



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЦЕЛЛЮЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ EnergyCS ЭЛЕКТРИКА

Введение

Целлюлозно-бумажная промышленность является одной из наиболее водоемких и энергоемких отраслей народного хозяйства. Очистные сооружения крупного ЦБК являются самостоятельным энергоемким производством с повышенными требованиями к качеству и надежности электроснабжения.

Стабильная работа электрооборудования, обеспечивающего технологический процесс, может быть достигнута за счет применения современной оснастки и правильно принятых проектных решений. Одно из основных требований к проектированию — выполнение в кратчайшие сроки — нереализуемо без применения специализированного программного обеспечения, которое позво-

ляет существенно снизить трудозатраты и повысить качество выпускаемой проектной документации.

В этой статье описывается процесс проектирования распределительной сети системы очистных сооружений крупного ЦБК.

Описание исходных данных

В технологическом процессе очистки сточных вод участвуют потребители различной мощности, назначения и, следовательно, разного режима работы. Так, в качестве исходных данных для проектирования распределительной сети ЦБК заказчиком был предоставлен перечень электроприемников (ЭП) в формате Excel с указанием установ-

ленной и расчетной мощности для каждого из них (рис. 1).

EnergyCS Электрика позволяет в автоматическом режиме загрузить эти данные в соответствующую таблицу программы после небольших изменений, форматирования таблицы и изменения порядка столбцов. Кроме того, следует задать соответствие колонок в исходной таблице и таблице перечня ЭП (рис. 2). Это позволило существенно ускорить процесс ввода исходных данных, а главное, полностью исключило возможность появления ошибок ввода проектировщиков-электриков.

Проанализировав таблицу групп ЭП, можно сделать вывод, что на станции биологической очистки наблюдается большой разброс мощностей ЭП. Существует множество потребителей электроэнергии большой мощности: двигатели воздуходувок (110 кВт), градилен (55-75 кВт) и насосов входных сточных вод (90 кВт), а также большое количество потребителей небольшой мощности от 0,15 кВт до 11 кВт. Такое разнообразие мощностей ЭП необходимо учитывать при построении структуры сети и распределении потребителей по секциям КТП.

	A	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Поз.					ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ	УПРАВЛЕНИЕ	ДВИГАТЕЛЬ	ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ					Мощность на валу
2							ТИП	МОЩНОСТЬ	НОМИНАЛЬНАЯ					с расчетной нагрузкой
3														
4								(кВт)	СКОРОСТЬ (об/в мин.)	ЧАСТОТА Гц				кВт
29	3,8					Дренажный насос; насосный тоннель № 2	DOL	3	1500	50				0,1
30														
31	3,9					Насос поверхностного типа	DOL	1,1	1500	50				0,5
32														
33	4,1					Мешалка для камеры нейтрализации	DOL	3	1500	50				3
34														

Рис. 1. Исходные данные: перечень ЭП в формате Excel

Перечень электроприемников																		
Код	Обозначение ЭП	Наименование электроприемника	Обозначение группы ЭП	ИП №	Помещение	X м	Y м	Z м	Фаза	Вид	Тип	Uном В	AC DC	Число фаз	Pном кВт	CosФ	Iном А	Iпуск А
1.1	1.2	Механическая сортировка	1.2	1	0	0	0	0	ABCN	?	380	AC	3	4	0,85	7,15	12,6	
2.1	2.1	Насос сточных вод, входна	2.1	1	0	0	0	0	ABCN	?	380	AC	3	90	0,8	171	171	
3.1	2.2	Насос сточных вод, входна	2.2	1	0	0	0	0	ABCN	?	380	AC	3	90	0,8	171	171	
4.1	2.3	Насос сточных вод, входна	2.3	1	0	0	0	0	ABCN	?	380	AC	3	90	0,8	171	171	
5.1	2.4	Дренажный насос, входная	2.4	1	0	0	0	0	ABCN	?	380	AC	3	1,5	0,8	2,85	12,6	
6.1	3.1	Первичный отстойник	3.1	2	0	0	0	0	ABCN	?	380	AC	3	1,45	0,55	4	2,68	
7.1	3.2	Первичный отстойник	3.2	2	0	0	0	0	ABCN	?	380	AC	3	1,45	0,55	4	2,68	
8.1	3.3	Насос первичного ипа	3.3	2	0	0	0	0	ABCN	?	380	AC	3	5,39	0,65	12,6	10,4	
9.1	3.4	Насос первичного ипа	3.4	2	0	0	0	0	ABCN	?	380	AC	3	5,39	0,65	12,6	10,4	
10.1	3.5	Насос первичного ипа	3.5	2	0	0	0	0	ABCN	?	380	AC	3	5,39	0,65	12,6	10,4	
11.1	3.6	Насос первичного ипа	3.6	2	0	0	0	0	ABCN	?	380	AC	3	5,39	0,65	12,6	10,4	

