


Разработка программного обеспечения для расчета токов коротких замыканий в системах электроснабжения напряжением до 0,4 кВ

Выполнила: Соловьева Д.А.

Руководитель ВКР: Степанченко О.В.



Актуальность выпускной работы



Одним из видов предприятий, на которых случаются крупные аварии – это электроэнергетические предприятия. Основной и самой частой причиной перехода энергосистемы из нормального состояния к аварийному является короткое замыкание.

Расчетами токов короткого замыкания в системах могут заниматься как в образовательных целях, так и на производстве.

Данные расчеты необходимы для понимания у студента основ электротехники. Однако их можно автоматизировать, чтобы фокус был на более важных вопросах.

Цель работы



Наталья Юрьевна,
преподаватель по
направлению «Энергетика
и электротехника».
Ведет разные дисциплины
с 1 по 4 курс на очной и
заочной форме обучения.
Занимается наукой по на
своему направлению.

Цель работы



Наталья Юрьевна,
преподаватель по
направлению «Энергетика
и электротехника».
Ведет разные дисциплины
с 1 по 4 курс на очной и
заочной форме обучения.
Занимается наукой по на
своему направлению.



Николай,
студент по направлению
«Энергетика и электротехника».
Учится на 4 курсе, занимается
наукой, собирается поступать в
магистратуру.
С 1 курса занимается подбором
элементов для оптимальной сборки
цепи по разным критериям.

Цель работы



Наталья Юрьевна,
преподаватель по
направлению «Энергетика
и электротехника».
Ведет разные дисциплины
с 1 по 4 курс на очной и
заочной форме обучения.
Занимается наукой по на
своему направлению.



Николай,
студент по направлению
«Энергетика и электротехника».
Учится на 4 курсе, занимается
наукой, собирается поступать в
магистратуру.
С 1 курса занимается подбором
элементов для оптимальной сборки
цепи по разным критериям.



Василий,
специалист по направлению
«Энергетика и
электротехника».
Отслеживает процессы, при
которых не будет перехода
энергосистемы предприятия из
нормального состояния к
аварийному за счет
правильной сборки всех цепей
и подбора оборудования.

Цель работы



Наталья Юрьевна, преподаватель по направлению «Энергетика и электротехника». Ведет разные дисциплины с 1 по 4 курс на очной и заочной форме обучения. Занимается наукой по своему направлению.



Николай, студент по направлению «Энергетика и электротехника». Учится на 4 курсе, занимается наукой, собирается поступать в магистратуру. С 1 курса занимается подбором элементов для оптимальной сборки цепи по разным критериям.



Василий, специалист по направлению «Энергетика и электротехника». Отслеживает процессы, при которых не будет перехода энергосистемы предприятия из нормального состояния к аварийному за счет правильной сборки всех цепей и подбора оборудования.

Целью разработки программного обеспечения является помощь преподавателям и студентам в расчете токов короткого замыкания, а также упрощение и автоматизация труда специалиста на предприятии при подобных расчетах.

Задачи работы



Для достижения цели нужно поставить задачи:

- Проанализировать основные проблемы в обучении и на производстве, связанные с расчетом токов коротких замыканий.
- Описать предметную область.
- Выбрать метод расчета токов короткого замыкания, способствующие предотвращению аварийных ситуаций на производстве.
- Выбрать среду реализации программного обеспечения.
- Разработать программное обеспечение на основе выбранного метода.

Обзор аналогов

«**Расчет токов короткого замыкания**» - одна из функций сайта onCad.ru, основным направлением которого является разработка чертежей. Преимущество расчета токов на этом аналоге в том, что его легко можно произвести с мобильного устройства, без скачивания программы.

Расчет токов короткого замыкания

На этой странице вы можете посчитать **токи короткого замыкания** и сразу сгенерировать **схему замещения** и полный отчет в Word для вашего проекта.

Подробную методику расчета смотрите в соответствующем разделе [Справки](#). Услуга полностью бесплатна.

