

## СОДЕРЖАНИЕ

|  | Страница |
|--|----------|
| 1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ  | 4        |
| 1.1. Введение  | 4        |
| 1.2. Назначение  | 4        |
| 1.3. Технические данные  | 5        |
| 1.4. Состав изделия  | 6        |
| 1.5. Устройство и работа изделия   | 7        |
| 2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ  | 9        |
| 2.1. Общие указания  | 9        |
| 2.2. Указания мер безопасности   | 9        |
| 2.3. Подготовка к работе   | 9        |
| 2.4. Порядок работы  | 10       |
| 2.5. Проверка параметров   | 11       |
| 2.6. Техническое обслуживание  | 12       |
| 2.7. Указания по ремонту   | 12       |
| 3. ПАСПОРТ   | 13       |
| 3.1. Свидетельство о приемке   | 13       |
| 3.2. Гарантии изготовителя   | 13       |
| 3.3. Комплект поставки   | 13       |
| 3.4. Маркировка и пломбирование  | 13       |
| 3.5. Тара и упаковка   | 13       |
| ПРИЛОЖЕНИЕ   | 14       |
| Таблица расшифровки кодов неисправностей   | 14       |
| Структурная схема устройства   | 15       |
| Внешний вид устройства   | 15       |
| Схема измерения тока КЗ в сети постоянного тока<br>при включении устройства в разрыв цепи    | 16       |
| Схема измерения тока КЗ в сети постоянного тока<br>при включении устройства без разрыва цепи | 17       |
| Схема подключения силовой части устройства   | 18       |
| Схема включения устройства при использовании<br>компенсации падения на подводящих проводах   | 19       |
| Примеры формы импульсов тока при КЗ  | 19       |

# 1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

## 1.1. Введение

1.1.1. Настоящее техническое описание предназначено для ознакомления с устройством и принципом работы устройства определения тока короткого замыкания в сетях постоянного тока «Импульс», а также является руководством для персонала служб, занимающихся его эксплуатацией.

1.1.2. Сокращения, используемые в тексте:

- АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- БИ – блок индикации;
- БП – блок питания;
- БВ – блок входной;
- КЗ – короткое замыкание;
- КЛ – клавиатура;
- МП – мультиплексор;
- ПРЦ – процессор;
- ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;
- ПЗУ – постоянное запоминающее устройство.

## 1.2. Назначение

1.2.1. Устройство определения тока короткого замыкания в сетях постоянного тока «Импульс» (в дальнейшем – устройство) предназначено для определения тока короткого замыкания на шинах и присоединениях сетей постоянного тока напряжением 24 – 220 В с целью выбора уставок защитных автоматов и плавких предохранителей.

Устройство фиксирует также длительность короткого замыкания до момента отключения его элементами защиты, как правило, дополнительным автоматическим выключателем.

Принцип действия основан на измерении тока и величины падения напряжения в месте подключения устройства при включении присоединения на короткозамыкающую перемычку, установленную в конце присоединения. Обычно место подключения выбирается сразу за головным автоматом присоединения или за одним из промежуточных автоматических выключателей.

Включение присоединения на КЗ осуществляется с помощью встроенного в устройство тиристора, а отключение — с помощью дополнительного автоматического выключателя, входящего в комплект поставки устройства.

Устройство «Импульс» за один цикл измерения определяет ток при коротком замыкании в конце присоединения и рассчитывает значение тока в начале присоединения, в месте подключения устройства.

1.2.2. Устройство является переносным и размещено в металлическом ящике с ручкой для переноски одним человеком.

1.2.3. В части воздействия климатических факторов устройство соответствует исполнению У категории размещения 3.1 по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89 с диапазоном рабочих температур от –10 до +45°С.

1.2.4. В части воздействия механических факторов устройство соответствует группе М1 по ГОСТ 17516.1-90.

1.2.5. Устройство соответствует исполнению IP20 по ГОСТ 14254-80, кроме выводов подключения.

### 1.3. Технические данные

#### 1.3.1. Габаритные размеры и масса устройства:

|                     |     |
|---------------------|-----|
| высота, мм          | 240 |
| длина, мм           | 420 |
| глубина, мм         | 250 |
| масса, кг, не более | 12. |

1.3.2. Питание устройства осуществляется от источника переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц.

