

Dynamic Stability Space (DSS)

Руководство пользователя



Оглавление

Назначение и функциональные возможности.....	3
Лицензирование.....	4
Пользовательский интерфейс	4
Описание функциональных возможностей	9
Определение шунта КЗ	10
Определение предельного времени отключения КЗ	11
Пакетный расчет динамической устойчивости	12
Определение допустимых перетоков мощности по критерию обеспечения динамической устойчивости генерирующего оборудования.....	12
Определение остаточного напряжения на шинах энергообъекта при КЗ на границе устойчивости.....	14
Начало работы	15
Исходные данные и результаты расчетов	16
Общие принципы подготовки данных.....	16
Подготовка исходных данных	17
Подготовка файла задания для расчета шунтов КЗ в формате «*.csv»	18
Подготовка аварийных процессов для определения предельного времени отключения КЗ.....	19
Подготовка файла графического вывода в формате «*.kpr» для функции пакетного расчета ДУ	19
Подготовка файлов аварийных процессов для определения остаточного напряжения на шинах энергообъекта при КЗ на границе устойчивости	19
Результаты работы	20
Результаты расчетов шунтов КЗ.....	20
Результаты расчетов предельного времени отключения КЗ	21
Результаты пакетного расчета ДУ	21
Результаты определения МДП ДУ	21
Результаты определения остаточного напряжения на шинах энергообъекта при КЗ на границе устойчивости	22

Назначение и функциональные возможности

DSS предназначена для автоматизированного расчета динамической устойчивости с использованием СОМ-интерфейса программного комплекса для расчетов динамической устойчивости **RUSTab** 64-битной версии (далее – **ПК RUSTab**), а также расчетных файлов в формате **ПК RUSTab**.

Функционально **DSS** обеспечивает следующие возможности автоматизированного расчета с использованием заранее подготовленной информации:

- **Определение шунта короткого замыкания (далее – КЗ)**

Обеспечивает определение шунта однофазного КЗ и/или двухфазного КЗ на землю в заданных узлах расчетной модели (далее – РМ) на основании предварительных значений шунтов КЗ и требуемого значения остаточного напряжения на шинах рассматриваемого энергообъекта. Предусмотрена возможность использования типовых значений остаточного напряжения в точке КЗ.

- **Определение предельного времени отключения КЗ**

Обеспечивает определение предельного времени отключения КЗ для заданного набора аварийных возмущений в различных схемно-режимных и режимно-балансовых условиях.

- **Пакетный расчет динамической устойчивости**

Обеспечивает выполнение серии расчетов динамической устойчивости в целях проверки наличия или отсутствия нарушения динамической устойчивости генерирующего оборудования для заданного набора аварийных возмущений в различных схемно-режимных и режимно-балансовых условиях. Предусмотрена возможность выполнения расчетов как с учетом действия заранее заданных устройств (комплексов) противоаварийной автоматики (далее – ПА), так и без учета действия ПА.

- **Определение допустимых перетоков мощности по критерию обеспечения динамической устойчивости генерирующего оборудования**

Обеспечивает выполнение серии расчетов динамической устойчивости в целях определения максимально допустимых перетоков мощности (далее – МДП) с ПА (с учетом действия заранее заданных ПА) и МДП без ПА по критерию обеспечения динамической устойчивости генерирующего оборудования для заданного набора аварийных возмущений в различных схемно-режимных и режимно-балансовых условиях.

- **Определение остаточного напряжения на шинах энергообъекта при КЗ на границе устойчивости**

Обеспечивает выполнение серии расчетов динамической устойчивости в целях определения остаточного напряжения на шинах энергообъектов в первый момент времени КЗ при моделировании КЗ на границе устойчивости по критерию обеспечения динамической устойчивости для заданного набора аварийных возмущений в различных схемно-режимных и режимно-балансовых условиях.

Результаты расчетов **DSS** сохраняются в формате электронных таблиц «*.xlsx», а также в графическом виде (при активации пользователем).

Для корректного функционирования **DSS** к корневому каталоге должны быть размещены следующие библиотеки:

Библиотека	Описание библиотеки
EPPlus.dll	Служит для управления электронными таблицами
OxyPlot.dll	Служит для построения графиков
OxyPlot.Wpf.dll	

Лицензирование

Для использования **DSS** требуется получить лицензию. Защита **DSS** от несанкционированного копирования осуществляется с использованием привязки **DSS** к конкретному компьютеру и пользователю с помощью ключевого файла.

В качестве файла лицензии для **DSS** используется файл лицензии, предоставляемый для программы «**ПАРУС**». Для получения нового файла лицензии требуется направить сотруднику, предоставляющему лицензии, информацию о имени вашего компьютера.

Также у пользователя должна быть активна лицензия на использование функции «Динамика» **ПК RUSTab**.

Файл должен быть помещен строго в папку «C:\ПАРУС 6».

Предоставляемая лицензия, может быть установлена только на один конкретный компьютер. При установке на другие машины, будет выдаваться сообщение об отсутствии лицензии.

При смене имени компьютера требуется повторное получение лицензии.

Пользовательский интерфейс

После запуска **DSS** открывается основное окно программы (Рисунок 1) которое предназначено для ввода и отображения исходных данных, изменения параметров настройки расчетных алгоритмов и запуска соответствующих расчетных модулей.

Основное окно содержит следующие функциональные блоки и кнопки:

- ***Расчетные режимы***

Данная область служит для отображения наименований загруженных пользователем расчетных файлов в формате «*.rst», которые будут рассматриваться при выполнении расчетов.

Добавление файлов осуществляется по кнопке «**Добавить**». Предусмотрена возможность добавления как одного, так и нескольких файлов одновременно. Каждый добавленный файл или группа файлов добавляется в конец итогового списка файлов.

При нажатии в данном блоке на наименование расчетного режима осуществляется его выбор для обеспечения возможности последующего удаления с использованием кнопки «**Удалить**». Для отмены выбора расчетного требуется осуществить двойной клик мышью по области «**Расчетные режимы**».

- ***Аварийные процессы***

Данная область служит для отображения наименований загруженных пользователем расчетных файлов в формате «*.scn», которые будут рассматриваться при выполнении расчетов.

Добавление файлов осуществляется по кнопке «**Добавить**». Предусмотрена возможность добавления как одного, так и нескольких файлов одновременно. Каждый добавленный файл или группа файлов добавляется в конец итогового списка файлов.

При нажатии в данном блоке на наименование расчетного аварийного процесса осуществляется его выбор для обеспечения возможности последующего удаления с использованием кнопки «**Удалить**». Для отмены выбора расчетного аварийного процесса требуется осуществить двойной клик мышью по области «**Аварийные процессы**».

При активном выборе файла как в области «Расчетные режимы», так и в области «Аварийные процессы» при нажатии кнопки «Удалить» произойдет удаление всех выбранных файлов.

