

Автоматизация расчета электромагнитной обстановки и заземления в среде ElectriCS Storm

Система ElectriCS Storm, предназначенная для автоматизированного проектирования молниезащиты и заземления зданий и сооружений, состоит из четырех основных подсистем: расчета молниезащит (РМЗ), расчета заземляющих устройств (РЗУ), расчета подстанций (РП) и расчета электромагнитной обстановки (РЭМО).

Применение подсистем РМЗ и РЗУ подробно представлено в предыдущих номерах журнала, поэтому здесь оно не рассматривается.

Электромагнитной обстановкой называется совокупность уровней основных видов помех, характерных для данного конкретного объекта. За последние годы в России темпы внедрения электронной (в первую очередь микропроцессорной) техники на энергетических объектах, промышленных предприятиях, объектах нефтегазовой отрасли значительно выросли. В то же время состояние систем питания, заземления и молниезащиты этих объектов зачастую таково, что уровни электромагнитных помех многократно превышают предельно допустимые уровни устойчивости электронной аппаратуры. Влияние помех на аппаратуру может быть различным: от искаженного изображения на мониторах компьютеров и "беспричинных" сбоев цифровой техники до физического повреждения элементов аппаратуры и даже кабелей. Таким образом, при внедрении цифровой аппаратуры защиты, автоматики, управления, сигнализации и связи возникает необходимость обеспечить ее электромагнитную совместимость (ЭМС) с жесткой электромагнитной обстановкой (ЭМО) на объектах.

Расчет ЭМО в программе ElectriCS Storm производится в соответствии с СО 34.35.311-2004 "Методические указания по определению электромагнитной обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях" и СТО 56947007-29.240.044-2010 "Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства".



Рис. 1

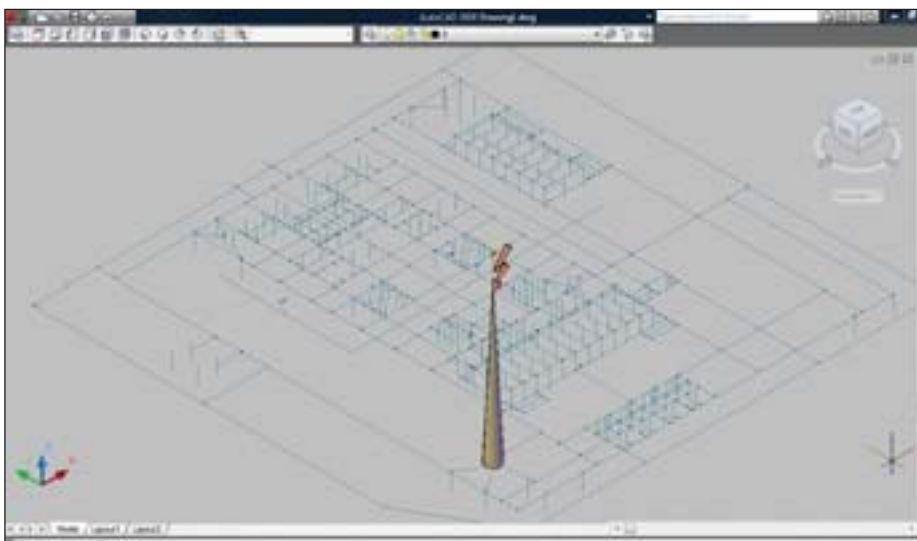


Рис. 2

Подсистема расчета ЭМО выполняет следующие функции:

- ввод естественных и искусственных заземлителей (горизонтальных, вертикальных, фундаментов) как вручную, так и с планов, выполненных в AutoCAD;
- автоматическая загрузка заземлителей с чертежей, выполненных в AutoCAD;
- расчет сопротивления растеканию заземлителей (для каждого заземлителя в отдельности);
- расчет потенциалов и токов по узлам и ветвям ЗУ для ударов молнии и КЗ;
- расчет и построение магнитного поля (магнитной напряженности) для указанной зоны;
- расчет и построение поля потенциалов для указанной зоны;

