

## НОВАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ EnergyCS ЭЛЕКТРИКА

При проектировании систем электроснабжения возникает целый ряд взаимосвязанных задач по определению электрических нагрузок элементов электрической сети, расчету токов короткого замыкания, выбору электротехнического оборудования и расчету различных режимов его работы. В связи с тем что распределительные сети низкого и среднего напряжения работают, как правило, в разомкнутом режиме, расчет такой сети обычно не является сложной математической задачей, однако ее приходится решать многократно и для большого числа элементов. При этом часто следует учитывать сложные физические процессы, приближенное моделирование которых при ручных расчетах связано с большими трудозатратами и дает значительную погрешность.

EnergyCS Электрика изначально разрабатывалась под задачи проектирования систем собственных нужд станций и подстанций. Программа позволяет решать большой круг задач с минимальными затратами времени и сил, при этом повышается качество выходной документации. В последней версии программы EnergyCS Электрика реализован расчет сетей постоянного тока, питающихся от аккумуляторной батареи (АБ). В нормальных режимах работы питание потребителей системы собственных нужд осуществляется от сети переменного тока, а в аварийных режимах — от

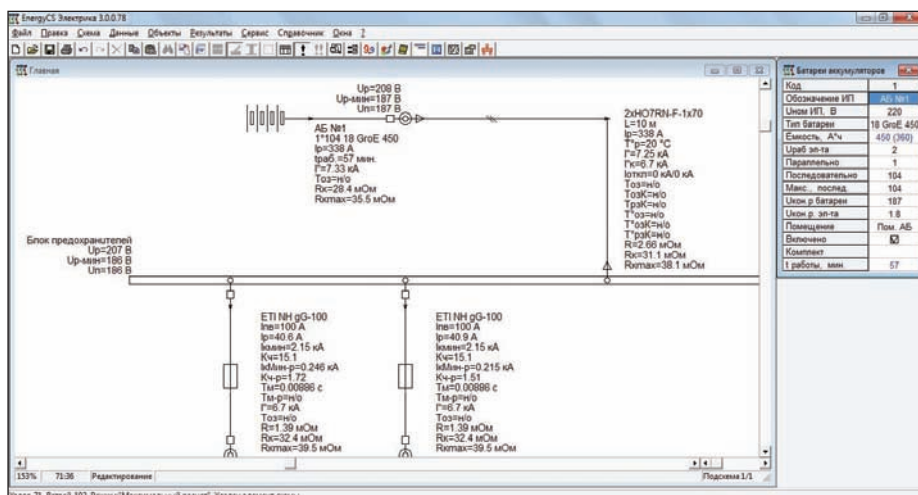


Рис. 1. EnergyCS Электрика. Расчет сетей постоянного тока

Код	1
Обозначение ИП	АБ №1
Уном ИП, В	220
Тип батареи	18 GroE 450
Емкость, А·ч	450 (360)
Ураб зп-та	2
Последовательно	1
Минс. послед	104
Уном р. батареи	187
Уном р. зп-та	1.8
Помещение	Пом. АБ
Выключено	53
Комплект	
t работы, мин	57

Рис. 2. Таблица объектов для аккумуляторных батарей

сети постоянного тока с использованием аккумуляторных батарей и инвертеров. На рис. 1 представлен фрагмент сети постоянного тока, питающейся от аккумуляторной батареи.

Аккумуляторные батареи являются источником питания, поэтому для расчета сетей, питаемых от АБ, прежде всего, не-

обходимо определить их как источник питания, то есть "подключить" к источнику питания типа "АБ". Процедура подключения (ассоциации) объекта аналогична подключению объекта "Система". Для этого в поле *Обозначение* следует ввести АБ или выбрать источник питания, который будет ассоциирован с данной АБ. Расчетные параметры АБ зависят от множества факторов, вычисление этих параметров для каждого конкретного расчета производится на основании исходных данных. Таблица описания АБ, представленная на рис. 2, содержит необходимые поля для моделирования объекта.

