

Автоматизация процесса раскладки кабелей в среде **ElectriCS 3D**

НА ПРИМЕРЕ РЕАЛЬНОГО ПРОЕКТА

Введение

Проектирование кабельного хозяйства, трассировка кабелей и раскладка их по полкам являются одной из важных и трудоемких задач электротехнического отдела проектной организации. Как правило, эти работы выполняются вручную и с большими приближениями. Как результат, в проектных документах (таких как кабельные журналы и заказные спецификации на кабели) зачастую указываются завышенные длины кабелей, что ведет к их перерасходу и удорожанию сметной стоимости проекта.

При наличии большого числа кабелей задача их трассировки и раскладки по полкам с учетом требований ПУЭ еще более усложняется и отнимает много времени. Как правило, кабельная раскладка объединяет в себе силовые кабели, контрольные кабели КИПиА, кабели охранной и пожарной сигнализации, кабели связи и т.д., то есть трассировкой и раскладкой кабелей должны одновременно заниматься сразу несколько отделов. На практике же чаще всего случается, что определение размеров, габаритов, расположения кабельных трасс и проверка их на предмет коллизий с технологическим, вентиляционным и сантехническим оборудованием остается в ведении одного отдела, тогда как другие просто резервируют на проектируемых трассах (в большинстве случаев весьма приблизительно) количество необходимых им полок для раскладки своих кабелей.

Расчет длин кабелей, формирование планов расположения оборудования и

раскладки кабелей, кабельных журналов и заказных спецификаций на кабели каждый из отделов выполняет самостоятельно. При подобной организации работ неизбежны частые согласования, а также ошибки:

- в разных отделах длины кабелей между одними и теми же потребителями получаются разными, причем только на этапе монтажа при проведении авторского надзора выясняется, кто "сэкономил", а кто заложил огромный "резерв";
- неверно определяется число необходимых полок в трассе — увеличение числа кабелей или их сечения ведет к увеличению количества полок, изменению габаритов трасс, пересогласованиям, повторной выдаче заданий и дополнительным проверкам на коллизии.

Кроме того, после трассировки кабелей их длина может значительно увеличиться и будут необходимы проверочные расчеты токов короткого замыкания и потерь напряжения в кабелях. Например, при получении значения падения напряжения, превышающего допустимое, необходимо будет увеличивать сечение кабеля, что повлечет за собой выбор кабеля с большим сечением токопроводящих жил и с большим наружным диаметром — следовательно, опять придется изменять результаты кабельной раскладки. Избежать подобных сложностей, исключить ошибки, автоматизировать процесс проектирования кабельного хозяйства, уменьшить время выполнения ка-

бельной раскладки и повысить производительность труда проектировщиков позволяет **ElectriCS 3D** — система автоматизированной трехмерной раскладки кабелей различного назначения при проектировании, реконструкции и эксплуатации зданий, сооружений и открытых территорий.

Общие сведения о системе **ElectriCS 3D**

ElectriCS 3D — мощная автоматизированная система трехмерного проектирования кабельного хозяйства, располагающая следующими возможностями:

- трассировка кабелей с учетом взаиморезервирования и минимизаций общих участков трасс;
- раскладка кабелей по полкам с учетом требований ПУЭ;
- трассировка кабелей группами, что позволяет по отдельности трассировать силовые и контрольные группы кабелей;
- автоматическое формирование монтажных длин кабелей;
- ручной ввод исходных данных как непосредственно в самой системе, так и путем импорта из MS Office (Access, Excel, Word);
- просмотр в 3D-виде расположения кабелей, трасс, помещений и потребителей, что обеспечивает визуально-графический контроль при ручном вводе информации;
- наличие интерфейса с системами трехмерного моделирования (PLANT-4D), а также с системами ав-

Automatics-ADT - [24_передача_в_Е30.mlx]

№	Имя	Позиция	Марка	X	Y	Z
5	#Потребитель	01EKB01CT001	01EKB01CT001	1627.1	1278.55	79.37
6	#Потребитель	01EKB02CT001	01EKB02CT001	1627.1	1272.55	79.37
7	#Потребитель	01EKB10CT001	01EKB10CT001	1625.25	1284.55	79.16
8	#Потребитель	01EKA30CT001	01EKA30CT001	1656.55	1271	80.2
9	#Потребитель	01EKN10CT001	01EKN10CT001	1647.8	1287.25	79.8
10	#Потребитель	01EKA30CT002	01EKA30CT002	1657.25	1271	79.4
11	#Потребитель	01EKB01CL301	01EKB01CL301	1627.09	1278.15	80.4
12	#Потребитель	01EKB01CL302	01EKB01CL302	1627.09	1278.15	79.4
13	#Потребитель	01EKB02CL301	01EKB02CL301	1627.09	1272.15	80.4
14	#Потребитель	01EKB02CL302	01EKB02CL302	1627.09	1272.15	79.4

Рис. 1. Перечень потребителей КИПиА из программы Automatics ADT

Координаты потребителей

№	Наименования	Обозначения	X	Y	Z
1	Насос сетевой воды	OND811AP001	12	10	0
2	Насос сетевой воды	OND812AP001	18	10	0
3	Насос сетевой воды	OND813AP001	24	10	0
4	Панель аварийного освещения	BVF	31	26	0
5	Щиток аварийного освещения	BVF-03	32	26	0
6	Эл. двигатель охлаждения масла	EKH03AN002	13	7	0
7	Эл. двигатель охлаждения масла	EKH01AN002	8	7	0
8	Эл. двигатель охлаждения масла	EKH02AN002	3	7	0
9	Сборка КИП блока подготовки топливного газа	BFH01GL300	12	26	0