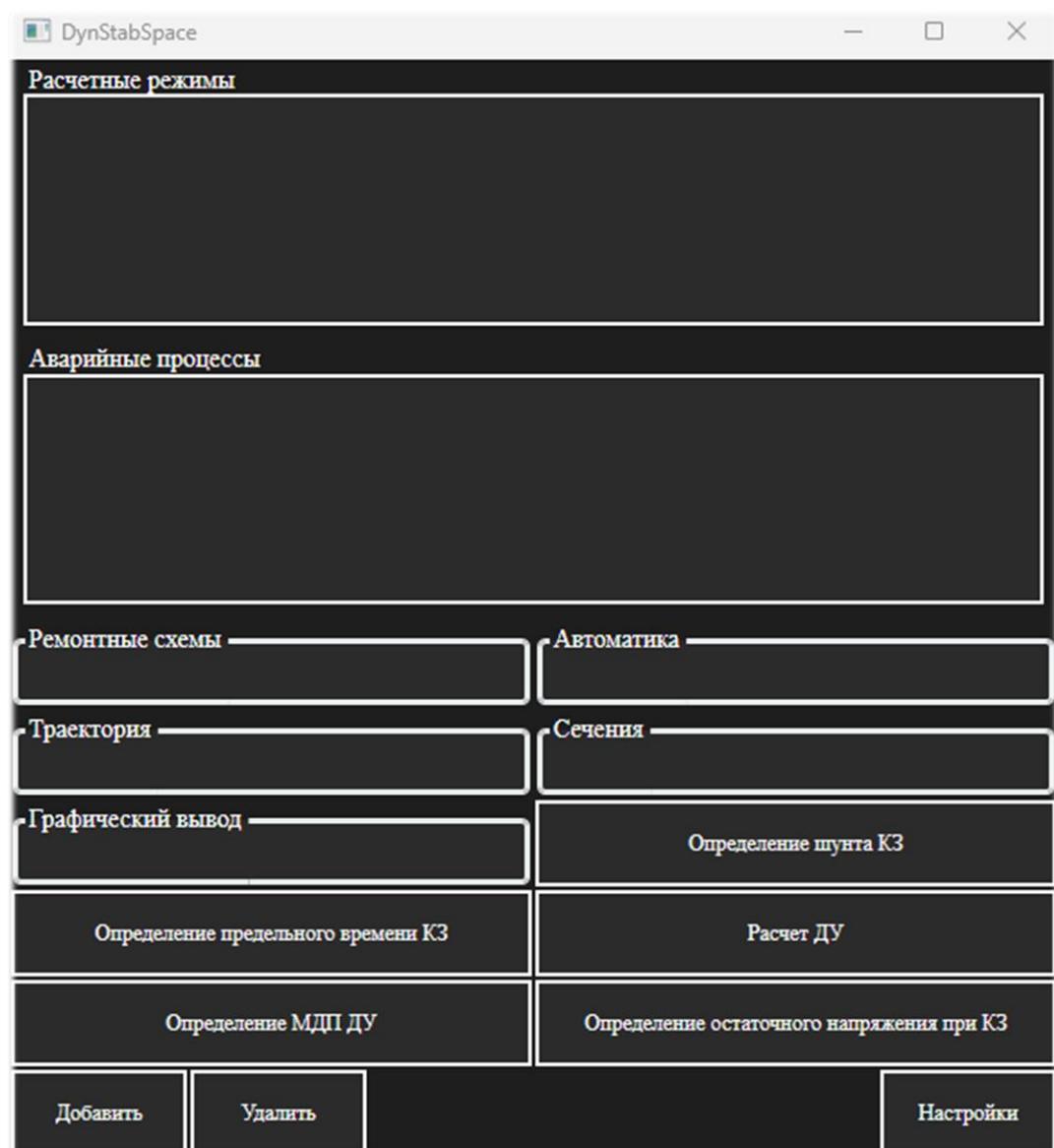


Рисунок 1 – Интерфейс основного окна DSS

■ ***Ремонтные схемы***

Данное поле служит для отображения наименования загруженного пользователем файла, содержащего информацию о необходимых к рассмотрению ремонтных схемах, в формате «*.vrn». Одновременно в рабочую область **DSS** может быть загружен только один файл рассматриваемого формата, каждый последующий загруженный файл заменяет предыдущий.

Двойной клик правой кнопкой мыши по области «**Ремонтные схемы**» позволяет удалить загруженный в рабочую область файл.

■ ***Автоматика***

Данное поле служит для отображения наименования загруженного пользователем файла, содержащего информацию об устройствах противоаварийной автоматики, действие которых должно быть рассмотрено при выполнении соответствующих расчетов, в формате «*.lpr» или «*.dfw». Одновременно в рабочую область **DSS** может быть загружен только один файл рассматриваемого формата, каждый последующий загруженный файл заменяет предыдущий.

Двойной клик правой кнопкой мыши по области «**Автоматика**» позволяет удалить загруженный в рабочую область файл.

■ ***Траектория***

Данное поле служит для отображения наименования загруженного пользователем файла в формате «*.ut2», содержащего информацию о векторе изменения режима, который будет использоваться для достижения предельных перетоков по критерию обеспечения динамической устойчивости. Одновременно в рабочую область **DSS** может быть загружен только один файл рассматриваемого формата, каждый последующий загруженный файл заменяет предыдущий.

Двойной клик правой кнопкой мыши по области «**Траектория**» позволяет удалить загруженный в рабочую область файл.

■ ***Сечения***

Данное поле служит для отображения наименования загруженного пользователем файла в формате «*.sch», содержащего информацию о контролируемых сечениях расчетной модели и/или сечениях КПР, которые требуются для корректного функционирования противоаварийной автоматики. Одновременно в рабочую область **DSS** может быть загружен только один файл рассматриваемого формата, каждый последующий загруженный файл заменяет предыдущий.

Двойной клик правой кнопкой мыши по области «**Сечения**» позволяет удалить загруженный в рабочую область файл.

■ ***Графический вывод***

Данное поле служит для отображения наименования загруженного пользователем файла в формате «*.kpr», содержащего информацию о контролируемых величинах, которые будут использоваться при формировании результатов расчетов в табличном или графическом виде. Одновременно в рабочую область **DSS** может быть загружен только один файл рассматриваемого формата, каждый последующий загруженный файл заменяет предыдущий.

Двойной клик правой кнопкой мыши по области «*Графический вывод*» позволяет удалить загруженный в рабочую область файл.

- **Кнопка Определение шунта КЗ**

Запускает функцию определению шунтов КЗ (подробное описание данного функционала приведено в разделе [*Определение шунта КЗ*](#)).

- **Кнопка Определение предельного времени КЗ**

Запускает функцию определения предельного времени отключения КЗ (подробное описание данного функционала приведено в разделе [*Определение предельного времени отключения КЗ*](#)).

