ООО «НПП Бреслер»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «НПП Бреслер»

_____ Н.С.Ефимов

« 22 » декабря 2023 г.

ТЕРМИНАЛ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ

БРЕСЛЕР-0107.090

Определение места повреждения

Руководство по применению и рекомендации по расчёту и выбору параметров срабатывания

БРСН.650321.090 РРУ

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
0902303001	22.12.2023			

Формат А4

Авторские права на данную документацию принадлежат ООО «НПП Бреслер» (г. Чебоксары). Снятие копий или перепечатка разрешается только по согласованию с разработчиком.

Вся информация, содержащаяся в данном документе, верна на день его публикации.

Предприятие-изготовитель:
ООО «НПП Бреслер»,
428034, Россия, Чувашская Республика,
г. Чебоксары, Ядринское шоссе, д. 4В
Тел./факс: (8352) 36-73-33, 23-77-55
Электронная почта: info@bresler.ru
www.bresler.ru

Содержание

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ....4
2 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ....4
3 СОКРАЩЕНИЯ....5
4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ....5
5 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАСЧЁТА....6
6 ПУСКОВЫЕ ОРГАНЫ ФУНКЦИИ ОМП....7
7 ОПИСАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЭП....14
8 ПРИМЕР БЛАНКА УСТАВОК ОМП....15
9 ПРИМЕР РАСЧЁТА УСТАВОК ПУСКОВЫХ ОРГАНОВ....18
10 СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ....21
ПРИЛОЖЕНИЕ А ФОРМА БЛАНКА ЗАДАНИЯ УСТАВОК....22
ПРИЛОЖЕНИЕ Б ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ КАРТЫ ЗАКАЗА МОДУЛЯ ОМП....25

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ

Настоящий документ распространяется на микропроцессорное устройство определения места повреждения «Бреслер-0107.090» (именуемое далее «устройство» или «терминал»).

Настоящие рекомендации по выбору уставок составлены в соответствии с требованиями и рекомендациями, изложенными в [1], с требованиями [2] с учётом особенностей построения и функционирования цифровых устройств определения места повреждения.

Настоящие рекомендации применяются вместе со следующими эксплуатационными документами:

- руководство по эксплуатации БРСН.656122.090 РЭ «Терминал микропроцессорный «Бреслер-0107.090». Определение места повреждения»;
- руководство оператора БРСН.00002-01 34 01 «Программное обеспечение WinBres»;
- руководство оператора БРСН.00004-01 34 01 «Программное обеспечение TranSet».

2 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Короткое замыкание – случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы электрическое соединение различных фаз с землей в электроустановке с глухозаземленной или эффективно-заземленной нейтралью, а также фаз, витков одной фазы или полюсов электроустановки постоянного тока между собой или фаз с нулевым проводом.

Ограничение длительности записи – принудительное завершение записи аварийного режима при превышении заданного интервала времени срабатывания пускового органа.

Переходное сопротивление – сопротивление, учитывающее электрическую дугу и другие факторы, обуславливающие возникновение напряжения между замыкаемыми проводниками в месте короткого замыкания.

Участок однородности – участок линии электропередачи с одинаковыми параметрами прямой и нулевой последовательности, которые зависят от марки провода, типа опор, марки троса и способа его заземления, а также влияния параллельной линии.

3 СОКРАЩЕНИЯ

Применяемые в тексте настоящего документа сокращения:

ВЛ – воздушная линия;

ВЧ – высокочастотный;

КЗ – короткое замыкание;

КС – канал связи;

ЛЭП – линия электропередачи;

ОМП – определение места повреждения;

ПК – программный комплекс;

ПО – программное обеспечение;

ПС – подстанция;

РПО – реле положение «отключено»;

РЗ – релейная защита;

ТН – измерительный трансформатор напряжения;

ТТ – измерительный трансформатор тока.

4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Устройства применяются в электроустановках электрических станций и подстанций сетевых объектов 6-750 кВ с односторонним и двухсторонним питанием. Устройство осуществляет функцию ОМП, регистрации и хранения параметров электромагнитных переходных процессов ЛЭП.

В одном терминале «Бреслер-0107.090» возможна реализация алгоритмов ОМП по параметрам аварийного режима и по волновому принципу.

Алгоритмы по параметрам аварийного режима основаны на регистрации аварийных величин напряжений и токов. На линиях с двухсторонним питанием может применяться одно- и двухсторонний замер. На линиях с односторонним питанием ОМП функционирует только со стороны источника.

Волновой принцип предполагает ВЧ регистрацию на разных концах ЛЭП, поэтому устройства устанавливаются с обеих сторон ЛЭП независимо от количества питающих сторон. По разнице моментов времени импульсов аварийной волны определяется координата повреждения.

Каждый из методов ОМП имеет приоритет по точности. На экране терминала всегда отображается наиболее точный результат. Остальные расчёты доступны в журнале событий ОМП.

5 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАСЧЁТА

Успешный результат работы функции ОМП в терминале зависит от правильного пуска, который является реакцией на изменение сигналов напряжений и токов промышленной частоты (даже в случае волнового ОМП). При выполнении условия срабатывания пускового органа в начале замыкания точность расчёта координаты повреждения будет зависеть от достоверного описания параметров ЛЭП.

Уставки пусковых органов рассчитываются в первичных величинах. Выбор значений параметров срабатывания рекомендуется производить на основании аварийных величин, рассчитанных в минимальном режиме при КЗ на противоположном конце линии с учётом переходного сопротивления 50 Ом [2]. На рисунке 5.1 приведена условная схема для расчёта аварийных величин для пусков ОМП.

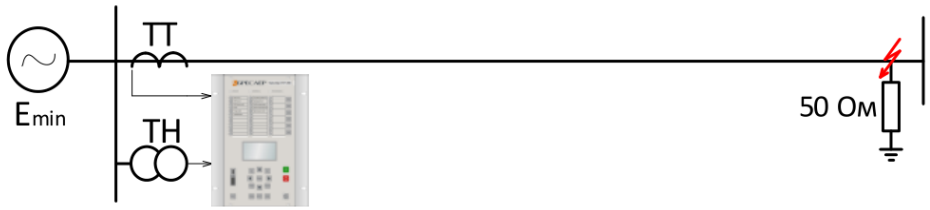

Рисунок 5.1 – Расчёт аварийных величин для пусковых органов ОМП

При расчёте токов небаланса необходимо учитывать несимметрию в электросети (в том числе от тяговых ПС), зафиксированную в процессе эксплуатации.

Допускается срабатывание пусковых органов при КЗ на смежных участках сети – «за спиной» или за пределами контролируемой линии. Результатом данного поведения будет запись осциллограммы без расчёта ОМП.

Работа устройства ОМП возможна в одном из двух режимов:

- в неселективном режиме, при котором пуск функции ОМП выполняется от внутренних пусковых органов. Данный режим устанавливается по умолчанию и является рекомендованным.
- в селективном режиме, при котором наряду со срабатыванием внутренних пусковых органов необходимо подтверждение КЗ на линии – дискретный сигнал РПО, пуск или срабатывание РЗ, отключение выключателя контролируемой линии.

Не допускается включение селективного пуска для терминалов с волновой функцией ОМП, так как задержка появления сигнала внешнего пуска не даёт возможность зарегистрировать ВЧ переходный процесс!

6 ПУСКОВЫЕ ОРГАНЫ ФУНКЦИИ ОМП

Аварийные величины, на которые реагируют пусковые органы терминала, зависят от разных условий: мощность питающей системы, удалённость точки повреждения, конфигурация линии, вид повреждения, переходное сопротивление и т.д. Для создания надёжных пусков ОМП при разных условиях повреждений реализованы три группы пусковых органов. Функционально-логическая схема алгоритма ОМП реализуется в ПК Simbres (рисунок 6.1), входящего в состав ПК Transet.

Рисунок 6.1 – Функционально-логическая схема ОМП

Ввод и вывод пусковых органов производится в ПК Transet в разделе «Программные накладки» (Рисунок 6.2).

