

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет “ЛЭТИ”

ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРОВ, УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ

**Методические указания
к лабораторным работам**

Санкт-Петербург
Издательство СПбГЭТУ “ЛЭТИ”
2011

УДК 681.2:614.825 (076.8)

Испытания приборов, устройств и систем: методические указания к лабораторным работам / сост.: В. А. Буканин, В. Н. Павлов, А. О. Трусов, А. Н. Иванов, Н. В. Блажко, А. О. Чвыров. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2011. – 80 с.

Содержат описания лабораторных работ по дисциплинам “Специальные вопросы проектирования безопасной приборной техники” и “Системы обеспечения безопасности технических средств управления”.

Предназначены для магистров СПбГЭТУ.

Утверждено
редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний

© СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2011

Лабораторная работа 1

ПРОВЕРКА СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ПРИБОРОВ И КОМПЛЕКТУЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ

Цели работы:

- ознакомление с нормативными требованиями и методами контроля электрической изоляции;
- получение навыков обращения с приборами контроля изоляции.

1.1. Общие сведения

Сопротивление изоляции – параметр, характеризующий основную защиту человека от поражения электрическим током, определяемый отношением приложенного к проверяемым цепям напряжения постоянного тока (тока нулевой частоты) к силе тока, протекающего через эту изоляцию. Чем меньше сила тока, тем больше сопротивление электрической изоляции и, следовательно, лучше условия по электробезопасности.

Контроль изоляции производится с целью своевременного выявления эксплуатационных повреждений, принятия необходимых мер для устранения неисправности и предупреждения возможной аварии либо несчастного случая.

Для измерения сопротивления изоляции применяются мегомметры генераторного типа или измерители с электронным преобразователем напряжения. В схеме любого мегомметра содержатся последовательно соединённые источник измерительного напряжения $U_{из}$, измеритель тока mA (с цифровой или стрелочной индикацией) и ограничительный резистор $R_{доб}$. Эта цепь подключается к измеряемому сопротивлению изоляции, например изоляции участка сети, к которой подключается нагрузка (рис. 1.1). Для получения информации о реальном состоянии изоляции измерительное напряжение должно быть соизмеримо с рабочим напряжением электроустановки.

Сопротивление изоляции электрооборудования измеряется при снятом рабочем напряжении (отключении автоматического выключателя QF). При отсутствии гальванической связи между токоведущими частями измеряется сопротивление изоляции участка токоведущих частей относительно земли или других участков токоведущих частей. Если в нагрузке имеется гальвани-

ческая связь, т. е. каждое из сопротивлений $Z_{\text{наг}}$ электрически соединено друг с другом, прибор контроля изоляции (ПКИ) измеряет эквивалентное сопротивление изоляции.

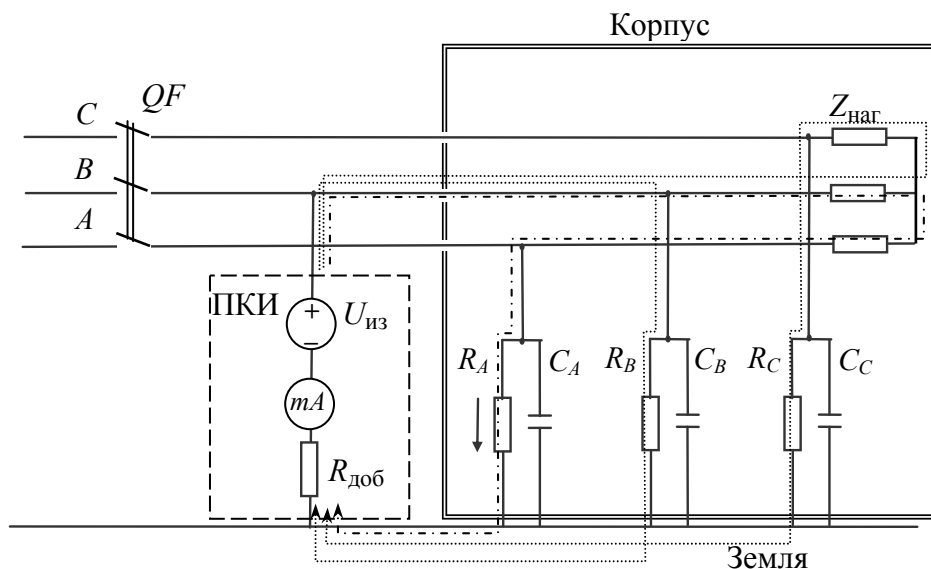


Рис 1.1. Схема измерения эквивалентного сопротивления изоляции относительно земли (корпуса) с помощью ПКИ, или мегомметра

Ток в измерительной цепи $I_{\text{изм}} = U_{\text{изм}} / (R_{\text{вн}} + R)$, где $R_{\text{вн}}$ – внутреннее сопротивление мегомметра (микроамперметра, источника измерительного напряжения и ограничительного резистора), R – измеряемое сопротивление изоляции. При постоянстве $U_{\text{изм}}$ и $R_{\text{вн}}$ ток $I_{\text{изм}}$ является однозначной функцией сопротивления изоляции, и поэтому прибор градуируется непосредственно в мегаомах или килоомах.

Для проведения измерений с помощью индукторного мегомметра его зажим Л (рис. 1.2) необходимо подключить к фазе сети (к токоведущей части контролируемого электротехнического изделия), а зажим З – к заземлителю (корпусу). Напряжение, развиваемое генератором, прикладывается к контролируемой изоляции, и через неё протекает ток, зависящий от значения сопротивления изоляции. Так как напряжение генератора может изменяться (привод его ручной, и поэтому скорость вращения якоря не стабилизирована), то для повышения точности измерений в мегомметре использован не микроамперметр, а логометр, имеющий две подвижные катушки. Катушка I через резистор R_1 подключается к якорю генератора Γ , т. е. ток в ней зависит от

текущего значения измерительного напряжения. Катушка 2 включена последовательно с ограничительным резистором R_2 и измеряемым сопротивлением изоляции R , т. е. ток I_2 в ней зависит как от текущего значения измерительного напряжения, так и от измеряемого сопротивления изоляции. Катушки 1 и 2 жёстко скреплены между собой, а магнитная система прибора сконструирована таким образом, чтобы их угол поворота зависел только от значения сопротивления изоляции. Рекомендуемая частота вращения рукоятки 2 об/с.

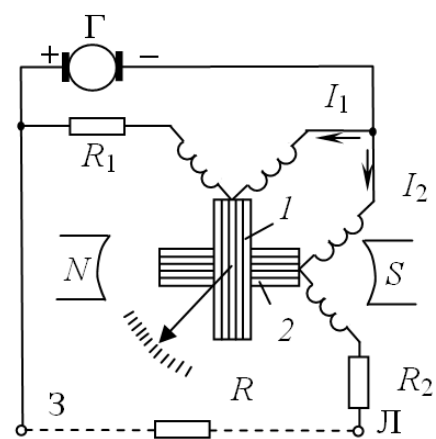


Рис. 1.2. Принципиальная схема индукторного мегомметра

Разработка высокоэффективных электронных преобразователей напряжения способствовало появлению малогабаритных мегомметров с аккумуляторным питанием. При выполнении лабораторных работ можно использовать токовые клещи с приставкой для измерения сопротивления изоляции.

Периодичность испытаний и минимальное допустимое значение сопротивления изоляции устанавливаются в технических условиях на изделия и должны соответствовать указанным в нормах испытаний электрооборудования и аппаратов Правил устройства электроустановок (ПУЭ), Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) и других нормативных документах.

Нормируемые значения сопротивления изоляции электроустановок зданий приведены в ГОСТ Р 50571.16-2007 (МЭК 60364-6:2006) “Электроустановки низковольтные. Часть 6. Испытания” (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Номинальное напряжение цепи	Напряжение мегомметра, В	Сопротивление изоляции, МОм
Системы сверхнизкого напряжения	250	$\geq 0,25$
До 500 В включительно, кроме систем сверхнизкого напряжения	500	$\geq 0,50$
Выше 500 В	1000	$\geq 1,00$

В соответствии с гл. 1.8 ПУЭ допустимые значения сопротивления изоляции для электроустановок напряжением до 1 кВ приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Испытываемый элемент	Напряжение мегомметра, В	Сопротивление изоляции, МОм
Цепи управления, защиты, автоматики и измерений	500-1000	1,0
Вторичные цепи и элементы при питании от отдельного источника или через разделительный трансформатор, рассчитанные на рабочее напряжение 60 В и ниже*	500	0,5
Электропроводки, в том числе осветительные сети	1000	0,5

* Должны быть приняты меры для предотвращения повреждения устройств, в особенности микроэлектронных и полупроводниковых элементов.

В соответствии с требованиями Российского морского регистра судоходства (РМРС) напряжение постоянного тока, развиваемое мегомметром при измерениях сопротивления изоляции, должно быть не менее указанного в табл. 1.3, а сопротивление изоляции относительно корпуса, а также между фазами (полюсами) электрического оборудования, должно быть не менее указанного в табл. 1.4.

Таблица 1.3

Номинальное напряжение изделия или цепи, В	Напряжение мегомметра, В
До 50	100
51...100	250
101...500	500
501...1000	1000
Свыше 1000	2500

Таблица 1.4

Электрическое оборудование	Минимальное сопротивление изоляции, МОм	
	в холодном состоянии	в горячем состоянии
Коммутационная, защитная и пускорегулирующая аппаратура	5	—
Приборы контроля управления судном, связи, сигнализации	20	—
Нагревательные и отопительные приборы	1	0,5
Статические преобразователи	10	5,0

Измерение сопротивления изоляции приборов и цепей проводится между гальванически развязанными токоведущими частями, а также по отношению к доступным прикосновению токопроводящим частям (корпусу) или к земле.

Сопротивление изоляции должно измеряться:

- между всеми частями изделия, предназначенными для работы под одинаковым напряжением и соединёнными вместе на время измерения, и любой доступной для прикосновения металлической частью изделия (оболочкой, рукояткой и т. п.);
- между частями изделия, предназначенными для работы под напряжением, электрически не связанными между собой, между различными обмотками;
- между каждой изолированной жилой кабельных изделий и остальными жилами (в любой последовательности) и металлической оболочкой (бронёй, экраном) кабеля.

Цепи, между которыми должна быть испытана изоляция, приведены ниже:

1 – 2	2 – 2	3 – 3	4 – 4	5 – 5
1 – 3	2 – 3	3 – 4	4 – 5	
1 – 4	2 – 4	3 – 5	4 – 6	
1 – 5	2 – 5	3 – 6		
1 – 6	2 – 6			

Обозначение цепей соответствует нумерации далее приведённых пунктов.

1. Цепи питания (включая измерительные и управляющие цепи, подсоединённые к сети питания).

2. Цепи с внешними зажимами (кроме подключённых к сети питания, например, измерительные или управляющие цепи), на которых могут оказаться опасные электрические значения напряжения и тока, вырабатываемые оборудованием, или при подсоединении к внешним цепям.

3. Цепи, подсоединённые к доступным частям, но не имеющие внешних зажимов (внутренние цепи), которые находятся под опасным напряжением или по которым текут опасные токи при нормальных условиях применения.

4. Цепи, не подсоединённые к доступным частям и не имеющие внешних зажимов (внутренние цепи), которые находятся под опасным напряжением или по которым текут опасные токи при нормальных условиях.

5. Цепи с внешними зажимами, на которых электрические величины, вырабатываемые оборудованием, или при подсоединении к внешним цепям при нормальных условиях применения не достигают опасных значений (например, зажимы измерительных, управляющих, питающих цепей и цепей передачи данных).

6. Зажимы защитного заземления и подсоединённые к ним доступные токопроводящие части.

Если измеряется сопротивление изоляции между цепями, то мегомметр последовательно подключается между каждым выводом одной цепи и соединёнными между собой выводами второй цепи. В приборах с двойной изоляцией, не имеющих доступных токопроводящих частей, измеряется сопротивление изоляции токоведущих частей относительно корпуса, обёрнутого металлической фольгой (для ручных приборов), или относительно металлической пластины, на которой закреплён прибор, предназначенный для стационарной установки.

1.2. Содержание и порядок выполнения работы

Для указанных преподавателем испытываемых объектов подготовьте программу испытаний, определите требуемые уровни испытательного напряжения и время проведения измерения сопротивления изоляции. Произведите испытания объектов с помощью различных приборов контроля изоляции, предварительно ознакомившись с их техническим описанием и инструкцией по эксплуатации.

При измерении сопротивления изоляции следует учитывать, что для присоединения мегомметра к испытываемому объекту необходимо пользоваться гибкими проводами с изолирующими рукоятками на концах и ограничительными кольцами перед контактными щупами. Длина соединительных проводов должна быть минимальной, исходя из условий проведения измерений, а сопротивление их изоляции не менее 10 МОм.

Измерения мегомметрами проведите в следующей последовательности:

1. Проверьте отсутствие напряжения на испытываемом объекте с помощью вольтметра.

2. Очистите электрические контакты от пыли и грязи в местах присоединения мегомметра к испытываемому объекту.

3. Присоедините гибкие соединительные провода от мегомметра к цепям, между которыми должна быть испытана изоляция, к примеру, между металлическим корпусом прибора и одной из токоведущих частей внутренней электрической схемы.

4. Выберите выходное напряжение мегомметра, соответствующее рабочему напряжению питания испытываемого объекта. Помните, что создаваемое мегомметром напряжение может представлять серьёзную опасность для человека несмотря на то, что сила тока искусственно ограничивается до малых значений встроенным в мегомметр резистором, и, как правило, не вызывает электрических травм. Во время проведения измерений не касайтесь элементов цепей.

5. Проведите измерения сопротивления изоляции исследуемой цепи с помощью индукторного мегомметра, вращая рукоятку генератора со скоростью 120...140 об/мин. Показания мегомметра занесите в протокол.

Внимание! После каждого измерения необходимо снимать остаточный заряд на ёмкостях кратковременным заземлением частей испытываемого объекта, на которые подавалось выходное напряжение мегомметра.

6. Проведите те же измерения цифровым измерителем, нажимая и удерживая его кнопку пуска необходимое время. Показания мегомметра занесите в протокол. Сравните результаты измерений разными мегомметрами.

7. Подпишите у преподавателя сформулированную программу испытаний на конкретное изделие и протокол исследований состояния его изоляции.

1.3. Содержание отчёта

В отчёте должны содержаться следующие данные:

- цель работы;
- краткое описание исследованных методов контроля изоляции и испытываемых объектов;
- программа испытаний и протоколы измерений;
- подробные выводы (объём не менее одной страницы) по результатам работы, содержащие анализ результатов испытаний объектов, сравнительный анализ потребительских свойств использованных приборов контроля изоляции и другие выводы.

Лабораторная работа 2

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ФЛИКЕРА, СОЗДАВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

Цели работы:

- ознакомление с нормативными требованиями по качеству электрической энергии;
- получение навыков измерений параметров, характеризующих качество электрической энергии.

2.1. Общие сведения

Стандарт ГОСТ 13109–97 (2002) устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного токов частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети или приемники электрической энергии (точки общего присоединения).

Нормы КЭ являются уровнями электромагнитной совместимости для кондуктивных электромагнитных помех в системах электроснабжения общего назначения. При соблюдении указанных норм обеспечивается электромагнитная совместимость электрических сетей систем электроснабжения общего назначения и электрических сетей потребителей электрической энергии (приемников электрической энергии).

Свойства электрической энергии, показатели КЭ, а также наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ приведены на рис. 2.1 – 2.3 и в табл. 2.1.

