

Совершенствование унифицированной методики расчета параметров настройки дифференциально-фазных защит различных производителей

Авторы:

Антаков Глеб Анатольевич – студент ИШЭ ТПУ

Шестакова Вера Васильевна – к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ



Цель работы: Совершенствование унифицированной методики расчета параметров настройки ДФЗ, которая будет описывать подходы к расчету на ЛЭП с ответвлениями без привязки к конкретным устройствам и производителям.

Задачи работы:

- Изучение существующих методических указаний производителей по расчету параметров настройки дифференциально-фазной защиты;
- Расчет уставок канала модуля отстройки от КЗ за ответвлениями по методическим указаниям НПП «ЭКРА», ООО «Релематика», НПП «Бреслер» и сравнительный анализ расчетных условий;
- Формализация расчетных условий и совершенствование унифицированной методики расчета параметров настройки ДФЗ, в части учета ЛЭП с отпайками;
- Оценка корректности и применимости усовершенствованной унифицированной методики.

Сравнение методик производителей



Таблица 1 – Сравнение методик производителей при расчете параметров настройки ДФЗ ЛЭП с ответвлениями

НПП «ЭКРА»	ООО «Релематика»	НПП «Бреслеп»
<p>Реле сопротивления; Реле направления мощности: – РТНП – РННП</p>	<p>Реле сопротивления; Реле направления мощности: – РТНП – РННП ИО БТН; ИО тока нулевой последовательности.</p>	<p>Реле сопротивления; Реле направления мощности: – РТНП – РННП ИО БТН; ИО тока нулевой последовательности.</p>
<p>Уставки ИО в которых необходимо учесть коэффициент ответвления ($k_{отв}$ или $k_{отв.расч}$)</p>		
<p>– $I_{2\text{уст}}$ – $I_{л\text{уст}}$</p>	<p>– $I_{2\text{уст}}$ – $I_{1\text{уст}}$ – $I_{\phi\phi\text{уст}}$ – $I_{\phi\text{уст}}$ – $3I_{0\text{уст}}$</p>	<p><i>Не учитывается коэффициент ответвления</i></p>

Анализ расчетов (ИО «РНМНП»)



Таблица 2 – Расчет уставок РНМ

НПП «ЭКРА»	ООО «Релематика»	НПП «Бреслеп»
$3I_{0\text{ РНМ}} = 222\text{ А}$ $3U_{0\text{ РНМ}} = 4400\text{ В}$	$3I_{0\text{ РНМ}} = 184\text{ А}$ $3U_{0\text{ РНМ}} = 6600\text{ В}$	$3I_{0\text{ РНМ}} = 395\text{ А}$ $3U_{0\text{ РНМ}} = 2200\text{ В}$
Различия в расчетах		
$k_{\text{отс}} = 2$ $k_{\text{в}} = 0,9$ $3I_{0\text{ нс}} = 0,02I_{\text{ном}}$ $3U_{0\text{ МО уст}} = 2\%U_{\text{ном}}$	$k_{\text{отс}} = 1,25$ $k_{\text{в}} = 0,95$ $3I_{0\text{ нс}} = 0 - 0,02I_{\text{ном}}$ $3U_{0\text{ МО уст}} = 3\%U_{\text{ном}}$	$k_{\text{отс}} = 1,25$ $k_{\text{в}} = 0,95$ $3I_{0\text{ нс}} = 0,01I_{\text{ном}}$ $3U_{0\text{ МО уст}} = 1\%U_{\text{ном}}$

