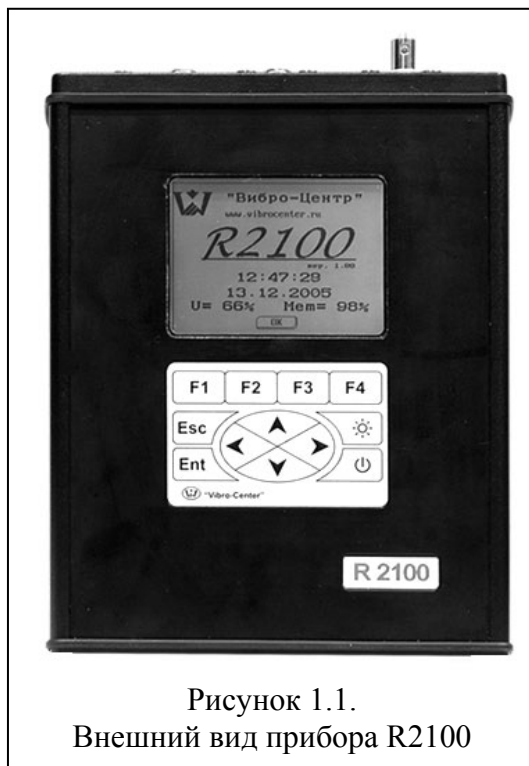


1. Техническое описание прибора R2100	4
1.1. Назначение.....	4
1.2. Технические характеристики прибора	4
1.3. Расположение внешних разъемов на приборе	5
1.4. Описание принципа действия прибора	6
1.4.1. Описание основных алгоритмов работы входных цепей прибора R2100	7
1.4.2. Принцип действия алгоритмов «разборки» входных импульсов от датчиков частичных разрядов	8
1.4.3. Представление информации в приборе.....	12
1.4.4. Регистрация формы импульсов и рефлектограмм.....	13
2. Общие вопросы проведения измерений частичных разрядов.....	16
2.1. Параметры частичных разрядов	16
2.2. Калибровка входных цепей.....	17
2.2.1. Импульсный генератор GKI-2	18
2.2.5 Расчет чувствительности канала	20
3. Работа с прибором R2100.....	22
3.1. Включение прибора	22
3.2. Настройка функций прибора R2100 при помощи встроенного меню	22
3.2.1. Меню измерения	23
3.2.2. Параметры канала	26
3.2.3. Общие параметры	29
3.2.4. Калибровка прибора	29
3.2.5. Оценка замера	31
3.2.6. Архив данных	33
3.2.7. Параметры по умолчанию	36
3.2.8. Временные параметры	37
3.2.9. Настройки связи	38
3.2.10. Настройка отображения	38
4. Работа с программой конфигурации прибора R2100.....	40
4.1. Протокол связи	40
4.2. Инсталляция программного обеспечения.....	40
4.3. Программа ССМ.....	40
4.3.1. Настройки соединения:	40
4.3.2. Команды	41
4.3.3. ASCII протокол	43
4.3.4. Архив.....	43
4.3.5. Окно настройки конфигурации прибора R2100.....	43
4.4. Текстовый протокол.....	47
4.5. Бинарный протокол.....	48

1. Техническое описание прибора R2100

1.1. Назначение

Прибор R2100 является современным микропроцессорным переносным устройством, позволяющим решать одну из наиболее сложных задач современной диагностики высоковольтного оборудования – контролировать состояние изоляции по уровню частичных разрядов.



Прибор марки R2100 предназначен для использования подготовленным персоналом в условиях научных центров и лабораторий, производственных цехов и в полевых условиях.

Прибор может применяться в условиях воздействия повышенных электромагнитных полей промышленной частоты - на распределительных подстанциях.

Питание прибора универсальное – от питающей сети и встроенного аккумулятора большой емкости, что также расширяет сферу его применения.

Прибор имеет металлический защитный корпус, обеспечивающий защиту от пыли и брызг. Управление прибором осуществляется при помощи пленочной герметизированной клавиатуры.

1.2. Технические характеристики прибора

Основные технические параметры прибора R2100 приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

№	Параметр	Значение
1	Количество каналов измерения ЧР	до 12
4	Допустимая длина коаксиальных кабелей от датчиков до прибора R2100	до 100 м
5	Время полного цикла контроля по 12 каналам	2-30 мин
6	Частотный диапазон регистрируемых импульсов ЧР	1 ÷ 10 МГц
7	Динамический диапазон регистрируемых импульсов ЧР	70 дБ
8	Фазовая точность определения момента возникновения импульса, относительно синусоиды промышленной частоты	7,5 град

9	Погрешность определения места возникновения ЧР в кабеле при помощи встроенного рефлектометра	±2 м
10	Выносной датчик температуры окружающей среды	Pt100
11	Выносной датчик контроля влажности окружающей среды	0-100%
12	Внешний интерфейс для подключения компьютера	USB RS-232
13	Объем памяти для хранения архива выполненных измерений ЧР в кабелях	32 MB
14	Время работы от внутреннего аккумулятора	8 часов
15	Напряжение питания зарядного устройства	~220 В
16	Диапазон допустимых внешних рабочих температур, при работе без термостата	-20 ÷ +45 градусов
17	Гарантийный срок на прибор и датчики	18 мес.
18	Время эксплуатации прибора	не менее 10 лет
19	Габаритные размеры прибора	230x170x90
20	Масса прибора	5,0

Для повышения достоверности получаемых результатов в приборе реализован набор уникальных диагностических алгоритмов анализа входных импульсов. Наиболее важным является то, что все эти алгоритмы работают в режиме реального времени, что позволяет максимально облегчить процедуру диагностики состояния изоляции по уровню частичных разрядов.

Основными, и наиболее значимыми, являются алгоритмы:

- Анализ частотных свойств и формы каждого входного импульса.
- Использование матриц перекрестной наводки импульсов с одного канала на другой. Практически это выглядит как синхронное сравнение амплитуд импульсов ЧР в контролируемом канале с амплитудой импульсов ЧР в других каналах.
- Анализ времени запаздывания, или времени опережения, прихода импульса с контролируемого канала, относительно импульсов, регистрируемых с других каналов. Технические средства прибора позволяют различать импульсы от ЧР, разделенные в пространстве участком кабеля или шины длиной 1 метр.
- Анализ и сравнение полярности импульсов, пришедших с соседних измерительных каналов. В силу особенностей применяемых датчиков ЧР и схем их включения полярность импульса, зарегистрированного в кабеле, в котором возник импульс, противоположна полярности импульса ЧР в другом кабеле, для которого этот же импульс является внешним.

Использование этих алгоритмов анализа и «разборки» входных импульсов ЧР от датчиков ЧР позволяет разделять место возникновения частичного разряда, максимально учитывая конструктивные и эксплуатационные особенности высоковольтного оборудования различного типа. Диагностические работы могут быть выполнены в трансформаторах, электрических машинах, кабельных линиях, КРУ, высоковольтных выключателях.

1.3. Расположение внешних разъемов на приборе

Прибор R2100 может быть использован в двух основных режимах работы – проведении периодических измерений уровня частичных разрядов в высоковольтном оборудовании, и в режиме «временного» мониторинга, когда он устанавливается на оборудовании для проведения стационарных измерений. Для решения этих задач в приборе предусмотрены разъемы, обеспечивающие оперативное подключение и отключение первичных датчиков, смонтированных на оборудовании.

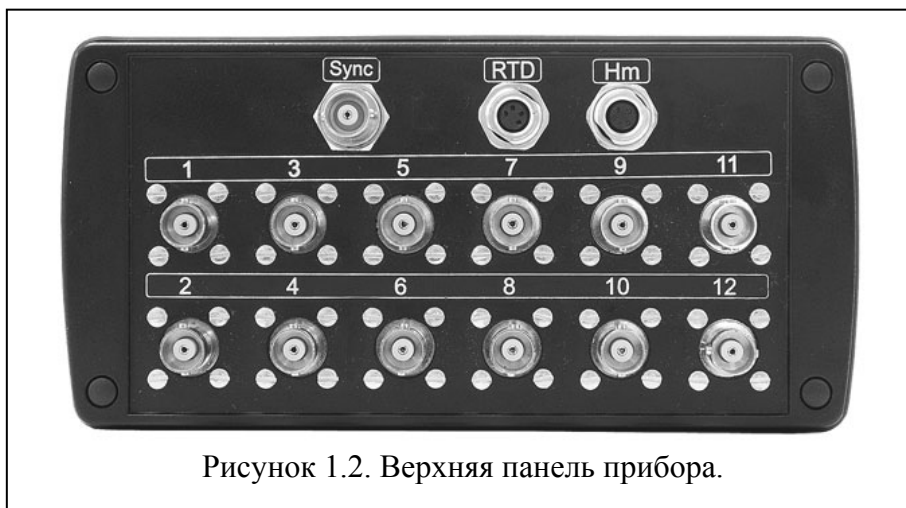


Рисунок 1.2. Верхняя панель прибора.

Подключение кабельных линий от измерительных датчиков в приборе R2100 производится при помощи стандартных коаксиальных разъемов марки BNC. С верхнего торца прибора, как это показано на рисунке 1.2., расположены, в два ряда по шесть, разъемы для подключения датчиков ЧР.

Корпуса датчиков, производства фирмы «Вибро-Центр» изолированы от внутренних измерительных цепей благодаря использованию изолирующего корпуса из АВС с дополнением стекловолокна. Датчики подключаются к прибору при помощи коаксиальных кабелей RG-58, экраны которого соединены с корпусом разъема, и, следовательно, с корпусом прибора. По этой причине экраны всех коаксиальных кабелей соединены между собой, но изолированы от мест установки датчиков. Это позволяет максимально снизить вероятность появления потенциала на корпусе прибора.

В целях безопасности с прибором могут быть использованы только датчики, имеющиеся в комплекте поставки прибора! При использовании измерительных датчиков производства других фирм, или собственного изготовления, необходимо убедиться, что отсутствует прямой контакт между измерительными цепями датчика (прибора) и контролируемым объектом!

В верхнем ряду верхней панели прибора располагаются: вход для внешней синхронизации (Sync), вход для датчика влажности (Hm), вход для датчика температуры (RTD).

Часть разъемов располагается на нижней (торцевой) крышке прибора. Эти разъемы применяются только при работе не на объекте.



Рисунок 1.3. Нижняя панель прибора.

Внешний вид нижней крышки прибора R2100 показан на рисунке 1.3. На ней расположены: разъем для подключения стандартного кабеля USB, RS-232, и сетевого кабеля - для работы в стационарном режиме, и подзарядки аккумулятора.

1.4. Описание принципа действия прибора

Прибор марки R2100 имеет 12 входных разъемов для подключения до 12 датчиков частичных разрядов, предназначенных для регистрации электрических ЧР. Все входные каналы прибора

равноценны и независимы друг от друга, имеют идентичное входное сопротивление 50 Ом. Для повышения надежности прибора все входные каналы имеют встроенную защиту от паразитных импульсных помех и фильтры, выделяющие сигналы ЧР в диапазоне от 1 до 10 МГц.

Принцип действия прибора R2100 существенно отличается от работы стандартных осциллографов, которые также используются в практике исследования частичных разрядов. Основное различие состоит в том, что в приборе R2100, сразу же, на аппаратном уровне, в режиме реального времени, решается вопрос о том, является ли данный импульс следствием возникновения частичных разрядов в контролируемом оборудовании, или он имеет другую природу возникновения. Для этого используются специальные алгоритмы, оценивающие параметры входных импульсов. Благодаря этому пользователь принимает участие только в процедуре анализа распределения импульсов, что оптимизирует процесс диагностики.

Второй особенностью работы прибора является то, что импульсы, которые возникают в контролируемом высоковольтном оборудовании по другим причинам, или «пришедшие» в оборудование из внешней среды по соединительной линии, из рассмотрения автоматически исключаются. Такая функция существенно повышает оперативность работы диагностического персонала, исключая рутинную работу анализа места возникновения каждого импульса. В конечном итоге, это дает возможность уменьшить время на проведение диагностических работ, повысить достоверность проводимых исследований.

Прибор предназначен для проведения измерения частичных разрядов в различном высоковольтном оборудовании. Наличие комбинированного питания, сетевого и аккумуляторного, сравнительно небольшие габариты и удобная конструкция, позволяют использовать его для проведения измерений в лабораторных и полевых условиях.

1.4.1. Описание основных алгоритмов работы входных цепей прибора R2100

Блок – схема входных цепей прибора R2100 приведена на рисунке 1.2. На входной высокочастотный коммутатор прибора «Switchboard» поступает до 12 сигналов от первичных датчиков и один тестовый сигнал от встроенного генератора калибровочных частичных разрядов. Количество используемых первичных каналов определяется пользователем, в каждом конкретном случае в зависимости от типа контролируемого оборудования и решаемой диагностической задачи. При помощи программно управляемого входного коммутатора первичные сигналы от датчиков, в любом порядке, могут быть поданы на 12 выходных линий.

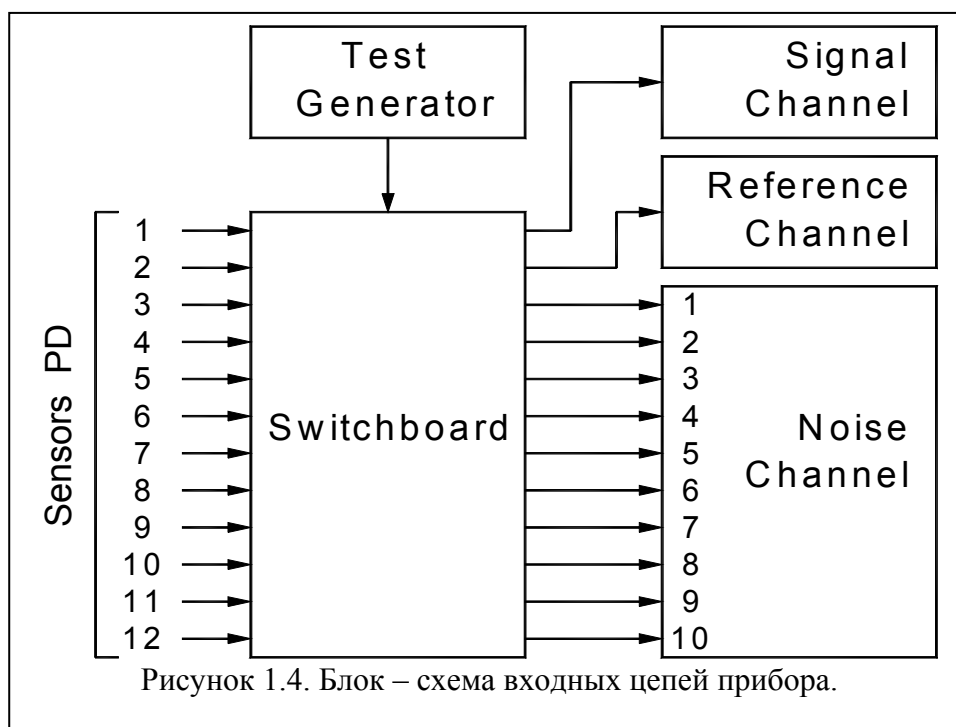


Рисунок 1.4. Блок – схема входных цепей прибора.

При помощи сигнала от тестового генератора, который при помощи внутреннего коммутатора может быть подан в любой измерительный канал, производится проверка и тестирование входных цепей и измерительных каналов прибора перед каждым измерением.

Регистрация частичных разрядов по каналам всегда производится последовательно, по выбору пользователя. Сигнал с этого канала подается на измерительный канал

«Signal Channel», показанный на блок – схеме прибора. Внутри измерительного канала, в режиме реального времени, анализируются временные и амплитудные параметры каждого импульса, и

принимается решение, можно ли считать пришедший импульс результатом возникновения в контролируемом оборудовании частичного разряда в изоляции, или это результат воздействия помех.

Важную роль в борьбе с помехами играет использование «референсного» канала «Reference Channel». Существует много измерительных схем, в которых выявление «истинности» импульса ЧР производится сравнением параметров импульса по измеряемому каналу, с параметрами сигнала, проходящего по дополнительному, опорному, референсному каналу. При этом обычно, датчик, подключаемый к референсному каналу, располагается, на контролируемом объекте, рядом с основным измерительным датчиком, или на фиксированном удалении от него, или имеет отличия во внутреннем устройстве.

Канал «Noise Channel» предназначен для реализации в приборе принципа «амплитудной разборки». При «синхронном» появлении на «шумовом канале» импульса, амплитуда которого равна или превышает амплитуду импульса по «измерительному каналу», на выходе шумового канала появляется импульс, который блокирует регистрацию данного импульса.

Особенностью работы прибора R2100 является то, измерение параметров частичных разрядов по любому выбранному каналу всегда производится с учетом работы референсного и шумового каналов. Работа всех измерительных каналов происходит синхронно, в режиме реального времени. Только такой подход дает возможность максимально отстроиться от помех различного типа, количество которых в высоковольтном оборудовании очень велико.

Пользователь сам выбирает, сигналы от каких датчиков подключаются к этим «помеховым» каналам. Для правильного выбора комбинаций каналов (сигнальный, референсный и шумовые каналы) необходимо представлять внутреннее устройство контролируемого оборудования, понимая особенности возникновения, распространения и затухания в нем импульсов частичных разрядов.

