

ткани лен+х/б толщиной 0,3 мм,  $P = 0,627$ , оболочки валков – по 1 слою стеклоткани толщиной 0,2 мм,  $P = 0,65$  и по 1 слою ткани лен+х/б толщиной 0,3 мм,  $P = 0,627$ .

Пример 3: толщина электрода 0,7 мм, оболочки валков – по 1 слою стеклоткани толщиной 0,2 мм,  $P = 0,65$ , оболочка валка – 1 слой стеклоткани толщиной 0,2 мм,  $P = 0,65$ , 2 слоя ткани лен+х/б толщиной 0,3 мм,  $P = 0,627$ , оболочки валков – 1 слой стеклоткани толщиной 0,2 мм,  $P = 0,65$ , 2 слоя ткани лен+х/б толщиной 0,3 мм,  $P = 0,627$  на валке слой стеклоткани толщиной 0,2 мм,  $P = 0,65$ , 3 слоя ткани лен+х/б толщиной 0,3 мм,  $P = 0,627$ .

Расчеты, произведенные по предложенной математической модели, и экспериментальная проверка результатов расчета показали: 1) разработанная модель пригодна для расчета параметров процесса формования, состава и толщин оболочек валков; 2) для формования электродов толщиной не более 0,5 мм можно использовать в качестве слоев, впитывающих влагу, ленты фильтровальной бумаги либо тканевые оболочки; 3) при формовании электродов большей толщины применять ленты фильтровальной бумаги нецелесообразно.

#### Библиографический список

1. Сербиновский М.Ю., Волощук В.Г., Шкураков В.Л. Оперезение при формовании лент

активной массы // Изв. вузов. Сев. Кавк. регион. Техн. науки. 2001 – № 4. – С. 25–29.

2. Waddoups M.E., Eisenmann J.R., Kaminske B. E. Microscopic fracture mechanics of advances composite materials // Journal of composite materials. 1971. Vol.5, № 4. P. 446-454.

3. Состина Е.В., Сербиновский М.Ю., Галкин С.А., Иванова Ю.Б. Расчет параметров уплотнения активного слоя при формировании ленточных электродов химических источников тока // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2005. Спец. вып.: Композиционные материалы. С. 59-65

4. Багоцкий, В.С. Химические источники тока. / Багоцкий В.С., Скупдип А.М.; М: Энергоиздат.- 1981,- 360с.

5. Zhang Y. Progress of electrochemical capacitor electrode materials: A review / Zhang Y., Feng H., Wu X., Wang L., Zhang A., Xia T., Dong H., Li X., Zhang L. // Int. J. Hydrogen Energy. 2009. V.34. P.4889-4899.

6. Сербиновский М.Ю., Федорчук В.Е., Иванова Ю.Б., Состина Е.В. Разработка математической модели экологически чистого процесса формования непрерывных композиционных лент // Результаты исследований. 2009: материалы 58-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, науч. работников, аспирантов и студентов ЮРГТУ (НПИ) / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2009. С. 183-190

УДК 621.315

### СОВРЕМЕННЫЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ КАБЕЛЯ

*Суллеев Абсаид Хуррамович*

*к.т.н., профессор Ташкентский государственный транспортный университет, (Узбекистан)*

*Магистр:*

*Хуррамов А.Т.*

### MODERN HIGH QUALITY CABLES

*Sulliev Absaid Khurramovich*

*Candidate of Technical Sciences, Professor Tashkent State Transport University, (Uzbekistan)*

*Master: Khurramov A.T.*

#### АННОТАЦИЯ

Расширенные возможности могут быть использованы в процессе реализации новых проектов городского строительства. Как известно, потребность в создании сверхпроводящей инфраструктуры для передачи и распределения электрической энергии начала остро ощущаться в центрах мегаполисов еще в начале XXI века.

#### ABSTRACT

Extended capabilities can be used in the implementation of new urban construction projects. As you know, the need to create a superconducting infrastructure for the transmission and distribution of electrical energy began to be acutely felt in the centers of megacities at the beginning of the 21st century.

