

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

TDM

EAC

Модуль контроля частичных разрядов

**PD MONITOR
M4**

Руководство по эксплуатации

ВЦ.411728.017 РЭ

г. Пермь

Оглавление

1. Описание принципа действия модуля.....	3
1.1. Фильтрация импульсов. Сравнение знака.....	5
1.2. Фильтрация импульсов. Время прихода импульса	6
1.3. Фильтрация импульсов. Сравнение амплитуд.....	7
2. Общие вопросы проведения измерений частичных разрядов	9
2.1 Параметры частичных разрядов	9
2.2 Калибровка входных цепей	11
3. Описание модуля.....	16
Основные технические данные	16
Режимы работы светодиодов прибора	17
Режимы работы реле прибора	17
Порядок выполнения пусконаладочных работ	17
4. Работа с прибором при помощи выносного пульта управления	17
5. Настройка прибора из программы «СКИ»	22
5.1 Вкладка «Параметры прибора»	22
5.2 Вкладка «Регистрация»	24
5.3 Вкладка «Оценка состояния»	26

1. Описание принципа действия модуля

Модуль «PD Monitor» имеет 15 входных разъемов для подключения до 15 датчиков частичных разрядов, предназначенных для регистрации ЧР электрическим методом. Все входные каналы модуля равноценны и независимы друг от друга, имеют идентичное входное сопротивление 50 Ом. Для повышения надежности модуля все входные каналы имеют встроенную защиту от паразитных импульсных помех и фильтры, выделяющие сигналы ЧР в диапазоне от 0,5 до 20 МГц.

Принцип действия модуля «PD Monitor» существенно отличается от работы стандартных осциллографов, которые также используются в практике исследования частичных разрядов. Основное различие состоит в том, что в модуле «PD Monitor» 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 модуля 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.

Блок-схема входных цепей модуля «PD Monitor» приведена на рисунке 1.



Рисунок 1. Блок-схема входных цепей модуля

На входной высокочастотный коммутатор модуля поступает до 15 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 16 выходных линий.

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 модуля перед каждым измерением.

Регистрация частичных разрядов по каналам всегда производится последовательно по выбору пользователя. Сигнал с этого канала подается на измерительный канал, показанный на блок-схеме модуля. 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 специального блока фильтрации. Существует много измерительных схем, в которых выявление «истинности» импульса ЧР производится сравнением параметров импульса по измеряемому каналу с параметрами сигнала, проходящего по дополнительному опорному каналу. При этом обычно датчик, подключаемый к опорному каналу, располагается на контролируемом объекте рядом с основным измерительным датчиком или на фиксированном удалении от него, или имеет отличия во внутреннем устройстве. Блок фильтрации имеет несколько отдельных модулей, каждый из которых позволяет применить тот или иной алгоритм фильтрации для указанной группы входных (опорных) каналов.

Особенностью работы модуля «PD Monitor» является то, что измерение параметров частичных разрядов по любому выбранному каналу всегда производится с учетом результатов работы блока фильтрации. 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 и методов фильтрации необходимо представлять внутреннее устройство контролируемого оборудования, понимая особенности возникновения, распространения и затухания в нем импульсов частичных разрядов.

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.

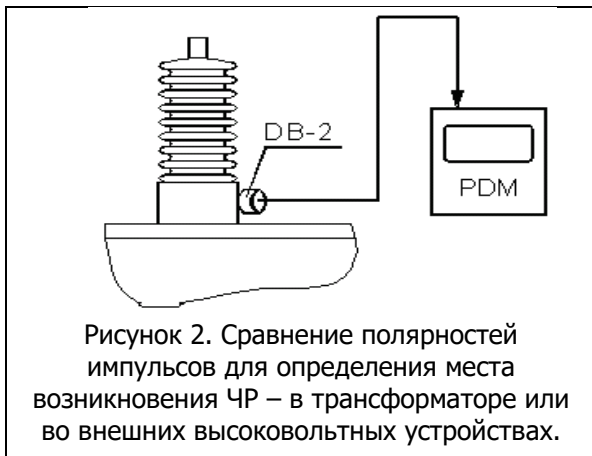
Следует также очень хорошо понимать, что качественно отстроиться от помех можно только в режиме реального времени непосредственно в процессе измерения. В дальнейшем на основании анализа уже зарегистрированных данных выполнить эту процедуру столь же эффективно невозможно. Это связано с тем, что импульсы частичных разрядов имеют высокую частоту и скорость распространения внутри оборудования. Разность времени пришедших импульсов от нескольких датчиков, измеряемая в наносекундах, может послужить 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.

Модуль «PD Monitor» 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 опорному каналам;
- 2 - определение одновременности прихода импульсов от двух датчиков частичных разрядов, регистрируемых по измерительному и опорному каналам;
- 3 - синхронное сравнение амплитуды импульса по измерительному каналу и всем другим каналам.

1.1. Фильтрация импульсов. Сравнение знака



В модуле 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.

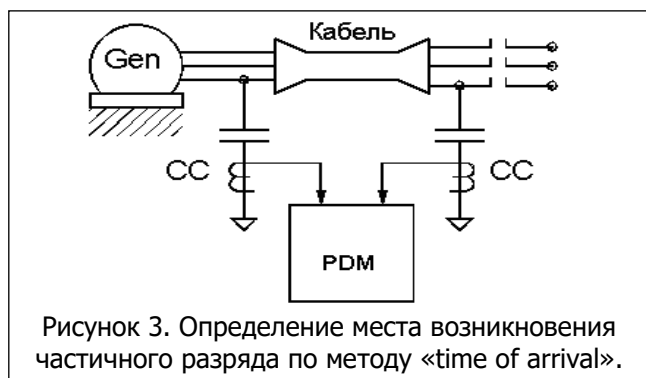
Пример практического применения алгоритма сравнения полярностей двух импульсов для определения места возникновения дефектов в изоляции крупных генераторов показан на рисунке 2. Для реализации метода на вводе трансформатора устанавливают датчик марки «DB-2» на ПИН ввод.

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.

