Открытое акционерное общество
«БЕЛЭНЕРГОРЕМНАЛАДКА»
Филиал «Инженерный центр»

Интегрированная система менеджмента качества и охраны труда при выполнении проектных, строительно-монтажных, ремонтных и наладочных работ, изготовлении оборудования и запасных частей для объектов энергетики и других отраслей промышленности сертифицирована BUREAU VERITAS Certification на соответствие международному стандарту ISO 9001:2000 и международной спецификации OHSAS 18001:1999

Система автоматизированного поиска замыканий на «землю» в сети постоянного тока «САПФИР-4»

Руководство по эксплуатации

КПВУ.330.01.00.00.00.00.РЭ

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления лиц, эксплуатирующих систему “САПФИР-4”.

РЭ включает в себя данные об устройстве "САПФИР-4", принципе его действия, порядке работы с изделием, указания по его использованию при первом включении, техническому обслуживанию, хранению и транспортированию.

1 Описание и работа системы "САПФИР-4"

1.1 Назначение

Микропроцессорная система поиска замыканий на “землю” в сети постоянного тока “САПФИР-4” предназначена для отыскания места повреждения изоляции в сети постоянного тока без отключения потребителей сети.

“САПФИР-4” позволяет определить фидер, питающий поврежденный участок, а на периферии сети – панель, ячейку, провод и т.п. с нарушенной изоляцией.

Режим работы изделия – длительный.

Пример обозначения при заказе “Система "САПФИР-4". КПВУ .330.00.00.00.00.00.ТУ”

1.2 Технические характеристики

Таблица 1

№ п/п	Наименование параметра	Величина	
		САПФИР-4С стационарный	САПФИР-4П переносной
1	Напряжение питания, В	~220 +10%/ -15%	- 2×9 ±10%
2	Потребляемая мощность, не более, ВА	50	1
3	Номинальное напряжение контролируемой сети постоянного тока, не более, В	220	220
4	Диапазон регулирования напряжения генератора опорного напряжения, В	0÷50	--
5	Предельное селективно определяемое снижение сопротивления изоляции, не более, кОм	20	20
6	Максимальная емкость контролируемой сети, не более, мкФ	40	40
7	Максимальная емкость контролируемого фидера, не более, мкФ	10	--
8	Максимальная емкость периферийных участков (панели, ячейки, провода), не более, мкФ	--	2
9	Число автоматически контролируемых фидеров, не более, шт.	100*	--
10	Диапазон рабочих температур, °С	- 10 …+ 45	- 10 …+ 45
11	Габаритные размеры, мм	485 × 250 × 132	158 × 95 × 45

Продолжение таблицы 1.

12	Масса, не более, кг	6	1
13	Максимальный диаметр окна, мм малого датчика Большого датчика	 40 60	--

*Примечание: По спецзаказу может быть изготовлено устройство "САПФИР-4" с количеством электромагнитных датчиков до 160 штук.

1.3 Комплектность

Таблица 2.

№ п/п	Наименование	Количество	Примечание
1	Стационарное устройство “САПФИР-4С”	1	
2	Переносное устройство “САПФИР-4П”	1	
3	Электромагнитные датчики тока	100	Количество определяется проектом
4	Паспорт	1	
5	Руководство по эксплуатации	1	
6	Разъем и жгут питания	1	
7	Разъем и жгут стыка RS-232	1	
8	Разъем и жгут подключения датчиков тока	5	

1.4 Устройство и принцип действия

1.4.1 На рис.1 приведена электрическая структурная схема “САПФИР-4”

Система “САПФИР-4” состоит из:

- стационарного устройства “САПФИР-4С”;
- электромагнитных датчиков тока (ЭМД);
- переносного устройства “САПФИР-4П”.

1.4.2 Работа системы “САПФИР-4” основана на наложении на сеть постоянного тока переменного напряжения от генератора опорного напряжения (ГОН). Наложенное относительно “земли” напряжение вызывает протекание переменного тока по каждому присоединению сети. Фаза этого тока по каждому присоединению относительно опорного напряжения определяется проводимостью присоединения.