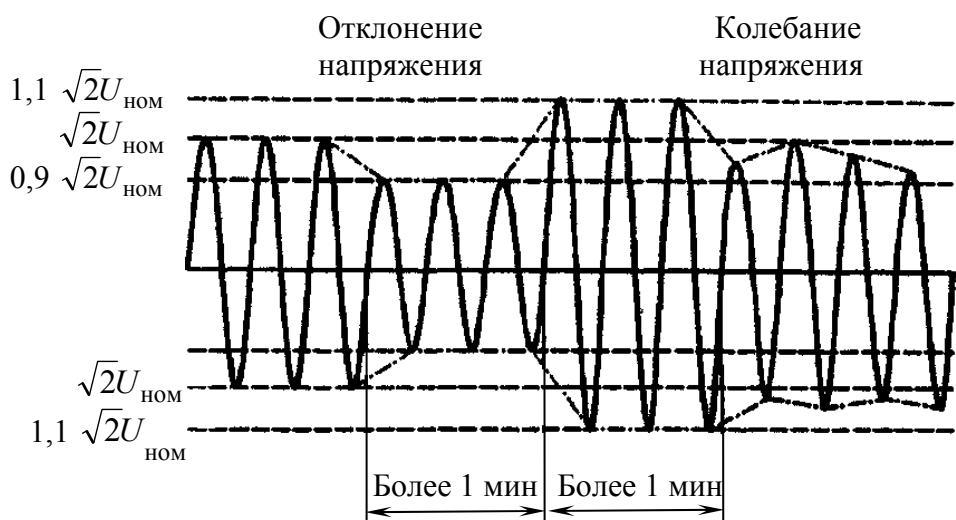


Рис. 2.1. Отклонение и колебание напряжения

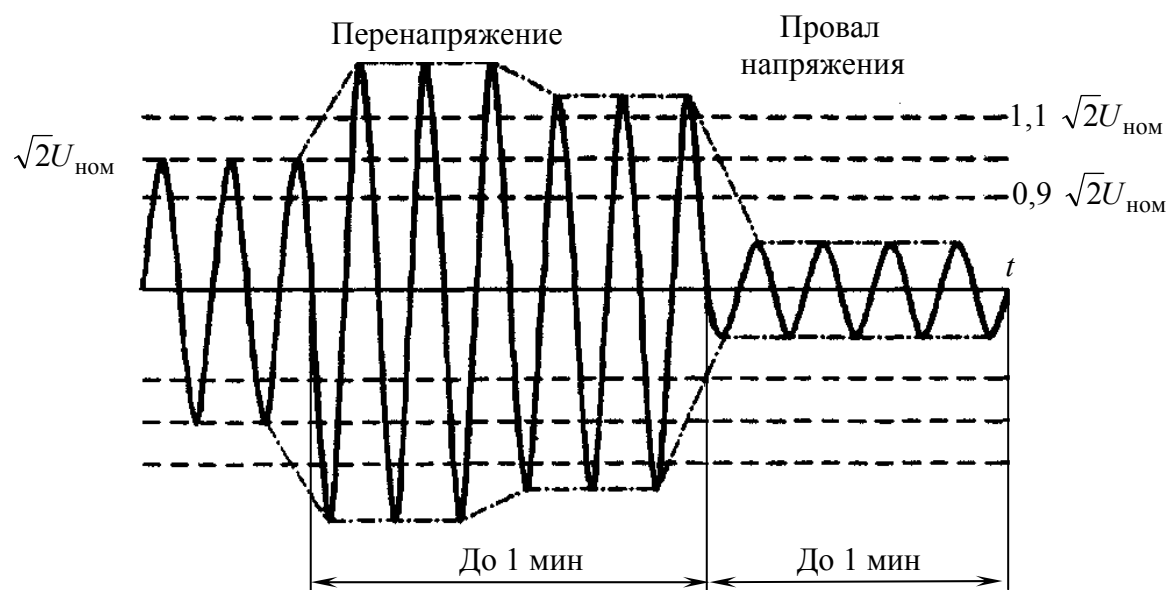


Рис. 2.2. Перенапряжение и провал напряжения

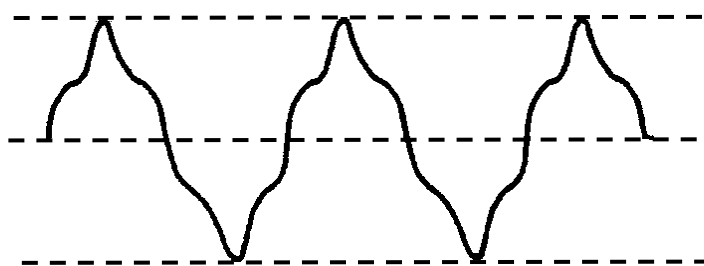


Рис. 2.3. Несинусоидальность напряжения

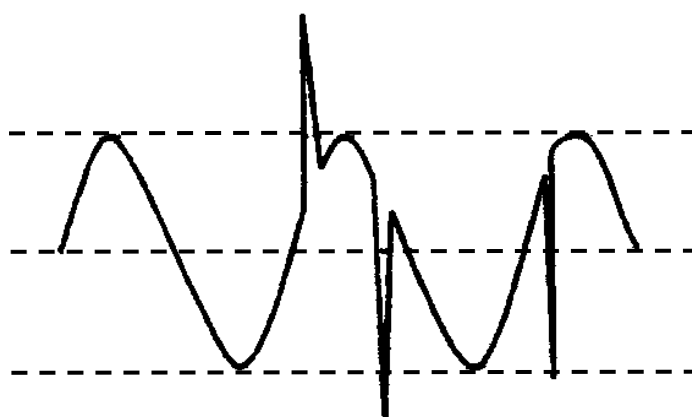


Рис. 2.4. Импульсы напряжения

Таблица 2.1

Свойства электрической энергии	Показатель КЭ	Наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ
Отклонение напряжения (рис. 2.1)	Установившееся отклонение напряжения δU_y	Энергоснабжающая организация
Колебания напряжения (рис. 2.1)	Размах изменения напряжения δU_t , доза фликера P_t	Потребитель с переменной нагрузкой
Несинусоидальность напряжения (рис. 2.3)	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U Коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$	Потребитель с нелинейной нагрузкой
Несимметрия трёхфазной системы напряжений	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}	Потребитель с несимметричной нагрузкой
Отклонение частоты	Отклонение частоты Δf	Энергоснабжающая организация
Провал напряжения (рис. 2.2)	Длительность провала напряжения Δt_{Π}	
Импульс напряжения (рис. 2.4)	Импульсное напряжение $U_{\text{имп}}$	

При определении значений некоторых показателей КЭ используют следующие вспомогательные параметры электрической энергии:

- частоту повторения изменений напряжения $F\delta U_t$;
- интервал между изменениями напряжения $\Delta t_{i, i+1}$;
- глубину провала напряжения δU_{Π} ;
- частоту появления провалов напряжения F_{Π} ;
- длительность импульса по уровню 0,5 его амплитуды $\Delta t_{\text{имп } 0,5}$.

Нормы качества электроэнергии. Установлены два вида норм КЭ: нормально допустимые и предельно допустимые. Оценка соответствия показателей КЭ указанным нормам проводится в течение расчётного периода, равного 24 ч.

Отклонение напряжения. Характеризуется показателем установившегося отклонения напряжения, для которого установлены следующие нормы: нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения δU_y на выводах приёмников электрической энергии

равны, соответственно, ± 5 и ± 10 % от номинального напряжения электрической сети.

Измерение установившегося отклонения напряжения δU_y осуществляют следующим образом. Для каждого i -го наблюдения за период времени, равный 24 ч, измеряют действующее значение каждого междуфазного (фазного) напряжения основной частоты $U_{(1)i}$. Вычисляют значение усреднённого напряжения $U_{\text{уср}}$ в вольтах как результат усреднения N наблюдений напряжений $U_{(1)i}$ за интервал времени 1 мин по формуле

$$U_{\text{уср}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N U_i^2 / N}$$

где U_i – значение напряжения $U_{(1)i}$ в i -м наблюдении, В. Число наблюдений за 1 мин должно быть не менее 18.

Вычисляют значение установившегося отклонения напряжения δU_y в процентах по формуле

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100,$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное междуфазное (фазное) напряжение, В.

Колебания напряжения. Характеризуются следующими показателями:

- размахом изменения напряжения;
- дозой фликера.

Предельно допустимые значения размаха изменения напряжения δU_t в точках общего присоединения к электрическим сетям при колебаниях напряжения, огибающая которых имеет форму меандра, в зависимости от частоты повторения изменений напряжения $F\delta U_t$ или интервала между изменениями напряжения $\Delta t_{i, i+1}$ равны значениям, определяемым по кривой 1 на рис. 2.5, а для потребителей электрической энергии, располагающих лампами накаливания, в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение, равны значениям, определяемым по кривой 2 на рис. 2.5.

Предельно допустимое значение суммы установившегося отклонения напряжения δU_y и размаха изменений напряжения δU_t в точках присоединения к электрическим сетям напряжением 0,38 кВ равно ± 10 % от номинального напряжения.

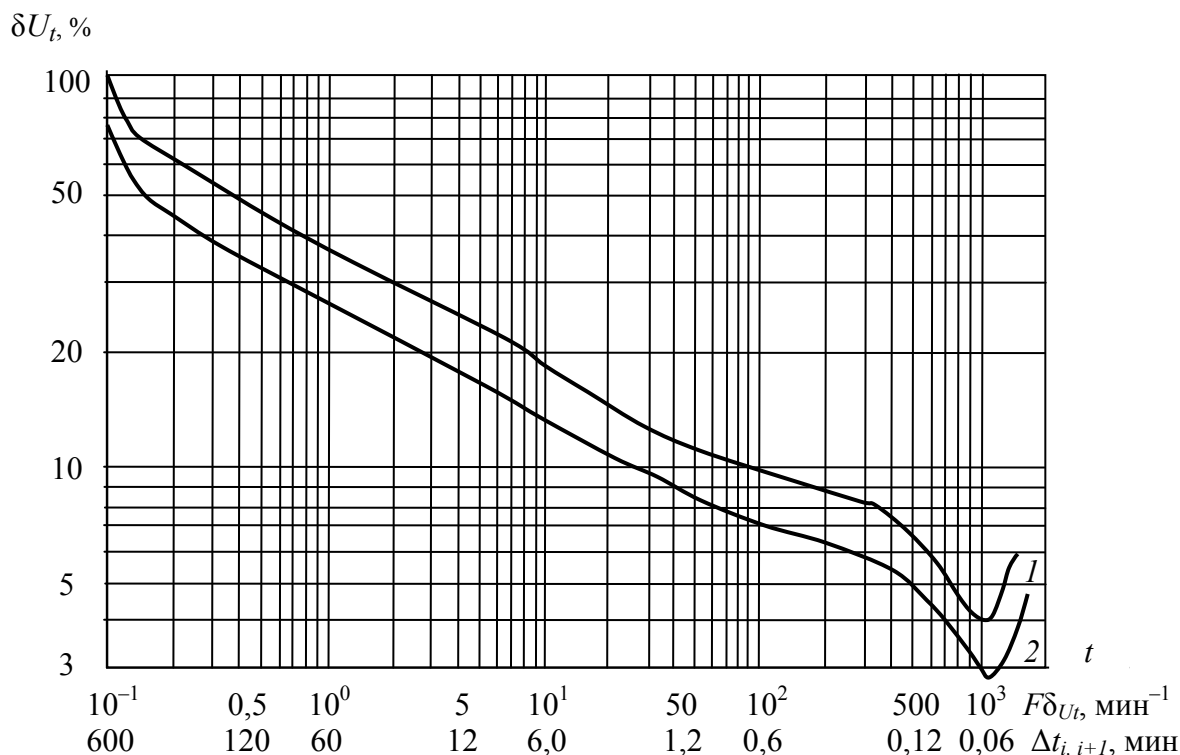


Рис. 2.5. Предельно допустимые размахи изменения напряжения в зависимости от частоты повторения изменений напряжения за минуту для колебаний напряжения, имеющих форму меандра

Количественными характеристиками фликера являются кратковременная доза фликера P_{st} (оценивается за период времени в несколько минут; значение $P_{st} = 1$ соответствует порогу восприятия) и длительная доза фликера P_{lt} (за длительный период времени в несколько часов), оцениваемая с использованием последовательных значений P_{st} .

Предельно допустимое значение для кратковременной дозы фликера P_{st} при колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра, равно 1,38, а для длительной дозы фликера P_{lt} при тех же колебаниях напряжения равно 1,0.

Предельно допустимое P_{st} в точках общего присоединения потребителей электрической энергии, располагающих лампами накаливания в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение, при колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра, равно 1,0, а для длительной дозы фликера P_{lt} в этих же точках равно 0,74.

Размах изменения напряжения δU_t в процентах вычисляют по формуле

$$\delta U_t = \frac{U_i - U_{i+1}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100,$$

где U_i, U_{i+1} – значения следующих один за другим экстремумов или экстремума и горизонтального участка огибающей среднеквадратических значений напряжения основной частоты, определенных на каждом полупериоде основной частоты, В.

Допускается при коэффициенте искажения синусоидальности напряжения, не превышающем 5 %, определять размах изменения напряжения δU_t в процентах по формуле

$$\delta U_t = \frac{U_{ai} - U_{ai+1}}{\sqrt{2}U_{\text{ном}}} \cdot 100,$$

где U_{ai}, U_{ai+1} – значения следующих один за другим экстремумов или экстремума и горизонтального участка огибающей амплитудных значений напряжения на каждом полупериоде основной частоты, В.

Частоту повторения изменений напряжения $F_{\delta U_t}$, с^{-1} , мин^{-1} , при периодических колебаниях напряжения вычисляют по формуле

$$F_{\delta U_t} = m/t,$$

где m – число изменений напряжения за время T (T – интервал времени измерения, принимаемый равным 10 мин).

Примечание. Значение частоты повторения изменений напряжения, равное двум изменениям напряжения в секунду, соответствует 1 Гц.

Интервал времени между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$ в секундах или минутах (в соответствии с рис. 2.6) вычисляют по формуле

$$\Delta t_{i,i+1} = t_{i+1} - t_i,$$

где t_i, t_{i+1} – начальные моменты следующих один за другим изменений напряжения, с, мин.

Если интервал времени между окончанием одного изменения и началом следующего, происходящего в том же направлении, менее 30 мс, то эти изменения рассматривают как одно.

Основой для оценки фликера является форма кривой изменения напряжения на зажимах испытуемого технического средства (ИТС), т. е. разность между двумя последовательными значениями огибающей среднеквадратических значений фазных напряжений $U(t_1)$ и $U(t_2)$: $\Delta U = U(t_1) - U(t_2)$.

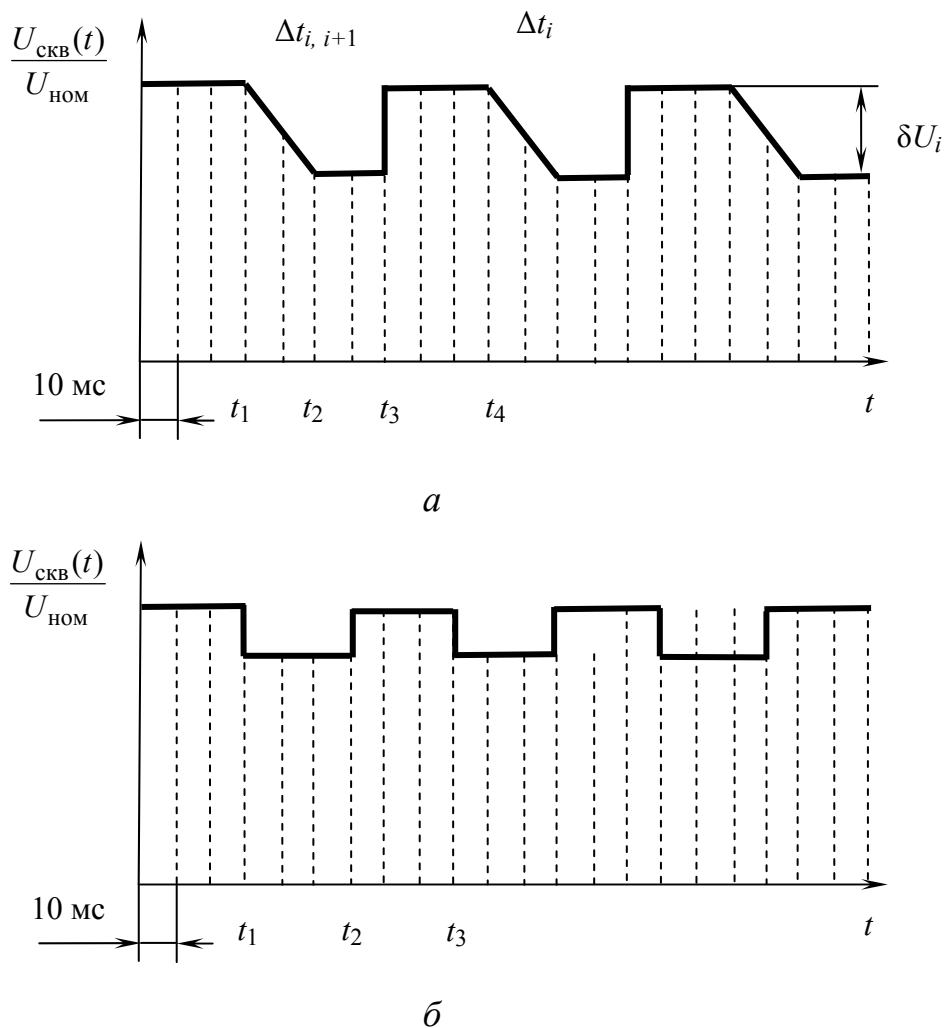


Рис. 2.6. Колебания напряжения: *a* – произвольной формы;
б – имеющие форму меандра

Значения огибающей среднеквадратических значений напряжения $U(t_1)$ и $U(t_2)$ должны быть измерены или рассчитаны. При определении значений огибающей среднеквадратических значений напряжения с использованием осциллограммы необходимо принимать во внимание любые искажения формы кривой, которые могут иметь место.

Кратковременную дозу фликера P_{st} определяют в соответствии с методикой, приведённой в ГОСТ 13109.

В случае изменений напряжения, имеющих форму меандра, с относительным изменением напряжения d , значение кратковременной дозы фликера P_{st} определяют из соотношения $P_{st} = d/d_{lim}$.

Относительное изменение напряжения d_{lim} , соответствующее $P_{\text{st}} = 1$ для данной частоты повторения изменений напряжения определяется по графику, приведённому на рис. 2.7.

