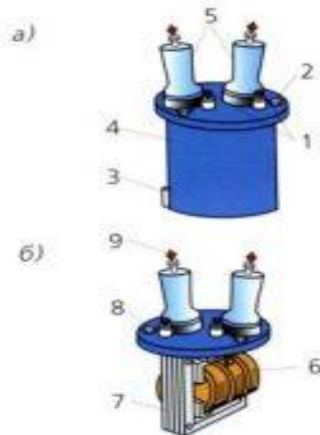
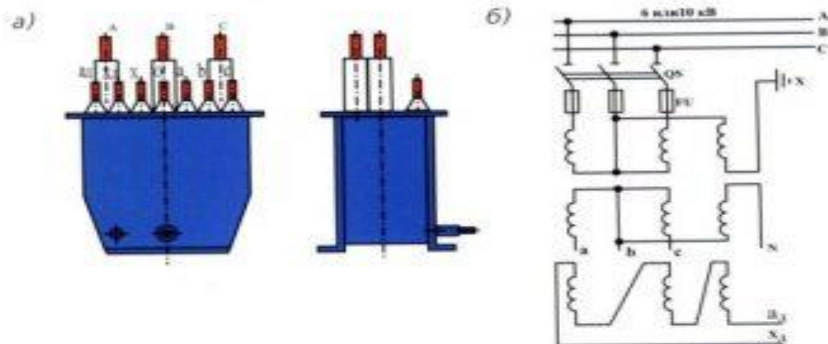


Измерительные трансформаторы напряжения

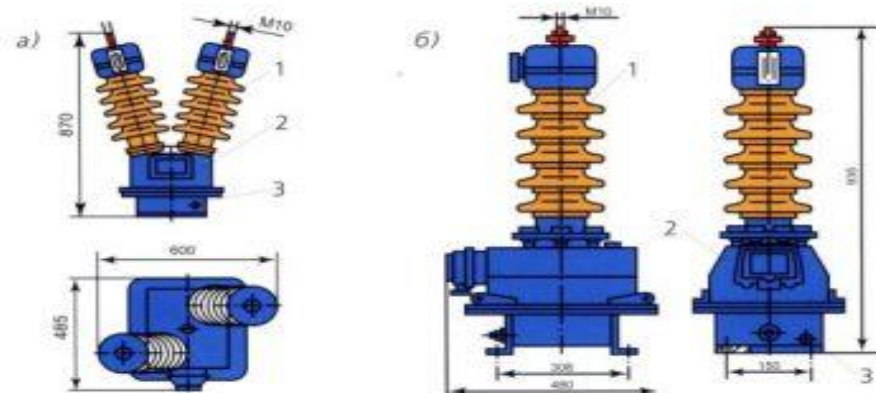
ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ



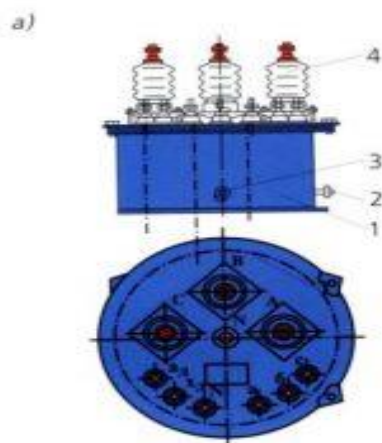
ОДНОФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ НОМ-10:
 а-общий вид; б-выъемная часть;
 1,5-проходные изоляторы; 2-болт для заземления; 3-сливная пробка; 4-бак; 6-обмотка; 7-сердечник; 8-винтовая пробка; 9-контакт высоковольтного ввода



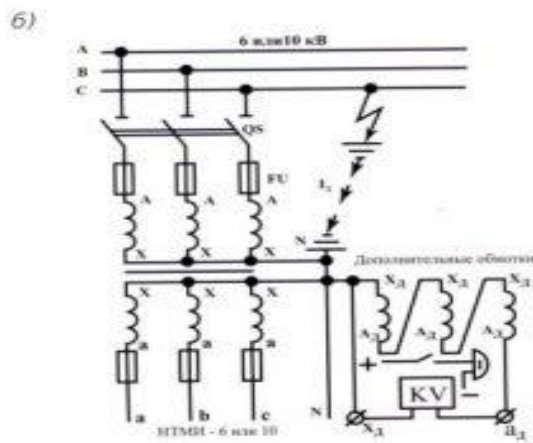
АНТИРЕЗОНАНСНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ НАМИ-10:
 а-общий вид; б-электрическая схема



ОДНОФАЗНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ 35 кВ:
 а-двама вводами типа НОМ-35-66; б-с одним вводом типа ЗНОМ-35;
 1-ввод первичной обмотки; 2-коробка вводов вторичной обмотки; 3-бак



ТРЕХФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ НТМИ-10:
 а-общий вид; 1-бак; 2-болт для заземления; 3-сливная пробка; 4-высоковольтный ввод;
 б-электрическая схема



ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ 110кВ:
 а-общий вид;
 1-вторичные выводы;
 2-расширитель;
 3-указатель уровня масла;
 4-фарфоровая покрывка;
 5-тележка;
 6-коробка с выводами;
 7-болт для подъема;
 б-электрическая схема;
 1 и 2-секции первичной обмотки;
 3 и 4-магнитопроводы;
 5-вторичная обмотка;
 6 и 7-уравнительные обмотки

- Трансформатор напряжения предназначен для понижения высокого напряжения до стандартного значения 100 или $100/\sqrt{3}$ В и для отделения цепей измерения и релейной защиты от первичных цепей высокого напряжения. Первичная обмотка ТН включена на напряжение сети, а ко вторичной обмотке подключены катушки измерительных приборов и реле. Для безопасности обслуживания один выход вторичной обмотки ТН, а также ТТ заземлён. ТН в отличие от ТТ работает в режиме близком к холостому ходу, так как сопротивление параллельных катушек приборов и реле большое, а ток, потребляемый ими, невелик. По принципу устройства, схеме включения и особенностям работы электромагнитные трансформаторы напряжения мало чем отличаются от силовых трансформаторов. Однако по сравнению с последними мощность их не превышает десятков или сотен вольт-ампер.
- Номинальный коэффициент трансформации определяется по формуле: $K_U = U_{1НОМ} / U_{2НОМ} \approx W_1 / W_2$, где W_2 , W_1 – число витков вторичной и первичной обмоток.

Рассеяние магнитного потока и потери в магнитопроводе приводят к погрешности по напряжению:

$$\Delta U\% = \frac{K_U \cdot U_2 - U_1}{U_1} \cdot 100$$

Вектор вторичного напряжения сдвинут относительно вектора первичного напряжения на угол близкий к 180° . Угол между векторами U_1 и U_2 определяет угловую погрешность ТН.