Введите параметры трансформатора

Трансформатор	Точка КЗ	Название ТП	Мощность	Напряжение	Напряжение КЗ	Сопротивление	Ток КЗ
	Точка 1	<input type="text"/>	630 ▾ кВА	6 ▾ кВ/0.4кВ	5.5 ▾ %	0.014 Ом	16.53 кА

Введите данные точек КЗ по трассе. Добавьте необходимое количество точек кнопками

Трасса	Точка КЗ	Название точки	Номинал автомата	Кабель					Сопротивление	Ток КЗ	Добавить/ Удалить
				Материал	Марка	Кол-во	Сечение	Длина			
	Точка 2	<input type="text"/>	<input type="text"/> А	• Cu <input type="radio"/> Al	<input type="text"/>	1 ▾	5 ▾ X 10	0 <input type="text"/> м	0.000 Ом	16.53 кА	<input type="button" value="+"/> <input type="button" value="-"/>

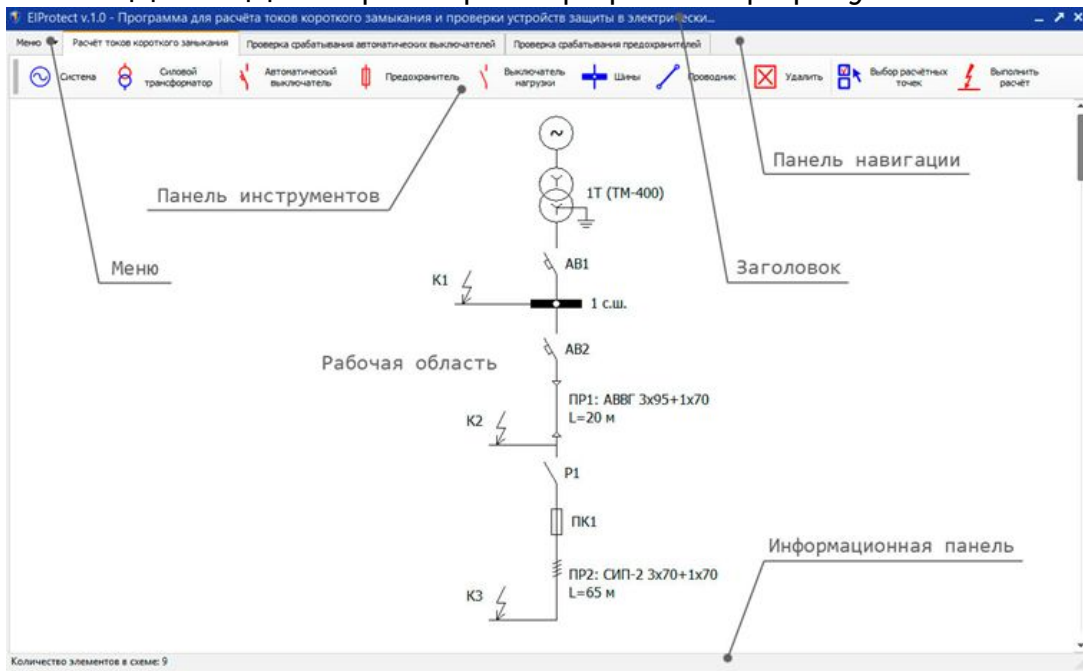
Введите данные о самой нагруженной и самой протяженной группе

Потребитель	Точка КЗ	Название группы	Номинал автомата	Тип потребителя	Кабель					Сопротивление	Ток КЗ
					Материал	Марка	Кол-во	Сечение	Длина		
Wmax	Точка 3	<input type="text"/>	16 А	Роз. 1ф ▾	• Cu <input type="radio"/> Al	NYM	1 ▾	3 ▾ X 2.5 ▾	0 <input type="text"/> м	0.000 Ом	16.53 кА
Lmax	Точка 3'	<input type="text"/>	16 А	Роз. 1ф ▾	• Cu <input type="radio"/> Al	NYM	1 ▾	3 ▾ X 2.5 ▾	0 <input type="text"/> м	0.000 Ом	16.53 кА

Обзор аналогов

«**EIProtect**» - предназначена для расчёта токов короткого замыкания в электрических сетях напряжением до 1000 В.

Главной особенностью программы является возможность автоматизированного оформления расчётов в программе MS Word в наглядной для проверки форме с формулами и выводами.



