**Практическое занятие № 8**

**Изучение конструкции кабелей, их маркировки и области применения**

**Цель работы:** изучить назначение, конструкцию силовых и контрольных кабелей и их маркировку.

**Краткие теоретические сведения.**

***Кабелями называются*** изолированные проводники, которые служат для передачи электрического тока в земле, воде и на воздухе.

***По назначению кабели подразделяют*** на силовые и контрольные. Силовые кабели используют для передачи электрической энергии там, где применение для этой цели неизолированных шин и проводов невозможно или нерационально. Контрольные кабели применяют для передачи информации в цепях управления, измерения, контроля и учета, защиты и сигнализации, автоматики и телемеханики. Они связывают между собой измерительные трансформаторы и приборы измерения, управляющие устройства и объекты управления, сигнальные приборы и объекты сигнализации. Поэтому контрольные кабели нередко называют ***кабелями связи.*** Силовые кабели переменного тока с резиновой изоляцией выполняют на напряжения 0,66-10 кВ, кабели с пластмассовой изоляцией — на 1,0-35 кВ, с бумажной пропитанной изоляцией — на 1,0-500 кВ.

***В зависимости от назначения и условий применения кабели имеют различную конструкцию.*** ***Основными конструктивными элементами кабеля*** являются: токоведущие жилы, изоляция, защитная оболочка, броня и наружный покров. Кабели могут иметь все перечисленные элементы или некоторые из них. Силовые кабели изготовляются с одной, двумя, тремя и четырьмя токоведущими жилами. В четырехжильных одна из жил обычно выполняется меньшего сечения, чем остальные. Она используется в качестве нулевой. ***В качестве материала жил*** используется медь и алюминий. В зависимости от требуемой гибкости кабеля жилы могут быть однопроволочные и многопроволочные, обладающие большой гибкостью. Для кабелей стационарной прокладки изготовляют жилы круглой (рис.1, б) и фасонной (сегментной и секторной) формы. Применение секторных (рис. 1, в) и сегментных жил вместо круглых приводят к уменьшению диаметра кабеля на 20-25% и соответственно к сокращению расходов материалов на изоляцию, оболочку и защитные покровы. Алюминиевые однопроволочные жилы изготовляют круглыми при сечении от 2,5 до 240 мм2, фасонными — от 25 до 240 мм2, многопроволочные жилы — круглые при сечении от 70 до 1000 мм2, фасонные — от 70 до 240 мм2. В связи с дефицитом и высокой стоимостью меди применение кабелей с медными жилами значительно ограничено и в каждом конкретном случае требует обоснования. Для изготовления жил кабеля в основном применяют алюминий. Изоляция обеспечивает надежную работу кабеля. Она должна иметь такую электрическую прочность, чтобы возможность электрического пробоя ее при напряжении, на которое рассчитан кабель, была исключена. ***Бумажная пропитанная изоляция*** жил кабелей имеет хорошие электрические характеристики, продолжительный срок службы, сравнительно высокую допустимую температуру и невысокую стоимость. К недостаткам бумажной изоляции следует отнести ее гигроскопичность, которая требует полной герметичности оболочек кабеля. Кроме того, пропитывающий бумагу состав при значительной разности уровней прокладки кабеля по длине может стекать с верхнего конца, что снижает изоляционную прочность, ухудшает условия охлаждения, сокращает срок службы кабеля. Данные о допустимой разности уровней при прокладке кабелей даются в справочной литературе. ***В процессе работы кабели периодически нагреваются и охлаждаются.*** Нагрев вызывает расширение пропиточного состава и деформацию оболочки. В результате этого в изоляции образуются газовые и вакуумные включения, снижающие ее диэлектрическую прочность. Под действием электрического поля в этих включениях возникает ионизация, сопровождающаяся повышением температуры, ускорением местного старения изоляции и снижением ее электрической прочности. Это ограничивает применение таких кабелей напряжением до 35 кВ. При напряжении на 110 кВ и выше используют ***маслонаполненные кабели,*** в которых образования газовых включения не происходит. Масло в маслопроводящем канале кабеля постоянно в процессе монтажа и эксплуатации находится под давлением. Давление масла в кабеле поддерживается автоматически в заданных пределах с помощью масло- подпитывающих устройств, устанавливаемых вдоль кабельной линии. ***Пластмассовую изоляцию для силовых кабелей*** изготовляют из полиэтилена или поливинилхлорида (ПВХ). Такие кабели прокладывают в пожароопасных каналах, туннелях, в агрессивной среде, при отсутствии механических воздействий. Кабели прокладывают в трубах или располагают их так, чтобы исключить прикосновение к ним обслуживающего персонала. Для прокладки в земле используют кабели с ленточной броней. ***Кабели с резиновой изоляцией*** обычно используются в помещениях с агрессивной средой, при отсутствии механических воздействий. К преимуществам резиновой изоляции относится ее гибкость и практически полная негигроскопичность. К недостаткам резиновой изоляции относится ее более высокая стоимость, более низкая рабочая температура (65°С) по сравнению с другими видами изоляции, снижение с течением времени эластичности. ***Для защиты изоляции жил*** от воздействия света, влаги, различных химических веществ, а также для предохранения ее от механических повреждений ***кабели снабжают оболочками***. Лучшими материалами для оболочек в отношении герметичности и влагостойкости, гибкости и теплостойкости являются металлы (свинец, алюминий). Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией не нуждаются в металлической оболочке, поэтому их выпускают обычно в пластмассовой или резиновой оболочке. ***Защитные покровы*** располагаются поверх оболочки и ***состоят из подушки, брони и наружного покрова***. *Подушка кабеля* представляет из себя слой волокнистого материала или битумного состава и предназначена для предохранения оболочки кабеля от повреждения стальными лентами или проволоками брони. *Броня* служит для защиты кабеля от механических повреждений. Для кабелей, не подвергающихся в процессе эксплуатации растягивающим усилиям, применяют ленточную броню, состоящую из двух стальных лент, накладываемых так, чтобы верхняя лента перекрывала зазоры между витками нижней. Для кабелей, подвергающихся растягивающим усилиям, применяют броню из оцинкованных плоских или круглых проволок. *Наружный покров,* состоящий из пропитанной пряжи и покрытия из слоя битумного состава, защищает броню кабеля от коррозии.

