
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-
29.120.70.196-2014**

**Методические указания по совместному применению
микропроцессорных устройств РЗА различных производителей
в составе дифференциально-фазных и направленных защит
с передачей блокирующих и разрешающих сигналов
для ЛЭП напряжением 110-220 кВ**

Стандарт организации

Дата введения: 30.12.2014

ОАО «ФСК ЕЭС»
2014

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним - ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации - ГОСТ Р 1.5-2004.

Сведения о стандарте организации

1. РАЗРАБОТАН: ОАО «ВНИИР».
2. ВНЕСЁН: Департаментом релейной защиты, метрологии и автоматизированных систем управления технологическими процессами, Департаментом инновационного развития.
3. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:
Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 30.12.2014 № 620.
4. СОГЛАСОВАН: с ОАО «СО ЕЭС» письмом от 10.12.2014 № Б12-І-3-19-15727.
5. ВВЕДЕН: ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент инновационного развития ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: yaga-na@fsk-ees.ru.

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения
ОАО «ФСК ЕЭС».

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение | 4 |
| 1 Область применения | 6 |
| 2 Термины, определения и сокращения | 8 |
| 2.1 Термины и определения | 8 |
| 2.2 Сокращения | 8 |
| 3 Методические указания по обеспечению совместимости полукомплектов ДФЗ..... | 9 |
| 3.1 Технические требования | 9 |
| 3.2 Базовая функциональная схема..... | 11 |
| 3.3 Методика расчета уставок..... | 12 |
| 4 Методические указания по обеспечению совместимости полукомплектов НВЧЗ.... | 13 |
| 4.1 Базовая функциональная схема..... | 13 |
| 4.2 Технические требования | 14 |
| 4.3 Методика расчета уставок..... | 14 |
| 5 Методические указания по обеспечению совместимости полукомплектов ВЧБ | 16 |
| 5.1 Базовая функциональная схема..... | 16 |
| 5.2 Технические требования | 17 |
| 5.3 Методика расчета уставок..... | 17 |
| 6 Методические указания по обеспечению совместимости полукомплектов ТУ | 19 |
| 6.1 Базовая функциональная схема..... | 19 |
| 6.2 Методика расчета уставок..... | 20 |
| 7 Методические указания по проверке ДФЗ | 22 |
| 8 Методические указания по проверке НВЧЗ и ВЧБ | 24 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А | 25 |
| Библиография..... | 31 |

Введение

В соответствии с [1] в качестве основной защиты ЛЭП напряжением 110-220 кВ, имеющих питание с двух или более сторон, как правило, применяются защиты с абсолютной селективностью, обеспечивающие отключение КЗ без выдержки времени по всей длине ЛЭП. Комплект защиты ЛЭП с абсолютной селективностью состоит из двух или более отдельных устройств - полуккомплектов, установленных по концам ЛЭП и связанных между собой каналом связи.

В качестве защит ЛЭП с абсолютной селективностью большое распространение получили ДФЗ и направленные защиты нескольких типов, обменивающиеся блокирующими или разрешающими сигналами.

Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики, аттестованные для применения в качестве полуккомплектов таких защит, производят несколько компаний, как отечественных, так и зарубежных. Давая разрешение на их применение, экспертная организация подразумевала, впрочем, так же как и производитель, что в качестве полуккомплекта на противоположной стороне ЛЭП установлено такое же устройство. Варианты совместного применения МП РЗА различных производителей в составе одной защиты не рассматривались.

Вместе с тем, на практике, при реконструкции и развитии электрической сети часто возникают ситуации, когда по тем или иным причинам целесообразно, чтобы с разных сторон линии были применены устройства различных производителей. Например, это может быть вызвано желанием, чтобы все МП РЗА в пределах одной подстанции были изготовлены одной компанией, что даёт определённые преимущества при выполнении АСУ ТП подстанции, облегчает обучение технического и оперативного персонала и обслуживание устройств. Кроме того, это может быть вызвано нежеланием собственника менять своё оборудование при замене оборудования на противоположном конце ЛЭП.

Настоящий стандарт разработан на основе результатов НИОКР и определяет пути и средства, с помощью которых может быть достигнута совместимость МП РЗА различных производителей, установленных в составе одного комплекта защиты на противоположных концах ЛЭП.

Результаты НИОКР показали, что для обеспечения совместимости защит различных производителей требуется внести изменения в алгоритмы представленных на испытания образцов защит. Существует необходимость введения стандарта на МП РЗА, которые принципиально возможно совместить на одной ЛЭП.

Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

- определен перечень устройств, обеспечить совместимость которых возможно с помощью мер указанных в настоящем стандарте;
- заданы базовые функциональные схемы и технические требования для каждого вида защиты, обеспечивающие их совместимость;

– заданы требования к настройке отдельных параметров, в основном выдержек времени, компенсирующих различия в быстродействии пусковых и измерительных органов защит различных производителей ценой увеличения времени срабатывания защит.

Сведения об исполнении (версии) МП РЗА, соответствующие требованиям настоящего стандарта, приводят в нормативной, справочной, эксплуатационной и сертификационной документации.

1 Область применения

1.1 Положения настоящего стандарта предназначены для применения организациями, занимающимися разработкой, поставкой, проектированием, наладкой и эксплуатацией микропроцессорных устройств РЗА.

1.2 Требования и указания настоящего стандарта распространяются на МП РЗА, выполняющие функции полуккомплектов следующих защит:

- дифференциально-фазной защиты – функционального аналога ДФЗ-201 [2], [3];
- направленной высокочастотной защиты – функционального аналога ПДЭ 2802 [4];
- высокочастотной защиты с блокировкой – функционального аналога ЭПЗ-1643 [2];
- телеускорения дистанционной защиты и токовой направленной защиты нулевой последовательности с использованием УПАСК.

1.3 Положения стандарта распространяются на защиты, использующие высокочастотные, оптоволоконные и проводные каналы связи между полуккомплектами с характеристиками приемопередающей аппаратуры, соответствующей требованиям разработчиков МП РЗА. Сокращение «ВЧ» применяется по тексту стандарта условно, чтобы отразить принадлежность термина или понятия, перед которым оно стоит, к обмену сигналами между полуккомплектами.

1.4 Настоящие методические указания распространяются на защиты, предназначенные для применения на ЛЭП напряжением 110-220 кВ за исключением линий:

- отходящих от атомных электростанций;
- оборудованных однофазным автоматическим повторным включением (ОАПВ);
- требующих применения органов манипуляции с компенсацией емкостных токов;
- требующих по условиям чувствительности применения пусковых органов, реагирующих на приращение токов, например, питающих тяговые подстанции с несимметричной нагрузкой.

1.5 Типы МП РЗА, наличие функций и возможность взаимной совместимости при выполнении настоящих методических указаний, перечислены в Таблице 1.

Таблица 1 Типы МП устройств

| Производитель | Тип МП устройства | Тип защиты | | | |
|--|--------------------|------------|------|-----|----|
| | | ДФЗ | НВЧЗ | ВЧБ | ТУ |
| ООО НПП «ЭКРА» | БЭ 2704 V081...084 | + | + | + | |
| | БЭ 2704 V085...088 | + | + | + | + |
| ООО «ИЦ Бреслер» | ТЛ 2604 | + | | | |
| | ТЛ 2607 | | + | | |
| | ТЛ 2606 | | | + | + |
| ЗАО «ЧЭАЗ» | БЭМП-ДФ3.01 | + | | | |
| | БЭМП-ДТ3.01 | | | | + |
| | БЭМП-ДТ3.02 | | | | + |
| | БЭМП-ДТ3.05 | | + | | |
| | БЭМП-ДТ3.07 | | | + | |
| ЗАО «РАДИУС Автоматика» | Сириус-3-ДФ3-01 | + | | | |
| | Сириус-3-ДФ3-02 | + | | | |
| | Сириус-3-ВЧ-01 | | + | | |
| | Сириус-3-ЛВ-02 | | | | + |
| ООО «ДжиИ Рус» | Multilin L60 | + | + | + | + |
| | Multilin D60, L90 | | + | + | + |
| ООО «АББ Силовые и Автоматизированные Системы» | REL670, RED670 | | + | + | + |
| ООО «Сименс» | 7SA52 | | | + | + |
| ЗАО «Альстом Грид» | MICOM P547 | + | + | + | + |

2 Термины, определения и сокращения

2.1 Термины и определения

Основная защита – быстродействующая защита, предназначенная для работы при всех видах КЗ в пределах всего защищаемого элемента.

