

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В СРЕДЕ



ElectriCS ADT

Агрегативно-декомпозиционная технология (АДТ) решения проектных задач, применяемая в различных программах компании Consistent Software, послужила основой нового программного продукта для решения электротехнических задач — ElectriCS ADT.

Разработчики ElectriCS ADT создали интеллектуальную программу, значительно повышающую производительность труда проектировщика-электрика и качество проектов в части систем электроснабжения. Применение ElectriCS ADT позволяет осуществить комплексную автоматизацию проектной организации в части электротехнического отдела и отдела КИПиА (АСУТП).

Система работает под операционной системой MS Windows XP, 2000, NT, 98 и предназначена для автоматизированного проектирования систем электроснабжения промышленных объектов любой размерности (мелкие объекты и крупные заводы, проекты обустройства месторождений и т.д.).

Решения для реальной жизни

Программный комплекс ElectriCS ADT предназначен для выполнения следующих прикладных задач:

- расчет нагрузок по коэффициентам расчетной мощности (в соответствии с "Указаниями по

расчету электрических нагрузок РТМ 36.18.32.4-92");

- синтез структуры проектируемой системы с выбором оборудования (кабелей, защитных аппаратов — автоматов, блоков НКУ и т.д.) в соответствии с результатами расчета нагрузок и справочной информацией, имеющейся в базе системы;
- автоматическое присвоение проектных позиций элементов (кабелей, блоков НКУ, автоматов и т.д.) в соответствии с правилами, принятыми в отрасли или на конкретном предприятии;
- расчет потерь напряжения в нормальных режимах и при пусках двигателей;
- расчет токов короткого замыкания (в соответствии с ГОСТ 28249-93);
- проверка защитных аппаратов по расчетным и пусковым (пиковым) токам;
- проверка защитных аппаратов по чувствительности (к минимальным токам коротких замыканий);
- проверка селективности защитных аппаратов и построение карт селективности;
- вывод списка кабелей (силовых и контрольных) и потребителей в формате системы ElectriCS 3D для последующей автоматизиро-

ванной раскладки по кабельным конструкциям;

- вывод результатов работы в виде настраиваемых табличных и графических документов.

Программный комплекс ElectriCS ADT реализует "сквозную" концепцию проектирования и включает весь необходимый функционал (проектная документация и расчеты).

Проектная документация, выполняемая средствами ElectriCS ADT, включает комплект документов, регламентированных действующими нормативами и стандартами. Программный комплекс ElectriCS ADT позволяет выпускать следующие документы:

- однолинейные принципиальные схемы питающих и распределительных сетей в традиционном вертикальном (графическом) представлении, причем с изображением в части контроля;
- однолинейные принципиальные схемы питающих и распределительных сетей в горизонтальном (табличном) виде в соответствии с ГОСТ 21.613-88;
- общие виды щитов;
- перечни составных частей к общим видам щитов;
- заказные спецификации оборудования;
- таблицы расчета нагрузок;

- таблицы расчета токов КЗ и потерь напряжения;
- кабельные (кабельно-трубные) журналы.

При выводе документов система ElectriCS ADT использует стандартные форматы файлов: для табличных документов используется Microsoft Word, а графические создаются в AutoCAD 2004 (или R14/2000/2002). Для унификации выходных форматов всех документов имеется встроенный инструмент перевода таблиц Microsoft Word в графический вид в формате DWG AutoCAD.

Агрегативно-декомпозиционная технология ElectriCS ADT

Исходными данными для проектирования систем электроснабжения в среде ElectriCS ADT являются:

- перечень электроприемников (ЭП);
- перечень распределительных устройств (РУ);
- перечень источников питания (ИП);
- перечень секционных выключателей (СВ).

Перечень ЭП обычно поступает от проектировщиков-технологов с указанием основных параметров: мощности, полного имени, проектной позиции (обозначения), режима работы (основной/резервный), координат, типа двигателя, времени пуска двигателя и т.д. Этот перечень может поступать от технологов как в виде привычных бумажных таблиц заданий/опросных листов (при отсутствии комплексной автоматизации), так и в виде файлов, автоматически сформированных в системах

автоматизированного проектирования PLANT-4D (CEA Technology), PDS (Intergraph), PDMS (AVEVA).