1.3.3. Устройство подключается в разрыв цепи проверяемого присоединения совместно с дополнительным автоматическим выключателем, предназначенным для отключения тока КЗ.

1.3.4. Устройство имеет встроенные измерители тока и напряжения с максимальным значением по току до 2000 А и по напряжению — до 300 В.

1.3.5. Устройство обеспечивает вывод на индикатор следующей информации:

— измеренное значение тока короткого замыкания присоединения  $I_{имп}$ , А;

— измеренное значения напряжения присоединения до момента короткого замыкания  $U_{сети}$ , В;

— измеренное значения напряжения присоединения в момент короткого замыкания  $U_{имп}$ , В;

— измеренная длительность существования короткого замыкания по уровню 0,5 от максимальной амплитуды импульса тока  $T_{имп}$ , с;

— рассчитанное значение тока короткого замыкания в точке подключения устройства  $I_{сети}$ , кА;

— рассчитанное значение сопротивления полной цепи при КЗ в конце присоединения  $R_{имп}$ , Ом;

— рассчитанное значение сопротивления сети до точки подключения устройства  $R_{сети}$ , Ом;

— мгновенные значения измеренного тока КЗ в процессе короткого замыкания с интервалом 0,5 мс (Трасса I), А;

— мгновенные значения измеренного напряжения в процессе короткого замыкания с интервалом 0,5 мс (Трасса U), В.

1.3.6. Средняя относительная аппаратная погрешность при измерении тока КЗ и напряжения присоединения не превышает 3%.

#### 1.3.7. Устройство обеспечивает следующие режимы работы:

1. Режим тестера входного напряжения, при котором на индикаторе устройства индицируется текущее значение входного напряжения.

2. Режим тестера входного тока, при котором на индикаторе устройства индицируется текущее значение тока присоединения (при условии предварительного открытия тиристора).

3. Режим создания КЗ, при котором сначала производится закорачивание цепи, а затем, после срабатывания защиты, расчет измеренных значений и вывод их на индикатор для просмотра по требованию оператора.

1.3.8. Во всех режимах обеспечивается возможность многократного считывания всей имеющейся информации.

Примечание: Значения измеренных и рассчитанных параметров хранятся до нового пуска КЗ или выключения питания.

1.3.9. Устройство оснащено встроенной самодиагностикой, проходящей автоматически после включения питания.

1.3.10. Устройство позволяет осуществлять пробный пуск без устраивания короткого замыкания от кнопки клавиатуры с целью проверки правильности подключения и работы устройства, а также измерения тока нагрузки присоединения.

1.3.11. Устройство сохраняет работоспособность при отклонениях питающего напряжения от 0,85 до 1,1 номинального значения 220 В переменного тока.

1.3.12. Потребление по цепи питания при номинальном напряжении 220 В переменного тока не превышает 30 Вт.

1.3.13. Дополнительная аппаратная погрешность устройства при изменении температуры окружающей среды в рабочем диапазоне не превышает 2%.

1.3.14. Нарботка на отказ устройства составляет 5000 часов.

1.3.15. Электрическое сопротивление изоляции цепей оперативного питания, а также входных измерительных цепей токов и напряжений относительно корпуса и между собой не менее 10 МОм.

1.3.16. Электрическая прочность изоляции цепей п. 1.3.15. обеспечивает отсутствие ее пробоя и перекрытия при подаче в течение 60 с испытательного напряжения 1500 В переменного тока частоты 50 Гц.

#### 1.4. Состав изделия

1.4.1. Устройство выполнено в переносном металлическом ящике, внутри которого установлены:

- блок питания с силовым трансформатором;
- плата клавиатуры и индикатора;
- плата контроллера;
- датчик тока;
- силовой тиристор.

1.4.2. Дополнительный автомат в комплект устройства не входит, так как для работы на разных сетях и присоединениях требуются дополнительные автоматические выключатели на разные токи срабатывания, к тому же их ресурс ограничен и требуется их периодическая проверка.

#### 1.5. Устройство и работа изделия

##### 1.5.1. Принцип работы устройства

1.5.1.1. Определение тока КЗ осуществляется следующим образом:

1. Измеряется напряжение на присоединении до создания короткого замыкания.

2. Создается искусственное короткое замыкание включением тиристора, замыкающего цепь.