Релейная защита – совокупность устройств, предназначенных для автоматического выявления коротких замыканий, замыканий на землю и других недопустимых режимов работы ЛЭП и оборудования, которые могут привести к их повреждению, отключения поврежденных и ликвидации недопустимых режимов работы ЛЭП и оборудования с помощью выключателей и других коммутационных аппаратов.

Релейная защита и автоматика (РЗА) – релейная защита, сетевая автоматика, противоаварийная автоматика, режимная автоматика, регистраторы аварийных событий и процессов, технологическая автоматика объектов электроэнергетики.

Телеускорение – уменьшение до минимально возможного (или другого заданного значения) времени срабатывания ступеней резервных защит от однофазных и междуфазных КЗ с использованием УПАСК.

2.2 Сокращения

АСУ ТП – автоматизированные системы управления технологическими процессами;

БК – блокировка при качаниях;

БНН – блокировка при неисправности цепей напряжения;

ВЧ – высокочастотный (передатчик, приемник, сигнал); ВЧБ – высокочастотная защита с блокировкой;

ТУ – телеускорение;

ДЗ – дистанционная защита;

ДФЗ – дифференциально-фазная защита;

КЗ – короткое замыкание;

ЛЭП – линия электропередачи;

МП РЗА – микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики;

НИОКР – научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа;

НВЧЗ – направленная высокочастотная защита;

ОМ – орган манипуляции;

ОСФ – орган сравнения фаз;

РАС – регистратор аварийных событий;

РЗА – релейная защита и автоматика;

ТНЗНП – токовая направленная защита нулевой последовательности;

ТТ – трансформатор тока;

ТУ_ДЗ – логика телеускорения дистанционной защиты;

ТУ_ТНЗНП – логика телеускорения токовой направленной защиты нулевой последовательности;

УПАСК – устройство передачи (приема) аварийных сигналов и команд.

3 Методические указания по обеспечению совместимости полукомплектов ДФЗ

3.1 Технические требования

3.1.1 Требования, приведенные ниже, распространяются на функцию ДФЗ, и на аппаратное обеспечение МП РЗА, на базе которого она реализована.

3.1.2 Основная погрешность преобразования периодической слагающей в каналах измерения переменного тока МП РЗА не должна превышать 15 % в диапазоне от 0,05 до 20 крат номинального тока при содержании в токе апериодической слагающей с амплитудой, равной амплитуде периодической слагающей и затухающей с постоянной времени до 100 мс.

3.1.3 Аналоговые фильтры, применяемые в каналах измерения тока, должны иметь частоту среза не менее 500 Гц.

3.1.4 В состав полукомплектов ДФЗ с обеих сторон защищаемой ЛЭП должны входить блокирующие токовые органы, осуществляющие пуск ВЧ передатчика, и отключающие токовые органы, осуществляющие подготовку цепи отключения, реагирующие на разность фазных токов I_L и ток обратной последовательности I_2 . Допускается использование токовых органов, реагирующих на ток прямой последовательности I_1 , взамен или в дополнение к органам, реагирующим на ток I_L .

3.1.5 Для подготовки цепи отключения при трехфазных КЗ в составе полукомплектов ДФЗ с обеих сторон защищаемой ЛЭП должно предусматриваться реле сопротивления, вводимое на заданное время при кратковременном срабатывании любого из отключающих органов, упомянутых в п. 4.1.4.

3.1.6 Воздействующей величиной токовых органов должно быть действующее значение составляющей основной частоты соответствующего тока.

3.1.7 Пусковые органы, не указанные в пунктах 4.1.4, 4.1.5, если таковые предусмотрены в МП РЗА, должны выводиться из работы.

3.1.8 Для правильного выбора уставок токовых органов обратной последовательности, в технической документации на МП РЗА должен указываться коэффициент γ_B , определяющий расчетную величину тока небаланса фильтра обратной последовательности от тока прямой последовательности при отклонении частоты от номинальной [5].

3.1.9 Время срабатывания блокирующих органов не должно превышать 15 мс при подаче толчком соответствующего тока от 0 до значения, превышающего уставку в 3 раза.

3.1.10 При возврате органов, осуществляющих пуск ВЧ передатчика, должно обеспечиваться продление пуска передатчика манипулированным сигналом на время (0,5-0,6) с.

3.1.11 Ток манипуляции i_M должен вычисляться как линейная комбинация симметричных составляющих токов прямой i_1 и обратной i_2 последовательностей, отнесенных к фазе «А», по выражению:

$$i_M = i_1/k + i_2.$$

3.1.12 Коэффициент манипуляции k должен регулироваться в диапазоне от 2 до 10 с шагом 1.

3.1.13 Расчет мгновенных значений симметричных составляющих i_1 и i_2 должен производиться по ортогональным составляющим i_d, i_q , полученным с помощью дискретного преобразования Фурье без частотной коррекции по выражениям:

$$\begin{aligned} i_{1k} &= \frac{1}{3} \left(i_{dak} - \frac{1}{2} i_{dbk} + \frac{\sqrt{3}}{2} i_{qbk} - \frac{1}{2} i_{dck} - \frac{\sqrt{3}}{2} i_{qck} \right); \\ i_{2k} &= \frac{1}{3} \left(i_{dak} - \frac{1}{2} i_{dbk} - \frac{\sqrt{3}}{2} i_{qbk} - \frac{1}{2} i_{dck} + \frac{\sqrt{3}}{2} i_{qck} \right); \\ i_{da(b,c)k} &= \frac{2}{N} \sum_{n=k-N}^{k-1} \left(i_{a(b,c)n} \cos \frac{2\pi n}{N} \right); \\ i_{qa(b,c)k} &= \frac{2}{N} \sum_{n=k-N}^{k-1} \left(i_{a(b,c)n} \sin \frac{2\pi n}{N} \right), \end{aligned}$$

где N - число выборок на период.

Минимальное число выборок на период – 20, рекомендуемое – не менее 40. Совместное применение устройств с разным числом выборок ($N_1 \neq N_2$) и $\text{Min}(N_1, N_2) < 40$ влечет за собой необходимость дополнительного замедления защиты в соответствии с п. 4.3.2.

3.1.14 Ширина импульсов на выходе органа манипуляции при токе манипуляции, превышающем ток срабатывания блокирующего органа обратной последовательности не менее чем в 10 раз, должна составлять (180 – 185)°. При снижении тока манипуляции до значения, равного току срабатывания блокирующего органа обратной последовательности, ширина импульсов должна увеличиваться на 5-15 % по отношению к ширине импульсов, измеренной при 10-кратном токе.

3.1.15 Отставание по времени импульсов манипуляции относительно отрицательных полувольт тока прямой или обратной последовательности в фазе А, должно соответствовать фазовому углу $60 \pm 5^\circ$ при частоте 50 Гц в диапазоне изменения тока манипуляции, указанному в п. 4.1.14 и не должно корректироваться при изменении частоты. При измерении времени отставания,

за точки отсчета следует принимать середины импульсов манипуляции и полуволн тока.

3.1.16 Рассчитанный в соответствии с п. 4.1.11 ток манипуляции и импульсный выходной сигнал органа манипуляции, сформированный в соответствии с пунктами 4.1.14, 4.1.15, должны входить в перечень сигналов, записываемых РАС, встроенным в МП РЗА.

3.1.17 ОСФ должен иметь алгоритм действия, обеспечивающий для однократной паузы в приеме ВЧ сигнала сравнение ее длительности со значением, соответствующим заданной грубой уставке угла блокировки $\Phi_{БЛ1}$. Для двух и более пауз в приеме ВЧ сигнала ОСФ должен обеспечивать сравнение средней относительной продолжительности пауз со значением, соответствующим заданной чувствительной уставке угла блокировки $\Phi_{БЛ2}$. Возможны и другие исполнения ОСФ, где время его действия зависит от ширины пауз в ВЧ сигнале.