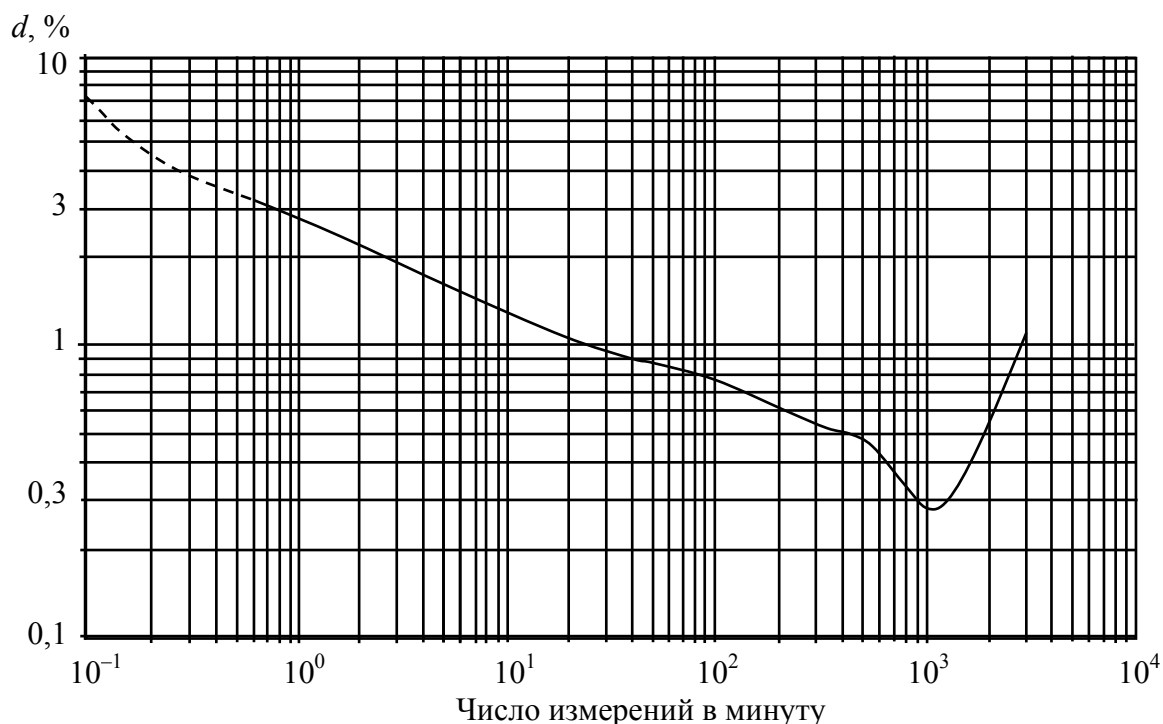


Рис. 2.7. Кривая для $P_{\text{st}} = 1$ при изменениях напряжения, огибающая которых имеет форму меандра

Для кривых изменений напряжения некоторых видов (рис. 2.8, 2.9 и 2.10) значение кратковременной дозы фликера P_{st} может быть определено аналитическим методом.

Для каждой кривой относительного изменения напряжения определяют время восприятия фликера t_f в секундах по формуле

$$t_f = 2,3(Fd_{\text{max}})^{3,2},$$

где d_{max} – максимальное относительное изменение напряжения, которое выражается в процентах от номинального напряжения; F – коэффициент приведения, определяемый в зависимости от вида кривой изменения напряжения.

Сумма времен восприятия фликера $\sum t_f$ для всех учитываемых изменений напряжения в пределах общего интервала времени T_p (в секундах) является основой для оценки кратковременной дозы фликера P_{st} :

$$P_{\text{st}} = (\sum t_f / T_p)^{1/3,2}.$$

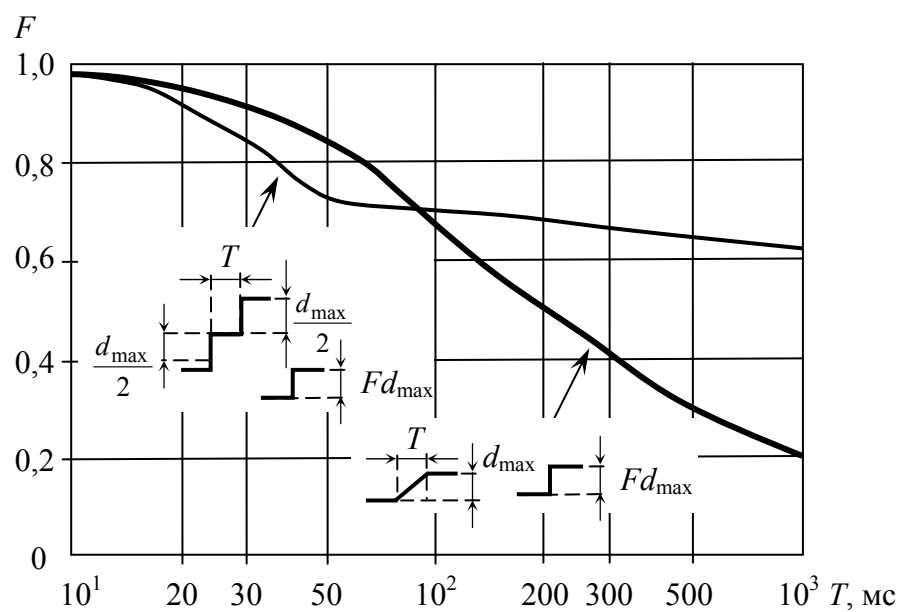


Рис. 2.8. Коэффициент приведения для двухступенчатых и линейно изменяющихся характеристик относительного изменения напряжения

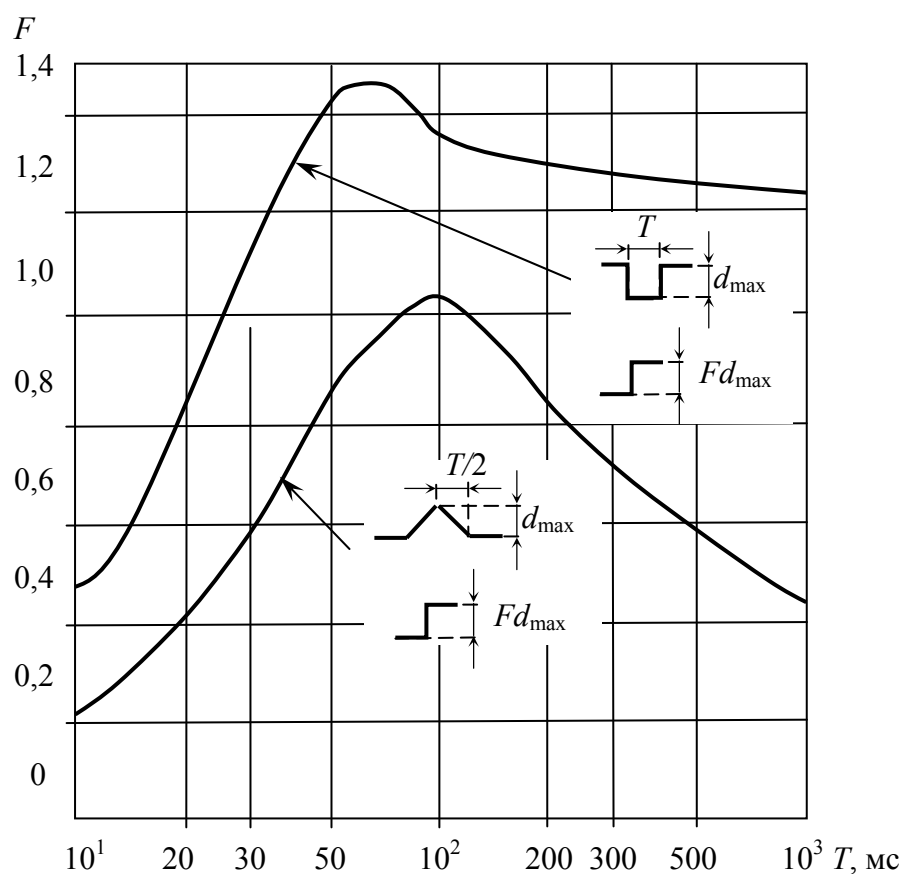


Рис. 2.9. Коэффициент приведения для прямоугольных и треугольных характеристик относительного изменения напряжения

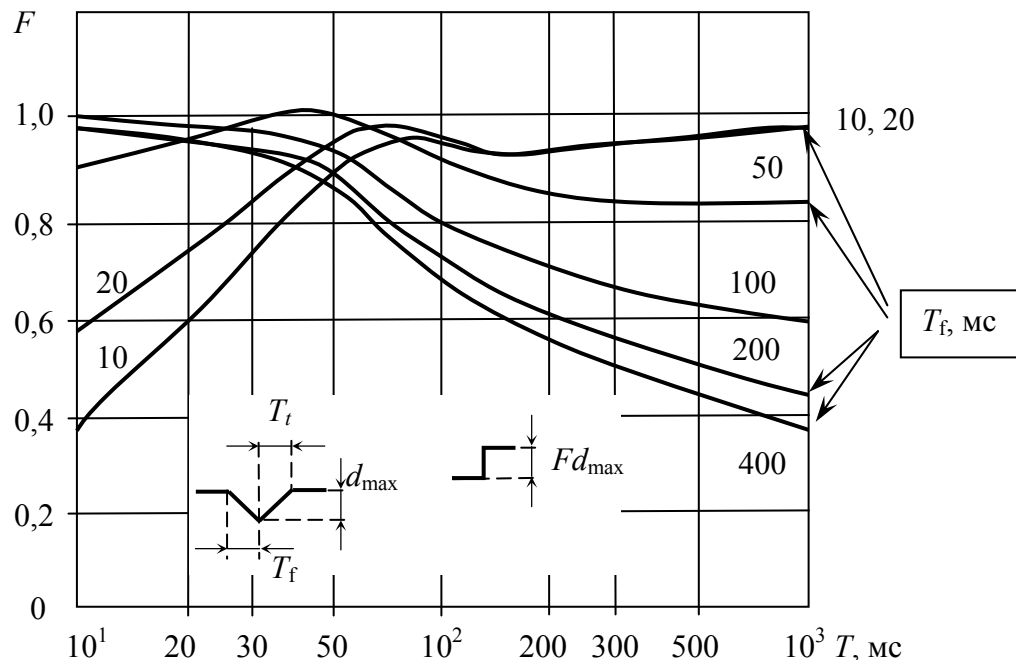


Рис. 2.10. Коэффициент приведения для характеристик относительного изменения напряжения, вызванных пуском электрических двигателей

Коэффициент приведения преобразует кривую одиночного относительного изменения напряжения $d(t)$ в эквивалентное значение дозы фликера (Fd_{\max}).

Кривые спада и фронта с промежутками времени $T_t = t_3 - t_2$, $T_f = t_2 - t_1$ приведены на рис. 2.11.

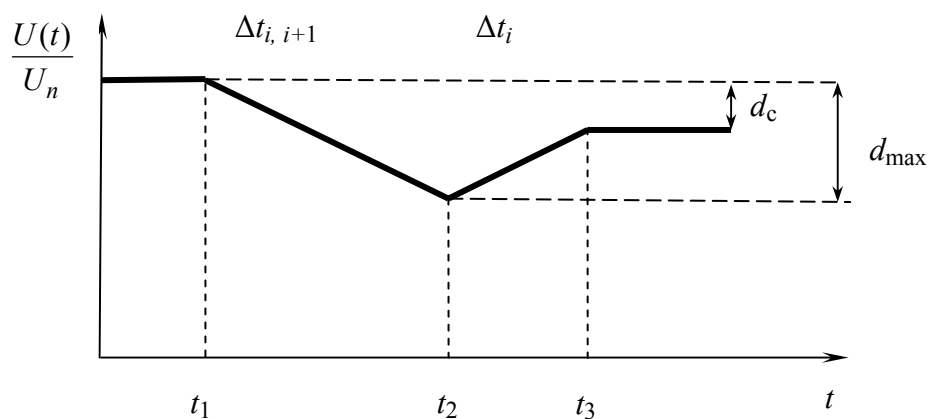


Рис. 2.11. Характеристика относительного изменения напряжения

Коэффициент приведения для ступенчатых изменений напряжения равен единице.

Коэффициент приведения F может быть определён по рис. 2.8 – 2.10 при условии, что кривые относительных изменений напряжения совпадают с характеристиками, приведёнными на указанных рисунках. Для определения F необходимо:

- найти максимальное относительное изменение напряжения d_{\max} (в соответствии с рис. 2.11);
- найти время T в миллисекундах, соответствующее кривой изменения напряжения (см. рис. 2.8 – 2.10), и, исходя из значения T , определить значение F .

Несинусоидальность напряжения. Характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициентом n -й гармонической составляющей напряжения.

Вычисляют значение коэффициента n -й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)i}$ в процентах (как результат i -го наблюдения) по формуле

$$K_{U(n)i} = \frac{U_{(n)i}}{U_{(1)i}},$$

где $U_{(1)i}$ — действующее значение напряжения основной частоты на i -м наблюдении, В.

Значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения K_{Ui} в процентах (как результат i -го наблюдения) вычисляют по формуле

$$K_{Ui} = \frac{\sum_{n=2}^{40} U_{n(i)}^2}{U_{(1)i}^2} \cdot 100,$$

где $U_{(1)i}$ — действующее значение междуфазного (фазного) напряжения основной частоты для i -го наблюдения, В.

Допустимые значения показателей для электрической сети с номинальным напряжением $U_{\text{ном}} = 380$ В приведены в табл. 2.2.

Несимметрия напряжений. Характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности;

- коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

Таблица 2.2

Показатель КЭ	Значение	
	нормально допустимое, %	предельно допустимое, %
Значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения	8,0	12,0
Значения коэффициента n -й гармонической составляющей напряжения:		
для нечётных гармоник, не кратных 3:		
5	6,0	9,0
7	5,0	7,5
11	3,5	5,25
13	3,0	4,5
17	2,0	3,0
19	1,5	2,25
23	1,5	2,25
25	1,5	2,25
>25	$0,2+1,3 \times 25/n$	$0,2+1,3 \times 25/n$
для нечётных гармоник, кратных 3*:		
3	5,0	7,5
9	1,5	2,25
15	0,3	0,45
21	0,2	0,3
>21	0,2	0,3
для чётных гармоник:		
2	2,0	3,0
4	1,0	1,5
6	0,5	0,75
8	0,5	0,75
10	0,5	0,75
12	0,2	0,3
>12	0,2	0,3

* Нормально допустимые значения, приведённые для n (номер гармонической составляющей напряжения), равных 3 и 9, относятся к однофазным электрическим сетям. В трёхфазных трёхпроводных электрических сетях эти значения принимают вдвое меньшими, чем значения в таблице.

Измерение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} для междуфазных напряжений осуществляют следующим образом. Для каждого i -го наблюдения за период времени, равный 24 ч, измеряют одновременно действующие значения междуфазных напряжений по основной частоте: $U_{AB(1)i}$, $U_{BC(1)i}$, $U_{CA(1)i}$.

Вычисляют действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты $U_{2(1)i}$ по формуле

$$U_{2(1)i} = \sqrt{\frac{1}{12} \left[\left(\sqrt{3} U_{AB(1)i} - \sqrt{4 U_{BC(1)i}^2 - \left(\frac{U_{BC(1)i}^2 - U_{CA(1)i}^2}{U_{AB(1)i}} + U_{AB(1)i} \right)^2} + \left(\frac{U_{BC(1)i}^2 - U_{CA(1)i}^2}{U_{AB(1)i}} \right) \right)^2 \right]}.$$

Вычисляют коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2Ui} в процентах как результат i -го наблюдения по формуле

$$K_{2Ui} = \frac{U_{2(1)i}}{U_{1(1)i}} \cdot 100,$$

где $U_{2(1)i}$ – действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты трёхфазной системы напряжений в i -м наблюдении, В; $U_{1(1)i}$ – действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты в i -м наблюдении, В.

Вычисляют значение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} в процентах как результат усреднения N наблюдений K_{2Ui} на интервале времени T_{vs} , равном 3 с, по формуле

$$K_{2U} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N K_{2Ui}^2}{N}}.$$

Число наблюдений N должно быть не менее 9.

Измерение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0Ui} проводят в четырёхпроводных сетях следующим образом.

Для каждого i -го наблюдения за период времени, равный 24 ч, измеряют одновременно действующие значения трёх междуфазных и двух фазных напряжений основной частоты: $U_{AB(1)i}$, $U_{BC(1)i}$, $U_{CA(1)i}$, $U_{A(1)i}$, $U_{B(1)i}$, В. Опре-

деляют действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты $U_{0(1)i}$ в i -м наблюдении по формуле

$$U_{0(1)i} = \frac{1}{6} \sqrt{\left[\frac{U_{BC(1)i}^2 - U_{CA(1)i}^2}{U_{AB(1)i}} - 3 \frac{U_{B(1)i}^2 - U_{A(1)i}^2}{U_{AB(1)i}} \right]^2 + D^2},$$

где

$$D^2 = \sqrt{\left[\sqrt{4U_{BC(1)i}^2 - \left(U_{AB(1)i} - \frac{U_{BC(1)i}^2 - U_{CA(1)i}^2}{U_{AB(1)i}} \right)^2} - 3 \sqrt{4U_{B(1)i}^2 - \left(U_{AB(1)i} - \frac{U_{B(1)i}^2 - U_{A(1)i}^2}{U_{AB(1)i}} \right)^2} \right]^2}.$$

Вычисляют коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности K_{0Ui} в процентах как результат i -го наблюдения по формуле

$$K_{0Ui} = \frac{\sqrt{3}U_{0(1)i}}{U_{1(1)i}} \cdot 100,$$

где $U_{0(1)i}$ – действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты трёхфазной системы напряжений в i -м наблюдении, В; $U_{1(1)i}$ – действующее значение междупазного напряжения прямой последовательности основной частоты, В.

