



## Расчеты распределительных сетей постоянного и переменного тока с использованием программного комплекса **EnergyCS Электрика**

### Введение

Проектирование распределительных сетей постоянного и переменного тока предполагает решение ряда взаимосвязанных задач, которые в случае сложных промышленных объектов могут выполняться разными группами специалистов. Для системы электроснабжения процесс проектирования состоит из следующих этапов:

1. Определение электрических нагрузок с учетом режимов работы и пространственного размещения потребителей электрической энергии. На этом этапе выполняется предварительная разработка структуры сети, оценивается необходимое число источников питания и трансформаторов, осуществляется предварительное распределение потребителей по уровням, определяется предварительный состав электротехнического оборудования сети.
2. Разработка конфигурации схемы распределительной сети. Этап включает решение задач, связанных:
  - с определением расчетных нагрузок элементов;
  - с потерями напряжения в нормальных режимах, при пусках и самозапущах, а также с уровнями максимальных токов короткого замыкания (КЗ) для проверки стойкости оборудования;
  - с уровнями минимальных токов КЗ для проверки чувствительности защитных аппаратов.

Кроме того, осуществляется выбор основного оборудования по номинальным токам, по стойкости токам КЗ, по потерям напряжения. Таким образом,

решается комплекс вопросов, касающихся функционального аспекта сети, а также предварительного размещения распределительных устройств в пространстве зданий и сооружений.

3. Выбор основного оборудования сети с учетом его конструктивного исполнения конкретным заводом-изготовителем. На этом этапе осуществляется выбор блоков управления и шкафов распределительных устройств с учетом задач, сформулированных при проектировании основного технологического процесса и в соответствии с принятой схемой распределительной сети. Случается, что проектная организация лишь готовит задание заводу-изготовителю, специалисты которого и решают данную задачу в полном объеме. При выборе стандартных блоков может оказаться, что решения, принятые на предыдущем этапе, реализовать невозможно. В этом случае понадобятся уточнения конфигурации схем и, соответственно, повторные расчеты.

4. Размещение основного оборудования в пространстве помещений и определение кабельных трасс. Этот этап может выполняться параллельно с перечисленными выше в составе задачи размещения технологического оборудования. Кабельные трассы намечаются на ранних стадиях проектирования. При размещении технологического оборудования также предусматривается место для распределительных устройств и устройств управления. Вопросы окончательного размещения электротехнического оборудо-

вания решаются после размещения технологического оборудования и выбора состава распределительных устройств.

5. Раскладка кабелей по трассам. При проектировании энергетических объектов раскладка силовых, контрольных кабелей и кабелей связи по трассам производится, как правило, за одну операцию после окончательного выбора и размещения технологического и электротехнического оборудования, выполнения проекта АСУТП, систем пожарной безопасности, системы охранной сигнализации, системы часофикации и т.п.
6. Формирование заказных спецификаций на электрическое оборудование и кабели. Как правило, этот этап должен выполняться по завершении выбора оборудования и кабельной раскладки, однако в современных условиях для сокращения общих сроков сооружения сложных промышленных объектов и обеспечения заказа оборудования заказные спецификации приходится выпускать на ранних стадиях проектирования, а затем многократно их уточнять.

### Сети постоянного тока

Для обеспечения надежного электроснабжения особо ответственных потребителей собственных нужд ТЭС и в особенности АЭС широко используются системы гарантированного питания с аккумуляторными батареями (АБ). При этом для ответственных механизмов могут использоваться как приводы постоянного тока, так и приводы пере-

менного тока с инверторами. В последнем случае используются схемы, где в нормальных режимах осуществляется питание от сети переменного тока, а в аварийных — питание от сети постоянного тока с использованием аккумуляторных батарей и инверторов.

При проектировании сетей таких установок необходимо иметь возможность описывать в одной модели сеть как переменного, так и постоянного тока с предусмотренным переключением питания от штатной сети к резервному источнику на аккумуляторных батареях.

Расчет подобной модели можно выполнить с использованием программного комплекса **EnergyCS Электрика**, в новой версии которого имеются как модули расчета сетей переменного тока, так и специфические модули для анализа сетей постоянного тока, а также гибридных сетей постоянного и переменного тока.

Кроме решения задач, перечисленных выше, при проектировании электрических сетей с возможностью питания от аккумуляторных батарей необходимо произвести следующие расчеты:

- определение расчетных нагрузок потребителей сети постоянного тока;
- выбор аккумуляторных батарей по времени необходимого гарантированного питания;
- согласование уставок защит сети постоянного тока, а, возможно, и согласование их с защитами сети переменного тока;
- определение уровней напряжения в конце периода разряда батареи.