Емкостная составляющая проводимости присоединения определяется длиной и типом кабеля и является практически постоянной величиной для конкретного присоединения.

При отсутствии “земли” в сети постоянного тока фаза наложенного тока по всем присоединениям имеет емкостный характер.

При снижении изоляции на поврежденном присоединении увеличивается активная составляющая проводимости и соответственно изменяется фаза тока.

1.4.3 Измерение тока осуществляется посредством электромагнитных датчиков. Выходы датчиков поочередно автоматически подключаются к входу измерительной схемы. Схема индикации высвечивает номер очередного фидера. На выходе измерительной схемы получается напряжение, пропорциональное активной составляющей тока утечки. При повышении величины напряжения уставки срабатывания порогового элемента система останавливает дальнейший “опрос” датчиков и высвечивает номер поврежденного фидера.

1.4.4 Для выявления нарушения изоляции на периферийных участках (панели, ячейки, отдельные провода) используется переносное устройство “САПФИР-4П”. В качестве датчика тока в “САПФИР-4П” используются токоизмерительные клещи.

1.4.5 Стационарное устройство “САПФИР-4С” в своем составе имеет следующие блоки:

– блок питания управления А1;
– блок питания ГОН А2;
– блок управления ГОН А3;
– блок силовой ГОН А4;
– блок измерения А5;
– блок управления и индикации А6;
- блок контроллера А7;
- блок управления реле А8;
- блоки коммутации датчиков А9.