- расчет и построение поля напряжения прикосновения для указанной зоны;
- расчет и построение поля напряжения шага для указанной зоны;
- расчет всех указанных видов для точек контроля и кабельных трасс;
- расчет токов в экранах кабелей, допустимых токов и их сравнение;
- расчет наведенных от молнии импульсных напряжений во вторичных цепях (с учетом экранирования кабельных трасс и самих кабелей);
- расчет допустимых токов в заземлителях и их сравнение с рабочими (расчетными);
- просмотр результатов расчета для кабельных трасс и кабелей в виде диаграмм;
- вывод результатов расчета в AutoCAD в виде 3D-поверхности;
- вывод результатов расчета в AutoCAD на план — как в виде цветового поля, так и в виде изолиний (линий заданного уровня);
- вывод в AutoCAD в 3D-виде и на план: заземлителей (естественных и искусственных), узлов заземлителей, кабельных трасс, кабелей, реакторов, проводов, точек контроля, точек входа тока, молниеприемников (стержневых).

Исходные данные для расчета электромагнитной обстановки в системе ElectricStorm:

- список горизонтальных заземлителей;
- список вертикальных заземлителей;
- список фундаментов;
- список токоограничивающих реакторов;
- список проводов (гибких ошинок);
- общие данные для расчета ЭМО;
- зона расчета;
- список точек измерения удельного сопротивления земли;
- список точек входа тока;
- список точек контроля;
- список кабельных трасс;
- список стержневых молниеприемников;
- список кабелей.

Расчет ЭМО осуществляется в три этапа: на первом производится расчет сопротивления растеканию заземлителей, на втором — расчет узловых потенциалов и токов, на третьем — расчет полей магнитной напряженности, потенциалов и напряжения шага.

Расчет сопротивления растеканию производится методом коэффициентов использования для каждого заземлителя в отдельности — с учетом расположения и габаритов других заземлителей. Если в проекте есть стержневые молниеприемники, то для каждого из них автоматиче-