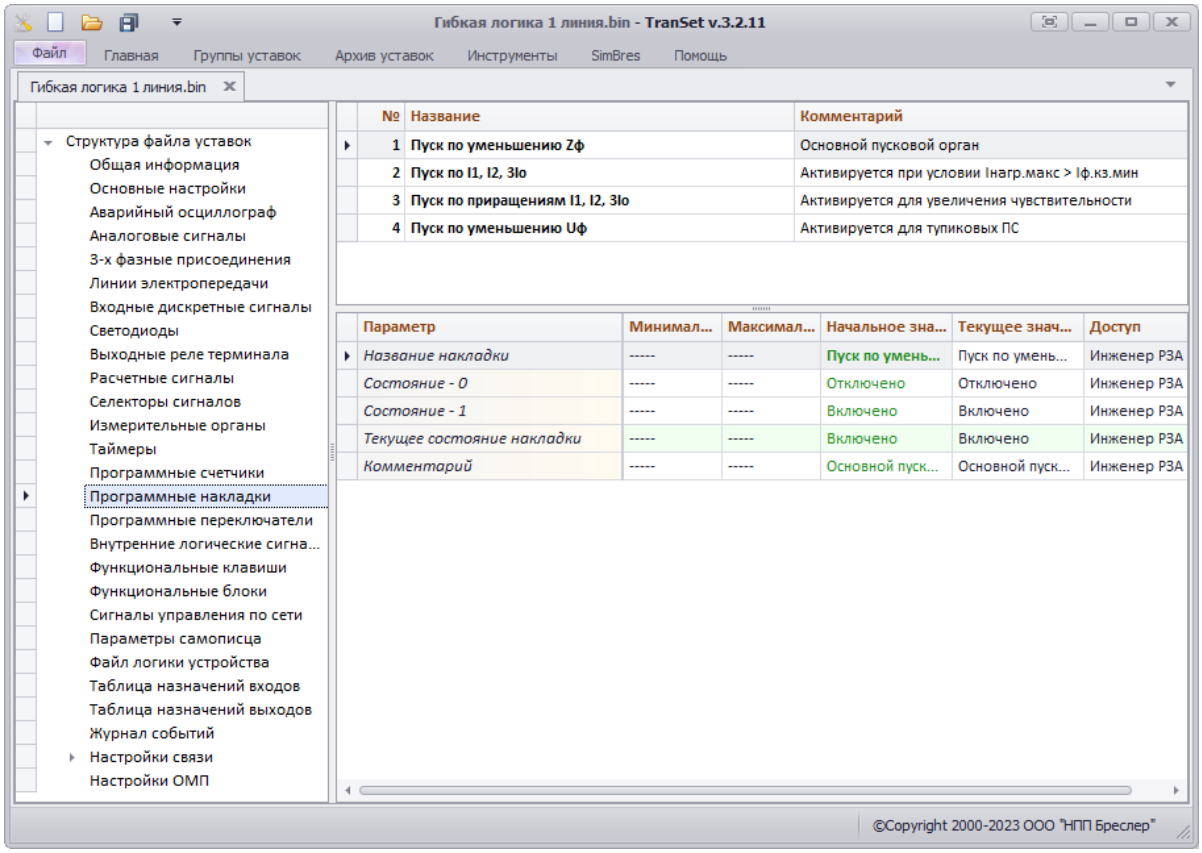

Рисунок 6.2 – Ввод и вывод групп пусковых органов ОМП в ПК Transet

6.1 **Основные пусковые органы** (рисунок 6.3) контролируют сопротивления петель фаз. В большинстве случаев данный орган позволяет выявить аварийный режим при всех видах повреждений. Признаком замыкания является уменьшение сопротивления, которое связано сразу с двумя факторами – возрастанием тока и снижением напряжения. Дополнительно вводится контроль максимального тока нагрузки для предотвращения ложных пусков.

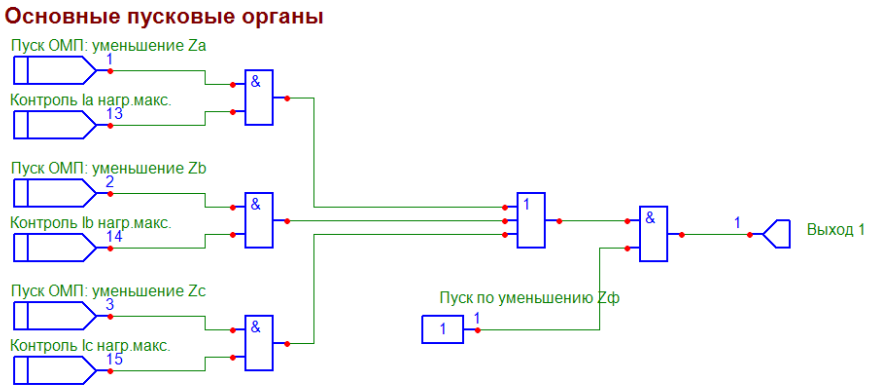

Рисунок 6.3 – Блок основных пусковых органов ОМП

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Уменьшение фазных сопротивлений $Z_ф$ с контролем максимального тока нагрузки $I_{нагр.макс}$	$\downarrow \lvert \underline{Z}_{ф.авар} / \underline{Z}_{ф.предш} \rvert$	0,8 о.е.	0,8 о.е.
	$\uparrow \lvert \underline{I}_{нагр.макс} \rvert$	$1{,}1 \cdot I_{нагр.макс}$	20% от $I_{ном}$
Уменьшение сопротивлений фаз линии контролируется с помощью отношения сопротивлений в текущем (аварийном) и предшествующем (нагрузочном) режимах. В нормальном режиме отношение равно 1 о.е., а при повреждении начинает уменьшаться. Рекомендуемое значение порога срабатывания 0,8 о.е, что соответствует уменьшению сопротивления на 20%. Орган по сопротивлению обладает высокой чувствительностью, поэтому дополнительно контролируется превышение током максимального нагрузочного значения с коэффициентом отстройки 1,1.			

6.2 На линиях со слабой питающей системой и при повреждениях в конце длинных линий нагрузочные токи могут превышать аварийные. Основные пусковые органы не могут обеспечить требуемую чувствительность на всём участке контролируемой ЛЭП. В этом случае вводятся **дополнительные пусковые органы** (рисунок 6.4), контролирующие токи прямой, обратной и нулевой последовательностей. При необходимости также вводится контроль приращений этих величин, что увеличивает быстродействие и надёжность пусковых органов, особенно при малых аварийных токах.

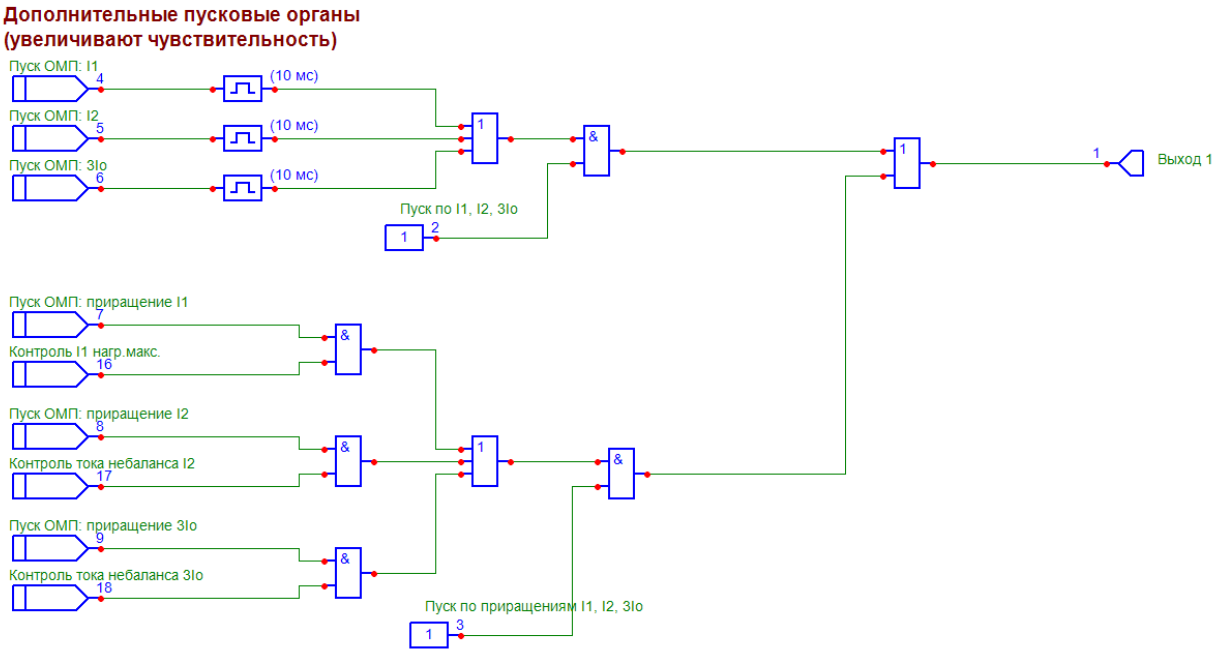

Рисунок 6.4 – Блок дополнительных пусковых органов ОМП

Пуски по токовым последовательностям обязательны при выполнении следующего условия:

$$I_{\text{ф.кз.мин}} < 1{,}1 \cdot I_{\text{нагр.макс}}$$

В остальных случаях их вводить не обязательно, но они также могут быть реализованы для увеличения быстродействия и надёжности.

