



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



ИНЖЕНЕРНАЯ
ШКОЛА
ЭНЕРГЕТИКИ

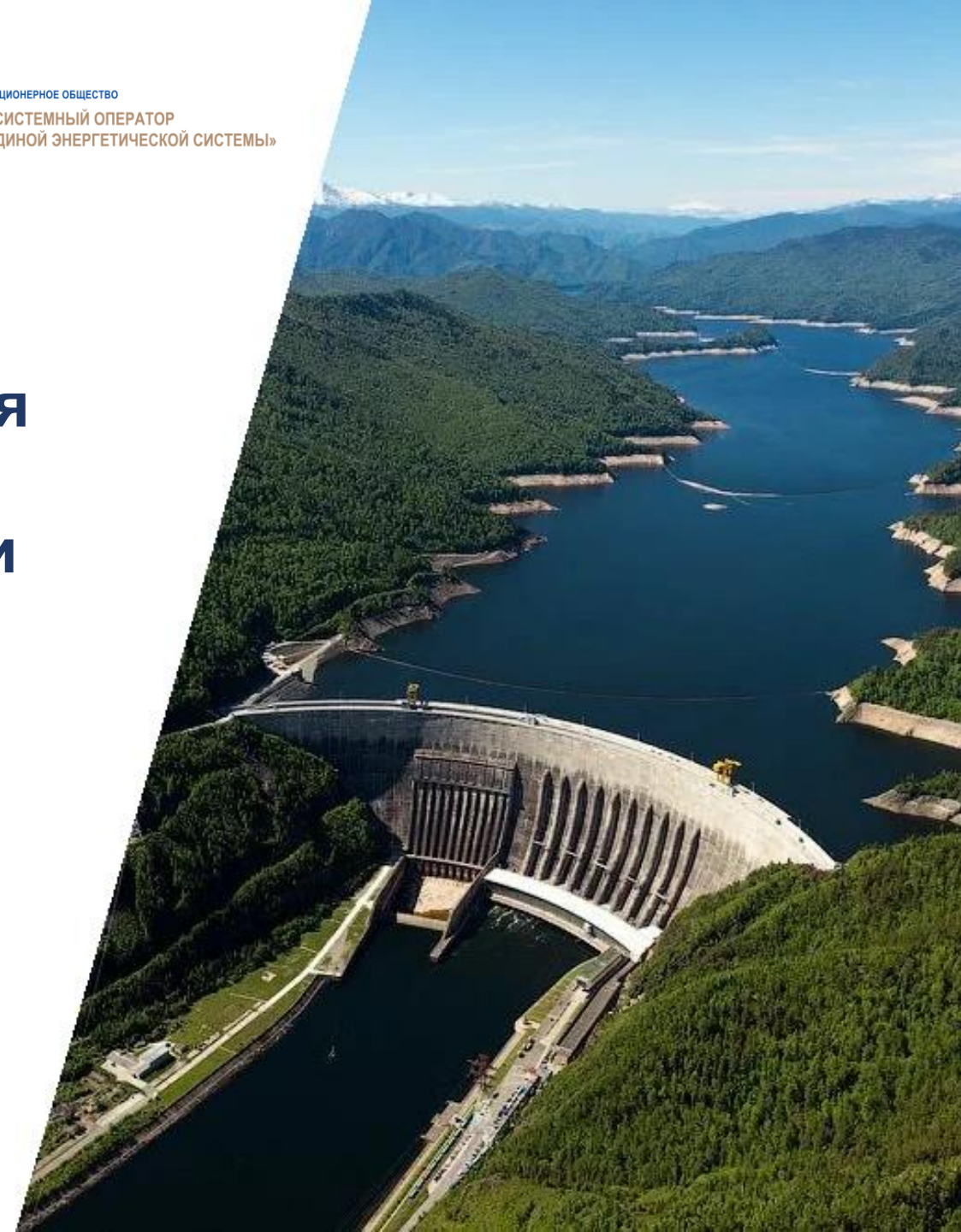


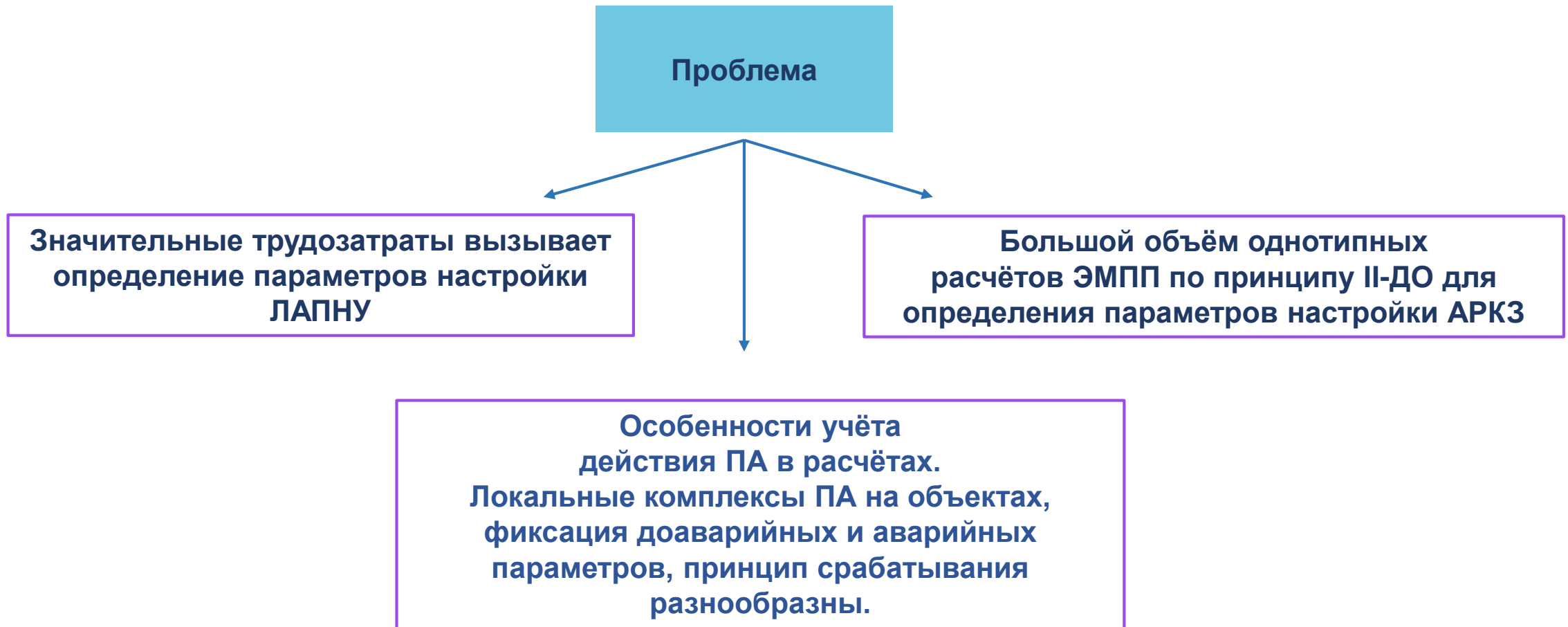
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

Разработка алгоритма определения дозировки управляющих воздействий автоматики разгрузки при коротких замыканиях Саяно-Шушенской ГЭС

¹А.А. Петрова, ²Т.В. Иванчин, ¹И.М. Кац

¹ФГФООУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
²Филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири.





Цель работы:

формализация алгоритмов определения дозировки управляющих воздействий от АРБКЗ и АРЗКЗ Саяно-Шушенской ГЭС для их последующей автоматизации

Объектом исследования является автоматика разгрузки при коротких замыканиях Саяно-Шушенской ГЭС.