Обзор аналогов

«ТКЗ-3000» - комплекс программ для расчёта электрических величин при повреждениях и расчёт установок релейной защиты.

Задано

Л1 Л2 Л3

ТП 10(6)/0,4 кабель кабель кабель

РЧ-0,4 СЩ ЭП

Трансформатор

1000 Ст, кВА

10 Увн, кВ

400 Унн, В

12,2 Рк, кВт

5,5 Uk, %

10 Ikз, кА(ВН)

сохранить

Сопроотивления линии (кабель/провод)

линия №1 линия №2 линия №3

выбрать выбрать выбрать

Сопроотивления контактов, шин, аппаратов, катушек, трансформаторов тока

выбрать выбрать выбрать

Сопроотивление реактора

выбрать

Учет АД

АД

Учет дуги

дуга

Расчет

расчет трехфазного к.з.

расчет однофазного к.з.

ток к.з., кА

Расчет

О программе

Выход

Copyright © 2003 alek2001 All rights reserved
<http://vzd2001.narod.ru/>

Обзор аналогов

«Аврал 3.0» - разработана для расчета токов короткого замыкания (КЗ) в электрических сетях до 1000 В и предназначена для использования проектировщиками сетей электроснабжения, а также эксплуатирующим персоналом сетей.

The screenshot displays the 'Аврал' software interface. The window title is 'Аврал'. The menu bar includes 'Расчет', 'Отчет', 'Инструменты', '?', and 'Выход'. The current profile is set to 'пользователь'. The main navigation tabs are 'Трансформатор / Генератор', 'Линия', 'Сопротивление прочих элементов цепи', 'Аппарат защиты', and 'Результаты'. The 'Трансформаторная подстанция' section is active, with 'Автономная электростанция' also visible. The 'Трансформатор' section contains the following parameters:

- Завод-изготовитель: отечественный
- Модель: ТМ
- Номинальное напряжение ВН: Уном.вн. = 10 кВ
- Номинальное напряжение НН: Уном.нн. = 400 В
- Схема соединения обмоток: Y/Yn-0
- Полная номинальная мощность: Sном. = 630 кВ*А

The 'Параметры режима трансформатора' section includes:

- Напряжение НН: Унн/Уном.нн, % 100

The 'Трехфазное КЗ на выводах ВН' section includes:

- Параметр ТКЗ: Iк.вн., кА 7,5

A vertical watermark 'www.PROEKTANT.org' is visible on the right side of the interface.

Обзор аналогов



“Могли бы использовать, но не будем”

Параметры/ Программа	Расчеты на мобильном устройстве	Наличие справочного материала	Отображение построенной цепи	Построение схемы замещения	Результаты для каждой точки короткого замыкания
Расчет токов короткого замыкания	+	-	-	-	-
EIProtect	-	+	+	-	+
ТКЗ-3000	-	+	-	-	-
Аврал 3.0	-	-	-	-	+

Выбор среды реализации

Для выполнения работы была использована среда разработки Microsoft Visual Studio 2010 с применением объектно-ориентированного языка программирования C#. В качестве базы данных использовались файлы Microsoft Office Excel.

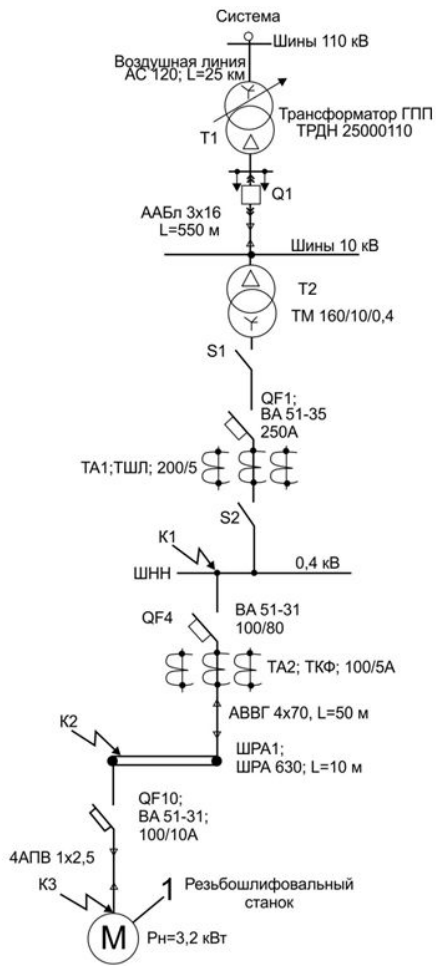
Из всех языков поддерживаемых Visual Studio 2010 был выбран именно C#, так как это хороший и мощный инструмент для создания программного обеспечения.



