

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет “ЛЭТИ”

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
БЕЗОПАСНОЙ ПРИБОРНОЙ ТЕХНИКИ**

**Методические указания
к лабораторным работам**

Санкт-Петербург
Издательство СПбГЭТУ “ЛЭТИ”
2010

УДК 681.2:614.825 (076.8)

Специальные вопросы проектирования безопасной приборной техники:
Методические указания к лабораторным работам / сост.: В. А. Буканин,
В. Н. Павлов, А. О. Трусов. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2010. – 80 с.

Содержат описание лабораторных работ по дисциплине “Специальные
вопросы проектирования безопасной приборной техники”.

Предназначены для магистров (направление 200100 – “Приборостроение”) СПбГЭТУ “ЛЭТИ”.

Утверждено
редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний

© СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2010

Лабораторная работа 1

ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРНОЙ ТЕХНИКИ НА ЭМИССИЮ КОНДУКТИВНЫХ РАДИОПОМЕХ

Цели работы:

- ознакомление с нормативными требованиями по обеспечению электромагнитной совместимости разрабатываемых устройств;
- получение навыков испытаний оборудования и приборов на электромагнитную совместимость;
- определение уровней помехоэмиссии реального оборудования.

1.1. Общие сведения

Общие методы испытаний технических средств на соответствие нормам промышленных радиопомех (ИРП) в полосе частот от 9 кГц до 18 ГГц установлены ГОСТ Р 51320–99 “Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные. Методы испытаний технических средств – источников промышленных радиопомех”. Одними из видов испытаний технических средств (ТС) являются измерения напряжения, мощности и силы тока ИРП в полосе частот от 9 кГц до 130 МГц.

ГОСТ Р 51318.11–2006 (СИСПР 11–2004) “Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от промышленных, научных, медицинских и бытовых (ПНМБ) высокочастотных устройств. Нормы и методы испытаний” распространяется на высокочастотные устройства промышленного, научного, медицинского, а также бытового назначений (далее в тексте – ПНМБ ВЧ-устройства), оборудование электроэрозионной обработки, аппараты дуговой сварки.

ПНМБ ВЧ-устройство – устройство, разработанное для локального создания и/или использования высокочастотной энергии для промышленных, научных, медицинских, бытовых или аналогичных целей, за исключением применения в области телекоммуникаций, информационных технологий и в иных областях, подпадающих под действие других стандартов.

Классификация ПНМБ ВЧ-устройств. Устройства группы 1 – устройства, в которых намеренно создаётся и/или используется кондуктивно связанная высокочастотная энергия, необходимая для функционирования самих устройств.

Устройства группы 2 – устройства, в которых намеренно создаётся и/или используется высокочастотная энергия в форме электромагнитного излучения для обработки материалов (плавки металлов, нагревания пищевых продуктов, сушки древесины и т. п.).

Устройства класса А – устройства, предназначенные для использования во всех помещениях, кроме применяемых для бытовых целей и тех, к которым непосредственно подведены низковольтные распределительные электрические сети. ПНМБ ВЧ-устройства класса А предназначены для применения в промышленных зонах.

Устройства класса Б – устройства, предназначенные для использования в помещениях для бытовых целей и тех, к которым непосредственно подведены низковольтные распределительные электрические сети. Промышленные, научные, медицинские и бытовые ВЧ-устройства класса Б предназначены для применения в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением.

Испытуемые ПНМБ ВЧ-установки должны соответствовать:

- нормам на средние значения при использовании измерителя ИРП с детектором средних значений и нормам на квазипиковые значения при использовании измерителя ИРП с квазипиковым детектором либо
- нормам на средние значения при использовании измерителя ИРП с квазипиковым детектором.

В полосе частот от 9 до 150 кГц нормы пока не установлены. Нормы напряжения ИРП на сетевых зажимах в полосе частот от 150 кГц до 30 МГц приведены в табл. 1.1 и 1.2. Нормы не распространяются на рабочие частоты и частоты гармоник в пределах выделенных полос частот, разрешённых для промышленного применения.

Таблица 1.1

Полоса частот, МГц	Норма для устройств класса А, дБ (мкВ), для групп			
	1		2	
	Квазипиковое значение	Среднее значение	Квазипиковое значение	Среднее значение
0,15...0,5	79	66	100	90
0,5...5	73	60	86	76
5...30	73	60	От 90* до 70	От 80* до 60

Примечание. * Уменьшается линейно с логарифмом частоты.

Таблица 1.2

Полоса частот, МГц	Норма для устройств класса Б, дБ (мкВ), для групп 1, 2	
	Квазипиковое значение	Среднее значение
0,15...0,5	От 66* до 56	От 56* до 46
0,5...5	56	46
5...30	60	50

Примечание. * Уменьшается линейно с логарифмом частоты

Нормы для ПНМБ ВЧ устройств группы 2 класса А в условиях эксплуатации не устанавливаются.

В полосе частот 5...30 МГц норму напряжения ИРП U_H для установок группы 2 класса А на частоте измерения f вычисляют по следующим формулам:

$$U_H = 90 - 25,8 \lg f/5 - \text{для квазипикового значения};$$

$$U_H = 80 - 25,8 \lg f/5 - \text{для среднего значения}.$$

В полосе частот 0,15...0,5 МГц норму напряжения ИРП U_H для установок класса Б на частоте измерения f вычисляют по формулам

$$U_H = 66 - 19,1 \lg f/0,15 - \text{для квазипикового значения};$$

$$U_H = 56 - 19,1 \lg f/0,15 - \text{для среднего значения}.$$

На частотах выше 30 МГц нормы напряжения ИРП на сетевых зажимах не устанавливают.

ГОСТ Р 51318.22–99 (СИСПР 22–97) “Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от оборудования информационных технологий. Нормы и методы испытаний” распространяется на оборудование информационных технологий (ОИТ) и устанавливает нормы и методы измерений промышленных радиопомех от ОИТ классов А и Б в полосе частот от 0,15 до 1000 МГц, а также рабочие условия при проведении испытаний и порядок оценки результатов испытаний ОИТ.

Оборудование информационных технологий – любое оборудование, имеющее номинальное напряжение питания не более 600 В и выполняющее основную функцию, связанную с вводом, хранением, отображением, поиском, передачей, обработкой, коммутацией данных и сообщений связи или управлением ими. ОИТ разделяют на два класса. ОИТ класса Б, предназначенное в основном для применения в бытовой обстановке, в коммерческих зонах и в производственных зонах с малым энергопотреблением, включает:

- оборудование без фиксированного места использования, например переносное оборудование с питанием от встроенных батарей;
- оконечное оборудование связи, питаемое от сети связи;
- персональные компьютеры и вспомогательное оборудование, подключаемое к ним.

Бытовая обстановка – это обстановка, в которой радио- и телевизионные приёмники могут быть установлены с удалением 10 м от ОИТ.

ОИТ класса А – категория производственного оборудования, которое не должно применяться в жилых помещениях, коммерческих зонах и в производственных зонах с малым энергопотреблением и подключаться к низковольтным распределительным электрическим сетям.

ОИТ должно удовлетворять нормам, установленным в табл. 1.3 – 1.5, при использовании измерителей ИРП с квазипиковыми детекторами и детекторами средних значений. Для портов связи должны выполняться нормы общего несимметричного напряжения ИРП (далее в тексте – напряжение ИРП на портах связи) или нормы общего несимметричного тока ИРП (далее в тексте – ток ИРП на портах связи), установленные в табл. 1.5 или 1.6.

Таблица 1.3

Полоса частот, МГц	Нормы напряжения ИРП на сетевых зажимах ОИТ класса А U_c , дБ(мкВ)	
	Квазипиковое значение	Среднее значение
0,15...0,5	79	66
0,5...30	73	60

Примечание. На граничной частоте нормой является меньшее значение напряжения ИРП.

Таблица 1.4

Полоса частот, МГц	Нормы напряжения ИРП на сетевых зажимах ОИТ класса Б U_c , дБ(мкВ)	
	Квазипиковое значение	Среднее значение
0,15...0,5	66...56	56...46
0,5...5	56	46
5...30	60	50

Примечания:

1. На граничной частоте нормой является меньшее значение напряжения ИРП.
2. В полосе частот 0,15...0,5 МГц допустимые значения напряжения вычисляют по формулам:

$$U_c = 66 - 19,1 \lg f/0,15 \text{ для квазипиковых значений};$$

$$U_c = 56 - 19,1 \lg f/0,15 \text{ для средних значений, где } f - \text{частота измерений, МГц.}$$

Таблица 1.5

Полоса частот, МГц	Нормы напряжения и силы тока ИРП на портах связи ОИТ класса А			
	Напряжение U_L , дБ(мкВ)		Сила тока I_L , дБ(мкА)	
	Квазипиковое значение	Среднее значение	Квазипиковое значение	Среднее значение
0,15...0,5	97...87	84...74	53...43	40...30
0,5...30	87	74	43	30

Примечания:

1. В полосе частот от 0,15 до 0,5 МГц допустимые значения напряжения вычисляют по формулам:

$$U_L = 97 - 19,1 \lg f/0,15 \text{ для квазипиковых значений;}$$

$$U_L = 84 - 19,1 \lg f/0,15 \text{ для средних значений,}$$

а допустимые значения силы тока ИРП вычисляют по формулам:

$$I_L = 53 - 19,1 \lg f/0,15 \text{ для квазипиковых значений;}$$

$$I_L = 40 - 19,1 \lg f/0,15 \text{ для средних значений.}$$

2. Нормы напряжения и силы тока ИРП установлены применительно к использованию эквивалента полного сопротивления сети, который представляет общее несимметричное сопротивление (сопротивление общего вида) 150 Ом для испытываемого порта связи (коэффициент преобразования $20 \lg 150/I = 44$ дБ).

Таблица 1.6

Полоса частот, МГц	Нормы напряжения и силы тока ИРП на портах связи ОИТ класса Б			
	Напряжение U_L , дБ(мкВ)		Сила тока I_L , дБ(мкА)	
	Квазипиковое значение	Среднее значение	Квазипиковое значение	Среднее значение
0,15...0,5	84...74	74...64	40...30	30...20
0,5...30	74	64	30	20

Примечания:

1. В полосе частот от 0,15 до 0,5 МГц допустимые значения напряжения вычисляют по формулам:

$$U_L = 84 - 19,1 \lg f/0,15 \text{ для квазипиковых значений;}$$

$$U_L = 74 - 19,1 \lg f/0,15 \text{ для средних значений,}$$

а допустимые значения силы тока ИРП вычисляют по формулам:

$$I_L = 40 - 19,1 \lg f/0,15 \text{ для квазипиковых значений;}$$

$$I_L = 30 - 19,1 \lg f/0,15 \text{ для средних значений.}$$

2. Нормы напряжения и силы тока ИРП установлены применительно к использованию эквивалента полного сопротивления сети, который представляет общее несимметричное сопротивление 150 Ом для испытываемого порта связи (коэффициент преобразования $20 \lg 150/I = 44$ дБ).

Если при использовании измерителя ИРП с квазипиковым детектором выполняется норма на средние значения, то объект испытаний признают удовлетворяющим обеим нормам и нет необходимости в измерениях средних значений.

Общие требования к проведению испытаний. Измерения напряжения U , тока I , мощности P кондуктивных помех, напряжённости E электрического и напряжённости H магнитного полей выполняются с помощью измерительного приёмника (ИП) и различных дополнительных устройств, преобразующих измеряемые параметры в напряжение, значение которого может быть измерено приёмником ИП. В частности эквивалент сети (ЭС) требуется при измерении напряжения помех в сети электропитания, измерительные клещи нужны для измерения мощности и тока помех.

Если испытуемое техническое средство (ИТС) создаёт ИРП сплошного спектра, то измерения проводят на следующих частотах: 0,010; 0,015; 0,025; 0,04; 0,06; 0,07; 0,10; 0,16; 0,24; 0,55; 1,0; 1,4; 2,0; 3,5; 6,0; 10; 22 МГц с отклонением 10 %. Рекомендуется также в пределах установленной полосы проводить сканирование по частоте для определения максимальных значений ИРП.

Если ИТС создает ИРП на дискретных частотах, то измерения проводят на этих частотах и частотах гармоник, попадающих в установленную полосу частот.

Допускается проводить измерения при уровне посторонних радиопомех ниже нормы не менее чем на 6 дБ. Если уровень посторонних радиопомех на частоте измерения не соответствует этому требованию, но суммарное значение посторонних радиопомех и ИРП от ИТС не превышает нормы, то считают, что ИТС соответствует норме на данной частоте измерений.

ИТС должны работать при номинальном напряжении электропитания и при типовой нагрузке. Испытательные программы или другие средства проверки ИО должны обеспечивать испытания различных элементов системы таким образом, чтобы были обнаружены все ИРП, создаваемые ОИТ.

Если показания измерителя ИРП на частоте измерений изменяются, то фиксируют наибольшее из наблюдаемых показаний за время не менее 15 с, исключая отдельные прерывистые ИРП.

Функционирование визуальных дисплеев. Если ИТС включает монитор или визуальный дисплей, применяют следующие правила:

- Орган управления контрастностью устанавливают на максимум.
- Орган управления яркостью устанавливают на максимум или, если гашение раstra происходит при яркости меньше максимальной – на это значение гашения раstra.
- Для цветных мониторов используют белые символы (буквы) на чёрном фоне.
- Устанавливают размер символов и количество их в строке таким образом, чтобы на экране отображалось наибольшее количество символов.
- Для мониторов с графическими функциями устанавливают испытательную таблицу, состоящую из переплетённых букв. Для текстовых мониторов устанавливают испытательную таблицу, состоящую из случайного текста.

Настольные ИТС располагают на неметаллическом столе высотой 0,8 м над горизонтальной пластиной заземления и на расстоянии 0,4 м от вертикальной пластины заземления, соединённой с горизонтальной пластиной заземления.

Порт электропитания подключают к эквиваленту сети с использованием штатного сетевого шнура. Порт связи подключают к эквиваленту полного сопротивления сети с использованием сигнального кабеля.

Настольные ИТС располагают на расстоянии 0,4 м от вертикальной металлической пластины заземления размерами не менее 2×2 м и на расстоянии не менее 0,8 м от любой другой металлической поверхности или другой пластины заземления, не являющейся частью ИТС. Если измерения проводят в экранированном помещении, то расстояние 0,4 м может относиться к одной из стен помещения. Если измерения проводят на открытой измерительной площадке или в экранированном помещении, то расстояние 0,4 м может также относиться к горизонтальной пластине заземления.

Напольные ИТС размещают на горизонтальной пластине заземления; при этом не должно быть электрического контакта между ИТС и пластиной заземления, но соприкосновения возможны. Пластины заземления может заменить металлический пол. Горизонтальная пластина заземления должна выступать, по крайней мере, на 0,5 м за контуры испытуемого технического средства и иметь минимальные размеры 2×2 м. Зажим “Земля” эквивалента сети подключают к пластине заземления с помощью проводника минимально возможной длины.

Все другие проводящие предметы и поверхности должны находиться на расстоянии не менее 0,8 м от ИТС.

Расстояние между вспомогательным и испытуемым ТС должно быть равно длине штатного соединительного кабеля, если она менее 0,8 м, и 0,8 м, если длина кабеля более 0,8 м. В последнем случае излишек кабеля укладывают в плоские горизонтальные зигзагообразные петли длиной 0,3...0,4 м.

Во всех случаях эквивалент сети устанавливают непосредственно у пластины заземления и его корпус или зажим эталонного заземления (“измерительная земля”) соединяют с пластиной заземления шиной, имеющей соотношение длины к ширине не более чем 3:1.

ИТС размещают на расстоянии 0,8 м от эквивалента сети.

Если сетевой шнур имеет провод заземления, то конец этого провода со стороны штепсельной вилки подключают к заземлению измерительной схемы. Точкой подключения может быть специальный зажим “измерительная земля” либо контакт заземления стандартного адаптера для подключения ТС.

Если требуется провод заземления, но он не включён в сетевой шнур, то зажим заземления ИТС подключают к заземлению измерительной схемы проводом минимальной длины, необходимой для соединения с эквивалентом сети, расположенным параллельно сетевому шнуру на расстоянии не более 0,1 м от него.

Соединительные кабели (нагрузки, оборудование, связанное с ИТС), подключают, по крайней мере, к одному из портов каждого вида ИТС. В качестве оборудования, связанного с ИТС, используют устройства, типичные для реальных условий применения ИТС.

При избыточной длине кабель укладывают в связку длиной от 0,3 до 0,4 м, располагаемую в середине кабеля. Если это на практике неосуществимо из-за размеров кабеля или его жёсткости или потому, что испытания проводятся на месте установки, расположение избыточного кабеля должно быть точно отражено в протоколе испытаний. Если имеется значительное количество однотипных портов связи, то кабель подключают только к одному из портов каждого типа при условии, что может быть показано отсутствие существенного влияния дополнительно подключенных кабелей на результаты испытаний.

При измерении кондуктивных ИРП на сетевых зажимах используют эквивалент сети электропитания, обеспечивающий определённое значение

полного сопротивления на высоких частотах в точке измерений на вилке сетевого шнура, а также развязку ИТС от радиопомех в сети питания. Используют V-образный эквивалент сети в соответствии с ГОСТ Р 51319 (далее в тексте – ЭС).

Кондуктивные ИРП измеряют между зажимом фазного провода и эталонным заземлением измерительной схемы (зажимом “Земля” эквивалента сети) и между зажимом нейтрального провода и эталонным заземлением. Оба измеренных значения должны удовлетворять соответствующим нормам.

Проведение измерений на некоторых частотах может оказаться невозможным из-за кондуктивных радиопомех, связанных с радиочастотными электромагнитными полями местных радиовещательных передатчиков. В этом случае между эквивалентом сети и сетью электропитания устанавливают дополнительный высокочастотный фильтр или измерения проводят в экранированном помещении. Дополнительный высокочастотный фильтр должен иметь металлический экран, который соединяют с эталонным заземлением. Требования к полному сопротивлению эквивалента сети на частоте измерений должны выполняться при подключённом дополнительном высокочастотном фильтре.

1.2. Описание испытательного оборудования

В качестве измерителя промышленных радиопомех с квазипиковым детектором и детектором средних значений в лабораторной установке использован измерительный приёмник РИАП 1.8. Он предназначен для измерения промышленных радиопомех. Диапазон рабочих частот приёмника от 9 кГц до 1,8 ГГц. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты в герцах не более $\pm(1 \cdot 10^{-5}F + \Delta f)$, где F – частота настройки, Гц; Δf – измерительная полоса пропускания, Гц. Дискретность перестройки по частоте – 100±10 Гц. Номинальные значения полос пропускания Δ по уровню 3 дБ: 1 кГц; 1 МГц. Пределы допускаемой относительной погрешности установки полос пропускания – не более $\pm 30 \%$. Полосы пропускания Δf по уровню 6 дБ: 200 Гц; 9 и 120 кГц с пределами характеристик избирательности в соответствии с ГОСТ Р 51319.

Диапазон измеряемых синусоидальных напряжений не менее значений, указанных в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Диапазон частот, МГц	Показание	Ширина полосы пропускания, кГц	Предел измерения, дБмкВ	
			нижний	верхний
0,009...0,15	Среднее квазипиковое	0,2	8±1,5	77
		0,2	14±1,5	77
0,15...30	То же	9	8±1,5	77
		9	20±1,5	77
30...1800	— «—	120	18±1,5	77
		120	30±1,5	77

Приёмник измеряет среднее и квазипиковое значения напряжения и обеспечивает демодуляцию сигналов с амплитудной и частотной модуляциями. Он имеет несимметричный вход с номинальным значением сопротивления 50 Ом. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) входа приёмника в диапазоне частот от 30 до 1000 МГц не более 2,5.

Принцип действия приёмника, являющегося супергетеродинным приёмником с трёхкратным преобразованием частоты, основан на последовательном преобразовании частоты входного сигнала в окончательную промежуточную частоту, на которой осуществляются основная фильтрация и усиление сигнала до уровня, достаточного для работы детектора, преобразующего промежуточную частоту в видеосигнал, а тот, в свою очередь, поступает на аналого-цифровой преобразователь, где сигнал приобретает цифровую форму и в таком виде обрабатывается центральным процессором, после чего результат измерений выводится на индикаторное устройство.

Назначение органов управления, отображения информации, настройки, подключения и индикации на передней панели измерительного приёмника приведены в табл. 1.8. Вид передней панели приведён на рис. 1.1.