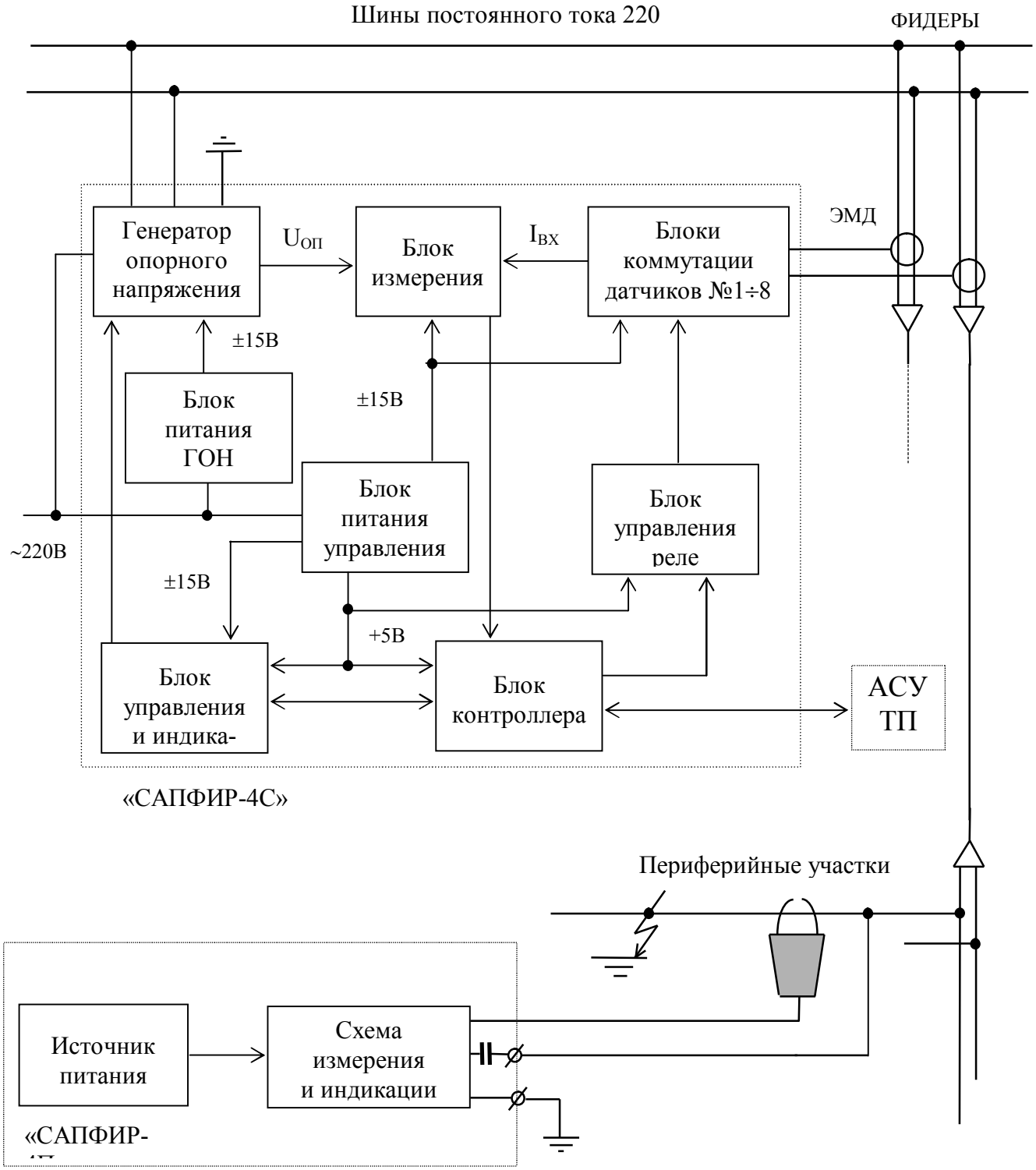

Рис.1 Структурная схема «Сапфир» 4.

1.4.6 Блок питания управления А1 предназначен для питания блоков А5÷А9. Блок представляет собой импульсный источник питания с входным напряжением ~220В и стабилизированными выходами +5В/ +15В/ -15В. На лицевой панели установлены тумблер “Сеть” и светодиод контроля исправности блока питания.

1.4.7 Блок питания ГОН А2 предназначен для питания блока управления ГОН А3. Блок представляет собой импульсный источник питания с входным напряжением ~220В и стабилизированными выходами +15В/ -15В. На лицевой панели установлен светодиод контроля исправности блока питания.

1.4.2 Блок управления ГОН А3 предназначен для генерации и усиления синусоидального сигнала 25 Гц. Сетевое напряжение ~220В понижается на трансформаторе Т1. Вторичное напряжение Т1 срезается на стабилитроне VD1 и после микросхемы D1.1 и D1.2 преобразовывается в последовательность прямоугольных импульсов частотой 50Гц. На выходе D2 частота импульсов уменьшается в два раза, а после микросхемы D3 сигнал преобразуется в синусоидальный частотой 25 Гц. Потенциометр R8 позволяет регулировать амплитуду сигнала. На микросхеме D4 собран усилитель мощности низкой частоты.

1.4.8 Блок силовой ГОН А4 предназначен для повышения выходного напряжения ГОН и подключения к сети постоянного тока. Основными элементами блока являются повышающий трансформатор Т, делительные конденсаторы С1, С2, балластный резистор R2 (закорачивается при включении устройства). На лицевой панели установлен светодиод контроля рабочего исправности ГОН.

1.4.9 Блок измерения А5 предназначен для выявления фидера с нарушенной изоляцией. Сигнал с датчика тока (пропорциональный величине тока, протекающего по фидеру) усиливается и фильтруется на микросхемах D1-D5 и подается на вход фазочувствительной схемы, собранной на транзисторах VT1, VT2. Опорное напряжение снимается с сети постоянного тока, фильтруется и усиливается на микросхеме D9, подстраивается по фазе с помощью фазовращателя на микросхеме D10, а затем подается на затворы полевых транзисторов VT1, VT2, являющихся ключевыми элементами фазочувствительной схемы.

При отрицательном полупериоде опорного напряжения на затворе транзистора, последний оказывается закрытым и напряжение через микросхему D6 подается на фильтр низкой частоты, собранный на D7. Во второй полупериод напряжение на затворе транзистора оказывается положительным, он открывается и срезает напряжение выхода D5. Фильтр низкой частоты усредняет значение полученного напряжения за полупериод.