Рис. 2. Перечень электропотребителей в программе EnergyCS Электрика

Кабельный журнал для раскладки

№	Откуда	Куда	Наименование потребителя	Позиция	Вид	Уном. кВ	Тип	Сечение и число жил	L м	Idоп. А	Idоп. А	Ирассч. А	dU %
21	BFH01GA303 Шкаф 1	EKH01AN004	Пульт компрессора	EKH01N004-01	С	1	ВВГнг	4x4	65	34	35.8	1.06	-3.17
22	BFH01GA303 Шкаф 1	EKH02AN004	Пульт компрессора	EKH02AN004-01	С	1	ВВГнг	4x4	70	34	35.8	1.06	-3.18
23	BFH01GA303 Шкаф 1	2ПЗТ4	Печи электрические в щите	2ПЗТ4-01	С	1	ВВГнг	4x10	30	60	63.2	9.12	-3.25
24	BFH01GA303 Шкаф 1	В1 1	Вентилятор системы	В1 1-01	С	1	ВВГнг	4x16	20	80	84.3	13.7	-3.16
25	BFH01GA303 Шкаф 1	EKH03AN003	Погружной нагреватель комп.	EKH03AN003-01	С	1	ВВГнг	4x4	30	34	35.8	2.28	-3.17
26	BFH01GA303 Шкаф 2	P.S	Цели управления пожарной сигнализацией	98 2	С	1	АВВГнг	4x2.5	5	19	20	0.0455	-3.04
27	BFH01GA303 Шкаф 2	EKH01AP011	Цели управления погружным насосом	EKH01AP0011-01	С	1	ВВГнг	4x4	5	34	35.8	0.0455	-3.04
28	BFH01GA303 Шкаф 2	EKH03AN004	Пульт компрессора	EKH03AN004-01	С	1	ВВГнг	4x4	5	34	35.8	1.06	-3.04
29	BFH01GA303 Шкаф 2	2ПЗТ4	Печи электрические в эл.помещ.	2ПЗТ4-01	С	1	АВВГнг	4x4	10	26	27.4	4.56	-3.19

Рис. 3. Перечень силовых кабелей в программе EnergyCS Электрика

Элементы с дублированной позицией и координатами X, Y, Z

Позиция, X, Y, Z (Имя элемента)	Количество элементов
BFH01GL300, 0, 0, 0 (#Потребитель)	2
BFH01GP10, 0, 0, 0 (#Потребитель)	2
BFU01, 0, 0, 0 (#Потребитель)	2
BFU02, 0, 0, 0 (#Потребитель)	2
Всего:	8

Удалить дублирование
Редактировать дублирование
Игнорировать
Дублирование в файл prf

Рис. 4. Окно проверки на дублирование по параметру Позиция

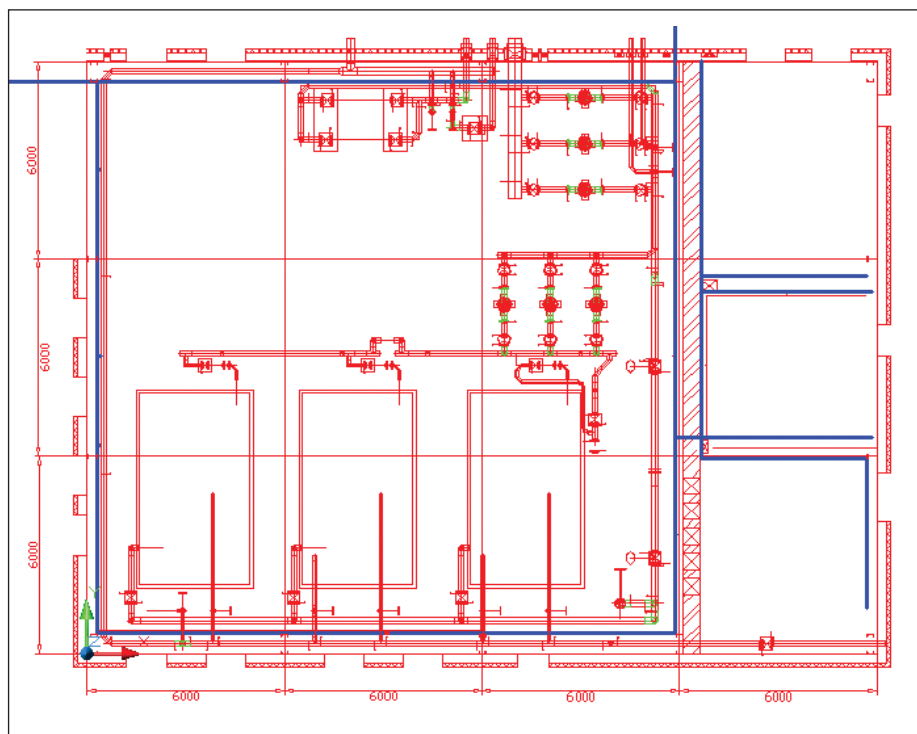


Рис. 5. План расположения технологического оборудования с отрисованными на нем трассами

томатизированного проектирования электрических систем и систем управления (Automatics ADT, ElectriCS ADT, EnergyCS Электрика), что позволяет автоматизировать ввод данных по трассам, потребителям и кабелям;

- размещение дополнительных кабелей на общие трассы при проектировании следующих очередей того же объекта, а также при реконструкции существующих объектов, когда новые кабели прокладываются по уже существующим трассам с учетом степени заполненности их полок;
- графический ввод информации — координат потребителей, трасс и помещений из AutoCAD (оцифровка планов);
- настройка шаблонов в среде MS Office и выдача проектных документов в полном соответствии с формами, принятыми в проектной организации;
- вывод на планы расположения условных графических обозначений потребителей, трасс и списков кабелей, проходящих по каждой трассе.