- **Кнопка Расчет ДУ**

Запускает функцию пакетного расчета динамической устойчивости (подробное описание данного функционала приведено в разделе [*Пакетный расчет динамической устойчивости*](#)).

- **Кнопка Определение МДП ДУ**

Запускает функцию определения допустимых перетоков мощности по критерию обеспечения динамической устойчивости (подробное описание данного функционала приведено в разделе [*Определение допустимых перетоков мощности по критерию обеспечения динамической устойчивости генерирующего оборудования*](#)).

- **Кнопка Определение остаточного напряжения при КЗ**

Запускает функцию определения остаточного напряжения при КЗ на границе устойчивости (подробное описание данного функционала приведено в разделе [*Определение остаточного напряжения на шинах энергообъекта при КЗ на границе устойчивости*](#)).

- **Кнопка Добавить**

Предназначена для выбора исходных данных, которые требуются для выполнения соответствующей расчетной задачи. Предусмотрена возможность выбора как одного, так и нескольких файлов независимо от их расширения, что позволяет

- **Кнопка Удалить**

Предназначена для удаления информации из области «*Расчетные режимы*» и/или «*Аварийные процессы*».

- **Кнопка Настройки**

Предназначена для изменения параметров настройки, которые используются при выполнении расчетных алгоритмов *DSS*, а также служит для ввода дополнительной исходной информации.

При нажатии на данную кнопку открывается окно «*Настройки*» (Рисунок 2). Сохранение настроек осуществляется автоматически при закрытии данного окна.

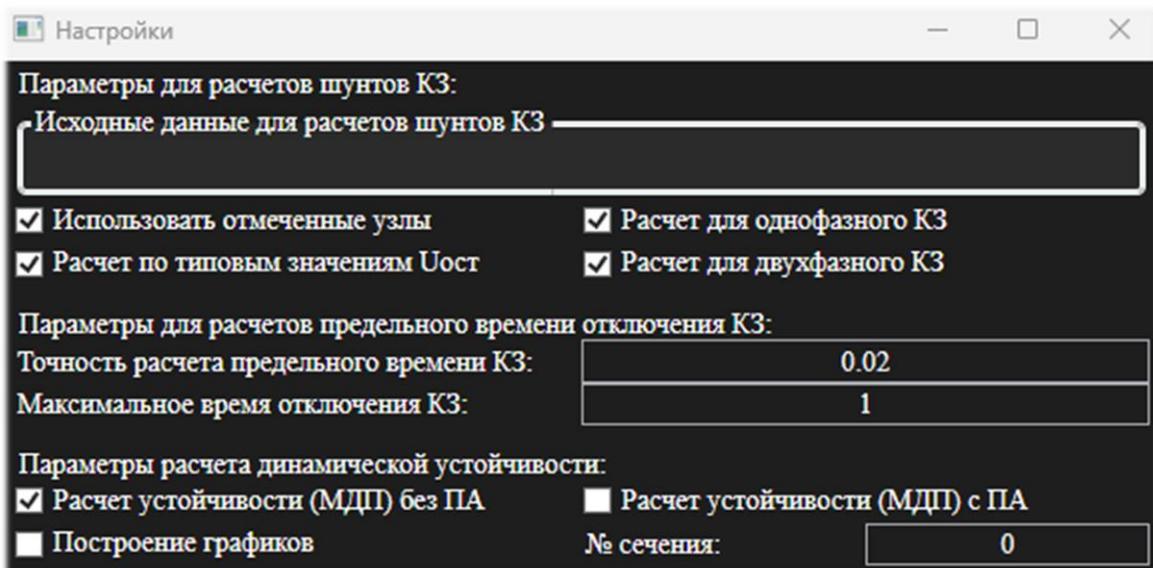


Рисунок 2 – Окно настроек *DSS*

Окно «*Настройки*» предназначено для ввода или изменение следующей информации:

- **Параметры для расчетов шунтов КЗ**

Блок «**Исходные данные для расчетов шунтов КЗ**» предназначен для отображения наименования файла в формате «*.csv», который предназначен для ввода информации об узлах расчетной модели, для которых требуется выполнение расчетов шунтов КЗ, и исходных данных в части первого приближения шунта КЗ для однофазного и/или двухфазного КЗ на землю, а также требуемого значения остаточного напряжения.

Чекбокс «**Использовать отмеченные узлы**» (по умолчанию «отмечен») отвечает за поиск шунтов КЗ только для узлов, отмеченных в расчетных моделях. При загрузке файла в блок «**Исходные данные для расчетов шунтов КЗ**» автоматически меняет свое состояние на «не отмечен».

Чекбокс «**Расчет по типовым значениям Uост**» (по умолчанию «отмечен») позволяет использовать типовые значения остаточного напряжения на шинах энергообъекта при определении шунтов КЗ для случаев, когда поиск шунтов КЗ осуществляется на основании отмеченных узлов или в исходных данных отсутствует информация о требуемом значении остаточного напряжения.

Чекбокс «**Расчет для однофазного КЗ**» (по умолчанию «отмечен») активирует расчет шунтов КЗ при однофазных КЗ на шинах энергообъекта.

Чекбокс «**Расчет для двухфазного КЗ**» (по умолчанию «отмечен») активирует расчет шунтов КЗ при двухфазных КЗ на землю на шинах энергообъекта.

- **Параметры для расчетов предельного времени отключения КЗ**

Параметр «**Точность расчета предельного времени отключения КЗ**» задается в секундах (по умолчанию установлено значение 0,02 секунды) и отвечает за точность определения предельного времени КЗ.

Параметр «**Максимальное время отключения КЗ**» задается в секундах (по умолчанию установлено значение 1 секунда) и отвечает за максимальное время КЗ, которое будет рассматриваться при определении предельного времени отключения КЗ.

Увеличение точности и максимального времени в большинстве случаев приводит к увеличению длительности расчетного цикла.

- **Параметры расчета динамической устойчивости**

Чекбокс «**Расчет устойчивости (МДП) без ПА**» (по умолчанию «отмечен»). Данный параметр используется как при выполнении пакетных расчетов динамической устойчивости, так и для определения МДП по критерию обеспечения динамической устойчивости. При активном чекбоксе будет проверяться обеспечение устойчивости без учета действия ПА или осуществляться поиск МДП без ПА по критерию ДУ.

Чекбокс «**Расчет устойчивости (МДП) с ПА**» (по умолчанию «не отмечен»). Данный параметр используется как при выполнении пакетных расчетов динамической устойчивости, так и для определения МДП по критерию обеспечения динамической устойчивости. При активном чекбоксе будет проверяться обеспечение устойчивости с учетом действия ПА или осуществляться поиск МДП с ПА по критерию ДУ.

При загрузке файлов в форматах «*.lprn» или «*.dfw» значение чекбокса «**Расчет устойчивости (МДП) с ПА**» автоматически устанавливается в положение «отмечен».