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Превышение тока прямой последовательности I1	$\uparrow \lvert \underline{I}1 \rvert$	$0{,}9 \cdot I1^{(3)}_{\text{мин}}$	20% от $I_{\text{ном}}$
Порог срабатывания по току прямой последовательности выбирается исходя из условия отстройки от минимального тока I1 линии при трёхфазном КЗ с коэффициентом 0,9.			

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Превышение тока обратной последовательности I2	$\uparrow \lvert \underline{I}2 \rvert$	$max \begin{bmatrix} 0{,}9 \cdot I2^{(2)}_{\text{мин}} \\ 1{,}1 \cdot I2_{\text{нб}} \end{bmatrix}$	20% от $I_{\text{ном}}$
Порог срабатывания по току обратной последовательности выбирается исходя из условия превышения минимального тока I2 линии при двухфазном КЗ с коэффициентом 0,9. Если полученная величина меньше тока небаланса $I2_{\text{нб}}$, то порог срабатывания приравнивается к току небаланса с коэффициентом отстройки 1,1.			

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Превышение утроенного тока нулевой последовательности 3I0	$\uparrow \lvert 3\underline{I}0 \rvert$	$max \begin{bmatrix} 0{,}9 \cdot 3I0_{мин}^{(1)\ или\ (1{,}1)} \\ 1{,}1 \cdot 3I0_{нб} \end{bmatrix}$	20% от $I_{ном}$
Порог срабатывания по утроенному току нулевой последовательности выбирается исходя из условия превышения минимального тока 3I0 линии при одно- или двухфазном КЗ на землю с коэффициентом 0,9. Если полученная величина меньше тока небаланса $3I0_{нб}$, то порог срабатывания приравнивается к току небаланса с коэффициентом отстройки 1,1.			

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Приращение I1 с контролем максимального тока нагрузки $I_{нагр.макс}$	$\uparrow \lvert \underline{I}1_{авар} - \underline{I}1_{предш} \rvert$	$0{,}2 \cdot I_{ном}$	20% от $I_{ном}$
	$\uparrow \lvert \underline{I}_{нагр.макс} \rvert$	$1{,}1 \cdot I_{нагр.макс}$	20% от $I_{ном}$
Порог срабатывания по приращению тока I1 рекомендуется задавать 20% от Iном. Дополнительно контролируется превышение током I1 максимального нагрузочного значения с коэффициентом отстройки 1,1.			

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Приращение I2 с контролем тока небаланса $I2_{нб}$	$\uparrow \lvert \underline{I}2_{авар} - \underline{I}2_{предш} \rvert$	$0{,}1 \cdot I_{ном}$	10% от $I_{ном}$
	$\uparrow \lvert \underline{I}2_{нб} \rvert$	$1{,}1 \cdot I2_{нб}$	10% от $I_{ном}$
Порог срабатывания по приращению тока I2 рекомендуется задавать 10% от Iном. Дополнительно контролируется превышение током I2 значения тока небаланса $I2_{нб}$ с коэффициентом отстройки 1,1.			

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Приращение 3I0 с контролем тока небаланса $3I0_{нб}$	$\uparrow \lvert 3\underline{I}0_{авар} - 3\underline{I}0_{предш} \rvert$	$0{,}1 \cdot I_{ном}$	10% от $I_{ном}$
	$\uparrow \lvert 3\underline{I}0_{нб} \rvert$	$1{,}1 \cdot 3I0_{нб}$	10% от $I_{ном}$
Порог срабатывания по приращению тока 3I0 рекомендуется задавать 10% от Iном. Дополнительно контролируется превышение током 3I0 значения тока небаланса $3I0_{нб}$ с коэффициентом отстройки 1,1.			

6.3 Для объектов, на которых отсутствует подпитка токами КЗ, вводятся **пусковые органы для «тупиковых» ПС** (рисунок 6.5). Их срабатывание связано с уменьшением фазных напряжений.

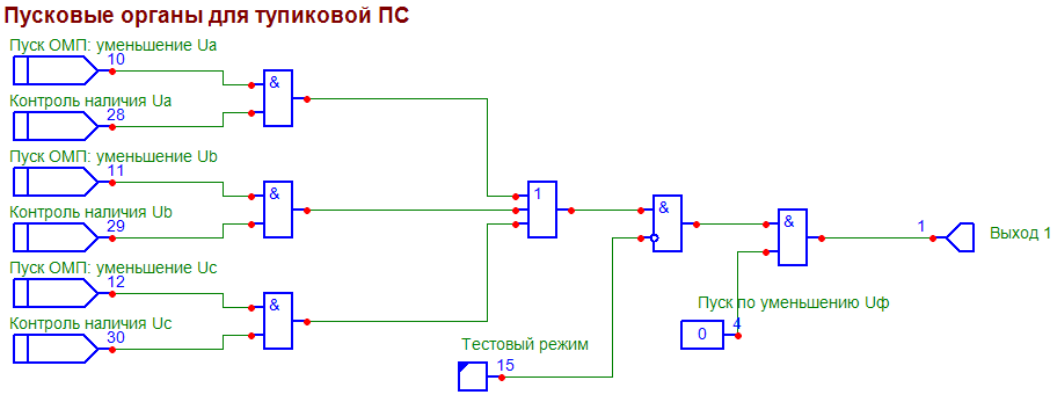

Рисунок 6.5 – Блок пусковых органов ОМП для «тупиковых» ПС

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Уменьшение фазных напряжений $U_ф$ с контролем наличия напряжения $U_ф$**	$\downarrow \lvert \underline{U}_{ф.авар} / \underline{U}_{ф.предш} \rvert$	0,87 о.е.	0,87 о.е.
	$\uparrow \lvert \underline{U}_ф \rvert$	$0{,}2 \cdot U_{ном}$	20% от $U_{ном}$
Уменьшение фазных напряжений линии контролируется с помощью отношения напряжений в текущем (аварийном) и предшествующем (нагрузочном) режимах. В нормальном режиме отношение равно 1 о.е., а при повреждении начинает уменьшаться. Рекомендуемое значение порога срабатывания 0,87 о.е, что соответствует уменьшению напряжения от номинального 57,7 В до 50 В (вторичное значение). Для вышеописанного пускового органа вводится контроль наличия напряжения с порогом 20% от Uном. Это необходимо для предотвращения ложных срабатываний при отсутствии напряжений.			

6.4 При срабатывании любого из активных измерительных органов ОМП сигнал поступает на блок **ОМП Линии** (рисунок 6.6). Внутри блока задаётся время двух импульсных таймером, описанных ниже.