**Ключевые слова:** Провода на основе низкотемпературных сверхпроводников представляли собой сложные конструкции.

**Key words:** Wires based on low-temperature superconductors were complex designs.

Сегодня кабельная промышленность находится в стадии интенсивного роста. Смелые научные разработки активно применяются на

практике, что существенно расширяет возможности кабельно-проводниковой продукции

и тем самым выводит отрасль на принципиально новый технологический уровень[1,с.95].

Активные разработки велись в Соединенных Штатах, Японии, Германии, Англии и России. Провода на основе низкотемпературных сверхпроводников представляли собой сложные конструкции, состоящие из разнородных материалов с тончайшими нитями самого сверхпроводника. Их критическая температура

перехода в сверхпроводящее состояние превышает температуру 77,3 К – температуру кипения жидкого азота при нормальном давлении[2,с.56].

Эта особенность позволила в качестве хладагента использовать более дешевый жидкий азот, упростить систему поддержания постоянной криогенной температуры, повысить степень ее надежности в процессе использования и тем самым минимизировать эксплуатационные расходы.



Рис.1. ВТСП-кабеля

Широкие перспективы практического применения ВТСП-кабеля открылись в начале 2000-х с появлением сверхпроводников, изготовленных на основе иттриевых керамик. Увеличенная плотность тока в сумме с возможностью использования более дешевых компонентов позволяет говорить о том, что при массовом производстве стоимость изготовления ВТСП-проводов может составить 20-30 долларов за 1 кА/м. Это сделает их производство экономически более выгодным и повысит конкурентоспособность продукции по отношению к кабелям традиционного исполнения[3, с.102].

По сравнению с обычной медной кабельно-проводниковой продукцией кабели нового поколения могут передавать в 5-10 раз больше электроэнергии при более низком напряжении. Кроме того, с их помощью возможно существенно уменьшить размер подстанций. По оценкам экспертов, наряду со снижением затрат на монтаж и эксплуатацию подстанционного электрооборудования, размер энергообъекта может быть уменьшен до 1/12 по сравнению с обычной подстанцией. Также за счет перехода на низкие напряжения внедрение СП-кабелей позволяет отказаться от использования трансформаторных подстанций и экономить на строительстве передающей и распределительной инфраструктуры[4, с.89]. Расширенные возможности могут быть использованы в процессе реализации новых проектов городского строительства. Как известно, потребность в создании сверхпроводящей инфраструктуры для передачи и распределения электрической энергии начала остро ощущаться в центрах мегаполисов еще в начале XXI века. Представители компании-

производителя заявляют, что СП-кабели готовы в полном объеме обеспечивать требования к плотности передачи электроэнергии уже сегодня.

С целью более детального изучения и оценки рынка, а также для последующей реализации таких проектов на практике корпорация LS Cable & System скооперировалась с компанией KEPSCO (Korea Electric Power Corp). Совместными усилиями они будут исследовать глобальный рынок и разрабатывать продукты, способные удовлетворить его запросы[5, с.71].

В активе LS Cable & System уже сегодня насчитывается несколько типов СП-кабелей:

- для распределительных сетей AC 22,9 кВ 50 МВ·А и AC 22,9 кВ 120 МВ·А;
- для сетей передачи переменного тока AC 154 кВ 600 МВ·А и 1 ГВ·А;
- для сетей передачи постоянного тока DC 80 кВ 500 МВт.

Современная электроэнергетика нуждается в сверхпроводящих кабелях нового поколения, поэтому исследователи разных стран активно работают над созданием процессов массового выпуска эффективных моделей. Сверхпроводники передают электроток при низких температурах практически без потерь. Эта особенность СП-кабелей делает их привлекательными для целого ряда энергоэффективных технологий[6, с.42].

Новинка уже готова к эксплуатации при температуре -196 °С. Разработка немецких ученых может быть использована в широком диапазоне областей применения. ВТСП-кабель выполнен на базе высокотемпературного сверхпроводника Cross Conductor (HTS CroCo), изготовленного из специального материала, который сделан в институте Карлсруэ. В ходе исследования

немецким ученым удалось разработать метод, при котором несколько лент сверхпроводника Rebcо располагаются в кросслинковом порядке. Это позволило создать кабель, рассчитанный для токов с очень высокими значениями. Хорошая пропускная способность ВТСП, выполненного на базе редкоземельного оксида бария, обеспечивает снижение массы и объема кабеля по сравнению с кабелями, токопроводящие жилы которых изготовлены из меди или сплавов алюминия.

