

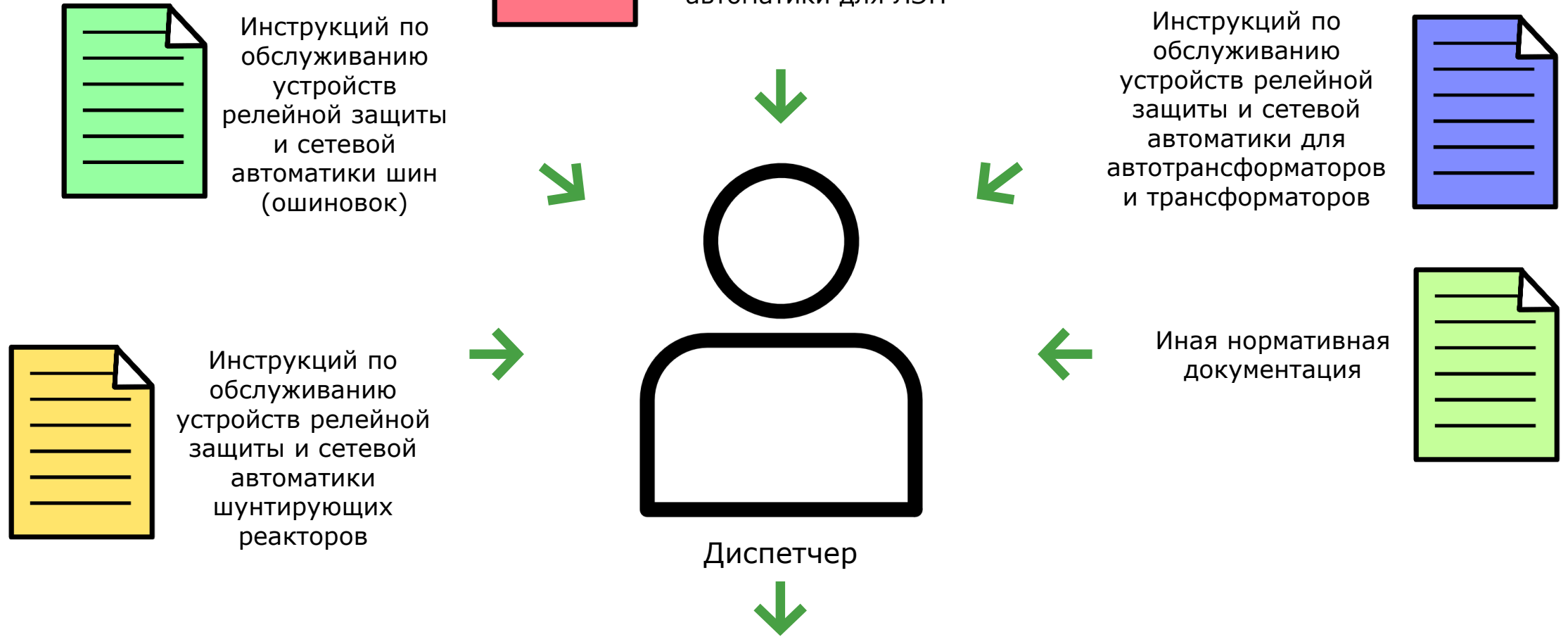
Разработка алгоритма автоматизированного формирования указаний по обслуживанию устройств релейной защиты и сетевой автоматики

¹Д.Э.Старовойтов, ¹И.М. Кац, ²Е.А. Лир
¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
²Филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири

Новосибирск - 2025



Актуальность



Безопасный, надежный и экономичный режим работы оборудования энергообъекта, энергосистемы, объединенных, единой энергосистем в соответствии с производственными и должностными инструкциями и оперативными распоряжениями вышестоящего оперативного персонала.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

Цель: Разработка алгоритма формирования указаний по обслуживанию устройств релейной защиты и сетевой автоматики работы для вывода ЛЭП с замыканием поля

Задачи:

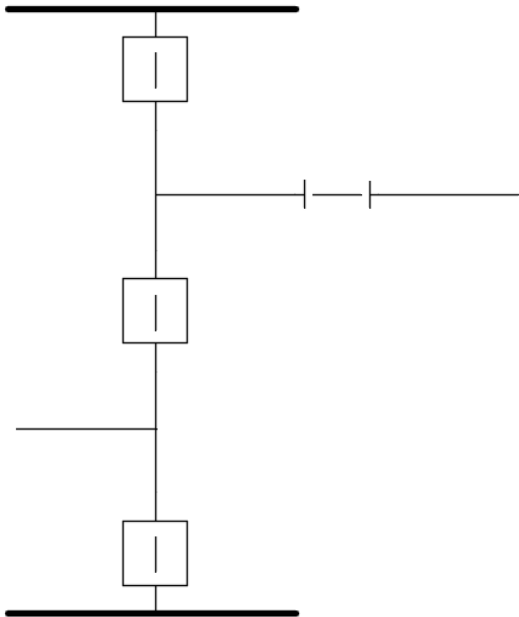
- Анализ нормативных требований к инструкциям по обслуживанию устройств РЗ и СА;
- Анализ содержания существующих инструкций для ВЛ 500 кВ с целью выявления принципов формирования указаний по обслуживанию устройств РЗ и СА в зависимости от состава защит ЛЭП;
- Разработка алгоритма формирования указаний по обслуживанию УРЗА для вывода ЛЭП с замыканием поля
- Оценка работоспособности разработанного алгоритма.

Анализ нормативных требований к инструкциям по обслуживанию устройств РЗ и СА

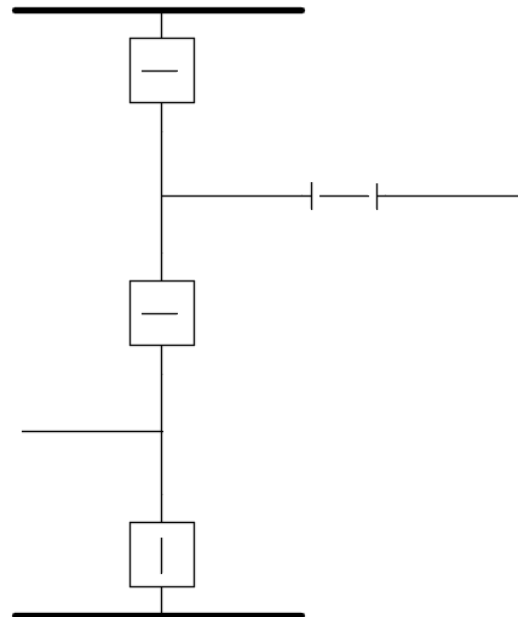
1. Указания по операциям с устройствами РЗ и СА при отключении (включении) ТН или неисправности цепей напряжения;
2. Указания по операциям с устройствами РЗ и СА при операциях в токовых цепях;
3. Указания по операциям с устройствами РЗ и СА, вызванным изменениями в первичных схемах электрических соединений;
4. Указания по оперативному выводу из работы (вводу в работу) устройств РЗ и СА;
5. Указания по опробованию ЛЭП рабочим напряжением при вводе их в работу;
6. Указания по операциям с ТАПВ;
7. Указания по операциям с ОАПВ;
8. Указания по операциям с устройствами РЗ и СА при отключении (включении) шунтирующих реакторов
9. Указания по вводу оперативных ускорений;
10. Указания по операциям с устройствами РЗ и СА при их неисправности, при выводе из работы или неисправности УПАСК или каналов связи.