3.2 Базовая функциональная схема

3.2.1 Базовая функциональная схема, представленная в приложении А на рис. А1, содержит:

- блокирующий ($I_{2_БЛ}$) и отключающий ($I_{2_ОТ}$) токовые органы обратной последовательности;
- блокирующий ($I_{Л_БЛ}$) и отключающий ($I_{Л_ОТ}$) органы, реагирующие на разность фазных токов;
- отключающий дистанционный орган ($Z_{ОТ}$);
- ОМ;
- ОСФ;
- логика замедления (ЛЗ), вводящая при внешних КЗ выдержку времени на срабатывание защиты Т2, если в течение заданного промежутка времени Т1 после запуска ОСФ не произойдет его срабатывания.
- логические элементы (D1 – D10) и таймеры (Т3 – Т6).

Таймер Т3 задает выдержку времени на срабатывание при использовании полуккомплектов с разным числом выборок (п. 4.1.13).

Таймер Т4 с выдержкой времени на возврат задает минимальную длительность сигнала на отключение выключателя.

Таймер Т5 определяет задержку на пуск ОСФ.

Логика, построенная на элементах D6 – D9 и таймерах Т6, Т7 обеспечивает ввод на заданное время дистанционного органа $Z_{от}$. С помощью указанной логики предотвращается ложное срабатывание защиты из-за возможного срабатывания органа $Z_{от}$ при неисправности цепей напряжения.

Логика, включающая логические элементы D11, D12 и таймер Т8, обеспечивает продление пуска передатчика после отключения внешнего КЗ и его быстрый останов после срабатывания ДФЗ или УРОВ.

3.2.2 При использовании защиты на ЛЭП с отпайкой без установки комплекта на отпаечной подстанции в соответствии с [5] должны применяться специальные измерительные органы, контролирующие цепь отключения и обеспечивающие отстройку защиты от КЗ за трансформатором отпайки и от броска тока намагничивания трансформатора отпайки (рис. А1 не показаны, т.к. работают автономно и не влияют на совместимость полуккомплектов).

3.3 Методика расчета уставок

3.3.1 Значение грубой уставки угла блокировки $\varphi_{БЛ1}$ рекомендуется принимать равной 90° . Значение чувствительной уставки угла блокировки $\varphi_{БЛ2}$ следует принимать в соответствии с действующими методиками, указанными в п. 4.3.3.

3.3.2 Значения выдержек времени таймеров базовой схемы ДФЗ, представленной на рис. А1, следует задавать в зависимости от числа выборок за период (N_1, N_2), используемых полуккомплектами при расчете тока манипуляции с каждой из сторон ЛЭП, в соответствии с указаниями, приведенными в Таблице 2.

Таблица 2 Значения выдержек времени, с

| Обозначение таймера | $N_1=N_2$ | $N_1 \neq N_2$ |
|---------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| | или $\text{Min}(N_1, N_2) \geq 40$ | и $\text{Min}(N_1, N_2) < 40$ |
| T1 | 0,05 | 0,05 |
| T2 | 0,035 | 0,02 |
| T3 | 0,005 | 0,02 |
| T5 | 0,02 | 0,02 |

3.3.3 Расчет остальных уставок защиты должен производиться по действующим методикам [6], [7], [8] и рекомендациям изготовителей и поставщиков МП РЗА [9], [10], [11].

4 Методические указания по обеспечению совместимости полукомплектов НВЧЗ

4.1 Базовая функциональная схема

4.1.1 Базовая функциональная схема, включающая цепи и элементы составляющие основу логики НВЧЗ, представлена в Приложении А, рис. А2.

Схема содержит:

- блокирующий ($I_{2_БЛ}$) и отключающий ($I_{2_ОТ}$) токовые органы обратной последовательности;
- блокирующий ($U_{2_БЛ}$) и отключающий ($U_{2_ОТ}$) органы напряжения обратной последовательности;
- блокирующий ($Z_{БЛ}$) и отключающий ($Z_{ОТ}$) дистанционные органы;
- отключающий токовый орган обратной последовательности с торможением от тока прямой последовательности ($I_{2_ОТ}^T$);
- направленный измерительный орган мощности обратной последовательности ($M_{2_ОТ}$);
- органы БК и БНН;
- логические элементы и таймеры.

4.1.2 Таймер Т4 обеспечивает выдержку времени на подготовку цепи отключения после срабатывания отключающих органов. Выдержка необходима для компенсации возможного запаздывания в получении блокирующего сигнала с противоположной стороны ЛЭП.

4.1.3 Таймеры Т1, Т2 и логический элемент D5 реализуют логику блокировки при реверсе тока, активизирующую задержку на снятие блокирующего сигнала Т2 если его длительность перед этим превысила выдержку времени, установленную на таймере Т1.

4.1.4 Таймер Т5 задает постоянную выдержку времени на срабатывание, вводимую, например, для отстройки от возможных кратковременных пропаданий блокирующего сигнала, которые могут быть вызваны изменением вида КЗ или насыщением трансформаторов тока в период времени до активизации продления блокирующего сигнала логикой реверса тока.

4.1.5 Таймер Т3 с выдержкой времени на возврат задает минимальную длительность сигнала на пуск ВЧ передатчика.

4.1.6 При использовании защиты на ЛЭП с отпайкой без установки комплекта на отпаечной подстанции должны применяться специальные измерительные органы, аналогичные описанным в п. 4.2.2, контролирующие цепь отключения и обеспечивающие отстройку защиты от КЗ за

трансформатором отпайки и от броска тока намагничивания трансформатора отпайки (рис. А2 не показаны).

4.2 Технические требования

4.2.1 Для обеспечения устойчивой работы защиты при междуфазных КЗ, сопровождающихся насыщением ТТ, необходимо исключить блокирование междуфазных дистанционных органов при одновременном появлении тока нулевой последовательности и отсутствии напряжения нулевой последовательности.

4.2.2 Для предотвращения срабатывания отключающих дистанционных органов при качаниях допускается применение БК двух типов:

- 1) разрешающей работу дистанционных органов при появлении (хотя бы кратковременном) тока I_2 или аварийных составляющих токов DI_1, DI_2 ;
- 2) запрещающей работу дистанционных органов при плавном изменении величины сопротивления.

В полуккомплектах на противоположных сторонах ЛЭП может применяться БК как одного, так и разного типа.

4.3 Методика расчета уставок

4.3.1 Выдержку времени таймера T4 следует устанавливать одинаковую для всех устройств, равную 15 мс.

4.3.2 Выдержку времени таймера T5 следует устанавливать индивидуально для каждого типа устройства в соответствии со значениями, указанными в Таблице 3.

Таблица 3 Уставка таймера T5, мс

| Тип устройства | Тип устройства на противоположной стороне линии | | | | | |
|----------------|---|--------|-------------|----------------|----------------|---------------|
| | БЭ2704 | ТЛ2607 | БЭМП-ДТЗ.05 | Сириус-3-ВЧ-01 | REL670, RED670 | D60, L60, L90 |
| БЭ2704 | | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| ТЛ2607 | 25 | | 25 | 35 | 25 | 35 |
| БЭМП-ДТЗ.05 | 15 | 15 | | 25 | 25 | 25 |
| Сириус-3-ВЧ-01 | 0 | 0 | 0 | | 10 | 20 |
| REL670 | 20 | 15 | 20 | 25 | | 30 |
| D60 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | |

4.3.3 Расчет остальных уставок защиты должен производиться с учетом действующей методики [7] и рекомендаций изготовителей и поставщиков МП РЗА [12], [13], [14], [15].

5 Методические указания по обеспечению совместимости полукомплектов ВЧБ

5.1 Базовая функциональная схема

В настоящих методических указаниях рассмотрены два варианта функциональной схемы полукомплекта ВЧБ. На одной и той же ЛЭП возможно применение полукомплектов защиты, выполненных как по одинаковому, так и по разным вариантам.

5.1.1 Базовая функциональная схема логики ВЧБ с ненаправленным пуском ВЧ передатчика (вариант 1) представлена в Приложении А, рис. А3.

Ненаправленный пуск передатчика и посылку блокирующего сигнала осуществляют:

- при КЗ на землю - орган тока нулевой последовательности $I_{0_БЛ}$;
- при междуфазных КЗ - органы приращения тока прямой и обратной последовательности, входящие в состав БК.

Продление пуска передатчика после возврата органов $I_{0_БЛ}$ и БК обеспечивают таймеры Т1 и Т2 соответственно.

