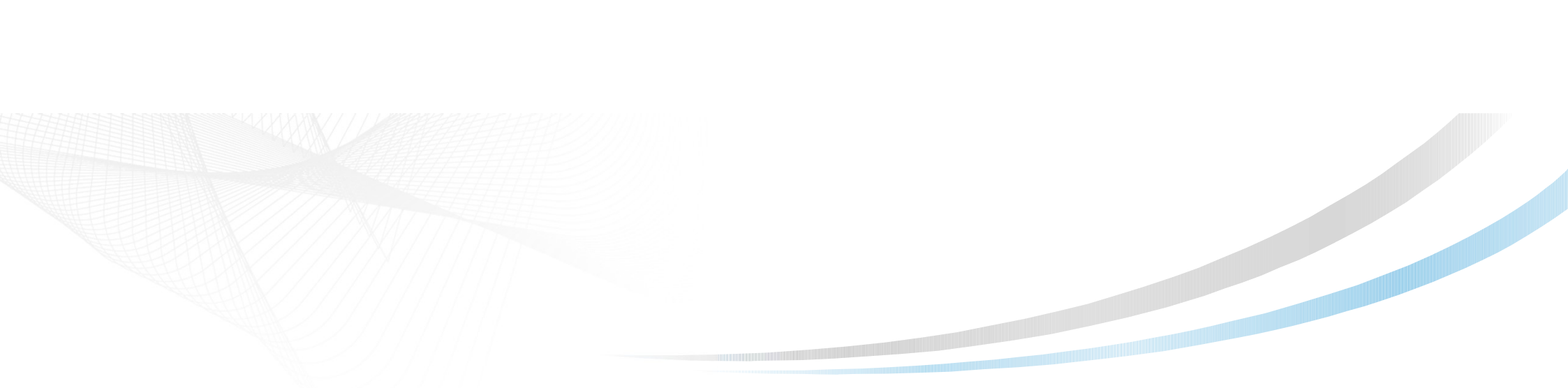




Силовые трансформаторы

Принцип действия, устройство и эксплуатация

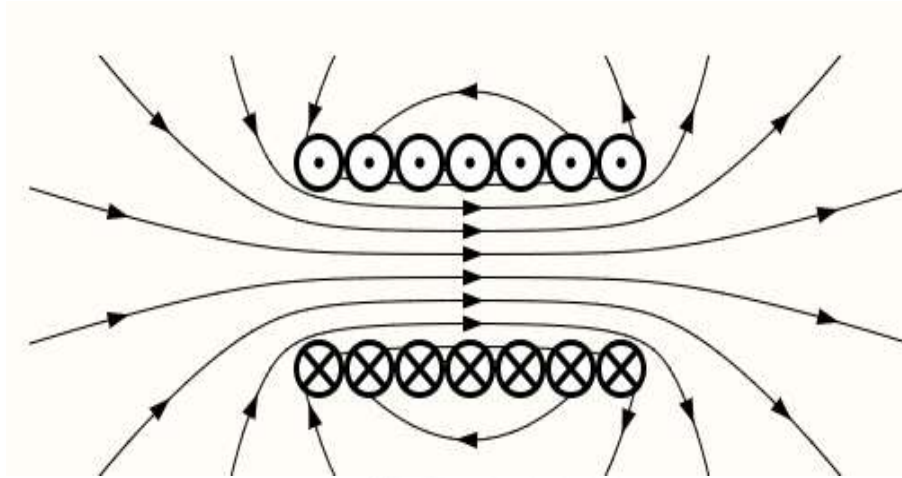


Электротехника

Электротехника — область техники, связанная с получением, распределением, преобразованием и использованием электрической энергии. А также — с разработкой, эксплуатацией и оптимизацией электронных компонентов, электронных схем и устройств, оборудования и технических систем.

Электротехника выделилась в самостоятельную науку из физики в конце XIX века. В настоящее время электротехника как наука включает в себя следующие научные специальности: энергетика, электромеханика, ТОЭ, светотехника, силовая электроника. Электроника: основными компонентами являются компьютеры и другие устройства на базе интегральных схем, а также сами интегральные схемы. В электротехнике основной задачей является передача электрической энергии, а в слаботочной электронике — информации.

Электромагнитная индукция



Электромагнитная индукция — явление возникновения электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, проходящего через него. Электромагнитная индукция была открыта Майклом Фарадеем 29 августа 1831 года.

Для любого замкнутого контура индуцированная электродвижущая сила (ЭДС) равна скорости изменения магнитного потока, проходящего через этот контур.

Электрические машины

■ Электрические машины совершают однонаправленное непрерывное преобразование энергии. Особым видом электрической машины является трансформатор, не имеющий движущихся частей, участвующих непосредственно в преобразовании энергии, но принципиально схожий с генераторами и двигателями. Все электрические машины являются обратимыми (могут быть как генераторами, так и двигателями).