Управление приёмником осуществляется с помощью клавиатуры, расположенной на передней панели и ручки настройки, расположенной на правой боковой панели. Кнопки клавиатуры сгруппированы по функциональному назначению. Механические кнопки не фиксируются, а их срабатывание ощущается по тактильному эффекту. Информация о состоянии приёмника, вводимых параметрах, режиме, измеряемых параметрах отображается на индикаторе. Структура индикатора включает в себя следующие области:

- область измеренных значений, состояний прибора, графического отображения спектра, меню;

- поле *Набор*, используемое для отображения корректируемого параметра в режимах набора или выбора;
- поле функциональных клавиш, назначение которых зависит от режима прибора.

Таблица 1.8

Орган	Назначение
М (кнопка)	Переключение меню функциональных клавиш
Функциональные кнопки под индикатором	Зависит от режима работы приёмника
0;1;...; 9 (кнопки)	Ввод цифровых значений параметров приёмника
↵ Ввод (кнопка)	Фиксация значения, введённого с цифрового наборника
9 кГц...1800 МГц (разъём)	Для подачи входного сигнала, находящегося в диапазоне частот от 0,009 до 1800 МГц
Индикатор жидкокристаллический	Отображение информации об измеряемых параметрах и о состоянии приёмника.
ВКЛ /ОТКЛ (тумблер)	Включение/отключение питания приёмника
Калибр (разъём)	Выход сигнала калибратора 5 МГц

Цифровой наборник, состоящий из клавиш 0; 1;...; 9, и клавиша ВВОД используются для ввода цифровых данных параметров измерительного приёмника.



Рис. 1.1

Меню функциональных клавиш зависит от режима прибора и изменяется при нажатии на клавишу М и одну из следующих функциональных клавиш: ПРИЁМН, СКАНИР, ДОП ФН.

Подключение ВЧ-сигнала. Сигнал в диапазоне частот от 0,009 до 1800 МГц подключается к ВЧ-входу приёмника при помощи коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом. Приёмник обеспечивает измерение синусоидальных и импульсных сигналов.

Внимание! Напряжение на входе приёмника во избежание разрушения входных цепей не должно превышать следующих значений:

- 1 В на 50 Ом среднеквадратического значения напряжения, поданное на ВЧ-вход;
- 25 В постоянного напряжения на входе приёмника. Превышение данных значений может быть причиной выхода из строя входных цепей.

При работе с большими уровнями сигналов, превышающими вышеуказанные значения, рекомендуется использовать последовательно соединённый со входом внешний аттенюатор.

Управление функциями приёмника

Структура экрана в режиме приёмника. В режиме приёмника экран разбит на следующие поля (рис. 1.2):

- 1 – индикация уровня сигнала в цифровой форме;
- 2 – индикация калиброванного режима;
- 3 – индикация уровня сигнала в аналоговой форме (шкальный индикатор);
- 4 – индикация значения частоты настройки приёмника;
- 5 – индикация величины ослабления аттенюаторов ВЧ и ПЧ;
- 6 – наборное поле вводимого значения;
- 7 – поле функциональных клавиш.

Меню функциональных клавиш переключается в один из двух режимов с использованием клавиши М.

Частота настройки приёмника может быть изменена с использованием ручки настройки или вводом непосредственного значения с цифрового набора при нажатой функциональной клавише ЧАСТОТА. Шаг перестройки частоты для ручки настройки устанавливается при помощи клавиши ШАГ. Вводимое и индицируемое значения частоты измеряются в мегагерцах (МГц).

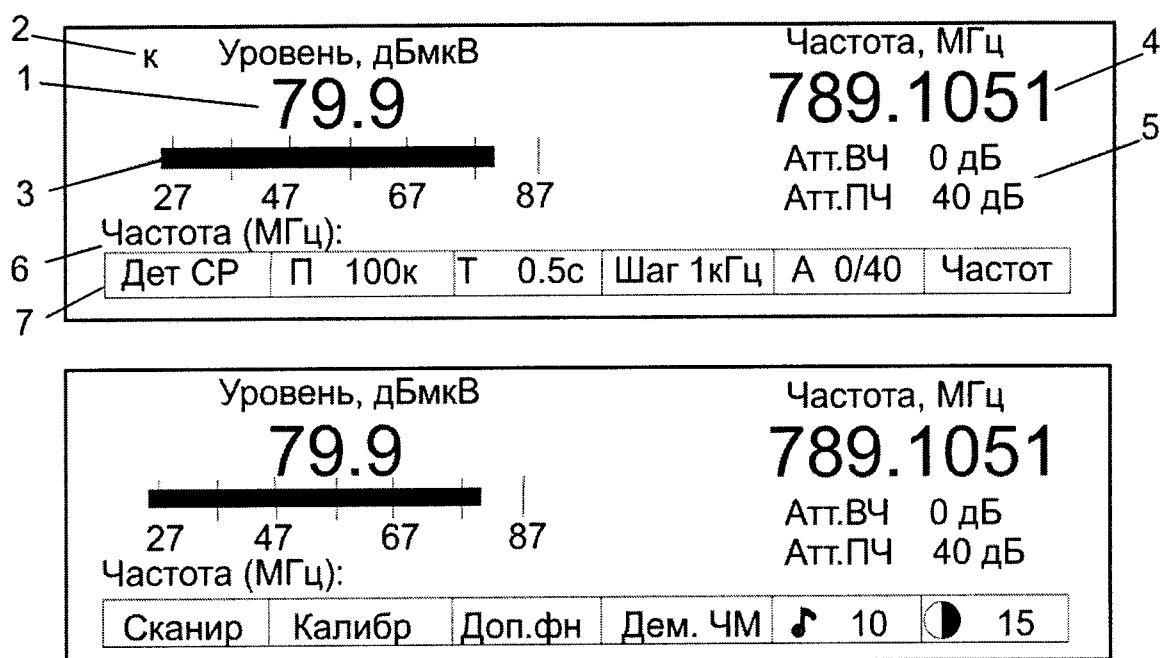


Рис. 1.2

1. *Ввод частоты с цифрового наборника.* Нажатие клавиши **ЧАСТОТА** приведёт к появлению в наборном поле надписи **Частота (МГц)**, приглашающей к вводу новой частоты. После окончания ввода значение частоты прописывается в поле *Частота*.

2. *Изменение частоты с помощью ручки настройки.* Ручка настройки обеспечивает изменение частоты с шагом, установленным с помощью клавиши **ШАГ**. Активизация ручки настройки происходит после нажатия клавиши **ЧАСТОТА**.

3. *Ввод шага перестройки частоты.* При нажатии на функциональную клавишу **ШАГ** имеется возможность установки величины шага изменения частоты для ручки настройки; при этом в наборном поле возникает приглашение к вводу: **Шаг (МГц)**:

Управление аттенюаторами. Аттенюатор промежуточной частоты (ПЧ) изменяется в пределах от 0 до 40 дБ с шагом 10 дБ.

Выбор аттенюатора ПЧ происходит при нажатии на функциональную клавишу **АТТ**. При этом в наборном поле возникает надпись **Атт. ПЧ(дБ)**; и оператор с цифрового наборника имеет возможность ввести требуемое значение ослабления. Кроме того, имеется возможность изменения значения аттенюатора ручкой настройки.

Изменение значения аттенюатора ПЧ учитывается центральным процессором приёмника и не требует от оператора проведения вычислений.

Индикация уровня. Осуществляется в цифровой и аналоговой формах.

1. *Индикация уровня сигнала в цифровой форме.* Измеренный уровень отображается в поле *Уровень* с разрешением 0,1 дБ. Его размерность располагается рядом с цифровым значением и может быть выражена в децибелах относительно 1 мкВ (дБмкВ) или в децибелах относительно 1 мВт (дБм). Выбор размерности осуществляется в режиме дополнительных функций.

2. *Аналоговая индикация уровня сигнала* осуществляется при помощи шкального индикатора, расположенного под цифровым значением.

Отклонение шкального индикатора (заштрихованная область) пропорционально измеренному уровню. Масштаб шкального индикатора логарифмический.

Линейка шкального индикатора разбита на шесть равных интервалов, по 10 дБ каждый. Значения, соответствующие делениям шкалы, приведены под шкальным индикатором, имеют размерность ту же, что и цифровой индикатор уровня, и зависят от ослабления аттенюаторов.

В отличие от цифрового индикатора, информация на котором меняется с интервалом времени измерения, вывод на шкальный индикатор осуществляется непрерывно, что позволяет оператору качественно оценить характер изменения сигнала.

3. *Перегрузка приёмника.* При возникновении перегрузки в измерительном тракте в приборе срабатывает детектор перегрузки. В этом случае на индикаторе возникает надпись **Перегрузка ВЧ** или **Перегрузка ПЧ**.

Погрешности измерений гарантируются лишь при отсутствии перегрузки приёмника и нахождении измеряемого сигнала в пределах шкалы, для чего при наличии перегрузки ВЧ следует ввести дополнительное ослабление ВЧ (увеличить значение аттенюаторов).

При работе на максимальной чувствительности следует установить аттенюатор промежуточной частоты в положение 0 дБ. При возникновении перегрузки ПЧ следует сначала последовательно увеличить значение аттенюатора промежуточной частоты. Если индикация перегрузки ПЧ не исчезнет, то следует ввести ослабление аттенюатора ВЧ.

Выбор полосы ПЧ. Приёмник имеет набор полос ПЧ от 1 кГц до 10 МГц. Выбор той или иной полосы ПЧ зависит от типа измеряемого сигнала.

ла и от требуемого подавления соседнего канала. Более высокая чувствительность приёмника достигается при измерении немодулированных сигналов и узкополосных сигналов в узких полосах. Для измерения широкополосных сигналов, например импульсных, используются широкие полосы.

Выбор полосы ПЧ осуществляется при нажатии первой функциональной клавиши, расположенной под экраном с названием П, при этом в поле *Набор* возникает надпись **Полоса (кГц)**: Промежуточная частота может изменяться ручкой настройки или непосредственным вводом значения с цифрового наборника.

Выбор типа детектора. Определяет способ обработки огибающей сигнала ПЧ. Приёмник имеет детектор среднего значения (СР), детектор среднеквадратического значения (СрКВ) и детектор квазипикового значения (Пик). Выбор типа детектора осуществляется при нажатии второй функциональной клавиши, при этом в наборном поле возникает строка с указанием типа детектора.

Время измерения. Время, в течение которого обрабатывается входной сигнал и обновляется измерительная информация. Оно изменяется в диапазоне от 0,1 до 20 с.

При измерении среднего значения выходное напряжение детектора усредняется с постоянной времени, равной выбранному времени измерения.

Изменение параметров приёмника (частоты, аттенюаторов) при большом времени измерения приведёт к паузе до тех пор, пока не пройдет время измерения и измеренное значение уровня не отобразится в цифровой форме. Немодулированные и узкополосные сигналы могут быть измерены с малым временем измерения. Медленно меняющиеся сигналы и импульсные сигналы требуют большего времени. Для корректности измерений время измерения должно не менее чем в пять раз превышать максимальную длительность импульсных сигналов.

Ввод нового времени измерения возможен в режиме приёмника при нажатии третьей функциональной клавиши под экраном, при этом в наборном поле возникает надпись **Время (сек)**:

При помощи цифрового наборника имеется возможность ввести новое значение в секундах. Изменение времени измерения возможно также при помощи ручки настройки при активной функциональной клавише Т. Процедура ввода аналогична вводу других цифровых значений.

Выбор демодулятора. Приёмник имеет демодуляторы амплитудной модуляции и частотной модуляции. Демодулированные сигналы поступают на встроенный громкоговоритель. Уровень громкости регулируется электронным потенциометром. Выбор типа демодулятора происходит при нажатии четвёртой функциональной клавиши под экраном.

Калибровка приёмника. Для обеспечения требуемых метрологических параметров перед использованием приёмника следует провести его калибровку. Для этого необходимо соединить выход калибратора на задней панели с входом приёмника, установить с помощью клавиатуры частоту настройки 5,0001 МГц, а ослабление аттенюатора ПЧ 40 дБ. При нажатии на клавишу КАЛИБР приёмник производит калибровку с использованием встроенного калибратора. Данная процедура занимает около 10 с.

Калибровку следует провести спустя 10 мин после включения приёмника. Процедура калибровки контролирует и при необходимости корректирует коэффициент передачи тракта и частоту настройки.

Для индикации калиброванного режима используется символ ^к, расположенный в левом верхнем углу поля *Уровень*.

Режим дополнительных функций. Меню экрана в режиме дополнительных функций приведено на рис. 1.3.

Доп. функции

1. Размерность уровня
2. Калибратор 20 МГц
3. Отстройка от помех
4. Адрес RS
5. Скорость RS
6. Подсветка экрана

Лист 1

дБмкВ

выкл

вкл

4

9.6кБод

вкл

5/
6/
7/
8/
9/

Доп. функции

51. Код АЦП
52. Код ЦАП
53. Данные калибровки
54. Результаты калибровки
55. Содержимое ДЗУ
56. Граница диапазонов, МГц

Лист 2

выкл

выкл

выкл

5.0000

Выход
Запись
Вызов
Коррек
Далее

Рис. 1.3

В режиме дополнительных функций экран разбит на следующие поля:

- 1 – маркер, указывающий на параметр, подлежащий коррекции;
- 2 – наименование параметров и функций;
- 3 – численное значение параметров или состояние функций;
- 4 – номер листа режима дополнительных функций;
- 5 – выход из режима дополнительных функций;
- 6 – запись режима приёмника;
- 7 – вызов режима приёмника;
- 8 – коррекция текущего значения активной функции;
- 9 – переход к следующему листу.

При помощи цифрового наборника или ручки настройки имеется возможность выбора требуемой дополнительной функции. Функциональная клавиша КОРРЕК позволяет изменить значение или начать коррекцию выбранной функции.

Клавиша ДАЛЕЕ обеспечивает переход к листу 2 дополнительных функций либо к 1, если в данный момент отображается лист 2. Функциональная клавиша ВЫХОД сохраняет внесённые изменения и возвращает в предыдущий режим приёмника или сканирования.

Список и назначение дополнительных функций (ДФ) приводится далее.

ДФ 1. Размерность уровня. Единица размерности определяет уровень мощности в децибелах относительно 1 мВт на нагрузке 50 Ом (дБм) или напряжение измеряемого сигнала в децибелах относительно 1 мкВ (дБмкВ). Измеренное значение мощности верно только для немодулированного синусоидального сигнала.

ДФ2. Калибратор 5 МГц. Данная функция обеспечивает включение калибратора 5 МГц с уровнем 77 дБмкВ или его отключение.

ДФ3. Отстройка от помех. Оператор имеет возможность включить или отключить режим отстройки от комбинационных помех. Рекомендуется использовать данный режим для обеспечения корректности измерений, для чего следует установить ДФ3 в положение ВКЛ.

ДФ4. Адрес RS-232C. Диапазон адресов канала RS-232C находится в пределах от 0 до 21 (заводская установка – 4). Процедура изменения адреса состоит в подводе курсора к ДФ4, нажатии на функциональную клавишу КОРРЕК и последующем наборе значения с цифрового наборника с фиксацией клавишей ВВОД.

ДФ5. Скорость RS-232C. Приёмник имеет возможность работать по последовательному каналу RS-232C на скорости обмена 9600 или 2400 бит/с.

ДФ6. Подсвет экрана. Поскольку приёмник обеспечивает работу от встроенного аккумулятора, ёмкость которого ограничена, в приборе предусмотрена возможность отключения подсвета экрана. Подсвет экрана потребляет мощность около 0,4 Вт, поэтому, если позволяют условия освещённости рабочего места, при работе от аккумулятора рекомендуется его отключать (положение ОТКЛ).

ДФ51...56, расположенные на листе 2, предназначены для сервисного обслуживания и ремонта.

Режим сканирования по частоте. Для поиска сигнала и отображения спектра в искателе реализован режим автоматического сканирования по частоте с переменными параметрами. Результат измерения отображается на графическом экране с разрешением 240 точек по горизонтали и 64 – по вертикали. Количество частотных каналов, изображенных на графике, равно 201. Режим сканирования реализован для детектора среднего значения. Измерение значения уровня и частоты сигнала на графике обеспечивает режим маркера. Режим сканирования является качественным; дополнительная погрешность измерения уровня, как правило, не превышает 1 дБ; измерения частоты – не более 1/201 от значения полосы обзора.

При нажатии на клавишу СКАНИР на экране появляется график, отображающий спектр с параметрами, расположенными внизу экрана. В случае, если активизирован маркер, его значение приведено вверху экрана. Возврат из режима сканирования в режим приёмника по клавише ВЫХОД.

Режим сканирования имеет три меню функциональных клавиш. Выбор требуемого пункта меню осуществляется последовательным перебором при помощи клавиши М.

В режиме сканирования экран разбит на следующие поля (рис. 1.4):

- 1 – отображение спектра в исследуемом диапазоне частот в графической форме;
- 2 – диапазон измеряемых сигналов;
- 3 – поле функциональных клавиш;
- 4 – поле *Набор*;
- 5 – поле маркера;
- 6 – поле значения уровня и частоты в точке маркера.

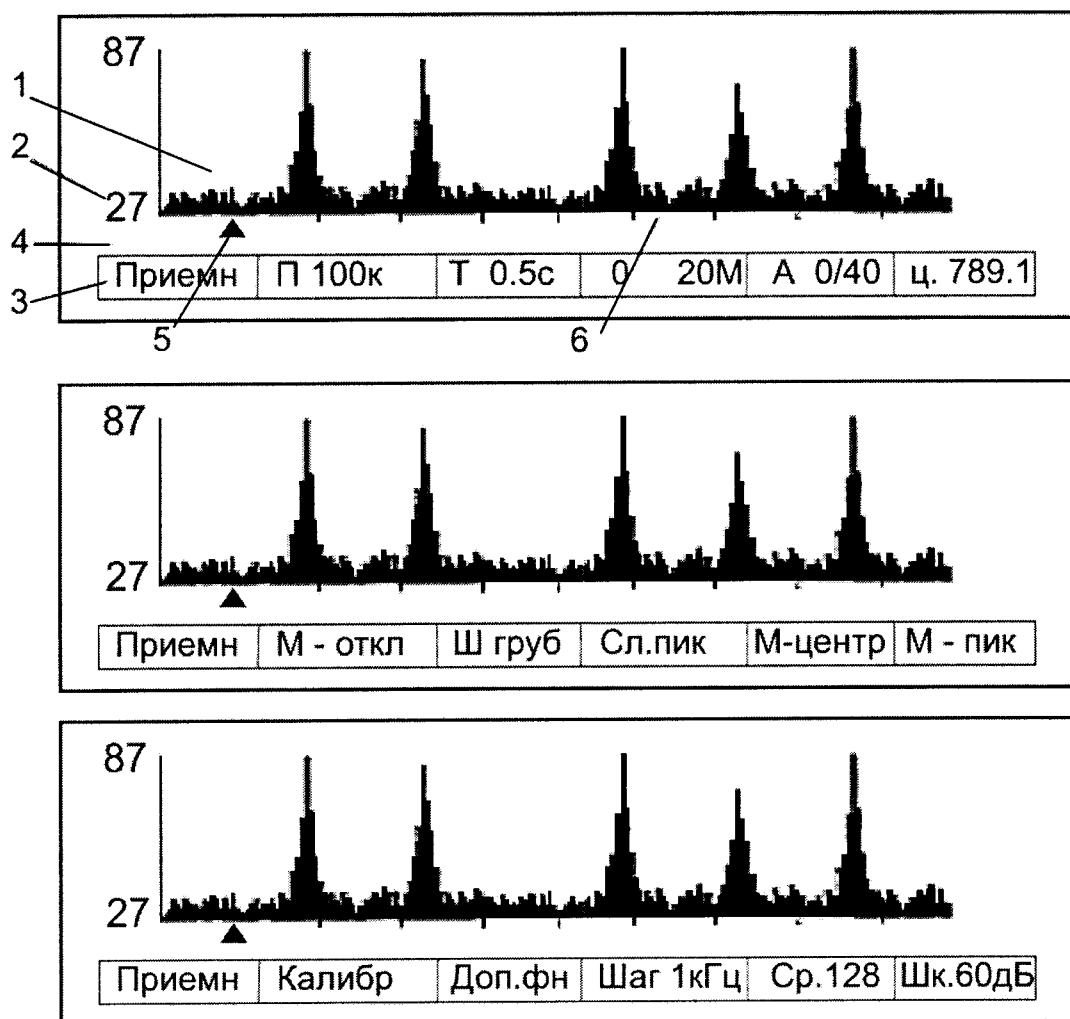


Рис. 1.4

Параметры сканирования. Масштаб отображения графика по горизонтали линейный, включает в себя 201 частотный канал и разделён с помощью сетки на 10 равных интервалов. Масштаб по вертикали переменный (максимальное значение 80 дБ). Значение уровня сигнала отображено в логарифмическом масштабе и измеряется в децибелах относительно 1 мВт мощности или децибелах относительно 1 мкВ напряжения в зависимости от выбранных единиц в ДФ1.

