«Утверждаю»

Руководитель ООП,

доцент ОЭЭ ИШЭ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (А.В. Прохоров)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019г

Техническое задание на выполнение выпускной квалификационной работы

«Программная реализация алгоритма централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима.»

Специальность – 09.04.03 Прикладная информатика

Квалификация – магистр

Исполнитель: \_\_\_\_\_\_\_\_\_ Жиленков А.А.

Руководитель: \_\_\_\_\_\_\_\_\_ Прохоров А.В.

Томск 2019

**Содержание**

[1. Введение 3](#_Toc45957782)

[2. Основания для разработки 4](#_Toc45957783)

[3. Назначение разработки 4](#_Toc45957784)

[4. Принцип работы приложения 5](#_Toc45957785)

[4.1. Разработка прогнозирующего выявительного органа АЛАР 5](#_Toc45957786)

[4.1.1 Разработка блок-схемы и описание алгоритма работы прогнозирущего выявительного органа АЛАР 6](#_Toc45957787)

[4.2. Разработка алгоритма централизованного определения сечения для деления системы и ликвидации АР 8](#_Toc45957788)

[5. Исходные данные для работы программы 12](#_Toc45957789)

[6. Технические требования 13](#_Toc45957790)

[6.1. Требования к функциональным характеристикам. Состав выполняемых функций 13](#_Toc45957791)

[6.2. Требования к безопасности и производительности 13](#_Toc45957792)

[6.3 Требования к информационной и программной совместимости 14](#_Toc45957793)

# 1. Введение

Целью разработки является быстрое, селективное и сбалансированное деление системы для предотвращения и ликвидации асинхронного режима энергосистемы.

Программное обеспечение (ПО) предполагается использовать в составе программно-технического комплекса верхнего уровня (ПТК ВУ), устанавливаемого в диспетчерском центре (ДЦ), в управлении которого находится контролируемое сечение, защищаемое централизованной автоматикой ликвидации асинхронного режима (АЛАР).

Разрабатываемое ПО должно включать в себя следующие возможности

*Оффлайн (по принципу II-До):*

* Моделирование режимов работы электроэнергетической системы (ЭЭС) с учетом различной топологии сети, состава включенного оборудования и потребления.
* Моделирование возмущений с учетом различных режимов ЭЭС, типа и места воздействия возмущений.
* Для различных возмущений формирование набора данных временных рядов действующих значений напряжения и углов векторов напряжений на шинах подстанций, а также углов векторов напряжений и мощности генераторов электростанций, выполнение кластеризации и классификации.
* Для различных возмущений формирование набора данных возможных сечений деления системы (ДС), изолирующих друг от друга группы когерентных генераторов.

*Оффлайн (по принципу I-До):*

* Выбор обученного классификатора для прогнозирования нарушения устойчивости и выбор возможных сечений ДС на основе собранных данных об актуальном доаварийном режиме работы энергосистемы.

*Онлайн:*

* Определение факта нарушения устойчивости режима энергосистемы и выбор оптимального сечения ДС на основе данных с устройств синхронизированных векторных измерений (УСВИ) и выбранных классификаторов.
* На основе данных УСВИ и выбранных классификаторов определение необходимости выполнения ДС после действия автоматики предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ), если выявлено, что асинхронный режим (АР) наступает после действия АПНУ.

# 2. Основания для разработки

Предотвращение и ликвидацию нарушений нормального режима работы энергосистем осуществляет противоаварийная автоматика (ПА).

АЛАР является частью ПА и предназначена для ликвидации АР отдельных генераторов, электростанций и частей энергосистем.

От устройств АЛАР требуется быстро и надежно выявлять и ликвидировать АР. Но существующие устройства АЛАР обладают рядом недостатков, связанных с низкими быстродействием, селективностью и чувствительностью. Также данные устройства выполняют ДС, как правило, на несбалансированные части энергосистемы. Кроме того, настройка дистанционных устройств АЛАР требует больших трудозатрат, что приводит к человеческой ошибке при расчете или задании уставок.

Разработка централизованной АЛАР необходима для решения перечисленных проблем.

Разработка ПО является основной частью в создании ЦАЛАР.