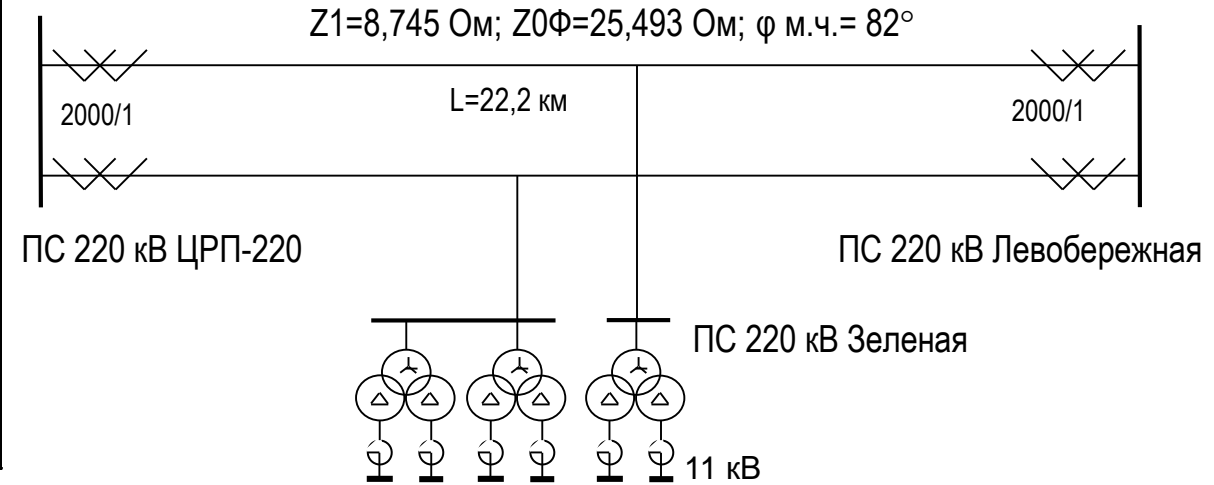


Рисунок 1 – ВЛ 220 кВ ПС Левобережная – ЦРП-220 с отпайкой на ПС Зеленая

Предлагаемый подход:

$$3I_{0\text{ РНМ}} \geq \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} (k_{0\text{нб}} \cdot I_{\text{ДДРТ}} + 3I_{0\text{н.р}})$$

$$3U_{0\text{ РНМ}} \geq \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} (U_{0\text{нб}} + 3U_{0\text{н.р}})$$



$$k_{0\text{нб}} = 0,05$$

$$U_{0\text{нб}} = (1,5 - 2)\text{В}$$

$$k_{\text{отс}} = 1,25$$

$k_{\text{в}}$ – тех. данные защиты

МУ АО «СО ЕЭС» по
расчету параметров
настройки РТЗ ЛЭП

Анализ расчетов (ИО «БТН» и ИО «НП»)



Таблица 3 – Расчет уставок ИО БТН

ООО «Релематика»	НПП «Бреслер»
$3I_{of1} = 8000 \text{ A}$ $3I_{of2} = 1120 \text{ A}$	$3I_{of1} = 6000 \text{ A}$ $3I_{of2} = 300 \text{ A}$
Различия в расчетах	
$k_{отс}(3I_{of1}) = 3,0 - 5,0$ $k_{отс}(3I_{of2}) = 0,13 - 0,15$	$k_{отс}(I_{0\text{то уст}}) = 2,0 - 4,0$ $k_{отс}(I_{02h}) = 0,1 - 0,2$

$$\frac{3I_{of2}}{3I_{of1}} = 10-15\%$$



МУ АО «СО ЕЭС» по расчету параметров настройки РТЗ ЛЭП

Таблица 4 – Расчет уставок ИО нулевой последовательности

ООО «Релематика»	НПП «Бреслер»
$3I_{0уст} = 162 \text{ A}$	$3I_{0уст} = 162 \text{ A}$
Различия в расчетах	
-	-

МУ производителей по расчету параметров настройки ДФЗ

Анализ расчетов (Реле сопротивления)



