

В.А. Павлоков, С.Н. Ткаченко, А.В. Коваленко

ПРИМЕНЕНИЕ САПР ДЛЯ УЧЕБНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАСПРЕДУСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Донецкий национальный технический университет

Рассмотрена разработанная учебная САПР электрической части станций и подстанций, применяемая для расчетов токов короткого замыкания и выбора основного электротехнического оборудования, а также проверки трансформаторов системы собственных нужд тепловых электростанций по условиям пуска и самозапуска асинхронных электродвигателей. Приведено описание структуры программного продукта, реализованного на платформе графического редактора Autodesk AutoCAD.

There developed educational CAD-system of electrical part of electrical power plants and substation are showing in this article. This CAD is applying for short circuit currents calculation and choice of main equipment and for checking of thermal power plants auxiliaries transformers by start-on and self-start of induction motors. The description of the software product structure realized on the platform of the graphic editor Autodesk AutoCAD is given.

Ключевые слова: САПР, электрическая часть станций и подстанций, расчет токов короткого замыкания, выбор оборудования, пуск и самозапуск асинхронных электродвигателей, Autodesk AutoCAD.

Key words: CAD, electrical part of electrical power plants and substation, short circuit currents, choosing of main equipment, start-on and self-start of induction motors, Autodesk AutoCAD.

В области электроэнергетики уже давно применяются различные системы автоматизированного проектирования (САПР) [1]: AutoCAD® Electrical, CAD Electro®, МОДУС®, КОМПАС-Электрик®, nanoCAD Электро® и др. Промышленные САПР являются сложными программными продуктами, требующими для их эксплуатации специалистов высокой квалификации и не малых денежных средств на их приобретение.

Описываемая здесь учебная САПР (УСАПР) основана на применении проектирующей системы AutoCad фирмы AutoDesk, имеющей набор собственных внутренних алгоритмических языков программирования (AutoLisp, VLA, VBA, C#), а также язык создания диалоговых окон DCL. УСАПР получила условное название «CAD_Electric_Education» [2]. Она имеет единое информационное обеспечение в виде библиотеки графических блоков (БГБ) и символьных баз данных (СБД). Общая структура УСАПР приведена на рисунке 1.

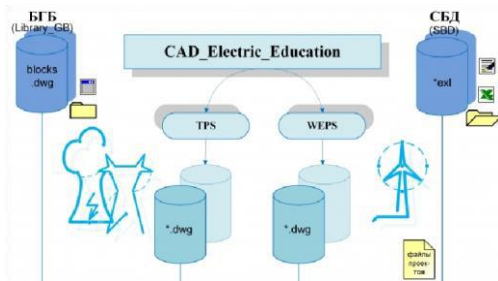


Рис. 1. Общая структурная схема системы УСАПР

Символьная исходная информация помещена в плоские электронные таблицы (ЭТ). Отдельные разделы СБД размещаются на отдельных именованных листах книги ЭТ Microsoft Office Excel. СБД имеет открытую структуру и включает в себя современное силовое оборудование отечественных производителей, а также мировых лидеров в области электротехники, таких компаний как: АВВ®, Siemens®, Schneider Electric®, General Electric®, Alstom Grid®, Legrand®, Таврида электрик др. Пример СБД оборудования, устанавливаемого в ветроэнергетической установке (ВЭУ) показан на рис. 2.

Тип	Рн, МВт	Un, кВ	cosϕI	Xd [∞]	Ta, с	Тип	Фирма
E-126/7580	7.58	0.40	0.8	0.2	.14	SG annular	ENERCON
E-70/2000	2.00	0.40	0.8	0.2	.14	SG annular	ENERCON
FL-2500	2.50	0.69	0.95	0.24	.14	DFIG	Fuhrlander
FL-1500	1.50	0.69	0.9	0.24	.14	DFIG	Fuhrlander
FL MD 70/77	1.50	0.69	0.8	0.24	.14	DFIG	Fuhrlander
FL-1000 plus	1.00	0.69	0.8	0.24	.14	DFIG	Fuhrlander
FL-100	0.10	0.40	0.8	0.2	.14	IM, pole change	Fuhrlander
FL-800	0.80	0.69	0.8	0.2	.14	IM	Fuhrlander

Рис. 2. Пример СБД выполненной Microsoft Office Excel для генераторов ВЭУ

УСАПР включает в себя две подсистемы: «TPS» – (от. англ. thermal power station) расчета КЗ и выбора основного силового оборудования тепловых электростанций (ТЭС) [3]; «WEPS» – (от. англ. wind electrical power station) расчета потокораспределения в схемах выдачи мощности ветровых электростанций [4]. Первая из них включает проектные процедуры для расчета: токов короткого замыкания (ТКЗ) и выбора основного силового оборудования, проверки трансформаторов системы с.н. ТЭС по условиям пусков и самозапусков электродвигателей.

Алгоритмы, лежащие в основе расчетов ТКЗ, основываются на методиках, изложенных в [5]. Расчетная схема формируется пользователем на экране монитора, как это показано на рисунке 3. В целях проверки расчетных схем выполняется документирование исходных данных ее элементов.

Затем по расчетной схеме программно формируются узлы схемы. Индикация номеров узлов на схеме позволяет пользователю оценить правильность сформированной им схемы (номера узлов фрагментов схемы одного потенциала должны быть одинаковыми, как это видно на рис. 3).