Ввод исходных данных

В качестве примера применения САПР ElectriCS 3D приведем проект кабельной раскладки для блока подготовки топливного и пускового газа газотурбинной электростанции, выполненный специалистами ОАО "Инженерный центр энергетики Урала".

№	Имя элемента	Позиция	X1	X2	Y1	Y2	Z1	Z2	Соединение	Система	Тип Трассы	Консоли	Налетка	Нстойки	Нполос.Зад
1	#Трасса	2	6	17.88	17.394	17.394	3.2	3.2	1_3_17		Каб. м/к	450	150	600	4
2	#Трасса	3	6	0.32	17.394	17.394	3.2	3.8	2_4_19		Каб. м/к	450	150	600	4
3	#Трасса	4	0.32	0.32	17.394	12.014	3.0	3.2	3_5_19		Каб. м/к	450	150	600	4
4	#Трасса	5	0.32	0.32	12.014	0.634	3.2	3.2	4_6		Каб. м/к	450	150	600	4
5	#Трасса	6	0.32	17.88	0.634	0.634	3.2	3.2	1_5		Каб. м/к	450	150	600	4

Рис. 6. Окно ввода трасс с высчитанным параметром *Соединение*

№	Имя элемента	Позиция	X1	X2	Y1	Y2	Z1	Z2	Имя
1	#Помещение	101	-0.4	18.61	-0.386	18.414	0	7.0	Машзал_топливоподготовки
2	#Помещение	102	18.61	24.4	11.034	18.414	0	4.6	Помещение_КИПиА
3	#Помещение	103	18.61	24.399	6.134	11.034	0	4.6	Помещение_ЭТО
4	#Помещение	104	18.61	24.4	-0.386	6.134	0	4.6	Венткамера
5	#Помещение	105	16.61	24.402	18.414	32.276	0	11	Эстакада_трубопроводов
6	#Помещение	106	-12.061	32.312	32.276	54.322	0	20	Машзал_главного_корпуса
7	#Помещение	107	-28.35	-10.35	-0.386	18.414	0.0	5.0	Площадка_сепаратора

Рис. 7. Окно ввода помещений

Исходными данными для системы ElectriCS 3D являются:

- список потребителей (электрооборудования, точек контроля, соединительных коробок) с указанием координат;
- список кабелей с указанием проектных позиций со стороны *Откуда* и стороны *Куда*;
- список трасс с указанием координат начала и конца, а также габаритов кабельных конструкций;
- список объемов (помещений) с указанием координат.

В рассматриваемом проекте исходные данные о потребителях и кабелях были переданы через файлы обмена из программы проектирования систем автоматики AutomatiCS ADT (перечень точек контроля и контрольных кабелей) и из программы проектирования систем электроснабжения EnergyCS Электрика (электропотребители и силовые кабели).

Одни и те же потребители могут фигурировать в перечнях и кабельных журналах разных отделов. Например, питание щитов контроля и автоматики заняты проектировщики-электрики, а кабели от соединительных коробок и датчиков подводят к щитам проектировщики отдела КИПиА. Поэтому перед объединением проектов различных отделов необходима проверка элементов *Потребитель* на предмет дублирования — с тем чтобы исключить потребителей с одинаковой проектной позицией (кроме первого в списке).

В системе ElectriCS 3D проверка потребителей на дублирование происходит при объединении проектов по параметру *Позиция* и координатам (*X*, *Y*, *Z*).

Ввод трасс был осуществлен непосредственно из AutoCAD (оцифровка существующего чертежа). На плане расположения технологического оборудования в заданном слое были отрисованы линии, моделирующие кабельные трассы. Затем уже в ElectriCS 3D координаты отрисованных на плане линий использовались в качестве исходной информации о кабельных трассах.

Для каждой трассы по команде *Соединение трасс по координатам* автоматически определяется список трасс, с которыми она связана и на которые в последующем будет возможен переход кабелей. Степень близости трасс проектировщик может задать (в метрах) по своему усмотрению, тогда трассы не обязательно должны соединяться геометрически — если расстояние между реальными трассами не превышает заданную степень близости, автоматически будет строиться фиктивная трасса.

Ввод помещений (объемов) был осуществлен непосредственно с плана расположения технологического оборудования с помощью окна настройки ввода-вывода в AutoCAD. Список помещений представляет собой перечень объемов, внутри которых разрешен заход кабеля на трассу. Переход кабеля из помещения в помещение возможен только по заданной трассе.

Трассировка кабелей и раскладка их по полкам

После того как в систему введены исходные данные, производится полная обработка и проверка проекта. После исполнения этой команды выполняются следующие действия:

- каждому кабелю в проекте присваивается параметр *Группа* (с 1-й по 9-ю, в соответствии с требованиями ПУЭ для кабельной раскладки). Каждая группа раскладывается на отдельных полках. В соответствии с действующим изданием ПУЭ по условиям раскладки, кабели делятся на следующие группы:
 - 1) силовые кабели напряжением 6 кВ и выше (С),
 - 2) силовые кабели напряжением до 1 кВ с сечением жил 25 мм² и более (С),
 - 3) силовые кабели напряжением до 1 кВ с сечением жил менее 25 мм² (С),
 - 4) контрольные кабели напряжением более 60 В (К),
 - 5) контрольные кабели напряжением менее 60 В (Н),
 - 6) кабели, требующие специальных средств защиты (П),
 - 7) кабели, требующие искрозащиты (И);
- для каждого кабеля по параметрам *Откуда* и *Куда* ищутся соответствующие потребители;
- по параметру *Тип* в базе данных на каждый элемент *Кабель* ищется подходящий вариант и добавляются новые параметры (*Диаметр*, *Масса*, *Модель* и др.);
- в соответствии с параметром *Соединение* между трассами устанавливаются связи. Если у трассы есть пересечения с другими трассами, она заменяется на несколько трасс (например, трасса с позицией T1, имеющая пересечения с двумя трассами, будет заменена на три участка с позициями T1A, T1B и T1C);