1.4.2. Принцип действия алгоритмов «разборки» входных импульсов от датчиков частичных разрядов

Как уже указывалось выше, достоверность диагностики состояния изоляции высоковольтного оборудования во многом определяется тем, насколько эффективно в измерительном приборе работает система отстройки от помех.

Следует также очень хорошо понимать, что качественно отстроиться от помех можно только в режиме реального времени, непосредственно в процессе измерения. В дальнейшем, на основании анализа уже зарегистрированных данных, выполнить эту процедуру столь же эффективно невозможно. Это связано с тем, что импульсы частичных разрядов имеют высокую частоту и скорость распространения внутри оборудования. Разность времени прихода импульсов, пришедшим от нескольких датчиков, в несколько наносекунд, может явиться основанием для отбраковки зарегистрированного импульса. Все это предъявляет жесткие требования к частотным свойствам измерительной аппаратуры, к возможностям автоматизированной диагностики параметров импульсов в процессе регистрации.

Сложной проблемой при регистрации и «разборке» импульсов частичных разрядов является то, что амплитуды импульсов могут различаться по своей величине в сотни, и даже в тысячи раз. При этом импульс частичного разряда даже самой малой амплитуды должен быть гарантированно выше уровня шума измерительного оборудования. По этой причине динамический диапазон измерительного канала прибора регистрации частичных разрядов должен быть не менее $60 \div 70$ db (диапазон амплитуд входных сигналов не менее $5000 : 1$), при низком уровне шума. При несоблюдении этого условия точность получаемых результатов резко снижается.

Прибор R2100 является современным микропроцессорным устройством, в котором реализован целый набор алгоритмов отстройки от помех, которые можно объединить в три основные группы:

1 - синхронное сравнение знаков сигналов от двух датчиков частичных разрядов, регистрируемых по основному, измерительному, и референсному каналам;

2 - определение разновременности прихода импульсов от двух датчиков частичных разрядов, регистрируемых по измерительному, и референсному каналам;

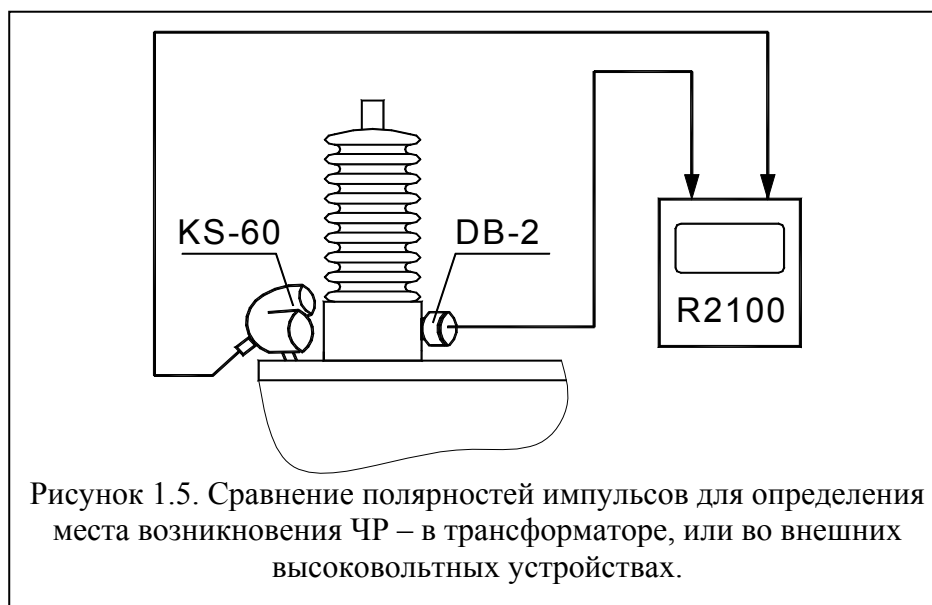
3 - синхронное сравнение амплитуды импульса по измерительному каналу и всем другим каналам.

Первые два способа отстройки от помех реализованы в приборе R2100 благодаря применению референсного канала «Reference Channel», см. рисунок 1.4., который определяет параметры

опорного импульса, и сравнивает их с параметрами импульса, регистрируемого по основному каналу измерения частичных разрядов. Для реализации отстройки помех при помощи сравнения амплитуд основного и опорного импульсов в приборе R2100 используется шумовой канал «Noise Channel».

1.4.2.1. Рассмотрим особенности применения алгоритма «разборки» импульсов частичных разрядов при помощи сравнения полярности.

В приборе запрограммирован специальный логический алгоритм отбраковки импульсов на основе сравнения полярностей, управляемый пользователем. Он позволяет, при сравнении полярностей импульсов, по измерительному каналу, и по референсному, блокировать счет импульсов. Блокировка «счета импульса» может происходить при совпадении, или же при несовпадении полярностей двух импульсов. Естественно, что при таком сравнении на референсный канал прибора должен подаваться (по выбору пользователя) сигнал от датчика частичных разрядов, который установлен на контролируемом оборудовании должным образом. При неправильном выборе сигнала, подаваемого на референсный канал, эффект от использования данного метода может быть отрицательным.



Пример практического применения алгоритма сравнения полярностей двух импульсов для определения места возникновения дефектов в изоляции крупных генераторов показан на рисунке 1.5. Для реализации метода на вводе трансформатора устанавливаются два датчика. Первый датчик марки «DB-2» монтируется на ПИН ввода. Второй датчик

коронных разрядов марки «KS-60» устанавливается рядом с вводом.

Если частичный разряд возникает в основной изоляции обмотки трансформатора, импульс от частичного разряда «выходит из трансформатора» через ввод. Если возникает импульс коронного разряда, то он «входит в трансформатор». Вне зависимости от направления движения импульса, полярность сигнала на выходе датчика «DB-2» будет совпадать с полярностью импульса от частичного разряда, т. к. ввод является, практически идеальным, конденсатором связи.

Иначе дело будет обстоит в датчике короны. В зависимости от направления движения импульса через ввод, полярность выходного сигнала датчика «KS-60» будет совпадать, или не совпадать с полярностью импульса частичного разряда. Это связано с тем, что датчик короны регистрирует сигнал, пропорциональный электрической составляющей электромагнитного поля от импульса ЧР.

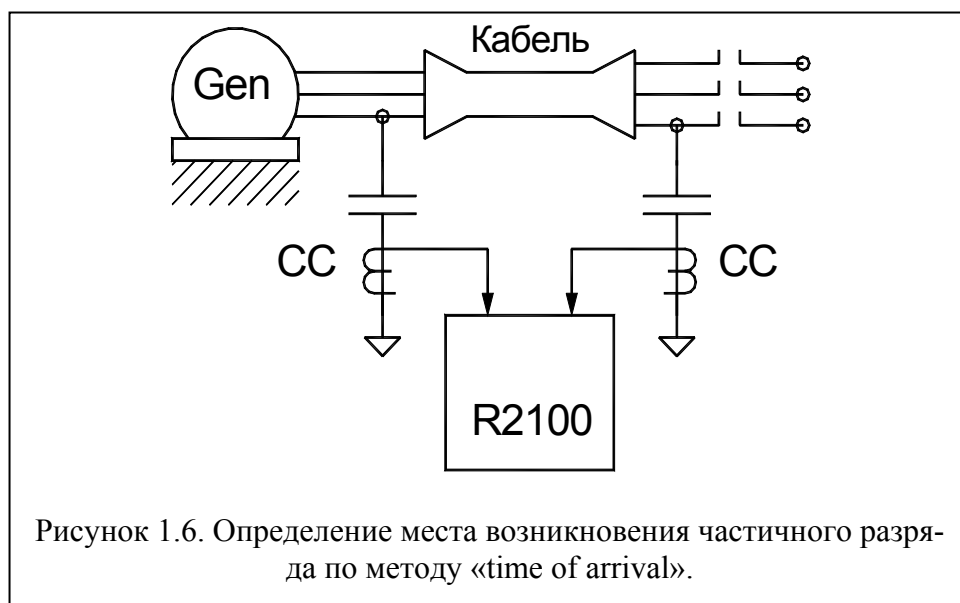
В соответствии с этим можно утверждать, что при совпадении (несовпадении) полярностей сигналов на выходе датчиков «DB-2» и «KS-60», сигнал от ЧР «входит в трансформатор», т. е. является результатом воздействия помех. При несовпадении (совпадении) полярностей импульсов сигнал «выходит из трансформатора», т. е. является результатом возникновения частичных разрядов в изоляции трансформатора.

1.4.2.2. Алгоритм отстройки от помех по времени прихода импульсов от разных датчиков (в зарубежных источниках этот алгоритм называется «time of arrival» - разница во времени прихода импульсов), находит широкое применение при анализе пространственно распределенных объектов, например, электрических генераторов и двигателей, кабельных линий, КРУ.

Скорость движения электромагнитной волны поля, в кабельных линиях, немного больше половины скорости света. Приблизительно можно считать, что один метр кабельной линии импульс ЧР преодолит за 6 – 7 наносекунд. Это очень малый отрезок времени, но благодаря применению современной элементной базы в приборе можно, достаточно уверенно, контролировать такие сдвиги времени.

Таким образом, можно утверждать, что если расстояние между местами установки датчиков достаточно значительно, реально не менее 1 – 2 метров, то при помощи прибора R2100 можно определить направление движения импульса ЧР по контролируемой линии. При этом обязательно нужно помнить о том, что длины соединительных кабелей от датчиков до прибора R2100 должны быть одинаковыми. В противном случае, в соединительных кабелях возникнут свои задержки импульсов по времени прихода, в них тоже скорость движения импульса ЧР имеет такое же значение.

Для иллюстрации работы алгоритма «разборки» импульсов по времени прихода «time of arrival», на рисунке 1.6. показано возможное расположение датчиков при поиске места возникновения частичных разрядов или в генераторе, или во внешних цепях.



При появлении «на внешних зажимах контролируемого генератора» сигналов (от частичных разрядов всегда встает главный вопрос, возникли ли эти ЧР внутри генератора, или же они «пришли» извне, от выключателя, от другого оборудования, может быть и от входного трансформатора предприятия.

Неправильный ответ на этот вопрос может привести к значительным

проблемам для службы эксплуатации высоковольтного оборудования. Оптимальным решением этой проблемы, определения места возникновения частичного разряда, является использование возможностей метода «разборки импульсов» по времени прихода.

Контролируемый генератор (электродвигатель) подключен к питающей сети, например, через кабель небольшой длины, при помощи высоковольтного выключателя. С двух сторон соединительного кабеля, на каждой фазе, монтируются конденсаторы связи марки «СС». Таким же образом конденсаторы могут быть установлены при использовании в генераторе шинпровода. Минимальное расстояние между конденсаторами связи (разница во времени пролета импульса от частичного разряда к разным конденсаторам связи) составляет 1 метр,

Если импульс от частичного разряда возник в генераторе, то он сначала будет зарегистрирован на конденсаторе связи, установленном на зажимах генератора. На втором конденсаторе связи, установленном на противоположном конце кабеля, импульс от частичного разряда появится с задержкой времени, обусловленной «пролетом» импульса по кабелю. Например, если длина кабеля равняется 20 метров, то задержка времени составит $6 \cdot 20 = 120$ наносекунд.

При возникновении частичных разрядов в выключателе (например), сигнал сначала будет зарегистрирован на близко расположенном конденсаторе, и только через 120 наносекунд он появится на конденсаторе связи, установленном на генераторе.

В первом случае импульс ЧР является «полезным» (информативным) для проведения диагностики, во втором случае импульс является «шумовым», и из процедуры оценки состояния изоляции исключается.

Напомним, что при использовании такой схемы «разборки» импульсов соединительные кабели от датчиков к прибору должны иметь одинаковую длину. Это необходимо для того, чтобы не

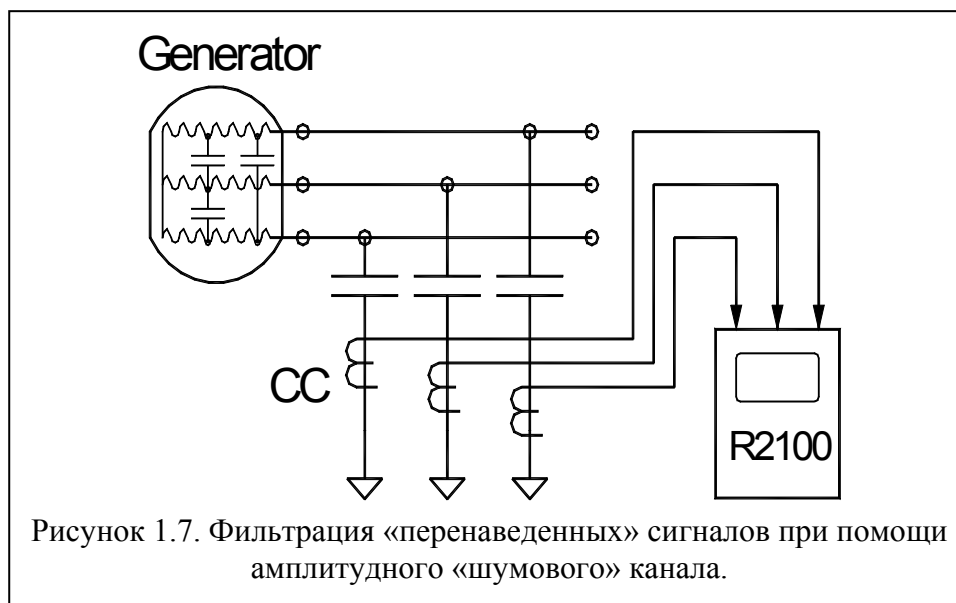
внести погрешность в определение времени прихода импульсов, т. к. и в соединительных кабелях сигнал от датчиков «задерживается». Задержка времени составляет ту же величину, 6 – 7 наносекунд на метр коаксиального кабеля.

1.4.2.3. Алгоритм отстройки от помех с использованием амплитудных матриц перенаводки.

Этот способ отстройки схемы измерения от помех, как уже говорилось выше, основан на сравнении амплитуд сигналов по измерительному, и всем другим каналам. Он реализован на основе использования суммирующего амплитудного канала, который показан на блок – схеме входных цепей прибора на рисунке 1.4. Этот способ отстройки от помех является, сравнительно, более простым, чем два предыдущих способа, т. к. позволяет использовать более простые схемные решения в приборе.

Принцип работы «разборки» импульсов при помощи сравнения амплитуд прост. Если амплитуда сигнала, контролируемого по основному измерительному каналу, меньше, чем синхронно измеряемая амплитуда по любому, или определенному, каналу, то это сигнал не относится к данному контролируемому объекту (части объекта). Данный импульс от частичного разряда возник в другом месте (контролируемого объекта), и «перенавелся» внутри объекта на другую часть.

Для корректной работы алгоритма «разборки» импульсов по амплитуде необходимо сравниваемый канал подавать на дополнительный, «шумовой» канал, показанный на рисунке 1.4. как «Noise Channel». На вход этого канала постоянно подключаются все входные сигналы, которые при данном измерении не подключены к измерительному, или опорному, каналам.



В качестве примера можно говорить о том, что импульс тока от частичного разряда, возникающий в фазе «А» генератора, показанного на рисунке 1.7., по внутренним емкостным связям между обмотками, «перенаведется» на обмотки фазы «В» и «С». Естественно, что амплитуда сигнала ЧР на фазе «В» будет меньше, а на фазе «С» еще меньше. В виде такой простой аналогии можно говорить

о том, что собой представляют матрицы перенаводки импульсов. В ячейках такой матрицы стоят коэффициенты, которые показывают степень ослабления сигнала при наводке с одного участка оборудования на другой (например, с одной фазы на другую). Эти коэффициенты показывают, в относительных единицах, на сколько уменьшается сигнал при перенаводке из одной зоны (контролируемого оборудования) в другую зону.

\	U_A	U_B	U_C	U_N
U_A	1	0,8	0,6	0,7
U_B	0,8	1	0,8	0,5
U_C	0,6	0,8	1	0,5
U_N	0,7	0,5	0,5	1

Рисунок 1.8. Примерный вид матрицы перенаводки для схемы измерения частичных разрядов с тремя датчиками в трансформаторе.

В практических условиях, перед проведением измерений частичных разрядов, матрицы перенаводки снимают экспериментально. На отключенном оборудовании, в различные точки контролируемого оборудования, подаются тестовые сигналы от генератора – имитатора частичных разрядов, и фиксируются амплитуды на выходе всех установленных датчиков.

Пример матрицы перенаводки приведен на рисунке 1.8. Она получена для схемы измерения частичных разрядов в трансформаторе, на котором установлены 4 датчика. Три датчика марки RFCT-1 смонтированы на

вводах стороны ВН трансформатора, и один датчик марки RFCT-4 смонтирован на нейтрали трансформатора.

При измерении сигналов частичных разрядов на фазе «А» амплитуда сигнала будет максимальной, поэтому данный импульс будет зарегистрирован прибором. При измерении ЧР на фазе «В» импульс будет «забракован» системой разборки. Это объясняется тем, что амплитуда импульса будет меньше, чем амплитуда импульса на фазе «А», хотя и больше, чем на фазе «С». При измерении частичных разрядов на фазе «С» сигнал также будет забракован, т. к. сигналы с двух датчиков фаз «А» и «В» превышают его по амплитуде.