### Определение расчетных нагрузок сети постоянного тока

Как правило, электроприемники питаются от аккумуляторных батарей относительно непродолжительное время, необходимое для работы ответственных потребителей в период останова основного оборудования при аварии, связанной с исчезновением основного питания. Потребители сети постоянного тока, питающиеся в аварийном режиме от АБ, весьма разнообразны как по мощности, так и по режимам потребления. Они могут быть разделены на следующие группы:

- аппараты систем управления, в состав которых могут входить многочисленные реле защиты, автоматики, блокировки, телемеханики, электромагниты отключения выключателей, электромагниты контакторов, сигнальные лампы, указатели положения и др.;
- электромагниты включения масляных выключателей, мощность кото-

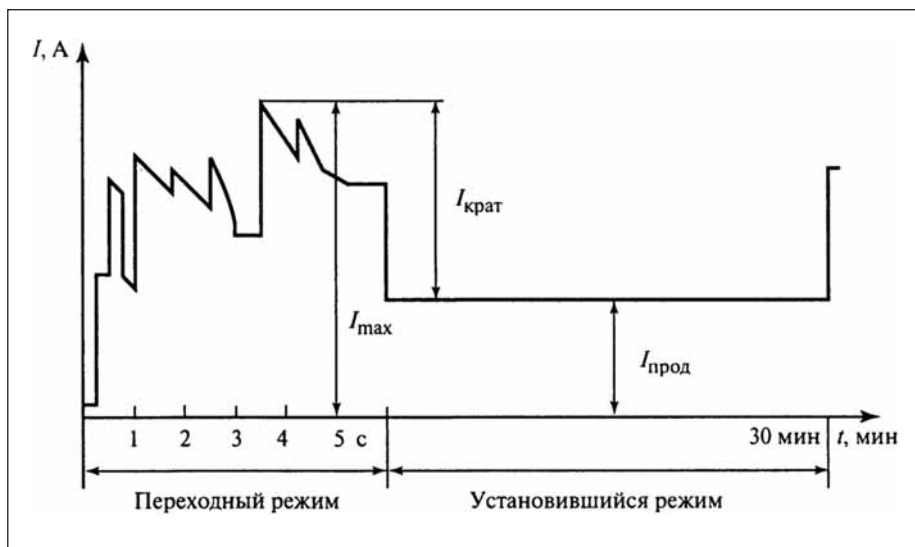


Рис. 1. Характерный график аварийной нагрузки аккумуляторной батареи тепловой станции

рых настолько велика, что для их питания целесообразно иметь собственную сеть;

- лампы аварийного освещения при потере питания от сети переменного тока;
- электродвигатели особо ответственных механизмов собственных нужд — например, аварийных маслососов систем регулирования, смазки и уплотнений турбоагрегатов и др.

При нормальной работе станции АБ включены параллельно с соответствующими преобразователями. Нагрузку сети постоянного тока составляют лишь сигнальные лампы, указатели положения коммутационных аппаратов, реле с подтянутым якорем и прочие маломощные потребители. Всю эту нагрузку вместе с подзарядкой АБ несет преобразователь энергии. В нормальном режиме АБ разряжается лишь при работе приводов выключателей.

При потере напряжения в системе СН нагрузка потребителей всех групп целиком возлагается на АБ. Эта нагрузка имеет следующие составляющие:

- продолжительного тока нормального режима;
- продолжительного тока аварийного режима, слагающегося из тока аварийного освещения и тока электродвигателей, достигших нормальной частоты вращения;
- кратковременного тока аварийного режима, слагающегося из переходных составляющих пусковых токов электродвигателей и токов приводов выключателей.

Пример характерного графика аварийной нагрузки аккумуляторной батареи тепловой станции приведен на рис. 1.

### Выбор аккумуляторной батареи

В основу выбора АБ положены два основных условия: батарея должна поддерживать питание в течение всего времени работы в аварийном режиме; напряжение на выводах батареи в момент пиковой аварийной нагрузки должно быть больше минимального допустимого по условиям работы электроприемников.

В моменты пиковой аварийной нагрузки напряжение АБ может значительно снизиться, но, в отличие от длительного разряда, кратковременно. В таких режимах следует отдельно рассматривать ВАХ батареи для определения минимального напряжения и, в случае недопустимости такого режима, выбирать другую АБ или изменить параметры схемы с целью уменьшить потери напряжения. Причем для принятия верного решения необходимо многократное проведение расчетов установившегося режима сети, что требует применения автоматизированных программных средств.

По ГОСТ 26881-86 аккумуляторы открытого исполнения (электродные пластины) должны обеспечивать кратковременный (не более пяти секунд) разряд током не более  $1,25C_{10}$  А (где  $C_{10}$  — ток десятичасового разряда), при этом напряжение полностью заряженных аккумуляторов (электродных пластин) не должно снижаться более чем на 0,4 В от напряжения в момент, предшествующий разряду.

Продолжительность аварийного режима зависит от типа станции (подстанции), ее положения в системе и ряда других условий. При проектировании аккумуляторной установки эта величина обычно принимается равной 30 мин.