# 3. Назначение разработки

ПО предназначено для решения следующих задач:

* Сбор архивных данных и данных с систем SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) о параметрах электроэнергетического режима, состоянии включенных сетевых объектов и составе включенного генерирующего оборудования.
* Первоначальное формирование и периодическое обновление классификаторов и возможных сечений ДС для различных режимов работы ЭЭС.
* Определение нарушения устойчивости работы ЭЭС и выбор сечения ДС в режиме реального времени.
* Выдача сигнала на отключение выключателей для выполнения деления системы.

Для корректной работы ЦАЛАР АО «СО ЕЭС» должно обеспечивать периодическое обновление при существенных изменениях в ЭЭС и периодическое регламентное обновление классификаторов и наборов возможных сечений ДС по принципу II-До. Основным пользователем ПО является специалист ИА или филиала АО «СО ЕЭС», от которого требуется выполнить запуск обновления. Все расчеты должны производиться автоматически в ПТК ВУ.

# 4. Принцип работы приложения

На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР).

Алгоритм централизованной АЛАР состоит из двух блоков: блок идентификации нарушения устойчивости и блок определения сечения ДС.

Рассмотрим их подробнее.

# 4.1. Разработка прогнозирующего выявительного органа АЛАР

Предлагаемая методика прогнозирования нарушений динамической устойчивости генераторов включает в себя следующие этапы:

1. Формирование набора данных путем моделирования заданных возмущений и переходных процессов.

2. Выполнение кластеризации полученных при моделировании данных.

3. Обучение классификатора на основе данных, полученных при кластеризации.

4. Использование обученного классификатора для прогнозирования нарушений динамической устойчивости генераторов в режиме онлайн.



Рисунок 1 – Блок-схема централизованной АЛАР

# 4.1.1 Разработка блок-схемы и описание алгоритма работы прогнозирущего выявительного органа АЛАР

На рисунке 2 представлена блок-схема алгоритма работы прогнозирущего органа АЛАР.

Блок «Идентификация нарушения устойчивости» реализует алгоритм классификации по методу SVM. Данный блок определяет, к какой из трех групп возмущений относится данное возмущение:

* возмущение, которое не приводит к нарушению устойчивости и возникновению АР;
* возмущение, которое приводит к нарушению устойчивости и, АР возникает до действия АПНУ;
* возмущение, которое приводит к нарушению устойчивости, и АР может возникнуть после действия АПНУ.

В зависимости от времени возникновения АР либо поступает сигнал на ДС, либо на блок «Идентификация нарушения устойчивости после действия АПНУ», который начнет работать после наступления времени срабатывания АПНУ.

Блок «Идентификация нарушения устойчивости после действия АПНУ» реализует алгоритм по методу SVM и определяет необходимость выполнения ДС после выдачи УВ АДВ.

Блок «Деление системы» выполняет деление системы по сечению, найденному ранее. Функционал данного блока описан в следующем разделе.

Задача блоков «Набор данных» заключается в предоставлении алгоритму идентификации нарушения устойчивости сформированных в режиме II-До наборов данных: для идентификации после возникновения возмущения и после действия противоаварийной автоматики



Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма прогнозирующего органа АЛАР

# 4.2. Разработка алгоритма централизованного определения сечения для деления системы и ликвидации АР

Задачу выбора сечения можно представить в виде двух составляющих: оффлайн расчет сечений ДС и онлайн выбор сечения ДС.

На рисунке 3 представлена блок-схема алгоритма расчета возможных сечений деления энергосистемы для централизованного АЛАР.

Задача блока «Поиск возможных комбинаций групп когерентных генераторов» заключается в том, чтобы в результате расчета множества переходных процессов выделить несколько групп когерентных генераторов, которые могут сформироваться в рассматриваемой ЭС.

Задача блока «Формирование сечений» состоит в формировании всевозможных сечений деления системы, которые удовлетворяли бы условию, что группы когерентных генераторов должны быть отделены друг от друга после ДС.

Блок «Определение возможных схемно-режимных ситуаций» должен сформировать набор режимов с различными топологиями и параметрами для того, чтобы можно было выполнить проверку критериев, которым должно соответствовать сечение ДС.

