



Система мониторинга частичных разрядов

ТОPAZ ЧР

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПЛСТ.412231.001 РЭ



Москва 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Введение	3
2 Описание системы.....	3
2.1 Назначение изделия	3
2.2 Технические характеристики	3
2.3 Устройство и работа	4
Режимы работы светодиодов и реле измерительного прибора ВЧ	4
Режимы работы светодиодов и реле измерительного прибора АК	6
Особенности работы измерительных приборов.....	6
3 Алгоритм измерения ЧР	6
3.1 Методы диагностики состояния изоляции	6
3.1.1 Терминология	7
Анализ параметров ЧР.....	8
3.1.2.1 Выбор диапазона частот ЧР	8
3.1.2.2 Амплитудное сравнение импульсов ЧР	9
3.1.2.3 Временная оценка импульсов ЧР	10
3.1.2.4 Сравнение импульсов ЧР по полярности.....	10
Оценка состояния изоляции и диагностика дефектов	10
3.1.3.1 Анализ амплитудно-фазового распределения импульсов	10
3.1.3.2 Анализ частотных свойств ЧР	13
3.1.3.3 Анализ изменения интенсивности ЧР в процессе эксплуатации оборудования.....	13
3.2 Определения мест возникновения дефектов изоляции	15
4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	16
4.1 Эксплуатационные ограничения и меры безопасности.....	16
4.2 Монтаж.....	16
5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ	17
6 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	17
7 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ	17
8 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ	18
9 УТИЛИЗАЦИЯ	19

1 Введение

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления со сведениями о конструкции, принципе действия, технических характеристиках комплексной системы непрерывного мониторинга частичных разрядов (далее по тексту – система ТОРАЗ ЧР), ее составных частях, указаниях, необходимых для правильной и безопасной эксплуатации системы, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования, а также схемы подключения системы к измерительным цепям, цепям питания, телесигнализации.

Перед началом работы с системой необходимо ознакомиться с настоящим РЭ.

2 Описание системы

2.1 Назначение изделия

Система ТОРАЗ ЧР предназначена для непрерывного контроля состояния изоляции кабельных линий под рабочим напряжением. Принцип работы системы основан на анализе импульсов частичных разрядов (ЧР) внутри изоляции силового кабеля и концевых и соединительных муфт.

Система состоит из двух компонентов:

- измеритель частичных разрядов ТОРАЗ ВЧ (далее по тексту – Прибор ВЧ)
- измеритель частичных разрядов ТОРАЗ АК (далее по тексту Прибор АК)

Прибор ВЧ представляет собой устройство анализа и оценки интенсивности и распределения импульсов ЧР. Измерение производится при помощи специализированных датчиков, представляющих собой высокочастотные трансформаторы тока, установленные на проводнике заземления экрана кабеля, в разрыве цепи заземления, или в цепи заземления емкостного датчика. Конкретный тип датчика выбирается исходя из типа и особенностей контролируемого оборудования. Прибор обеспечивает возможность эффективно отстраиваться от наводок высокочастотных помех на контролируемый объект.

Прибор АК осуществляет диагностику ЧР и контроль состояния концевых и промежуточных соединительных муфт высоковольтных кабельных линий. Диагностика осуществляется на основе регистрации и анализа ЧР акустическим методом, имеющим высокую чувствительность при поиске дефектов в изоляции любого типа. Из-за интенсивного затухания акустических сигналов по длине кабеля, зона чувствительности акустических датчиков обычно не превышает ± 1 метр.

Системой осуществляется сохранение всех исходных данных, что позволяет применять к данным новые алгоритмы контроля изоляции.

2.2 Технические характеристики

Диапазон рабочих температур эксплуатации системы минус 40 до плюс 60 °С.

Напряжение питания, В:

- переменное 90 - 260 В (50/60 Гц)
- постоянное 120 - 370

Технические характеристики приборов ВЧ и АК приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Технические характеристики измерительного прибора ВЧ

Характеристика	Значение
Количество каналов регистрации ЧР	6
Рабочее напряжение контролируемых объектов	от 3 кВ и выше
Частотный диапазон регистрируемых импульсов, МГц: - HF - UHF	0,1 ÷ 20,0 400 ÷ 1500,0
Интерфейс передачи данных	Ethernet
Синхронизация измерений с другими приборами	многомодовое оптоволокно с разъемами ST и GPS/ГЛОНАС
Объем памяти для хранения архива выполненных измерений ЧР, Мб	256
Количество встроенных выходных реле управления (сухой перекидной контакт)	3 (250 В, 6А)

Таблица 2 – Технические характеристики измерительного прибора АК

Характеристика	Значение
Количество каналов регистрации	6
Рабочее напряжение контролируемых объектов	до 500 кВ
Частота импульсов разрядов, кГц	30 ÷ 300,0
Величина разрядов, пКл	20 ÷ 100000
Интерфейс связи	RS-485; USB; Ethernet
Количество встроенных выходных реле управления (сухой перекидной контакт)	3 (250 В, 6А)

2.3 Устройство и работа

Компоненты системы ТОРАЗ ЧР размещаются в шкафу навесного исполнения, или при необходимости в шкафу напольного исполнения. Расстояние между датчиками ЧР и шкафом ЧР не должно превышать 30 м.

2.3.1 Режимы работы светодиодов и реле измерительного прибора ВЧ

Индикация состояния прибора ВЧ осуществляется с помощью 8 светодиодов:

1. **Тревога** («Alarm», цвет красный). Горит постоянно при превышении установленного показаниями по одному из каналов;

2. **Состояние прибора** («Status», цвет зеленый). Горит постоянно – нормальное состояние прибора. Моргает 2 раза в секунду – ошибка или неисправность прибора. Моргает 2 раза в 2 секунды – регистрации замера. Не горит – прибор выключен или неисправен;
3. **Светодиоды** «PD01-PD06» (число равно номеру канала, цвет красный). Горят одновременно со светодиодом «Alarm». Указывают на канал, по которому произошло превышение;

Прибор ВЧ имеет 3 реле:

1. **Тревога** («Warning»). Реле замкнуто при превышении контролируемыми параметрами порога тревожного состояния и недостижении порога аварийного состояния по любому из каналов. Реле размыкается при снижении значений параметров ниже порога тревожного состояния или при превышении порога аварийного состояния;
2. **Состояние прибора** («Status»). При включении прибор переходит в режим тестирования и проверки входных каналов. Данное реле включается после выполнения всех проверок, и перехода в режим мониторинга. При нормальном режиме работы прибора, реле постоянно включено. Контакты реле переключаются в исходное положение при возникновении ошибки или при выключении прибора;
3. **Авария** («Alarm»). Реле замыкается при превышении порога аварийного состояния по любому из каналов. Одновременно загорается красный светодиод на панели прибора. При снижении значения параметра ниже порога реле отключается.