Рис. 2. Исходные данные: перечень групп ЭП в EnergyCS Электрика

Построение структуры сети, моделирование в EnergyCS Электрика

На следующем этапе работы оценивается структура сети, ЭП разбиваются на группы, определяются места положения силовых щитов, задаются трассы и способы прокладки кабельных линий. Здесь можно определить примерные или так называемые ортогональные длины кабелей. Программа EnergyCS Электрика позволяет создавать структуру сети и выполнять предварительные расчеты без указания длин и марок кабелей и типов автоматических выключателей, достаточно лишь ввести источники питания и потребителей. В таблице "Перечень ЭП" (рис. 2), которая была заполнена на предыдущем этапе, можно предвари-

тельно распределить ЭП по источникам питания (ИП), определив для записи каждого ЭП его принадлежность к ИП. Это необходимо, чтобы затем равномерно распределить нагрузку по трансформаторам, а поскольку структура сети уже определена, можно моделировать сеть в EnergyCS Электрика. Программа имеет удобные механизмы быстрого создания модели сети, функция *Копирование участков сети* позволяет создавать копии одинаковых сборок без потери времени, клавиши добавления узлов и ветвей делают процесс работы удобным и быстрым, а динамическая прокрутка, знакомая всем пользователям CAD-систем, обеспечивает комфорт. После формирования структуры сети необходимо поставить ЭП в соответствие объектам из предварительно

указанного на схеме. Делается это несложно: достаточно выбрать необходимый объект на схеме и из таблицы перечня выбрать нужный ЭП. Следует отметить, что таблица перечня отфильтрована по ИП, то есть программа предлагает выбор только из тех ЭП, которые по замыслу должны питаться от соответствующего ИП. Это гораздо быстрее по сравнению с ручным вводом мощности и обозначения для каждого ЭП. Затраты времени на создание модели сети составили менее 6 часов, результат работы показан на рис. 3.

Структура сети подразумевает два независимых ИП, два силовых трансформатора, две секции, соединенные секционным выключателем, 13 силовых щитов, около 80 силовых электроприемников, щиты освещения, розеточной сети, автоматики и щит ЦПУ. Общая установленная мощность для технологического оборудования составляет примерно 1400 кВт, общая расчетная мощность – около 1000 кВт.

Очистные сооружения ЦБК по степени надежности относятся к потребителям первой группы, то есть допустимое время прерывания электроснабжения технологического оборудования не превышает времени действия автоматики. Поэтому при построении схемы предполагается автоматическое включение перемычек при исчезновении питания от одного источника. В проекте применяются автоматические выключатели компаний ABB и Schneider Electric, зарекомендовавших себя как надежные производители. В автоматических выключателях используются современные технологии как в конструкции, так и в функциональных возможностях расцепителей. С помощью большого набора регулируемых уставок защиты от перегрузки и токов КЗ можно добиться полной селективности с вышеразмещенными автоматическими выключателями, высокая динамическая стойкость которых делает их лучшим решением при больших ударных токах КЗ.

В справочнике программы EnergyCS Электрика уже хранится большое количество автоматических выключателей и расцепителей с полным набором уставок и время-токовыми характеристиками (ВТХ). Однако если оказалось, что в справочнике нет необходимого АВ, то его можно ввести самостоятельно, для чего необходимо открыть каталог АВ, из которого внести данные в соответствующие колонки справочника EnergyCS Электрика, как показано на рис. 4.