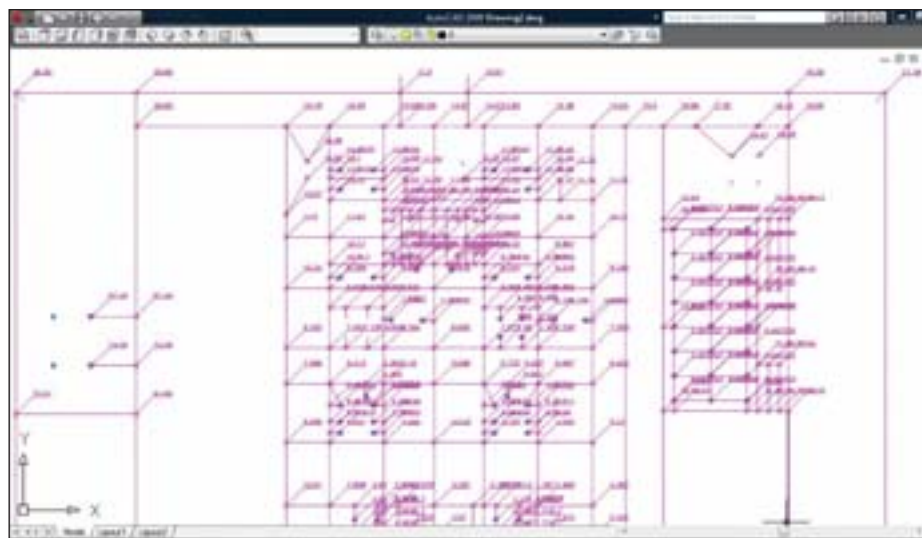


Рис. 3

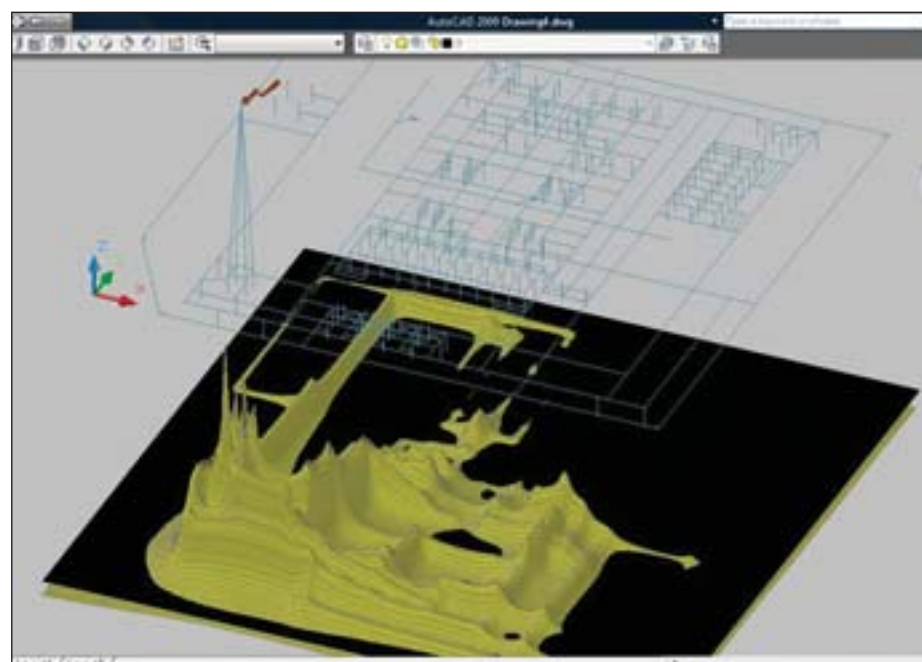


Рис. 4

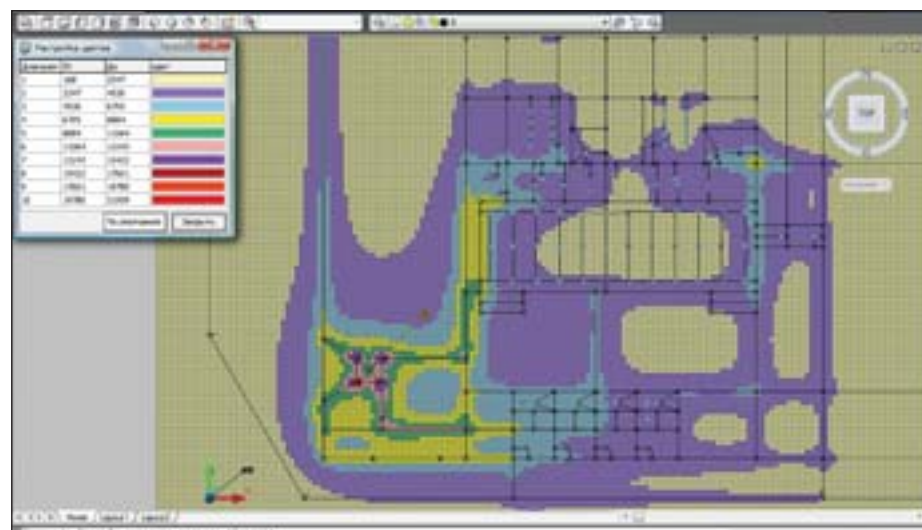


Рис. 5



Рис. 6

ски формируется группа из девяти горизонтальных заземлителей и четырех фундаментов. Для всех заземлителей определяется удельное сопротивление грунта в месте их расположения — с приведением многослойной структуры грунта к двухслойной и с учетом удаления различных точек измерения удельного сопротивления (если их несколько).

Для расчета потенциалов и токов применен метод узловых потенциалов. Расчет производится как для ударов молнии, так и для КЗ.

Напряженность магнитного поля рассчитывается по закону Био-Савара. Расчет выполняется как для полей от заземлителей, так и для полей от токоограничивающих реакторов и шин первичных цепей. Расположение реакторов при этом может быть произвольным, в том числе ступенчатым.