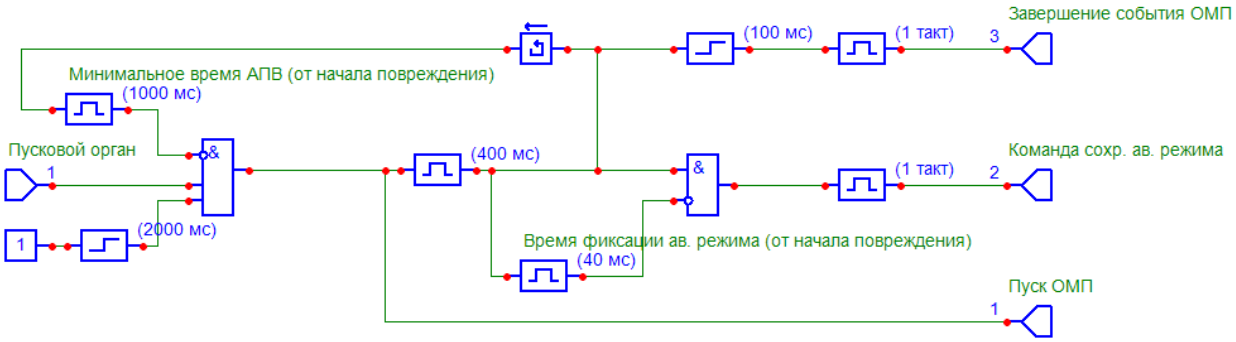

Рисунок 6.6 – Блок ОМП линии

«Минимальное время АПВ (от начала повреждения)» задаётся для корректной обработки текущего события. Оно блокирует пуск ОМП до следующего возможного аварийного режима (неуспешное АПВ). Значение по умолчанию – 1000 мс.

«Время фиксации ав. режима (от начала повреждения)» определяет $T_{ав.реж.}$ – задержку регистрации аварийных значений токов и напряжений относительно момента времени срабатывания пусковых органов. Это необходимо для того, чтобы отстроится от переходного режима и зарегистрировать установившиеся токи КЗ. Уставка данного таймера должна находится в интервале от 40 мс до минимального времени отключения выключателя своего/противоположного конца линии (выбирается наименьшее). Значение по умолчанию – 40 мс.

$$40 \text{ мс} < T_{ав.реж.} < T_{откл.выкл.}$$

На рисунке 6.7 на осциллограмме отмечены последовательные интервалы

времени: нагрузочный режим, переходный режим КЗ, установившийся режим КЗ, отключение выключателя противоположного конца линии, отключение выключателя своего конца линии. $T_{ав.реж.}$ должно попадать на установившийся режим КЗ.

Рисунок 6.7 – Осциллограмма тока повреждённой фазы

На выходе блока **ОМП линии** формируются три команды (рисунок 6.6), которые регистрируются внутренними логическими сигналами (рисунок 6.1). Запуск функции ОМП с последующей обработкой аварийного события выполняется по этим трём логическим сигналам.

Порядок и последовательность логических сигналов строго определены. Они должны располагаться в конце списка в последовательности, изображённой на рисунке 6.8 (39-41 сигналы).

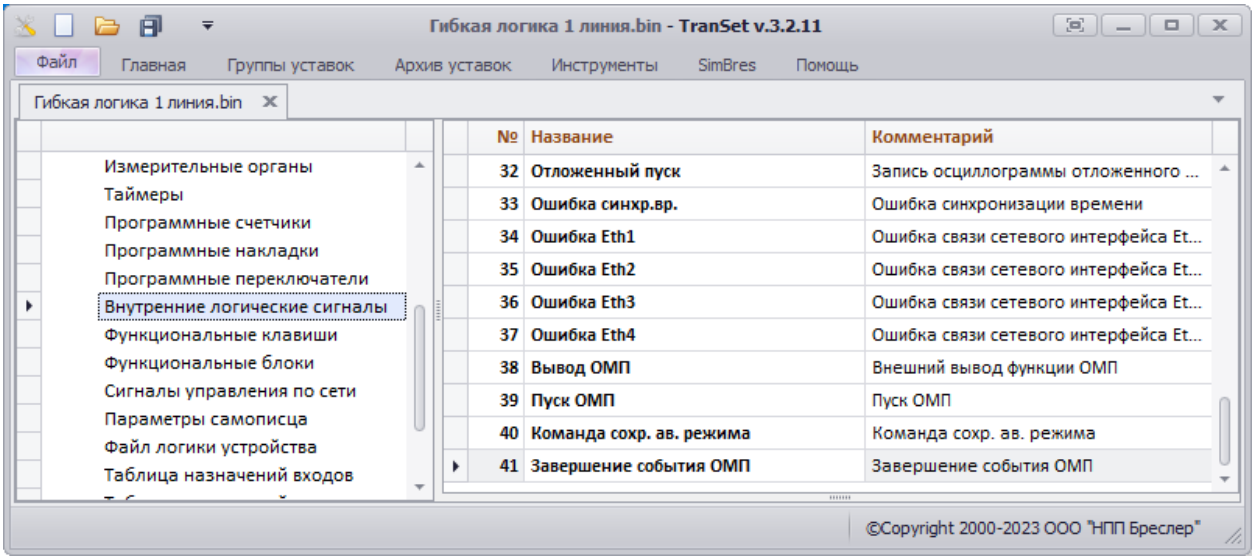

Рисунок 6.8 – Логические сигналы ОМП для одной линии в ПК Transet

Если количество контролируемых линий больше одной, то на каждую последующую добавляется в конец списка по три логических сигнала – рисунок 6.9 (39-44 сигналы).

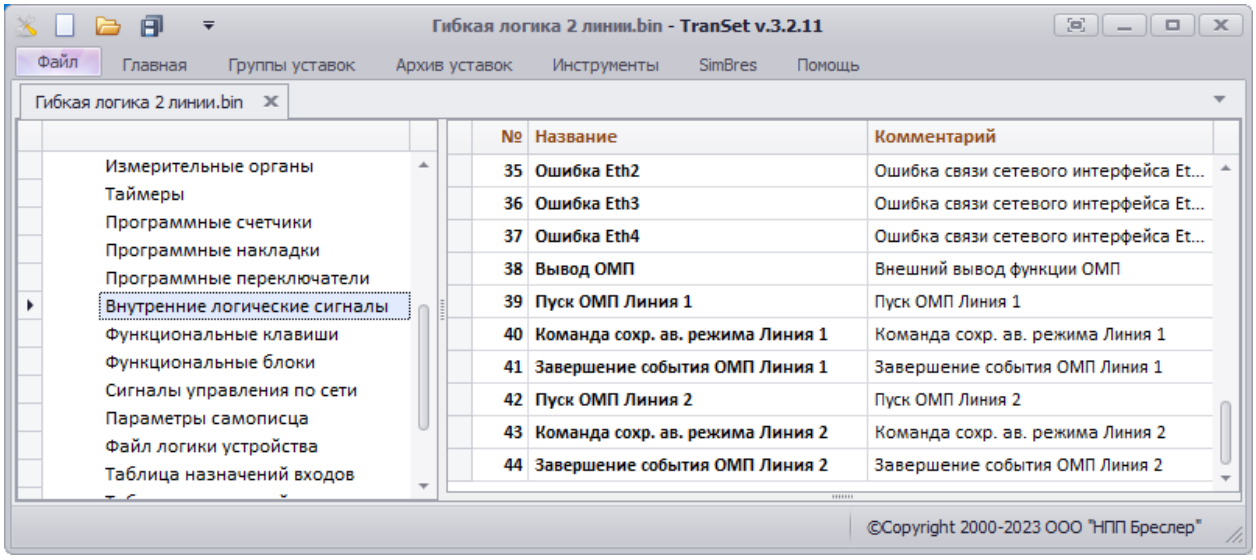

Рисунок 6.9 – Логические сигналы ОМП для двух линий в ПК Transet

Отметим, что от правильно рассчитанных значений срабатывания пусковых органов во многом зависит работа функции ОМП в терминале.

В самой большей степени это затрагивает волновое ОМП, принцип работы которого предполагает ВЧ запись сигналов при переходе от нормального режима к аварийному. Именно в этом окне выполняется поиск метки времени фронта волны. Но, так как размер ВЧ осциллограммы ограничен, при неправильных пусках ВЧ запись будет сдвинута относительно начала переходного процесса. Волновой расчёт в этом случае недоступен.

При нормальном пуске функции ОМП точность расчёта зависит от корректного задания параметров модели линии, о которой пойдёт речь в следующем разделе.