Состояние прибора отображается в специализированном ПО при подключении к нему ПК. Окно состояния прибора приведено на рисунке 1.

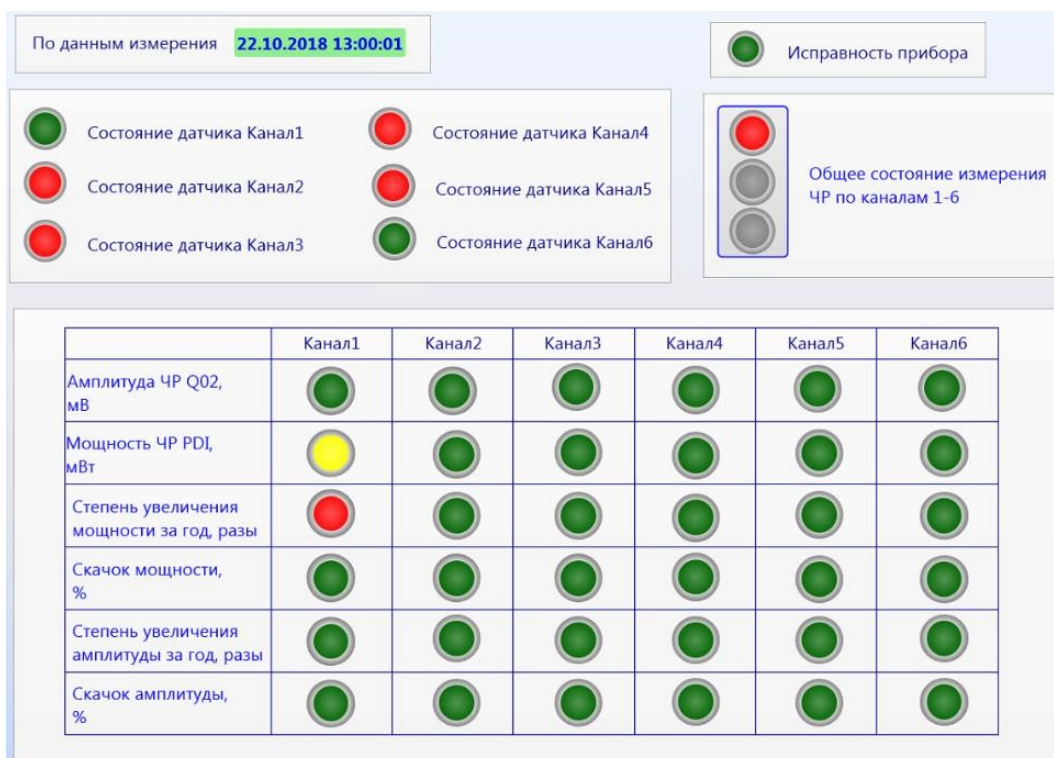


Рисунок 1 - Состояние прибора ВЧ

При просмотре состояния с помощью ПО можно также посмотреть более детальное описание тревог каналов.

2.3.2 Режимы работы светодиодов и реле измерительного прибора АК

Индикация состояния прибора АК осуществляется с помощью 11 светодиодов:

1. **Тревога** («Alarm», цвет красный). Горит постоянно при превышении установленного показаниями по одному из каналов.
2. **Состояние прибора** («Status», цвет зеленый). Горит постоянно – нормальное состояние прибора. Моргает 2 раза в секунду – ошибка или неисправность прибора.
Моргает 2 раза в 2 секунды – регистрации замера. Не горит – прибор выключен или неисправен.
3. **Светодиоды «CH01-CH09»** (число равно номеру канала, цвет красный). Горят одновременно со светодиодом «Alarm». Указывают на канал, по которому произошло превышение.

Прибор АК имеет 3 реле:

1. **Тревога** («Warning»). Реле замкнуто при превышении контролируемыми параметрами порога тревожного состояния и недостижении порога аварийного состояния по любому из каналов. Реле размыкается при снижении значений параметров ниже порога тревожного состояния или при превышении порога аварийного состояния.
4. **Состояние прибора** («Status»). При включении прибор переходит в режим тестирования и проверки входных каналов. Данное реле включается после выполнения всех проверок, и перехода в режим мониторинга. При нормальном режиме работы прибора, реле постоянно включено. Контакты реле переключаются в исходное положение при возникновении ошибки или при выключении прибора.
2. **Авария** («Alarm»). Реле замыкается при превышении порога аварийного состояния по любому из каналов. Одновременно загорается красный светодиод на панели прибора. При снижении значения параметра ниже порога реле отключается.

2.3.3 Особенности работы измерительных приборов

Настройка измерительных приборов осуществляется при помощи переносного или стационарного компьютера, так как в приборах не предусмотрены органы управления.

Измерения сохраняются в памяти прибора по принципу кольцевого буфера, при заполнении прибор удаляет наиболее старые измерения. Все данные сохраняются с использованием алгоритмов архивации.

3 Алгоритм измерения ЧР

3.1 Методы диагностики состояния изоляции

Основной задачей диагностики состояния изоляции является проведение качественной оценки с целью определения типа и локализации дефекта, возникшего в изоляции. Методы диагностики состояния изоляции разделяются на две группы.

Методы, основывающиеся на анализе амплитудного и амплитудно-фазового распределения импульсов ЧР. Их целью является определение типов имеющихся дефектов и оценка их влияния на остаточный ресурс высоковольтной изоляции.

Методы, базирующиеся на анализе параметров отдельных импульсов ЧР. В данных методах анализируются амплитудные и частотные параметры импульсов, а также связи между импульсами. Методы данной группы предназначены для повышения достоверности проводимых измерений за счет более эффективной отстройки от помех.