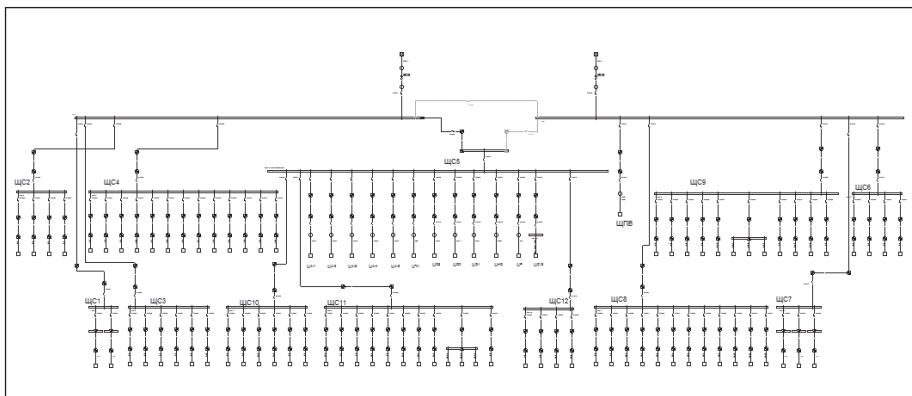


Рис. 3. Структурная схема сети в EnergyCS Электрика

Защиты Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 A									
Защита от перегрузки									
Уставка тока (A) Ir = In x ...									
Отключение между 1,05 - 1,20 Ir									
Временная уставка (время отключения) t (s)									
Время отключения фактическое (s), в зависимости от кратности превышения									
Уставка тока									
Период действия тепловой (T) (s) ... 40 % - 60 %									
Световая индикация									
Справочник "EnergyCS-SPR"									
Расцепители автоматических выключателей									
№	Серия	Тип	Ином	Уставка Ir защиты от перегрузки	Уст Ir защиты от перегрузки	Уставка Im защиты от КЗ	Imax	Уставка tm защиты от КЗ	Уст Imo отсечки
105	NSX	Micrologic 5.2 A	100	40-100	A	0,5;1,2,4,8;16	1,5-10	"Ir	0,1,0,2,0,3,0,4
106	NSX	Micrologic 5.2 A	160	63-160	A	0,5;1,2,4,8;16	1,5-10	"Ir	0,1,0,2,0,3,0,4
107	NSX	Micrologic 5.2 A	250	100-250	A	0,5;1,2,4,8;16	1,5-10	"Ir	0,1,0,2,0,3,0,4
108	NSX	Micrologic 5.2 A	400	160-400	A	0,5;1,2,4,8;16	1,5-10	"Ir	0,1,0,2,0,3,0,4
109	NSX	Micrologic 5.2 A	630	250-630	A	0,5;1,2,4,8;16	1,5-10	"Ir	0,1,0,2,0,3,0,4
110	NSX	Micrologic 6.2 A	40	18-40	A	0,5;1,2,4,8;16	1,5-10	"Ir	0,1,0,2,0,3,0,4
111	NSX	Micrologic 6.2 A	100	40-100	A	0,5;1,2,4,8;16	1,5-10	"Ir	0,1,0,2,0,3,0,4
112	NSX	Micrologic 6.2 A	160	63-160	A	0,5;1,2,4,8;16	1,5-10	"Ir	0,1,0,2,0,3,0,4
113	NSX	Micrologic 6.2 A	250	100-250	A	0,5;1,2,4,8;16	1,5-10	"Ir	0,1,0,2,0,3,0,4
114	NSX	Micrologic 6.2 A	400	160-400	A	0,5;1,2,4,8;16	1,5-10	"Ir	0,1,0,2,0,3,0,4
115	NSX	Micrologic 6.2 A	630	250-630	A	0,5;1,2,4,8;16	1,5-10	"Ir	0,1,0,2,0,3,0,4

