p>	<p>1-7</p>
	<p>Двухфазное КЗ <math>K^{(2)}</math></p>	<p>Двухфазное КЗ <math>K^{(2)}</math></p>	<p>2-13</p>
	<p>Двухфазное КЗ на землю <math>K^{(1.1)}</math> Двойное КЗ на землю <math>K^{(1-1)}</math></p>	<p>Двухфазное КЗ с землей <math>K^{(2з)}</math> Двойное на землю <math>З^{(1+1)}</math></p>	<p>5-20</p>
	<p>Однофазное КЗ <math>K^{(1)}</math></p>	<p>Однофазное замыкание на землю <math>З^{(1)}</math></p>	<p>60-92</p>

## **Последствия коротких замыканий**

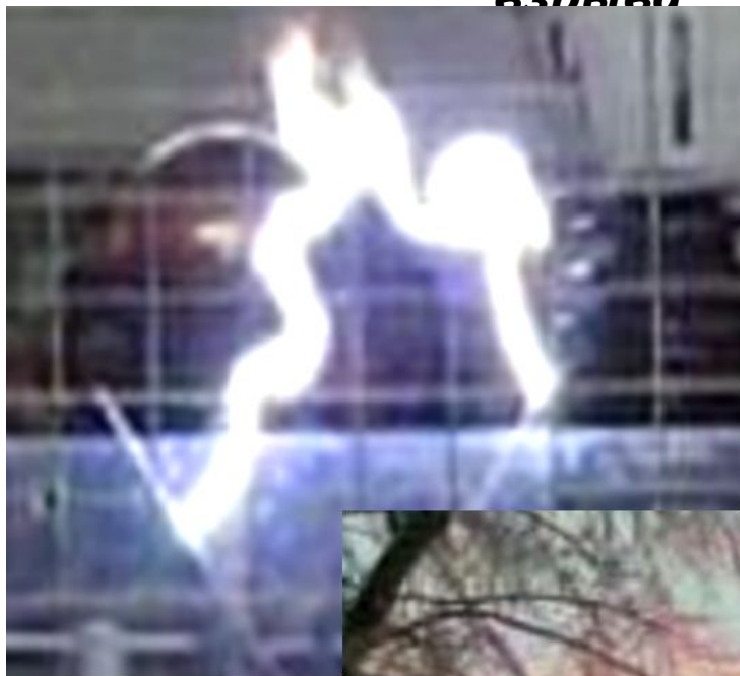
- 1) значительное увеличение силы тока на поврежденном участке электрической сети;
- 2) перераспределение потоков электрической энергии в сети;
- 3) возникновение перенапряжений;
- 4) ухудшение показателей качества электроэнергии;
- 5) нарушение устойчивости работы элементов СЭС и электроэнергетической системы;
- 6) термическое действие;
- 7) электродинамическое воздействие;
- 8) влияние на линии связи, устройства релейной защиты, автоматики и телемеханики;
- 9) ухудшение электробезопасности;
- 10) возможность пожара и взрыва.

*Термическое  
действие*



Термические разрушения в результате КЗ на  
шинах

***Возможность пожара и  
взрыва***



## **Назначение расчета параметров режима короткого замыкания**

- 1) обоснования экономически целесообразных систем передачи, распределения и потребления электрической энергии;
- 2) обеспечения осуществимости такого режима, который должен наступить после окончания переходного процесса в ЭЭС;
- 3) выполнения требований, предъявляемых к качественным показателям переходного процесса;
- 4) обеспечения устойчивости перехода от одного режима к другому;
- 5) оценки устойчивости режима, наступившего после окончания переходного процесса;
- 6) определения продолжительности переходного процесса и его влияния на изменение параметров элементов ЭЭС;
- 7) создание таких условий в ЭЭС, при которых переходные процессы заканчивались бы благополучным желательным установившимся режимом.



**Параметры режима короткого замыкания** – это совокупность

токов, напряжений, углов сдвигов фаз между ними или между их симметричными составляющими, видов КЗ, мест возникновения КЗ, продолжительности воздействия токов короткого замыкания (ТКЗ), диапазонов изменения

значений ТКЗ. Для выбора и проверки электрооборудования допускаются упрощенные методы расчета токов КЗ, если их погрешность не превышает 5–10 %.

При этом определяют:

- начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ и значение этой составляющей в произвольный момент времени, вплоть до расчетного времени размыкания поврежденной цепи;
- начальное значение апериодической составляющей тока КЗ и значение этой составляющей в произвольный момент времени, вплоть до расчетного времени размыкания поврежденной цепи;
- ударный ток КЗ.

Расчеты ТКЗ необходимы для решения следующих основных задач:

- 1) сопоставления, оценки и выбора схемы СЭС и ЭЭС;
- 2) прогнозирования условий работы электроприемников при аварийных режимах;
- 3) проверки выбранных коммутационных аппаратов и проводников по условиям работы при КЗ;
- 4) проектирования и настройки устройств релейной защиты и автоматики;
- 5) конструирования элементов распределительных устройств и токопроводов;
- 6) определения числа точек заземления нейтралей в СЭС;
- 7) проектирования компенсирующих дугогасящих устройств и заземлителей;
- 8) прогнозирования влияния ЛЭП на линии связи, автоматики и телемеханики;
- 9) выбора характеристик разрядников и ограничителей перенапряжений для защиты ЛЭП и электрооборудования от перенапряжений;
- 10) проведения различных испытаний, исследования и анализа