3.1.1 Терминология

Частичный разряд (ЧР) – электрический разряд, который возникает в изоляции электрооборудования среднего и высокого классов напряжения. Частичным разрядом называется локальный электрический разряд, который шунтирует только часть изоляции в электроизоляционной системе. Со временем периодически повторяющиеся частичные разряды разрушают изоляцию, что в конечном итоге приводит к пробое. По причине того, что процесс разрушения изоляции под действием ЧР происходит в течение длительного времени, их регистрация, оценка мощности и повторяемости, а также локализация места их возникновения, позволяют своевременно выявить развивающиеся повреждения изоляции и принять необходимые меры для их устранения.

Основной измеряемой характеристикой ЧР при испытании изоляции коммутационными импульсами является «кажущийся заряд». Под таким кажущимся зарядом понимают заряд, который необходимо ввести в измеряемое оборудование для восстановления равновесия после нарушения баланса, связанного с образованием импульса частичного разряда. Величина реального заряда неизвестна, так как измерительные приборы фиксируют реакцию высоковольтного оборудования на возникающие частичные разряды. Кажущийся заряд не равен по значению заряду частичного разряда, причем соотношения зарядов и могут быть различными для различных ЧР в одном и том же объекте. Кажущийся заряд измеряется в пикокулонах (пКл). При сложении всех зарядов, зарегистрированных в оборудовании за одну секунду, получится ток ЧР – ток, который протекает в цепи, контролируемой датчиком. В среднем ток ЧР характеризует потери в изоляции из-за возникновения ЧР и носит активный характер.

Важной характеристикой является «максимальный измеренный заряд». При приемочных испытаниях большинство предприятий-изготовителей высоковольтного оборудования пользуются данной величиной. В старых приборах статистика задается временем усреднения, а в современных приборах это решается удалением из рассмотрения случайных одиночных выбросов. При анализе ЧР, в алгоритме системы учитываются только ЧР, повторяющиеся не менее 10 раз за секунду. При частоте питающей сети 50 Гц, получается, что один импульс должен возникать не реже, чем за 5 периодов сети. Для удобства принимается следующая формулировка: импульс ЧР считается периодически повторяющимся, если частота его возникновения составляет 0,2 импульса на один период питающей сети. Далее по тексту – параметр обозначен как Q_{02} .

Мощность ЧР определяется как отношение полной энергии разрядов ко времени суммирования. Этот параметр называется «потери энергии на частичные разряды». Данный параметр называется «потери энергии на частичные разряды». Для расчета потерь, вызванных ЧР, в контролируемый объект дополнительно накладывается кажущийся заряд из источника испытательного напряжения. Заряд инжектируется мгновенно и связан с конкретным напряжением питающей сети. Энергия, дополнительно вводимая в оборудование из-за единичного ЧР, равна заряду, умноженному на мгновенное напряжение на объекте. После чего происходит суммирование всех импульсов для расчета полной энергии ЧР.

Формула расчета:

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

где:

P – мощность разрядов, Ватт;

T – время наблюдения, секунд;

m – число наблюдаемых импульсов за время T ;

Q_{iVi} – энергия i -го импульса.

Базируясь на фазовом распределении импульсов ЧР, можно рассчитать мгновенное значение приложенного напряжения, при условии, что фазовая привязка импульсов выполнена правильно и достоверно рассчитана мощность. Не все приборы регистрируют фазовое распределение импульсов, поэтому для определения фазы используется еще один диагностический параметр – PDI (Partial Discharge Intensity - интенсивность частичного разряда). Параметр PDI является одним из основных, используемых для оценки интенсивности ЧР в контролируемом объекте. Этот параметр рассчитывается по действующему значению частичных разрядов. Сравнительные расчёты показывают, что различие между параметрами, рассчитанными разными методами, не превышает 20%.

По параметрам PDI и Q_{02} , прибор рассчитывает тенденцию или скорость роста (во сколько раз изменится параметр за год, PDI t и $Q_{02}t$ соответственно). Данные параметры также могут быть использованы для оценки состояния любого высоковольтного оборудования.

Анализ параметров ЧР

При помощи методов, основывающихся на анализе параметров ЧР, обеспечивается необходимая достоверность проведения регистрации ЧР в высоковольтном оборудовании.

В соответствии с заложенными алгоритмами прибор в реальном времени оценивает параметры импульсов. Помимо осциллограммы, прибор выдает информацию о количестве импульсов, отвечающих заданным требованиям.

В данном разделе рассматриваются наиболее важные методы анализа параметров ЧР.

3.1.2.1 Выбор диапазона частот ЧР

Выбор диапазона частот, в котором проводятся измерения параметров ЧР является одним из наиболее важных вопросов.

1) Связь зоны чувствительности датчика ЧР с его рабочей частотой

Скорость затухания частичного импульса в неоднородной комплексной среде имеет прямую зависимость от его частоты. Импульсы от одинаковых ЧР, возникающих в разных частях обмотки, прибором будет интерпретироваться как импульсы различной интенсивности, из чего следует, что чем более высокочастотным является зарегистрированный импульс, тем ближе к датчику располагается зона его возникновения. Также за счет затухания импульса частичного разряда внутри обмотки, величина переднего фронта прямо пропорциональна его частоте, как показано на рисунке 2.

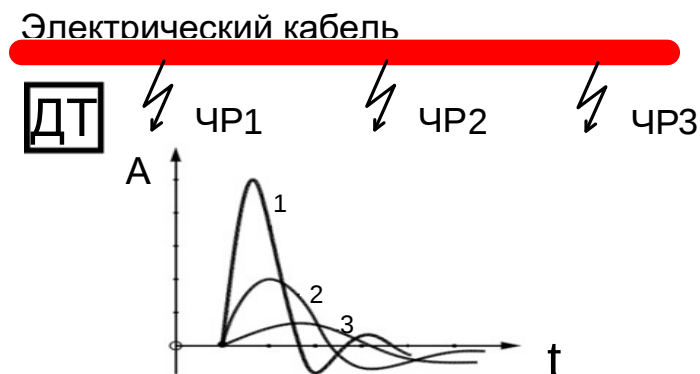


Рисунок 2 - Зависимость формы регистрируемого датчиком импульса от дальности места возникновения ЧР

Данный эффект можно проверить в процессе проведения калибровки измерительной цепи при помощи калибровочного генератора. Для этого необходимо поочередно инжектировать калибровочный импульс в начало обмотки и в нейтральную точку обмотки статора, определяя чувствительность измерительной схемы. Для определения чувствительности измерительной схемы и значения коэффициента затухания ЧР необходимо инжектировать калибровочный импульс в начало обмотки и в нейтральную точку.