Чекбокс «**Построение графиков**» (по умолчанию «отключен») используется только для активации функции сохранения результатов пакетных расчетов динамической устойчивости в графическом виде.

Параметр «**№ сечения**» (по умолчанию задано значение 0) используется только при определении МДП по критерию обеспечения динамической устойчивости и обозначает порядковый номер сечения (начиная с нуля, т.е. порядковый номер в соответствии с таблицей сечений **ПК RUSTab** минус один), для которого требуется выполнение соответствующих расчетов.

Описание функциональных возможностей

Независимо от активированной функции расчета **DSS** выполняется последовательное рассмотрение заданных пользователем расчетных режимов. Для каждого расчетного режима последовательно рассматривается нормальная схема, а также описанные схемы ремонта электротехнического и/или генерирующего оборудования в соответствии с заданной в исходных данных последовательностью (ремонтные схемы рассматриваются только при загрузке файла в формате «*.vrn»).

Если при формировании ремонтной схемы выявлено нарушение сходимости режима в ПК RUSTab, то рассмотрение данной схемы не осуществляется.

Для каждой рассматриваемой схемы сети осуществляется последовательное рассмотрение аварийных процессов или узлов расчетной модели в зависимости от выбранной функции расчета.

После завершения основного расчетного алгоритма осуществляется экспорт результатов расчетов в файлы в формате «*.xlsx».

При успешном завершении работы расчетного алгоритма и сохранения необходимых результатов расчетов формируется уведомление о завершении расчета (Рисунок 3).

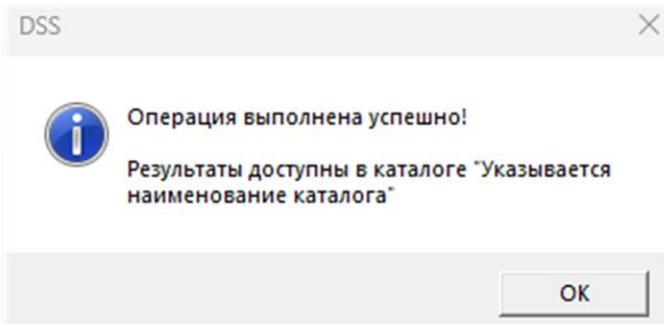


Рисунок 3 – Уведомление о завершении работы расчетного алгоритма **DSS**

Определение шунта КЗ

Функционал обеспечивает определение величины шунты однофазного КЗ и/или двухфазного КЗ на землю на основании:

- задаваемого пользователем значения шунта КЗ и остаточного напряжения прямой последовательности в точке КЗ;
- типовых значений остаточного напряжения в точке КЗ ($0,33*U_{исх}$ или $0,66*U_{исх}$ соответственно, где $U_{исх}$ – напряжение в узле до возникновения КЗ).

Определение величины шунта КЗ осуществляется на основании проведения серии расчетов.

Точность определения шунта КЗ вычисляется по формуле $\min(2, 0.02*U_{ном})$, где:

$U_{ном}$ – номинальное напряжение рассматриваемого узла расчетной модели.

В зависимости от состояния чекбоксов «**Расчет для однофазного КЗ**» и «**Расчет для двухфазного КЗ**» выполняется соответствующий расчет по поиску шунта однофазного КЗ и/или двухфазного КЗ на землю.

Обязательными исходными данными, необходимыми для определения величин шунтов КЗ являются:

- Расчетные модели в формате «*.rst».
- Файл задания для расчета шунтов КЗ в формате «*.csv» или наличие отмеченных узлов, для которых требуется выполнение расчетов шунтов КЗ, в каждой загруженной в рабочую область модели.

Не обязательным видом данных является перечень ремонтных схем в формате «*.vrn». В случае отсутствия информации о ремонтных схемах расчет выполняется только для нормальной схемы.

При итерационном подборе шунта КЗ обеспечивается сохранение заданного пользователем соотношения активного и реактивного шунтов КЗ. При использовании опции расчета для отмеченных узлов (активированный чекбокс «**Использовать отмеченные узлы**») или отсутствием в исходных данных информации по реактивной

составляющей шунта КЗ осуществляется подбор шунта КЗ на основании базового угла вектора полного сопротивления шунта КЗ, составляющего 1,471 радиан или 84,32 градуса.

При загруженном файле задания для расчетов шунтов КЗ и активированном чекбоксе «Использовать отмеченные узлы» расчет будет выполнен для отмеченных в расчетной модели узлов с использованием типовых значений остаточного напряжения в точке КЗ.

Определение предельного времени отключения КЗ

Функционал обеспечивает определение предельного времени отключения КЗ для заданного набора аварийных процессов с учетом:

- Заданной соответствующей настройкой точности определения предельного времени отключения КЗ.
- Заданного соответствующей настройкой максимального времени отключения КЗ.

Если при заданном максимальном времени отключения КЗ динамическая устойчивость в рассматриваемых схемно-режимных условиях обеспечивается, то дальнейший расчет не выполняется.

Определение предельного времени отключения КЗ осуществляется на основании проведения серии расчетов динамической устойчивости. В качестве критерия нарушения динамической устойчивости рассматривается нарушение динамической устойчивости генерирующего оборудования на первом цикле колебаний после моделирования КЗ.

Обязательными исходными данными для определения предельного времени отключения КЗ являются:

- Расчетные модели в формате «*.rst».
- Один или несколько аварийных процессов в формате «*.scn», для которых требуется выполнение соответствующих расчетов.

Не обязательным видом данных является перечень ремонтных схем в формате «*.vrn». В случае отсутствия информации о ремонтных схемах расчет выполняется только для нормальной схемы.

При итерационном определении предельного времени отключения КЗ осуществляется моделирование КЗ в момент времени 1 секунда от начала расчета электромеханического переходного процесса (далее – ЭМПП). Ликвидация КЗ осуществляется с рассматриваемой выдержкой времени $T_{КЗ}$. При необходимости дополнительного рассмотрения отключения одного или нескольких сетевых элементов их отключение производится в момент времени $1 + T_{КЗ}$ от начала расчета ЭМПП (обратное включение сетевых элементов (моделирование АПВ) до окончания расчета ЭМПП не производится).

В целях выявления нарушения динамической устойчивости генерирующего оборудования на первом цикле колебаний максимальное время расчета ЭМПП задается $1 + T_{КЗ} + 3$ секунды.

Пакетный расчет динамической устойчивости

Функционал обеспечивает проверку наличия или отсутствия нарушения динамической устойчивости генерирующего оборудования с учетом и/или без учета действия ПА для заданного набора аварийных процессов, а также формирование для каждого рассмотренного аварийного процесса графиков изменения контролируемых величин в процессе ЭМПП.

В зависимости от состояния чекбоксов «**Расчет устойчивости (МДП) без ПА**» и «**Расчет устойчивости (МДП) с ПА**» выполняется соответствующий расчет без учета действия ПА и/или с учетом действия ПА.

