

2. Ten Year Network Development Plan of Georgia for 2017-2027. Operator JSC «Georgian State Electrosystem Tbilisi 09.12.2019» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gse.com.ge/communication/Publications>
3. Министерство энергетики Грузии [Электронный ресурс]. – URL: www.energy.gov.ge

Научный руководитель: А.О. Егоров, к.т.н., доцент УрФУ.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАБЕЛЯ ИЗ СПЭ ИЗОЛЯЦИИ

Т. Салихов¹, О.В. Васильева²
Томский политехнический университет^{1,2}
ИШЭ, ОЭЭ, ¹группа 5АМ18¹

Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) своими уникальными свойствами обязан в должной мере материалу, из которого изготавливается. В нынешние дни полиэтилен – это один из самых применяемых изоляционных материалов при производстве кабельной продукции [1].

Доля кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на российском рынке кабельной продукции в настоящее время увеличивается, таким образом, наблюдается рост производства и потребления СПЭ-кабеля.

При производстве кабеля из СПЭ наибольший интерес уделяется изоляционным материалам. Изоляция токопроводящих экранов наносится путем тройного покрытия с использованием процесса экструзии, сшивка слоев происходит в одно время. Благодаря этому увеличивается сцепление изоляции экрана. Полиэтилен, сшитый химически, состоит из тех же самых молекул, что и обычный полиэтилен. Между ними образуются связи из атомов углерода.

В данной работе будет представлен кабель марки АПвВ 3х120/16-35 (рис.1)



Рис. 1. Кабель АПвВ 3х120/16-35

Расшифровка кабеля:

- А - алюминиевая токопроводящая жила,
- Пв – изоляция жилы из сшитого полиэтилена,
- В - оболочка из поливинилхлоридного пластика
- 3 – количество жил
- 120 - площадь поперечного сечения жилы
- 16 – сечение экрана
- 35 – рабочее напряжение

В наше время силовые кабели из СПЭ изоляции широко используются для распределения и передачи электроэнергии, особенно на различных промышленных предприятиях и в крупных городах. На промышленных предприятиях очень высокий уровень энергопотребления и плотность нагрузки очень высока.

Достоинства кабелей из СПЭ изоляции:

- хорошие электрические и механические свойства;
- хороший срок службы и долговечность (в том числе за счет технологического изготовления конструкции высокого и среднего напряжений);
- большая пропускная способность (чем они и лидируют среди кабелей с бумажной и маслonaполненной изоляцией).

В нашем СПЭ-кабеле марки АПвВ 3х120/16-35 наружная оболочка изготовлена из ПВХ пластика с пониженной пожароопасностью. Кабель имеет экран с полупроводящей жилой, предназначенный для выравнивания скачка напряженности электрического поля на границе проводящей жилы и изоляционного слоя путем создания промежуточного полупроводящего слоя между проводящей жилой и изоляцией из сшитого полиэтилена. Он также сглаживает поверхность ТПЖ.

Полупроводящий изоляционный экран позволяет получить плавное изменение напряженности электрического поля между изоляцией, где напряженность электрического поля не равна нулю, и проводником (металлическим экраном кабеля), где напряженность электрического поля равна нулю.

Основное назначение металлического экрана - устранить электрическое поле на поверхности кабеля. Экран образует второй электрод конденсатора, образованного кабелем (первый является проводником кабеля). Сечение экрана подбирается исходя из наиболее оптимального соотношения сечения жилы и экрана [2].

Для оптимизации параметров кабеля марки АПвВ 3х120/16-35 (рис.1) предлагается заменить материал экрана медных проволок и спирально наложенной медной ленты на сплав алюминия ТАС. Данное решение поспособствует не только уменьшению массы и снижению стоимости кабеля, но и будет иметь дополнительные теплопроводные свойства. Сам по себе алюминий имеет один большой недостаток, а именно разрушение при температуре 150 градусов и выше. Добавка же циркония, как показывали опыты ученых лишь только 0,6% циркония, уже способна увеличить теплопроводности до 400 градусов и не разрушаться.

