Модуль расчета электромеханических переходных процессов для RastrWin3 в составе СМЗУ

**RaidenEMS**

Руководство пользователя

19.12.2022

Оглавление

[1 Перечень изменений 5](#_Toc123000601)

[2 Общие сведения 5](#_Toc123000602)

[2.1 Особенности RaidenEMS 5](#_Toc123000603)

[2.2 Архитектура 5](#_Toc123000604)

[3 Параметры расчета 6](#_Toc123000605)

[3.1 Выполнять расчет ЭМПП с помощью Raiden (GoRaiden) 6](#_Toc123000606)

[3.2 Допустимый небаланс УР (LFImbalance) 6](#_Toc123000607)

[3.3 Плоский старт УР (LFFlat) 6](#_Toc123000608)

[3.4 Стартовый метод УР (LFStartup) 7](#_Toc123000609)

[3.5 Максимальное количество итераций стартового метода (LFSeidellIterations) 7](#_Toc123000610)

[3.6 Коэффициент ускорения метода Зейделя (LFSeidellStep) 7](#_Toc123000611)

[3.7 Разрешить переключать типы узлов с данной итерации (LFEnableSwitchIteration) 7](#_Toc123000612)

[3.8 Максимальное количество итераций метода Ньютона (LFMaxIterations) 7](#_Toc123000613)

[3.9 Максимальное приращение шага Ньютона по напряжению (LFNewtonMaxVoltageStep) 7](#_Toc123000614)

[3.10 Максимальное приращение шага Ньютона по углу узла (LFNewtonMaxNodeAngleStep) 7](#_Toc123000615)

[3.11 Максимальное приращение шага Ньютона по углу связи (LFNewtonMaxBranchAngleStep) 8](#_Toc123000616)

[3.12 Шаг Ньютона, меньше которого бэктрэк выключается и выполняется переключение типов узлов (LFForceSwitchLambda) 8](#_Toc123000617)

[3.13 Система уравнений метода Ньютона (LFFormulation) 8](#_Toc123000618)

[3.14 Разрешить учет СХН для узлов с отрицательной нагрузкой (LFAllowNegativeLRC) 8](#_Toc123000619)

[3.15 Минимальная крутизна СХН (LFLRCMinSlope) 8](#_Toc123000620)

[3.16 Максимальная крутизна СХН (LFLRCMaxSlope) 8](#_Toc123000621)

[3.17 Постоянная времени сглаживания частоты в узле (FrequencyTimeConstant) 8](#_Toc123000622)

[3.18 Напряжение перехода СХН на шунт (LRCToShuntVmin) 8](#_Toc123000623)

[3.19 Учитывать механическое демпфирование в Парковских моделях (ConsiderDampingEquation) 9](#_Toc123000624)

[3.20 Длительность рассчитываемого ЭМПП (Duration) 9](#_Toc123000625)

[3.21 Минимальный шаг вывода результатов (OutStep) 9](#_Toc123000626)

[3.22 Абсолютная точность интегрирования (Atol) 9](#_Toc123000627)

[3.23 Относительная точность интегрирования (Rtol) 9](#_Toc123000628)

[3.24 Выполнять рефакторизацию Якоби при изменении шага превышающем (RefactorByHRatio) 9](#_Toc123000629)

[3.25 Постоянная времени сглаживания производных в АРВ Мустанг (MustangDerivativeTimeConstant) 9](#_Toc123000630)

[3.26 Метод подавления рингинга (AdamsRingingSuppressionMode) 9](#_Toc123000631)

[3.27 Количество перемен знака переменной для обнаружения рингинга (AdamsIndividualSuppressionCycles) 10](#_Toc123000632)

[3.28 Номер шага, на кратном которому работает глобальное подавление рингинга (AdamsGlobalSuppressionStep) 10](#_Toc123000633)

[3.29 Количество шагов, на протяжении которого работает индивидуальное подавление рингинга переменной (AdamsIndividualSuppressStepsRange) 10](#_Toc123000634)

[3.30 Использовать быструю рефакторизацию (UseRefactor) 10](#_Toc123000635)

[3.31 Отключить запись результатов (DisableResultsWriter) 10](#_Toc123000636)

[3.32 Допустимое количество ошибок на минимальном шаге (MinimumStepFailures) 11](#_Toc123000637)

[3.33 Минимальное сопротивление ветви (ZeroBranchImpedance) 11](#_Toc123000638)