Особенности операций по выводу ВЛ из работы

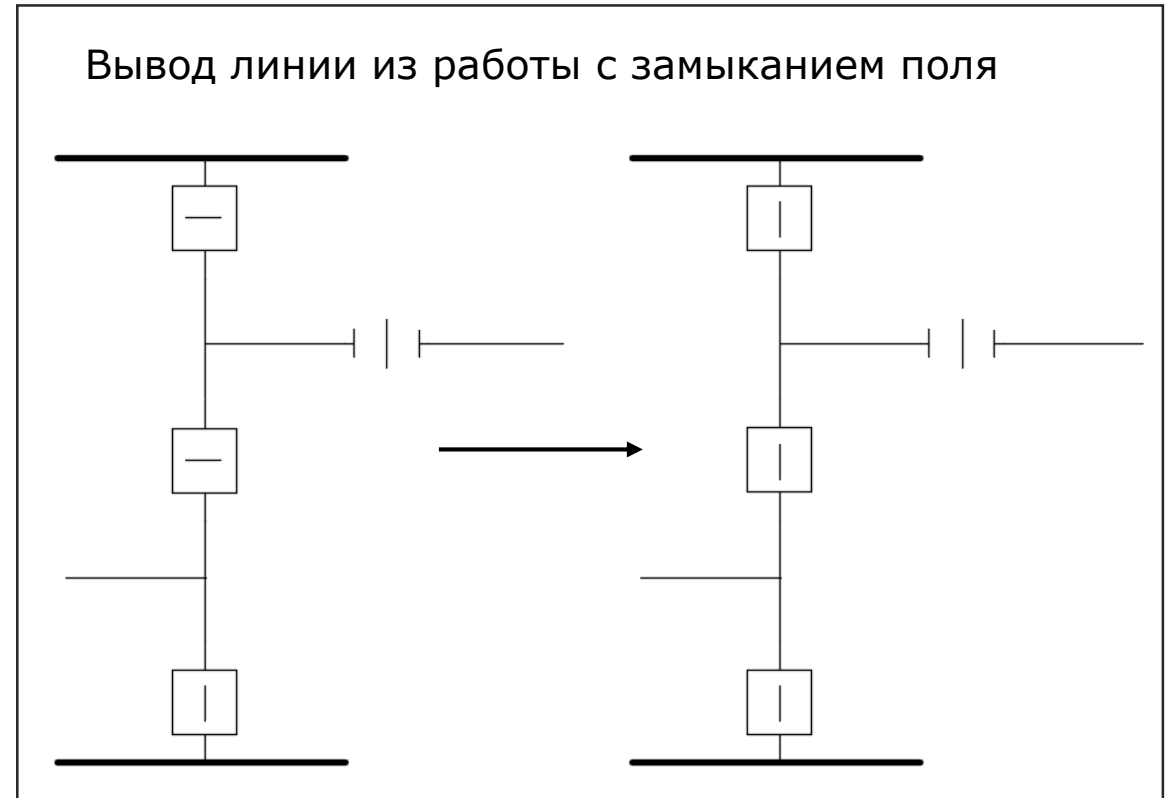
ВЛ введена в работу



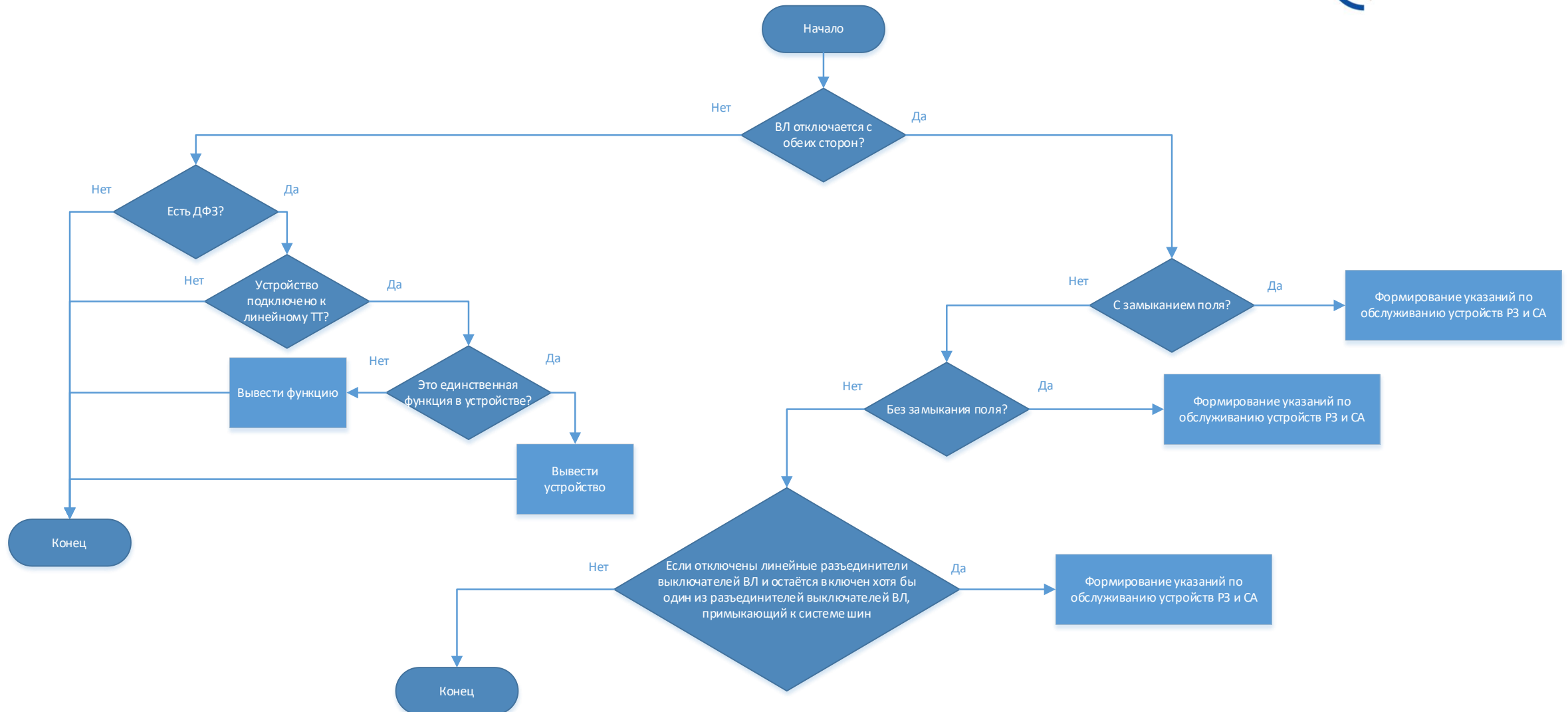
ВЛ выведена без замыкания поля



Вывод линии из работы с замыканием поля



Общий алгоритм вывода ВЛ с замыканием поля

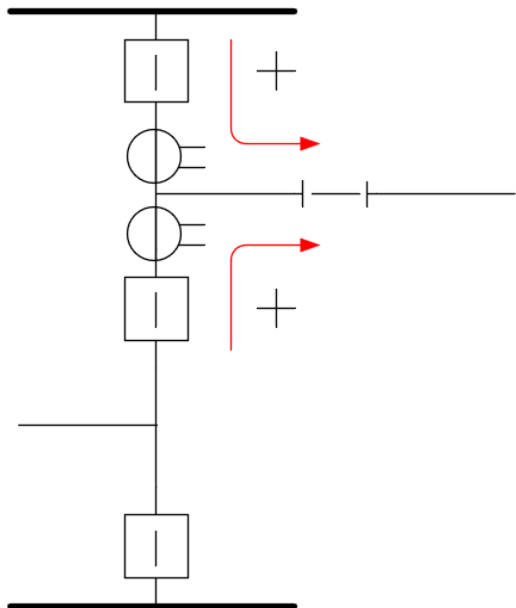


Вывод ДФЗ и ДЗЛ при выводе ВЛ с замыканием поля

Операция с устройствами /функциями РЗ и СА	Название ПС	Восход	Витязь	Нижнеангарская	Усть-Кут	Нижнеангарская	Усть-Кут	Итатская	Абаканская
	Основная защита	ДФЗ	ДФЗ	ДФЗ	ДФЗ	ДЗЛ	ДЗЛ	ДФЗ	ДФЗ
	Критерии выполнения пункта								
Вывод ДФЗ	Функция нормально введена?	+	+	-	-	-	-	+	+
	Устройство подключено к линейному ТТ?	-	-	-	-			+	+
	Устройство подключено к линейному ТН?	+	+	+	+			+	-
	Производится перевод цепей напряжения на резервный ТН?	+	+	-	-			+	-
Формируемое указание по обслуживанию устройств РЗ и СА		Вывести ДФЗ	Вывести ДФЗ					Следовать указаниям по операциям с устройствами РЗ и СА при переводе цепей напряжения	
Вывод ДЗЛ	Функция нормально введена?	-	-	-	-	+	+	-	-
Формируемое указание по обслуживанию устройств РЗ и СА						Вывести ДЗЛ	Вывести ДЗЛ		