Справочник "EnergyCA-SPR"							
Аккумуляторные батареи (АБ)							
№	Тип батареи	Емкость А*ч	Емк В	Ран. уд. мОм*А*ч	Ран. мОм	Коэфф-т старения	Характеристика батареи
49	12 GroE 300	300	2.07	45	0	0.8	GroE 75-450
50	13 GroE 325	325	2.07	47.1	0	0.8	GroE 75-450
51	14 GroE 350	350	2.07	49	0	0.8	GroE 75-450
52	15 GroE 375	375	2.07	51.8	0	0.8	GroE 75-450
53	16 GroE 400	400	2.07	54	0	0.8	GroE 75-450
54	17 GroE 425	425	2.07	56.5	0	0.8	GroE 75-450
55	18 GroE 450	450	2.07	59.4	0	0.8	GroE 75-450
56	5 GroE 500	500	2.07	85	0	0.8	GroE 500-2600
57	6 GroE 600	600	2.07	90	0	0.8	GroE 500-2600

Рис. 3. Справочник аккумуляторных батарей

Справочник "EnergyCA-SPR"							
Характеристики групп АБ							
№	Тип	Характеристики	Разрядные характеристики	Температурные зависимости	Краз.Е о.е.	Краз.Р о.е.	Код
202	Характеристики для GFMJ-300	-Есть-	-Есть-	0.965	1.41	23	
203	Характеристики для GFMJ-350	-Есть-	-Есть-	0.965	1.41	24	
204	Характеристики для GFMJ-420	-Есть-	-Есть-	0.965	1.41	25	
205	Для GFMJ (OPzV)	-Есть-	-Есть-	0.965	1.41	205	
206	Характеристики для GFMJ-600	-Есть-	-Есть-	0.965	1.41	27	

Разрядные характеристики "Для GFMJ (OPzV)"											
Время указывается в о.е. от емкости АБ											
Время указывается в поровую воорастии											
Время разряда, мин.	Конечное напряжение (Вопыт)	dT1 мин	dT2 мин	dT3 мин	dT4 мин	dT5 мин	dT6 мин	dT7 мин	dT8 мин	dT9 мин	dT10 мин
1)Ток разряда, о.е.	1.9	0.7	0.55	0.38	0.31	0.25	0.19	0.17	0	0	0
2)Ток разряда, о.е.	1.8	0.9	0.7	0.5	0.4	0.32	0.25	0.2	0	0	0
3)Ток разряда, о.е.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4)Ток разряда, о.е.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5)Ток разряда, о.е.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6)Ток разряда, о.е.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7)Ток разряда, о.е.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8)Ток разряда, о.е.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 4. Справочник "Характеристики АБ" и "Разрядные характеристики"

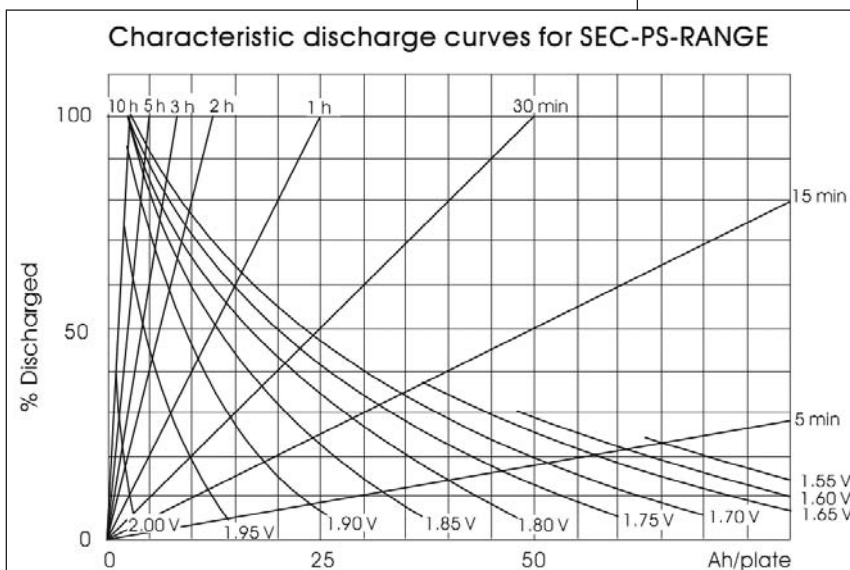


Рис. 5. Разрядные характеристики в каталогах производителей АБ

В эту таблицу вводятся обозначение источника питания, его номинальное напряжение, вручную или с помощью инструмента автоматизированного выбора АБ из справочника выбирается необходимый тип аккумуляторной батареи. Под типом АБ указывается емкость новой батареи с учетом ее старения. Изменение емкости батареи к концу срока эксплуатации задается коэффициентом старения. Эти параметры необходимы для определения максимальных и минимальных токов КЗ. В таблице указывается рабочее напряжение, которое приходится на один элемент аккумуляторной батареи и используется для расчета нормального режима работы по напряжениям. В это поле заносится напряжение в режиме заряда АБ для проверки сети на допустимость по максимальным напряжениям. Аккумуляторная установка состоит из элементов, которые можно подсоединять как последовательно, так и параллельно, количество этих элементов также указывается в таблице. Оценка времени работы от аккумуляторной батареи выполняется на основе определением расчетной нагрузки с использованием разрядных характеристик, поставляемых в качестве каталожных или паспортных данных аккумуляторных бата-