Процесс изготовления кабеля состоит из нескольких этапов. На демонстрационно-производственном оборудовании. По оценкам специалистов, при промышленном производстве, смоделированном по аналогичному принципу, производители смогут изготавливать сотни метров кабеля, что позволит минимизировать затраты и сократить себестоимость готового продукта[7,8,9, с.35,42,55]. Ранее массовому производству кабелей со сверхпроводящим слоем препятствовала

высокая стоимость лент Rebcо, но сегодня ученые работают над тем, чтобы сделать процесс их производства менее затратным. Сверхпроводники Cross Conductor можно применять для энергосберегающей генерации сильных магнитных полей и для передачи больших объемов электрического тока.

Развитие информационных технологий, появление разных сред передачи информации и совершенствование технологических процессов привело к тому, что обходиться одним типом кабеля становится невозможно[10,11,12, с.66,84,94].

В тех случаях, когда необходимо установить на удаленном объекте систему видеонаблюдения, контроля доступа и высокоскоростной канал для точки Wi-Fi, приходится прокладывать несколько независимых кабелей. Всё это негативно отражается на стоимости и сроках выполнения работ.



*Рис.2. Комбинированным кабелем*

Выходом из сложившейся ситуации стала возможность воспользоваться комбинированным кабелем, где в одной оболочке находятся изолированные друг от друга независимые типы проводников. Такие кабели различаются по типу прокладки: для грунта, для прокладки внутри объекта или с выносным силовым элементом для подвеса[13,14.15, с.64,49,93].

Многосистемные операторы в сфере кабельного телевидения с целью обеспечения широкополосного контента используют гибридный волоконно-оптический коаксиальный кабель – оптимальное решение для создания сетевой архитектуры. По оценкам аналитиков, к 2023 году рынок гибридных волоконно-оптических коаксиальных кабелей увеличится до 13,6 млрд долл., что на 4 млрд долл. выше показателя 2020 года. Ожидаемый среднегодовой рост оценивается в 8,02% ежегодно. Эксперты компании Research and Markets утверждают, что существует два основных фактора, стимулирующих рост этого сегмента кабельного рынка:

1. Высокая пропускная способность;
2. Экономическая эффективность.

Преимущества высокой пропускной способности заключаются в возможности обеспечить одинаковый уровень качества работы одновременно используемых приложений, а также сократить время загрузки информации и передачи данных. Запросы потребителей на высокую пропускную способность мотивируют многосистемных операторов использовать гибридные волоконно-оптические коаксиальные кабели. Ведь именно такое технологическое решение позволяет устранить ограничения, связанные с архитектурами, которые полностью состоят из кабелей с медными жилами. В данном случае речь идет о задержке в передаче данных при высокой пропускной способности самой системы[16, с.67].

Ожидается, что в ближайшем будущем рынок передачи данных по кабелю протокола DOCSIS 3,1 (Data Over Cable Service Interface Specification) будет демонстрировать положительную динамику. Этот стандарт представляет собой последнюю версию технологии DOCSIS. Она обеспечивает более высокую пропускную способность и эффективность по сравнению с более ранними

версиями. По оценкам экспертов, самый высокий в мире показатель совокупного среднегодового темпа роста продемонстрируют страны Европы. Этому будет способствовать рост потребления цифровых медиа и увеличение численности новых абонентов.

Самыми крупными и наиболее перспективными европейскими рынками гибридных волоконно-оптических коаксиальных кабелей аналитики называют рынки Германии,

Италии и Великобритании. Провайдеры заинтересованы в повышении возможности удовлетворения растущих запросов потребителей на услуги высокоскоростной передачи данных. Поэтому они активно обновляют свои основные мобильные сети и совершенствуют сетевую инфраструктуру, что и будет способствовать активному внедрению гибридных технологий уже в краткосрочной перспективе.



Рис.3. Гибкий гибридный кабель марки CF280.UL.H

В начале 2020 года немецкая компания Igus, которая является производителем и дистрибьютором подшипников скольжения из пластика, сферических подшипников, линейных направляющих, кабелепроводов и кабелей непрерывной гибкости, представила новый продукт – гибкий гибридный кабель марки CF280.UL.H, разработанный для использования в энергетических цепях. Он предназначен для обеспечения питания электрического двигателя и выполняет функцию обратной связи в рамках одной кабельной линии[17,с.88].