В соответствии с этим можно утверждать, что при совпадении полярностей сигналов на выходе датчика «DB-2» сигнал от ЧР «входит в трансформатор», т.е. является результатом

воздействия помех. При несовпадении полярностей импульсов сигнал «выходит из трансформатора», т.е. является результатом возникновения частичных разрядов в изоляции трансформатора.

1.2. Фильтрация импульсов. Время прихода импульса



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 преодолевает за 6 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 модуля «PD Monitor» можно определить направление движение импульса ЧР по контролируемой линии.

При этом обязательно нужно помнить о том, что длины соединительных кабелей от датчиков до модуля «PD Monitor» 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 3. 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.

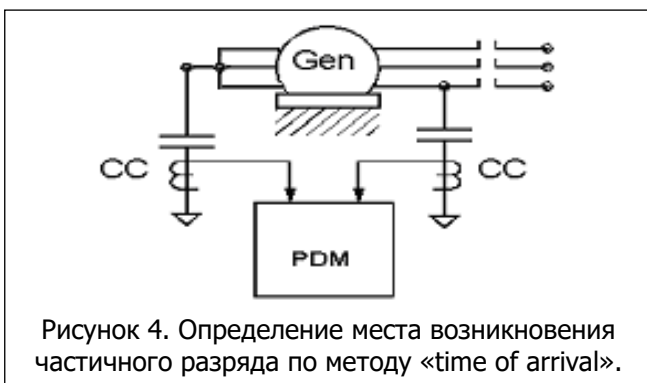
Если импульс от частичного разряда возник в генераторе, то он сначала будет зарегистрирован на конденсаторе связи, установленном на зажимах генератора. На втором

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 $6 \times 20 = 120$ 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 5 наносекунд на метр коаксиального кабеля.



В зависимости от ситуации возможно подключение датчиков другим способом, показанным на рисунке 4. В отличие от первого способа (где смотрится очередность прихода импульса), для такой схемы считается разность времен прихода импульсов. Если эта разность превышает определенное значение (оно определяется при калибровке), то импульс пришел извне, иначе - внутри объекта.

1.3. Фильтрация импульсов. Сравнение амплитуд

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. 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. как «Noise Channel». На вход этого канала постоянно подключаются все входные сигналы, которые при данном измерении не подключены к измерительному или опорному каналам.

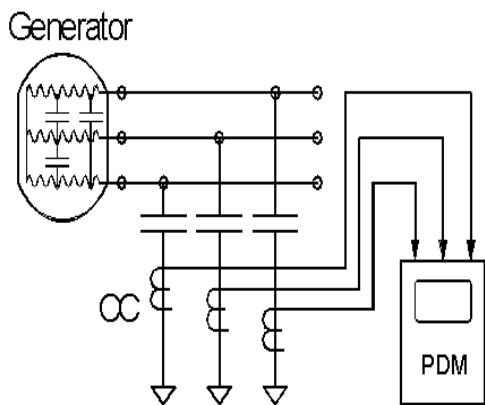


Рисунок 5. Фильтрация «перенаведенных» сигналов при помощи амплитудного «шумового» канала.

В качестве примера можно говорить о том, что импульс тока от частичного разряда, возникающий в фазе «А» генератора, показанного на рисунке 5, 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, насколько уменьшается сигнал при перенаводке из одной зоны (контролируемого оборудования) в другую зону.

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.

\	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 6. Примерный вид матрицы перенаводки для схемы измерения частичных разрядов с тремя датчиками в трансформаторе.

Пример матрицы перенаводки приведен на рисунке 6. 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.

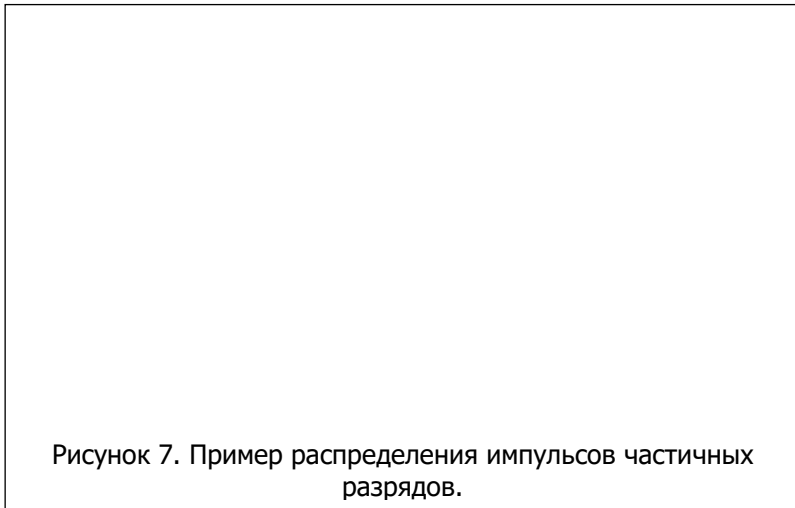
Представление информации в приборе

В памяти модуля «PD Monitor» представление (и сохранение) информации о зарегистрированных импульсах частичных разрядах 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 модуле «PD Monitor» 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 модуле «PD Monitor» составляет 64 с учетом зон для учета импульсов положительной и отрицательной полярности.

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 7 показан пример распределения импульсов частичных разрядов, зарегистрированных в кабельной линии 110кВ. 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.

Сохранение информации в модуле.

Зарегистрированные данные могут храниться во внутренней памяти модуля в виде трехмерных матриц и/или в сокращенной форме в виде интегрального множества, извлеченного из этих матриц.

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 разрушает 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 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 основных понятиях они совпадают. В Европе используется стандарт IEC-270. Расчетные параметры, получаемые в модуле «PD Monitor», 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, чтобы 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. Если сложить все заряды, зарегистрированные в оборудовании за секунду, то получится ток ЧР – тот ток, который протекает в той цепи, которую контролирует датчик дополнительно за счет возникновения ЧР. Этот ток является 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 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 Q02. 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. Это вполне можно сделать, достаточно лишь физически при каждом импульсе ЧР дополнительно впрыскивать из источника испытательного напряжения в контролируемый объект «кажущийся» заряд. Заряд инжектируется 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 наблюденных 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 достаточно, чтобы 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} модуль «PD Monitor» 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 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 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 ЧР;
- 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 обязательной 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.

