



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 самозапусках, 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-

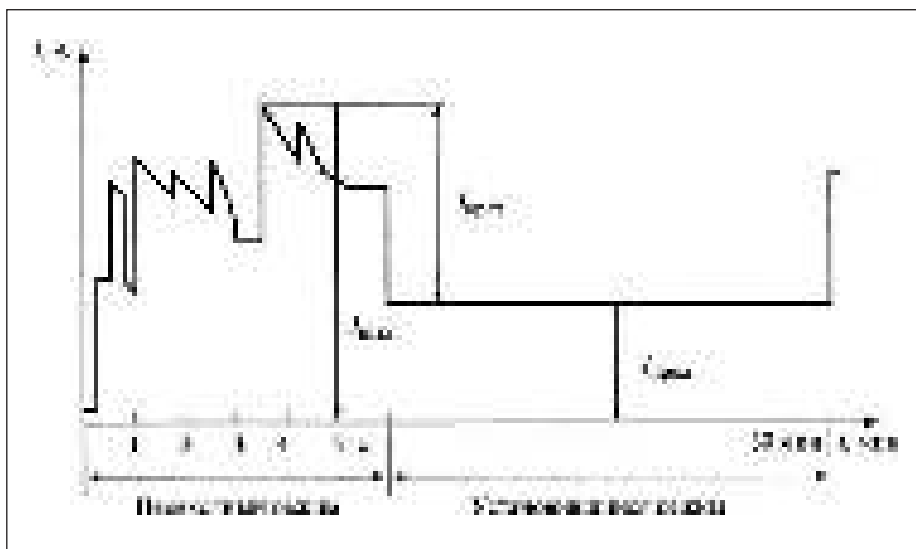


Рис. 1. Характерный график аварийной нагрузки аккумуляторной батареи тепловой станции

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 изменять 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-

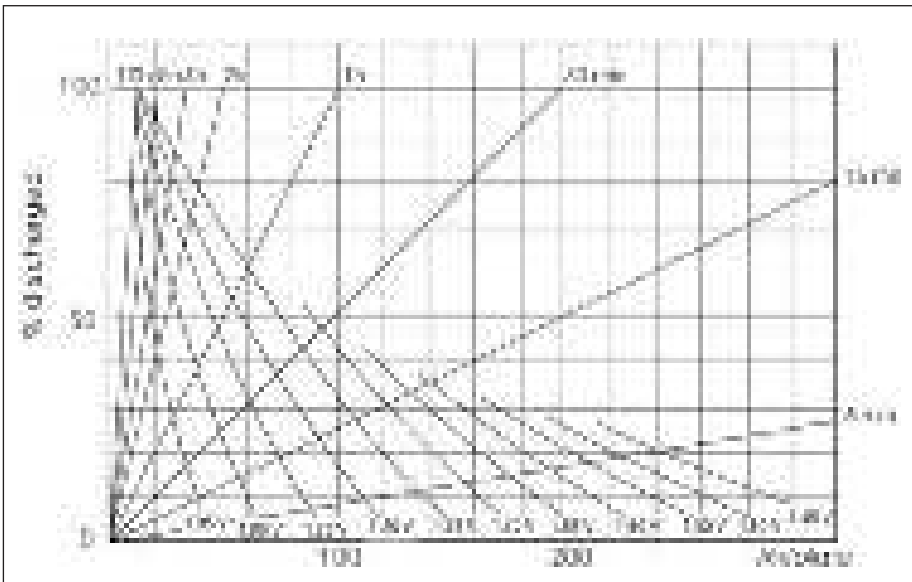


Рис. 2. Разрядные характеристики АКБ GroE

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 (наработке) 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 толчковые 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 раз-

