

РЕАКТОРЫ



Введение

За 40 лет успешной работы фирма Trench стала мировым лидером в области разработки и изготовления воздушных катушек индуктивности с сухой изоляцией (далее: воздушные сухие реакторы) различного назначения. Уникальность конструкции, максимальное удовлетворение требований заказчиков, полная совместимость с промышленным оборудованием Северной Америки и Европы обеспечили Trench мировое лидерство в производстве этого оборудования.

Наличие мощной производственной базы, а также значительные инвестиции в научно-исследовательскую деятельность, модернизацию производства и испытательной базы позволили фирме Trench обеспечить заказчиков высококачественной и надежной продукцией, соответствующей их требованиям.

Trench изготавливает реакторы в диапазоне от маломощных токоограничивающих реакторов до уникальных реакторов сверхвысокого напряжения мощностью до 300 МВА на каждую фазу.

Производство реакторов осуществляется в соответствии со стандартом качества ISO 9001. Trench постоянно разрабатывает

и осуществляет научно-исследовательские программы по разработке и внедрению новых технологий при производстве реакторов, ищет новые области их применения.

В данном проспекте приведены характеристики и области применения реакторов фирмы Trench.

Наряду с воздушными сухими реакторами, представляющими основную массу всех изготавливаемых реакторов, фирма Trench производит также высокоэффективные реакторы со стальным магнитопроводом и масляные реакторы специального применения (например, дугогасящие реакторы). Детальное описание таких реакторов приведено в других разделах каталога продукции фирмы Trench.

Описание конструкции воздушных сухих реакторов

- Отсутствие магнитопровода
- Пропитка из эпоксидной резины; защитный кожух из стекловолна
- Использование алюминиевых сварных конструкций, в том числе для контактных клемм
- Высочайшая механическая прочность и стойкость к токам короткого замыкания
- Практически нулевая радиальная составляющая электрического поля и однородное распределение

аксиальной составляющей электрического поля между выводами

- Низкий уровень шума в течение всего срока эксплуатации
- Устойчивая к атмосферным воздействиям конструкция; минимальные затраты при установке
- Срок службы составляет не менее 30 лет
- Конструкция соответствует требованиям ANSI/IEEE, IEC и других международных стандартов

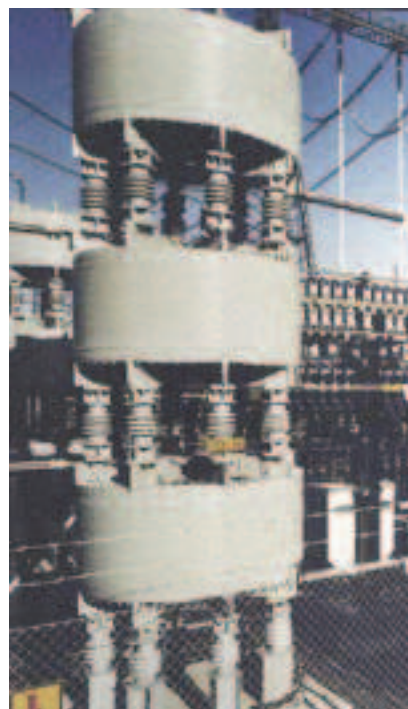


Рис.1. Трехфазный токоограничивающий реактор вертикального исполнения

Типы реакторов



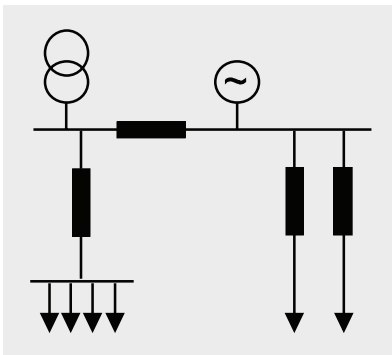
TRENCH

Реакторы фирмы Trench применяются в схемах распределительных устройств высоковольтных линий электропередачи и распределительных сетей. Поскольку невозможно полностью перечислить все области применения реакторов, ниже приводятся только наиболее общие.

Реакторы последовательного включения

Это реакторы, которые подсоединяются последовательно линии или фидеру.

Типичная область применения – снижение токов короткого замыкания, выравнивание нагрузки в параллельных цепях и ограничение бросков тока в конденсаторных батареях и т.д.



Токоограничивающие реакторы предназначены для снижения токов короткого замыкания до уровня безопасного для оборудования.

Диапазон типоразмеров токоограничивающих реакторов – от простых распределительных фидерных реакторов до больших реакторов на напряжение до 765 кВ (при уровне прочности изоляции 2100 кВ), выравнивающих нагрузку.

Токоограничивающие реакторы для конденсаторных батарей

устанавливаются в цепь конденсаторной батареи. Они предназначены для ограничения бросков тока при коммутациях, при близких коротких замыканиях и для изменения резонансной частоты системы при изменении емкости батареи. Реакторы могут устанавливаться в сетях напряжением до 765 кВ (при уровне прочности изоляции 2100 кВ).

