

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ



**ЭНЕРГЕТИКА: ЭФФЕКТИВНОСТЬ,  
НАДЁЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ**

ТРУДЫ XIII ВСЕРОССИЙСКОГО СТУДЕНЧЕСКОГО  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЕМИНАРА

**Том 1. Электроэнергетическое направление**

Томск – 2011

УДК: 620.9+(621.311+621.039):504+621.311.019.3+621.039.058

**Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: Труды XIII Всероссийского студенческого научно-технического семинара: в 2-х томах** - Томск, 19 – 22 апреля 2011 г. - Томск: ТПУ, 2011 - т. 1. Электроэнергетическое направление. – 368 с.

Настоящий сборник содержит материалы студенческого семинара, проведённого 19 – 22 апреля 2011 г. на базе Энергетического института (ЭНИН) Томского политехнического университета (ТПУ).

Печатается по постановлению Совета ЭНИН ТПУ.

Материал сборника представлен без редактирования авторских электронных версий.

Редакционная коллегия:

Космынина Н.М., к.т.н., доц. каф. ЭСС ЭНИН ТПУ (гл. редактор)

Муравлев И.О., к.т.н., доц. каф. ЭПП ЭНИН ТПУ

Шуликин С.Н., ст. преп. каф. ЭМКМ ЭНИН ТПУ

Вёрстка и дизайн оригинал макета: Зимин Д.В.

© Томский политехнический университет, 2011

- практической студенческой конференции - Томск, 1-4 июня. - Томск: ТПУ, 2010 - т. 1. - с. 60-64
3. Гефле О.С., Лебедев С.М., Похолков Ю.П. Барьерный эффект в диэлектриках. – Томск: Изд-во «ТМЛ-Пресс», 2007. – 172 с.
  4. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. - Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1979. - 224 с.
  5. Воробьев Г.А., Похолков Ю.П., Королев Ю.Д., Меркулов В.И. Физика диэлектриков (область сильных полей): Учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2003. - 244 с.

Научный руководитель: В.И. Меркулов, к.т.н., доцент, ЭМКМ, ЭНИН, ТПУ.

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ С ПЛАСТМАССОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ НА СРЕДНЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ**

О.А. Бардаков  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭМКМ, группа 7М250

В современной энергетике принято направление на замену морально устаревших кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией на кабели с изоляцией на основе сшитого полиэтилена. Наибольшее распространение среди которых получили однофазные кабели. Неотъемлемой частью силового кабеля на среднее напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена является металлический проволочный экран. Необходимость применения которого, возникает из-за высокого напряжения в токопроводящей жиле. Металлический экран позволяет устранить электрическое поле на поверхности кабеля, но в тоже время, заземление которого более чем в одном месте, приводит к появлению в нем значительных токов (потерь мощности). [1]

Борьба с потерями в экранах связана с недоиспользованием пропускной способности кабеля, и как следствие завышение сечения токопроводящей жилы, что в свою очередь ведет к повышению стоимости кабельной линии.

Для снижения потерь в экране применяются специальные схемы заземления (соединения) экранов, такие как:

- частичное разземление экранов;
- заземление с транспозицией экрана.

Применение данных схем требует использование специальных устройств транспозиции (транспозиционная муфта с ОПН, транспозиционные колодцы) и специальные соединительные кабельные муфты с разделением экрана, что приводит к усложнению монтажа и испытаний кабельных линий, а в конечном итоге ведет к значительному повышению затрат на монтаж и эксплуатацию кабельной линии. [2]

Индукцируемые токи в проволочном экране также возможно уменьшить с увеличением магнитной проницаемости разделительного слоя, расположенного между электропроводящим экраном по изоляции и металлическим экраном.

Учитывая вышеизложенное, одним из перспективных направлений борьбы с потерями в экранах является разработка конструкции силового кабеля с магнитодиэлектрическим экраном, расположенным между изолированной токопроводящей жилой и металлическим экраном, применение которого позволит снизить величину продольных токов в экране.

На рис.1. представлена конструкция силового кабеля с магнитодиэлектрическим экраном содержащая токопроводящую жилу и последовательно расположенные на ней наложенные экструзией первый экран из электропроводящей сшитой полимерной композиции, изоляцию из сшитой композиции полиэтилена, второй экран из электропроводящей сшитой полимерной композиции, магнитодиэлектрический экран в виде полимерной ленты с ферромагнитным мелкодисперсным наполнителем [3,4] (размер частиц от 0,2 до 50 мкм) наложенной методом обмотки, металлический экран из медных проволок, скрепленных спирально наложенной с зазором медной лентой, разделительный слой в виде двух лент крепированной бумаги, наложенной методом обмотки, экструдированную оболочку из полимерной композиции. (ТУ 16.К71-025-96 и ТУ 16.К71-273-98 ).