Подготовку цепи отключения осуществляют:

- при КЗ на землю - орган тока нулевой последовательности $I_{0_ОТ}$, отстроенный от броска тока намагничивания с помощью выдержки времени ТЗ, и орган направления мощности нулевой последовательности $M_{0_ОТ}$;
- при междуфазных КЗ - дистанционный орган $Z_{ОТ}$, направленный в сторону защищаемой ЛЭП. Несрабатывание органа $Z_{ОТ}$ при качаниях и неисправности цепей напряжения обеспечивает орган БК.

Таймер Т4 вносит задержку в цепь останова передатчика от отключающих органов и в цепь отключения выключателя, таймер Т5 – только в цепь отключения.

Таймер Т6 с выдержкой времени на возврат задает минимальную длительность сигнала на отключение выключателя.

5.1.2 Базовая функциональная схема логики ВЧБ с направленным пуском ВЧ передатчика (вариант 2) представлена в Приложении А, рис. А4.

Ненаправленный пуск передатчика и посылку блокирующего сигнала осуществляют:

- при КЗ на землю - орган тока нулевой последовательности $I_{0_БЛ}$;
- при междуфазных КЗ - дистанционный орган $Z_{БЛ}$, направленный в третий квадрант «за спину» и охватывающий начало координат;

Продление пуска передатчика после возврата органов $I_{0_БЛ}$ и $Z_{БЛ}$ обеспечивают таймеры, Т1 и Т2 соответственно.

Подготовку цепи отключения осуществляют:

– при КЗ на землю - орган тока нулевой последовательности I_{0_OT} , отстроенный от броска тока намагничивания с помощью выдержки времени ТЗ, и орган направления мощности нулевой последовательности M_{0_OT} ;

– при междуфазных КЗ – дистанционный орган Z_{OT} , направленный в сторону защищаемой ЛЭП. Несрабатывание органа Z_{OT} при качаниях и неисправности цепей напряжения обеспечивают органы БК и БНН соответственно.

Таймер Т4 вносит задержку в цепь останова передатчика от отключающих органов и в цепь отключения выключателя, таймер Т5 – только в цепь отключения.

Таймер Т6 с выдержкой на возврат задает минимальную длительность сигнала на отключение выключателя.

5.2 Технические требования

5.2.1 Чтобы обеспечить устойчивую работу защиты при междуфазных КЗ, сопровождающихся насыщением ТТ, необходимо исключить блокирование междуфазных дистанционных органов при одновременном появлении тока нулевой последовательности и отсутствии напряжения нулевой последовательности.

5.2.2 Для предотвращения срабатывания отключающих дистанционных органов при качаниях допускается применение БК двух типов:

- 1) разрешающей работу дистанционных органов при появлении (хотя бы кратковременном) тока I_2 или аварийных составляющих токов DI_1, DI_2 ;
- 2) запрещающей работу дистанционных органов при плавном изменении величины сопротивления.

В первом случае, специального блокирования дистанционных органов при неисправности цепей напряжения не требуется, орган БНН действует на сигнал. Во втором случае, орган БНН блокирует дистанционный орган совместно с БК.

В полуккомплектах на противоположных сторонах ЛЭП может применяться БК как одного, так и разного типа.

5.3 Методика расчета уставок

5.3.1 Выдержку времени таймера Т5 следует устанавливать одинаковую для всех устройств, равную 15 мс.

5.3.2 Выдержку времени таймера Т4 следует устанавливать в соответствии со значениями, указанными в Таблице 4.

Таблица 4 Уставка таймера T4, мс

| Тип устройства | Устройство на противоположной стороне линии | | | | |
|----------------|---|--------|-------------|----------------|---------------|
| | БЭ2704 | ТЛ2606 | БЭМП-ДТЗ.07 | REL670, RED670 | D60, L60, L90 |
| БЭ2704 | | 55 | 45 | 45 | 60 |
| ТЛ2606 | 35 | | 40 | 50 | 55 |
| БЭМП-ДТЗ.07 | 35 | 50 | | 45 | 55 |
| REL670 | 40 | 50 | 40 | | 60 |
| D60 | 35 | 45 | 40 | 45 | |

5.3.3 Расчет остальных уставок защиты должен производиться по действующим методикам [7], [16] и рекомендациям изготовителей и поставщиков МП РЗА [14], [17], [18].

6 Методические указания по обеспечению совместимости полукомплектов ТУ

6.1 Базовая функциональная схема

6.1.1 Базовая функциональная схема, представленная в Приложении А, рис. А6, состоит из двух независимых частей: логики ТУ_ДЗ и логики ТУ_ТНЗНП.

6.1.2 Логика ТУ_ДЗ формирует сигнал ускорения «Пуск ТУ_ДЗ», передаваемый на противоположный конец ЛЭП, и сигнал отключения «Откл ТУ_ДЗ» при получении сигнала ускорения «Прием ТУ_ДЗ» с противоположного конца ЛЭП. Сигнал «Пуск ТУ_ДЗ» формируется при срабатывании прямо направленных дистанционных органов 1-й ступени, охватывающей часть защищаемой линии (Z_{OT1}) или 2-й ступени, охватывающей всю защищаемую ЛЭП (Z_{OT2}). Выбор ступени осуществляется переключателем Р1. Формирование сигнала отключения контролируется 2-й ступенью ДЗ. В случае, если для формирования сигнала ускорения используется орган Z_{OT2} , должна использоваться блокировка при реверсе тока, состоящая из обратно направленного дистанционного органа ($Z_{БЛ}$) и таймеров Т2, Т3. Таймер Т3 обеспечивает продление блокирующего сигнала, если он непрерывно существовал в течение времени, большего уставки таймера Т2.

6.1.3 Логика ТУ_ТНЗНП формирует сигнал ускорения «Пуск ТУ_ТНЗНП», передаваемый на противоположный конец ЛЭП, и сигнал отключения «Откл ТУ_ТНЗНП» при получении сигнала ускорения «Прием ТУ_ТНЗНП» с противоположного конца ЛЭП. Сигналы «Пуск ТУ_ДЗ» и «Откл ТУ_ДЗ» формируются при срабатывании токовых органов 3-й (I_0_{OT3}) или 4-й ступени (I_0_{OT4}), охватывающих всю защищаемую ЛЭП, и органа направления мощности нулевой последовательности прямой направленности (M_0_{OT}). Выбор зоны осуществляется переключателем Р2. Для предотвращения излишних срабатываний при каскадном отключении внешних КЗ на параллельных связях используется блокировка при реверсе тока, состоящая из обратно направленного органа направления мощности нулевой последовательности и таймеров Т5, Т6. Таймер Т6 обеспечивает продление блокирующего сигнала, если он непрерывно существовал в течение времени, большего уставки таймера Т5.

6.1.4 Таймеры Т1, Т7 обеспечивают продление сигналов ускорения на время, необходимое для их надежной передачи на противоположный конец (зависит от характеристик аппаратуры связи).

6.1.5 Таймеры Т4, Т8 позволяют задать, если требуется, выдержки времени действия на отключение от ДЗ и ТНЗНП.

6.2 Методика расчета уставок

6.2.1 Выдержки времени таймеров Т2, Т5 следует устанавливать одинаковыми для всех устройств, равными 50 мс.

6.2.2 Необходимость введения различных выдержек времени для разных сочетаний устройств вызвана различиями в быстродействии пусковых и измерительных органов. При работе приемников в режиме отслеживания команд, выдержки времени таймеров Т3, Т6 следует устанавливать в соответствии со значениями, указанными в Таблицах 5 и 6 соответственно. При работе приемников в режиме запоминания команд, выдержки времени следует устанавливать по условию их согласования с временем запоминания, но не менее, указанных в Таблицах 5 и 6.

Таблица 5 Уставки таймера Т3, мс

| Тип устройства | Устройство на противоположной стороне линии | | | | | |
|----------------|---|--------|-------|-------------------|------------------|--------------------|
| | БЭ2704 | ТЛ2606 | 7SA52 | REL670, RED670 | D60, L60, L90 | Сириус-3- ЛВ-02 |
| БЭ2704 | | * | * | * | * | * |
| ТЛ2606 | * | | 60 | 60 | 60 | 90 |
| 7SA52 | * | 55 | | 60 | 60 | 90 |
| REL670 | * | 45 | 45 | | 45 | 75 |
| D60 | * | 55 | 55 | 55 | | 80 |
| Сириус-3-ЛВ-02 | * | 45 | 45 | 45 | 45 | |

*) В устройстве БЭ 2704 при формировании сигнала «Пуск ТУ ДЗ» используется первая ступень ДЗ, охватывающая часть защищаемой линии, и отсутствует логика реверса тока. Аналогичная схема ТУ ДЗ должна применяться с противоположной стороны ЛЭП.