При использовании таких реакторов уровень длительно допустимого тока должен определяться с учетом имеющихся токов высших гармоник, допустимого изменения емкости и допустимого уровня перенапряжения в сети.

Рис.2.
Упрощенная схема



Рис.3.
Однофазные реакторы последовательного включения



Рис.4.
Токоограничивающий реактор



TRENCH

Буферные реакторы для электродуговых печей

Наибольшая эффективность использования электродуговых печей достигается при их работе в режиме протекания через электроды малого тока и максимальной длине электрической дуги.

С целью стабилизации дуги последовательно питающему печному трансформатору устанавливается буферный реактор.

Сдвоенные реакторы – это токоограничивающие реакторы, состоящие из двух катушек, включенных навстречу друг другу.

Такие реакторы имеют малое реактивное сопротивление при нормальной работе и высокое – при возникновении короткого замыкания.

Регулировочные реакторы – включаются последовательно линии электропередачи на номинальное напряжение до 800 кВ.

Эти реакторы изменяют реактивные составляющие полного сопротивления линии электропередачи, что позволяет оптимально перераспределять потоки мощности.

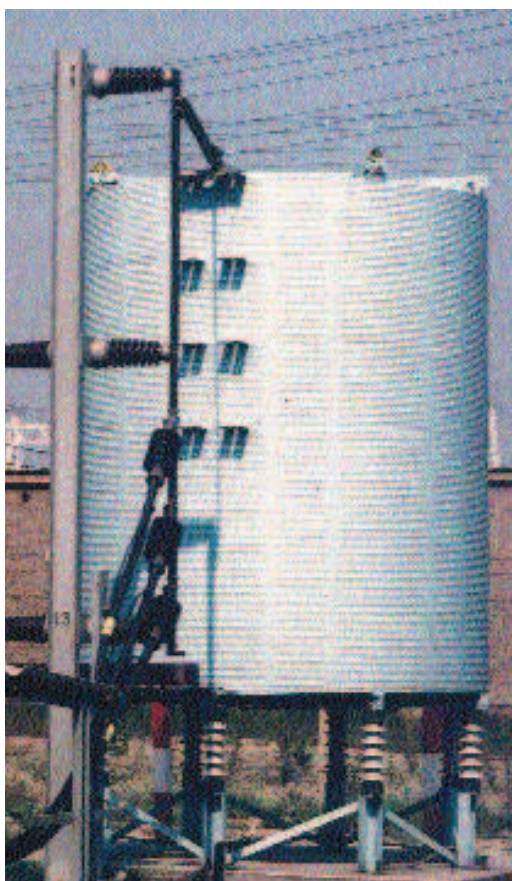


Рис. 5.

Буферный реактор для электродуговых печей

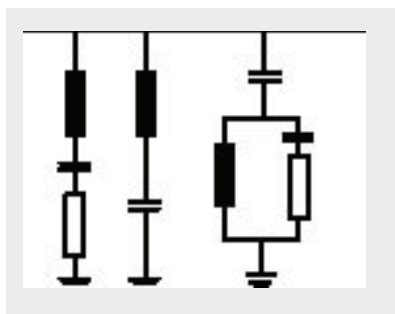


Рис. 6.

Регулировочные реакторы

Фильтровые реакторы

Фильтровые реакторы используются вместе с конденсаторными батареями для создания последовательных узкополосных фильтров высших гармоник или совместно с конденсаторными батареями и резисторами для создания широкополосных фильтров.



При выборе фильтрового реактора должны быть заданы амплитуды тока основной частоты и высших гармоник. Для точной настройки индуктивности необходимо определить количество регулировочных отпаек и диапазон регулирования.

Во многих случаях требуются фильтры с добротностью намного ниже, чем собственная добротность реактора. Требуемые значения добротности достигаются включением резистора в цепь реактора или применением специального кольца, регулирующего добротность. Кольцо позволяет снизить добротность на одну десятую без включения

дополнительного демпфирующего резистора (рис.9).

Данные кольца, устанавливаемые на реакторах, легко согласуются с магнитным полем реактора. Их применение ограничивается размерами, способами подсоединения и надежностью дополнительных элементов, например резисторов.

Рис.7.
Упрощенная схема



Рис.8.
Фильтровые реакторы

Реле типа CPR 97 для защиты конденсаторных батарей / фильтров, созданное на микропроцессорной базе, предназначено для оптимизации защиты цепей конденсаторных батарей фильтров высших гармоник.



Рис.10.
Реле для защиты конденсаторных батарей / фильтров



Рис.9.
Фильтровые реакторы с регулирующими кольцами

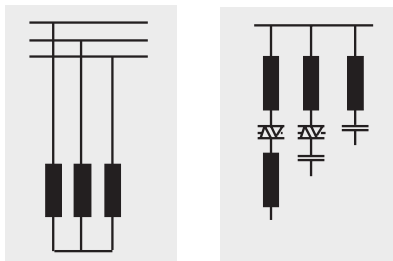
Статические компенсаторы реактивной мощности применяются в сетях для повышения общей надежности, компенсации изменения напряжения и мощности, а также для увеличения передающей способности линии и снижения потерь.