Оценка времени работы от аккумуляторной батареи выполняется на осно-

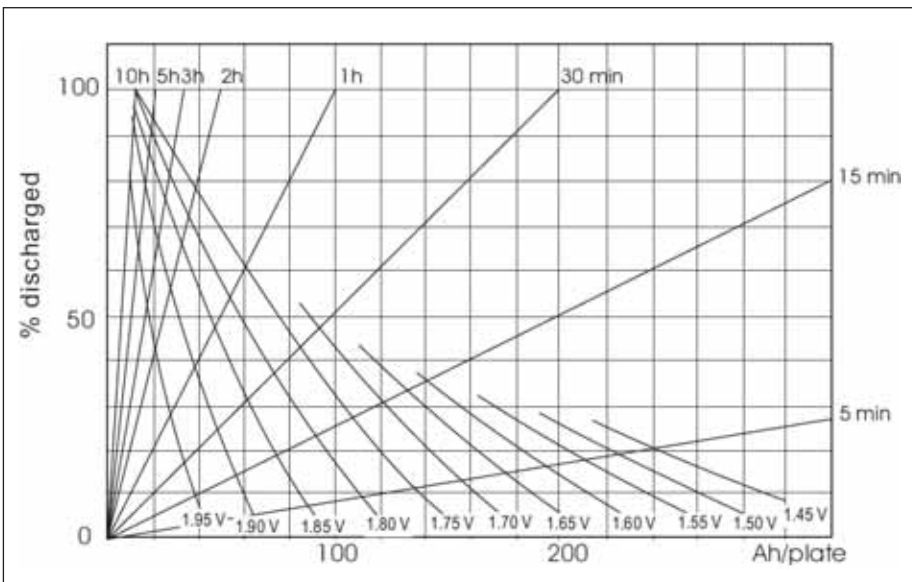


Рис. 2. Разрядные характеристики АКБ GroE

ве определенной расчетной нагрузки с использованием разрядных характеристик, поставляемых в качестве каталожных или паспортных данных аккумуляторных батарей (пример — на рис. 2).

Такая характеристика обычно приводится для работы новой батареи при 25°C. Поскольку условия работы могут быть другими, появляется необходимость пересчета разрядной характеристики с учетом старения и температуры эксплуатации АКБ.

По ГОСТ 26881-86 емкость аккумуляторов в конце срока службы (наработки) должна составлять не менее 80% от номинальной.

В новой версии ПК EnergyCS Электрика реализован мощный инструмент автоматизированного выбора аккумуляторной батареи. Он позволяет автоматически подбирать количество АКБ каждого типа по заданному времени нагрузки и допустимому напряжению в конце разряда. В расчетах могут быть учтены толчки нагрузки в конце режима разряда, в том числе и при использовании стабилизаторов напряжения.

В программе предусмотрен также режим калькулятора АКБ (рис. 3), позволяющий моментально вычислить время работы или ток АКБ с использованием рас-

Выбор аккумуляторной батареи для источника питания "АБ-1"

Условия: U>=Umin. Ток = 130А. Температура = 20°С. Напряжение на шинах = [187,231]В.  
 Напряжение подзаряда = 2.2В/элемент. ... Режим калькулятора  
 Укажите ток: [130] А или время: [ ] мин. Umin: [1.8] В/эл.  
 Количество последовательных: [1] и параллельных: [104] элементов. Пересчитать

№	Код АКБ	Наименование АКБ	Q Ач	Остар. Ач	Узар АКБ	Uмин эл-а	Uмин АКБ	Элементов параллельно	Элементов последовательно	Расчётное время работы (мин.)
1	53	4 GroE 100	100	80	228.8	1.8	187.2	1	104	5
2	54	5 GroE 125	125	100	228.8	1.8	187.2	1	104	12
3	55	6 GroE 150	150	120	228.8	1.8	187.2	1	104	19
4	56	7 GroE 175	175	140	228.8	1.8	187.2	1	104	27
5	57	8 GroE 200	200	160	228.8	1.8	187.2	1	104	36
6	34	GFMJ-200	200	160	228.8	1.8	187.2	1	104	19
7	58	9 GroE 225	225	180	228.8	1.8	187.2	1	104	44
8	47	GFMJ-250	250	200	228.8	1.8	187.2	1	104	34
9	59	10 GroE 250	250	200	228.8	1.8	187.2	1	104	53
10	60	11 GroE 275	275	220	228.8	1.8	187.2	1	104	63
11	10	GFX-300	300	240	228.8	1.8	187.2	1	104	34
12	35	GFMJ-300	300	240	228.8	1.8	187.2	1	104	49
13	61	12 GroE 300	300	240	228.8	1.8	187.2	1	104	71
14	62	13 GroE 325	325	260	228.8	1.8	187.2	1	104	80
15	63	14 GroE 350	350	280	228.8	1.8	187.2	1	104	89
16	9	GFX-350	350	280	228.8	1.8	187.2	1	104	49
17	36	GFMJ-350	350	280	228.8	1.8	187.2	1	104	71
18	33	50PzS-350	350	280	228.8	1.8	187.2	1	104	54
19	64	15 GroE 375	375	300	228.8	1.8	187.2	1	104	99
20	65	16 GroE 400	400	320	228.8	1.8	187.2	1	104	108
21	12	GFX-420	420	336	228.8	1.8	187.2	1	104	72
22	37	GFMJ-420	420	336	228.8	1.8	187.2	1	104	123
23	66	17 GroE 425	425	340	228.8	1.8	187.2	1	104	118
24	67	18 GroE 450	450	360	228.8	1.8	187.2	1	104	128
25	68	5 GroE 500	500	400	228.8	1.8	187.2	1	104	150
26	11	GFX-500	500	400	228.8	1.8	187.2	1	104	100
27	38	GFMJ-500	500	400	228.8	1.8	187.2	1	104	169

