

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ
В ИЗОЛЯЦИИ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ОДНОЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ
С ДЕФЕКТАМИ ИЗОЛЯЦИИ**

А.Л. Адамович, канд. техн. наук, доц.,

В.В. Прозоров, студент группы 22-ЭС

*Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь*

Рассмотрены возможности приложения FEMM для персонального компьютера в применении к расчету электрических полей в изоляции кабелей высокого напряжения. Получены картины распределения напряженности электрического поля в одножильном кабеле с изоляцией из сшитого полиэтилена, в том числе с учетом дефектов изоляции (воздушная полость, водяное и металлическое включение).

Основы и возможности программного обеспечения FEMM. Приложение FEMM (Finite Element Method Magnetics) позволяет проводить на персональных компьютерах расчет плоскомеридианных (осесимметричных) и плоскопараллельных стационарных или квазистационарных магнитных, а также электростатических полей. Приложение состоит из трех модулей: графического препроцессора, решателя и графического постпроцессора. Первый этап заключается в геометрическом построении исследуемых объектов в полярных или декартовых координатах. Второй этап – задание для частей или блоков объекта свойств материалов (в том числе кривых намагничивания) и ввод граничных условий (Дирихле, Неймана, смешанных, периодичности и антипериодичности, специальных и др.). Третий этап – построение сетки конечных элементов и автоматическое решение. Постпроцессор создает зонные картины напряженности магнитных или электрических полей [1, 2].

Расчет напряженности поля в изоляции кабеля без дефектов. Кабели с материалом изоляции из сшитого полиэтилена (СПЭ) не имеют многих недостатков, характерных для кабелей с бумажной изоляцией. Кабели с изоляцией из СПЭ имеют существенные преимущества: высокие электрические и механические параметры в более широком диапазоне рабочих температур, малую гигроскопичность (водопроницаемость), более высокие допустимые токи. Указанные положительные качества полиэтилена достигаются благодаря процессу его «сшивки» - изменению молекулярной структуры полиэтилена. Поперечные связи, образующиеся в процессе сшивки между молекулами полиэтилена, создают новую трехмерную структуру, которая и определяет высокие электрические и механические характеристики материала.

Для объекта моделирования был выбран одножильный кабель на номинальное напряжение сети $U_n = 35$ кВ со следующими характеристиками: сечение жилы $S_{ж} = 150 \text{ мм}^2$, диаметр токопроводящей жилы $\varnothing = 14$ мм, толщина изоляции $t_{из} = 9$ мм.

Диэлектрическая проницаемость изоляции $\epsilon_x = \epsilon_y = 2,4$. Амплитудное значение фазного напряжения относительно экрана кабеля 28580 В.

После создания геометрии кабеля и задания его свойств, выполнен расчет распределения напряженности электрического поля в его изоляции.