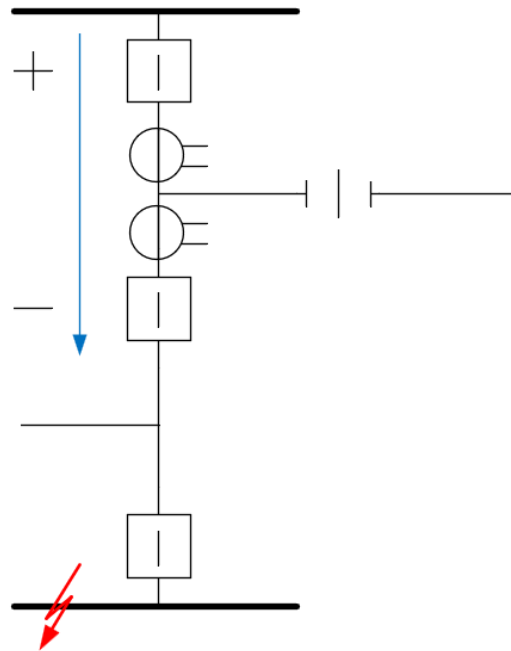
Причины вывода ДФЗ и ДЗЛ

ВЛ введена в работу

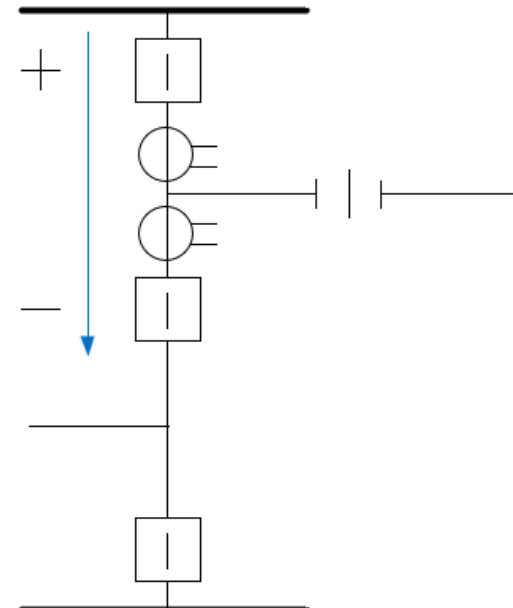


Причина вывода ДФЗ

ВЛ выведена с
замыканием поля

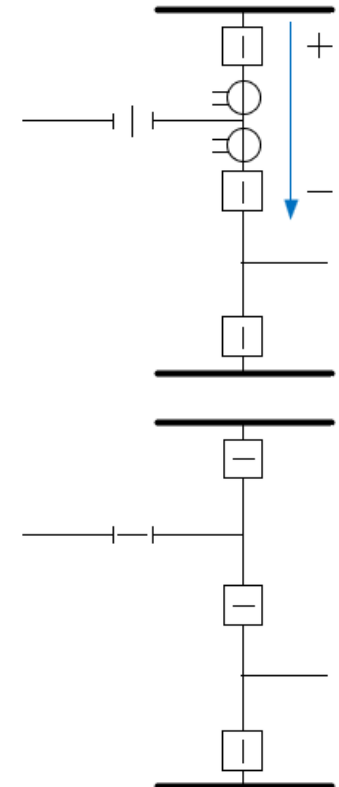


ВЛ выведена с
замыканием поля



Причина вывода ДЗЛ

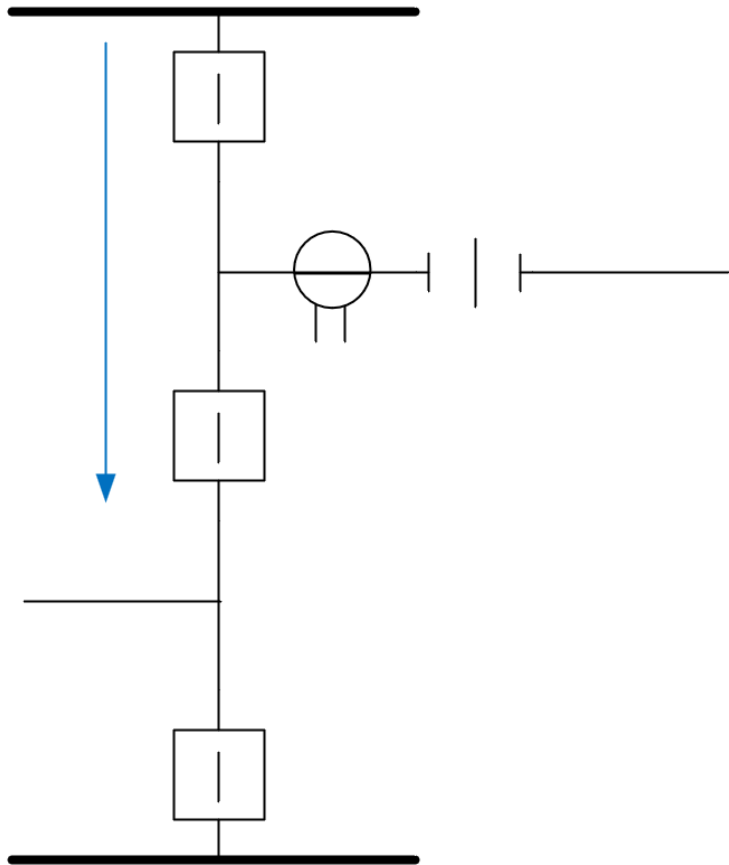
?



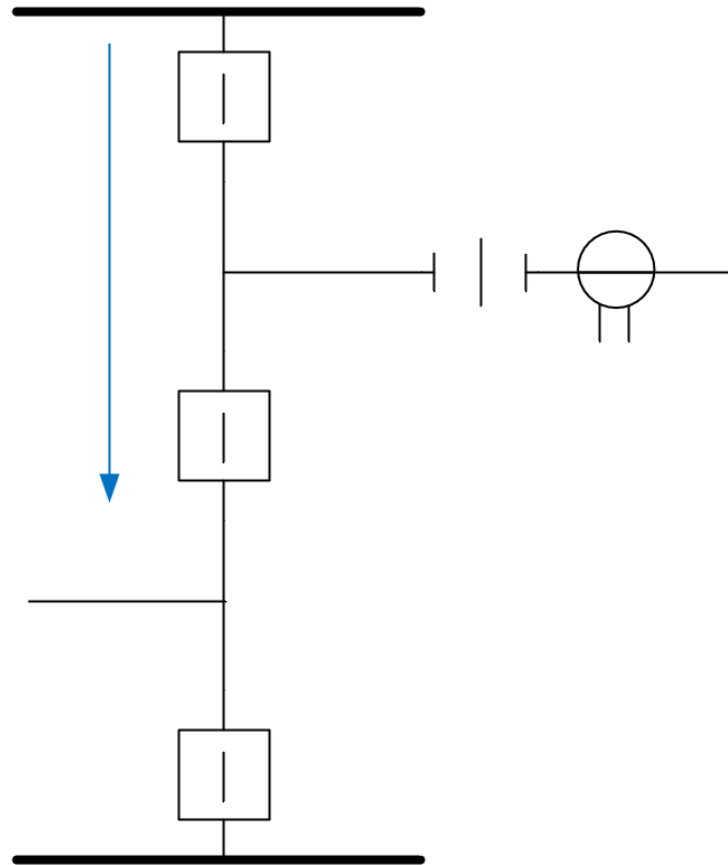
Вывод ДФЗ и ДЗЛ при выводе ВЛ с замыканием поля

Операция с устройствами /функциями РЗ и СА	Название ПС	Восход	Витязь	Нижнеангарская	Усть-Кут	Нижнеангарская	Усть-Кут	Итатская	Абаканская
	Основная защита	ДФЗ	ДФЗ	ДФЗ	ДФЗ	ДЗЛ	ДЗЛ	ДФЗ	ДФЗ
	Критерии выполнения пункта								
Вывод ДФЗ	Функция нормально введена?	+	+	-	-	-	-	+	+
	Устройство подключено к линейному ТТ?	-	-	-	-			+	+
	Устройство подключено к линейному ТН?	+	+	+	+			+	-
	Производится перевод цепей напряжения на резервный ТН?	+	+	-	-			+	-
Формируемое указание по обслуживанию устройств РЗ и СА		Вывести ДФЗ	Вывести ДФЗ					Следовать указаниям по операциям с устройствами РЗ и СА при переводе цепей напряжения	
Вывод ДЗЛ	Функция нормально введена?	-	-	-	-	+	+	-	-
Формируемое указание по обслуживанию устройств РЗ и СА						Вывести ДЗЛ	Вывести ДЗЛ		