Рис. 3. Автоматизированный подбор АКБ в ПК EnergyCS Электрика

рядных характеристик, рассчитанных посредством уравнения Пекерта с учетом температуры окружающей среды.

Помимо этого программа позволяет произвести уточненную проверку выбранной АКБ с учетом ВАХ и конкретной введенной модели, в том числе с учетом элементного коммутатора.

### Расчет нормальных режимов сети постоянного тока

Расчеты нормальных режимов сети постоянного тока необходимы для проверки оборудования по допустимому напряжению (как максимальному, так и минимальному) и току. Такие расчеты рекомендуется выполнять для трех режимов работы сети, описанных выше, и при этом учитывать следующие факторы:

- наличие сопротивлений контактных соединений и токовых катушек отключающих аппаратов;
- возможность наличия элементного коммутатора или фиксированных ответвлений от разного числа последовательно соединенных элементов АКБ;
- изменение параметров АКБ в зависимости от температуры и условий эксплуатации;
- наличие сопротивления ошиновки аккумуляторного помещения;
- отсутствие поверхностного эффекта на постоянном токе.

При составлении схемы замещения сетей, питаемых от АКБ, допустимо не учитывать индуктивные сопротивления их элементов.

### Расчеты токов короткого замыкания

Основную сложность при расчете сетей постоянного тока составляет расчет минимальных токов КЗ для выбора защитных аппаратов и их уставок.

В настоящее время для расчета токов КЗ и выбора аппаратов защиты в системе постоянного тока используются методические указания по расчету токов КЗ в сети оперативного постоянного тока, разработанные ОРГЭС. Более современным нормативным документом является ГОСТ 29176-91, регламентирующий методику расчета с учетом большего числа факторов, существенно влияющих на значение тока КЗ. В то же время пока не существует систематизированной, полной и основанной на нормативных документах методики выбора аппаратов защиты, проверки чувствительности, селективности и резервирования устройств защиты в действующих электроустановках.

Также ситуация осложняется отсутствием множества данных об аккумуляторах при проектировании. В новой версии программного комплекса EnergyCS Элек-

трика мы постарались решить эти вопросы с минимальной погрешностью.

При расчете минимальных токов короткого замыкания помимо факторов, учитываемых при расчете нормальных режимов, следует учесть и ряд других:

- возникновение электрической дуги;
- увеличение активного сопротивления проводников при нагреве их током КЗ с учетом теплоотдачи в изоляцию;
- изменение характеристик АБ в зависимости от температуры и режима работы.

Каждый фактор в отдельности при определенных условиях может уменьшить значение тока КЗ в два раза.

### Справочник аккумуляторных батарей

В справочнике аккумуляторных батарей комплекса EnergyCS Электрика хранится минимально необходимый набор данных для проведения всех видов расчетов. Разрядные характеристики представляются в виде таблицы, где указываются только нижние граничные точки разряда. Температурные характеристики, коэффициенты разряда и старения батарей собраны в отдельном справочнике. Эти данные хранятся в относительных единицах отдельно от конкретных типов АБ, что дает возможность применять их к целой группе батарей.

Во время ввода предусмотрена автоматическая конвертация единиц, что делает его еще более быстрым и удобным.

Общий вид справочника представлен на рис. 4.

При расчете времени работы от АБ используется уравнение Пекерта, заключающееся в том, что отношение между разрядным током  $I$  и временем разряда аккумулятора  $T$  (от полностью заряженного к полностью разряженному) представляет собой константное отношение и может быть описано формулой

$$C_{II} = I^n \cdot T,$$

где  $C_{II}$  – емкость Пекерта (константное отношение для данного аккумулятора),  $n$  – экспонента Пекерта.