[3.34 Разрешить замену стандартных СХН пользовательскими (AllowUserOverrideStandardLRC) 11](#_Toc123000639)

[3.35 Разрешить завершение расчета при затухании ЭМПП (AllowDecayDetector) 11](#_Toc123000640)

[3.36 Контролировать затухание ЭМПП на протяжении количества циклов колебаний (DecayDetectorCycles) 11](#_Toc123000641)

[3.37 Завершать расчет при фиксации асинхронного режима по связи (StopOnBranchOOS) 11](#_Toc123000642)

[3.38 Завершать расчет при фиксации асинхронного режима в генераторе (StopOnGeneratorOOS) 11](#_Toc123000643)

[3.39 Рабочий каталог (WorkingFolder) 12](#_Toc123000644)

[3.40 Каталог результатов (ResultsFolder) 12](#_Toc123000645)

[3.41 Расчет скольжения для демпфирования в уравнении движения (FreqDampingType) 12](#_Toc123000646)

[3.42 Уровень подробности протокола в файл (FileLogLevel) 12](#_Toc123000647)

[3.43 Уровень подробности протокола в консоль (ConsoleLogLevel) 12](#_Toc123000648)

[3.44 Метод расчета параметров моделей Парка (ParkParametersDetermination) 12](#_Toc123000649)

[3.45 Вид СХН для учета генераторных узлов без генераторов (GeneratorLessLRC) 13](#_Toc123000650)

[4 Результаты расчета 13](#_Toc123000651)

[4.1 Просчитанное время (TimeComputed) 13](#_Toc123000652)

[4.2 Сообщение (Message) 13](#_Toc123000653)

[4.3 Причина потери устойчивости (SyncLossCause) 13](#_Toc123000654)

[4.4 Путь к файлу результатов (ResultFilePath) 13](#_Toc123000655)

[5 Модели генераторов 13](#_Toc123000656)

[5.1 Шины бесконечной мощности 13](#_Toc123000657)

[5.2 Генератор с постоянной ЭДС 14](#_Toc123000658)

# Перечень изменений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дата | Автор | Изменения |
| 19.12.22 | Машалов Е.В. | Исходная публикация |

# Общие сведения

RaidenEMS предназначен для моделирования электромеханических переходных процессов под управлением ПК RastrWin3. RaidenEMS реализует метод расчета ЭМПП альтернативный встроенному в RastrWin3 методу RUSTab. После установки RaidenEMS появляется возможность выбирать метод моделирования ЭМПП в интерфейсе RastrWin3.

