

Программный комплекс автоматизации расчётов

динамической устойчивости «SDS»

Руководство пользователя

v.1.0

05.06.2025

оглавление

| 3 |
|--------------------------------------|
| 3 |
| 4 |
| 4 |
| 4 |
| 5 |
| 6 |
| 8 |
| 8 |
| 8 |
| 9 |
| 10 |
| 12 |
| 12 |
| 12 |
| 12 |
| 14 |
| ой 15 |
| 15 |
| 15 |
| 16 |
| 18 |
| •••••••••••••••••••••••••••••••••••• |

О ПРОГРАММЕ

Программный комплекс SDS предназначен для автоматизации расчётов электромеханических переходных процессов и динамической устойчивости (далее – ДУ) в ПК RUSTab.

Функционал программы позволяет автоматизировать выполнение следующих расчетов:

• Определение сопротивления шунта для моделирования короткого замыкания (далее – КЗ);

- Определение предельного времени существования КЗ по критерию ДУ;
- Проверка отсутствия нарушения ДУ в исходном режиме;
- Определение предельных перетоков по критерию обеспечения ДУ.

Основными пользователями SDS являются электросетевые компании, проектные и научно-исследовательские институты осуществляющие расчёты электромеханических переходных процессов и динамической устойчивости.

Программный комплекс SDS не является сетевым, устанавливается на локальном рабочем месте и предназначен для использования на персональных компьютерах с архитектурой x86-64 (AMD64/Intel64/EM64T) — 64-битной версии (расширение архитектуры x86), с предустановленной операционной системой Windows.

Минимальные требования:

-Процессор: 1 ядро 1,6 ГГц;

-Оперативная память: 1 ГБ;

-Хранилище: 300 МБ на жестком диске.

Для корректной работы ПК SDS на компьютере пользователя должны быть установлены:

- 1. ПК RastrWin3 (лицензия с активированной функцией «Динамика»).
- 2. Программа Microsoft Office Excel.

1. Установка программы и начало работы

Для выполнения автоматизированных расчетов в программном комплексе SDS пользователю в зависимости от требуемых выполняемых расчетов необходимо подготовить расчетную модель и прочие необходимые файлы, моделирующие нормативные возмущения, автоматику, контролируемые величины в ПК RUSTab.

Данные расчетной модели сохраняются и загружаются в файле типа «динамика.rst». Данные по описанию сценария переходного процесса хранятся в файлах типа «сценарий.scn».

Данные по автоматике хранятся в файле типа «автоматика.dfw».

Данные о контролируемых сечениях хранятся в файле типа «сечения.sch».

Установка программы

Установка программного комплекса SDS осуществляется пользователем в ручном режиме. Для этого необходимо разместить папку с файлом программы в корневой каталог операционной системы (C:\Solution Dynamic Stability). Пример корректной установки программы представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1. Пример корректной установки ПК «SDS»

Программный комплекс осуществляет расчёты стандартными методами, предусмотренными СОМ-интерфейсом ПК RUSTab. Вывод результатов расчётов осуществляется с помощью СОМ-интерфейса ПК Microsoft Office Excel.

2. Определение параметров шунта короткого замыкания

2.1. Краткое описание модуля

Программный модуль предназначен для определения параметров сопротивления шунта необходимого для моделирования однофазного и/или двухфазного коротких замыканий (КЗ) на землю.

2.2. Подготовка исходных данных

Перед проведением расчётов необходимо подготовить расчётные модели. Для этого необходимо:

• Отметить узлы расчётной модели, в которых требуется определить значение реактивных составляющих шунтов КЗ. Для этого необходимо в таблице «Узлы» для требуемых узлов проставить отметку в столбце «Отметка узла» (sel). В ПК SDS предусмотрена возможность определения величины шунтов для сразу нескольких заданных узлов.

• При необходимости определения сопротивления шунта КЗ в различных схемно-режимных условиях (в схемах единичных ремонтов) необходимо *отметить*

ветви расчётной модели. Для этого необходимо в таблице «Ветви» для требуемых ветвей проставить отметку в столбце «Отмеченная» (sel). Моделирование ремонтных схем осуществляется путём последовательного отключения отмеченных ветвей. В случае определения сопротивления шунтов КЗ исключительно в исходной схеме отмечать ветви не требуется.

2.3. Запуск расчёта

Для запуска расчёта необходимо запустить ПК SDS и в открывшемся окне выбрать соответствующий пункт «Определение параметров шунтов КЗ» (см. рисунок 2.1).



Рисунок 2.1. Необходимый пункт главного меню программы

После выбора соответствующего пункта откроется окно программы (рисунок 2.2), где необходимо:

1) Добавить один или несколько файлов с расчетной моделью в формате «динамика.rst» с отмеченными узлами, в которых необходимо определить значение параметров сопротивления шунтов КЗ. При необходимости определение шунтов КЗ в ремонтных схемах следует отметить соответствующие ветви расчётной модели.

2) Выбрать схемы сети, в которых необходимо осуществлять расчёт шунтов КЗ. При выборе схемы сети – «Исходная», осуществляется расчёт шунтов КЗ исключительно в исходной схеме. При выборе – «Единичных ремонтов» осуществляется моделирование различных ремонтных схем путем последовательного отключения отмеченных ветвей.