### Выбор уставок защит

Аппараты защиты сети постоянного тока от коротких замыканий должны отвечать следующим требованиям:

- номинальное напряжение аппарата должно быть не ниже номинального напряжения сети;
- аппарат защиты должен быть отстроен от излишних срабатываний при допустимых для сети и токоприемников режимах (пуск, самозапуск, перегрузка и т.п.);

Характеристики групп АБ						
№	Тип Характеристик	Разрядные характеристики	Температурные зависимости	Крзрр.Е о.е.	Крзрр.Р о.е.	Код
1	Характеристики для OPzS	-Заполнены-	Не заполнены	0.965	1.41	2
2	Характеристики для 5OPzS	-Заполнены-	Не заполнены	0.965	1.41	3
3	Характеристики для GFX	-Заполнены-	Заполнены с ошибками	0.965	1.41	4
4	ZD					
5	Характеристики для...					
6	Дл...					
7	Гр...					
8	СН...					

Ток разряда указывается в амперах для АБ емкостью 75 А·ч											
Время указывается в порядке возрастания											
	Конечное напряжение (Вольт)	dT1 (мин)	dT2 (мин)	dT3 (мин)	dT4 (мин)	dT5 (мин)	dT6 (мин)	dT7 (мин)	dT8 (мин)	dT9 (мин)	dT10 (мин)
Время разряда, мин.		1	5	10	15	20	30	60	180	300	600
1)Ток разряда, А	1.9	55.5	55.5	55.5	55.5	51.9	45.9	34.5	18.6	10.8	6.6
2)Ток разряда, А	1.8	136	129	108	94.8	84	70.2	48	22.5	15.3	7.5
3)Ток разряда, А	1.75	172	158	126	108	94.5	78	50.7	22.8	15.6	7.5
4)Ток разряда, А	1.7	196	177	142	120	103	82.2	51.3	22.8	15.6	7.5
5)Ток разряда, А	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6)Ток разряда, А	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7)Ток разряда, А	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8)Ток разряда, А	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 4. Справочник аккумуляторных батарей и их характеристик программного комплекса EnergyCS Электрика

- кратность тока короткого замыкания в конце защищаемого аппаратом участка сети по отношению к номинальному току или уставке срабатывания аппарата (чувствительность) должна быть не менее нормируемого значения;
- по возможности должна обеспечиваться селективность действия последовательно установленных аппаратов при наименьшем времени отключения места повреждения;
- аппарат защиты должен обладать достаточной отключающей способностью, электродинамической и термической стойкостью к действию токов короткого замыкания.

В некоторых случаях выполнение всех перечисленных требований невозможно. Тогда приходится допустить отступления от требований селективности и быстрейшего или увеличить сечение проводников.

Для проверки и соблюдения этих требований в программном комплексе EnergyCS Электрика реализован специальный модуль, позволяющий наглядно (в графической форме) представить время-токовые характеристики выбранных защитных аппаратов и соотнести их с расчетными токами как рабочих режимов, так и режимов КЗ. Также в программе имеется интеллектуальный алгоритм автоматической проверки селективности и выбора оборудования по различным условиям, одним из которых является проверка кабельных линий на возгорание.

### Проверка кабельных линий на возгорание

Как отмечалось в циркуляре № Ц-02-98(Э) РАО "ЕЭС России", результатом длительного протекания тока короткого замыкания по кабелям при отключении присоединений действием резервных защит становились пожары в кабельных хо-

зяйствах электростанций. Из-за нагрева токопроводящих жил кабелей до температур, при которых происходили разрывы оболочек и разрушения концевых заделок, происходило возгорание кабелей. Чтобы этого не случилось, температура токопроводящих жил не должна превышать максимально допустимую температуру, зависящую от типа кабеля. Поэтому необходим расчет процесса нагрева кабеля при протекании тока КЗ, что позднее было отражено в ГОСТ Р 52736-2007.

Для определения температуры используется выражение зависимости температуры жилы непосредственно после КЗ от температуры жилы до КЗ, режима КЗ, конструктивных и теплофизических параметров жилы:

$$\Theta_K = \Theta_n \cdot e^k + a(e^k - 1),$$

где  $\Theta_K$  – температура жилы в конце КЗ, °С;  $\Theta_n$  – температуры жилы до КЗ, °С;  $a$  – величина, обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при 0°С, равная 228°С.

$$k = \frac{B \cdot B_{rep}}{S^2},$$

где  $B$  – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, равная для алюминия 45,65 мм<sup>4</sup>/(кА<sup>2</sup>·°С), а для меди 19,58 мм<sup>4</sup>/(кА<sup>2</sup>·°С);  $S$  – площадь поперечного сечения жилы, мм<sup>2</sup>.

$$B_{тер} = \int_0^{t_{откл}} i_{kt}^2 \cdot dt$$

– интеграл Джоуля (тепловой импульс) от тока КЗ, кА<sup>2</sup>·с;

Значение начальной температуры жилы до КЗ может быть определено по формуле:

$$\Theta_n = \Theta_0 + (\Theta_{дд} - \Theta_{окр}) \left( \frac{I_{раб}}{I_{дд}} \right),$$