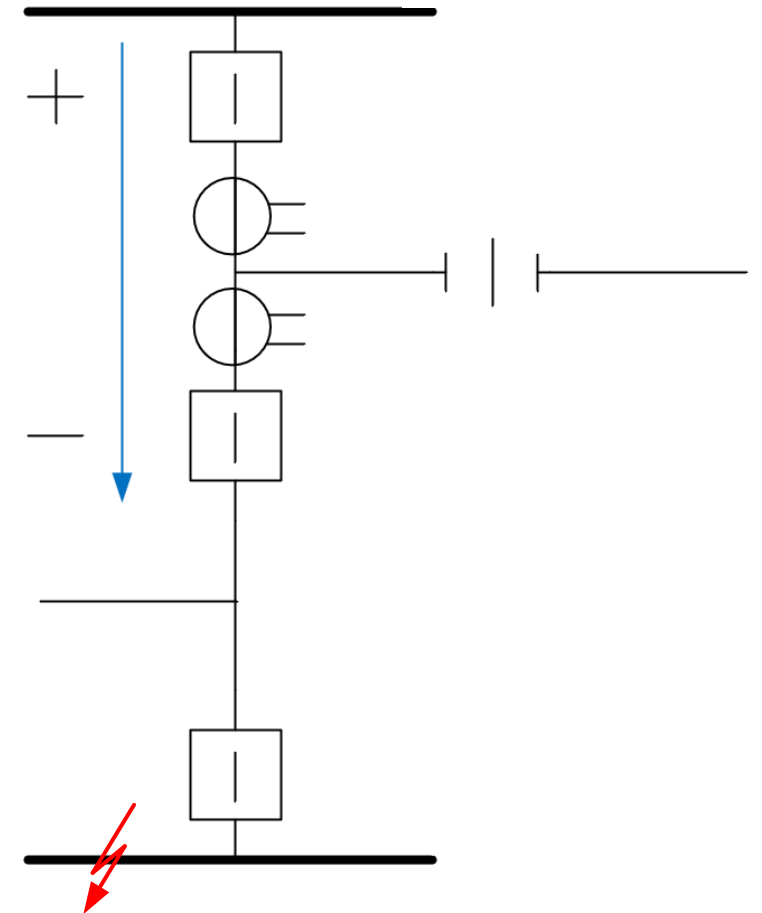
Критерии для вывода ДФЗ



Линейный ТТ до ЛР



Линейный ТТ после ЛР

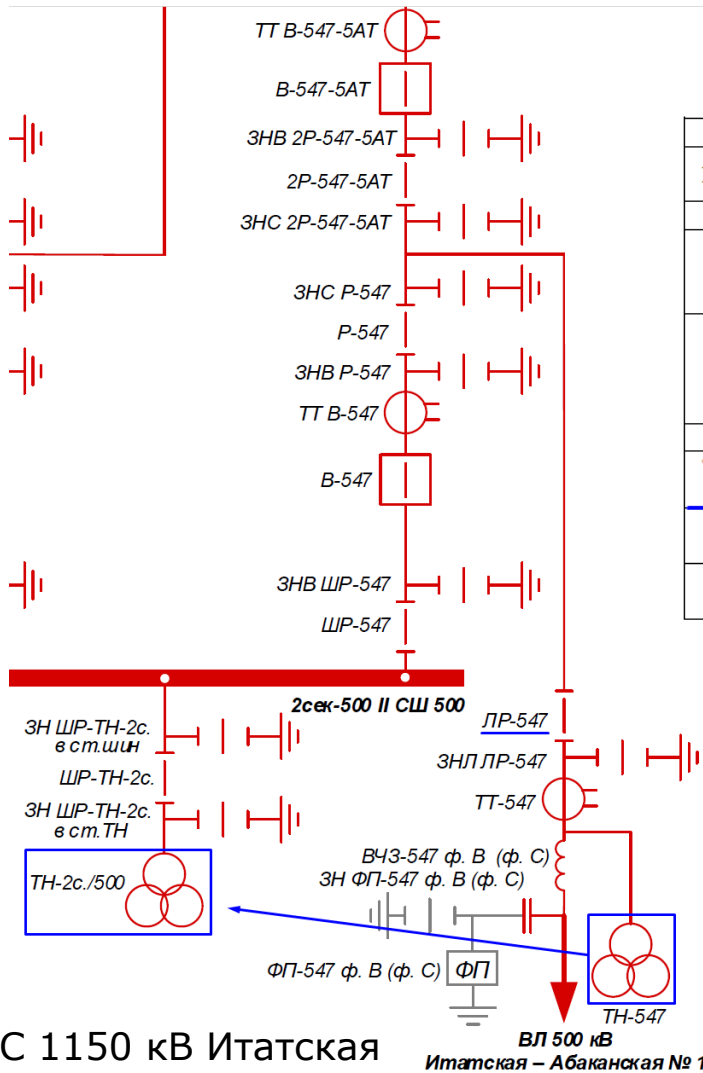


Сумма ТТ выключателей линии

Критерии для вывода ДФЗ

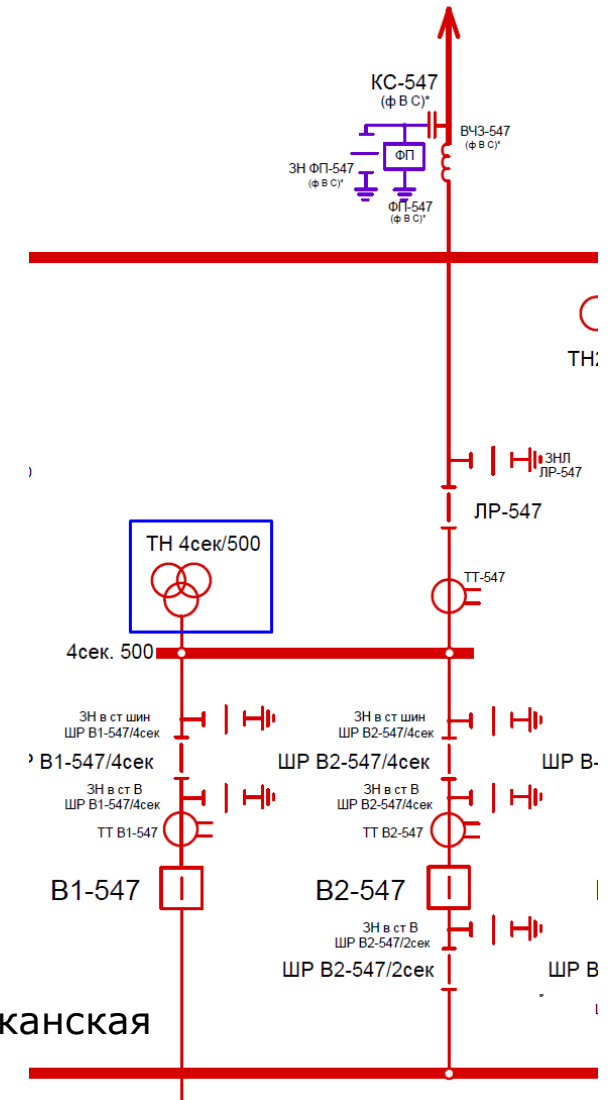
Организация цепей напряжения устройств РЗ и СА
на ВЛ 500 кВ Итатская – Абаканская № 1, 2