***Маркировка кабелей*** в соответствии с их конструкцией выполняется буквенно-цифровая. *Буквы в марке кабеля* указывают на следующее: А — алюминиевые жилы; АА — алюминиевые жилы и оболочка; Б — броня из стальных лент с антикоррозионным наружным покровом; Бн — то же, но с негорючим покровом из стеклопряжи и негорючего состава; В — поливинилхлоридная изоляция и оболочка; В (в конце обозначения) — обедненно пропитанная бумажная изоляция; М- маслонаполненный кабель; Н — негорючая резина; П — броня из оцинкованных плоских проволок; Пс — негорючий полиэтилен (самозатухающий); Р — резиновая изоляция; Г — отсутствие наружного покрова поверх брони. *Цифры после буквенного обозначения* указывают следующее: первая группа — номинальное напряжение; вторая — количество жил (фаз); третья — сечение жил; четвертая — наличие нулевой жилы; пятая — сечение нулевой жилы.



**На рисунке показан трехжильный силовой кабель с изоляцией из пропитанной бумаги**



**Силовой кабель:** а) общий вид кабеля; б) сечение с круглыми жилами; в) сечение с секторными жилами

Три жилы кабеля **9** изолированы кабельной бумагой **8**. Свободное пространство между жилами и поясной изоляцией заполняется джутовым наполнителем **7** из пряжи. Поверх поясной изоляции располагается гидрооболочка **5**, предотвращающая высыхание изоляции и попадание влаги внутрь кабеля. Для защиты оболочки от действия кислот и щелочей оболочку покрывают кабельной бумагой **4**, пропитанной компаундом, и прослойкой **3** из джута или пропитанной кабельной пряжи. Броня **2** из стальных лент защищена от химического воздействия почвы, пропитанной битумом кабельной пряжей **1**, которую снимают из-за опасности распространения пожара при прокладке кабеля в помещении.

***Контрольные кабели*** выполняются многожильными от 4 до 61 жилы в одном кабеле сечением от 0,7.5 до 10 мм2. *Их изоляция* преимущественно резиновая или пластмассовая. *В марку кабеля входит буква К* (контрольный), например, КРВБГ-10х1,5 (контрольный, с резиновой изоляцией и оболочкой ПВХ, бронированный, голый, десять медных жил сечением 1,5 мм2). Если жилы алюминиевые, то первая буква марки кабеля А.