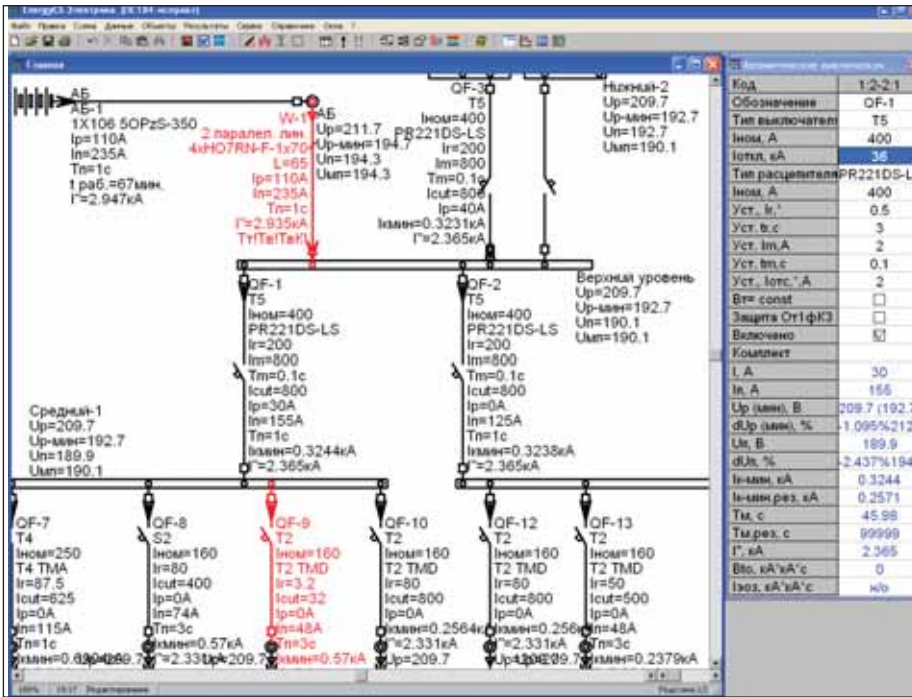


Рис. 5. Часть схемы с расчетом и выделением неправильно выбранного оборудования

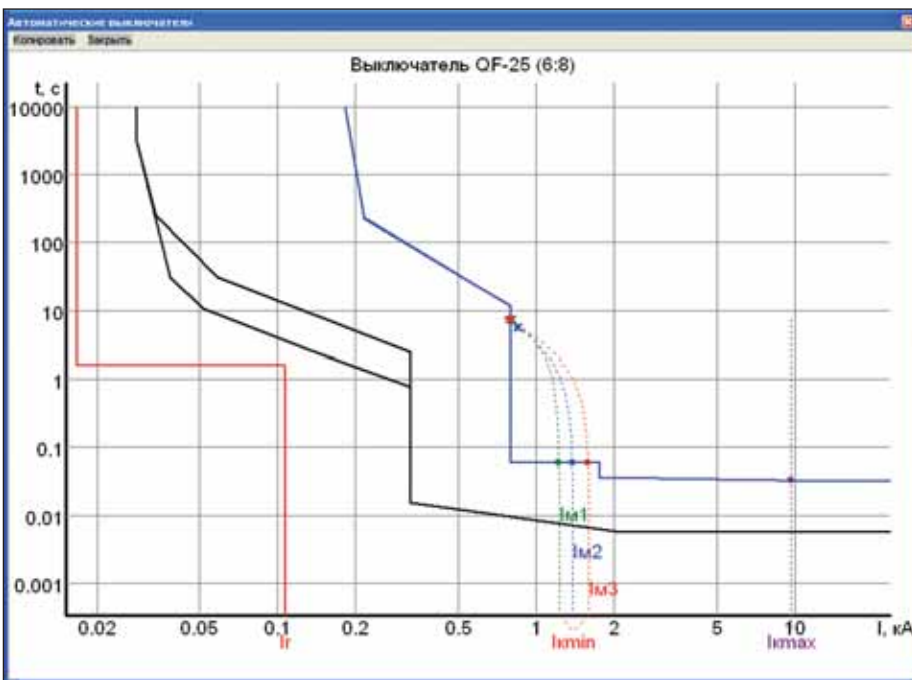


Рис. 6. Диаграмма, показывающая селективность защит

№	Ветвь	Наименование	Обозначение	Несоответствие
1	3:2	Автомат	QF-1	Коэффициент чувст. к токам 1ф КЗ рез. участка
2	3:2	Автомат	QF-1	Коэффициент чувст. к токам 3ф КЗ рез. участка
3	5:2	Автомат	QF-2	Коэффициент чувст. к токам 1ф КЗ осн. участка
4	5:2	Автомат	QF-2	Коэффициент чувст. к токам 3ф КЗ осн. участка
5	5:2	Автомат	QF-2	Не обеспечена селективность с вышестоящей защитой!
6	6:2	Автомат	QF-14	Коэффициент чувст. к токам 1ф КЗ рез. участка
7	6:2	Автомат	QF-14	Коэффициент чувст. к токам 3ф КЗ рез. участка
8	6:2	Автомат	QF-14	Не обеспечена селективность с вышестоящей защитой!
9	11:4	Автомат	QF-6	Не проходит по Iкз!
10	11:5	Автомат	QF-7	Не проходит по Iкз!
11	14:2	Кабель	W-3	Не соответствует по Iдоп!
12	35:3	Автомат	QF-17	Не проходит по Iкз!
13	35:3	Автомат	QF-17	Ошибка по отстройке от пусковых токов Iп!
14	35:4	Автомат	QF-18	Не проходит по Iкз!