Шунтирующие реакторы

Шунтирующие реакторы применяются для компенсации реактивной мощности, генерируемой не нагруженными воздушными или кабельными линиями.

Они обычно подключаются через третичную обмотку трансформатора, однако в системах до 115 кВ могут подключаться и напрямую.

Рис.11. Упрощенная схема



Шунтирующие реакторы

ШРТУ/РТК, РТКЕ, ФР



Рис.12.
Шунтирующий реактор, подсоединенный через третичную обмотку трансформатора

Шунтирующие реакторы с тиристорным управлением

широко применяются в схемах статической компенсации реактивной мощности. Статические компенсаторы реактивной мощности обычно включают в себя:

- Шунтирующие реакторы с тиристорным управлением (ШРТУ). Компенсация мощности осуществляется изменением тока, протекающего через реактор, с помощью управляющих тиристорov
- Реактор с тиристорным коммутированием (РТК)
- Реактор с тиристорным коммутированием емкости (РТКЕ)
- Фильтровые реакторы (ФР).



Рис.13. Шунтирующие реакторы с тиристорным управлением и фильтровые реакторы в схеме компенсации реактивной мощности

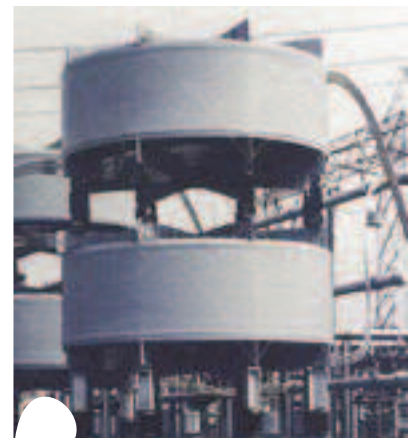


Рис.14. Реактор с тиристорным управлением

Высоковольтные реакторы линий постоянного тока

Высоковольтные реакторы линий постоянного тока применяются для передачи энергии на дальние расстояния и организации межсистемных связей.

Высоковольтные реакторы линии постоянного тока обычно состоят из сглаживающего реактора (HVDC-SMR), фильтра гармоник постоянного тока

(DC-FR) и переменного тока (AC-FR), фильтра защиты от помех постоянного (DC-PLC) и переменного (AC-PLC) тока.

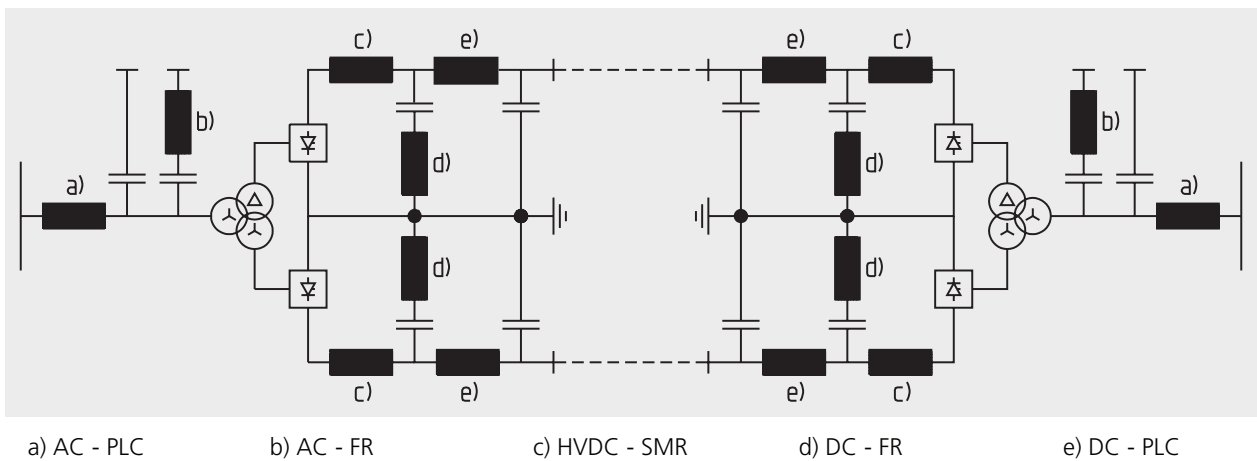


Рис.15. Упрощенная схема



Рис.16.
Фильтры переменного тока



Рис.17.
Высоковольтный сглаживающий реактор для линии постоянного тока

Сглаживающие реакторы

Сглаживающие реакторы предназначены для включения последовательно в цепь постоянного тока с целью снижения пульсаций тока.

Они применяются на линиях постоянного тока напряжением до 500 кВ, в системах управления, например, для регулирования скорости вращения двигателей и в системах непрерывного энергоснабжения.

Trench выпускает сглаживающие реакторы нескольких модификаций.