“Excel? Там же таблицы с данными, из которых программа считывает параметры для расчетов”



Пример расчета токов короткого замыкания



“Наталья Юрьевна, а как рассчитывать токи короткого замыкания для такой цепи?”

“Николай, так это же очень просто! Сейчас я все покажу. Сначала посмотрим пример из методички, а потом я покажу в программе.”



“Спасибо.”

Пример расчета токов короткого замыкания

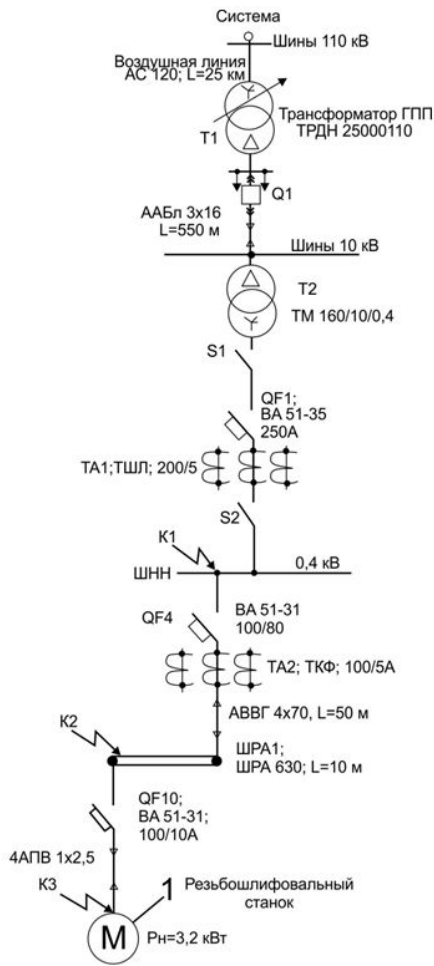
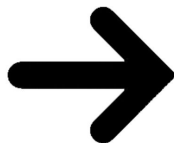


Таблица 2 - Сводная ведомость токов короткого замыкания

Точка КЗ	R_{Σ} , МОм	X_{Σ} , МОм	Z_{Σ} , МОм	R_{Σ}/X_{Σ}	K_{γ}	q	$I_{\Sigma}^{(3)}$, кА	I_{γ} , кА	$I_{\infty}^{(3)}$, кА	$I_{\Sigma}^{(2)}$, кА	Z_{Σ} , МОм	$I_{\Sigma}^{(1)}$, кА
К1	65,99	113,82	131,56 6	0,58	1,04	1	1,76	1,76	1,76	1,53	15	1,3
К2	129,09	122,12	177,7	1,06	1	1	1,3	1,3	1,3	1,13	82,25	0,9
К3	221,14	124,02	253,5	1,78	1	1	0,91	0,91	0,91	0,79	231,93	0,56



“Николай, сначала по формулам рассчитываются значения параметров (например, сопротивление) для каждой точки короткого замыкания.”