Предметом исследования является определение дозировки управляющих воздействий для обеспечения динамической устойчивости.

Задачи работы:

1

Анализ основных влияющих факторов на ДУ Саяно-Шушенской ГЭС

2

Анализ особенностей определения КПР по активной мощности и объёмов УВ АРКЗ Саяно-Шушенской ГЭС

3

Формализация алгоритма расчёта уставки срабатывания по активной мощности СШГЭС

4

Тестирование разработанных алгоритмов

Анализ основных влияющих факторов на ДУ Саяно-Шушенской ГЭС

Таблица 1 – Влияющие факторы

Влияющий фактор	Требуемая величина	Примечания
Количество работающих генераторов СШГЭС		В зависимости от количества работающих генераторов определяется степень срабатывания АПНУ Саяно-Шушенской ГЭС
Переток активной мощности по контролируемому сечению «Красноярск, Кузбасс-Запад»	МДП+НК	Коррекция перетока мощности осуществляется за счет изменения мощности Беловской ГРЭС и Красноярской ГЭС в зависимости от числа работающих генераторов на Саяно-Шушенской ГЭС и общего баланса мощности
Потребление энергосистемы Республики Хакасия	Потребление энергосистем фиксируется неизменной величиной по данным ОИК ОДУ Сибири	
Мощность генераторов Березовской ГРЭС	Генераторы на Березовской ГРЭС отключаются в расчетной модели	