1.4.3. Представление информации в приборе.

В памяти прибора R2100 представление (и сохранение) информации о зарегистрированных импульсах частичных разрядов в каждом измерительном канале производится в виде трехмерной матрицы. Каждая ячейка матрицы имеет следующие параметры: фаза питающего напряжения, амплитуда импульса, количество импульсов данной амплитуды в данной фазовой зоне.

В матрице распределения импульсов частичных разрядов один период синусоиды питающего напряжения подразделяется на 48 зон, шириной по 7,5 градуса каждая ($360^{\circ} / 48 = 7,5^{\circ}$).

Для удобства регистрации и анализа распределения импульсов в приборе R2100, импульсы, имеющие близкие амплитуды, считаются одинаковыми. При различии менее чем на 20%, импульсы «складываются» в общую ячейку матрицы. По амплитуде регистрируемых импульсов в приборе имеется 32 градации. Ширина каждой амплитудной зоны 2,2 dB. Соотношение амплитуд максимального и минимального сигналов, регистрируемых прибором, составляет 5000:1. Общее количество амплитудных зон в приборе R2100 составляет 64, с учетом зон для учета импульсов положительной и отрицательной полярности.

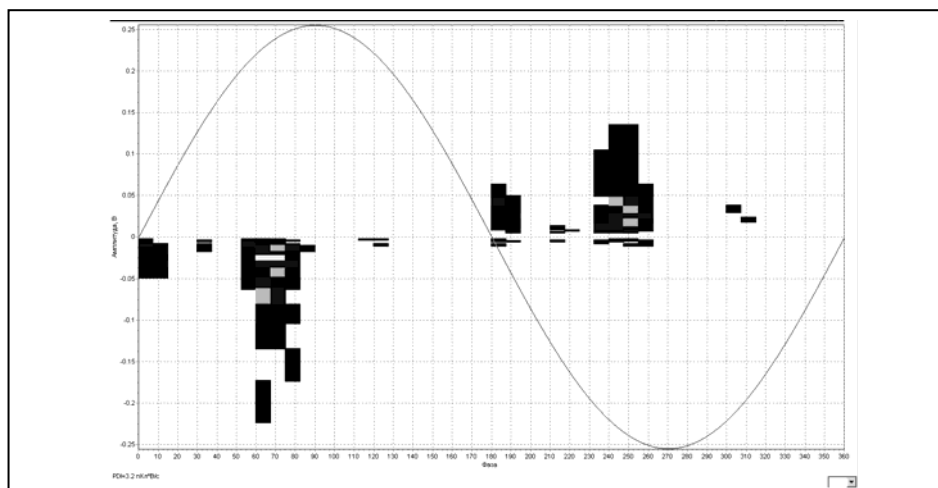


Рисунок 1.9. Пример распределения импульсов частичных разрядов.

В каждой ячейке матрицы распределения импульсов частичных разрядов находится число, от 0 до 65535, которое соответствует количеству зарегистрированных импульсов с такими параметрами, приведенное к секунде.

На рисунке 1.9. показан пример распределения импульсов частичных разрядов, зарегистрированных в кабельной линии 110 кВ. Из

рисунка хорошо видно, что максимальная амплитуда и интенсивность частичных разрядов имеет место перед достижением напряжением питающей сети максимума. Полярность импульсов противоположна полярности питающего напряжения. Интенсивность импульсов частичных разрядов повышена в моменты перехода питающего напряжения через ноль.

По каждому каналу прибором может быть зарегистрировано и показано несколько матриц. Это может быть матрица положительных импульсов, матрица отрицательных импульсов, матрица импульсов, забракованных системами разборки, и т. д.

Сохранение информации в приборе.

Зарегистрированные данные могут храниться во внутренней памяти прибора в виде трехмерных матриц и/или в сокращенной форме в виде интегрального множества извлеченного из этих матриц. Если по каналу производился запуск рефлектометра, то к замеру «дописываются» зарегистрированные рефлектограммы.

Замеры импульсов частичных разрядов сохраняются, или не сохраняются, в памяти прибора по выбору пользователя. Сохранение замеров в приборе осуществляется структурировано, по каталогам, каждый каталог соответствует какому-либо объекту.

Тренды изменения параметров частичных разрядов во времени, для конкретного оборудования, строятся в рамках одного каталога. Наибольшее число каталогов в памяти прибора – 32, один каталог существует всегда, прибор не разрешает удалить последний каталог.

1.4.4. Регистрация формы импульсов и рефлектограмм.

1.4.4.1. Основной функцией прибора R2100 является регистрация частотного распределения импульсов относительно синусоиды питающей сети. Дополнительно к регистрации матриц распределения импульсов в приборе имеется возможность регистрации формы импульсов частичных разрядов, что расширяет возможности диагностики изоляции высоковольтного оборудования. В меню прибора можно просмотреть только те импульсы, которые прошли «разборку» во входных цепях на достоверность, выполненную всеми средствами, включенными пользователем в конфигурацию данной регистрации. Это существенно снижает трудоемкость диагностической процедуры, т. к. все импульсы помех из рассмотрения исключаются.

В связи с особенностями схемотехнических решений, принятых в приборе, возможно проведение регистрации до 8 импульсов частичных разрядов, следующих один за другим. Эти импульсы могут быть в течение одной синусоиды питающей сети, или возникать по одному на каждом периоде питающего напряжения. Минимальное временное расстояние между двумя регистрируемыми импульсами не может быть меньше, чем 40 микросекунд. Соответственно, такую длительность имеет каждая регистрация.

В связи с тем, что регистрация производится с очень высокой частотой, она ведется выборочно, в течение коротких интервалов времени, только в момент прохождения импульса частичного разряда. Непрерывная и длительная регистрация импульсов частичных разрядов не может происходить длительно. Кроме того, потребуются очень большие ресурсы оперативной памяти, просмотр и анализ которой занимает много времени.

Запуск прибора на регистрацию формы импульса частичного Разряда производится непосредственно в момент прихода в прибор переднего фронта импульса частичного разряда. Окончание регистрации производится по факту заполнения процессором массива памяти, выделенного для хранения формы одного импульса. Время «одной» регистрации, как уже говорилось выше, составляет 40 микросекунд.

Внутренняя память прибора, выделенная для хранения формы импульсов частичных разрядов, позволяет сохранять информацию о 8 импульсах. После заполнения такого объема прибор останавливается, и пользователь может на экране просмотреть все эти импульсы. Далее можно запускать прибор на следующую регистрацию, автоматически, или при помощи нажатия на кнопку клавиатуры.

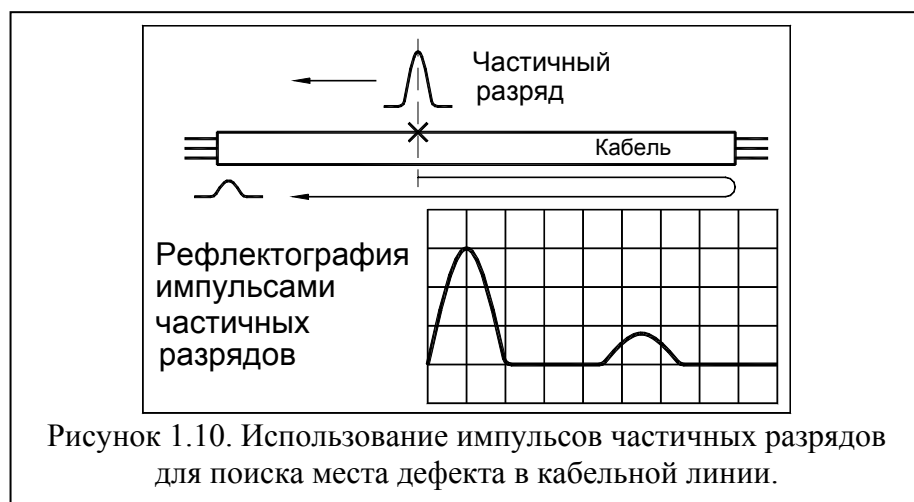
Внимание. Следует помнить, что ограничение на просмотр информации о 8 импульсах касается только режима сохранения формы импульсов частичных разрядов. При регистрации матриц распределения импульсов, а этот режим является основным в приборе R2100, в одном замере (по одному измерительному каналу) может быть сосредоточена информация о нескольких десятках тысячах импульсов. В этом состоит очень важное достоинство такого представления импульсов частичных разрядов.

1.4.4.2. Использование прибора R2100 для локализации места возникновения дефектов в изоляции кабельных линий.

Метод рефлектографии достаточно широко применяется в практике для поиска мест возникновения дефектов в кабельных линиях. Метод достаточно прост и эффективен, но и не лишен некоторых недостатков. Основными недостатками являются два. Во-первых, диагностика может производиться только на отключенной кабельной линии. Во-вторых, диагностируемый дефект в изоляции кабельной линии должен быть «развит» до такой степени, что в его зоне волновые свойства кабельной линии были изменены, только в этом случае возможно отражение (от зоны диагностируемого дефекта) части энергии тестового импульса.

При помощи прибора R2100, имеющего в своем составе модуль регистрации формы импульсов частичных разрядов, также возможно проведение локализации места возникновения дефектов в изоляции. Используемый при этом метод «модифицированной» рефлектографии приобретает новые свойства. Отличие данного метода рефлектографии от «стандартного» заключается в том,

что в качестве тестирующего импульса используется не импульс от встроенного в прибор генератора, а импульс частичного разряда, возникающего в зоне возникшего дефекта изоляции.



На рисунке 1.10 приведен рисунок, поясняющий использование в методе рефлектографии импульсов частичных разрядов. В месте наличия дефекта кабельной линии возникает частичный разряд, и, соответственно, электромагнитный импульс. Из зоны возникновения он начнет, по кабельной линии,

распространяться в обе стороны, в направлении концевых разделок кабельной линии. С одной стороны, на рисунке это слева, когда импульс достигнет датчика, то он будет зарегистрирован прибором R2100. Приблизившись к правому концу кабеля, в месте изменения волнового сопротивления, часть энергии импульса частичного разряда отразится, и отраженный импульс, меньшей амплитуды, будет двигаться в обратном направлении. В тот момент, когда импульс придет к левому концу кабеля, он также будет зарегистрирован прибором R2100.

Если, в момент прихода первого, «прямого» импульса, начнется регистрация временной формы сигналов, то временная диаграмма по этому каналу будет иметь примерно такой вид, как это показано на рисунке 1.8. Основной интерес, для диагностики места возникновения дефекта, на этой диаграмме имеет временное запаздывание второго, отраженного импульса, от первичного импульса. Количественно, это время было затрачено «отраженным» импульсом на движение, от места возникновения, к правому концу кабеля, и возвращению обратно до зоны возникшего дефекта. Движение от зоны дефекта к левому концу кабеля у каждого импульса занимает одинаковое время, т. е. не изменяет время запаздывания.

Точная диагностика места возникновения дефекта в кабельной линии, при практическом применении метода, затрудняется по нескольким причинам.

Во-первых, скорость движения электромагнитной волны в кабельной линии различна у кабелей различной марки. Основная причина такого различия – различные свойства диэлектриков и конструктивные отличия кабельных линий. Из-за этого при одинаковом времени запаздывания прихода «второго импульса», место расположения дефекта в кабельных линиях может изменяться, в зависимости от скорости движения импульса.

Во-вторых, реальная рефлектограмма может по форме отличаться от идеальной, приведенной на рисунке 1.8. На «полезные» сигналы от дефекта накладываются отражения от соединений, муфт. Для устранения влияния этого эффекта можно, при первичной калибровке прибора, записывать «опорную» рефлектограмму, снятую классическим способом. По этой рефлектограмме можно уточнить скорость распространения импульсов в данном кабеле, и место расположения муфт. Затем, в процессе эксплуатации прибора, при возникновении реальных импульсов в линии, запускается рефлектометр, и картины распределения импульсов сопоставляются. Зная точные расстояния до мест соединений можно даже уточнить место дефекта.

В-третьих, измерение временного распределения импульсов в кабельной линии, под рабочим напряжением, обычно, усложняется наличием большого количества помех. Для подавления случайных помех прибор R2100 делает несколько измерений, количество которых может достигать нескольких сотен, усредняя полученную картину. После такой процедуры на временной диаграмме останутся только стабильные, повторяющиеся импульсы.

В самом общем случае, скорость распространения импульсов частичных разрядов можно принять равной один метр за время 6 – 7 наносекунд. При длительности регистрации формы импульса равной 40 микросекунд, импульс от частичного разряда «пробежит» в кабельной линии

расстояние, превышающее 6 километров. Таким образом, учитывая двукратный пробег импульсом кабельной линии, прибором R2100 может диагностироваться кабель общей длиной до двух километров.

Достоинством данного метода является:

- Возможность диагностика кабельных линий, находящихся под рабочим напряжением.
- Выявление возникающих дефектов изоляции кабельной линии на начальных этапах их развития.

2. Общие вопросы проведения измерений частичных разрядов

В данном разделе инструкции рассматриваются как общие вопросы, так и особенности проведения частичных разрядов в оборудовании различного типа.

2.1. Параметры частичных разрядов

Частичный разряд – это искровой разряд очень маленькой мощности, который образуется внутри изоляции, или на ее поверхности, в оборудовании среднего и высокого классов напряжения. С течением времени, периодически повторяющиеся частичные разряды, разрушают изоляцию, приводя в конечном итоге к ее пробое. Обычно разрушение изоляции под действием частичных разрядов происходит в течение многих месяцев, и даже лет. Таким образом, регистрация частичных разрядов, оценка их мощности и повторяемости, а также локализация места их возникновения, позволяет своевременно выявить развивающиеся повреждения изоляции и принять необходимые меры для их устранения.

Чтобы правильно понимать принципы работы прибора необходимо определить основные термины и интегральные параметры, описывающие частичные разряды в высоковольтном оборудовании.

Все имеющиеся в мире стандарты по ЧР определяют некоторый набор "интегральных" величин, которые могут рассчитываться или непосредственно измеряться при тесте состояния изоляции. Стандарты разных стран могут различаться в деталях, но, в основном, во в основных понятиях они совпадают. В Европе используется стандарт IEC-270. Расчетные параметры, получаемые в приборе R2100, ориентированы на американский стандарт, потому, что прибор создавался для совместной продажи на рынках России и Америки. В России тоже ведутся разработки своего стандарта по ЧР, однако в настоящее время он еще не завершен.

Все стандарты по ЧР базируются на понятии "кажущийся заряд". Под "кажущимся" зарядом понимают такой заряд, который необходимо дополнительно и мгновенно "впрыснуть" в контролируемое оборудование, что бы восстановить равновесие, нарушенное возникновением импульса ЧР. В этом определении очень важным является то, что мы не знаем параметры реального заряда, например, внутри газового включения, а измеряем (замеряем) реакцию контролируемого высоковольтного объекта схемы на возникший ЧР. Заряд потому и назван "кажущимся", т. к. мы так считаем, не зная истинного значения реального ЧР. Измеряется кажущийся заряд ЧР в пКл (пикоКулонах). Если сложить все заряды, зарегистрированные в оборудовании за одну секунду, то получится ток ЧР – тот ток, который протекает в той цепи, которую контролирует датчик, дополнительно за счет возникновения ЧР. В среднем этот ток является чисто активным и характеризует потери в изоляции из-за возникновения ЧР.

Исторически важной характеристикой является "максимальный измеренный заряд". Почти все изготовители высоковольтного оборудования до сих пор пользуются этой величиной (если вообще чем-то пользуются) на приемных испытаниях. Конечно, понятно, что нужно измерять, что-то статистически достоверное. В старых приборах статистика задается временем усреднения, а в современных приборах это решается удалением из рассмотрения случайных одиночных выбросов. Например, в определении американского стандарта это звучит так: "амплитуда наибольшего повторяющегося разряда при наблюдении постоянных разрядов". Следовательно, этот термин не предусматривает анализ отдельных выбросов. Чтобы сделать это определение более конкретным, ограничимся учетом только тех ЧР, которые повторяются не менее 10 раз за секунду. В нашем случае, при частоте питающей сети в 50 герц, мы получаем, что один импульс должен быть не реже, чем за 5 периодов сети. Для удобства пользования этот термин будем брать в следующей формулировке: импульс ЧР будем считать периодически повторяющимся, если частота его следования составит 0,2 импульса на один период питающей сети. Далее в тексте параметр будет отражаться как Q_{02} . Для удобства пользования будем делать это одинаково для любой частоты сети, 50 и 60 герц.

Ценность этого параметра достаточно высока. Многие методы диагностики базируются на нем, хотя как отдельно взятый параметр – он скорее плохой, чем хороший, по крайней мере, при

постоянном мониторинге под рабочим напряжением. Мы имеем много оборудования, где большие (по амплитуде) ЧР живут успешно годами, а малые, но с большой частотой повторения – означают реальную проблему.