Результаты расчетов полей можно выводить в AutoCAD и в 3D-виде, и как цветное поле, а также в виде изолиний (линий заданного уровня) — последнее особенно удобно при выводе результатов на существующий план объекта с последующим черно-белым тиражированием.

На рис. 1 представлены исходные данные по заземлителям в виде плана, выполненный в AutoCAD. На рис. 2 — исходные данные, загруженные в ElectriCS Storm с плана AutoCAD и возвращенные в AutoCAD уже в 3D-виде, с добавленными стержнем и точкой входа тока. Рис. 3 представляет результаты расчета потенциалов узлов ЗУ, выведенные на план, рис. 4 — результаты расчета магнитного поля в 3D-виде. На рис. 5 результаты расчета магнитного поля показаны как цветное поле. На рис. 6 вы можете видеть результаты расчета магнитного поля в виде изолиний, на рис. 7 — результаты расчета магнитного поля вдоль кабельной трассы, на рис. 8 — результаты расчета поля потенциалов в 3D-виде. Рис. 9

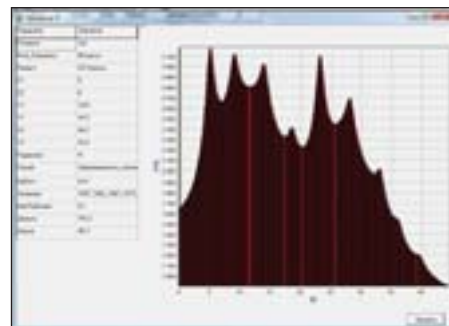


Рис. 7

Общая среда с другими программами серии ElectriCS (ElectriCS 3D, ElectriCS Light) позволяет добиться системного эффекта при их совместном использовании. К примеру, импортировав из ElectriCS 3D в ElectriCS Storm кабельные трассы с разложенными кабелями, можно просчитать поля вдоль всех кабельных трасс и токи в экранах кабелей (реальные и допустимые), а также наведенные напряжения во вторичных цепях.