рей. Для правильного моделирования аккумуляторной батареи необходимо корректно ввести справочные данные. В программу внедрен справочник "Аккумуляторные батареи", внешний вид его таблицы представлен на рис. 3, а также справочник "Характеристики АБ", внешний вид таблицы которого представлен на рис. 4. В справочнике аккумуляторных батарей хранится минимально необходимый набор данных для проведения всех видов расчетов. В таблице указывается емкость новой батареи в А\*ч, эквивалентная ЭДС элемента АБ. Внутреннее удельное сопротивление элемента указывается в мОм\*А\*ч, хотя производители, как правило, указывают его в мОм. Ошиновка аккумуляторной батареи также имеет сопротивление. Если известно его значение, то его необходимо ввести в справочник в мОм. Коэффициент старения показывает отношение емкости старой батареи к емкости новой. В справочнике имеется ссылка на набор разрядных и температурных характеристик. Как правило, производители аккумуляторных батарей указывают в таблице разрядные характеристики для каждой аккумуляторной батареи и для разных конечных напряжений, а также прилагают кривые разряда АБ, их вид показан на рис. 5.

Температурные зависимости "Для GFMJ (OPzV)"									
OK	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Температура, °C	-20	-10	0	10	20	25	30	40	50
Емкость, о.е.	0.58	0.72	0.82	0.9	0.98	1	1.02	1.08	1.09
Расчетная ЭДС, о.е.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ранутр., о.е.	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 6. Справочник температурных зависимостей

В EnergyCS Электрика все характеристики АБ хранятся в относительных единицах, что позволяет ассоциировать одни и те же характеристики сразу с множеством конкретных моделей АБ. В справочник разрядных характеристик вводятся время и ток разряда для заданного напряжения. Характеристики АБ изменяются в зависимости от температуры окружающей среды и режима работы. В программе имеется таблица, показывающая изменения параметров АБ в зависимости от температуры окружающей среды. Вид таблицы представлен на рис. 6. Как правило, производители в своих каталогах не приводят подобные зависимости, тогда в справочник ничего не нужно вводить, программа примет характеристики аккумуляторной батареи типа СК-1, которые прошиты в программе. EnergyCS Электрика ориентирована и на проектирование новых, и на анализ существующих объектов. При увеличении числа электроприемников на промышленном объекте необходимо оценить, подходит ли существующая аккумуляторная батарея для новых условий и режимов эксплуатации. Пользователям EnergyCS Электрика не составит труда выполнить такой расчет. Достаточно сформировать модель существующей сети, выбрать типы кабелей, автоматических выключателей, предохранителей и другого оборудования из справочника программы, указать длины и условия прокладки кабелей — при этом сопротивления объектов рассчитаются автоматически. Также следует выбрать (ука-



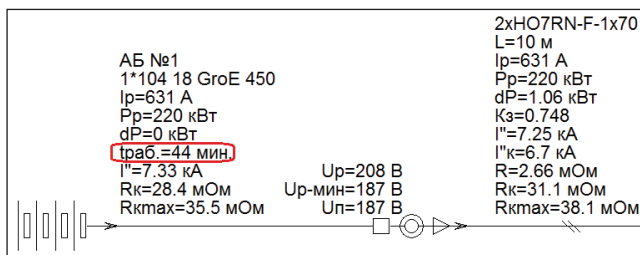


Рис. 7. Пример расчета сети постоянного тока

Параметры автоматизированного выбора АБ	
Закреть	
Время автономной работы от АБ, мин.	60
Метод определения количества последовательных элементов	По Umin
Допустимое максимальное напряжение на шинах АБ, %	105
Допустимое минимальное напряжение на шинах АБ, %	80
Максимальное напряжение на элементе АБ (в режиме заряда), В	2.23
Толчковая нагрузка в конце аварийного режима	<input checked="" type="checkbox"/>
Использование устройства стабилизации напряжения (УСТП)	<input type="checkbox"/>
Среднее напряжение на элементе АБ для расчета УСТП, В (0=Уклон.)	Уклон. разр.
Выходное напряжение стабилизатора, В	230
Потери стабилизатора, %	5

