

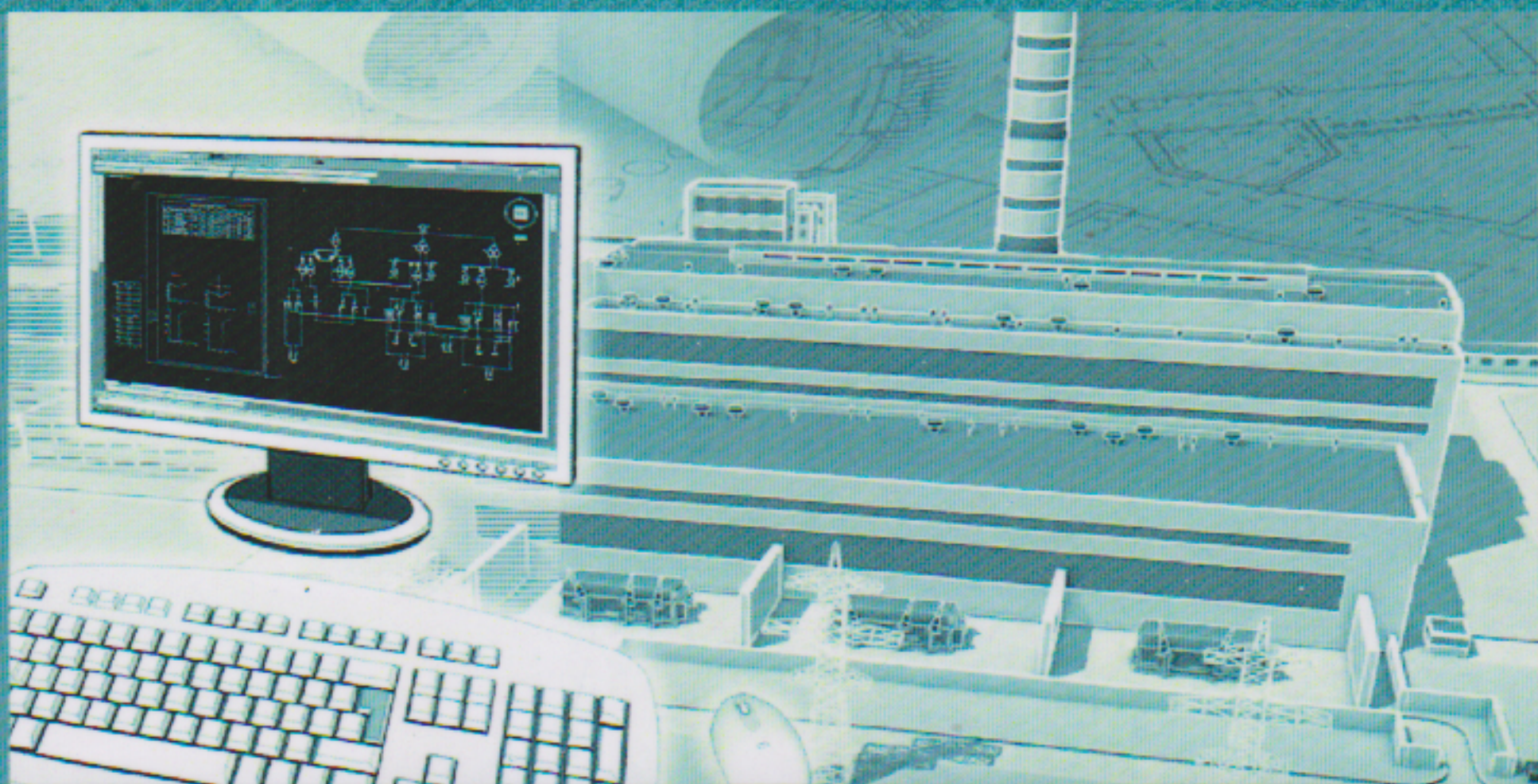
100
лет
✧ 1921 ✧

ДонНТУ



В.А. Павлюков
С.Н. Ткаченко

УЧЕБНАЯ САПР СХЕМ ПЕРВИЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ



Второе издание

Учебное пособие

100-летию ДОННТУ посвящается

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В. А. Павлюков, С. Н. Ткаченко

УЧЕБНАЯ САПР СХЕМ ПЕРВИЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Учебное пособие

Издание второе

В дар Научно-технической библиотеке
ГОУВПО «ДОННТУ» от авторов!



