**Тема: Электрические станции и подстанции**

**Лекция 4. ИЗОЛЯТОРЫ И ПРОВОДНИКИ В СХЕМАХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК.**

Оглавление

[4.1Изоляторы 1](#_Toc427334279)

[4.2 Неизолированные жёсткие проводники. 7](#_Toc427334280)

[4.3Комплектные токопроводы*.* 9](#_Toc427334281)

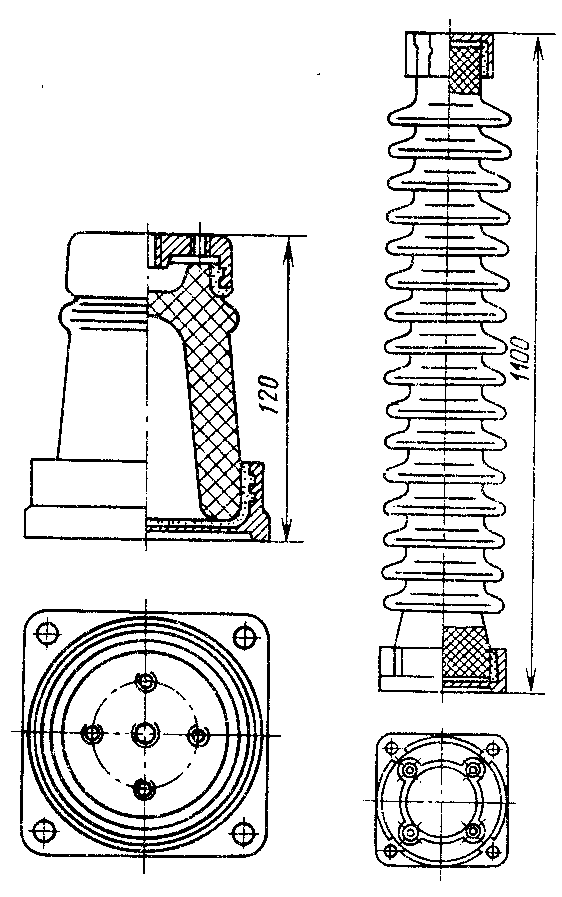
[4.4.Кабели. 12](#_Toc427334282)

**4.1 Изоляторы**

Различают изоляторы следующих типов: опорные, проходные и подвесные. Изоляторы должны удовлетворять ряду требований, определяющих их электрические и механические характеристики, в соответствии с назначением и номинальным напряжением, а также загрязнённостью воздуха в районе установки. К электрическим характеристикам относятся: номинальное напряжение, пробивное напряжение, разрядные и выдерживаемые напряжения промышленной частоты в сухом состоянии и под дождём, импульсные 50%-ные разрядные напряжения обеих полярностей. Основной механической характеристикой является минимальная разрушающая нагрузка, Н, приложенная к головке изолятора в направлении, перпендикулярном оси, а также жёсткость или отношение силы, приложенной к головке изолятора в направлении, перпендикулярном оси, к отклонению головки от вертикали, Н/мм. Жёсткость опорных изоляторов зависит от их конструкции и номинального напряжения. Изоляторы для напряжения до 35 кВ включительно обладают очень большой жёсткостью, поскольку высота их относительно мала. Изоляторы для более высоких напряжений имеют большую высоту и меньшую жёсткость. Она составляет в зависимости от конструкции от 300 до 2000 Н/мм для изоляторов 110 кВ и 150 — 200 Н/мм для изоляторов 220 кВ. Это означает, что при К.З. головки изоляторов заметно отклоняются от своего нормального положения под действием электродинамических сил на проводники. Однако изоляторы не разрушаются при условии, что нагрузка на головку не превышает минимальной разрушающей нагрузки.

Опорные изоляторы предназначены для изоляции и крепления шин или токоведущих частей аппаратов на заземленных металлических или бетонных конструкциях, а также для крепления проводов воздушных линий на опорах. Их можно разделить на *стержневые* и *штыревые*.

Опорные стержневые изоляторы для внутренней установки серии ИО изготовляют для номинальных напряжений от 6 до 35 кВ. Они имеют фарфоровое коническое тело с одним небольшим ребром (рис.4.1,а). Снизу и сверху предусмотрены металлические детали (армировка) для крепления изолятора на основании и крепления проводника на изоляторе. Высота фарфорового тела определяется номинальным напряжением. Диаметр тела и вид армировки определяются минимальной разрушающей нагрузкой: чем больше последняя, тем прочнее должен быть укреплён изолятор на основании. Изоляторы, рассчитанные на значительную механическую нагрузку, имеют снизу квадратные фланцы с отверстиями для болтов, а сверху — металлические колпаки с нарезными отверстиями для крепления шинодержателя и проводника. Элементы арматуры охватывают тело изолятора и соединены с фарфором цементным составом.