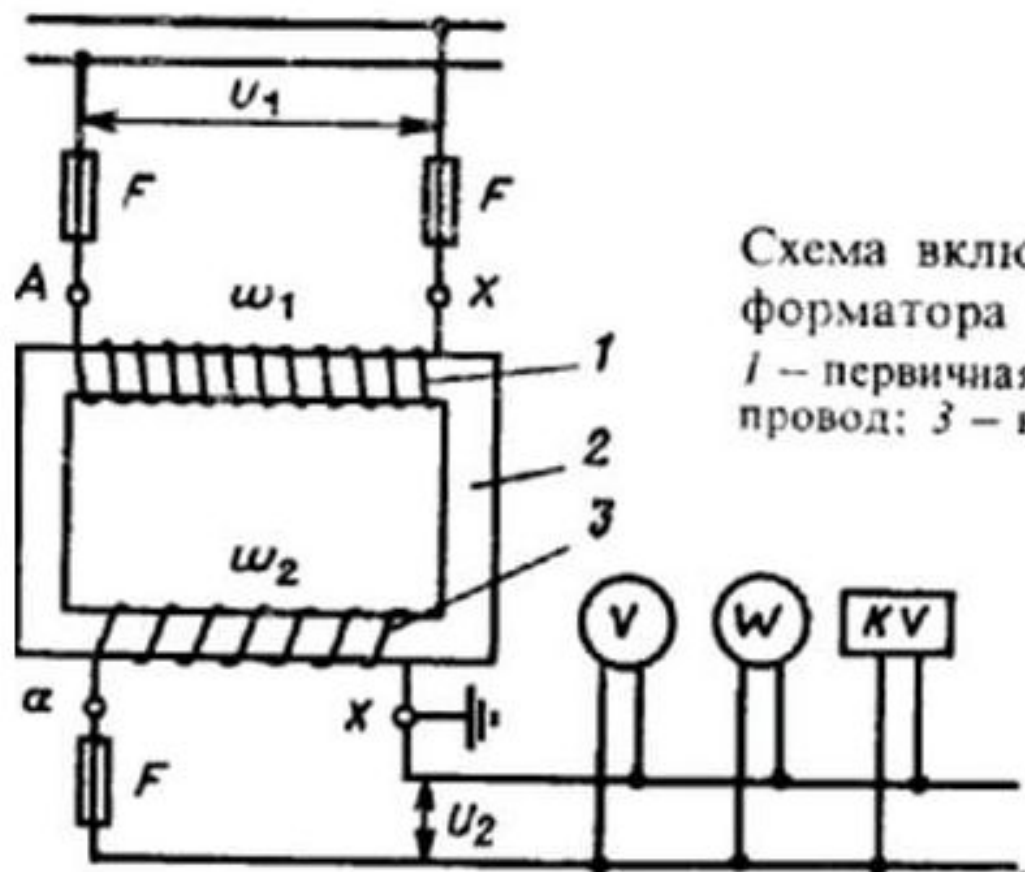


Схема включения трансформатора напряжения:
 1 – первичная обмотка; 2 – магнитопровод; 3 – вторичная обмотка

- В зависимости от погрешности ТН различают классы точности 0.2, 0.5, 1, 3. Погрешность зависит от конструкции сердечника, магнитной проницаемости стали и $\cos \varphi$ вторичной нагрузки. В конструкции ТН предусматривается компенсация погрешности по напряжению путём небольшого уменьшения числа витков первичной обмотки W_1 , а также компенсация угловой погрешности с помощью компенсирующих обмоток.

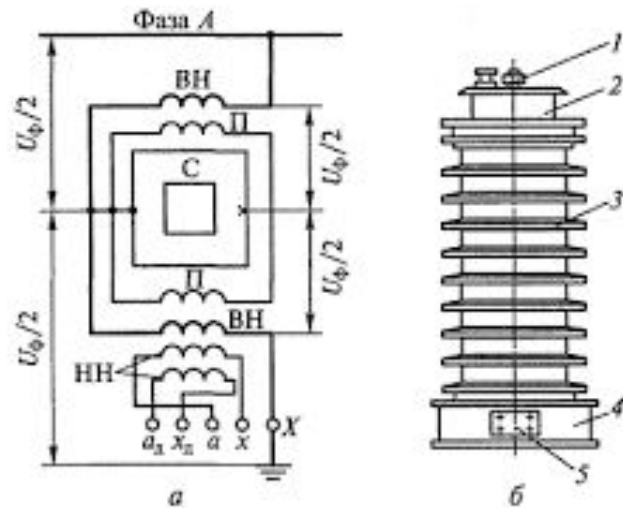
Конструкции трансформаторов напряжения.

- По конструкции различают трёхфазные и однофазные трансформаторы напряжения (ТН). Трёхфазные ТН используются при напряжении до 18кВ, однофазные на все ступени напряжения. По типу изоляции ТН могут быть сухими, масляными и с литой изоляцией. ТН с масляной изоляцией применяются на напряжения **6-1150кВ** в закрытых и открытых распределительных устройствах. Масло в них служит для изоляции и охлаждения. Для внутренних установок используют следующие типы трансформаторов напряжения: **НОМ, НОСК, НОЛ, ЗНОМ, ЗНОЛ, ЗОМ, НТМК, НТМИ**. Здесь Н – трансформатор напряжения, О – однофазный, М – масляный, С – сухой, К – компенсированный, Л – с литой изоляцией, З – с первичной заземлённой обмоткой, Т – трёхфазный, И – с дополнительной обмоткой для контроля изоляции.