Как посчитать потери вызванные ЧР. Очень можно сделать достаточно просто, физически, при каждом импульсе ЧР, мы дополнительно впрыскиваем из источника испытательного напряжения в контролируемый объект "кажущийся" заряд. Заряд инжeksiруется мгновенно и связан с конкретным напряжением питающей сети. Значит энергия, которая дополнительно вводится в оборудование из-за единичного ЧР, равна заряду, умноженному на мгновенное напряжение на объекте. Далее нужно просуммировать все импульсы и получить полную энергию ЧР. Если полную энергию поделить на полное время суммирования, то получим мощность ЧР. Этот параметр называется "потери энергии на частичные разряды".

Формула:

$$P = \frac{1}{T} \times \sum_{i=1}^m Q_i \times V_i$$

где:

P – мощность разрядов, W,

T – время наблюдения, сек,

m – число наблюдаемых импульсов за время T , и

$Q_i V_i$ – энергия i -го импульса

Вполне очевидно, что, базируясь на фазовом распределении импульсов ЧР, можно рассчитать мгновенное значение приложенного напряжения, конечно, если фазовая привязка импульсов выполнена правильно и достоверно рассчитана мощность. Однако совсем не все приборы регистрируют фазовое распределение импульсов, а если эта функция в них реализована, то используемый датчик ЧР может регистрировать импульсы ЧР с двух или даже трех фаз объекта. Какое напряжение следует брать в таком случае, с какой фазы? Для решения этого вопроса американский стандарт по ЧР предлагает использовать еще один диагностический параметр, который чаще всего называют PDI - "Partial Discharge Intensity". В этой величине вместо мгновенного напряжения в момент прохождения импульса ЧР, берется его действующее значение, т.е. одинаковое напряжение для всех импульсов, а не персональное для каждого. Проводя сравнительные расчеты можно убедиться, что итоговое различие параметров, рассчитанных в первом и во втором случаях, лежит в пределах 20 %. Этого вполне достаточно, что бы корректно оценить уровень и строить тренд. Параметр PDI является одним из основных, используемых для оценки интенсивности ЧР в контролируемом объекте.

По обоим полученным параметрам, PDI и Q_{02} , прибор R2100 рассчитывает *тренд* (во сколько раз изменится параметр за год, PDI_t и Q_{02t} соответственно) и скачек (процент от предыдущего уровня, PDI_j и Q_{02j}). Все эти параметры также могут быть использованы для оценки состояния любого высоковольтного оборудования.

2.2. Калибровка входных цепей

Важной проблемой, которую приходится решать при практическом применении приборов контроля частичных разрядов, является вопрос калибровки (поверки) приборов.

В отличие от стандартных измерений параметров электрических цепей, например: токов, напряжений, необходимо четко понимать, что прибор контроля частичных разрядов не может быть откалиброван, а тем более поверен, в условиях предприятия изготовителя, или в какой – либо метрологической службе.

Это обусловлено тем, что, как уже говорилось выше, измеряются не сами параметры импульса частичного разряда, а вторичные признаки импульса - реакция контролируемого объекта на перераспределение потенциалов. При этом получается так, что один и тот же разряд в изоляции будет измеряться нашим прибором в разных объектах по-разному. Например, разряд, возникший внутри разного оборудования, с одинаковой величиной в 100 пКл, будет наводить в одинаковом датчике сигнал, отличающийся по амплитуде в десятки, и даже в сотни раз. Так будет, например, при измерении ЧР в трансформаторе и в небольшой электрической машине. Во втором случае, обычно, сигнал импульса частичного разряда будет много больше.

Реальная чувствительность прибора, а это и есть потенциальный метрологический параметр, который влияет на измеряемые параметры, не является величиной постоянной. Она в значительной степени зависит от условий проведения измерений.

На чувствительность прибора оказывает влияние:

- тип и марка контролируемого высоковольтного оборудования, трансформаторы, генераторы, кабельные линии;
- типа и места установки датчика, предназначенного для измерения параметров частичных разрядов;
- места возникновения дефекта в изоляции оборудования, разряды, возникшие на разном удалении от датчика, наведут в датчике сигналы разной амплитуды;
- длины соединительного кабеля от датчика и т. д.

Каким – то образом заранее учесть «набор» этих возмущающих факторов, влияющих на чувствительность измерительной схемы, не удастся никогда. Вполне очевидным является то, что единственно возможным способом проведения достоверных измерений частичных разрядов в высоковольтном оборудовании является проведение калибровки измерительной схемы прямо на месте. Любое изменение параметров схемы измерения, перемещение датчиков по контролируемому оборудованию и т. д. требует проведения повторной процедуры калибровки измерительной схемы.

Процедура калибровки измерительных цепей перед измерением частичных разрядов предполагает следующее:

- Собирается конкретная измерительная схема на отключенном высоковольтном объекте, состояние изоляции которого предполагается контролировать.
- В конкретную зону объекта, которую предполагается контролировать, необходимо ввести, «инжектировать», искусственные частичные разряды, амплитуда которых известна.
- Проводится измерение выходных сигналов со всех датчиков, установленных на оборудовании.
- На основании известного уровня тестового импульса, инжектируемого в оборудование, рассчитывается реальный коэффициент чувствительности каждого измерительного канала собранной измерительной схемы.
- Полученные расчетные коэффициенты чувствительности каналов используются во всех последующих измерениях частичных разрядов, проводимых под рабочим, или испытательным, напряжением.

Вполне очевидно, что единственным способом обеспечения необходимой метрологической достоверности измерения частичных разрядов является обязательное наличие в составе оборудования тестового генератора. Это генератор должен выдавать на выходе импульсы, соответствующие импульсам частичных разрядов, иметь небольшие габариты и аккумуляторное питание.

В соответствии с этим в состав всех приборов производства фирмы «Вибро-Центр» включается генератор GKI-2, имитирующий импульсы ЧР. Благодаря этому пользователи приборов могут самостоятельно проводить калибровку измерительных цепей в полевых и лабораторных условиях.

2.2.1. Импульсный генератор GKI-2

Малогабаритный калибровочный генератор GKI-2 предназначен для калибровки цепей регистрации частичных разрядов перед проведением измерений. Он может быть использован в полевых и лабораторных условиях. Допускается работа генератора при температуре окружающей среды до минус 20 градусов.



Рисунок 2.1. Генератор GKI-2

Управление всеми функциями генератора осуществляется при помощи пленочной клавиатуры, необходимая информация о работе прибора отражается на миниатюрном ЖКИ индикаторе.

Питание генератора осуществляется от двух батарей формата «АА», или аккумуляторов такого же размера. Одного заряда аккумуляторов достаточно для непрерывной работы в течение не менее 10 часов. В

комплекте генератора имеется зарядное устройство, от которого можно также питать генератор во время работы.

Генератор GKI-2, обычно, инжектирует в контролируемый объект, и в измерительные цепи, заряд 3000 пКл. Это позволяет проводить калибровку измерительных цепей, с учетом затухания в объекте, перед проведением измерений. Выпускаются версии генератора с регулировкой инжектируемого заряда, величина которого может, по выбору пользователя, составлять 2000 и 5000 пКл.

На лицевой панели генератора находится экран и пленочная клавиатура. Вверху слева нанесена надпись с наименованием прибора. Справа вверху эмблема фирмы "Вибро-Центр".



Рисунок 2.2.

Внешний вид клавиатуры генератора показан на рисунке 2.2. Для управления всеми функциями прибора используются четыре функциональные клавиши.

Назначение клавиш:

"On" - кнопка включения – отключения прибора.

"☀" - кнопка включения подсветки экрана.

"Set" - кнопка предназначена для остановки генератора и перевода его в режим настроек параметров и режимов работы.

"Mod" - кнопка предназначена для модификации параметров работы генератора.

Разъем прибора предназначен для подключения измерительной цепи, имеющей стандартное сопротивление 50 Ом. При отсутствии такого нагрузочного сопротивления показания прибора недействительны.

В приборе предусмотрены 2 режима работы:

- автономная генерация импульсов;
- установка параметров прибора.

При нажатии на клавишу прибора "On" происходит включение прибора. После подачи напряжения питания, тестирования и загрузки программного обеспечения, прибор сразу же переходит в режим автономной генерации импульсов с теми настройками, с которыми закончилось предыдущее выключение.

Прибор генерирует импульсы заряда 3000 пКл (на 50 Ом) с частотой 25 кГц.

Изменение текущих параметров генератора производится в режиме настройки. Переход в режим настроек прибора, осуществляется при нажатии клавиши "Set". В этом режиме проводится настройка служебных параметров. Каждое нажатие клавиши "Set" приводит к смене текущего параметра установок. Нажатие "Mod" изменяет текущий параметр. При последнем нажатии на "Set" прибор переходит в режим регистрации. Всего для настройки доступно 3 параметра.

Пользователь может установить:

- Время работы прибора до автоматического отключения после последнего нажатия клавиш. Оно может равняться 1, 10, 20 и 60 минут или этот режим отключается. На экране показывается надпись "ВЫКЛ. ПРИБОР – 10 мин". Данная функция предназначена для сохранения заряда аккумуляторов.

- Время отключения подсветки экрана. Оно может равняться 1, 5 и 10 минут. На экране показывается надпись "ВЫКЛ. ПОДСВ. – 1 мин". Подсветка нужна при настройке генератора, в процессе инжектирования импульсов, когда пользователь работает с прибором, это не нужно.

- Контрастность экрана. Изменяется от 0% до 100% с шагом 10%. На экране показывается надпись "КОНТРАСТ – 20 %".

У некоторых модификаций генератора имеется возможность установки величины инжектируемого в контролируемый высоковольтный объект нормированного заряда.

Экран тестового генератора GKI-2, в основном режиме работы, во время генерации импульсов, выглядит так, как это показано на рисунке 2.3.

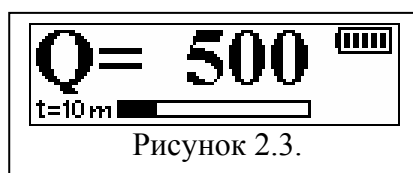
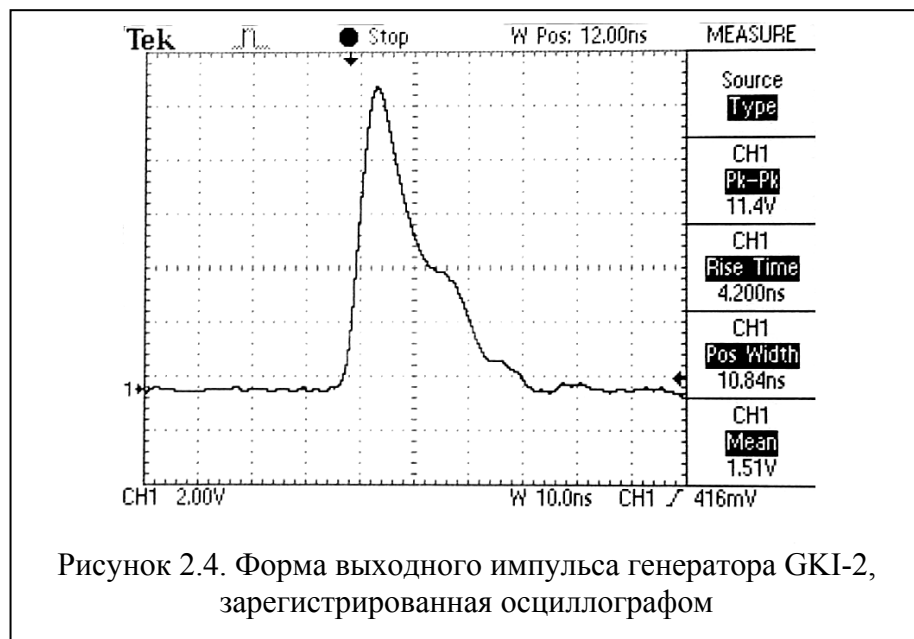


Рисунок 2.3.

Справа вверху условно показывается уровень зарядки аккумулятора – по 20 % зарядки на одну линию условной батарейки. В основном поле экрана показывается инжектируемый прибором во внешнюю цепь заряд (3000 пКл).

В нижней части экрана, в виде «движущейся линейки», показывается время, оставшееся до момента автоматического отключения генератора. Это время на бегунке показывается в условных единицах от заданного поль-

зователем максимального значения. Если автоматическое отключение отключено, то движения бегунка в нижнем поле не происходит. Слева от «линейки» остаток времени показывается в цифровом виде.



Форма тестового импульса частичного разряда, генерируемого на выходе GKI-2, показана на рисунке 2.4. Длительность переднего фронта тестового импульса составляет около 5 нс. Задний фронт импульса более затянут, но для самой процедуры калибровки измерительной схемы это менее важно. Реальные импульсы частичных разрядов, достаточно часто, имеют такую же форму импульса.

Выходная цепь генератора всегда должна

быть нагружена на сопротивление, не превышающее значение в 50 Ом. Режим короткого замыкания выходной цепи генератора не представляет опасности для работоспособности прибора. Он может находиться в таком состоянии любое время, и генерировать в объект импульсы частичных разрядов, с амплитудой, показываемой на его экране.

Если контролируемый объект, относительно точек подключения генератора, имеет сопротивления, значительно превышающее 50 Ом, то форма импульса от тестового генератора начинает искажаться. Изменяются волновые свойства контролируемого объекта, и процедура калибровки будет проходить некорректно.

Для исключения этого необходимо параллельно контролируемому объекту включить «терминатор», входящий в состав поставки генератора, внутри которого смонтировано сопротивление с величиной 50 Ом. Для этого к выходу генератора подключается стандартный «Т-Connector», входящий в состав поставки генератора. К одному плечу этого «тройника» подключается нагрузочный «терминатор», а к другому подключается кабель, по которому импульсы передаются к калибруемому объекту. В результате форма и амплитуда тестового импульса будут иметь стандартные параметры.

2.2.5 Расчет чувствительности канала

Расчет чувствительности канала прибора может производиться автоматически, при помощи встроенной в прибор R2100 функции "калибровка", описанной в пункте 3.3.4 данной инструкции, или в ручном режиме.

Для ручного расчета коэффициентов чувствительности, после регистрации замера с инжектированным зарядом с генератора, необходимо определить уровень сигнала (мВ) который зарегистрировал прибор на калибруемом канале. Это возможно в приборе при помощи функции просмотра замера, или после перекачки данных калибровочного замера в компьютер, и анализа его при помощи программы "СКИ", поставляемой вместе с прибором.

Порядок расчета коэффициентов чувствительности следующий. Необходимо загрузить замер из архива прибора в компьютер, и посмотрите уровень сигнала (Q02) по калибруемому каналу.

При использовании программного обеспечения "СКИ" уровень сигнала можно определить при графическом просмотре данных в шкале мВ.

Далее чувствительность каждого измерительного канала прибора можно легко рассчитать по простой формуле:

$$K_{чк} = \frac{Q_{ГЕН}}{U_{ВХ.КАН}}$$

где:

$K_{чк}$ - коэффициент чувствительности измерительного канала, в условиях данной схемы измерения частичных разрядов, рассчитываемый в размерности (нКл / В);

$Q_{ГЕН}$ - амплитуда импульса на выходе калибровочного генератора, измеренная в размерности «нанокулон» (нКл), считываемая с экрана генератора, или контролируемая осциллографом;

$U_{ВХ.КАН}$ - амплитуда напряжения от датчика, измеренная на входе измерительного канала, в размерности «вольт» (В).

Пример. При подаче в контролируемый объект тестового импульса с амплитудой 3 нКл на входе измерительного канала прибора был зарегистрирован импульс с амплитудой 300 милливольт, или 0,3 вольт. Итоговая расчетная чувствительность измерительного канала прибора, в данной измерительной схеме, равняется 30 «нанокулон/вольт» (нКл / В).

Внимание: чувствительность в прибор вносится в размерности наноКулон/Вольт, поэтому в формуле стоит 3 нКл, инжектируемые генератором и уровень сигнала приводится к Вольтам.

3. Работа с прибором R2100

Прибор "R2100" заключен в металлический корпус, имеет жидкокристаллический экран с разрешением 320x240 точек и утопленную в корпус клавиатуру. Управление функциями прибора осуществляется при помощи клавиатуры. На ней имеются клавиши управления перемещением курсора "▲", "▼", "◀", "▶", ввод - "Ent", отмена - "Esc", функциональные клавиши "F1"- "F4", клавиши включения/отключения прибора "⏻" и подсветки "☀".

3.1. Включение прибора

При включении прибора (осуществляется нажатием на кнопку питания "⏻") появится окно являющееся визитной карточкой прибора:



Рисунок 3.1. Визитная карточка прибора "R2100"

В данном окне отображена информация о фирме-изготовителе и версии программного обеспечения. Одновременно с включением прибора начинается его тестирование. После тестирования прибор загружает данные последнего замера и переходит в режим ожидания команд от пользователя и интерфейсов связи – основной режим работы прибора.

Пользователем подаются команды прибору с помощью нажатий клавиш клавиатуры, используя меню прибора. Для входа в меню прибора нажмите любую клавишу кроме "☀" и "⏻".