Основной ТН		Подключенные устройства РЗА ВЛ 500 кВ Итатская – Абаканская № 1	Резервный ТН
Наименование	Тип		
ПС 1150 кВ Итатская			
ТН-547 на ВЛ	НКФ-500 (НКФ-220)	ДФЗ, РЗ с РС К1, РЗ с РС К2, ДЗО, РАС, ОМП	ТН-2с./500
ТН-2с./500 (ТН-5АТ/220)		АУВ В-547, АУВ В-547-5АТ АУВ В-547 - цепи ТАПВ КС и ручной синхронизации (АУВ В- 547-5АТ - цепи ТАПВ КС и ручной синхронизации)	нет резерва
ПС 500 кВ Абаканская			
ТН 4 сек/500 на ВЛ	НКФ	ДФЗ, РЗ с РС К1, РЗ с РС К2 АУВ В1-547, АУВ В2-547, РАС	ТН 1 сек/500
ТН 1 сек/500	НКФ	АУВ В1-547 (ТАПВ КС и синхронизации)	нет резерва
ТН 2 сек/500	ТЕМР-550	АУВ В2-547 (ТАПВ КС и синхронизации)	нет резерва



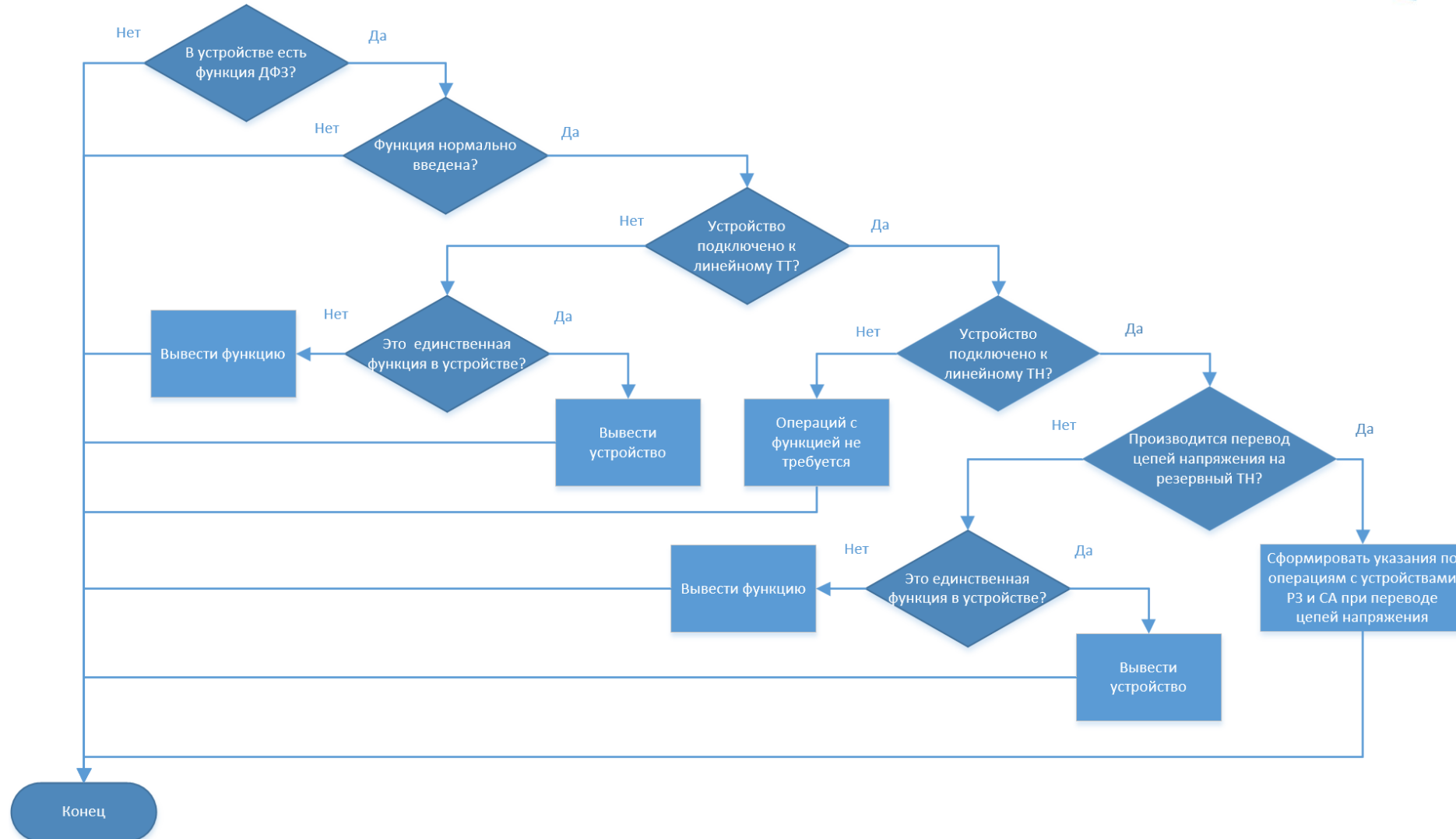
ПС 1150 кВ Итатская

ВЛ 500 кВ
Итатская – Абаканская № 1

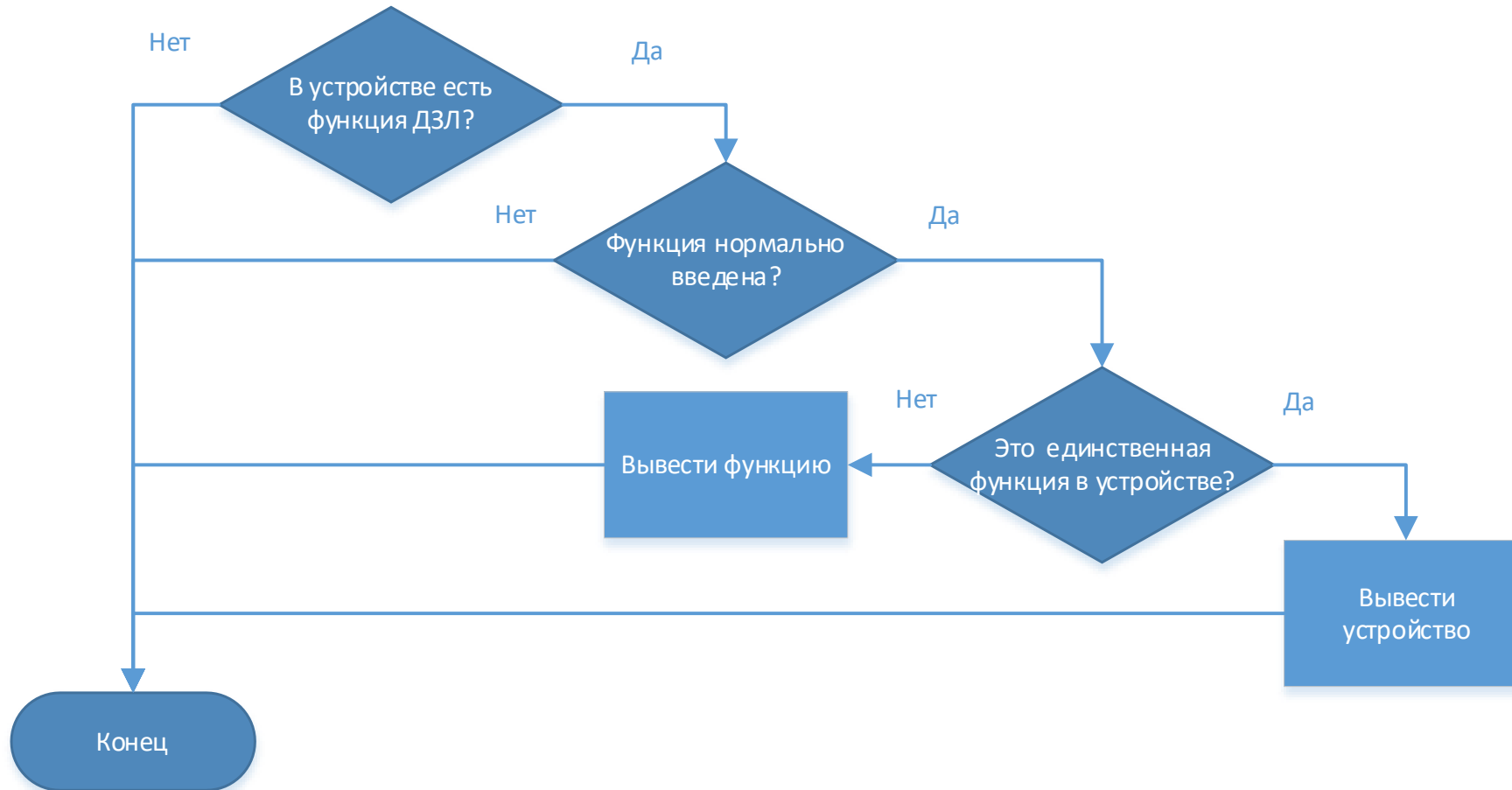


ПС 500 кВ Абаканская

Алгоритм по определению необходимости вывода ДФЗ при выводе ВЛ с замыканием поля



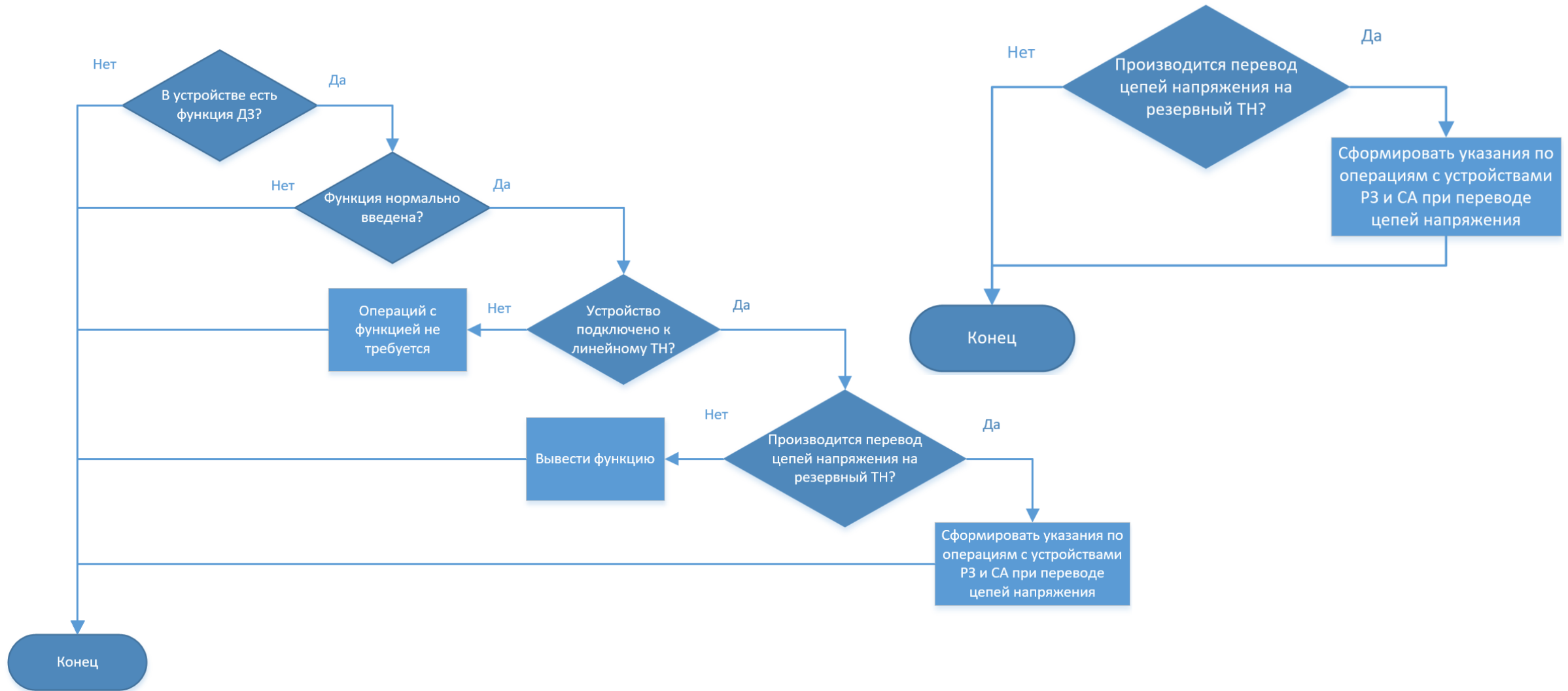
Алгоритм по определению необходимости вывода ДЗЛ при выводе ВЛ с замыканием поля



Вывод ДЗ и перевод цепей напряжения

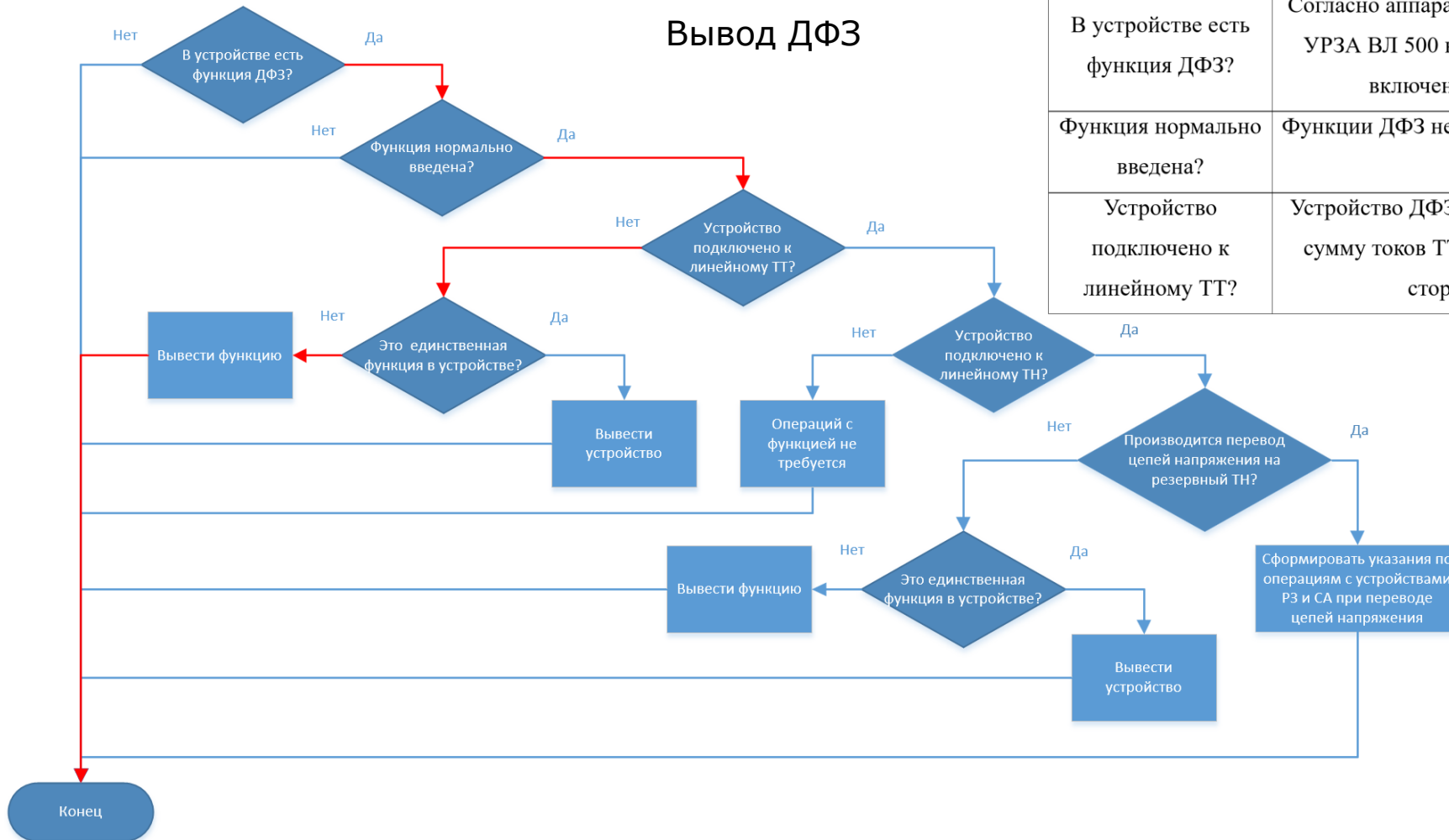
Операция с устройствами /функциями РЗ и СА	Название ПС	Восход	Витязь	Нижнеангарская	Усть-Кут	Итатская	Абаканская
	Критерии выполнения пункта						
Вывод ДЗ	Функция нормально введена?	+	+	+	+	+	+
	Устройство подключено к линейному ТН?	+	+	+	+	+	-
	Производится перевод цепей напряжения на резервный ТН?	+	+	+	-	+	-
Формируемое указание по обслуживанию устройств РЗ и СА		Следовать указаниям по операциям с устройствами РЗ и СА при переводе цепей напряжения	Следовать указаниям по операциям с устройствами РЗ и СА при переводе цепей напряжения	Следовать указаниям по операциям с устройствами РЗ и СА при переводе цепей напряжения	Вывести ДЗ	Следовать указаниям по операциям с устройствами РЗ и СА при переводе цепей напряжения	
Перевод цепей напряжения на резервный ТН	Производится перевод цепей напряжения на резервный ТН?	+	+	+	-	+	-
Формируемое указание по обслуживанию устройств РЗ и СА		Сформировать указания по переводу устройства на цепи напряжения резервного ТН	Сформировать указания по переводу устройства на цепи напряжения резервного ТН	Сформировать указания по переводу устройства на цепи напряжения резервного ТН		Сформировать указания по переводу устройства на цепи напряжения резервного ТН	