2) Параметры «кажущегося» частичного заряда

Регистрируемый импульс «от частичного разряда» сформирован электромагнитными параметрами контролируемого объекта. После каждого частичного разряда внутри оборудования из питающей сети происходит импульсная «подкачка энергии», необходимая для восстановления распределения электрического поля, искаженного разрядом. Данный электрический импульс регистрируется датчиками, расположенными вокруг оборудования (условно называемого "черным ящиком").

При контроле «прямого» электромагнитного излучения на подстанции имеет смысл измерение в высокочастотном диапазоне. При выборе частотного диапазона для проведения измерений внутри оборудования следует ориентироваться на параметры «трансформированного импульса», регистрируемого снаружи объекта. Как правило, высокочастотный импульс, возникший в середине кабельной линии, на концевой разделке, а также внутри электрических трансформаторов и машин имеет частоту не более 1 мегагерца (Мгц). На параметры регистрируемого импульса оказывают влияние различные факторы - геометрические размеры объекта, его внутренние электромагнитные связи, место возникновения дефекта.

3) Связь между рабочим диапазоном частот и диапазона частот активных помех.

При выборе диапазона частот измерительной схемы необходимо исследовать частотную зону на наличие частичных разрядов и отсутствие влияния помех (например, коронные разряды). Для этого необходимо проводить специальные исследования, чтобы выявить информативную частотную зону, в которой присутствуют частичные разряды, а влияние помех минимально.

3.1.2.2 Амплитудное сравнение импульсов ЧР

Сигналы, зарегистрированные несколькими датчиками от одного импульса частичного разряда, будут иметь разную амплитуду и иметь сдвиг во времени. Это объясняется различием во времени движения импульса от места возникновения дефекта до места установки датчика. Эта разница может составлять десятки наносекунд.

Рассмотрим особенности использования в практике различий амплитуд сигналов, возникших от одного частичного разряда, но зарегистрированных датчиками, установленными в разных местах контролируемого оборудования.

При многоканальной регистрации сигналов ЧР необходимо определить коэффициенты перенаводки сигнала из одной точки в каждый измерительный канал, которые можно представить в виде матриц перенаводки. Амплитуда наведенного сигнала всегда меньше амплитуды первичного сигнала, так как при перенаводке сигнала между кабельными линиями или фазами трансформатора происходит затухание. При многоканальной регистрации данный признак является наиболее важным, так как при его помощи можно определить место возникновения дефекта в изоляции.

3.1.2.3 Временная оценка импульсов ЧР

Скорость движения волны в контролируемом объекте всегда меньше скорости движения волны в вакууме. В среднем допустимо считать, что скорость движения волны в объекте составляет приблизительно 60% от скорости в вакууме, из чего следует, что скорость распространения волны внутри контролируемого объекта приблизительно равна $1 \pm 0,1$ метр за 6,5 наносекунд. Метод базируется на учете значения данной скорости, и особенно эффективен при диагностике состояния изоляции кабельных линий и КРУ.

Для получения необходимых показателей точности при использовании данного метода, требуется чтобы длина соединительных линий от датчиков до измерительного прибора была одинаковой. Также возможен вариант создания измерительной схемы с разной длиной измерительных кабелей от датчиков. В этом случае рекомендуется сравнивать не фактическое время прохождения импульса, а относительное.

3.1.2.4 Сравнение импульсов ЧР по полярности

Использование использования метода сравнения полярности импульсов возможно только в случае, когда физическая картина распространения импульсов внутри контролируемого объекта позволяет разделить импульсы ЧР и помеха по признаку полярности. При использовании данного метода необходимо обосновать физическую модель причин возникновения разницы в полярности импульсов от разных датчиков.

Оценка состояния изоляции и диагностика дефектов

Определить типа дефекта, возникшего в изоляции высоковольтного оборудования, можно при помощи анализа амплитудно-фазового распределения импульсов ЧР.

Для оценки состояния дефекта применяется метод анализа тенденций, в изменении интенсивности проявления ЧР в изоляции. Развивающиеся дефекты изоляции являются наиболее опасными для электрооборудования, так как зона и интенсивность, дефекта постепенно увеличивается. Метод анализа тенденций позволяет определить, является ли дефект стационарным или развивающимся.

3.1.3.1 Анализ амплитудно-фазового распределения импульсов

Данный вид анализа предназначен для определения типа дефекта в изоляции.

Для анализа дефектов в изоляции можно использовать несколько типов графического представления распределения зарегистрированных импульсов ЧР. Различают два наиболее часто применяемых на практике распределения: амплитудно-частотное, и амплитудно-фазовое (частотное) распределение импульсов ЧР.

По своему первичному определению амплитудно-частотное распределение высокочастотных импульсов должно показывать, какое количество импульсов данной амплитуды было зарегистрировано в процессе измерения ЧР. Пример такого амплитудно-частотного распределения импульсов приведен на рисунке 3. По оси X отложены значения кажущихся зарядов зарегистрированных импульсов (или амплитуды импульсов в милливольтках), по оси Y отложено количество импульсов.

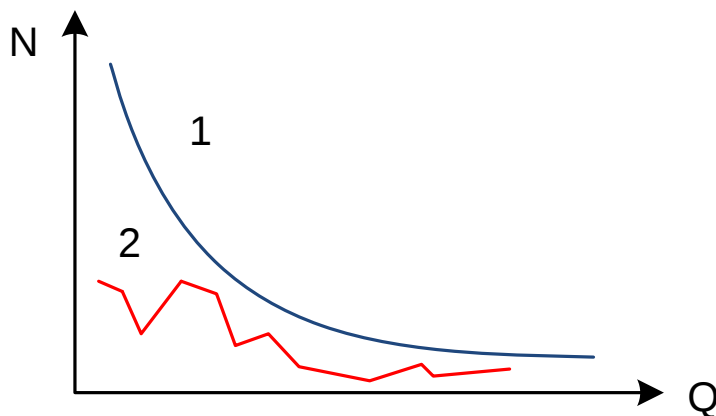


Рисунок 3. Амплитудно-частотное распределение импульсов ЧР

Термин «частотное распределение» в данном случае является параметром, показывающим количество импульсов ЧР. На рисунке амплитудно-частотном графике, рассматривается распределение импульсов, сгруппированных по принципу равенства амплитуд.