 **Устройство силовых кабелей.**

Силовые кабели ***состоят из следующих основных элементов:*** токопроводящих жил, изоляции, оболочек и защитных покровов. Кроме основных элементов в конструкцию кабеля ***могут входить*** экраны, жилы защитного заземления и заполнители. ***Силовые кабели различают:***  - по роду металла токопроводящих жил - кабели с алюминиевыми и медными жилами, - по роду материалов, которыми изолируются токоведущие жилы - кабели с бумажной, с пластмассовой и резиновой изоляцией, - по роду защиты изоляции жил кабелей от влияния внешней среды - кабели в металлической, пластмассовой и резиновой оболочке, - по способу защиты от механических повреждений - бронированные и небронированные, - по количеству жил - одно-, двух-, трех-, четырех-и пятижильные. Каждая конструкция кабелей имеет свои обозначение и марку. Марка кабеля составляется из начальных букв слов, описывающих конструкцию кабеля.

  

**Сечения силовых кабелей:** а - двухжильные кабели с круглыми и сегментными жилами, б - трехжильные кабели с поясной изоляцией и отдельными оболочками, в - четырехжильные кабели с нулевой жилой круглой, секторной и треугольной формы, 1 - токопроводящая жила, 2 - нулевая жила, 3 - изоляция жилы, 4 - экран на токопроводящей жиле, 5 - поясная изоляция, 6 - заполнитель, 7 - экран на изоляции жилы, 8 - оболочка, 9 - бронепокров, 10 - наружный защитный покров

**Элементы конструкции силовых кабелей и их назначение.**

Токопроводящие жилы являются проводниками электрического тока. ***Силовые кабели имеют основные и нулевые жилы.*** Основные жилы используются для передачи электрической энергии, а нулевые - для прохождения разности токов фаз при и неравномерной нагрузке. *Токопроводящие жилы* силовых кабелей изготовляют из алюминия и меди однопроволочными и многопроволочными. По форме жилы выполняют круглыми, секторными или сегментными. Алюминиевые жилы кабелей до 35 мм2 включительно изготовляют однопроволочными, 50-240 мм2 - однопроволочными или многопроволочными, 300-800 мм2 - многопроволочными. Медные жилы до 16 мм2 включительно изготовляют однопроволочными, 25 - 95 мм2 - однопроволочными или многопроволочными, 120 - 800 мм2 - многопроволочными. *Нулевая жила или жила защитного заземления*, как правило, имеет сечение, уменьшенное по сравнению с основными жилами. Она бывает круглой, секторной или треугольной формы и располагается в центре кабеля или между его основными жилами. Жила защитного заземления используется для соединения не находящихся под напряжением металлических частей электроустановки с контуром защитного заземления. *Изоляция* обеспечивает необходимую электрическую прочность токопроводящих жил по отношению друг к другу и к заземленной оболочке (земле). Применяется бумажная, резиновая и пластмассовая (поливинилхлоридная и полиэтиленовая) изоляция. Изоляция, наложенная на жилу кабеля, называется ***изоляцией жилы***, а наложенная поверх изолированных скрученных или параллельно уложенных жил многожильного кабеля, называется ***поясной изоляцией***. ***Бумажная изоляция*** кабелей пропитывается вязкими пропиточными составами (маслоканифольными или электроизоляционными синтетическими). Недостатком кабелей с вязким пропиточным составом является крайне ограниченная возможность прокладки их по наклонным трассам, а именно - разность высот между концевыми их заделками не должна превышать: для кабелей с вязкой пропиткой до 3 кВ бронированных и небронированных в алюминиевой оболочке - 25 м, небронированных в свинцовой оболочке - 20 м, бронированных в свинцовой оболочке - 25 м, для кабелей с вязкой пропиткой 6 кВ бронированных и небронированных в свинцовой оболочке - 15 м, в алюминиевой - 20 м, для кабелей с вязкой пропиткой 10 кВ бронированных и небронированных в свинцовой и алюминиевой оболочке - 15 м. Кабели с вязким пропиточным составом, свободная часть которого удалена, называют *кабелями с обедненно-пропитанной изоляцией*. Их применяют при прокладке на вертикальных и наклонных трассах без ограничения разности уровней, если это небронированные и бронированные кабели в алюминиевой оболочке на напряжение до 3 кВ, и с разностью уровней до 100 м - для любых других кабелей с обедненно-пропитанной изоляцией. Для прокладки по вертикальным и крутонаклонным трассам без ограничения разности уровней изготовляют кабели с бумажной изоляцией, пропитанной особым составом на основе церезина или полиизобутилена. Этот состав имеет повышенную вязкость, вследствие чего при нагреве кабеля, проложенного вертикально или по крутонаклонной трассе, он не стекает вниз. Поэтому кабели с такой изоляцией можно прокладывать на любую высоту, так же как и кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией. ***Резиновая изоляция*** выполняется из сплошного слоя резины или из резиновых лент с последующей вулканизацией. Силовые кабели с резиновой изоляцией применяют в сетях переменного тока до 1 кВ и постоянного тока до 10 кВ. ***Силовые кабели с пластмассовой изоляцией*** имеют изоляцию из поливинилхлоридного пластиката в виде сплошного слоя или из композиций полиэтилена. Также используются кабели с изоляцией из ***самозатухающего*** (не поддерживающего горения) ***и вулканизированного полиэтилена***. ***Экраны*** применяют для защиты внешних цепей от влияния электромагнитных полей токов, проходящих по кабелю, и для обеспечения симметрии электрического поля вокруг жил кабеля. Экраны выполняют из полупроводящей бумаги и алюминиевой или медной фольги. Заполнители необходимы для устранения свободных промежутков между конструктивными элементами кабеля с целью герметизации, придания необходимой формы и механической устойчивости конструкции кабеля. В качестве заполнителей применяют жгуты из бумажных лент или кабельной пряжи, нити из пластмассы или резины.