3) Выбрать вид КЗ. Возможен выбор однофазных и/или двухфазных КЗ. Соответственно сопротивление шунта КЗ будет рассчитано для обеспечения необходимого снижения напряжения в точке КЗ для заданного/выбранного вида КЗ.

4) При формировании результатов расчетов в табличном виде возможно использование «диспетчерских наименований» в качестве наименования ветви. Для этого необходимо отметить соответствующий пункт «Использовать *dname*».

| SSS Определение параметров шунтов КЗ | | - 🗆 X |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| War 1 | के कि | |
| Загрузить файл динамики | Расположение файла динамики | Удалить файл |
| Шаг 2 Схема сети | Шаг 3 Вид K3 | 4 Названия ветвей |
| Исходная | 🔲 Однофазное K3 | 🗩 Стандартное (name) |
| Ремонтные | Двухфазное КЗ | О Диспетчерское (dname) |
| Шаг б | Запустить расчёт | |
| | | |

Рисунок 2.2. Руководство по запуску функции «Определение параметров шунта КЗ»

При корректном задания исходных данных и запуска расчета пользовательский интерфейс «SDS» закроется и откроется приложение *Excel*.

После завершения расчёта на экране появится сообщение «Определение параметров шунта КЗ завершено!» (см. рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 Сообщение об окончании расчётов

2.4. Вывод результатов расчетов

Результаты расчетов в табличном виде формируются в таблице с расширением .*xlsx*. Таблица сохраняется в корневую папку программы «C:\Solution Dynamic Stability\Параметры шунта K3 (время и дата запуска определения шунта).xlsx».

Пример таблицы, сформированной по результатам расчетов с параметрами шунтов КЗ представлен на рисунке 2.4.

| 6 |] 5 •∂·i | Параметры и | унта K3 16.37 05.06 - Excel | | | Æ | - 8 | × |
|--------------|--|-----------------------------------|----------------------------------|--|--|---|-----------|--------|
| 0 | айл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензи | рование Вид 🖓 Что вы хотитя | | | | Вход | Q Общий , | доступ |
| Вста Буфе | К. Сайын 11 - К К = = № . РПеренеси и тект мить | естить в центре - 🧐 - % 🚥 🏂 | • Условное Ф форматирование • | орматировать Стили кактаблицу * ячеек* мли | х Автосумма Элить Формат ейюи Редакт | АТ Райти и ортировка Найти и фильтр * выделить * пирование | | ^ |
| B3 | 1 · · · · · · · · | | | | | | | ^ |
| 1 | A | В | С | D | E | F | | |
| 1 | Solution Dynamic Stability demo version | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | Файлы моделей динамки: | | | | | | | |
| 4 | Модель 1 | C:/Solution Dynamic Stability/Teo | товые модели SDS/1. Оп | ределение параметров шунта КЗ/ | Модель для определения пара | метров шунта K3.rst | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | Точность определения Иост / Ижел - 1 < ерз: | 0,01 | | | | | | _ |
| 8 | Реактивные составляющие шунтов КЗ. Ом: | | | | | | | |
| 9 | - | ТРОИЦГЕ | (807) | ЕСИЛ | 6 (809) | | ЭКИБАС (| 811) |
| 10 | Схема сети | Шунт 1ф-КЗ | Шунт 2ф-КЗ | Шунт 1ф-КЗ | Шунт 2ф-КЗ | Шунт 1ф-КЗ | | |
| 11 | Исходная схема | 165 | 42,5 | 95 | 25 | 125 | | |
| 12 | Ремонт ВЛ 500 кВ Сокол - Есиль | 305 | 86,25 | 115 | 28,75 | 145 | | |
| 13 | Ремонт ВЛ 500 кВ Есиль - Целин | 265 | 72,5 | 115 | 29,375 | 157,5 | | |
| 14 | Ремонт ВЛ 500 кВ Экибас - Омск | 165 | 43,75 | 97,5 | 25 | 125 | | |
| 15 | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | _ |
| 19 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | - |
| | » Модель 1 (+) | | | 1 4 | | | | Þ |

Рисунок 2.4. Пример сформированной таблицы с результатами расчетов

При определении шунта КЗ и моделировании различных ремонтных схем возможно возникновение следующих ошибок:

1) «ОШИБКА! Отсутствует УР!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что в результате моделирования ремонтной схемы отсутствует установившейся режим.

2) «ОШИБКА! Узел "№" отключен!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что в результате моделирования ремонтной схемы узел № стал отключен.

 «ОШИБКА! Недопустимое значение Хш!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что в результате определения реактивной составляющей шунта КЗ его значение превысило 300 Ом.

4) «ОШИБКА! Заданная точность недостижима!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что точность определения реактивной составляющей шунта, заданная при запуске программы недостижима при установленных параметрах расчёта динамики. Расчёт динамики выполняется стандартными средствами «*RUSTab*», в соответствии с параметрами, установленными в модели динамики.

3. Определение предельного времени КЗ

3.1. Краткое описание модуля

Программный модуль предназначен для определения предельного времени существования КЗ по критерию ДУ. Определение предельного времени существования КЗ осуществляется на основании серии расчётов по сценариям моделирующим аварийные процессы подготовленным пользователем в ПК RUSTab.