Переменными параметрами сканирования являются центральная частота, полоса обзора, полоса пропускания промежуточной частоты, время измерения, величина аттенюатора ПЧ.

Центральная частота располагается точно в середине экрана. Значение частоты вводится при нажатии на клавишу Ц. Процедура ввода и изменения аналогична частоте настройки в режиме приёмника.

Полоса обзора задаёт область сканирования относительно центральной частоты. Таким образом, левая граница сканирования определяется как центральная частота минус половина значения полосы обзора, соответственно правая граница – центральная частота плюс половина значения полосы обзора. Количество точек сканирования всегда равно 201, а потому шаг сканирования по частоте определяется как частное от деления значения полосы обзора на 201.

Процедура ввода значения полосы обзора происходит после нажатия второй функциональной клавиши О, после чего в наборном поле следует ввести новое значение полосы обзора в мегагерцах. Полоса обзора должна быть в пределах от 200 кГц до $0,2 F_{ц}$, где $F_{ц}$ – центральная частота, МГц.

Значение полосы пропускания ПЧ можно изменить при помощи функциональной клавиши П. Способ управления полосой ПЧ такой же, как и в режиме приёмника.

Время измерения определяет время сканирования одного трека (массива из 201 значения), находится в пределах от 0,5 до 20 с и может быть выбрано с помощью третьей функциональной клавиши Т.

Величина аттенюатора ПЧ имеет те же функцию и способ управления, что и в режиме приёмника. При этом изменение аттенюатора влияет на градуировку сетки по вертикали, соответствующей уровню.

Функциональная клавиша ПРИЁМН позволяет выйти из любого меню режима сканирования в режим приёмника.

Функциональная клавиша СР обеспечивает усреднение на каждом частотном канале. Диапазон возможных усреднений от 1 до 256.

Функциональная клавиша ШК обеспечивает отображение спектра в требуемом динамическом диапазоне от 1 до 80 дБ при фиксированном номинальном уровне – верхней границе шкалы.

Маркер в режиме сканирования. Маркер – графический символ в форме треугольника ▲, который может передвигаться по кривой спектра в диапазоне от начальной до конечной частот сканирования. Он появляется при нажатии на одну из функциональных клавиш: М-пик, М-центр, Сл. пик режима сканирования. Значения частоты и уровня, соответствующие точке маркера, отображаются в текстовом режиме под спектром внизу жидкокристаллического экрана. Передвигая маркер, можно проследить, как изменяется уровень помехи в зависимости от частоты и где находится его максимум.

Перемещение маркера по кривой осуществляется с помощью ручки настройки на одну точку по частоте при активном Ш-точн и на 10 точек при активном Ш-груб.

Маркер устанавливается на максимальное значение по уровню измеренного спектра. Значения частоты и уровня, соответствующие маркеру, отображаются в поле маркера в текстовом режиме вверху экрана.

Функциональная клавиша МАРКЕР-ОТКЛ используется для отключения маркера и выхода из меню маркера в основное меню функциональных клавиш режима сканирования.

Измерения напряжения радиопомех на сетевых зажимах проводят с использованием V-образного эквивалента сети типа Я6-126. Схема измерения напряжения радиопомех приведена на рис. 1.5.

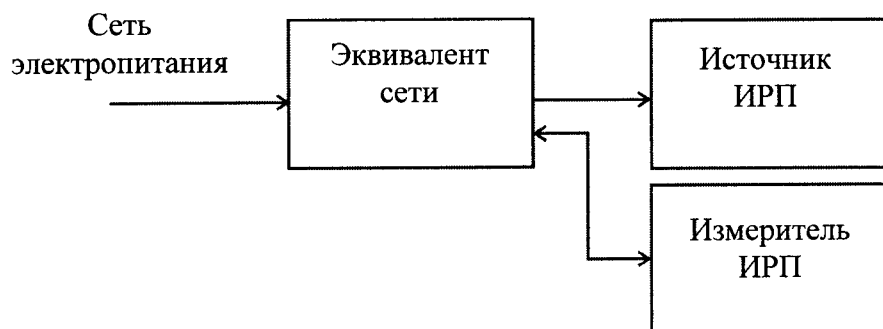


Рис. 1.5

Эквивалент сети используют для обеспечения необходимого высоко-частотного импеданса сети питания в точке измерения, а также для обеспечения изоляции испытуемого технического средства от посторонних радиопомех по сети питания.

Кнопки на передней панели эквивалента выполняют следующие функции:

- при нажатии кнопки СБРОС ВЧ-выход эквивалента отключается от всех шин;
- при нажатии кнопок L или N (после нажатия кнопки СБРОС) выход эквивалента подключается, соответственно, к шинам L или N.

Технические характеристики эквивалента сети Я6-126:

- диапазон рабочих частот 0,15...30 МГц;

- максимальный рабочий ток 10 А;
- максимальное напряжение электропитания (постоянное или переменное частоты 50 Гц) 250 В;
- падение напряжения электропитания на эквиваленте на частоте 50 Гц при максимальном рабочем токе 10 А не более 5 В.
- затухание фильтра эквивалента в диапазоне частот:
 - от 0,15 до 0,5 МГц – не менее 20 дБ;
 - от 0,5 до 30 МГц – не менее 30 дБ.
- переходное затухание эквивалента не менее 30 дБ;
- коэффициент калибровки 9,5 дБ.

1.3. Содержание и порядок выполнения работы

1. Разработайте программу испытаний на эмиссию кондуктивных помех для указанных преподавателем прибора или системы.

2. Подайте на вход питания приёмника от устройства зарядного напряжение 12 В. Для работы от встроенного аккумулятора к разъёму ИСТОЧНИК приёмника необходимо подключить соединитель, расположенный на его задней панели, который крепится к корпусу при помощи цепочки. Для этого соедините вход питания приёмника и выход зарядного устройства. Включите тумблер питания зарядного устройства.

3. Включите сетевой тумблер приёмника. Проведите опробование. В результате опробования контролируется правильность измерения уровня сигнала встроенного калибратора. После процедуры опробования следует отсоединить калибратор. Приёмник готов к проведению измерений.

4. Подсоедините защитное заземление к клемме на задней панели эквивалента.

5. Подсоедините шнуры питания 220 В и СЕТЬ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ к эквиваленту и сетям питания. К розетке ИСТОЧНИК ИРП подключите шнур питания испытываемого оборудования.

6. Тумблер включения сети поставьте в положение ВКЛ, при этом загорается индикатор СЕТЬ.

7. Прогрейте эквивалент в течение 5 мин.

8. Проверьте работу эквивалента в ручном режиме. Для этого необходимо последовательно нажать кнопки Х, L и Х, N, при этом индикаторы в кнопках должны светиться при нажатии кнопок L, N и гаснуть при нажатии

кнопки Х. При включении СЕТИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ индикатор около розетки ИСТОЧНИК ИРП должен светиться.

9. Подключите эквивалент к измерительному приёмнику для измерения промышленных радиопомех.

10. Нажимая кнопки Х, L или Х, N, подключите шины L или N электропитания к тракту измерения ИРП. Напряжение ИРП от источника ИРП в сети электропитания M , дБ, рассчитывают по формуле $M = U + K$, где U – показания измерителя ИРП, дБ; K – коэффициент калибровки эквивалента, дБ.

11. Проведите измерения кондуктивных ИРП, создаваемых при работе испытуемого прибора или системы.

1.4. Содержание отчёта

В отчёте должны содержаться следующие данные:

- цель работы;
- краткое описание испытуемого и испытательного оборудования;
- программа испытаний;
- протокол и результаты испытаний;
- подробные выводы по результатам работы.

1.5. Контрольные вопросы

1. Что собой представляют кондуктивные промышленные радиопомехи, какова причина их появления?

2. Какими параметрами характеризуются кондуктивные ИРП?

3. Какими техническими средствами можно измерить эмиссию радиопомех?

4. Что такое эквивалент сети, в чём состоят особенности его работы?

5. Для каких частот требуется проверка кондуктивных ИРП, если испытуемое техническое средство работает на частоте 2,45 МГц?

6. Каковы правила проверки технических средств на эмиссию ИРП при работе их в диапазонах частот, разрешённых для использования комиссией по радиочастотам?

7. В чём заключаются особенности проверки на ИРП оборудования информационных технологий по сравнению с другими ИТС?

Лабораторная работа 2

ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ПРИБОРОВ ПОВЫШЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Цели работы:

- ознакомление с методами испытаний электрической изоляции;
- получение навыков обращения с приборами проверки изоляции.

2.1. Общие сведения

Испытания повышенным напряжением проводятся как необходимая составная часть приёмосдаточных испытаний образцов новой техники, при капитальном ремонте электрооборудования электроустановок, а также периодически в процессе текущей эксплуатации. Порядок и сроки выполнения испытаний регламентированы Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП).

При испытании изоляции изделий повышенным напряжением промышленной частоты (частота 50 Гц) должны быть испытаны поочерёдно каждая электрически независимая цепь или параллельная ветвь обмотки (в последнем случае – при наличии полной изоляции между ветвями). При этом один полюс испытательного устройства соединяется с выводом испытываемой цепи, другой – с заземлённым корпусом испытываемого электрооборудования, с которым на всё время испытаний данной цепи электрически соединяются все другие цепи.

При отсутствии необходимой испытательной аппаратуры переменного тока допускается испытывать электрооборудование повышенным выпрямленным напряжением, равным полуторакратному значению испытательного напряжения промышленной частоты.

Скорость подъёма напряжения до $1/3$ испытательного значения может быть произвольной. Далее испытательное напряжение должно подниматься плавно, со скоростью, допускающей производить визуальный отсчёт по измерительным приборам, и по достижении установленного значения поддерживаться неизменной в течение установленного нормами времени испытания. После требуемой выдержки напряжение плавно снижается до значения не менее $1/3$ испытательного и отключается. До и после испытания изоляции

повышенным напряжением промышленной частоты или выпрямленным напряжением рекомендуется измерять сопротивление изоляции с помощью мегаомметра.

Результаты испытания повышенным напряжением считаются удовлетворительными, если при приложении полного испытательного напряжения не наблюдалось скользящих разрядов, толчков тока утечки или плавного нарастания тока утечки, пробоев или перекрытий изоляции, и если сопротивление изоляции, измеренное мегаомметром, после испытания осталось прежним.

Если характеристики изоляции резко ухудшились или близки к браковочной норме, то должна быть выяснена причина ухудшения состояния изоляции и приняты меры к её устранению.

Нормы испытаний повышенным напряжением промышленной частоты для электроустановок, аппаратов и вторичных цепей напряжением до 1000 В приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Испытание	Испытательное напряжение, В	Указания
Испытание изоляции обмоток и токоведущего кабеля относительно корпуса и наружных металлических деталей переносного электроинструмента: - на напряжение до 50 В - на напряжение выше 50 В и мощность до 1 кВт - при мощности более 1 кВт	550 900 1350	У электроинструмента с корпусом из изоляционного материала корпус и соединённые с ним детали на время испытаний должны быть обернуты металлической фольгой и соединены с заземлителем
Испытание изоляции обмоток понижающих трансформаторов при номинальном напряжении первичной обмотки: 127...220 В 380...440 В	1350 1800	Испытательное напряжение прикладывается поочередно к каждой из обмоток. При этом остальные обмотки должны быть соединены с заземлённым корпусом и магнитопроводом
Испытание силовых и вторичных цепей рабочим напряжением выше 50 В переменного тока, не содержащих устройств с микроэлектронными элементами	1000	—

Порядок испытаний электрооборудования, поставляемого для судостроения, регламентируют “Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов”. Согласно этим Правилам электрическая прочность изоляции изделий, за исключением отдельно оговоренных видов, должна испытываться в течение 1 мин приложением переменного напряжения практически синусоидальной формы с частотой 50 Гц при нормальных климатических условиях согласно табл. 2.2.

Таблица 2.2

Напряжение, В	
номинальное U_n	Испытательное
До 65	$2 U_n + 500$
66...250	1500
251...500	2000
501...1000	$2U_n+1000$
1001...3600	10 000
3601...7200	20 000
7201...11 000	28 000

Примечание. Для устройств с полупроводниковыми элементами испытательное напряжение является в каждом случае предметом специального рассмотрения Регистром.

Испытательное напряжение должно прикладываться поочередно между обмотками или другими токоведущими частями изделия, а также между обмотками и другими токоведущими частями и металлическим корпусом изделия.

Каждая изолированная жила готового кабеля должна выдерживать в течение 5 мин без пробоя приложение однофазного синусоидального переменного напряжения с частотой 50 (60) Гц или напряжение постоянного тока, указанное в табл. 2.3

Таблица 2.3

Кабель	Испытательное напряжение, В	
	переменного тока 50 Гц	постоянного тока
Силовой на номинальное напряжение, В:		
250	1500	—
750	2500	3000
1000	3000	5000
3000	7000	3000
Сигнализации и связи на номинальное напряжение 250 В	1500	—

Изоляция аналоговых и цифровых приборов для измерения электрических величин, измерительных преобразователей, а также составных частей приборов для измерения неэлектрических величин, если на вход этих частей подается электрическая величина, должна выдерживать испытательное напряжение, указанное в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Напряжение, В	
рабочее	испытательное переменного тока 50 Гц
до 130	500
131...250	1500
251...660	2000
661...1000	3000

Примечания: 1. Указанные напряжения приняты для испытания изоляции между токоведущими частями и корпусом прибора.

2. Допускается проведение испытания постоянным током. В этом случае указанные напряжения должны быть увеличены в 1,41 раза.

2.2. Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд содержит испытательную установку для проверки параметров электрической безопасности GPI-745A и образцы испытываемых приборов. Вид передней панели установки показан на рис. 2.1.

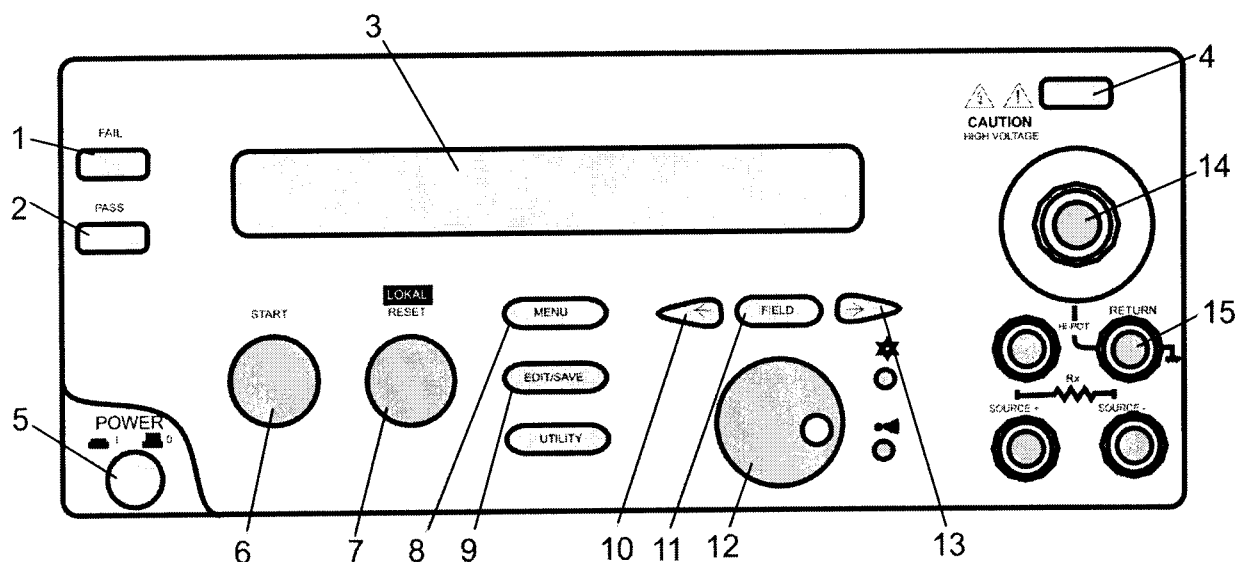


Рис. 2.1

Установка для проверки параметров электрической безопасности типа GPI-745A предназначена для проверки электрической прочности изоляции (напряжения пробоя), а также сопротивления изоляции и сопротивления заземления электрических устройств. Её технические характеристики приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Параметр	Характеристика
Параметры режима измерения напряжения пробоя при использовании переменного тестового напряжением (режим AC)	
Диапазон выходных напряжений	100...5000 В; 50 Гц с шагом 5 В
Максимальный ток: - при напряжении менее 500 В - при напряжении более 500 В	0,1...10,0 мА, при этом время испытания неограничено; 0,1...29,99 мА при этом время испытания неограничено; 30...40 мА, при этом время испытания ограничено 180 с
Диапазон установки предела по току	0,01...40,0 мА, с шагом 0,02 мА
Параметры режима измерения напряжения пробоя при использовании постоянного тестового напряжения (режим DC)	
Диапазон выходных напряжений	100...6000 В с шагом 5 В
Максимальный ток: при напряжении менее 500 В при напряжении более 500 В	0,1...2,0 мА, при этом время испытания неограничено 0,1...10,00 мА, при этом время испытания неограничено
Диапазон установки предела по току	0,01...10,0 мА, с шагом 0,01 мА
Параметры режима измерения сопротивления изоляции (режим IR)	
Испытательное постоянное напряжение	50, 100, 500 и 1000 В
Диапазон измеряемых сопротивлений: - при напряжении 50 и 100 В - при напряжении 500 и 1000 В	1...1990 МОм 1...9999 МОм
Временные параметры	
Время нарастания тестового сигнала при испытании на пробой	0,1...999,9 с
Время измерения сопротивления изоляции	1,0...999,9 с

Назначение органов управления приведено в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Позиция	Орган управления	Назначение
1	Индикатор FAIL	Красный светодиод загорается в случае отрицательного результата теста
2	Индикатор PASS	Зеленый светодиод загорается в случае положительного результата теста
3	Дисплей	Основной индикатор
4	Индикатор CAUTION	Красный светодиод мигает в процессе теста, предупреждая о высоком напряжении
5	Кнопка “Сеть”	Включение питания
6	Кнопка START	Нажатие зелёной кнопки приводит к началу запуска теста
7	Кнопка RESET	Нажатие красной кнопки приводит к остановке/сбросу теста
8	Кнопка MENU	Доступ к меню
9	Кнопка EDIT/SAVE	Режим редактирования. Для его сохранения и выхода из него еще раз нажмите кнопку EDIT/SAVE
10	Кнопка ←	Нажимайте кнопку для изменения параметра
11	Кнопка FIELD	Когда вы редактируете установки теста, нажмите FIELD для изменения активного параметра
12	Вращающийся переключатель	В режиме EDIT вращайте переключатель для установки необходимого значения. В режиме MENU вращайте переключатель для активации или деактивации выбранного значения
13	Кнопка →	Нажимайте кнопку для изменения параметра
14	Разъём	Выход высокого напряжения
15	Гнездо “земля”	Гнездо для подключения заземления

Описание состояния жидкокристаллического индикатора испытательной установки (рис. 2.2) приведено в табл. 2.7.

Хранение	Режим	Выходное напряжение/ток	Ток утечки	Статус
1 : 1	AC W	V = 5 . 0 0 0 kV	*	R E A D Y
I m a x = 0 1 . 0 0 m A		T E S T : 0 0 0 . 0 s		
Пределы измерения		Время нарастания и испытания		

Рис. 2.2

Таблица 2.7

Наименование	Индицируемые параметры установки GPI-745A
Хранение	Существует 10 групп и 16 шагов в каждой группе. Первый индицируемый номер – номер группы, второй – номер шага. Например 3:1, означает, что активирована 3 группа 1 шаг
Режим	ACW : проведение теста переменным напряжением; DCW : проведение теста постоянным напряжением; IR : измерение сопротивления изоляции; BG : измерение сопротивления заземления большим током
Выходное напряжение/ток	ACW : выходное напряжение (0,100...5000 В); DCW : выходное напряжение (0,100...6000 В); IR : выходное напряжение (50 В, 100 В, 500 В или 1000 В); GB : выходной ток (3,0...42 А);
Статус	MENU : выбор и изменение шагов тестирования; EDIT : редактирование параметров; SAVE : сохранение параметров; UTIL : выбор и изменение системных утилит; READY : готовность к тесту; TEST : идёт процесс тестирования; PASS : результат теста положительный; FAIL : результат теста отрицательный; STOP : окончание теста
Пределы измерения	I_{MAX} / I_{MIN} : установка предела измерения тока (в режимах ACW и DCW); R_{MAX}/R_{MIN} : установка предела измерения сопротивления (в режимах измерения сопротивления изоляции и заземления)

Установка обеспечивает свои метрологические характеристики после времени самопрогрева не менее 15 мин.