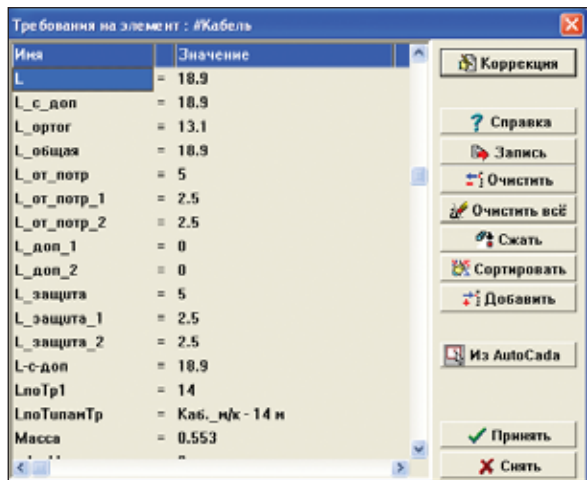
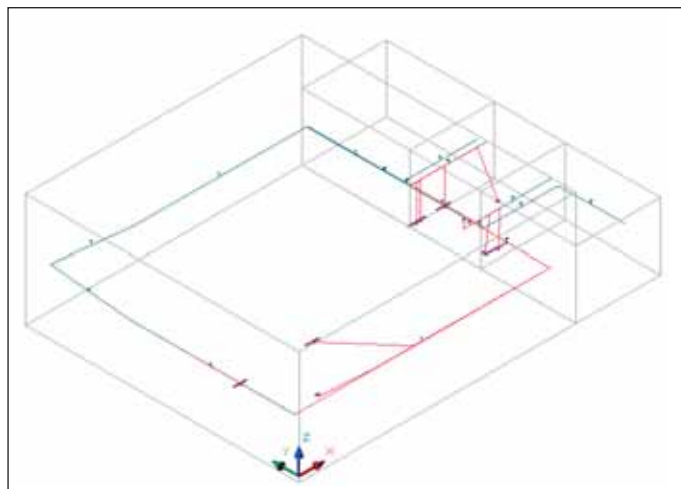
Рис. 8. Перечень параметров на элемент *Кабель*

Рис. 9. Фрагмент трехмерной модели кабельной раскладки с оттрассированными кабелями

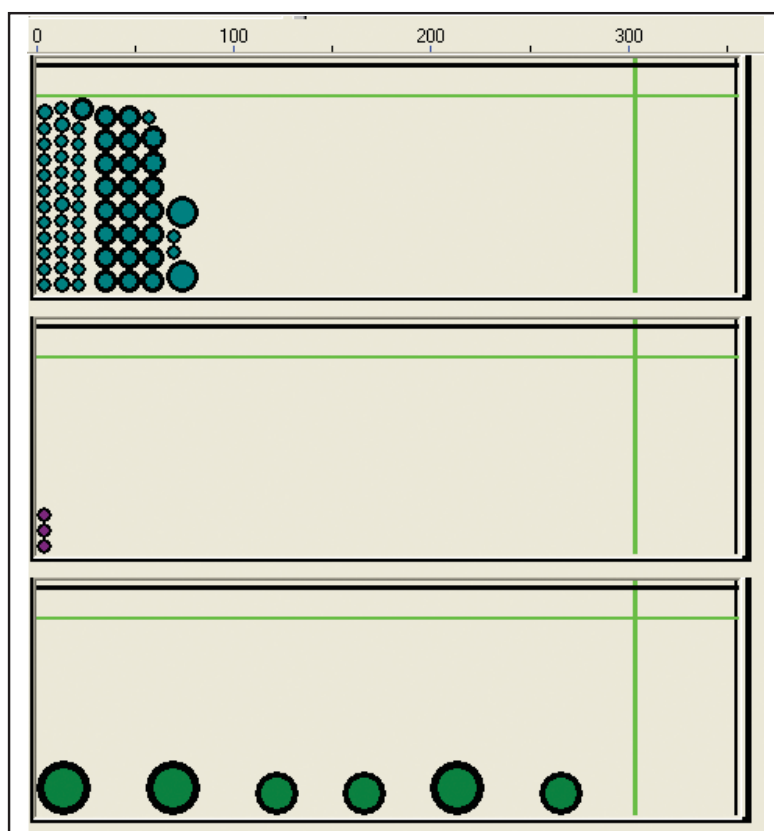


Рис. 10. Просмотр раскладки кабелей по полкам

- для каждой трассы высчитывается и добавляется параметр *Длина*;
- все потребители и трассы проверяются на наличие параметра *Помещение*. Если он отсутствует, программа определяет этот параметр автоматически по координатам. Если трасса расположена сразу в нескольких помещениях, параметр *Помещение* для нее будет иметь несколько значений.

После проверки и полной обработки выполняется первый этап кабельной раскладки — трассировка кабелей. Для каждого потребителя программа автоматически с обоих концов кабеля ищет ближайшую трассу, а затем кратчайшее

расстояние по схеме кабельных коммуникаций. При этом учитываются следующие условия, заданные проектировщиком в исходных данных:

- кабели, имеющие признак резервирования, раскладываются по разным трассам, а при отсутствии такой возможности — по разным полкам одной трассы;
- кабели, имеющие параметр *Перемычка*, не участвуют в трассировке (например, кабели, запитывающие шлейфом несколько электроприемников, расположенных близко друг к другу). Их длина рассчитывается как ортогональное расстоя-

ние между концами кабеля;

- запрет прокладки кабелей определенных групп на заданных трассах;
- запрет прокладки определенного кабеля на заданных трассах;
- трасса для кабеля, заданная принудительно.