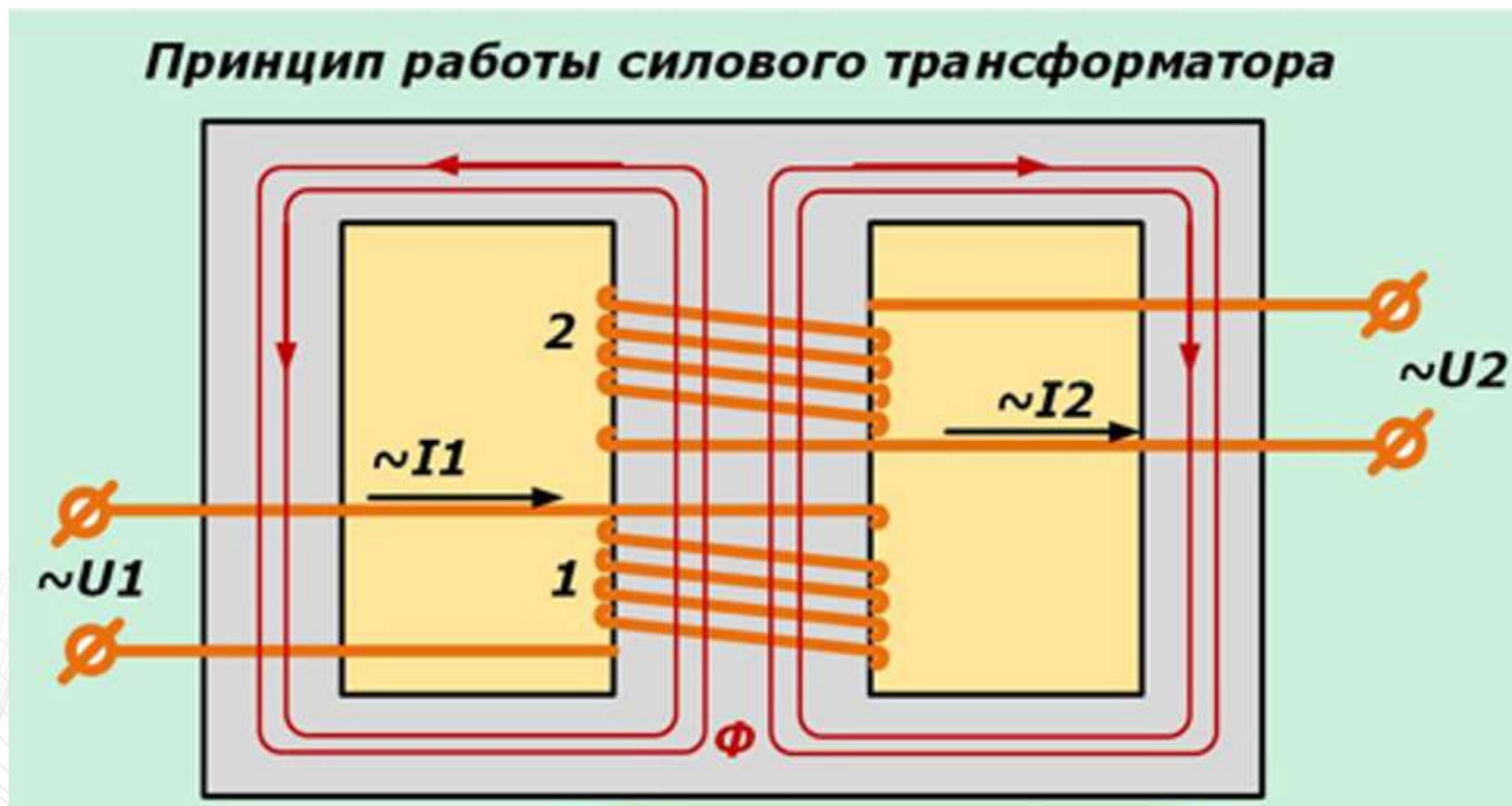
По назначению разделяют:

- *генераторы*, преобразующие механическую энергию в электрическую;
- *двигатели*, преобразующие электрическую энергию в механическую;
- *преобразователи*, преобразующие параметры (род тока, напряжение, частота, число фаз переменного тока) электрической энергии.

■ По действию разделяют:

- индуктивные (представлены ниже);
- емкостные (изменение электрического поля).

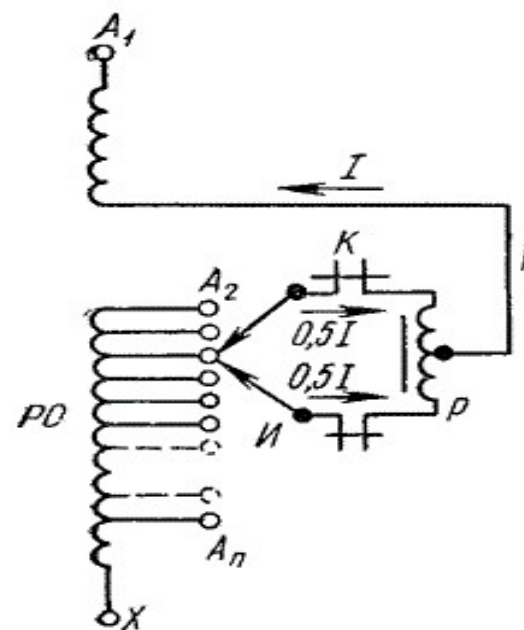
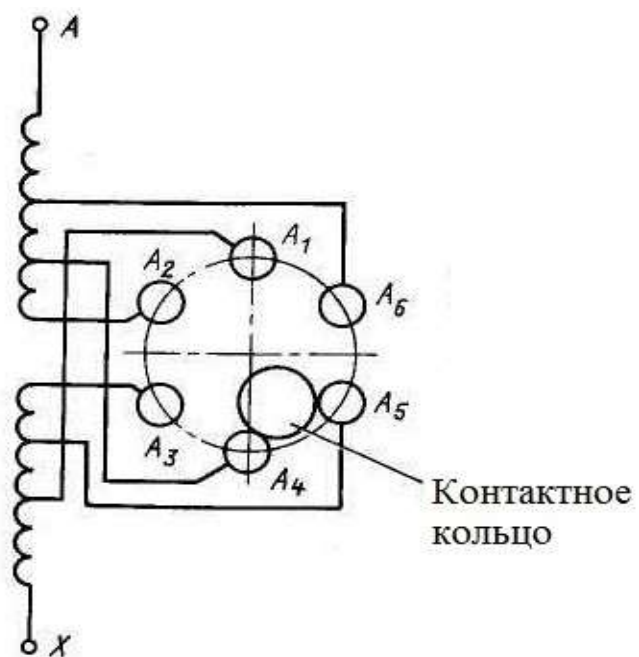
Силовые трансформаторы