Вычисляют значение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} в процентах как результат усреднения N наблюдений K_{0Ui} на интервале времени T_{vs} , равном 3 с, по формуле

$$K_{0U} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N K_{0Ui}^2}{N}}.$$

Число наблюдений N должно быть не менее 9.

Нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в точках общего присоединения к электрическим сетям равны 2,0 и 4,0 % соответственно.

Нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности в точках общего присоединения к четырёхпроводным электрическим сетям с номинальным напряжением 0,38 кВ равны 2,0 и 4,0 % соответственно.

Отклонение частоты. Отклонение частоты напряжения переменного тока в электрических сетях характеризуется показателем отклонения частоты, для которого установлены следующие нормы: нормально допустимое и предельно допустимое значения отклонения частоты равны $\pm 0,2$ и $\pm 0,4$ Гц соответственно.

Измерение отклонения частоты Δf осуществляют следующим образом.

Для каждого i -го наблюдения за установленный период времени измеряют действительное значение частоты f_i в герцах. Вычисляют усредненное значение частоты $f_{\text{уср}}$ как результат усреднения N наблюдений f_i на интервале времени, равном 20 с, по формуле

$$f_{\text{уср}} = \frac{\sum_{i=1}^N f_i}{N}.$$

Число наблюдений N должно быть не менее 15.

Вычисляют значение отклонения частоты Δf в герцах по формуле

$$\Delta f = f_{\text{уср}} - f_{\text{ном}},$$

где $f_{\text{ном}}$ – номинальное значение частоты, Гц.

Провал напряжения (рис. 2.12). Характеризуется показателем длительности провала напряжения, для которого установлена следующая норма: предельно допустимое значение длительности провала напряжения в электрических сетях напряжением до 20 кВ включительно равно 30 с. Длительность автоматически устраняемого провала напряжения в любой точке присоединения к электрическим сетям определяется выдержками времени релейной защиты и автоматики.

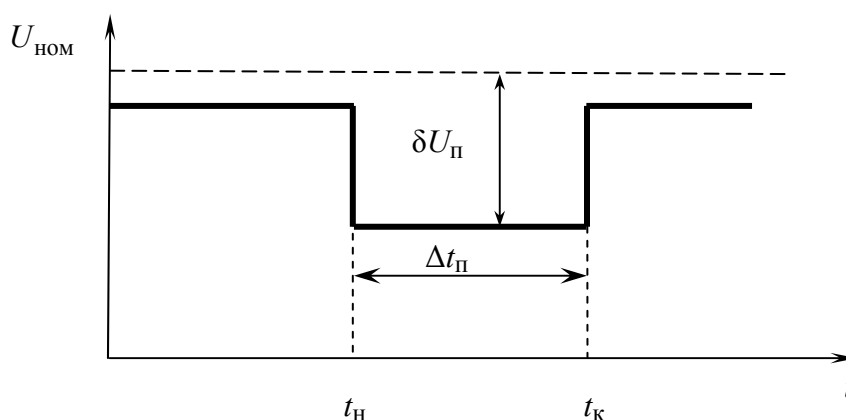


Рис. 2.12. Провал напряжения

Измерение длительности провала напряжения Δt_{Π} в секундах осуществляют следующим образом. Фиксируют начальный момент времени $t_{\text{н}}$ резкого спада (с длительностью менее 10 мс) огибающей среднеквадратических значений напряжения, определённых на каждом полупериоде основной частоты, ниже уровня $0,9 U_{\text{ном}}$. Фиксируют конечный момент времени $t_{\text{к}}$ восстановления среднеквадратического значения напряжения до $0,9 U_{\text{ном}}$.

Вычисляют длительность провала напряжения Δt_{Π} в секундах по формуле

$$\Delta t_{\Pi} = t_{\text{к}} - t_{\text{н}},$$

где $t_{\text{н}}$, $t_{\text{к}}$ — начальный и конечный моменты времени провала напряжения.

Вычисляют глубину провала напряжения δU_{Π} в процентах по формуле

$$\delta U_{\Pi} = \frac{U_{\text{ном}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100,$$

где U_{min} — минимальное из всех измеренных среднеквадратических значений напряжения за каждый полупериод основной частоты во время провала напряжения в вольтах.

Частота появления провалов напряжения F_{Π} в процентах вычисляют по формуле

$$F_{\Pi} = \frac{m(\delta U_{\Pi} \Delta t_{\Pi})}{M},$$

где $m(\delta U_{\Pi}, \Delta t_{\Pi})$ — число провалов напряжения глубиной δU_{Π} и длительностью Δt_{Π} за период времени наблюдения T ; M — суммарное число провалов напряжения за период времени наблюдений T .

Импульс напряжения. Характеризуется показателем импульсного напряжения. Среднестатистические значения импульсных напряжений для грозовых и коммутационных импульсов, возникающих в электрических сетях энергоснабжения, приведены в приложении Д ГОСТ 13109–97.

Импульсное напряжение $U_{\text{имп}}$ в вольтах, киловольтах (рис. 2.13) измеряют как максимальное значение напряжения при резком его изменении (длительность фронта импульса не более 5 мс).

Длительность импульса напряжения по уровню 0,5 его амплитуды $t_{\text{имп}0,5}$ измеряют следующим образом. Выделяют из общей кривой напряжения импульс напряжения и определяют амплитуду этого импульса $U_{\text{имп.а}}$ в

вольтах, киловольтах как максимальное значение импульса напряжения. Определяют моменты времени $t_{н0,5}$, $t_{к0,5}$ в микросекундах, миллисекундах, соответствующие пересечению кривой импульса напряжения горизонтальной линией, проведённой на половине амплитуды импульса.

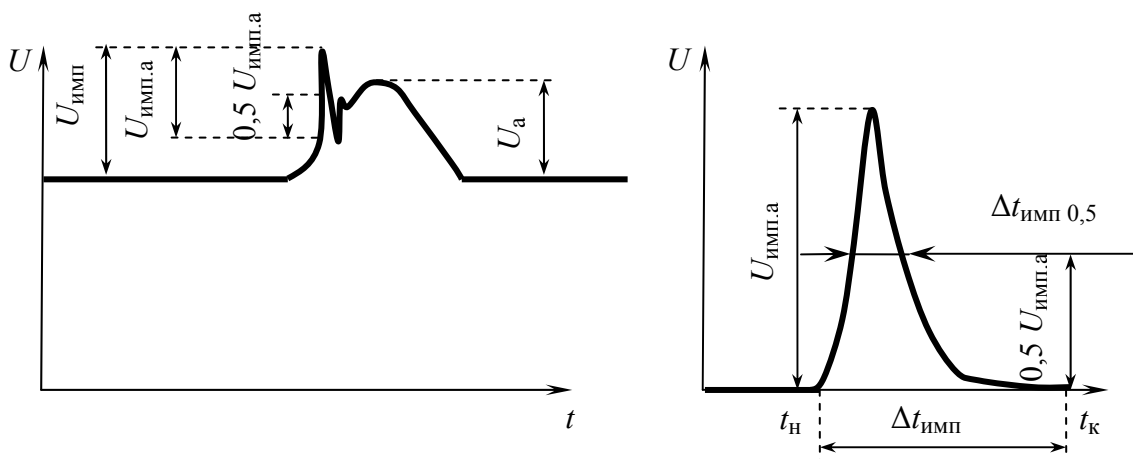


Рис. 2.13. Параметры импульсного напряжения

Вычисляют $\Delta t_{имп0,5}$ по формуле

$$\Delta t_{имп0,5} = t_{к0,5} - t_{н0,5}.$$

Временное перенапряжение. Измерение коэффициента временного перенапряжения $K_{перU}$ в относительных единицах (рис. 2.14) осуществляют следующим образом.

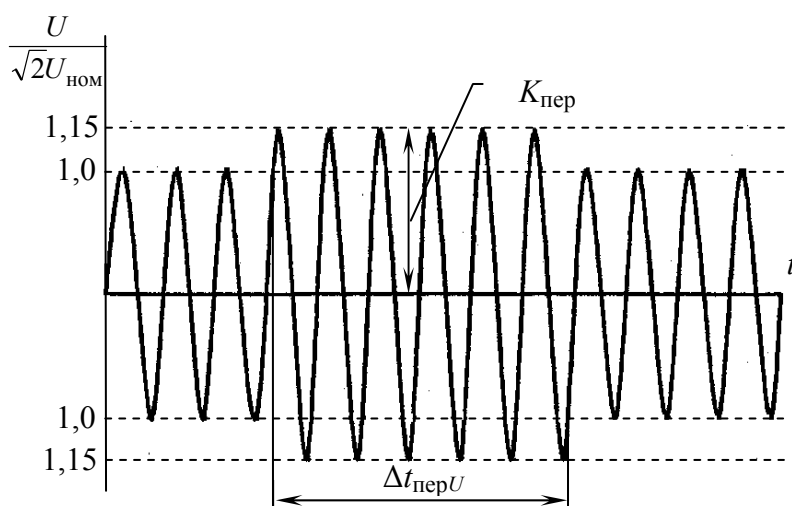


Рис. 2.14. Временное перенапряжение

Измеряют амплитудные значения напряжения U_a в вольтах на каждом полупериоде основной частоты при резком (длительность фронта до 5 мс) превышении уровня напряжения, равного $1,1\sqrt{2} U_{\text{ном}}$. Определяют максимальное из измеренных амплитудных значений напряжение $U_{a \text{ max}}$. С целью исключения влияния коммутационного импульса на значение коэффициента временного перенапряжения определение $U_{a \text{ max}}$ осуществляют через 0,04 с от момента превышения напряжением $1,1 U_{\text{ном}}$.

Вычисляют коэффициент временного перенапряжения по формуле

$$K_{\text{пер}} = \frac{U_{a \text{ max}}}{\sqrt{2}U_{\text{ном}}}.$$

Длительность временного перенапряжения $\Delta t_{\text{пер}}$ в секундах определяют следующим образом.

Фиксируют начальный момент времени t_n превышения действующим значением напряжения уровня, равного $1,1U_{\text{ном}}$, и конечный момент времени t_k спада напряжения до уровня $1,1U_{\text{ном}}$.

Вычисляют $\Delta t_{\text{пер}}$ в секундах по формуле

$$\Delta t_{\text{пер}} = t_k - t_n.$$

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” распространяется на электротехнические, электронные и радиоэлектронные изделия и аппаратуру, подключаемые к сетям частотой 50 Гц напряжением “фаза – нейтраль” от 220 до 240 В. При соблюдении норм, установленных данным стандартом, должна обеспечиваться электромагнитная совместимость низковольтных распределительных электрических сетей и подключаемых к ним технических средств (ТС) в части колебаний напряжения и фликера, создаваемых ТС.

Стандарт устанавливает следующие нормы:

- кратковременная доза фликера P_{st} не должна превышать 1,0;
- длительная доза фликера P_{lt} не должна превышать 0,65;

- установившееся относительное изменение напряжения d_c не должно превышать 3 %;
- максимальное относительное изменение напряжения d_{\max} не должно превышать 4 %;
- характеристика относительного изменения напряжения $d(t)$ не должна превышать 3 % для интервала времени изменения напряжения, большего 200 мс.

2.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из следующих приборов:

- источника электроэнергии (контролируемая сеть или эталонный источник испытательного напряжения электропитания);
- анализатора параметров электрической сети,
- испытываемого ТС.

Передняя панель микропроцессорного регистратора – анализатора качества электрической энергии в однофазных и трёхфазных электрических сетях АКЭ–824 приведена на рис. 2.15.



Описание передней панели:

- 1 – входы для измерения напряжения и тока;
- 2 – сенсорный TFT-дисплей;
- 3 – функциональные кнопки **F1-F4**;
- 4 – кнопки со стрелками и кнопка **ENTER**;
- 5 – кнопка **GO/STOP**;
- 6 – кнопка **SAVE**;
- 7 – кнопка **ON/OFF** (вкл. пит.);
- 8 – кнопка **HELP**;
- 9 – кнопка **ESC MENU**

Рис. 2.15. Передняя панель прибора АКЭ-824

Измерительный прибор позволяет произвести:

- визуализацию в реальном времени числовых значений любых электрических параметров однофазных (1 ф) и трёхфазных трёхпроводных или четырёхпроводных систем (3 ф 3 пр/ 3 ф 4 пр) (переменного напряжения и силы переменного тока (среднеквадратическое значение), частоты, мощности (активной, реактивной, полной), коэффициента мощности, активной и реактивной энергий);
- гармонический анализ напряжений и токов вплоть до 49-го порядка, детектирование и регистрацию аномалий напряжения (выбросов, перенапряжений, провалов, отклонений) с разрешающей способностью 10 мс;
- измерение фликера: кратковременной (P_{st}) и длительной (P_{it}) доз, входных напряжений, разбаланса напряжений;
- измерение бросков пускового тока;
- детектирование и быстрый анализ импульсов напряжения с разрешением 5 мкс;
- отображение в реальном времени любой формы входного сигнала, графиков гистограмм гармонического анализа и векторных диаграмм общих углов между напряжениями и токами;
- запись в энергонезависимую память прибора:
 - TRMS-значений напряжений (пять входов) и токов (четыре входа),
 - результатов гармонического анализа,
 - значений мощности (активной, реактивной и полной), коэффициента мощности,
 - энергии (активной, реактивной и полной),
 - аномалий напряжения.

Проанализировать записанные данные *можно только путём их передачи* в ПК.

Описание кнопок клавиатуры и их назначение для управления прибором приведено в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Кнопки	Назначение
ON/ OFF:	Нажмите эту кнопку для включения прибора. Для выключения прибора нажмите и удерживайте эту кнопку в течение нескольких секунд
F1, F2, F3, F4:	Многофункциональные кнопки. Подразумеваются различные функции, отображаемые в нижней части дисплея

Кнопки	Назначение
ESC:	Используется для выхода из меню или подменю
ENTER:	Кнопка для подтверждения выполненных настроек
	ZOOM in/ZOOM out: Эти кнопки со стрелками позволяют выбрать необходимые программируемые параметры внутри различных экранов (строк меню). Двойная функция ZOOM+ (увеличение масштаба) и ZOOM- (уменьшение масштаба) позволяет изменить вручную масштаб некоторых графиков внутри раздела SCOPE для общего расширения и улучшения просмотра форм сигналов. Кнопки-стрелки ◀ и ▶ позволяют работать на внутренних страницах (подменю) некоторых типов экранов
SAVE:	Производит сохранение мгновенных значений во внутренней памяти. Эта кнопка позволяет также сохранять различные настройки внутри экранов
GO/STOP:	Позволяет выполнить старт/ остановку любой записи (см. 5.4.13)
HELP:	Открывает помощь в окошке на экране измерительного прибора с кратким описанием того экрана, который был отображён

Главное меню прибора. При включении измерительного прибора всегда выводится отображение “Analyzer Configuration”, представляющее собой конфигурацию перед его последним выключением (рис. 2.16).

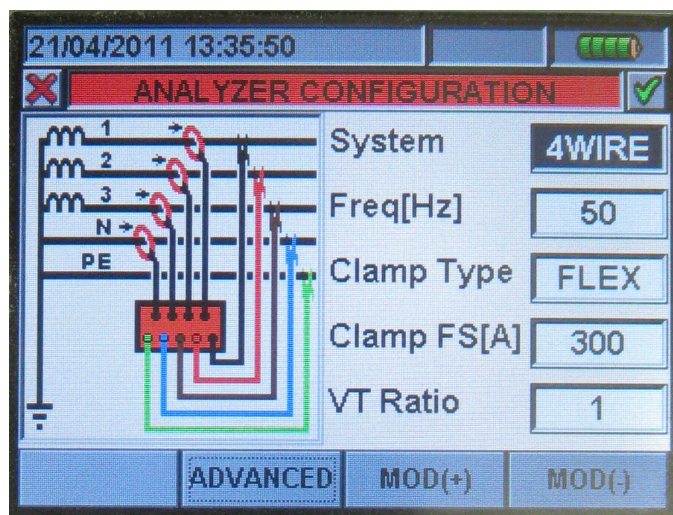


Рис. 2.16. Пример экрана “Конфигурация анализатора”

Пользователь может самостоятельно выбрать, проводить ли изменение действующей конфигурации нажатием на кнопку **F1** (или опции **CHANGE** на дисплее) или непосредственно получить доступ к общему меню нажатием на кнопку **F4** (или опции **OK** на дисплее). Выбранный действующий раздел

выделяется на дисплее красным фоном, а его название отображается в основании дисплея. На измерительном приборе имеются далее представленные разделы:

- **General settings** (общие настройки). Позволяет задать такие системные параметры измерительного прибора, как дата/время, язык, яркость отображения, защитный пароль, звук при нажатии кнопок, автоматическое выключение питания и тип памяти;

- **Real time values** (значения в реальном времени). Позволяет увидеть измеренные значения в реальном времени при отображении в различных форматах;

- **Analyzer settings** (настройки анализатора). Позволяет определять простые и усложнённые конфигурации, относящиеся к подключению измерительного прибора к установке;

- **Recorder settings** (настройки записи). Позволяет выбрать параметры для каждой записи и увидеть информацию, касающуюся автономности измерительного прибора во время эксплуатации;

- **Recording results** (результаты записи). Позволяет увидеть список всех записей, сохранённых во внутренней памяти, для проведения операций по стиранию памяти и передачи данных во внешнее USB-устройство;

- **Meter Information** (информация о приборе). Позволяет получить доступ к общей информации, касающейся измерительного прибора (серийный номер, внутренние встроенные программы, выпуск программного обеспечения и т. п.).