Импульсный генератор «GKI-2»



Рисунок 8. 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.

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 «AA» 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».

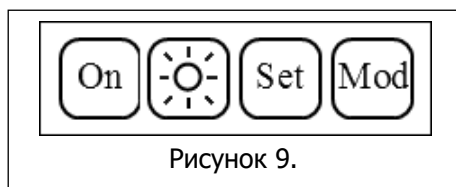


Рисунок 9.

Внешний вид клавиатуры генератора показан на рисунке 9. 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 параметров. Каждое нажатие клавиши «**Set**» приводит к смене текущего параметра установок. Нажатие «**Mod**» изменяет текущий параметр. При 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 минутам. 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 инжестируемого в контролируемый высоковольтный объект нормированного заряда.

Экран тестового генератора «GKI-2» в основном режиме работы во время генерации

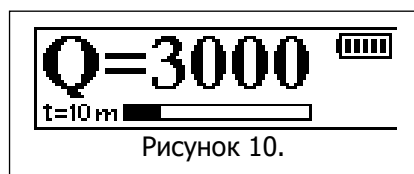


Рисунок 10.

импульсов выглядит так, как это показано на рисунке 10. Справа вверху условно показывается уровень зарядки аккумулятора – по 20% зарядки на одну линию условной батарейки. В основном поле экрана показывается инжестируемый 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 пользователем максимального значения. Если автоматическое отключение отключено, то движения бегунка в нижнем поле не происходит. Слева от «линейки» остаток времени показывается в цифровом виде.

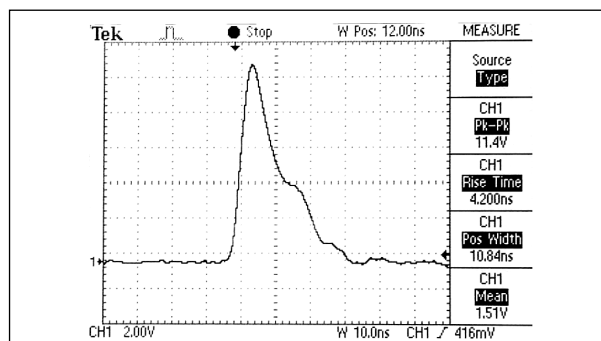


Рисунок 11. Форма выходного импульса генератора GKI-2, зарегистрированная осциллографом.

Форма тестового импульса частичного разряда, генерируемого на выходе «GKI-2», показана на рисунке 11. 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

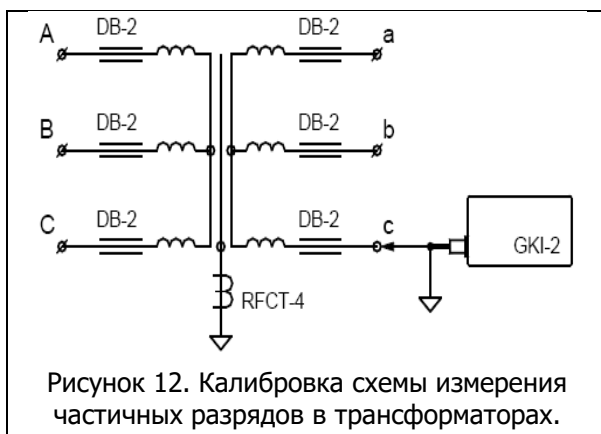


Рисунок 12. Калибровка схемы измерения частичных разрядов в трансформаторах.

сопротивление с величиной 50 Ом. Для этого к выходу генератора подключается стандартный «T-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.

Калибровка схем измерения частичных разрядов в трансформаторах

Калибровка схем измерения частичных разрядов в трансформаторах производится обычно подачей тестовых импульсов на вводы первичной и вторичной стороны обмотки. Для этого выход генератора подключается непосредственно к верхней части ввода, куда подается высокое напряжение. Второй провод от генератора, провод заземления, подключается к корпусу трансформатора. Других мест, удобных для инжектирования тестовых импульсов, в трансформаторе нет.

Пример калибровки схемы измерения частичных разрядов в трансформаторе, выполняемой при помощи генератора «GKI-2», показан на рисунке 12.

Если пользователь предполагает при дальнейших измерениях частичных разрядов использовать для отстройки от помеховых сигналов разборку импульсов по амплитуде, то в процессе калибровки схемы необходимо определить параметры матрицы перенаводки импульсов.

Делается это следующим образом. Тестовый импульс от генератора подается поочередно во все вводы трансформатора. Регистрация сигналов производится по всем каналам прибора, к которым подключены первичные датчики частичных разрядов. Для того датчика, в зону которого импульс инжектируется, определяется чувствительность измерительного канала. Для всех остальных каналов определяется коэффициент затухания, равный отношению сигнала на входе дополнительного канала по отношению к амплитуде входного сигнала калибруемого канала.

Пример. Если калибруется канал «С», как это показано на рисунке 12, то коэффициент перенаводки на канал «с», сторона НН равняется отношению амплитуды U_{LV} к амплитуде U_{HV} . Все амплитуды берутся в милливольтках, поэтому величина коэффициента перенаводки измеряется в относительных единицах. Аналогично считается коэффициент перенаводки для всех других каналов измерительной схемы. Далее тестовый генератор переключается на другую фазу, и все операции повторяются.

На первом этапе, когда не все каналы откалиброваны, возможно, что будет получено значение коэффициента перенаводки и меньше, и больше единицы. Это чаще всего бывает из-за разной чувствительности первичных датчиков. После приведения каналов по чувствительности, т.е. после пересчета коэффициента перенаводки к размерности «Рк/Рк», коэффициенты перенаводки должны быть меньше единицы. Если этого не получается, это значит, что калибровку необходимо повторить заново, можно уже с использованием рассчитанных значений чувствительности каналов.

Расчет чувствительности канала

Расчет чувствительности канала модуля «PD Monitor» может производиться автоматически при помощи встроенной в модуль функции «калибровка», описанной в пункте 3 данной инструкции, или в ручном режиме.