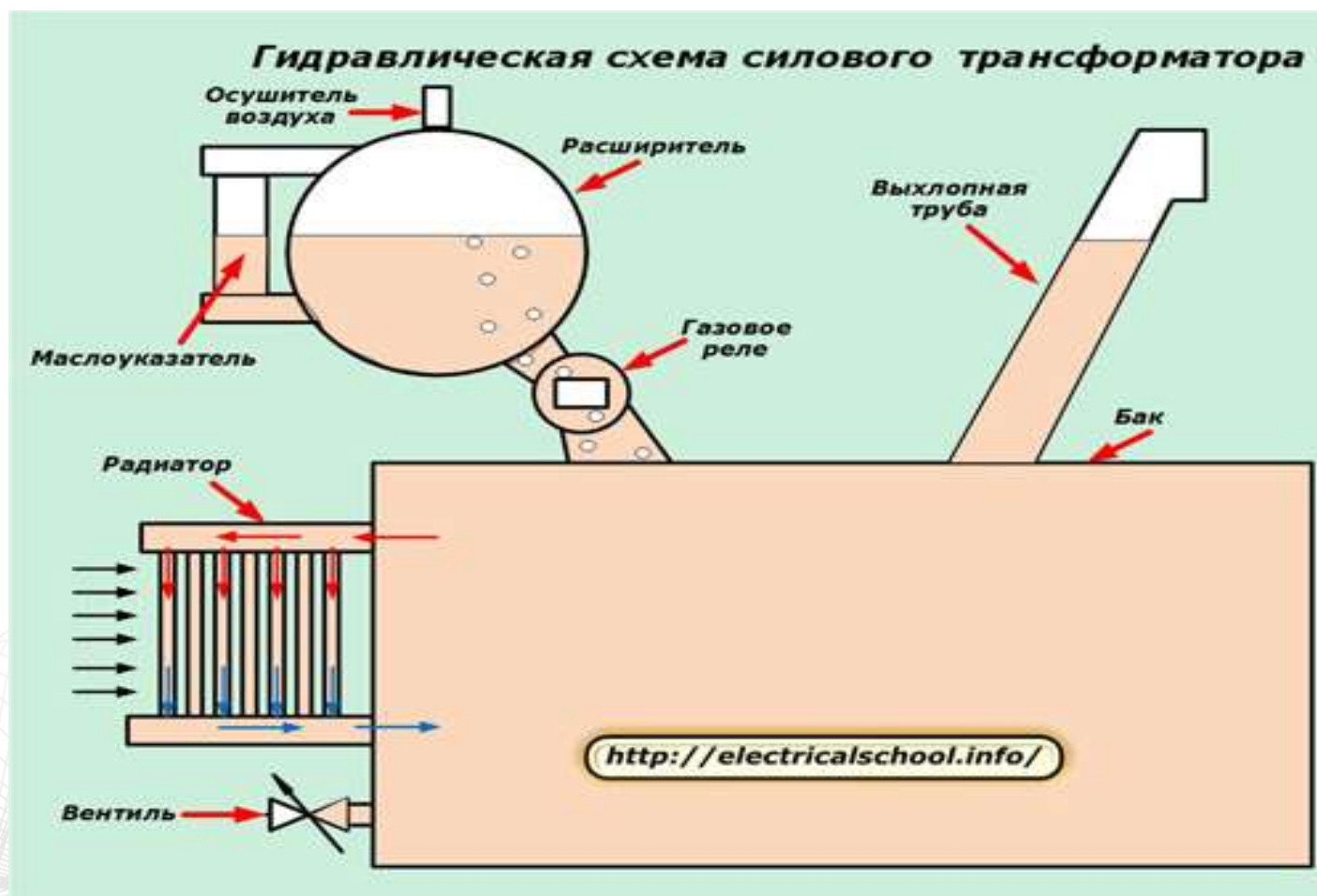
Конструкция силового трансформатора



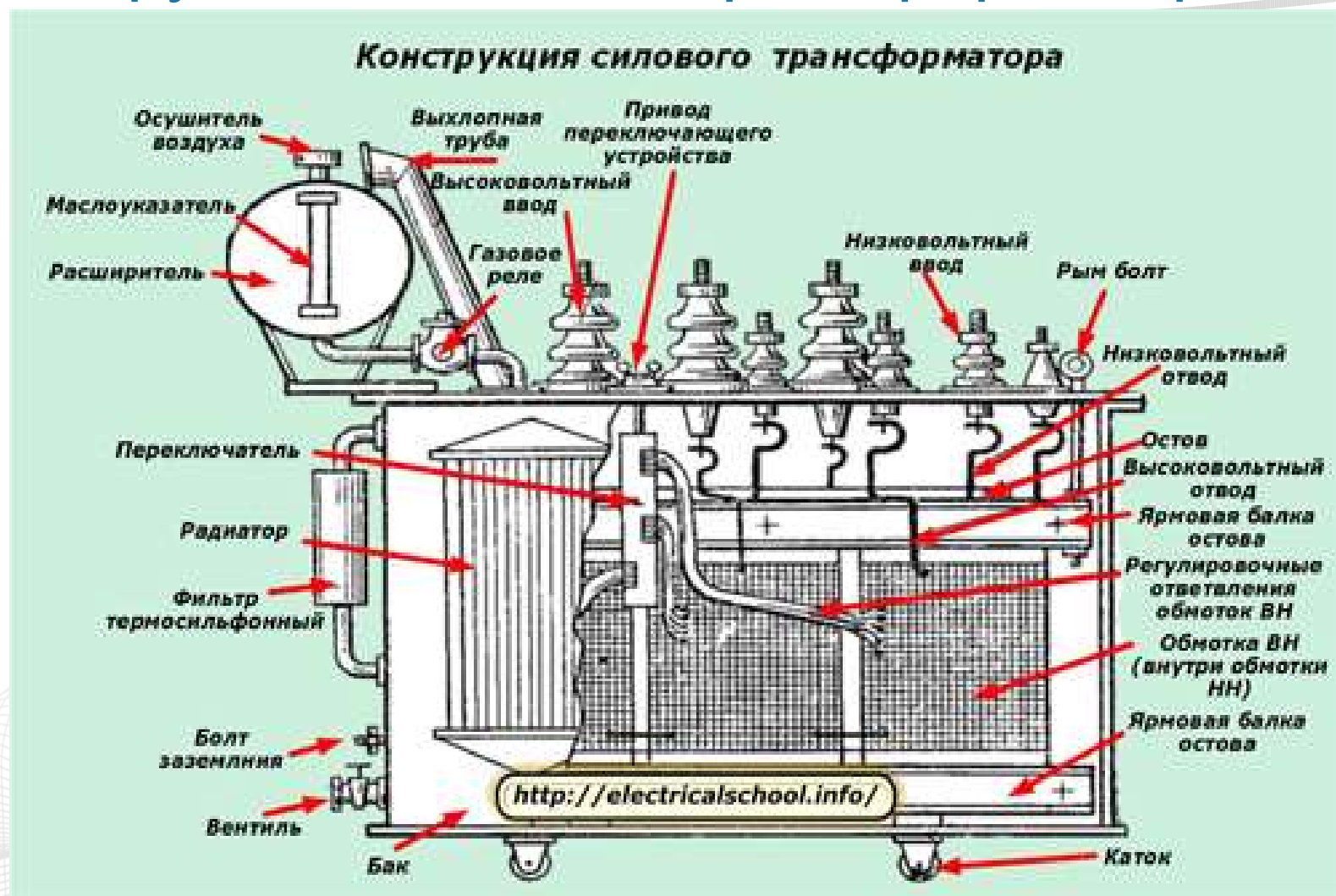
Регулирование напряжения трансформатора



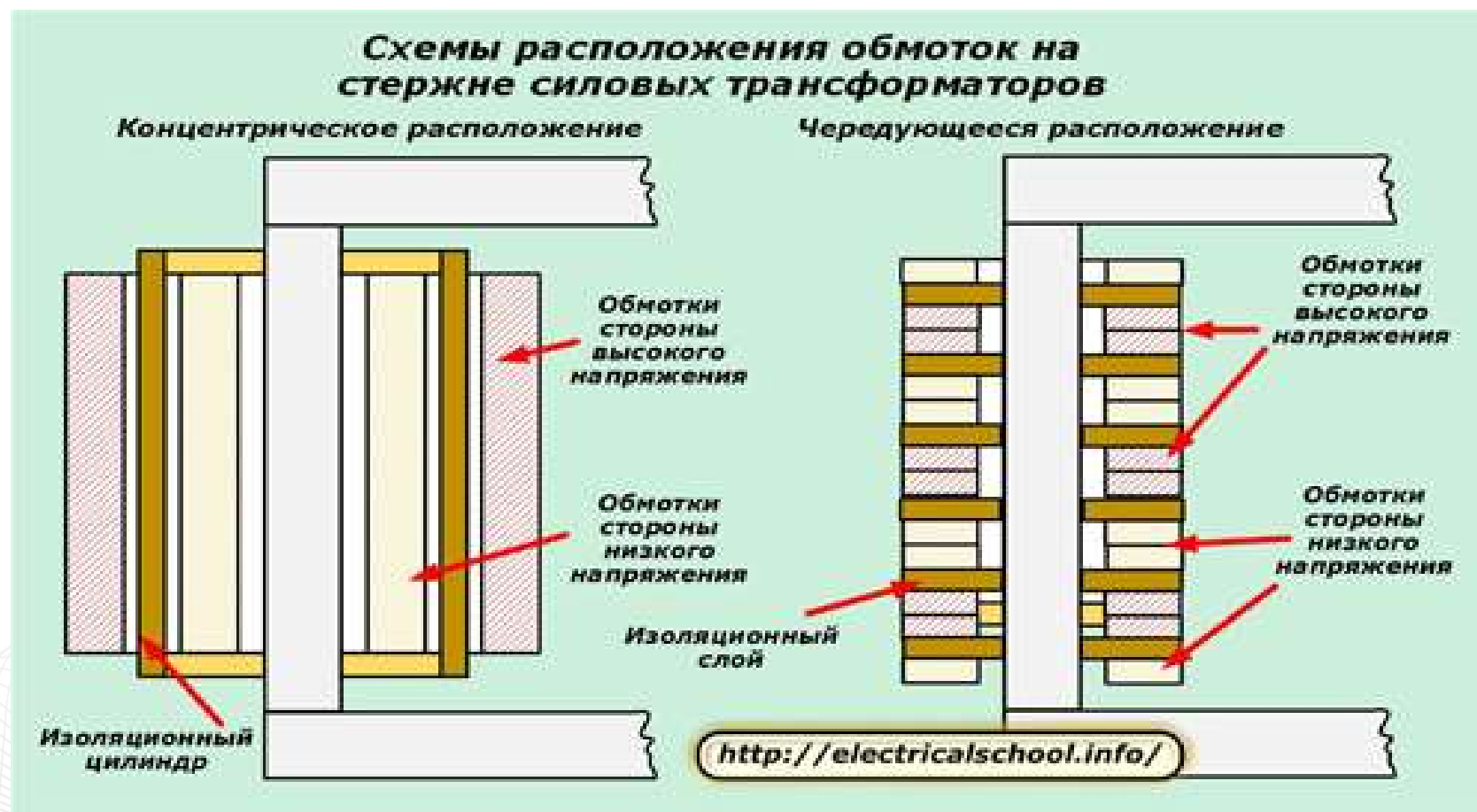
Конструкция силового трансформатора



Конструкция силового трансформатора



Конструкция обмоток силового трансформатора



Классификация силовых трансформаторов

- 1-я группа (изделия с мощностью до 100 кВА);
- 2-я группа (диапазон мощности от 160 до 630 кВА);
- 3-я группа (от 1000 до 6300 кВА);
- 4-я группа (показатель мощности выше 10000 кВА);
- 5-я группа (все трансформаторы с мощностью выше 40000 кВА);
- 6-я группа (мощность от 100000 кВА).

Эксплуатация силовых трансформаторов

Осмотры работающих трансформаторов производят без их отключения. Периодичность этих осмотров определяют исходя из того, является ли трансформаторная установка объектом с постоянным дежурством или без него. В