Расчет заземления подстанций (подсистема РП) производится для подстанций

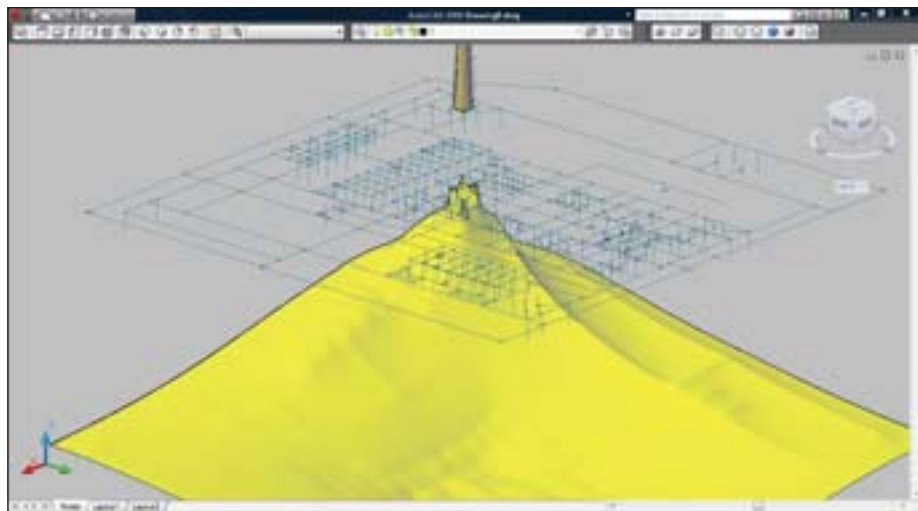


Рис. 8

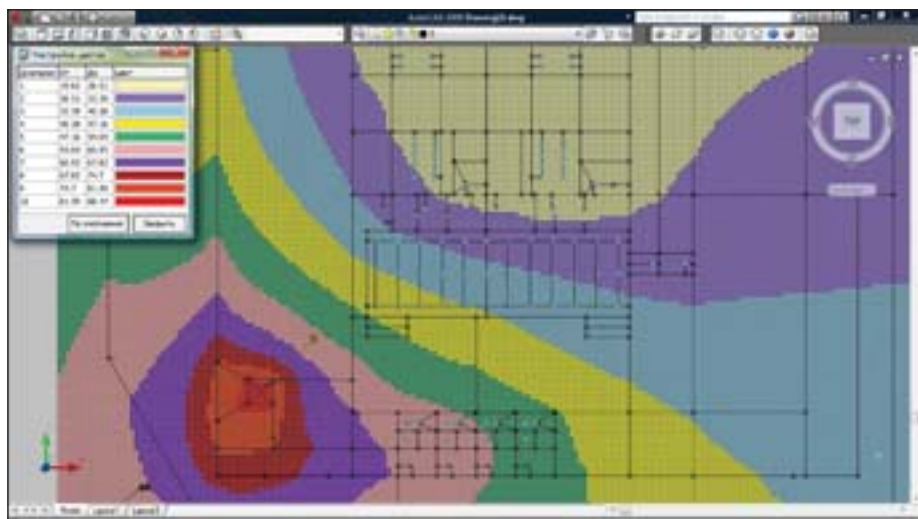


Рис. 9

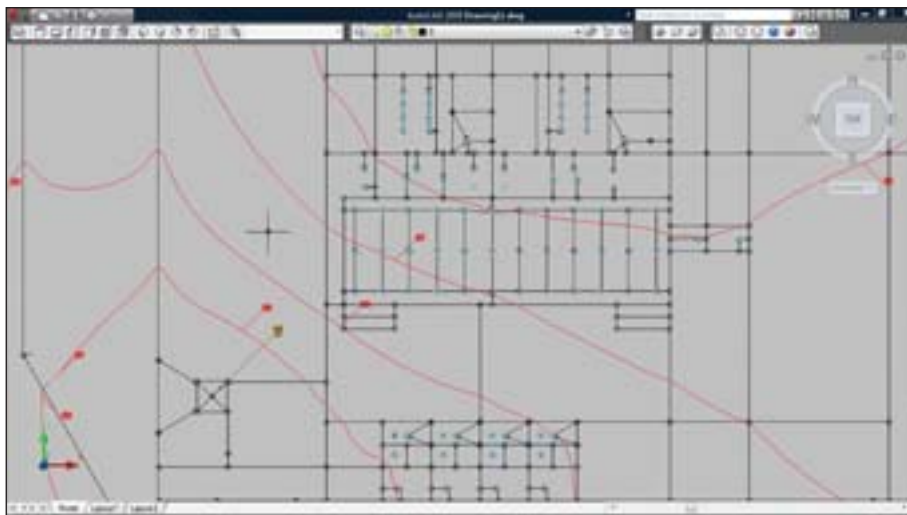


Рис. 10

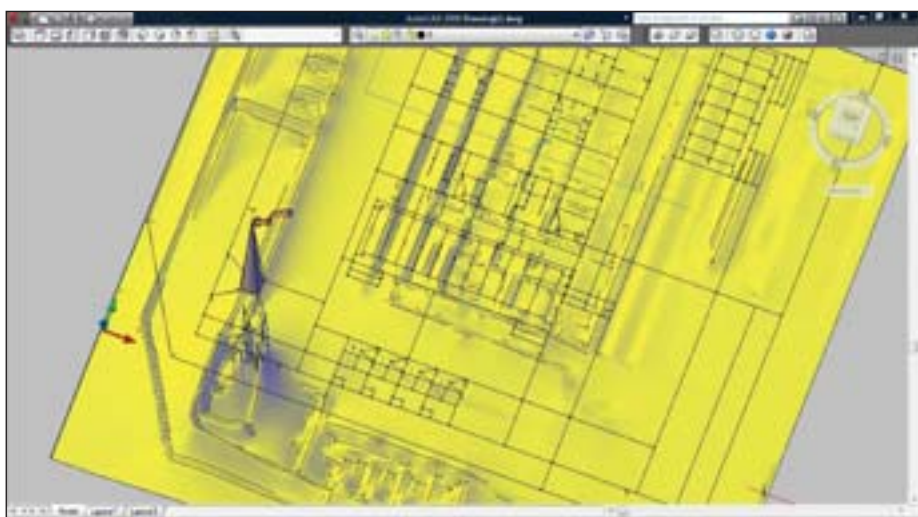


Рис. 11

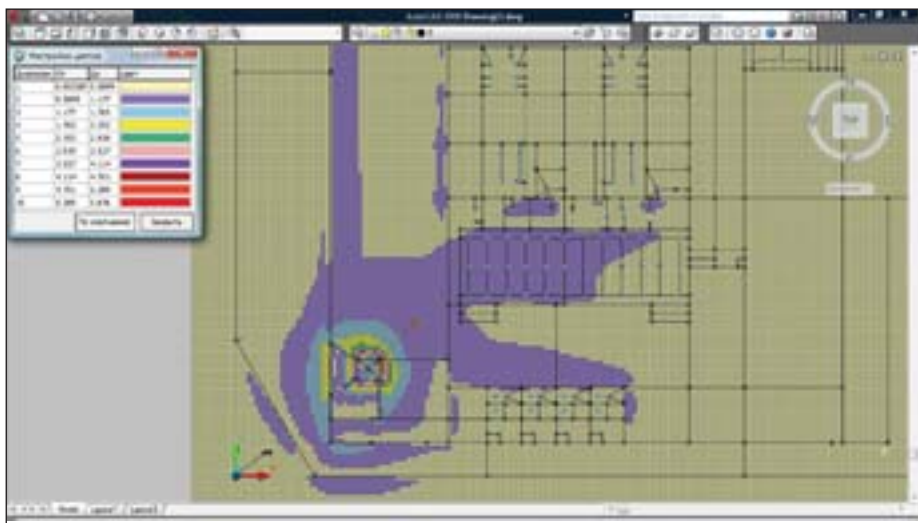


Рис. 12

напряжением 3 кВ и выше, его основной служат "Руководящие материалы по проектированию заземляющих устройств электрических станций и подстанций 3-750 кВ переменного тока" (Энергосетьпроект. – М., 1987 (№ 12740ТМ-Т1).

Расчет производится с одновременной оптимизацией параметров заземляющего устройства, призванной минимизировать расход металла. Оптимизация может производиться:

- по условию допустимого сопротивления растеканию;



Рис. 13

- по условию допустимого напряжения прикосновения (только для подстанций напряжением 110 кВ и выше);
- по условию допустимого сопротивления растеканию и напряжению прикосновения (только для подстанций напряжением 110 кВ и выше).