Если сдвиг фаз между опорным напряжением и током, протекающим по присоединению, близок к 90°, то после сглаживания на выходе микросхемы будет напряжение, близкое к 0. При уменьшении этого угла на выходе появится напряжение, величина которого пропорциональна величине тока по присоединению и косинусу угла между током и опорным напряжением:

$$U_{вых} = к \cdot I \cdot \cos\varphi \qquad (1)$$

Ток по присоединению

$$I = \frac{U_{оп}}{Z}, \qquad (2)$$

где $U_{оп}$ - величина напряжения, накладываемого на сеть постоянного тока,

Z – общее сопротивление изоляции относительно “земли”, включающее активную и емкостную составляющую.

Так как для параллельной цепи емкостного и активного сопротивления

$$\cos\varphi = \frac{Z}{R_{из}}, \qquad (3)$$

то напряжение на выходе измерительной схемы

$$U_{вых} = \frac{U_{оп}}{R_{из}} \cdot к, \qquad (4)$$

т.е. обратно пропорционально сопротивлению изоляции присоединения.

Выражением (4) можно пользоваться с достаточной точностью в большом диапазоне сопротивлений изоляции. Но, учитывая, что величина опорного напряжения с уменьшением сопротивления утечки изоляции уменьшается и при значениях $R_{ИЗ}$, стремящихся к нулю (100 Ом и ниже), фазочувствительная схема становится неработоспособной, в схему измерительного блока введена цепочка VD3-C14-R28-VT4.

При сопротивлении изоляции ниже 600 Ом напряжение выхода микросхемы D5 увеличивается до такой степени, что через стабилитрон VD3 подается положительное напряжение на базу транзистора VT4, который открывается и включает реле KL. Стабилитрон VD3 одновременно служит для выпрямления напряжения выхода микросхемы D5. Конденсатор C14 сглаживает пульсации подаваемого на базу транзистора VT4 напряжения.

Таким образом, при снижении изоляции до 600 Ом и ниже измерительная схема срабатывает по амплитудному признаку, т.е. по превышению общего тока по фидеру над заданной уставкой.

При сопротивлении изоляции ниже 600 Ом схема срабатывает при превышении активного тока утечки по фидеру над заданной уставкой. При уменьшении сопротивления изоляции увеличивается напряжение на выходе фильтра, собранного на микросхеме D7, и при достижении напряжения на выходе порогового элемента, собранного на микросхеме D8, напряжения уставки, этот элемент срабатывает.

При срабатывании порогового элемента открывается транзистор VT3 и срабатывает реле KL, останавливающее схему управления. На лицевой панели блока управления и индикации высвечивается номер поврежденного фидера.

1.4.10 Блок управления и индикации A6 предназначен для управления режимами работы “САПФИР-4С”, индикации фидеров и замыкания на “землю”.

На лицевой панели блока расположены кнопки “Пуск”, “Ускорение”, “Прогон”, тумблеры “Останов”, “Поиск”, а также светодиод “Земля” индикации обнаруженного снижения изоляции и светодиодные матрицы “Фидер” для индикации номера присоединения.

1.4.11 Блок контроллера A7 предназначен для управления режимами работы устройства “САПФИР-4С”, а также для сопряжения устройства с АСУ ТП. Блок контроллера производит постоянный опрос состояния органов управления, расположенных в блоке управления и индикации, и в зависимости от полученной информации выдает на блок управления реле код датчика, который необходимо подключить к входу измерительного блока, а также выдает на индикаторы блока управления номер контролируемого фидера. Блок контроллера также осуществляет связь с АСУ ТП для выдачи сообщений о номере поврежденного фидера и об общей неисправности “САПФИР”. На лицевой панели блока расположены кнопка “Сброс” и разъемы RS-стыков.

1.4.12 Блок управления реле A8 предназначен для включения реле блока коммутации датчиков при помощи транзисторных ключей.