Таблица 6 Уставка таймера Т6, мс

| Тип устройства | Устройство на противоположной стороне линии | | | | | |
|----------------|---|--------|-------|-------------------|------------------|--------------------|
| | БЭ2704 | ТЛ2606 | 7SA52 | REL670, RED670 | D60, L60, L90 | Сириус- 3-ЛВ-02 |
| БЭ2704 | | 10 | 10 | 20 | 20 | 60 |
| ТЛ2606 | 10 | | 10 | 20 | 20 | 60 |
| 7SA52 | 0 | 0 | | 10 | 10 | 50 |
| REL670 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 45 |
| D60 | 0 | 0 | 0 | 10 | | 50 |
| Сириус-3-ЛВ-02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

6.2.3 Расчет уставок ускоряемых ступеней защит должен производиться по действующим методикам [19], [20] и рекомендациям изготовителей и поставщиков МП РЗА [14], [18], [21], [22].

7 Методические указания по проверке ДФЗ

7.1 Основную погрешность преобразования периодической слагающей в каналах измерения переменного тока (п. 4.1.2) проверяют подачей на входные зажимы устройства тока от испытательной установки, например РЕТОМ-51, в соответствии с выражением:

$$i = 20 \cdot \sqrt{2} \cdot [\text{SIN}(100 \cdot \pi \cdot t - \pi/2) + \text{EXP}(-t/0,1)].$$

Затем, по осциллограмме, записанной встроенным регистратором МП РЗА, расчетным путем через каждые 10 мс процесса в диапазоне от 0,02 с до 0,3 с методом дискретного преобразования Фурье с окном 20 мс определяют амплитуду составляющей 50 Гц. Погрешность определяют как разность между наименьшим значением амплитуды и значением при $t=0,3$ с.

7.2 Частоту среза аналоговых фильтров (п. 4.1.3) проверяют снятием амплитудно-частотной характеристики в диапазоне частот от 50 до 500 Гц при подаче на входные зажимы устройства тока синусоидальной формы от испытательной установки, с контролем величины сигнала на выходе фильтров по методике завода-изготовителя. Значение выходного сигнала должно монотонно снижаться при повышении частоты не более чем на 30 %.

7.3 Проверку логики работы и временных параметров (пункты 4.1.4, 4.1.5, 4.1.7, 4.1.9, 4.1.10) производят подачей токов и напряжений на входные зажимы устройства от испытательной установки, по методике заводов изготовителей.

7.4 Проверку воздействующей величины токовых органов (п. 4.1.6) производят подачей на входные зажимы устройства от испытательной установки, токов, содержащих составляющие 50, 100, 150 и 250 Гц. Наличие гармонических составляющих не должно влиять на величину тока основной частоты, замеренную в момент срабатывания органа.

7.5 Проверку коэффициента манипуляции (п. 4.1.12) производят поочередной подачей на входные зажимы устройства токов прямой и обратной последовательности от испытательной установки, по методике заводов изготовителей.

7.6 Проверку адекватности реализации в устройстве алгоритма расчета тока манипуляции (пункты 4.1.11, 4.1.13) производят путем сравнения импульсной характеристики с эталонной. Импульсную характеристику снимают подачей в фазы В и С разнополярных импульсов тока синусоидальной формы длительностью 10 мс с контролем отклика ОМ в виде импульса тока манипуляции. Эталонная осциллограмма при $kM = 5$, включающая каналы входных токов (i_a , i_b , i_c) и тока манипуляции (i_{man}), показана на рис. 1. Импульс тока манипуляции должен иметь положительный и отрицательный экстремумы, достигаемые в моменты времени 0,01 с и 0,02 с (с допустимым отклонением ± 1 мс). По абсолютному значению экстремумы должны составлять 0,23 от амплитудного значения импульсов входных токов с допустимым отклонением ± 5 %.

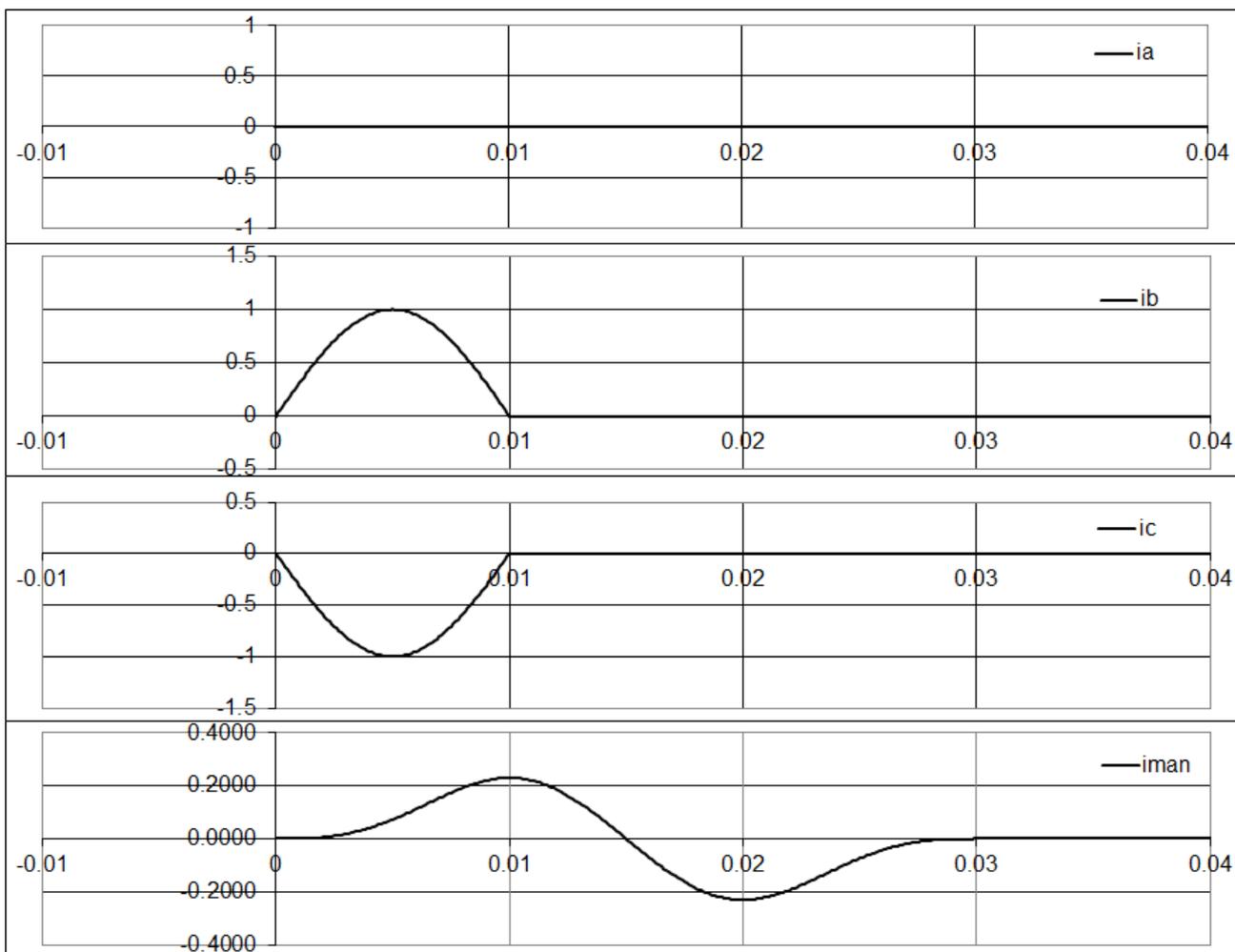


Рис.1 Эталонная осциллограмма тока манипуляции

7.7 Проверку ширины и угла отставания импульсов манипуляции (пункты 4.1.14, 4.1.15) производят подачей тока в фазу А на входные зажимы МП РЗА от испытательной установки, фиксируя внешним регистратором аварийных событий с разрешающей способностью не хуже 0,1мс входное воздействие и сигнал управления (манипуляции) передатчиком. Должны быть приняты меры, разрешающие формирование сигнала управления передатчиком без срабатывания блокирующих органов защиты

7.8 Характеристики органа сравнения фаз (п. 4.1.17) проверяют по методике завода изготовителя.