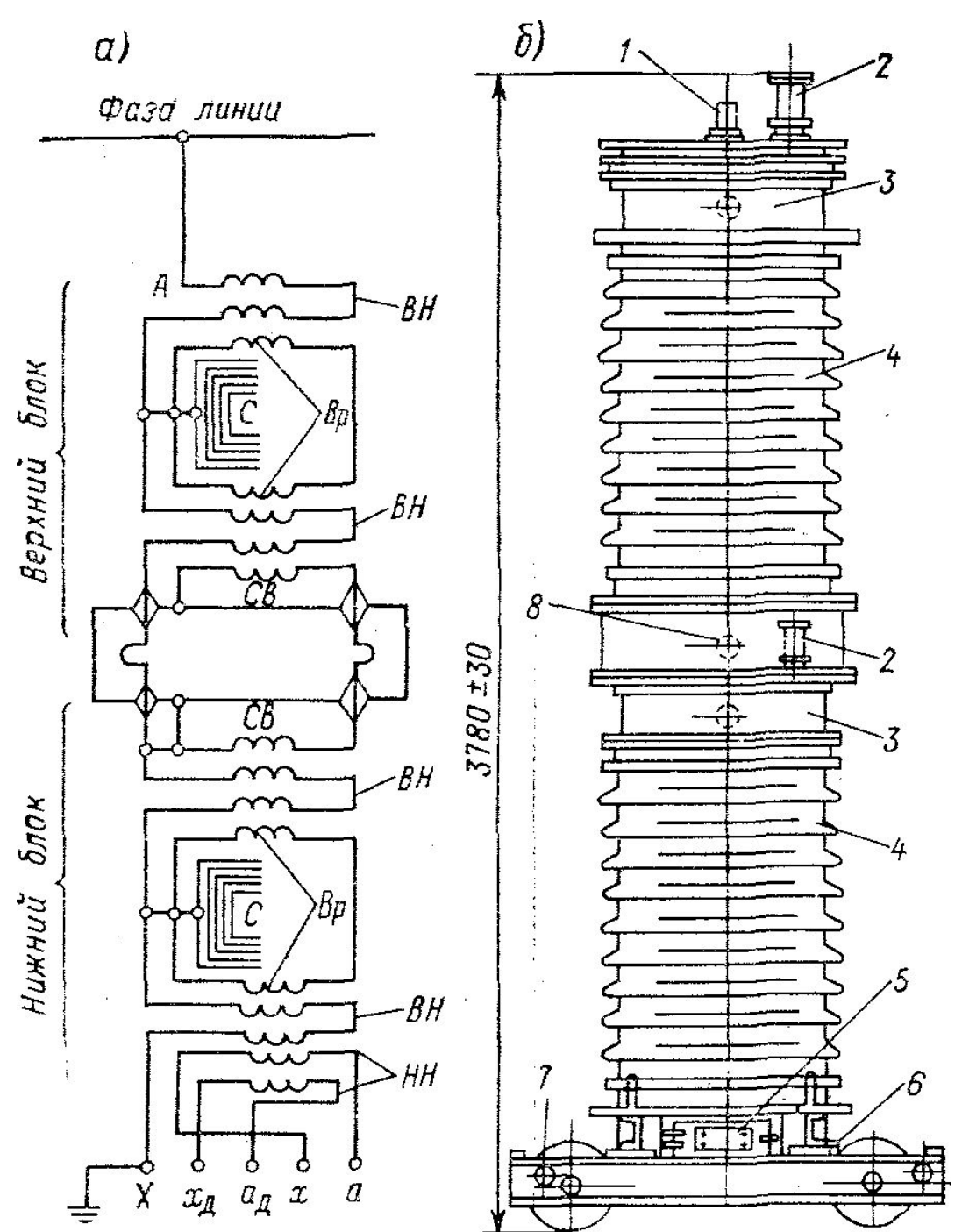


- ТН типа ЗНОМ – 15, ЗНОМ – 20, ЗНОМ – 24 устанавливаются в комплектных шинопроводах мощных генераторов. Для уменьшения потерь от намагничивания их баки выполняются из немагнитной стали.
- Трёхфазные масляные ТН типа НТМИ имеют пятистержневой магнитопровод с тремя обмотками. ТН с литой изоляцией типа ЗНОЛ имеют пять исполнений по напряжению 6, 10, 15, 20, 24кВ. Такие ТН имеют небольшую массу, могут устанавливаться в любом положении, пожаробезопасны.