а) б)

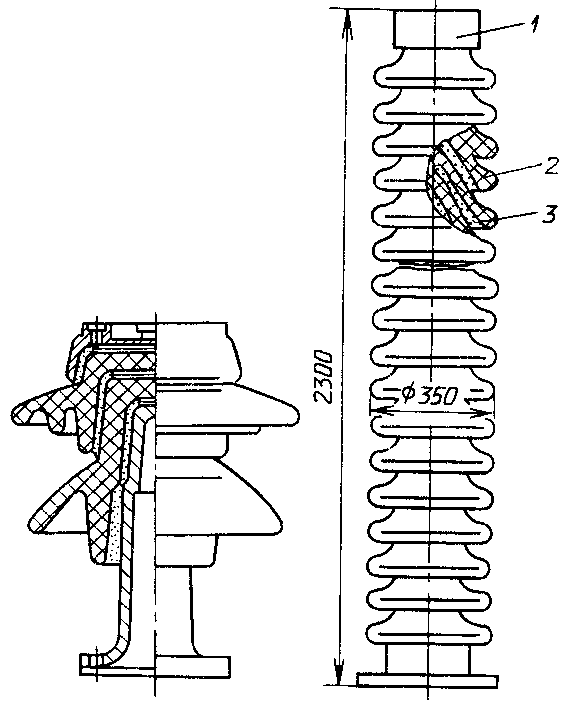
Рис.4.1 а – опорный стержневой изолятор для внутренней установки серии ИО 10 кВ;

б – опорный стержневой изолятор для наружной установки серии ИОС 110 кВ.

Изоляторы серии ИО изготовляют с минимальной разрушающей нагрузкой от 3,75 до 30 кН.

Опорные стержневые изоляторы для наружной установки серии ИОС (рис.4.1,б ) отличаются от изоляторов описанной выше конструкции более развитыми рёбрами, благодаря которым увеличивается разрядное напряжение под дождём. Их изготовляют для номинальных напряжений от 10 до 110 кВ. Минимальная разрушающая нагрузка находится в пределах от 3 до 20 кН.

Опорные штыревые изоляторы серии ОНШ также предназначены для наружной установки. Они имеют фарфоровое тело с далеко выступающими рёбрами (крыльями) для защиты от дождя. Длина пути тока утечки по поверхности диэлектрика значительно больше соответствующего пути тока утечки по изолятору, предназначенному для внутренней установки. Изолятор укрепляется на основании с помощью чугунного штыря с фланцем. Для крепления токоведущих частей предусмотрен чугунный колпак с нарезными отверстиями. Штыревые изоляторы изготовляют для номинальных напряжений от 10 до 35 кВ и минимальной разрушающей нагрузки от 5 до 20 кН. Изолятор, показанный на рис.4.2,а, рассчитан на номинальное напряжение 35 кВ. Штыревые изоляторы 110 — 220 кВ представляют собой колонки из нескольких изоляторов 35 кВ.



а) б)

Рис. б – опорный многоэлементный изолятор (мультикон) 245 кВ; а – опорный штыревой изолятор для наружной установки серии ОНШ 35 кВ.

В Англии, Франции и других странах строят опорно-штыревые изоляторы (рис. 4.2,б), составленные из большого числа фарфоровых элементов 2, соединенных между собой цементной связкой 3, получившие название «мультикон». Вверху изолятора крепится колпак 1, а внизу — металлический фланец. Высота изолятора для напряжения 245 кВ составляет 2300 мм. Такие изоляторы, собранные в одиночные колонки, используются в РУ до 765 кВ. Они обладают малой жёсткостью и в то же время высокой прочностью на изгиб.

***Проходные изоляторы*** предназначены для проведения проводника сквозь заземлённые кожухи трансформаторов и аппаратов, стены и перекрытия зданий.

Проходные изоляторы для внутренней установки до 35 кВ включительно имеют полый фарфоровый корпус без наполнителя с небольшими рёбрами. Для крепления изолятора в стене, перекрытии предусмотрен фланец, а для крепления проводника — металлические колпаки. Длина фарфорового корпуса определяется номинальным напряжением, а диаметр внутренней полости — сечением токоведущих стержней, следовательно, номинальным током. Изоляторы с номинальным током до 2000 А (рис. 4.3) снабжены алюминиевыми стержнями прямоугольного сечения.

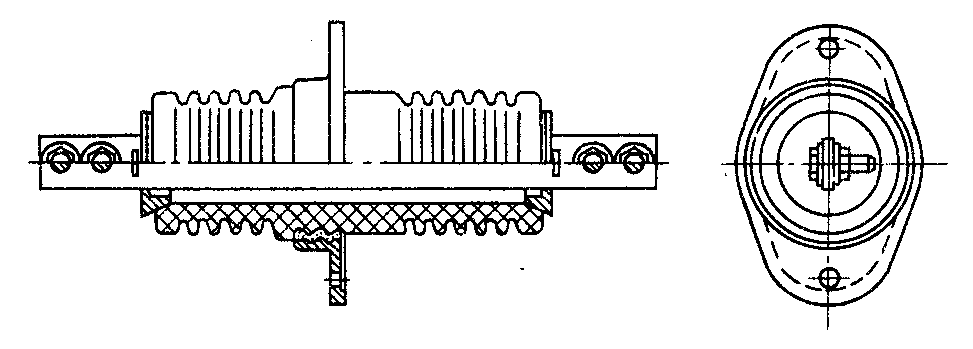


Рис. 4.3 Проходной изолятор для внутренней установки 10 кВ, 250 – 630 А

Изоляторы с номинальным током свыше 2000 А (рис.4.4 ) поставляются без токоведущих стержней.