1.4.13 Блоки коммутации датчиков A9 предназначены для подключения выходов датчиков тока к входу измерительной схемы блока измерения при помощи электромагнитных реле, а также для подстройки датчиков на объекте. Каждый блок предназначен для коммутации 20-ти входов. На лицевых панелях блоков расположены светодиоды контроля работы групп реле.

1.4.14 Переносное устройство “САПФИР-4П” состоит из источника питания и измерительной схемы. “САПФИР-4П” питается от двух элементов 9 В типа 6F22 через двухполярный стабилизатор напряжения. Питание подается через тумблер “Питание”, расположенный на лицевой панели устройства.

Измерительная часть переносного устройства представляет собой фазочувствительную схему, аналогичную измерительной схеме стационарного устройства. На выход измерительной схемы подключен миллиамперметр, расположенный на лицевой панели устройства. В качестве датчика тока используются токоизмерительные клещи от прибора ВАФ. Опорное напряжение 25 Гц снимается с одного из полюсов сети постоянного тока при помощи гибких проводников, имеющих на концах зажимы типа “крокодил”.

Поиск поврежденного присоединения может вестись в двух режимах – “I” (при сопротивлении изоляции фидера менее 0,5 кОм) и “II” (при сопротивлении изоляции фидера более 0,5 кОм). Выбор режима осуществляется тумблером, расположенным на лицевой панели.

2 Использование системы “САПФИР-4” по назначению

2.1 Порядок установки

2.1.1 Монтаж ЭМД осуществляется в следующем порядке:

- снимите напряжение постоянного тока с контролируемого фидера – отключите автоматический выключатель или снимите предохранитель;
- отсоедините кабель контролируемого присоединения;
- сделайте отверстие по диаметру кабеля в торцах пластмассового корпуса датчика и, пропустив кабель через датчик прикрепите последний к панели (при невозможности крепления датчика к панели, отверстие необходимо выполнить меньшего диаметра, сделав радиальные надрезы на торцах корпуса датчика по разметке – в этом случае датчик крепится к кабелю), ЭМД необходимо установить таким образом, чтобы крышка, обозначенная “U2”, располагалась со стороны питающих шин;
- соберите разобранную схему питания контролируемого присоединения;
- подключите выводы датчиков к промежуточным клеммникам панели (общий вывод датчиков имеет метку “узел”).

2.1.2 Кабельными перемычками соедините промежуточные клеммники с клеммником в месте установки “САПФИР-4С” (допускается объединять общие выводы датчиков).

2.1.3 Смонтируйте и закрепите “САПФИР-4С” на панели .

2.1.4 Подключите разъемы со шлейфами входов датчиков и питания к “САПФИР-4”. Ответные концы подключите к промежуточному клеммнику (Приложение А, рис. А.1).

2.1.5 Подключите питание "САПФИР-4С" по переменному току ~220В от сборки 0,4 кВ через автоматический выключатель $I_Н = 1,6$ А.

2.1.6 Подключите выход "САПФИР-4С" к полюсам постоянного тока 220В через автоматический выключатель $I_Н = 1,6$ А.

2.1.7 Подключение питания ~220В и полюсов постоянного тока должно осуществляться отдельными кабелями.

2.1.8 При использовании "САПФИР-4С" в режиме автоматического или дистанционного пуска подведите к устройству выводы от реле контроля изоляции (РКИ) или ключа дистанционного управления.

2.2 Подготовка изделия к работе перед первым применением

Наладка и испытания системы «САПФИР-4» осуществляется специалистами ОАО “Белэнергоремналадка” или специально обученным персоналом. В противном случае предприятие-изготовитель не гарантирует надёжной работы системы «САПФИР-4» на объекте.

2.2.1 Подготовку устройства производите при нормальной изоляции на щите постоянного тока. После проверки правильности монтажа произведите фазировку установленных ЭМД. Через все установленные датчики последовательно снизу-вверх проденьте гибкий многожильный провод. Один конец провода подключите через зажим типа “крокодил” к шине “+” или “-”. Второй конец через последовательно включенные резистор 5,1 кОм и емкость 3 мкФ × 400В подключите к “земле”.