График 1 рисунка 3 соответствует интегральному распределению импульсов ЧР, когда происходит суммирование импульсов по мере увеличения порогового значения амплитуды.

График 2 соответствует дифференциальному представлению распределения импульсов ЧР. На нем каждому значению амплитуды соответствует зарегистрированное количество только тех импульсов, которые имели соответствующую пороговую амплитуду. Оба графика достаточно часто используются в практике анализа, для некоторых задач диагностики предпочтительнее интегральное представление распределения импульсов, для других – дифференциальное.

Амплитудно-фазовое (частотное) представление распределения импульсов ЧР является более информативным. Пример такого распределения показан на рисунке 4.

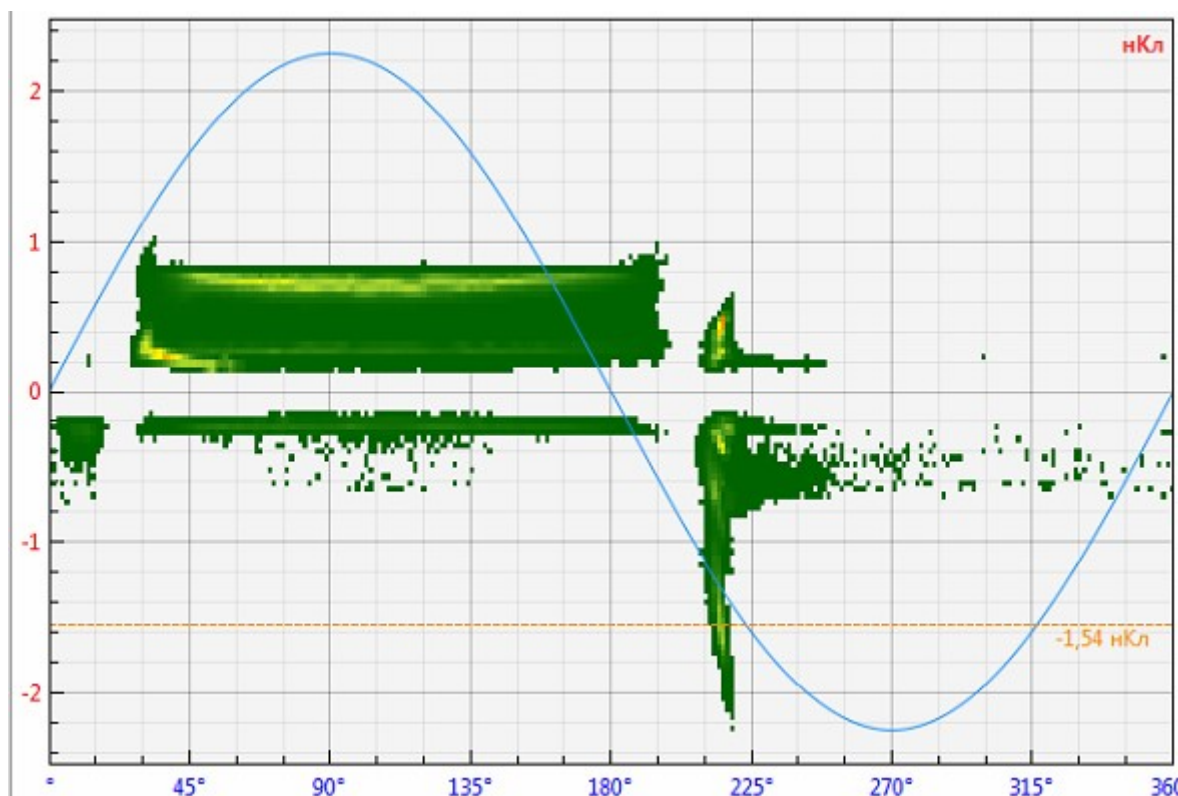


Рисунок 4. График распределения импульсов ЧР канала

На данном графике показано распределение импульсов по амплитуде, фазовому углу напряжения питающей сети и количеству импульсов. Такое распределение полностью описывается матрицей, в которой есть строки, различающиеся по амплитуде, столбцы, соответствующие определенным фазовым зонам питающего напряжения (от 0 до 360 электрических градусов). В каждой ячейке матрицы стоит число, количественно показывающее, сколько импульсов ЧР с такими параметрами было зарегистрировано. Также с помощью ПО системы ЧР распределение импульсов ЧР можно представить в виде трехмерного графика, как показано на рисунке 5. В данном представлении распределение импульсов по углу представлено в виде оси X (от 0 до 360 электрических градусов). По оси Z представлено распределение импульсов ЧР по частоте.

