




ИЗОЛЯЦИЯ И ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ



Цель дисциплины – знакомство с характером пробоя изоляции, с конструктивными особенностями высоковольтной изоляции, о механизмах возникновения дефектов в изоляции и методах ее контроля, с перенапряжениями и методах защиты от них.



ИЗОЛЯЦИЯ И ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

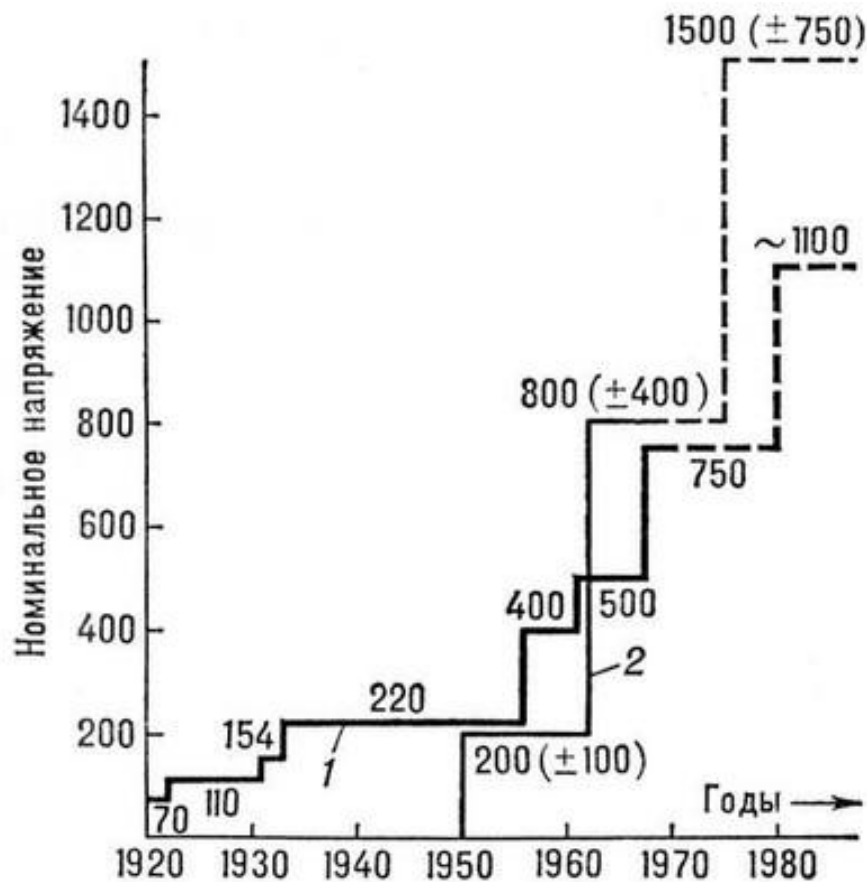
**Лекции
(8 часов)**

**Лабораторная
работа
(8 часов)**

**Контрольная
работа**

Экзамен

Наибольшее рабочее напряжение



7,2; 12 ; 24;
40,5 ; 126 ;
252 ; 363 ;
525 ; 787;
1200 кВ



Уровень изоляции

Уровнем изоляции электрооборудования называется нормированное испытательное напряжение или нормированный срок службы, отнесенные к нормированным, условиям испытаний.

Координация изоляции

Оптимальный выбор изоляции и защиты от перенапряжений сетей высокого напряжения

$$Z = \sum_{i=1}^n (E_i K_i + U_i) + \sum_{j=1}^n (E_j K_j + U_j) + \sum_{k=1}^n y_k \Rightarrow \min$$

где Z - обобщенные приведенные затраты;
 k_i, k_j - капитальные вложения соответственно на оборудование и на защитные устройства; E_i, E_j - нормативные коэффициенты эффективности капиталовложений и амортизационных отчислений;

Степень однородности электрического поля разрядного промежутка

Однородное - поле, напряженность которого одна и та же во всех точках поля.

Неоднородное - поле, напряженность которого имеет различные значения.

η_n - коэффициент неоднородности

$\eta_n = E_{\text{макс}}/E_{\text{ср.}}$

Квазиоднородное поле $\eta_n < 2$.

Слабонеоднородное поле $\eta_n < 2$.

Резконеоднородное поле $\eta_n > 3...4$.