Отображение значений в реальном времени. В этом разделе меню отображаются параметры значений на входных каналах, измеренные в реальном времени (т. е. их мгновенные значения), и значения, полученные в результате внутренних вычислений и расчётов:

- все виды электрических TRMS-параметров, таких, как переменные напряжения, токи для одной фазы и общие (суммарные), а также значения фликера и разбаланса напряжений (коэффициент несимметрии);

- формы осциллограмм напряжения и тока для одной фазы и общие (суммарные);

- значения гармоник напряжения и тока (до 49-й) для одной фазы и суммарные в двух форматах – числовом и графическом виде (гистограммы), в абсолютном или процентном значении относительно основного сигнала;

- векторные диаграммы каждого напряжения и тока с соответствующими углами сдвига фаз с целью определения истинного состояния (характера) тестируемой энергосистемы и подключённых потребителей.

Нажимая циклически кнопку **F1** или кнопки стрелки **влево/вправо**, прибор открывает очередные страницы в режиме измерения TRMS-значений различных параметров. Нажатие кнопки **ESC** производит возврат в состояние отображения предыдущего экрана или возврат прибора в **ГЛАВНОЕ МЕНЮ/ GENERAL MENU**.

Описание параметров:

V1N -> напряжение Фаза 1 – Ноль (L1)

V2N -> напряжение Фаза 2 – Ноль (L2)

V3N -> напряжение Фаза 3 – Ноль (L3)

VNPE -> напряжение Ноль (N) – Земля (PE)

V12 -> межфазное напряжение Фаза L1 – Фаза L2

V23 -> межфазное напряжение Фаза L2 – Фаза L3

V31 -> межфазное напряжение Фаза L3 – Фаза L1

NEG% -> коэффициент несимметрии *по обратной* последовательности

ZERO% -> коэффициент несимметрии *по нулевой* последовательности

SEQ -> последовательность чередования фаз, обозначается как “123”

=> правильное чередование, “132” => обратное

Freq /Hz -> Частота

I1 -> Ток фазы 1/L1

I2 -> Ток фазы 2/ L2

I3 -> Ток фазы 3/ L3

IN -> Ток нейтрали

Pact-> Суммарная **Активная** мощность

Preact-> Суммарная **Реактивная** мощность.

Papp-> Суммарная **Полная** мощность

Pf-> Суммарный **Коэффициент мощности**

CosPhi-> Суммарный коэффициент мощности (**cos φ**) между напряжением и током

Pacti-> **Активная** мощность i-фазы

Preacti-> **Реактивная** мощность i-фазы

Pappi->**Полная** мощность i-фазы

Pfi-> **Коэффициент мощности** i-фазы

$\text{Cos}\Phi_{ii}$ -> коэфф. мощности между напряжением и током в i -й фазе

Pst1 -> **Кратковременная** доза фликера за 1 мин

Pst -> **Кратковременная** доза фликера

Pstmax -> Максим, значение **кр.временной** дозы фликера

Pit -> **Длительная** доза фликера

Pltmax -> Максимальное значение длительной дозы фликера

На любой из страниц экрана с числовыми значениями, нажав кнопку **F2** (или нажав **SCOPE** на сенсорном дисплее), можно выбрать режим отображения форм входных сигналов.

Примечание. Цветовая маркировка входных гнезд и соответствующих им форм входных сигналов на отображаемых дисплеях следующая: ВЕ – зелёный (РЕ), В4 – синий (N), В3 – коричневый (3Ф), В2 – красный (2Ф), В1 – чёрный (1Ф).

Нажав кнопку **F2** (или нажав **HARM** на сенсорном дисплее), можно войти в подраздел меню отображения числовых значений гармоник и графических гистограмм входных сигналов напряжения и тока.

После нажатия кнопки **F1** на дисплей будут циклически выводиться показанные далее экраны:

- значения гармоник напряжений **V1**, **V2**, **V3** и нейтрали **Vn** (для 3Ф четырёхпроводной системы);
- значения гармоник токов **I1**, **I2**, **I3** и тока нейтрали **In** (для 3Ф четырёхпроводной системы).

На дисплее отображаются значения **THD** (суммарный коэффициент гармоник, %) в числовом виде и в формате графических диаграмм (гистограмм) в абсолютном и процентном значениях.

Начиная с любой страницы меню для цифровых значений, можно осуществлять выбор экранов для отображения векторных диаграмм напряжения и тока нажатием кнопки **F4** (или нажатием сенсорной кнопки “**VECTORS**” на дисплее). Цель данной характеристики – показать при помощи числовых и графических обозначений фазовые углы, выражаемые в градусах, между тремя напряжениями **V1**, **V2** и **V3** и токами **I1**, **I2** и **I3** для того, чтобы в любой момент можно было получать информацию о характере индуктивных или емкостных нагрузок электрических установок (вольт-амперная диаграмма).

Меню “**Настройки анализатора**”. Измерительное устройство позволяет выполнять основные и дополнительные настройки, относящиеся к конкретному типу проверяемой электрической установки. В частности, возможно:

- выполнять выбор типа системы, частоты, типа токовых клещей, трансформатора внешнего напряжения, которые могут быть соединены с измерительным прибором (**Конфигурация Анализатора**);

- выполнять установку **Ручного режима** для настройки полного масштаба на графическом экране, типа гармоник, которая должна отображаться на экранах, процентных или абсолютных значений гармоник, масштаба гармоник (ZOOM-растяжка), подсчёта с усреднением значений напряжений, токов, активной и реактивной мощностей (**Дополнительные настройки**).

В разделе “**Конфигурация анализатора**” измерителем отображается экран, который зависит от типа системы, выбранного пользователем во время последнего сеанса. Возможны следующие варианты:

- трёхфазная система 4-проводная (**3ф 4пр**: три фазы + нейтраль);
- трёхфазная система 3-проводная PE (**3ф 3пр**: три фазы *без нейтрالي* + подсоединение к земле);
- трёхфазная система 3-проводная ARON (**3ф 3пр**: три фазы *без нейтрали*);
- однофазная система (**1ф**).

Порядок подсоединения входных сигналов к измерителю в зависимости от типа энергосистемы показан на маленьком схематичном рисунке электроцепи, расположенном в левой части каждого экрана. Для выбора системы следует выполнить следующие действия:

1. Переместить курсор при помощи кнопок со стрелками в поле “**System**”, подсвеченное синим.

2. При помощи кнопок **F3** или **F4** (нажатием **MOD(+)** или **MOD(-)**) выбрать один из типов системы: “**4-WIRE**”, “**3-WIRE**”, “**ARON**” или “**SINGLE**”.

3. Нажать кнопку **SAVE** или кнопку **ENTER** для сохранения выбранного варианта и подтвердить выбор нажатием **OK**.

4. Нажать кнопку **ESC**, чтобы завершить сеанс без сохранения изменений.

Выбор типа токовых клещей. Данный параметр *всегда должен устанавливаться в соответствии с используемым типом клещей*.

Имеются два типа клещей:

- **STD**: для стандартных токовых клещей или трансформатора тока;
- **FLEX**: для гибких клещей (токовой петли).

Порядок выбора клещей следующий:

1. Переместить курсор при помощи кнопок-стрелок в поле “**Clamps Type**”, подсвеченное синим.
2. При помощи кнопок **F3** или **F4** (нажатием **MOD(+)** или **MOD (-)**) выбрать тип клещей: **STD** или **FLEX**.
3. Нажать кнопку **SAVE** или кнопку **ENTER** для сохранения выбранного варианта и подтвердить выбор нажатием **OK**.
4. Нажать кнопку **ESC**, чтобы завершить сеанс без сохранения изменений.

Выбор предела измерения токовых клещей (токового преобразователя). Значение данного параметра должно всегда быть равным полному диапазону (т. е. *пределу измерений*) токовых клещей, используемых для проведения измерений. В случае применения многопредельных токовых клещей в приборе *должно быть установлено значение, равное пределу, выбранному на токовых клещах в данный момент.*

Порядок выбора предела измерения следующий:

1. Переместить курсор при помощи кнопок в поле, относящееся к **Clamps FS [A]** Верхний предел A, подсвеченное синим.
2. При помощи кнопок **F3** или **F4** (либо нажатием сенсорных кнопок **MOD(+)** или **MOD(-)**) выбрать нужный предел. Для STD-клещей может устанавливаться любое значение при помощи кнопок **F3** или **F4** (либо нажатием сенсорных кнопок **MOD(+)** или **MOD(-)**). Для FLEX-клещей возможен выбор только **300 А** или **3000 А**.
3. Нажать кнопки **SAVE** или **ENTER** (или иконку **И**) для сохранения выбранного варианта и подтвердить выбор нажатием **OK**. Этот выбранный параметр будет оставаться действующим также после отключения измерительного прибора.
4. Нажать кнопку **ESC** (или иконку **В**), чтобы завершить сеанс без сохранения изменений.

Вычисление среднего значения (функция усреднения). Данная операция, доступная только для 4-проводных систем, позволяет отображать средние арифметические TRMS-значения фазных напряжений V1, V2, V3, фазного тока I1, I2, I3, активной мощности по каждой фазе P1, P2, P3, а также потреблённой, генерируемой, индуктивной и емкостной реактивной мощностей по каждой фазе.

Порядок выбора предела измерения следующий:

1. Переместить курсор при помощи кнопок-стрелок в поле “**Average values**”, подсвеченное синим.

2. При помощи кнопок **F3** или **F4** (либо нажатием сенсорных кнопок **MOD(+)** или **MOD(-)**) выбрать одну из следующих опций:

- **YES**: измерительный прибор *показывает* усреднённые значения (страница 7/7) в разд. “Значения в реальном времени” только для 4-проводных систем;

- **N0**: измерительный прибор *не показывает* усреднённые значения (страница 7/7) в разделе “Значения в реальном времени”.

3. Нажать кнопки **SAVE** или **ENTER** для сохранения выбранного варианта и подтвердить выбор нажатием **OK**. Чтобы завершить сеанс без сохранения изменений, следует нажать кнопку **ESC**.

Настройки режима “Запись”. В данном разделе меню измерительный прибор позволяет простым способом при помощи сенсорного экрана определять особенности (детали) начала и остановки записи, выполнять выбор параметров записи, типа проводимого анализа. Режим “**Запись**” – это программируемая оператором функция длительной регистрации параметров.

Экран “*Настройки записи*” имеет несколько уровней и подуровней (с древовидной структурой меню Windows), что позволяет находить различные детали и особенности нужных функций. При помощи кнопок со стрелками **вверх/вниз** или непосредственно выбирая темы в меню дисплея, возможно делать выбор/или отменять выбор флажков в ячейках. Отображение выбора/отмены выбора параметров выполняется следующим способом:

- *серый* текст и пустая ячейка -> раздел полностью отключён;
- *чёрный* текст и пустая ячейка -> раздел частично выбран;
- *чёрный* текст и выбранная ячейка -> раздел полностью выбран.

Старт и остановка регистрации (записи). Данная функция позволяет определять способ старта и отмены функции записи прибора. Возможны следующие опции:

- **Manu**: каждая запись запускается/отменяется в ручном режиме нажатием кнопки **GO/ STOP**.

- **Auto**: каждая запись запускается/отменяется в автоматическом режиме, начиная с момента установленных и действующих данных **даты/времени** и *предварительно нажатой кнопки* **GO/ STOP**.

Выбор периода интегрирования. Данная функция позволяет устанавливать период интегрирования, который является интервалом времени между двумя последовательными записями в пределах общей продолжительности измерений. Флажок этой опции всегда активен и не отменяется.

Порядок установки следующий:

1. Переместить курсор при помощи кнопок-стрелок в поле **“Integration period”**, подсвеченное синим.

2. Нажать кнопку **F4** (либо нажать сенсорную кнопку **MODIFY** на дисплее). В нижней части дисплея появляется командная строка с сообщением **“Integration period”**.

3. Нажать кнопки **F3**, или **(MOD(+))** либо **MOD(–)**, или кнопки со стрелками **вверх/вниз** для установки желаемого периода интегрирования из следующих значений: **1 s, 5 s, 10 s, 30 s, 1 min, 2 min, 5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 60 min**.

4. Нажать кнопки **SAVE** или **ENTER** (или иконку **И**) для сохранения выбранного варианта. Значение периода интегрирования будет отображаться на дисплее.

Заранее определённые конфигурации. Для более лёгкого старта записи измерительный прибор оснащён пятью выбираемыми, заранее определёнными конфигурациями, которые описывают стандартные схемы подключений в электросетях. Кроме того, существует типовая конфигурация **“Default”** (уставка по умолчанию) с начальными параметрами, заданными на заводе-изготовителе. Анализатор также позволяет устанавливать до *14 произвольных конфигураций*, создаваемых самостоятельно. Пользователь может сохранять такие конфигурации и вызывать их из памяти в любое время. Выбор одной из этих конфигураций автоматически устанавливает только те параметры, которые необходимы для процедуры записи в определённых условиях.

Заранее определёнными конфигурациями являются:

1. **DEFAULT** (по умолчанию): устанавливает параметры конфигурации по умолчанию, заданные на заводе-изготовителе.

2. **EN50160**: устанавливает параметры для записи при оценке качества электроэнергии (аномалии напряжения, гармоника, колебание, разбаланс/коэффициент несимметрии и броски тока) в соответствии со стандартом EN50160.

3. **VOLTAGE ANOMALIES** (аномалии напряжения): устанавливает параметры только для записи аномалий напряжения (спады, нарастания, провалы).

4. **HARMONICS** (гармоники): устанавливает параметры гармонического анализа напряжения и токов.

5. **INRUSH** (бросок тока): устанавливает параметры определения бросков пускового тока.

6. **POWER & ENERGY** (мощность и энергия): устанавливает параметры измерения всех видов мощности и энергии.

Старт процедуры записи. Нажав кнопку **GO/STOP**, можно начать запись выбранных параметров в *ручном* или *автоматическом* режимах. Старт процедуры записи может быть выполнен *только на экранах* главного меню **MENU GENERAL** с помощью любой выбранной иконки или **Real Time Values** (значения в реальном времени) на любом внутреннем экране.

Во время записи доступен только раздел меню **Real Time Values** (значения в реальном времени). При выборе любого другого раздела меню выводится сообщение **Menu not available in recording** (Во время записи меню недоступно). Чтобы выбрать какой-либо раздел меню, остановите запись, нажав кнопку **GO/STOP**.

Во время записи кнопка **ON/OFF** заблокирована. Прибор выводит сообщение **Recording running. Not available in recording** (Идёт запись. Функция недоступна). Чтобы нажать эту кнопку, следует остановить запись, предварительно нажав кнопку **GO/STOP**.

Подключение к ПК. Порядок подключения следующий:

1. Установите стандартное программное обеспечение **TopView** на ваш ПК.

2. Проверьте наличие иконки **ActiveSync** на сером фоне (показатель неактивного состояния) в правой нижней части экрана ПК.

3. Подключите измерительный прибор к ПК, используя стандартный кабель USB A – B.

4. Проверьте заливку иконки **ActiveSync** в зеленый цвет (показатель активного состояния) в правой нижней части экрана ПК. Проведение подключения прибора к ПК является правильным только в вышеуказанном порядке.

5. Запустите программное обеспечение **TopView** и щёлкните мышью по кнопке **Instrument <-> PC connection** (Инструмент <-> Подключение ПК). Нажмите кнопку **Select new instrument** (Выбор нового прибора) на экране программного обеспечения для того, чтобы подтвердить название подключаемого прибора, который отображается в нижней строке состояния. Выберите модель **PQA824** из списка имеющихся измерительных приборов.

6. Выберите команду **Download data** (Загрузить данные) и нажмите кнопку **Next** (Далее), чтобы открыть окошки **Download** программного обеспечения, в которых измерительный прибор отображает все сохранённые данные. Выберите одну запись или большее необходимое количество записей и щёлкните мышью на кнопке **Download**.

В результате запустится процедура загрузки данных и в конце данной операции программное обеспечение отобразит окошко общего анализа записей.

*Для получения более подробной информации об использовании обратитесь к подсказкам **HELP ON LINE** программного обеспечения **TopView** (помощь в режиме он-лайн).* Во время записи производить загрузку данных в ПК невозможно. Нажмите на измерительном приборе кнопку **GO/STOP**, чтобы остановить запись перед процедурой загрузки.

Для выполнения двусторонней связи между измерительным прибором и ПК измерительный прибор должен всегда находиться в экране **GENERAL MENU**.

Процедуры измерений. Порядок действия следующий:

1. При необходимости проверьте и измените основные настройки измерительного прибора. Задайте режим контролируемой сети.