Обязательными исходными данными для выполнения пакетных расчетов динамической устойчивости являются:

- Расчетные модели в формате «*.rst».
- Один или несколько аварийных процессов в формате «*.scn», для которых требуется выполнение соответствующих расчетов.
- Файл контролируемых величин в формате «*.kpr» (только при активном чекбоксе «**Построение графиков**»).

Не обязательным видом данных является перечень ремонтных схем в формате «*.vrn». В случае отсутствия информации о ремонтных схемах расчет выполняется только для нормальной схемы.

Также к необязательному виду исходных данных относится информация об устройствах ПА в формате «*.lpr» или «*.dfw» файлов, которые требуется учитывать при выполнении расчетов.

Загрузка информации об устройствах ПА требуется только при активном чекбоксе «Расчет устойчивости (МДП) с ПА».

При описании ПА в графическом виде (формат «*.lpr») и необходимости использования ПА в процессе выполнения расчетов к обязательному виду исходных данных также относится информация о контролируемых сечениях в формате «*.sch».

При пакетном расчете динамической устойчивости моделирование возмущений осуществляется строго в соответствии с информацией, заданной в файлах аварийных процессов, а расчет ЭМПП осуществляется до нарушения динамической устойчивости генерирующего оборудования (только при не активной опции «**Построение графиков**») или достижения максимального времени расчета, заданного в **ПК RUSTab** в таблице **Расчеты/Параметры/Динамика** в поле **Время расчета**.

Во избежание длительного расчета асинхронного режима в случае нарушения динамической устойчивости рекомендуется задавать Время расчета с учетом минимально-необходимой длительности расчета ЭМПП.

Определение допустимых перетоков мощности по критерию обеспечения динамической устойчивости генерирующего оборудования

Функционал обеспечивает определение МДП без ПА и МДП с ПА по критерию обеспечения динамической устойчивости генерирующего оборудования (далее – МДП ДУ)

для заданного набора аварийных процессов и ВИР, а также формирование на основании доаварийной информации значений перетоков в заданных пользователем сечениях расчетной модели и значений заданных пользователем контролируемых величин.

В зависимости от состояния чекбоксов «*Расчет устойчивости (МДП) без ПА*» и «*Расчет устойчивости (МДП) с ПА*» выполняется соответствующий расчет без учета действия ПА и/или с учетом действия ПА.

Обязательными исходными данными для определения МДП ДУ являются:

- Расчетные модели в формате «*.rst».
- Один или несколько аварийных процессов в формате «*.scn», для которых требуется выполнение соответствующих расчетов.
- Файл сечений в формате «*.sch», а также указанием номера сечения, для которого требуется определение МДП.

Не обязательным видом данных является перечень ремонтных схем в формате «*.vrn». В случае отсутствия информации о ремонтных схемах расчет выполняется только для нормальной схемы.

При необходимости вывода информации о значениях контролируемых величин на основании доаварийной информации требуется загрузка соответствующего файла в формате «*.kpr».

Также к необязательному виду исходных данных относится информация об устройствах ПА в формате «*.lpr» или «*.dfw» файлов, которые требуется учитывать при выполнении расчетов.

Загрузка информации об устройствах ПА требуется только при активном чекбоксе «*Расчет устойчивости (МДП) с ПА*».

При описании ПА в графическом виде (формат «*.lpr») и необходимости использования ПА в процессе выполнения расчетов к обязательному виду исходных данных также относится информация о контролируемых сечениях, которые должны быть описаны в файле сечений в формате «*.sch».

При определении МДП ДУ моделирование возмущений осуществляется строго в соответствии с информацией, заданной в файлах аварийных процессов, а расчет ЭМПП осуществляется до нарушения динамической устойчивости генерирующего оборудования или достижения максимального времени расчета, заданного в **ПК RUSTab** в таблице **Расчеты/Параметры/Динамика** в поле **Время расчета** (в случае обеспечения динамической устойчивости).

Итерационное определение МДП ДУ осуществляется в следующей последовательности:

1. Для каждого загруженного в область «*Расчетные режимы*» электроэнергетического режима осуществляется рассмотрение исходной схемы или формирование соответствующей ремонтной схемы.

2. Для сформированной по п. 1 схемы сети фиксируется значение перетока в заданном пользователем контролируемом сечении (*Рисх*) и осуществляется определение предельного по статической апериодической устойчивости перетока по заданной пользователем траектории утяжеления.

3. В предельно по статической апериодической устойчивости режиме фиксируется значение перетока в заданном пользователем контролируемом сечении (**Ppr**) и осуществляется ослабление предельного режима до достижения перетока в контролируемом сечении, соответствующего 10% запасу статической апериодической устойчивости (**10%P**).

4. При перетоке на уровне **10%P** осуществляется проверка обеспечения динамической устойчивости без учета и/или с учетом действия ПА для каждого из рассматриваемых аварийных процессов. В случае сохранения устойчивости данное значение фиксируется в качестве МДП без ПА и/или МДП с ПА. При нарушении динамической устойчивости осуществляется ослабление режима до обеспечения динамической устойчивости.

Учет амплитуды нерегулярных колебаний (НК) в контролируемом сечении при определении МДП ДУ не осуществляется.

Точность определения МДП ДУ определяется по формуле $\min(10; 0,02*Ppr)$ и округляется до ближайшего меньшего целого значения, но не менее 2 МВт.

Во избежание увеличения длительности работы расчетного алгоритма в случае обеспечения динамической устойчивости рекомендуется задавать Время расчета с учетом минимально-необходимой длительности расчета ЭМПП.

Определение остаточного напряжения на шинах энергообъекта при КЗ на границе устойчивости

Функционал обеспечивает определение остаточного напряжения на шинах энергообъектов в первый момент времени КЗ при моделировании КЗ на границе устойчивости по критерию обеспечения динамической устойчивости для заданного набора аварийных процессов.

Обязательными исходными данными для определения остаточного напряжения на шинах энергообъектов в первый момент времени КЗ при моделировании КЗ на границе устойчивости являются:

- Расчетные модели в формате «*.rst».
- Один или несколько аварийных процессов в формате «*.scn», для которых требуется выполнение соответствующих расчетов.

Не обязательным видом данных является перечень ремонтных схем в формате «*.vrn». В случае отсутствия информации о ремонтных схемах расчет выполняется только для нормальной схемы.

При работе данного функционала время реализации и ликвидации КЗ принимается в соответствии с информацией, заданной пользователем в файлах аварийных процессов, а расчет ЭМПП осуществляется до нарушения динамической устойчивости генерирующего оборудования или достижения максимального времени расчета, заданного в **ПК RUSTab** в таблице **Расчеты/Параметры/Динамика** в поле **Время расчета** (в случае обеспечения динамической устойчивости).