7 ОПИСАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЭП

В устройстве реализован дистанционный метод определения места повреждения. Ключевую роль в нем играет модель линии электропередачи, которая формируется на основании карты заказа модуля ОМП. Основной процедурой формирования модели, от которой зависит точность ОМП, является разбиение ЛЭП на участки однородности – отрезки линии с одинаковыми параметрами прямой и нулевой последовательности. Разбиение проводится по следующим признакам:

- марка проводов;
- тип опор;
- марка и режим заземления грозозащитных тросов;
- наличие ответвительных подстанций;
- наличие параллельных линий.

Формирование модели ЛЭП (файл с расширением «.xml») производится в программном комплексе FPDEdit. Редактор входит в состав программного обеспечения TranSet и вызывается из раздела «Инструменты» в группе «ОМП».

Описание линии можно произвести двумя способами (на усмотрение заказчика):

- в конструктивных параметрах. В этом случае описываются марка провода, тип опор, марка и способ заземления грозозащитного троса, параллельные линии и ответвления. Если модель линии описана конструктивными параметрами, расчёт первичных параметров производится на основании базы данных по опорам, проводам, грозотросам и трансформаторам.
- в расчётных (удельных) параметрах – сопротивления и проводимости прямой/нулевой последовательностей ЛЭП.

На основе файла модели создаются уставки ОМП, которые сохраняются в бинарный файл с расширением «.bin».

Для ЛЭП 6-35 кВ с изолированной нейтралью описываются только параметры прямой последовательности (опоры и провода), так как алгоритмы ОМП по параметрам аварийного режима не предназначены для ОМП при однофазных замыканиях на землю. Параллельные линии и грозотросы на расчёт не влияют.

8 ПРИМЕР БЛАНКА УСТАВОК ОМП

Формирование бланка уставок ОМП произведено на основании файла уставок для линии, описанной в Приложении Б.

Таблица 8.1 - Информация об аналоговых сигналах

№ сигнала	Название	Ктр	Номинальное вторичное значение	Максимальное регистрируемое значение
1	Ia	1000	1	40
2	Ib	1000	1	40
3	Ic	1000	1	40
4	3Io	1000	1	40
5	Ua	2200	100	165
6	Ub	2200	100	165
7	Uc	2200	100	165
8	3Uo	1730	100	165

Таблица 8.2 - Параметры осциллографирования

Параметр	Значение, с
Длительность записи доаварийного режима	0,4
Ограничение длительности записи аварийного режима	3
Длительность записи послеаварийного режима	0,2

Таблица 8.3 - Основные параметры линии электропередач

Наименование уставки	Значение уставки
Общие параметры	
Название линии электропередач	ВЛ-220 ПС 1 – ПС 2
Тип ОМП	Одностороннее
Номинальное напряжение, кВ	220
Количество режимов работы линии	1
Количество отпаек	1
Количество параллельных линий	1
Длина линии, км	50
Тип модели (базовая/режимная)	Базовая
Инверсия модели	Нет
Наличие реакторов на ПС 1	Нет
Суммарная мощность реакторов на ПС 1, МВА	-
Наличие реакторов на ПС 2	Нет
Суммарная мощность реакторов на ПС 2, МВА	-
Глубина возврата тока через землю, м	1000
Температура окружающей среды, °С	20
Сопротивление заземления грозозащитных тросов, Ом	3
Параметры систем	
Сопротивление прямой последовательности системы ПС 1, Ом (комплексное значение)	1,087 + 8,85i
Сопротивление нулевой последовательности системы ПС 1, Ом (комплексное значение)	0,849 + 11,085i
Сопротивление прямой последовательности системы ПС 2,Ом (комплексное значение)	0,7 + 6,556i

Наименование уставки	Значение уставки
Сопротивление нулевой последовательности системы ПС 2, Ом (комплексное значение)	0,3 + 2,728i
Сопротивление прямой последовательности обходной связи, Ом (комплексное значение)	-
Сопротивление нулевой последовательности обходной связи, Ом (комплексное значение)	-
Параметры формульной функции ОМП	
Усредненное удельное сопротивление прямой последовательности линии, Ом (комплексное значение)	0,107 + 0,4208i
Усредненное удельное сопротивление нулевой последовательности линии, Ом (комплексное значение)	0,255 + 1,3041i
Параметры пусковых органов	
Режим фиксации КЗ	Неселективный

Таблица 8.4 – Пусковые органы функции ОМП

№	Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания
1	Уменьшение фазных сопротивлений $Z_ф$ с контролем $I_{нагр.макс}$	↓ | $\underline{Z}_{ф.авар}$ / $\underline{Z}_{ф.нагр}$ |	0,8 о.е.
		↑ | $\underline{I}_{нагр.макс}$ |	0,88 кА
2	Превышение I1	↑ | $\underline{I}1$ |	0,662 кА
3	Превышение I2	↑ | $\underline{I}2$ |	0,387 кА
4	Превышение 3I0	↑ | $3\underline{I}0$ |	0,11 кА
5	Приращение I1 с контролем $I_{нагр.макс}$	↑ | $\underline{I}1_{авар} - \underline{I}1_{нагр}$ |	0,2 кА
		↑ | $\underline{I}_{нагр.макс}$ |	0,88 кА
6	Приращение I2 с контролем тока небаланса $I2_{нб}$	↑ | $\underline{I}2_{авар} - \underline{I}2_{нагр}$ |	0,1 кА
		↑ | $\underline{I}2_{нб}$ |	0,11 кА
7	Приращение 3I0 с контролем тока небаланса $3I0_{нб}$	↑ | $3\underline{I}0_{авар} - 3\underline{I}0_{нагр}$ |	0,1 кА
		↑ | $3\underline{I}0_{нб}$ |	0,11 кА
8	Уменьшение фазных напряжений $U_ф$ с контролем наличия напряжения $U_ф$	↓ | $\underline{U}_{ф.авар}$ / $\underline{U}_{ф.нагр}$ |	-
		↑ | $\underline{U}_ф$ |	-

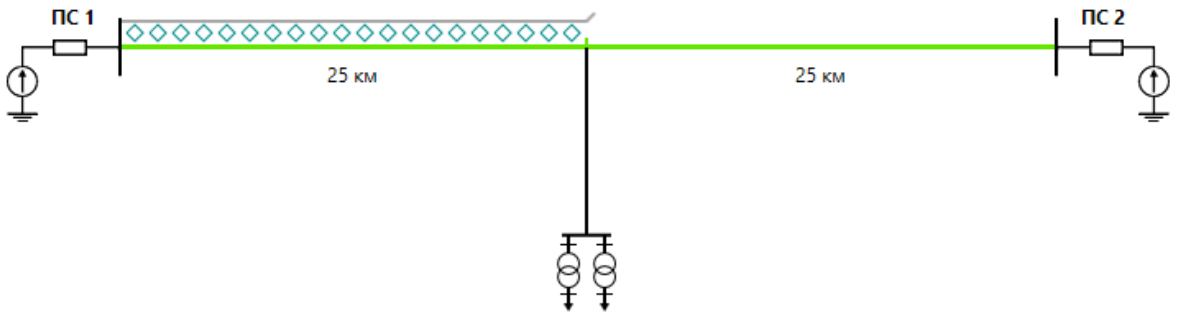

Рисунок 8.1 - Схема линии

Параметры модельной функции ОМП:

Участок №1: L = 25 км

Основная линия:

Конструктивные задаваемые параметры				
Тип участка	Тип опор	Тип провода	Тип троса	Заземление троса
Двухцепный участок без связи	У220-2	АС-300	ТК-50	Сплошной и заземлен по концам
Расчетные параметры				
Z1 уд = 0,107 + 0,4138i Ом/км		Z0 уд = 0,255 + 1,3183i Ом/км		
Y1 уд = 2,6457 мкСм/км		Y0 уд = 1,6829 мкСм/км		

Параллельная линия 1: ПС 1 – ПС 2

Конструктивные задаваемые параметры				
Тип опор	Тип провода	Тип троса	Заземление троса	Растояние до основной ВЛ, м
У220-2	АС-300	ТК-50	Разрезан и заземлен через разрядники	На одной опоре
Расчетные параметры				
Z1 уд = 0,107 + 0,4138i Ом/км		Z0 уд = 0,255 + 1,3183i Ом/км		
Y1 уд = 2,6457 мкСм/км		Y0 уд = 1,6829 мкСм/км		
		Zm уд = 0,148 + 0,8286i Ом/км		