2. Подключите измерительные провода к кабелям фаз L1, L2, L3, нейтрали и заземления с учётом цветов, как показано на рис. 2.17. Произведите проверку на дисплее сообщения “123”, указывающего правильную последовательность чередования фаз, и при необходимости исправьте подключение.

3. Подключите трансформаторные преобразователи к кабелям фаз (Ф1, Ф2, Ф3/ L1, L2, L3) и нейтрали N, соблюдая направление их стрелки, указывающее стандартную направленность тока от генератора к нагрузке. Перед началом записи убедитесь, что на экранах (раздел **Real Time Values/ Значения в реальном времени**) отображаются положительные значения активной мощности и коэффициента мощности, относящихся к нагрузке, которая

обычно должна быть индуктивной. В случае отрицательных показаний поменяйте направление подключения трансформаторного преобразователя на силовых кабелях на 180° .

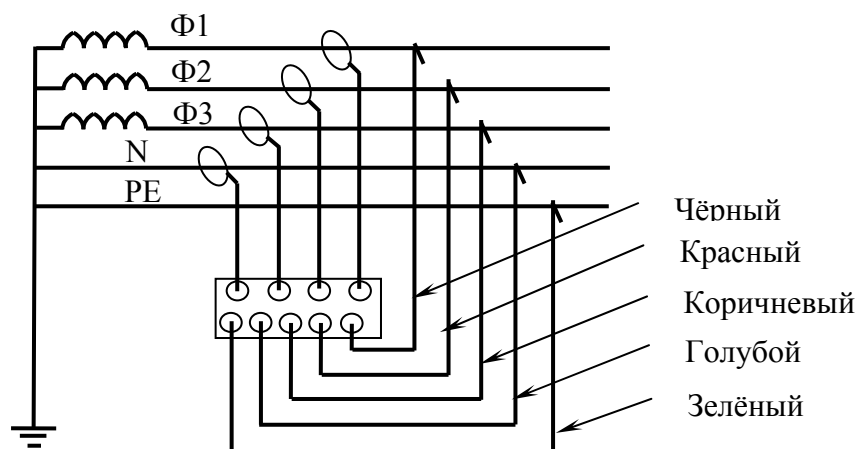


Рис. 2.17. Подключение к трёхфазной системе

4. Подключите тестируемую электрическую установку (в случае, если она была временно выведена из эксплуатации) к измерительному прибору. Значения параметров отображаются измерительным прибором на дисплее в разделе **Real Time Values**.

5. Нажмите **SAVE**, если необходимо сохранить мгновенную выборку значений дисплея (**Snapshot**). Используйте функцию **HOLD**, чтобы при необходимости остановить значения на дисплее.

6. Перед началом записи проверьте все настройки. Нажмите кнопку **GO/STOP**, чтобы включить и отключить запись на измерительном приборе.

2.3. Содержание и порядок выполнения работы

Предварительно ознакомившись с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации, проведите исследование качества электрической энергии как в сети общего электроснабжения, так и при подключении испытываемого прибора.

1. Измерьте параметры электрической энергии в сети электроснабжения общего назначения, характеризующие КЭ. Проверьте отсутствие напряжения на испытываемом объекте.

2. По результатам измерений оцените качество электрической энергии.

3. Рассчитайте параметры КЭ по осциллограмме натурных измерений (вариант по указанию преподавателя)

4. Подключите к электрической сети исследуемый прибор (по указанию преподавателя) и измерьте вносимые им колебания напряжения. По результатам измерений рассчитайте кратковременную дозу фликера.

2.4. Содержание отчёта

В отчёте должны содержаться следующие данные:

- цель работы;
- краткое описание схемы лабораторной установки и испытываемых технических средств;
- протоколы измерений с осциллограммами, поясняющими сделанные выводы;
- подробные выводы (объём не менее одной страницы) по результатам работы, содержащие анализ результатов испытаний объектов.

Лабораторная работа 3

ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРНОЙ ТЕХНИКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К МАГНИТНОМУ ПОЛЮ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Цели работы:

- ознакомление с нормативными требованиями и методами испытаний оборудования на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты;
- получение навыков обращения с приборами и определение уровней устойчивости реального оборудования.

3.1. Общие сведения

ГОСТ Р 50648–94(МЭК 1000–4–8–93) “Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты. Технические требования и методы испытаний” устанавливает технические требования, а также соответствующие методы испытаний в части степеней жёсткости испытаний на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты (МППЧ), т. е. 50 или 60 Гц для вновь разрабатываемых, изготавливаемых, модернизируемых и импортируемых технических средств (ТС), которые применяются в бытовых условиях, коммерческих учрежде-

ях, на предприятиях промышленности, электростанциях и электрических подстанциях среднего и высокого напряжений.

МППЧ, воздействующее на ТС, может влиять на качество функционирования или нарушать его работу. Испытания имеют целью подтвердить устойчивость ТС к МППЧ в определённых условиях эксплуатации или при определённых условиях установки (например, при установке ТС вблизи от источника МППЧ).

Магнитное поле промышленной частоты создается токами в проводниках или (в более редких случаях) – устройствами (например, трансформаторами), расположенными вблизи ТС.

МППЧ, создаваемое токами в проводниках, подразделяется:

- на магнитное поле постоянной и относительно малой напряжённости, вызванное токами при нормальных условиях эксплуатации;
- на магнитное поле относительно большой напряжённости, вызванное токами при аварийных условиях, действующими кратковременно до момента срабатывания устройств защиты (от нескольких миллисекунд для плавких предохранителей до нескольких секунд для механических защитных устройств).

Испытания воздействием МППЧ постоянной амплитуды могут проводиться применительно к ТС всех назначений, подключаемым к низковольтным электрическим сетям общего назначения или устанавливаемым на электростанциях.

Испытания кратковременным МППЧ, связанным с аварийными условиями эксплуатации, требуют применения более высоких степеней жёсткости испытаний, чем при нормальных условиях; при этом наибольшие степени жёсткости испытаний относятся к ТС, предназначенным для установки на открытых площадках электростанций.

Степени жёсткости испытаний. Устанавливают исходя из условий эксплуатации ТС и окружающей электромагнитной обстановки.

Испытания на устойчивость к МППЧ проводят с целью установить снижение качества функционирования ТС в условиях электромагнитной обстановки, при которых возможна эксплуатация ТС. При выборе степени жёсткости испытаний необходимо принимать во внимание близость расположения источников МППЧ в условиях эксплуатации ТС с учётом запаса, перекрывающего случайные отклонения, присущие измеряемым величинам.

Степень жёсткости 1 устанавливают для электромагнитной обстановки, в которой могут эксплуатироваться чувствительные приборы, использующие электронные лучи (мониторы, электронные микросхемы и др.).

Примечание. До 90 % дисплеев, входящих в состав средств вычислительной техники, должны соответствовать степени жёсткости испытаний 1 А/м. Вместе с тем дисплеи и экраны, располагаемые вблизи источников МППЧ, таких, как трансформаторы, силовые кабели и т. д., должны выдерживать испытания с большей степенью жёсткости (в противном случае необходимы другие меры, например, удаление экранов от источников МППЧ).

Степень жёсткости 2 устанавливают для электромагнитной обстановки, характеризующейся:

- отсутствием таких источников МППЧ, как силовые трансформаторы, имеющих большие потоки рассеяния;
- условиями эксплуатации ТС, исключаящими воздействие МППЧ, создаваемого высоковольтными шинопроводами.

Примерами указанной электромагнитной обстановки могут служить бытовые зоны, зоны учреждений, больниц, удалённые от электрических заземляющих проводников, зоны промышленных предприятий и высоковольтных подстанций.

Степень жёсткости 3 устанавливают для электромагнитной обстановки, характеризующейся:

- близким расположением от мест установки ТС шин и кабелей, обладающих повышенными потоками рассеяния, а также заземляющих проводов систем безопасности;
- удалением цепей низкого напряжения и высоковольтных проводов на расстояние нескольких сотен метров от рассматриваемых ТС.

Примерами указанной электромагнитной обстановки могут служить коммерческие зоны, центры управления, зоны предприятий, не относящихся к тяжёлой промышленности, компьютерные залы высоковольтных электрических подстанций.

Степень жёсткости 4 устанавливают для промышленной электромагнитной обстановки, характеризующейся:

- близким расположением от мест установки ТС коротких участков силовых цепей (проводов высокого напряжения, силовых кабелей и т. д.), ТС со значительными потоками рассеяния и заземляющих проводов систем безопасности;
- достаточным удалением цепей низкого напряжения и высоковольт-

ных шинопроводов (на несколько десятков метров) от рассматриваемого ТС.

Примерами указанной электромагнитной обстановки могут служить зоны предприятий тяжёлой промышленности и электростанций, залы управления высоковольтных электрических подстанций.

Степень жёсткости 5 устанавливают для жёсткой промышленной электромагнитной обстановки, характеризующейся:

- близким расположением от мест установки ТС токопроводов и линий передачи высокого и низкого напряжений с токами порядка десятков килоампер и заземляющих проводов систем безопасности;
- близким расположением ТС, являющихся мощными источниками МППЧ.

Примерами указанной электромагнитной обстановки могут служить зоны коммутации электрических подстанций среднего и высокого напряжений и предприятий тяжёлой промышленности.

Установленные ГОСТ Р 50648–94 степени жёсткости испытаний на устойчивость к воздействию МППЧ приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Степень жёсткости испытаний	Напряжённость МППЧ, А/м	
	Непрерывное магнитное поле	Кратковременное магнитное поле (продолжительность 1...3 с)
1	1	Не применяют
2	3	
3	10	
4	30	300
5	100	1000
*	По согласованию между производителем и потребителем	

Примечание. 1 А/м соответствует индукции в 1,26 мкТл в свободном пространстве

Для особых условий применения ТС и окружающей электромагнитной обстановки устанавливают степень жёсткости испытаний по согласованию между производителем и потребителем.

Рабочее место для испытаний. Испытываемое техническое средство (ИТС) и вспомогательное оборудование должны располагаться на плоскости заземления и соединяться с ней. Плоскость заземления должна быть соединена с защитным заземлением.

1 – стол из немагнитного материала; 2 – плоскость заземления;
3 – к ИГ; 4 – ИТС; 5 – индукционная катушка; 6 – соединение
плоскости заземления с целью защитного заземления; 7 – защит-
ное заземление; 8 – изолирующая опора; 9 – к сети электропита-
ния; 10 – к ИГ; 11 – к источнику сигналов (имитатору)

Цепи питания, входные и выходные цепи ИТС должны быть подключены к соответствующим источникам питания и сигналов. При испытаниях используются соединительные кабели, входящие в состав ИТС. Если применяются сетевые помехоподавляющие фильтры, то они должны быть соединены с ИТС кабелями длиной 1 м и подключены к плоскости заземления.

45

Один из выходных зажимов ИГ должен быть соединён с плоскостью заземления.

Индукционная катушка должна охватывать ИТС, размещённое в её центре.

Проведение испытаний. Электромагнитная обстановка в испытательной лаборатории должна обеспечивать нормальное функционирование ИТС и не влиять на результаты испытаний. В частности, уровень МППЧ в лаборатории должен быть не менее чем на 20 дБ ниже выбранной степени жёсткости испытаний.

Испытания должны проводиться на основе методики испытаний, которая обязательно включает проверку функционирования ИТС.

Проверка функционирования ИТС должна проводиться до подачи испытательного МППЧ. Воздействие испытательного МППЧ поля на ИТС осуществляется в соответствии с иммерсионным методом. Степень жёсткости испытаний не должна превышать предусмотренную нормативной документацией.

Напряжённость непрерывного и кратковременного МППЧ, соответствующая выбранной степени жёсткости испытаний, и длительность испытаний должны быть указаны в методике испытаний. Для определения стороны ИТС или его расположения относительно испытательного поля, при которых ИТС обладает максимальной восприимчивостью к МППЧ, допускается применять метод приближения (когда индукционная катушка перемещается вдоль стороны ИТС) (рис. 3.2).

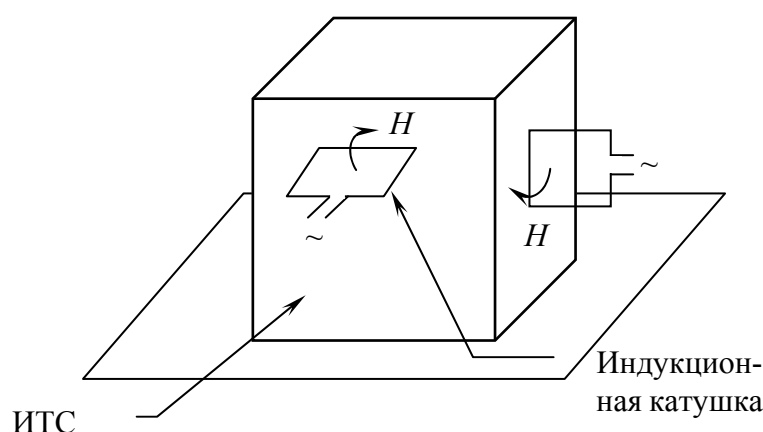


Рис. 3.2. Схема проверки восприимчивости ИТС к МППЧ с использованием метода приближения

Малогабаритное ИТС подвергают воздействию МППЧ, создаваемого стандартной индукционной катушкой. Затем индукционную катушку поворачивают на 90° относительно ИТС, чтобы воздействовать на ИТС испытательным полем в другом направлении.

Крупные (напольные) ИТС подвергают воздействию МППЧ, создаваемого индукционной катушкой подходящих размеров. Испытание повторяют при перемещении и сдвиге катушки, чтобы исследовать весь объём ИТС для каждого ортогонального направления МППЧ. Сдвиг индукционной катушки в различных положениях вдоль стороны ИТС при испытаниях не должен превышать 50 % длины наименьшей стороны катушки.

Затем индукционную катушку поворачивают на 90° относительно ИТС и испытывают ИТС в такой же последовательности на устойчивость к МППЧ, действующему в ортогональном направлении. Если расстояние от сторон катушки до наружных поверхностей ИТС составляет менее 20 % длины каждой стороны катушки, используют индукционную катушку большего размера.

Примечание. Перемещение ИК с шагом, не превышающим 50 % длины наименьшей стороны индукционной катушки, позволяет перекрывать весь объём ИТС без пропусков.

Измеритель ПЗ-50. Предназначен для измерения напряжённости электрического и магнитного полей промышленной частоты. Он выполнен в виде малогабаритного носимого прибора с автономным питанием. Для измерения напряжённости магнитного поля предназначена антенна – АП НЗ-50. Диапазон измерения напряжённости магнитного поля – от 0,01 до 1800 А/м, пределы измерения – 0,2, 20, 200 и 2000 А/м.

3.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из испытательного оборудования, включающего испытательный генератор ИГП 2.1 (ИГ) и индукционную катушку ИК 1.1 (ИК), измеритель поля ПЗ-50 и ИТС.

Испытательный генератор. ИГ должен обеспечивать протекание тока требуемой амплитуды в индукционной катушке с учётом её полного сопротивления. Схема ИГ приведена на рис. 3.3.

Силу выходного тока ИГ, отвечающего требуемой степени жёсткости испытаний, определяют как отношение нормируемой напряжённости магнитного поля (см.табл. 3.1) к коэффициенту индукционной катушки.

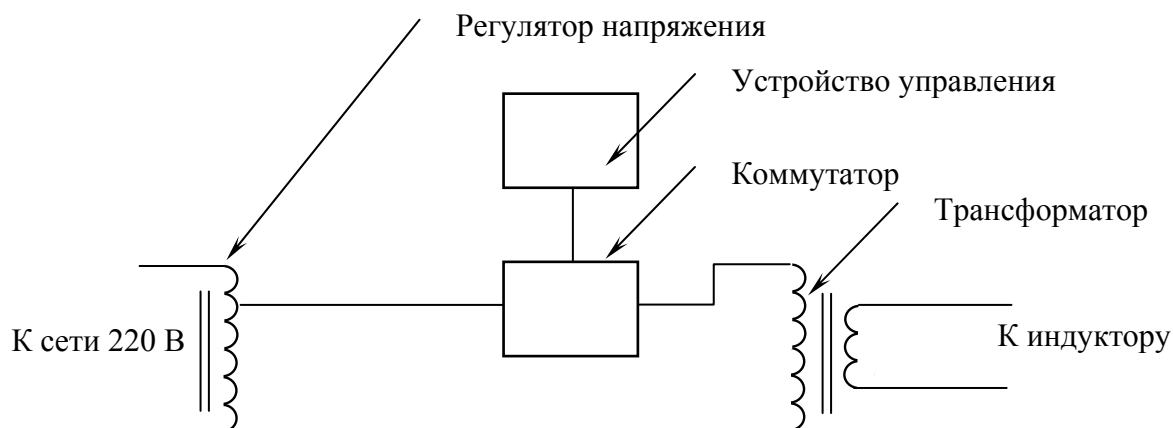


Рис. 3.3. Схема испытательного генератора

ИГ должен работать в условиях короткого замыкания. Выходной зажим ИГ соединяется с зажимом заземления (для подключения к заземляющему контуру лаборатории).

МППЧ, создаваемое ИГ, не должно влиять на уровень испытательного магнитного поля, создаваемого индукционной катушкой. Для этого подключение ИГ к индукционной катушке должно осуществляться скрученными проводами, а ИГ должен располагаться на расстоянии не менее 3 м от неё.