К списку ЭП, поступившему из технологического отдела, проектировщик-электрик добавляет информацию о распределении ЭП по РУ, принадлежности к типовой группе ЭП (например, "Вентиляторы"), типе силового кабеля, типе реализации ЭП (например, для электрифицированной задвижки — Б5000, БМ5000, РУСМ5000, Я5000, БОЭ5000, ПР8500 и МП россыпью и т.д.). Пример ввода электроприемников приведен на рис. 1.

Перечни РУ, ИП и СВ формирует проектировщик-электрик. В эти перечни он заносит информацию о проектных позициях, полных именах, координатах, распределении РУ по ИП, типе силового кабеля, типе вводного автомата, мощности трансформатора и т.д.

Следует обратить внимание, что информация о первоначальной структуре задается в параметрическом виде, то есть для ЭП, РУ, ИП, СВ в параметре "Соединение" задается список позиций элементов, к которым они подсоединяются. Так, для ЭП это, как правило, РУ или другой ЭП (при запитывании шлейфом с одного защитного аппарата нескольких ЭП). Для РУ это обычно ИП или другое РУ (при нескольких уровнях сборок НКУ). Для СВ это секции РУ, которые он переключает. На основании этой информации перед выполнением расчета нагрузок автоматически создается начальная структурная модель электрической сети проекта.

Расчет нагрузок производится в соответствии с "Указаниями по расчету электрических нагрузок РТМ 36.18.32.4-92". Все ЭП группируются по типам (задвиги, насосы, освещение и т.д.) и для каждого из них извлекаются из базы системы их коэффициенты использования K_i и $\cos\varphi$. Для ЭП электродвигателей из базы извлекаются также их КПД, кратности пускового тока K_p и $\cos\varphi$.

Расчет выполняется для каждой секции силового шкафа, при этом определяются эффективное число электроприемников N_{Σ} и средневзвешенный коэффициент использования K_i , в зависимости от которых по имеющейся в базе системы таблице находится коэффициент расчетной мощности K_p . Расчетный ток секционного выключателя I_p определяется как максимальный из I_p -секций, которые он переключает. Расчетный ток на вводе силового шкафа с секционным выключателем определяется как сумма токов всех секций. Расчетный ток конкретного ЭП определяется по его мощности, напряжению, КПД и $\cos\varphi$. На рис. 2 приведен пример расчета нагрузок силового шкафа из двух секций, введенный в таблицу MS Word.

Синтез структуры производится на основе имеющегося в базе описания типовых структур. Синтез может производиться как в диалоговом, так и в автоматическом режиме с выбором первого подходящего варианта. В целом синтез (принцип его построения) аналогичен синтезу систем контроля и управления в среде системы AutomatiCS ADT. На рис. 3 приведен пример выбора в

| Позиция | Имя | Мощность | Тип | Координаты | Дополнительно |
|---------|------------|----------|------------|------------|---------------|
| ЭП1 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП2 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП3 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП4 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП5 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП6 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП7 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП8 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП9 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП10 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП11 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП12 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП13 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП14 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП15 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП16 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП17 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП18 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП19 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП20 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП21 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП22 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП23 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП24 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП25 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП26 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП27 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП28 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП29 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП30 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП31 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП32 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП33 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП34 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП35 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП36 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП37 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП38 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП39 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП40 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП41 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП42 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП43 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП44 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП45 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП46 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП47 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП48 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП49 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП50 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП51 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП52 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП53 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП54 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП55 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП56 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП57 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП58 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП59 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП60 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП61 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП62 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП63 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП64 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП65 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП66 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП67 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП68 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП69 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП70 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП71 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП72 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП73 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП74 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП75 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП76 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП77 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП78 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП79 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП80 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП81 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП82 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП83 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП84 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП85 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП86 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП87 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП88 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП89 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП90 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП91 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП92 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП93 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП94 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП95 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП96 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП97 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП98 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП99 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |
| ЭП100 | Вентилятор | 10.0 | Вентилятор | 10.0 | 10.0 |