Для ручного расчета коэффициентов чувствительности после регистрации замера с инжектированным зарядом с генератора необходимо определить уровень сигнала (в милливольтках), 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 в компьютер и посмотреть 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:

$$K_{\text{ЧК}} = \frac{Q_{\text{ГЕН}}}{U_{\text{ВХ.КАН}}} \text{ где:}$$

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

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

$U_{\text{ВХ.КАН}}$ - 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 модуля был зарегистрирован импульс с амплитудой 300 милливольт или 0,3 вольта. Итоговая расчетная чувствительность измерительного канала модуля в данной измерительной схеме равняется 10 «нанокулон/вольт» (нКл / В).



Внимание! Чувствительность в модуль вносится в размерности наноКулон/Вольт, поэтому в формуле стоит 3 нКл, инжектируемые генератором, и уровень сигнала приводится к Вольтам.

3. Описание модуля

Основные технические данные

Основные технические данные и характеристики соответствуют данным, приведенным в таблице.

Таблица 1. Основные технические характеристики модуля M4 PD Monitor

Количество каналов измерения ЧР	15
Рабочее напряжение (авто-) трансформаторов	110-750 кВ
Частотный диапазон регистрируемых импульсов ЧР	0,5 – 10 МГц
Динамический диапазон регистрируемых импульсов ЧР	70 дБ
Фазовая точность определения момента возникновения импульса, относительно синусоиды промышленной частоты	7,5 град
Количество выходных реле управления (управляет реле модуля M0 Main Monitor)	3
Объем энергонезависимой памяти (FLASH) для хранения информации	256Мб
Порты внешней связи	USB

Режимы работы светодиодов прибора

Модуль М4 имеет 2 светодиода:

- Диод состояния прибора (Status). Горит постоянно при нормальном состоянии прибора. Быстро (примерно 2 раза в секунду) включается/отключается при ошибке или неисправности модуля. Медленно (примерно раз в 2 секунды) включается/отключается во время проведения измерения или загрузки данных (при включении). Не горит – прибор выключен или неисправен.
- Диод состояния по уровню частичных разрядов (красный). Горит постоянно при превышении амплитудой или интенсивностью импульсов ЧР аварийной границы.



Внимание! Модуль не имеет светодиода, описывающего превышение «тревожного» порога. Поэтому возможна ситуация, когда светодиодная индикация не совпадает с релейной.

Режимы работы реле прибора

Модуль М4 не имеет собственных реле сигнализации, влияет на общие сигналы реле системы TDM-R1500/6.



Внимание! Влияние модуля М4 на общие реле превышения аварийной и тревожной границы может быть ограничено настройками.

Порядок выполнения пусконаладочных работ

Пусконаладочные работы выполняются в следующем порядке:

1. Монтаж прибора и датчиков в соответствии с руководством по монтажу;
2. Настройка прибора в соответствии с руководством по эксплуатации.
3. Калибровка каналов измерения ЧР. Калибровка выполняется на отключенном трансформаторе, он должен быть расшинуван или хотя бы разземлен.

4. Работа с прибором при помощи выносного пульта управления

Включение модуля



Рисунок 13. Включение модуля

При включении:

- модуль загружает данные, на экране при этом отображается строка «loading data»;
- в течение примерно 30 секунд ждет команд главного модуля – «waiting server»;
- тестируется на исправность входных цепей – «testing».

После выполнения этих операций модуль переходит в режим ожидания команд пользователя и главного модуля, отображения информации и отработки расписания.

С помощью клавиатуры выносного пульта из режима ожидания можно выполнить следующие действия:

- «**Mem**» – просмотр архива;
- «**Ent**» – немедленный запуск измерения;
- «**Mod**» – вход в меню прибора.

Из любого окна ввода/или подтверждения модуль автоматически переходит в режим ожидания, если не происходит ни одного нажатия клавиш в течение 30 минут.

Архив модуля

Рисунок 14. Архив

При нажатии **«Mem»** выводится список сохраненных замеров, если нет замеров – выводится сообщение об этом и ожидается подтверждение (любой кнопкой).

Рисунок 15. Просмотр замера

С помощью **«Вверх»** или **«Вниз»** можно выбрать интересующий замер, нажать **«Ent»**. Выведется окно с интегральными параметрами по каналу, переключение каналов – кнопки **«Влево»** и **«Вправо»**. Возврат из просмотра замера к списку замеров – **«Esc»**.

Рисунок 16. Удаление замера

Если в окне просмотра архива нажать **«Mem»**, то прибор предложит удалить замер. **«Esc»** – отказаться. **«Ent»** – согласиться, **«Mem»** – перейти к удалению всего архива.

Рисунок 17. Удаление архива

Если в окне удаления архива нажать **«Ent»** или **«Mem»**, то модуль удалит весь архив данных и, сообщив о том, что у Вас в архиве нет замеров, выйдет из просмотра.

Меню прибора

Для входа в меню нужно нажать **«Mod»** в появившемся окне ввода пароля ввести **«5421»**, нажать **«Ent»** и подождать секунд 20-30.

Рисунок 18. Ввод пароля

Структурно меню организовано в виде списка, в один момент времени на экране отображается один пункт меню. Переключение между пунктами осуществляется с помощью кнопок **«Влево»**, **«Вправо»**, выбор пункта – **«Ent»**.

Список меню имеет следующие пункты:

- Режим мониторинга;
- Установка текущей даты;
- Установка текущего времени;
- MODBUS адрес модуля;
- Скорость обмена по внутренней сети;
- Настройки объекта;
- Общие параметры регистрации;
- Параметры регистрации по каналам;
- Запуск калибровки;
- Настройка планировщика;
- Параметры оценки замеров;

- Настройка отображаемых параметров;
- Установка интервала смены текущего отображаемого параметра;
- Удаление памяти и настроек модуля.

Выход из меню – «Esc». Пока модуль находится в режиме меню, регистрация не выполняется, и на запросы по связи модуль отвечает «Занят».