Рис. 4. Добавление нового расцепителя АВ в справочник EnergyCS Электрика

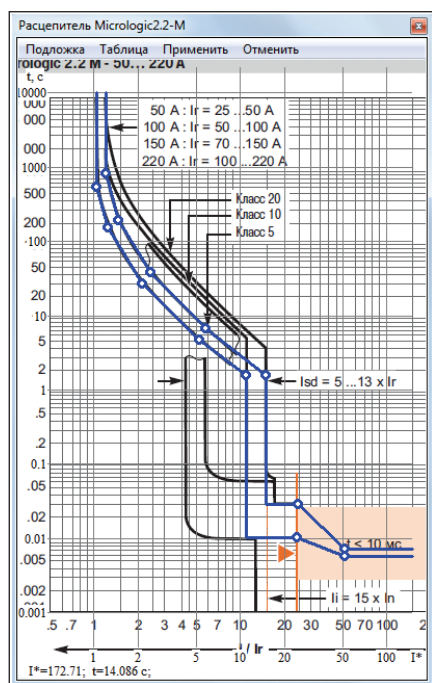


Рис. 5. Оцифровка ВТХ-расцепителя в EnergyCS Электрика

В справочник также необходимо добавить ВТХ-расцепители для построения карт селективности, координации защит и автоматической подбора уставок. Оцифровка осуществляется в специальном графическом редакторе программы: достаточно вставить на задний фон ВТХ из каталога, согласовать масштабы и контрольные точки диаграмм, а затем обвести эту кривую средствами EnergyCS Электрика (рис. 5), после чего введенный АВ и расцепитель можно использовать в расчетах.

У компании Schneider Electric есть специализированная программа Curve Direct для выбора и координации оборудования защиты сетей низкого напряжения, но в этой программе используется только оборудование от Schneider Electric, в то время как в EnergyCS Электрика можно применять в расчетах оборудование любого производителя. Данные из Curve Direct могут быть использованы для работы в Электрике, например, кривую ВТХ можно взять не из каталога, а непосредственно с экрана программы Curve Direct. Только при этом в Curve Direct следует указать все уставки по току максимальные, а уставки по времени — минимальные.

Следующим этапом является выбор автоматических выключателей и кабелей. В справочнике программы уже имеется большой перечень оборудования разных производителей. Для предварительных расчетов можно вручную выбирать АВ

№	Серия	Тип выключателя	Uном В	Iном А	Iоткл кА	П	Расцепитель	Рав МОМ	Хав МОМ	Изготовитель	Код изделия
1	S200 M	S 202 M-C 10	440	10	20	2	Характеристика С	21,8	11,4	-	1449
2	S200 M	S 202 M-C 16	440	16	20	2	Характеристика С	14	7,21	-	1451
3	S200 M	S 203 M-C 4	440	4	20	3	Характеристика С	51,6	28,2	-	1463
4	S200 M	S 203 M-C 6	440	6	20	3	Характеристика С	35,2	18,9	-	1464
5	S200 M	S 203 M-C 10	440	10	20	3	Характеристика С	21,8	11,4	-	1465
6	S200 M	S 203 M-C 16	440	16	20	3	Характеристика С	14	7,21	-	1467
7	S200 M	S 203 M-C 25	440	25	20	3	Характеристика С	9,18	4,65	-	1469
8	S200 M	S 203 M-C 50	440	50	20	3	Характеристика С	7	4,5	-	1472
9	S200 M	S 203 M-D 16	440	16	20	3	Хар-ка D	14	7,21	-	1531
10	S200 M	S 203 M-D 32	440	32	20	3	Характеристика D	7,27	3,65	-	1534
11	S800S	S803S-C80	400	80	50	3	Характеристика С	3,05	1,73	-	2386
12	Emax	E3N 32	690	3200	65	3	SACE PR121	0,116	0,0607	-	3589
13	Emax	E2 CS 20	690	2000	65	3	SACE PR121	0,136	0,0756	-	3590
14	Tmax	Tmax T5 (H)	690	630	70	3	PR221DS-LS/I	0,398	0,128	-	3592
15	Tmax	Tmax T4 (H)	690	250	70	3	PR221DS-LS/I	0,988	0,417	-	3593
16	Tmax	Tmax XT2 (H)	690	160	70	3	PR221DS-LS/I	1,23	0,633	-	3597