После трассировки для всех кабелей высчитываются и добавляются следующие значения:

- общая длина кабеля как сумма всех участков трасс, по которым он проходит, и ортогональных расстояний от потребителей с каждой стороны кабеля до точек ввода кабеля в трассы ($L_{общая}$);
- ортогональная длина между потребителями с разных сторон кабеля ($L_{ортог}$);
- перерасход — как разница между общей и ортогональными длинами;
- длина кабеля с учетом разделок. Вычисляется как сумма общей длины кабеля и длин под разделку с обеих сторон кабеля ($L_{с_доп}$);
- проектная длина кабеля, определяемая умножением длины кабеля с учетом разделок ($L_{с_доп}$) на коэффициент резервирования, которые заложены в программе или задаются проектировщиком самостоятельно.

Для разных диапазонов длин кабелей (до 50 м, от 50 до 100 м, от 100 до 300 м и выше 300 м) можно установить различные коэффициенты. Результаты первоначальной трассировки кабелей позволяют определить общий перерасход кабеля по проекту как разницу между общей длиной кабеля и ортогональной длиной между потребителями. Параметр *Перерасход* является также косвенным показателем качества расстановки кабельных конструкций.

ElectrCS 3D - [Final Ver(041)-3-2.mir]							
Файлы Базы Проект Класс Элемент Сервис Документ Ввод Трасса Полка Обработка Опции Окно Справка							
№	Имя Элемента	Позиция	Откуда	Куда	ТрассаПолка	Длина	Вид
20	#Кабель	BE1	BFH01GA303_шк_2	BE1	10/2_9/5_11/5	21	C
21	#Кабель	EKH01N004-01	BFH01GA303_шк_2	EKH01AN004	10/1_14/4_18/4_1/3_6/2	37	C
22	#Кабель	EKH02AN004-01	BFH01GA303_шк_2	EKH02AN004	10/1_14/4_18/4_1/3_6/2	31	C
23	#Кабель	ЗПЭТ4-01	BFH01GA303_шк_2	ЗПЭТ4	10/1_9/4_16/3_8/2	25	C
24	#Кабель	B1.1-01	BFH01GA303_шк_2	B1.1	10/1_14/4_18/4_1/3_2/3_3/3	43	C
25	#Кабель	EKH03AN003-01	BFH01GA303_шк_2	EKH03AN003	10/2_14/4_18/4_1/3_6/2	38	C

Рис. 11. Окно элементов *Кабель* со значением параметра *ТрассаПолка* (10/2 — Номер трассы/Номер полки в трассе)

ElectrCS 3D - [Ввод параметров потребителей (электрооборудования): (D:\1) РАБОТА\20] Екатеринбург\Сделали На Месте\ElectrCS 3D\Final Ver(041)-3.mir]								
Файлы Базы Проект Класс Элемент Сервис Документ Ввод Трасса Обработка Опции Окно Справка								
№	Имя элемента	ИмяПотреб	Позиция	X	Y	Z	Фрагмент	УголФрагмента
100	#Потребитель	Пульт_компрессора	EKH03AN004	15.5	3.845	0	Шкаф	0
101	#Потребитель	Цепи_управления_пожарной_сигнализац	P.S	18.856	3.148	0	Шкаф	90
102	#Потребитель	Печи_электрические_в_щите	ЗПЭТ4	23.582	15.637	0	Шкаф	90
103	#Потребитель	Вентилятор_системы	B1.1	1.026	16.065	4.0	Мотор	0
104	#Потребитель	Вентилятор_системы	B2.1	0.744	1.50	4.0	Мотор	90
105	#Потребитель	Погружной_нагреватель_компр.	EKH03AN003	4.939	3.875	0	Мотор	0

Рис. 12. Окно ввода электропотребителей с указанием параметров *Фрагмент*, *УголФрагмента* и *Слой*