Рис. 8. Параметры автоматизированного выбора АБ

Батареи аккумуляторов	
Код	1
Обозначение ИП	АБ №1
Уном ИП, В	220
Тип	Аккумуляторный
Емкость	Аккумуляторный
Управление	Управление
Параллельно	1
Последовательно	104
Макс. послед.	104
Уклон р. батареи	187
Уклон р. эл-та	1.8
Помещение	Пом. АБ
Включено	<input checked="" type="checkbox"/>
Комплект	
т работы, мин.	44

Рис. 9. Автоматизированный выбор АБ

Подбор аккумуляторной батареи									
№	Код	Наименование АБ	Q, А*ч	Qост, А*ч	Uзар, В	Uмин, В	Элементов параллельно	Элементов последовательно	Расчетное экв. время работы, мин.
303	21	20 OPzS-2500	2500	2000	212	1.87	178	1	54
304	20	16 OPzS-2000	2000	1600	219	1.8	176	1	59
305	19	15 OPzS-1875	1875	1500	223	1.76	176	1	60
306	18	13 OPzS-1700	1700	1360	230	1.72	177	1	61
307	37	GFMJ-2000	2000	1600	219	1.8	176	1	244

Рис. 10. Подбор аккумуляторной батареи

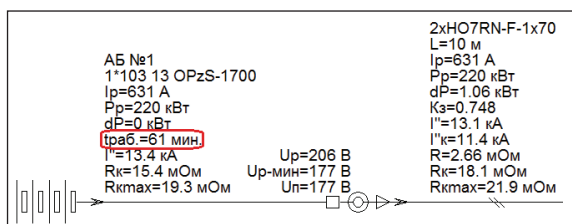


Рис. 11. Результаты расчета с новой АБ

зать) тип аккумуляторной батареи, ввести параметры электроприемников, номинальные и пусковые токи. Когда модель будет собрана, расчет произойдет моментально и на схеме отобразятся результаты расчета, по которым инженер будет принимать проектные решения. На рис. 7 видно, что в таком режиме время работы аккумуляторной батареи составляет 44 минуты, а необходимо 60 минут. Можно сделать вывод, что по продолжительности гарантированного питания эта батарея не подходит, принимаем решение поменять тип батареи на более подходящий.

В программе реализован мощный механизм автоматизированного выбора аккумуляторной батареи: программа производит автоматический подбор количества последовательных и параллельных элементов АБ по условиям, которые определяются в специальной таблице, вид которой представлен на рис. 8. В этой таблице задаются время автономной работы от АБ, допустимые максимальные и минимальные напряжения на шинах АБ, наличие толковой нагрузки в конце разряда, наличие и параметры стабилизаторов напряжения.

Для рассматриваемого примера необходимо произвести автоматизированный выбор АБ из таблицы объектов АБ, представленной на рис. 9.

Аккумуляторные батареи, которые не подходят по заданным условиям, подсвечиваются красным цветом, подходящие АБ подсвечиваются черным цветом. На рис. 10 видно, что АБ "15 OPzS-1875" не подходит по заданным условиям и поэтому подсвечена красным цветом.

Из всего многообразия аккумуляторных батарей следует выбрать наиболее подходящую и с технической, и с экономической точки зрения. Этот выбор остается за инженером.

После выбора подходящей АБ необходимо повторить расчет и произвести анализ результатов для принятия решения. На рис. 11 видно, что время работы АБ — 61 минута.

Системы собственных нужд состоят из комплекса различных параллельно работающих источников, таких как система, аккумуляторная батарея, генераторы постоянного тока и статические преобразователи. В нормальных режимах работы аккумуляторная батарея является потребителем, работая в режиме постоянного подзаряда, при возникновении аварийной ситуации она становится источником питания. На данном этапе развития программы возможен отдельный расчет сети постоянного и переменного тока. Мы стремимся к тому, чтобы реализовать расчет, позволяющий учитывать объекты сети постоянного и переменного тока в одной модели. В программе появились такие объекты, как выпрямитель и инвертор, позволяющие стыковать сети постоянного и переменного тока. Их можно добавить на схему, но необходимо отключить, так как их функционал пока что не реализован.