3. Измеряется ток КЗ и напряжение на присоединении в процессе короткого замыкания.

4. Измеряется время существования короткого замыкания.

5. Рассчитывается общее сопротивление цепи  $R_{имп}$ , а также собственное сопротивление сети  $R_{сети}$  и, зная напряжение до КЗ ( $U_{сети}$ ), рассчитывается полный ток замыкания сети в точке установки устройства:

$$R_{имп} = \frac{U_{сети}}{I_{имп}}; \quad (1)$$

$$R_{сети} = \frac{U_{сети} - U_{имп}}{I_{имп}}; \quad (2)$$

$$I_{сети} = \frac{U_{сети}}{R_{сети}}, \quad (3)$$

где:

$U_{сети}$  — напряжение на входе устройства при отсутствии КЗ;

$U_{имп}$  — напряжение на входе устройства во время КЗ;

$I_{сети}$  — рассчитанный ток короткого замыкания сети для точки подключения устройства;

$I_{имп}$  — измеренный ток в импульсе при КЗ в конце присоединения;

$R_{сети}$  — рассчитанное сопротивление сети для точки подключения устройства;

$R_{имп}$  — рассчитанное полное сопротивление цепи в момент импульса при КЗ в конце присоединения.

Решение всех задач осуществляется путем цифровой обработки информации по заданной программе.

## 1.5.2. Структурная схема

### 1.5.2.1. Структурная схема устройства приведена на рис. 1.

Токи и напряжения контролируемого присоединения поступают на первичные цепи измерительных преобразователей блока входного БВ. Кроме преобразователей этот блок содержит также узел индикации наличия входного напряжения  $U_{вход}$ . Гальванически развязанные и преобразованные сигналы подаются на входы аналогового мультиплексора МП для возможности измерения нескольких параметров с помощью одного АЦП. С мультиплексора сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь АЦП, преобразующий аналоговые сигналы в цифровую форму.

Блок индикации БИ позволяет выводить информацию на семисегментные индикаторы в цифровом виде, а также индицировать режим работы устройства с помощью одиночных светодиодов.

Режимы работы устройства задаются с клавиатуры КЛ, содержащей 12 кнопок: «Тестер U», «Тестер I», «Трасса U», «Трасса I», «Uимп», «Uсети», «Iимп», «Iсети», «Tимп», «Rимп», «Rсети» и «Пуск». Для индикации режима работы устройства каждой кнопке соответствует светодиодный индикатор.

Для индикации включения вспомогательного автоматического выключателя и подачи напряжения на клеммы устройства имеется светодиод «Увход».

Замыкание цепи производится с помощью тиристора.

Все управление устройством осуществляет микропроцессорный контроллер ПРЦ, построенный на базе однокристалльной микроЭВМ КР1816ВЕ31, содержащей собственно процессор, таймер, порты ввода-вывода и оперативное запоминающее устройство ОЗУ.

Блок питания обеспечивает все блоки устройства необходимыми напряжениями и выполнен по классической трансформаторной схеме.

Блок питания выдает следующие стабилизированные напряжения: +5 В; +15 В и -15 В.

## 2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

### 2.1. Общие указания

2.1.1. В настоящей инструкции излагаются требования, предъявляемые к устройству при его эксплуатации, техническом обслуживании, транспортировании и хранении.

2.1.2. При эксплуатации устройства, кроме требований данной инструкции, необходимо соблюдать общие требования, устанавливаемые инструкциями и правилами эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики энергосистем.

2.1.3. Перед работой с устройством рекомендуется произвести проверку его технических характеристик в лабораторных условиях.

### 2.2. Указания мер безопасности.

2.2.1. При работе с устройством необходимо соблюдать общие требования техники безопасности, распространяющиеся на устройства релейной защиты и автоматики энергосистем.

2.2.2. К эксплуатации допускаются лица, изучившие настоящее техническое описание, инструкцию по эксплуатации и прошедшие проверку знаний правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок электрических станций и подстанций.

2.2.3. Перед работой устройство необходимо заземлить. Винт заземления устройства должен быть соединен с контуром заземления подстанции медным проводом сечением не менее 2 кв. мм.

2.2.4. Питание устройства осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц.