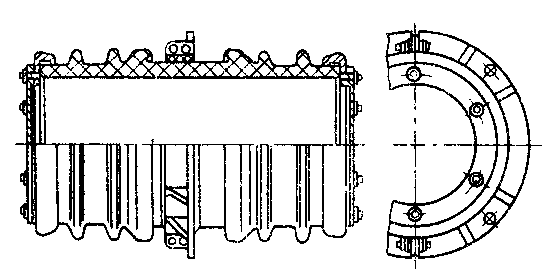


Рис. 4.4 Проходной изолятор для внутренней установки 20 кВ,8000 – 12500А

Размеры внутренней полости выбраны здесь достаточными, чтобы пропустить через изолятор шину или пакет шин прямоугольного сечения, а при очень большом токе — трубу круглого сечения. Фланцы и колпаки, в особенности у изоляторов с большим номинальным током, изготовляют из немагнитных материалов (специальных марок чугуна, а также силумина — сплава на основе алюминия и кремния) во избежание дополнительных потерь мощности от индуктированных токов. У изоляторов, предназначенных для ввода жёстких и гибких шин в, здания РУ или шкафы КРУ наружной установки, часть фарфорового корпуса, обращённая наружу, имеет развитые ребра (рис. 4.5) для увеличения разрядного напряжения под дождём.

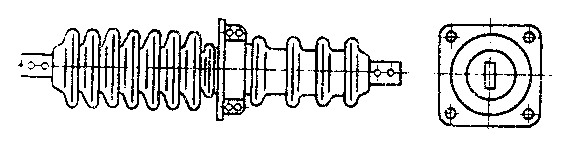


Рис. 4.5 Проходной изолятор наружно-внутренней установки 35 кВ, 400 – 630 А.

***Проходные изоляторы 110 кВ и выше*** в зависимости от назначения получили названия линейных или аппаратных вводов. Кроме фарфоровой они имеют бумажно-масляную изоляцию. На токоведущий стержень наложены слои кабельной бумаги с проводящими прокладками между ними. Размеры слоев бумаги и прокладок выбраны так, чтобы обеспечить равномерное распределение потенциала как вдоль оси, так и в радиальном направлении. Ввод (рис. 4.6) состоит из следующих частей: металлической соединительной втулки 1, предназначенной для закрепления ввода в кожухе аппарата или в проёме стены; верхней 2 и нижней 3 фарфоровых покрышек, защищающих внутреннюю изоляцию от атмосферной влаги и служащих одновременно резервуаром для масла, заполняющего ввод.

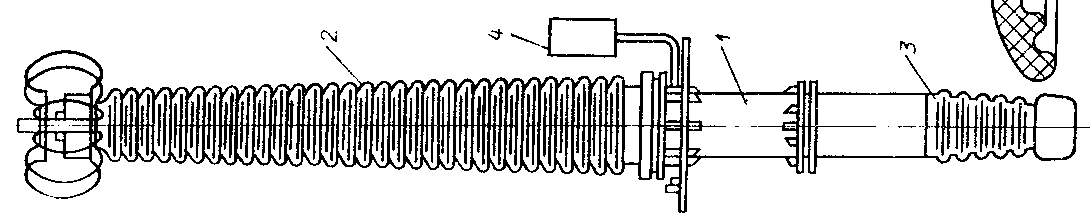


Рис. 4.6 Герметизированный бумажно-масляный ввод 500 кВ с выносным бачком давления: 1 – металлическая соединительная втулка; 2 и 3 – верхняя и нижняя фарфоровые покрышки; 4 – выносной бачек давления.

Вводы, предназначенные для аппаратов с маслом, имеют укороченную нижнюю часть; это объясняется более высоким разрядным напряжением по поверхности фарфора в масле сравнительно с разрядным напряжением в воздухе.

Вводы обычно герметизированы. Для компенсации температурных изменений в объёме масла предусмотрены компенсаторы давления, встроенные в верхнюю часть ввода или помещенные в особый бачок давления 4, соединённый с вводом гибким трубопроводом. Вводы имеют измерительное устройство, которое служит для контроля давления в системе ввод—бак.

***Подвесные изоляторы*** предназначены для крепления многопроволочных проводов к опорам воздушных линий и РУ. Их конструируют так, чтобы они могли противостоять растяжению.

Тарельчатый изолятор (рис. 4.7) имеет фарфоровый или стеклянный корпус в виде диска с шарообразной головкой.

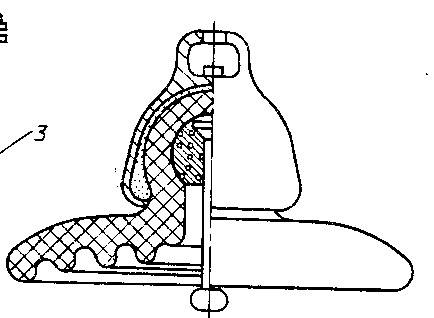


Рис. 4.7 Подвесной тарельчатый изолятор

Нижняя поверхность диска выполнена ребристой для увеличения разрядного напряжения под дождём, а верхняя поверхность диска — гладкой, с небольшим уклоном для стекания дождя. Внутри фарфоровой (стеклянной) головки цементом закреплён стальной оцинкованный стержень. Сверху фарфоровую головку охватывает колпак из чугуна с гнездом для введения в него стержня другого изолятора или ушка для крепления гирлянды к опоре. Число изоляторов в гирлянде выбирают в соответствии с номинальным напряжением.