**Оболочки силовых кабелей.** Алюминиевая, свинцовая, стальная гофрированная, пластмассовая и резиновая негорючая (найритовая) оболочки кабеля предохраняют внутренние элементы кабеля от разрушения влагой кислотами, газами и т. п. *Алюминиевую оболочку* силовых кабелей на напряжение до 1 кВ допускается использовать в качестве четвертой (нулевой) жилы в четырехпроводных сетях переменного тока с глухозаземленной нейтралью за исключением установок со взрывоопасной средой и установок, в которых ток в нулевом проводе при нормальных условиях составляет более 75 % тока в фазной жиле.

**Защитные покровы силовых кабелей.** Так как оболочки кабелей могут повреждаться и даже разрушаться от химических и механических воздействий, их покрывают защитными покровами***. Защитные покровы*** предохраняют оболочки кабеля от внешних воздействий (коррозии, механических повреждений). К ним относятся подушка, бронепокров и наружный покров. В зависимости от конструкции кабеля применяют один, два или три защитных покрова. *Подушка* накладывается на экран или оболочку для их защиты от коррозии и повреждения лентами или проволоками брони. Подушка выполняется из слоев пропитанной кабельной пряжи, поливинилхлоридных, полиамидных и других равноценных лент, крепированной бумаги, битумного состава или битума. Для защиты от механических повреждений оболочки кабелей обматывают в зависимости от условий эксплуатации стальной ленточной или проволочной *броней.* Проволочную броню выполняют из круглых или плоских проволок. Броня из плоских стальных лент защищает кабели только от механических повреждений. Броня из стальных проволок помимо этого воспринимает также и растягивающие усилия. Эти усилия возникают в кабелях при вертикальной прокладке кабелей на большую высоту или по крутонаклонным трассам. Для предохранения брони кабелей от коррозии ее покрывают *наружным* *покровом*, выполненным из слоя кабельной или стеклянной пряжи, пропитанной битумным составом, а в некоторых конструкциях поверх слоев пряжи и битума накладывают выпрессованный поливинилхлоридный или полиэтиленовый шланг. В шахтах, взрывоопасных и пожароопасных помещениях не допускается применять бронированные кабели обычной конструкции из-за наличия между оболочкой и броней кабеля «подушки» с содержанием горючего битума. В этих случаях должны применяться кабели с негорючей «подушкой» и наружный покров, изготовленный на основе стеклянной пряжи из штапельного стекловолокна.

**Контрольные кабели.**

 ***Контрольные кабели*** применяют для подведения маломощных низковольтных управляющих сигналов к разнообразным техническим устройствам и съема информации о характере протекающих в них процессов. В настоящее время контрольные кабели выпускают преимущественно с ***резиновой и пластмассовой изоляцией.*** В соответствии с ГОСТ 1508-78 они предназначены для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным до 1000 В. Токопроводящие жилы контрольных кабелей изготовляют из медной (М) или алюминиевой (А) проволоки. Установлены следующие размерные ряды для сечений токопроводящих жил, мм2: медных — 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4; 6; алюминиевых — 2,5; 4; 6; 10. ***Изоляцию*** изготовляют из кабельной пропитанной бумаги (в ограниченном масштабе), резины (Р), поливинилхлоридного пластиката (В), полиэтилена низкой плотности (П), самозатухающего полиэтилена (Пс), вулканизованного полиэтилена, фторопласта.