Новый кабель дополнил линейку кабельно-проводниковой продукции типа chainflex. Он разработан для серводвигателей – вращающихся двигателей с датчиком обратной связи, позволяющим точно контролировать угловое положение, скорость и ускорение исполнительного механизма. Совместим с двигателями и приводами, производящихся 39 компаниями, в число которых также входят американская Allen Bradley и немецкий концерн Siemens.

Технология изготовления гибридных кабелей разработана компаниями, специализирующимися на производстве приводов. Производители усовершенствовали кабельные соединения для того чтобы устранить необходимость подключения кодирующего устройства, которое ранее присоединялось с помощью отдельного кабеля. На базе технологии магистральных шин они создали системы для работы с одним кабелем, который объединил в себе функцию питания с опцией обратной связи.

Кабель CF280.UL сохраняет заявленные производителем характеристики при эксплуатации в диапазоне температур от -13 °C до +80 °C. Он

оснащен защитным экраном, выполненным в виде оплетки, который призван обеспечивать высокий уровень защиты от электромагнитных излучений на протяжении всего срока службы[18, с.62].

В зависимости от спецификации производителя гибридная линия может быть изготовлена в маслостойкой полиуретановой наружной оболочке черного или оранжевого цвета. Она стойко переносит действие хладагента и не поддерживает процесс горения. В виде кабельной сборки Readycable, выполненной в соответствии со спецификацией компании – производителя приводов.

В последние годы активно развивается автоматизация производственных процессов. Она внедряется в различные области экономики, тем самым значительно увеличивая эффективность производства. Параллельно формируется тренд к объединению в центральную концепцию тех областей, которые до этого развивались отдельно. Намечившаяся тенденция затронула также производителей компонентов. С помощью инновационных интерфейсных решений в сфере датчиков вращения серводвигатели приобретают компактные размеры и становятся еще более эффективными.

В решениях с сервоприводом наблюдается тенденция к применению гибридных кабелей, которые наряду с мощностью могут передавать данные о скорости двигателя и угле поворота выходного вала. Эта разновидность «умного производства» может функционировать только при условии, если все узлы и агрегаты работают независимо друг от друга, но при этом общаются через сеть. Важная роль в этом процессе отведена сервоприводам. С помощью цифровых интерфейсов, обеспечивающих связь двигателя с

контроллером, могут передаваться важные данные. Например, информация о скорости, температуре, вибрации или угле поворота выходного вала. Как видим, требования рынка к производителям электрооборудования и систем постоянно растут. И здесь основной упор делается на сокращение затрат, компактность, оптимизацию производственных процессов, простоту внедрения и эргономичность [18, с.60].

Таким образом, производителю удалось учесть запросы потребителей на КПП с малым емкостным сопротивлением и одновременно минимизировать проблему утечки тока на оплетке экрана. Помимо этого, применение полипропилена позволяет уменьшить толщину изолирующего слоя (по сравнению с ПВХ). В свою очередь, более тонкая изоляция обеспечивает сужение наружного диаметра. По оценкам экспертов, использование полипропилена дает возможность сэкономить около 20% (по сравнению с ПВХ).

С появлением кабеля, способного обеспечить питание и передачу данных, отпала необходимость в использовании отдельного кабеля и разьема датчика вращения, что также позволяет экономить. Кроме того, упрощается процесс монтажа.

Необходимо, чтобы кабели, подходящие для торсионных изгибов и укладки в кабель-каналы, имели компактные габаритные размеры, поскольку обычные сервокабели и кабели для датчиков вращения должны быть расположены на минимальном удалении друг от друга из-за проблем, связанных с электромагнитной совместимостью.

По оценкам экспертов, широкие перспективы открываются перед альтернативными гибридными решениями, которые основаны на промышленном интернете вещей – многоуровневой системе, включающей в себя датчики и контроллеры, установленные на узлах и агрегатах промышленного объекта, средства передачи собранных данных, их визуализации и др. Также технически возможно использование оптоволоконных систем передачи данных:

- POF – полимерное оптоволокно;
- PCF – оптоволокно с пластиковым покрытием.