Внутренней и наружной поверхностям фарфоровой головки придана такая форма, чтобы при тяжении провода фарфор испытывал только сжатие (как известно, прочность фарфора при сжатии значительно больше, чем при растяжении). Так обеспечивают высокую механическую прочность тарельчатых изоляторов. Они способны выдерживать тяжения порядка 104—105 Н. Механическую прочность подвесных изоляторов характеризуют испытательной нагрузкой, которую изоляторы должны выдерживать в течение 1 ч без повреждений.

Расчётную нагрузку на тарельчатые изоляторы принимают равной половине часовой испытательной.

В местностях, прилегающих к химическим, металлургическим, цементным заводам, воздух содержит значительное количество пыли, серы и других веществ, которые образуют на поверхности изоляторов вредный осадок, снижающий их электрическую прочность. Вблизи моря и солёных озёр воздух имеет большую влажность и содержит значительное количество соли, которая также образует вредный осадок. Нормальные изоляторы, используемые в районах, удалённых от источников загрязнения, имеют отношение длины пути утечки к наибольшему рабочему напряжению около 1,5 см/кВ. Для РУ, подверженных загрязнению, применяют изоляторы осо­бой конструкции или увеличивают число изоляторов в гирляндах. Прибегают также к периодической обмывке или обтирке изоляторов.

Тарельчатые изоляторы, предназначенные для местностей с загрязнённым воздухом (рис. 4.8), имеют увеличенную длину пути тока утечки и выполнены так, чтобы поверхность их была в наибольшей мере доступна очищающему действию дождя и ветра.

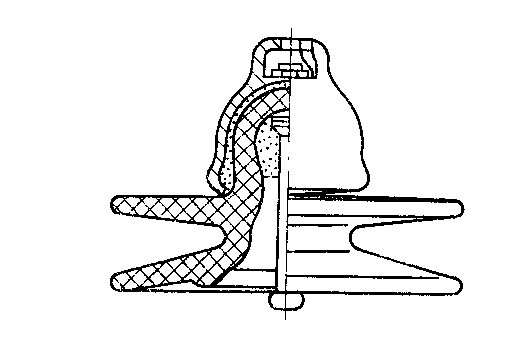


Рис. 4.8 Подвесной изолятор для местности с загрязнённым воздухом.

При одинаковой степени загрязнения и увлажнения разрядные напряжения у изоляторов особой конструкции приблизительно в 1,5 раза выше, чем у изоляторов обычного исполнения.

# 4.2 Неизолированные жёсткие проводники.

Проводники этого вида принято называть шинами. По соображениям экономического порядка применяют исключительно шины из алюминия и его сплавов с различными электрическими и механическими характеристиками. Форму и размеры поперечного сечения шины выбирают в соответствии с рабочим током, учитывая явление поверхностного эффекта, а также требования термической и динамической стойкости при КЗ.

Поверхностный эффект проявляется в том, что переменный ток вытесняется к поверхности проводника, при этом потери мощности увеличиваются, что равносильно увеличению сопротивления. Отношение активного сопротивления Ra уединённого проводника при переменном токе к сопротивлению R при постоянном токе и той же температуре называют коэффициентом поверхностного эффекта Кп = = R.а/R. Он зависит от формы и размеров поперечного сечения проводника, а также от частоты тока.

*Распространённые формы поперечного сечения шин*. Простейшая форма поперечного сечения шины — прямоугольная с отношением сторон b/h от 1/8 до 1/12 (рис. 4.9, а).

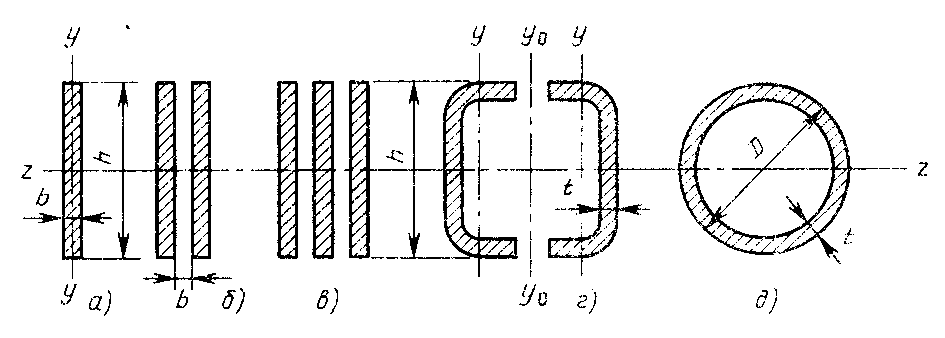


Рис. 4.9 Распространённые виды шин.