Режим мониторинга



Рисунок 19. Запуск/остановка мониторинга

Для запуска/остановки мониторинга выберите из меню пункт «Monitoring» и нажмите «Ent». С помощью «Вверх» и «Вниз» выберите «work» для запуска и «stopped» для остановки мониторинга. Нажмите «Ent» для записи и установки выбранного режима и «Esc» для выхода без изменений.

Установка текущей даты



Рисунок 20. Установка даты

Для установки текущей даты выберите «Set date» из меню и нажмите «Ent». С помощью «Влево», «Вправо», «Вверх» и «Вниз» введите дату и нажмите «Ent» для установки или «Esc» для выхода без изменения даты.

При наличии в системе модуля «Main Monitor» дата и время устанавливается с него: т.е. введенное значение будет переустановлено.

Установка текущего времени



Рисунок 21. Установка времени

Для установки текущего времени выберите «Set time» из меню и нажмите «Ent». С помощью «Влево», «Вправо», «Вверх» и «Вниз» введите время и нажмите «Ent» для установки или «Esc» для выхода без изменения времени.

Ввод адреса прибора



Рисунок 22. Ввод адреса прибора

Для изменения адреса модуля выберите пункт «Device number» из меню и нажмите «Ent». С помощью «Влево», «Вправо», «Вверх» и «Вниз» введите новый адрес и нажмите «Ent» для установки и сохранения или «Esc» для выхода в меню без изменения адреса.

Установка скорости обмена



Рисунок 23. Установка скорости обмена

Для изменения скорости обмена выберите пункт «Set baud rate» из меню и нажмите «Ent». С помощью «Вверх» и «Вниз» выберите нужное значение, нажмите «Ent» для установки и сохранения или «Esc» для выхода в меню без изменения скорости обмена.

Параметры объекта наблюдения



Рисунок 24. Ввод параметров объекта

В данном пункте вводятся:

- Тип нейтрали;
- Рабочее напряжение на стороне ВН;
- Рабочее напряжение на стороне НН.

Для изменения этих параметров выберите пункт «Object setup» из меню и нажмите **«Ent»**. С помощью «Влево» и «Вправо» установите курсор напротив параметра, который Вы хотите изменить, и нажмите **«Ent»**. С помощью «Влево», «Вправо», «Вверх» и «Вниз» введите нужное значение и нажмите **«Ent»** для ввода значения. С помощью «Влево» и «Вправо» переходите к следующему параметру, **«Esc»** – возврат в меню, **«Mem»** установки и сохранения или **«Esc»** для выхода в меню без изменения скорости обмена.

Общие параметры регистрации



Рисунок 25. Ввод параметров регистрации

В данном пункте вводятся:

- Источник синхронизации;
- Частота для внутренней синхронизации;
- Количество синусоид для считывания;
- Режим сохранения.

Для изменения этих параметров выберите пункт «Common settings» из меню и нажмите **«Ent»**. С помощью «Влево» и «Вправо» установите курсор напротив параметра, который Вы хотите изменить, и нажмите **«Ent»**. С помощью «Влево», «Вправо», «Вверх» и «Вниз» введите нужное значение и нажмите **«Ent»** для ввода значения. С помощью «Влево» и «Вправо» переходите к следующему параметру, **«Esc»** – вернет Вас в меню без сохранения изменений, при нажатии клавиши **«Mem»** введенные значения сохраняются.

Параметры регистрации по каналу



Рисунок 26. Ввод параметров регистрации по каналу

В данном пункте вводятся:

- Включение каналов в регистрацию;
- Уровень, до которого считать PDI (в ампл. Окнах);
- Чувствительность канала в нКл/В;
- Дополнительный сдвиг канала.

Для изменения этих параметров выберите пункт «Channel settings» из меню и нажмите **«Ent»**. Выбор канала осуществляется с помощью клавиш «Вверх» и «Вниз», выбор параметра – «Влево» и «Вправо», **«Ent»** – переводит в режим редактирования выбранного параметра по выбранному каналу. **«Esc»** – вернет Вас в меню без сохранения изменений, при нажатии клавиши **«Mem»** введенные значения сохраняются.

Калибровка



Рисунок 27. Калибровка модуля

Выберите калибруемый канал с помощью кнопок «Вверх» и «Вниз» и нажмите «Ent». Модуль запустит измерение по всем каналам с отключенными блокировками и, исходя из полученного замера, рассчитает значение чувствительности для этого канала.

Настройка планировщика



Рисунок 28. Планировщик

Выберите тип планировщика – по времени или через интервал и нажмите «Ent». Задайте интервал или время запуска замеров и нажмите «Mem» для выхода в меню с сохранением параметров.

Параметры оценки замера



Рисунок 29. Оценка замера

Отметьте контролируемые параметры и отключите те, которые не хотите контролировать. Переключение осуществляется кнопкой «Ent». При переключении переключателя в состояние "включено" запускается окно ввода порогов по этому параметру. Пороги по PDI и Q02 устанавливаются отдельно на каждый канал, пороги на тренд и скачок – для всех каналов.

Настройка отображаемых параметров



Рисунок 30. Выбор отображаемых параметров

Выберите этот пункт для изменения параметров, отображаемых на экране во время ожидания между замерами. Включение/отключение производится с помощью клавиши «Ent», переход между параметрами – «Влево» и «Вправо». Выход в меню с записью - «Mem», без записи – «Esc».

Установка интервала смены текущего отображаемого параметра

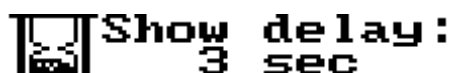


Рисунок 31. Ввод интервала

Установите задержку между сменой способов отображения информации на экране пульта.

Удаление памяти и настроек модуля



Рисунок 32. Удаление параметров и замеров

Выберите этот пункт для удаления всех замеров и сброса настроек в значение по умолчанию. Нажмите «Ent». С помощью клавиш «Вверх» и «Вниз» выберите значение «yes» («да») и снова нажмите «Ent».

Внимание! Данная операция необратима!

5. Настройка прибора из программы «СКИ»

Все параметры модуля можно установить с компьютера. Для этого:

- Установите и запустите программу «СКИ»;
- Привяжите в дереве объектов прибор «TDM-R1500/6», как описано в п.3 Руководства;
- Установите соединение между компьютером и прибором.