№	Тип АКБ	Напряжение	Емкость	Количество	Тип нагрузки	Мак. ток	Мин. ток	Мак. напряжение	Мин. напряжение
1	6V 100Ah	6V	100	1	1	100	10	14.4	10.8
2	6V 150Ah	6V	150	1	1	150	15	14.4	10.8
3	6V 200Ah	6V	200	1	1	200	20	14.4	10.8
4	6V 250Ah	6V	250	1	1	250	25	14.4	10.8
5	6V 300Ah	6V	300	1	1	300	30	14.4	10.8
6	6V 350Ah	6V	350	1	1	350	35	14.4	10.8
7	6V 400Ah	6V	400	1	1	400	40	14.4	10.8
8	6V 450Ah	6V	450	1	1	450	45	14.4	10.8
9	6V 500Ah	6V	500	1	1	500	50	14.4	10.8
10	6V 550Ah	6V	550	1	1	550	55	14.4	10.8
11	6V 600Ah	6V	600	1	1	600	60	14.4	10.8
12	6V 650Ah	6V	650	1	1	650	65	14.4	10.8
13	6V 700Ah	6V	700	1	1	700	70	14.4	10.8
14	6V 750Ah	6V	750	1	1	750	75	14.4	10.8
15	6V 800Ah	6V	800	1	1	800	80	14.4	10.8
16	6V 850Ah	6V	850	1	1	850	85	14.4	10.8
17	6V 900Ah	6V	900	1	1	900	90	14.4	10.8
18	6V 950Ah	6V	950	1	1	950	95	14.4	10.8
19	6V 1000Ah	6V	1000	1	1	1000	100	14.4	10.8
20	6V 1050Ah	6V	1050	1	1	1050	105	14.4	10.8
21	6V 1100Ah	6V	1100	1	1	1100	110	14.4	10.8
22	6V 1150Ah	6V	1150	1	1	1150	115	14.4	10.8
23	6V 1200Ah	6V	1200	1	1	1200	120	14.4	10.8
24	6V 1250Ah	6V	1250	1	1	1250	125	14.4	10.8
25	6V 1300Ah	6V	1300	1	1	1300	130	14.4	10.8
26	6V 1350Ah	6V	1350	1	1	1350	135	14.4	10.8
27	6V 1400Ah	6V	1400	1	1	1400	140	14.4	10.8
28	6V 1450Ah	6V	1450	1	1	1450	145	14.4	10.8
29	6V 1500Ah	6V	1500	1	1	1500	150	14.4	10.8
30	6V 1550Ah	6V	1550	1	1	1550	155	14.4	10.8
31	6V 1600Ah	6V	1600	1	1	1600	160	14.4	10.8
32	6V 1650Ah	6V	1650	1	1	1650	165	14.4	10.8
33	6V 1700Ah	6V	1700	1	1	1700	170	14.4	10.8
34	6V 1750Ah	6V	1750	1	1	1750	175	14.4	10.8
35	6V 1800Ah	6V	1800	1	1	1800	180	14.4	10.8
36	6V 1850Ah	6V	1850	1	1	1850	185	14.4	10.8
37	6V 1900Ah	6V	1900	1	1	1900	190	14.4	10.8
38	6V 1950Ah	6V	1950	1	1	1950	195	14.4	10.8
39	6V 2000Ah	6V	2000	1	1	2000	200	14.4	10.8
40	6V 2050Ah	6V	2050	1	1	2050	205	14.4	10.8
41	6V 2100Ah	6V	2100	1	1	2100	210	14.4	10.8
42	6V 2150Ah	6V	2150	1	1	2150	215	14.4	10.8
43	6V 2200Ah	6V	2200	1	1	2200	220	14.4	10.8
44	6V 2250Ah	6V	2250	1	1	2250	225	14.4	10.8
45	6V 2300Ah	6V	2300	1	1	2300	230	14.4	10.8
46	6V 2350Ah	6V	2350	1	1	2350	235	14.4	10.8
47	6V 2400Ah	6V	2400	1	1	2400	240	14.4	10.8
48	6V 2450Ah	6V	2450	1	1	2450	245	14.4	10.8
49	6V 2500Ah	6V	2500	1	1	2500	250	14.4	10.8
50	6V 2550Ah	6V	2550	1	1	2550	255	14.4	10.8
