

**Шишигин Д.С.**

**Вологодский государственный университет, г.Вологда, Россия**

**Тел.: 8-921-064-63-34, E-mail: [shishigind@yandex.ru](mailto:shishigind@yandex.ru)**

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЗАДАЧ МОЛНИЕЗАЩИТЫ, ЗАЗЕМЛЕНИЯ, ЭМС**

Удар молнии способен причинить значительный материальный ущерб объектам электроэнергетики, нефтегазового комплекса, железнодорожного транспорта, военной инфраструктуры. Задача проектировщика – средствами компьютерного имитационного моделирования найти технические решения, исключая аварии, и воплотить их в чертежах. Она может быть решена только при наличии современного программного обеспечения: многофункционального, надежно-го, производительного и интегрированного в технологию САПР. Дефицит подобных комплексов программ для рассматриваемого класса задач имеет место в нашей стране.

Защиту от прямых ударов молнии осуществляет система молниезащиты. Молниеотводов может быть много (десятки и сотни на электрической подстанции), их положение и высоту надо варьировать. Программисту необходимо реализовать несколько российских норм молниезащиты, а также стандарты МЭК.

Ток молнии, который в расчетах принимается 100 кА и более, через заземлитель стекает в землю. Проектировщику предстоит рассчитать параметры заземлителя (сопротивление, напряжение, токи), чтобы обосновать безопасность устройства для персонала и оборудования.

Для современного высокотехнологического производства, оборудованного микропроцессорными системами управления, не менее опасны и вторичные проявления молнии в виде кондуктивных и электромагнитных помех, приводящие к отказу или ложному срабатыванию автоматики. Уровень напряженности электромагнитного поля не должен превышать норму в местах расположения аппаратуры. Экранирование металлоконструкциями существенно снижает интенсивность поля. Перед проектировщиком возникает следующий класс задач – задач электромагнитной совместимости (ЭМС) и электромагнитного экранирования в частности.

Рассмотренные задачи в настоящее время решаются по отдельности с помощью российских и зарубежных программ, однако только единый подход на основе многофункциональной программы позволяют решить эту сложную, комплексную и практически важную для всех отраслей промышленности задачу эффективно.

Другое требование к программе определяется технологией автоматизированного проектирования – программу следует интегрировать в САПР. Современная тенденция во многих отраслях техники такова, что вместо автономных программ разрабатываются САД-приложения.

Рассмотрение технологии разработки подобной программы – цель настоящей работы.

Программа ЗУМ предназначена для проектирования внешней молниезащиты (по всем российским нормам и стандартам МЭК), расчета заземления и решения задач ЭМС объектов электроэнергетики (рис. 1). Многофункциональность программы – ее первое отличительное свойство. Весь расчет ЭМС электрической подстанции проводится в одной программе.

Программа ЗУМ разработана как AutoCAD–приложение, где AutoCAD служит для геометрического моделирования и визуализации результатов расчета. Это второе отличительное свойство программы оценили проектировщики. Управление AutoCAD осуществляется через объектную модель (технология СОМ). Основные команды AutoCAD продублированы в программе, созданы сценарии, автоматизирующие типовые геометрические построения.

Высокое быстродействие – следующая характеристика программы. Она достигается за счет использования эффективных расчетных моделей и методов, алгоритмической оптимизации кода и использования математической библиотеки Intel Math Kernel Library (Intel MKL), адаптированной для современных процессоров.

Современный процессор работает на порядок быстрее оперативной памяти (ОЗУ) с тенденцией к увеличению. Алгоритмическая оптимизация кода состоит в уменьшении числа обращений к ОЗУ за счет быстрой кэш памяти. Кэш сохраняет последние использованные инструкции и данные, так что циклы и операции с массивами выполняются быстрее. Кэш-промахом называется ситуация, когда данных, необходимых процессору, нет в кэш памяти, и он вынужден обращаться к

медленной внешней памяти. При кэш-попадании доступ к внешней памяти не требуется. Характерный пример. Замена стандартной процедуры умножения матриц по правилу «умножения строки на столбец» на процедуру «умножения строки на строку» дает увеличение производительности в несколько раз, поскольку строки сохраняются в кэш-памяти, а столбцы – нет [1]. Матричные вычисления следует проводить с помощью функций Intel MKL, что на порядок повышает быстродействие по сравнению со свободно распространяемыми математическими пакетами типа AlgLib.