На сегодняшний день полностью роботизированных предприятий в мире насчитываются единицы. Однако, по оценкам аналитиков, уже к 2025 году около 25% промышленных операций будут выполнять машины. Сегодня по плотности роботизации производственных процессов пальма первенства принадлежит Сингапуру и Южной Корее, в то время как по скорости внедрения лидирует Китай [19,20, с.71,82].

Современные промышленные роботы отличаются друг от друга по конструкции и назначению. Они могут быть использованы практически в любой отрасли. За одну минуту они способны совершать огромное количество самых разных движений и выполнить несколько функций. Автоматы скручиваются, поворачиваются и

безукоризненно выполняют свои функции в различной среде: под действием влаги, химических веществ, в условиях высоких или низких температур. Даже в самой сложной обстановке роботы должны безотказно работать, так же, как и кабели, кабельные вводы и защитные шланги, которые являются их неотъемлемой частью.

### Список литературы

1. Аггау Техническая документация на муфты для силовых кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией напряжением до 10 кВ; Энергосервис - М., 2012. - 352 с.
2. Белоруссов Н. И., Гроднев И. И. Радиочастотные кабели. Учебное пособие; Энергия - М., 2007. - 328 с.
3. Белоруссов Н. И., Саакян А. Е., Яковлева А. И. Электрические кабели, провода и шнуры. Справочник; Энергия - М., 2014. - 416 с.
4. Белоруссов Н.И. Электрические кабели, провода и шнуры; ЁЁ Медиа - М., 2013. - 952 с.
5. Бранзбург Б.Я. Радиочастотные кабели в СССР; Книга по Требованию - М., 2012. - 135 с.
6. Верник С. М., Гитин В. Я., Иванов В. С. Оптические кабели связи. Учебное пособие; Радио и связь - М., 2012. - 144 с.
7. Власов В. Е., Парфенов Ю. А., Рысин Л. Г., Кайзер Л. И. Кабели СКС на сетях электросвязи. Теория, конструирование, применение; Эко-Трендз - М., 2013. - 280 с.
8. Воронцов А.С., Гурин О.И., Мифтяхетдинов С.Х., Никольский К.К., Питерских С.Э. Оптические кабели связи российского производства. Справочник; Эко-Трендз - М., 2012. - 286 с.
9. Гроднев, И.И.; Фролов, П.А. Коаксиальные кабели связи; Радио и связь; Издание 2-е, перераб. и доп. - М., 2012. - 208 с.
10. Дикерман Д.Н. Провода и кабели с фторопластовой изоляцией; ЁЁ Медиа - М., 2015. - 761 с.
11. Карпов Ф.Ф. Справочник по расчёту проводов и кабелей; ЁЁ Медиа - М., 2008. - 890 с.
12. Карпов, Ф.Ф. Как выбирать сечение проводов и кабелей; Энергия; Издание 3-е, перераб. - М., 2016. - 318 с.
13. Парфенов Ю. А. Кабели электросвязи; СИНТЕГ - Москва, 2008.-256 с.
14. Парфенов Ю.А. Кабели цифровых сетей электросвязи. Конструирование, технологии, применение; РГГУ - Москва, 2014. - 655 с.
15. Портнов Э. Л., Зубилевич А. Л. Электрические кабели связи и их монтаж; Машиностроение - Москва, 2010. - 262 с.
16. Портнов, Э.Л. Оптические кабели связи: Конструкции и характеристики; Горячая линия - Телеком - М., 2008. - 232 с.
17. Рассел Джесси Кабель-канал; VSD - М., 2013. - 912 с.
18. Рассел Джесси Коаксиальный кабель; VSD - М., 2012. - 169 с.
19. Семейкин Андрей Справочник снабженца. Выпуск 64. Кабели. Провода. Шнуры. Заводы-

изготовители; Торговый Дом Металлов, ЛТД - М., 2007. - 558 с.

20. ред. Кузнев, В.Ю.; Крехова, О.В. Кабели, провода, материалы для кабельной индустрии -

2006: Технический справочник; Нефть и Газ; Издание 3-е, перераб. и доп. - М., 2012. - 360 с.