Индукционная катушка, подключённая к ИГ, должна обеспечивать создание МППЧ с напряжённостью, соответствующей установленной степени жёсткости и заданной точности.


Неравномерность МППЧ в рабочем объёме индукционной катушки должна быть не более ± 3 дБ.

Характеристики лабораторной испытательной установки:

- Напряжённость поля в центре ИК 1.1, А/м 1, 3, 10, 30, 40, 100
- Коэффициент гармоник выходного тока, %, не более 8
- Длительность генерации магнитного поля, мин (с шагом 1 мин) 1...10
- Число витков индукционной катушки ИК 1.1 3
- Коэффициент катушки (отношение напряжённости поля в центре катушки к току через неё), % $2.65 \text{ м}^{-1} \pm 1$
- Рабочий объём, м^3 $0,6 \times 0,6 \times 0,5$

Указания мер безопасности. Подключение защитного заземления обязательно. При подключении выходных кабелей к генератору, индукционной катушке и испытываемому ТС испытательный генератор следует отключать от сети электропитания.

Подготовка установки к работе. Порядок подготовки следующий.

1. Подключить защитное заземление к клемме , расположенной на задней панели, проводом с сечением не менее 1,5 мм².

2. Подключить к выходным разъёмам перекрученные между собой кабели индукционной катушки.

3. Подключить сетевой кабель к разъёму на задней панели и к сетевой розетке 220 В; 50 Гц. Включить испытательный генератор переключателем “СЕТЬ”. При этом на дисплее должен появиться текст (рис. 3.4).

Если на дисплее появилось сообщение “**НЕПРАВИЛЬНОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ!**”, генератор следует выключить и перевернуть сетевую вилку в розетке. Если эта же надпись появилась при повторном включении, необходимо проверить наличие и исправность заземления.

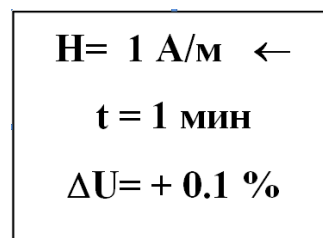


Рис. 3.4

3.3. Содержание и порядок выполнения работы

Для указанных преподавателем ИТС необходимо подготовить программу испытаний, определить требуемые степень жёсткости испытаний и уровни напряжённости магнитного поля, проверить соответствие электромагнитной обстановке требованиям испытаний и провести непосредственное испытание ИТС, сформулировать выводы о восприимчивости ИТС.

1. Включите генератор переключателем “СЕТЬ”. После его включения на дисплее появляются текст и курсор в виде стрелки в верхней строке (см. рис. 3.4). Перемещение курсора осуществляется при помощи кнопок “↓” и “↑”.

2. При помощи кнопок “+” и “–” установите требуемую напряжённость поля. Курсор должен находиться в позиции “H= __А/м”. При этом можно выбрать значения **1, 3, 10, 30, 40, 100 А/м**.

3. Задайте требуемую длительность испытательного воздействия (по умолчанию она равна 1 мин). Длительность воздействия от 1 до 10 мин задаётся при помощи кнопок “+” и “–” в позиции курсора “t = __мин”.

4. Перед запуском генератора при помощи регулятора напряжения «**НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ**», расположенного на передней панели

генератора, установите минимальное значение отклонения напряжения. В нижней строке дисплея отображается отклонение напряжения на первичной обмотке выходного трансформатора от номинального значения, обусловленное отклонением напряжения питающей сети.

5. Нажатием на кнопку **“ПУСК/СТОП”** запустите генератор. При этом во время генерации выходного тока светодиод **“ПУСК”** загорится красным светом. Работу генератора можно прервать до истечения заданного периода повторным нажатием на кнопку **“ПУСК/СТОП”**. На остальные кнопки генератор во время отработки цикла не реагирует. Значение выходного тока измеряется и отображается в нижней строке дисплея, причём выводится значение, приведённое к напряжённости поля с учётом коэффициента катушки ИК 1.1 ($K = 2,65 \text{ м}^{-1}$). Напряжённость поля следует проверять (устанавливать) в отсутствие испытуемого ТС в рабочей зоне индукционной катушки.

3.4. Содержание отчёта

В отчёте должны содержаться следующие данные:

- цель работы;
 - краткое описание схемы лабораторной установки и испытуемого оборудования;
 - программа испытаний;
 - протоколы испытаний;
 - подробные выводы или заключение (объём не менее одной страницы)
- по результатам работы, содержащие анализ результатов испытаний объектов.

Лабораторная работа 4

ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРНОЙ ТЕХНИКИ НА ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ

Цели работы:

- получение навыков вибрационных испытаний оборудования;
- определение уровней устойчивости реального оборудования к вибрационным воздействиям.

4.1. Общие сведения

ГОСТ 30631–99 “Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздей-

ствующим факторам при эксплуатации” распространяется на все виды машин, приборов и других технических изделий (далее – изделия) и устанавливает общие технические требования по стойкости изделий к воздействию механических внешних воздействующих факторов (ВВФ) (далее – механические ВВФ), в обобщённом виде отражающих условия эксплуатации.

Классификация вибрационных воздействий на изделия приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Уровень вибрационных воздействий	Пример возникновения	Максимальная амплитуда ускорения, м/с ²
Незначительный	В местах, подлежащих постоянному нахождению обслуживающего персонала; в капитальных лабораторных, жилых и других помещениях	Не более 1,2
То же	Там же, но при более высоком уровне вибрационных воздействий	1,2...2,5
Малозначительный	На обычных фундаментах	2,5...5
Заметный	Вблизи мощных машин с вращающимися частями	5...10
Высокий	На фундаментах мощных машин с вращающимися частями	10...20
Экстремально высокий	В чрезвычайных ситуациях	20...50
То же специальный	То же	> 50

Изделия должны быть виброустойчивыми, т. е. сохранять свои параметры в пределах норм, установленных в технических заданиях, стандартах и технических условиях на конкретные типы изделий, в процессе и (или) после воздействия механических ВВФ.

Механические ВВФ считают приложенными к изделию в местах его крепления.

Унифицированные и видовые группы механического исполнения в зависимости от места установки, а также области применения, выбирают по табл. 4.2 – 4.4.

Одним из видов испытаний на воздействие вибраций является проверка виброустойчивости в условиях воздействия синусоидальной вибрации. Степени жесткости испытаний и соответствующие им уровни воздействия синусоидальной вибрации определяют по табл. 4.5, 4.6.

ГОСТ 30630.1.1–99 “Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Определение динамических характеристик конструкции” устанавли-

ливают методы испытаний изделий, цель которых – определить динамические характеристики конструкции и проверить отсутствие в конструкции резонансных частот.

Таблица 4.2

Место установки	Группа механического исполнения при уровне вибрационных воздействий				
	Незначительный	Незначительный	Малозначительный	Заметный	Высокий
1. Непосредственно на строительных конструкциях (например, стенах, потолках, фундаментах):	M13	M39	M1, M2	M6	M6
• без источников ударных воздействий, расположенных в том же помещении					
• с источниками ударных воздействий незначительного уровня, расположенными в том же помещении	M38	M40	M3 M4	M7	M7
• при наличии ударных воздействий:	—	—	—	—	—
- малозначительного уровня (например, от близкорасположенных хлопающих дверей)					
- заметного уровня (например, от частых пусков - остановок мощных машин)	—	—	—	M13	—
2. В комплектных изделиях в качестве встроенных элементов (например, в шкафах, на щитах, панелях, пультах), подверженных воздействиям по группе, указанной в п. 1:	M39	M2	M6	M6	M5
• без источников ударных воздействий					
• с источниками ударных воздействий незначительного уровня	M40	M4	M7	M7	M41

Примечание. Требования настоящей таблицы относят также к кабелям стационарной прокладки.

Таблица 4.3

Место размещения		Группа механического исполнения для изделий	
Определение	Дополнительный признак	не работающих в движении	работающих в движении
На строительно-дорожных машинах (кроме вибрационных)	—	M1	M1
В передвижных наземных безрельсовых установках	При массе установок: - 14 т и выше, - менее 14 т	M32 M18	M31 M30
В передвижных наземных рельсовых установках, самоходных и несамоходных	В кузовах и под кузовами транспортных средств железнодорожного транспорта	M25	M25
	В городском рельсовом транспорте	M29	M29
На судах с собственными энергетическими установками	На катерах и других судах водоизмещением менее 1000 т, на судах на подводных крыльях и воздушной подушке	M46	M46
	На других судах	M3	M3

Таблица 4.4

Место размещения		Группа механического исполнения для изделий	
Определение	Дополнительный признак	не работающих в движении	работающих в движении
Осторожное манипулирование и перемещение людьми; работа в местах с малозначительными вибрациями; перевозка хорошо амортизированными видами транспорта	Непосредственное применение	M23	M21
	Применение в качестве встроенных элементов в комплектных изделиях	M24	M22
Многократное манипулирование и перемещение людьми, работа в местах с заметным уровнем вибраций и малозначительным уровнем ударов	—	M20	M19
Жесткое манипулирование и перемещение людьми; работа в местах с высоким уровнем вибраций и заметным уровнем ударов	При массе изделия, кг: менее 50	M34	M34
	от 50 до 75	M33	M33
	от 75 до 200	M47	M47

Испытание проводят с целью определить динамические свойства изделий и получить исходную информацию для выбора методов испытаний на вибропрочность, виброустойчивость, на воздействие акустического шума,

для выбора длительности действия ударного ускорения при испытаниях на воздействие одиночных и многократных механических ударов, а также для динамических расчётов изделий.

Таблица 4.5

Степень жёсткости	Диапазон частот, Гц	Максимальная амплитуда ускорения, м/с ²	Степень жёсткости	Диапазон частот, Гц	Максимальная амплитуда ускорения, м/с ²
1	0,5...35	5	19	0,5...500	30
2	0,5...55	10	20	0,5...500	50
3	0,5...55	50	21	200...500	50
4	0,5...55	80	22	0,5...200	20
5	0,5...55	1500		0,5...500	100
6	0,5...80	50	23	0,5...2000	50
7	0,5...100	1,2	24	0,5...2000	100
8	0,5...100	2,5	25	0,5...2000	150
9	0,5...100	5	26	0,5...2000	200
10	0,5...100	10	27	0,5...2000	250
11	0,5...100	20	28	0,5...2000	300
12	0,5...100	30	29	0,5...2000	400
13	0,5...100	150	30	0,5...2000	500
14	0,5...200	20	31	0,5...3000	200
15	0,5...200	50	32	0,5...5000	200
16	0,5...200	250	33	0,5...5000	300
17	0,5...300	50	34	0,5...5000	400
18	0,5...500	20			

Таблица 4.6

Группа исполнения	Диапазон частот, Гц	Максимальная амплитуда ускорения, м/с ²	Степень жёсткости	Группа исполнения	Диапазон частот, Гц	Максимальная амплитуда ускорения, м/с ²	Степень жёсткости
M1	0,5...35	5	1	M25	0,5...100	10	10
M2	0,5...100	5	9	M26	0,5...100	30	12
M3	0,5...35	5	1	M27	0,5...100	150	13
M4	0,5...100	5	9	M28, M29	0,5...55	10	2
M5	0,5...100	20	11	M30	200...500	50	21
M6, M7	0,5...100	10	10		0,5...200	20	
M8	0,5...55	10	2	M31	0,5...200	20	14
M9, M10	0,5...100	20	11	M32	0,5...200	20	14
M11, M12	0,5...80	50	6		0,5...100	5	9
M13	0,5...100	1,2	7	M33, M34	200...500	50	21

Группа исполнения	Диапазон частот, Гц	Максимальная амплитуда ускорения, м/с^2	Степень жёсткости	Группа исполнения	Диапазон частот, Гц	Максимальная амплитуда ускорения, м/с^2	Степень жёсткости
M14	0,5...55	1500	5		0,5...200	20	12
M15	0,5...200	250	16	M35	0,5...100	10	10
M16	0,5...55	80	4	M36	0,5...80	50	6
M17	0,5...55	50	3	M37	0,5...500	100	22
M19	200...500	50	21	M38	0,5...100	1,1	7
	0,5...200	20		M39, M40	0,5...100	2,5	8
M20	200...500	50	21	M41	0,5...200	20	14
	0,5...200	20	10	M42	0,5...100	5	9
M21	0,5...100	10		M43	1...100	10	10
	0,5...200	20	14	M44	0,5...300	50	17
M22	0,5...200	20	14	M45	200...500	50	20
M23	0,5...200	20	14		0,5...200	20	
	0,5...100	5	9	M46	0,5...200	20	14
M24	0,5...200	20	14	M47	0,5...200	20	21
	0,5...100	10	10				

У изделий без амортизаторов или в их отдельных узлах и деталях в составе изделий не рекомендуется допускать наличие механических резонансов конструкции в диапазоне частот от 0,5 Гц до частоты, выбираемой из ряда 30, 40 или 100 Гц.

Одним из методов испытаний по определению динамических характеристик конструкции является *Метод 100-1 – метод определения резонансных частот путём плавного изменения частоты синусоидальных колебаний*.

Резонансом конструкции называется явление увеличения амплитуды вынужденных колебаний конструкции изделия в два раза и более при постоянном внешнем воздействии, возникающее на частотах вибрационных нагрузок, близких к частоте собственных колебаний изделия. Вибрационная установка должна обеспечивать получение синусоидальных колебаний во всем диапазоне частот, установленном для испытаний данного вида.

Устройство для определения резонансных частот конструкции должно иметь во всём диапазоне частот испытаний чувствительность, позволяющую выявить увеличение амплитуды колебаний изделия или его частей в два раза

и более раз по сравнению с амплитудой колебаний точек его крепления. Испытания проводят в диапазоне частот $(0,2 \dots 1,5) f_{кр}$, но не выше 20 кГц, где $f_{кр}$ – критическая частота изделия, определённая расчётом или на основании испытаний изделия аналогичной конструкции.

Если ориентировочное значение критической частоты изделий неизвестно, то испытания проводят в диапазоне частот, установленном в стандартах и ТУ на изделия в качестве технических требований для эксплуатации.

Поиск критических частот осуществляют плавным изменением частоты при поддержании постоянной амплитуды ускорения.

Для более точного выявления критических частот допускается каждую проверяемую деталь испытывать несколько раз в установленном диапазоне частот.

Значение скорости изменения частоты устанавливают равным одной-двум октавам в минуту. Допускается при значениях частот от 1 до 50 Гц устанавливать значение скорости изменения частоты 10 Гц/мин.

Амплитуду ускорения выбирают, руководствуясь следующим:

- Если изделие имеет линейную динамическую упругую характеристику, амплитуда ускорения может быть минимально возможной, но достаточной для выявления критических частот, и не должна превышать амплитуду ускорения, установленную для испытаний на вибропрочность.

- Если изделие имеет нелинейную динамическую характеристику, определенную на основании испытаний конструктивно-технологических аналогов, то значение амплитуды ускорения должно соответствовать установленному для испытаний на вибропрочность.

- Если данные о линейности динамической характеристики отсутствуют, испытания проводят при нескольких амплитудах ускорения, необходимых для получения данных о динамической характеристике.

Испытания обычно проводят в трёх взаимно перпендикулярных направлениях по отношению к изделию.

При проведении испытаний проверяют на наличие резонансов все основные детали изделия, у которых возможны резонансы в проверяемом диапазоне частот. Особое внимание уделяют деталям, определяющим структуру изделия и его функциональное назначение.

ГОСТ 30630.1.2–99 “Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических

изделий. Испытания на воздействие вибрации” устанавливает методы испытаний изделий на воздействие вибрации, в частности для проверки соответствия изделий техническим требованиям, указанным в стандартах и технических условиях на изделия, в том числе на соответствие ГОСТ 30631.

Одним из методов испытаний на виброустойчивость с целью проверить способность изделий выполнять функции и сохранять значения параметров в условиях воздействия вибрации является *метод 102-1 — испытание на виброустойчивость при воздействии синусоидальной вибрации методом качающейся частоты*.

Испытание проводят под номинальной механической и (или) электрической нагрузками изделия.

Испытание проводят плавным изменением частоты в заданном диапазоне от низшей к высшей и обратно. Испытания изделий с линейными резонансными характеристиками проводят изменением частоты в одном направлении.

Значение скорости изменения частоты устанавливают равным одной-двум октавам в минуту. Если для контроля параметров изделий требуется большее время, чем обеспечиваемое при данной скорости изменения частоты, то допускается устанавливать скорость изменения частоты менее одной октавы в минуту.

Испытательный режим устанавливают в контрольной точке по показаниям рабочих средств измерений.

В процессе испытаний контролируют параметры изделий, по изменению которых можно судить о виброустойчивости изделия в целом (например, для электрорадиоизделий – уровень виброшумов, искажение выходного сигнала или изменение его величины, целостность электрической цепи, нестабильность контактного сопротивления и т. д.).

При испытаниях для регистрации проверяемых параметров рекомендуется с помощью самопишущих устройств осуществлять запись их абсолютного значения или изменения по сравнению с первоначальным значением в функции от частоты вибрации.

Испытание проводят при воздействии вибрации в трёх взаимно перпендикулярных направлениях по отношению к изделию.

Если известно наиболее опасное направление воздействия, то испытание проводят только в этом направлении воздействия.