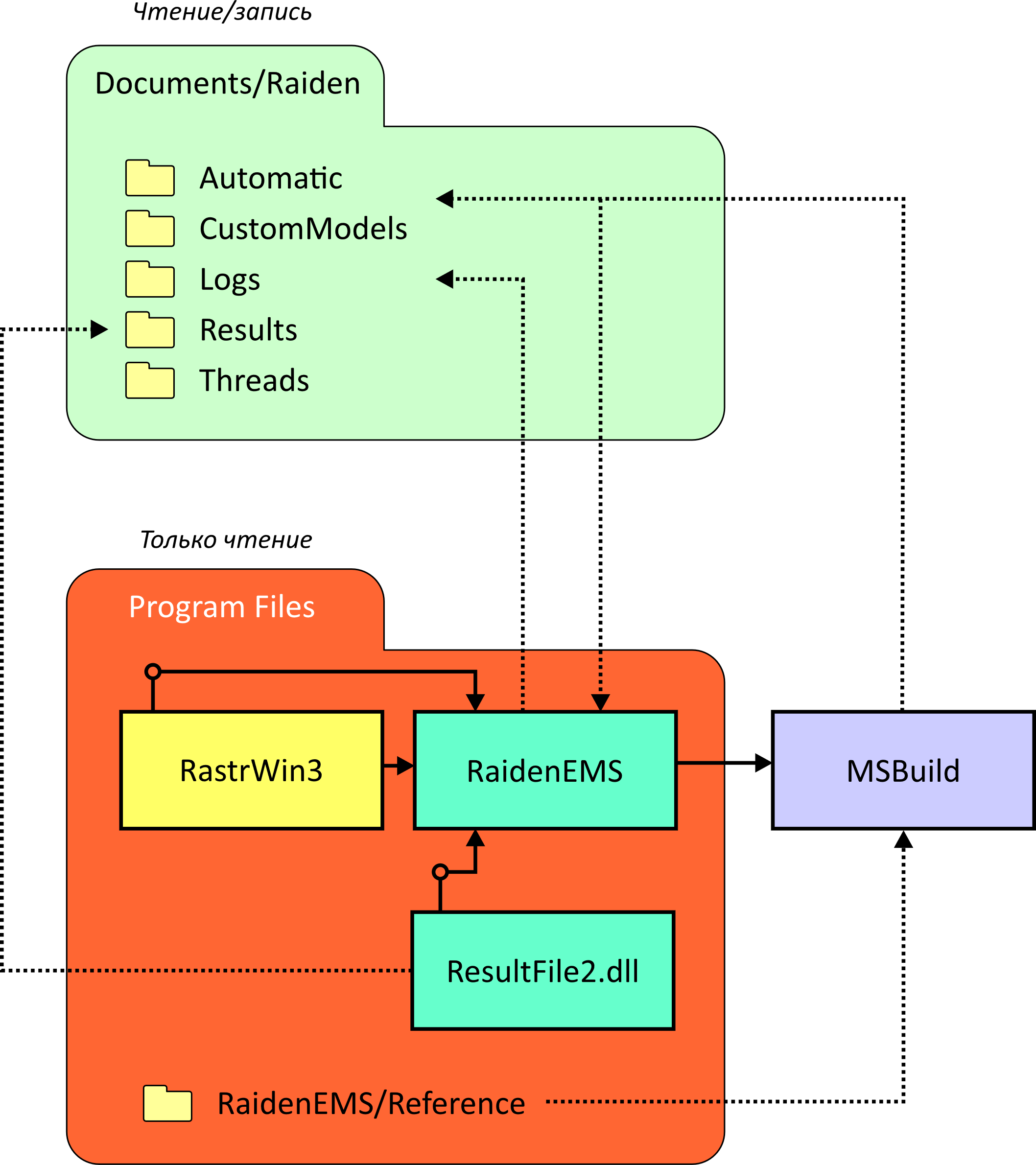
## Особенности RaidenEMS

RaidenEMS является версией ПО Raiden (<https://inorxl.com/raiden>) для работы под управлением RastrWin3. Адаптация заключается в следующем:

1. В качестве БД информационной модели и параметров расчета используется БД RastrWin3.
2. Состав моделей оборудования ограничен необходимыми для работы в составе СМЗУ и соответствует следующим моделям RUSTab: Генераторы: ШБМ, Уравнение движения, ЭДС 1-К, ЭДС-«Мустанг», Парк 3-К, Парк 4-К. СВ: Возбудитель «Мустанг», АРВ «Мустанг», Форсировка «Мустанг».
3. Компилятор пользовательских моделей позволяет обрабатывать описания сценария и автоматики в формате RUSTab.

## Архитектура

Схема взаимодействия модулей ПО и потоки данных изображены на рисунке.



RaidenEMS представляет собой набор программных компонентов, которые взаимодействуют с расчетным блоком RastrWin3 с помощью COM-интерфейсов и должны быть расположены в каталоге установки RastrWin3. Начиная с версии 2.7 ПК RastrWin3 адаптирован для работы с RaidenEMS и при выборе этого метода моделирования ЭМПП вместо запуска встроенного метода загружает программный компонент RaidenEMS, инициализирует его с помощью стандартного dll-интерфейса и передает свой COM-интерфейс. Используя его RaidenEMS получает доступ к БД RastrWin3 и считывает описание модели ЭМПП. Никаких изменений в расчетной модели в БД RastrWin RaidenEMS не выполняет и работает с БД в режиме «только чтение». Совместимые модели оборудования вводятся в расчетную модель RaidenEMS. Описания сценария расчета и автоматики компилируются в загружаемый модуль пользовательской модели. Для этого RaidenEMS должен иметь доступ к системе компиляции кода на C++ в машинный код. Под управлением ОС Windows используются средства Microsoft: Visual Studio или BuildTools. Вне зависимости от выбранного средства RaidenEMS выполняет компиляцию путем обращения к компоненту MSBuild. Для компиляции необходимы дополнительные файлы исходных текстов и проект, которые расположены в папке RaidenEMS/Reference в каталоге установки RastrWin3. Данные ресурсы не изменяются в ходе работы RaidenEMS и находятся в режиме «только чтение».