первом случае главные и основные трансформаторы собственных нужд осматривают один раз в сутки, а остальные — один раз в пять суток. Во втором случае трансформаторы осматривают один раз в месяц, а трансформаторные пункты — не реже одного раза в шесть месяцев.

В процессе эксплуатации силовых трансформаторов производят: осмотры, измерение температуры масла, величины нагрузки, проверку включения на параллельную работу, фазировки, проводят испытание масла, текущий и капитальный ремонты.

Осмотры силовых трансформаторов в трансформаторных подстанциях производят не реже 1 раза в 6 мес. При осмотрах прежде всего проверяют уровень масла в маслоуказательном стекле расширителя, который должен находиться против соответствующей его температуре отметки, нанесенной на маслоуказательном стекле. Одновременно проверяют, нет ли течи масла в местах уплотнений: между крышкой и баком, под фланцами изоляторов, в кранах и т. п. Осматривают изоляторы трансформаторов.

Эксплуатация силовых трансформаторов

■ Температура верхних слоев масла при длительной работе трансформаторов не должна быть более 95°C , а превышение его температуры над температурой окружающего воздуха не должно быть более 60°C .

■ При наличии термосифонного фильтра обращают внимание на цвет адсорбента (силикагеля) в фильтрах. Цвет свежего адсорбента — голубой, при потере адсорбционной способности — розовый.

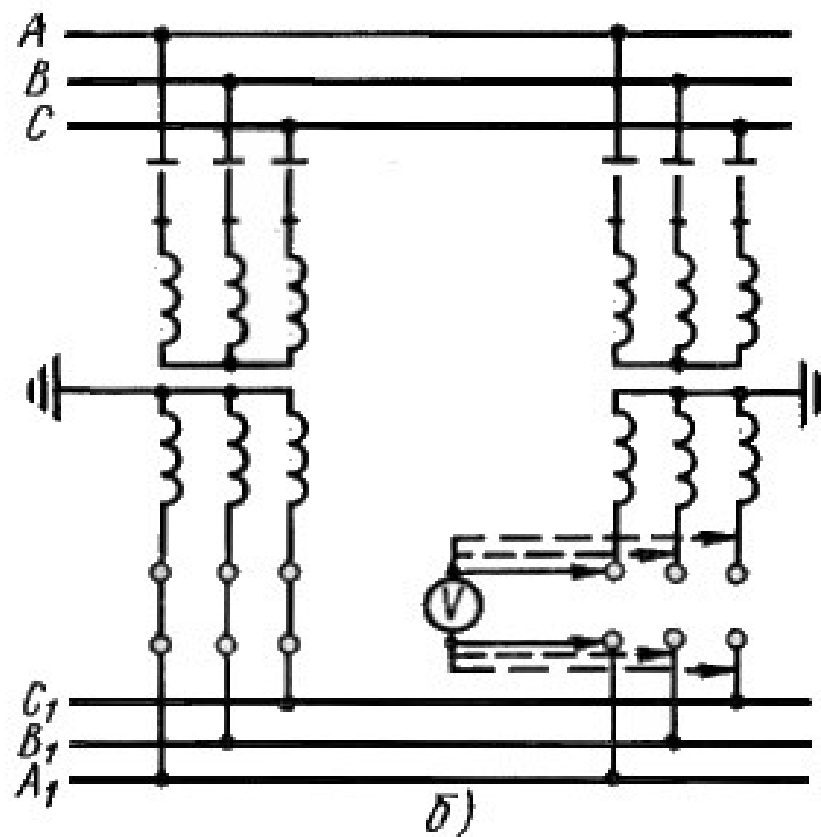
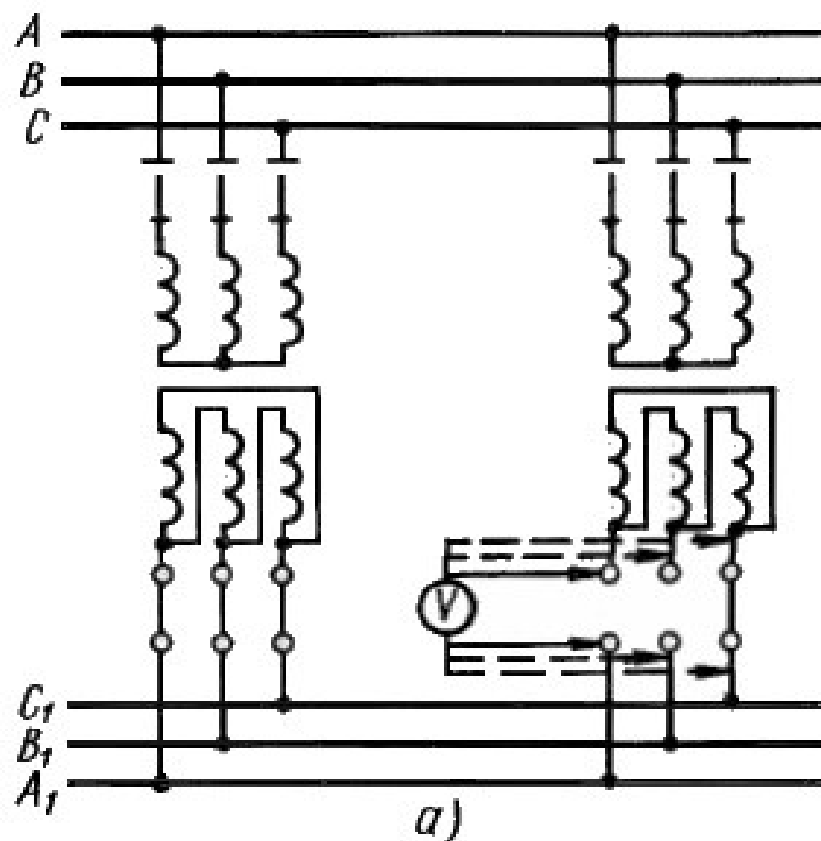
■ Нагрузку трансформаторов измеряют 2 раза в год — в период минимальных нагрузок (май — июнь) и максимальных нагрузок (декабрь). Силовые трансформаторы допускают перегрузку. Пределы длительности перегрузки указаны в типовой инструкции по эксплуатации трансформаторов и зависят от суточного графика нагрузки и недогрузки трансформатора в летнее время.