3.2. Настройка функций прибора R2100 при помощи встроенного меню

На рисунке изображено главное меню прибора:

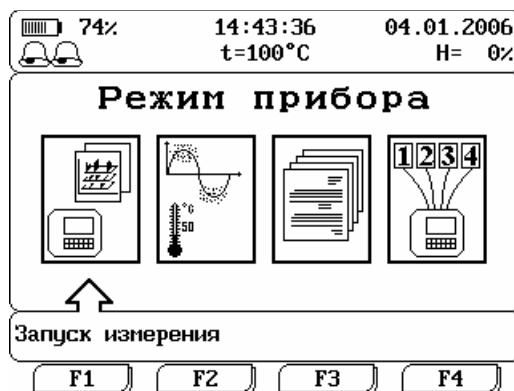


Рисунок 3.2. Меню прибора "R2100"

В верхней части экрана слева направо изображены уровень заряда аккумуляторной батареи прибора, текущие время и дата. Ниже, второй строкой, – состояние выбранного агрегата (1 коло-

кольчик – тревожное состояние, 2 - аварийное), текущие температуру и влажность. Состояние рассчитывается по последнему замеру, температура и влажность обновляются раз в минуту.

В основной – центральной – части экрана прибора написано название выбранного меню, изображены иконки вложенных пунктов.

Перемещение между пунктами осуществляется с помощью кнопок "◀" и "▶", выбор того или иного пункта – клавишей "Ent", отмена выбора – "Esc". При перемещении между пунктами кнопками "◀" и "▶", также перемещается стрелка курсора () указывающая на пункт, который будет выбран при нажатии кнопки "Ent", ниже отображается краткая подсказка, о том, что находится в данном подменю.

В нижней части экрана нарисованы кнопки с надписями "F1"-"F4" что означает, что при нажатии функциональной клавиши (например "F3") будет выбран пункт меню, чья иконка расположена над этой кнопкой (в данном случае третий – "Архив").

Структурно меню прибора выглядит следующим образом:

- "Запуск измерения" – меню запуска измерения (см. п. 3.2.1);
- "Установки замера":
 - "Параметры канала" – установка параметров измерения, различных для каждого канала (разборки, чувствительность) (см. п. 3.2.2);
 - "Общие параметры" – установка параметров измерения, общих для всех каналов (тип синхронизации, количество синусоид) (см. п. 3.2.3);
 - "Калибровка" – калибровка цепей измерения ЧР и температуры (см. п. 3.2.4);
 - "Оценка" – установка параметров оценки замера, и уровней по выбранным параметрам (см. п. 3.2.5);
- "Архивом":
 - "Архив данных" – создание и удаление каталогов, просмотр и удаление замеров (см. п. 3.2.6);
 - "Параметры по умолчанию" – сброс параметров в значение по умолчанию с очисткой архива (см. п. 3.2.7);
- "Параметры прибора":
 - "Время" – установка времени и даты прибора, времени отключения прибора/подсветки (см. п. 3.2.8);
 - "Связь" – установка параметров связи – скорости передачи данных по RS-232 (см. п. 3.2.9);
 - "Отображение" – установка параметров вывода замеров на экран (см. п. 3.2.10).

3.2.1. Меню измерения

Прибор может совершать полный замер и замер по какому-либо одному выбранному каналу. Полный замер – выполняется по всем включенным каналам в соответствии с их настройками. Замер по каналу – замер выполняется только по одному указанному каналу, независимо от того включен он или нет.

Для входа в меню измерения в основном меню прибора выберите первый пункт ("F1"), появится окно, изображенное на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3. Меню измерения

Здесь и далее, в окнах настройки, просмотра архива или замеров, нижняя часть экрана разделена на четыре части, на которых нарисованы кнопки, и написана краткая подсказка о действии, совершаемом при нажатии соответствующей кнопке функциональной клавиши.

Прибор готов к запуску полного измерения. Для запуска измерения по одному каналу установите стрелку курсора с помощью кнопок "▲", "▼" напротив надписи "по каналу#". Выберите нужный канал с помощью клавиш "◀" и "▶". Возврат к полному измерению осуществляется с помощью клавиш "▲" или "▼", выход из меню измерения – кнопка "Esc".

Здесь и далее, в окнах настройки прибора, для изменения параметра нужно установить напротив него курсор (стрелка вправо "►"). Параметры помеченные ► изменяются с помощью клавиш управления курсором "◀" и "▶". В остальных случаях по клавише "Ent" запускается функция ввода значения параметра или происходит изменение самого параметра.

Для запуска измерения нажмите клавишу "Ent". После запуска, прибор произведет калибровку, и начнет чтение данных, отображая ход измерения с помощью полосы состояния.



Рисунок 3.4. Измерение

Для отмены чтения нажмите кнопку "Esc". Отменив чтение по данному каналу, Вы не потеряете считанные ранее данные (по предыдущим каналам прибора). После регистрации, отображается сохраненный замер – чтобы Вы могли принять решение: оставить его или удалить. Показ замера можно отключить (см. п. 3.2.10).

Кнопки "F1" и "F2" обеспечивают быстрый доступ из этого окна к настройкам регистрации. Более подробно вызываемые пункты меню описаны в пп. 3.2.2, 3.2.3.

Кнопка "F3" вызывает осциллограф частичных разрядов, работающий с помощью встроенного рефлектометра.

Алгоритм работы рефлектометра следующий: после прихода на вход импульса ЧР начинается запись с шагом 20 наносекунд, продолжающаяся в течение 40мкс. Для подавления случайных помех таких кусочков записывается 8, затем они усредняются. Но, если источников ЧР в кабельной линии несколько, то регистрация каждого участка может начинаться от разных импульсов, в результате полученная после усреднения рефлектограмма будет совершенно неинформативной.

Для анализа таких кабелей в приборе R2100 реализовано подобие осциллографа, т.е. регистрация и просмотр всех интервалов, без усреднения.

Нажмите кнопку "F3" из окна запуска измерения. Появится окно настройки осциллографа. Выберите с помощью "◀" и "▶" канал, по которому будет производиться регистрация. Нажмите кнопку "▼". С помощью кнопок "◀", "▶" выберите амплитудное окно, в котором будет производиться регистрация. В информационном поле отображается середина амплитудного окна в мВ.

Для того чтобы определить, в каком амплитудном окне Вы хотите произвести измерение, рекомендуем произвести обычное измерение уровня ЧР по данному каналу. В противном случае может возникнуть ситуация, что Вы пытаетесь зарегистрировать "осциллограмму" ЧР, которых нет. Данная ситуация может привести к зависанию модуля рефлектометра (для старых версий ПО рефлектометра).

После выбора амплитудного окна нажмите еще раз кнопку "▼", установив курсор напротив надписи "Запуск", и нажмите "Ent".

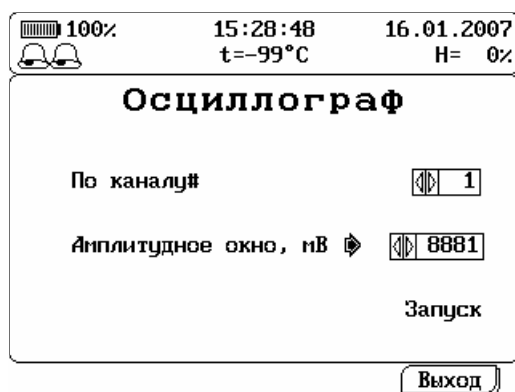


Рисунок 3.5. Осциллограф ЧР

Прибор регистрирует 8 первых интервалов рефлектограммы и покажет первый из них. После просмотра, который полностью аналогичен просмотру рефлектограммы при просмотре замера, описанному в п. 3.2.6. нажмите "F4" для перехода к следующему участку. При нажатии "F4" после просмотра последнего, восьмого участка, произойдет регистрация еще восьми интервалов рефлектограммы, и прибор снова перейдет к показу первого из них. Выход из режима просмотра осциллограмм – кнопка "Esc".

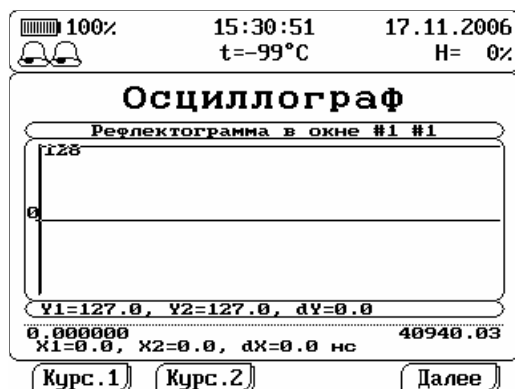


Рисунок 3.6. Просмотр осциллограмм

При работе осциллографа возможны следующие сообщения об ошибках:

(1) - "Модуль рефлектометра не отвечает!" – замер не может быть зарегистрирован. Убедитесь, что канал и амплитудное окно установлены правильно, и канал подключен. Перезапустите прибор (для старых версий ПО рефлектометра).

(2) - Ошибка калибровки! – прибор не может откалиброваться. Вероятен низкий уровень заряда аккумулятора или неисправность прибора.

(3) - Ошибка связи с модулем рефлектометра! – ошибка обмена данными с модулем рефлектометра. Отсутствует связь после зависания модуля рефлектометра с ошибкой (1) или прибор неисправен.

3.2.2. Параметры канала

Для установки параметров регистрации замера, выберите в главном меню прибора пункт 2 – "Установка параметров измерения". Для установки параметров каналов выберите первый пункт – "Параметры канала".

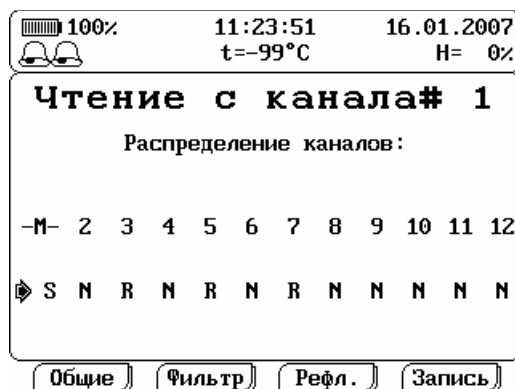


Рисунок 3.7. Распределение каналов

Чтение данных с каналов прибора происходит последовательно, входные каналы поочередно подключаются к измерительному каналу. Остальные 11 каналов в это время могут быть использованы для отстройки от помех, с помощью референсного или шумового каналов. В данном окне задается: с каких каналов будет производиться чтение, и куда будут подключены в этот момент остальные каналы.

Кнопками "▲" и "▼" устанавливается канал, для которого в данный момент устанавливаются параметры. Кнопками "◀", "▶" осуществляется перемещение между пунктами меню, "Esc" – отмена ввода параметров (выход без сохранения), "F4" – выход с сохранением всех внесенных изменений.

На текущий параметр указывает стрелка курсора, изменение значения параметра осуществляется кнопкой "Ent".

Текущий канал – канал, с которого будет производиться чтение – помечен "-М-" в строке номеров каналов. Он может подключаться к измерительному каналу (значение "S" – "Signal channel"), или не подключаться, то есть измерение непосредственно по нему производиться не будет, в регистрации он будет участвовать только в качестве шумового или референсного (значение "NR" – "Noise channel" или "Reference channel").

Все остальные каналы могут быть подключены к референсному (значение "R") или к шумовому (значение "N") каналам прибора.

Из этого же окна запускаются следующие подпункты:

- настройки канала – кнопка "F1" – "Общие";
- настройки фильтрации по шумовому и референсному каналам - "F2" – "Фильтр";
- настройки параметров запуска модуля рефлектометра - "F3" – "Рефл."

При нажатии "F1" появится еще одно окно ввода параметров чтения.

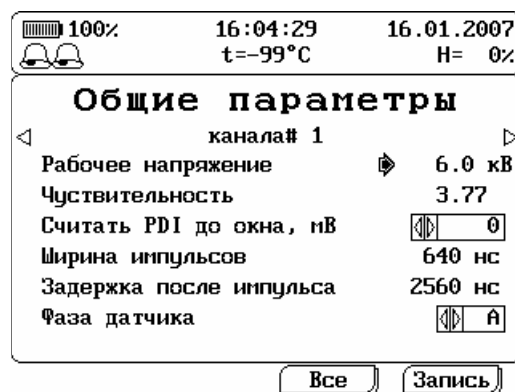


Рисунок 3.8. Параметры канала

Здесь нужно установить:

- Рабочее напряжение, в киловольтах, влияет на значение интенсивности импульсов PDI;
- Чувствительность канала, нКл/В, определяется при калибровке прибора, влияет на перевод амплитуды из мВ в пКл, и расчет значения PDI;
- Уровень, до которого нужно считать PDI (для исключения шума из расчета значения PDI, в информационном поле отображается середина амплитудного окна в мВ. Окна начиная с этого в расчет включаться не будут);
- Ширину импульса ЧР и задержку после него;
- Дополнительный сдвиг для этого канала (подробнее см. 3.2.3).

Строка "канала #N" слева и справа помечена треугольниками, что означает возможность переключения между каналами с помощью кнопок "◀" и "▶". При выбранном третьем и шестом пунктах эти кнопки меняют значение параметра, поэтому канал не переключается.

При нажатии кнопки "F3" – "Все", введенные для этого канала параметры будут установлены для всех каналов. Нажмите "F4" для возвращения в предыдущее окно с сохранением изменений или "Esc" – без сохранения.

При нажатии "F2" запустится окно настроек параметров фильтрации.

У амплитудной фильтрации (фильтрации с помощью шумового канала), есть следующие параметры:

- Активность – включена или отключена отбраковка по шумовому каналу;
- тип шумового канала:
 - сдвиговой – уровень, относительно которого будет приниматься решение о блокировке импульса сдвигаться одновременно с уровнем измерительного канала, до заданного порога.
 - постоянный – уровень будет зафиксирован на определенном значении (предназначено для использования с датчиком короны);
- Уровень в мВ, от 1 до 9999;
- Сдвиг (в амплитудных окнах), на который будет сдвинут уровень шумового канала, относительно измерительного, вверх или вниз, до ± 5 зон (только для сдвигового шумового канала).

Алгоритмы отбраковки по референсному каналу:

- По знаку;
- По времени прибытия;

Отдельного параметра "Активность" для отбраковки по референсному каналу нет. Ее отключение осуществляется отключением обоих алгоритмов, включение – включением хотя бы одного из них.

100%	13:14:23	16.01.2007
	t=-99°C	H= 0%
Фильтрация, к# 1		
Амплитудная:		
Шумовой канал включен	☒	
Тип шумового канала		сдвиг.
Сдвиг шумового канала		0
Уровень, мВ		3
По референсному каналу:		
Полярность		☒
Время прибытия		☒
Все		Запись

Рисунок 3.9. Параметры фильтрации

После регистрации матриц ЧР, прибор может запускать встроенный рефлектометр. Для его настройки, после возвращения в предыдущее окно (рис. 3.7.) нажмите кнопку "F3".

100%	13:36:52	19.01.2007
	t=-99°C	H= 0%
Рефлектометр		
на канале# 1		
Рефлектометр активен	☐	
Искать импульсы в окне, мВ	☒	авто
Не ниже окна, мВ	☒	154
Делать рефлектограмм		1
Скорость распр. ЧР		6.0 нс/м
Длина кабельной линии		2000 м
Все		Запись

Рисунок 3.10. Параметры рефлектометра

В появившемся окне можно указать:

1. Производить или нет замер рефлектометра после основного замера;
2. В каком амплитудном окне запускать рефлектометр. В информационном поле нужно выбрать амплитудное окно, при наличии импульсов в котором, запустится рефлектометр. Если выбрать значение "авто" прибор будет сам искать окно с импульсами максимальной амплитуды;
3. По скольким окнам произвести замеры рефлектометра (от 1 до 3, начиная с окна определенного в п. 2, окна с импульсами должны быть расположены подряд, прибор автоматически отсекает окна без импульсов);
4. Максимальное окно для проведения замера;
5. Если есть возможность, уточните скорость распространения импульсов ЧР в данном кабеле. Ее можно рассчитать, используя генератор ЧР, заранее зная расстояние между импульсом и отражением (например, до муфты, или до края кабельной линии).
6. Введите длину исследуемой кабельной линии для отсекаания заведомо неверных результатов.

Таким образом, если стоит галочка напротив параметра "записывать рефлектограмму", то после проведения замера по данному каналу:

- если установлено значение "авто", прибор просмотрит полученную матрицу с первой до "не ниже, чем зона", и запустит регистрацию рефлектограммы в амплитудном окне с импульсами ЧР максимальной амплитуды;
- если установлено определенное окно, то прибор смотрит, есть ли в нем импульсы, и в зависимости от этого, запускает или нет запись рефлектограммы в этом окне.

Также как и ранее, кнопка "F3" – применяет параметры установленные для этого канала ко всем, "◀" и "▶" – осуществляют переключение между каналами, "F4" – выход с сохранением изменений, а "Esc" – выход без сохранения.

3.2.3. Общие параметры

Для установки общих параметров регистрации замера, выберите в главном меню прибора п. 2 – "Установка параметров измерения". Для установки общих параметров выберите второй пункт – "Общие параметры регистрации".