Для работы с файлами RaidenEMS создает в документах пользователя папку Raiden. В ней размещаются скомпилированные пользовательские модели и модели сценария/автоматики, организуется среда для работы средств компиляции (Automatic/CustomModels), сохраняются результаты расчетов (Results) и протоколы (Logs). В случае использования RaidenEMS в параллельных расчетах для каждого потока создается отдельная структура каталогов в папке Threads. Структура каталогов для параллельных расчетов идентична структуре в папки Raiden. Такая организация каталогов позволяет полностью изолировать параллельно выполняющиеся расчеты.

Скомпилированные в формат dll модули загружаются RaidenEMS и включаются в расчетную модель из пользовательских папок. В процессе работы результаты записываются с помощью компонента ResultFile2.dll в соответствующую пользовательскую папку. Управление ResultFile2.dll выполняется с помощью COM-интерфейса. Данный компонент является более продвинутой версией соответствующего компонента RUSTab.

# Параметры расчета

Параметры расчета доступны в меню «Расчеты/Параметры/Raiden/Параметры Raiden». Таблица размещена в шаблоне «динамика.rst», форма для работы с параметрами «raiden.fm» должна быть загружена или настроена в автозагрузке форм RastrWin3. Системное наименование данной таблицы – «RaidenParameters».

## Выполнять расчет ЭМПП с помощью Raiden (GoRaiden)

Переключатель позволяет выбрать метод расчета ЭМПП, который будет использоваться при запуске с панели управления или через COM-интерфейс. По умолчанию активен метод расчета RUSTab. При выборе Raiden будет использоваться реализация метода расчета из внешнего модуля dfw2.dll, который должен быть предварительно установлен в составе дополнительного пакета расширения.

## Допустимый небаланс УР (LFImbalance)

Определяет допустимый небаланс расчета УР в МВт/МВар. Небаланс в процессе расчета РУ определяется по бесконечной норме для активной и реактивной инъекции мощности в узле.

## Плоский старт УР (LFFlat)

Позволяет выбрать плоский старт при расчете УР. По умолчанию включен. При расчете с плоского старта модули напряжения в узлах приравниваются к номинальным или заданным для PV-узлов, углы обнуляются, реактивные мощности PV-узлов устанавливаются в середину заданных диапазонов. При отказе от плоского старта значения реактивных мощностей PV-узлов вводятся в заданные диапазоны

## Стартовый метод УР (LFStartup)

Позволяет выбрать стартовый метод для расчета УР. Доступны варианты «Нет» и «Зейдель». По умолчанию используется «Зейдель». При выборе «Нет» расчет УР начинается методом Ньютона.

## Максимальное количество итераций стартового метода (LFSeidellIterations)

При использовании стартового метода позволяет задать ограничение количества итераций. По умолчанию задано значение 17. Контроль сходимости стартового метода может прервать итерационный цикл до достижения этого количества итераций. Если стартовый метод не достиг сходимости после достижения заданного количества итераций, результат расчета передается методу Ньютона.

## Коэффициент ускорения метода Зейделя (LFSeidellStep)

Коэффициент шага метода Зейделя. Есть мнение что значения 1.05-1.1 ускоряют данный стартовый метод, однако поскольку целью его использования является получение надежного начального приближения для метода Ньютона, по умолчанию используется коэффициент 1.0

## Разрешить переключать типы узлов с данной итерации (LFEnableSwitchIteration)

Так как переключение типов узлов PV-PQ при высоких небалансах может нарушать сходимость, эта операция выполняется после завершения нескольких итераций без переключения типов. По умолчанию задано значение 2.

## Максимальное количество итераций метода Ньютона (LFMaxIterations)

Данный параметр ограничивает количество итераций метода Ньютона при расчете УР. По умолчанию имеет значение 100. В данное количество итераций не входят итерации стартового метода. При достижении допустимого небаланса расчет УР завершается до достижения максимального количества итераций. В случае, если допустимый небаланс не будет достигнут за максимальное количество итераций, расчет УР будет завершен с ошибкой.

## Максимальное приращение шага Ньютона по напряжению (LFNewtonMaxVoltageStep)

Позволяет ограничить шаг метода Ньютона таким образом, чтобы максимальное относительное изменение модуля напряжения в модели на итерации не превышало заданного значения. Используется для стабилизации итерационного процесса. По умолчанию имеет значение 0.3.

## Максимальное приращение шага Ньютона по углу узла (LFNewtonMaxNodeAngleStep)

Позволяет ограничить шаг метода Ньютона таким образом, чтобы максимальное относительное изменение угла напряжения в модели на итерации не превышало заданного значения. Используется для стабилизации итерационного процесса. По умолчанию имеет значение 1.5.