Определение остаточного напряжения на шинах энергообъектов в первый момент времени КЗ при моделировании КЗ на границе устойчивости осуществляется в следующей последовательности:

1. Осуществляется расчет ЭМПП, в котором моделируется КЗ на шинах заданного пользователем энергообъекта в соответствии с рассматриваемым аварийным процессом.

2. Осуществляется расчет ЭМПП, в котором моделируется КЗ на шинах противоположного энергообъекта в соответствии с указанной в рассматриваемом аварийном процессе ЛЭП, по которой осуществляется связь энергообъектов. При переносе точки КЗ на шины противоположного энергообъекта сохраняются заданные пользователем значения активного и реактивного шунтов КЗ.

3. Если по результатам расчетов по п. 1 и 2 обеспечивается динамическая устойчивость в начале и конце рассматриваемой ЛЭП, то работа алгоритма завершается и осуществляется формирование необходимой информации.

4. Если по результатам расчетов по п. 1 и 2 на шинах одного из рассматриваемых энергообъектов обеспечивается динамическая устойчивость, а на противоположном – нет, то граница устойчивости определяется путём итерационного смещения (удаления) точки КЗ от объекта в линию до достижения устойчивого переходного процесса. После получения устойчивого переходного процесса работа алгоритма завершается и осуществляется формирование необходимой информации.

Точность определения границы устойчивости по п. 5 составляет не более 0,5% от длины рассматриваемой ЛЭП.

5. Если по результатам расчетов по п. 1 и 2 не обеспечивается динамическая устойчивость в начале и конце рассматриваемой ЛЭП, то в качестве объекта, на шинах которого моделируется КЗ, принимается энергообъект по п. 2 и осуществляется итерационное увеличение шунта КЗ до достижения устойчивого переходного процесса. После получения устойчивого переходного процесса работа алгоритма завершается и осуществляется формирование необходимой информации.

При итерационном подборе шунта КЗ по п. 5 обеспечивается сохранение заданного пользователем соотношения активного и реактивного шунтов КЗ. Точность определения шунта КЗ по п. 5 составляет 2,5% относительно значения, при котором обеспечивается устойчивость.

Во избежание увеличения длительности работы расчетного алгоритма в случае обеспечения динамической устойчивости рекомендуется задавать Время расчета с учетом минимально-необходимой длительности расчета ЭМПП.

Начало работы

Установка **DSS** осуществляется пользователем самостоятельно. Для этого необходимо разместить исполнительный файл «**DynStabSpace.exe**», а также необходимые библиотеки («*.dll») в одном каталоге (по выбору пользователя) на рабочей станции. При запуске **DSS** осуществляется проверка наличия необходимых файлов каталоге, из которого осуществляется запуск.

При активации любой из расчетных функций осуществляется блокировка остальных расчетных функций **DSS** до завершения расчетного алгоритма. После завершения работы выбранного расчетного алгоритма может быть запущен другой расчетный алгоритм с учетом необходимой корректировки исходных данных или завершена работа **DSS** закрытием основного окна.

Исходные данные и результаты расчетов

Исходные данные для работы **DSS** могут быть размещены как на рабочей станции пользователя, так и на сетевых дисках. При размещении информации на сетевых дисках пользователь должен иметь права на чтение соответствующих файлов. Изменение исходных данных, загруженных в **DSS**, в процессе выполнения расчетов не осуществляется.

Результаты расчетов **DSS**, а также необходимые для выполнения расчетов или формируемые в процессе расчетов временные файлы размещаются в каталоге по умолчанию.

По умолчанию для сохранения используется каталог «Документы\DynStabSpace»

При запуске любой из расчетных функций в каталоге по умолчанию формируется подкаталог с наименованием **«ГГГГ-ММ-ДД ЧЧ-ММ-СС Наименование расчетной функции»**, где:

ГГГГ – год начала работы расчетного алгоритма (например, 2025),

ММ – месяц начала работы расчетного алгоритма (например, 05 или 11),

ДД – день начала работы расчетного алгоритма (например, 01 или 28),

ЧЧ – час начала работы расчетного алгоритма в 24 часовом формате (например, 08 или 15),

ММ – минуты начала работы расчетного алгоритма (например, 09 или 59),

СС – секунды начала работы расчетного алгоритма (например, 01 или 59),

Наименование расчетной функции – краткое наименование алгоритма, который был запущен пользователем.

Необходимо своевременно очищать каталог по умолчанию для исключения ошибок, связанных с отсутствием свободного места для сохранения расчетной информации

Общие принципы подготовки данных

Подготовка файлов в форматах **ПК RUSTab** («*.rst», «*.scn», «*.vrn», «*.lpn», «*.dfw», «*.ut2», «*.sch» и «*.kpr») осуществляется в соответствии с «Руководством пользователя ПК «RastrWin3»¹ или «Руководством пользователя ПК «RUSTab»².

Подготовка файла в формате «*.csv» для функции определения шунтов КЗ может осуществляться как с использованием **MS Excel** или **P-7 Офис**, так и с использованием любого текстового редактора. В качестве разделителя должна использоваться точка с запятой.

При подготовке расчетных моделей в формате «*.rst» следует учитывать, что исходная схема сети, представленная в расчетной модели, будет считаться нормальной схемой. Поэтому в формируемых расчетных моделях состояние сетевых элементов (в том

¹ Программный комплекс «RastrWin3». Руководство пользователя

² Программный комплекс «RUSTab». Документация пользователя

числе коммутационных аппаратов) должно быть приведено в соответствие нормальной схеме электрических соединений.

В целях оптимизации расчетного времени и получения корректных результатов расчетов в исходных расчетных моделях должно быть исключено возникновение синхронных колебаний увеличивающейся амплитуды или синхронных колебаний с большим декрементом затухания при интегрировании переходного процесса без наложения аварийных возмущений. Также должно быть минимизировано количество информационных и предупредительных сообщений, выводимых в протокол **ПК RUSTab**.

Моделирование нормативных возмущений предпочтительно осуществлять с момента времени, не превышающего 1 секунды, а также использовать минимально-необходимую длительность расчета ЭМПП.

Генерирующее оборудование, не оказывающее существенное влияние на результаты расчетов, и/или модели его систем управления и регулирования целесообразно представлять упрощенном виде в целях минимизации времени расчета ЭМПП в **ПК RUSTab**.

При необходимости использования при выполнении расчетов устройств ПА, описанных с использованием файлов в формате «*.lpn» или «*.dfw» необходимо использовать единый файл для всех устройств ПА, действие которых требуется учитывать при выполнении соответствующих расчетов.

Подготовка исходных данных

Для работы отдельных расчетных модулей требуется подготовка исходных данных с учетом определенных особенной реализации расчетных алгоритмов.