51	6V 2600Ah	6V	2600	1	1	2600	260	14.4	10.8
52	6V 2650Ah	6V	2650	1	1	2650	265	14.4	10.8
53	6V 2700Ah	6V	2700	1	1	2700	270	14.4	10.8
54	6V 2750Ah	6V	2750	1	1	2750	275	14.4	10.8
55	6V 2800Ah	6V	2800	1	1	2800	280	14.4	10.8
56	6V 2850Ah	6V	2850	1	1	2850	285	14.4	10.8
57	6V 2900Ah	6V	2900	1	1	2900	290	14.4	10.8
58	6V 2950Ah	6V	2950	1	1	2950	295	14.4	10.8
59	6V 3000Ah	6V	3000	1	1	3000	300	14.4	10.8
60	6V 3050Ah	6V	3050	1	1	3050	305	14.4	10.8
61	6V 3100Ah	6V	3100	1	1	3100	310	14.4	10.8
62	6V 3150Ah	6V	3150	1	1	3150	315	14.4	10.8
63	6V 3200Ah	6V	3200	1	1	3200	320	14.4	10.8
64	6V 3250Ah	6V	3250	1	1	3250	325	14.4	10.8
65	6V 3300Ah	6V	3300	1	1	3300	330	14.4	10.8
66	6V 3350Ah	6V	3350	1	1	3350	335	14.4	10.8
67	6V 3400Ah	6V	3400	1	1	3400	340	14.4	10.8
68	6V 3450Ah	6V	3450	1	1	3450	345	14.4	10.8
69	6V 3500Ah	6V	3500	1	1	3500	350	14.4	10.8
70	6V 3550Ah	6V	3550	1	1	3550	355	14.4	10.8
71	6V 3600Ah	6V	3600	1	1	3600	360	14.4	10.8
72	6V 3650Ah	6V	3650	1	1	3650	365	14.4	10.8
73	6V 3700Ah	6V	3700	1	1	3700	370	14.4	10.8
74	6V 3750Ah	6V	3750	1	1	3750	375	14.4	10.8
75	6V 3800Ah	6V	3800	1	1	3800	380	14.4	10.8
76	6V 3850Ah	6V	3850	1	1	3850	385	14.4	10.8
77	6V 3900Ah	6V	3900	1	1	3900	390	14.4	10.8
78	6V 3950Ah	6V	3950	1	1	3950	395	14.4	10.8
79	6V 4000Ah	6V	4000	1	1	4000	400	14.4	10.8
80	6V 4050Ah	6V	4050	1	1	4050	405	14.4	10.8
81	6V 4100Ah	6V	4100	1	1	4100	410	14.4	10.8
82	6V 4150Ah	6V	4150	1	1	4150	415	14.4	10.8
83	6V 4200Ah	6V	4200	1	1	4200	420	14.4	10.8
84	6V 4250Ah	6V	4250	1	1	4250	425	14.4	10.8
85	6V 4300Ah	6V	4300	1	1	4300	430	14.4	10.8
86	6V 4350Ah	6V	4350	1	1	4350	435	14.4	10.8
87	6V 4400Ah	6V	4400	1	1	4400	440	14.4	10.8
88	6V 4450Ah	6V	4450	1	1	4450	445	14.4	10.8
89	6V 4500Ah	6V	4500	1	1	4500	450	14.4	10.8
90	6V 4550Ah	6V	4550	1	1	4550	455	14.4	10.8
91	6V 4600Ah	6V	4600	1	1	4600	460	14.4	10.8
92	6V 4650Ah	6V	4650	1	1	4650	465	14.4	10.8
93	6V 4700Ah	6V	4700	1	1	4700	470	14.4	10.8
94	6V 4750Ah	6V	4750	1	1	4750	475	14.4	10.8
95	6V 4800Ah	6V	4800	1	1	4800	480	14.4	10.8
96	6V 4850Ah	6V	4850	1	1	4850	485	14.4	10.8
97	6V 4900Ah	6V	4900	1	1	4900	490	14.4	10.8
98	6V 4950Ah	6V	4950	1	1	4950	495	14.4	10.8
99	6V 5000Ah	6V	5000	1	1	5000	500	14.4	10.8
100	6V 5050Ah	6V	5050	1	1	5050	505	14.4	10.8