## Максимальное приращение шага Ньютона по углу связи (LFNewtonMaxBranchAngleStep)

Позволяет ограничить шаг метода Ньютона таким образом, чтобы максимальное относительное изменение угла по связи в модели на итерации не превышало заданного значения. Используется для стабилизации итерационного процесса. По умолчанию имеет значение 0.5.

## Шаг Ньютона, меньше которого бэктрэк выключается и выполняется переключение типов узлов (LFForceSwitchLambda)

При решении УР метод Ньютона использует процедуру выбора шага, обеспечивающую максимальное снижение небаланса на итерации – backtrack. При работе данной процедуры переключение PV-PQ блокируется. Однако при уменьшении шага backtrack до заданного параметра переключение может быть разрешено, так как при текущей комбинации состояний узлов скорее всего снижение небаланса не сможет быть достигнуто. По умолчанию параметр имеет значение 0.01.

## Система уравнений метода Ньютона (LFFormulation)

Определяет представление уравнений УР. Доступны варианты «Ток» и «Мощность». По умолчанию задано значение «Ток».

## Разрешить учет СХН для узлов с отрицательной нагрузкой (LFAllowNegativeLRC)

Параметр позволяет блокировать изменение нагрузок узлов с заданными СХН в отрицательно области. По умолчанию имеет значение «Да».

## Минимальная крутизна СХН (LFLRCMinSlope)

СХН со значениями производных в точке номинального напряжения, значения которых окажутся ниже заданного параметра будут отключены. Значение по умолчанию 0.0.

## Максимальная крутизна СХН (LFLRCMaxSlope)

СХН со значениями производных в точке номинального напряжения, значения которых окажутся выше заданного параметра будут отключены. Значение по умолчанию 5.0.

## Постоянная времени сглаживания частоты в узле (FrequencyTimeConstant)

В отличие от зарубежной практики моделирования ЭМПП в отечественной принято рассчитывать частоту для каждого узла индивидуально. Частота определяется как производная от угла напряжения в узле и рассчитывается с помощью реально-дифференцирующего звена с заданной постоянной времени. По умолчанию принято значение 0.02с.

## Напряжение перехода СХН на шунт (LRCToShuntVmin)

СХН при расчете должны удовлетворять условию LRC(0)=0. Для того чтобы упростить выполнение этого условия и исключить необходимость ввода соответствующих участков все СХН, используемые при расчете ЭМПП корректируются путем ввода шунтовой характеристики для напряжений менее заданного в данном параметре. Если СХН сама по себе является шунтовой, коррекция не выполняется. Значение по умолчанию 0.5.

## Учитывать механическое демпфирование в Парковских моделях (ConsiderDampingEquation)

Определяет учет коэффициента демпфирования в уравнении движения моделей синхронных машин, предусматривающих демпферные контуры («Парковские модели»). По умолчанию «Нет». Значение коэффициента демпфирования в режиме «Нет» игнорируется.

## Длительность рассчитываемого ЭМПП (Duration)

Задает требуемую длительность моделирования ЭМПП. В случае использования режимов останова при АР (п.п. 3.37, 3.38) или определении затухания (п. 3.35) расчет может быть прерван до достижения данной длительности.

## Минимальный шаг вывода результатов (OutStep)

Параметр ограничивает частоту вывода результатов, что позволяет снизить размеры файлов результатов. При увеличении шага интегрирования выше заданного шага вывода результатов параметр перестает действовать. В моменты дискретных изменений модели параметр также не действует для корректного вывода дискретных изменений. Значение по умолчанию 0.01с.

## Абсолютная точность интегрирования (Atol)

Используется при контроле локальной погрешности метода интегрирования в выражении взвешивания. По умолчанию .

## Относительная точность интегрирования (Rtol)

Используется при контроле локальной погрешности метода интегрирования в выражении взвешивания. По умолчанию .

## Выполнять рефакторизацию Якоби при изменении шага превышающем (RefactorByHRatio)

При расчете ЭМПП матрица Якоби сохраняется постоянной настолько долго, насколько это возможно и обновляется только при дискретных изменениях, затруднениях расчета или при изменении шага, превышающем заданный параметр. Значение по умолчанию 1.5.

## Постоянная времени сглаживания производных в АРВ Мустанг (MustangDerivativeTimeConstant)

Для моделирования систем возбуждения ПК Мустанг используются реально-дифференцирующие звенья с заданной постоянной времени. Значение по умолчанию c.

