

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МУФТ

**Коваленко М.А., к.т.н., доц., Маляр И.В., магистр**  
*КПИ им. Игоря Сикорского, кафедра электромеханики*

Электромагнитная муфта по принципу действия напоминает асинхронный двигатель, в то же время отличаясь от него тем, что магнитный поток в ней создается не трехфазной системой, а возбуждаемыми постоянным током вращающимися полюсами.

Электромагнитные муфты применяют для замыкания и размыкания кинематических цепей без прекращения вращения, а также для пуска, реверсирования и торможения приводов станков. Применение муфт позволяет разделить пуск двигателей и механизмов, уменьшить время пускового тока, устранить удары как в электродвигателях и в механических передачах, обеспечить плавность разгона, устранить перегрузки. Резкое уменьшение пусковых потерь в двигателях снимает ограничение по допустимому числу включений, что очень важно при циклической работе двигателя.

Электромагнитная муфта является индивидуальным регулятором скорости и представляет собой электрическую машину, служащую для передачи вращающего момента от ведущего вала к ведомому при помощи электромагнитного поля.

**Основные уравнения и математическая модель.** В основу математической модели положена задача анализа электрического поля в присутствии токов утечки в полупроводящих слоях. В условиях низкой электрической проводимости ток оказывается малым и не возбуждает магнитного поля. Точнее, магнитное поле токов проводимости (утечки) столь мало, что ЭДС электромагнитной индукции  $E = >\partial A/\partial t$  неотличима от нуля.

Таким образом, уравнения, описывающие поле, в этом случае имеют вид:

1) Теорема Гаусса:

$$\operatorname{div} \bar{D} = \rho; \quad (1)$$

2) Закон непрерывности тока:

$$\operatorname{div} \bar{I} = \sigma \times \bar{E}; \quad (2)$$

3) Закон Ома:

$$\bar{I} = \sigma \times \bar{E} \quad (3)$$

4) Свойство диэлектрика:

$$\bar{D} = \varepsilon \times \bar{E} \quad (4)$$

5) Электрический потенциал:

$$\bar{E} = -\operatorname{grad} U \quad (5)$$

Преобразование (2) путем подстановки туда (3) и (1) приводит к соотношению:

$$\operatorname{div}(\sigma \vec{E}) + \frac{\partial (\operatorname{div} \vec{D})}{\partial t} = 0. \quad (6)$$

Относительно потенциала  $U$  уравнение выглядит следующим образом:

$$\operatorname{div}(-\sigma \cdot \operatorname{grad} U) + \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div}(-\varepsilon \cdot \operatorname{grad} U) = 0. \quad (7)$$

Формулировка задачи основана на уравнении Пуассона, описывающего электростатическое поле,

$$\nabla \cdot \varepsilon \mathbf{E} = \rho, \quad (8)$$

и уравнении растекания токов в проводящей среде

$$\nabla \cdot \mathbf{j} = -i\omega \rho, \quad (9)$$

при учете закона Ома,

$$\mathbf{j} = g\mathbf{E}. \quad (10)$$

Тогда уравнение для потенциала  $U$  приобретает окончательный вид:

$$\nabla \cdot \left( \left[ \varepsilon - \frac{ig}{\omega} \right] \nabla U \right) = 0 \quad (11)$$

где электропроводность  $g$  и компоненты тензора диэлектрической проницаемости и  $\varepsilon_y$  ( $\varepsilon_z$  и  $\varepsilon_r$ ) постоянны внутри каждого блока модели.

### Результаты моделирования при разной проводимости материала.

Серия расчетов, при фиксированных размерах изоляционной конструкции с варьированием электропроводности материала выравнивающего слоя, представлены на графике (рисунок 1).

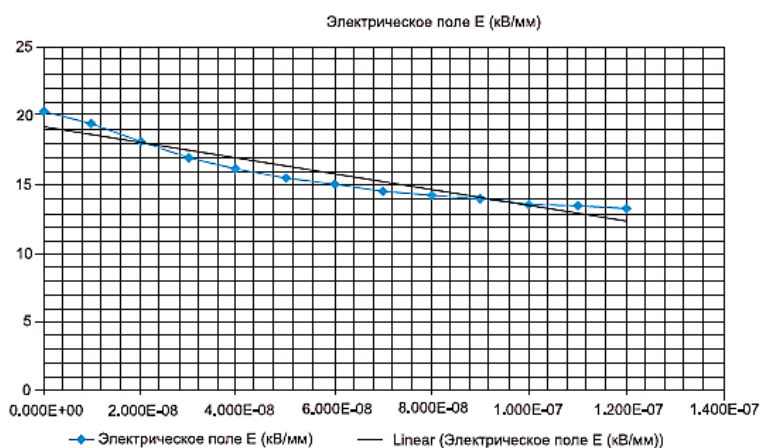


Рисунок 1 – Результаты моделирования электрического поля в электромагнитной муфте

### Перечень ссылок

1. Грешняков Г. В., Нарышкин Е. В. Импульсный низкоиндуктивный высоковольтный кабель // Силовая электроника. 2009. № 4.
2. Дубицкий С. Д. Elcut 5.1 — платформа разработки приложений анализа полей // Exponenta Pro. 2004. № 1.