Рис. 6. Автоматические выключатели в справочнике модели для автовыбора

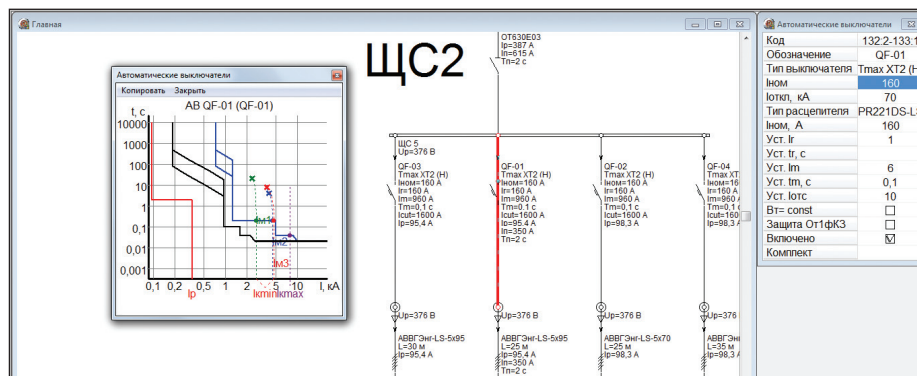


Рис. 7. Результат автовыбора оборудования и карта селективности

и КЛ, программа делает расчеты моментально, поэтому в случае неправильного выбора оборудования можно моментально пересчитать схему с новыми условиями.

В EnergyCS Электрика реализован механизм автоматического подбора оптимального оборудования как по номинальному току, так и по обеспечению селективности. Программа осуществляет автоматический выбор либо из внутреннего справочника модели, которую следует предварительно заполнить предпочтительным в данном проекте оборудованием, или из полного внешнего справочника оборудования. В нашем случае автоматические выключатели, которые применяемые в проекте, были известны заранее, поэтому они были скопированы в справочник модели из внешнего справочника, то есть предварительно был подготовлен список АВ, из которых и осуществлялся выбор. Работа со справочником модели, показанным на рис. 6, выполняется с меньшими затратами, поскольку ее объем существенно меньше.

Нажатием одной кнопки запускается процесс автовыбора, через несколько се-

кунд программа осуществляет подбор автоматических выключателей, определяет уставки защиты от перегрузки и токов КЗ, обеспечивая необходимую селективность. На рис. 7 показаны результат автовыбора оборудования и карта селективности.

В данном случае для питающего насоса мощностью 75 кВт с номинальным током 142 А программа выбрала автоматический выключатель Tmax XT2 (H) с номинальным током 160 А и расцепитель PR221DS-LS/I с номинальным током 160 А, подобрала уставки (на карте селективности — черная кривая) таким образом, чтобы обеспечить нормальный пуск двигателя (красная кривая), для вышерасположенного автоматического выключателя, являющегося резервным для данного потребителя, был выбран Tmax T5 (H) с номинальным током 630 А и расцепитель PR221DS-LS/I с номинальным током 630 А (синяя линия). Программа произвела выбор для всех автоматических выключателей и предложила варианты по координации уставок защитных аппаратов. Такой автоматический подбор является предварительным, окончательное решение по использованию обо-

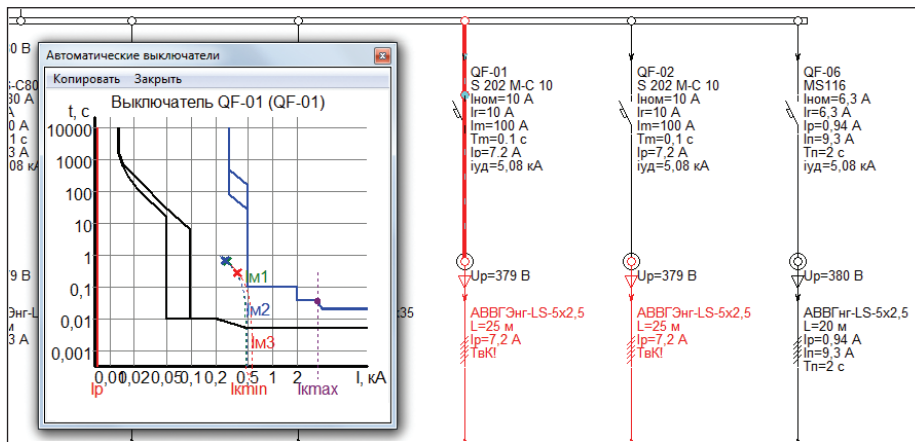


Рис. 8. Отображение нарушенных условий и карты селективности

рудования в проекте принимает инженер-проектировщик.