## Метод подавления рингинга (AdamsRingingSuppressionMode)

Метод Адамса 2-го порядка обладает свойством осцилляции решения с переменой знака («рингинг») при увеличении шага интегрирования. Данное свойство не оказывает влияния на качество решения, но замедляет его, так как ограничивает рост шага интегрирования. Исключить этот эффект невозможно, но существуют техники для его обнаружения и подавления. Доступны следующие методы подавления рингинга: «Нет», «Глобальный», «Индивидуальный», «Alpha».

В режиме «Нет» обнаружения и подавления рингинга не выполняется.

В режиме «Глобальный» через заданное количество шагов (п. 3.28) производные в выражении метода Адамса 2-го порядка заменяются на производные метода BDF 2-го порядка для всех переменных состояния.

В режиме «Индивидуальный» выполняется определение рингинга для всех переменных состояния, рассчитываемых методом Адамса 2-го порядка и замена производных в соответствии с режимом «Глобальный» но только для тех переменных, по которым рингинг зафиксирован (п.п. 3.27, 3.29).

В режиме «Alpha» выполняется коррекция вектора Нордсика переменных состояния, рассчитываемых методом Адамса 2-го порядка с зафиксированным рингингом по -методу. Данный метод менее жесткий чем замена производных и не приводит к излишнему демпфированию решения.

Работа методов обнаружения и подавления рингинга отражается в протоколе.

Значение по умолчанию «Alpha».

## Количество перемен знака переменной для обнаружения рингинга (AdamsIndividualSuppressionCycles)

Задает количество шагов интегрирования, за которое контролируется последовательное изменение знака переменной состояния, рассчитываемой методом Адамса 2-го порядка. Если на всех последовательных шагах обнаруживается перемена знака – по данной переменной фиксируется рингинг и применяется выбранный способ его подавления. Значение по умолчанию 3.

## Номер шага, на кратном которому работает глобальное подавление рингинга (AdamsGlobalSuppressionStep)

Определяет частоту подавления рингинга для всех переменных состояния, рассчитываемых методом Адамса 2-го порядка. Если номер шага кратен заданному значению для всех переменных выполняется замена производных метода Адамса 2-го порядка на производные метода BDF 2-го порядка. Значение по умолчанию 10.

## Количество шагов, на протяжении которого работает индивидуальное подавление рингинга переменной (AdamsIndividualSuppressStepsRange)

Определяет количество шагов интегрирования, в течение которых при расчете переменной состояния, по которой обнаружен рингинг, будет использоваться замена производной метода Адамса 2-го порядка на производную BDF 2-го порядка или -метод п. 3.26. Значение по умолчанию 5.

## Использовать быструю рефакторизацию (UseRefactor)

Позволяет отключить быструю рефакторизацию матрицы, предусмотренную в пакете решения системы уравнений. По умолчанию «Да». В этом режиме достигается оптимальный баланс между производительностью и устойчивостью решения за счет частичного выбора порядка исключения внутри фиксированной группы. В некоторых случаях может все-таки приводить к росту погрешности решения за счет уменьшения значений групп элементов матрицы. При переключении в значение «Нет» вместо рефакторизации выполняется полная факторизация с полным выбором оптимального порядка исключения.

## Отключить запись результатов (DisableResultsWriter)

Отключает запись результатов в файл, что несколько ускоряет расчет. Обычно используется для оценки динамической устойчивости в режимах контроля АР (п.п. 3.37, 3.38).

## Допустимое количество ошибок на минимальном шаге (MinimumStepFailures)

При достижении ограничения минимального шага интегрирования метод выполняет заданное количество шагов со сниженным с тем, чтобы попытаться добиться допустимой погрешности. Если заданное количество шагов не позволяет восстановить хотя бы минимальный шаг расчет ЭМПП завершается с ошибкой. Значение по умолчанию 1.

## Минимальное сопротивление ветви (ZeroBranchImpedance)

Для учета ветвей с малыми сопротивлениями предусмотрен режим топологической обработки, который исключает такие ветки из модели с объединением соответствующих узлов. Минимальное сопротивление задается в относительных единицах. Сопротивление ветви контролируется раздельно для активной и реактивной составляющих. Трансформаторные ветви сохраняются в модели вне зависимости от сопротивлений, так как идеальных трансформаторов не бывает, и заменяются на трансформаторные ветви с фиктивным малым сопротивлением, если их исходное сопротивление мало. Значение по умолчанию .