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.);

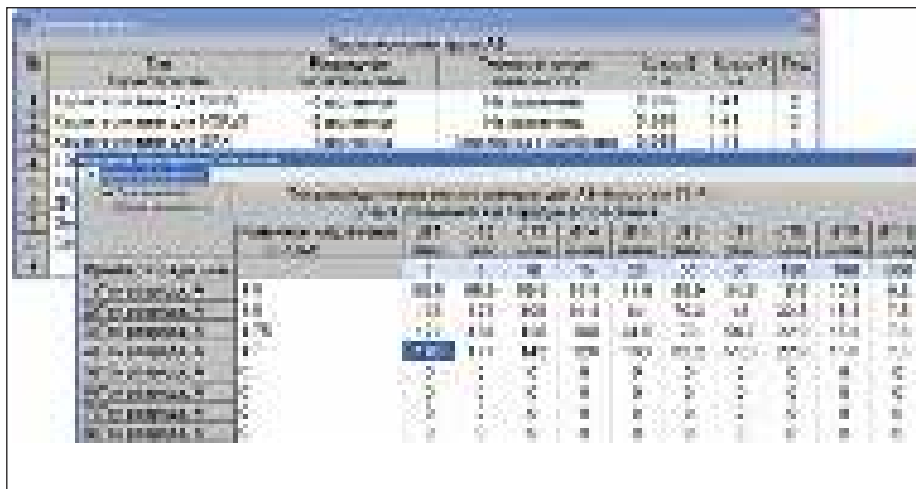


Рис. 4. Справочник аккумуляторных батарей и их характеристик программного комплекса EnergyCS Электрика

- 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 быстродействия 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 Θ_k – температура жилы в конце КЗ, °С; Θ_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 мм⁴/(кА² · °С), а для меди 19,58 мм⁴/(кА² · °С); S – площадь поперечного сечения жилы, мм².

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

– интеграл Джоуля (тепловой импульс) от тока КЗ, кА²·с;