Рис. 1

Power analysis - Microsoft Word

| Position | Name | Power (W) | Type | Coordinates | Additional | Power (W) | | Power (W) | | Power (W) | | Power (W) | | Power (W) | |
|----------|--------------|-----------|--------------|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| | | | | | | Power (W) | Power (W) | Power (W) | Power (W) | Power (W) | Power (W) | Power (W) | Power (W) | | |
| 1 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 5 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 6 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 7 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 8 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 9 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 10 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 11 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 12 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 13 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 14 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 15 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 16 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 17 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 18 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 19 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 20 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 21 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 22 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 23 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 24 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 25 | Power supply | 100 | Power supply | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

диалоге варианта структуры элемента ЭП. В подокне соответствия параметров варианта требованиям видно, что сфокусированный вариант блока Б5130 не подходит для конкретного ЭП (завдвижки) по отсутствию реверса. Выбранный вариант структуры разворачивается в несколько элементов (например, ЭП — в блок Б5130, силовой кабель, контрольный кабель, кнопку и т.д.), связанных друг с другом в соответствии с описанием в базе. В процессе синтеза выбираются (предлагаются) наиболее подходящие варианты оборудования сети, имеющегося в базе системы: автоматические выключатели выбираются по номинальному току, току уставки расцепителя; кабели — по допустимому току (с учетом условий прокладки и температуры окружающей среды).

В результате синтеза структур первоначальный список ЭП, РУ, ИП и СВ превращается в полную модель проекта, представляющую собой перечень автоматов, предохранителей, силовых и контрольных кабелей, кнопок управления, блоков НКУ, соединительных коробок, трансформаторов, реле и т.д., соединенных в единое целое функциональными связями.

Если запустить на полном списке элементов проекта специальный (настраиваемый) макрос, всем элементам проекта можно присвоить уникальное имя (позицию). Например, силовым кабелям насосов сформировать позицию как символы "Н-" плюс номер насоса. Файл макроса является открытым, при необходимости он позволяет любой организа-

ции индивидуально настроить правило присвоения проектных позиций.

Расчет токов КЗ производится с использованием следующих допущений:

- ток от системы считается неизменным во времени;
- не учитываются подпитки от асинхронных и синхронных двигателей;
- не учитывается изменение тока КЗ из-за нагревания жил протекающим током;
- сопротивления дуги и переходных контактов заданы постоянными величинами.

По справочным данным из базы системы определяются активные и реактивные сопротивления кабелей (в соответствии с типом кабеля), защитных аппаратов, трансформаторов, электрической дуги (при расчете минимального тока КЗ) для прямой, обратной и нулевой последовательностей. На основании этих данных рассчитываются токи КЗ для цепочек от всех ИП до всех ЭП и для всех коммутирующих аппаратов, а также рассчитываются потери напряжения на клеммах всех ЭП.

Результаты расчета можно посмотреть непосредственно в системе проектирования и вывести в таблицу документа MS Word. На рис. 4 приведена таблица с примером результатов расчета токов КЗ и потерь напряжения, отсортированная по кратности тока замыкания к уставке защитного аппарата ЭП.

Для построения карт селективности, а также для проверок защитных аппаратов по условиям отстройки от пусковых токов используются вре-

мя-токовые характеристики защитных аппаратов, которые находятся в базе системы. На картах селективности расчетные и пусковые (пиковые) токи выводятся красным цветом, характеристики защитных аппаратов — синим, токи КЗ — зеленым.

Проверка защитных аппаратов по номинальным токам, условиям отстройки от пиковых токов и по условиям селективности осуществляется для всех цепочек от ЭП до ИП. При этом пиковый ток определяется как расчетный ток РУ минус расчетный ток и плюс пусковой ток ЭП из этой цепочки.