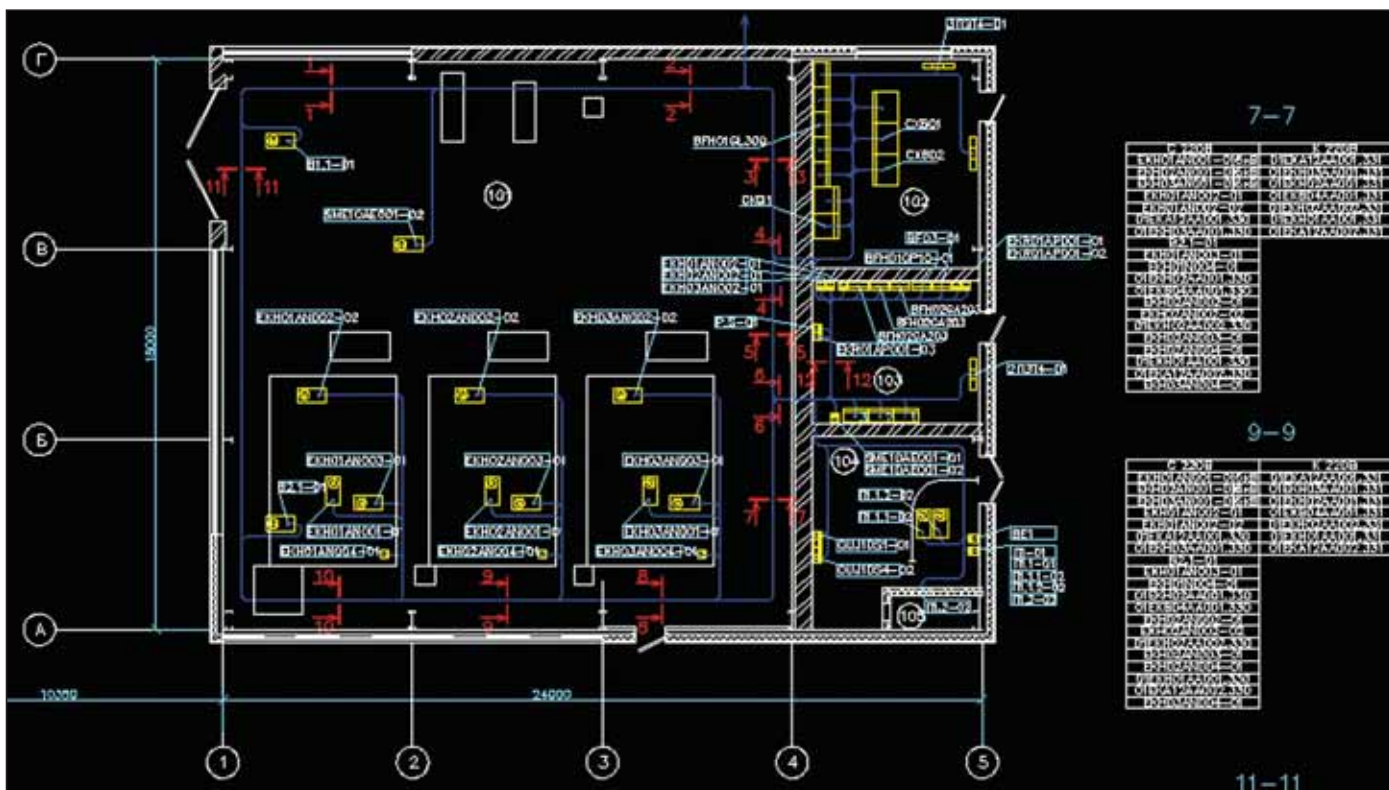


Рис. 13. План расположения электрооборудования и прокладки кабелей

Второй этап кабельной раскладки — раскладка оттрассированных кабелей по полкам. Она происходит автоматически по команде *Раскладка кабелей по полкам* в соответствии с определенными параметрами трасс и заданными проектировщиком условиями:

- длиной консоли;
- высотой вертикальной стенки лотка, короба, кабельного канала или плоского перехода;
- заданным числом полок;
- степенью занятости каждой полки в трассе уже проложенными кабелями;
- принудительным объединением кабелей различных групп на одних полках;
- порядком расположения кабелей разных групп на полках трассы (например, в ПУЭ нет четкого определения, где должны прокладываться контрольные кабели, — под или над силовыми кабелями, проектировщик может задать этот порядок самостоятельно);
- коэффициентами резервирования полки и лотка;
- индивидуальными длинами консолей для кабелей каждой группы;
- режимом отдельной полки на каждый кабель;
- заданным числом полок под кабели каждой группы;
- числом резервных полок под кабели каждой группы.

Результаты раскладки кабелей по полкам в любой точке трассы можно просмотреть с помощью специального окна программы.

После раскладки кабелей по полкам для каждого участка трасс автоматически добавляется следующая информация:

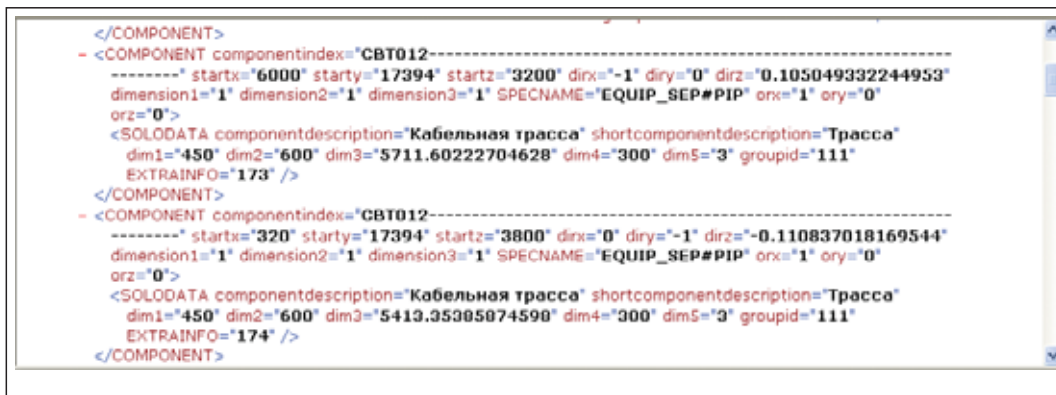


Рис. 14. XML-файл с габаритами трасс

Наименование присоединения	№ кабеля	Монтажная марка кабеля	Наименование кабеля		Трассировка	Закрепление марки кабеля	Число жил и сечение (мм ²)		Число кабелей, шт	Длина (м)
			Откуда	Куда			Оск.	Нул.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПУТТ-65-120100М	1	БФУ-01	БФУ-01 ПУТТ-65-120100М	ПУТТ-65-120100М	1773, 314, 180, 1403, 903, 110	АВВГнг	50	25	1	75
БФУ	2	БФУ-02	ПУТТ-65-120100М	БФУ	114, 94, 140, 1003, 94, 110	АВВГнг	35	16	1	91
БФУ-02	3	БФУ-01	БФУ Панель вводно-распределительная	БФУ-01 Панель вводно-распределительная	1773, 314, 180, 1403, 94, 110	АВВГнг	10	0	1	90
ОПД-011А/001	4	ОПД-011А/001-01	БФУ-01 ПУТТ-65-120100М	ОПД-011А/001 Нормо-отделочный кабель	1773	АВВГнг	150	70	1	39
БФУ-02/01	5	БФУ-02/01-01	БФУ-01 ПУТТ-65-120100М	БФУ-02/01 Оборудование подключения электроустановки	1773, 314, 180, 1403, 903, 110	АВВГнг	95	50	1	71
БФУ-02/01	6	БФУ-02/01-01	БФУ-02/01 Оборудование подключения электроустановки	БФУ-02/01 Оборудование подключения электроустановки	114, 94, 140, 1003, 94, 110	АВВГнг	16	10	1	55