## Разрешить замену стандартных СХН пользовательскими (AllowUserOverrideStandardLRC)

Параметр используется для совместимости с моделями RastrWin3, в которых СХН с номерами 1 и 2 зарезервированы под типовые. В некоторых случая пользователи используют собственные версии СХН вместо типовых под зарезервированными номерами. В этом случае RastrWin3 использует пользовательские СХН. В Raiden замена типовой СХН на пользовательскую контролируется данным параметром. В значении «Да» выполняется замена на заданную пользователем СХН. В значении «Нет» замена не выполняется. В обоих случаях выдается сообщение в протокол.

## Разрешить завершение расчета при затухании ЭМПП (AllowDecayDetector)

Управляет режимом обнаружения затухания ЭМПП, который может завершить расчет до достижения заданного времени. Значение по умолчанию «Нет». Затухание ЭМПП фиксируется в случае, если по всем переменным состояния амплитуда колебаний не увеличивается на протяжении нескольких последовательных циклов колебаний (п. 3.36).

## Контролировать затухание ЭМПП на протяжении количества циклов колебаний (DecayDetectorCycles)

Задает количество циклов колебаний переменной состояния от минимального до максимального значения, на протяжении которых контролируется декремент затухания. Значение по умолчанию 3.

## Завершать расчет при фиксации асинхронного режима по связи (StopOnBranchOOS)

При включении данного параметра выполняется контроль разворота векторов напряжений по концам связей и в случае, если угол превысит 180o расчет завершается. В протокол выдается сообщение с указанием связей, по которым обнаружен АР. По умолчанию «Нет»

## Завершать расчет при фиксации асинхронного режима в генераторе (StopOnGeneratorOOS)

При включении данного параметра выполняется контроль разворота векторов ЭДС генераторов и напряжений на их шинах и в случае, если угол превысит 180o расчет завершается. В протокол выдается сообщение с указанием генераторов, по которым обнаружен АР. По умолчанию «Нет»

## Рабочий каталог (WorkingFolder)

Задает путь к каталогу, в который будут записываться файлы протокола, а также выполняться сборка пользовательских моделей. Если каталог не существует, будет предпринята попытка создать его.

## Каталог результатов (ResultsFolder)

Задает путь к каталогу, в который будут записываться файлы результатов расчетов. Если каталог не существует, будет предпринята попытка создать его. Если каталог является абсолютным (начинается с диска или символа каталога «\» он будет использован как есть. В противном случае каталог будет считаться относительным и будет добавлен к папке «Results» в рабочем каталоге (п. 3.39). Вместо каталога может быть задано имя файла.

В пути можно использовать теги <date>, <time> и <count>. Тег <date> заменяется на текущую дату в формате YYYY-MM-DD, тег <time> на текущее время: HH-MM-SS. Тег <count> позволяет ввести в путь счетчик. Значение счетчика начинается с нуля. Если при попытке создать файл со счетчиком в пути или имени файла будет обнаружено что такой файл уже есть, значение счетчика будет увеличено на один и предпринята следующая попытка. Увеличение счетчика будет выполняться до тех пор, пока не будет найден путь к несуществующему файлу, который можно создать. Счетчик по умолчанию представлен пятизначным числом с ведущими нулями. При необходимости в тег <count> можно ввести дополнительный параметр X, задающий количество знаков в числе счетчика. В этом случае формат тега будет иметь вид <countX>.

Использование тегов позволяет накапливать файлы результатов для серии расчетов. Без использования тегов файл результата с заданным путем будет просто заменять уже записанный.

## Расчет скольжения для демпфирования в уравнении движения (FreqDampingType)

В отечественной практике моделирования ЭМПП принято рассчитывать скольжение/частоту в каждом узле (п. 3.17). Более грубый альтернативный подход – расчет средневзвешенного скольжения синхронной зоны. Данный параметр позволяет выбрать способ расчета. Доступны режимы «Узел» (по умолчанию) и «Зона».

## Уровень подробности протокола в файл (FileLogLevel)

Определяет уровень сообщений, которые будут выведены в файловый протокол. Сообщения со статусом ниже, чем заданный в протокол выводиться не будут. Доступны следующие уровни подробности «Нет», «Фатал», «Ошибка», «Предупреждение», «Сообщение», «Информация», «Отладка». Сообщения, связанные с прекращением расчета, могут выводиться несмотря на данное ограничение.

## Уровень подробности протокола в консоль (ConsoleLogLevel)

Аналогично п. 3.42 но применяется для управления подробностью протокола, выдаваемого в консоль.