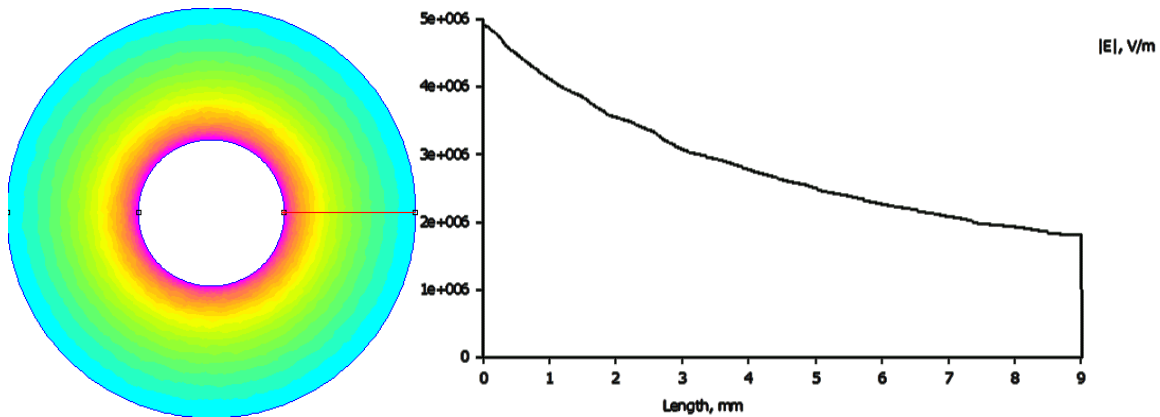


Рисунок 1. – Распределение напряженности электрического поля в объеме изоляции кабеля и вдоль радиальной линии

Расчёт напряженности поля при наличии дефектов в изоляции кабеля. Включения задавались в виде круга диаметром 2 мм в толще изоляции (рис. 2). Диэлектрические проницаемости дефектных включений в изоляции принималось следующими: воздушное включение $\epsilon_x = \epsilon_y = 1$; водное включение $\epsilon_x = \epsilon_y = 80$. Результаты расчета показаны на рисунке 3.

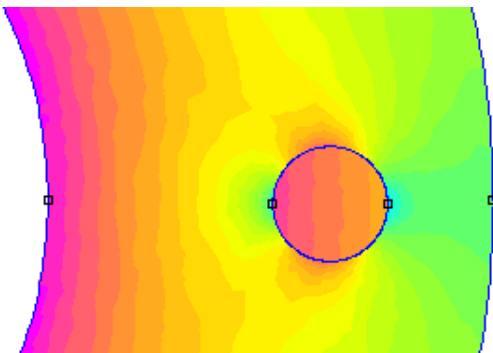


Рисунок 2. – Геометрия дефектных включений в изоляции кабеля

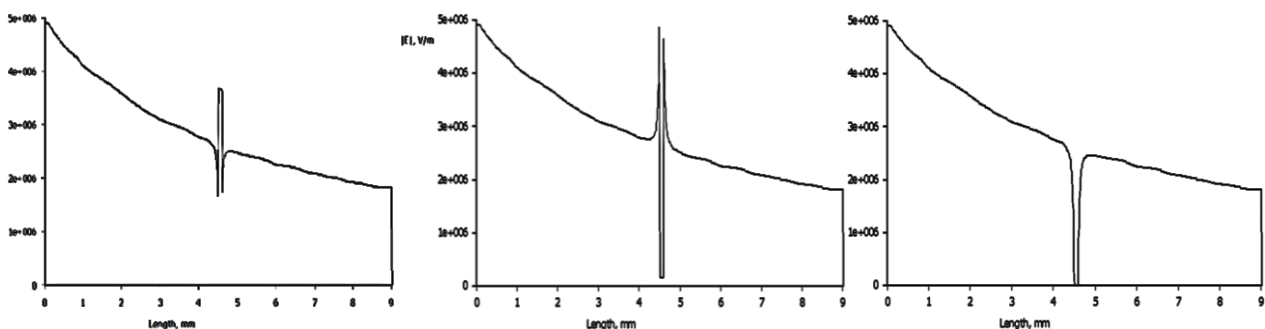


Рисунок 3. – Распределение напряженности электрического поля при наличии воздушного, водяного и металлического включения соответственно (слева направо)

Заключение. Согласно результатам моделирования вблизи и внутри дефектных включений в виде воздушной или водяной полости происходит резкое увеличение или снижение напряженности электрического поля. На практике это приводит к возникновению частичных разрядов, химической и тепловой деградации изоляции, развитию дефектов с последующим электрическим пробоем.

ЛИТЕРАТУРА

1. FEMM // Version 4.2 User's Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.femm.info/wiki/Manual/>. – Дата доступа: 30.10.2024.
2. Схем.net // Finite Element Method Magnetics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cxem.net/software/finiteElementMethodMagnetics.php?ysclid=m0v7varka238574195/>. – Дата доступа: 30.10.2024.