2.3. Содержание и порядок выполнения работы

Для указанного преподавателем прибора или образца оборудования составьте программу испытаний на воздействие повышенного напряжения. При составлении программы испытаний принимаются во внимание рабочее напряжение и условия эксплуатации. После этого проведите соответствующие испытания и измерения, подключив оборудование к установке, обработайте результаты и дайте заключение о результатах испытаний.

Правила безопасности при проведении испытаний. Обеспечьте надёжное заземление установки. Подключите измерительный кабель заземле-

ния и высоковольтный пробник. Затем подключите установку к сети питания, включите и прогрейте её. Далее к измеряемому объекту подключите провод заземления и только после этого – измерительный зонд.

Не подключайте высоковольтный зонд в гнездо высокого напряжения после запуска теста. Также не касайтесь высоковольтных проводов и зондов.

Внимание! Во время тестирования не прикасайтесь к тестируемому объекту или другому подключённому к нему устройству.

Перед каждой подачей испытательного напряжения производитель работ должен:

- Проверить правильность сборки схемы и надёжность рабочих и защитных заземлений.
- Проверить, все ли члены бригады находятся на указанных им местах, удалены ли посторонние люди, и можно ли подавать испытательное напряжение на оборудование.
- Предупредить бригаду о подаче напряжения словами “Подаю напряжение” и, убедившись, что предупреждение услышано всеми членами бригады, снять заземление с вывода испытательной установки и подать на неё напряжение 380/220 В.

После окончания испытаний производитель работ должен снизить напряжение испытательной установки до нуля, отключить её от сети напряжением 380/220 В, заземлить вывод установки и сообщить об этом бригаде словами: “Напряжение снято”. Только после этого допускается пересоединять провода или, в случае полного окончания испытания, отсоединять их от испытательной установки.

После испытания оборудования со значительной ёмкостью с него должен быть снят остаточный заряд.

Измерение напряжения пробоя

1. Нажмите кнопку MENU для входа в меню, на экране появляется соответствующая надпись MENU. Выберите необходимый режим. Нажмите кнопку EDIT/SAVE для входа в режим редактирования. Вращающейся ручкой установите необходимый режим измерения. Курсор постоянно находится на надписи выбранного режима. Нажмите кнопку FIELD для выбора параметров, которые подлежат установке.

Параметры будут меняться в последовательности:

- Режим измерения ACW (DCW).

- Выходное напряжение $V = X.XXX \text{ kV}$.
- Установка нижнего предела тока $I_{\text{MIN}} = XX.X \text{ mA}$.
- Установка верхнего предела тока $I_{\text{MAX}} = XX.X \text{ mA}$.
- Время нарастания $\text{RAMP} = X.XXX \text{ s}$.
- Время проведения испытания $\text{TEST} = X.XXX \text{ s}$.

2. Нажмите кнопку FIELD для выбора режима коррекции выходного напряжения. Используя кнопку \leftarrow или кнопку \rightarrow , выберите разряд, в котором будет производиться коррекция; вращающейся ручкой установите необходимое значение выходного напряжения (для постоянного напряжения в пределах 0,1...5 кВ, для переменного – в пределах 0,1...6 кВ).

3. Нажмите кнопку FIELD для перехода в режим коррекции верхнего предела измерения тока. Используя кнопку \leftarrow и кнопку \rightarrow , выберите разряд, в котором будет производиться коррекция; вращающейся ручкой установите необходимое значение тока (для постоянного напряжения ток может находиться в пределах 0,10...40 мА, для переменного – в пределах 0,10...10 мА).

4. Нажмите кнопку FIELD для перехода в режим коррекции нижнего предела измерения тока. Используя кнопку \leftarrow и кнопку \rightarrow , выберите разряд, в котором будет производиться коррекция; вращающейся ручкой установите необходимое значение тока (для постоянного напряжения ток может находиться в пределах 0,10...40 мА, для переменного – в пределах 0,10...10 мА).

5. Нажмите кнопку FIELD для перехода в режим установки времени нарастания. Используя кнопку \leftarrow и кнопку \rightarrow , выберите разряд, в котором будет производиться коррекция; вращающейся ручкой установите необходимое значение времени нарастания (время может находиться в пределах 0...999,9 с).

6. Нажмите кнопку FIELD для перехода в режим установки времени, в течение которого будут проводиться измерения. Используя кнопку \leftarrow и кнопку \rightarrow , выберите разряд, в котором будет производиться коррекция; вращающейся ручкой установите необходимое значение времени теста (время может находиться в пределах 0...999,9 с).

7. Нажмите кнопку FIELD для перехода снова в режим коррекции режима измерения.

8. Нажмите кнопку SAVE для сохранения установленных параметров.

9. Подключите вывод заземления к земляной шине измеряемого устройства. Подсоедините высоковольтный щуп к измеряемому устройству. Нажмите кнопку START, начав тестирование. При соответствующей установке у меню утилит для начала тестирования необходимо нажатие на кнопку START дважды; первое нажатие на эту кнопку приводит к установке режима “готовность”, второе – начинает тестирование. После проведения измерения результат отобразится на дисплее.

10. Запишите результат испытаний в протокол.

Измерение сопротивления изоляции

1. Нажмите кнопку MENU для входа в меню, на экране присутствует надпись MENU. Нажмите кнопку EDIT/SAVE для входа в режим редактирования. Выберите режим измерения сопротивления изоляции (IR). Курсор постоянно находится на надписи выбранного режима. Нажмите кнопку FIELD для выбора параметров, которые подлежат установке.

2. Параметры будут меняться в последовательности:

- Режим измерения IR.
- Выходное напряжение $V = X.XXX \text{ kV}$.
- Установка нижнего предела сопротивления $R_{\text{MIN}} = XX.X \text{ M}\Omega$.
- Установка верхнего предела сопротивления $R_{\text{MAX}} = XX.X \text{ M}\Omega$.
- Время проведения испытания $\text{TEST} = X.XXX\text{s}$.

3. Нажмите кнопку FIELD для выбора режима коррекции выходного напряжения; вращающейся ручкой установите необходимое значение выходного напряжения (оно может принимать только значения 50, 100, 500 или 1000 В).

4. Нажмите кнопку FIELD для перехода в режим коррекции верхнего предела измерения сопротивления. Используя кнопку \leftarrow и кнопку \rightarrow , выберите разряд, в котором будет производиться коррекция; вращающейся ручкой установите необходимое значение сопротивления (сопротивление может находиться в пределах 0...9999 МОм).

5. Нажмите кнопку FIELD для перехода в режим коррекции нижнего предела измерения сопротивления. Используя кнопку \leftarrow и кнопку \rightarrow , выберите разряд, в котором будет производиться коррекция; вращающейся ручкой установите необходимое значение сопротивления (сопротивление может находиться в пределах 0...9999 МОм).

6. Нажмите кнопку FIELD для перехода в режим установки времени, в течение которого будут проводиться измерения. Используя кнопку ← и кнопку →, выберите разряд, в котором будет производиться коррекция; вращающейся ручкой установите необходимое значение времени теста (время может находиться в пределах 0...999,9 с).

7. Нажмите кнопку FIELD для перехода снова в режим коррекции режима измерения.

8. Нажмите кнопку SAVE для сохранения установленных параметров.

9. Подключите вывод заземления на задней панели к земляной шине измеряемого устройства. Подсоедините высоковольтный щуп к измеряемому устройству. Нажмите кнопку START, начав тестирование. При соответствующей установке у меню утилит для начала тестирования необходимо нажатие на кнопку START дважды: первое нажатие на эту кнопку приводит к установке режима “готовность”, второе нажатие – начинает тестирование. После проведения измерения результат отобразится на дисплее.

10. Запишите результат измерений в протокол.

2.3. Содержание отчёта

В отчёте должны содержаться следующие данные:

- цель работы;
- краткое описание испытуемого оборудования;
- описание программы испытаний;
- протокол с проведёнными результатами испытаний и измерений;
- подробные выводы по результатам работы.

2.4. Контрольные вопросы

1. Зачем проводятся испытания повышенным напряжением, какую полезную информацию они могут дать разработчикам приборов и систем?

2. На какое испытательное напряжение должен проверяться прибор, если его рабочее напряжение составляет не более 50 В?

3. Какое время должен испытываться прибор повышенным напряжением?

4. Зачем используется заземление при проведении испытаний?

Лабораторная работа 3

ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРНОЙ ТЕХНИКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К МИКРОСЕКУНДНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ПОМЕХАМ

Цели работы:

- получение навыков испытаний оборудования на устойчивость к микросекундным импульсным помехам;
- определение уровней устойчивости реального оборудования.

3.1. Общие сведения

Микросекундные импульсные помехи (МИП) большой энергии вызываются перенапряжениями, возникающими в результате коммутационных переходных процессов и молниевых разрядов. Коммутационные переходные процессы могут быть вызваны:

- переключениями в мощных системах электроснабжения (например, коммутацией конденсаторных батарей);
- переключениями в системах электроснабжения малой мощности в непосредственной близости от технической системы или изменениями нагрузки в электрических распределительных системах;
- резонансными колебаниями напряжения в электрических сетях, обусловленными работой таких переключающих приборов, как тиристоры;
- повреждениями в системах, такими, как короткие замыкания на землю и дуговые разряды в электрических установках.

Процессы образования МИП при молниевых разрядах в основном сводятся к следующему:

- при непосредственном ударе молнии в наружную (вне здания) цепь, напряжение МИП образуется вследствие протекания большого тока разряда по наружной цепи и цепи заземления;
- при косвенном ударе молнии (внутри облака, между облаками или в находящиеся вблизи объекты) образующиеся электромагнитные поля индуцируют напряжения или токи в проводниках наружных и (или) внутренних цепей;
- при ударе молнии в грунт разрядный ток, протекая по земле, может создать разность потенциалов в системе заземления.

Быстрые изменения напряжения или тока при срабатывании защитных устройств могут также приводить к образованию МИП во внутренних цепях.

Микросекундные импульсные помехи могут вызывать сбои в работе приборов, разрушать полупроводниковые приборы, выводить из строя блоки питания, повреждать печатные платы.

ГОСТ Р 51317.4.5–99 (МЭК 61000-4-5–95) “Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний” распространяется на электротехнические, электронные и радиоэлектронные изделия и оборудование (далее в тексте – технические средства). Стандарт устанавливает требования и методы испытаний технических средств (ТС) на устойчивость к воздействию МИП. Степени жёсткости испытаний на устойчивость к ним определяются для различных условий электромагнитной обстановки и условий эксплуатации.

Выбор степеней жёсткости испытаний. Степени жёсткости испытаний выбирают исходя из условий эксплуатации ТС с использованием их классификации по следующим признакам:

Класс 0. Защищённая электромагнитная обстановка, как правило, внутри специально оборудованного помещения, в котором существуют следующие условия:

- все входящие в помещение кабели обеспечены средствами защиты от перенапряжений (включая первичную защиту и вторичную защиту);
- электронные устройства подсоединены к специально сконструированной системе заземления, на которую силовые установки и молниевые разряды практически не влияют;
- электронные устройства подключены к автономной системе электропитания.

В этом случае напряжение микросекундных импульсных помех не превышает 25 В.

Класс 1. Частично защищённая электромагнитная обстановка, при которой в помещении:

- все входящие в помещение кабели обеспечены средствами защиты от перенапряжений (первичная защита);
- ТС подсоединены к системе заземления, на которую силовые установки и молниевые разряды существенно не влияют;

- электронные устройства подключены к системе электропитания, к которой не подключается другое оборудование;
- операции переключения технических средств внутри помещения могут создавать напряжения помех.

Класс 2. Электромагнитная обстановка при разносе силовых и сигнальных кабелей, характеризуемая следующим:

- кабельные потоки, содержащие силовые и сигнальные цепи, разнесены;
- технические средства подключены с использованием разделённых заземляющих шин к системе заземления энергетических установок, в которой возникают напряжения помехи, создаваемые как энергетическими установками, так и молниевыми разрядами;
- электропитание электронных устройств развязано от других питающих цепей, как правило, специальными питающими трансформаторами;
- имеется ограниченное число не защищённых от перенапряжений соединительных кабелей.

Класс 3. Электромагнитная обстановка при параллельной прокладке силовых и сигнальных кабелей, характеризуемая следующим:

- силовые и сигнальные кабели не разнесены;
- технические средства имеют общую систему заземления с энергетическими установками, подверженную помеховым воздействиям, создаваемым энергетическими установками и молниевыми разрядами;
- токи, вызванные короткими замыканиями, операциями переключения и молниевыми разрядами, могут создавать в системе заземления напряжения помехи с относительно высокой амплитудой;
- защищённое электронное оборудование и менее чувствительное электрооборудование подсоединены к общей системе электропитания;
- соединительные кабели могут частично прокладываться вне помещения и проходить вблизи шин заземления;
- оборудование содержит коммутируемые индуктивные нагрузки, не снабженные средствами помехоподавления.

Класс 4. Электромагнитная обстановка при прокладке соединительных кабелей вне помещений вблизи силовых кабелей и использовании многопроводных кабелей, содержащих цепи электронного и электротехнического оборудования, характеризуемая следующим:

- технические средства имеют общую систему заземления с энергетическими установками, подверженную значительным помеховым воздействиям, создаваемым энергетическими установками и молниевыми разрядами;
- токи от коротких замыканий, операций переключения в сетях электропитания и молниевых разрядов могут достигать в системе заземления нескольких килоампер;
- электронные устройства и другое оборудование (в том числе, энергетическое) имеют общую систему электропитания;
- кабели к высоковольтному оборудованию проложены вне помещения.

Класс 5. Электромагнитная обстановка при подключении ТС к линиям связи и воздушным силовым линиям малонаселённых районов, характеризующаяся следующим:

- все кабели и линии обеспечены средствами защиты от перенапряжений (первичная защита);
- электронные устройства не имеют распределённой системы заземления;
- напряжения МИП, вызванные короткими замыканиями с током до 10 кА и молниевыми разрядами (токи до 100 кА), могут быть экстремально высокими, если не применены средства защиты.

3.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка включает испытательный генератор (ИГ) МИП, устройство связи и развязки, а также испытываемое техническое средство (ИТС).

Характеристики испытательного генератора установлены таким образом, что он с максимальным подобием имитирует источник помех. Если источник помех и ИТС находятся в одной цепи, например в цепи электропитания (непосредственная связь), ИГ МИП имитирует источник с низким внутренним сопротивлением, подключённый к ИТС. Если источник помех не находится в цепи, подключённой к ИТС (косвенная связь), ИГ МИП может имитировать источник с высоким внутренним сопротивлением.

Упрощённая электрическая схема ИГ МИП приведена на рис. 3.1. Обозначения на схеме следующие: U – источник высокого напряжения; R_3 – зарядный резистор; C_H – зарядный конденсатор; $R_{д1}$, $R_{д2}$ – резисторы, опреде-

ляющие длительность импульса; $R_{\text{вн}}$ – резистор, определяющий выходное полное сопротивление ИГ; $L_{\text{ф}}$ – индуктивность, определяющая время нарастания импульса.

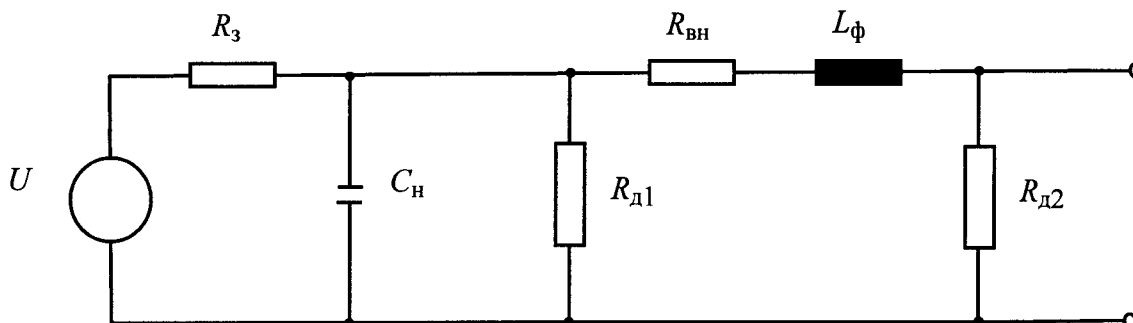


Рис. 3.1

Значения $R_{\text{д1}}$, $R_{\text{д2}}$, $R_{\text{вн}}$, $L_{\text{ф}}$ и $C_{\text{н}}$ выбраны таким образом, чтобы в режиме холостого хода длительность фронта импульса напряжения на выходе ИГ составляла $T_1 = 1$ мкс при длительности импульса $T_2 = 50$ мкс (рис. 3.2), а в режиме короткого замыкания длительность фронта импульса тока ИГ составляла 6,4 мкс при длительности импульса 16 мкс.

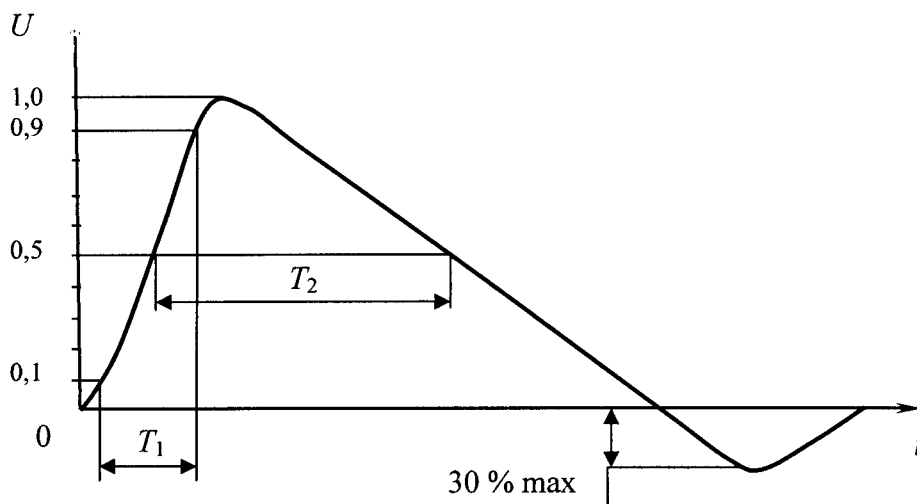


Рис. 3.2

Основные характеристики функционирования ИГ МИП приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Характеристика	Параметр
Амплитуда импульсов напряжения при холостом ходе (U_{\max})	(0,5; 1; 2; 4) кВ $\pm 10 \%$
Длительность фронта импульсов напряжения	1 мкс $\pm 30 \%$
Длительность импульсов напряжения	50 мкс $\pm 20 \%$
Полярность импульсов	Положительная и отрицательная
Сдвиг импульсов по фазе относительно переменного напряжения в сети питания	0...330° с шагом 30°
Амплитуда импульсов тока при коротком замыкании (I_{\max})	(0,25; 0,5; 1; 2) кА $\pm 10 \%$
Длительность фронта импульсов тока	6,4 мкс $\pm 20 \%$
Длительность импульсов тока	16 мкс $\pm 20 \%$
Амплитуда обратного выброса импульса тока	Не более 0,3 I_{\max}
Эффективное внутреннее сопротивление	2 Ом $\pm 25 \%$
Интервал между импульсами	Не менее 1 мин

Устройства связи/развязки. Необходимы для того, чтобы избежать возможного влияния помех на оборудование, не подлежащее испытаниям, которое может быть подключено к тем же линиям электропитания, что и ИТС, а также для обеспечения достаточного нагрузочного сопротивления для МИП, с тем чтобы на испытуемые линии мог быть подан импульс установленной формы.

Устройства связи/развязки не должны существенно влиять на параметры ИГ, например на допустимые отклонения выходного напряжения и тока.

Емкостная связь является предпочтительным методом связи при подаче МИП на несимметричные неэкранированные линии ввода/вывода при условии, что это не влияет на передачу сигнала по указанным линиям. Метод применяют при подаче помехи по схемам “провод–провод” и “провод–земля”.

Испытательный генератор ИГМ 4.1 поставляется со встроенным устройством связи/развязки (УСР), предназначенным для введения МИП в однофазные цепи питания ТС переменного тока с напряжением 220 В и потребляемым током до 10 А.

Методы испытаний. Испытания проводят в соответствии с программой испытаний, в которой приводятся состав оборудования рабочего места для испытаний и следующие сведения:

- степени жёсткости испытаний (ток/напряжение);

- полярность МИП;
- условия запуска ИГ МИП (внутренний, внешний);
- число подаваемых импульсов (применяют не менее пяти импульсов положительной полярности и пяти импульсов отрицательной полярности для каждого случая подачи помехи);
- частоту подачи импульсов (не более одного импульса в минуту);
- входные и выходные цепи, подлежащие испытаниям;
- представительные режимы функционирования ИТС;
- последовательность подачи испытательных импульсов на различные цепи;
- сдвиг по фазе импульсов напряжения (тока) по отношению к переменному напряжению в сети электропитания (для цепей электропитания переменного тока);
- условия установки ТС.