Параллельная работа трансформаторов

При включении двух или более трансформаторов на параллельную работу соединяют друг с другом одноименные выводы как на первичной, так и на вторичной сторонах. Параллельная работа трансформаторов считается нормальной, когда между ними отсутствуют уравнивающие токи, нагрузочные токи распределяются пропорционально их мощностям и токи нагрузки совпадают по фазе. Условия, при которых возможна параллельная работа трансформаторов, следующие:

- одинаковые группы соединений обмоток;
- равные коэффициенты трансформации;
- одинаковые напряжения короткого замыкания (допускается включение на параллельную работу при разнице в напряжениях короткого замыкания не более 10%);
- отношение мощностей параллельно работающих трансформаторов должно быть не более 3:1.

Схемы фазировки трансформаторов



Текущий ремонт трансформаторов

Текущий ремонт силовых трансформаторов производят не реже 1 раза в 4 года в следующем объеме:

- наружный осмотр и при возможности устранение выявленных недостатков на месте;
- чистка изоляторов и кожуха;
- удаление грязи из расширителя, его промывка, доливка масла, проверка маслоуказателя;
- проверка спускного крана и уплотнений; проверка состояния заземления бака трансформатора; проверка состояния пробивного предохранителя; проверка надежности присоединения выводных контактов к шинам;
- замена силикагеля в термосифонном фильтре (при необходимости);
- взятие пробы масла;
- измерение сопротивления изоляции и испытание изоляции повышенным напряжением.

Измерение сопротивления изоляции обмоток

Сопротивление изоляции обмоток измеряют мегомметром на 1000 — 2500 В и определяют через 15с (R15) и 60 с (R60) после разворота рукоятки мегомметра. Сопротивление изоляции R60 сравнивают с результатами предыдущего измерения или заводского протокола. Кроме того, определяют отношение $R60/R15$, которое для сухой изоляции трансформатора должно быть не менее 1,3.

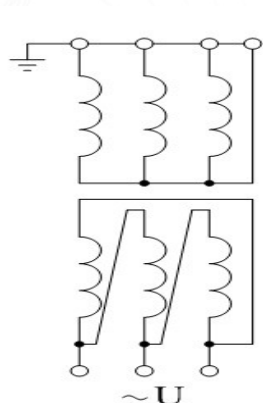
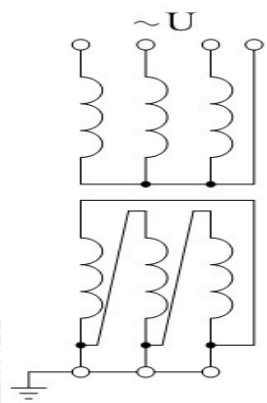
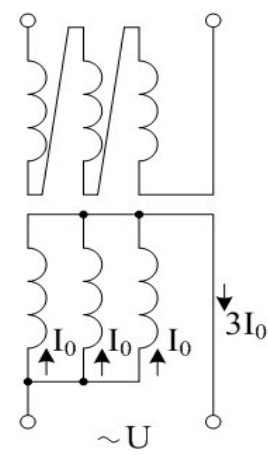
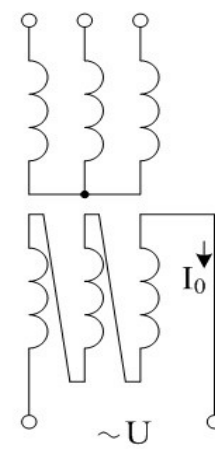
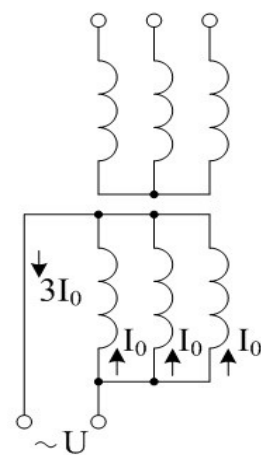
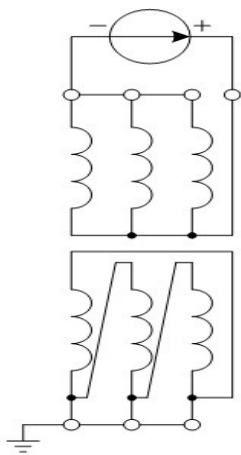
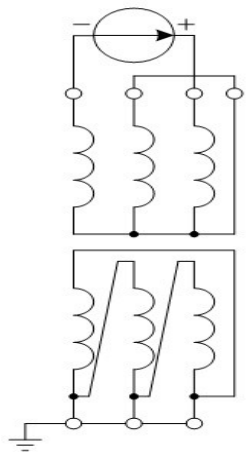
При увлажнении изоляции абсолютное значение сопротивления изоляции, а также и отношение $R60/R15$ уменьшается.