Помимо выбора оптимальных вариантов выполнения ЗУ решается задача расчета заземлителей при фиксированных значениях его основных параметров. При расчете учитывается влияние естественной проводимости железобетонных стоек под оборудование на величину электрических характеристик заземляющего устройства. Предусмотрена возможность расчета ЗУ ПС напряжением 110 кВ и выше с постоянным и переменным шагом ячеек заземляющей сетки. При расчете ЗУ по допустимому сопротивлению растеканию переменный шаг ячеек сетки принят увеличивающимся от периферии к центру заземляющей сетки.

На рис. 13 приведен пример результатов расчета заземления подстанции по напряжению прикосновения, выведенных в MS Word.

Применение ElectriCS Storm позволяет значительно увеличить производительность труда проектировщиков при выполнении расчета молниезащиты, заземления и ЭМО, а также повысить качество проекта благодаря возможности многовариантного проектирования.

Инструменты расчета электромагнитной обстановки, предлагаемые системой ElectriCS Storm, прошли функциональное тестирование в ОАО "Инженерный центр энергетики Поволжья" филиал "Нижегородскэнергосетьпроект".

Система сертифицирована в части расчета молниезащиты, заземления и электромагнитной обстановки.

Александр Салин

CSoft Иваново

E-mail: salin@ivanovo.csoft.ru