8 Методические указания по проверке НВЧЗ и ВЧБ

8.1 Отсутствие блокирования дистанционных органов (пункты 5.2.1, 6.2.1) с уставкой по оси реактивных сопротивлений равной $X1$, проверяют подачей токов и напряжений на входные зажимы МП РЗА от испытательной установки.

На входы напряжения подают трехфазную систему напряжений прямой последовательности:

$$u_A = U \cdot \sin(\omega t);$$

$$u_B = U \cdot \sin(\omega t - 2 \cdot \pi/3);$$

$$u_C = U \cdot \sin(\omega t + 2 \cdot \pi/3).$$

На входы тока подают трехфазную систему токов, содержащую составляющие прямой и нулевой последовательностей:

$$i_A = 0;$$

$$i_B = 2,1 \cdot U/X1 \cdot \sin(\omega t + 2 \cdot \pi/3);$$

$$i_C = 2,1 \cdot U/X1 \cdot \sin(\omega t + \pi/3).$$

**Функциональные схемы высокочастотных защит линий
электропередачи напряжением 110 – 220 кВ**

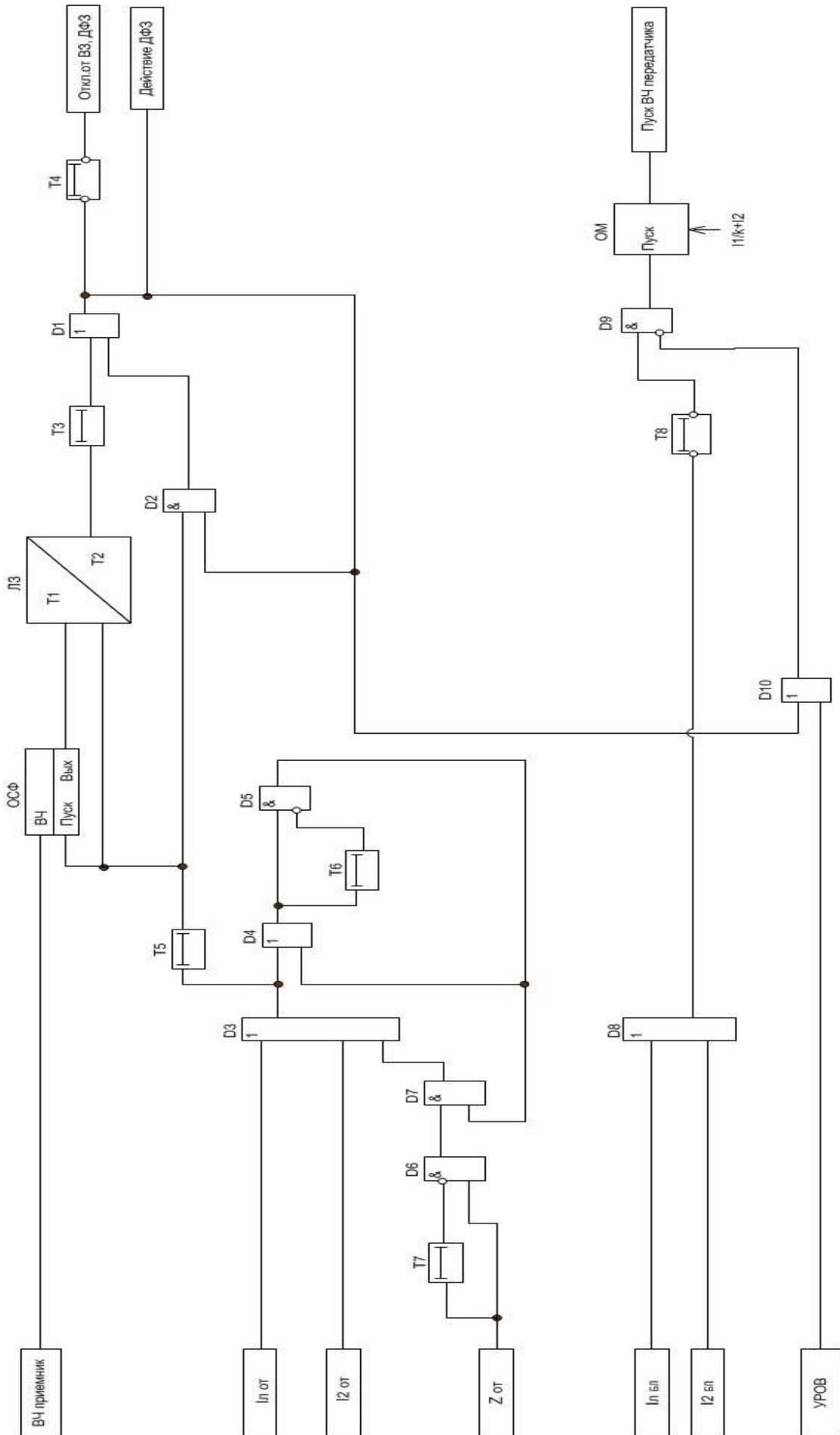


Рисунок А1. Базовая функциональная схема ДФЗ

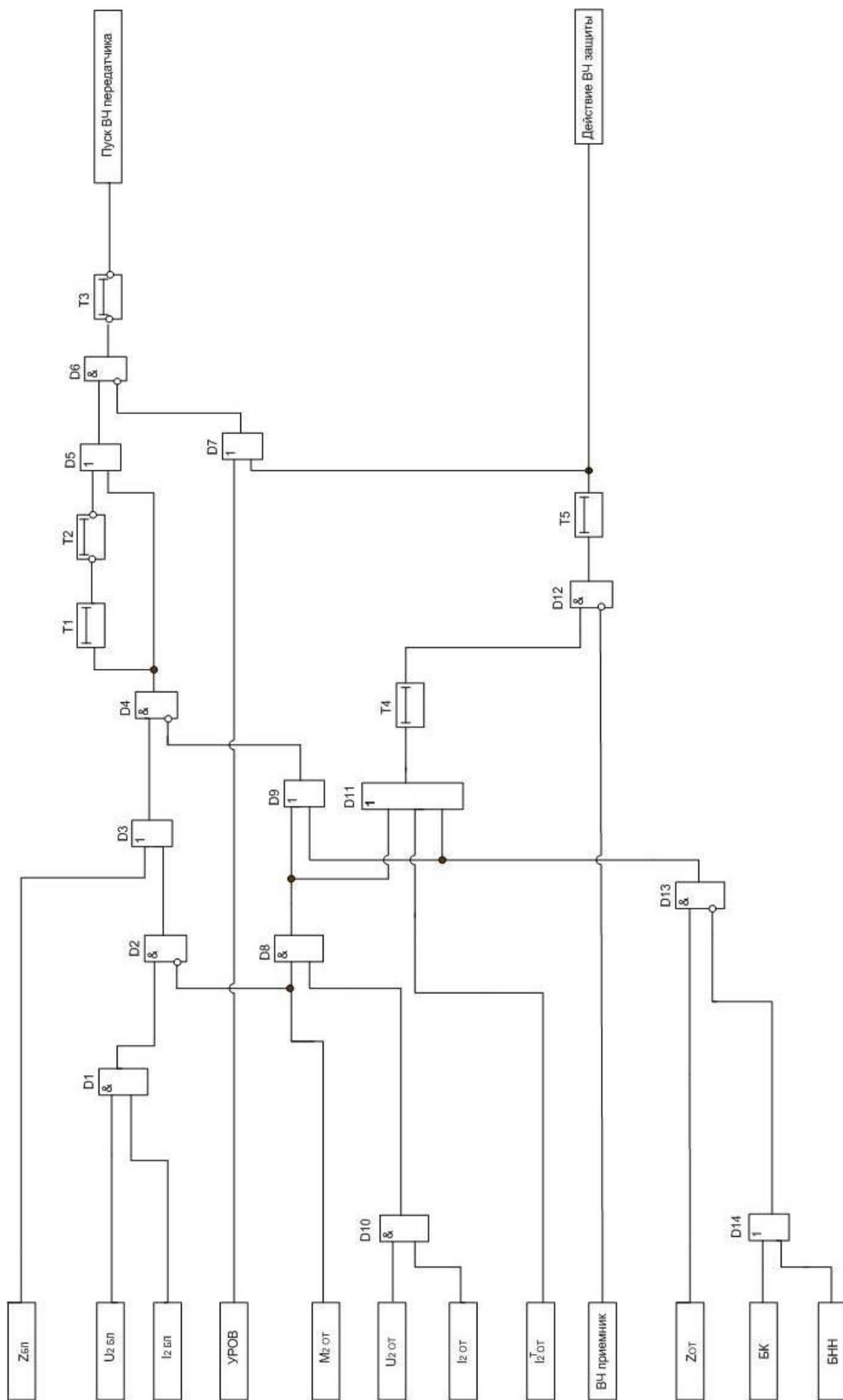


Рисунок А2. Базовая функциональная схема НВЧЗ

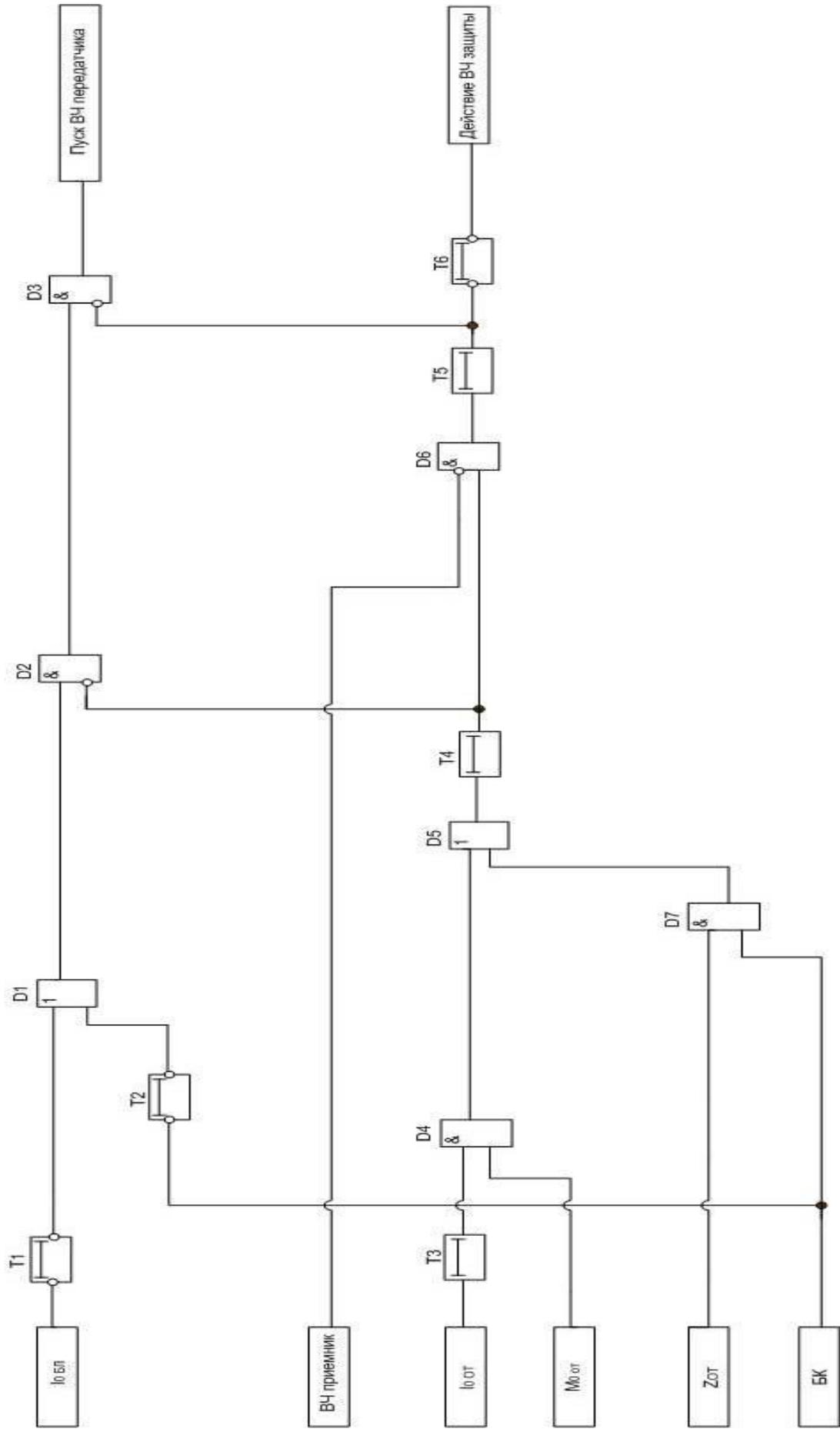


Рисунок А3. Базовая функциональная схема ВЧБ (Вариант 1)

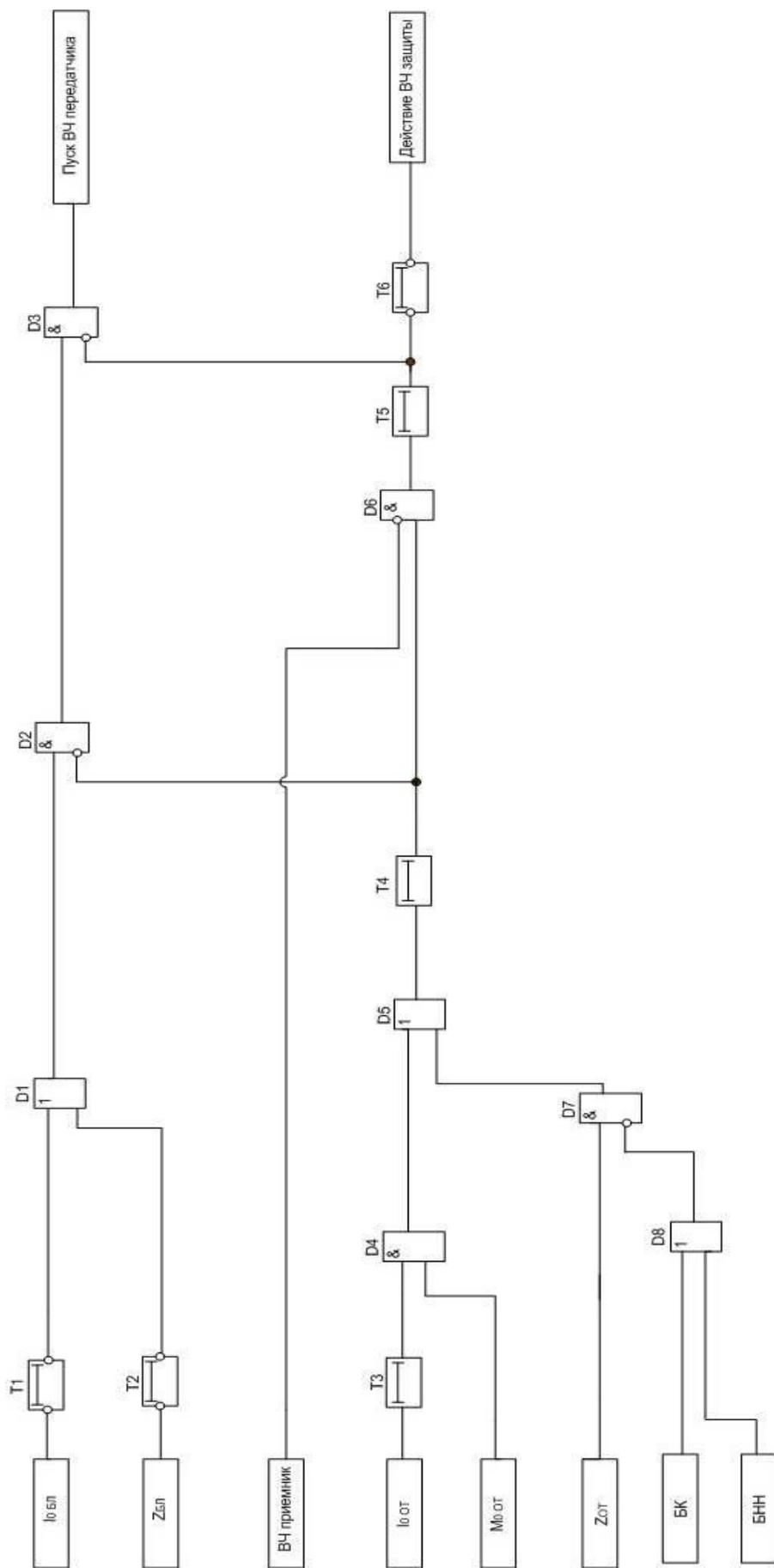


Рисунок А4. Базовая функциональная схема ВЧБ (Вариант 2)