Формы коронного разряда



- 1. Лавинная - в промежутке развиваются только электронные лавины.**
- 2. Стримерная (плазменный канал) – в промежутке кроме электронных лавин развиваются стримерные каналы. Если температура в канале стримера становится достаточной для термической ионизации газов, то он преобразуется в лидер.**

Потери мощности в ВЛ от коронного разряда

$U_k = 2\pi\xi\xi_0 r E_k / c$ – критическое напряжение коронного разряда, кВ;

$$E_k = 24,5\delta m \left[1 + \frac{0,62}{\left(r^{0,3} \delta^{0,38} \right)} \right]$$

-критическая напряженность короны (кВ/см),
 $m = 0,82 \dots 0,85$ – коэффициент,

$C = 2\pi\xi\xi_0 / \ln \left(\frac{D}{r_y} \right)$ - рабочая емкость фазы,

R - радиус провода, см.

D - расстояние между проводами, см

дами, см

ϵ - эквивалентная емкость
провода с учетом объемного
заряда вокруг провода, Ф/км

Потери мощности

$$P = 3l \cdot 350 \omega (C^2 / (\epsilon - C)) U_k^2 F(U_{\text{макс.ф}} / U_k),$$

кВт



Время разряда

$$t_p = t_1 + t_c + t_f$$

t_1 – это время нарастания напряжения до начального напряжения U_0 , при котором выполняется условие самостоятельности разряда.

t_c - время статического запаздывания разряда или время ожидания первого эффективного электрона в промежутке .

$t_f = t_{лав} + t_{стр} + t_{лид} + t_{г.р}$ - время формирования разряда.

$t_{г.р}$ - время главного разряда.



Разряд вдоль увлажненной и загрязненной поверхности изоляции

**Механизм перекрытия носит
тепловой характер .**

Сухоразрядное напряжение ($U_{с.р}$).

***Мокроразрядное напряжение ($U_{м.р}$)-
при непрерывном смачивании
дождем***

$$U_{м.р} = (0,6-0,7)U_{с.р}$$



Стадии поверхностного разряда

1. Коронный разряд
2. Скользящий разряд

$$l_{\text{нк}} = k C_0^2 U^5 \sqrt[4]{dU / dt},$$

- длина искр скользящего разряда

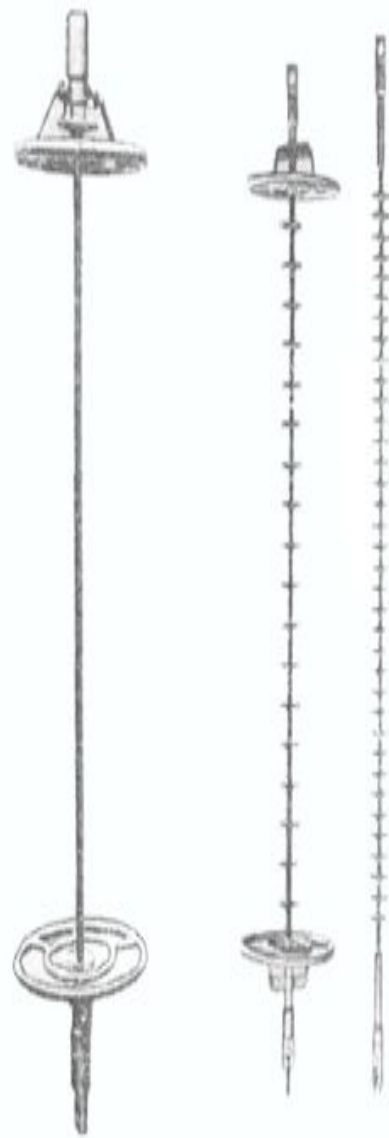
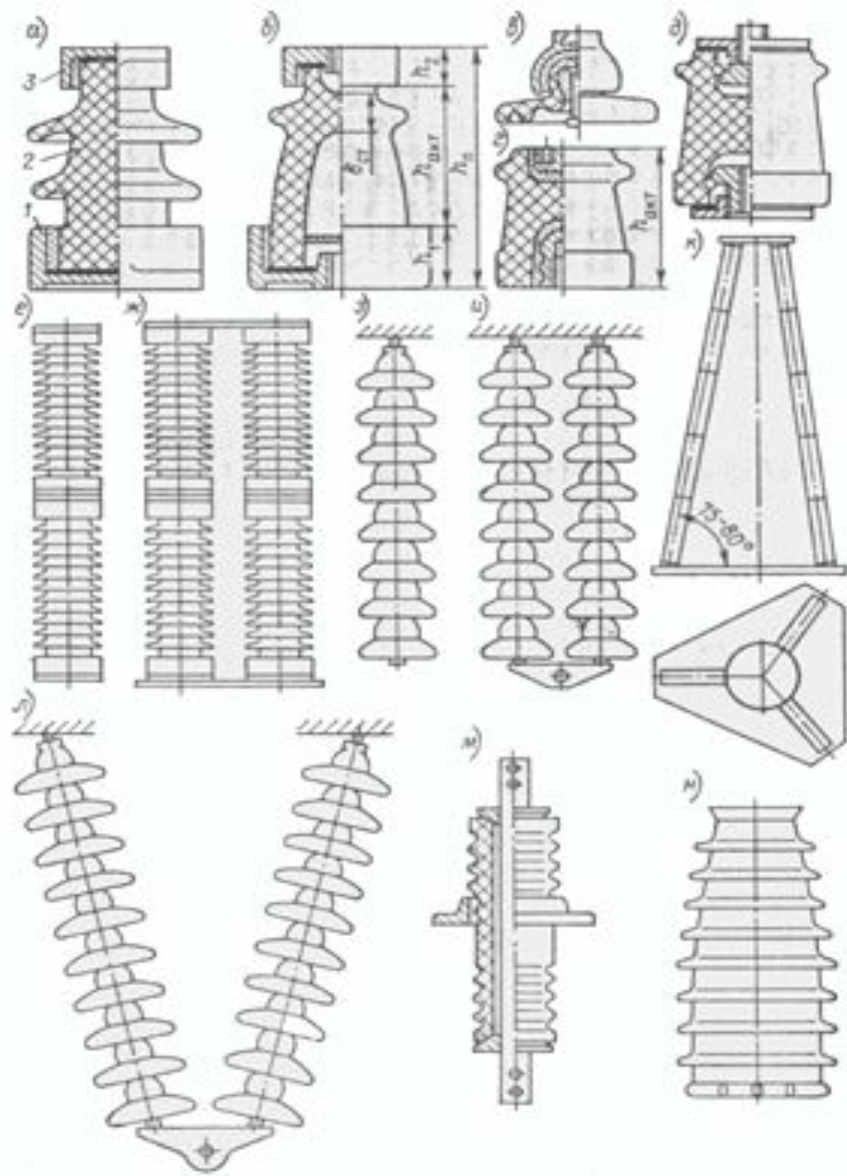
Начальное напряжение обеих стадий описывается формулой Теплера:

$$U_{\text{н}} = A C_{\text{уд}} - 0,45, \text{ кВ}$$

Изоляционные конструкции высокого напряжения



- опорные и подвесные (гирлянды)**
- проходные**
- покрышки**
- тяги и рычаги**
- воздухопроводы**
- наружной и
внутренней
установки**



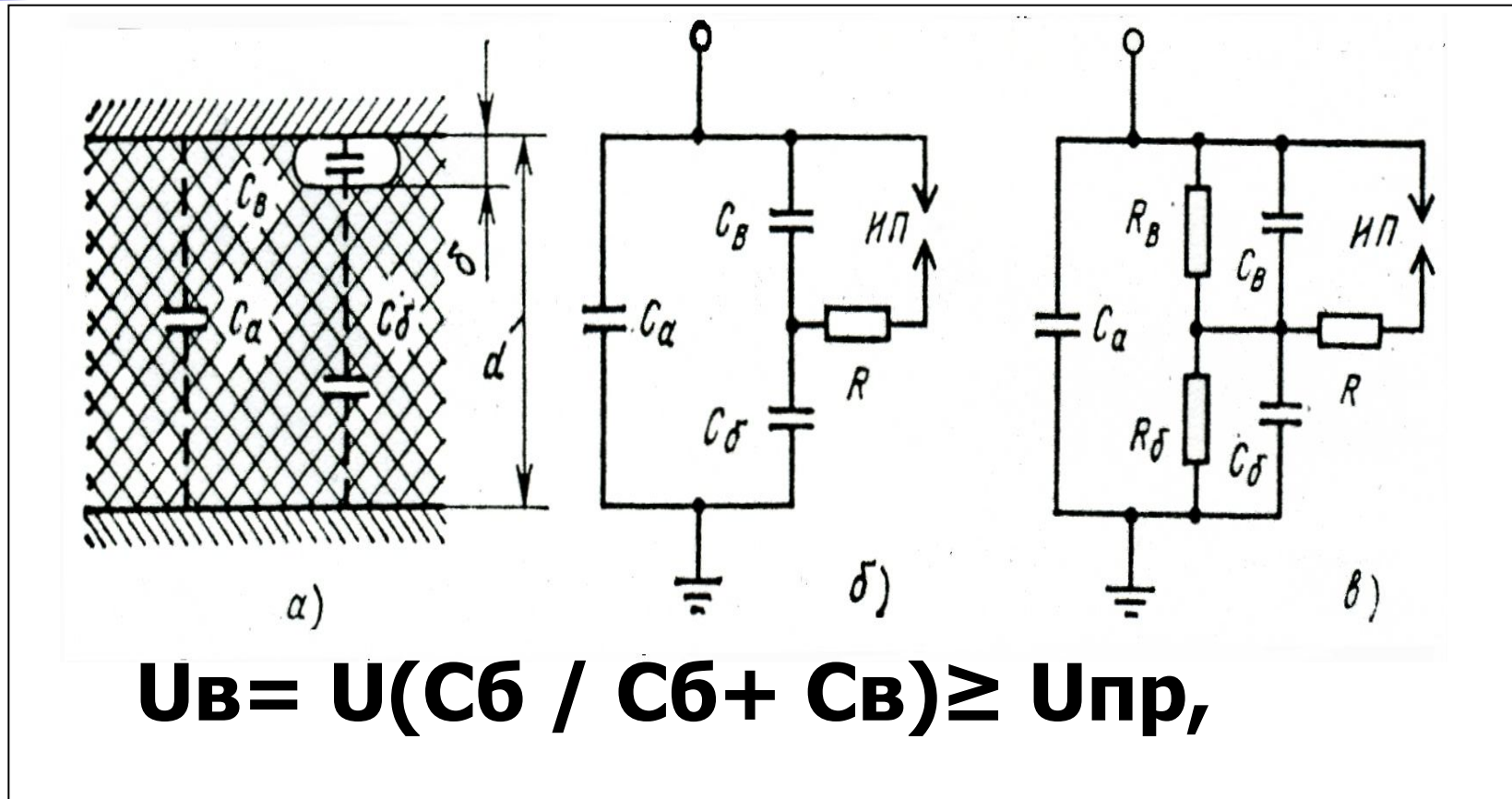


Пробой твердых диэлектриков

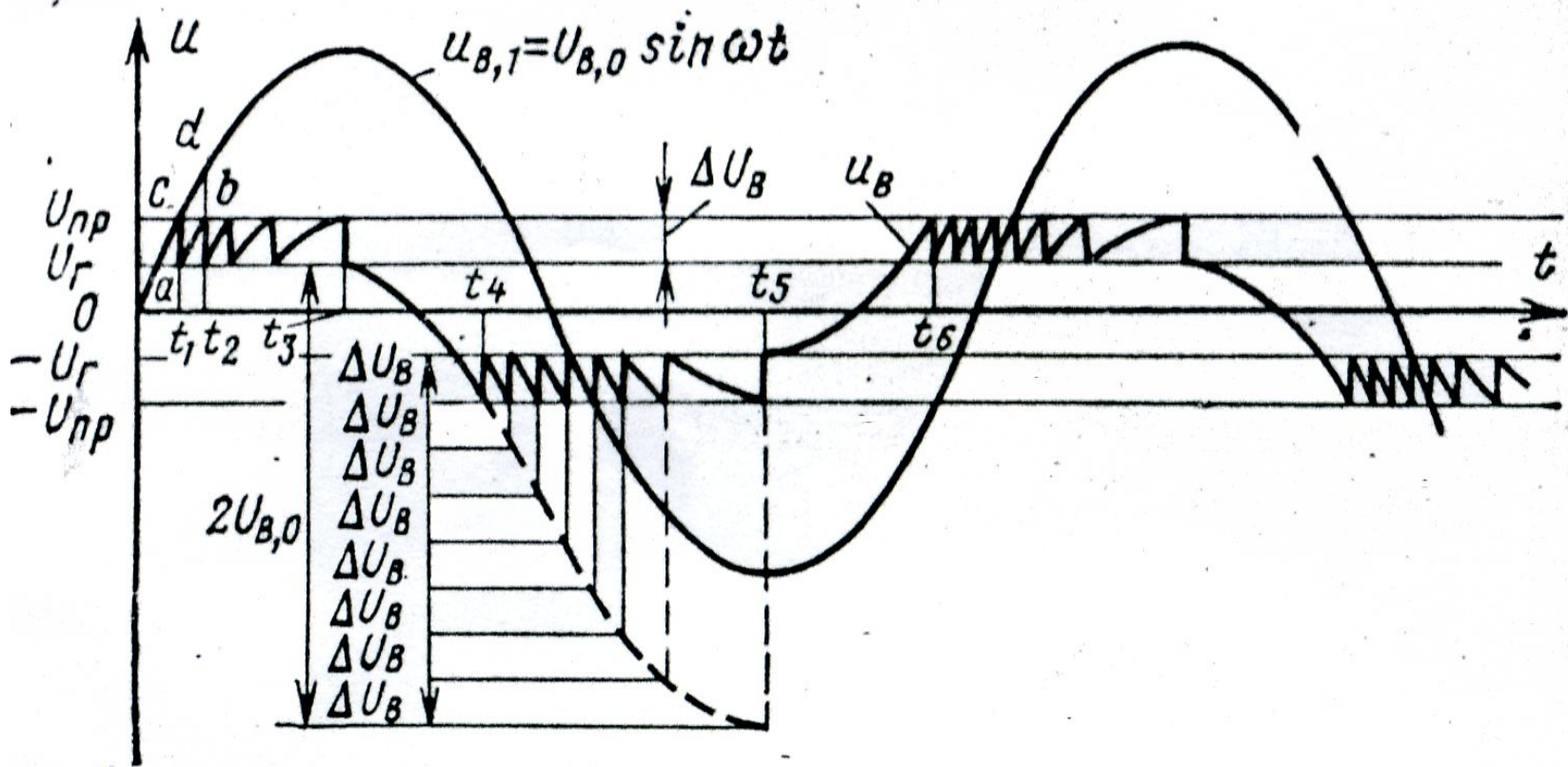
- 1. Электрический пробой** – вследствие ударной ионизации,
- 2. Тепловой пробой** - связан с разогревом диэлектрика
- 3. Пробой из-за частичных разрядов**