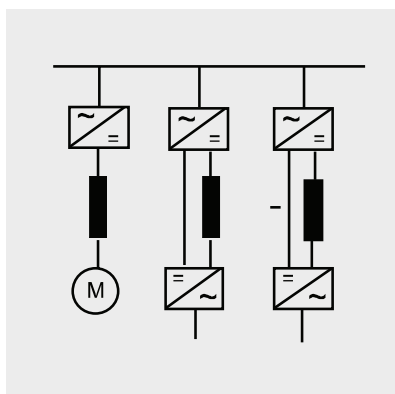


Рис.18.
Упрощенная схема



Рис.19.
Реактор со стальным магнитопроводом и принудительным воздушным охлаждением

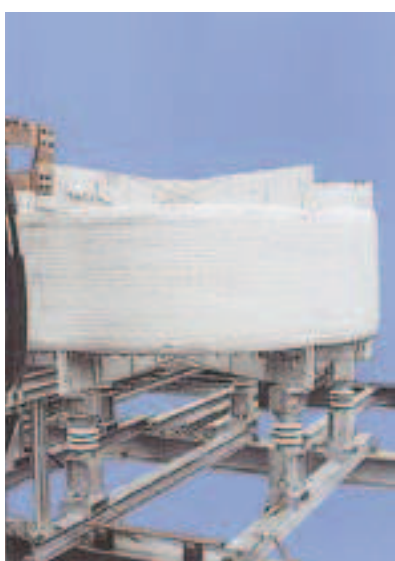


Рис.20.
Воздушный реактор с герметичной обмоткой



Рис.21.
Реактор со стальным магнитопроводом и водяным охлаждением

Испытательные лабораторные реакторы

Испытательные реакторы применяются в высоковольтных лабораториях.

Обычно они используются как токоограничивающие реакторы, при комплексных испытаниях выключателей, в качестве индуктивных накопителей энергии, при моделировании линий электропередачи и др.

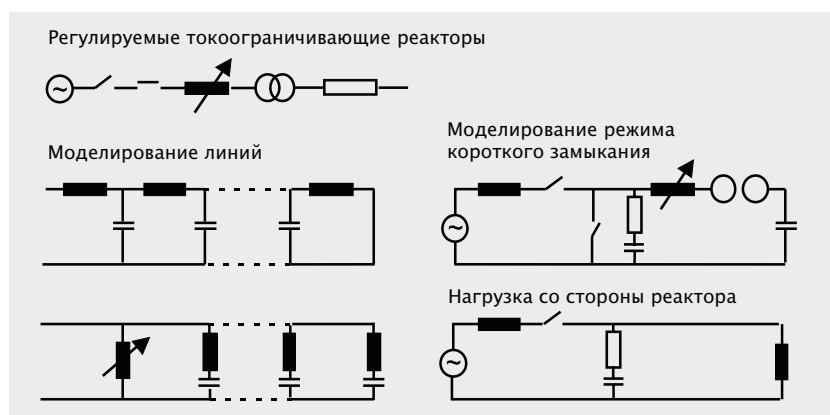


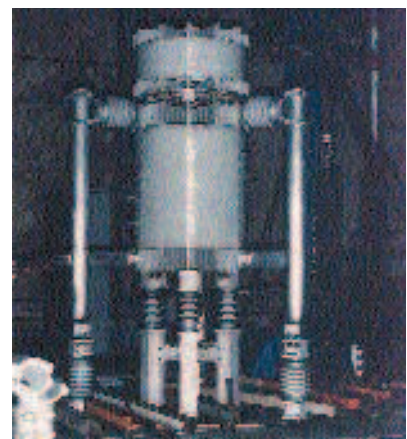
Рис.22. Упрощенная схема



Рис.24.
Регулируемый токоограничивающий реактор

Рис.25.
Испытательный реактор для моделирования режима короткого замыкания

Рис.23.
Реактор для комплексных испытаний выключателей (максимальный ток 32 кА, индуктивность 0,318 – 353,6 мГн, класс напряжения до 1600 кВ)



Реакторы для заземления нейтрали (заземляющие компенсационные реакторы)

Это токоограничивающие однофазные реакторы, которые предназначены для включения между нейтралью и землей с целью ограничения тока при коротком замыкании сети на землю.

Ограничение тока – до заданного уровня, который должен учитывать токи небаланса при длительном и кратковременном режимах работы.

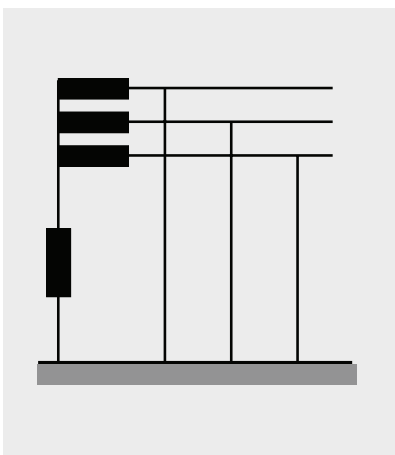


Рис.26.
Упрощенная схема

Дугогасящие реакторы

Заземляющие дугогасящие реакторы, включаемые между нейтралью и землей, предназначены для компенсации емкостной составляющей тока при однофазных замыканиях на землю в сети 6–35 кВ.