Программный комплекс EnergyCS Электрика позволяет получать комплект выходных документов. Это расчетные таблицы, таблицы, подтверждающие правильность выбора автоматических выключателей и кабелей, кабельные журналы. Программа позволяет получать

результаты расчетов по любому выбранному объекту. Результаты расчетов могут документироваться и в текстовом формате в MS Word с использованием шаблонов, и в графической форме, расчетная схема может быть передана в AutoCAD или nanoCAD. В новой версии программы внедрен механизм автоматического формирования однолинейной схемы любого узла в AutoCAD или nanoCAD с использованием шаблонов.

Предварительно необходимо открыть файл-шаблон в CAD-системе, в котором имеются блоки с необходимыми атрибутами для автоматического заполнения программой. Атрибуты в блоки можно добавлять самостоятельно и выводить из программы те параметры, которые необходимы, и размещать их в нужных местах. Файл-шаблон для создания однолинейных схем, который включен в стандартную поставку программы, включает автоматические выключатели, кабели и электроприемники со собственными им параметрами, в таблице под схемой выводятся марки кабеля, длина, расчетный ток и мощность. Все имена атрибутов, которым свойственны расчетные параметры в программе EnergyCS Электрика, описаны в Руководстве пользователя. Каждый пользователь без труда сможет отредактировать шаблон под свои требования.

Файл-шаблон также имеет рамку, формат которой можно выбрать после создания однолинейной схемы, — формат, который вмещает всю схему. По умолчанию используется формат А4. Для его изменения необходимо выделить рамку, в левом нижнем углу найти маркер

