

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 10 КВ

**Быковская Л.В. канд. техн. наук, доцент, Фёдоров И.С.
Оренбургский государственный университет**

Активное развитие цифровой и микропроцессорной техники в последние годы привело к ее широкому использованию в электроэнергетике, модернизации механизмов релейной защиты и блоков управления. Аналогово-цифровая аппаратура чувствительна к помехам, причинами которых являются токи, протекающие в распределительных устройствах, разряды молний, переходные процессы, возникающие в результате коммутаций, короткие замыкания. Малые расстояния между токопроводящими элементами силовых установок и электронными устройствами, чувствительными к электромагнитным полям общепромышленной частоты, приводят к проблемам возникновения нарушений электромагнитной совместимости (ЭМС) устройств. В результате снижается надежность работы электронной аппаратуры, возрастает количество ложных срабатываний и отказов в работе [1].

Проанализировав современные источники, можно сделать вывод о недостаточности сведений по расчетам электромагнитных полей промышленной частоты в комплектных распределительных устройствах (КРУ) от трехфазных шин токов до 4 кА с напряжением 6(10) кВ. В состав КРУ входят компоненты, чувствительные к ЭМП, вследствие чего возникают проблемы электромагнитной совместимости. [2,3]

Решение этих проблем является важной задачей для сохранения надежности энергосистемы Российской Федерации. Сказанное выше определяет актуальность проводимого исследования и позволяет сформулировать его цель.

Целью работы является анализ и усовершенствование методов расчета электромагнитного поля промышленной частоты комплектного распределительного устройства и другого оборудования с учетом выполнения условий электромагнитной совместимости в энергосистемах.

Для достижения поставленных целей следует выполнить следующие научные и практические задачи:

- провести эксперименты по исследованию изменения напряженности электромагнитного поля для отдельных проводников определенной длины, характерной для ячеек КРУ, в зависимости от поперечного сечения шин, расстояния до объекта и величины рабочего тока;

- проанализировать электромагнитную обстановку (ЭМО) по электрическим и магнитным полям промышленной частоты в комплектных распределительных устройствах и оценить нормативные требования по выполнению условий ЭМС;

- разработать математическую модель для определения величин суммарных напряженностей электромагнитных полей от трехфазных шин

прямоугольного и круглого сечения для решения задач выполнения условий ЭМС технических устройств, расположенных в плоскости параллельной трехфазным шинам для симметричных и несимметричных режимов работы электрической сети;

- разработать математическую модель определения суммарных напряженностей электромагнитного поля от трехфазных шин с металлическими экранами, применяемыми в комплектных распределительных устройствах, для решения задач выполнения условий ЭМС ТС, расположенных в плоскости параллельной трехфазным шинам;

- разработать практические мероприятия и рекомендации по выполнению условий электромагнитной совместимости по электромагнитным полям промышленной частоты от токов трехфазных шин для технических устройств с учетом их расположения в пространстве, режимов работы электрической сети, геометрических размеров и магнитных свойств металлических экранов;

- сделать математическое обоснование соответствия условиям ЭМС по электромагнитным полям промышленной частоты для технических устройств ряда эксплуатируемых ячеек комплектных распределительных устройств.

Новизна проводимого исследования будет заключаться в следующем:

- определяется зависимость изменения напряженности электромагнитного поля, создаваемого проводниками с током частотой 50 Гц, от формы сечения одиночных проводников с учетом их длины, и расположения в окружающем пространстве;

- разрабатывается математическая модель и метод расчета, интегрирующий напряженности электрического и магнитного полей, создаваемых трехфазными токами шин комплектных распределительных устройств - 6(10) кВ в плоскости, параллельной расположению шин круглого и прямоугольного сечения, для симметричного и несимметричного режимов работы электрической сети;

- разрабатывается математическая модель вычисления суммарных напряженностей электромагнитных полей частотой 50 Гц от трехфазных шин с токами с учетом влияния металлических экранов в комплектных распределительных устройствах 6(10) кВ;

- будет определен метод расчета суммарных напряженностей электромагнитных полей частотой 50 Гц, основной особенностью которого должен быть учет расстояния между шинами, сечение шин и расстояние от шины до устройств релейной защиты.

С точки зрения применения на практике ценность проводимого исследования заключается в следующем:

- будет проведена оценка электромагнитной обстановки на действующих комплектных распределительных устройствах с целью выявления нарушений условий электромагнитной совместимости по электрическим и магнитным полям частотой 50 Гц;

- будут определены мероприятия и рекомендации по выполнению электромагнитной совместимости для технических устройств в комплектных

распределительных устройствах 6(10) кВ при наличии нарушений, обусловленных электромагнитными полями частотой 50 Гц от трехфазных шин с симметричными и несимметричными режимами работы;

- будут даны практические рекомендации по выполнению условий электромагнитной совместимости по электромагнитным полям частотой 50 Гц от токов трехфазных шин для технических средств с учетом их расположения в окружающем пространстве, геометрических размеров и магнитных свойств металлических экранов для комплектных распределительных устройств различного конструктивного исполнения.