3.2. Подготовка исходных данных

При необходимости определения предельного времени КЗ в различных схемнорежимных условиях (в схемах единичных ремонтов) необходимо отметить ветви расчётной модели отключение которых будет моделироваться. Для этого необходимо в таблице «Ветви» для требуемых ветвей проставить отметку в столбце «Отмеченная» (sel). Моделирование ремонтных схем осуществляется путём последовательного отключения отмеченных ветвей. В случае определения предельного времени КЗ исключительно в исходной схеме отмечать ветви не требуется.

Перед проведением расчётов требуется подготовить сценарии авариных процессов следующим образом:

• Необходимо сформировать сценарий таким образом, чтобы действия, отвечающие за отключение КЗ, вводились отдельным элементом логики.

• Название элемент логики, отвечающего за отключение КЗ должно содержать *«(для поиска предела)».*

• В случае моделирование КЗ на сетевом элементе с неуспешным АПВ, повторное отключение КЗ также необходимо выносить в отдельный элемент логики и отмечать «(для поиска предела)».

• Пример реализации таблицы «Логика» файла сценарий представлен на рисунке 3.1.

| Логи | Логика (t) 🗙 | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------------|--|------|---------|---------|----------|-----|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | N 🔺 | Название | N мо | Тип | Формула | Действия | Выд | | | | | | | |
| 1 | 1 | КЗ ВЛ 500 кВ Омск - Ермак у шин Ермак | | Формула | 1 | A1 | 0.1 | | | | | | | |
| 2 | 2 | откл ВЛ 500 кВ Омск - Ермак со обоих сторон (для поиска предела) | | Формула | LT1 | A2,A3,A4 | 0.3 | | | | | | | |
| 3 | 3 | ТАПВ ВЛ 500 кВ Омск - Ермак со стороны Омск | | Формула | LT2 | A1,A5 | 5 | | | | | | | |
| 4 | 4 | неуспешное ТАПВ со стороны Омск (для поиска предела) | | Формула | LT3 | A2,A4 | 0.3 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Рисунок 3.1. Пример реализации таблицы «Логика» при моделировании нормативного возмущения с неуспешным АПВ

3.3. Запуск расчёта

Для запуска расчёта необходимо запустить программу SDS и в открывшемся окне выбрать соответствующий пункт «Определение предельного времени КЗ» (см. рисунок 3.2).



Рисунок 3.2. Необходимый пункт главного меню программы

После выбора соответствующего пункта откроется окно программы (рисунок 2.3), где необходимо (*обязательные пункты выделены курсивом*):

1) Добавить один или несколько файлов с расчетной моделью в формате «динамика.rst». Расчетные модели должны быть подготовлены в соответствии с требованиями пункта 3.1.

2) Добавить один или несколько файлов сценария аварийных процессов. Файлы сценариев должны быть подготовлены в соответствии требованиями пункта 3.1.

3) Добавить файл автоматики (при необходимости). В случае отсутствия данного файла моделирования аварийных процессов будет осуществлен без моделирования ПА. При наличии файла автоматики будет осуществляться как с моделированием ПА так и без ней. Допустимое количество файлов автоматики – 1.

4) Выбрать схемы сети, в которых необходимо осуществлять определение предельного времени КЗ. При выборе схемы сети – «Исходная», осуществляется определение предельных времён отключения исключительно в исходной схеме. При выборе – «Единичных ремонтов» осуществляется моделирование различных ремонтных схем путем последовательного отключения отмеченных ветвей.

5) При формировании результатов расчетов в табличном виде возможно использование «диспетчерских наименований» в качестве наименования ветви. Для этого необходимо отметить соответствующий пункт «Использовать *dname*».

| SSS Определение предельного вр | ремени КЗ | | - 🗆 X | | | | | | | |
|--------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | |
| Загрузить файл динами | Загрузить файл динамики Шаг 1 Расположение файла динамики | | | | | | | | | |
| Загрузить файл сценар | ия Шаг 2 | Расположение файла сценария | Удалить файл | | | | | | | |
| Загрузить файл автомат | ики | Расположение файла автоматики | Удалить файл | | | | | | | |
| Шаг 3 Схема сети | Точность опреде | еления предельного времени, с | Шаг 5 Названия ветвей | | | | | | | |
| Исходная | Шаг 4 О 0,1 | O 0,001 | 💿 Стандартное (name) | | | | | | | |
| Ремонтные | 0,01 | O 0,0001 | О Диспетчерское (dname) | | | | | | | |
| | Шаг б | Запустить расчёт | | | | | | | | |

Рисунок 3.3. Интерфейс пункта «Определение предельного времени КЗ»

При корректном задании исходных данных и запуска расчета пользовательский интерфейс «*SDS*» закроется и откроется приложение *Excel*.

После завершения расчёта на экране появится сообщение «Определение предельного времени КЗ завершено» (см. рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Сообщение при окончании расчётов

3.4. Вывод результатов расчетов

Результаты расчетов в табличном виде формируются в таблице с расширением *.xlsx*. Таблица сохраняется в корневую папку программы «C:\Solution Dynamic Stability\ Предельное время K3 (время и дата запуска определения шунтов).xlsx».