EnergyCS Электрика также выполняет автоматизированный выбор кабелей по номинальному напряжению, допустимому току, по термической стойкости и по выполнению условия невозгорания. После выбора основного оборудования необходимо осуществить проверку на нарушенные условия. Дело в том, что автоматический выбор оборудования не всегда позволяет получить правильное решение. Это может произойти, например, при отсутствии в списке выбора необходимого автомата. В этом случае EnergyCS Электрика помогает избежать серьезных ошибок при проектировании. В программе можно включить расцветку схемы по нарушенным условиям, те объекты, кото-

рые не проходят по каким-либо причинам, будут подсвечены красным цветом и при этом будет указано, какое условие нарушено. Например, на рис. 8 представлено, что кабель не проходит по условию невозгорания при КЗ в конце кабеля из-за того, что ток КЗ не попадает в зону действия защиты от коротких замыканий. Это видно на карте селективности, показанной на рисунке. В данном случае необходимо принять решение: либо изменить уставки резервного автоматического выключателя (изменить уставку I_r), если это возможно, либо выбрать другой автоматический выключатель с иным расцепителем, либо вообще изменить структуру сети. Следует внимательно проанализировать всю схему и при необходимости внести коррективы.

После выбора оборудования можно получить выходные документы, EnergyCS Электрика позволяет это сделать. В программе в автоматическом режиме можно получить однолинейные схемы для любого силового щита, результат выводится в CAD-систему, например, в AutoCAD (можно также использовать BricsCAD, nanoCAD или др.). Создание схем осуществляется на основании шаблонов, настраиваемых под стандарт организации. Также задаются внешние параметры, которые необходимо отобразить в однолинейной схеме. Результат создания однолинейной схемы представлен на рис. 9.

Расчетная схема с результатами расчета может быть передана в AutoCAD для дальнейшей доработки. В нее можно вставить таблицы, внести примечания, условные обозначения и другую информацию, которую проектировщик посчитает нужной. Передача в AutoCAD происходит нажатием одной кнопки, результат показан на рис. 10.

Наряду с графическими выходными документами в программе можно получить текстовые документы, отчеты и ведомости. С помощью шаблонов, подготовленных для нужд конкретной организации, EnergyCS Электрика формирует отчеты в программе MS Word. В автоматическом режиме можно получить ведомость по любому оборудованию, добавив в нее расчетные параметры, формируются кабельный журнал, таблица обоснования выбора кабелей и автоматиче-