Выбор степеней жёсткости испытаний проводится в соответствии с табл. 3.2.

Таблица 3.2

Класс условий эксплуатации ТС	Степень жёсткости испытаний							
	Линии электропитания		Несимметричные линии значительной протяжённости		Симметричные линии		Линии связи малой протяжённости, линии передачи данных ¹⁾	
	Провод–провод	Провод–земля	Провод–провод	Провод–земля	Провод–провод	Провод–земля	Провод–провод	Провод–земля
0	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	1	-	1	-	1	-	-
2	2	2	1	2	-	2	-	1
3	3	3	2	3 ³⁾	-	3 ³⁾	-	-
4	X ²⁾	4 ³⁾	3	4 ³⁾	-	3 ³⁾	-	-
5	X ²⁾	X ²⁾	3	4 ³⁾	-	4 ³⁾	-	-

Примечания:

¹⁾ Применяют только для класса условий эксплуатации 2 и линий передачи данных длиной от 10 до 30 м. При длине линий менее 10 м испытания не проводят.

²⁾ Устанавливают в зависимости от характеристик местной системы электроснабжения.

³⁾ Испытания проводят с первичной защитой.

Параметры испытательного генератора для степеней жёсткости испытаний приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Степень жёсткости	Значение импульса напряжения на ненагруженном выходе ИГ, кВ
1	0,5
2	1,0
3	2,0
4	4,0

Обычно микросекундные импульсные помехи синхронизируют с частотой сетевого напряжения и подают в моменты прохождения кривой напряжения через ноль и амплитудные значения положительной и отрицательной полярностей.

МИП подают по схемам “провод–провод” и “провод (провода)–земля”. При испытаниях по схеме “провод–земля” импульсы подают поочередно между каждым из проводов и землёй.

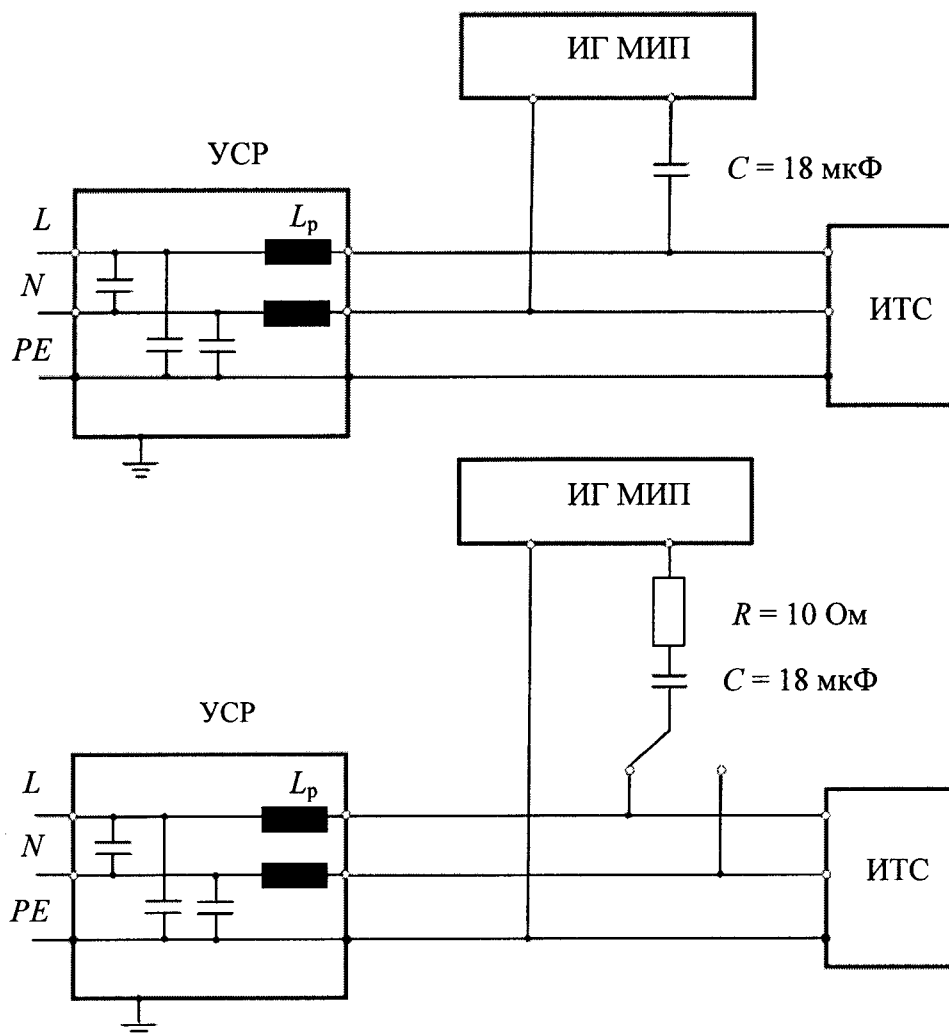
Рабочее место для испытаний. Схемы рабочего места для испытаний при подаче микросекундных импульсных помех по схеме “провод–провод” и по схеме “провод–земля” с использованием емкостной связи на испытуемое техническое средство, питание которого осуществляется от однофазной сети переменного тока или сети постоянного тока, приведены на рис. 3.3.

При проведении испытаний учитывают возможную нелинейность вольтамперной характеристики испытуемого технического средства. Поэтому испытательное напряжение должно последовательно увеличиваться до достижения степени жёсткости испытаний, установленной в плане испытаний. Качество функционирования технического средства должно быть подтверждено для установленной степени и всех низших степеней жёсткости испытаний.

Порядок работы с ИГМ 4.1. Испытания ТС рекомендуется проводить через 10...15 мин после включения генератора.

После включения генератора переключателем СЕТЬ на дисплее появляется текст и курсор в виде стрелки в верхней строке. Светодиод ПУСК при этом светится зелёным светом, что свидетельствует о готовности к запуску. Перемещение курсора по строкам осуществляется при помощи функциональных кнопок ↓ и ↑.

Амплитуда выходных импульсов при холостом ходе устанавливается при помощи кнопок ⊕ и ⊖. Курсор должен находиться в строке Ампл:. При этом можно выбрать значения: 0,5; 1,0; 2,0 и 4,0 кВ.



L – фазный провод; N – нейтральный провод; PE – защитное заземление

Рис. 3.3

Сдвиг испытательных импульсов по фазе относительно напряжения сети выбирается при установке курсора в строку *Фаза* при помощи кнопки \oplus и кнопки \ominus . При этом можно установить значения: 0; 30; 60; 90; 120; 150; 180; 210; 240; 270; 300 и 330°. Значения 0, 90, 180 и 270° являются основными для испытания ТС, питающихся от однофазной сети. Остальные значения необходимы для испытаний трёхфазных устройств при совместном использовании генератора ИГМ 4.1 и устройства связи-развязки УСРМ 25.3.

При установке курсора в строку *Сеть* при помощи кнопок \oplus и \ominus можно включать и выключать сетевое напряжение 220 В в розетке **ВЫХОД** генератора. Это даёт возможность подключать ИТС без выключения питания испытательного генератора.

Схема подачи испытательных импульсов, а также их полярность выбираются при помощи соответствующего подключения коммутационными кабелями гнезд \oplus и \ominus к гнездам Ф, О и З. При этом полное выходное сопротивление генератора в схеме подачи “фаза – ноль” равно $2 \text{ Ом} \pm 25 \%$, а в схемах “фаза – земля” и “ноль – земля” – $12 \text{ Ом} \pm 20 \%$.

Запрещаются переключения коммутационных кабелей при наличии сетевого напряжения на розетке ВЫХОД генератора.

Зелёное свечение светодиода ПУСК свидетельствует о готовности генератора к запуску. Запуск генератора осуществляется нажатием на кнопку ПУСК/СТОП. При этом включается высоковольтный преобразователь, светодиод ПУСК загорается красным светом. После установления необходимого зарядного напряжения (время заряда зависит от установленной амплитуды выходных импульсов и не превышает 10 – 15 с для амплитуды 4 кВ) происходит запуск. При этом на выходе генератора формируется импульс установленной амплитуды. В момент запуска на выходе СИНХРОНИЗАЦИЯ вырабатывается импульс положительной полярности с амплитудой 5...10 В, длительностью 1,5...2,5 мкс. Светодиод ПУСК после запуска гаснет и вновь загорается зелёным светом через 1 мин после нажатия на кнопку ПУСК/СТОП. Зелёное свечение светодиода ПУСК свидетельствует о готовности генератора к новому запуску.

При установке курсора в нижнюю строку при помощи кнопок \oplus и \ominus можно установить количество подаваемых импульсов с установленными параметрами от 1 до 10. После нажатия на кнопку ПУСК/СТОП генератор вырабатывает импульсы с периодом 60 с. Прервать цикл можно нажатием на эту же кнопку. На остальные кнопки генератор во время цикла не реагирует.

После окончания испытаний следует выключить питание технического средства, выключить питание испытательного генератора и отсоединить ТС от розетки ВЫХОД генератора.

Проверка характеристик ИГ МИП. Для обеспечения воспроизводимости результатов испытаний, проводимых с применением различных ИГ, характеристики ИГ МИП должны быть проверены. С этой целью необходима следующая процедура измерений наиболее существенных характеристик ИГ МИП. Выход ИГ МИП подключают к измерительной системе, обладающей достаточной полосой частот и линейностью для измерения параметров импульсов. Характеристики ИГ МИП измеряют в режиме холостого хода (на-

грузка не менее 10 кОм) и в режиме короткого замыкания (нагрузка не более 0,1 Ом) при одних и тех же заданных напряжениях.

Ток короткого замыкания должен быть не менее 0,25 кА при напряжении холостого хода 0,5 кВ и не менее 2 кА при напряжении холостого хода 4 кВ.

Измерять параметры генератора рекомендуется через 10...15 мин после включения генератора. Осциллограф, используемый для измерения параметров, необходимо заземлить, причём точку подключения заземляющего провода необходимо определить экспериментально по минимуму помех на осциллограмме выходного импульса. Можно рекомендовать подключение вблизи входного разъёма усилителя вертикального отклонения.

Амплитуда импульсов напряжения при холостом ходе измеряется на выходе испытательного генератора осциллографом, подключённым через делитель напряжения к гнездам \oplus и \ominus . Осциллограф устанавливают в ждущий режим с внешним запуском. Вход внешней синхронизации соединяют с выходом СИНХРОНИЗАЦИЯ испытательного генератора, расположенного на задней панели. Развертка осциллографа устанавливается в положении от 5 до 10 мкс/дел. Измеряются значения для всех четырёх устанавливаемых значений амплитуды.

Длительность фронта импульса напряжения для всех четырёх устанавливаемых значений амплитуды измеряется осциллографом при значении развертки осциллографа 0,2 мкс/дел. по уровням $(0,1 \dots 0,9)U_{\max}$.

Длительность импульса напряжения для всех четырёх устанавливаемых значений амплитуды измеряется осциллографом при значении развертки осциллографа 10 мкс/дел. по уровню $0,5 U_{\max}$.

Амплитуда импульсов тока измеряется при помощи осциллографа датчиком тока, подключённым к выходу испытательного генератора. Развертка осциллографа устанавливается в положении 5 мкс/дел. Амплитуда импульсов тока рассчитывается по формуле

$$I = \frac{U_{\text{изм}}}{R_{\text{ш}}},$$

где I – амплитуда импульса тока; $U_{\text{изм}}$ – амплитуда измеренного импульса напряжения; $R_{\text{ш}}$ – сопротивление датчика тока.

Длительность фронта импульсов тока измеряется для всех четырёх устанавливаемых значений амплитуды при значении развертки осциллографа

1 мкс/дел. по уровням (0,1...0,9)I. Длительность импульса тока измеряется для всех четырёх устанавливаемых значений амплитуды при значении развертки осциллографа 2 мкс/дел. Амплитуда обратного выброса измеряется для всех четырёх устанавливаемых значений амплитуды при значении развертки осциллографа 5 мкс/дел. Рассчитываются и заносятся в протокол отклонения измеренных значений от номинальных.

Амплитуда перекрёстной помехи на нулевом проводе измеряется между нулевым и земляным контактами розетки ВЫХОД. При этом гнезда генератора \oplus и \ominus подключаются коммутационными кабелями к гнездам Ф и 3 соответственно. Измерения проводятся осциллографом при помощи делителя напряжения. Режим генератора следующий: *Амплитуда – 4 кВ / Фаза – 0° / Сеть – Выкл.* Положение переключателя развёртки осциллографа составляет 0,2 мс/дел.

Амплитуда перекрёстной помехи на фазном проводе измеряется между фазным и земляным контактами розетки ВЫХОД. При этом гнезда генератора \oplus и \ominus подключаются коммутационными кабелями к гнездам 0 и 3 соответственно. Измерения проводятся осциллографом при помощи делителя напряжения. Режим генератора: *Амплитуда – 4 кВ / Фаза – 0° / Сеть – Выкл.* Положение переключателя развёртки осциллографа 0,2 мс/дел.

Сдвиг по фазе импульсов напряжения относительно переменного напряжения сети контролируется на розетке ВЫХОД. При этом осциллограф подключается через делитель напряжения между фазным и земляным контактами розетки ВЫХОД. Гнезда генератора \oplus и \ominus подключаются коммутационными кабелями к гнездам Ф и 3 соответственно. Режим генератора: *Амплитуда – 0,5 кВ / Сеть – Выкл.* Положение переключателя развёртки осциллографа 5 мс/дел.

В положении 0° импульс положительной полярности должен появляться в момент перехода через ноль сетевого напряжения из отрицательной полуволны в положительную. В положении 90° импульс положительной полярности должен появляться в максимуме положительной полуволны сетевого напряжения. В положении 180° импульс положительной полярности должен появляться в момент перехода через ноль сетевого напряжения из положительной полуволны в отрицательную. В положении 270° импульс положительной полярности должен появляться в минимуме отрицательной полуволны сетевого напряжения.

Результаты испытаний. Должны быть классифицированы на основе приведённых далее критериев качества функционирования.

А. Нормальное функционирование в соответствии с установленными требованиями.

В. Временное ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции с последующим восстановлением нормального функционирования, осуществляемым без вмешательства оператора.

С. Временное ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции, которые требуют вмешательства оператора или перезапуска системы.

Д. Ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции, которые не подлежат восстановлению из-за повреждения оборудования (компонентов), нарушения программного обеспечения или потери данных.

ИТС не должно становиться опасным или ненадёжным в результате воздействия помех.

3.3. Содержание и порядок выполнения работы

Для указанного преподавателем прибора или образца оборудования составьте программу испытаний на воздействие микросекундных импульсных помех исходя из назначения и условий его использования. После этого проведите соответствующие испытания, подключив прибор к установке, обработайте результаты и дайте заключение о прохождении оборудованием испытаний.

Указания мер безопасности

- **Обязательно убедитесь в подключении защитного заземления.**
- **Запрещается прикасаться к коммутационным кабелям и сетевому кабелю испытуемого ТС во время подачи испытательных импульсов.**

1. Проверьте соответствие характеристик ИГ требованиям соответствующего стандарта.

2. Подключите ИГ через УСР к испытуемому прибору. Подайте питание на установку. Установите положительную полярность. Последовательно увеличивая амплитуду импульсов и изменяя сдвиг импульсов по фазе, зафиксируйте и занесите в протокол уровни помехи, при которых возникают сбои в

работе испытуемого прибора. Запишите характер этих сбоев и в чём они проявляются. Испытание необходимо выполнить при действии помехи по всем цепям питания ИТС.

3. Аналогично зафиксируйте уровень восприимчивости для другой полярности импульсов.

4. Проведите испытание всех предложенных преподавателем электронных схем лабораторной установки.

5. Сформулируйте выводы о восприимчивости испытанных схем.

3.4. Содержание отчёта

В отчёте должны содержаться следующие данные:

- цель работы;
- краткое описание испытуемого и испытательного оборудования;
- осциллограммы создаваемых импульсных помех;
- программа испытаний;
- протокол и результаты испытаний;
- подробные выводы по результатам работы.

3.5. Контрольные вопросы

1. Каковы причины и источники образования микросекундных импульсных помех?

2. Что могут вызвать микросекундные импульсные помехи и на что должно обращать внимание при проведении исследований?

3. От чего зависит выбор степени жёсткости испытаний на микросекундные импульсные помехи?

4. Для чего необходимы устройства связи/развязки при проведении испытаний на МИП?

5. Какими классами с точки зрения микросекундных импульсных помех может характеризоваться электромагнитная обстановка в компьютерных классах?

6. Что входит в программу испытаний на устойчивость приборов и систем к микросекундным импульсным помехам?

7. На чём основываются выводы о восприимчивости испытанных приборов и их схем к МИП?

Лабораторная работа 4

ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРНОЙ ТЕХНИКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К НАНОСЕКУНДНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ПОМЕХАМ

Цели работы:

- получение навыков испытаний оборудования на электромагнитную совместимость;
- определение уровней восприимчивости реального оборудования.

4.1. Общие сведения

Импульсные помехи во входных цепях и в цепях питания электронных схем могут привести к ложному срабатыванию, потере информации, снижению качества их функционирования. Способность схемы функционировать с заданным качеством в условиях действия помех называется *помехоустойчивостью*. Уровень помехоустойчивости характеризуется максимальной величиной помехи (амплитудой в случае импульсной помехи), при которой устройство или блок сохраняют свою работоспособность. *Восприимчивость* схемы характеризуется минимальным уровнем помех, при котором возникают сбои в работе, а качество функционирования схемы снижается до уровня ниже допустимого. Уровни помехоустойчивости и восприимчивости схемы различны для помех разной длительности, полярности, приложенных к входным шинам питания и цепям заземления.

Испытание на воздействие наносекундных импульсных помех (НИП) – это испытание пачками импульсов наносекундной длительности, подаваемых на порты электропитания, заземления и сигналов ввода/вывода. Существенными особенностями НИП являются малая длительность фронта, высокая частота повторения и низкая энергия.

ГОСТ Р 51317.4.4-2007 (МЭК 61000-4-4-2004) “Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний” распространяется на электротехнические, электронные и радиоэлектронные изделия и оборудование (далее в тексте – технические средства (ТС)) и устанавливает степени жёсткости испытаний, которые относятся к различным условиям эксплуатации ТС, а также методы испытаний.

Степени жёсткости испытаний выбирают исходя из условий эксплуатации ТС.

Степень жёсткости 1. Это хорошо защищённая электромагнитная обстановка, характеризующаяся следующими свойствами:

- подавлением НИП в коммутируемых цепях электропитания и управления;
- разделением между линиями силового электропитания (переменного и постоянного токов) и управляющими и измерительными цепями;
- применением экранированных кабелей электропитания с экранами, заземлёнными с обоих концов, и фильтрацией подаваемого электропитания.

Степень жёсткости 2. Это защищённая электромагнитная обстановка, характеризующаяся следующими свойствами:

- частичным подавлением НИП в цепях силового электропитания и управления, которые переключаются только с помощью реле (не контакторами);
- разделением цепей, связанных с более жёстким уровнем электромагнитной обстановки, от других цепей;
- физическим разделением неэкранированных кабелей силового электропитания и управления от кабелей ввода/вывода.

Степень жёсткости 3. Это типовая промышленная электромагнитная обстановка, характеризующаяся следующими свойствами:

- отсутствием подавления НИП в цепях силового электропитания и управления, которые переключаются только с помощью реле (не контакторами);
- недостаточным разделением силовых цепей от других цепей, связанных с более жёстким уровнем электромагнитной обстановки;
- недостаточным разделением между кабелями силового электропитания, управления, сигнальными и коммуникационными;
- наличием системы заземления, использующей проводящие каналы, проводники заземления в кабельных желобах (соединённых с системой защитного заземления) и контура заземления.

Степень жёсткости 4. Это тяжёлая промышленная электромагнитная обстановка, характеризующаяся следующими свойствами:

- отсутствием подавления НИП в цепях силового электропитания, управляющих и питающих цепях, которые переключаются с помощью реле или контакторов;
- отсутствием разделения цепей, связанных с более жёстким уровнем электромагнитной обстановки, от других цепей;
- отсутствием разделения между кабелями силового электропитания, управления и кабелями ввода/вывода;
- использованием общих многожильных кабелей для цепей управления и цепей ввода/вывода.