### 2.3. Подготовка к работе

2.3.1. Устройство имеет 4 силовых клеммы для подключения к проверяемой сети постоянного тока: «+Бат.», «-Бат.», «+Нагр.» и «-Нагр.». Для настройки и проверки измерителя тока устройство оснащено дополнительной клеммой «-Бат. 20 А». При использовании этой клеммы вместо клеммы «-Бат. (2000 А)» полный диапазон измеряемых токов составляет 20 А. Для повышения точности измерения тока на присоединениях с малыми токами КЗ имеется дополнительная клемма «-Бат. 200 А» с максимальным измеряемым значением тока до 200 А. При использовании этой клеммы вместо «-Бат.» необходимо полученные значения токов разделить на 10, а значения сопротивлений — соответственно умножить на 10.

2.3.2. Для компенсации падения напряжения на подводящих проводах при измерении больших токов КЗ в устройстве имеются две дополнительные клеммы «+Бат.ОС», «-Бат.ОС», обеспечивающие четырехпроводную схему подключения цепей измерения напряжения. При неиспользовании этих клемм компенсации падения напряжения на проводах не будет, но работоспособность устройства сохранится, так как внутри прибора они соединены с соответствующими входными клеммами через резисторы.

2.3.3. Устройство включается в разрыв присоединения в оба провода сети, а также подключается к дополнительному автоматическому выключателю, отключающему ток короткого замыкания.

Подача входного напряжения при замкнутых контактах вспомогательного автоматического выключателя сопровождается зажиганием светодиода «Увход».

Внешний вид основных органов управления и индикации устройства «Импульс» приведен на рисунке 2.

Принцип работы устройства «Импульс» и схема его включения в электрическую цепь присоединения показана на рисунке 3.

Схема подключения силовых цепей, а также основных внутренних узлов устройства «Импульс» приведена на рисунках 4 и 5.

## 2.4. Порядок работы

### 2.4.1. Последовательность работы выглядит так:

— отключить головной автомат присоединения с обязательным контролем отсутствия напряжения и соблюдением всех правил и инструкций по технике безопасности;

— включить в разрыв цепи устройство «Импульс» и заведомо исправный автоматический выключатель с током отсечки меньше ожидаемого при КЗ в конце присоединения, например, АП-50. Все контактные группы дополнительного автомата соединяют последовательно;

— при больших ожидаемых токах КЗ для компенсации падения напряжения на подводящих проводах устройства подключить дополнительные клеммы обратной связи параллельно точке подключения устройства к испытываемой сети;

— соблюдая все меры предосторожности установить закоротку в нужном месте присоединения, например, в конце. Ориентировочно прикинуть расчетными методами ожидаемый в этом случае ток короткого замыкания — он не должен превышать 1000 — 1500 А;

— подключить шнур питания устройства к сети переменного тока 220 В 50 Гц и включить тумблер «Питание»;

— посмотреть правильность прохождения встроенных тестов и выход устройства в режим «Тестер U»;

— включить головной автомат присоединения и убедиться в зажигании светодиода «Увход.» и индикации текущего напряжения сети на индикаторе устройства (светодиод «Увход.» горит только при включенном дополнительном автоматическом выключателе);

— нажать кнопку «Пуск», после чего произойдет включение цепи на замкнутую линию. Через доли секунды вспомогательный автоматический выключатель должен отключить линию. В крайнем случае сработает основной автоматический выключатель присоединения. При этом на индикаторе кратковременно появятся значки «сссс» и «ээээ», и через 1 — 2 с высветится измеренное значение тока КЗ присоединения в амперах. Нажав кнопку «Сети» можно посмотреть рассчитанное значение тока КЗ в килоамперах в точке подключения устройства, как если бы короткозамыкающая перемычка была установлена в точке подсоединения устройства;



— отключить головной автомат, удалить перемычку и разобрать схему испытаний.

2.4.2. В случае измерения тока нагрузки присоединения все действия выполняются аналогично, за исключением установки короткозамыкающей перемычки. Текущий ток присоединения измеряют после нажатия кнопки «Пуск» в режиме «Тестер I». Это необходимо для открытия тиристора и замыкания цепи протекания тока.