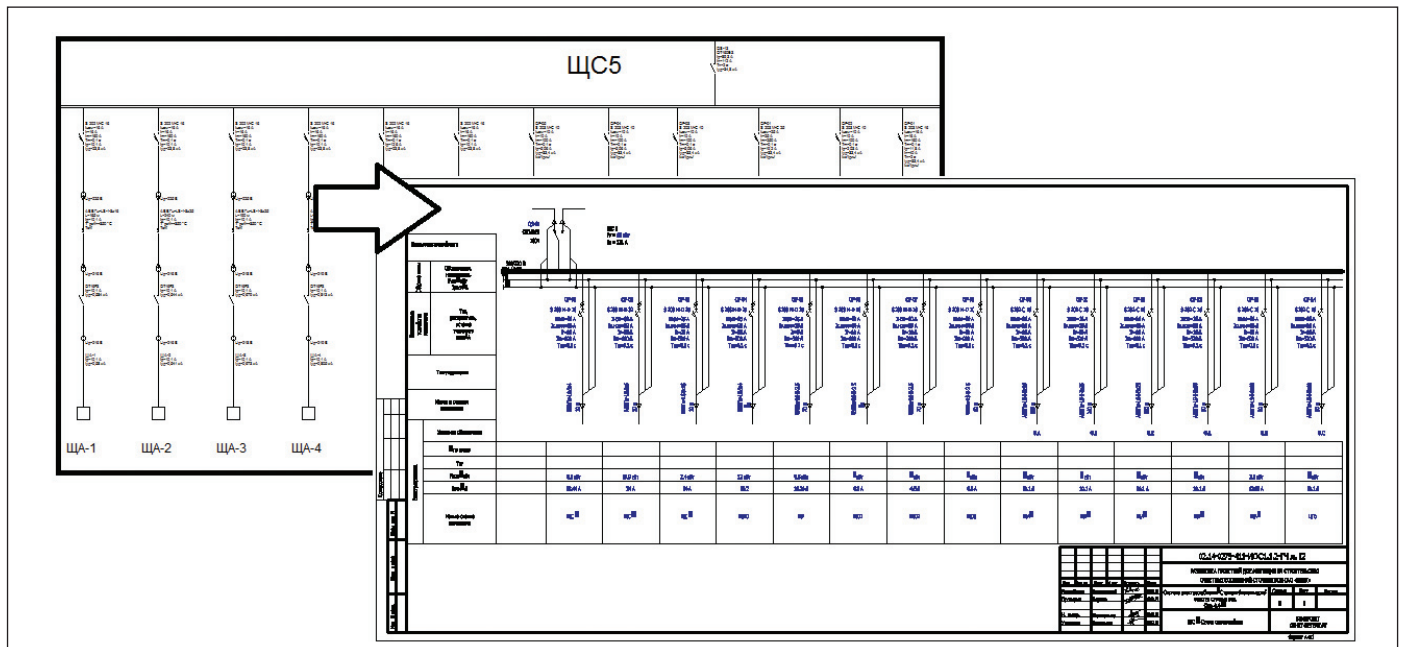


Рис. 9. Автоматическое создание однолинейных схем

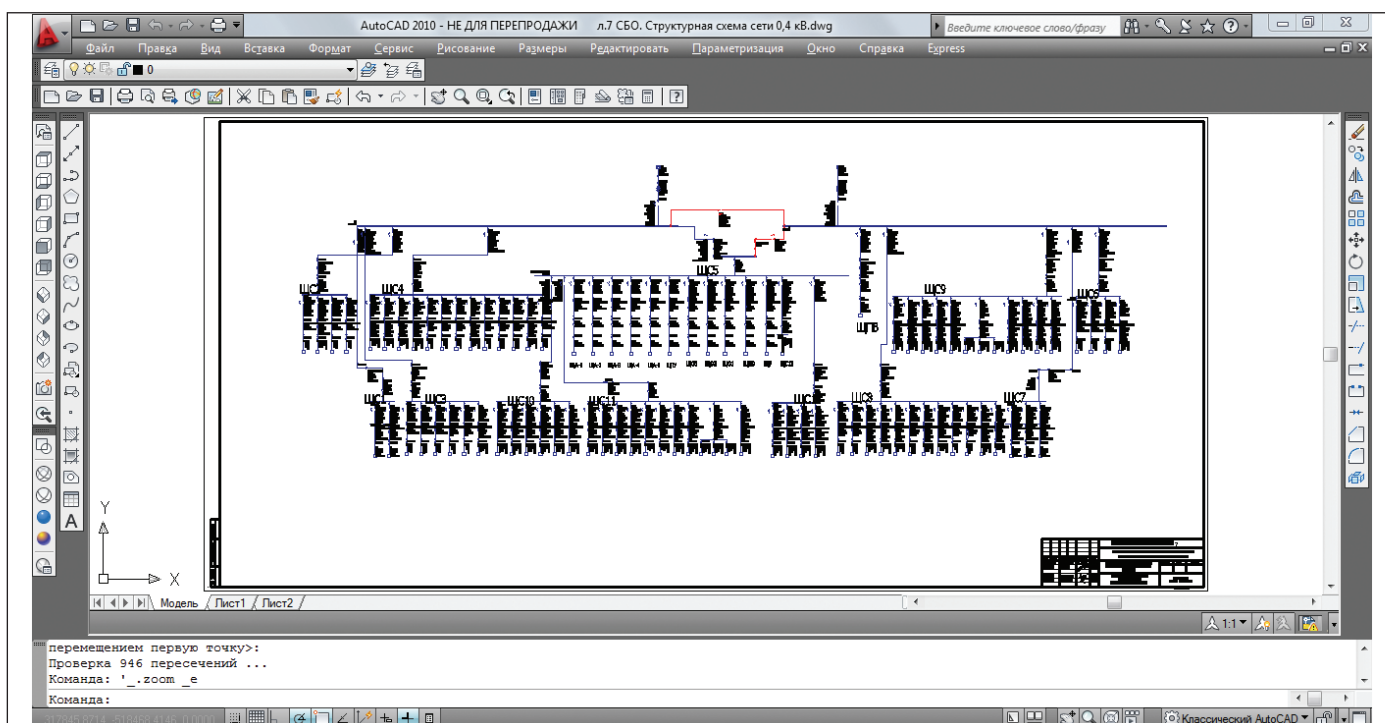


Рис. 10. Схема из EnergyCS Электрика передана в AutoCAD

ских выключателей, таблица расчетных нагрузок по каждому источнику питания. Для создания документа в MS Word достаточно открыть необходимую таблицу и нажать кнопку формирования документа. На рис. 11 показаны исходная таблица в EnergyCS Электрика и результат — таблица в MS Word. Необходимо отметить, что из EnergyCS Электрика можно передать кабельный