Параметры воздействий на ТС соответствующих степени жёсткости испытаний указаны в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Степень жёсткости испытаний	Выходное испытательное напряжение ИГ в режиме холостого хода, кВ	
	на порт электропитания, порт заземления	на порт сигналов ввода/вывода
1	0,5	0,25
2	1,0	0,50
3	2,0	1,00
4	4,0	2,00

Примером условий, соответствующих степени жёсткости 1, может служить электромагнитная обстановка в компьютерных залах. Для данной степени жёсткости испытания в испытательных лабораториях ограничивают воздействием НИП на порты электропитания, испытания в условиях эксплуатации – воздействием на порты заземления ТС.

Примером условий, соответствующих степени жёсткости 2, может служить электромагнитная обстановка в помещении для средств измерения, контроля и управления на промышленном предприятии.

Примером условий, соответствующих степени жёсткости 3, может служить электромагнитная обстановка промышленных предприятий и предприятий энергетики.

Примерами условий, соответствующих степени жёсткости 4, могут служить электромагнитная обстановка промышленного наружного технологического оборудования, в котором не приняты меры снижения помех, а также электромагнитная обстановка электроподстанций воздушных линий высокого напряжения.

4.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка, структурная схема которой при испытании на устойчивость к наносекундным импульсным помехам приведена на рис. 4.1, включает в себя следующее испытательное оборудование и устройства:

- 1) испытательный генератор (ИГ) со средствами калибровки или измерения,
- 2) пластину заземления,
- 3) устройство связи или емкостные клещи,
- 4) устройство развязки.

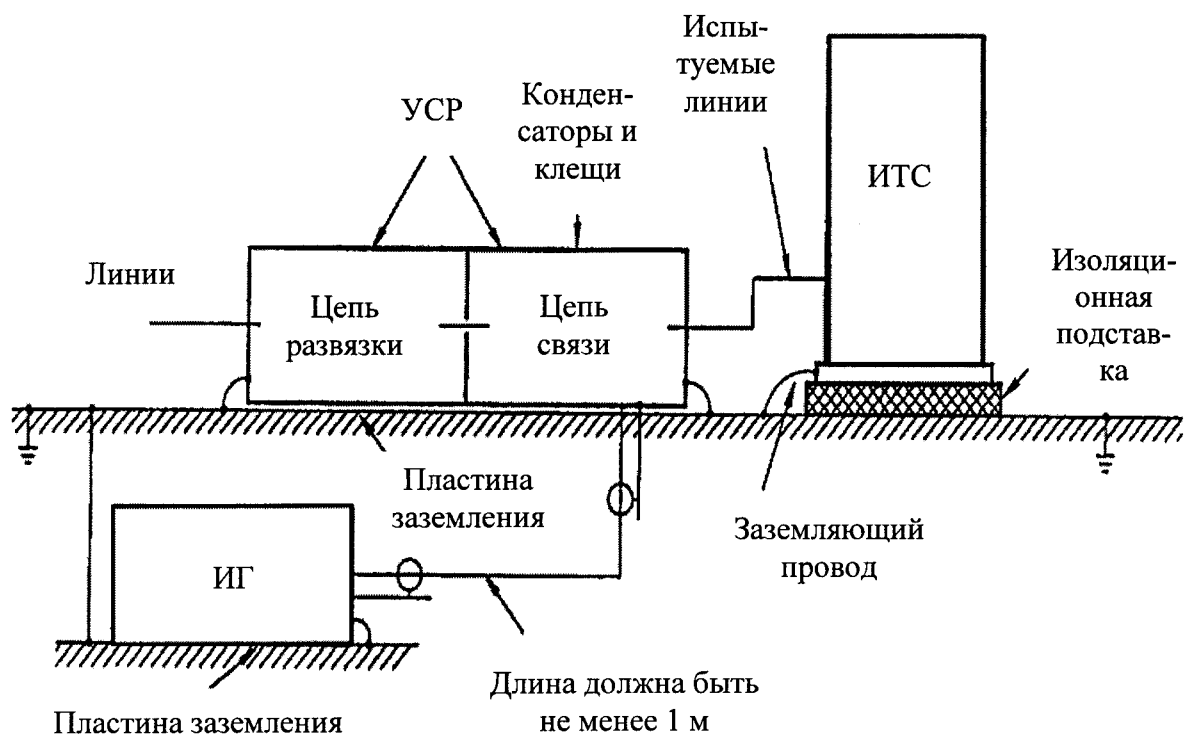


Рис. 4.1

Основными элементами измерительного генератора, упрощённая электрическая схема которого показана на рис. 4.2, являются:

- источник высокого напряжения U ;
- зарядный резистор R_3 ;
- накопительный конденсатор C_H ;
- разрядник;
- резистор цепи формирования длительности импульса R_{Φ} ;

- согласующий резистор R_c ;
- разделительный конденсатор C_p .

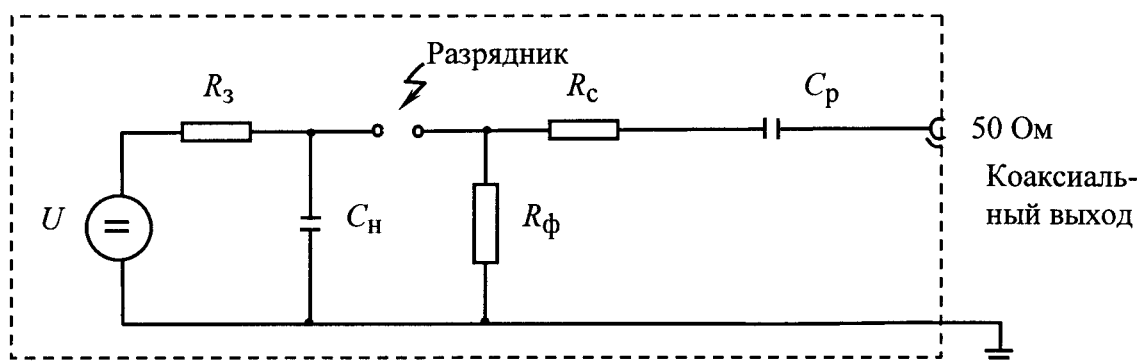


Рис. 4.2

Технические характеристики ИГ следующие:

- амплитуда импульсов напряжения в режиме холостого хода (U_{\max}) – (0,25; 0,5; 1; 2; 4) кВ $\pm 10\%$;
- полярность импульсов – положительная и отрицательная.

Вид пачки импульсов и типовая форма импульса напряжения при нагрузке 50 Ом показаны на рис. 4.3 и 4.4.

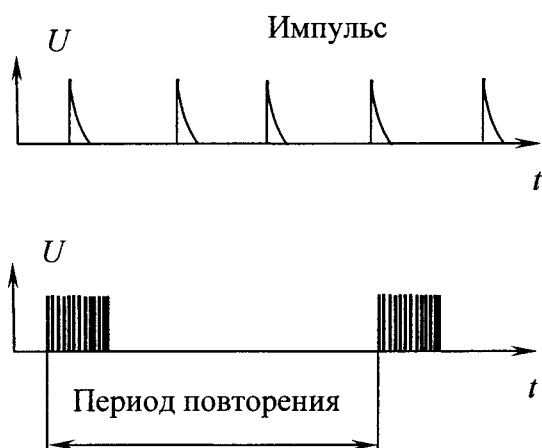


Рис. 4.3

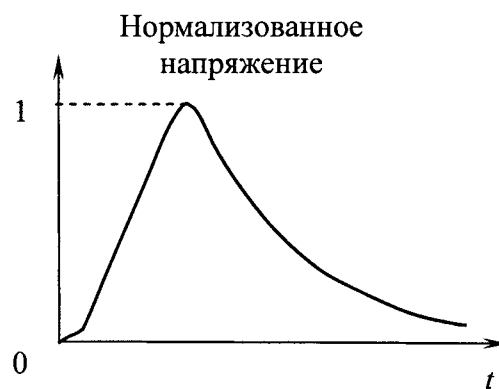


Рис. 4.4

При работе на нагрузку 50 Ом:

- длительность фронта импульса – 5 нс $\pm 30\%$;
- длительность импульса по уровню – 0,5...50 нс $\pm 30\%$;

- максимальная энергия импульса – 4 мДж/имп. при напряжении 2 кВ;
- длительность пачки импульсов – 15 мс \pm 20 %;
- период следования пачек – 300 мс \pm 20 %;
- частота повторения импульсов в пачке:
 - при $U_{\text{вых}} = (0,125 \dots 1,0)$ кВ – 5 кГц \pm 20 %;
 - при $U_{\text{вых}} = 2$ кВ – 2,5 кГц \pm 20 %;
- внутреннее сопротивление – 50 Ом \pm 20 %.

Устройство связи/развязки (УСР) – электрическая цепь, предназначенная для передачи НИП в цепи ИТС, а также для предотвращения воздействия НИП на оборудование или системы, не подвергаемые испытаниям.

Схема УСР для подачи НИП по схеме “провод–земля” на порты электропитания переменного/постоянного тока (на примере трёхфазной пятипроводной сети электропитания переменного тока) приведена на рис. 4.5.

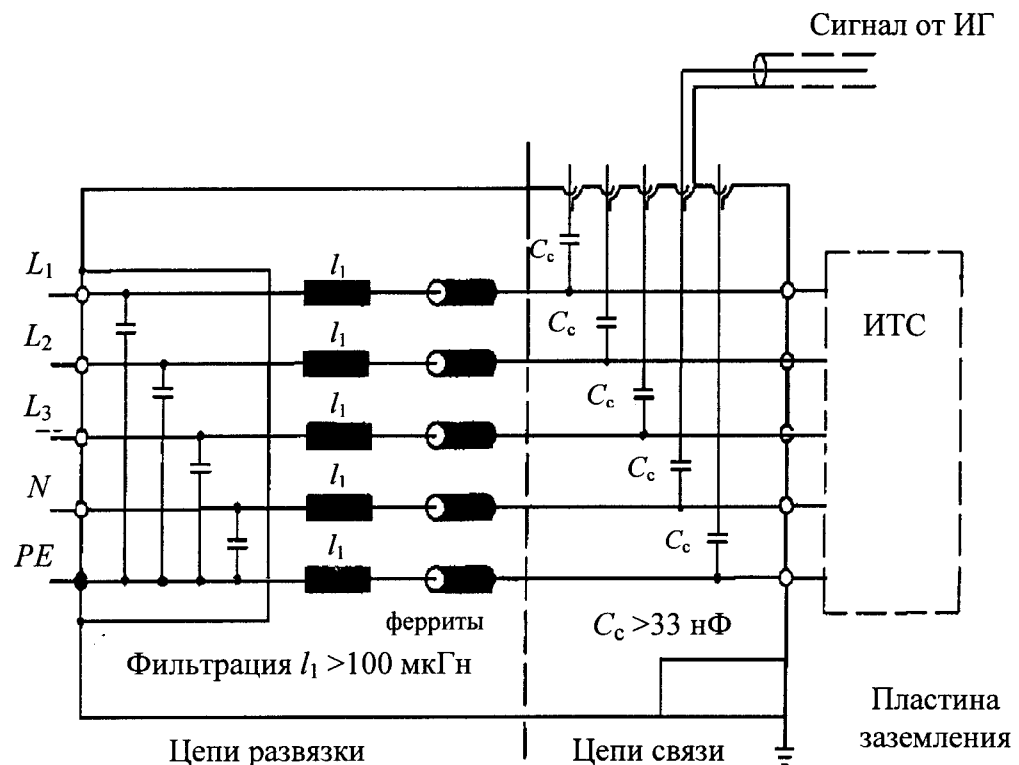


Рис. 4.5

Основные элементы схемы: L_1, L_2, L_3 – фазные провода; N – нейтральный провод; PE – защитное заземление; l_1 дроссель развязки; C_c – конденсатор связи.

Характеристики УСР следующие:

- диапазон частот – 1...100 МГц;
- затухание в цепи связи – менее 2 дБ;
- затухание в цепи развязки при измерении по схеме “провод–земля” – более 20 дБ;
- переходное затухание между двумя любыми линиями – более 30 дБ.

Испытательный генератор ИГН 4.1м содержит встроенное УСР для введения НИП в однофазные цепи питания ИТС переменного тока с напряжением 220 В и потребляемым током до 10 А.

Емкостные клещи связи обеспечивают возможность подачи НИП на проверяемую цепь ИТС без гальванического подключения к контактам цепей, экранам кабелей или каким-либо другим частям ИТС.

Конструкция емкостных клещей (рис. 4.6) состоит из пластин связи (выполненных из стали с гальваническим покрытием, латуни, меди или алюминия) для укладки в них кабелей проверяемой цепи. Емкостные клещи следует устанавливать на пластине заземления площадью не менее 1 м². Пластина заземления должна представлять собой металлический лист (медный или алюминиевый) толщиной не менее 0,25 мм, выступать за границы клещей связи не менее чем на 0,1 м с каждой стороны и быть заземлена. Заземляющие проводники, подключённые к пластине заземления, должны иметь минимальную индуктивность. Дополнительное заземление не допускается.

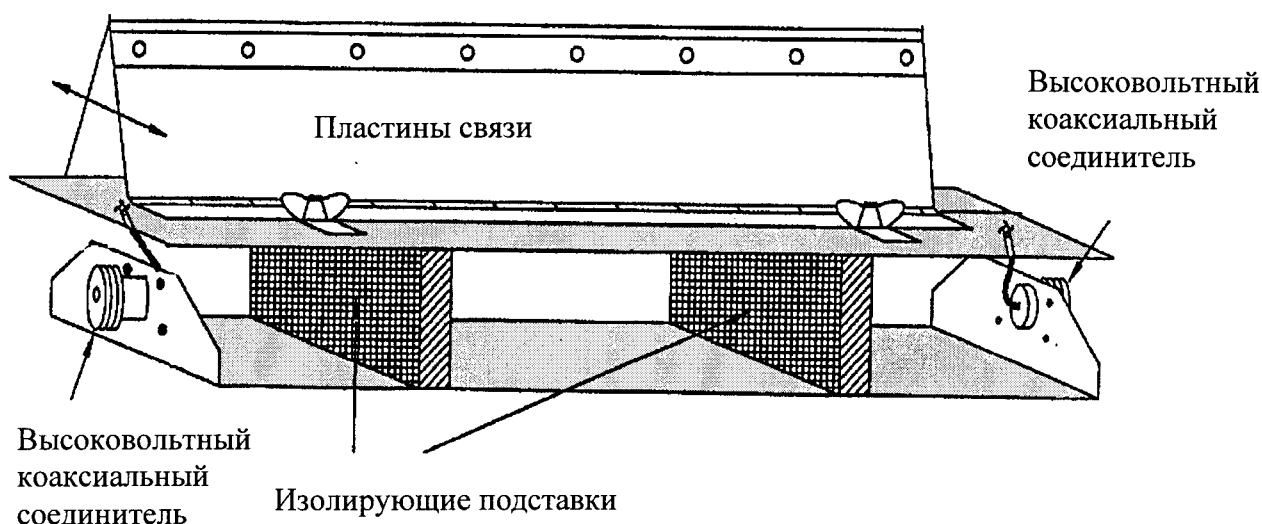


Рис. 4.6

Емкостные клещи должны иметь на каждом конце высоковольтный коаксиальный соединитель для подключения ИГ к любому концу. ИГ должен быть подсоединён к тому концу клещей, который расположен ближе к ИТС. При испытаниях емкостные клещи с уложенным в них кабелем должны по возможности быть наиболее плотно закрыты, чтобы обеспечить максимальную ёмкость между кабелем и емкостными клещами. Типовое значение ёмкости связи между кабелем и емкостными клещами составляет 50...200 пФ.

Метод испытаний с использованием емкостных клещей связи предназначен для подачи НИП на порты сигналов ввода/вывода, но может также использоваться применительно к портам электропитания переменного и постоянного токов ТС, если нельзя использовать устройство связи/развязки.

ИТС должно быть размещено на пластине заземления и изолировано от неё изоляционной подставкой толщиной $(0,1 \pm 0,01)$ м. ИТС должно быть установлено и подключено к линиям электропитания, ввода/вывода и заземления в соответствии с технической документацией.

Для подачи НИП следует использовать устройство связи. Оно должно быть подключено к линиям между ИТС и устройством развязки или между двумя ИТС, участвующими в испытаниях. При использовании емкостных клещей связи минимальное расстояние между их пластинами связи и всеми другими проводящими конструкциями, за исключением пластины заземления под емкостными клещами связи и под ИТС, должно быть 0,5 м.

Длина сигнальных кабелей и кабелей электропитания между устройством связи и ИТС должна быть не более 1 м.

НИП должны подаваться на следующие порты ИТС:

- порты электропитания (для случая однофазной трёхпроводной сети электропитания переменного тока – см. рис. 4.7);
- порты сигналов ввода/вывода;
- порты заземления корпусов ТС.

При проведении испытаний ИТС должно функционировать непрерывно в режиме, обеспечивающем наибольшую восприимчивость к воздействию НИП. Для проверки характеристик ИГ требованиям ГОСТ его выход необходимо подключить через 50-омный коаксиальный аттенюатор к осциллографу. Ширина полосы пропускания осциллографа должна быть не менее 400 МГц. В пачке должны контролироваться длительность фронта импульса, длительность и частота повторения импульсов.

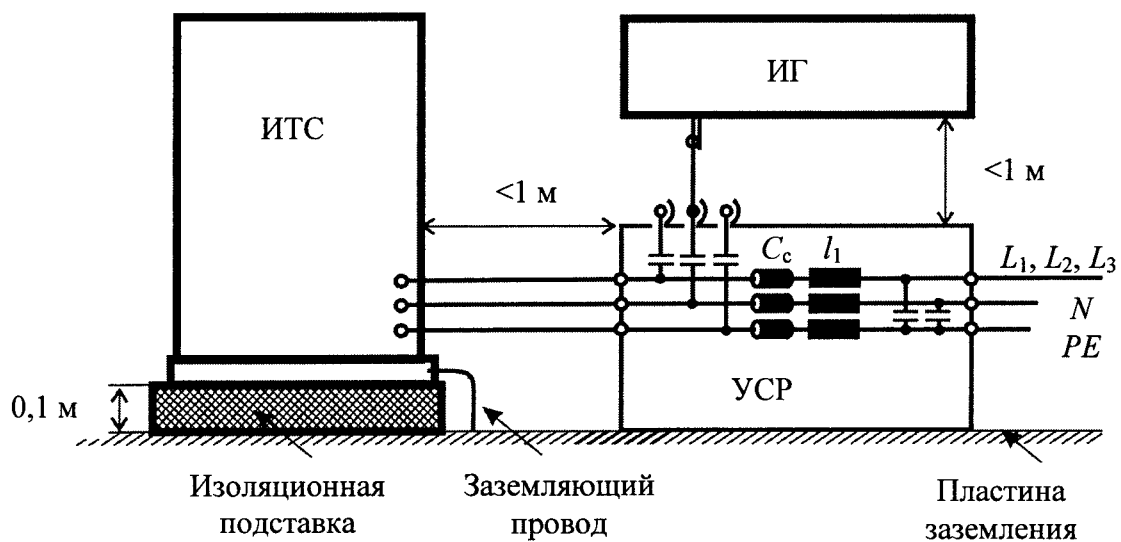


Рис. 4.7

Схема испытаний технического средства с подачей наносекундных излучаемых помех в проходящем через емкостные клещи связи кабеле питания приведена на рис. 4.8.

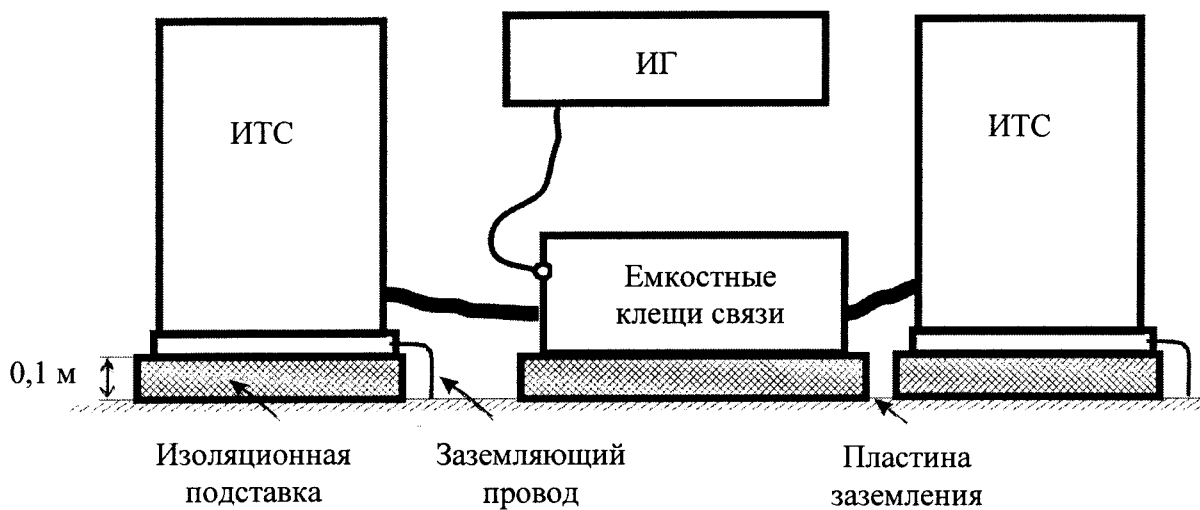


Рис. 4.8

Пример организации рабочего места для испытаний переносного технического средства приведён на рис. 4.9.