Рис. 7. Таблица проверки оборудования

где  $\Theta_0$  – фактическая температура окружающей среды во время КЗ, °С;  $\Theta_{дд}$  – значение расчетной длительной допустимой температуры жилы, °С, которая определяется типом изоляции и классом напряжения. Оно задается для каждой марки кабеля в справочнике программы – например, для кабелей с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение 1 кВ – 80°С, 6 кВ – 65°С, 10 кВ – 60°С, для кабелей с пластмассовой изоляцией – 70°С, для кабелей с изоляцией из вулканизированного полиэтилена – 90°С и т.д.  $\Theta_{окр}$  – значение расчетной температуры окружающей среды, °С;  $I_{раб}$  – значение тока в установившемся режиме перед КЗ, А;  $I_{дд}$  – значение расчетного длительно допустимого тока из справочника программы для соответствующего типа кабеля, А.

Программный комплекс EnergyCS Электрика использует приведенный выше алгоритм, рассчитывая интеграл Джоуля итерационным путем, где на каждой итерации заново определяются параметры элементов и режима схемы.

Примеры работы алгоритмов проверки оборудования представлены на рис. 5 и 6.

Основные этапы работы с ПК EnergyCS Электрика:

- создание расчетной модели распределительной сети (используется как ручной ввод, так и автоматизированный импорт из других БД);
- выбор рациональной конфигурации сети;
- определение наиболее критичных режимов работы;
- анализ оборудования на предмет его соответствия рассматриваемым режимам – с использованием специального инструмента, встроенного в ПК;
- принятие решения о замене оборудования или конфигурации сети на основании полученных данных;
- формирование выходной документации.

Анализ оборудования на предмет его соответствия режимам производится с использованием специального инструмента проверки, который выделит цветом и специальными знаками то оборудование, параметры которого не соответствуют выбранным режимам (рис. 5). Решение о замене оборудования или изменении конфигурации сети проектировщик принимает самостоятельно. Таким образом, он освобождается от рутины, связанной с многократными расчетами, при этом принятие инженерных решений осуществляется в результате анализа схемы – всестороннего и с "открытыми глазами".