2.4.3. Для проверки правильности выбора вспомогательного автомата служит режим просмотра точек цифровой осциллограммы тока присоединения. Форма импульса, построенного по точкам, обязательно должна иметь плоскую вершину, свидетельствующую о достижении током своего максимального значения. Отсутствие плоской вершины и остrokонечная форма импульса говорит о том, что вспомогательный автоматический выключатель отключил присоединение раньше, чем ток достиг своего максимального значения. При этом измеренные значения могут оказаться заниженными. Поэтому в таком случае следует применить автомат с большими значениями уставки тока отсечки.

## 2.5. Проверка параметров

2.5.1. При встроенном тестировании устройства, проходящем автоматически при включении питания, проверяются все ключевые узлы и микросхемы электронной части. Процесс тестирования сопровождается следующей индикацией:

— перебор цифр на семисегментных индикаторах от 0000 до 9999 для проверки самих индикаторов;

— индикация на индикаторе с600 и перебор включенного состояния одиночных светодиодных индикаторов;

— тест ПЗУ с индикацией значения с100;

— тест ОЗУ данных кодом 55h с индикацией значения с300;

— тест ОЗУ данных кодом AAh с индикацией значения с301;

— тест адресной шины ОЗУ с индикацией значения с302;

— остальные тесты ввиду кратковременности не сопровождаются индикацией их прохождения.

В случае выявления неисправности работа устройства блокируется, а на индикатор выводится мигающее сообщение об ошибке, расшифровка которого приводится в таблице 1.

2.5.2. Для проверки параметров устройства необходимы:

— источник постоянного напряжения до 250—300 В;

— источник постоянного тока на максимальный ток не менее 10 А (желательно — до 20 А);

— вольтметр постоянного тока со шкалой до 250—300 В класса не хуже 1,0;

— амперметр постоянного тока на ток не менее 10 А (желательно — до 20 А) класса не хуже 1,0;

— мегаомметр на напряжение 1500 В.

Проверку производят в режиме «Тестер U» и «Тестер I», сравнивая показания эталонных приборов с показаниями устройства «Импульс». Допускается при проверке использовать клемму «20 А», при этом измеренное устройством значение тока следует разделить на 100.

Проверку электрической изоляции осуществляют, соединив между собой все 4 (7) входных силовых клеммы, и подключая мегаомметр между ними и корпусом, а также между соединенными вместе питающими проводами ( $\approx 220$  В) и корпусом.

## 2.6. Техническое обслуживание

### 2.6.1. Техническое обслуживание устройства включает:

1. Проверку при первом включении;
2. Периодические проверки технического состояния;
3. Вызов встроенного самотестирования.

### 2.6.2. Проверку при первом включении проводят в полном объеме раздела 2.5.

2.6.3. Периодические проверки технического состояния проводят через 3 — 6 лет. Первую периодическую проверку рекомендуют проводить через год после ввода в эксплуатацию.

В объем периодической проверки включают внешний и внутренний осмотр, при котором производят удаление пыли, проверку механического крепления элементов, полноту сочленения разъемов, затяжку винтов токовых цепей.

Объем электрических испытаний при периодических проверках может быть сокращен относительно проверки при первом включении.

## 2.7. Указания по ремонту

2.7.1. Ремонт устройств в послегарантийный период целесообразно организовать централизованно, например, в базовой лаборатории энергосистемы или по договору с заводом-изготовителем.

2.7.2. Контроллер устройства представляет собой достаточно сложное устройство и ремонт его без специальной отладочной аппаратуры и квалифицированных специалистов весьма затруднен, за исключением случаев диагностики дефектного узла встроенными тестовыми средствами и при наличии комплектующих изделий.

Остальные узлы достаточно несложны и могут быть отремонтированы силами энергосистем.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица расшифровки кодов неисправностей,  
обнаруживаемых при начальном тестировании устройства