Это так называемые плоские шины. Они обеспечивают хороший отвод тепла в окружающую среду, поскольку отношение поверхности охлаждения к объёму здесь больше, чем в шинах любой другой формы. Момент сопротивления изгибу относительно оси z во много раз больше, чем относительно оси у. Следовательно, при расположении проводников трех фаз в плоскости у — у плоские шины способны противостоять значительным электродинамическим силам при КЗ.

Плоские шины изготовляют с поперечным сечением до 120 х 10=1200 мм2. Допустимый продолжительный ток таких шин из алюминия при нормированной температуре воздуха 25 °С равен 2070 А. При большем рабочем токе можно применить составные проводники из двух или трех полос с зазорами между ними (рис. 4.9, б, в). Допустимый ток при этом увеличится соответственно до 3200 и 4100 А, т. е. далеко не пропорционально числу полос. Это объясняется поверхностным эффектом — вытеснением переменного тока на поверхность составного проводника. Распределение тока между полосами составного проводника неравномерно, потери мощности заметно увеличиваются.

Недостаток составных проводников заключается также в сложности монтажа и недостаточной механической прочности. Последнее объясняется взаимодействием полос при КЗ. Поскольку токи в полосах направлены одинаково, они стремятся сблизиться. Чтобы исключить смыкание полос при КЗ, необходимы дистанционные прокладки между ними с соответствующим креплением. Проводники из трех и четырёх полос безусловно нецелесообразны при переменном токе. Ограниченное применение имеют проводники из двух полос.

При больших рабочих токах применяются составные шины из двух корытных проводников (рис. 4.9, г). Здесь также необходимы дистанционные прокладки между корытами.

Наиболее совершенной формой поперечного сечения шины при рабочем токе свыше 2000 А является круглое кольцевое (рис. 4.9, д). При правильно выбранном отношении толщины стенки к диаметру трубы обеспечивается хороший отвод тепла, а также механическая прочность. Момент сопротивления изгибу одинаков в любом направлении. Применение получили трубы с наружным диаметром до 250 мм и толщиной стенки до 12 мм.

***Неизолированные гибкие проводники***. В РУ 35 кВ и выше наряду с жесткими шинами применяют гибкие многопроволочные сталеалюминиевые провода, а также пучки из двух, трех и четырёх проводов в фазе с дистанционными распорками между ними. Такая конструкция проводника позволяет увеличить рабочий ток и исключить коронирование. В РУ 500 кВ и выше применяют полые алюминиевые провода марок ПА 500 и ПА 640 (рис. 4.10), а также пучки из таких проводов.

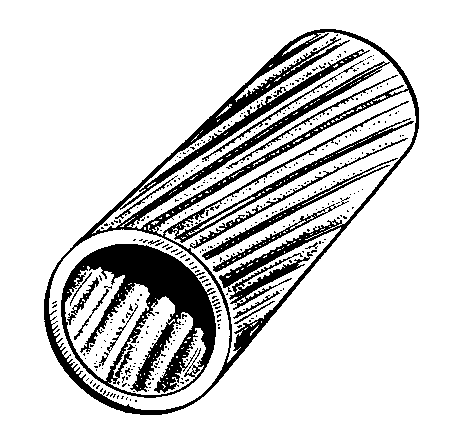


Рис. 4.10 Полый алюминиевый провод марки ПА-640

Это гибкие провода, свитые из проволок фасонного сечения с диаметром 45 и 59 мм и допустимой токовой нагрузкой соответственно 1340 и 1680 А.

Сечение проводов и их число в фазе выбирают в соответствии с рабочим током присоединения, а также номинальным напряжением, чтобы исключить коронирование.

Для увеличения допустимой токовой нагрузки достаточно увеличить суммарное сечение проводов в фазе. Коронирование может быть устранено увеличением числа проводов или их диаметра.

Одиночные провода марки АС могут быть применены при напряжении до 220 кВ включительно и рабочем токе до 1050 А. При большем номинальном напряжении и большем рабочем токе необходимы пучки из нескольких проводов. При напряжении 500 кВ могут быть применены два провода марки АС с допустимым током 2440 А или один провод марки ПА 640 с допустимым током 1680 А. При большем рабочем токе следует взять два провода марки ПА 640, что позволит увеличить допустимый ток до 3360 А. При номинальных напряжениях 750 и 1150 кВ следует применять только провода марки ПА. При этом число проводов в пучке получается минимальным, уменьшается расход алюминия и число гирлянд изоляторов, упрощается монтаж.

# 4.3Комплектные токопроводы

Комплектным токопроводом принято называть токопровод с жёсткими неизолированными проводниками и металлическим кожухом, изготовленный специализированным заводом по техническим условиям, согласованным с заказчиком, и поставляемый к месту установки частями, размеры и масса которых удобны для транспорта. Изоляцией в комплектных токопроводах служит обычно воздух; при высоких напряжениях — элегаз.