Здесь нужно установить следующие величины:

- тип синхронизации:
 - внешняя - прибор при замере ЧР синхронизируется от внешнего входа "Sync";
 - по питанию – прибор синхронизируется от питающих 220В, подключенных к разъему зарядки аккумулятора;
 - внутренняя - от внутреннего таймера, работающего с заданной частотой;
- частота при внутренней синхронизации (если указана внешняя синхронизация или синхронизация "по питанию", то на этом месте отображается частота сигнала с источника);
- количество периодов синусоиды – усреднения для замера ЧР (то есть на каждое амплитудное окно будет зарегистрировано указанное количество периодов сети). После регистрации количество импульсов приводится к секунде;
- количество усреднений для замера рефлектометра ("1" соответствует регистрации без усреднений);
- на сколько градусов сдвигать матрицы по всем каналам прибора;
- режим сохранения.

При отображении матриц распределения ЧР прибор по каждому каналу будет сдвигать матрицы ЧР на введенное в этом пункте значение, добавляя к этому сдвигу, для каждого канала, значение, введенное в настройках канала значение (рис. 3.8). Значение А – соответствует 0°, В – 120°, С – 240°, АВ - 60°, ВС - 180°, СА - 300°.

Сдвиг делается при отображении, сохраняются матрицы не сдвинутыми. Таким образом, даже если на момент регистрации сдвиг был установлен неверно, то, установив правильное значение, можно восстановить правильный вид данных.

Режим сохранения может принимать 3 значения:

- "краткий" – после измерения будут сохраняться только рассчитанные интегральные параметры амплитуды, интенсивности импульсов;
- "полный" – к рассчитанным данным будут дописаны исходные матрицы ЧР;
- "отладка" – к замеру, сохраненному в режиме "полный", дописываются матрицы импульсов отбракованных по знаку и времени прибытия.

100%		12:01:05	15.01.2007
		t=-99°C	H= 0%
Общие параметры			
Тип синхронизации	Внем.		
Текущая частота	50.0 Гц		
Периодов синусоиды	60		
Усреднений рефлектометра	10		
Сдвигать фазу на	0 °		
Режим сохранения	полный		
Запись			

Рисунок 3.11. Общие параметры

3.2.4. Калибровка прибора

Для верного расчета PDI и верного определения амплитуды импульсов в общепринятых единицах (пКл), перед измерениями на каждом объекте, нужно производить калибровку. Для калиб-

ровки выберите в главном меню прибора п. 2 – "Установки замера", затем п.3 – "Калибровка прибора".

В этом окне:

- установите амплитуду инжектируемых Вашим генератором импульсов (в нКл, для GKI-2 амплитуда равна 3,0 нКл – это значение по умолчанию), нажмите клавишу "▼";
- с помощью кнопок "◀" и "▶" выберите канал, который хотите калибровать, нажмите клавишу "▼";
- убедитесь что датчик, кабель и генератор ЧР подключены, и нажмите "Ent".

Прибор запустит измерение ЧР, с отключенной разбраковкой по шумовому и референсному каналам и включенным рефлектометром.

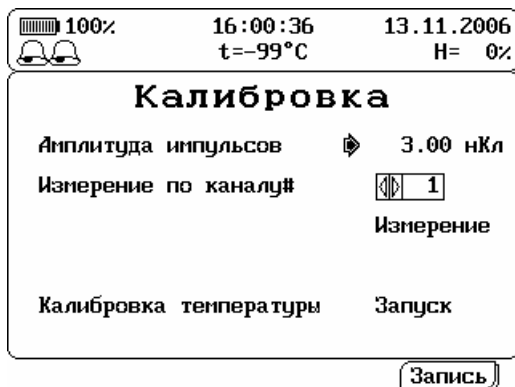


Рисунок 3.12. Калибровка прибора

После измерения, прибор рассчитывает чувствительность канала (из расчета указанной амплитуды инжектируемых импульсов) и предложит сохранить. Кнопка "Ent" – согласиться с прибором, и изменить текущую чувствительность на предлагаемую, "Esc" – отказаться.



Рисунок 3.13. Калибровка прибора

Если нажать кнопку "Ent", то запустится окно выбора каналов, в которые можно установить это значение.

Второе назначение данного замера – хранение опорной рефлектограммы, при помощи которой, сопоставляя ее с текущей, можно будет более точно локализовать место возникновения ЧР.

Замер, будет сохранен в любом случае, нажали Вы "Ent" или "Esc". В этом окне можно будет его просмотреть, выбрав канал и нажав кнопку "F1". Также этот замер можно будет просмотреть из архива, они отличаются пометкой "ини".

В этом же меню находится калибровка температуры. Она запускается при нажатии клавиши "Ent", при установленной стрелке курсора напротив пункта "Калибровка температуры".

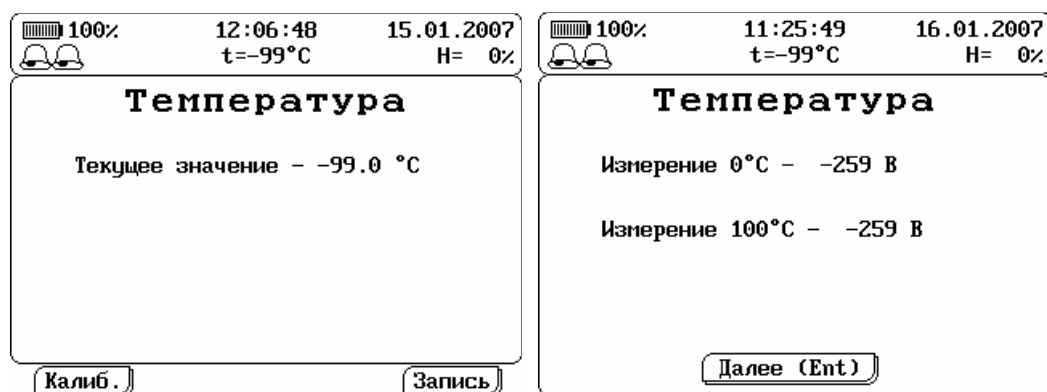


Рисунок 3.14. Калибровка температуры

Прибор в этом режиме постоянно измеряет и отображает текущее значение температуры, измеряемое прибором. Для калибровки нажмите кнопку "F1". Надпись сменится на "Измерение 0°C" – подключите сопротивление эквивалентное 0°C и нажмите "Ent". На экране добавится надпись "Измерение 100°C" – подключите сопротивление эквивалентное 100°C, и снова нажмите "Ent". Прибор пересчитает калибровочные коэффициенты, и вновь будет измерять, и отображать текущее значение температуры, но рассчитанное уже с использованием новых коэффициентов. Для выхода с сохранением этих значений нажмите кнопку "F4", без сохранения – "Esc".

3.2.5. Оценка замера

По каждому произведенному замеру прибор рассчитывает состояние объекта. Оценка состояния имеет 3 градации: хорошее, тревожное (1 колокольчик) и аварийное (2 колокольчика). Для правильной оценки замеров нужно настроить параметры и пороги срабатывания. Клавишами "◀" и "▶" установите величины, по которым рассчитывать состояние: по PDI, Q02 или по обоим. Выберите параметры этих величин, превышения уставок которыми, Вы хотите контролировать.

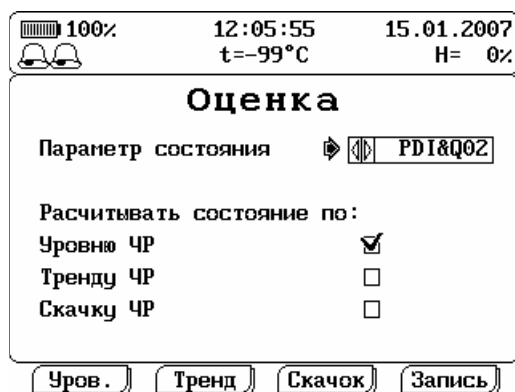


Рисунок 3.15. Выбор контролируемых параметров

Клавиша "F1" из этого окна, запустит настройку порогов по уровням интенсивности и амплитуды для каждого канала.

100% 11:23:04 16.01.2007 t=-99°C H= 0%		
Пороги по уровням		
◀ Канал # 1	PDI, мВт	Q02, мВ ▶
Тревога	3.0	500
Авария	10.0	5000
Все Запись		

Рисунок 3.16. Установка порогов по интенсивности и амплитуде ЧР

Здесь, также как в настройках регистрации клавиши "◀" и "▶" изменяют текущий выбранный канал, кнопка "F3" устанавливает значения, введенные для этого канала, во все каналы.

100% 16:07:59 13.11.2006 t=-99°C H= 0%	
Пороги по тренду	
Тревожный уровень	10.00 р/г
Аварийный уровень	20.00 р/г
Считать тренд за	18 нед.
Запись	

Рисунок 3.17. Установка порогов по скорости изменения

Если мониторинг объекта производится достаточно регулярно, то имеет смысл оценивать тренд изменения амплитуды и интенсивности импульсов. Прибор будет анализировать замеры в данном каталоге, произведенные за указанное количество недель, и рассчитывать во сколько раз изменятся параметры через год. Соответственно и пороги задаются в "разах в год". Это окно запускается из окна 3.15 при нажатии клавиши "F2".

100% 16:08:18 13.11.2006 t=-99°C H= 0%	
Пороги по скачку	
Тревожный уровень	200 %
Аварийный уровень	300 %
Запись	

Рисунок 3.18. Установка порогов на однократное изменение

Скачок – это уровень параметра в замере относительно уровня в предыдущем замере. То есть если установить тревожный порог в 200%, то прибор установит аварию по скачку при двукратном и более изменении параметра, а не при увеличении на 200 и более процентов. Это окно запускается из окна 3.15 при нажатии клавиши "F3".

3.2.6. Архив данных

Архив данных прибора хранит произведенные замеры в виде дерева и содержит три типа объектов, над которыми возможны различные типы операций: корневой элемент, каталог и замер. В нижней строке окна отображается подсказка, с помощью какой функциональной клавиши, запустится та или иная функция. Кнопки "Esc" и "F4" – выход из окна работы с архивом. Текущий активный элемент выделен инверсным шрифтом. Перемещение по дереву (изменение активного элемента) осуществляется с помощью кнопок "▲", "▼". Также можно перелистнуть сразу страницу, для этого: при зажатой кнопке "Ent" нажмите "▲" для перемещения на страницу вверх, или "▼" для перемещения на страницу вниз по списку.

Для экономии места на экране и ускорения перемещения по дереву базы данных каталоги, имеющие вложенные замеры (они помечаются знаками "+" или "-", в зависимости от состояния, заключенными в квадрат перед иконкой), можно сворачивать и разворачивать, нажимая клавиши "◀" и "▶" при активном каталоге.

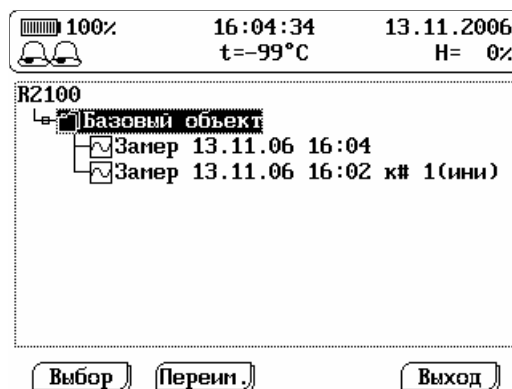


Рисунок 3.19. Работа с архивом

Корневой элемент (с названием "R2100") нужен для добавления в базу каталогов. Каталог в программе соответствует наблюдаемому объекту, все замеры складываются в выбранный каталог, расчеты тренда и скачка осуществляются в пределах одного каталога. Для того чтобы замеры складывались в другой каталог (при переходе к другому объекту наблюдения) его нужно "выбрать". Всего может быть до 32х каталогов. Один каталог существует всегда, по умолчанию создается каталог с названием "Базовый объект", его можно переименовать. При удалении, последний каталог прибор удалить не даст.

Для добавления каталога при активном корневом объекте нажмите кнопку "F1" – появится окно ввода наименования:

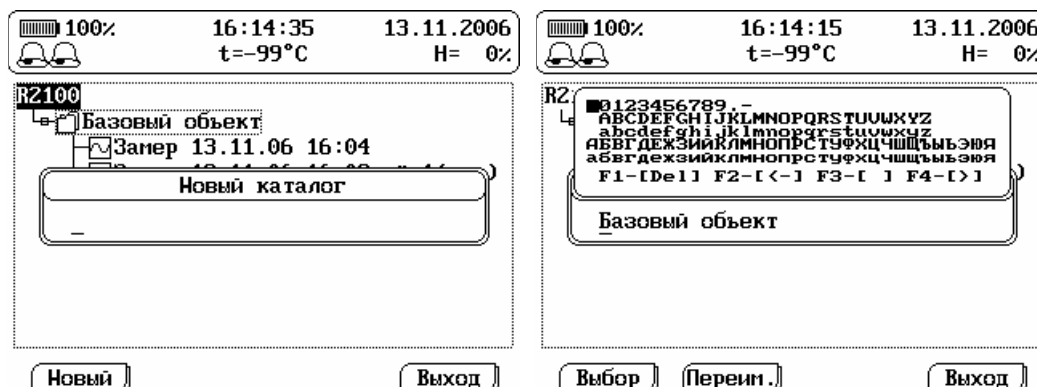


Рисунок 3.20. Добавление каталога

С помощью кнопок "◀" и "▶" осуществляется перемещение по строке ввода, а кнопка "▲" и "▼" изменяется значение текущего символа циклическим перебором.

Если в окне ввода наименования нажать кнопку "F1", то появится окно быстрого ввода строки. В этом окне:

- Кнопки управления курсором "◀", "▶", "▲", "▼" изменяют выбранный символ в окне ввода;
- "Ent" - заменяет редактируемый в строке ввода символ на выбранный в окне с переходом к редактированию следующего символа строки;
- "F1" - удаляет текущий символ в строке ввода, и сдвигает строку;
- "F2" - удаляет предыдущий символ строки, и сдвигает ее;
- "F3" - заменяет текущий символ строки ввода на "пробел";
- "F4" - обеспечивает циклический переход к редактированию следующего символа строки ввода;
- "Esc" - закрывает из окна быстрого ввода и переводит прибор к режиму обычного ввода строки.

В строке ввода нажмите "Ent" для окончания ввода и добавления каталога. Имена каталогов должны быть уникальны, в противном случае Вы получите сообщение об ошибке:

- "Такое имя уже есть в базе!"

При вводе тридцать третьего каталога возникнет сообщение:

- "Не могу добавить каталог!"

Для каталогов (если сделать каталог активным) доступны следующие операции: "Выбор" ("F1"), "Переименование" ("F2") и "Удаление" ("F3").

При нажатии "F1" активный каталог становится выбранным, следующие замеры будут записываться в него, и при входе в окно архива он будет автоматически активироваться.

При нажатии "F2" запустится окно ввода наименования, введите новое наименование и нажмите "Ent".

При нажатии "F3" и подтверждения каталог, и все данные, записанные в нем, будут удалены.

Внимание: данная операция необратима!

Если удален выбранный каталог, то в качестве текущего, будет автоматически выбран первый каталог из списка.



Рисунок 3.21. Работа с архивом

В наименовании замера отображены дата и время его проведения. Если измерение производилось по одному каналу, то номер канала также добавляется к наименованию. Если это калибровочный замер, то к наименованию добавляется строчка "ини". На уровне замера доступны операции просмотра (клавиша "F2") и удаления (клавиша "F3").

Для удаления замера нажмите "F3" и, затем, в окне подтверждения нажмите "Ent".

Внимание: данная операция необратима!

Для просмотра нажмите клавишу "F2".

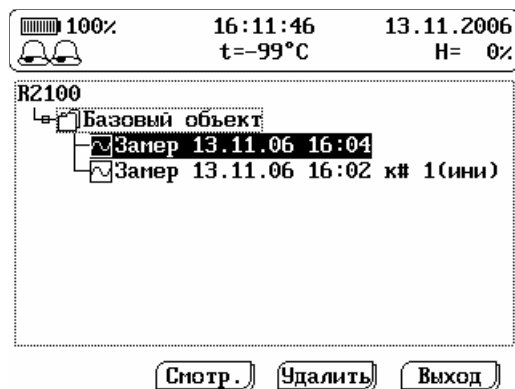


Рисунок 3.22. Работа с архивом

В окне просмотра замера отображаются рассчитанные по замеру параметры и предположительное место дефекта, если запускался рефлектометр. Для калибровочных замеров тренд, скачок, и место дефекта не отображается.

Если в замере сохранены данные по нескольким каналам, в строке номера канала отображаются треугольники, обозначающие, что переключение между каналами осуществляется с помощью кнопок "◀" и "▶".

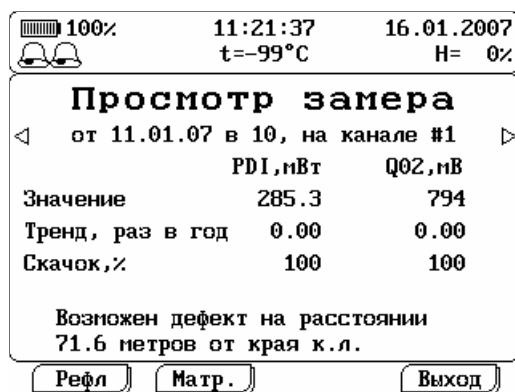


Рисунок 3.23. Просмотр замера

Если при регистрации сохранялись матрицы ЧР, то в окне просмотра замера доступен их просмотр (кнопка "F2").