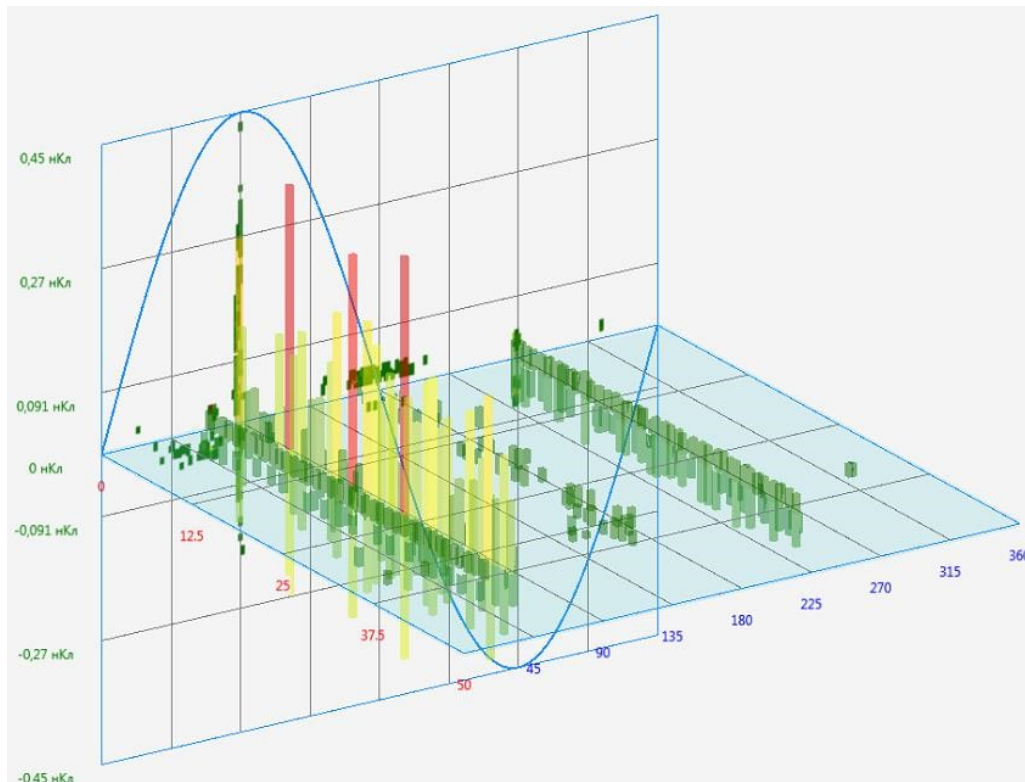


Рисунок 5. График распределения импульсов ЧР, трехмерное представление

Анализ фазового распределения ЧР фазового угла и амплитуды приложенного напряжения питающей сети становится более сложным при наличии нескольких дефектных зон возникновения частичного разряда в одной дефектной зоне. В этом случае практически всегда приводит к перераспределению напряженностей электрического поля вокруг других зон дефектов, расположенных в непосредственной близости. Это создает более сложную картину распределения электромагнитного поля, и, как следствие, сложную картину возникновения разрядов.

При необходимости можно проанализировать влияние дефектных зон друг на друга, что даст возможность оценить особенности возникновения дефектов в изоляции различного оборудования. При этом следует принимать во внимание особенности исполнения изоляции, например, возникновение дефектов в зоне выхода лобовых частей из пакета статора (при локальном распределении дефектов) отличается от физической картины множественных дефектов в протяженной кабельной линии (в случае распределенной зоны дефектов в изоляции). Например, можно провести анализ при неправильной пропитке изоляции, наличии внутренних температурных разрушений. Если точка дефекта будет смещаться от центра в ту или

иную сторону, будет изменяться соотношение амплитуд импульсов ЧР в контролируемом оборудовании.

3.1.3.2 Анализ частотных свойств ЧР

Дополнительную информацию о природе ЧР, и месте их возникновения в контролируемом оборудовании, может быть получено на основании анализа формы зарегистрированных импульсов – частотных свойств ЧР в изоляции оборудования.

При анализе рассматриваются не свойства самого ЧР, а реакция контролируемого объекта на возникший разряд. Один и тот же импульс, имеющий одинаковые параметры, но возникший в разных точках объекта, при регистрации будет иметь различные частотные параметры. Соответственно импульсы, возникшие в одной зоне, будут иметь одни частотные свойства.

Данный факт позволяет создавать диагностические правила, разделяющие импульсы по природе и месте возникновения дефекта.

Основными частотными свойствами импульсов считаются два параметра - частота импульса ЧР, и длительность затухания колебаний.

Частотные свойства импульса, на первой полуволне, а особенно на переднем фронте, существенно изменяются. Необходимо применять одинаковые правила к определению частотных свойств импульсов ЧР. Для оценки частоты импульса частичного разряда предлагается использовать удвоенную длительность основного импульса. Данное значение умножается на два, из чего получается период импульса частичного разряда, по которому определяется кажущаяся частота. Импульсы, различаются длительностью переднего и заднего фронтов. Кроме того, эти импульсы являются затухающими, причем частота, по мере затухания, как правило изменяется.

Длительность импульса частичного разряда показывает, как долго длится реакция контролируемого объекта на возникший в изоляции импульс частичного разряда. Как правило используется коэффициент затухания (например, 0,1). Контролируется амплитуды импульсов. При снижении амплитуды до заданного уровня, относительно амплитуды первого импульса, импульс ЧР считается затухшим.

Оба частотных параметра импульсов ЧР зависят от множества различных параметров. Один и тот же дефект, возникший в различных зонах контролируемого оборудования, приводит к появлению импульсов с различными частотными свойствами. Но два различных дефекта, даже возникших на одинаковом удалении от датчика, будут иметь различные частотные свойства.

На этапе регистрации импульсов необходимо набрать некоторое количество статистической информации в достаточном объеме, чтобы обобщить свойства импульсов.

Максимально эффективно частотные свойства импульсов можно использовать на этапе анализа распределения импульсов. Именно поэтому данный метод перенесен в раздел общего анализа зарегистрированных импульсов.

3.1.3.3 Анализ изменения интенсивности ЧР в процессе эксплуатации оборудования

На рисунке 6 приведена типовая кривая изменения интенсивности ЧР в процессе длительной работы и старения изоляции высоковольтного оборудования. Кривая справедлива для большинства высоковольтного оборудования. Точные характеристики кривой зависят от типов и марок оборудования, а также условий эксплуатации.

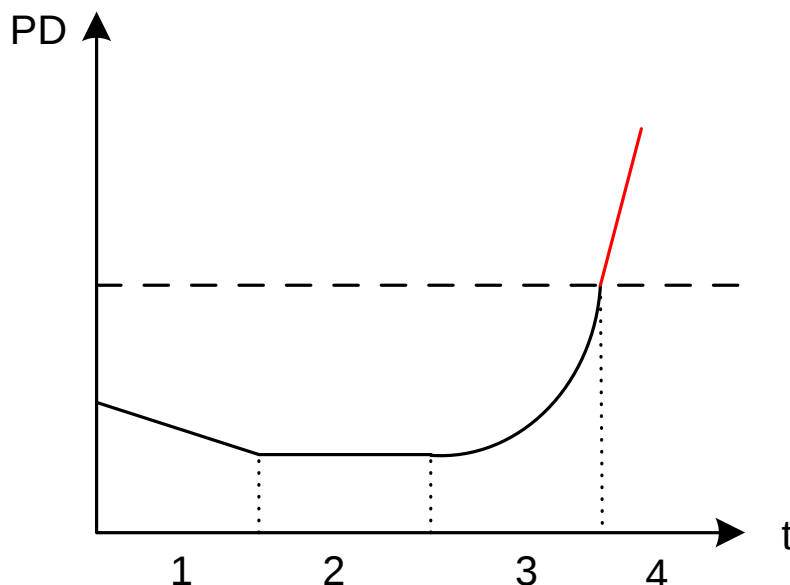


Рисунок 6. Изменение интенсивности ЧР в процессе работы высоковольтного оборудования

На этапе 1 жизни изоляции, после ее изготовления, принимаются все меры для того, чтобы улучшить состояние изоляции. На этом этапе может проводиться дополнительная сушка изоляции, очистка, устранение мелких дефектов.