Рис. 15. Кабельный журнал

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, отраслевого стандарта	Под оборудование, кабели, материалы	Значит - обозначитель	Единица изм., рабочий	Коэф. монтажа	Масса единицы из	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Кабель силовой с алюминиевыми жилами с изоляцией из ПВХ пластика пониженной горючести не распространяющий горение, напряжением 1 кВ, сечение жил 10	ТУ 16-705.426-86 АВВГнг	35 2122-45-00	ОАО "Кабелькабель" г. Липецк	м	92	0.264	Исходно разд. - 1 х 2
2	Кабель силовой с алюминиевыми жилами с изоляцией из ПВХ пластика пониженной горючести не распространяющий горение, напряжением 1 кВ, сечение жил 16-0-1х10	ТУ 16-705.426-86 АВВГнг	35 2122-45-00	ОАО "Кабелькабель" г. Липецк	м	117	6.7	Исходно разд. - 3 х 2
3	Кабель силовой с алюминиевыми жилами с изоляцией из ПВХ пластика пониженной горючести не распространяющий горение, напряжением 1 кВ, сечение жил 16-0-1х10	ТУ 16-705.426-86 АВВГнг	35 2122-45-00	ОАО "Кабелькабель" г. Липецк	м	162	2.75	Исходно разд. - 7 х 2

Рис. 16. Спецификация кабелей

- номер последней занятой полки на участке трассы;
- число занятых полок на данном участке трассы.

Для каждого кабеля формируется параметр *ТрассаПолная*, представляющий перечень всех участков трасс и полок, по которым проходит кабель.

Общее число необходимых полок определяется в программе как сумма полок под все группы кабелей. В результате кабельной раскладки могут появиться трассы, у которых реальное число необходимых полок больше заданного. В этом случае проектировщику нужно скорректировать предварительную раскладку, произведя следующие действия:

- увеличить число заданных полок в конкретной трассе;
- увеличить размер кабельных конст-

рукций (ширину консоли, высоту лотка);

- уменьшить место резерва на кабельных конструкциях;
- изменить схему кабельных коммуникаций (добавить новые трассы).

Вывод результатов трассировки на план в среде AutoCAD

По окончании кабельной раскладки ее результаты могут быть выведены на план в среде AutoCAD. По команде *Вывести на план* можно поместить на план следующие элементы:

- условные графические обозначения (УГО) потребителей;
- схему расположения кабельных трасс;
- контуры помещений.

Каждому элементу *Потребитель* мо-

жет быть присвоено свое УГО. Вид УГО определяется параметром *Фрагмент*. В его значении указывается название файла AutoCAD, где находится условное графическое обозначение электротехнического устройства для чертежей, выполненных в масштабе 1:100 (в соответствии с ГОСТ 21.614-88 "Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах"). Если используются чертежи иного масштаба, программа автоматически масштабирует УГО при выводе их на план.

При указании у элемента *Потребитель* значения параметра *Слой*, программа автоматически будет создавать слой в чертеже AutoCAD и выводить в него графические обозначения.

Трассы могут выводиться на план специальными типами линий (кабель в

№	Откуда	Куда	Наименование потребителя	Позиция	Вид	Уном кВ	Тип	Сечение и число жил	L м	Idоп А	Idопт А	Ирасч. А	dU %
1	BFH01	ППТТ-63-220УХЛ4		BFV-01	С	1	АВВГнг	4х50	65	110	116	9.97	-0.168
2	ППТТ-63-220УХЛ4	BFV	Панель аварийного освещения	BFV-02	С	1	АВВГнг	4х35	80	95	100	9.97	-0.431
3	BFV	BFV03	Щиток аварийного освещения	BF03-01	С	1	АВВГнг	3х10	85	46	48.5	6.82	-0.758
4	BFH01	ОНД811АР001	Насос сетевой воды	ОНД811АР001-01	С	1	АВВГнг	4х150	35	230	242	126	-0.487
5	BFH01	BFH01GA202		BFH01GA202-01	С	1	АВВГнг	4х95	50	165	174	62.3	-0.476
6	BFH01GA202	ЕКН01АН002	Эл.двигатель охлаждения масла	ЕКН01АН002-01	С	1	АВВГнг	4х16	43	60	63.2	24	-1.35
7	BFH01GA202	ЕКН01АН002	Эл.двигатель охлаждения масла	ЕКН01АН002-02	С	1	ВВГнг	4х6	55	43	45.3	24	-2.93
8	BFH01GA202	ЕКР01АР001-ШУ		ЕКР01АР001-01	С	1	АВВГнг	4х50	5	110	116	38.3	-0.573
9	ЕКР01АР001-ШУ	ЕКР01АР001	Насос погружной	ЕКР01АР001-02	С	1	АВВГнг	4х16	7	60	63.2	38.3	-0.797
10	BFH01GA202	BFH01GL300	Сборка КИП блока подготовки топливного газа	BFH01GL300-01	С	1	АВВГнг	4х25	10	75	79.1	0	-1.71

Рис. 17. Кабельный журнал в программе EnergyCS Электрика с предварительными длинами кабелей без учета кабельной раскладки