Методы сушки трансформаторов

Сушка (прогрев) трансформатора проводится одним из следующих методов:

- ✓ индукционный нагрев за счет вихревых потерь в стали бака;
- ✓ токами короткого замыкания;
- ✓ постоянным током;
- ✓ токами нулевой последовательности;
- ✓ циркуляцией масла через электронагреватели;
- ✓ нагревом бака инфракрасным излучением;
- ✓ обдувом горячим воздухом в утепленном укрытии или сушильном шкафу.

Схемы реализации методов сушки трансформаторов



Капитальный ремонт силовых трансформаторов

■ Капитальные ремонты силовых трансформаторов с выемкой сердечника и заменой масла производят по мере необходимости (по результатам испытаний и осмотров) и выполняют в специальных ремонтных мастерских электросетей.

■ Повреждения трансформаторов в эксплуатации крайне редки, но наиболее распространенными из них являются замыкания витков обмоток и пробой изоляции на корпус, которые происходят главным образом из-за естественного старения и износа изоляции, перегрузки трансформатора, механического повреждения изоляции при сквозных коротких замыканиях (замыканиях в сети низшего напряжения), а также из-за утечки масла при недосмотре эксплуатационного персонала.

■ На каждый трансформатор, находящийся в эксплуатации, заполняют технический паспорт, где указывают заводские данные и эксплуатационные показатели — нагрузку, температуру и результаты испытания масла, сопротивление изоляции обмоток, даты ремонта и результаты электрических испытаний.

Сухие трансформаторы

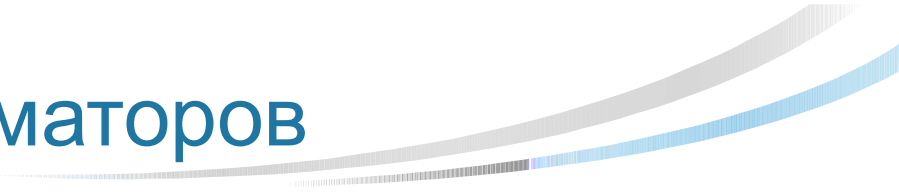


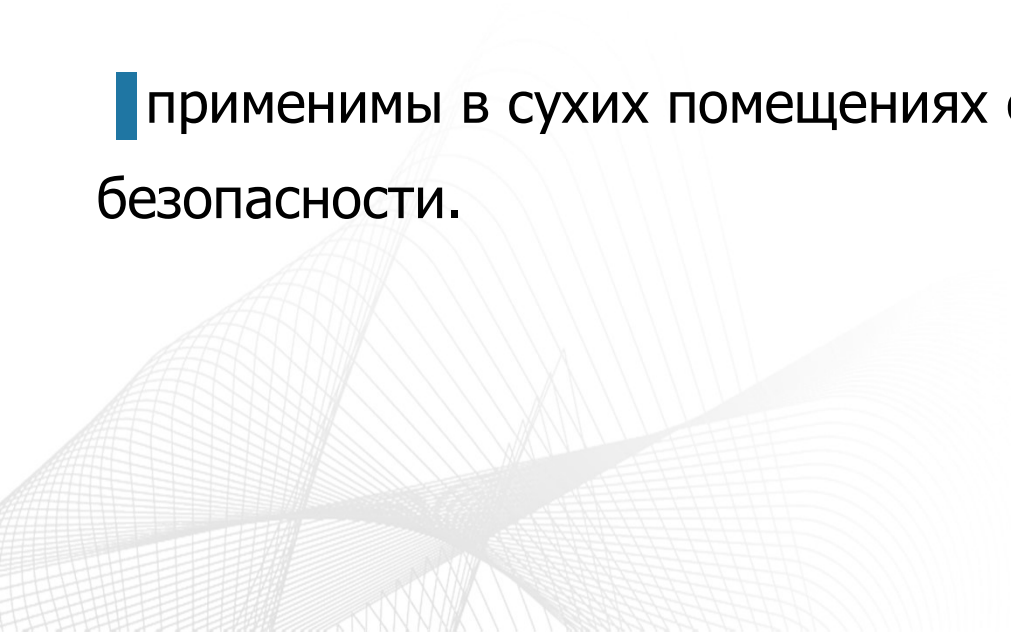
Преимущества сухих трансформаторов

■ Не требуют затрат на обслуживание: нет необходимости чистить и менять масло.