Таблица 1

| Мигающее сообщение на индикаторах                                | Расшифровка неисправности  |
|--|--|
| E00_<br>1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br>8<br>9<br>A<br>B<br>C | «Залипание» кнопок клавиатуры:<br>кнопка - Римп<br>кнопка - Трасса U<br>кнопка - Имп<br>кнопка - Усети<br>кнопка - Уимп<br>кнопка - Тимп<br>кнопка - Рсети<br>кнопка - Трасса I<br>кнопка - Тестер U<br>кнопка - Тестер I<br>кнопка - Iсети<br>кнопка - Пуск |
| E100   | Несовпадение контрольной суммы микросхемы ПЗУ  |
| E300   | Неисправна микросхема ОЗУ (шина данных - 55h)  |
| E301   | Неисправна микросхема ОЗУ (шина данных - AAh)  |
| E302   | Неисправна микросхема ОЗУ (шина адреса)  |
| E400   | Несанкционированная готовность микросхемы АЦП  |
| E401   | Нет готовности микросхемы АЦП  |
| E500   | Неисправна микросхема параллельного интерфейса   |
| XXXX   | Несовпадение кода нуля АЦП с индикацией считанного значения (должно быть 0 + 15 дискрет)   |
| XXXX   | Несовпадение тестового кода АЦП с индикацией считанного значения (должно быть 850 ± 35 дискрет)  |

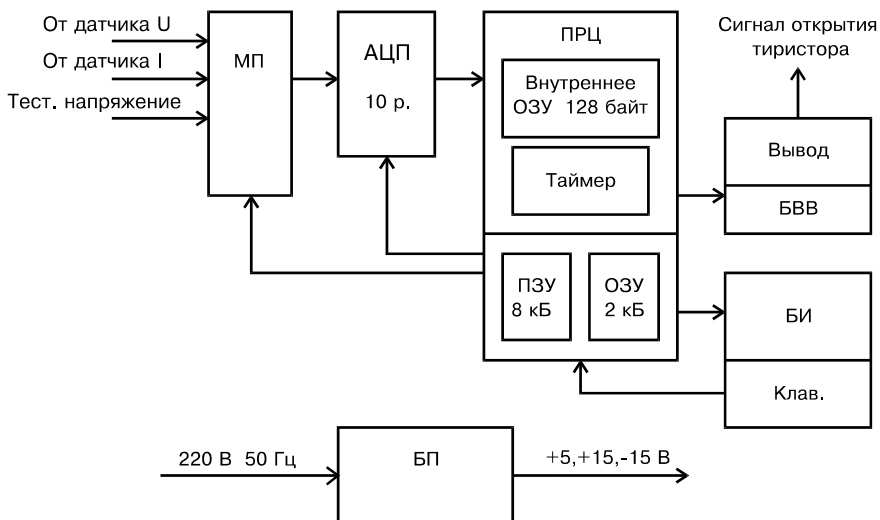


Рис. 1. Структурная схема устройства «Импульс»

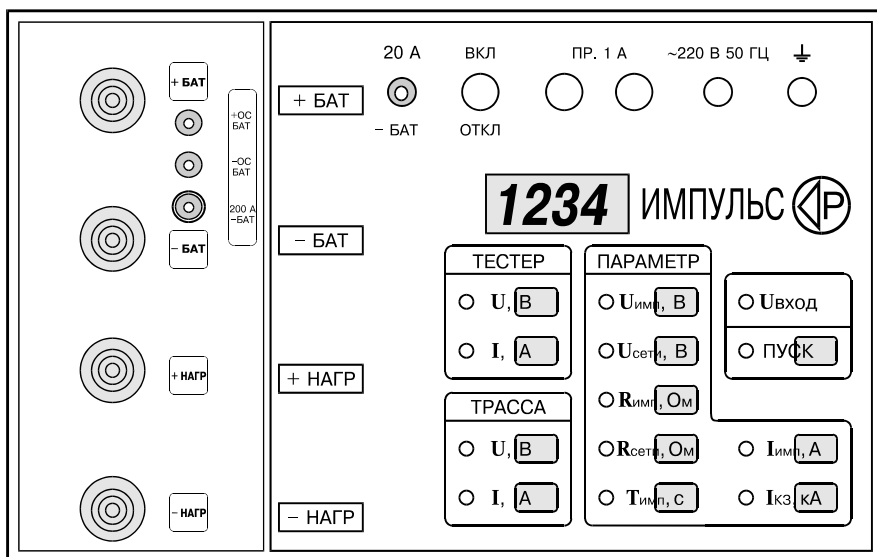


Рис. 2. Внешний вид основных органов управления и индикации устройства «Импульс»