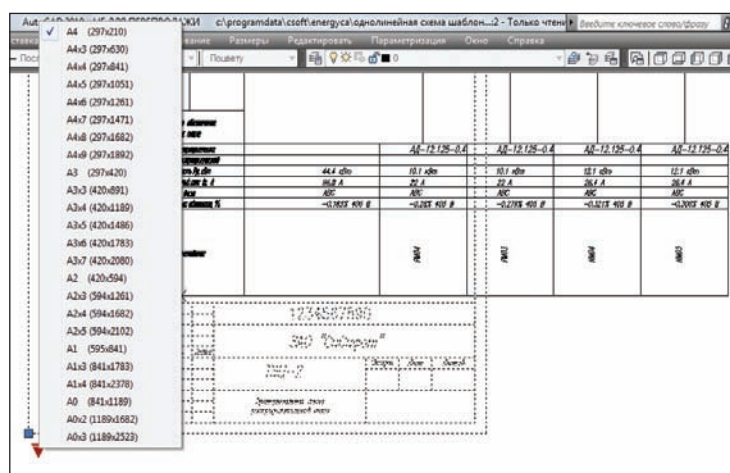


Рис. 12. Выбор формата рамки

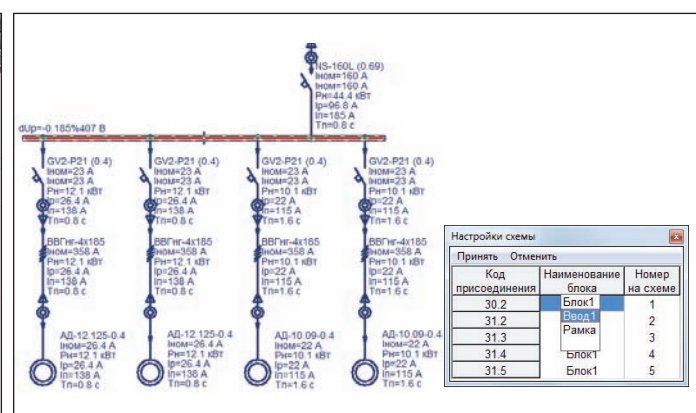


Рис. 13. Фрагмент расчетной схемы для передачи в CAD-систему

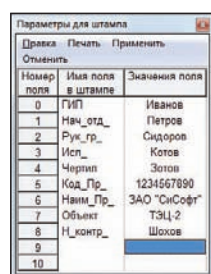


Рис. 14. Параметры для штампа

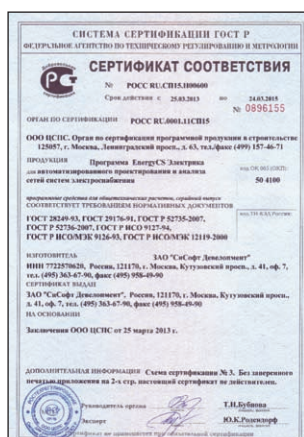


Рис. 16. Сертификат соответствия

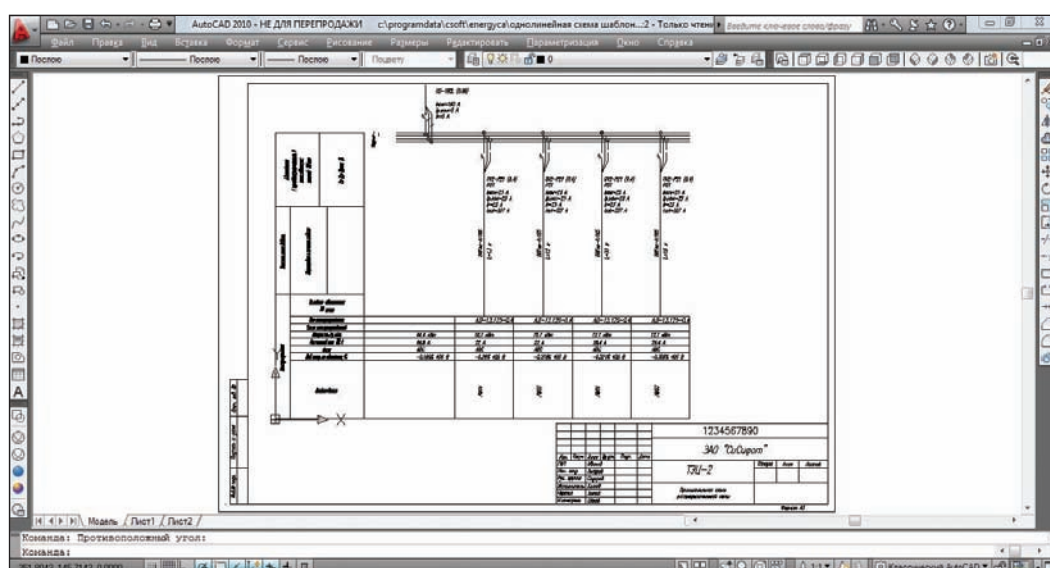


Рис. 15. Автоматически созданная однолинейная схема

треугольник, щелкнуть на нем левой кнопкой мыши — появится меню с возможными форматами, и выбрать подходящий. Вид такого шаблона представлен на рис. 12.

Для создания однолинейной схемы следует выделить узел, для которого нужно создать схему, и вызвать команду *Схема однолинейная*. Программа считает доступные блоки в файле-шаблоне, формирует таблицу, в которой необходимо определить блоки для каждой ветви, например, для вводного автомата определить блок "Ввод1", а для отходящих линий — "Блок1", затем нажать кнопку *Применить*. Схема и внешний вид таблицы представлены на рис. 13.

Программа также способна автоматически заполнять поля штампа шаблона, это происходит в выводимой на экран таблице, представленной на рис. 14. После заполнения всех таблиц в CAD-системе будет создана однолинейная схема, представленная на рис. 15. Программа является лишь инструментом, позволяющим выполнять задачи проектирования максимально быстро и качественно, многие процессы автоматизированы, программа предлагает варианты решения задач, но необходимо помнить, что последнее слово всегда остается за проектировщиком. Эта САПР постоянно развивается, добавляются новые функции и возможности, необходимые специалистам в их работе. EnergyCS Электрика имеет сертификат соответствия требованиям нормативных документов (ГОСТ 28249-93, ГОСТ 29176-91, ГОСТ 52735-2007, ГОСТ

52736-2007 и др.). Сертификат представлен на рис. 16. Область применения программы EnergyCS Электрика очень широка. Это проектирование распределительных сетей промышленных предприятий, систем собственных нужд электрических станций и подстанций. Программа может пригодиться при разработке технических условий на подключение новых потребителей к существующим источникам питания, для оперативного контроля и анализа возможных режимов существующих электрических сетей переменного и постоянного тока.

**Николай Ильичев,**  
главный специалист CSoft Иваново  
**Александр Вермаховский,**  
специалист CSoft Иваново  
Тел.: (4932) 26-9655  
E-mail: [ilichev@ivanovo.csoft.ru](mailto:ilichev@ivanovo.csoft.ru),  
[a.vermahovsky@ivanovo.csoft.ru](mailto:a.vermahovsky@ivanovo.csoft.ru)