Нажмите правую кнопку мыши на модуле «PD Monitor» и выберите пункт «Импорт конфигурации из прибора». Программа загрузит конфигурацию из модуля и запустит окно редактирования. Программа «СКИ» сохраняет копию всех настроек в файле на компьютере.

Пункт меню «Изменить конфигурацию» отличается от пункта «Импорт конфигурации...» тем, что перед редактированием не производится импорт данных из модуля, а запускается редактирование данных, сохраненных на компьютере ранее.

После изменения нужных параметров нажмите кнопку «Записать в прибор». Программа проверит корректность параметров, сохранит копию на диск компьютера и передаст настройки в модуль. Если все операции прошли успешно, то программа выдаст сообщение «Конфигурация сохранена» и закроет окно редактирование настроек. Кнопка «Сохранить» просто сохраняет внесенные изменения в файл на компьютере и не производит передачу этих изменений в модуль.

Окно редактирования параметров модуля разделено на четыре вкладки, на которых сгруппированы все настройки модуля¹.

Вкладка «Параметры прибора» - настройки, связанные отображением данных на выносном пульте, расписание проведения измерений, рабочие напряжения;

Вкладка «Регистрация» - параметры регистрации частичных разрядов;

Вкладка «Оценка состояния» - параметры проведения диагностики встроенной программой PDExpert, оценки состояния изоляции оборудования по результатам измерений;

Вкладка «Специальные установки» - дополнительные параметры регистрации импульсов ЧР.

На вкладках параметры сгруппированы в группы.

5.1 Вкладка «Параметры прибора»

На рисунке 33 приведен вид вкладки «Параметры прибора».

¹ В ПО INVA окно настройки параметров прибора выглядит аналогично.

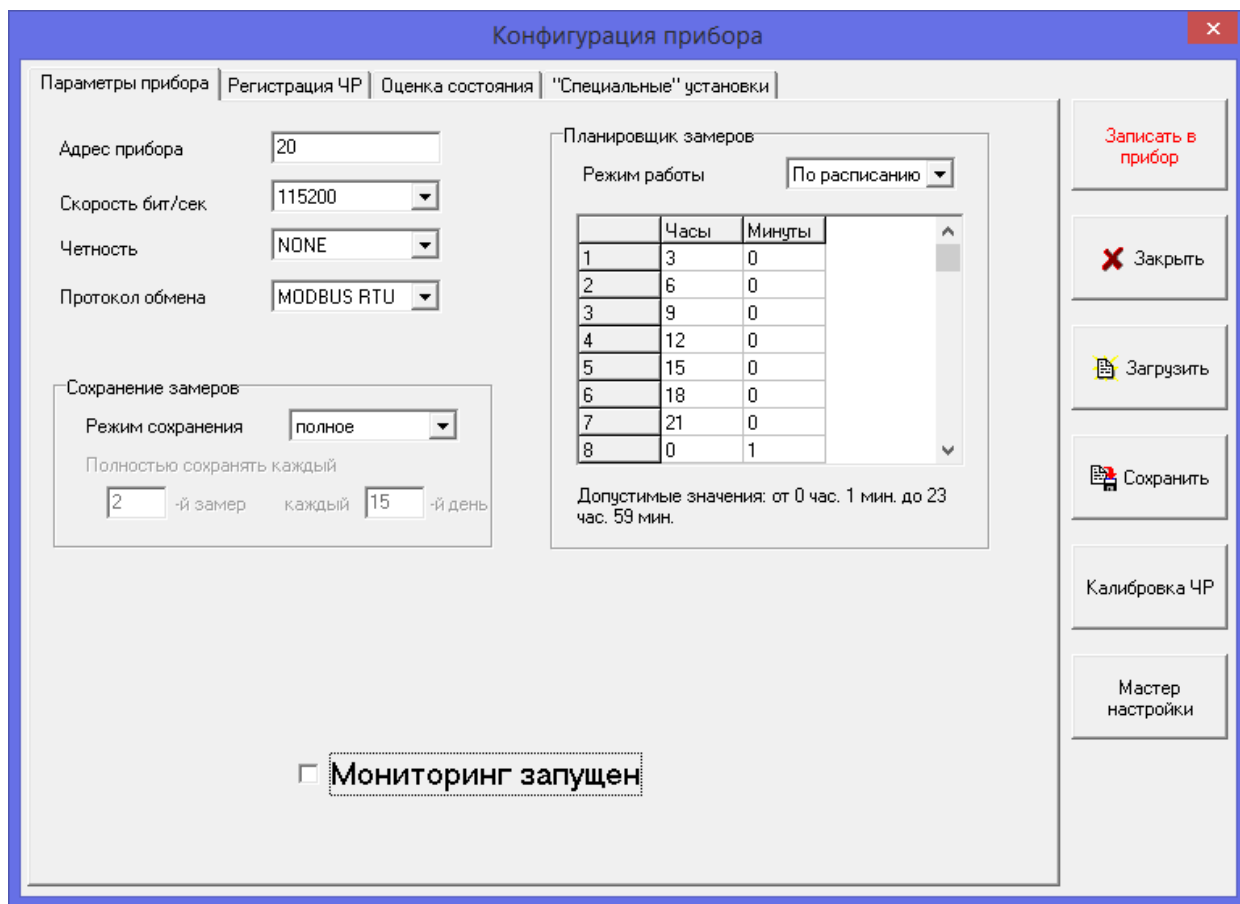


Рисунок 33. Вкладка «Параметры прибора»

«**Адрес прибора**» – MODBUS адрес прибора во внутренней сети обмена данными (по умолчанию - 20).

«**Скорость бит/сек**» – скорость обмена по внутренней сети MODBUS (по умолчанию 115200).

«**Протокол обмена**» – протокол, в формате которого прибор будет ожидать команды и отвечать на них. Модуль «Main Monitor» (M0) ожидает ответов от прибора в формате MODBUS_RTU, поэтому при работе в качестве модуля системы TDM-R1500/6 должен быть установлен протокол MODBUS_RTU. Параметр «**Четность**» также может быть изменен только при работе без модуля «Main Monitor».