Блок «Проверка по критериям 1-5» служит для нахождения нескольких сечений, которые бы соответствовали требованиям к устойчивой работе отделившихся частей энергосистемы.

Блок «Проверка сечений на соответствие части условий 1-5» необходим в случае, если ни одно сечение не соответствует всем критериям. При такой ситуации пренебрегают менее значимыми критериями в пользу выполнения более значимых.

Задача блока «Проверка на сохранение динамической устойчивости генераторов» заключается в определении, будет ли сохраняться динамическая устойчивость изначально замедляющихся (ускоряющихся) генераторов, которые оказались в ускоряющейся (замедляющейся) части ЭС. Если устойчивость не сохраняется просто выбирается сечение ДС, по которому этот генератор остается в части ЭС, имеющей тот же знак ускорения.

Блок «Выбор оптимальных сечений по условию минимизации небаланса» необходим для определения окончательной группы генераторов для каждой схемно-режимной ситуации и состава групп когерентных генераторов. Для этого выбираются сечения, при делении по которым небаланс активной мощности в отделившихся частях ЭС будет минимальным.

Блок «Хранение информации о сечениях при различных режимах и составах групп когерентных генераторов», как видно из названия, хранит наборы сечений, которые затем в режиме онлайн будут использоваться для конкретных режимов и групп когерентных генераторов.

Блок-схема второго этапа выбора сечения, который реализуется в режиме онлайн, представлен на рисунке 4.

Блок «Контроль предшествующего режима» передает информацию о доаварийном режиме энергосистемы, т.е. о режиме до возникновения возмущения, блоку «Выбор сечения ДС», который использует её для выбора сечения для конкретного режима.

Задача блока «Определение групп когерентных генераторов» состоит в том, чтобы определить состав групп когерентных генераторов, что необходимо для правильного выбора сечения ДС.

Блок «Прогнозирование нарушения устойчивости» служит для принятия решения о необходимости деления системы.

В итоге Блок «Выполнение ДС», имея информацию о том, как необходимо выполнить деление системы и требуется ли выполнять деление, делает окончательный выбор и отправляет управляющее воздействие на устройства деления системы.



Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма расчета сечений деления энергосистемы



Рисунок 4 – Блок-схема алгоритма выбора сечений деления энергосистемы

# 5. Исходные данные для работы программы

Исходные данные для работы ПО в режиме реального времени:

* Значения действующих значений напряжения и углов векторов напряжений на шинах подстанций, значения углов векторов напряжений и мощностей генераторов электростанций, получаемые по каналам УПАСК (устройство передачи аварийных сигналов и команд).

Исходные данные для работы ПО в режиме I-До:

* Из системы сбора и передачи доаварийной информации (ССПДИ): телеметрия;
* Из АИП: состав включенного генерирующего оборудования и информация о предстоящих запланированных отключениях сетевых элементов.

# 6. Технические требования

# 6.1. Требования к функциональным характеристикам. Состав выполняемых функций

Функции ПО:

* Прием информации от УПАСК, ССПДИ и АИП;
* Обработка входных параметров, выбор классификаторов и сечений ДС оффлайн, определение факта нарушения устойчивости и оптимального сечения ДС онлайн и формирование команд на ДС;
* Выдача команд на ДС по каналам УПАСК к исполнительным устройствам.

# 6.2. Требования к безопасности и производительности

Для повышения надежности работы ЦАЛАР необходимо обеспечение:

* Дублирование УПАСК;
* Дублирование каналов передачи аварийных сигналов и команд;
* Дублирование серверов, входящих в состав ПТК;
* Дублирование источников бесперебойного питания;
* Дублирование сетевых коммутаторов;
* Резервирование исполнительных органов;
* Организация сбора и передачи информации с минимальными задержками.

Передача данных от КСВД (концентратор синхронизированных векторных данных) в ПТК ВУ должна осуществляться с частотой 50 Гц.

Выполнение функций ЦАЛАР в режиме I-До должно производиться за время не более 5 секунд. Требования к быстродействию в режиме II-До отсутствуют.

# 6.3 Требования к информационной и программной совместимости

При разработке ПО используются программные комплексы EUROSTAG и RastrWin3. Основным языком программирования является C#. Часть кода написана на языках программирования R, Python и VBA.