Помимо цветового и символического выделения результатов проверки оборуду-

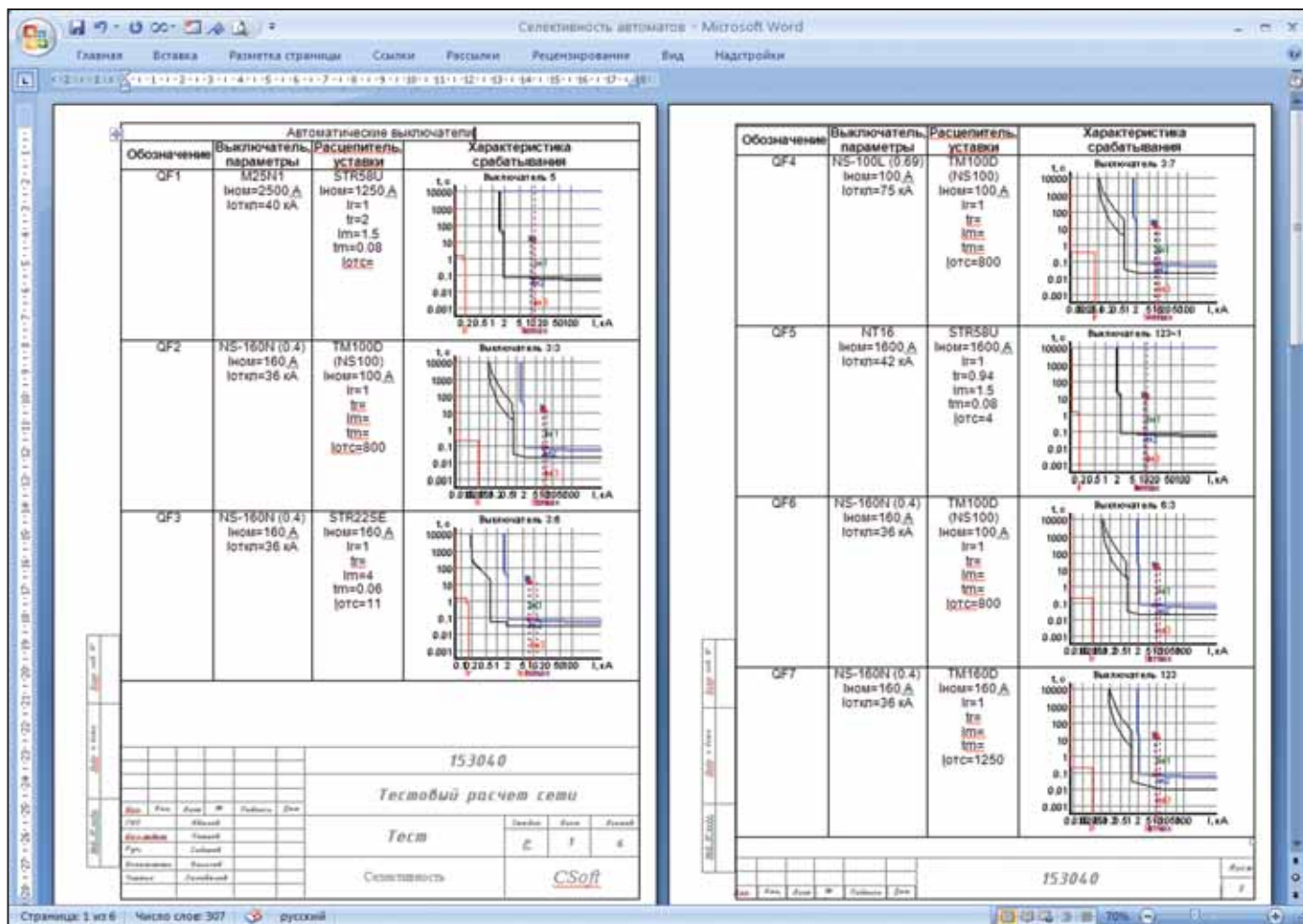


Рис. 8. Таблица проверки селективности в MS Word

дования имеется возможность вывести сводную таблицу проверки (рис. 7).

Формирование выходной документации производится в AutoCAD и Microsoft Office Word с использованием шаблонов (рис. 8).

### Особенности новой версии EnergyCS Электрика

Помимо вестороннего расчета сетей, питающихся от аккумуляторной батареи, новая версия ПК EnergyCS Электрика умеет рассчитывать сети постоянного и переменного тока, оснащенные стабилизаторами и инверторами. Кроме того появился мощный инструмент автоматического обозначения элементов с тонкой настройкой (рис. 9). Пример полученных результатов показан на рис. 5.

### Заключение

В настоящее время ПК EnergyCS Электрика позволяет решать полный комплекс задач функционального проектирования электрических сетей постоянного и переменного тока.

В развитие системы планируется реализация и конструкторского аспекта проектирования. Это предполагает добавление механизмов сборки схем из крупных

сохраненных фрагментов схемы, соответствующих выпускаемому комплекту оборудованию. Реализация конструкторского аспекта проектирования позволит программному комплексу автоматически выпускать полный комплект документации, а также исключить некоторые ошибки при проектировании.

Кроме того, ведется разработка расширенного взаимодействия (интерфейса) с другими приложениями на основе

COM- и XML-технологий для формирования готовой проектной документации.

*Николай Ильичев,  
к.т.н., главный специалист  
Дмитрий Завалов,  
специалист  
CSoft Иваново  
Тел.: (4932) 33-3698  
E-mail: ilichev@ivanovo.csoft.ru  
zapevalov@ivanovo.csoft.ru*

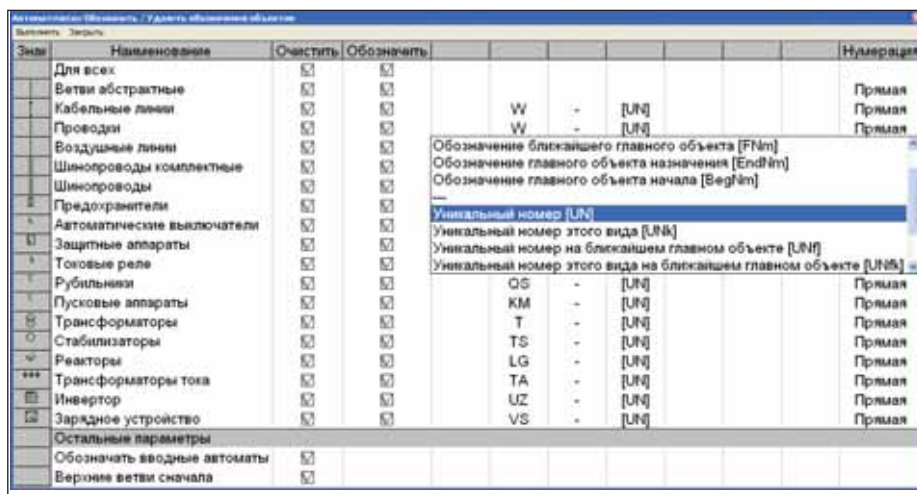


Рис. 9. Настройка автоматического обозначения элементов схемы