журнал в программу ElectriCS 3D для кабельной раскладки. Причем после выполнения раскладки и получения уточненных длин кабелей эта информация может быть возвращена для расчетов с целью проверки потерь напряжения и чувствительности защитных аппаратов из-за увеличения длин кабелей при раскладке. Проектирование внутрицеховой распределительной сети целлюлозно-бумаж-

ного комбината в EnergyCS Электрика получилось удобным и интуитивно понятным, были исключены грубые ошибки, в автоматизированном режиме был осуществлен подбор оборудования, сформированы отчетные документы. Программа позволяет значительно сократить время проектирования, существенно снизив трудозатраты. EnergyCS Электрика находится в постоянном развитии, разрабатывается новая функциональность как в оформлении проектной документации, так и в выполнении расчетов. В целом развитие программы направлено на полное соответствие современным технологиям, чтобы при проектировании можно было обособно использовать все возможности современного оборудования при реальном сокращении трудозатрат.

Таблица расчета кабелей и защитных аппаратов									
№	Шины	Присоединение	Потребитель	Наименование	Рном кВт	Ирасч А	Ипуск А	Тип защитного аппарата	
13	ЩС 7	QF-01	10,2	Мешалка для флокуляции № 1	1,1	1,97	8	MS116	
14	ЩС 7	QF-02	10,6	Мешалка для бака флотационного ипа	1,5	2,68	12,6	MS116	
15	ЩС 7	QF-03	10,3	Мешалка для флокуляции № 1	1,1	1,97	8	MS116	
16	ЩС 7	QF-04	10,1	Мешалка для быстрого смешивания	11	19,7	60	MS116	
17	ЩС 7	QF-05	10,7						
18	ЩС 7	QF-06	10,7						
19	ЩС 7	QF-07	10,7						
20	ЩС 7	QF-08	10,7						
21	ЩС 7	QF-09	10,7						
22	ЩС 7	QF-10	10,1						
23	ЩС 7	QF-11	10,5						
24	ЩС 7	QF-12	10,1						
25	2 С	QF-13	ЩС						
26	ЩС 4	QF-01	5,7						
27	ЩС 4	QF-02	5,8						
28	ЩС 4	QF-03	1,2						

Кабельный журнал для раскладки														
№	Откуда	Куда	Наименование	Потребитель	Вид	Сектор	Тип	Сечение	Базовая	Длина	Длина	Длина	Длина	Длина
1	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	12	240	218	4,98	-0,0188	5
2	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	15	240	218	4,98	-0,0188	5
3	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	44	240	218	8,33	-0,0477	5
4	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	21	240	218	8,33	-0,0188	5
5	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	24	240	218	4,98	-0,0275	5
6	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	15	240	218	68,3	-0,1231	5
7	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	19	240	218	16,4	-0,1215	10
8	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	22	240	218	16,4	-0,1221	10
9	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	22	240	218	12,7	-0,1281	10
10	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	22	240	218	12,7	-0,1289	10
11	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	21	240	218	12,7	-0,1247	10
12	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	12	240	218	12,7	-0,1228	10
13	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	14	240	218	16,4	-0,1226	10
14	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	10	240	218	12,7	-0,2	10
15	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	10	240	218	12,7	-0,1227	10
16	ЩС 7	ЩС 7	Кабельный журнал	ЩС 7	С	1000	ВВГнг	4х185	29	240	218	8,33	-0,0365	2

Рис. 11. Результат формирования таблицы в MS Word

Николай Ильичев,
к.т.н., технический директор
компании CSoft Иваново

Александр Вермаховский,
специалист компании CSoft Иваново

Тел.: (4932) 26-9656
E-mail: ilichev@ivanovo.csoft.ru,
a.vermahovsky@ivanovo.csoft.ru