Пример расчета токов короткого замыкания

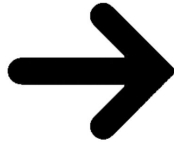
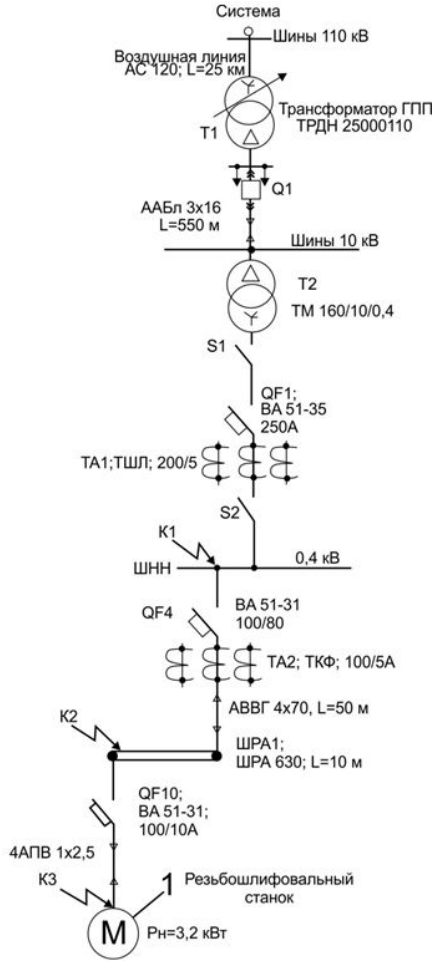
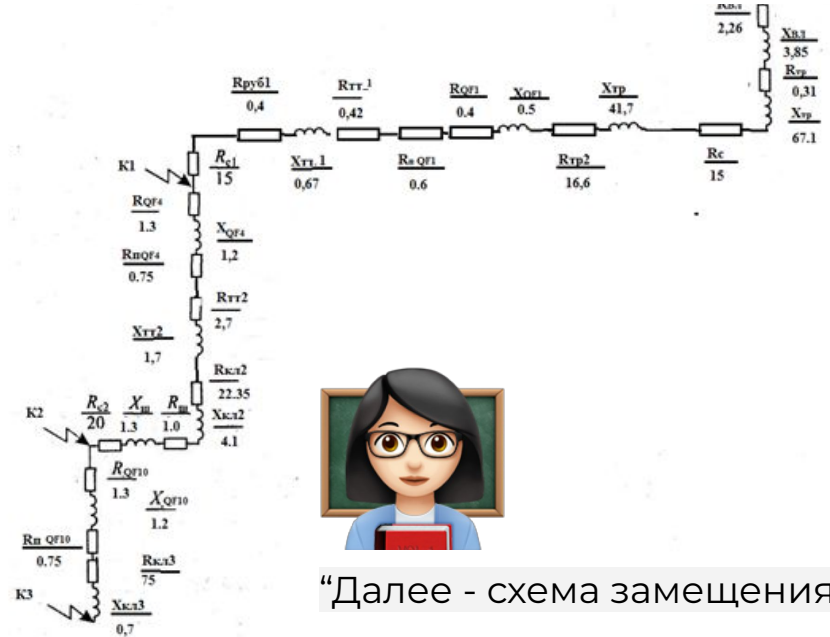


Таблица 2 - Сводная ведомость токов короткого замыкания

Точка КЗ	R_{Σ} , МОМ	X_{Σ} , МОМ	Z_{Σ} , МОМ	R_{Σ}/X_{Σ}	K_{Σ}	q	$I_{\Sigma}^{(3)}$, кА	I_{Σ} , кА	$I_{\infty}^{(3)}$, кА	$I_{\Sigma}^{(2)}$, кА	Z_{Σ} , МОМ	$I_{\Sigma}^{(1)}$, кА
K1	65,99	113,82	131,56 6	0,58	1,04	1	1,76	1,76	1,76	1,53	15	1,3
K2	129,09	122,12	177,7	1,06	1	1	1,3	1,3	1,3	1,13	82,25	0,9
K3	221,14	124,02	253,5	1,78	1	1	0,91	0,91	0,91	0,79	231,93	0,56



“Далее - схема замещения”

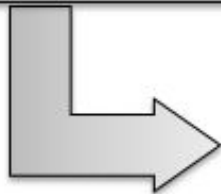
Пример программного расчета токов короткого замыкания



“А так выглядит краткая инструкция того, как работает программа”

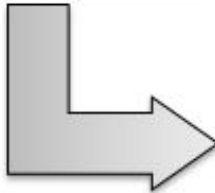
Выбор и добавление элемента в цепь

- При выборе элемента нужно указать параметры, необходимые для расчета токов КЗ



Кнопка "Рассчитать токи КЗ"

- Нужно нажать кнопку после того, как вы удостоверитесь, что цепь собрана правильно и у каждого элемента параметры выставлены верно



Получены результаты расчета и схема замещения

Пример программного расчета токов короткого замыкания



“При запуске программы мы выбираем первый элемент для цепи, верно?”