Участок №2: L = 25 км

Основная линия:

Конструктивные задаваемые параметры				
Тип участка	Тип опор	Тип провода	Тип троса	Заземление троса
Одноцепный	У220-1	АС-300	ТК-50	Сплошной и заземлен по концам
Расчетные параметры				
Z1 уд = 0,107 + 0,4279i Ом/км		Z0 уд = 0,255 + 1,2899i Ом/км		
Y1 уд = 2,5583 мкСм/км		Y0 уд = 1,9664 мкСм/км		

Ответвление №1: 25 км от ПС 1:

Конструктивные задаваемые параметры			
Тип опор	Тип провода	Тип троса	Заземление троса
У220-1	АС-300	ТК-50	Сплошной и заземлен по концам
Расчетные параметры			
Z1 уд = 0,0214 + 0,0856i Ом/км		Z0 уд = 0,051 + 0,258i Ом/км	
Y1 уд = 0,5117 мкСм/км		Y0 уд = 0,3933 мкСм/км	

Трансформатор № 1,2:

Конструктивные задаваемые параметры				
Тип трансформатора	S нагрузки, МВА	Ток нагрузки, А	cos ϕ	Соединение обмоток
ТРДН-32000/220/3	16	0	0,8	Yo/D
Расчетные параметры				
Z1 нг = 3306250017,441 + 3306250813,877i Ом		Z0 нг = 7,75 + 190,109i Ом		

9 ПРИМЕР РАСЧЁТА УСТАВОК ПУСКОВЫХ ОРГАНОВ

Пример расчёта порогов срабатывания пусковых органов ОМП производится для линии, описанной в Приложении Б.

Максимальный ток нагрузки линии принят равным 0,8 кА. Токи небаланса $I2_{нб}$ и $3I0_{нб}$ приняты равными 10% от $I_{ном}$, или 0,1 А (Ктт = 1000).

Расчёт токов КЗ (рисунок 9.1) выполняется в минимальном режиме – условно заданы Е = 220 кВ с углом передачи 5°. КЗ имитируется на противоположном конце линии через переходное сопротивление 50 Ом [2]. Результаты приведены в таблице 9.1.

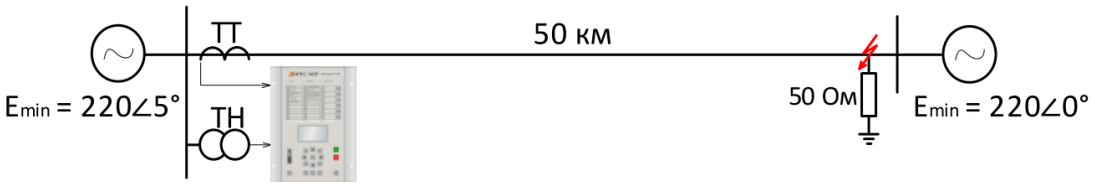

Рисунок 9.1 – Условия расчёта минимальных токов КЗ линии

Таблица 9.1 – Минимальные токи КЗ при разных видах повреждений

Вид повреждения	Iф, кА	I1, кА	I2, кА	3Io, кА
Однофазное замыкание на землю	0,616	0,445	0,148	0,075
Двухфазное замыкание на землю	0,700	0,591	0,147	0,075
Двухфазное замыкание	1,042	0,718	0,43	-
Трехфазное замыкание	0,736	0,736	-	-

В соответствии с рекомендациями п.6.1 данного руководства уставка пуска по уменьшению сопротивления принимается равной 0,8 о.е.

Отстраиваемся от максимального тока нагрузки с коэффициентом 1,1, или $1{,}1 \cdot I_{нагр.макс} = 1{,}1 \cdot 0{,}8\ кА = 0{,}88\ кА$.

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Уменьшение фазных сопротивлений $Z_ф$ с контролем максимального тока нагрузки $I_{нагр.макс}$	$\downarrow \lvert \underline{Z}_{ф.авар} / \underline{Z}_{ф.предш} \rvert$	0,8 о.е.	0,8 о.е.
	$\uparrow \lvert \underline{I}_{нагр.макс} \rvert$	0,88 кА	20% от $I_{ном}$

По условию п.6.2, если максимальный ток нагрузки, взятый с коэффициентом 1,1, превышает минимальный фазный ток КЗ, то требуется вводить пуски по токовым последовательностям. В нашем случае минимальным фазным током будет 0,616 кА при однофазном КЗ. Поэтому выполняется неравенство, требующее введения дополнительных пусков:

$$I_{ф.кз.мин} < 1{,}1 \cdot I_{нагр.макс} \quad «=» \quad 0{,}616\ кА < 0{,}88\ кА$$

Порог срабатывания по току прямой последовательности I1 соответствует минимальному току при трёхфазном КЗ, умноженному на 0,9:

$$I1 = 0{,}9 \cdot I1^{(3)}_{\text{мин}} = 0{,}9 \cdot 0{,}736\ \text{кА} = 0{,}662\ \text{кА}$$

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Превышение тока прямой последовательности I1	$\uparrow \lvert \underline{I}1 \rvert$	0,662 кА	20% от $I_{ном}$

Порог срабатывания по току обратной последовательности I2 соответствует минимальному току при двухфазном КЗ, умноженному на коэффициент 0,9:

$$I2 = 0{,}9 \cdot I2^{(2)}_{\text{мин}} = 0{,}9 \cdot 0{,}43\ \text{кА} = 0{,}387\ \text{кА}$$

Полученное значение 0,387 кА превышает ток небаланса $\text{I2}_{\text{нб}} = 0.1\ \text{кА}$, поэтому принимается за порог срабатывания. В противном случае за порог срабатывания необходимо было принять $1{,}1 \cdot \text{I2}_{\text{нб}} = 0{,}11\ \text{кА}$.

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Превышение тока обратной последовательности I2	$\uparrow \lvert \underline{I}2 \rvert$	0,387 кА	20% от $I_{ном}$

Порог срабатывания по утроенному току нулевой последовательности 3I0 соответствует минимальному току при одно- или двухфазном КЗ, умноженному на коэффициент 0,9:

$$3I0 = 0{,}9 \cdot 3I0^{(1)\ \text{или}\ (1{,}1)}_{\text{мин}} = 0{,}9 \cdot 0{,}075\ \text{кА} = 0{,}0675\text{кА}$$

Полученное значение 0,0675 кА меньше тока небаланса $3I0_{\text{нб}} = 0{,}1\ \text{кА}$, поэтому за порог срабатывания принимается значение, отстроенное от тока небаланса:

$$3I0 = 1{,}1 \cdot 3I0_{\text{нб}} = 0{,}11 \cdot 1\text{кА} = 0{,}11\ \text{кА}$$

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Превышение утроенного тока нулевой последовательности 3I0	$\uparrow \lvert 3\underline{I}0 \rvert$	0,11 кА	20% от $I_{ном}$

Порог срабатывания по приращению тока I1 задаётся равным 20% от $I_{ном}$:

$$\Delta I1 = 0{,}2 \cdot I_{\text{ном}} = 0{,}2 \cdot 1\ \text{кА} = 0{,}2\ \text{кА}$$

Дополнительно контролируется превышение током I1 максимального нагрузочного значения с коэффициентом отстройки 1,1, или $1{,}1 \cdot 0{,}8\ \text{кА} = 0{,}88\ \text{кА}$.

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Приращение I1 с контролем максимального тока нагрузки $I_{нагр.макс}$	$\uparrow \lvert \underline{I}1_{\text{авар}} - \underline{I}1_{\text{предш}} \rvert$	0,2 кА	20% от $I_{ном}$
	$\uparrow \lvert \underline{I}_{\text{нагр.макс}} \rvert$	0,88 кА	20% от $I_{ном}$

Порог срабатывания по приращению тока I2 задаётся равным 10% от $I_{ном}$:

$$\Delta I2 = 0{,}1 \cdot I_{ном} = 0{,}1 \cdot 1\ кА = 0{,}1\ кА$$

Дополнительно контролируется превышение током I2 небаланса с коэффициентом отстройки 1,1, то есть $1{,}1 \cdot 1\ кА = 0{,}11\ кА$.