При запуске проверки на экран выдаются диагностические сообщения о нарушенных условиях. Эти сообщения записываются в специализированный файл протокола диагностики.

Проверка защитных аппаратов по пусковым (пиковым) токам состоит в проверке на предмет отсутствия пересечения пикового тока с характеристикой защитного аппарата. На рис. 5 представлена карта селективности цепочки, диагностика по которой показала, что защитный аппарат ЭП не отстроен от пиковых токов. Видно, что линия пускового тока немного заходит на нижнюю кривую срабатывания автомата. Очевидно, что в этом случае необходимо на одну ступень увеличить уставку автомата ЭП, что с необходимым запасом обеспечит условие несрабатывания защитного аппарата.

Проверка защитных аппаратов по селективности заключается в проверке на отсутствие пересечения линий характеристик срабатывания

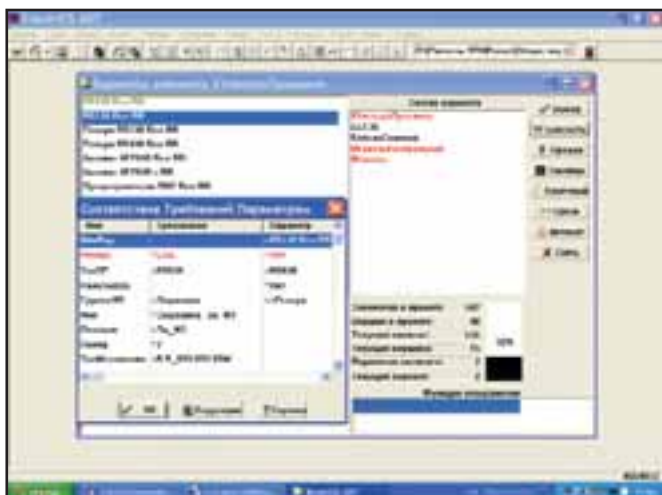


Рис. 3

| Наименование | Тип | Ток КЗ | Потери напряжения | Кратность тока замыкания к уставке |
|----------------------------|-----|--------|-------------------|------------------------------------|
| Автоматический выключатель | В | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Силовой кабель | К | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Контрольный кабель | К | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Кнопка | К | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Блок НКУ | Б | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Трансформатор | Т | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Реле | Р | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Соединительная коробка | С | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Силовой кабель | К | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Контрольный кабель | К | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Кнопка | К | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Блок НКУ | Б | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Трансформатор | Т | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Реле | Р | 1000 | 0.05 | 1.0 |
| Соединительная коробка | С | 1000 | 0.05 | 1.0 |

Рис. 4

защитных аппаратов на смежных защищаемых участках. На рис. 6 показана карта селективности цепочки, диагностика по которой показала, что секционный и вводной автоматы не проходят по условию селективности. Видно, что верхняя линия характеристики срабатывания секционного автомата заходит на нижнюю линию характеристики срабатывания вводного автомата.