Таблица 5 – Расчет уставок Реле сопротивления

НПП «ЭКРА»	ООО «Релематика»	НПП «Бреслер»
$R_{отв\ уст} = 31\ \text{Ом}$ $X_{отв\ уст} = 78\ \text{Ом}$ $\Phi_1 = 82^\circ$	$Z_{расч} = 63,5\ \text{Ом}$ $\Phi_{линии} = 82^\circ$	$Z_{расч} = 63,5\ \text{Ом}$ $\Phi_{линии} = 82^\circ$
Различия в расчетах		
<ul style="list-style-type: none"> - отстройка от КЗ за трансформаторами ответвления - отстройка от броска намагничивающего тока 	<ul style="list-style-type: none"> - отстройка от КЗ за трансформаторами ответвления 	<ul style="list-style-type: none"> - отстройка от КЗ за трансформаторами ответвления

Предлагаемый подход:

МУ НПП «ЭКРА» по расчету параметров настройки ДФЗ



$$R_{от\ уст} = \frac{\left(R_{раб\ мин} - \frac{X_{раб\ мин}}{\tan(\Phi_{мч})} \right)}{K_H}$$

$$X_{отв\ уст} = \min(X_{отв\ кз\ уст\ или}\ X_{тр\ бнт\ уст})$$

Проверка чувствительности



Таблица 6 – Расчетные условия для выбора параметров настройки РНМ нулевой последовательности

№п/п	Тип ЛЭП	Расчетные условия
1	1, 2	Отстройка РНМ от тока небаланса и напряжения небаланса нулевой последовательности в максимальном нагрузочном режиме
2	2	Обеспечение чувствительности РНМ при КЗ на землю в конце защищаемой ЛЭП и каскадном отключении повреждения с противоположной стороны защищаемой ЛЭП в режиме работы параллельной ЛЭП
3	1, 2	Обеспечение чувствительности РНМ при КЗ на землю на шинах ВН ПС ответвлений в режиме транзита и при каскадном отключении повреждения с противоположной стороны защищаемой ЛЭП
4	1, 2	Расчет и выбор сопротивления смещения в зону защищаемой ЛЭП в случае недостаточной чувствительности РНМ по напряжению
5	1, 2	Обеспечение селективности РНМ со смещением в зону защищаемой ЛЭП при КЗ на землю в направлении, противоположном защищаемому
6	2	Обеспечение селективности РНМ при каскадном отключении КЗ на землю на одной из параллельных ЛЭП
7	1, 2	Перевод параметров настройки РНМ во вторичные величины

1- одиночная ЛЭП с ответвлениями

2- параллельные ЛЭП с ответвлениями

При проверке чувствительности рассматривается отключение половины присоединений со стороны каждого полуккомплекта

Таблица 7 – Схемы сети для полуккомплекта ПС 220 кВ Назаровская ГРЭС

№ схемы	Перечень отключенных элементов
1	ВЛ 220 кВ ПС НГРЭС – ПС Ужур (Д-21)
2	6АТ ПС НГРЭС ВЛ 500 кВ Красноярская ГЭС – Назаровская ГРЭС №2 (514) ВЛ 500 кВ Назаровская ГРЭС – Итатская (518)
3	2(а)АТ ПС НГРЭС 2(б)АТ ПС НГРЭС
4	5АТ ПС НГРЭС 7Г ПС НГРЭС ВЛ 500 кВ Красноярская ГЭС – Назаровская ГРЭС №1 (513) ВЛ 500 кВ Назаровская ГРЭС – Ново-Анжерская (517)
5	1АТ ПС Ачинский НПЗ ВЛ 110 кВ Ачинский НПЗ – ТЭЦ АНПЗ (С-705) ВЛ 110 кВ АНПЗ – Ачинск тяговая (С-701)