Дугогасящий реактор плунжерного типа является основным элементом комплексной системы защиты от однофазных замыканий, разработанной Trench.



Рис.27.
Дугогасящий реактор на 110 кВ

Поскольку конфигурация сети может меняться, дугогасящая катушка должна быть регулируемой.

Благодаря значительным усилиям, вложенным Trench в разработку дизайна, конструкции и методики применения, эти дугогасящие реакторы удовлетворяют самым строгим требованиям к системам компенсации токов однофазных замыканий.



Рис.28.
Стандартный дугогасящий реактор

КОНСТРУКЦИЯ РЕАКТОРОВ



Разработанные Trench воздушные сухие реакторы – это катушки из определенного количества витков многожильного алюминиевого (или медного – по требованию заказчика) провода.

Сечение и тип провода выбираются в зависимости от требуемых параметров реактора. Многообразие типоразмеров применяемого провода позволяет оптимизировать производство каждого реактора и снизить его стоимость.

Для обеспечения механической прочности обмотки катушки усиливаются пропитанным эпоксидной смолой стекловолокном, которое после термической обработки становится прочным и герметичным. Комплект вертикальных и горизонтальных распорок, механически связанных с обмотками катушки, позволяет снизить вибрационные нагрузки на реактор и обеспечивает высокую механическую прочность.

Выводы обмоток подсоединены к алюминиевой сборной шине, называемой крестовиной. Такая конструкция обладает высокой жесткостью, что позволяет катушке выдерживать большие динамические и термические нагрузки, возникающие при

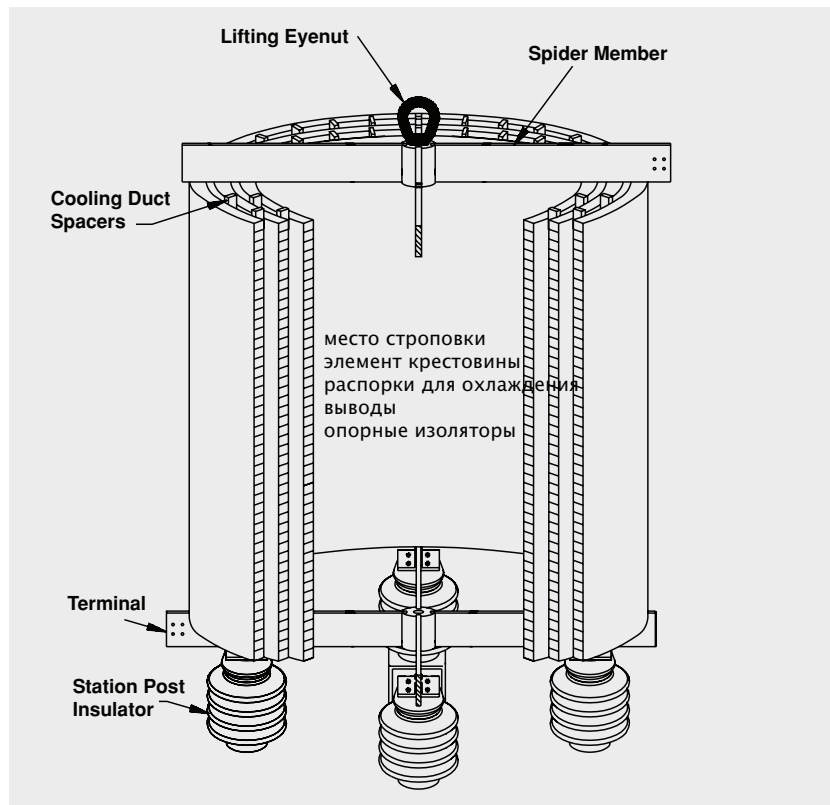


Рис. 29
Типичная конструкция воздушного сухого реактора производства Trench

коротких замыканиях. Выводы реакторов обладают большой прочностью на разрыв, ветровой стойкостью и сейсмостойкостью. Конструкция реактора приведена на рис. 29.

Такая уникальная конструкция реакторов позволяет применять их во всех климатических условиях без изменения характеристик в течение длительного времени и обеспечивает безаварийную работу в условиях повышенной загрязненности и агрессивности

окружающей среды. На реакторах могут устанавливаться регулировочные отпайки, позволяющие изменять индуктивность реактора. Существует несколько способов регулирования индуктивности: для точной настройки или для шагового изменения индуктивности.

Trench выпускает также другие типы реакторов (например, со стальным магнитопроводом или водяным охлаждением), описание которых приведено в других разделах каталога.