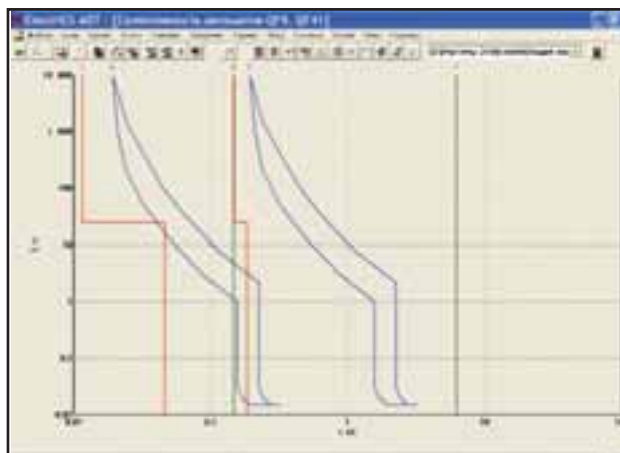


Рис. 5

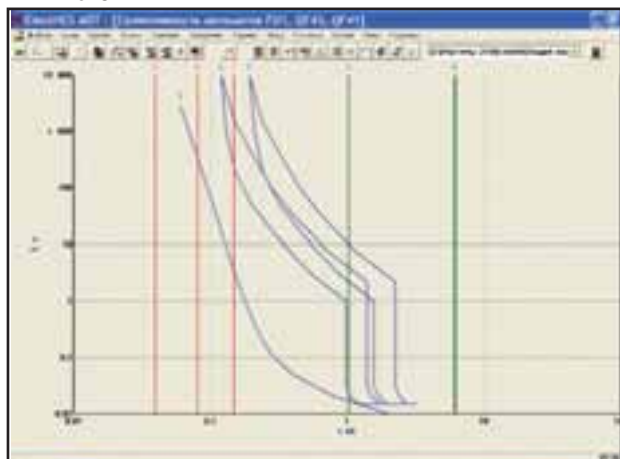


Рис. 6

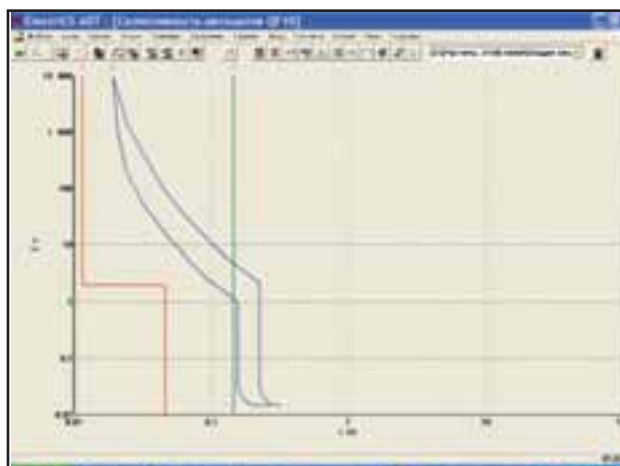


Рис. 7

Очевидно, что в этом случае необходимо на одну или две ступени увеличить уставку по времени срабатывания вводного автомата (возможно, придется изменить типы аппаратов).

Проверка защитных аппаратов по чувствительности заключается в проверке на способность мгновенно отключить минимальный ток КЗ. На рис. 7 представлена карта селективности автомата, диагностика по которому показала, что он не проходит по чувствительности. Ток КЗ находится левее зоны работы электромагнитного расцепителя. Очевидно, что в этом случае требуется увеличить сечение кабеля к данному ЭП. Необходимую величину сечения кабеля легко определить простым подбором. Если же решение получается "неразумным" (к примеру, для двигателя мощностью 1-2 кВт требуется кабель с сечением жилы 95 мм² или больше), то, возможно, следует изменить схему и повторить расчет.

Когда модель проекта проходит по всем условиям, можно приступить к ее документированию.

Вывод графических документов в

AutoCAD и табличных в Word осуществляется так же как в системе AutomatiCS ADT. Основу графического документирования составляют так называемые графические фреймы, которые отличаются от обычных блоков AutoCAD тем, что у них есть, во-первых, слоты (окна под переменную информацию из модели проекта), а во-вторых, информация о привязке к узлу модели проекта. Привязка к узлам (спискам элементов) модели проекта используется для автоматического поиска и активации фрейма (активация фрейма заключается в заполнении его слотов текстовой и графической информацией из модели проекта). Графический фрейм может документировать сразу несколько элементов модели проекта (автомат, кабель, ЭП и т.д.). Документировать графическими фреймами можно как по отдельности, так и группами — для этого в состав фрейма может входить так называемый шлюз: точка автоматического подсоединения следующего графического фрейма (его привязочной точки).

Использование графических и табличных фреймов позволяет настраиваться на любую форму выходных документов.