*Пофазно-экранированные токопроводы.* В пофазно-экранированных токопроводах (рис. 4.11) проводники каждой фазы вместе с опорными изоляторами охвачены проводящими заземленными экранами — кожухами, назначение которых заключается в следующем:

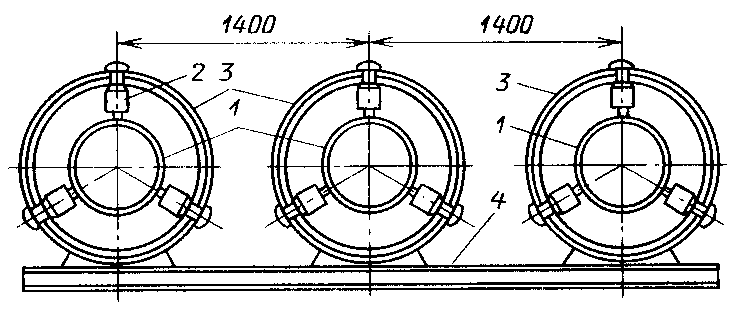


Рис. 4.11 Пример пофазно-экранированного токопровода для генератора 500Мвт, 20 кВ. 18 кА (в разрезе): 1 – шины; 2 – изолятор; 3 – кожух; 4 – стальные балки.

1) обеспечить безопасность обслуживания;

2) защитить проводники, изоляторы от пыли, влаги, случайного попадания посторонних предметов;

3) исключить возможность междуфазных замыканий в пределах токопровода;

4) уменьшить электродинамические силы взаимодействия между проводниками при внешних КЗ;

5) устранить нагревание индуктированными токами стальных несущих конструкций, арматуры железобетонных стен и перекрытий.

Последние два требования могут быть выполнены, если внешнее магнитное поле (вне кожухов) будет возможно полнее компенсировано токами, индуктированными в кожухах. Это и имеет место в токопроводах с непрерывной замкнутой системой кожухов типа ТЭН (токопровод экранированный, непрерывный). Как видно из схемы рис. 8.2, секции кожухов каждой фазы соединены между собой сваркой. По концам токопровода кожухи трех фаз соединены с помощью приваренных алюминиевых перемычек в виде плит или труб. Заземляют экраны в одной точке, для чего одну из перемычек присоединяют к контуру заземления электростанции.

Таким образом, кожухи образуют замкнутую трёхфазную систему. В рабочем режиме в них индуктируются токи, приблизительно равные токам в проводниках, но направленные противоположно. Они проходят вдоль кожухов, распределяясь равномерно по периметру, и переходят из одного кожуха в два других по концам токопровода. Геометрическая сумма их равна нулю. Эти токи в дальнейшем называются циркулирующими в отличие, от вихревых токов, замыкающихся в пределах кожуха каждой фазы. Циркулирующие токи уменьшают внешнее магнитное поле токопровода. Если бы токи в кожухах в точности соответствовали токам в проводниках и находились с ними в фазе, то внешнее магнитное поле отсутствовало бы. Однако кожухи обладают активным сопротивлением. Вследствие этого токи в кожухах не точно совпадают по фазе с токами в проводниках и внешнее магнитное поле компенсируется не полностью. Однако в рабочем режиме индукция внешнего поля настолько мала, что опасность нагревания стальных конструкций индуктированными в них вихревыми токами практически отсутствует.

Электродинамическая стойкость пофазно-экранированных токопроводов очень высока: ток электродинамической стойкости *iдин* достигает 560 – 750 кА.

*Конструкции пофазно-экранированных токопроводов*. В токопроводах этого типа в качестве проводников используют исключительно алюминиевые трубы кольцевого сечения. Диаметр трубы и толщину стенки определяют из теплового расчёта, руководствуясь установленными максимальными температурами для проводников и кожухов. Кожухи токопровода изготовляют из листового алюминия толщиной 4 — 6 мм в виде секций длиной 10—12 м. Диаметр кожухов определяется диаметром проводников и двойной высотой изоляторов. Последние вводят в кожухи снаружи через отверстия в стенках и укрепляют болтами. В случае необходимости любой изолятор можно вынуть и заменить другим. Расстояние между изоляторами по длине токопровода составляет 4—5 м, т.е. значительно больше обычных расстояний в неэкранированных токопроводах сборного типа. Проводники плотно прилегают к головкам изоляторов.

Изготовленные таким образом секции собирают в трёхфазную систему на месте установки и связывают поперечными двутавровыми балками. Продольная несущая конструкция для токопроводов с непрерывной системой кожухов не требуется, поскольку кожухи обладают значительной жёсткостью, и могут быть установлены на опорах с пролётом до 15 — 20 м. Как проводники, так и кожухи отдельных секций соединяют сваркой. Чтобы обеспечить свободную деформацию проводников и кожухов при изменении температуры, предусматривают тепловые компенсаторы. Во избежание проникновения в кожухи пыли и влаги их надежно герметизируют.

В токопроводы могут быть встроены разъединители, заземлители, измерительные трансформаторы тока и напряжения. Токопроводы для блочных агрегатов генератор — трансформатор изготовляют с ответвлениями для присоединения трансформаторов собственных нужд.

Большая часть токопроводов с номинальным током вплоть до 15 —20 кА работает с естественным воздушным охлаждением. Имеются токопроводы, выполненные с проточной вентиляцией и водяными охладителями. При этом размеры проводников и кожухов могут быть уменьшены. Целесообразность такой конструкции должна быть проверена соответствующим технико-экономическим расчётом с учётом местных условий.