КОНТАКТНЫЕ ВЫВОДЫ И МАГНИТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ



Контактные выводы

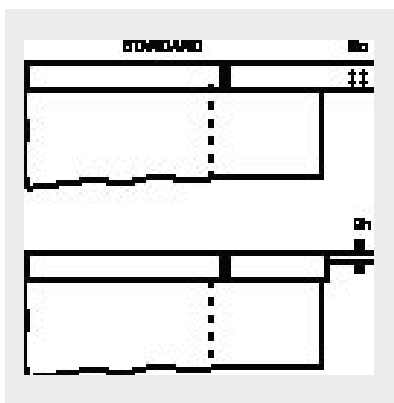


Рис.30.
Расположение контактных выводов

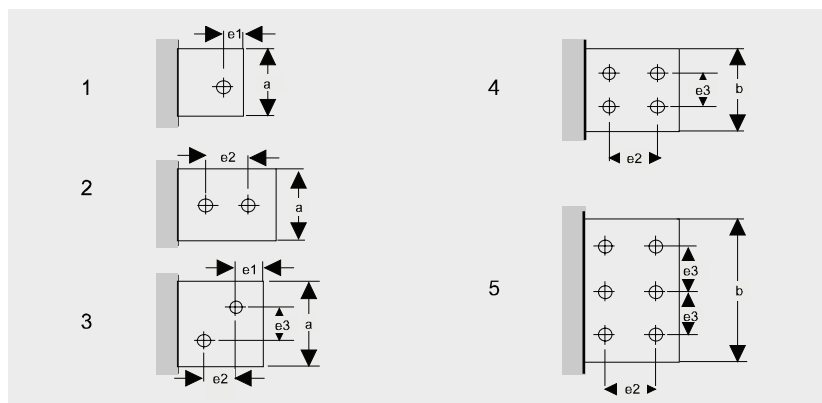


Рис.31.
Элементы контактных выводов

Магнитная безопасность

Минимальные расстояния магнитной безопасности до ближайших металлических частей и между катушками приведены на рис. 32 и 33. На рисунках приведены ориентировочные значения расстояний, так как каждый тип реактора характеризуется собственными расстояниями. Заказчик должен сам

определять вышеуказанные минимальные расстояния исходя из особенностей места установки реактора, наличия металлической арматуры в фундаменте и стенах здания. Важно чтобы отсутствовали замкнутые металлические контуры даже за пределами данных минимальных расстояний. При необходимости Trench

может поставить специальные кронштейны из немагнитного материала для формирования расстояния магнитной безопасности вокруг реактора. По заказу Trench может поставить дополнительные элементы и дать рекомендации по усилению опорной конструкции.

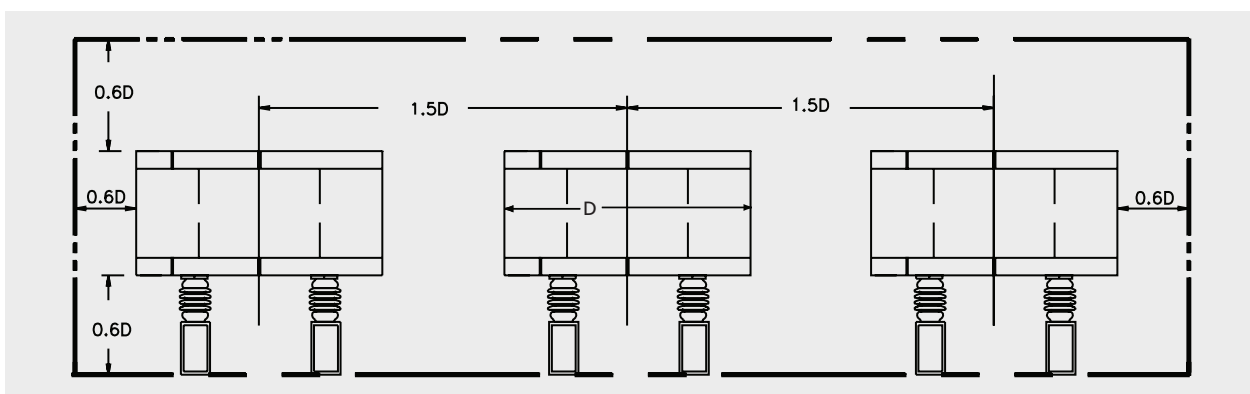


Рис.32. Минимальное расстояние магнитной безопасности между реакторами и металлическими частями, не образующее замкнутых контуров (ориентировочно)

Способы установки



Обычно реакторы устанавливаются горизонтально рядом друг с другом, однако при отсутствии свободного пространства на уже существующей подстанции они могут устанавливаться вертикально друг на друга.

При ограничении монтажных площадей Trench может, используя специальные компьютерные программы, осуществить оптимизацию размеров катушек. Использование многолучевой крестовины позволяет осуществить подключение реактора с учетом особенностей места установки. Количество лучей крестовины зависит от типа реактора.

Установка реакторов требует минимальных усилий и часто заключается только в болтовом подсоединении изоляторов и опорных конструкций к катушке. Инструкция по установке имеется в комплекте каждой катушки.