Пример таблицы, сформированной по результатам определения предельного времени КЗ представлен на рисунке 2.5.

| 6 | a 5• ° · • | | Предельное | время К | 3 16.40 05.06 - | Excel | | | | | | | | æ | - 8 | × |
|-----|---|---|---|----------|------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|---------------|-----------------------------|--|-------------------------------|---------------------------|----------|----------|
| 0 | айл Главная Вставка Разметка с | траницы Формулы Данные Рец | ензирование Вид 🛛 Что вы хоти | | | | | | | | | | | Вход | Q. Общий | й доступ |
| Вст | Саlibri 11 - Л Л авить | А́ = = = → → · · · · · · · · · · · · · · · | сст Общий поместить в центре - 😨 - % 000 г. Число | - % % | Условное юрматирова | Форм ние т как т Стили | атировать габлицу * я | Стили Вс | тавить Удали Ячейи | К рормат и | ∑ Автос ↓ Запол Очист | умма * нить * ить * Со Ить * и Редакти | АТ ртировка фильтр * ва | О Найти и ыделить * | | ^ |
| C4 | 17 • : × ✓ fx | | | | | | | | | | | | | | | ^ |
| | A | В | С | D | E | F | G | н | 1 | J | к | L | м | N | 0 | |
| 1 | Solution Dynamic Stability demo versio | on | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Файлы моделей динамки: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Модель 1 | C:/Solution Dynamic Stability/Тестовые | е модели SDS/2. Определение преде | льного в | ремени КЗ/ | Модель д/ | я определ | ения пред | ельного вр | емени КЗ. | rst | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Файлы сценариев: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Сценарий 1 | C:/Solution Dynamic Stability/Тестовые | е модели SDS/2. Определение преде | льного в | ремени КЗ/ | Сценарий | для опред | еления пр | едельного | времени Н | 3 (tоткл =/ | для поиска | предела) | .scn | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Файл автоматики: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Точность определения предельного | времени отключения КЗ, с | 0,01 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Предельные времена отключения К | 3, c: | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Схема сети | Сценарий | Предельное время без ПА, с | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Исходная схема | Сценарий для определения предельного времени КЗ (tоткл =для поиска предела).scn | 0,21 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Ремонт ПС 330 кВ Бологое - КЗ у СШ ПС 330 кВ Кем | Сценарий для определения предельного времени КЗ (tоткл =для поиска предела).scn | 0,19 | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Ремонт ПС 330 кВ Бологое - ПС 110 кВ Бологое 2 | Сценарий для определения предельного времени КЗ (toткл =для поиска предела).scn | 0,17 | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Ремонт ПС 110 кВ Онда - Чер ГАЭС | Сценарий для определения предельного времени КЗ (toткл =для поиска предела).scn | 0,15 | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Ремонт КЗ у СШ ПС 330 кВ Кем - ПС 330 кВ Кем | Сценарий для определения предельного времени КЗ (toткл =для поиска предела).scn | 0,19 | | | | | | | | | | | | | - |
| | модель т (+) | | | | | | 1 4 | | | | | | | | | • |

Рисунок 3.5 – Пример таблицы, сформированной в результате работы программы

При определении предельных времён отключения КЗ и моделировании различных ремонтных схем возможно возникновение различных ошибок. Возможные варианты ошибок зависят от направления утяжеления выбранного при запуске расчёта.

 «ОШИБКА! Предельное время отключения КЗ менее 0 с!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что при возникновении заданного КЗ нарушение устойчивости происходит вне зависимости от времени отключения КЗ.

 «ОШИБКА! Ошибка при расчёте ЭМПП!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что расчёт динамики стандартными средствами RUSTab невозможен.

3) «ВНИМАНИЕ! Предельное время отключения КЗ более 20 с!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что при возникновении заданного КЗ обеспечивается сохранение устойчивости даже при времени отключении КЗ более 20 с.

4) «ОШИБКА! Заданная точность недостижима!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что точность определения предельного времени отключения КЗ, заданная при запуске программы недостижима при установленных параметрах расчёта динамики. Расчёт динамики выполняется стандартными средствами ПК RUSTab, в соответствии с параметрами, установленными в модели динамики.

5) «ОШИБКА! Отсутствует УР!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что расчёт установившегося режима стандартными средствами RastrWin3 невозможен.

6) «ОШИБКА! Элемент логики необходимый '(для поиска предела)' не обнаружен! Проверьте корректность заданного сценария!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что в исходном сценарии, отсутствует отметка у элемента, отключающего КЗ.

4. Проверка динамической устойчивости

4.1. Краткое описание модуля

Программный модуль предназначен проверки отсутствия нарушения ДУ в исходном режиме или ремонтной схеме без утяжеления режима. Проверка отсутствия нарушения ДУ осуществляется путём проведения расчётов по сценариям моделирующим аварийные процессы подготовленным пользователем в ПК RUSTab с последующим формированием результата расчетов, сохраняется или нарушается ДУ.

4.2. Подготовка исходных данных

При необходимости определения предельного времени КЗ в различных схемнорежимных условиях (в схемах единичных ремонтов) необходимо отметить ветви в расчётной модели отключение которых будет моделироваться. Для этого необходимо в таблице «Ветви» для требуемых ветвей проставить отметку в столбце «Отмеченная» (sel). Моделирование ремонтных схем осуществляется путём последовательного отключения отмеченных ветвей. В случае определения ДУ исключительно в исходной схеме отмечать ветви не требуется.