*Токопроводы для напряжений 6—10 кВ и рабочего тока до 3200А.*Токопроводы этого вида предназначены для распределения энергии на промышленных предприятиях и в системах собственных нужд электростанций. Их изготовляют на токи электродинамической стойкости *iдин* до 125 к А, со стальными и алюминиевыми кожухами, как правило, прямоугольного и круглого сечений с неразделёнными и разделёнными фазами .

В качестве примера на рис. 4.12 показано устройство токопроводов типа КЗШ-6 для номинального напряжения 6 кВ.

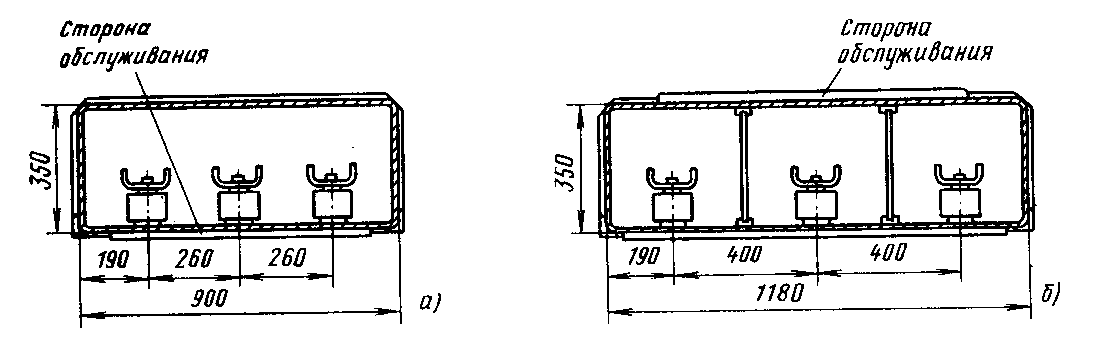


Рис. 4.12 Токопровод типа КЗШ-6: а – без междуфазных перегородок; б – с междуфазными перегородками.

При номинальном токе до 2000 А применяют стальные кожухи, а при больших токах — алюминиевые, чтобы уменьшить потери. В том и другом случае кожухи выполняют в двух вариантах: без междуфазных перегородок (рис. 4.12, а) и с ними (рис. 4.12, б). Междуфазные перегородки повышают надежность работы токопроводов и применяются, например, при наружной установке токопроводов, т. е. при неблагоприятных условиях внешней среды. Ток электродинамической стойкости токопроводов типа КЗШ составляет 64, 100 и 125 к А.

Токопроводы типа ТЭКН-6 для номинального напряжения 6 кВ и номинального тока 2000 и 3200 А снабжают пофазными алюминиевыми экранами. Электродинамическая стойкость их составляет 125 кА.

В токопроводах всех типов применены проводники корытного сечения, укреплённые болтами на опорных изоляторах.

Токопроводы поставляют готовыми секциями длиной от 6 до 9 м и массой от 400 до 700 кг.

# 4.4.Кабели.

Конструкция силового кабеля определяется в основном номинальным напряжением, а также системой рабочего заземления сети (незаземлённые, заземлённые через настроенную индуктивность, эффективно-заземлённые). В России сети 6 — 35 кВ не заземлены или заземлены через настроенные индуктивные сопротивления. При нормальной работе напряжение между жилами и оболочкой (землёй) в √3 раз меньше напряжения между жилами. Однако при замыкании одной жилы на землю напряжение между неповреждёнными жилами и оболочкой увеличивается до линейного. Хотя продолжительность таких анормальных режимов относительно невелика, их приходится учитывать при выборе толщины изоляции.

Трёхжильные кабели 6 — 10 кВ изготовляют с поясной изоляцией, в общей свинцовой или алюминиевой оболочке (рис. 4.13).

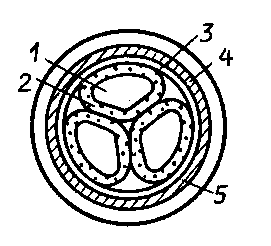


Рис. 4.13 Поперечное сечение трёхжильного кабеля 6 – 10 кВ с поясной изоляцией: 1 – токоведущая жила; 2 – изоляция жилы; 3 – поясная изоляция; 4 – металлическая оболочка; 5 – защитный покров.

Они имеют алюминиевые многопроволочные секторные жилы и изоляцию из кабельной бумаги, пропитанной вязким маслоканифольным составом. Электрическое поле кабелей с поясной изоляцией имеет сложный характер. Силовые линии направлены не перпендикулярно слоям изоляции, а под некоторым углом к ним. Тангенциальная составляющая напряжённости электрического поля направлена вдоль слоев бумаги, что способствует развитию скользящих разрядов. Поэтому электрическая прочность вдоль слоев значительно меньше, чем в поперечном направлении. На основании долголетнего опыта эксплуатации кабелей установлена толщина изоляции между жилами и оболочкой; она составляет 0,73 — 0,74 толщины изоляции между жилами. Такая конструкция кабелей 6—10 кВ соответствует условиям их работы.