Этап 2 является основным для качественно изготовленного и эксплуатируемого высоковольтного оборудования, в идеале он имеет максимальную длительность. В течение этого времени уровень ЧР невелик и практически не изменяется. Измерения ЧР совмещаются с проводимыми регламентными и ремонтными работами.

Этап 3 характеризуется возникновением в изоляции дефектов в начальных стадиях развития, вызывается процессами старения или механическими повреждениями верхних слоев изоляции. Наблюдается устойчивая тенденция в росте интенсивности ЧР. Интервалы времени между проведением измерений ЧР существенно сокращаются. Со временем дефекты изоляции начинают развиваться сильнее.

Этап 4 начинается в тот момент времени, когда интенсивность ЧР начинает превышать допустимое значение. Практически всегда, при непринятии должных мер, данный этап заканчивается пробоем изоляции и аварией.

Перед выявлением тенденций в изменении интенсивности ЧР во времени необходимо убедиться, что эти изменения не связаны с режимом работы высоковольтного оборудования. Для этого необходимо попытаться выявить связь параметров разрядов с внешними факторами, значения которых необходимо фиксировать при каждом проведенном измерении.

Важными являются следующие факторы:

- Влажность и температура окружающей среды;
- Характеристики теплоносителя в системах охлаждения генераторов. Использование водорода вместо воздуха резко снижает интенсивность ЧР;
- Значительные изменения напряжения питающей сети в рабочих диапазонах может повлиять на уровень ЧР;
- Рабочая температура статора электрических машин;
- Нагрузка контролируемого оборудования. Связь, как правило, определяется внутренним нагревом изоляции;

3.2 Определения мест возникновения дефектов изоляции

Для поиска мест возникновения дефектов в кабельных линиях используется метод рефлектометрии под рабочим напряжением, в котором в качестве тестирующего импульса используется импульс ЧР, возникающий в зоне дефекта изоляции. В составе прибора ВЧ имеется модуль регистрации формы импульсов ЧР, который позволяет локализовать места возникновения дефектов в изоляции.

В месте наличия дефекта кабельной линии возникает частичный разряд, импульс от которого распространяется по кабельной линии в обе стороны, в направлении концевых разделок кабельной линии. Прямой импульс регистрируется прибором ВЧ. Противоположный импульс отразится, и отраженный импульс, меньшей амплитуды, будет зарегистрирован измерительным прибором с задержкой времени.

На рисунке 7 показано использование в методе рефлектометрии импульсов ЧР от дефекта, являющегося источником ЧР.

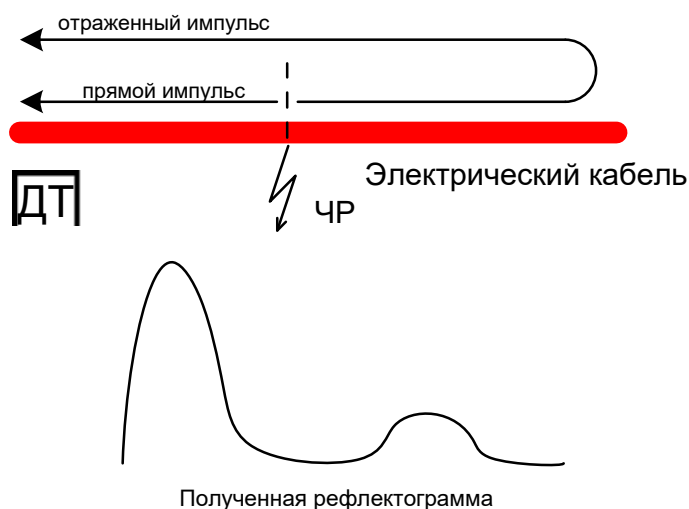


Рисунок 7. Использование импульсов ЧР для поиска места дефекта в кабельной линии

Для диагностики места возникновения дефекта используется временное запаздывание второго (отраженного) импульса относительно первичного импульса. Количественно это время соответствует затратам «отражённого» импульса на движение от места возникновения дефекта до противоположного конца кабеля и возвращению обратно до места дефекта. Движение от зоны дефекта к месту установки датчика у каждого импульса занимает одинаковое время, т. е. не изменяет время запаздывания.

Скорость движения электромагнитной волны в кабельной линии различна у кабелей различной марки по причине диэлектрических и конструкционных отличий кабельных линий. При одинаковом времени запаздывания прихода «второго импульса», место расположения дефекта в кабельных линиях может изменяться, в зависимости от скорости движения импульса. Реальная рефлектограмма будет отлична от идеальной, приведенной на рисунке 7. На сигналы от дефекта накладываются отражения от соединений, муфт. Для устранения влияния помех при первичной калибровке, рекомендуется записать опорную рефлектограмму, снятую классическим методом рефлектометрии. По этой рефлектограмме можно определить скорость распространения импульсов в кабеле и место расположения муфт. В процессе эксплуатации, при возникновении реальных ЧР, запускается рефлектометр, который сопоставляет картины распределения импульсов. Для подавления случайных помех в кабеле. измерительный прибор

ВЧ выбирает в качестве места дефекта наиболее повторяющееся значение. Общая длина анализируемого участка кабеля 6 км.

4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

4.1 Эксплуатационные ограничения и меры безопасности

К эксплуатации устройства должны допускаться лица, изучившие настоящее руководство по эксплуатации и обладающие базовыми навыками работы в области средств вычислительной техники.