Смешанные виды пробоя

Схемы замещения изоляции с газовым включением



Частичные разряды





Частичные разряды в ИЗОЛЯЦИИ

- 1. Ч.р. (пробой) масляного канала в месте соприкосновения изолированного провода с электрокартоном или бумагой (изоляция перемишек, прокладки между катушками);**
- 2. Ч.р. в бумажно-масляной изоляции на отводах, перемичках и т.п.;**
- 3. Частичный пробой витковой изоляции;**
- 4. Скользящий разряд по поверхности электрокартона ("ползущий разряд");**
- 5. Корона в масляных промежутках ввода, с элементов переключателей и др.**

Виды изоляции воздушных линий

1. Изоляционные конструкции:

- штыревые линейные изоляторы,**
- фарфоровые и стеклянные гирлянды изоляторов**
- стержневые стеклопластиковые изоляторы**
- междуфазовые стеклопластиковые распорки**

2. Воздушные промежутки .



Изоляция масляных трансформаторов

Внешняя изоляция :

**воздушных промежутков ,
фарфоровых покрышек вводов.**

**Внутренняя изоляция : обмоток
(главная и продольная),**

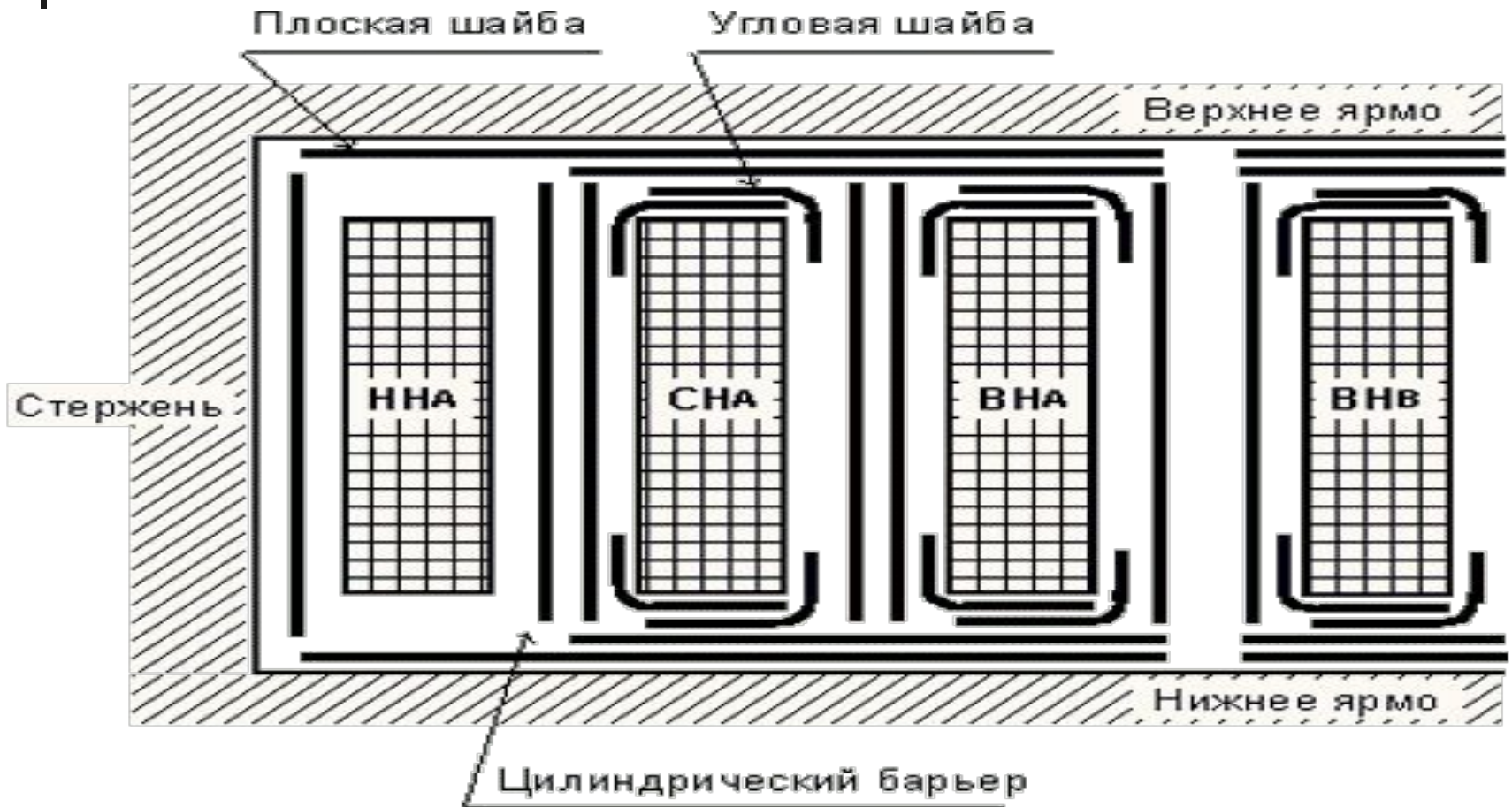
**масляной части вводов, отводов
и вспомогательных устройств
(переключателей и др.).**



Главная изоляция

Между обмотками, между обмоткой и магнитопроводом, между наружными обмотками двух соседних стержней магнитопровода(междуфазную) и между наружной обмоткой и стенкой бака. Выполняется маслбарьерного типа и состоит из чередующих барьеров из электрокартона и масляных каналов.

Общий вид главной ИЗОЛЯЦИИ





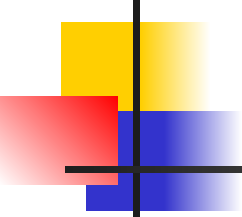
Продольная изоляция

1. Витковая (бумажно-масляная изоляция)