Свинцовая или алюминиевая оболочка кабеля защищает бумажную изоляцию от проникновения влаги. Поверх металлической оболочки накладывают подушку — защитный слой из волокнистых материалов, пропитанных битумом, и броню из стальных лент или проволоки. Поверх брони предусматривают наружный покров — слой из пропитанных волокнистых материалов и битума — для защиты оболочки и брони от коррозии и механических повреждений. Кабели с алюминиевой оболочкой нуждаются в особо надёжной защите от почвенной коррозии. Для этих кабелей целесообразно применение сплошного защитного покрова из поливинилхлоридного пластика; это создаёт возможность прокладки кабеля без брони в земле и в помещениях, где требуются негорючесть и химическая стойкость к различным химическим агентам. Стоимость кабеля при этом снижается.

Трёхжильные кабели 6 и 10 кВ изготовляют с максимальным сечением алюминиевых жил 3x240 мм2. Такие кабели при прокладке в земле рассчитаны на рабочий ток соответственно 390 и 355 А. Если рабочий ток линии превышает эти значения, применяют пучки из нескольких кабелей, включенных параллельно. Широкое применение в сетях городов и промышленных предприятий получили линии из двух параллельно включенных кабелей.

Трёхжильные кабели 20 — 35 кВ с вязкой пропиткой изготовляют в России с круглыми отдельно освинцованными жилами (рис. 4.14).

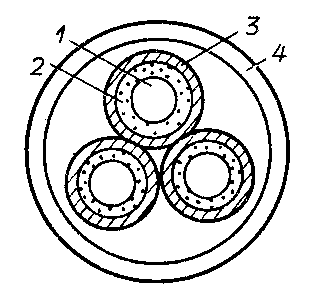


Рис. 4.14 Поперечное сечение трёхжильного кабеля 35 кВ с отдельно освинцованными жилами: 1 – токоведущая жила; 2 – изоляция жилы; 3 – свинцовая оболочка жилы; 4 – защитный покров.

В отличие от описанных выше кабелей с секторными жилами и поясной изоляцией электрическое поле в таких кабелях радиально, что улучшает условия работы изоляции. На круглые алюминиевые жилы накладывают последовательно экран из полупроводящей бумаги, изоляцию, опять экран из полупроводящей бумаги и оболочку из свинца. Изготовленные таким образом освинцованные жилы скручивают, а промежутки между ними заполняют пропитанной кабельной пряжей; затем кабель обматывают тканевой лентой или кабельной пряжей и бронируют. Поверх брони накладывают наружный защитный покров.

На станциях для соединения повышающих трансформаторов с РУ высшего напряжения применяют кабели 110 —500 кВ, если по местным условиям эти соединения не могут быть выполнены шинами или многопроволочными проводами.

Конструкции кабелей высокого напряжения весьма разнообразны. Наибольшее применение в России получили кабельные линии из трех одножильных кабелей, заключённых в стальную трубу с маслом под давлением около 1,5 МПа (рис. 4.15).

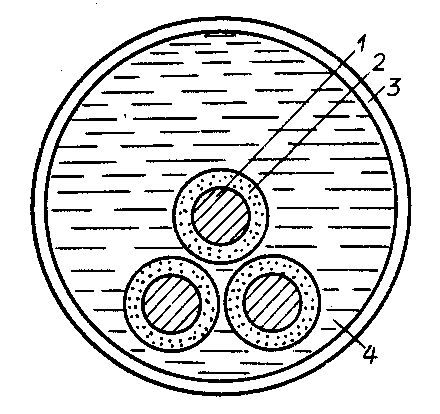


Рис. 4.15 Кабельная линия 110 кВ из трёх одножильных кабелей, заключённых в стальную трубу с маслом: 1 – токоведущая жила; 2 – изоляция; 3 – стальная труба; 4 – масло.

Бумажная изоляция в масле под давлением обладает значительно большей электрической прочностью, большей стабильностью и надёжностью в эксплуатации, чем бумажная изоляция с вязкой пропиткой. В последней при изменении температуры образуются воздушные включения, которые снижают электрическую прочность изоляции; в кабелях с бумажной изоляцией в масле воздушные включения отсутствуют.

Токопроводящие жилы кабелей круглой формы скручивают из медных лужёных проволок. На каждую жилу накладывают экран из лент полупроводящей бумаги и изоляцию из специальной кабельной бумаги. Поверх изоляции накладывают экран из полупроводящей и металлизированной бумаги и медные ленты, а также две спирали из мягких полукруглых проволок, чтобы облегчить затягивание кабеля в трубу. Затем накладывают временную свинцовую оболочку, предохраняющую изоляцию кабеля во время транспортирования и хранения. Три изолированные жилы с экраном из медных лент и спиралью из проволоки (свинцовую оболочку снимают в процессе монтажа) затягивают в предварительно проложенную стальную трубу, которую заполняют маслом под избыточным давлением. Стальные трубы кабельных линий 110—500 кВ имеют диаметр 150 — 300 мм и толщину стенки 10—12 мм. Предусматривают наружный антикоррозийный покров. Подпитку маслом и поддержание давления в трубе осуществляют от автоматизированной насосной установки, располагаемой на одном или обоих концах линии в зависимости от ее длины.