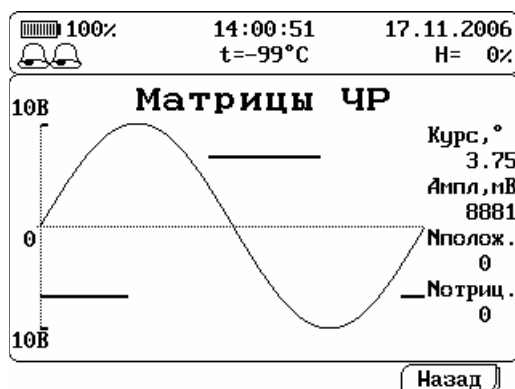


Рисунок 3.24. Просмотр матриц распределения ЧР

С помощью клавиш "◀", "▶", "▲", "▼" можно подвести курсор (изображен инверсной точкой) к интересующему месту распределения. Курсор одновременно двигается по матрицам положительных и отрицательных импульсов. Справа отображается количество положительных и отрицательных импульсов в выбранном фазоамплитудном окне.

Нажмите "Esc" или "F4" для возвращения в окно интегральных параметров.

Если с замером по выбранному каналу была сохранена рефлектограмма (одна или несколько), то при нажатии кнопки "F1" доступна функция ее просмотра.

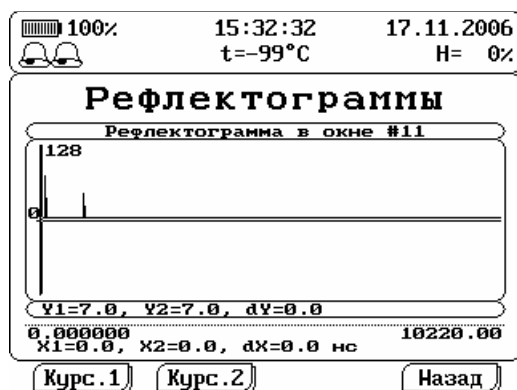


Рисунок 3.25. Просмотр рефлектограммы

Графиков в окне может быть несколько (до трех), в зависимости от того, сколько было сохранено в замере. В заголовке окна графика указано амплитудное окно, в котором произведена рефлектограмма. В нижней части окна подписаны абсциссы курсоров (их два) и их разница в наносекундах. Под каждым графиком подписаны ординаты курсоров и их разница в точках АЦП.

Данная функция нужна для самостоятельного анализа рефлектограммы, так как автоматический расчет, производимый прибором, является приблизительным.

С помощью кнопок "◀", "▶" производится перемещение активного курсора по графику. При этом изменятся все данные о положении этого курсора. Если нажать "◀" или "▶" при зажатой клавише "Ent", то позиция курсора изменится не малым, а большим шагом.

Кнопками "▲" и "▼" производится масштабирование графика по оси абсцисс. Масштабирование и перемещение отображаемого окна производится относительно положения первого курсора.

Кнопки "F1" и "F2" управляют выбором курсора и видимостью курсоров.

При запуске окна сразу активен и отображается на экране первый курсор. При нажатии кнопки "F2" отобразится, и станет активным, второй курсор. Установив его в нужное положение можно снова перейти к первому курсору нажатием кнопки "F1". Если же снова нажать "F2", то активность также перейдет к курсору 1, но второй курсор при этом скроется. Аналогично, можно скрыть и первый курсор. Активный курсор всегда отображается, то есть, если скрыть оба курсора, то ни один из них не будет перемещаться.

3.2.7. Параметры по умолчанию

Выберите этот пункт для удаления всех данных и установок всех параметров в значения по умолчанию.

Внимание: данная операция необратима!

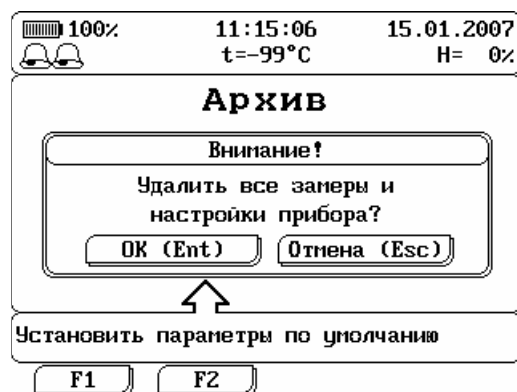


Рисунок 3.26. Сброс параметров в состояние "По умолчанию"

Нажмите "Ent" если Вы действительно хотите удалить все данные.

3.2.8. Временные параметры

Это окно нужно для установки текущих значений времени и даты прибора, и настройки значений задержки отключения подсветки и прибора.

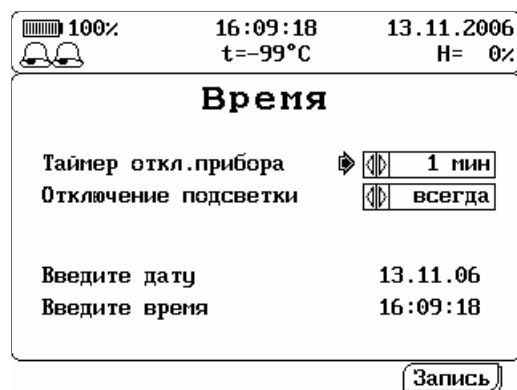


Рисунок 3.27. Ввод времени, даты и задержек

В режиме ожидания команд пользователя прибор может автоматически отключиться, если в течение некоторого времени не нажимать ни одну клавишу. Значения задержки могут принимать следующие значения:

- 1 минуту,
- 5 минут,
- 10 минут,
- 30 минут,
- никогда.

Для отключения этой функции выберите – "никогда".

Также прибор может отключать подсветку (в целях экономии заряда аккумулятора), если в течение некоторого времени не нажимать ни одну клавишу, и включать ее, если какая-либо клавиша нажата. Величина выбираемой задержки времени может принимать следующие значения:

- 5 секунд,
- 10 секунд,
- 15 секунд,
- 20 секунд,
- 30 секунд,
- "никогда",
- "всегда".

Если выбрана задержка, то подсветка включается любой нажатой клавишей и гаснет через указанное количество секунд после нажатия последней клавиши (кроме "⏻").

Если выбрано значение "никогда", то подсветка никогда не гаснет сама, управляется только клавишей управления подсветкой "☀", состояние по умолчанию "включена".

При выборе значения "всегда", подсветка никогда не загорается, управляется только клавишей управления подсветкой "☀", состояние по умолчанию "выключена".

В этом же окне можно подкорректировать значения даты и времени.
Для этого установите курсор напротив вводимого

3.2.9. Настройки связи

Нужно установить скорость обмена по интерфейсу RS-232 (9600/38400/57600/115200 бит/с).

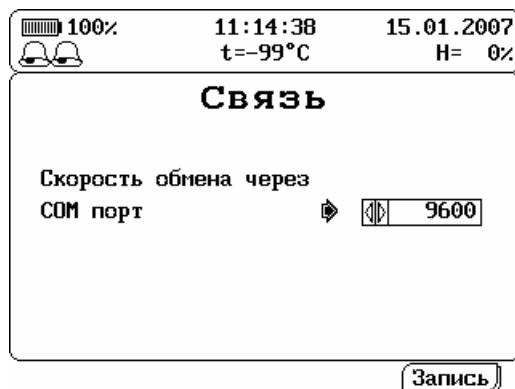


Рисунок 3.28. Установка параметров связи

Для того чтобы работала связь с компьютером по интерфейсу RS-232, нужно чтобы скорость обмена на приборе и компьютере совпадала. На связь с прибором по USB интерфейсу этот параметр не влияет.

3.2.10. Настройка отображения

В данном пункте меню нужно установить - что выводить после замера, и в каких единицах отображать амплитуду ЧР.

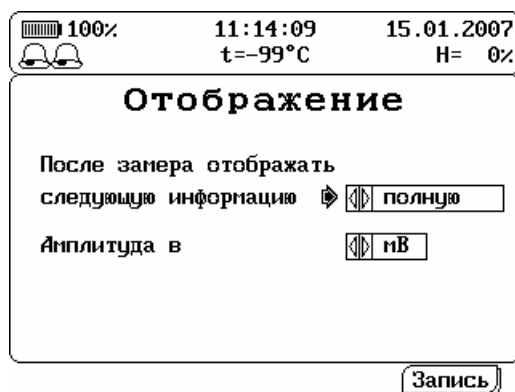


Рисунок 3.29. Выбор способа отображения

После замера можно выводить:

- суммарную информацию (после полного замера, появится сводная таблица, с амплитудой и количеством импульсов на каждом канале);
- полную (после замера запустится функция просмотра замера);
- и не выводить ничего.

Амплитуда ЧР может выводиться в мВ или пКл, перевод из милливольт в пикокулоны производится с помощью коэффициента чувствительности канала.

Перевод осуществляется с помощью чувствительности канала, по которому производилась регистрация, заданной на момент регистрации замера.

Пороги по амплитуде всегда задаются в мВ!

4. Работа с программой конфигурации прибора R2100

Программа ССМ имеет тестовое назначение и может быть не включена в комплект поставки.

Для постоянной работы с прибором предназначена программа СКИ (Система Контроля Изоляции). Данная программа (СКИ) обеспечивает перекачку замеров и конфигурации из прибора на компьютер с целью дальнейшего хранения, просмотра и анализа. Окно "Конфигурации прибора" в программе СКИ полностью аналогично такому окну программы ССМ и описано в п.п. 4.3.5. Инструкция по работе с программой СКИ находится в отдельном документе.

4.1. Протокол связи

Для связи с компьютером используется протокол MODBUS, версии RTU. Каждая посылка состоит из:

1. Номер прибора - 1 байт.
2. Номер функции. Номер 72 (User function) для бинарного протокола и 71 для ASCII протокола. 1 байт.
3. Длина блока данных. 2 байта. Младший затем старший.
4. Передаваемые данные.
5. Контрольная сумма (CRC).

Алгоритм расчета CRC:

// unsigned int – 2 байта.

unsigned int AddToCRCCalc(unsigned int CRC, char b)

{char ca, n;

CRC^=b;

for (n=0;n<8;n++) {

ca=CRC&1;

CRC=CRC>>1;

if (ca) CRC^=0xA001;

}

return CRC;

}

CRCCalc=0xFFFF;

CRCCalc=AddToCRCCalc(CRCCalc,Data);

Для стабильности связи общение по RS-232 интерфейсу происходит блоками не более 250 байт. По USB пакеты пересылаются с выравниванием на 64 байта.

4.2. Установка программного обеспечения

Программа по настройке прибора R2100 не требует специальной установки. Файлы csm.exe, vcusb.dll и csm.ini необходимо скопировать в выбранный директорию.

4.3. Программа ССМ

Основное окно программы состоит из нескольких частей (рисунки 4.1.):

4.3.1. Настройки соединения:

Для установления связи с прибором необходимо тип соединения (USB, COM или модем). Для COM соединения нужно выбрать COM порт на компьютере (через который будет осуществляться связь), ввести номер прибора и скорость обмена (обычно для промышленных систем скорость обмена 9600 бод). Если вы используете для связи модемное соединение, то кроме указанных параметров необходимо еще указать на вкладке "параметры дозвона" телефонный номер (запятая

и тире в номере означают паузу), и тип набора. Узнать номер COM порта, к которому подключен ваш модем можно: Панель управления (Control Panel) → Модемы(Modems)→ Свойства (Properties). Нажмите "Связаться". Если связь не установлена, выводится сообщение о возникшей ошибке при установлении связи. Используйте кнопку "Разорвать связь", чтобы разорвать модемное соединение.

Введенный тип соединения распространяется на оба протокола прибора (текстовый и бинарный).

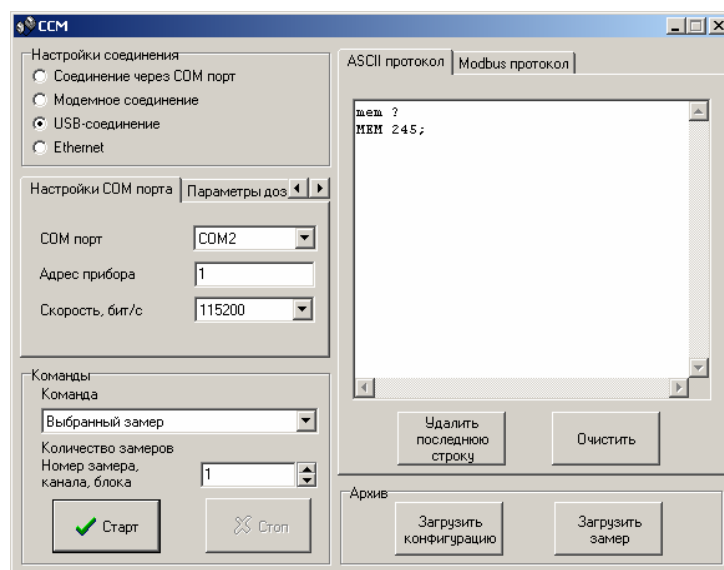


Рисунок 4.1. Основное окно программы ССМ.

4.3.2. Команды

Блок "Команды" предназначен для общения с прибором по бинарному протоколу. Для отправки команды необходимо выбрать нужную команду в списке и нажать кнопку "Старт".

Список команд:

- "Количество замеров" – выводит количество замеров в долговременной памяти прибора;
- "Выбранный замер" – выкачивает замер хранящийся в долговременной памяти прибора за мер, хранящийся под номером, указанным в поле "Номер замера", со всеми сохраненными таблицами;
- "Последний замер" – перекачивает последний произведенный замер, хранящийся в оперативной памяти прибора со всеми таблицами. После выполнения данных команд появится окно, в котором будут указаны все рассчитанные по данному замеру параметры. Нажав кнопку "Таблицы" можно просмотреть сохраненные с замером исходные таблицы, конечно, если они были сохранены.

Рисунок 4.2. Просмотр параметров замера

Если были сохранены матрицы, то становится доступной кнопка "Таблицы". При ее нажатии программа отображает матрицы в табличном виде.

Вертикальная шкала – амплитуда импульсов (порядковый номер окна, амплитуда импульсов в дБ и мВ). Горизонтальная – фаза. В качестве значений везде указана середина окна (амплитудного или фазового).

Рисунок 4.3. Просмотр таблиц замера.

- "Конфигурация прибора" – закидывает в компьютер все настройки прибора, позволяет произвести удаленную настройку прибора. В появляющемся окне сгруппированы по трем вкладкам все параметры прибора. Подробнее см. пп. 4.3.5 инструкции.

Внесите необходимые изменения и нажмите кнопку "Записать в прибор". Для отмены нажмите кнопку "Заккрыть" и ответьте "Да" на появившееся подтверждение.

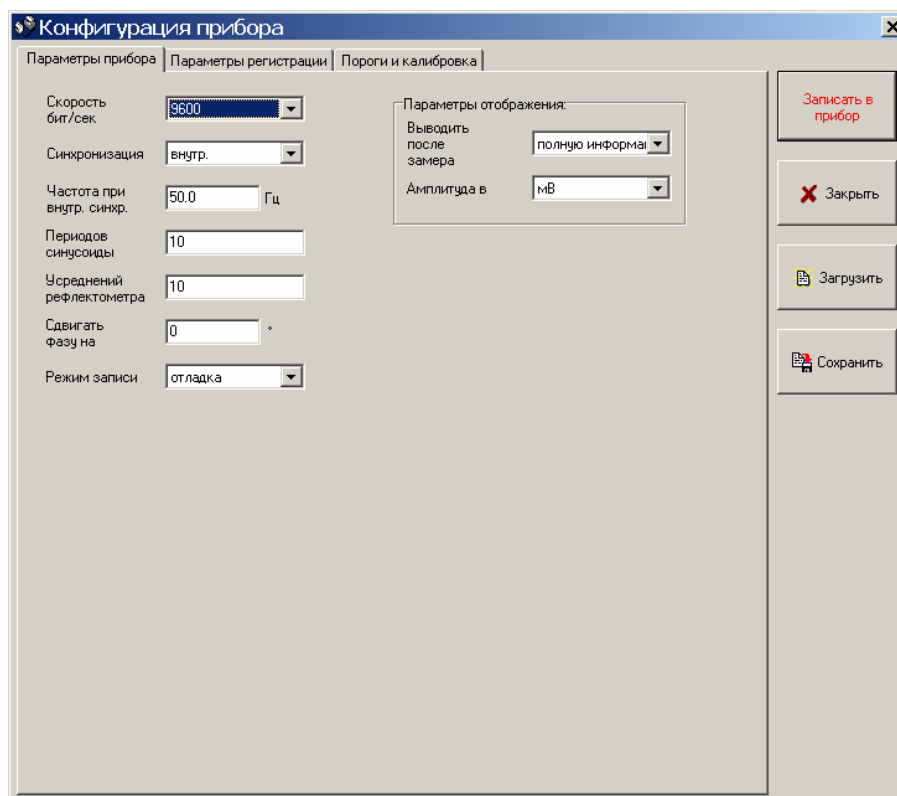


Рисунок 4.4. Просмотр и редактирование конфигурации прибора

- "Дата и время" – закидывает дату и время с прибора, позволяет изменить и переустановить ее. Для установки времени даты с компьютера нажмите кнопку "Взять с ПК", и затем "Установить".