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

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

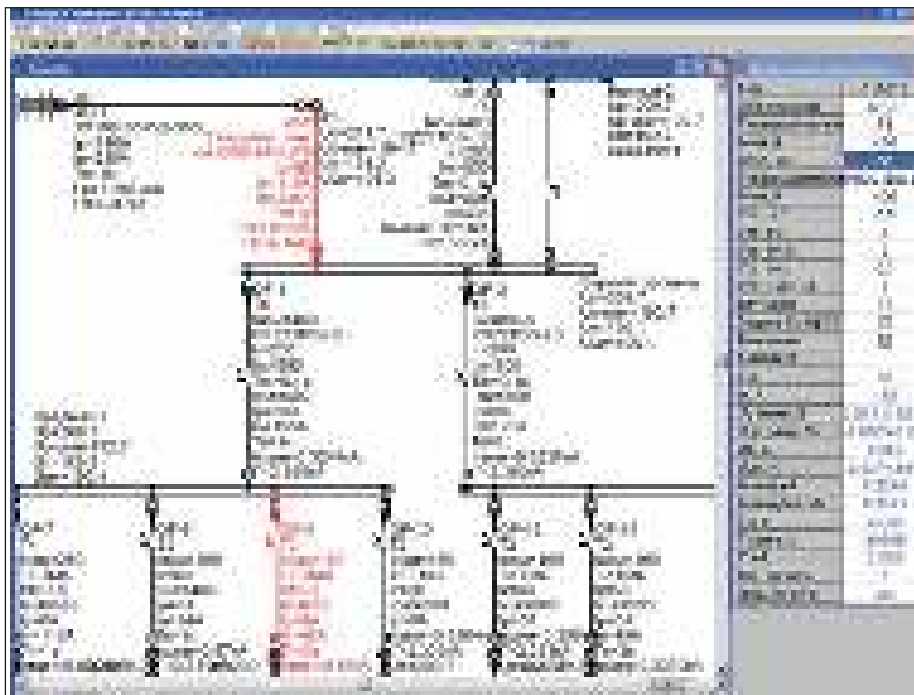


Рис. 5. Часть схемы с расчетом и выделением неправильно выбранного оборудования

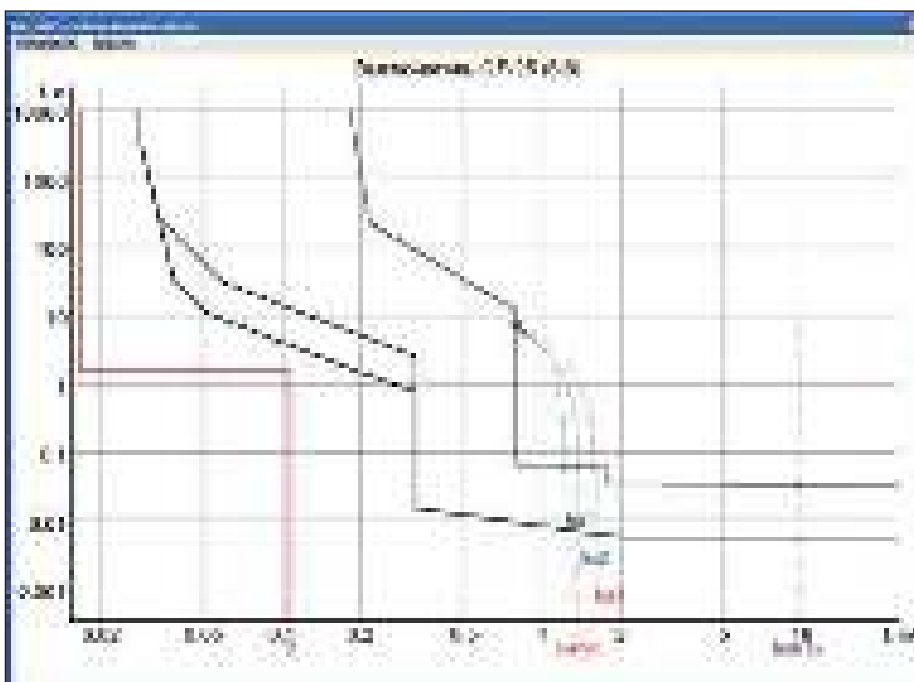


Рис. 6. Диаграмма, показывающая селективность защит

№	Ссылка	Наименование Оборудования	Параметры	Комментарий
1	3.0	Автомат	OP-1	Возможность защиты в режиме 1 ф КЗ раз, упрощен
2	3.2	Автомат	OP-1	Возможность защиты в режиме 1 ф КЗ раз, упрощен
3	8.2	Автомат	OP-3	Возможность защиты в режиме 1 ф КЗ раз, упрощен
4	8.2	Автомат	OP-3	Возможность защиты в режиме 1 ф КЗ раз, упрощен
5	8.2	Автомат	OP-3	не обеспечены селективность с вышестоящим устройством
6	8.2	Автомат	OP-11	Возможность защиты в режиме 1 ф КЗ раз, упрощен
7	8.2	Автомат	OP-11	Возможность защиты в режиме 1 ф КЗ раз, упрощен
8	8.2	Автомат	OP-11	Необходимо проверить селективность с вышестоящим устройством
9	11.1	Автомат	OP-6	Неверно задан ток
10	11.5	Автомат	OP-7	Неверно задан ток
11	11.6	Автомат	OP-7	Неверно задан ток
12	11.7	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
13	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
14	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
15	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
16	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
17	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
18	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
19	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
20	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
21	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
22	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
23	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
24	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
25	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
26	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
27	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
28	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
29	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
30	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
31	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
32	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
33	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
34	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
35	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
36	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
37	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
38	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
39	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
40	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
41	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
42	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
43	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
44	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
45	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
46	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
47	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
48	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
49	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток
50	16.3	Автомат	OP-17	Неверно задан ток