“Да, программа очень простая и позволяет работать интуитивно”

Расчет токов коротких замыканий в системах электроснабжения напряжением 0,4 кВ

1. Исходный данные 2. Результаты расчета

Выберите элемент

Условное обозначение

Расчетная схема

Шины 110кВ

rnp

a

Добавить элемент

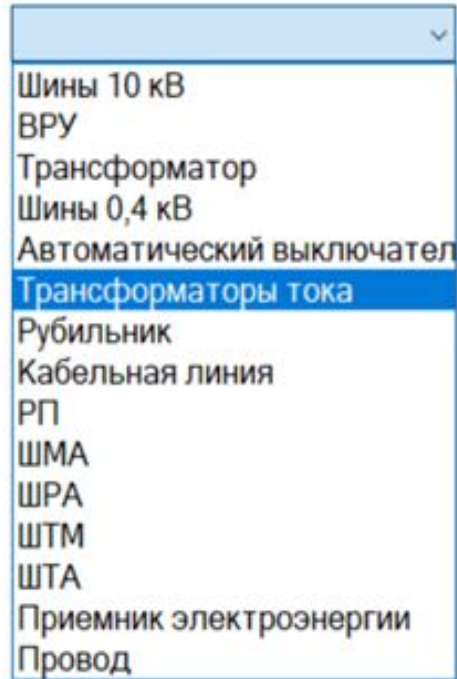
Расчитать токи КЗ

Полная очистка

Пример программного расчета токов короткого замыкания



“Именно здесь, Николай, нужно выбрать из списка элемент, который ты хочешь добавить в цепь”



Пример программного расчета токов короткого замыкания



“А здесь, Николай, нужно выбрать параметры для этого элемента”

Расчет токов коротких замыканий в системах электроснабжения напряжением 0,4 кВ

1. Исходный данные 2. Результаты расчета

Выберите элемент

Трансформаторы тока

Параметры


Число витков в 1-ой обмотке

20

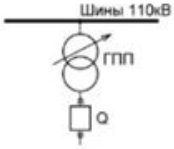
Класс точности

1

Условное обозначение



Расчетная схема



Добавить элемент

Расчитать токи КЗ

Полная очистка

Пример программного расчета токов короткого замыкания



“И когда выбрал элемент и параметры к нему, нажимаю “Добавить элемент”, верно?”



“Верно!”

Расчет токов коротких замыканий в системах электроснабжения напряжением 0,4 кВ

1. Исходный данные 2. Результаты расчета

Выберите элемент

Трансформаторы тока

Параметры

Число витков в 1-ой обмотке

20

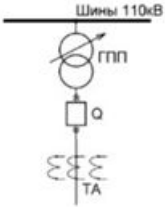
Класс точности

1

Условное обозначение



Расчетная схема

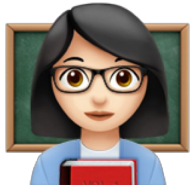


Добавить элемент

Расчитать токи КЗ

Полная очистка

Пример программного расчета токов короткого замыкания



“И так собираем всю цепь!”

После нажимаем на кнопку
“Рассчитать токи КЗ” и
получаем

Расчет токов коротких замыканий в системах электроснабжения напряжением 0,4 кВ

1. Исходный данные 2. Результаты расчета

Выберите элемент

Автоматический выключат ▾

Параметры

Номинальный ток, А

50 ▾

Условное обозначение

Расчетная схема

Шины 110кВ

гпп

Шины 10кВ

Т

S

QF

ТА

S

Шины 0,4кВ

QF

Добавить элемент

Расчитать токи КЗ

Полная очистка

The screenshot shows a software window titled "Расчет токов коротких замыканий в системах электроснабжения напряжением 0,4 кВ". It has two tabs: "1. Исходный данные" (selected) and "2. Результаты расчета". Under "Выберите элемент", there is a dropdown menu set to "Автоматический выключат". Below it, under "Параметры", is a field for "Номинальный ток, А" with the value "50". To the right, there is a section for "Условное обозначение" showing a circuit breaker symbol labeled "QF". Below this are three buttons: "Добавить элемент" (highlighted in blue), "Расчитать токи КЗ", and "Полная очистка". On the far right, the "Расчетная схема" (calculated circuit diagram) is shown, consisting of a vertical line of components: a busbar labeled "Шины 110кВ", a transformer symbol labeled "гпп", another busbar labeled "Шины 10кВ", a transformer symbol labeled "Т", a switch labeled "S", a circuit breaker labeled "QF", a current transformer symbol labeled "ТА", another switch labeled "S", and finally a busbar labeled "Шины 0,4кВ" with a circuit breaker labeled "QF" below it.