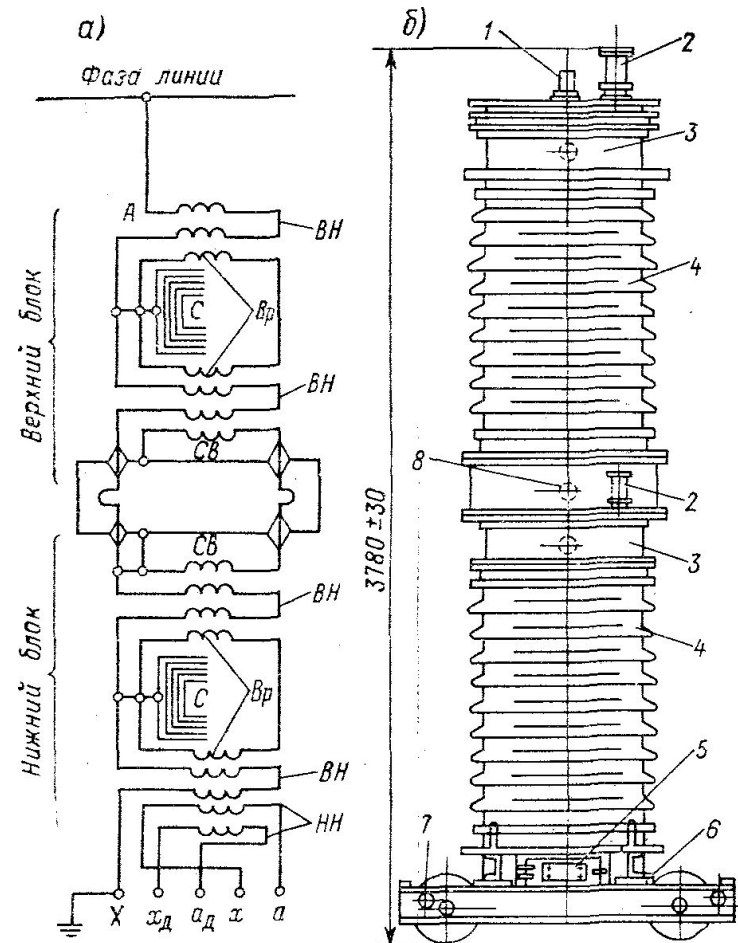
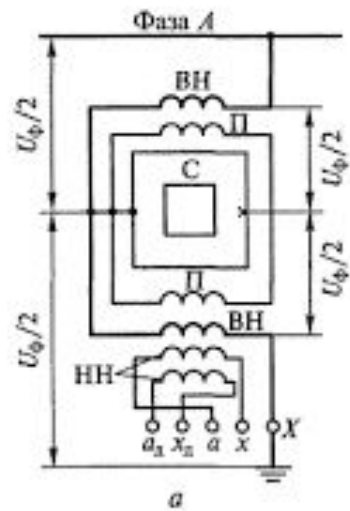
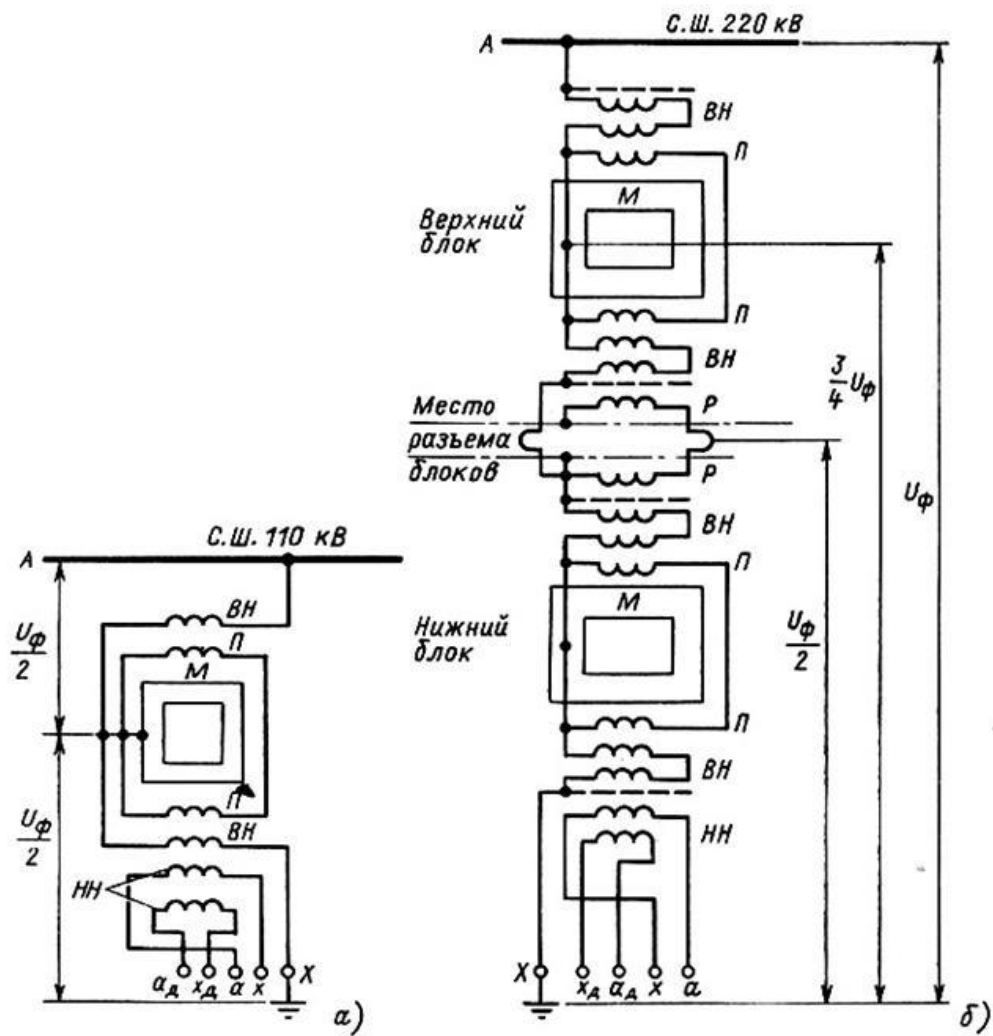
- На подстанциях 110 - 500 кВ применяются каскадные трансформаторы напряжения серии НКФ. В каскадном трансформаторе напряжения обмотка ВН делится на части, размещаемые на разных стержнях одного или нескольких магнитопроводов, что облегчает ее изоляцию. Так, у трансформатора напряжения типа НКФ-110 обмотка ВН разделена на две части (ступени), каждая из которых размещается на противоположных стержнях двухстержневого магнитопровода. Магнитопровод соединен с серединой обмотки *ВН* и находится по отношению к земле под потенциалом $U_{\phi}/2$, благодаря чему обмотка *ВН* изолируется от магнитопровода только на $U_{\phi}/2$, что существенно уменьшает r трансформатора.