Рис. 7. Таблица проверки оборудования

где Θ_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-

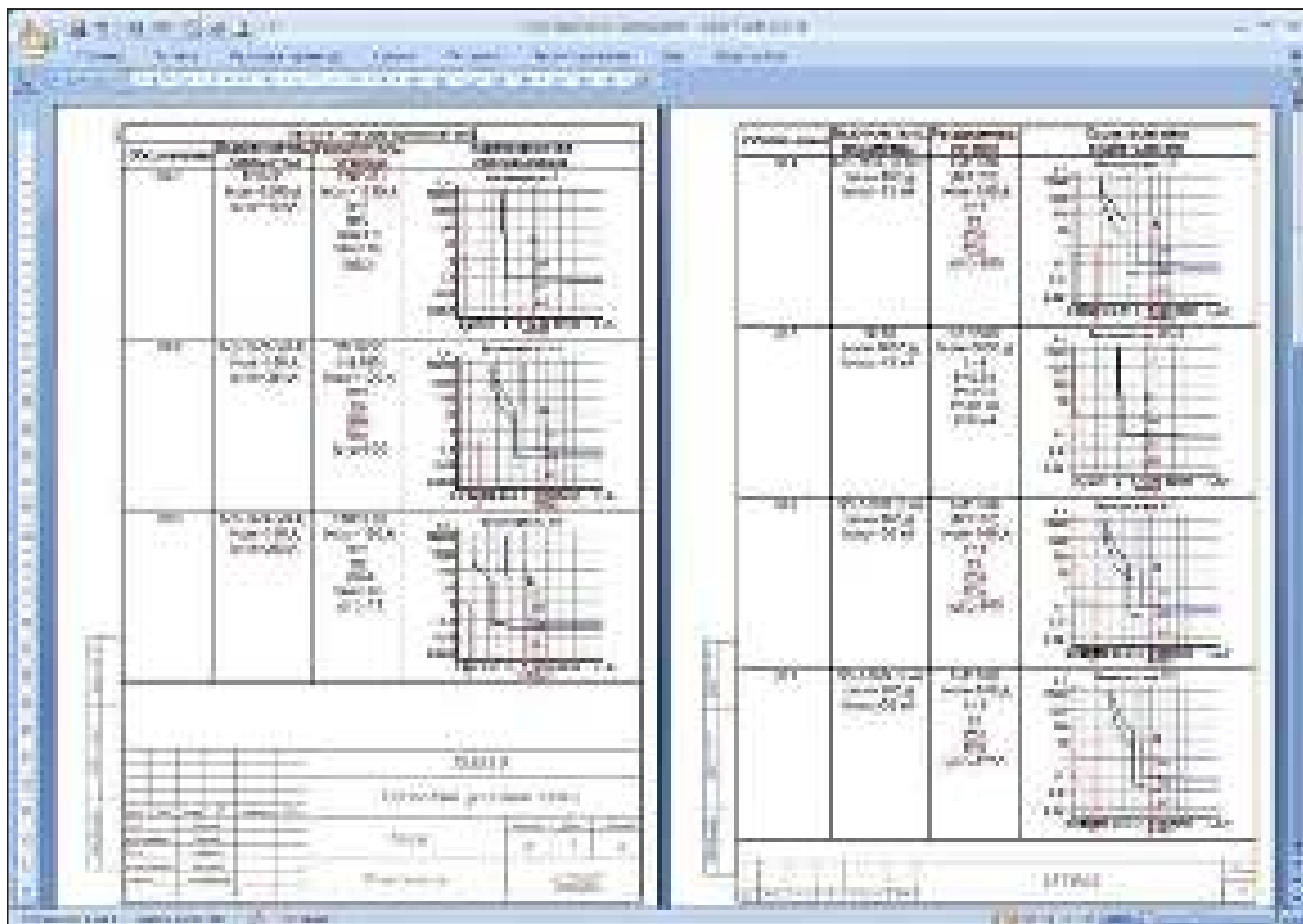


Рис. 8. Таблица проверки селективности в MS Word

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 всестороннего 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 Запевалов,
специалист
CSoft Иваново
Тел.: (4932) 33-3698
E-mail: ilichev@ivanovo.csoft.ru
zapevalov@ivanovo.csoft.ru

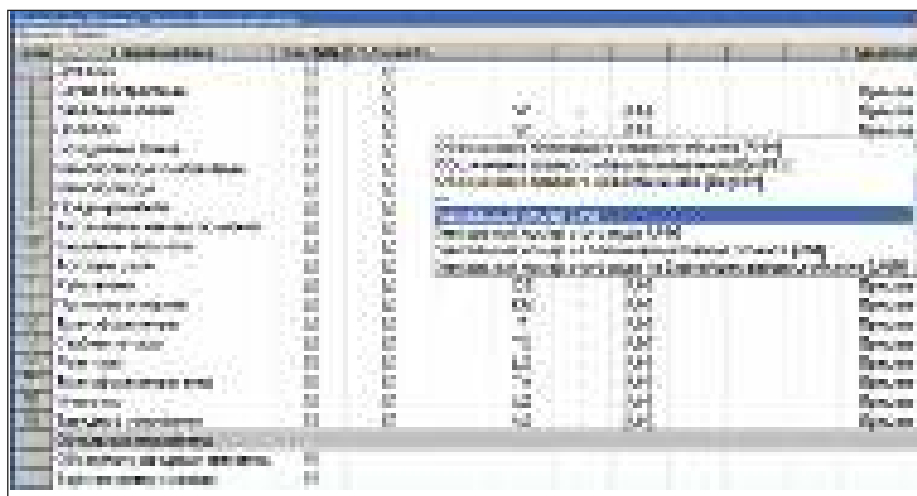


Рис. 9. Настройка автоматического обозначения элементов схемы