

## Лекция 1.

### **Роль расчета и анализа электрических и магнитных полей в математическом моделировании физических процессов в высоковольтных энергетических и электроустановках и в их проектировании. Постановка задачи расчета электрического поля промышленной частоты вблизи объектов электроэнергетики и в электроустановках.**

Электроустановки напряжением 500, 220 и 110 кВ являются источником низкочастотного электромагнитного поля, оказывающего неблагоприятное воздействие на обслуживающий их персонал. Электромагнитное поле на открытом распределительном устройстве (ОРУ) создается большим количеством источников, работающих на частоте 50 Гц, разнесенных в пространстве, с токами и напряжениями, сдвинутыми по фазе в разных источниках. Сформированное ими результирующее электромагнитное поле имеет сложный спектральный состав. Для оценки условий труда и организации защиты работников важна оценка вклада электромагнитных полей не промышленной (отличной от 50 Гц) частоты в электромагнитную обстановку на открытом распределительном устройстве. Исследования спектрального состава электромагнитного поля на открытых распределительных устройствах напряжением 500, 220 и 110 кВ были проведены на подстанции «Шагол» Южно-Уральского предприятия магистральных электрических сетей. Измерения проводились при помощи измерителя и анализатора электрического и магнитного полей EFA-300 NARDA (рис. 1). Основные характеристики прибора приведены в таблице. Помимо измерения напряженности электрического и магнитного полей в диапазонах, указанных в таблице, прибор позволяет проводить спектральный анализ быстрым преобразованием Фурье и имеет встроенную индивидуальную память модулей измерения магнитного и электрического полей.

Результаты измерения действующего значения напряженности

электрического поля в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц непосредственно на территории ОРУ 500 кВ (ячейка Троицкой ГРЭС ф. В) приведены на рис. 2. Согласно данным, представленным на рис. 2, наибольший уровень электрического поля соответствует частоте 50 Гц и достигает 14141 В/м (рис. 2а), что существенно превышает предельно допустимый уровень 5000 В/м [1]. Некоторое увеличение уровня электрического поля отмечается в диапазоне от 100 Гц до 1000 Гц (рис. 2, б; 2, в) на частотах 150 Гц (54,44 В/м), 250 Гц (20,73 В/м), 350 Гц (18,19 В/м), 550 Гц (18,19 В/м) и 650 Гц (9,89 В/м) и объясняется, по-видимому, наличием гармонических составляющих фазных токов. Уровень напряженности электрического поля, соответствующий частотам, отличным от 50 Гц, существенно меньше уровня поля на частоте 50 Гц. Так, например, уровень поля на частоте 150 Гц составляет только 0,39 % от уровня поля на частоте 50 Гц, на частоте 250 Гц - всего 0,15 % и т. д. Следовательно, можно сделать вывод, что электрические поля промышленной частоты не будут вносить существенный вклад в формирование электромагнитной обстановки на открытом распределительном устройстве. Исследования уровней электромагнитного поля в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц для воздушных линий электропередачи напряжением 110, 220 и 500 кВ [2] показали, что существуют различия в спектральном составе электромагнитного поля линий разного класса напряжения. Сопоставление напряженности электрического поля на частотах кратных 50 Гц для открытых распределительных устройств различного класса напряжения приведено на рис. 3, а-в. Согласно данным рис. 3 на открытом распределительном устройстве напряжением 500 кВ наблюдается увеличение уровня электрического поля на частоте, соответствующей 3-й гармонической составляющей фазных токов (рис. 3, а), в то время как на ОРУ 220 кВ (рис. 3, б) в спектре напряженности электрического поля выделяются 3-я, 5-я и 7-я гармонические составляющие, а на ОРУ 110 кВ - 5-я, 7-я и 11-я гармоники (рис. 3, в). Это явление требует дополнительного изучения, направленного, прежде всего, на анализ степени

за грузки трансформаторов, установленных на ОРУ, и характера нагрузки линий, отходящих от него. Сопоставление уровней индукции магнитного поля на частотах кратных 50 Гц для открытых рас распределительных устройств различного класса на напряжения приведено на рис. 4, а-в. Согласно представленным на рис. 4 данным, уровень индукции магнитного поля на открытых распределительных устройствах 220 и 110 кВ может превышать уровень магнитной индукции на ОРУ 500 кВ. Уровень индукции магнитного поля на частоте 50 Гц как и в случае электрического поля существенно (на несколько порядков) превышает уровень индукции магнитного поля на частотах отличных от 50 Гц. Тем не менее даже на частоте 50 Гц предельно допустимый уровень магнитного поля (100 000 нТл для 8-часового воздействия) не превышен ни на одном открытом распределительном устройстве. Чуть более высокий уровень по сравнению с соседними частотами наблюдается на открытом распределительном устройстве напряжением 500 кВ на частотах 150 Гц (28,75 нТл), 250 Гц (28,79 нТл) и 550 Гц (20,48 нТл), на ОРУ 220 кВ - на частотах 150 Гц (168,69 нТл), 250 Гц (106,78 нТл) и 650 Гц (63,68 нТл), а на ОРУ 110 кВ - как и на ОРУ 500 кВ - на частотах 150 Гц (36,71 нТл), 250 Гц (79,04 нТл) и 550 Гц (25,68 нТл). Выводы

1. В диапазоне частот от 5 до 2000 Гц на открытом распределительном устройстве наибольший уровень электрического и магнитного поля приходится на частоту 50 Гц. При этом на ОРУ 500 и 220 кВ зафиксированный уровень электрического поля превышает предельно допустимый уровень в 5 кВ/м. Превышения предельно допустимого уровня индукции магнитного поля, равного 100 мкТл, не было отмечено ни на одном открытом распределительном устройстве, к какому бы классу напряжения они не относились.
2. Уровень электромагнитного поля частотой 50 Гц существенно (на несколько порядков) превышает уровень поля на прочих частотах диапазона от 5 Гц 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.