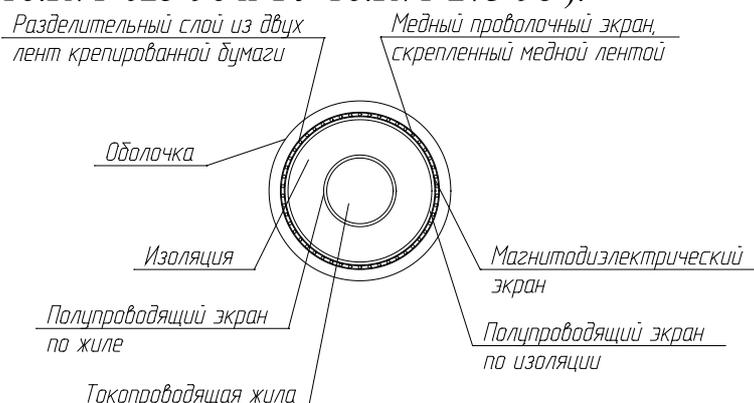


Рис. 1. Конструкция силового кабеля с магнитодиэлектрическим экраном

данного конструктивного элемента (магнитодиэлектрического экрана) приводит к увеличению сопротивления металлического экрана на переменному току, что позволяет:

- снизить электрические потери в экране, а значит увеличить пропускную способность кабеля;
- снизить величину напряжения в экране при нормальных и аварийных режимах, т.е. повысить надежность работы кабеля и безопасность его обслуживания.

Магнитодиэлектрический экран представляет собой полимерную ленту с ферромагнитным (мелко дисперсным) наполнителем, накладываемую на кабель методом обмотки.

Для оценки эффективности применения магнитодиэлектрического экрана в программе ELCUT проводилось моделирование кабельной линии состоящей из трех одножильных кабелей на среднее напряжение с изоляцией из сшитого полиэтилена, проложенных в плоскости.

На Рис.2. показана картина распределения магнитных полей кабельной линии на напряжение 35 кВ проложенной в плоскости, в которой применялись кабели стандартной конструкции без применения магнитодиэлектрического экрана,

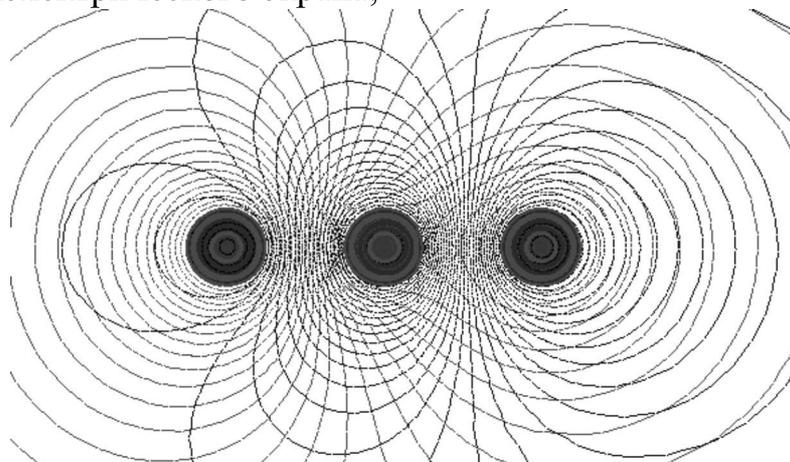


Рис. 2. Распределение магнитных полей со стандартной конструкцией силового кабеля без магнитодиэлектрического экрана

По результатам полученным при моделировании определили: что максимальная плотность тока индуцируемая в медном проволочном экране составила  $j=2,41 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$

На Рис.3. представлена аналогичная предыдущей кабельная линия, отличающаяся тем что здесь применялись кабели той же конструкции но с применением магнитодиэлектрического экрана.

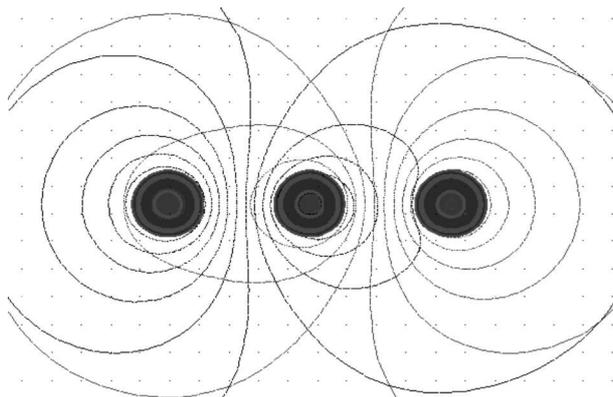


Рис. 3. Распределение магнитных полей с конструкцией кабеля в которой применяется магнитодиэлектрический экран

С применением магнитодиэлектрического экрана интенсивность магнитного поля снижается, и максимальная плотность тока наводимая в экране составила  $j=3,18 \cdot 10^5 \text{ А/м}^2$

Применение магнитодиэлектрического экрана приводит к незначительному увеличению себестоимости кабеля (3-7%), при этом позволяет снизить величину токов наводимых в экране с  $I=60 \text{ А}$  до  $I=8 \text{ А}$ . В результате чего пропускная способность кабеля увеличивается, а также исключаются дорогостоящие монтажно-эксплуатационные затраты на этапе проектирования кабельного изделия.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Ларина Э.Т. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии М.:Энергоатомиздат, 1996. С 241.
2. Дмитриев М. В. Однофазные силовые кабели 6-500 кВ. Потери в экранах и эффективность транспозиции // Новости электротехники. 2010. № 6. С. 23-26.
3. Гордиенко В.П., Мустяца О.Н., Сальников В.Г. Влияние дисперсности частиц неорганической добавки на структуру и свойства линейного полиэтилена. //Пластические массы. 2007.№ 12. С. 11-13.
4. Рамазанов М.А., С.Дж. Керимли., Садыхов Р.З. Влияние постоянного магнитного поля на прочностные, диэлектрические и магнитные свойства композиций на основе полимеров и ферромагнетиков. // Пластические массы. 2005. №10. С. 5-6.

Научный руководитель: С.Н. Шуликин, ст. преподаватель, ЭМКМ, ЭНИН, ТПУ.