## Метод расчета параметров моделей Парка (ParkParametersDetermination)

Позволяет выбрать один из метода расчета параметров схемы замещения синхронной машины по каталожным параметрам. Доступен выбор «Kundur», «НИИПТ», «НИИПТ+», «Canay». Значение по умолчанию «НИИПТ». Данный метод расчета используется в RUSTab.

## Вид СХН для учета генераторных узлов без генераторов (GeneratorLessLRC)

При расчете ЭМПП принято вводить в модель генераторы во все узлы, в которых задана генерация. Но поскольку в ряде случаев это не делается, предусмотрена возможность моделирования заданной в УР генерации в ЭМПП с помощью СХН. Данный параметр определяет вид СХН и позволяет выбрать СХН с постоянной мощностью или с постоянным током. Эти искусственные СХН также подвергаются обработке в соответствии с п. 3.18. Для совместимости с подходом RUSTab для узлов с активной генерацией менее 0.1 МВт формируется вне зависимости от данного параметра шунтовая СХН, которая, по замыслу, моделирует УШР (естественно без системы регулирования).

# Результаты расчета

Результаты расчета формируются в виде файлов, которые содержат описание структуры расчетной модели и сжатые графики изменения переменных состояния. Структура модели имеет иерархическое представление и позволяет идентифицировать модели оборудования, их переменные состояния, единицы измерения, масштабы и прочие атрибуты. Графики используются для просмотра встроенными средствами ПО.

Кроме результатов в виде файлов RaidenEMS заполняет таблицу «RaidenParameters» со следующими полями:

## Просчитанное время (TimeComputed)

Время ЭМПП, которое было рассчитано в ходе моделирования. Если потери устойчивости не произошло (п.п. 3.37, 3.38), не было зафиксировано затухание (п. 3.35) и в процессе расчетов не было сбоев, это время совпадает с заданным временем расчета (п. 3.20).

## Сообщение (Message)

Произвольная строка, описывающая результат расчета или ошибку, которая вызывала его останов.

## Причина потери устойчивости (SyncLossCause)

Значение, по которому можно определить причину завершения расчета ЭМПП. Возможные значения: «Нет», «АР ветви», «АР генератора», «Автомат скорости», «Отказ метода». При фиксации АР в сообщении (п. 4.2) указывается объект расчетной модели, по которому данный критерий привел к останову расчета.

## Путь к файлу результатов (ResultFilePath)

Путь к файлу результатов в итоговом варианте с обработанными тегами (п. 3.40).

# Модели генераторов

## Шины бесконечной мощности

Модель представляет собой постоянную ЭДС , подключенную к шине через сопротивление . ЭДС зависит от угла ротора генератора Комплексный ток в узле подключения рассчитывается по выражению (5.1‑1).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.1‑1) |

Слагаемое представляет собой уравнение тока шунта в узле подключения генератора, таким образом, в матрицу проводимостей сети вводится проводимость . Составляющие тока от рассчитываются по выражениям (5.1‑2) и (5.1‑3):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.1‑2) |
|  | (5.1‑3) |

Модель ШБМ представляет собой источник напряжения с фиксированным модулем и углом и является в некотором смысле аналогом балансирующего узла в расчетах установившегося режима. В связи с этим в синхронной зоне с ШБМ изменения частоты невозможны без возникновения асинхронного режима внутри этой зоны при любых небалансах. Использование ШБМ имеет смысл при моделировании внешних энергосистем с мощностями на два порядка превосходящими моделируемую, например, для анализа режимов работы внешних связей.

## Генератор с постоянной ЭДС

Модель генератора представляет собой ЭДС , подключенную к шине через сопротивление . ЭДС зависит от угла ротора генератора . Комплексный ток в узле подключения рассчитывается по выражению (5.2‑1).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (‑) |

Слагаемое представляет собой уравнение тока шунта в узле подключения генератора, таким образом, в матрицу проводимостей сети вводится проводимость . Составляющие тока от рассчитываются по выражениям (5.2‑2) и (5.2‑3):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (‑) |
|  | (‑) |
| Дифференциальные уравнения угла и скольжения ротора : |  |
|  | (‑) |
|  | (‑) |

где:

– скольжение вектора напряжения;

– коэффициент демпфирования;

– номинальная угловая скорость;

– мощность первичного привода.

Начальные условия определяются по результатам расчета установившегося режима.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (‑) |
|  | (‑) |