Перед проведением расчётов требуется подготовить сценарии для всех аварийных процессов, для которых необходимо проверить динамическую устойчивость.

4.3. Запуск расчёта

Для запуска расчёта необходимо запустить ПК SDS и в открывшемся окне выбрать соответствующий пункт «Проверка обеспечения ДУ» (см. рисунок 4.1).



Рисунок 4.1. Необходимый пункт главного меню программы

После выбора соответствующего пункта откроется окно программы (рисунок 3.2), где необходимо (обязательные пункты выделены курсивом):

1) Добавить один или несколько файлов с расчетной моделью в формате «динамика.rst». Расчетные модели должны быть подготовлены в соответствии с требованиями пункта 4.2.

2) Добавить один или несколько файлов сценария аварийных процессов.

3) Добавить файл автоматики (при необходимости). В случае отсутствия данного файла моделирования аварийных процессов будет осуществлен без моделирования ПА. При наличии файла автоматики будет осуществляться как с моделированием ПА так и без ней. Допустимое количество файлов автоматики – 1.

4) Выбрать схемы сети, в которых необходимо осуществлять расчёт. При выборе схемы сети – «Исходная», осуществляется определение предельных времён отключения исключительно в исходной схеме. При выборе – «Единичных ремонтов» осуществляется моделирование различных ремонтных схем путем последовательного отключения отмеченных ветвей.

5) При формировании итоговой электронной таблицы возможно использование «диспетчерских наименований» в качестве имён ветвей. Для этого необходимо ответить соответствующий пункт «Использовать *dname*».

| \$D\$ Проверка обеспечения ДУ | | - 🗆 X |
|---|---------------------------|--------------|
| | | |
| Загрузить файл динамики Шаг 1 Рас | положение файла динамики | Удалить файл |
| Загрузить файл сценария Ш <mark>аг 2</mark> Рас | положение файла сценария | Удалить файл |
| Загрузить файл автоматики Расп | оложение файла автоматики | Удалить файл |
| Шат 3 Схема сети | Шаг 4 Названия ветвей | |
| Исходная | о Стандартное (name) | |
| Ремонтные | О Диспетчерское (dname) | |
| Ш аг 5 3а | апустить расчёт | |

Рисунок 4.2. Интерфейс пункта «Проверка обеспечения ДУ»

При корректном задании исходных данных и запуска расчета пользовательский интерфейс «SDS» закроется и откроется приложение *Excel*.

После завершения расчёта на экране появится сообщение «Проверка динамической устойчивости завершена».



Рисунок 4.3. Сообщение при окончании расчётов

4.4. Вывод результатов расчетов

Результаты расчетов в табличном виде формируются в таблице с расширением .*xlsx*. Таблица сохраняется в корневую папку программы «C:\Solution Dynamic Stability\ Проверка ДУ (время и дата запуска).xlsx».

Пример таблицы, сформированной по результатам проверки ДУ представлен на рисунке 4.4.

| Ē | 5 •∂• • | | | Проверка ДУ 16 | .42 05.06 - Excel | | | | | | | 65 | - | 8 | × |
|------|--|--|-----------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------|----------------------|------------|---|---|-------------------|---------|------|
| Øa | йл Главная Вставка Разметка стра | ницы Формулы Данные Рецензиро | вание Вид | | | | | | | | | | ход До | бщий до | ступ |
| Вста | Саlibri - 11 - А́А́ ж К Ц - 2 - 2 - 4 обмена б Шрифт б | = = • • • • • • • Перенести текст = = = • • • • • • • • • • • • • • • • • | тить в центре 👻 | Общий - - % соо 38 49 | Условное форматирование | Форматирон как таблиц Стили | вать Стили у тячеект | Вставить Уді | алить Формат ейки | ∑ Автосум | ма т А път Я ь Сорт ь ифи Редактиро | чровка Найти ильтр * выдели вание |) 4 И 4ТЬ * | | ^ |
| B3 | • : × ✓ fr | | | | | | | | | | | | | | ^ |
| | А | В | | С | D | E | F | G | н | 1 | J | К | L | 1 | M 🖻 |
| 1 | Solution Dynamic Stability demo ve | rsion | | | | | | | | | | | | | יר |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Файлы моделей динамки: | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Модель 1 | C:/Solution Dynamic Stability/Тестов | вые модели S | SDS/3. Проверка обе | еспечения дин | амической | і устойчив | ости/Моде | ель для про | оверки обе | спечния | ДУ.rst | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Файлы сценариев: | | | | | | | | | | | | | | _ |
| 7 | Сценарий 1 | C:/Solution Dynamic Stability/Tecros | вые модели S | SDS/3. Проверка обе | еспечения дин | амической | і устойчив | ости/Сцена | арий для п | роверки об | беспечен | ия ДУ.scn | | | _ |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | _ |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | _ |
| 10 | - | | | | | | | | | | | | | | _ |
| 11 | Результаты проверки наличия или | и отсутствия нарушения динамичес | кой устойчие | вости: | | | | | | | | | | | - |
| 12 | Схема сети | Сценарий | Обеспе | ечение ДУ без ПА | | | | | | | | | | | |
| | Ремонт ПС 330 кв Бологое - КЗ у | Сценарии для проверки | F | leyстойчиво | | | | | | | | | | | |
| 13 | CILL 11C 330 KB KeM | обеспечения ДУ.scn | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Pemori TIC 330 kB 60/1010e - TIC | сценарии для проверки | F | Неустойчиво | | | | | | | | | | | |
| 14 | Ремонт ПС 110 кВ Онда - Чер ГАЭС | Сценарий для проверки обеспечения ДУ.scn | | Устойчиво | | | | | | | | | | | |
| 16 | Ремонт СШ ПС 330 кВ Кем - ПС 330 кВ Кем | О Сценарий для проверки обеспечения ДУ.scn | | Устойчиво | | | | | | | | | | | |
| 17 | Ремонт ПС 330 кВ Кирка - ПС 330 кВ Бологое | Сценарий для проверки обеспечения ДУ.scn | F | Теустойчиво | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | » Модель 1 🕀 | | | | | 1 4 | | | | | | | | | × |