Проверка чувствительности

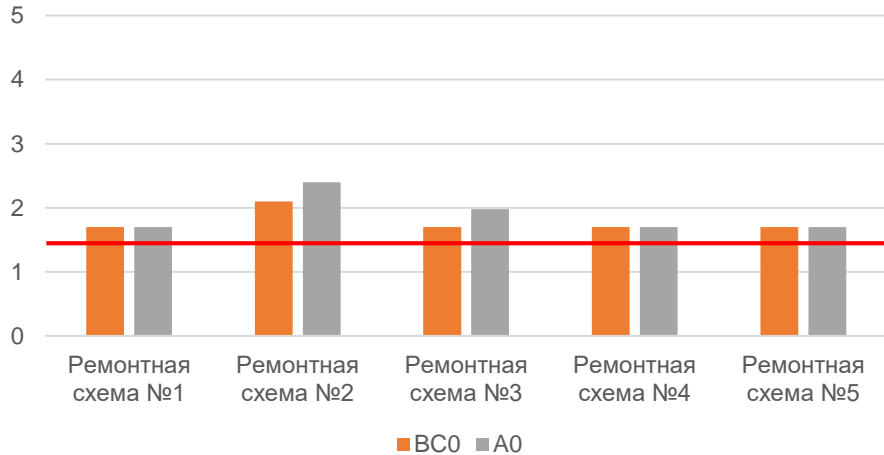


Рисунок 8 – Чувствительность $3U_{0PHM}$ полукомплекта ПС 220 кВ НГРЭС

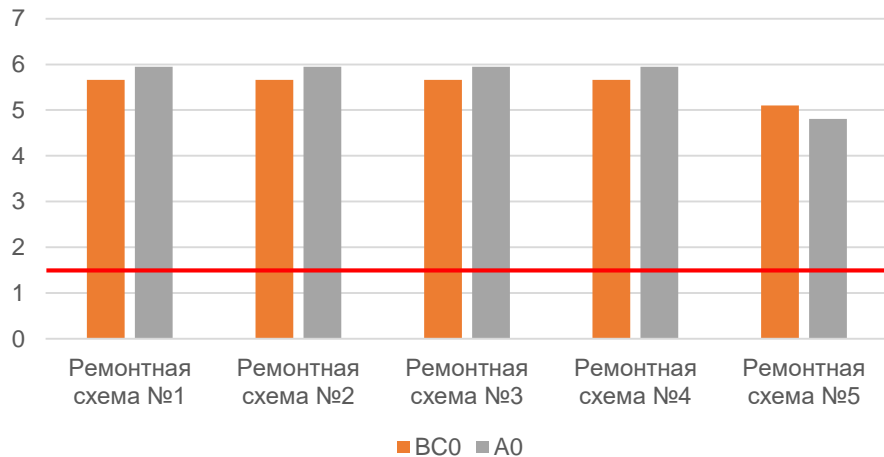


Рисунок 9 – Чувствительность $3U_{0PHM}$ полукомплекта ПС 220 кВ Абалаковская

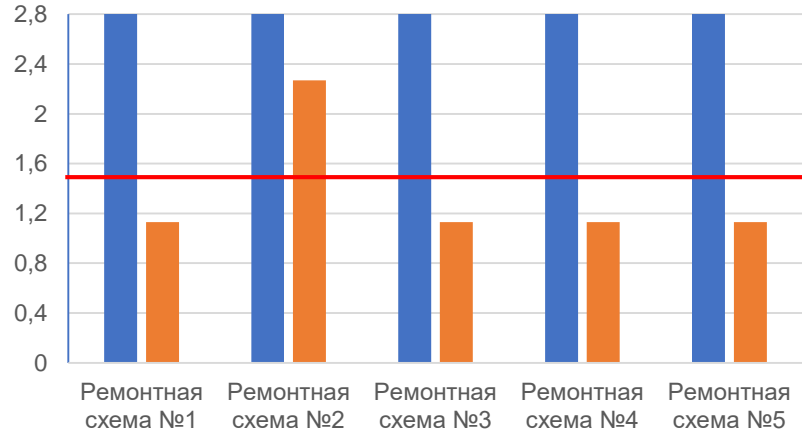
Таблица 8 – Схемы сети для полукомплекта ПС 220 кВ Абалаковская