- Ступенчатое исполнение усложняет конструкцию трансформатора. Появляется необходимость в дополнительных обмотках. Показанная на рис. 4.1 выравнивающая обмотка Π предназначена для равномерного распределения мощности, потребляемой вторичными обмотками, по обеим ступеням.
- Каскадные трансформаторы напряжения на 220 кВ и выше имеют два и более магнитопровода (рис. 4.1, б). Число магнитопроводов обычно вдвое меньше числа ступеней каскада. Для передачи мощности с обмоток одного магнитопровода на обмотки другого служат связующие обмотки P . Вторичные обмотки у трансформаторов напряжения серии НКФ располагаются вблизи заземляемого конца X обмотки VH , имеющего наименьший потенциал относительно земли.







- Наряду с обычными электромагнитными трансформаторами напряжения для питания измерительных приборов и релейной защиты применяются емкостные делители напряжения. Они получили распространение на линиях электропередачи напряжением 500 кВ и выше. Принципиальная схема емкостного делителя напряжения типа НДЕ-500 приведена на рис. 4.2. Напряжение между конденсаторами распределяется обратно пропорционально емкостям $U_1/U_2 = C_2/C_1$, где C_1 и C_2 — емкости конденсаторов; U_1 и U_2 — напряжения на них. Подбором емкостей добиваются получения на нижнем конденсаторе C_2 некоторой требуемой доли общего напряжения $U_{\text{ф}}$. Если теперь к конденсатору C_2 подключить понижающий трансформатор Т, то последний будет выполнять те же функции, что и обычный трансформатор напряжения.

- На схеме видно, что напряжение между конденсаторами распределяется обратно пропорционально емкостям:

$$U_1 / U_2 = C_2 / C_1, \quad (5.1)$$

где C_1 и C_2 — емкости конденсаторов;

U_1 и U_2 — напряжения на них.

Подбором емкостей обеспечивается получение на нижнем конденсаторе C_2 требуемой доли общего напряжения U_{ϕ} . Если к конденсатору C_2 подключить понижающий трансформатор T (рассчитан на напряжение до 15 кВ), то он будет выполнять те же функции, что и обычный ТН.