■ Окупаемость капиталовложений: по сравнению с масляными аналогами, увеличено сечение проводов и магнитопровода, соответственно происходит снижение электромагнитной нагрузки активных материалов, что с увеличением напряжения на обмотках, и при больших мощностях весьма сказывается экономически. Новые нагревостойкие негорючие материалы работают на увеличение полезных электромагнитных нагрузок и на снижение стоимости активных материалов.

Преимущества сухих трансформаторов



- высокая безопасность: повышена рабочая температура за счет применения в качестве изоляционных материалов асбеста или стекловолокна;
 - имеется защитный кожух;
 - применимы в сухих помещениях с высокими требованиями к пожарной безопасности.
- 

Эксплуатация сухих трансформаторов

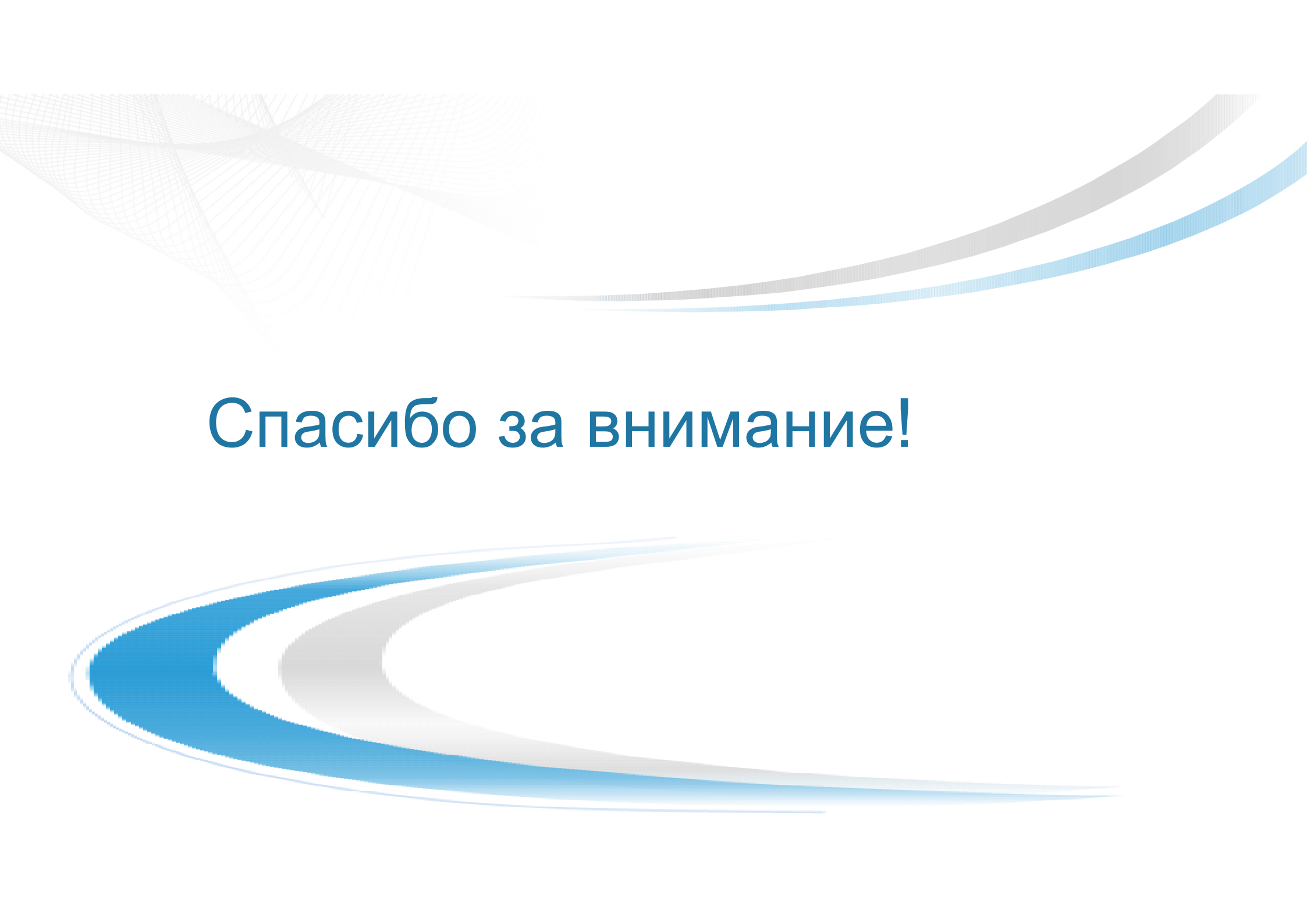
При нормальных условиях эксплуатации следует ежегодно выполнять следующие операции:

- Затяжку крепежных болтов силовых и сигнальных кабелей.
- Затягивать болты панели переключения ответвлений и соединительной панели.
- Затягивать болты на осевых изолирующих опорах высоко- и низковольтных катушек.
- Проверить соединение заземления трансформатора.
- Удалить пыль посредством потока горячего сжатого воздуха (или азота), обращая особое внимание на вентиляционные каналы и осевую изоляционную опору катушек.
- Убедиться в правильном функционировании вспомогательного оборудования.
- В случае установки в сильно загрязненных районах или при значительной перегрузке во время рабочих циклов следует увеличить объем техобслуживания по мере необходимости.

Вывод из эксплуатации

В случае необходимости выведения трансформатора из эксплуатации в связи с повреждением или заменой на новый аппарат необходимо действовать следующим образом:

- обязательно отключить аппарат от сети и заземлить;
- отсоединить высоко- и низковольтные контакты;
- установить защитные крышки на съемные контакты (если имеются);
- отсоединить вспомогательные цепи;
- отсоединить провод заземления
- снять колеса и зафиксировать их в предохранительном положении.



Спасибо за внимание!