Алгоритм расчёта доаварийной мощности СШГЭС

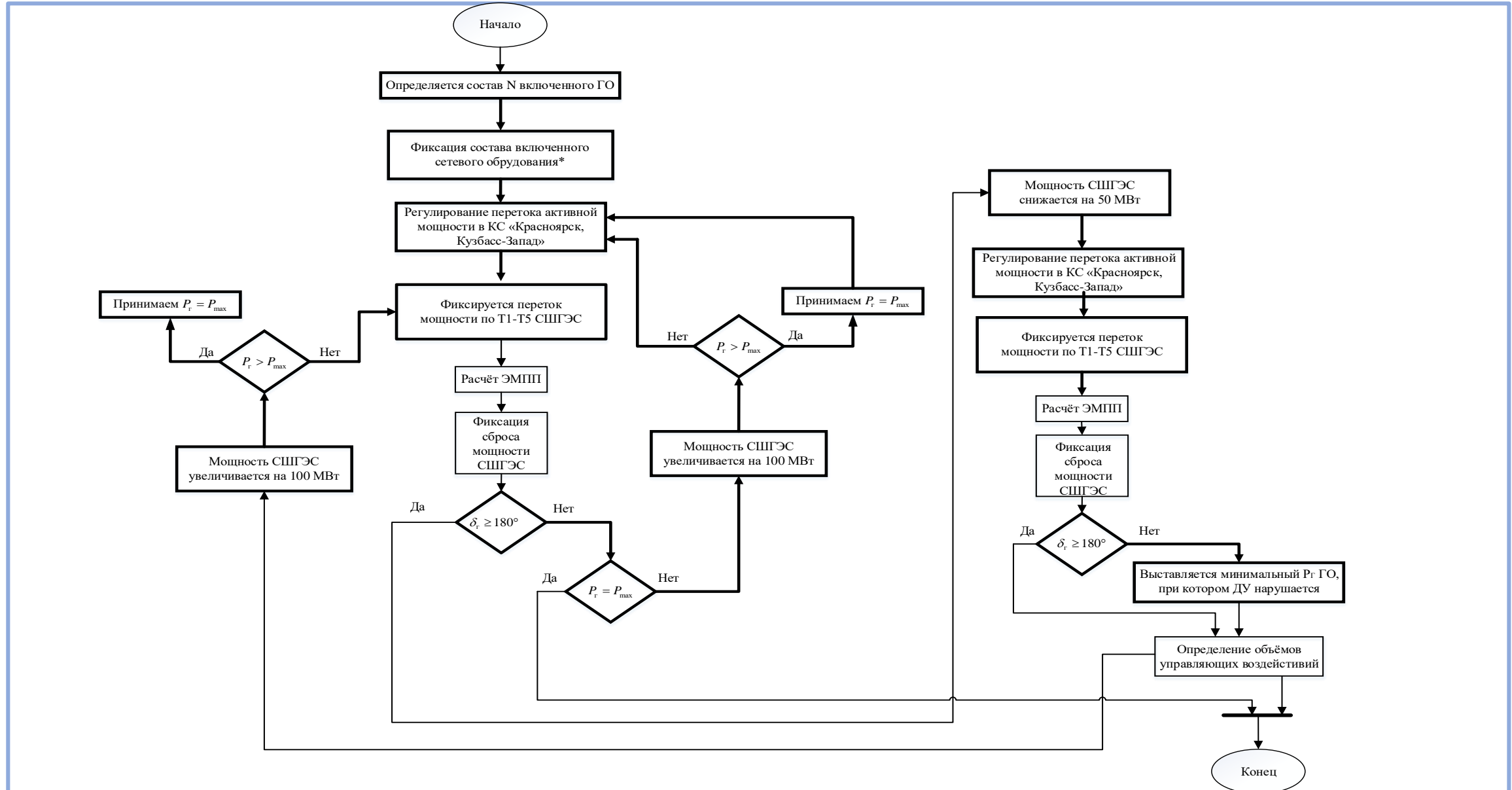


Рисунок 1 – Алгоритм расчёта величины доаварийной мощности

Алгоритм ввода управляющих воздействий

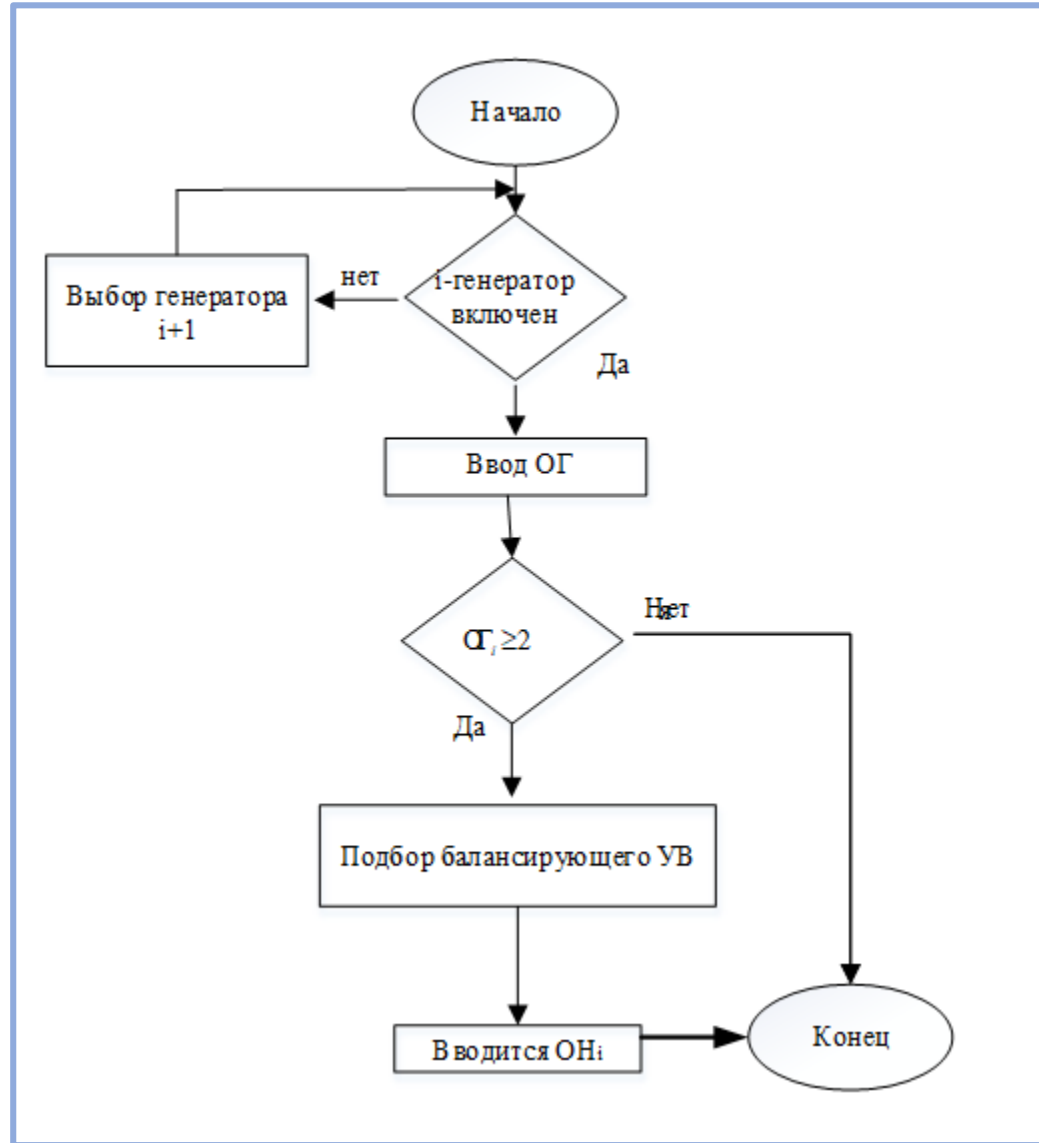


Рисунок 2 – Алгоритм ввода УВ с учетом состояния генерирующего оборудования

Методика выбора параметров срабатывания

Коэффициент наклона прямой:

$$K_1 = \left(\frac{P_2 - P_1}{dP_2 - dP_1} \right)$$

где P_1 – мощность станции, соответствующая границе устойчивости в одной из точек КЗ (МВт);
 P_2 – мощность станции, соответствующая границе устойчивости в одной из точек КЗ, причем $P_2 > P_1$ (МВт);
 dP_1, dP_2 – относительный сброс мощности станции, соответствующей точке КЗ, при которой найдена величина P_1 и P_2 , соответственно (о.е.).

Величина сброса активной мощности:

$$dP_1 = 1 - \left(\frac{P_{\text{сброс}}}{P_0} \right)$$

где P_0 – суммарная активная мощность прямой последовательности блоков СШГЭС в доаварийном режиме (до КЗ);
 $P_{\text{сброс}}$ – величина сброса активной мощности станции в момент фиксации КЗ.

Уставка срабатывания ФТКЗ:

$$P_{\text{уст}} = P_0 + K_1 * dP_1$$

Алгоритм определения уставок АРКЗ СШГЭС

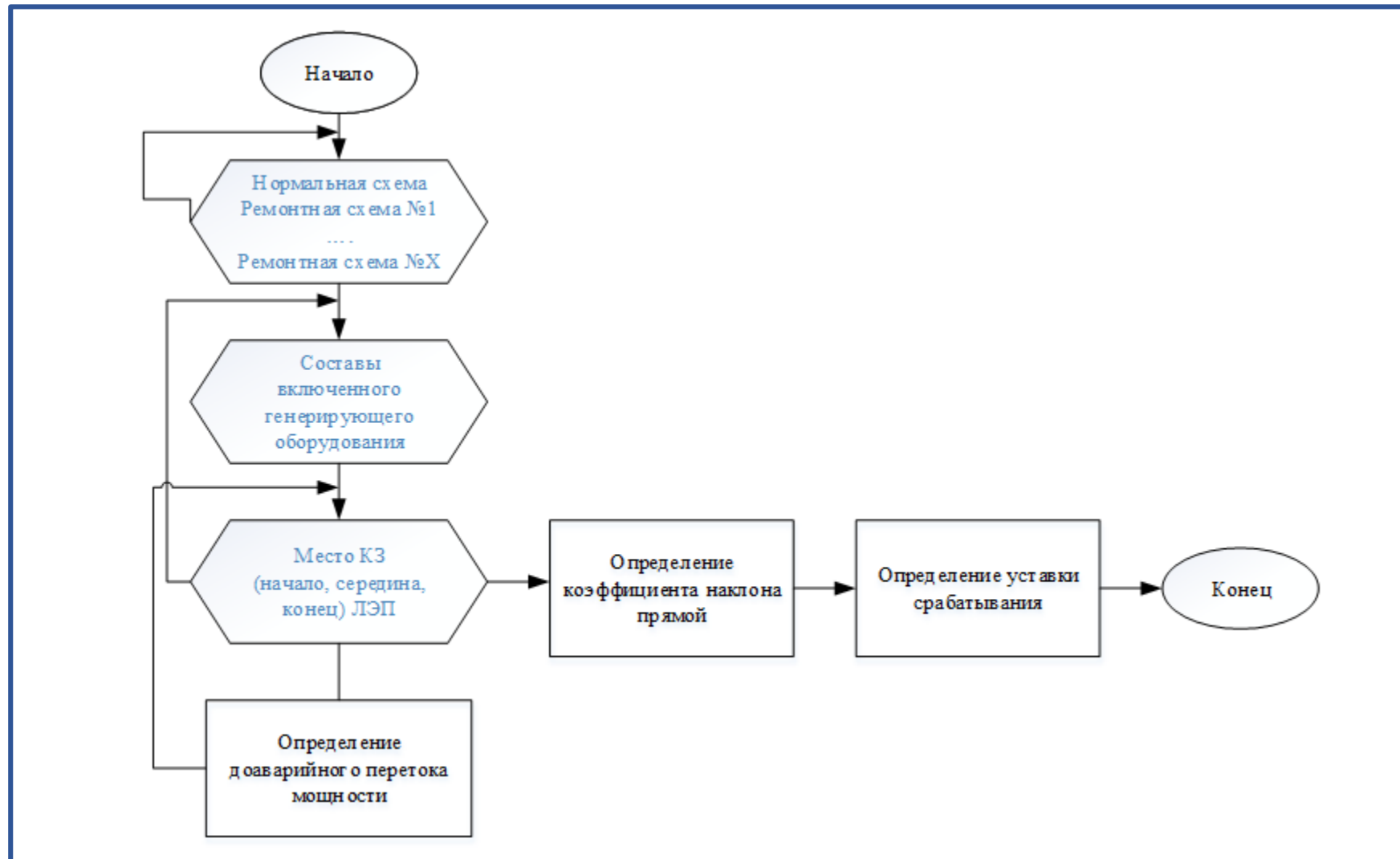


Рисунок 3 – Алгоритм определения уставок по мощности АРКЗ СШГЭС

Перечень нормативных возмущений

Таблица 2 – Перечень нормативных возмущений

ПА	Схема	Участок сети	Вид и место КЗ	Группа НВ
АРЗКЗ	Нормальная	КВЛ 500кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1	Однофазное КЗ в начале КВЛ СШГЭС - Новокузнецкая №1 с отказом выключателя со стороны СШГЭС	III
			Однофазное КЗ в середине КВЛ СШГЭС - Новокузнецкая №1 с отказом выключателя со стороны СШГЭС	III
			Однофазное КЗ в конце КВЛ СШГЭС - Новокузнецкая №1 с отказом выключателя со стороны СШГЭС	III
АРБКЗ	Ремонтная (Ремонт КВЛ 500кВ СШГЭС – Означенное №2)	КВЛ 500 кВ СШГЭС – Означенное №1	Двухфазное КЗ с неуспешным АПВ в начале КВЛ 500 кВ СШГЭС – Означенное №1	II
			Двухфазное КЗ с неуспешным АПВ в середине КВЛ 500 кВ СШГЭС – Означенное №1	II
			Двухфазное КЗ с неуспешным АПВ в конце КВЛ 500 кВ СШГЭС – Означенное №1	II