При высвечивании на цифровом табло номера проверяемого датчика в контрольном гнезде “Измерение” блока измерения должен появляться положительный выход. При отрицательном выходе необходимо поменять местами выходы датчика на промежуточном клеммнике

панели. Фазировка производится поочередно для всех установленных датчиков, после чего зажим отключается от шин постоянного тока.

2.2.2 При выключенном от сети постоянного тока проверочном устройстве (см.выше) переменный резистор R37 блока измерения установите в такое положение, при котором напряжение в контрольном гнезде “Измерение” – нулевое или положительное для всех датчиков. При невозможности установки такого уровня сигнала этим потенциометром регулирование производится изменение элементов, обозначенных на принципиальной схеме звездочкой.

2.2.3 После этого произведите индивидуальную подстройку датчиков тока, для которых уровень напряжения в контрольном гнезде “Измерение” превышает на 10% уровень напряжения для датчика с минимальным выходом. Устанавливая параллельно выходам датчиков сопротивления 0,2 – 10 кОм, добиваются одинакового уровня выхода для всех датчиков при отсутствии ухудшенной изоляции на контролируемых присоединениях. От точности подстройки датчиков зависит чувствительность устройства.

2.2.4 Замените резистор (см. п.2.2.1) на 18 кОм, подключите зажим к шине “+” или “-”. Включите устройство и для всех датчиков замерьте чувствительность в контрольном гнезде “Измерение”.

2.2.5 С помощью переменного резистора R26 в контрольном гнезде “Уставка” установите напряжение на 10% меньше минимального выхода любого из датчиков.

2.2.6 После подготовки, описанной выше, приступите к испытаниям путем установки на контролируемых присоединениях искусственных замыканий на “землю” через переходное сопротивление 15-20 кОм. По результатам испытаний определяют исправности системы и готовность к работе.

Примечание: Выше приведено упрощенное описание порядка подготовки системы "САПФИР-4" к работе. Различные по сложности, емкости сети и фидеров схемы оперативного тока требуют углубленных знаний и опыта наладки системы, поэтому настоятельно рекомендуется к вводу "САПФИР-4" в эксплуатацию привлекать специалистов ОАО “Белэнергоремналадка” или специально обученного персонала Заказчика.

2.3 Порядок работы с изделием

2.3.1 Система “САПФИР-4” может длительно работать в следующих режимах:

- ждущем;
- автоматического поиска фидера с замыканием на “землю”;
- режим ручного поиска места замыкания на “землю”.

2.3.2 Для ввода системы "САПФИР-4" в ждущий режим необходимо включить автоматы питания ~220В, сети постоянного тока –220В и переключатель “Сеть” на лицевой панели устройства.

2.3.3 При появлении “земли”"САПФИР-4" дистанционно, от РКИ, или вручную нажатием кнопки “Пуск” переводится в режим автоматического поиска фидера с замыканием на “землю”.

На индикаторном табло “Земля на фидере” высвечивается номер – 000, запускается схема управления и генератор опорного напряжения. Далее. Автоматически, поочередно с интервалом времени примерно 5 сек., производится опрос всех датчиков. При опросе ЭМД поврежденного фидера схема управления останавливает поиск и на индикаторном табло высвечивается номер этого фидера. По кодировке (прилагается после наладки и испытаний системы) определяется наименование фидера.

Для проверки наличия других поврежденных фидеров необходимо нажать кнопку “Прогон” и удерживать ее до перехода к следующему присоединению. Дальнейший опрос осуществляется автоматически. После опроса всех датчиков система автоматически переходит в ждущий режим.

Процесс поиска можно остановить на любом фидере независимо от величины переходного сопротивления на “землю” тумблером “Стоп”. Кнопкой “Ускорение” увеличивается скорость опроса датчиков.

2.3.4 После нахождения поврежденного фидера, для отыскания места замыкания на “землю” используется переносное устройство “САПФИР-4П”. При этом стационарное устройство “САПФИР-4С” переводится в режим ручного поиска тумблером “Поиск”.