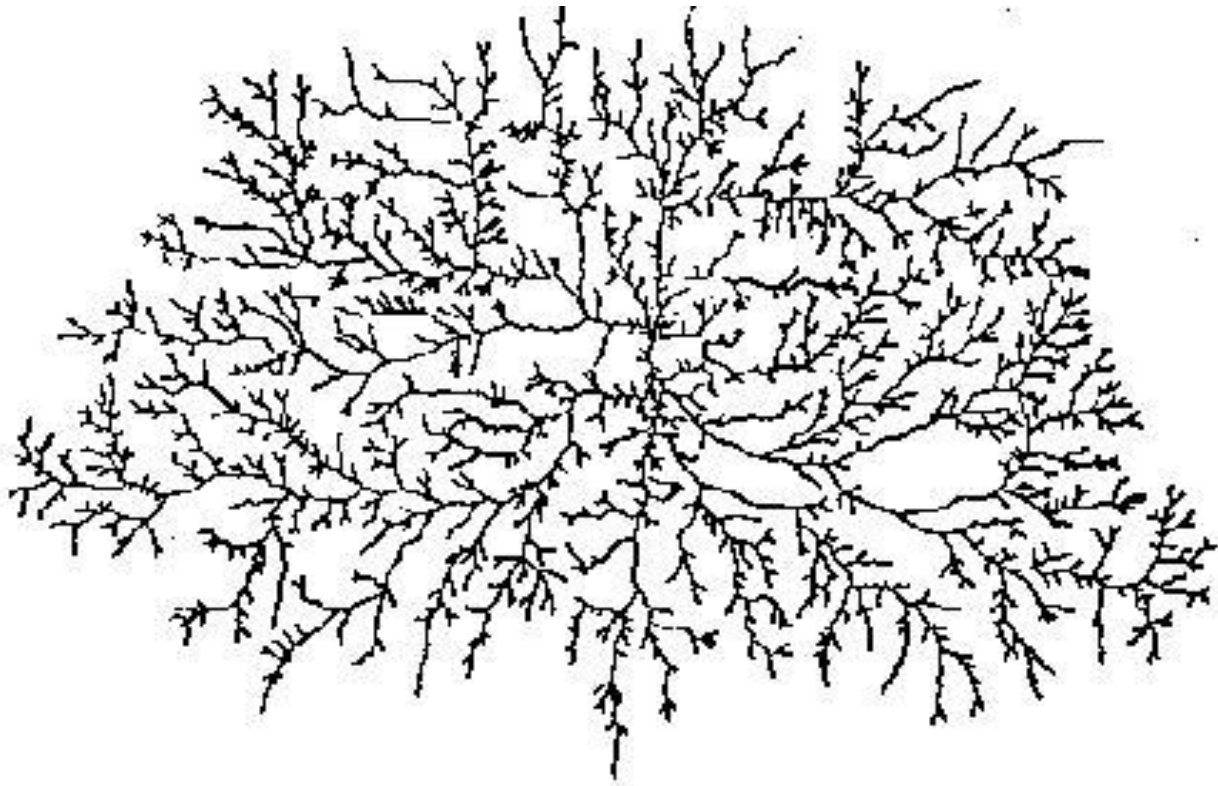
2. Между катушками или слоями витков.

Выполняется обычно слоями из электроизоляционной бумаги, накладываемой поверх провода.

Изменение электрической прочности маслобарьерной изоляции

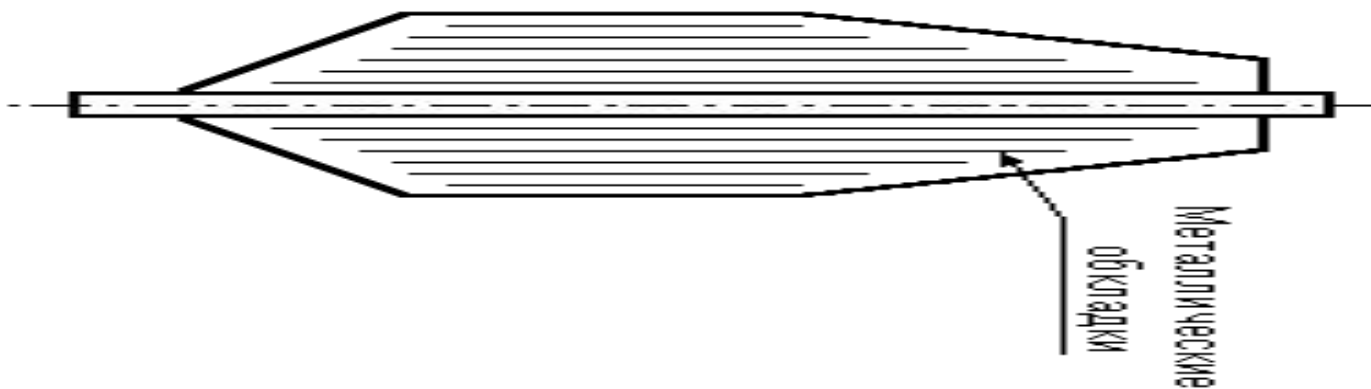
- 
-
- 1. Воздействия электрического поля и частичных разрядов;**
 - 2. Увлажнение изоляции за счёт проникновения влаги из атмосферного воздуха и в результате разложения трансформаторного масла и целлюлозных материалов;**
 - 3. Окислительные процессы под действием повышенной температуры;**
 - 4. Загрязнение изоляции примесями, продуктами старения;**
 - 5. Механические, химические разрушения.**

Ползущий разряд на барьере из электрокартона



Вводы (проходные изоляторы)

- 1. Сплошные фарфоровые.
- 2. Бумажно – бакелитовые.
- 3. Маслбарьерные.
- 4. Бумажно - масляные конденсаторного типа см.рис.).





Изоляция обмотки высокого напряжения

Состоит из эпоксидной смолы с инертными и огнестойкими наполнителями, при этом процессы смешивания и заливки осуществляются в вакууме. Эта технология придает обмоткам очень высокие диэлектрические свойства с очень низким уровнем частичных разрядов .