Рисунок 4.4. Пример таблицы, сформированной в результате работы программы

При проверке обеспечения динамической устойчивости и моделировании различных ремонтных схем возможно возникновение различных ошибок.

1) «ОШИБКА! Ошибка при расчёте ЭМПП!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что расчёт динамики стандартными средствами RUSTab невозможен.

2) «ОШИБКА! Отсутствует УР!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что расчёт установившегося режима стандартными средствами RastrWin3 невозможен.

5. Определение предельных перетоков по критерию обеспечения динамической устойчивости

5.1. Краткое описание модуля

Программный модуль предназначен для определения значения, соответствующего предельному перетоку активной мощности по критерию обеспечения динамической устойчивости. В случае необходимости возможен контроль других параметров УР при достижении предельного режима.

5.2. Подготовка исходных данных

Перед проведением расчётов необходимо подготовить следующие файлы:

• Файл сечения, для этого необходимо создать контролируемое сечение в соответствии с руководством пользователя ПК RastrWin3. Отметить сечение для которого осуществляется определение предельного перетока (см. рисунок 5.1). В случае если в файле сечения будет отмечено несколько сечений, то программа осуществи фиксацию параметров для первого из них.

| Сеч | ения × | | | | | | |
|-----|--------|-------------------|-------|-------|----------|--------|------|
| | ? 🟭 🐽 | 🛤 😹 🗾 🗎 | A | | | | |
| | N_сеч | Имя | P_min | P_max | Р_сеч | Контр. | Тип |
| 1 | 1 | КС ЭЭС Приём | | | 370 | | Обыч |
| 2 | 2 | КС выдача КирГРЭС | | | 1 016 | Z | обыч |
| 3 | 999 | КС АТ КирГРЭС | | | -1 332 | | Обыч |
| | | | | | | 7 🗉 | |
| | | | | Llas | G | | |

Необходимо отметить контролируемое сечение

Рисунок 5.1. Подготовка файла «сечения»

• При необходимости определения предельного перетока активной мощности по критерию ДУ в различных схемно-режимных условиях (в схемах единичных ремонтов) необходимо отметить ветви расчётной модели отключение которых будет моделироваться. Для этого необходимо в таблице «Ветви» для требуемых ветвей проставить отметку в столбце «Отмеченная» (sel). Моделирование ремонтных схем осуществляется путём последовательного отключения отмеченных ветвей. В случае определения предельного времени КЗ исключительно в исходной схеме отмечать ветви не требуется.

• !!! Для утяжеления режима рекомендуется использовать активную и реактивную мощность генераторов, а также активную и реактивную мощность

нагрузки. Использование в траектории утяжеления другие параметров может привести к некорректным результатам!!!

5.3. Запуск расчёта

Для запуска расчёта необходимо в главном меню программы выбрать соответствующий пункт «Определение предельных перетоков по критерию обеспечения ДУ» (см. рисунок 5.2).



Рисунок 5.2. Необходимый пункт главного меню программы

После выбора соответствующего пункта откроется окно программы (рисунок 5.3), где необходимо (обязательные пункты выделены курсивом):

1) Добавить один или несколько файлов с расчетной моделью в формате «динамика.rst». Расчетные модели должны быть подготовлены в соответствии с требованиями пункта 5.1.

2) Добавить один или несколько файлов сценария аварийных процессов. Файлы сценариев должны быть подготовлены в соответствии требованиями пункта 5.1.

3) Добавить файл автоматики (при необходимости). В случае отсутствия данного файла моделирования аварийных процессов будет осуществлен без моделирования ПА. При наличии файла автоматики будет осуществляться как с моделированием ПА так и без ней. Допустимое количество файлов автоматики – 1.

4) Добавить файл траектории утяжеления. Допустимое количество файлов траектории утяжеления – 1.

5) Добавить файл сечения с заранее отмеченным контролируемым сечением. Допустимое количество файлов сечений – 1.

6) Выбрать схемы сети, в которых необходимо осуществлять расчёт. При выборе схемы сети – «Исходная», осуществляется определение предельных перетоков исключительно в исходной схеме. При выборе – «Единичных ремонтов» осуществляется моделирование различных ремонтных схем путем последовательного отключения отмеченных ветвей.