Устройство может размещаться вне взрывоопасных зон как на открытом воздухе, так и в помещении. При этом устройство должно быть защищено от прямого воздействия атмосферных осадков.

Для нормального охлаждения устройства, а также для удобства монтажа и обслуживания, при монтаже устройства сверху и снизу необходимо предусмотреть свободное пространство не менее 30 мм. Принудительная вентиляция не требуется.



- Производитель не несет ответственность за ущерб, вызванный неправильным монтажом, нарушением правил эксплуатации или использованием оборудования не по назначению.
- Во время монтажа, эксплуатации и технического обслуживания оборудования необходимо соблюдать требования Приказа Минэнерго РФ от 04.10.2022 N 1070 «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ».
- Монтаж и эксплуатацию оборудования должен проводить квалифицированный персонал, имеющий группу по электробезопасности не ниже 3 и аттестованный в установленном порядке на право проведения работ в электроустановках потребителей до 1000 В.
- На лице, проводящем монтаж, лежит ответственность за производство работ в соответствии с настоящим руководством, требованиями безопасности и электромагнитной совместимости.
- В случае возникновения неисправности необходимо отключить питание от устройства, демонтировать и передать его в ремонт производителю.

4.2 Монтаж

Распаковывание устройства следует производить после выдержки упаковки в нормальных условиях не менее двух часов.

При распаковывании следует соблюдать следующий порядок операций:

- открыть коробку;
- из коробки извлечь:
 - вкладыш;
 - комплект монтажный; - устройство;
- произвести внешний осмотр устройства:

- проверить отсутствие видимых внешних повреждений корпуса и внешних разъемов;
- внутри устройства измерения не должно быть незакрепленных предметов;
- изоляция не должна иметь трещин, обугливания и других повреждений;
- маркировка комплектующих устройства должна легко читаться и не иметь повреждений.

Устройство устанавливается в шкафах, на столах или других конструкциях охраняемого помещения в местах, защищенных от воздействия атмосферных осадков и механических повреждений. Система устанавливается в стойку 19". При монтаже необходимо закрепить систему внутри шкафа или в другом удобном для работы месте. Если устройство устанавливается в неохраняемом помещении, рекомендуется устанавливать его на высоте не менее 2,2 м от пола.

5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Система предназначена для оперативного контроля технического состояния и поиска дефектов изоляции высоковольтного оборудования под рабочим напряжением. С помощью датчиков АК осуществляется диагностика осуществляется на основе метода регистрации и анализа частичных разрядов. С помощью датчиков ВЧ осуществляется диагностика на основе регистрации и анализа частичных разрядов.

Система позволяет контролировать:

- Состояние изоляции концевых и соединительных муфт высоковольтных кабельных линий;
- Состояние изоляции КРУЭ и КРУ различных модификаций;
- Состояние изоляции высоковольтного маслонаполненного оборудования силовых и измерительных трансформаторов, выключателей и т. д.

6 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Техническое обслуживание системы заключается в профилактических осмотрах.

При профилактическом осмотре должны быть выполнены следующие работы:

- проверка обрыва или повреждения изоляции проводов и кабелей;
- проверка надежности присоединения проводов и кабелей;
- проверка отсутствия видимых механических повреждений, а также пыли и грязи на корпусе системы.

Периодичность профилактических осмотров системы устанавливается потребителем, но не реже 1 раз в год.

Эксплуатация системы с повреждениями категорически запрещается.

7 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ

Предприятие-изготовитель рекомендует проведение всех ремонтных работ на предприятии-изготовителе. Определенные ремонтные работы (при наличии запасных кабелей, разъемов, блоков и т.п.) могут быть произведены эксплуатирующей организацией, но несанкционированный доступ внутрь корпусов оборудования может повлечь за собой потерю права на гарантийное обслуживание со стороны предприятия-изготовителя. После проведения

ремонта должны быть произведены работы по проверке правильности работы оборудования в соответствии с эксплуатационной документацией.

Если оборудование находится на гарантии, то предприятие-изготовитель произведет ремонт оборудования безвозмездно. Перед отправкой оборудования для ремонта следует связаться с предприятием-изготовителем.

Ремонт оборудования предприятием-изготовителем без гарантии производится после предварительной договоренности с предприятием-изготовителем и только при условии оплаты заказчиком работ по ремонту.

При ремонте необходимо:

- соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей»;
- подключать внешние цепи согласно маркировке, только при выключенном напряжении электропитания;
- при работе с входными измерительными цепями дополнительно руководствоваться требованиями правил электробезопасности на устройства - источники измерительных сигналов.

К выполнению ремонтных работ на оборудовании допускаются лица, достигшие восемнадцатилетнего возраста, имеющие группу по электробезопасности не ниже III с правом работы на электроустановках свыше 1000 В и прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

8 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

Транспортирование системы должно проводиться в упаковке предприятия-изготовителя любым видом транспорта, защищающим от влияний окружающей среды, в том числе авиационным в отапливаемых герметизированных отсеках самолетов.

Размещение и крепление в транспортных средствах упакованных устройств должно обеспечивать их устойчивое положение, исключать возможность ударов друг о друга, а также о стенки транспортных средств.

Укладывать упакованные системы в штабели следует с правилами и нормами, действующими на соответствующем виде транспорта, чтобы не допускать деформации транспортной тары при возможных механических перегрузках.

При погрузке и выгрузке запрещается бросать и кантовать систему.

После продолжительного транспортирования при отрицательных температурах приступать к вскрытию упаковки не ранее 24 часов после размещения систем в отапливаемом помещении.

Системы следует хранить в невскрытой упаковке предприятия-изготовителя на стеллаже в сухом отапливаемом и вентилируемом помещении, при этом в атмосфере помещения должны отсутствовать пары агрессивных жидкостей и агрессивные газы.

Средний срок сохранности в потребительской таре в отапливаемом помещении, без консервации - не менее 2 лет.

Температура окружающего воздуха при хранении должна быть в пределах от минус 10 °С до плюс 55°С; относительная влажность воздуха при температуре плюс 25 °С - не более 90%.



9 УТИЛИЗАЦИЯ

Система не представляет опасности для жизни, здоровья людей и окружающей среды. Система не содержит драгоценных и редкоземельных металлов.

После окончания срока службы, специальных мер по подготовке и отправке системы на утилизацию не предусматривается.