2.3.5 Для подготовки “САПФИР-4П” к работе необходимо включить тумблер “Питание” на лицевой панели, подключить токоизмерительные клещи, а также проводники для подключения к сети постоянного тока (к одному из полюсов) относительно земли. Если сопротивление
изоляции поврежденного фидера менее 0,5 кОм (определяется по показаниям приборов контроля изоляции), переключатель на лицевой панели “САПФИР-4П” установить в положение “I”.

2.3.6 Поиск осуществляется путем поочередного охватывания токоизмерительными клещами проводов ответвлений поврежденного фидера. Отклонение стрелки индикатора состояния изоляции от нулевого значения указывает на поврежденное ответвление. Следующий замер производится в точке ближайшего ответвления в направлении от источника питания. Дальнейший поиск производится на том ответвлении, где показания прибора устройства наибольшие. После прохождения точки замыкания показания прибора снизятся до величины, близкой к нулю.

2.3.7 Если сопротивление изоляции поврежденного фидера превышает 0,5 кОм, то поиск повреждения осуществляется путем измерения активной составляющей наложенного переменного тока. При этом переключатель режима работы “САПФИР-4П” переводится в положение “II”. Клемму “Земля” устройства присоединяют с помощью проводника изолированным зажимом типа “крокодил” к заземленному предмету, а затем другим проводником с таким же зажимом клемму “Полюс” подсоединяют к положительному полюсу сети постоянного тока. Далее по п.2.3.6.

3 Техническое обслуживание

3.1 Общие указания

3.1.1 Для поддержания устройства "САПФИР-4" в исправном состоянии необходимо производить работы по его техническому обслуживанию. Виды и периодичность технического обслуживания указаны в таблице 3.

Таблица 3

Виды технического обслуживания	Периодичность	Примечание
1. Периодическое обслуживание при эксплуатации	1 раз в 6 месяцев	
2. Периодическое обслуживание при хранении	1 раз в год	
3. Непериодическое обслуживание		При вводе в эксплуатацию и ремонте

3.1.2 Работы по техническому обслуживанию системы должен выполнять обслуживающий персонал, имеющий знания по электротехнике, микроэлектронике и цифровой технике в объеме специализированного колледжа или института и изучивший данное РЭ.

3.1.3 В объем периодического обслуживания при эксплуатации входит:

- очистка от пыли и других загрязнений корпуса, электронных плат, разъемов, жгутов и т.п.;
- проверка надежности контактных соединений разъемов, клеммников, контактов;
- проверка схемы управления;
- проверка формы кривой и уровня напряжения ГОН;
- проверка правильности функционирования устройства по имитационной схеме на нескольких контрольных ЭМД.

3.1.4 Периодическое обслуживание при хранении включает проверку состояния лакокрасочного покрытия и консервации.

3.1.5 Непериодическое обслуживания включает следующие виды работ:

- подготовка устройства к работе после длительного хранения (см. п.2.2);

- неплановые замены, вышедшие из строя элементы необходимо заменить исправными и после этого проверить правильность функционирования того блока, в котором произведена замена.

3.2 Меры безопасности

3.2.1 При эксплуатации устройства следует строго руководствоваться действующими правилами эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

3.2.2 Корпус "САПФИР-4С" должен быть заземлен. Вынимать блоки и осуществлять периодические работы разрешается при отключенных входных напряжениях постоянного и переменного тока.

3.2.3 Монтаж ЭМД должен производиться при отключенном питании фидера.

4 Правила хранения

4.1 Изделие может храниться в транспортной упаковке в закрытых неотапливаемых помещениях при температуре от минус 30 до +40°С.

4.2 В помещениях для хранения не должно быть агрессивных газов, паров кислот и других веществ, разрушающих металлы и изоляцию.

5 Транспортирование

5.1 Транспортирование изделия может осуществляться любыми видами транспорта, кроме морского.

5.2 Изделия могут транспортироваться в таре и упаковке предприятия – изготовителя на открытых платформах и трюмах речных судов. При этом ящики с устройствами должны быть закреплены на транспортном средстве так, чтобы исключить возможность их перемещения и падения.