**Контрольные кабели:** а — КСБГ (с бумажной изоляцией); б — КСРГ ( с резиновой изоляцией) 1 — жила; 2 — изоляция жил; 3 — поясная изоляция; 4 — свинцовая оболочка; 5 — кабельная пряжа; 6 — броня

Изолированные жилы скручивают в сердечник, который может состоять из следующего числа изолированных жил: 4, 5, 7, 10, 14, 19, 37, 52, 61. Поверх сердечника накладывают обмотку лентами из бумаги или синтетических пленок для обеспечения механической устойчивости и облегчения наложения оболочки из пластмасс или резины. Для оболочки используют следующие материалы: свинец (С), негорючая резина (Н), поливинил-хлоридный пластикат (В). В зависимости от условий прокладки и эксплуатации применяют следующие виды броневых и защитных покровов: **а)** броня из двух стальных лент с противокоррозийным покрытием (БГ) или из одной профилированной (БоГ) — при прокладке внутри помещений, в каналах, туннелях, если кабель не подвергается воздействию значительных растягивающих усилий; **б)** броня из двух стальных лент с наружным защитным покровом (Б) или в шланге из поливинилхлоридного пластиката (БоШв) — при прокладке в земле (траншеях), если кабель не подвергается воздействию значительных растягивающих усилий. При прокладке в помещениях, каналах, туннелях и при отсутствии механических воздействий на кабель, броневой покров отсутствует (Г — голый). ***По степени защищенности от внешних помех*** контрольные кабели изготовляют неэкранированными и экранированными (в общем экране) (Э). В контрольных кабелях (общего применения, эксплуатируемых в естественных условиях и не имеющих ограничения по габаритам и массе, применяют резиновую изоляцию. В аналогичных кабелях, а также в кабелях, применяемых в пожароопасных местах и местах с повышенной концентрацией химически агрессивных веществ используют изоляцию из поливинилхлоридного пластиката. Для кабелей, габариты и масса которых ограничены и которые эксплуатируют в естественных условиях, применяют изоляцию из полиэтилена низкой плотности. В аналогичных кабелях, эксплуатируемых в пожароопасных помещениях, используют изоляцию из самозатухающего полиэтилена. Для кабелей с повышенной надежностью, для кабелей с жесткими ограничениями по габаритам и массе при повышенных плотностях тока, для кабелей, эксплуатируемых в пожароопасных помещениях и в среде с повышенной химической активностью, применяют изоляцию из сополимера тетрафторэтилена (фторопласт 40Ш). Типоразмеры контрольных кабелей: **1. КРСГ, КРСБ, КРСБГ:** 1: 1.5; 2.5 мм2 — 4: 5: 7: 10: 14: 19: 27: 37 жил; 4; 6 мм2 — 4; 7; 10 жил. **2. КРСК:** 1; 1,5 мм2 — 10; 14; 19; 27; 37 жил; 2,5 мм2 — 7; 10; 14; 19;27; 37 жил; 4; 6 мм2 — 7; 10 жил. **3. КРВГ, КРВБ, КРНБ, КРВБГ, КРНГ, КРНБГ:** 0,75; 1; 1,5 мм2—4; 5; 7; 10; 14; 19; 27; 37; 52 жилы; Средний срок службы кабелей не менее 15 лет при прокладке в земле (траншеях) и на эстакадах при условии защиты от воздействия прямых солнечных лучей; 20 лет при прокладке в помещениях, каналах и туннелях. Кабели предназначены для эксплуатации при t окружающей среды от -50 до +50°С и относительной влажности воздуха до 98 ± 2% при t = - 40 °С.

**Содержание отчета.**

***1.Записать название и цель работы 2.Внимательно прочесть краткие теоретические сведения и письменно ответить на следующие вопросы:***

2.1.Что называют кабелями? 2.2. Назначение кабелей; 2.3.Основные конструктивные элементы кабелей; 2.4.Какой формы, из чего выполняют токоведущие жилы кабелей? 2.5.Какая бывает изоляция кабелей, из каких материалов? 2.6.Назначение оболочек кабелей, из чего выполняют? 2.7.Какая изоляция идет на низкие напряжения, какая – на высокие? 2.8. Достоинства и недостатки отдельных видов изоляции; 2.9.Защитные покровы: для чего, из чего? 2.10.Броня: для чего, из чего? 2.11. Маркировка кабелей; 2.12.Классификация силовых кабелей; 2.13.Устройство силовых кабелей; 2.14. Контрольные кабели: устройство, применение, маркировка.