№ схемы	Перечень отключенных элементов
1	ВЛ 220 кВ ПС Раздолинская – ПС Тайга I цепь 1АТ ПС Тайга
2	ВЛ 220 кВ Енисей – КИСК (Д-14) 2АТ ПС Енисей ВЛ 220 кВ Енисей – ЦРП (Д-111) ВЛ 220 кВ Енисей – Новокрасноярская I цепь (Д-117) ВЛ 220 кВ Енисей – ГПП-5,6 I цепь
3	1 АТ ПС Абалаковская ВЛ 110 кВ ПС Абалаковская – ПС Пировская (С-625) ВЛ 110 кВ ПС Абалаковская – ПС Казачинская с отпайкой на ПС Шапкино (С-621) ВЛ 110 кВ ПС Абалаковская – ПС Енисейская (С-623)
4	1АТ ПС Раздолинская 2АТ ПС Раздолинская
5	ВЛ 220 кВ Приангарская – Раздолинская № 1 (Д-147) ВЛ 220 кВ Богучанская ГЭС – Приангарская №2 (Д-145) 1АТ ПС Приангарская 2АТ ПС Приангарская

Обеспечение чувствительности ПО РНП



Для повышения чувствительности $3U_0$ РНМ разр пуска по напряжению в разрешающем РНМ применяется смещение в зону срабатывания.

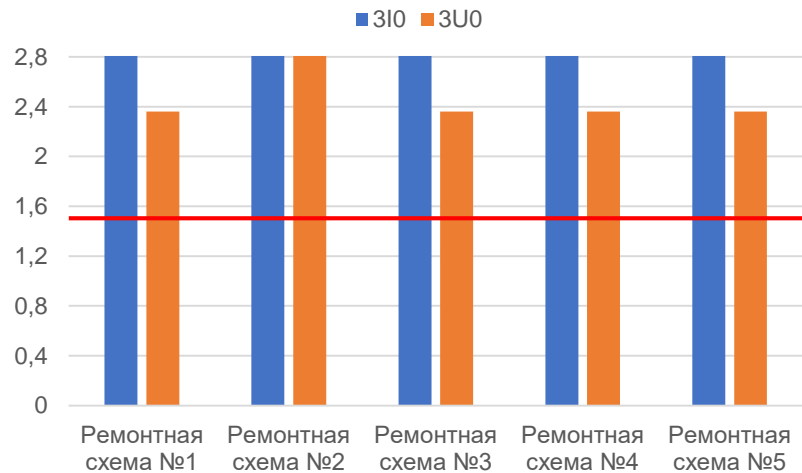


$k_{\text{вын.ТН}} = 0$

Проверка селективности:

$$|Z_{0 \text{ см}}| < \frac{\frac{3U_{0 \text{ РНМ разр}}}{k_{\text{отс}}} + |3U_0|}{3I_{0 \text{ уст}}}$$

Первичное значение сопротивления смещения, при котором обеспечивается несрабатывание разрешающего РНМ в обратном направлении



$k_{\text{вын.ТН}} = 0,02$

Рисунок 4 – Чувствительность $3I_0$ и $3U_0$ полукомплекта ПС 220 кВ НГРЭС в режиме транзита и при откл. ЛЭП противоположной стороны


Заключение



Преимущества усовершенствованной методики:

- Применение усовершенствованной методики на ЛЭП с ответвлениями как при наличии питания со всех ее концов, так и при отсутствии питания с некоторых концов;
- Возможность отстройки защиты от несимметричных режимов;
- Удовлетворяет нормативным требованиям в части условий несрабатывания защиты;
- Подразумевает оценку селективности РНМ по углу между напряжением и током нулевой последовательности.