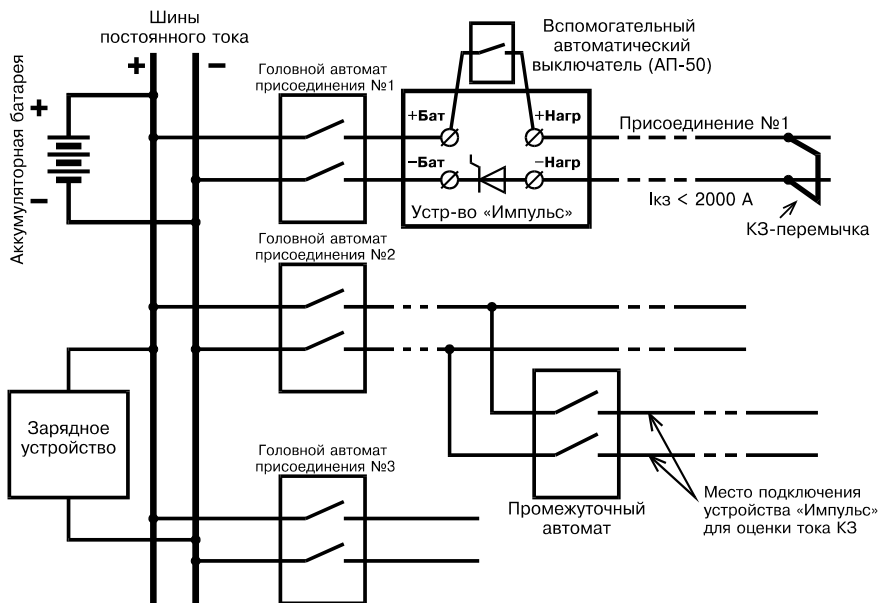


Рис. 3. Схема применения устройства «Импульс» при возможности разрыва присоединения для измерения тока КЗ

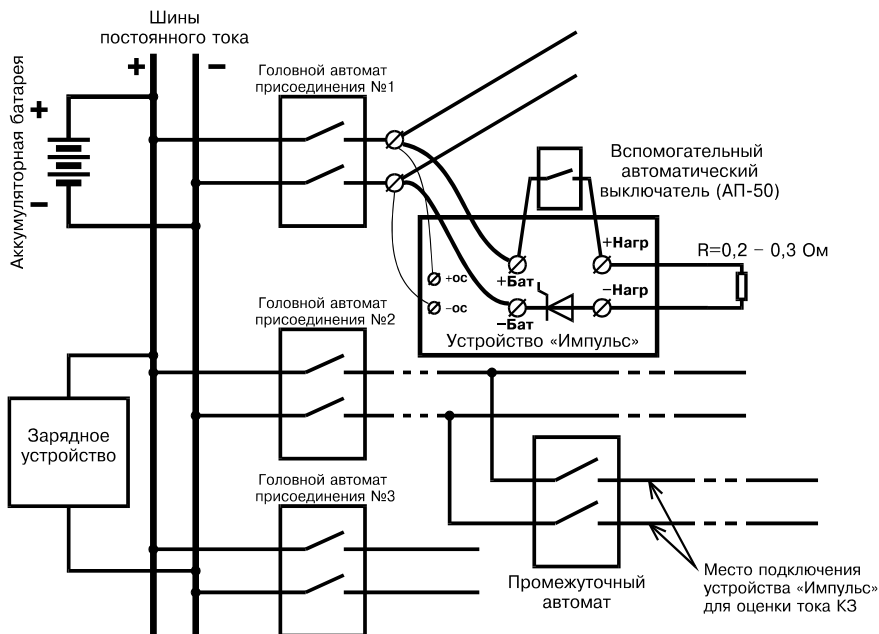


Рис. 4. Применение устройства «Импульс» при измерениях без разрыва цепи присоединения.  
 В качестве резистора нагрузки можно использовать кусок провода или кабеля соответствующего сечения и длины.