Пример программного расчета токов короткого замыкания



“Результаты расчетов и схему замещения!”

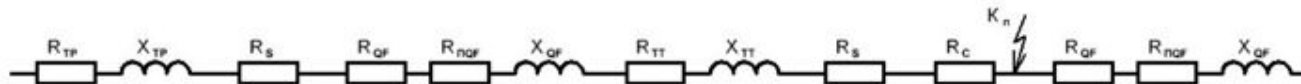
Расчет токов коротких замыканий в системах электроснабжения напряжением 0,4 кВ

1. Исходный данные 2. Результаты расчета

Результаты расчета

Точка КЗ	Суммарное активное сопротивление R_k , мОм	Суммарное реактивное сопротивление X_k , мОм	Суммарное полное сопротивление Z_k , мОм	Отношение R_k/X_k	Ударный коэффициент K_u	Коэффициент действующего значения ударного тока q	Ток трехфазного КЗ $I_k(3)$, кА	Ударный ток I_u , кА	Действующее значение ударного тока I_u , кА	Ток двухфазного КЗ $I_k(2)$, кА	Суммарное полное сопротивление петли "фаза-ноль" Z_n , мОм	Ток однофазного КЗ $I_k(1)$, кА
Шины 0,4 кВ	218,70	315,10	383,56	0,69	1,17	1,03	0,57	0,95	0,59	0,50	15,00	0,21

Схема замещения





“Удобно, Николай?”

“И , самое главное, понятно!”



Василий присоединился к чату



“И я использую эту программу на предприятии! И всем сотрудникам рекомендую!”

Николай вышел из чата

Заключение

По ходу работы решены следующие задачи:

- ✓ Проведен обзор программ-аналогов.
- ✓ Проведен выбор среды программирования и языка.
- ✓ Разработано программное обеспечение для расчета токов коротких замыканий в системах электроснабжения напряжением до 0,4 кВ.
- ✓ Созданы необходимые базы данных.
- ✓ Проведено сравнение ручного и машинного расчета токов коротких замыканий.



Наталья Юрьевна, преподаватель по направлению «Энергетика и электротехника»

“Теперь учить студентов стало легче. Я могу наглядно показать то, как собирается цепь и делаются расчеты, автоматически собирается схема замещения.

И я трачу меньше времени на проверку однотипных работ с расчетами токов короткого замыкания системах электроснабжения напряжением до 0,4 кВ.

Могу посвятить свое время по-настоящему интересным делам и более глубокому научному изучению Энергетики и электротехники”



Николай, студент по направлению «Энергетика и электротехника»

“Теперь я могу легко проверить свои навыки в учебе. Рассчитывая курсовую, я тратил много времени на то, чтобы перепроверить за собой все ошибки и недочеты. Это отнимает лишнее время, ведь теорию я знаю на отлично, потому что Наталья Юрьевна с 1 курса обучает нас на этой программе.

Визуально я всегда мог представить себе сборку цепи, но программа делает процесс сборки и расчетов быстрее и с меньшей математической погрешностью.

Теперь я могу посвятить всё свое время науке и поступлению в магистратуру.”



Василий, специалист по направлению «Энергетика и электротехника»

“С разработанной программой отслеживать электротехнические процессы стало проще.

При точных расчетах и правильно подобранном оборудовании снижается риск перехода энергосистемы предприятия из нормального состояния к аварийному.

Также я всегда могу пересчитать значения токов короткого замыкания для новой цепи и подобрать элементы по данным из расчета, экономя на этом как финансовые, так и временные ресурсы. Годнота.”