Алгоритмы по определению необходимости вывода ДЗ, переводу цепей напряжения



Вывод ВЛ 500 кВ Восход – Витязь с обеих сторон с замыканием поля со стороны ПС 500 кВ Восход

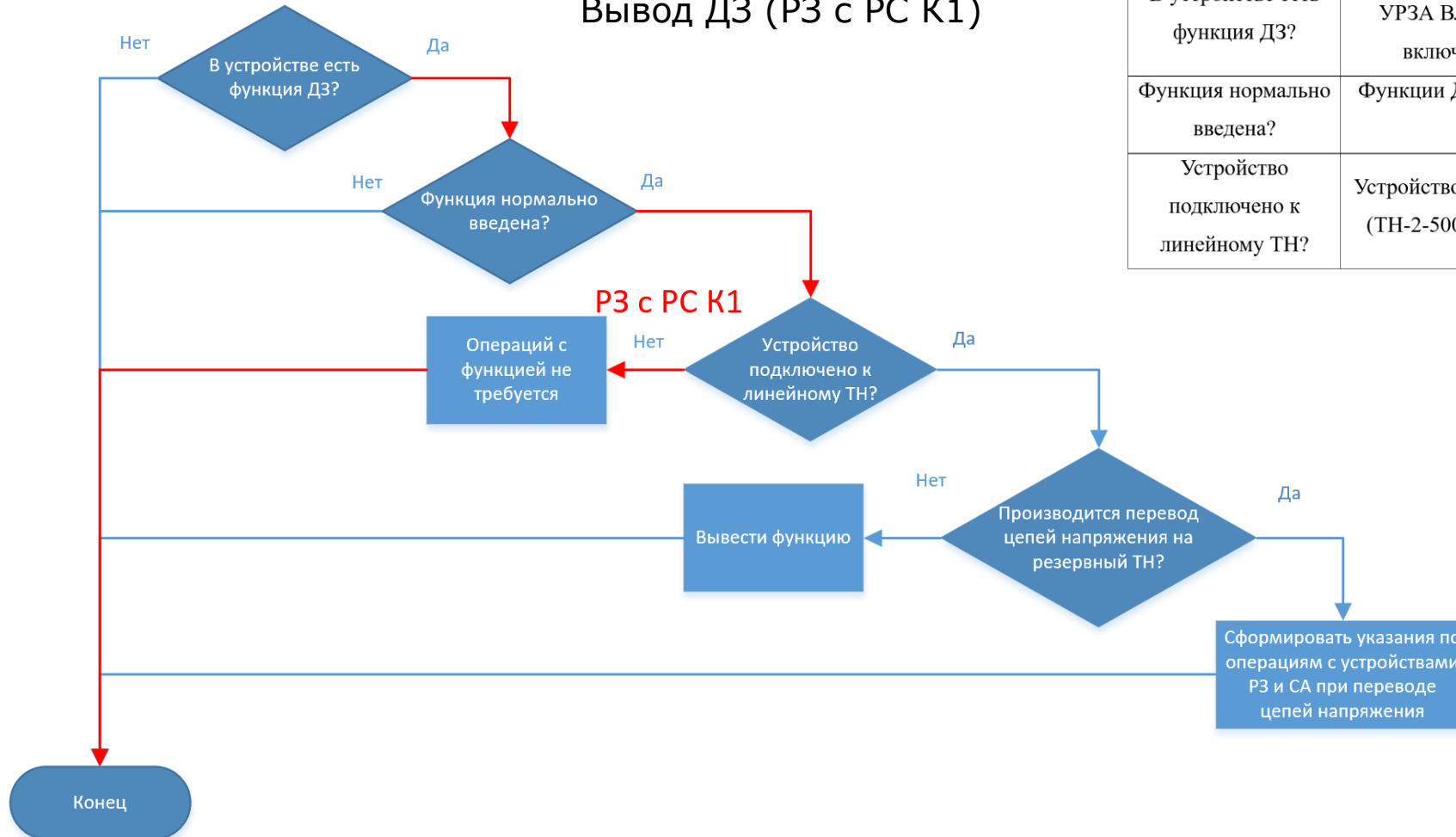
Вывод ДФЗ



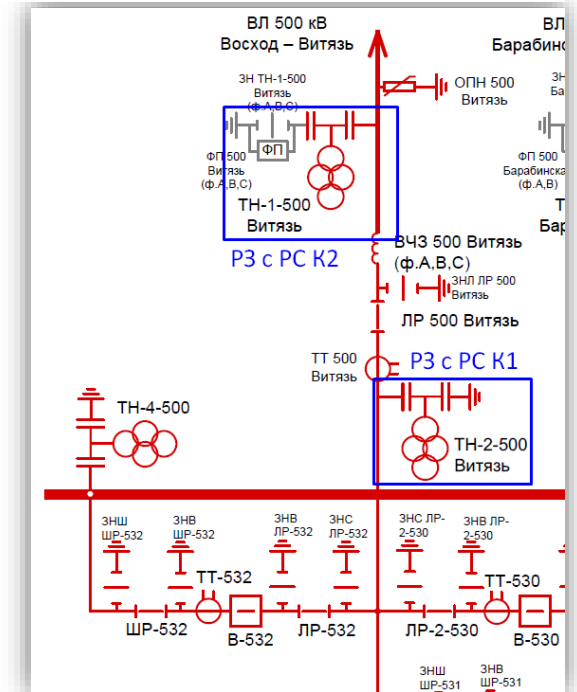
Критерий	Информация из инструкции	Результат
В устройстве есть функция ДФЗ?	Согласно аппаратному и функциональному составу УРЗА ВЛ 500 кВ Восход – Витязь функция ДФЗ включена в состав устройства ДФЗ	Да
Функция нормально введена?	Функции ДФЗ нет в перечне нормально выведенных функций	Да
Устройство подключено к линейному ТТ?	Устройство ДФЗ по токовым цепям подключено на сумму токов ТТ выключателей ВЛ и реактора со стороны ПС 500 кВ Восход	Нет

Вывод ВЛ 500 кВ Восход – Витязь с обеих сторон с замыканием поля со стороны ПС 500 кВ Восход

Вывод ДЗ (РЗ с РС К1)