Группа «Планировщик»

Модуль может выполнять измерения по расписанию или через интервал (параметр «**Режим работы**»). Расписание состоит из 50 пунктов, значение 0-0 воспринимается модулем как отсутствие измерения по этой строке планировщика.

Группа «Сохранение»

Прибор может сохранять замеры с исходными таблицами распределения ЧР – «полное» или без них «краткое». При кратком сохранении сохраняются только рассчитанные по исходным таблицам интегральные параметры. В режиме краткого сохранения также есть возможность периодически сохранять измерения с исходными данными. Например, если введено «Полностью сохранять 2й замер на 3й день», то каждого третьего числа месяца (3, 6, 9, 12, 15, 18 и т.д.) 2-й замер будет сохраняться полностью.

При нажатии переключателя «**Мониторинг запущен**» переключатель изменит свое название на «**Мониторинг остановлен**». При этом модуль останавливает наблюдение за

объектом и не запускает измерения по установленному расписанию. При подключенном пульте настройки на нем с небольшим интервалом будет выводиться сообщение «Monitoring stopped». Светодиод «Status» будет переведен в режим быстрого мерцания.

5.2 Вкладка «Регистрация»

На вкладке показаны каналы прибора, по которым будет происходить чтение и запись данных.

Рисунок 34. Вкладка «Регистрация»

«Линейное напряжение»

Все каналы модуля условно разбиты на пять групп, от которых ожидаем импульсы примерно одной амплитуды:

- Первая группа: каналы 01-03 Ch.A-Ch.C «Вводы ВН»;
- Вторая группа: каналы 04-06 Ch.a-Ch.c «Вводы СН»;
- Третья группа: каналы 07-09, PD1-PD3 «Вводы НН»;
- Четвертая группа: каналы 10-12, PD4-PD6 «Заземление»;
- Пятая группа: каналы 13-15, N1-N3 «Нейтраль».

Для каждой из этих групп нужно ввести рабочее напряжение объекта в кВ. Данный параметр участвует в расчете мощности импульсов (PDI).

Здесь и далее в окне редактирования настроек модуля все каналы названы в соответствии с маркировкой на модуле. На конкретном объекте они могут быть разведены внутри шкафа или подключены к объекту в другом порядке. Реальное название места установки датчика также можно задать, но оно будет фигурировать только в окне просмотра результатов измерений.

Включая переключатели рядом с названием канала, включите те, к которым подключены измерительные датчики (датчики DB-2 обычно подключаются на каналы Ch.A-

Ch.c модуля M3 «Bushing Monitor» и попадают на вход модуля M4 при помощи внутренних коммутаций) и отключите остальные. После этого необходимо настроить параметры фильтрации для каждого канала, по которому будут производиться измерения.

Наиболее простой способ произвести все настройки на этой вкладке – воспользоваться «Мастером настройки».

Настройка параметров регистрации

Шаг 1. Тип трансформатора

☒ Трёхфазный трансформатор

☐ Групповой трансформатор

Шаг 2. Контролируемые вводы

☒ Сторона ВН (каналы Ch A - Ch C)
Линейное напряжение 500.0 кВ

☒ Сторона СН (каналы Ch a - Ch b)
Линейное напряжение 110.0 кВ

☐ Сторона НН (каналы PD 1 - PD 3)
Линейное напряжение 10.0 кВ

Шаг 3. Нейтраль

☒ Датчик не установлен/нейтраль разземлена

☐ Установлен один датчик PD 1

☐ Установлено три датчика PD 1 - PD 3

Шаг 4. Заземление

Датчик не установлен

Готово Отмена

Рисунок 35. Окно «Мастер настройки»

На шаге 1 выберите тип (авто-) трансформатора.

На шаге 2 выберите стороны трансформатора, на которые установлены датчики DB-2 (DB-2/КИВ) или СС, и введите линейное напряжение этой стороны.

На шаге 3 выберите количество и каналы подключения датчиков, установленных на нейтраль трансформатора (RFCT-4).

На шаге 4 выберите канал, на который подключен датчик в заземлении трансформатора (RFCT-4 может не устанавливаться).

После этого программа автоматически настроит все настройки прибора, кроме тех, которые указаны на странице 1 – «Параметры прибора» и «Чувствительности» - она должна определяться в процессе калибровки.

Конфигурация прибора

Параметры прибора | Регистрация ЧР | Оценка состояния | "Специальные" установки

Группа каналов 1 ☒ Ch A ☒ Ch B ☒ Ch C линейное напряжение 500.0 кВ ☒ +/-

Группа каналов 2 ☐ Ch a ☐ Ch b ☐ Ch c линейное напряжение 110.0 кВ

Группа каналов 3 ☐ PD 1 ☐ PD 2 ☐ PD 3 линейное напряжение 10.0 кВ

Группа каналов 4 ☐ PD 4 ☐ PD 5 ☐ PD 6 линейное напряжение 0.0 кВ

Группа каналов 5 ☐ N 1 ☐ N 2 ☐ N 3 линейное напряжение 0.0 кВ

Чувствительность 10.00 нКл/В

Фаза датчика A

Фильтр 1 ☒ A ☒ P ☐ TαA >>

Фильтр 2 ☒ A ☒ P ☐ TαA >>

Фильтр 3 ☒ Откл. ☐ A ☐ TαA >>

Фильтр 4 ☒ Откл. ☐ A >>

Фильтр 5 ☒ Откл. ☐ A >>

Фильтр 6 ☒ Откл. ☐ A >>

Канал "Ch A", фильтр 1

Исп. с каналом Ch B

Доп. канал нет

Доп. канал нет

Уровень порога 100 %

Затухание, % 50

Задержка прохождения 0

Записать в прибор

Закрыть

Загрузить

Сохранить

Калибровка ЧР

Мастер настройки

Рисунок 36. Вкладка «Регистрация»

5.3 Вкладка «Оценка состояния»

Конфигурация прибора

Параметры прибора | Регистрация ЧР | Оценка состояния | "Специальные" установки

Режим работы реле включено

Задержка 100 с

Наибольший сигнал реле "Тревожный"