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Приращение I2 с контролем тока небаланса $I2_{нб}$	$\uparrow \lvert \underline{I}2_{авар} - \underline{I}2_{предш} \rvert$	0,1 кА	10% от $I_{ном}$
	$\uparrow \lvert \underline{I}2_{нб} \rvert$	0,11 кА	10% от $I_{ном}$

Порог срабатывания по приращению тока 3I0 задаётся равным 10% от $I_{ном}$:

$$\Delta 3I0 = 0{,}1 \cdot I_{ном} = 0{,}1 \cdot 1\ кА = 0{,}1\ кА$$

Дополнительно контролируется превышение током 3I0 небаланса с коэффициентом отстройки 1,1, то есть $1{,}1 \cdot 1\ кА = 0{,}11\ кА$.

Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
Приращение 3I0 с контролем тока небаланса $3I0_{нб}$	$\uparrow \lvert 3\underline{I}0_{авар} - 3\underline{I}0_{предш} \rvert$	0,1 кА	10% от $I_{ном}$
	$\uparrow \lvert 3\underline{I}0_{нб} \rvert$	0,11 кА	10% от $I_{ном}$

Пусковые органы, описанные в п.6.3 не вводятся, так как ПС, на которой устанавливается терминал, не является «тупиковой».

Полученные пороговые значения пусковых органов сведены в таблицу 9.2 в том виде, в которой она представлена в карте заказа.

Таблица 9.2 – Итоговая таблица пусковых органов ОМП

№		Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания	Значение по умолчанию
1	☑	Уменьшение фазных сопротивлений $Z_ф$ с контролем максимального тока нагрузки $I_{нагр.макс}$	$\downarrow \lvert \underline{Z}_{ф.авар} / \underline{Z}_{ф.предш} \rvert$	0,8 о.е.	0,8 о.е.
			$\uparrow \lvert \underline{I}_{нагр.макс} \rvert$	0,88 кА	20% от $I_{ном}$
2	☑	Превышение тока прямой последовательности I1	$\uparrow \lvert \underline{I}1 \rvert$	0,662 кА	20% от $I_{ном}$
3	☑	Превышение тока обратной последовательности I2	$\uparrow \lvert \underline{I}2 \rvert$	0,387 кА	20% от $I_{ном}$
4	☑	Превышение утроенного тока нулевой последовательности 3I0	$\uparrow \lvert 3\underline{I}0 \rvert$	0,11 кА	20% от $I_{ном}$
5	☑	Приращение I1 с контролем максимального тока нагрузки $I_{нагр.макс}$	$\uparrow \lvert \underline{I}1_{авар} - \underline{I}1_{предш} \rvert$	0,2 кА	20% от $I_{ном}$
			$\uparrow \lvert \underline{I}_{нагр.макс} \rvert$	0,88 кА	20% от $I_{ном}$
6	☑	Приращение I2 с контролем тока небаланса $I2_{нб}$	$\uparrow \lvert \underline{I}2_{авар} - \underline{I}2_{предш} \rvert$	0,1 кА	10% от $I_{ном}$
			$\uparrow \lvert \underline{I}2_{нб} \rvert$	0,11 кА	10% от $I_{ном}$
7	☑	Приращение 3I0 с контролем тока небаланса $3I0_{нб}$	$\uparrow \lvert 3\underline{I}0_{авар} - 3\underline{I}0_{предш} \rvert$	0,1 кА	10% от $I_{ном}$
			$\uparrow \lvert 3\underline{I}0_{нб} \rvert$	0,11 кА	10% от $I_{ном}$
8	☐	Уменьшение фазных напряжений $U_ф$ с контролем наличия напряжения $U_ф$	$\downarrow \lvert \underline{U}_{ф.авар} / \underline{U}_{ф.предш} \rvert$	-	0,87 о.е.
			$\uparrow \lvert \underline{U}_ф \rvert$	-	20% от $U_{ном}$

10 СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) (Издание седьмое).
2. СТО 34.01-4.1-001-2016 Устройства определения места повреждения воздушных линий электропередачи. Общие технические требования.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ФОРМА БЛАНКА ЗАДАНИЯ УСТАВОК

ООО «НПП Бреслер»

БЛАНК ЗАДАНИЯ УСТАВОК

определения места повреждения

БРЕСЛЕР-0107.090

Таблица 1 - Информация об аналоговых сигналах

№ Сигнала	Название	Ктр	Номинальное вторичное значение	Максимальное регистрируемое значение

Таблица 2 - Параметры осциллографирования

Параметр	Значение, с
Длительность записи доаварийного режима	
Ограничение длительности записи аварийного режима	
Длительность записи послеаварийного режима	

Таблица 3 - Основные параметры линии электропередачи

Наименование уставки	Значение уставки
Общие параметры	
Название линии электропередачи	
Тип ОМП	
Номинальное напряжение, кВ	
Количество режимов работы линии	
Количество отпаек	
Количество параллельных линий	
Длина линии, км	
Тип модели (базовая/режимная)	
Инверсия модели	
Наличие реакторов на ПС 1	
Суммарная мощность реакторов на ПС 1, МВА	
Наличие реакторов на ПС 2	
Суммарная мощность реакторов на ПС 2, МВА	
Глубина возврата тока через землю, м	
Температура окружающей среды, °С	
Сопротивление заземления грозозащитных тросов, Ом	
Параметры систем	
Сопротивление прямой последовательности системы ПС 1, Ом (комплексное значение)	
Сопротивление нулевой последовательности системы ПС 1, Ом (комплексное значение)	
Сопротивление прямой последовательности системы ПС 2, Ом (комплексное значение)	
Сопротивление нулевой последовательности системы ПС 2, Ом (комплексное значение)	
Сопротивление прямой последовательности обходной связи, Ом (комплексное значение)	
Сопротивление нулевой последовательности обходной связи, Ом	

Наименование уставки	Значение уставки
(комплексное значение)	
Параметры формульной функции ОМП	
Усредненное удельное сопротивление прямой последовательности линии, Ом (комплексное значение)	
Усредненное удельное сопротивление нулевой последовательности линии, Ом (комплексное значение)	
Параметры пусковых органов	
Режим фиксации КЗ	

Таблица 4 – Пусковые органы функции ОМП

№	Пусковой орган	Условие срабатывания	Порог срабатывания
1	Уменьшение фазных сопротивлений $Z_ф$ с контролем $I_{нагр.макс}$	↓ | $\underline{Z}_{ф.авар}$ / $\underline{Z}_{ф.нагр}$ |	
		↑ | $\underline{I}_{нагр.макс}$ |	
2	Превышение I1	↑ | $\underline{I}1$ |	
3	Превышение I2	↑ | $\underline{I}2$ |	
4	Превышение 3I0	↑ | $3\underline{I}0$ |	
5	Приращение I1 с контролем $I_{нагр.макс}$	↑ | $\underline{I}1_{авар} – \underline{I}1_{нагр}$ |	
		↑ | $\underline{I}_{нагр.макс}$ |	
6	Приращение I2 с контролем тока небаланса $I2_{нб}$	↑ | $\underline{I}2_{авар} – \underline{I}2_{нагр}$ |	
		↑ | $\underline{I}2_{нб}$ |	
7	Приращение 3I0 с контролем тока небаланса $3I0_{нб}$	↑ | $3\underline{I}0_{авар} – 3\underline{I}0_{нагр}$ |	
		↑ | $3\underline{I}0_{нб}$ |	
8	Уменьшение фазных напряжений $U_ф$ с контролем наличия напряжения $U_ф$	↓ | $\underline{U}_{ф.авар}$ / $\underline{U}_{ф.нагр}$ |	
		↑ | $\underline{U}_ф$ |	

Параметры модельной функции ОМП:

Основная линия:

Конструктивные параметры				
Тип участка	Тип опор	Тип провода	Тип троса	Заземление троса

Расчетные параметры			
Z1 уд		Z0 уд	
Y1 уд		Y0 уд	

Параллельные линии

Конструктивные параметры				
Тип опор	Тип провода	Тип троса	Заземление троса	Растояние до основной ВЛ, м

Расчетные параметры			
Z1 уд		Z0 уд	
Y1 уд		Y0 уд	
		Zm уд	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ КАРТЫ ЗАКАЗА МОДУЛЯ ОМП

Карта заказа модуля ОМП

1. Общие данные по линии электропередачи

Заказчик			
Наименование линии	ВЛ-220 кВ ПС 1 – ПС 2		
Номинальное напряжение, кВ	220		
Длина линии, км	50		
Тип модуля ОМП	√ односторонний	☐ двухсторонний	☐ многосторонний

Примечание – Многосторонний модуль ОМП доступен только при заказе программы определения места повреждения WinBres. При заказе терминала волнового ОМП двухсторонний модуль формируется автоматически.