Изоляция электрических машин

- 1. Корпусная** изоляция, которая отделяет проводники от магнитопровода (высоковольтная и низковольтная).
- 2. Изоляция междуфазовых зон** обмотки.
- 3. Изоляция элементарных проводников**
- 4. Полупроводящие покрытия** для выравнивания электрического поля в лобовых (краевых) частях машин.

Могут использоваться **ВСЕ** или **ЧАСТЬ** указанных видов изоляции.

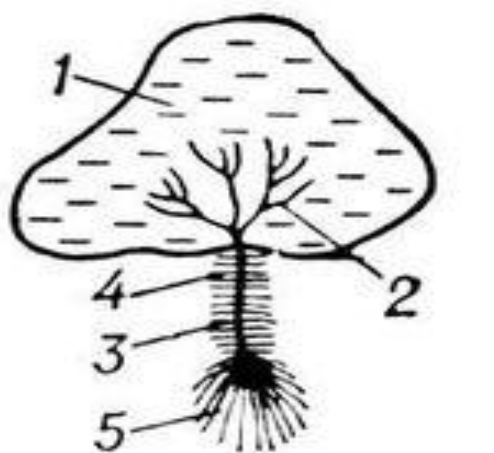
Виды перенапряжений

Внутренние : квазистационарные

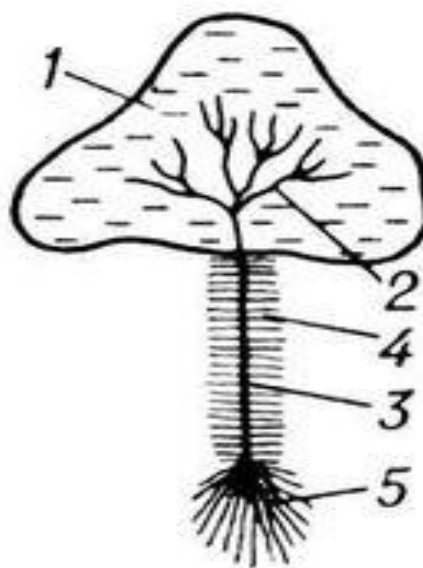
~~(режимные, резонансные, феррорезонансные~~
и параметрические. Режимные перенапряжения возникают при несимметричных коротких замыканиях на землю, а также при разгоне генератора в случае резкого сброса нагрузки) и *коммутационные* (при переходных процессах, возникающих при коммутациях в сетях).

Внешние : от разрядов молнии и от воздействия внешних источников.

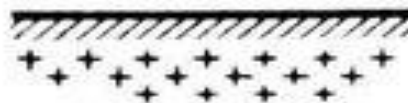
Разряд молнии



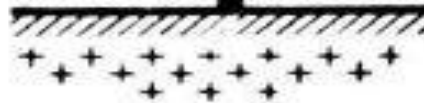
a



б



в






Разряд молнии




Ограничение внутренних перенапряжений



Коммутационные (комбинированные) разрядники типа РВМК (ВЛ СВН -330, 500, 750 и 1150 кВ).

Нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН- 6кВ и выше).

Шунтирующие реакторы с искровым подключением (линии СВН).



При коммутационных перенапряжениях, превосходящих по кратности уровень защищаемой изоляции, разрядник *РВМК* должен срабатывать раньше, чем напряжение достигнет опасного для изоляции значения, и надежно защитить изоляцию линии и оборудование подстанции.

Коммутационные разрядники, как правило, устанавливаются на обоих концах линии.

Напряжение, остающееся на рабочем сопротивлении после срабатывания разрядника, не должно превосходить уровень защищаемой изоляции.

ОПН ограничивают коммутационные перенапряжения до уровня $1,8U_{ф}$ и атмосферные перенапряжения до уровня $(2,0...2,4) U_{ф}$.

Шунтирующие реакторы с искровым подключением для ограничения внутренних перенапряжений на концах линий СВН.

Защита подходов линии к

подстанции

1. Подвеска тросов при их отсутствии на линии;
2. Снижение угла защиты $\alpha \leq 20^\circ$ путём подвески второго троса или изменения конструкции опоры на подходах;
3. Заземление тросов на каждой опоре подхода;
4. Снижение сопротивления заземления опор на подходе до значений $R_3 \leq 10 \dots 20$ Ом;
5. Переход линии с башенных на одноцепные порталные опоры меньшей высоты и с меньшим индуктивным сопротивлением.