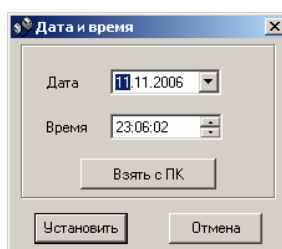


Рисунок 4.5. Установка даты и времени

- "Выполнить замер" – посылает команду прибору немедленно произвести замер с текущими настройками.

4.3.3. ASCII протокол

В правой части окна находится поле для ввода текстовых команд прибору. Наберите в этом поле нужную команду и нажмите "Enter" для ее отправки. Ответ прибора высветится здесь же. О поддерживаемых командах можно узнать из пункта 4.4.

4.3.4. Архив

Данное поле отведено для загрузки ранее сохраненного файла конфигурации или замера. Загруженный файл конфигурации можно посмотреть, подкорректировать и снова загрузить в прибор.

4.3.5. Окно настройки конфигурации прибора R2100

Настраиваемые здесь параметры полностью аналогичны параметрам прибора, и сгруппированы сходным образом (см. п. 3).

На вкладке "Параметры прибора" (Рис. 4.4.) сгруппированы общие параметры регистрации, и параметры отображения.

"Скорость бит/сек" – скорость обмена по интерфейсу RS-232. На обмен по интерфейсу USB не влияет.

"Синхронизация" – выбор источника синхронизации. Синусоида на прибор может быть подана через:

- а) вход "Sync" прибора – внешняя синхронизация;
- б) разъем зарядки аккумулятора – синхронизация "по питанию";
- в) без источника – матрицы будут сохранены без привязки к опорной синусоиде - внутренняя.

Для внутренней синхронизации нужно ввести частоту в Гц – за это значение отвечает параметр **"Частота при внутр. синхронизации"**.

"Периодов синусоиды" – количество периодов синусоиды для считывания (усреднения).

"Усреднений рефлектометра" – количество усреднений выполняемых рефлектометром.

В окошке **"Сдвигать фазу на"** введите общий сдвиг синхронизирующей синусоиды относительно фазы А.

"Режим записи". Прибор может сохранять замеры с исходными таблицами распределения ЧР – "полный" или без них "краткий". При кратком сохранении сохраняются только рассчитанные по ним интегральные параметры. В режиме записи "отладка" к "полному" добавляются матрицы импульсов отбракованных по времени и полярности.

Параметры группы **"Параметры отображения"** отвечают за отображение информации на экране прибора.

Параметр **"Выводить после замера"** влияет на оперативный вывод информации, непосредственно после регистрации замера. При установленном значении "Полную информацию", после замера будет запускаться функция просмотра замера, с возможностью его удаления. При значении "суммарную информацию" после измерения на экране будет отображаться сводная таблица параметров ЧР по всем включенным в регистрацию каналам. При значении "ничего" – отображение производиться не будет, после измерения прибор сразу будет готов к запуску нового.

Если параметр **"Амплитуда в"** установлен в мВ, то показ всех амплитудных значений будет производиться в милливольтках, если "пКл" – то в пикокулонах, используя для перерасчета коэффициент чувствительности канала, заданный на момент регистрации этого замера.

На вкладке "Параметры регистрации" сгруппированы параметры регистрации по каждому каналу (Рис. 4.6).

В верхних 12 окошках нужно включить галочки у тех каналов, которые будут включены в регистрацию. При нажатии на кнопку с номером канала отобразятся настройки этого канала.

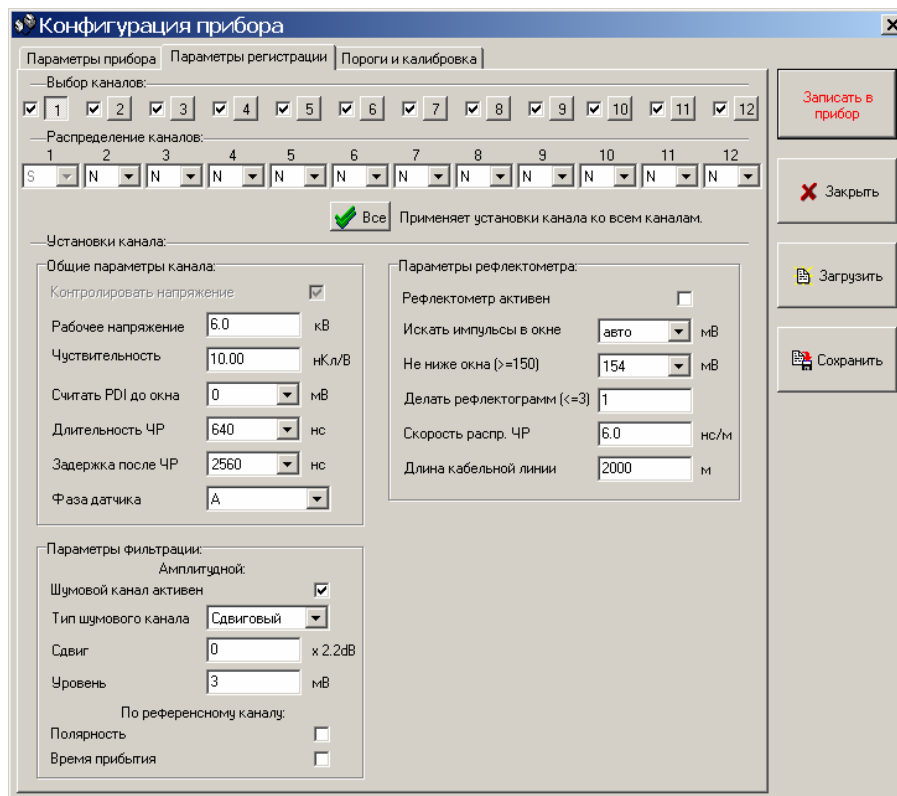


Рисунок 4.6. Вкладка "Параметры регистрации"

Строкой ниже нужно задать какие каналы будут подключены к шумовому – "N", а какие к референсному "R" при регистрации выбранного канала.

Кнопка "Все" все установки введенные для этого канала ко всем каналам.

Группа "Общие параметры канала"

"Рабочее напряжение" - введите рабочее напряжение объекта на данном канале, в кВ. Данный параметр участвует в расчете PDI.

"Считать PDI до" – механизм отсечки нижних "шумовых" амплитудных окон из расчета PDI. Выбирается по результатам замеров.

"Чувствительность" – определяется при калибровке.

"Длительность ЧР" и "Задержка после ЧР" - это ограничения на импульсы, фильтрация по частоте и форме, для трансформаторов оставляем по умолчанию; для кабелей считается, что длительность нужно увеличивать.

"Фаза датчика" – дополнительный сдвиг фазы этого канала относительно фазы А.

Группа "Параметры фильтрации", амплитудная фильтрация

"Шумовой канал активен" – включена или отключена амплитудная фильтрация.

Выберите "Тип шумового канала". Он может быть

- сдвиговой (по умолчанию) – порог, относительно которого принимается решение о блокировке, сдвигается вместе с ампл. окном сигнального канала до значения "Уровень" мВ;
- постоянный – порог зафиксирован на значении "Уровень" мВ.

"Сдвиг" – для сдвигового ампл. фильтра величину порога можно подвинуть вверх или вниз относительно сигнального на ± 5 ампл. окон.

Группа "Параметры фильтрации", фильтр по полярности/времени

Отметьте галочками те фильтры которые Вы хотите применить к каналам подключенным на референсный канал.

Группа "Параметры рефлектометра"

Включите переключатель **"Рефлектометр активен"** для записи рефлектограммы после регистрации основного замера.

Укажите в каком амплитудном окне запускать рефлектометр, при наличии в нем импульсов. При установленном значении **"авто"** прибор будет записывать рефлектограммы в окне импульса с самой большой амплитудой.

Параметр **"не ниже окна"** отсекает нижние амплитудные окна из автоматического определения окна старта.

"Делать рефлектограмм" – прибор может сохранять несколько (не больше трех) рефлектограмм в амплитудных окнах с импульсами следующих друг за другом.

"Скорость распространения ЧР" – скорость, с использованием которой производится расчет места дефекта.

"Длина кабельной линии" – значение, позволяющее отсеять заведомо ложные результаты.

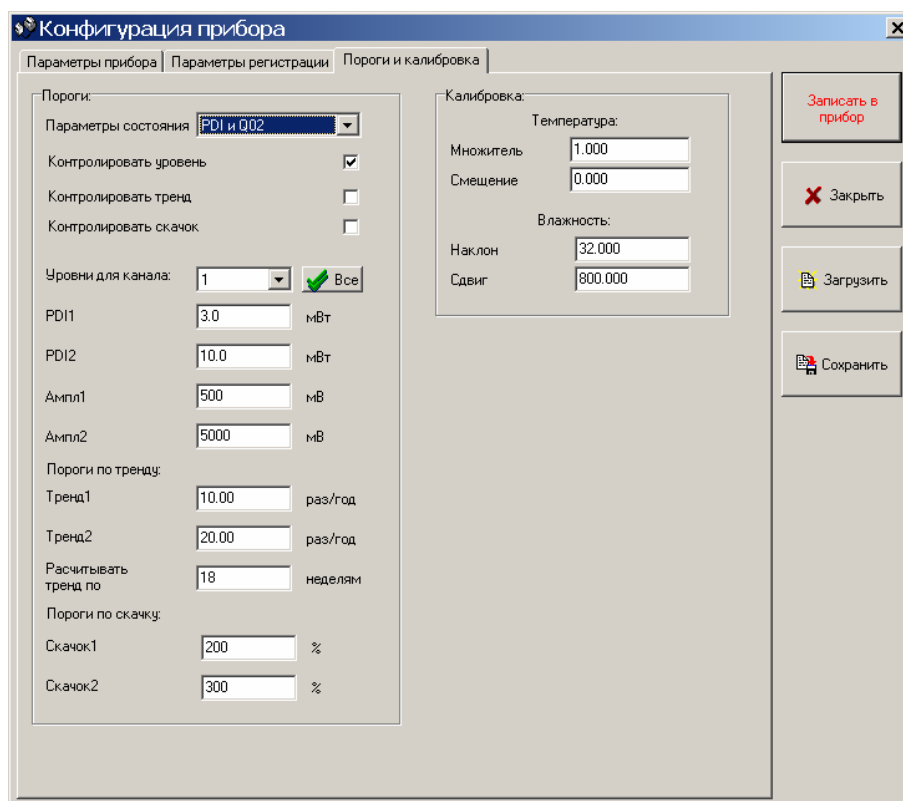


Рисунок 4.7. Вкладка "Пороги и калибровка"

Группа "Пороги"

Значение опции **"Параметры состояния"** влияет на набор контролируемых величин по **"уровню"**, **"тренду"** и **"скачку"**. Контроль производится при включенных соответствующих переключателях.

Ниже нужно ввести пороги на контролируемые параметры и период, за который рассчитывать тренд. Пороги на PDI и Q02 устанавливаются на каждый канал, пороги на скачок и тренд устанавливаются для всех каналов. Кнопка "Все" устанавливает пороги по PDI и Q02 введенные для выданного канала во все остальные каналы.

Группа "Калибровка"

Здесь можно задать калибровочные коэффициенты для датчиков влажности/температуры. Стандартные коэффициенты для датчиков поставляемых в комплекте такие:

- для датчика температуры К (множитель)=1.0, В (смещение)=0;
- для датчика влажности (типовое) К (наклон)=30.68, В (сдвиг)=958.0.

4.4. Текстовый протокол

Каждая команда состоит из имени команды, параметров и разделителя. Имя команды должно быть набрано латинскими буквами (регистр не важен). Разделители бывают двух типов:

- пробел – разделитель параметров в команде;
- точка с запятой (;) – разделитель команд.

Если устройство занято – выдается соответствующее сообщение без прерывания процесса регистрации данных.

Прибор поддерживает следующие команды:

DATE *ГГГГММДД*;

Установить дату на приборе. *ГГГГ* – год, *ММ* – месяц, *ДД* – день. Например: DATE 20010102 – 2 января 2001 года.

DATE ?;

Получить текущую дату в приборе.

DATE 20010101;

TIME *ЧЧММСС*;

Установить время в приборе. В приборе используется 24 формат времени. *ЧЧ* – часы, *ММ* – минуты, *СС* – секунды. Например: TIME 021000 – 2 часа 10 минут 0 секунд.

TIME ?;

Получить текущее время в приборе. Данная команда выдает TIME *ЧЧММСС* (TIME 021000;).

BUSY ?;

Запрос занятости прибора. BUSY 0; - прибор свободен. BUSY 1; - прибор в режиме измерений.

RFMEXIST ?;

Подключена или нет плата рефлектометра. Определяется один раз, при включении прибора.

MEM ?;

Считать количество замеров в памяти прибора. Возвращает MEM *N*;

N – количество замеров в памяти прибора.

MONDATE *ГГГГММДД ЧЧммСС*;

Вернуть количество замеров произведенных после определенной даты. *ГГГГ* – год, *ММ* – месяц, *ДД* – день, *ЧЧ* – часы, *мм* – минуты, *СС* – секунды. Возвращает MONDATE *C N*;

C – количество замеров произведенных после указанной даты, *N* – количество замеров в памяти прибора.

ERROR ?;

Запрос есть ли ошибки при работе прибора. Возвращает число, по битам указывающее на наличие ошибок.

Бит 1. Ошибка при записи данных в долговременную память (FLASH).

Бит 2. Ошибка при считывании данных из долговременной памяти (FLASH).

Бит 5. Ошибка при ожидании внешней синхронизации.

Бит 6. Все каналы прибора отключены.

Бит 7. Ошибка при калибровке измерительного канала.

Бит 8. Ошибка при калибровке шумового канала.

Бит 9. Ошибка при калибровке референсного канала.
 Бит 10. Ошибка при проведения теста прибора (при включении).
 Бит 11. Ошибка связи с модулем рефлектометра.
 0 – ошибок нет.

На следующие шесть команд прибор не отвечает, а сразу переходит к выполнению команды.

DEFAULT;

Установить все параметры по умолчанию.

CLEAR;

Удалить все замеры из долговременной памяти прибора.

CLEARALL;

Удалить все замеры из долговременной памяти прибора. Удалить инициализирующие замеры. Установить конфигурацию по умолчанию.

SINGLE;

Немедленный запуск регистрации данных, не изменяя параметров системы.

SINGLE X;

Немедленный запуск регистрации данных по одному каналу, не изменяя параметров системы. X – номер канала.

RUNINITIAL КАНАЛ;

Запуск регистрации инициализирующего замера, по каналу КАНАЛ.

4.5. Бинарный протокол

Прибор R2100, при обмене данными, является ведомым (slave), а компьютер является главным (master). R2100 ждет запроса от PC и при получении запроса обязан ответить, кроме адреса устройства =0. Адрес=0 используется в протоколе как широковещательная команда и в данном протоколе не реализована (т.к. для обмена данными используется не стандартная функция ModBus). Master обязан ждать ответа (кроме адреса=0) в течении времени, определенном в протоколе ModBus.

При передаче числа в виде двух байт сначала передается младший байт, а затем старший.

Блок данных (блок 4 из пункта 4.1) при запросе/ответе состоит из следующих полей:

Таблица 5.1.

Поле 1	Поле 2	Поле 3	Поле4
Команда за-проса	Параметр1	Параметр2	Данные

Каждое поле запроса состоит из двух байт. Первые три поля обязательно присутствуют в запросе. При ответе прибор дублирует содержимое этих полей в ответ для того чтобы можно было точно идентифицировать на какой запрос пришел ответ. Поле4 присутствует по необходимости.

Перечень запросов:

1. Получить количество замеров в приборе. Команда = 20480 (в шестнадцатеричном формате = 0x5000).

2. Получить малую часть замера. Команда = 24576 (в шестнадцатеричном формате = 0x6000) . Поле2 содержит номер замера от 1, поле3 содержит смещение в файле замера.

3. Получить часть замера. Команда = 24577 (в шестнадцатеричном формате = 0x6001). Поле2 содержит номер замера от 1, поле3 содержит смещение в файле замера.

4. Получить часть замера (32 битная). Команда = 24581 (в шестнадцатеричном формате = 0x6005). Поле2 содержит номер замера от 1, поле3 содержит смещение в файле замера, но поля 2 и 3 состоят не из двух, а из четырех байт. Поддерживается с версии прошивки 1.06.

5. Получить установки прибора. Команда = 28762 (в шестнадцатеричном формате = 0x7000). Поле 2 содержит смещение от начала установок.

6. Записать установки прибора. Команда = 28688 (в шестнадцатеричном формате = 0x7010). Поле 2 содержит смещение от начала установок.

7. Получить дату и время из прибора. Команда = 28704 (в шестнадцатеричном формате = 0x7020).

8. Записать дату и время в прибор. Команда = 28720 (в шестнадцатеричном формате = 0x7030).

Ошибочные ответы:

1. Не верная команда. Команда = 4097 (в шестнадцатеричном формате = 0x1001).

2. Не верный параметр команды. Команда = 4098 (в шестнадцатеричном формате = 0x1002).

Внимание: установки, замеры, дата и время передаются в виде структур.