Донецк
ООО «НПП «Фоллиант»
2021

УДК 621.311.17:621.4:004.896(075.8)

ББК 31.277:311.278:30.2-5-05я73

П12

ISBN 978-5-6045983-0-6

Рекомендовано Ученым Советом

*ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»,
в качестве учебного пособия для студентов электротехнических специальностей
(Протокол № 5 от 04 июня 2021 г.)*

Рецензенты:

Аноприенко Александр Яковлевич – кандидат технических наук, профессор, ректор ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», зав. кафедрой «Компьютерная инженерия».

Кузнецов Станислав Лукьянович – доктор технических наук, профессор кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы» ФГБОУВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова».

Куренный Эдуард Григорьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий и городов» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

Авторы:

Павлюков Валерий Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрические станции» электротехнического факультета ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

Ткаченко Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электрические станции» электротехнического факультета ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

Павлюков, В.А.

П12 Учебная САПР схем первичных электрических соединений станций и подстанций: учеб. пособие / В. А. Павлюков, С. Н. Ткаченко. – Донецк: Издательство ООО «НПП «Фолиант», 2021. – 264 с.

ISBN 978-5-6045983-0-6

В учебном пособии изложены принципы построения учебной САПР. Приведено описание основных компонентов САПР: графического интерфейса пользователя, математического, информационного, программного и методического её обеспечений. Описан метод расчёта параметров эквивалентных схем замещения и пусковых характеристик асинхронных двигателей, обеспечивающий совпадение расчётных пусковых характеристик с каталожными исходными данными асинхронного двигателя. Для повышения информативности метод использует параметры двигателя в области промежуточных скольжений.

В шестом разделе пособия приведено описание порядка работ по основным компонентам УСАПР: её установке на ПК, формированию расчётных схем, расчётам токов короткого замыкания, выборе оборудования и силовых кабелей, проверке схем питания системы собственных нужд электростанций по условиям пусков и самозапусков электродвигателей.

ISBN 978-5-6045983-0-6



9 785604 598306

УДК 621.311.17:621.4:004.896(075.8)

ББК 31.277:311.278:30.2-5-05я73

ISBN 978-5-6045983-0-6

© В. А. Павлюков, С. Н. Ткаченко, 2021

© ООО «НПП «Фолиант», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Перечень условных обозначений и сокращений.....	7
Введение.....	9
1. Общие принципы построения САПР.....	11
1.1 Общая структурная схема САПР.....	11
1.2 Программное обеспечение САПР.....	13
1.2.1 Краткие сведения о языке AutoLisp.....	13
1.2.2 Краткие сведения о языке VisualLisp и объектной модели AutoCAD.....	16
1.2.3 Настройка режимов рисования AutoCAD для САПР.....	18
1.2.4 Формирование прикладных меню САПР.....	19
1.3 Информационное обеспечение САПР.....	20
1.3.1 Символьная информация.....	20
1.3.2 Графическая информация.....	25
1.4 Формирование расчётных схем на экране монитора.....	32
1.4.1 Вставка графических блоков.....	32
1.4.2 Имитация переключения коммутационных аппаратов...	42
1.4.3 Использование Microsoft COM-технологии для связи AutoCAD с MS Excel.....	43
2. Преобразование графического образа расчётной схемы в математическую модель.....	49
2.1 Алгоритм формирования эквивалентной схемы замещения...	49
2.1.1 Считывание данных линий и коммутационных аппаратов.....	51
2.1.2 Считывание данных элементов расчётной схемы.....	53
2.1.2.1 Расчёт активных сопротивлений ветвей расчётной схемы.....	56
2.1.3 Формирования узлов расчётной схемы.....	57
2.2 Метод узловых напряжений для расчёта многоузловых схем.....	64
2.2.1 Формирование матрицы узловых потенциалов и вектора задающих токов.....	68
2.3 Решение систем алгебраических уравнений.....	70
2.3.1 Программная реализация метода решения СЛАУ.....	73
3. Алгоритмы расчёта токов при КЗ и рассогласовании фаз.....	76
3.1 Расчёты токов трехфазных КЗ в максимальном режиме работы электроустановки.....	76
3.1.1 Подпитка места КЗ от ЭД.....	76
3.1.2 Расчёты для одного узла схемы.....	82
3.1.3 Расчёты для многих точек КЗ.....	88
3.1.3.1 Определение составляющих тока КЗ источников...	91
3.1.3.2 Определение периодической составляющей тока КЗ	94