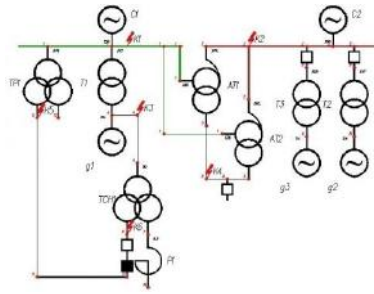


Рис.3. Пример созданной на экране монитора расчетной схемы

Пользователь может проводить расчеты ТКЗ в отдельных узлах расчетной схемы. Индикация расчетных данных в этом случае выполняется в диалоговом окне, содержащем все составляющие суммарного тока КЗ в узле, а также его тепловой импульс. В случае КЗ на выводах генератора в диалоговом окне приводятся также составляющие тока КЗ этого генератора.

Для получения сводной таблицы ТКЗ пользователь должен предварительно выполнить установку точек КЗ в требуемых узлах расчетной схемы с указанием названия точки и ее параметров (среднего номинального напряжения и времени отключения КЗ). После выбора пункта меню «Расчет КЗ в N точках с документированием» программа выполняет расчет токов КЗ в указанных на расчетной схеме точках и формирует таблицу данных расчета КЗ (рис. 4).

Сводная таблица расчетов токов КЗ								
№ КЗ	Обозначение точки КЗ	UБаз,кВ	Iск,кА	Iст,кА	Iст,кА	IуВ,кА	WкА*кА*с	Тв,с
K1	ОРУ-330	340	25,5	24,1	18,4	68,4	188,6	0,089
K2	ОРУ-500	550	16	15,2	10,6	42,6	71,4	0,079
K3	на выводах Г1 от генератора	20	139,6	128,3	148,1	385,5	81972,6	0,209
			56,2	45	69,2	157,3	14018,7	0,432
K4	АТ НН1	37	24,8	24,8	33	69,8	740,5	1,005
K5	РТСН1	6,3	18,4	76	6,3	46,6	82,1	0,042
K6	РТСН2	6,3	21,7	75,1	12,1	56,9	124,4	0,065

Рис.4. Пример выходного документа при расчете токов КЗ

Определение величин постоянных времени затухания аperiodических составляющих токов КЗ производится путем учета активных сопротивлений элементов расчетной схемы. Расчетные значения токов КЗ заносятся на хранение во внутреннюю библиотеку AutoCAD. В дальнейшем они используются в процедурах выбора оборудования и токопроводов. В УСАИР реализованы процедуры выбора выключателей (рис. 5), разъединителей и трансформаторов тока.

Выбор выключателя на ОРУ-330 НРЛ 420В2-63/4000 фирмы АВВ		
Величина	Расчетное значение	Каталожное значение
Номинальное напряжение, кВ	340	362
Номинальный ток, А	1000	4000
Периодическая составляющая тока отключения, кА	25	63
Аperiodическая составляющая тока отключения, кА	18,4	38,6384
Мгновенное значение ударного тока, кА	68,4	158
Тепловой импульс, кА ² * с	188,6	11907

Рис.5. Пример выбора выключателя на напряжение 330 кВ

В процедуре расчета пусков и самозапущков двигателей используется Т-образная эквивалентная схема замещения глубоководного АД (рис. 6).

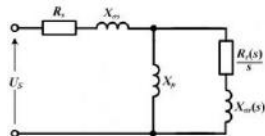


Рис.6. Однофазная Т-образная эквивалентная схема замещения глубоководного АД

Ее параметры определяются методом прямого синтеза по исходным каталожным данным АД, дополненным значениями токов статора и вращающего момента для промежуточных точек скольжения. Полученная при этом система нелинейных алгебраических уравнений решается в среде пакета MathCad с использованием решающего блока Given - Minerr. На рис. 7 приведены расчетные характеристики вращающих моментов и пусковых токов для одного из ЭД.

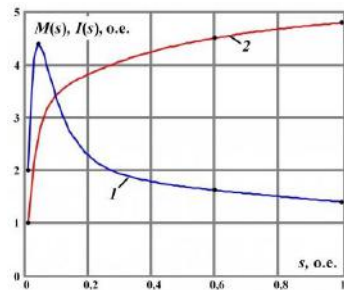


Рис.7. Расчетные пусковые характеристики АД привода ПЭН блока 300 МВт

Библиографический список

1. Мыльников А. Как я выбрал САИР [Электронный ресурс] / САИР-журнал: Статьи, уроки и материалы для специалистов области САИР, 2014 г.–URL: <http://sair-journal.ru/stati/kak-ya-vybral-sair/> (дата обращения 17.03.2018).
2. Павлов В.А.Учебная САИР электрической части станций и подстанций [учебное пособие] / Павлов В.А., Ткаченко С.Н., Коваленко А.В. – 2. Павлов В.А.Учебная САИР электрической части станций и подстанций [учебное пособие] / Павлов В.А., Ткаченко С.Н., Коваленко А.В. – Харьков: ФЛН Панов А.Н., 2016. -124 с.

3. ГОСТ 19431-84. Энергетика и электрификация. Термины и определения. – Введ. 01.01.1986. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 8 с.
4. ГОСТ Р 51237-98. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения. – Введ. 30.06.1999. – Москва: Издательство стандартов, 1999. – 12 с.
5. Короткие замыкания и выбор электрооборудования : учеб. пособие для вузов / И. П. Крючков [и др.] ; под ред.: И. П. Крючкова, В. А. Старшинова. – Москва : МЭИ, 2012. – 568 с.

© Павлюков В.А. Применение САПР для учебного проектирования распределительных устройств электростанций и подстанций / В.А. Павлюков, С.Н. Ткаченко, А.В. Коваленко // Актуальные проблемы электроэнергетики сборник научно-технических статей: посвящается 80-летию со дня рождения проф. С.В. Хватова. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Образовательный институт электроэнергетики. 2018. – С. 273-278.