Приложение А

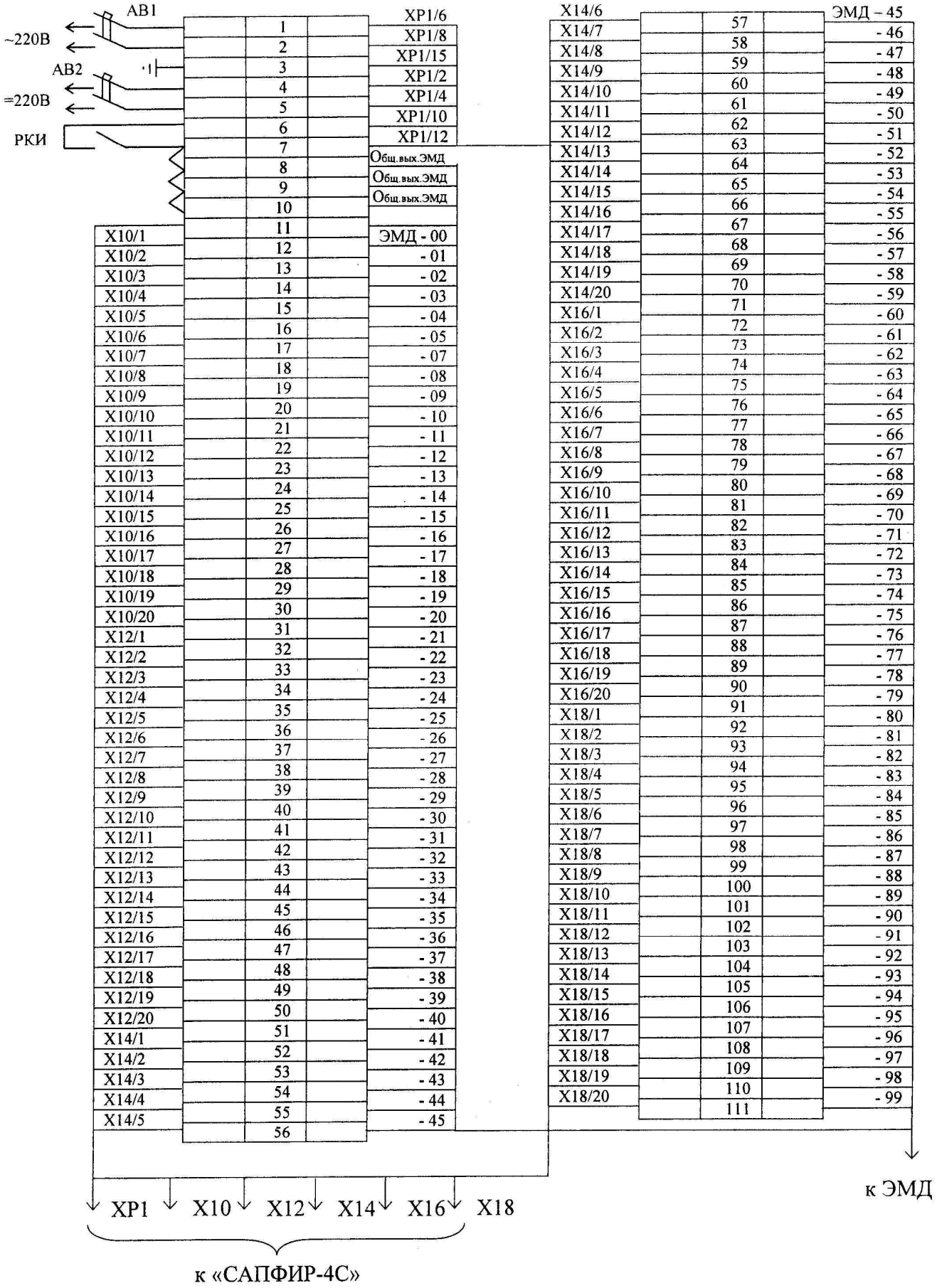

Рис.А.1 Схема подключения «САПФИР-4С»