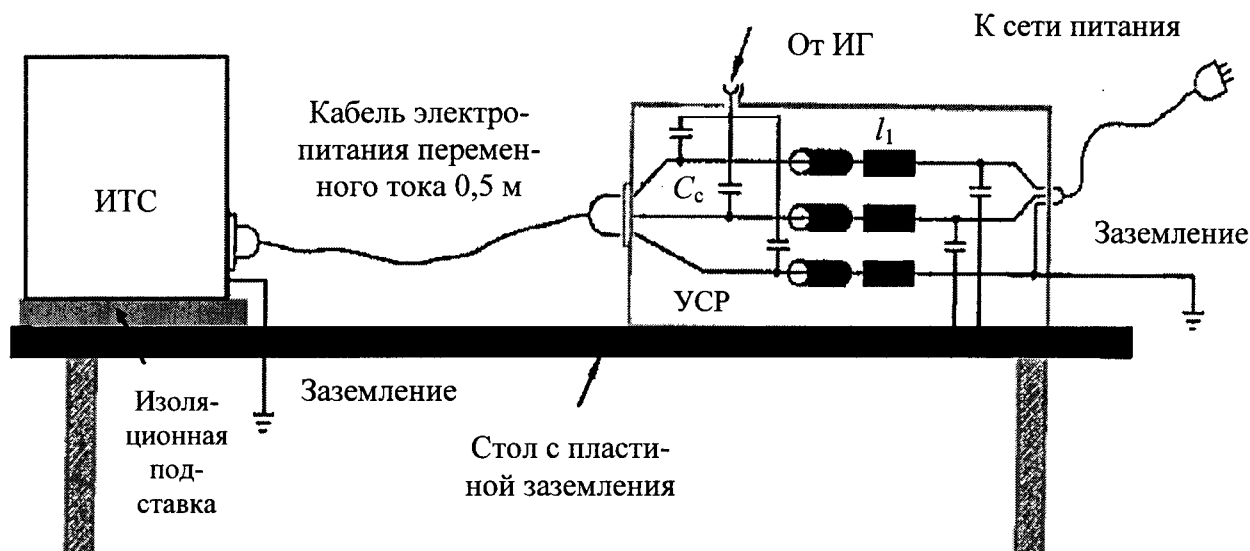


Рис. 4.9

Программа испытаний должна устанавливать:

- вид испытаний;
- степень жёсткости испытаний;
- полярность испытательного напряжения (необходимы обе полярности);
- внутренний или внешний способ запуска ИГ;
- длительность испытания (не менее 1 мин);
- количество воздействий НИП;
- порты ИТС, которые должны испытываться;
- режимы работы ИТС;
- последовательность подачи импульсных помех на порты ИТС (поочередно по портам) или на кабели, содержащие более чем одну проверяемую цепь;
- состав вспомогательного оборудования.

Степень жёсткости проводимых испытаний не должна превышать указанную в технической документации на техническое средство. Это может вызвать выход его из строя.

Испытуемые ТС (с потребляемым током не более 10 А) рекомендуется подключать к розетке ВЫХОД при выключённом питании генератора.

После подключения технического средства к генератору следует включить переключатель СЕТЬ ИГ и питание ТС.

После включения генератора на дисплее появляется текст и курсор в виде стрелки в верхней строке следующего вида:

Ампл.:	0.25кВ ←
Выход:	Ф +
Режим:	Норм
00:00:00	

Амплитуда выходных импульсов при холостом ходе устанавливается при помощи кнопок ⊕ и ⊖. Курсор должен находиться в строке *Ампл.:*. При этом можно выбрать значения: **0,25; 0,5; 1,0; 2,0 и 4,0 кВ**.

Перемещение курсора по строкам осуществляется при помощи кнопок ↓ и ↑.

Схема подачи испытательных импульсов, а также их полярность, выбираются при установке курсора в строку *Выход:* при помощи кнопок ⊕ и ⊖. При этом последовательно появляются надписи **Ф+, Ф–, О+, О–, З+, З–, Ф–О+, Ф–О–, ЕК4+, ЕК4–**, которые указывают схему подключения и полярность (Ф – фаза, О – ноль, З – земля, ЕК4 – выход для подключения емкостных клещей).

При установке курсора в строку *Режим:* при помощи кнопок ⊕ и ⊖ можно переключать режимы работы генератора нормальный (*Норм*) и циклический (*Цикл*). В нормальном режиме пачки испытательных импульсов установленных амплитуды и полярности вырабатываются на выбранном выходе в течение 60 с, после чего генератор переходит в режим *Стоп*. В циклическом режиме пачки испытательных импульсов установленной амплитуды последовательно подаются по 60 с на выходы **Ф+, Ф–, О+, О–, З+, З–**.

Емкостные клещи подключаются к выходу ЕК4 при помощи коаксиального кабеля, входящего в комплект генератора. Пуск и останов генерации пачек испытательных импульсов осуществляются нажатием на кнопку ПУСК/СТОП. При этом светодиод, расположенный рядом с этой кнопкой, загорается зелёным светом, а во время формирования пачки вспыхивает красным. Во время генерации производится отсчёт времени в нижнем правом углу дисплея. После окончания испытаний следует выключить питание технического средства, выключить питание ИГ и отсоединить ТС от розетки Выход генератора.

Результаты испытаний. Должны быть классифицированы на основе приведённых далее критериев качества функционирования с учётом условий применения и функциональных требований к ИТС:

А. Нормальное функционирование в соответствии с установленными требованиями.

В. Временное ухудшение выполнения функции или ухудшение качества функционирования, которые исчезают после прекращения помехи и не требуют вмешательства оператора для восстановления работоспособности.

С. Временное прекращение выполнения функции или ухудшение качества функционирования, восстановление работоспособности, которые требуют вмешательства оператора или перезапуска системы.

Д. Ухудшение или потеря функции, которая не может быть восстановлена из-за повреждения оборудования (компонентов) или программного обеспечения либо потери данных.

ИТС не должно становиться опасным или ненадёжным в результате проведения испытаний.

Как правило, результаты испытаний считаются положительными, если испытуемое техническое средство обеспечивает функционирование с заданным качеством в течение всего периода воздействия помех, а в конце испытаний ИТС соответствует функциональным требованиям, установленным в технической документации.

4.3. Содержание и порядок выполнения работы

Для указанного преподавателем прибора или образца оборудования составьте программу испытаний на воздействие наносекундных импульсных помех исходя из назначения и условий его использования. После этого проведите соответствующие испытания, подключив прибор к установке, обработайте результаты и дайте заключение о прохождении оборудованием испытаний.

Указания мер безопасности

- **Запрещается** включать испытательный генератор в сеть со снятой верхней крышкой.
- **Обязательно** убедитесь в подключении защитного заземления.
- **Запрещается** прикасаться к сетевому кабелю испытуемого ТС и емкостным клещам в момент подачи испытательного воздействия.

1. Проверьте соответствие характеристик ИГ требованиям ГОСТ. Для этого выход ИГ необходимо подключить через 50-омный коаксиальный аттенюатор к осциллографу. Ширина полосы пропускания осциллографа должна быть не менее 400 МГц. В пачке должны контролироваться длительность фронта импульса, длительность и частота повторения импульсов.

2. Подключите ИГ через УСР или емкостные клещи к испытываемому прибору. Подайте питание на установку. Установите положительную полярность. Увеличивая амплитуду импульсов, зафиксируйте значение амплитуды, при котором возникают сбои в работе испытываемого прибора. Испытание необходимо выполнить при действии помехи на всех входах схемы и по цепям её питания. Аналогично зафиксируйте уровень восприимчивости для другой полярности импульсов.

3. Проведите испытание предложенных преподавателем приборов.

4. Сформулируйте выводы о восприимчивости испытанных схем. Оцените и сравните их помехоустойчивость.

4.4. Содержание отчёта

В отчёте должны содержаться следующие данные:

- цель работы;
- краткое описание испытываемого и испытательного оборудования;
- осциллограммы создаваемых импульсных помех;
- программа испытаний;
- протокол и результаты испытаний;
- подробные выводы по результатам работы.

4.5. Контрольные вопросы

1. Каковы причины и источники образования наносекундных импульсных помех?

2. От чего зависит выбор степени жёсткости испытаний на наносекундные импульсные помехи?

3. Что входит в программу испытаний на устойчивость приборов и систем к наносекундным импульсным помехам?

4. На чём основываются выводы о восприимчивости испытанных приборов и их схем к НИП?

Лабораторная работа 5

ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРНОЙ ТЕХНИКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ РАЗРЯДАМ

Цели работы:

- ознакомление с нормативными требованиями по обеспечению электромагнитной совместимости разрабатываемых устройств;
- получение навыков испытаний оборудования и приборов на электромагнитную совместимость;
- определение уровней восприимчивости реального оборудования к электростатическим разрядам.

5.1. Общие сведения

Широкое использование микроэлектронных компонентов усиливает необходимость исследования различных проблем надёжности технических средств и систем и поиска путей повышения надёжности. В частности защита оборудования от разряда статического электричества имеет большое значение для изготовителей и потребителей. Оборудование также может быть подвержено воздействию электромагнитного поля, когда возникают разряды от обслуживающего персонала на близлежащие предметы. Кроме того, разряды могут возникнуть между металлическими предметами, такими например, как стулья и столы, находящиеся поблизости от оборудования. Трение одежды оператора может вызывать накопление электростатических зарядов. Оператор может заряжаться непосредственно или при помощи электростатической индукции; в последнем случае проводящий коврик не обеспечит защиты до тех пор, пока оператор не будет заземлён на него соответствующим образом. Электростатические разряды (ЭСР) от оператора могут привести к сбоям оборудования или повреждению электронных компонентов в зависимости от параметров импульса разрядного тока (амплитуда, время нарастания, длительность и т. д.).

Возникновению электростатических зарядов в наибольшей степени способствуют использование синтетических покрытий и низкая относительная влажность воздуха в помещениях. Максимальные значения напряжения, до которого могут быть заряжены операторы при контакте с материалами в зависимости от относительной влажности воздуха, приведены на рис. 5.1.

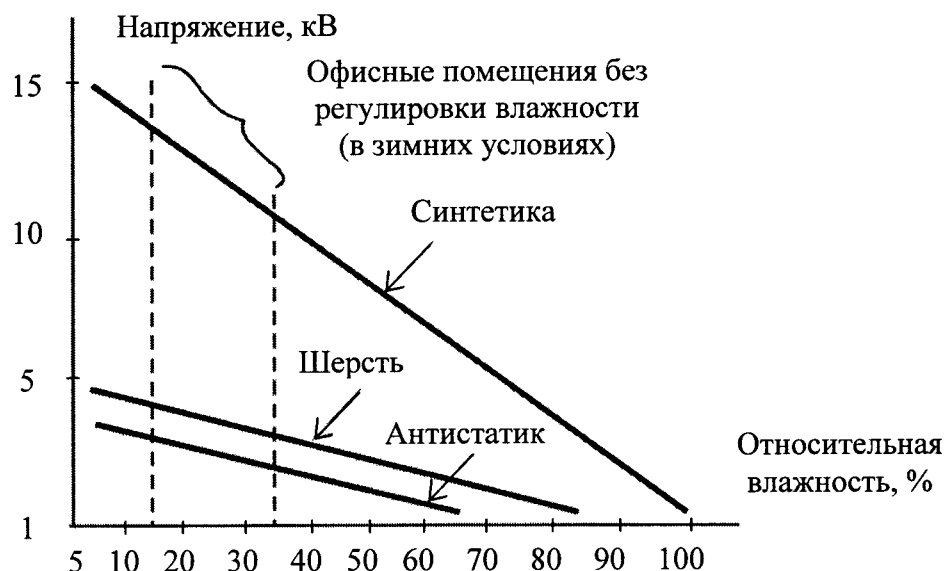


Рис. 5.1

Технические средства могут подвергаться воздействию ЭСР значением до нескольких киловольт в зависимости от типа синтетической ткани и относительной влажности окружающего воздуха, а также воздействию импульсных электромагнитных полей, когда происходят электростатические разряды от оператора на расположенные вблизи ТС, металлические предметы и оборудование.

ГОСТ Р 51317.4.2–99 “Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний” распространяется на электротехнические, электронные и радиоэлектронные изделия и оборудование и устанавливает требования и методы их испытаний на устойчивость к ЭСР как при прямом воздействии от оператора, так и при непрямом воздействии от него на расположенные вблизи ТС предметы и оборудование. Стандарт устанавливает степени жёсткости испытаний, которые относятся к различным условиям эксплуатации ТС, а также методы испытаний.

Предпочтительным методом испытаний является метод *контактного ЭСР* (далее в тексте – контактный разряд). Методом *воздушного ЭСР* (далее в тексте – воздушный разряд) пользуются в случаях, когда невозможно применить контактный разряд. Степени жёсткости испытаний, выбираемые в соответствии с типовым размещением и условиями окружающей среды, приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Степень жёсткости	Относительная влажность, не выше, %	Материал		Испытательное напряжение, кВ	
		антистатический	синтетический	Воздушный разряд	Контактный разряд
1	35	X		2	2
2	10	X		4	4
3	50		X	8	6
4	10		X	15	8

Для некоторых материалов (дерево, бетон и керамика) вероятный уровень не выше степени жёсткости 2.

Наиболее существенным параметром является скорость изменения разрядного тока, которая может быть получена при различных комбинациях зарядного напряжения, пикового разрядного тока и времени нарастания.

Вместе с тем при очень низкой влажности среды и применении синтетических материалов возникают высокие напряжения, превышающие 15 кВ. В случае испытаний оборудования с изолирующими поверхностями можно использовать метод воздушного разряда при напряжении до 15 кВ.

5.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из испытательного генератора (ИГ), ИТС и вспомогательного оборудования, необходимого для воздействия прямыми и непрямыми электростатическими разрядами:

- контактными разрядами на проводящие поверхности ИТС и на пластины связи;
- воздушными разрядами на изолированные поверхности ИТС.

Испытательный генератор ИГЭ предназначен для создания нормированных испытательных импульсов при проведении испытаний технических средств, которые могут подвергаться воздействию электростатических разрядов. Основными элементами испытательного генератора, упрощённая электрическая схема которого приведена на рис. 5.2, являются зарядный резистор $R_3 = 50 \dots 100 \text{ МОм}$, накопительный конденсатор $C_H = 150 \text{ пФ}$, распределённая ёмкость C_p между генератором и испытуемым техническим средством, пластиной заземления, разрядный резистор $R_p = 300 \text{ Ом}$, разрядный ключ, сменные наконечники разрядного электрода, источник электропитания.

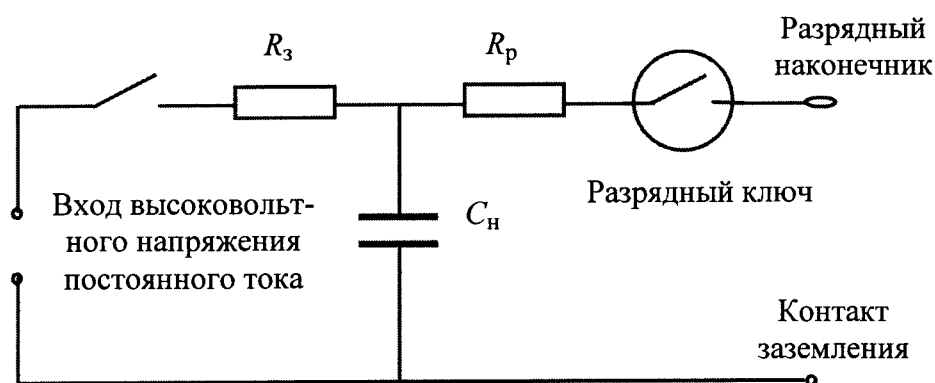


Рис. 5.2

Технические характеристики ИГ:

- общая ёмкость ($C_n + C_p$) ($\pm 10\%$), пФ – 150;
- разрядное сопротивление ($\pm 5\%$), Ом – 330;
- зарядное сопротивление, МОм – 50;
- номинальное выходное (испытательное) напряжение:
 - контактный разряд, кВ – 2, 4, 6, 7, 8,
 - воздушный разряд, кВ – 2, 4, 6, 8, 14, 15;
- полярность выходного напряжения – положительная и отрицательная;
- режимы работы – однократный/ с частотой 1 Гц/ с частотой 5 Гц.

Вид импульса разрядного тока при контакжном разряде показан на рис. 5.3, а параметры выходных импульсов при контакжном разряде приведены в табл. 5.2.

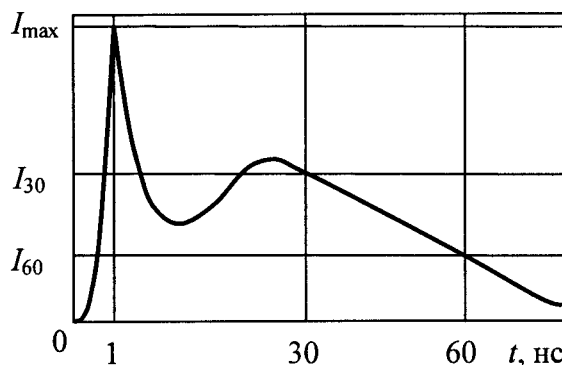


Рис. 5.3

Таблица 5.2

Характеристика	Значение параметра				
Положение переключателя “АМПЛИТУДА, кВ”	2	4	6	7	8
Испытательное напряжение $\pm 10\%$, кВ	2,0	4,0	6,0	7,0	8,0
Время нарастания t_n , нс	0,7...1,0				
Ток первого максимума $\pm 10\%$, А	7,5	15,0	22,5	26,3	30,0
Ток разряда ($\pm 30\%$) при 30 нс, А	4,0	8,0	12,0	14,0	16,0
То же при 60 нс, А	2,0	4,0	6,0	7,0	8,0

Правила проведения испытаний. Испытуемое техническое средство должно быть установлено на изоляционной опоре толщиной 0,1 м, уложенной поверх плоскости заземления. Пластина заземления должна представлять собой медный или алюминиевый металлический лист толщиной не менее 0,25 мм, выступать за контур ИТС с каждой стороны не менее чем на 0,1 м и быть соединена с защитным заземлением. Дополнительные соединения с защитным заземлением *не допускаются*. Провод заземления ИГ должен быть соединен с пластиной заземления. Соединения заземляющих проводов с пластиной заземления, а также все другие соединения должны, обладать возможно более низким сопротивлением.

Вертикальные и горизонтальные пластины связи, которые необходимо использовать при проведении испытаний, должны быть изготовлены из материала того же типа и той же толщины, что и пластина заземления, и подключены к пластине заземления с помощью провода, имеющего на каждом конце резисторы 470 кОм. Резисторы должны быть изолированы, чтобы избежать короткого замыкания, когда провод прикасается к пластине заземления. Резисторы должны выдерживать напряжение электростатического разряда.

ИТС должно быть установлено и подключено к цепям электропитания и сигнальным цепям ввода/вывода в соответствии с технической документацией изготовителя.

Для имитации непрямого воздействия ЭСР на расположенные рядом ТС, корпуса которых имеют защитное заземление, дополнительно должны быть проведены испытания при подключении вертикальной пластины связи к пластине заземления проводом заземления длиной 2 м без резисторов.

Прямое воздействие ЭСР на ИТС. Электростатические разряды должны быть поданы только к тем точкам и поверхностям испытуемого технического средства, которые доступны обслуживающему персоналу при эксплуатации ИТС.

Подача ЭСР на любую точку ИТС, которая доступна только при наладке, исключая техническое обслуживание потребителем, *не допускается*, если не даны иные указания в технической документации ТС.

Испытательные точки для воздействия разрядами могут включать, например, следующие:

- точки на металлических частях корпуса;

- любая точка на панели управления или на клавиатуре и любые другие точки связи “человек – машина”, такие, как переключатели, рукоятки, кнопки и другие доступные для оператора места;
- индикаторы, светодиоды, щели, решётки, корпуса соединителей и т. п.

При испытаниях выходное напряжение ИГ следует повышать от минимального значения до значения, соответствующего выбранной степени жёсткости. Чтобы избежать повреждения ИТС, степень жёсткости испытаний не должна превышать значения, указанного в технической документации на него.