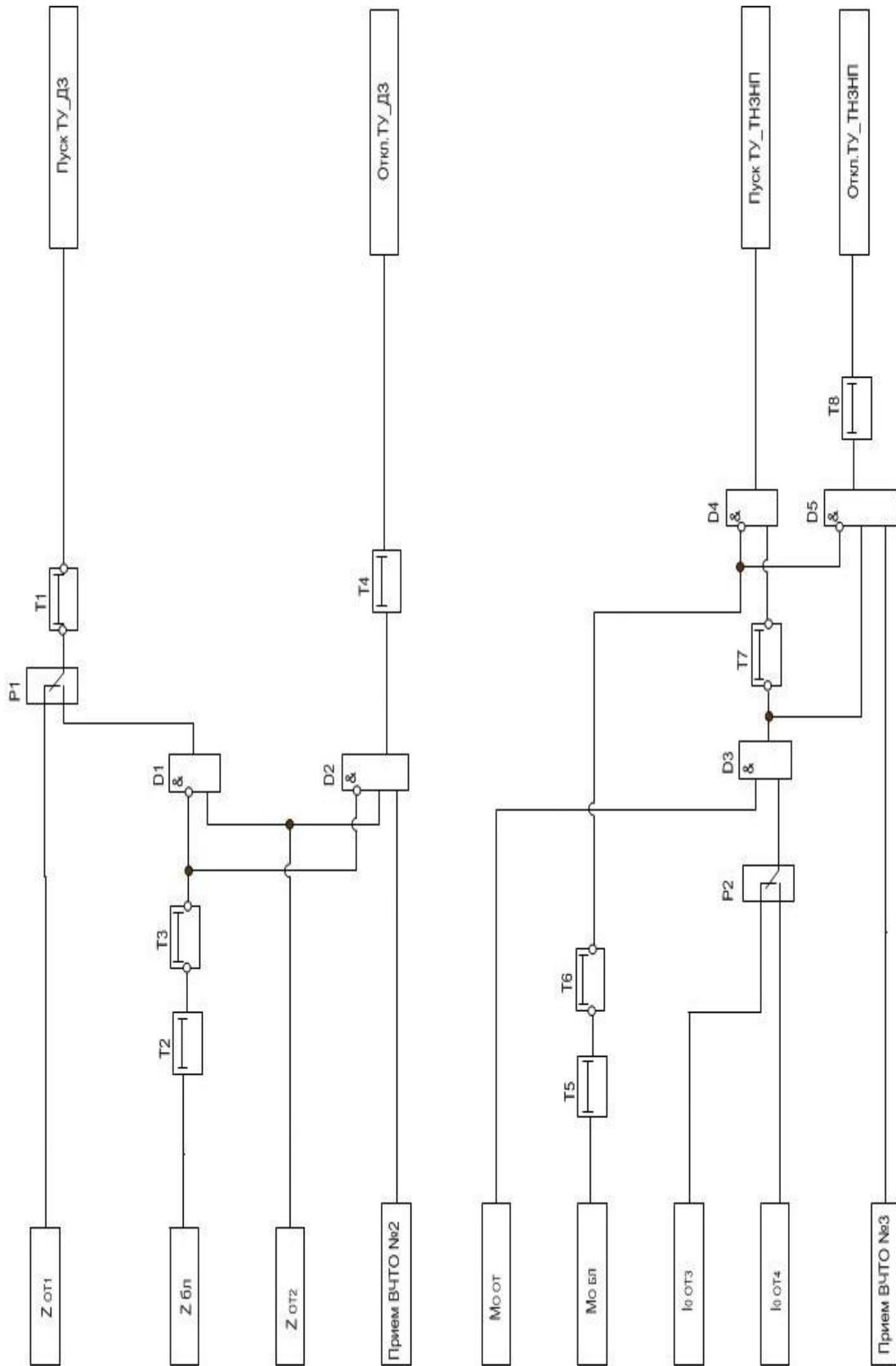


Рисунок А5. Базовая функциональная схема ТУ

Библиография

1. СТО 56947007-29.240.10.028-2009 Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750кВ (НТП ПС), ОАО «ФСК ЕЭС».
2. Будаев М.И. Высокочастотные защиты линий 110 – 220 кВ. Москва, «Энергоатомиздат», 1989.
3. МУ 34-70-002-82 Методические указания по наладке и эксплуатации дифференциально-фазных защит ДФЗ-504 и ДФЗ-201.
4. СО 34.35.656 Методические рекомендации по техническому обслуживанию направленной высокочастотной защиты ПДЭ-2802. Москва, СПО ОРГРЭС, 1993.
5. Фабрикант В.Л., Глухов В.П. и др. Элементы автоматических устройств. Москва, Высшая школа, 1981.
6. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 9. Дифференциально-фазная защита линий 110 – 330 кВ. М., «Энергия», 1972.
7. СТО 56947007-29.120.70.032-2009 Методические указания по выбору параметров срабатывания дифференциально-фазной и высокочастотной микропроцессорных защит сетей 220 кВ и выше, устройств АПВ сетей 330 кВ и выше производства ООО НПП «ЭКРА», ОАО «ФСК ЕЭС».
8. СТО 56947007-29.120.70.031-2009 Методические указания по выбору параметров срабатывания дифференциально-фазной защиты производства GE Multilin (L60), ОАО «ФСК ЕЭС».
9. Методические указания к расчету уставок дифференциально-фазной защиты линии 110-220кВ на базе микропроцессорного блока серии БЭМП ДФЗ, ЗАО «ЧЭАЗ», 2010.
10. Рекомендации по выбору уставок защит устройства «Сириус-3-ДФЗ», ЗАО «РАДИУС автоматика», 2009.
11. Микропроцессорная защита линии 110-220 кВ типа «Бреслер ШЛ 2604», Рекомендации по расчету уставок АИПБ.656467.001-04 РРУ v13.1, ООО «ИЦ Бреслер», 2013.
12. Рекомендации по выбору уставок защит устройства «Сириус-3-ВЧ-01», ЗАО «РАДИУС автоматика», 2010.
13. Микропроцессорная защита линии 110-330 кВ типа «Бреслер ШЛ 2607», Рекомендации по расчету уставок АИПБ.656467.003-07 РРУ v13.1, ООО «ИЦ Бреслер», 2013.
14. Рекомендации по применению и выбору уставок дистанционной защиты линии устройства REL670, ООО «АББ Силовые и Автоматизированные Системы», 2012.
15. Методические указания к расчету уставок направленной высокочастотной защиты устройств серии БЭМП ДТЗ.05, ЗАО

- «ЧЭАЗ», 2012.
16. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 10. Высокочастотная блокировка дистанционной и токовой направленной нулевой последовательности защит линий 110 – 220 кВ. М., «Энергия», 1975.
 17. Методические указания к расчету уставок дистанционных и токовых защит устройств серии БЭМП ДТЗ, ЗАО «ЧЭАЗ», 2010.
 18. Микропроцессорная защита линии 110-220 кВ типа «Бреслер ШЛ 2606», Рекомендации по расчету уставок АИПБ.656467.002-06.101 РРУ 13.1, ООО «ИЦ Бреслер», 2013.
 19. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 7. Дистанционная защита линий 35 – 330 кВ. М., «Энергия», 1966.
 20. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 12. Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110 – 500 кВ. М., «Энергия», 1980.
 21. Рекомендации по выбору уставок защит устройства «Сириус-3-ЛВ-02», ЗАО «РАДИУС автоматика», 2008.
 22. Рекомендации по расчёту уставок резервных защит линий электропередачи напряжением 110 -220 кВ. ООО НПП «ЭКРА», 2012.