к моменту отключения выключателя.....	
3.1.3.3 Определение теплового импульса тока КЗ от ближних к КЗ синхронных машин.....	98
3.1.3.4 Определение коэффициентов γ и изменения теплового импульса тока КЗ.....	100
3.2 Расчёты тока двухфазного КЗ в минимальном режиме работы электроустановки.....	102
3.3 Расчёт токов в режиме рассогласования фаз.....	107
4. Алгоритмы выбора и проверки оборудования и силовых кабелей.....	110
4.1 Начальная стадия выбора и проверки.....	110
4.2 Выбор и проверка выключателей и разъединителей.....	114
4.2.1 Алгоритм и методика выбора.....	114
4.2.2 Алгоритм и методика проверки.....	119
4.3 Выбор и проверка трансформаторов тока.....	120
4.4 Выбор и проверка силовых кабелей.....	120
4.4.1 Проверка кабеля на термическую стойкость.....	123
4.4.2 Проверка кабеля на невозгораемость.....	126
4.4.3 Программная реализация.....	126
5. Алгоритмы расчета пусков и самозапусков электродвигателей.....	135
5.1 Расчётные схемы ТЭС для моделирования пусков и самозапусков асинхронных двигателей.....	135
5.2 Расчёт параметров ЭСЗ широкополосных АД.....	136
5.3 Особенность ввода и хранения данных АД.....	143
5.4 Методика и алгоритм расчёта переходных режимов работы АД.....	146
5.5 Расчёты режимов пуска АД.....	154
5.6 Расчёты режимов самозапуска АД.....	156
5.6.1 Расчёт индивидуального выбега АД.....	157
5.6.2 Расчёт группового выбега АД.....	158
5.6.3 Завершающий этап расчётов.....	163
5.7 Расчёты режимов каскадного пуска АД от дизель- генераторов.....	163
6 Инструкция по установке и работе с САПР.....	171
6.1 Установка программы на ПК и начало работы с ней.....	171
6.1.1 Общая характеристика САПР.....	171
6.1.2 Размещение компонентов САПР в файловой системе ПК.....	172
6.1.3 Выбранный для САПР режим работы AutoCAD.....	173
6.1.4 Главное меню САПР.....	175
6.1.5 Построение расчётных схем в AutoCAD.....	175
6.1.5.1 Примеры расчётных схем.....	175
6.1.5.2 Вставка элементов на расчётную схему.....	180
6.1.5.3 Предварительная программная расстановка узлов на расчётной схеме.....	189
6.1.5.4 Нормализация параметров линий и вставок ГБ	190

элементов расчётных схем.....	
6.1.5.5 Работа с большими расчётными схемами.....	190
6.1.5.6 Назначение коммутационных аппаратов и имитация их переключений.....	191
6.1.6 Символьная база данных.....	193
6.1.7 Формирование Excel-файла информационного сопровождения проекта.....	198
6.1.7.1 Особенность ввода и хранения данных АД.....	198
6.2 Расчёты токов КЗ и при рассогласовании фаз источников.....	203
6.2.1 Порядок расчёта токов КЗ.....	203
6.2.1.1 Расчёт КЗ в максимальном режиме работы электроустановки.....	204
6.2.1.2 Определение времени отключения КЗ.....	206
6.2.1.3 Индикация результатов расчёта токов КЗ на экране монитора.....	208
6.2.1.4 Расчёт токов подпитки от электродвигателей секций с.н.....	209
6.2.1.5 Расчёт токов КЗ в нескольких точках с документированием.....	209
6.2.1.6 Расчёты двухфазных КЗ для минимального режима работы электроустановки.....	211
6.2.2 Расчёт токов в режиме рассогласования фаз.....	212
6.2.3 Расчёт емкостных токов фидеров секций с.н.....	214
6.3. Выбор и проверка оборудования и силовых кабелей.....	216
6.3.1 Начальная стадия выбора и проверки.....	216
6.3.2 Выбор и проверка выключателей.....	217
6.3.2.1 Методика выбора.....	218
6.3.2.2 Методика проверки.....	218
6.3.3 Выбор и проверка трансформаторов тока.....	219
6.3.3.1 Технология выбора новых трансформаторов тока.....	219
6.3.3.2 Технология проверки существующих трансформаторов тока.....	221
6.4. Расчёт пусков и самозапусков электродвигателей.....	223
6.4.1 Расчётные схемы ТЭС для моделирования пусков и самозапусков АД.....	223
6.4.2 Расчёт и тестирование параметров эквивалентной схемы замещения АД.....	224
6.4.3 Расчёты режимов пуска АД.....	231
6.4.4 Расчёты режимов самозапуска АД.....	232
Список используемых источников.....	236
Приложение А. Библиотека графических образов элементов электрических схем.....	239
Приложение Б. Пример формирования подраздела СБД кабельной продукции.....	241

Приложение В. Текст функции формирования параметров ЭСЗ в расчётах токов КЗ.....	248
Приложение Г. Стартовая настройка САПР.....	250
Приложение Д. Программа расчёта параметров эквивалентной схемы замещения АД.....	253
Приложение Е. Программа тестирования параметров эквивалентной схемы замещения АД.....	259