На рис. 8 изображен фрагмент однолинейной принципиальной схемы графической формы. Красные прямоугольники на этом рисунке — слоты, которые гасятся при выводе на печать (или просто отключаются их слой). На рис. 9 приведен фрагмент этой же схемы в табличной форме (в среде AutoCAD). На рис. 10 — фрагмент общего вида панели без проставленных размеров; на рис. 11 изображен фрагмент перечня составных частей для предыдущего общего



Рис. 8



Рис. 9

вида панели (отдельно для каждой панели). Можно оставить его в виде документа Word или конвертировать в AutoCAD на лист общего вида. На рис. 12 показан фрагмент общей заказной спецификации сразу на все панели.

Кабели (силовые и контрольные) и потребители, которые они соединяют, можно передать в систему ElectriCS 3D для автоматизированной раскладки по кабельным конструкциям или выдать в форме кабель-

ного журнала (без результатов трассировки кабелей).

Заключение

Применение ElectriCS ADT позволяет повысить производительность труда проектировщика-электрика и качество проектов в части проектирования систем электропитания. Использование системы совместно с другими проектирующими системами этой среды — AutomatiCS ADT (автоматизированное проектирование систем контро-

ля и управления), ElectriCS 3D (автоматизированная раскладка силовых и контрольных кабелей, расчет молниезащит), ElectriCS Light (светотехнические расчеты с выходом на световую электрику) — позволяет осуществить комплексную автоматизацию проектной организации в части электротехнического отдела и отдела КИПиА (АСУТП). Помимо получения системного эффекта (повышение производительности труда, качества проектов), применение единой среды позволяет значительно снизить издержки на внедрение и эксплуатацию системы, в том числе на обучение персонала.

Александр Салин,
Николай Ильичев,
Александр Шемякин,
Вячеслав Серов
Ивановский государственный
энергетический университет,
АО "Зарубежэнергопроект"
По вопросам приобретения
обращаться:
Consistent Software
Тел.: (095) 913-2222
E-mail: sales@csoft.ru

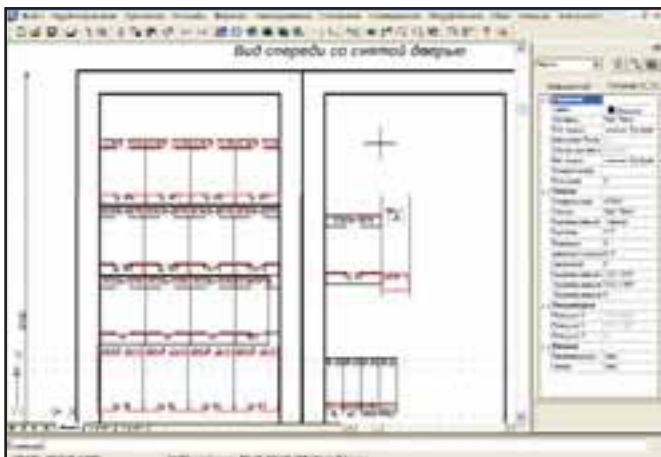


Рис. 10

| № | Наименование | Единица измерения | Количество | Примечание |
|----|----------------------------|-------------------|------------|------------|
| 1 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 2 | |
| 2 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 10 | |
| 3 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 5 | |
| 4 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 5 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 6 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 2 | |
| 7 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 8 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 9 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 10 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 11 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 12 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 2 | |

Рис. 11

| № | Наименование | Единица измерения | Количество | Примечание |
|----|----------------------------|-------------------|------------|------------|
| 1 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 2 | |
| 2 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 10 | |
| 3 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 5 | |
| 4 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 5 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 6 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 2 | |
| 7 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 8 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 9 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 10 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 11 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 12 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 2 | |

Рис. 12

| № | Наименование | Единица измерения | Количество | Примечание |
|----|----------------------------|-------------------|------------|------------|
| 1 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 2 | |
| 2 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 10 | |
| 3 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 5 | |
| 4 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 5 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 6 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 2 | |
| 7 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 8 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 9 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 10 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 11 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 1 | |
| 12 | Кабель силовой 3х0,6/1-0,6 | м | 2 | |

Рис. 13