Определение уставки срабатывания для АРЗКЗ КВЛ 500кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1

Таблица 3 – Результаты расчётов ЭМПП для АРЗКЗ

Место КЗ	№ Ступени	P0, МВт	Сброс активной мощности станции, МВт	Δ P1, о.е.
Начало КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1	1	3800	1100	0,710
Середина КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1	2	5300	4510	0,149
Конец КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1	3	5000	3750	0,25

Таблица 4 – Результаты расчётов уставки срабатывания для АРЗКЗ КВЛ 500кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1

	Коэффициент наклона прямой, МВт	Уставка срабатывания ФТКЗ, МВт
Без ОГ	2671,56	5698,21
ОГ-1	3298,97	6226,2
ОГ-2	3741,9	6782,8
ОГ-3	3835,5	6939,4

Таблица 5 – Результаты расчёта ЭМПП с учетом УВ для АРЗКЗ

Место КЗ	УВ	P0, МВт	Сброс активной мощности станции, МВт	Δ P1, о.е.
Начало КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1	ОГ-1	3900	1150	0,705
Середина КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1		5750	4920	0,144
Конец КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1		5550	4180	0,246
Начало КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1	ОГ-2	4150	1230	0,703
Середина КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1		6250	5360	0,142
Конец КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1		6000	4650	0,225
Начало КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1	ОГ-3	4250	1270	0,701176
Середина КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1		6400	5500	0,140625
Конец КВЛ 500 кВ СШГЭС - Новокузнецкая №1		6350	4920	0,225197

Определение уставки срабатывания для АРБКЗ КВЛ 500 кВ СШГЭС – Означенное №1

Таблица 6 – Результаты расчётов **уставки срабатывания**
для **АРБКЗ КВЛ 500 кВ СШГЭС – Означенное №1**

	Коэффициент наклона прямой, МВт	Уставка срабатывания ФТКЗ, МВт
Без ОГ	279	2887
ОГ-1	285	3092
ОГ-2	141	3270
ОГ-3	450	3683
ОГ-4	768	4107
ОГ-5	790	4325

Таблица 7 – Результаты расчётов ЭМПП для **АРБКЗ**

Место КЗ	№ Ступени	P ₀ , МВт	Сброс активной мощности станции, МВт	Δ P ₁ , о.е.
Начало КВЛ 500 кВ СШГЭС - Означенное №1	1	2650	400	0,849
Середина КВЛ 500 кВ СШГЭС - Означенное №1	2	2750	1400	0,490
Конец КВЛ 500 кВ СШГЭС - Означенное №1	3	2700	1450	0,462

Полученные результаты и выводы:

1. Формализован алгоритм определения уставок срабатывания по активной мощности АРЗКЗ, АРБКЗ Саяно-Шушенской ГЭС;
2. Разработан алгоритм расчёта доаварийной мощности Саяно-Шушенской ГЭС;
3. Разработан алгоритм ввода УВ с учетом состояния генерирующего оборудования и необходимости ввода балансирующего УВ.;
4. Корректность разработанных алгоритмов была проверена путем проведения расчетов по выбору параметров срабатывания АРБКЗ и АРЗКЗ;
5. Результаты данной работы будут использованы в дальнейшем для автоматизации процесса определения параметров срабатывания АРЗКЗ Саяно-Шушенской ГЭС с использованием расчетного ядра ПК Rastrwin3.



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



ИНЖЕНЕРНАЯ
ШКОЛА
ЭНЕРГЕТИКИ



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

Спасибо за внимание