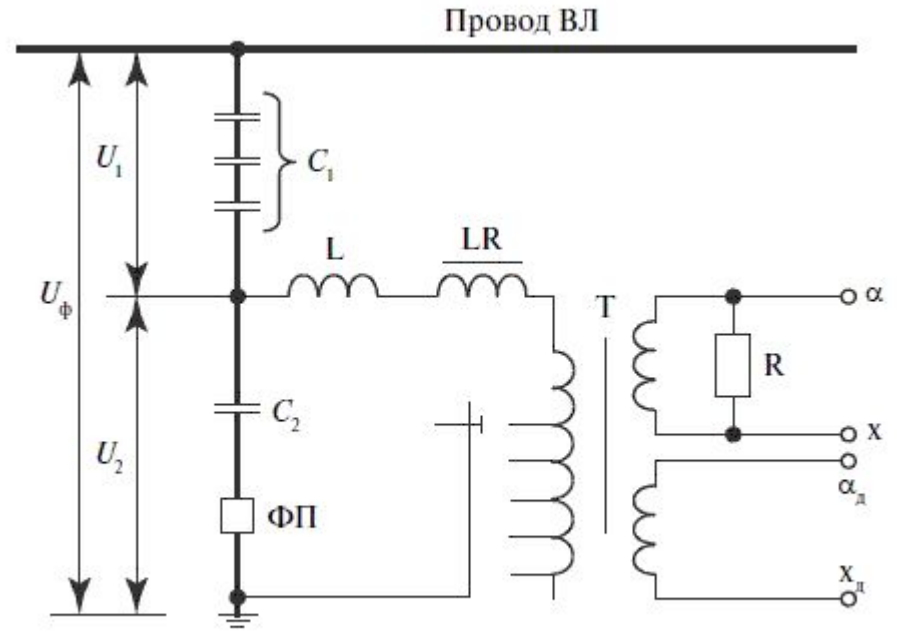


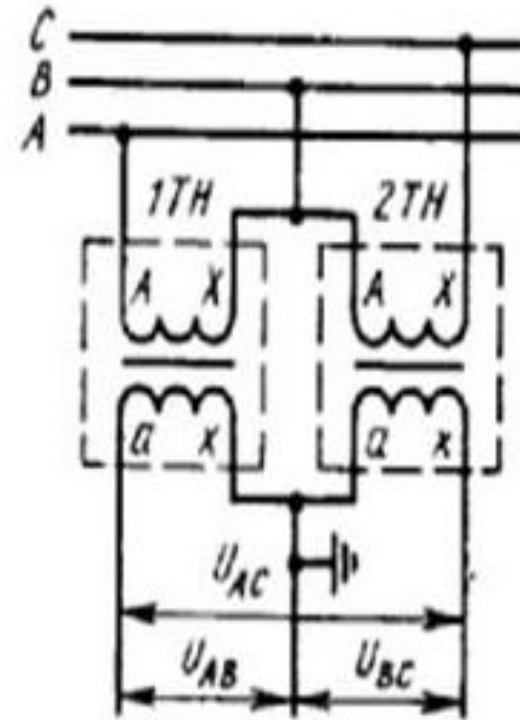
Рис. 5.1. Схема включения емкостного делителя напряжения

Емкостной делитель напряжения на рис. 5.1 состоит из трех конденсаторов связи типа СМР-166/√3–0,014 и одного конденсатора отбора мощности типа 0МР-15-0,017.

Первичная обмотка трансформатора T имеет восемь ответвлений для регулирования напряжения. Заградитель L препятствует ответвлению токов высокой частоты в трансформатор T во время работы высокочастотной связи, аппаратура которой подключена к конденсаторам через фильтр $\Phi П$. Реактор LR улучшает электрические свойства схемы при росте нагрузки. Балластный фильтр в виде резистора R служит для гашения феррорезонансных колебаний во вторичной цепи при внезапном отключении нагрузки.

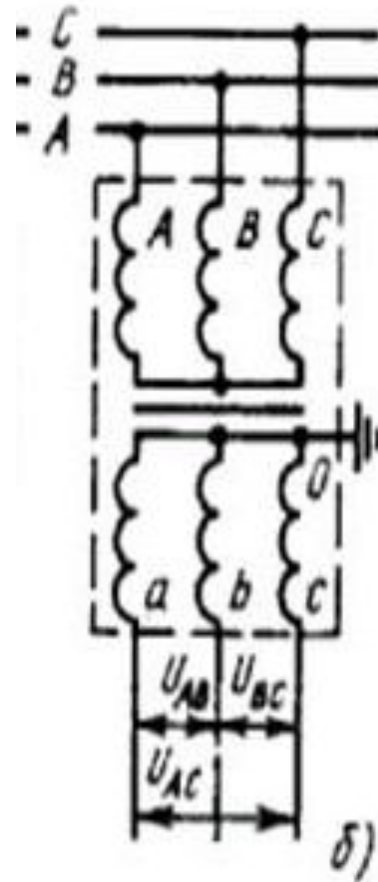
Контроль исправности вторичных цепей основной обмотки ТН обычно производится при помощи трех реле минимального напряжения. При отключении автоматического выключателя или сгорании предохранителя эти реле подают сигнал о разрыве цепи.

- В зависимости от назначения могут применяться ТН с различными схемами соединения обмоток. Для измерения трёх междуфазных напряжений можно использовать два однофазных двухобмоточных трансформатора НОМ, НОС, НОЛ, соединённых по схеме открытого треугольника (схема а)