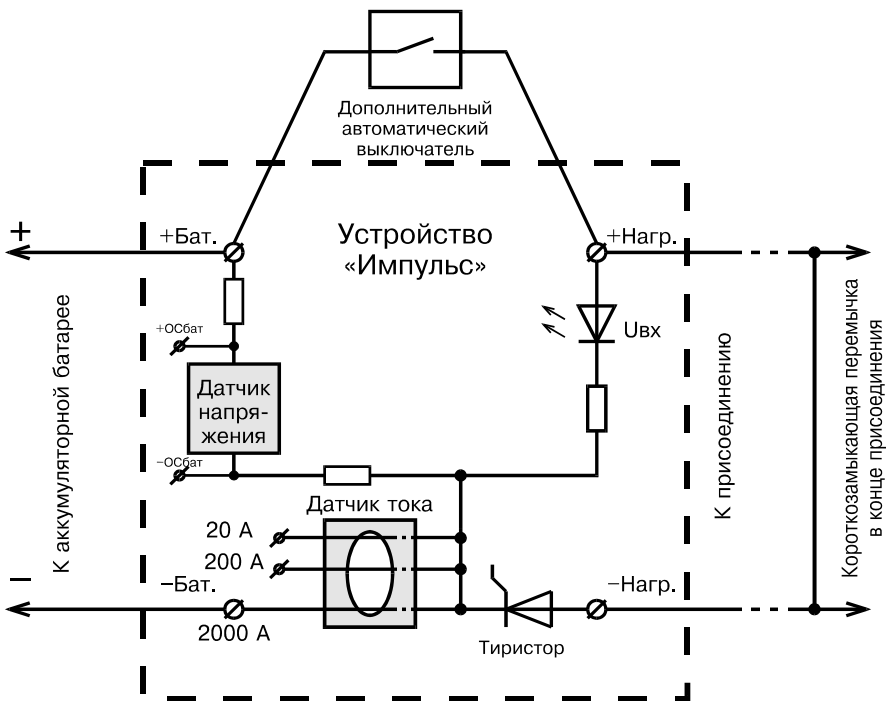


Рис. 5. Схема силовой части устройства «Импульс» на примере подключения в разрыв цепи проверяемого присоединения

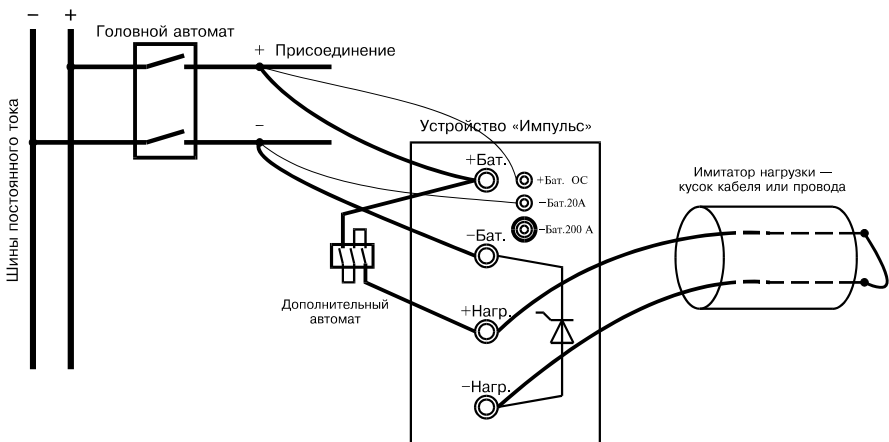


Рис. 6. Схема подключения устройства «Импульс» при использовании компенсации падения напряжения на подводящих проводах.

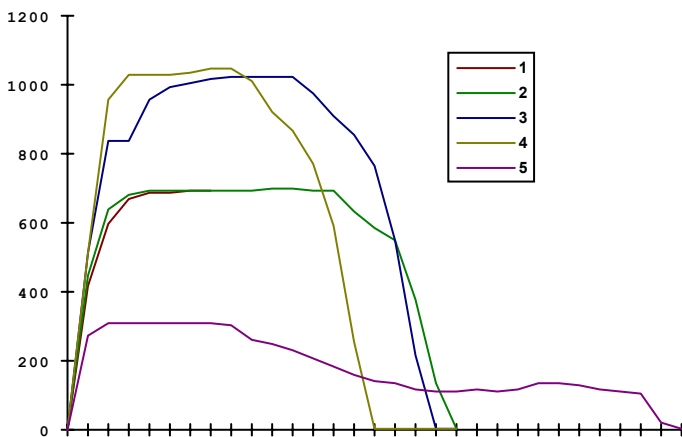


Рис. 7. Примеры формы импульсов тока реального присоединения при включении устройства «Импульс» в различные точки сети.

Кривая 5 (нижняя) соответствует применению только одной контактной группы автомата. Длинный задний фронт вызван горением дуги. Хорошо просматривается наличие плоской вершины импульсов.