Trench учитывает все особенности установки реакторов, например, обеспечение охлаждения, опорной конструкции, вид контактных соединений и т.д.

Trench обеспечивает информацию по следующим вопросам:

- Анализ распределения магнитного поля при конструировании контура

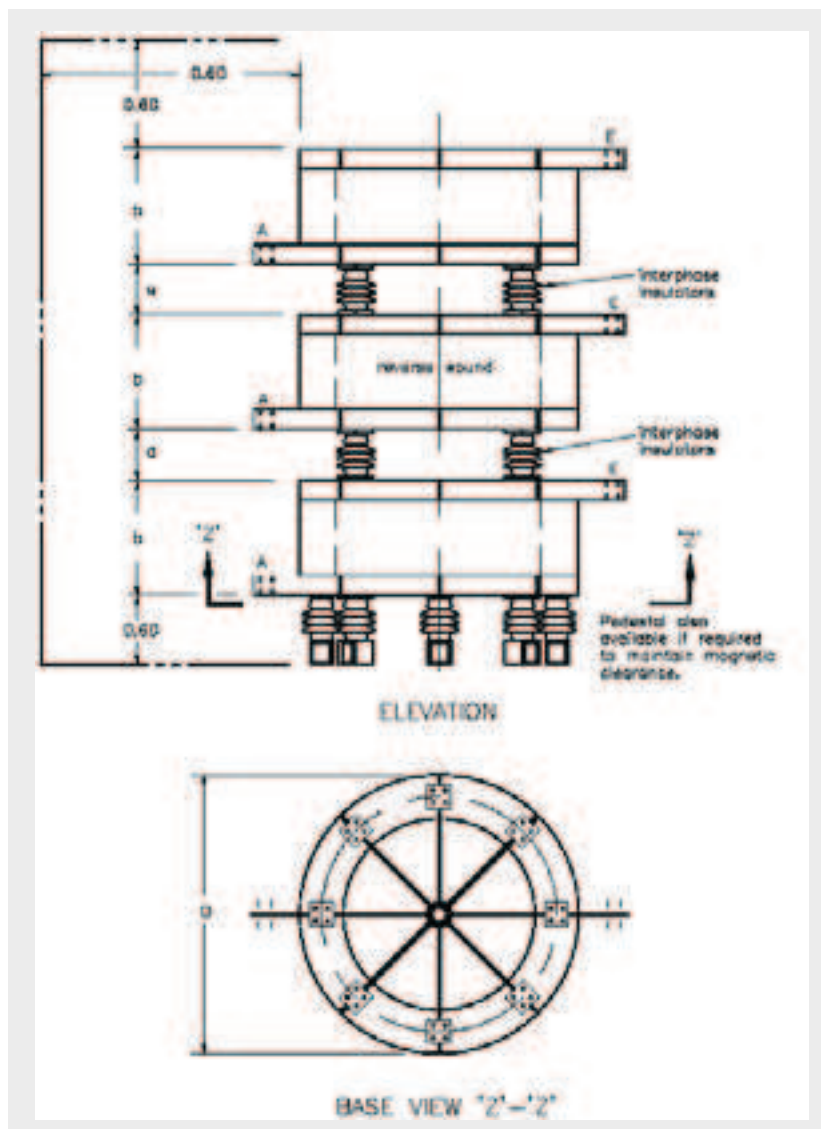


Рис.33.
Трехфазный реактор в вертикальном исполнении

- Анализ сейсмической устойчивости реактора в сборе, включая опорные изоляторы и опорные конструкции.
- Расчет механических сил, действующих на опорные изоляторы, контактные клеммы шин и кабелей

Испытания

Каждый изготовленный Trench реактор проходит комплексные испытания и всестороннее обследование. В дополнение к приемосдаточным испытаниям, которые проводятся в соответствии со стандартами ANSI/IEEE или IEC, для повышения эксплуатационной надежности каждый реактор



Рис. 34.

Высоковольтная испытательная лаборатория

в процессе производства подвергается пооперационному контролю. К каждому реактору прилагается протокол с результатами всех проведенных испытаний.

В дополнение к типовым испытаниям в высоковольтной лаборатории, Trench могут быть проведены дополнительные испытания для проверки надежности конструкции. Такие испытания могут проводиться по дополнительному заказу

или вместо них по запросу заказчика могут быть предоставлены результаты испытаний аналогичного оборудования.

Материалы и комплектующие изделия, используемые при производстве реакторов, также подвергаются строгому контролю. Распорки для каналов охлаждения и стекловолокно, композитная резина и другие материалы подвергаются типовым испытаниям на механическую прочность и на стойкость к внешним воздействиям. Неизменность характеристик конструктивных элементов реактора в течение всего срока службы проверяется методом ускоренного термического и многофакторного старения.

Такие испытания проводятся в соответствии с нашей Программой гарантии качества, обеспечивающей неизменность характеристик реакторов в течение всего срока службы.