Контролируемые параметры

☐ Уровень PDI

☒ Тренд PDI

☐ Скачок PDI

☐ Уровень Q02

☒ Тренд Q02

☐ Скачок Q02

Пороги параметров

Уровни для канала Ch A ☒ Все ☒ Счит

☐ Не считать состояние

Пороги по PDI:

Уровень удовлетворительного состояния 110.0 мВт

Уровень недопустимого состояния 365.0 мВт

Пороги по Q02:

Уровень удовлетворительного состояния 3.0 нКл

Уровень недопустимого состояния 50.0 нКл

Пороги по тренду:

Уровень удовлетворительного состояния 5.00 раз/год

Уровень недопустимого состояния 10.00 раз/год

Считать тренд за 16 недель

Пороги по скачку:

Уровень удовлетворительного состояния 200 %

Уровень недопустимого состояния 300 %

Записать в прибор

Закрыть

Загрузить

Сохранить

Калибровка ЧР

Мастер настройки

Рисунок 37. Вкладка «Оценка состояния»

Режим работы реле «включено» – замыкать реле «Тревога» и «Авария» при превышении порога, «отключено» – не замыкать, «на время» – замыкать реле на некоторое время.

Появление этого параметра связано с отсутствием утвержденных норм на уровни частичных разрядов. Следовательно, если реле «Авария» прибора TDM-R1500/6 управляет аварийным выводом трансформатора, то прибор не имеет права отключать трансформатор по показаниям модуля «PD Monitor».

Наибольший сигнал реле «тревожный» – замыкать только реле «Тревога» при превышении тревожного и/или аварийного порога, «аварийный» – модуль будет переключать реле прибора TDM-R1500/6 в соответствии с превышенным порогом.

Группа «Контролируемые параметры»

В этой группе можно выбрать, по каким параметрам выставлять реле состояния, по каким – нет.

Появление этих настроек обусловлено несколькими моментами:

- во-первых, нет утвержденных норм или хотя бы наработок, но они появляются;
- во-вторых, высокая амплитуда импульсов или большое их количество может оставаться стабильным в течение долгого времени, только изменение этих величин во времени свидетельствует о том, что в изоляции происходят ухудшения;
- в-третьих, изменения уровней – это показатель скорости развития дефекта, а не степени развития дефекта.

Для оценки наличия процесса деградации изоляции наиболее показательны тренды (особенно мощности PDI).

Группа «Пороги»

Тут 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.

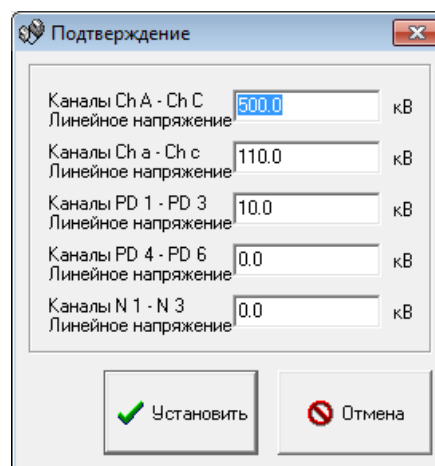


Рисунок 38. Окно подтверждения напряжений

При нажатии на кнопку «Счит.» появляется окно подтверждения рабочих напряжений по группам каналов. После нажатия «Установить» в этом окне – произойдет автоматический расчет порогов PDI каждого канала в соответствии с рабочим напряжением его группы.

На текущий момент параметры, рассчитанные по амплитудно-фазовому распределению частичных разрядов (Амплитуда Q02 и Мощность PDI частичных разрядов), не могут быть

использованы для оценки состояния изоляции высоковольтного оборудования в связи с отсутствием утвержденных методик и норм.

Параметры, рассчитанные по изменению характера частичных разрядов (тренд Q02, тренд PDI) со временем являются характеристиками скорости развития, а не степени развития дефекта. Показателем степени развития дефекта могут служить уровни содержания в масле растворенных водорода и ацетилена.

Несмотря на это, эти параметры (тренды, в особенности тренд PDI) должны обязательно контролироваться оператором, так как изоляция, имеющая тенденцию к ухудшению, – это плохая изоляция. Решение об отключении трансформатора по этому параметру должно приниматься на основе анализа внутренних данных (амплитудно-фазовых распределений) прибора и показаний прибора контроля растворенных газов.

Рисунок 39. Вкладка «Специальные установки»

Тип синхронизации – источник синхронизации. Синусоида на прибор может быть подана через:

- вход «Ref» прибора – внешняя синхронизация;
 - вход «Ch.A» прибора – канала Ch.A;
 - по внутренней шине с модуля «Bushing Monitor» при его наличии или при его отсутствии от питающих 220В (должна быть установлена перемычка в модуле «Power Supply») – по шине;
 - без источника (матрицы будут сохранены без привязки к опорной синусоиде) – внутренняя.
- Для внутренней синхронизации нужно ввести частоту в Гц.

«Количество периодов синусоиды для регистрации» – количество периодов синусоиды для считывания (усреднения).

В каждой ячейке итоговых матриц распределения будет записано количество импульсов в секунду, происходящих в данном амплитудно-фазовом окне.

В окошке **«Опережение фазы А источником синхронизации»** введите общий сдвиг синхронизирующей синусоиды относительно фазы А.

«Длительность ЧР» и **«Задержка после ЧР»** — это ограничения на импульсы, фильтрация по частоте и форме, для трансформаторов рекомендуемые значения 640/2560 нс.

«Уровень шума» — механизм отсечки нижних «шумовых» амплитудных окон из расчета PDI. Выбирается по результатам измерений.

Информация о предприятии-изготовителе

ООО «ДИМРУС» (г. Пермь)

Разработка и поставка приборов и программного обеспечения по диагностике для различных отраслей промышленности.

Россия, 614500, Пермский край,
д. Ванюки, Шоссейный въезд, д.2

Тел.: (342) 212-23-18, 212-91-93

Адрес в интернете: <http://dimrus.ru>

e-mail: dimrus@dimrus.ru