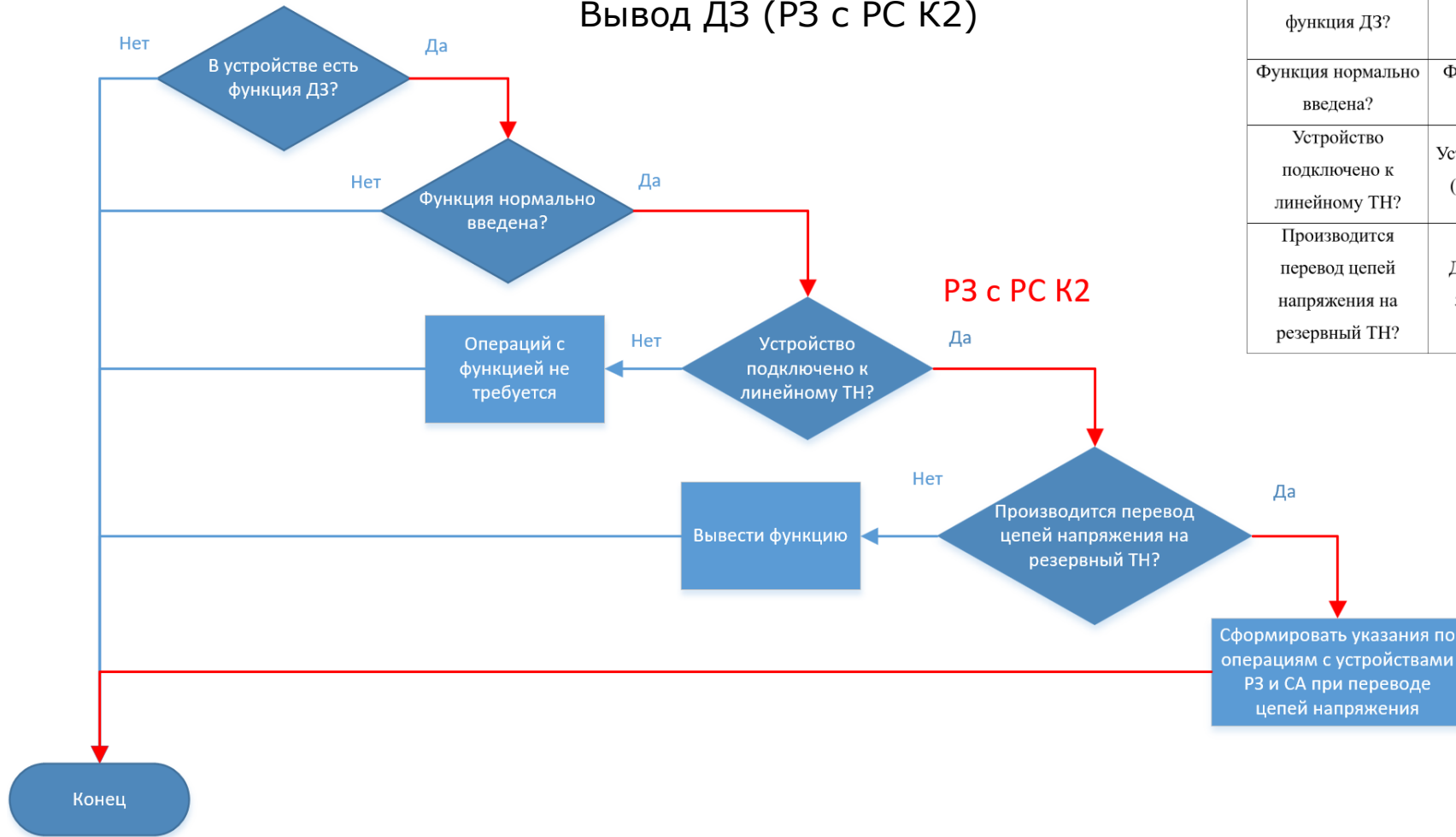


Критерий	Информация из инструкции	Результат
В устройстве есть функция ДЗ?	Согласно аппаратному и функциональному составу УРЗА ВЛ 500 кВ Восход – Витязь функция ДЗ включена в состав устройства РЗ с РС К1	Да
Функция нормально введена?	Функции ДЗ нет в перечне нормально выведенных функций	Да
Устройство подключено к линейному ТН?	Устройство РЗ с РС К1 подключено к ТН ошиновки (ТН-2-500 Витязь) со стороны ПС 500 кВ Восход	Нет

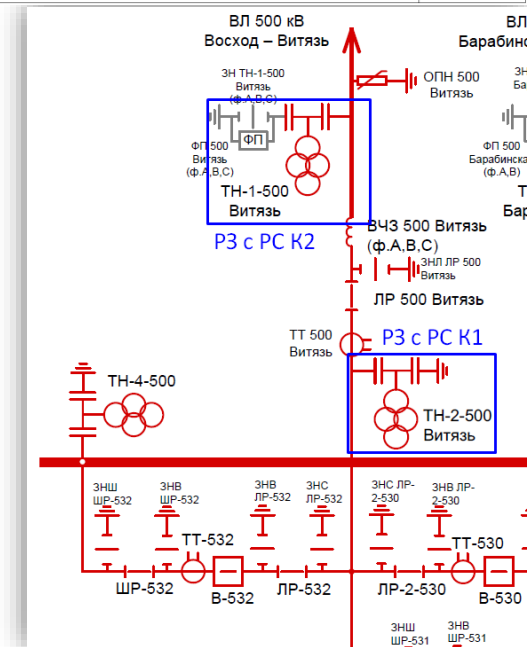


Вывод ВЛ 500 кВ Восход – Витязь с обеих сторон с замыканием поля со стороны ПС 500 кВ Восход

Вывод ДЗ (РЗ с РС К2)



Критерий	Информация из инструкции	Результат
В устройстве есть функция ДЗ?	Согласно аппаратному и функциональному составу УРЗА ВЛ 500 кВ Восход – Витязь функция ДЗ включена в состав устройства РЗ с РС К2	Да
Функция нормально введена?	Функции ДЗ нет в перечне нормально выведенных функций	Да
Устройство подключено к линейному ТН?	Устройство РЗ с РС К2 подключено к линейному ТН (ТН-1-500 Витязь) со стороны ПС 500 кВ Восход	Да
Производится перевод цепей напряжения на резервный ТН?	Да, производится перевод с линейного ТН (ТН-1-500 Витязь) на ТН ошиновки (ТН-2-500 Витязь)	Да



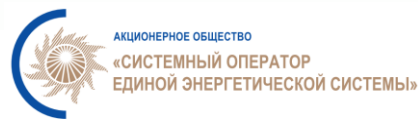
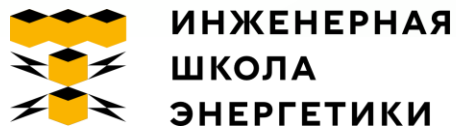
Сравнение результата работы алгоритма с действующей инструкцией по обслуживанию устройств релейной защиты и сетевой автоматики для случая вывода ВЛ 500 кВ Восход – Витязь с обеих сторон с замыканием поля со стороны ПС 500 кВ Восход

Работа алгоритма	Перечень операций из инструкции
<ul style="list-style-type: none"> – вывести функцию ДФЗ в устройстве ДФЗ; – вывести функцию ОАПВ в устройствах ДФЗ, РС с РС К1 и РС с РС К2; – вывести функцию ТАПВ выключателей ВЛ в устройствах АУВ В-530 и АУВ В-532; – вывести цепи приёмников УПАСК ВЧ-каналов ПА № 1 (АК ТриТОН) и № 2 (АК ТриТОН); – цепи напряжения устройств РЗ и СА, нормально подключенные к линейному ТН-1-500 Витязь, перевести с линейного ТН на ТН ошиновки ВЛ ТН-2-500 Витязь. 	<ul style="list-style-type: none"> – вывести ДФЗ; – вывести ОАПВ; – вывести ТАПВ выключателей ВЛ; – вывести цепи приёмников УПАСК ВЧ-каналов ПА в устройствах РЗ по всем выходным цепям; – цепи напряжения устройств РЗ и СА, нормально подключенные к линейному ТН, перевести с линейного ТН на ТН ошиновки ВЛ (на ПС 500 кВ Восход с ТН-1-500 Витязь перевести на ТН-2-500 Витязь, на ПС 500 кВ Витязь с ТН-2-500 Восход перевести на ТН-1-500 Восход).

Заключение

- Подтверждена возможность алгоритмизации процесса формирования указаний по обслуживанию устройств релейной защиты и сетевой автоматики.
- Разработан алгоритм для формирования указаний по обслуживанию устройств релейной защиты и сетевой автоматики при выводе ВЛ с замыканием поля.
- Результаты работы алгоритма полностью совпали с указаниями из действующих инструкции по обслуживанию устройств РЗ и СА.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Разработка алгоритма автоматизированного формирования указаний по обслуживанию устройств релейной защиты и сетевой автоматики

¹Д.Э.Старовойтов, ¹И.М. Кац, ²Е.А. Лир
¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
²Филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири

Новосибирск - 2025