Обзор статей и научно-исследовательских работ, по теме исследования показал следующее:

В результате более 2000 замеров картины магнитного поля в распределительных устройствах на 11 подстанциях 110/10(6) кВ г. Кургана [2, 6] были сделаны выводы о наличии опасных зон в распределительных устройствах по условиям воздействия магнитного поля на обслуживающий персонал. Предложены дополнительные рекомендации в существующие стандарты. Сделаны выводы о том, что при измерении магнитной составляющей электромагнитного поля промышленной частоты в распределительных устройствах 10(6) кВ необходимо:

1) рассматривать совместное воздействие магнитного поля промышленной частоты и высокочастотных гармоник;

2) учитывать конструкцию распределительного устройства, типы ячеек комплектных распределительных устройств (расположение токоведущих частей в ячейке), виды работ обслуживающего персонала, выполняемых в распределительных устройствах;

3) особое внимание следует уделить вводным ячейкам, ячейкам наиболее загруженных отходящих линий и ячейкам, не помещенным в металлические кожухи;

4) проводить измерения в непосредственной близости окон при их наличии.

Моделирование магнитного поля, созданного током электроустановки, позволит определить уровень напряженности магнитного поля на рабочих местах на этапе проектирования распределительных устройств.

На основании результатов измерения [4,7] напряженностей электрического и магнитного полей в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц на открытых распределительных устройствах напряжением 500, 220, 110 кВ, выполненных для оценки возможного вредного воздействия на обслуживающий персонал, сделан вывод о том, что уровень магнитного поля частотой 50 Гц существенно превышает уровень поля на прочих частотах диапазона от 5 до 2000 Гц, следовательно, при оценке условий труда и проектировании средств защиты нет необходимости учитывать наличие на открытом распределительном устройстве составляющих поля, имеющих частоту, отличную от 50 Гц.

В работах [5,8] проведен анализ влияния интенсивного использования электрической и магнитной энергии на окружающую среду и здоровье

человека. Оценивается перспектива математического моделирования электромагнитных полей электроустановок. Приводится конкретный пример расчета потенциала и напряженности электрического и магнитного полей воздушной трехпроводной линии электропередачи высокого напряжения

Выводы: все приведенные статьи, в основном, раскрывают суть влияния электромагнитных полей на человека и персонал, обслуживающий открытые распределительные устройства, а в закрытых распределительных устройствах и распределительных пунктах проводится мало исследований в области влияния этого вида поля на оборудование данной электроустановки.

Таким образом, опытных данных и информации о распределении электромагнитного поля и его влияние на оборудование в распределительных устройствах на напряжение 10 кВ практически нет. Необходимо разработать физическую модель распределения электромагнитного поля в распределительном устройстве 10 кВ, а также проанализировать влияние поля на основное оборудование рассматриваемой электроустановки.

Список литературы

1. Халилов Ф.Х. Электромагнитная совместимость электроэнергетики, техносферы и биосферы. Учебное пособие. СПб.: Издание НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2014 - 190 с.

2. Коржов А.В. Теоретическое и экспериментальное исследование уровней электромагнитных полей вблизи силовых кабельных линий напряжением 6-10 кВ / А.И. Сидоров // Технологии ЭМС. – 2009. - №1. – С. 4653

3. Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования // Материалы третьей научной конференции. М., СПб, 2002. 124с.

4. СанПиН 2.2.4.1191-03. Физические факторы производственной среды. Электромагнитные поля в производственных условиях. – М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2003. – 17 с.

5. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике. Под ред. Б.К. Максимова. М., Энергоатомиздат, 1995. – 216 с.

6. А.В. Коржов и О.М. Малышева «Определение опасных зон в распределительных устройствах 10(6) кВ по условиям воздействия магнитной составляющей электромагнитного поля на персонал, обслуживающий подстанции 110/10(6) кВ» - Режим доступа - <http://dspace.susu.ac.ru/handle/0001.74/2034> - 10.11.2017.

7. Окраинская, И. С. Электрические и магнитные поля не промышленной частоты на открытом распределительном устройстве / И. С. Окраинская, А. И. Сидоров, В. Н. Непопалов // Вестн. ЮУрГУ – 2011. – 19 мар. (№ 15). – С. 8-13.

8. Сивяков, Б. К. Математическое моделирование электромагнитного поля электроустановок/ Б. К. Сивяков, О.С. Аврясов // Вестн. СГТУ - 2010. – 13 дек. (№3, том 4). – С. 74-76.