Перспективы развития методики:

- Использование материалов разработанной методики экспертной группой по разработке и актуализации МУ АО «СО ЕЭС» по расчету параметров настройки ДФЗ ЛЭП с ответвлениями 110 кВ и выше;
- Программная реализация разработанной методики с использованием  PF.Protection

Спасибо за внимание

Авторы:

Антаков Глеб Анатольевич – студент ИШЭ ТПУ

Шестакова Вера Васильевна – к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ

Алгоритм работы ДФЗ на ЛЭП с ответвлениями

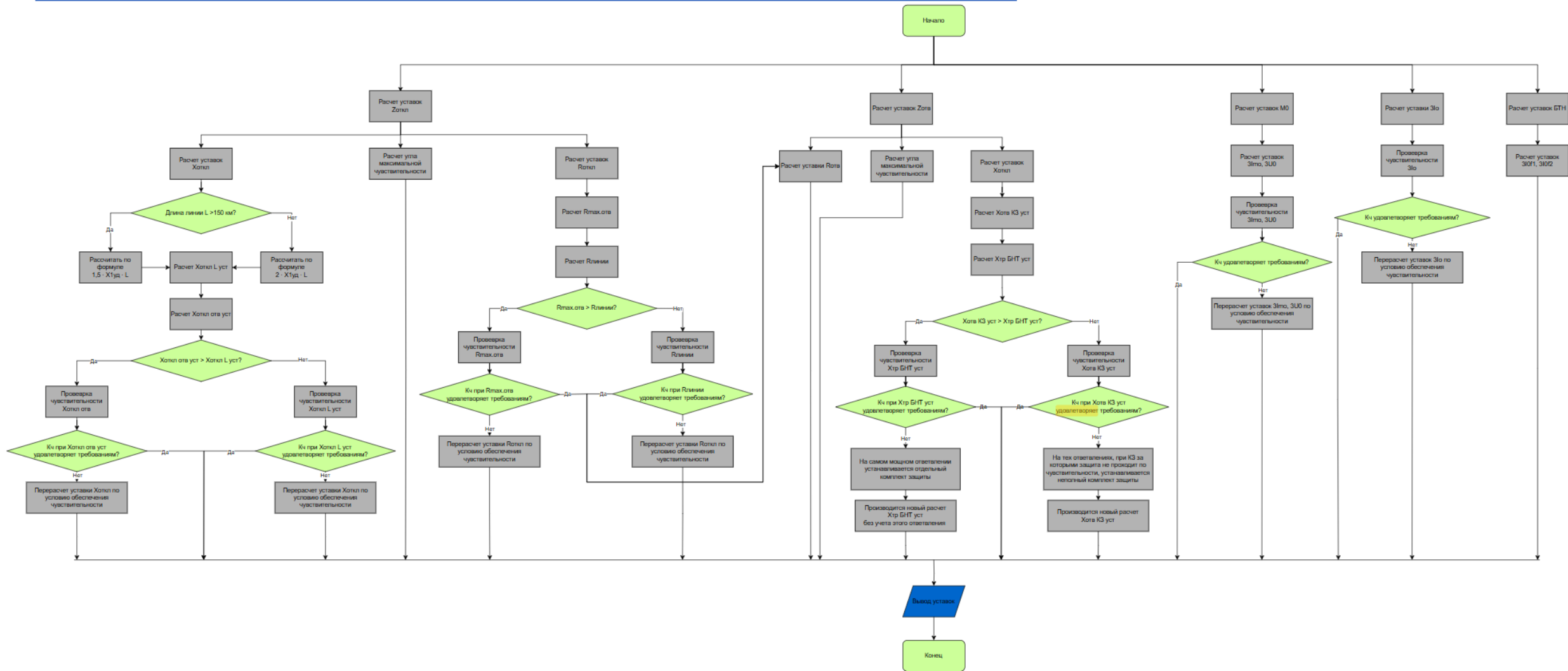


Рисунок 2 – Общий алгоритм расчета параметров настройки ДФЗ на ЛЭП с ответвлениями