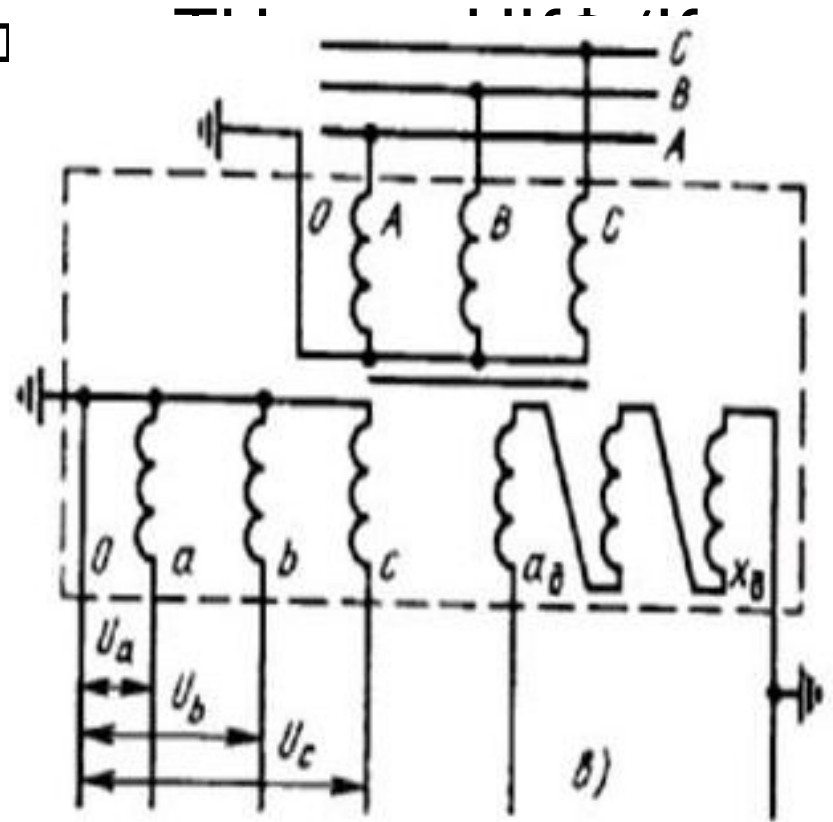
а)

- также трёхфазный двухобмоточный ТН типа НТМК, обмотки которого соединены в звезду (схема б)



• Для измерения напряжения относительно земли могут применяться три однофазных ТН, соединённых по схеме Y_0/Y_0 , или трёхфазный трёхобмоточный ТН типа НТМИ (схема в) в этом трансформаторе обмотка, соединённая в звезду, используется для подключения приборов, а к обмотке, соединённой в разомкнутый треугольник подключают реле защиты от замыканий фазы на землю. Таким же образом в трёхфазную группу соединяются однофазные трёхобмоточные ТН типа ЗНОМ и каскад

каскад (й).



Обслуживание трансформаторов напряжения и их вторичных цепей

- Трансформаторы напряжения 6 - 35 кВ с небольшим объемом масла не имеют расширителей и маслоуказателей. Масло в них не доливается до крышки на 20 - 30 мм. И это пространство над поверхностью масла выполняет роль расширителя. Обнаружение следов вытекания масла из таких трансформаторов напряжения требует срочного вывода их из работы, проверки уровня масла и устранения течи.

- При осмотрах проверяют состояние уплотнений дверей шкафов вторичных соединений и отсутствие щелей, через которые может проникнуть снег, пыль и влага; осматриваются рубильники, предохранители и автоматические выключатели, а также ряды зажимов.
- В эксплуатации необходимо следить за тем, чтобы плавкие вставки предохранителей были правильно выбраны. Надежность действия предохранителей обеспечивается в том случае, если номинальный ток плавкой вставки меньше в 3 - 4 раза тока к.з. в наиболее отдаленной от трансформатора напряжения точке вторичных цепей. Ток к.з. должен измеряться при включении трансформатора напряжения в работу или определяться расчетом. Набор предохранителей на соответствующие токи должен всегда храниться в шкафах вторичных соединений.

- В эксплуатации необходимо следить за тем, чтобы плавкие вставки предохранителей были правильно выбраны. Надежность действия предохранителей обеспечивается в том случае, если номинальный ток плавкой вставки меньше в 3 - 4 раза тока к.з. в наиболее отдаленной от трансформатора напряжении точке вторичных цепей. Ток к.з. должен измеряться при включении трансформатора напряжения в работу или определяться расчетом. Набор предохранителей на соответствующие токи должен всегда храниться в шкафах вторичных соединений.

- В случае исчезновения вторичного напряжения вследствие перегорания предохранителей НН их следует заменить, а отключившиеся автоматические выключатели — включить, причем первыми должны восстанавливаться цепи основной обмотки, а потом — дополнительной. Если эти операции окажутся неуспешными, должны приниматься меры к быстройшему восстановлению питания защит и автоматики от другого трансформатора напряжения согласно указаниям местной инструкции.

- К замене перегоревших предохранителей ВН приступают после выполнения необходимых в этом случае операций с устройствами тех защит, которые могут сработать на отключение электрической цепи. Без выяснения и устранения причины перегорания предохранителей ВН установка новых предохранителей не рекомендуется.