7) При формировании результатов расчетов в табличном виде возможно использование «диспетчерских наименований» в качестве наименования ветви. Для этого необходимо отметить соответствующий пункт «Использовать *dname*».

8) При необходимости фиксации контролируемых величин необходимо отметить соответствующий пункт «Фиксировать контролируемые величины».

9) Указать направление загруженной траектории утяжеления. Это необходимо для корректной работы алгоритма определения предела. Возможно два варианта: когда осуществляется поиск предела путем загрузки сечения из режима, где ДУ обеспечивается, или, когда поиск предела осуществляется путём разгрузки сечения из режима, где ДУ не обеспечивается. При выборе направления траектории утяжеления от устойчивого к неустойчивому, при достижении предела программа выполняет один шаг утяжеления в противоположную сторону и фиксирует значение перетока при устойчивом режиме.

| SIS Определение предельных перетоко | ов по критерию обеспечения ДУ | | | - 🗆 X |
|---|---|--|---|--------------|
| | | | | |
| Загрузить файл динамики | Шаг 1 F | Расположение файла динамики | | Удалить файл |
| Загрузить файл сценария | Шаг 2 р | Расположение файла сценария | | Удалить файл |
| Загрузить файл автоматики | Pa | асположение файла автоматики | Удалить файл | |
| Загрузить файл сечения | | Расположение файла сечения | Удалить файл | |
| Загрузить файл траектории утяжеления | Шаг 4 Располо | ожение файла траектории утяжелени: | Удалить файл | |
| Загрузить файл контролируемые величины | Располож | кение файла контролируемые величи | ны | Удалить файл |
| Схема сети | Направление утяжеления | Названия ветвей | Контроль пар | раметров |
| Исходная Шаг 5 Ремонтные | От неустойчивого к устойчивому Шаг б От устойчивого к неустойчивому | • Стандартное (name) Шаг 7 О Диспетчерское (dname) | ния перетоков в КС ния контр-х величин | |
| | | | | |
| | | | | |

Рисунок 5.3. Интерфейс пункта «Определение предельных перетоков по критерию обеспечения ДУ»

При корректном задании исходных данных и запуска расчета, пользовательский интерфейс «*SDS*» закроется и откроется приложение *Excel*.

После завершения работы модуля на экране появится сообщение «Определение предельных перетоков по критерию обеспечения ДУ завершено!» (см. рисунок 5.4).

Определение предельных перетоков по критерию обеспечения ДУ 🛛 🗙

Определение предельных перетоков по критерию обеспечения динамической устойчивости завершено!



Рисунок 5.4. Сообщение при окончании расчётов

5.4. Вывод результатов расчетов

Результаты расчетов в табличном виде формируются в таблице с расширением .*xlsx*. Таблица сохраняется в корневую папку программы «C:\Solution Dynamic Stability\Предельные перетоки по критерию обеспечения ДУ (время и дата запуска определения перетоков).xlsx».

Пример таблицы, сформированной по итогам определения предельного перетока по критерию обеспечения ДУ представлен на рисунке 5.5.