№	Откуда	Куда	Наименование потребителя	Позиция	Вид	Уном кВ	Тип	Сечение и число жил	L м	Idоп А	Idопт А	Ирасч. А	dU %
1	BFH01	ППТТ-63-220УХЛ4		BFV-01	С	1	АВВГнг	4х50	75	110	116	9.97	-0.191
2	ППТТ-63-220УХЛ4	BFV	Панель аварийного освещения	BFV-02	С	1	АВВГнг	4х35	91	95	100	9.97	-0.49
3	BFV	BFV03	Щиток аварийного освещения	BF03-01	С	1	АВВГнг	3х10	92	46	48.5	6.82	-0.852
4	BFH01	ОНД811АР001	Насос сетевой воды	ОНД811АР001-01	С	1	АВВГнг	4х150	39	230	242	126	-0.534
5	BFH01	BFH01GA202		BFH01GA202-01	С	1	АВВГнг	4х95	71	165	174	62.3	-0.668
6	BFH01GA202	ЕКН01АН002	Эл.двигатель охлаждения масла	ЕКН01АН002-01	С	1	АВВГнг	4х16	55	60	63.2	24	-1.74
7	BFH01GA202	ЕКН01АН002	Эл.двигатель охлаждения масла	ЕКН01АН002-02	С	1	ВВГнг	4х6	55	43	45.3	24	-3.33
8	BFH01GA202	ЕКР01АР001-ШУ		ЕКР01АР001-01	С	1	АВВГнг	4х50	7	110	116	38.3	-0.774
9	ЕКР01АР001-ШУ	ЕКР01АР001	Насос погружной	ЕКР01АР001-02	С	1	АВВГнг	4х16	7	60	63.2	38.3	-0.990
10	BFH01GA202	BFH01GL300	Сборка КИП блока подготовки топливного газа	BFH01GL300-01	С	1	АВВГнг	4х25	15	75	79.1	0	-2.37

Рис. 18. Кабельный журнал в программе EnergyCS Электрика с длинами кабелей с учетом кабельной раскладки (длина переданы из Electric3D 3D)

трубе, кабель в коробе, кабель в лотке) при указании у элемента *Трасса* значения параметра *ТипЛинии*.

По команде *Позиции кабелей в AutoCAD* на план можно вывести позиции кабелей, проходящих по данному участку трассы. По команде *Параметр элемента в AutoCAD* на план можно вывести значение параметра элемента на усмотрение проектировщика (например, *ТипТрассы=Кабельный короб*).

Для проверки на предмет коллизий, корректировки расположения кабельных трасс и получения единой трехмерной модели объекта габариты трасс могут быть переданы в систему трехмерного проектирования (например, PLANT-4D) через обменный файл XML-формата.

Получение табличных проектных документов

Табличные документы выводятся в MS Word с помощью шаблона *.dot, содержащего специальные макросы. Эта технология позволяет сформировать проектные документы в полном соответствии с формами, принятыми у заказчика. В рассматриваемом проекте были получены кабельные журналы и заказные спецификации на кабели и трубы сразу для двух отделов — КИПиА и электротехнического. Кабели были отсортированы по параметру *Проект* и выведены с помощью подготовленного шаблона отдельными классами.

Передача информации о длинах кабелей в программы проектирования систем электроснабжения для проверочного расчета

Полученные после кабельной раскладки длины кабелей могут быть пере-

даны через файл обмена данными в программы проектирования систем электроснабжения — для проведения расчетов токов короткого замыкания и допустимого падения напряжения.

Перспективы развития

Возможности системы постоянно расширяются. В программу планируется включить конструктор кабельных трасс, позволяющий формировать:

- заказные спецификации на кабельные металлоконструкции;
- сечения кабельных трасс;
- кабельные журналы с учетом разбивки кабелей по высотам прокладки (для составления смет на монтажные работы).

Действительно, после того как выполнены трассировка и раскладка кабелей, проектировщику предстоит решить еще одну важную и трудоемкую задачу — подсчитать кабельные металлоконструкции (короба, лотки, консоли, стойки, трубы, гибкие металлорукава), определить весовую нагрузку кабельных трасс на строительные конструкции и сформировать их сечения. Работая в конструкторе кабельных трасс, специалист может сам определить вид и конструкцию трассы:

- выбрать (изменить) способ прокладки кабелей (в коробе, в лотке, в трубе, непосредственно по консолям);
- увеличить (уменьшить) высоту кабельной стойки;
- задать расстояние между кабельными стойками;
- задать расстояние между консолями;
- выбрать вид расположения консолей относительно кабельной стойки

(левостороннее, правостороннее или двустороннее);

- добавить крышки кабельным лоткам;
- добавить в лотке огнеупорную перегородку.

Далее проектировщик может сформировать физические сечения кабельных трасс в любом их месте (то есть кабели на полках, их позиции, а также схематическое изображение кабельных металлоконструкций). Полученные сечения в заданном масштабе можно вывести в AutoCAD.

После подсчета конструкций новый инструмент позволит сформировать заказную спецификацию на кабельные металлоконструкции с точным числом каждого вида изделий.

За основу базы элементов кабельных металлоконструкций принята номенклатура бывшего Главэлектромонтажа (ГЭМ) как наиболее часто применяющаяся в проектах для отечественных заказчиков. Тем не менее в последние годы на российском рынке появилось множество других отечественных и зарубежных производителей кабельных металлоконструкций с иной номенклатурой изделий. Поэтому в программе предусмотрена возможность добавлять в базу данных изделия других производителей.

Олег Александров,
ведущий специалист
сектора КИПиА и электрики компании
CSoft Engineering
E-mail: Aleksandrov@csoft.ru