При формировании исходных расчетных моделей в формате «*.rst» для определения МДП ДУ целесообразно обеспечивать исходное значение перетока активной мощности в исследуемом контролируемом сечении на уровне, при котором после формирования ремонтной схемы отсутствует нарушение статической апериодической устойчивости, а также обеспечивается сохранение динамической устойчивости без учета действия ПА для наиболее тяжелой рассматриваемой ремонтной схемы при наиболее тяжелом нормативном возмущении.

Используемый ВИР для достижения МДП ДУ должен приводить к увеличению перетока мощности в исследуемом контролируемом сечении.

При формировании файла ремонтных схем в формате «*.vrn» конкретная ремонтная схема может быть исключена из рассмотрения без необходимости изменения перечня ремонтных схем. Для этого необходимо с использованием **ПК RUSTab** в таблице **Вариант. р-ты/Варианты** название для соответствующей схемы проставить отметку в поле **Состояние (sta)** и сохранить файл (Рисунок 4).

	S	O	Номер	Название
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	Ремонт ЛЭП-1
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	Ремонт ЛЭП-2
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Рисунок 4 – Пример исключения рассмотрения ремонтной схемы

Подготовка файла задания для расчета шунтов КЗ в формате «*.csv»

Структура файла должна соответствовать информации, представленной ниже (Рисунок 5).

A	B	C	D	E	F	G
node	r1	x1	u1	r2	x2	u2
1	6.2	18.6	330	2.6	5.14	170
2	3.16	25.13	315	4.99	9.97	155
3		76	345			175

Рисунок 5 – Формат файла задания для расчета шунтов КЗ

В качестве названия столбцов должны последовательно использоваться следующие наименования: «**node**», «**r1**», «**x1**», «**u1**», «**r2**», «**x2**» и «**u2**».

В столбце «**node**» указывается номер узла расчетной модели, для которого будет определяться расчетное значение шунта КЗ для обеспечения требуемого значения остаточного напряжения.

В столбцах «**r1**» и «**x1**», «**r2**» и «**x2**» указываются значения активной и реактивной составляющей шунтов однофазного и двухфазного КЗ на землю соответственно. Данные значение допускается не заполнять. В случае отсутствия информации определение шунта КЗ будет осуществляться на основании базового угла вектора полного сопротивления шунта КЗ, составляющего 1,471 радиан или 84,32 градуса. Также допускается не заполнять соответствующие значения, если определение шунта КЗ осуществляется только для однофазного или двухфазного КЗ на землю.

В столбцах «**u1**» и «**u2**» указываются линейные значения остаточного напряжения в точке КЗ для однофазного и двухфазного КЗ на землю соответственно. Данные значение допускается не заполнять. В случае отсутствия информации определение шунта КЗ будет осуществляться на основании типовых значений остаточного напряжения в точке КЗ.

Частным случаем формирования файла для расчетов шунтов КЗ является указание только номеров узлов расчетной модели (Рисунок 6). Такое заполнение файла позволяет исключить необходимость отмечать узлы, для которых требуется определение шунтов КЗ, в каждой из расчетных моделей и осуществлять определение шунта КЗ на основании типового значения остаточного напряжения в точке КЗ.

node	r1	x1	u1	r2	x2	u2
1						
2						
3						

Рисунок 6 – Вид файла задания для расчетов шунтов КЗ с указанием только номеров узлов

Подготовка аварийных процессов для определения предельного времени отключения КЗ

Каждый аварийный процесс, используемый для определения предельного времени отключения КЗ, может быть подготовлен с использованием **ПК RUSTab** и должен содержать только информацию об энергообъекте, на шинах которого рассматривается КЗ, значение шунта КЗ, а также при необходимости перечень сетевых элементов, отключение которых связано с ликвидацией КЗ. Структура файла приведена ниже (Рисунок 7).

	Сост	N	N гру...	Тип	Название	Формула	Тип объекта	Свойство объекта	Ключ объекта	Режим	N сраб	Время нач...	Длительн...
1		1		Объект		6.2	node	x	1	0	1	0.500	0.120
2		2		Объект		18.8	node	r	1	0	1	0.500	0.120
3		3		Объект		0	vetr	sta	1,2,0	0	1	0.620	99.000

Рисунок 7 – Вид файла для расчета предельного времени отключения КЗ

Формирование файла должно осуществляться только с использованием таблицы **Сценарий/Действия (t)**. Обязательным является наличие информации с типом объекта «*node*» и свойством объекта «*x*» (строка 1, Рисунок 7), которые описывают моделирование КЗ.

Заполнение информации по активной составляющей шунта КЗ (строка 2, Рисунок 7), а также отключаемых сетевых элементах (строка 3, Рисунок 7) не является обязательным.

Подготовка файла графического вывода в формате «*.kpr» для функции пакетного расчета ДУ

При необходимости построения графиков протекания ЭМПП при пакетном расчете ДУ должен быть подготовлен файл в формате «**.kpr*», содержащий информацию о контролируемых величинах, изменение которых должно быть отражено в графическом виде по результатам расчетов ЭМПП.

Подготовка данного файла осуществляется в соответствии с «Руководством пользователя ПК «RUSTab». Особенностью подготовки данного файла является только использование поля **Номер** для описания порядкового номера рисунка, на котором будет отражено изменение данного контролируемого параметра.

	Отм	Номер	Имя	Тип	Таблица	Выборка	Формула	Точность	mash
1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Угол_121	Значение	Generator	Num=121	Delta	2	57
2	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Угол_118	Значение	Generator	Num=118	Delta	2	57
3	<input checked="" type="checkbox"/>	2	V_40111404	Значение	node	ny=40111404	vras	2	1
4	<input checked="" type="checkbox"/>	2	V_1226	Значение	node	ny=1226	vras	2	1

Рисунок 8 – Пример файла для графического вывода результатов

Подготовка файлов аварийных процессов для определения остаточного напряжения на шинах энергообъекта при КЗ на границе устойчивости

Каждый аварийный процесс, используемый для определения остаточного напряжения на шинах энергообъекта при КЗ на границе устойчивости, может быть подготовлен с использованием **ПК RUSTab** и должен содержать только информацию об энергообъекте, на шинах которого рассматривается КЗ, значение шунта КЗ, а также

описание сетевого элемента, для которого осуществляется рассмотрение перемещения точки КЗ. Структура файла приведена ниже (Рисунок 9).

	Сост	N	N гру...	Тип	Название	Формула	Тип объекта	Свойство объекта	Ключ объекта	Режим	N сраб	Время нач...	Длитель...
1		1		Объект		21.131	node	x	2	0	1	1.000	0.430
2		2		Объект		3.157	node	r	2	0	1	1.000	0.430
3		3		Объект		0	vety	sta	2,1,1	0	1	1.430	999.000

Рисунок 9 – Пример файла для определения остаточного напряжения на шинах энергообъекта при КЗ на границе устойчивости

Формирование файла должно осуществляться только с использованием таблицы **Сценарий/Действия (t)**. Обязательным является наличие информации с типом объекта «**node**» и свойством объекта «**x**» (строка 1, Рисунок 9), а также с типом объекта «**vety**» и свойством объекта «**sta**» (строка 3, Рисунок 9).