2. Информация о регистрирующих устройствах по концам ЛЭП

№	Конец ЛЭП	Тип устройства	Обозначение или номера сигналов в устройстве (осциллограмме)					
			U_A	U_B	U_C	I_A	I_B	I_C
1	ПС 1	РАС Бреслер	1	2	3	9	10	11
2	ПС 2							
3								
4								

Примечание – В случае одностороннего ОМП тип устройства и информация о сигналах указываются для того конца ЛЭП, со стороны которого предполагается осуществлять локацию. Для остальных концов указываются только их названия.

3. Информация о системах по концам ЛЭП

Под эквивалентом системы подразумевается комплексное эквивалентное сопротивление части энергосистемы относительно рассматриваемого конца ЛЭП. В случае тупиковой подстанции следует указывать суммарное сопротивление трансформаторов и их нагрузок, либо приводить необходимую информацию в разделе 6.

Эквивалентные сопротивления систем могут быть заданы для нескольких режимов. Например, параметры для режима транзита мощности и отдельно параметры для режима разрыва транзита.

№	Конец ЛЭП	Режим работы	$\underline{Z}_1$[1], Ом		$\underline{Z}_0$[2], Ом	
			R	X	R	X
1	ПС 1	Нормальный режим	1,087	8,85	0,849	11,085
2	ПС 2	Нормальный режим	0,7	6,556	0,3	2,728

[1] $\underline{Z}_1$ – сопротивление прямой последовательности. [2] $\underline{Z}_0$ – сопротивление нулевой последовательности.

В модели может быть учтена обходная связь, под которой понимается любая связь между двумя системами.

Связываемые концы ЛЭП		Режим работы	$\underline{Z}_{1.обх}$, Ом		$\underline{Z}_{0.обх}$, Ом	
Конец 1	Конец 2		R	X	R	X

Примечание – При расчёте сопротивления прямой последовательности обходной связи $\underline{Z}_{1.обх}$ параллельные линии вносятся в обходную связь, а при расчёте нулевой последовательности $\underline{Z}_{0.обх}$ параллельные линии в обходную связь не включаются и рассматриваются отдельно.

4. Данные по участкам линии

№	Участок	Длина участка, м.	Конструктивные параметры ЛЭП			Расчетные параметрам ЛЭП			
			Тип опор[1]	Марка провода	Марка троса	$\underline{Z}_{1.уд}$[2], Ом/км		$\underline{Z}_{0.уд}$[3], Ом/км	
						R	X	R	X
1	1-участок	25000	У220-2	АС-300	ТК-50	0,107	0,4138	0,255	1,3183
2	2-участок	25000	У220-1	АС-300	ТК-50	0,107	0,4279	0,255	1,2899

[1] Если опора нестандартная, необходимо приложить рисунок опоры с указанием её геометрических размеров.
[2] $\underline{Z}_{1.уд}$ – удельное (погонное) сопротивление прямой последовательности.
[3] $\underline{Z}_{0.уд}$ – удельное (погонное) сопротивление нулевой последовательности.

Режим заземления грозозащитного троса линии

Способ заземления	Участок
Трос сплошной и заземлен на опорах (указать номера опор)	
Трос сплошной и заземлён только по концам линии	Трос сплошной и заземлён только по концам линии
Трос разрезан на анкерных опорах с включением разрядников в разрез и заземлением троса на анкерных опорах	

Примечание – Если ни один из перечисленных режимов не подходит, необходимо приложить схему заземления троса.

5. Данные по отпайкам

Под отпайкой подразумевается ответвление на линии и силовой трансформатор с нагрузкой.

Описание ответвлений

№	Отпайка	Расположение на ЛЭП[1], м.	Длина, м.	Конструктивные параметры ЛЭП			Расчетные параметрам ЛЭП			
				Тип опор	Марка провода	Марка троса	$\underline{Z}_{1.уд}$, Ом/км		$\underline{Z}_{0.уд}$, Ом/км	
							R	X	R	X
1	Ответвление – 1	25000	5000	У220-1	АС-300	ТК-50	0,107	0,4279	0,255	1,2899

[1] Под расположением понимается расстояние от левого конца ЛЭП до начала ответвления.

Режим заземления грозозащитного троса ответвлений

Способ заземления	Отпайка
Трос сплошной и заземлен на опорах (указать номера опор)	
Трос сплошной и заземлён только по концам линии	Трос сплошной и заземлён только по концам линии
Трос разрезан на анкерных опорах с включением разрядников в разрез и заземлением троса на анкерных опорах	

Параметры трансформаторов отпаек

№	Отпайка	Конструктивные параметры ЛЭП			Расчетные параметрам ЛЭП						
		Кол-во тр-ров	Тип трансформа-торов	Схема соединения обмоток[1]	Нагрузка[2]			$\underline{Z}_{1.нагр}$[3], Ом		$\underline{Z}_{0.нагр}$[4], Ом	
					$I_{нагр}$[5], А	$S_{нагр}$, МВА	$\cos\varphi$	R	X	R	X
1	Ответвление - 1	2	ТРДН-32000/220/3	Y0/D			0,8			3,875	95,0547

[1] Приняты следующие обозначения: Y0 - звезда с заземлённой нейтралью, Y - звезда с изолированной нейтралью, D - треугольник.
[2] Если данные по нагрузкам трансформаторов неизвестны, принимается усредненная загрузка $0{,}5S_{тр}$ и усредненный $\cos\varphi = 0{,}8$.
[3] $\underline{Z}_{1.нагр}$ - суммарное эквивалентное сопротивление трансформатора и нагрузки прямой последовательности.
[4] $\underline{Z}_{0.нагр}$ - суммарное эквивалентное сопротивление трансформатора и нагрузки нулевой последовательности. Если нейтраль нагрузки изолирована, то значение не указывается.
[5] $I_{нагр}$ - ток нагрузки, приведённый к высшей стороне.

6. Данные по параллельным линиям

Параллельные линии оказывают влияние на параметры нулевой последовательности, поэтому необходимо учесть индуктивную связь между различными ВЛ, проходящими рядом с рассматриваемой на расстоянии **до 500м**.

Параметры коридоров влияния

№	Параллельная линия	Начало коридора[1], м	Конец коридора[1], м	Ширина коридора, м	Конструктивные параметры ЛЭП			Расчетные параметрам ЛЭП							
					Тип опор	Марка провода	Марка троса	$\underline{Z}_{1.уд}$, Ом/км		$\underline{Z}_{0.уд}$, Ом/км		$\underline{Z}_{m.уд}$[2], Ом/км		$\underline{Z}_{0.нагр}$[3], Ом	
								R	X	R	X	R	X	R	X
1	ВЛ-220 ПС 1 – ПС 2	0	25000	На одной опоре	У220-2	АС-300	ТК-50	0,107	0,4138	0,255	1,3183	0,148	0,8286	0	1,6829

[1] Начало и конец коридора влияния указываются относительно линии, для которой формируется модуль ОМП.
[2] $\underline{Z}_{m.уд}$ – удельное (погонное) сопротивление взаимной индукции.
[3] $\underline{Z}_{0.нагр}$ – суммарное эквивалентное сопротивление нагрузки нулевой последовательности.

Режим заземления грозозащитного троса параллельных линий

Способ заземления	Параллельная линия
Трос сплошной и заземлен на опорах (указать номера опор)	
Трос сплошной и заземлён только по концам линии	Трос сплошной и заземлён только по концам линии
Трос разрезан на анкерных опорах с включением разрядников в разрез и заземлением троса на анкерных опорах	