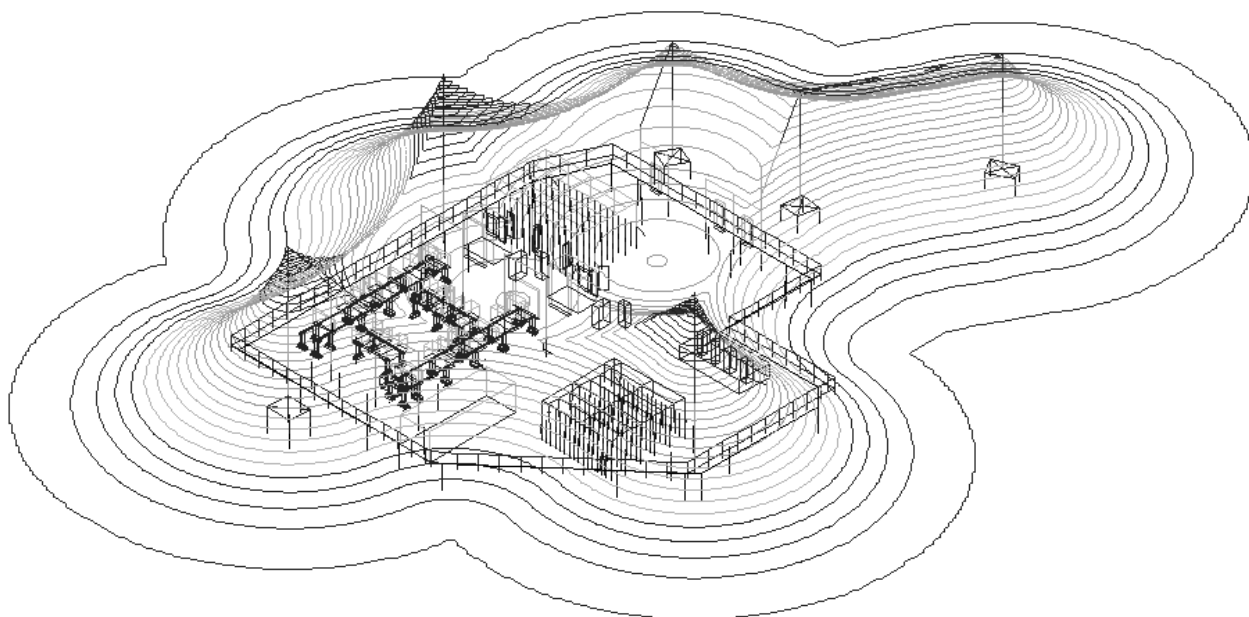


Рис.1. Структура программы ЗУМ

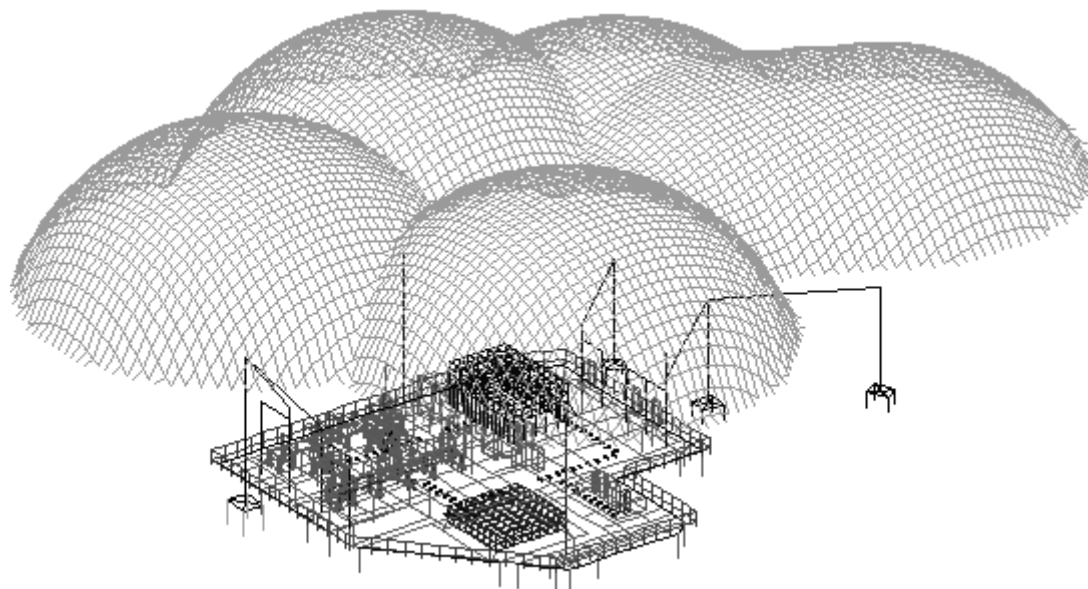
В результате расчет заземления электрической подстанции с 5000 элементами дробления не превышает минуты в любом режиме, включая импульсные процессы при ударе молнии. Проектировщик имеет возможность достаточно быстро исследовать большое количество вариантов и обосновать оптимальное решение.

Достоверность программы подтверждается решением тестовых задач.

В качестве примера выберем внешнюю молниезащиту электрической подстанции. Стандартный способ представления результатов заключается в изображении уровней зоны защиты молниеотводов (рис. 2). Для определения элементов объекта, не попадающих в зону защиты, обычно строится несколько сечений. При использовании метода катящейся сферы из стандарта МЭК 62305 в дополнение к зонам защиты строится зона захвата молнии (рис. 3). Часть зоны захвата, расстояние от которой до объекта меньше, чем до молниеотводов и до земли, называется зоной прорыва молнии. Она выделяется красным цветом на рисунке. Точно также отмечается фрагмент объекта, куда ударяет молнии. Зоны захвата значительно наглядней зоны защиты при анализе защищенности объекта. Но зона защиты на характерных высотах необходима для чертежей.



**Рис.2. Зоны защиты электрической подстанции от удара молнии**



**Рис. 3. Зона ориентировки молнии над электрической подстанцией**

В докладе будет представлено продолжение решения этой задачи, связанное с расчетами потенциалов, токов, кондуктивных помех контрольного кабеля и напряженности магнитного поля в местах расположения микропроцессорной аппаратуры.

#### **Литература**

1. Шишигин, Д.С. AUTOCAD приложение для расчета молниезащиты и заземления объектов электроэнергетики / Д.С. Шишигин // Автоматизация в промышленности. – 2014. – № 9. – С. 28–32.