Описание линии требуется для передачи в расчетный алгоритм информации о сетевом элементе, для которого осуществляется определение границы устойчивости. Моделирование отключения сетевого элемента при выполнении расчетов не осуществляется.

Заполнение информации по активной составляющей шунта КЗ (строка 2, Рисунок 9) не является обязательным.

Результаты работы

По результатам работы каждого расчетного алгоритма осуществляется экспорт результатов расчетов в табличном виде в файлы в формате «*.xlsx» и в графическом виде в формате «*.png» (только при использовании пакетного расчета ДУ и активном чекбоксе «**Построение графиков**»).

В каждом из формируемых файлов в табличном виде предусмотрены поля «**Наименование режима**» и «**Схема сети**». В поле «**Наименование режима**» выводится информация о наименовании рассмотренного расчетного режима в формате «*.rst», а в поле «**Схема сети**» - наименование рассмотренной ремонтной схемы.

Описание выходных файлов в табличном виде представлено ниже.

Результаты расчетов шунтов КЗ

Структура файла в табличном виде представлена ниже.

Наименование режима	Схема сети	Номер узла	Однофазное КЗ			Двухфазное КЗ		
			R, Ом	X, Ом	U1, кВ	R, Ом	X, Ом	U1, кВ

Рисунок 10 – Результат расчетов шунтов КЗ в табличном виде

В поле «**Номер узла**» выводится информация о номере узла расчетной модели, для которого осуществлялся поиск шунта КЗ.

Для отображения результатов реализованы два блока «**Однофазное КЗ**» и «**Двухфазное КЗ**» в которых выводится информация по результатам расчетов для соответствующего типа КЗ.

В полях «**R, Ом**» и «**X, Ом**» соответствующего блока выводится информация о величинах активного и реактивного сопротивлений шунта КЗ, при котором обеспечивается требуемое значение остаточного напряжения к точке КЗ.

В поле «**U1, кВ**» соответствующего блока выводится информация о значении линейного напряжения остаточного напряжения в точке КЗ, полученного по результатам работы расчетного алгоритма.

Результаты расчетов предельного времени отключения КЗ

Структура файла в табличном виде представлена ниже.

Наименование режима	Схема сети	Расчетное КЗ	Предельное время отключения
---------------------	------------	--------------	-----------------------------

Рисунок 11 – Результат расчетов предельного времени отключения КЗ в табличном виде

В поле «**Расчетное КЗ**» выводится наименование рассмотренного аварийного процесса, а в поле «**Предельное время отключения**» - полученное по результатам расчетов значение предельного времени отключения КЗ.

Результаты пакетного расчета ДУ

Структура файла в табличном виде представлена ниже.

Наименование режима	Схема сети	Расчетный сценарий	Без учета действия ПА			С учетом действия ПА		
			Результат расчета ДУ	Критерий нарушения ДУ	Рисунок	Результат расчета ДУ	Критерий нарушения ДУ	Рисунок

Рисунок 12 – Результат пакетного расчета ДУ в табличном виде

В поле «**Расчетный сценарий**» выводится наименование рассмотренного аварийного процесса.

Для отображения результатов реализованы два блока «**Без учета действия ПА**» и «**С учетом действия ПА**» в которых выводится информация о соответствующих результатах расчетов.

В полях «**Результат расчета ДУ**» соответствующего блока выводится информация об **Устойчивом** или **Неустойчивом** завершении расчета для конкретного аварийного процесса, а в полях «**Критерий нарушения ДУ**» - текстовое представление выявленного критерия нарушения ДУ.

Поле «**Рисунок**» соответствующего блока заполняется информацией о номерах рисунков, которые получены по результатам расчетов.

Результаты определения МДП ДУ

Структура файла в табличном виде представлена ниже.

Наименование режима	Схема сети	Расчетный сценарий	Без учета действия ПА			С учетом действия ПА		
			МДП, МВт	Перетоки в КС, МВт	Контролируемые величины	МДП, МВт	Перетоки в КС, МВт	Контролируемые величины
				Название сечения	Название переменной		Название сечения	Название переменной

Рисунок 13 – Результат определения МДП ДУ в табличном виде

В поле «**Расчетный сценарий**» выводится наименование рассмотренного аварийного процесса.

Для отображения результатов реализованы два блока «**Без учета действия ПА**» и «**С учетом действия ПА**» в которых выводится информации о соответствующих результатах расчетов.

В полях «**МДП, МВт**» соответствующих блоков выводятся значения МДП+НК в исследуемом контролируемом сечении по критерию обеспечения динамической устойчивости генерирующего оборудования для конкретного аварийного процесса.

В каждом из блоков «**Без учета действия ПА**» и «**С учетом действия ПА**» реализованы подблоки «**Перетоки в КС, МВт**» и «**Контролируемые величины**». Данные подблоки являются расширяемыми в зависимости от количества выводимой информации по контролируемым сечениям и контролируемым величинам.

При этом в шапке таблицы будут указываться наименования соответствующего сечения или контролируемого параметра, а в строки, содержащие результаты расчетов, - заполняться соответствующими значениями.

Результаты определения остаточного напряжения на шинах энергообъекта при КЗ на границе устойчивости

Структура файла в табличном виде представлена ниже.

Наименование режима	Схема сети	Расчетный сценарий	ЛЭП			Область устойчивости, %	Остаточное напряжение в узлах ЛЭП, кВ		Контролируемые величины
			Узел начала	Узел конца	Nр		Узел начала	Узел конца	

Рисунок 14 – Результат определения остаточного напряжения на шинах энергообъекта при КЗ на границе устойчивости в табличном виде

В поле «**Расчетный сценарий**» выводится наименование рассмотренного аварийного процесса.

В блоке «**ЛЭП**» в полях «**Узел начала**», «**Узел конца**» и «**Nр**» выводится информация в части исследуемого сетевого элемента об узле начала и конца, а также номере параллельности соответственно.

В поле «**Область устойчивости, %**» выводится информация о смещении точки КЗ, относительно узла начала сетевого элемента в процентах, при котором обеспечивается сохранение динамической устойчивости генерирующего оборудования.

В блоке «**Остаточное напряжение в узлах ЛЭП, кВ**» в полях «**Узел начала**» и «**Узел конца**» выводится информация о линейном значении остаточного напряжения в узлах начала и конца сетевого элемента соответственно при КЗ на границе устойчивости.

Блок «**Контролируемые величины**» является расширяемым в зависимости от количества выводимой информации по контролируемым величинам. При этом в шапке таблицы будут указываться наименования соответствующего контролируемого параметра, а в строки, содержащие результаты расчетов, - заполняться соответствующими значениями.