Испытание должно осуществляться одиночными ЭСР. На каждую выбранную точку должно быть произведено не менее 10 одиночных разрядов с полярностью, соответствующей наибольшей восприимчивости ИТС.

Рекомендуется выбирать временной интервал между последовательными одиночными разрядами длительностью 1 с. Более длительные интервалы используются для определения нарушения функционирования ИТС.

Точки, на которые должны подаваться разряды, могут выбираться с помощью исследования, проводимого при частоте повторения 20 разр./с.

Наконечник разрядного электрода ИГ должен располагаться перпендикулярно к поверхности, на которую производят разряд. Это улучшает повторяемость результатов испытаний.

Во время ЭСР провод заземления ИГ должен располагаться на расстоянии не менее 0,2 м от ИТС.

При контактных ЭСР следует сначала прикоснуться наконечником разрядного электрода к ИТС, а затем включить разрядный ключ ИГ.

В случае, если проводящие поверхности ИТС окрашены, необходимо выполнять следующие требования:

- если изготовитель ТС не указывает, что покрытие предназначено для изоляции, необходимо проколоть покрытие наконечником ИГ для осуществления контакта с проводящей поверхностью;
- покрытие, указанное изготовителем как изолирующее, должно подвергаться испытаниям только воздушными ЭСР.

При воздушных ЭСР круглый наконечник разрядного электрода следует по возможности быстрым движением (не вызывая механических повреждений поверхности) приблизить до прикосновения к ИТС. После каждого

ЭСР наконечник разрядного электрода ИГ необходимо удалять от ИТС для подготовки к следующему разряду. Эта процедура должна повторяться необходимое количество раз. При испытаниях на воздушный ЭСР разрядный ключ, который используется для контактного ЭСР, должен быть постоянно замкнут.

Непрямое воздействие ЭСР на ИТС. Электростатические разряды на объекты и оборудование, расположенные около ИТС, имитируют подачей разрядов ИГ на пластины связи по методу контактного разряда.

1. *Горизонтальная пластина связи под ИТС.* На неё должны быть поданы не менее 10 одиночных разрядов с полярностью, соответствующей наибольшей восприимчивости ИТС с каждой стороны ИТС. Наконечник разрядного электрода ИГ должен касаться пластины связи и располагаться вертикально на расстоянии 0,1 м от ИТС.

2. *Вертикальная пластина связи* размерами 0,5×0,5 м устанавливается параллельно ИТС на расстоянии 0,1 м от ИТС. На центр её вертикального ребра должны быть поданы не менее 10 одиночных разрядов с полярностью, соответствующей наибольшей восприимчивости ИТС. Разряды должны подаваться на пластину связи при её размещении против каждой из четырёх сторон ИТС.

Настольные ИТС. Рабочее место для испытаний должно состоять из деревянного стола высотой 0,8 м, установленного на пластину заземления.

Горизонтальная пластина связи должна быть размещена на столе. ИТС и кабели должны быть изолированы от плоскости связи изоляционной прокладкой толщиной 0,5 мм.

Результаты испытаний. Должны быть классифицированы на основе нижеприведенных критериев качества функционирования А, В, С, D, если только иные требования не определены технической документацией на конкретные ТС:

А. Нормальное функционирование в соответствии с установленными требованиями.

В. Временное снижение качества функционирования либо потеря функции или работоспособности с самовосстановлением.

С. Временное снижение качества функционирования либо потеря функции или работоспособности, которые требуют вмешательства оператора или перезапуска системы.

Д. Снижение качества функционирования или потеря функции, которая не может быть восстановлена оператором из-за повреждения оборудования (компонентов) или программного обеспечения, а также потери данных.

ИТС не должно становиться опасным или ненадёжным в результате проведения испытаний.

Как правило, результаты испытания считаются положительным, если ИТС сохраняет помехоустойчивость с заданным качеством функционирования в течение всего периода воздействия помех, а по окончании испытаний оно соответствует функциональным требованиям, установленным в технической документации.

5.3. Содержание и порядок выполнения работы

Разработайте программу испытаний для указанного преподавателем ИТС, которая должна включать:

- условия работы ИТС;
- точки, к которым должны быть приложены разряды;
- указание о том, какой разряд должен быть приложен (контактный или воздушный) к каждой точке;
- степень жёсткости испытаний и критерий качества функционирования;
- количество разрядов, которое должно быть приложено к каждой точке для полного выполнения испытания.

Указания мер безопасности

- **Запрещается** прикасаться к разрядному наконечнику при работе генератора. Сменные наконечники следует заменять только при выключенном из сети блоке питания, предварительно разрядив накопительный конденсатор прикосновением разрядного наконечника к заземлённой поверхности.

- **Запрещается** эксплуатация генератора ИГЭ 15.2 без ленты заземления, подключённой к земляной шине.

- **Запрещается** переключать режимы работы генератора при нажатых кнопках ПУСК или КОНТРОЛЬ.

Испытайте оборудование на воздействие электростатических разрядов. Для этого следует выполнить следующие действия.

1. Включите испытательный генератор. Установите режимы работы генератора с помощью переключателей, расположенных на левой стороне кор-

пуска. Помните, что запрещается переключать полярность выходных импульсов, режим работы и степень жёсткости при нажатых кнопках ПУСК или КОНТРОЛЬ.

2. Установите сменный наконечник, соответствующий выбранному режиму разряда (при воздушных ЭСР круглый наконечник, при контактных – заострённый).

3. Установите необходимое значение зарядного напряжения переключателем, расположенным на левой стороне рукоятки. Для этого нужно установить переключатель в положение, когда соответствующая цифра находится напротив риски на рукоятке.

4. Проконтролируйте значение зарядного напряжения при помощи встроенного вольтметра нажатием кнопки КОНТРОЛЬ, расположенной слева под ним на левой стороне корпуса. Генератор при этом следует держать так, чтобы исключить прикосновение к разрядному наконечнику.

5. Проведите испытания в соответствии с методикой, указанной в ГОСТ Р 51317.4.2-99 или в ГОСТ 50607-93, и с разработанной программой испытаний. Для получения одиночных разрядов следует кратковременно нажимать на кнопку ПУСК, расположенную на передней стороне рукоятки. При этом светодиод на левой стороне корпуса вспыхивает красным светом. Если кнопку удерживать в нажатом состоянии, то выходные импульсы вырабатываются с частотой 1 или 5 Гц, в зависимости от положения соответствующего переключателя. Проследите за изменением в работе ИТС, результаты запишите в протокол.

После окончания испытаний разрядите накопительный конденсатор прикосновением разрядного наконечника к заземлённой поверхности, после чего не нажимайте на кнопки ПУСК или КОНТРОЛЬ.

5.3. Содержание отчёта

В отчёте должны содержаться следующие данные:

- цель работы;
- краткое описание испытуемого и испытательного оборудования;
- программа испытаний;
- протокол и результаты испытаний;
- подробные выводы по результатам работы.

Лабораторная работа 6

ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРНОЙ ТЕХНИКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ИЗМЕНЕНИЯМ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Цели работы:

- ознакомление с нормативными требованиями по обеспечению электромагнитной совместимости разрабатываемых устройств;
- получение навыков испытаний оборудования и приборов на электромагнитную совместимость;
- определение уровней восприимчивости реального оборудования к изменению параметров электропитания.

6.1. Общие сведения

Международные и отечественные стандарты на электромагнитную совместимость требуют проведения испытаний электротехнических, электронных и радиоэлектронных изделий и оборудования (далее в тексте – технических средств, или ТС), подключаемых к низковольтным распределительным электрическим сетям переменного тока (напряжением не более 1000 В), на устойчивость к изменениям параметров электропитания.

ТС могут подвергаться воздействию провалов напряжения, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания. Провалы и кратковременные прерывания напряжения возникают из-за неисправностей в электрических сетях, вызываемых прежде всего короткими замыканиями, а также из-за внезапного резкого изменения нагрузки. В определенных случаях могут возникать два или более последовательных провала либо прерывания напряжения.

Требования и методику испытаний предлагается изучить непосредственно по нормативным документам, в частности ГОСТ Р 51317.4.11-2007 “Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний”. Испытания заключаются в проверке работоспособности оборудования в условиях действия помех, создаваемых испытательным генератором и подаваемых в цепи питания.

Изменения напряжения между номинальным значением напряжения электропитания U_T и установленным пониженным значением испытательно-

го напряжения должны быть резкими. Провал и кратковременное прерывание напряжения могут начинаться и заканчиваться при любой фазе напряжения электропитания.

Применяются уровни испытательных напряжений 0, 40, 70 и 80 % U_T . Рекомендуемые уровни испытательных напряжений и длительности для провалов напряжения для различных классов электромагнитной обстановки (ЭМО) указаны в табл. 6.1, а для кратковременных прерываний напряжения – в табл. 6.2.

Таблица 6.1

Класс ЭМО	Уровень испытательных напряжений (% U_T) и длительность провалов напряжения (количество периодов T)				
1	Устанавливают в каждом конкретном случае в соответствии с техническими документами на ТС				
2	0 % U_T 0,5 T	0 % U_T 1 T	70 % U_T в течение 25 T		
3			40 % U_T 10 T	70 % U_T 25 T	80 % U_T 250 T
X	Устанавливаются стандартами на ТС конкретного вида				

Таблица 6.2

Класс ЭМО	Уровень испытательных напряжений и длительность кратковременных прерываний напряжения
1	Устанавливают в каждом конкретном случае в соответствии с техническими документами на ТС
2 и 3	0 % U в течение 250 периодов
X	Устанавливаются стандартами на ТС конкретного вида

Методы испытаний. ИТС должно быть подвергнуто испытаниям при подаче для каждой выбранной комбинации испытательного напряжения и длительности трёх провалов/прерываний напряжения с интервалами не менее 10 с.

Провалы напряжения электропитания должны происходить при переходе напряжения через ноль за исключением случаев, когда в стандартах на ТС конкретного вида установлен фазовый угол провала напряжения.

Для кратковременных прерываний напряжения должен быть установлен фазовый угол, обеспечивающий наибольшую восприимчивость ТС к воздействию прерывания напряжения. Если данный фазовый угол не установлен, рекомендуется использовать угол 0°.

Оценка результатов испытаний. Результаты испытаний должны быть классифицированы, исходя из прекращения выполнения функций или ухудшения качества функционирования ИТС в сравнении с установленным уровнем функционирования, определенным изготовителем ТС или заказчиком испытаний.

При испытаниях на помехоустойчивость рекомендуется следующая классификация критериев качества функционирования ТС:

А. Нормальное функционирование в соответствии с требованиями, установленными изготовителем, заказчиком испытаний или пользователем.

В. Временное прекращение выполнения функции или ухудшение качества функционирования, которые исчезают после прекращения помехи и не требуют вмешательства оператора для восстановления работоспособности.

С. Временное прекращение выполнения функции или ухудшения качества функционирования, восстановление которых требует вмешательства оператора.

Д. Прекращение выполнения функции или ухудшение качества функционирования ТС, которые не могут быть восстановлены или из-за повреждения ТС, или из-за повреждения программного обеспечения, или из-за потери данных.

6.2. Описание лабораторной установки

Установка содержит испытательный генератор ИГД 8.1м, структурная схема которого приведена на рис. 6.1, а также испытуемое электронное оборудование.

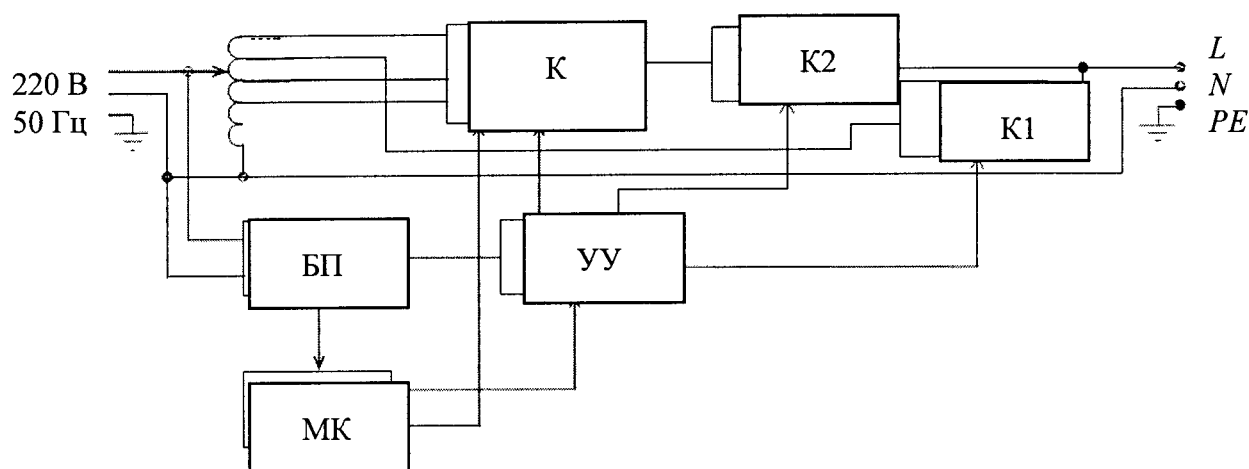


Рис. 6.1

Основные обозначения на схеме: БП – блок питания, МК – микропроцессорный контроллер, УУ – устройство управления, К – коммутатор, К1 и К2 – электронные ключи.

Испытательный генератор ИГД 8.1м предназначен для создания нормированных динамических изменений напряжения сети электропитания (прерываний, провалов, выбросов и длительных прерываний) при проведении испытаний ТС, питающихся от однофазной сети 220 В; 50 Гц.

Прерывания, провалы и выбросы напряжения созданы с использованием трансформатора с коммутируемыми отводами. Одновременное размыкание обоих ключей прерывает подачу электропитания. Длительность прерывания может быть предварительно задана. Провалы и выбросы напряжения имитируют попеременным отключением ключей 1 и 2. Эти два ключа никогда не замыкаются в одно и то же время.

Порядок работы с ИГД 8.1м. Испытуемые ТС подключаются к розетке ВЫХОД при выключенном питании генератора. Далее следует включить переключатель СЕТЬ генератора и включить питание ТС. После включения генератора на дисплее появляются текст и курсор в виде стрелки в верхней строке:

51317.4.11-99	←
50009-2000	
Установка	

Перемещение курсора осуществляется при помощи кнопок ↓ и ↑. Выбор в меню осуществляется при помощи кнопок ⊕ и ⊖. Запуск производится кнопкой ПУСК/СТОП.

Испытания по ГОСТ Р 51317.4.11-99. Вместо ГОСТ Р 51317.4.11-99 введён в действие ГОСТ Р 51317.4.11-2007, поэтому предусмотренные в настройках генератора режимы не актуальны.

Испытания в режиме “Установка”. Работа в данном режиме позволяет в широких пределах изменять параметры испытаний. После выбора режима испытаний “Установка” из главного меню на дисплее появится меню:

Установка:	←
Прерывания	
Провалы	
Выбросы	

Нажатие кнопок \oplus или \ominus при положении курсора в верхней строке приводит к возврату в главное меню. При выборе этих опций в других строках появляется подменю режимов испытаний.

Режим прерываний устанавливается в окне дисплея:

Длит.	100 мс	←
Период	1000 мс	
$\varphi =$	0°	N= 3
220.0 В	0.00 А	

После позиционирования курсора в соответствующую позицию при помощи кнопок \oplus и \ominus можно установить длительность прерываний в пределах от 10 до 99000 мс с шагом 10 мс, период прерываний в пределах от 20 до 99980 мс с шагом 20 мс, фазовый сдвиг начала и конца прерывания относительно напряжения сети в пределах от 0 до 315° с шагом 45°, количество прерываний от 1 до 100 (по умолчанию 3). При удерживании кнопок в нажатом состоянии происходит автоматическое изменение параметра, причём при продолжительном удерживании скорость изменения многократно возрастает. Из нижней строки осуществляется возврат в предыдущее меню.

Режим провалов отличается тем, что сначала появляется меню, дающее возможность выбрать амплитуду провалов:

Провалы:	←
30 % $U_{ном}$	
60 % $U_{ном}$	

После выбора амплитуды работа не отличается от работы в режиме прерываний.

Работа в *режиме выбросов* не отличается от работы в режиме прерываний.

6.3. Содержание и порядок выполнения работы

1. Разработайте программу испытаний для указанного преподавателем ИТС, которая должна включать:

- условия работы ИТС;
- степень жёсткости испытаний.

2. Испытайте ИТС на воздействие прерываний напряжения в питающей сети. Для этого подключите испытуемое оборудование к генератору ИГД

8.1м и включите его в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Создайте на оборудовании прерывания напряжения минимальной длительности. Увеличивая длительность прерывания, зафиксируйте и запишите значения параметров прерывания, приводящие к нарушению работы оборудования.

2. Испытайте оборудование на воздействие провалов напряжения в питающей сети. Для этого создайте на нём провалы напряжения минимальных длительности и значения. Увеличивая величину провала и его длительность, зафиксируйте значения параметров провалов, приводящие к нарушению работы оборудования. По результатам испытаний постройте график зависимости величины провала напряжения от его длительности, при которых наблюдаются сбои в работе ИТС. Определите область помехоустойчивости работы оборудования.

3. Испытайте другие испытываемые технические средства в соответствии с указаниями преподавателя.

6.3. Содержание отчёта

В отчёте должны содержаться следующие данные:

- цель работы;
- краткое описание испытываемого и испытательного оборудования, технические характеристики имитаторов;
- программа испытаний;
- протокол и результаты испытаний;
- подробные выводы по результатам работы.

6.4. Контрольные вопросы

1. Каковы причины некачественной электроэнергии в системах питания приборов и устройств?

2. От чего зависит выбор степени жёсткости испытаний на изменение параметров электропитания?

3. Что входит в программу испытаний на устойчивость приборов и систем к изменениям параметров электропитания в однофазных сетях напряжением 220 В?

4. На чём основываются выводы о восприимчивости испытанных приборов и их схем к некачественному питанию?

Список рекомендуемой литературы

ГОСТ Р 51317.2.5–2000 (МЭК 61000-2-5–95). Совместимость технических средств электромагнитная. Электромагнитная обстановка. Классификация электромагнитных помех в местах размещения технических средств. – Введ. 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов 2001. – 42 с.

ГОСТ Р 51317.3.2–2006 (МЭК 61000-3-2:2005). Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний. – Введ. 2007-07-01. – М.: Стандартиформ, 2007. – 28 с.

ГОСТ Р 51317.3.3–99 (МЭК 61000-3-3–94). Совместимость технических средств электромагнитная. Колебания напряжения и фликер, вызываемые техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе), подключаемыми к низковольтным системам электроснабжения. Нормы и методы испытаний. – Введ. 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 20 с.

ГОСТ Р 51317.4.1–2000 (МЭК 61000-4-1–2000). Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Виды испытаний. – Введ. 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 16 с.

ГОСТ Р 51317.4.2–99 (МЭК 61000-4-2–95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний. – Введ. 2001-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 20 с.

ГОСТ Р 51317.4.4–2007 (МЭК 61000-4-4:2004) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний. – Введ. 2008-07-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 22 с.

ГОСТ Р 51317.4.5–99 (МЭК 61000-4-5–95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний. – Введ. 2001-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 31 с.

ГОСТ Р 51317.4.11–2007 Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний. – Введ. 2007-12-27. – М.: Стандартиформ, 2008. – 20 с.

ГОСТ Р 51317.4.14–2000 (МЭК 61000-4-14–99) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к колебаниям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний. – Введ. 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 12 с.

ГОСТ Р 51318.11–2006 (СИСПР 11–2004). Совместимость технических средств электромагнитная. Промышленные, научные, медицинские и бытовые (ПНМБ) высокочастотные устройства. Радиопомехи индустриальные. Нормы и методы измерений. – Введ. 2007-07-01. – М.: Стандартиформ, 2007. – 36 с.

Содержание

Лабораторная работа 1. Испытания приборной техники на эмиссию кондуктивных радиопомех	3
Лабораторная работа 2. Испытания электрической изоляции приборов повышенным напряжением	26
Лабораторная работа 3. Испытания приборной техники на устойчивость к микросекундным импульсным помехам	37
Лабораторная работа 4. Испытания приборной техники на устойчивость к наносекундным импульсным помехам	51
Лабораторная работа 5. Испытания приборной техники на устойчивость к электростатическим разрядам.....	64
Лабораторная работа 6. Испытания приборной техники на устойчивость к изменениям параметров электропитания	73

Редактор И. Б. Синишева

Подписано в печать 21.06.2010. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура "Times New Roman."
Печ. л. 5,0.
Тираж 90 экз. Заказ 42 .

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"
197376, С.-Петербург, ул. Проф. Попова, 5