| 6 | •••••• •• | | Предельные перето | си по критер | ию обеспеч | ения ДУ16 | 44 05.06 - Ex | cel | | | | | | 雨 | - | ъ × | |
|--------------|---|--|---|------------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------|----------------------|----------|--|--------------------|---|---------|-----------|---|
| 04 | йл Главная Вставка Размет | ка страницы Формулы Данные | Рецензирование Вид 🖓 Что г | | | | | | | | | | | Вхо | a Q 06u | ий доступ | |
| Вста Буфе | Вить → робмена © Шрифт | А́А́А́ ≡ ≡ ₩ № Перенес А́ ↓ ≡ ≡ ≡ ₩ № Объедин к | ти текст Общий ить и поместить в центре • 😨 • % еме с ч | , 000 ,00 ,00 ,00 ,00 ,00 | усла формати | ј≢ ровное рование * | Форматиров как таблиц тили | вать Стили у * ячеек * | Вставить | Удалить Фо Ячейки | ормат | ∑ Автосумма ↓ Заполнить * 2 Очистить * Ре | Сортиро и фильт | р тайти и вка Найти и р табыделить е | ~ | | ^ |
| C4 | \bullet \bullet \bullet \bullet f_x | | | | | | | | | | | | | | | | ^ |
| | A | В | С | D | E | F | G | н | 1 | J | К | L | м | N | 0 | Р | |
| 1 | Solution Dynamic Stability demo ve | rsion | | | _ | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Файлы моделей динамки: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Модель 1 | C:/Solution Dynamic Stability/Tecrose | ые модели SDS/4. Определение пр | едельных п | еретоков п | ю критери | ю обеспеч | ения ДУ/М | одель для | я определе | ения пре | едельных пер | етоков по | критерию Д | y.rst | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Файлы сценариев: | 0 (0 1 -1 - 0 - 1 - 0 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - | 000/1.0 | | | | - | mula | ~ | | | | | | | | |
| / | Сценарии 1 | C:/Solution Dynamic Stability/Tecrose | ые модели SDS/4. Определение пр | едельных п | еретоков п | ю критери | ю обеспеч | ения ДУ/СС | ценарии д | ия опреде | ления п | редельных п | еретоков г | ю критерию | ДУ.scn | | |
| 9 | Файл тозектории утажеления | C:/Solution Dynamic Stability/Tecropy | не молели SDS/4. Оплелеление пр | | PRETOKOR D | | ю обеспеци | оциа ЛУ/Та | aertonug | OT HEVCTO | าหันเหลด | ЕО режима и | +2 | | | | |
| 10 | Файл траектории утяжеления. | C./ Solution Dynamic Stability/Tecrobi | ые модели зозля. Определение пр | едельных п | еретоков п | ю критери | 10 OUECHE4 | ения дуутр | асктория | orneyer | JUINING | п О режима.о | 12 | | | | |
| 11 | Файл сечения: | C:/Solution Dynamic Stability/Tecros | ые модели SDS/4. Определение пр | едельных п | еретоков п | ю критери | ю обеспеч | ения ДУ/Се | чения дл | я определ | ения пр | едельных пер | етоков по | критерию / | IV.sch | | |
| 12 | | | | - | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Результаты определения предель | ных перетоков в контролируемом | сечении (максмально допустимой | і нагрузки і | лектроста | нции) по | критерию | обеспечен | ия динам | ической у | стойчив | ости: | | | | | |
| 14 | | | без ПА | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Схема сети | Сценарий | Рпред, МВт | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | КС АТ КирГРЭС (12) | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Исходная схема | Сценарий для определения предельных перетоков по критерию ДУ.scn | 1660 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Ремонт ПС 330 кВ Бологое - КЗ у СШ ПС 330 кВ Кем | Сценарий для определения предельных перетоков по критерию ДУ.scn | 1503 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Ремонт ПС 330 кВ Бологое - ПС 110 кВ Бологое 2 | Сценарий для определения предельных перетоков по критерию ДУ.scn | 2342 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Ремонт ПС 110 кВ Онда - Чер ГАЭС | Сценарий для определения предельных перетоков по критерию ДУ.scn | 1034 | | | | | | | | | | | | | | |
| - | » Модель 1 🕀 | Сценарий для определения | | | | | 14 | | | | | | | | | Þ | |

Рисунок 5.5. Пример таблицы, сформированной в результате работы программы

При определении предельных перетоков и моделировании различных ремонтных схем возможно возникновение различных ошибок. Возможные варианты ошибок зависят от направления утяжеления выбранного при запуске расчёта.

В случае, если выбрано направление от *неустойчивого к устойчивому*, то возможны следующие ошибки:

1) «ОШИБКА! Ошибка при расчёте ЭМПП! Невозможно сбалансировать УР для расчёта ЭМПП данной траекторией!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что были достигнуты ограничения заданные в траектории утяжеления, но даже при этом УР не балансируется. В результате невозможен расчёт ЭМПП.

2) «ОШИБКА! Задано неверное направление утяжеления! В исходном режиме обеспечиваются условия сохранения динамической устойчивости!». Появление данной ошибки свидетельствует о том в исходном режиме условия обеспечения ДУ выполняются. Для поиска предела в данных схемно-режимных условиях требуется изменить направление утяжеления, устанавливаемое при запуске программы или скорректировать траекторию утяжеления.

 «ОШИБКА! Ошибка при расчёте ЭМПП!» Появление данной ошибки свидетельствует о том, что в результате утяжеления возникла ошибка, приводящая к невозможности расчёта ЭМПП, при этом расчёт УР выполнен успешно.

4) «ОШИБКА! Невозможно обеспечить условия сохранения динамической устойчивости данной траекторией!"». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что в результате утяжеления невозможно достичь условий при которых обеспечивается сохранение ДУ. При этом расчёт ЭМПП выполняется корректно, но происходит нарушение синхронной динамической устойчивости.

В случае, если выбрано направление от *устойчивого к неустойчивому*, то возможны следующие ошибки:

 «ОШИБКА! Ошибка при расчёте ЭМПП! Невозможно сбалансировать УР для расчёта ЭМПП данной траекторией!». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что в результате утяжеления УР отсутствует.

2) «ОШИБКА! Задано неверное направление утяжеления! В исходном режиме не обеспечиваются условия сохранения динамической устойчивости!». Появление данной ошибки свидетельствует о том в исходном режиме условия обеспечения ДУ не выполняются. Для поиска предела в данных схемно-режимных условиях требуется изменить направление утяжеления, устанавливаемое при запуске программы или скорректировать траекторию утяжеления.

19

 «ОШИБКА! Задано неверное направление утяжеления! В исходном режиме отсутствует УР». Появление данной ошибки свидетельствует о том в исходном режиме отсутствует УР. В результате невозможно рассчитать ЭМПП.

 «ОШИБКА! Ошибка при расчёте ЭМПП!» Появление данной ошибки свидетельствует о том, что в результате утяжеления возникла ошибка, приводящая к невозможности расчёта ЭМПП, при этом расчёт УР выполнен успешно.

5) «ОШИБКА! Невозможно нарушить условия динамической устойчивости данной траекторией!"». Появление данной ошибки свидетельствует о том, что в результате утяжеления невозможно достичь предела, при котором ДУ нарушается.