Потери

В соответствии с требованиями заказчика при проектировании реакторов, Trench стремится оптимизировать и снизить потери реактора. Если оценка потерь не включена в требования заказчика, реактор проектируется в соответствии с существующими стандартами исходя из условий минимизации стоимости.

Все заказчики, знающие о преимуществах системы оптимизации потерь, требуют оценку потерь для приобретаемых реакторов. В случае включения оценки потерь в спецификацию заказа, Trench изменяет первоначальную стоимость реактора с учетом затрат на разработку мероприятий по оптимизации и снижению потерь. В общем, реактор с оптимизированными потерями работает при меньшем росте температуры и имеет повышенную стойкость к перегрузкам.

Возможности Trench по разработке и изготовлению реакторов с низкими потерями позволяют предприятиям осуществлять замену старых неэффективных реакторов без больших финансовых потерь. В этом случае реакторы с малыми потерями обычно устанавливаются на уже существующие площадки.

Возможность управления потерями важна и для выполнения других задач. В некоторых случаях необходимо контролировать добротность катушки. Это важно, когда наличие дополнительных потерь на основной частоте и некоторых высших гармониках является преимуществом, например для некоторых фильтровых реакторов и реакторов для конденсаторных батарей.

Защитные экраны и опорные конструкции



TRENCH

Trench разрабатывает и изготавливает защитные экраны и опоры специально для воздушных сухих реакторов.



*Fig. 35
Filter reactor with sound shield*



*Fig. 36
Filter reactor with top-hat and pedestal*

В соответствии с требованиями заказчика, экран может быть либо стальным, либо из стекловолокна в наружном или внутреннем исполнении. Разработанные Trench защитные экраны минимизируют циркуляцию петлевых токов и оптимизируют размеры реактора за счет лучшего

охлаждения и более низкого темпа роста температуры. При использовании реактора с защитным экраном, стойкость при протекании тока короткого замыкания определяется для всей конструкции в целом.

Trench может поставлять опорные конструкции, позволяющие поднять рабочую часть реактора на высоту, безопасную для обслуживающего персонала. Опорные конструкции должны также обеспечивать необходимое расстояние магнитной безопасности. Имеются различные конструкции опор, изготовленные из стекловолокна, укрепленного алюминием, или из немагнитной стали.

Trench дает рекомендации по выбору опор для каждого конкретного реактора. По запросу заказчика фирма может предоставить дополнительную информацию по защитным экранам и опорным конструкциям.

Снижение акустического шума у реакторов специального назначения (например, высоковольтные для линий постоянного тока) достигается применением шумопоглощающих экранов.

Trench Facilities



*The Trench Group is your
partner of choice for your
Instrument Transformer
solutions today; and for
the development of your
new technology solutions
of tomorrow.*

Trench® Austria GmbH
Paschinger Strasse 49
Postfach 13
A-4060 Linz-Leonding
Austria
Phone: 43-732-6793-0
Fax: 43-732-671341

Trench® Brasil Ltda
Via Expressa de Contagem, 2685
Contagem, Minas Gerais
CEP 32370-485
Brazil
Phone: 55-31-3391-5959
Fax: 55-31-3391-1828

Trench® China
MWB (Shanghai) Co., Ltd.
No. 3658, Jiancheng Road
Minhang, Shanghai
Peoples Republic of China
200245
Phone: 86-21-54720088
Fax: 86-21-54723118

Trench® Fushun
Dong Er Dao, Shuncheng District
Fushun, Liaoning Province
Peoples Republic of China
113126
Phone: 86-413-7644009/7644007
Fax: 86-413-7641423

Trench® Limited
Bushing Division
432 Monarch Avenue
Ajax, Ontario
Canada L1S 2G7
Phone: 905-426-2665
Fax: 905-426-2671

Trench® Limited
Coil Product Division
71 Maybrook Drive
Scarborough, Ontario
Canada M1V 4B6
Phone: 416-298-8108
Fax: 416-298-2209

Trench® Limited
Instrument Transformer Division
390 Midwest Road
Scarborough, Ontario
Canada M1P 3B5
Phone: 416-751-8570
Fax: 416-751-6952

Trench® Limited
Power Line Carrier Division
815 Middlefield Road, Unit 6A
Scarborough, Ontario
Canada M1V 1R9
Phone: 416-291-8544
Fax: 416-291-5581

Trench® France S.A.
16, Rue du Général Cassagnou
B.P. 70 F-68 302
St. Louis, Cedex
France
Phone: 33-3 89-70-2323
Fax: 33-3 89-67-2663

Trench® Germany GmbH
Nürnberger Strasse 199
D-96050 Bamberg
Germany
Phone: 49-951-1803-0
Fax: 49-951-1803-224

Trench® Switzerland AG
Lehenmattstrasse 353
CH-4028
Basel
Switzerland
Phone: 41-61-315-51-11
Fax: 41-61-315-59-00

Trench® (UK) Limited
South Drive
Hebburn
Tyne & Wear
NE 31 1 UW
Phone: 44-191-483-4711
Fax: 44-191-430-0633

www.trenchgroup.com