Рассчитаем массу кабеля при использовании алюминиевого сплава ТАС экрана:

$$m_{\text{эк}} = \rho_{\text{Al}} \cdot S_{\text{эк}} \cdot k_y \cdot l \quad (1)$$

$$m_{\text{эк}} = \rho_{\text{Al}} \cdot S_{\text{эк}} \cdot k_y \cdot l = 2800 \cdot 16 \cdot 10^{-6} \cdot 1,02 \cdot 1 = 0,0456 \text{ кг/м}$$

Масса алюминиевой ленты:

$$m_{\text{м.л.}} = b \cdot \Delta_{\text{м.л.}} \cdot \rho_{\text{Al}} \cdot k_{\text{ул}} \quad (2)$$

b – ширина алюминиевой ленты ТАС, мм;

$\Delta_{\text{м.л.}}$ – толщина алюминиевой ленты ТАС, мм;

$k_{у.л.}$ – коэффициент укрутки алюминиевой ленты ТАС

$$m_{м.л.} = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2800 \cdot 7,21 = 0,0161 \text{ кг/м.}$$

Общая масса кабеля:

Масса кабеля:

$$M = 3 \cdot (m_{жс} \cdot m_{э.жс.} + m_{из} + m_{э.и.} + m_{в.л1} + m_{эк} + m_{м.л.} + m_{в.л2}) + m_{э.и.} \quad (3)$$

$$M = 3 \cdot (0,33 \cdot 0,022 + 0,29 + 0,061 + 0,049 + 0,0456 + 0,0161 + 0,103) + 0,396 = 3,146$$

Масса кабеля при использовании меди для изготовления экрана составляет

$$M = 3,534 \text{ кг/м.}$$

Таким образом, использование алюминия из сплава ТАС для изготовления экрана кабеля позволяет уменьшить массу кабеля на 12,33%, что подтверждено формулами (1-3).

Цена циркония 7800 рублей за 1 кг, для прокладки в кабеле достаточно 0,6% от процентного соотношения с алюминием.

То есть на 1 кг алюминиевого сплава нам понадобится 0,6% от 1 кг циркония, итого 46,8 рублей к цене алюминия.

Стоимость алюминия электротехнического из сплава составляет 160 руб/кг, меди – 660 руб/кг. Стоимость алюминиевого сплава ТАС будет составлять 207 рублей

Для ТАС требуется:

$$(m_{эк} + m_{м.л.}) \cdot 1 \text{ км} \quad (4)$$

При производстве экрана из алюминиевого сплава ТАС требуется $(0,044 + 0,0161) \cdot 1000 = 60$ кг металла на каждый километр кабеля.

Из меди требуется:

$$(m_{эк} + m_{м.л.}) \cdot 1 \text{ км} \quad (5)$$

При производстве экрана из меди требуется $(0,145 + 0,0161) \cdot 1000 = 161,1$ кг металла на каждый километр кабеля.

Далее умножаем вес сплава для 1 километра со стоимостью для руб/км, чтобы получить числовые значения сплава ТАС и меди.

Стоимость производства экрана из сплава ТАС для одного километра кабеля составляет $60 \cdot 207 = 12420$ руб, для меди - $161,1 \cdot 660 = 106260$ руб.

Таким образом, производство экрана из сплава ТАС для кабеля обходится дешевле в 8,55 раз по сравнению с кабелем, в котором применяется медный экран.

Заключение

Представлена оптимизация конструктивных параметров кабеля из СПЭ изоляции и найден наиболее экономичный вариант с улучшением механических свойств. Таким образом, при замене медных экранов силовых кабелей на экраны из электротехнического алюминия или его сплавов, помимо экономической целесообразности, необходимо учитывать их эксплуатационные характеристики. Существенным преимуществом сплава ТАС по отношению к электротехническому алюминию является высокая стабильность его механических характеристик после термического воздействия в аварийных ситуациях. При этом разница

удельных электрических сопротивлений сплава ТАС и электротехнического алюминия не превышает 3 %.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ларина Э. Т. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии. - М.: Энергоатомиздат, 1996.- 464 с.
2. Ковригин Л.А. Основы кабельной техники. - П.: ПГТУ, 2006.- 94 с.

Научный руководитель: О.В. Васильева, к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ.

ПЬЕЗОГЕНЕРАТОРЫ КАК СРЕДСТВО ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Л.Р. Шайхутдинова

Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева – КАИ

Актуальной проблемой современности является производство электроэнергии экологически чистым путем, ведь строительство и размещение гидроэлектростанций (ГЭС) не только требует больших капиталовложений, но и наносит непоправимый вред водной акватории. Решить данную проблему можно путем внедрения гидроэнергетической установки (ГЭУ), в которой механическая энергия воды преобразуется в электрическую энергию посредством пьезогенераторов [1].

Был произведен патентно-реферативный поиск, благодаря чему выяснилось, что подобных установок нет. Это подтверждает новизну предлагаемой установки.

Рассмотрим существующие способы получения электроэнергии для сравнения с предложенным решением насущной проблемы с экологией с помощью схемы, отображенной на рис.1.