При наличии специального технического обоснования значение низшей частоты испытаний устанавливают менее 10 Гц. В частности, при наличии в изделии низшей резонансной частоты, значение которой составляет свыше 10 до 20 Гц или менее, или 10 Гц, значение низшей частоты диапазона испытаний устанавливают, соответственно, 5 или 1 Гц.

Если значение низшей резонансной частоты конструкции изделия составляет более 200 Гц, то для степеней жёсткости 18 – 34 испытание проводят, начиная со 100 Гц.

Амплитуду ускорения устанавливают в соответствии с техническими требованиями на изделия. При этом выбор амплитуды перемещения определяют соотношением между частотой перехода и диапазоном частот требований к изделию в соответствии с табл. 4.7.

Таблица 4.7

Амплитуда перемещения, мм	Частота перехода, Гц	Амплитуда ускорения, м/с^2 (g)	Амплитуда перемещения, мм	Частота перехода, Гц	Амплитуда ускорения, м/с^2 (g)
—	—	1,2(0,12) 2,5(0,25) 5(0,5) 10(1,0)	0,5 1,0 1,5 2,0 2,5	87 61 50 43 39	150(15)
0,5 1,0	32 22	20(2,0)	0,5 1,0	100 71	200(20)
0,5 1,0 1,5	39 27 22	30(3,0)	1,5 2,0 2,5	58 50 45	
0,5 1,0 1,5 2,0	50 35 29 25	50(5,0)	1,0 1,5 2,0 2,5	79 65 56 50	250(25)
0,5 1,0 1,5 2,0 2,5	63 45 36 32 28	80(8,0)	1,0 1,5 2,0 2,5	87 71 61 55	300(30)
0,5 1,0 1,5 2,0 2,5	71 50 40 35 32	100(10)	1,5 2,0 2,5	82 71 63	400(40)
			1,5 2,0 2,5 3	91 79 71 64	500(50)

Испытания проводят при амплитуде перемещения, значение которой выбирают из ряда: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 мм, и частоте перехода $f_{\text{пер}}$, Гц, значение которой определяют по формуле

$$f_{\text{пер}} = \sqrt{\frac{25j}{A}},$$

где A – амплитуда перемещения, мм; j – амплитуда ускорения, м/с^2 .

4.2. Описание лабораторной установки

Схема лабораторного стенда представлен на рис. 4.1.

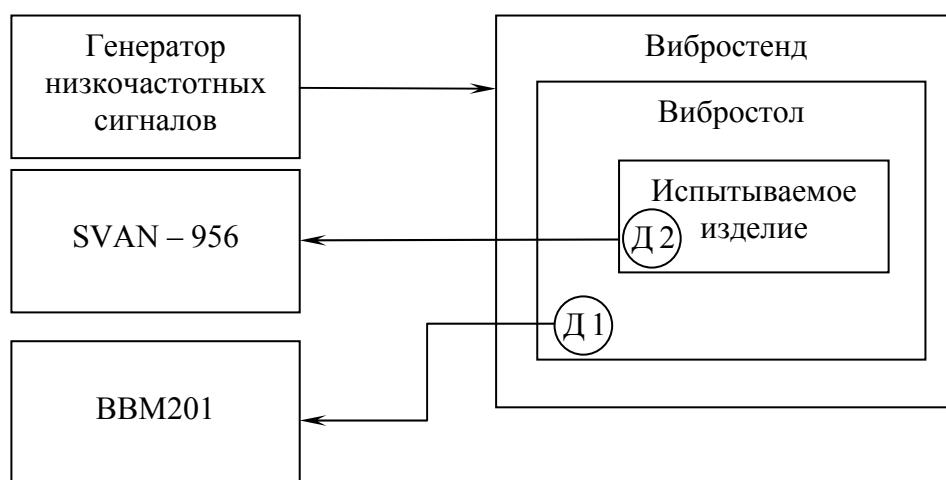


Рис. 4.1. Схема лабораторного стенда

Стенд включает в свой состав вибростенд, на вибростоле которого устанавливается испытуемое изделие. К вибростолу прикреплен акселерометр (Д 1). К изделию крепится акселерометр AP98 (Д 2) в одном из направлений измерения вибрации Z , X или Y .

На столе лабораторном размещены генератор низкочастотных сигналов и два измерителя вибрации (BBM-201 и SVAN-956).

Внешний вид вибростенда представлен на рис. 4.2. Он имеет электромагнитную систему возбуждения виб-

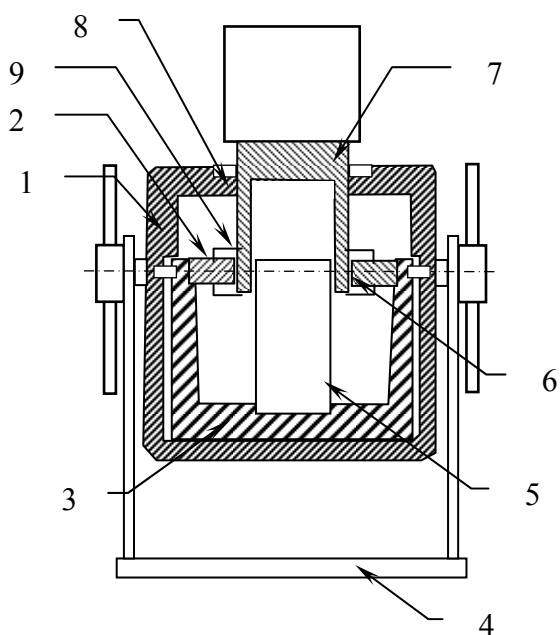


Рис. 4.2. Вибростенд

раций, обеспечивает направление воздействия вибрации по координатным осям Z , X , Y . Вибростенд состоит из защитного разъёмного кожуха 1, в котором установлен магнитопроводящий корпус 3. Постоянный магнит 5 прикреплён ко дну корпуса 3 и входит в цилиндрическое отверстие вибростол 7. Вибростол 7 закреплён с помощью листовых пружин 9 на горизонтальной пластине 2, установленной на корпус 3. Катушка возбуждения 6 намотана вокруг сердечника вибростол 7. Защитная резиновая прокладка 8 закреплена на верхней части кожуха 1. Защитный кожух 1 прикреплён с помощью шпилек к основанию 4 и имеет возможность вращения вокруг горизонтальной оси.

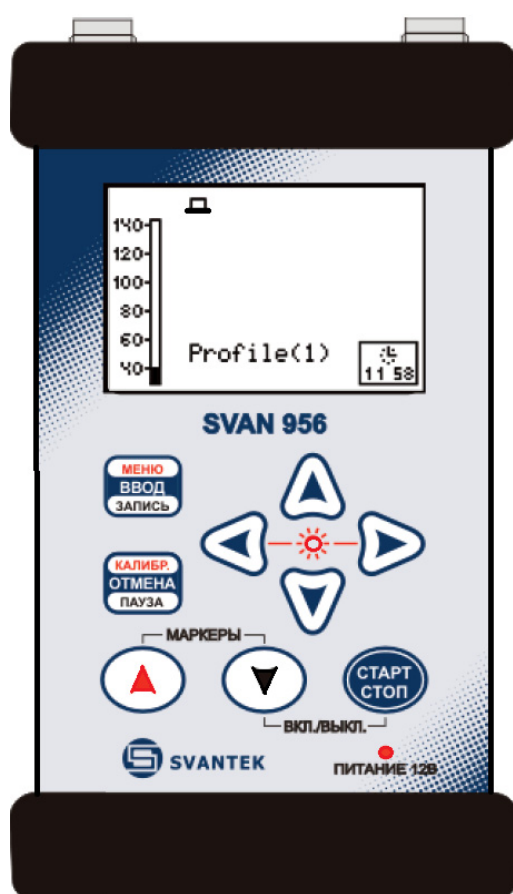


Рис. 4.3. Лицевая панель измерителя

изделие.

С помощью прибора ВВМ-201 измеряется виброускорение стола вибростенда.

Измерения вибрации выполняются с помощью виброметра анализатора спектра SVAN-956 (рис. 4.3). В качестве первичного преобразователя используется одноосевой акселерометр AP98 (пьезоэлектрический акселерометр с интегральным предварительным усилителем). Результаты в процессе измерения подвергаются математической обработке и могут быть представлены в реальном времени посредством трёх профилей. На первом профиле осуществляется измерение виброускорения, на втором – виброскорости, на третьем – виброперемещения. Управление процессом измерения осуществляется в соответствии с инструкцией, приложенной к прибору. Измерительный преобразователь устанавливается на испытываемое

4.2. Порядок выполнения работы

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

- условия работы испытываемого изделия;
- контрольные точки, в которых должны быть установлены датчики;
- степень жесткости испытаний и критерий качества функционирования.

2. Проведите испытания изделия с целью определения резонансных частот плавным изменением частоты синусоидальных колебаний. Для этого нужно установить приборы в режим измерения виброускорения. Плавно изменяя частоту генератора синусоидальных колебаний ($0,2 \dots 1,5$) $f_{кр}$ и поддерживая амплитуду колебаний генератора (на основании измеренных значений виброускорения), зафиксируйте значения виброускорения. Результаты измерений занесите в протокол.

3. Для испытаний изделия на виброустойчивость при воздействии синусоидальной вибрации методом качающейся частоты установите испытываемое изделие на вибростенд. Выберите из табл. 4.7 амплитуду виброперемещений. Включите испытываемое изделие. Изменяя частоту колебаний от 10 Гц до частоты перехода $f_{пер}$ со скоростью две октавы в минуту, зафиксируйте значения амплитуды виброускорения и показатели работоспособности изделия. По достижении частоты перехода установите и проконтролируйте заданную амплитуду виброускорения и продолжите увеличение частоты, фиксируя значения виброперемещения испытываемого изделия и показатели его работоспособности.

4.3. Содержание отчёта

В отчёте должны содержаться следующие данные:

- цель работы;
- описание испытываемого оборудования;
- программа испытаний;
- схемы испытаний;
- протокол испытаний;
- подробные выводы (объём не менее одной страницы) по результатам работы, содержащие анализ результатов вибрационных испытаний объектов, сравнительный анализ потребительских свойств использованных приборов.

Лабораторная работа 5

ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ДОВРАЧЕБНОЙ НЕОТЛОЖНОЙ ПОМОЩИ

Цели работы:

- изучение алгоритмов оценки состояния пострадавшего, методов и приёмов оказания первой доврачебной неотложной помощи;
- отработка приёмов и получение навыков оказания первой доврачебной неотложной помощи.

5.1. Общие сведения

Первая доврачебная неотложная помощь (ПДНП) представляет собой комплекс простейших мероприятий, направленных на спасение жизни и сохранение здоровья человека, проводимых до прибытия медицинских работников. Так как оказываться она должна максимально быстро, разработаны алгоритмы действий и прописаны правильные последовательности манипуляций. Меры по выполнению пунктов данных алгоритмов должно приниматься под руководством одного человека, поскольку противоречивые советы со стороны, суета, споры и растерянность ведут к огромной потере времени. Незамедлительно должны быть выполнены вызов врача или доставка пострадавшего в медпункт (больницу).

Основные задачи ПДНП:

- Проведение необходимых мероприятий по ликвидации угрозы для жизни пострадавшего.
- Предупреждение возможных осложнений.
- Обеспечение максимально благоприятных условий для транспортировки пострадавшего.

5.1.1. Общий алгоритм действий по спасению жизни пострадавшего

1. Оценка факторов, угрожающих спасателю (при необходимости в зависимости от ситуации применение спасателем средств индивидуальной защиты).

2. Устранение воздействия угрожающих факторов (вывод пострадавшего из загазованной зоны, освобождение пострадавшего от действия электрического тока, извлечение утопающего из воды и т. д.).

3. Срочная оценка состояния пострадавшего (визуальный осмотр, определение наличия признаков жизни – важна быстрота и точность оценки).

4. Организация помощи окружающих (распределение функций при оказании сердечно-лёгочной реанимации, осуществление звонков в “скорую помощь”, милицию, страховую службу, изолирование места оказания первой помощи от посторонних – под руководством одного человека, отдающего точные и правильные указания).

5. Обеспечение пострадавшему безопасного положения (для каждого конкретного случая).

6. Принятие мер по устранению опасных для жизни состояний (остановка кровотечения, проведение реанимационных мероприятий и т. д.).

7. Постоянный контроль состояния пострадавшего, поддержание жизненных функций его организма до прибытия медицинских работников.

Комплекс сердечно-лёгочной реанимации. Важнейшим из всех мероприятий по оказанию первой доврачебной помощи является комплекс сердечно-легочной реанимации, который выполняется при наличии признаков клинической смерти:

1. Отсутствие сознания.
2. Отсутствие реакции зрачка на свет.
3. Отсутствие пульса на сонной артерии.

Алгоритм диагностирования клинической смерти:

1. Проверьте наличие сознания у пострадавшего:
 - проверьте реакцию пострадавшего на звук – обратитесь к нему с вопросом (также на громкий звук);
 - проверьте реакцию пострадавшего на прикосновение;
 - проверьте реакцию пострадавшего на боль (ущипните за тыльную поверхность кисти, сожмите мочку уха).

2. Приподнимите верхнее веко и посмотрите реакцию зрачка на свет (рис. 5.1). Если зрачки остаются широкими и не сужаются после повторного приподнимания верхнего века, то можно говорить об отсутствии реакции зрачков на свет.

3. Обеспечьте проходимость верхних дыхательных путей (запрокиньте голову пострадавшего назад, подняв подбородок вверх для того, чтобы язык не запал и не перекрывал дыхательные пути; сделайте два вдувания, чтобы удостовериться, что воздух проходит свободно).

4. Проверьте наличие пульса у пострадавшего: поместите два пальца своей руки между хрящами гортани и кивательной мышцей в углубление на сонной артерии на шее пострадавшего со стороны, расположенной ближе к вам, и осторожно прижмите их в сторону позвоночного столба (рис. 5.2). Пульс следует определять в течение 10 с, так как при волнении можно ошибиться и принять свой пульс за пульс пострадавшего.

Все манипуляции не должны занимать более 25 с суммарно.

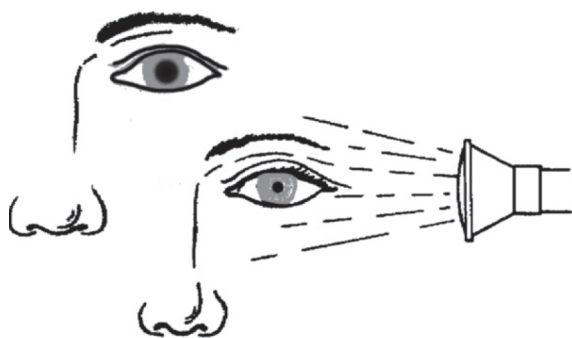


Рис. 5.1. Проверка реакции зрачка на свет

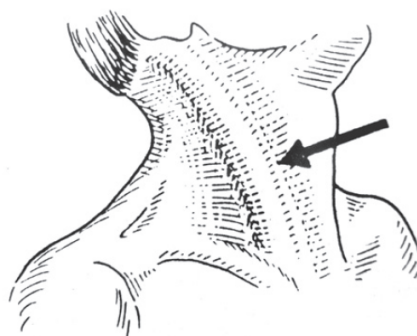


Рис. 5.2. Проверка наличия пульса у пострадавшего

Если вы установили клиническую смерть, необходимо незамедлительно переходить к комплексу сердечно-лёгочной реанимации. Сначала необходимо попробовать восстановить сердцебиение при помощи прекардиального удара, он служит механической дефибрилляцией. Данный вид манипуляций эффективен только в течение 1-2 мин после остановки сердца. Цель удара – сотрясти грудную клетку. Однако чтобы не проломить грудину, силу удара необходимо рассчитать.

Алгоритм выполнения прекардиального удара:

1. Освободить грудную клетку от одежды, нательных медальонов и т. д.
2. Двумя пальцами левой руки прикрыть мечевидный отросток (мечевидный отросток легко отламывается от грудной кости и травмирует печень).
3. Нанести удар ребром сжатой в кулак ладони выше пальцев второй руки, прикрывающих мечевидный отросток, на 2 - 3 см, при этом локоть наносящей удар руки должен быть направлен вдоль тела пострадавшего (рис. 5.3).
4. Проконтролировать пульс на сонной артерии.



Рис. 5.3. Нанесение прекардиального удара

Если пульс не появился, незамедлительно переходите к искусственному дыханию и непрямому массажу сердца. Непрямой массаж сердца основан на том, что при каждом ритмичном надавливании на грудную клетку сердце сжимается между грудиной и позвоночником и из него выбрасывается кровь в сосуды. После прекращения надавливания сердце расправляется и в полости его поступает венозная кровь. Каждое надавливание на грудную клетку умирающего заменяет одно сердечное сокращение. Наиболее эффективен массаж, начатый сразу после остановки сердца.

Алгоритм выполнения непрямого массажа сердца:

1. Непрямой массаж сердца можно проводить только на твёрдой ровной поверхности.

2. Надавливать на грудину можно только в строго определённом месте: на 2-3 см выше мечевидного отростка (в точке прекардиального удара) (рис. 5.3 и 5.4). Ладонь следует расположить по средней линии грудины так, чтобы большой палец был направлен либо на подбородок, либо на живот пострадавшего (рис. 5.5 и 5.6). Давить на грудину нужно только прямыми руками. Это позволит сохранить силы спасателя на максимально длительное время.

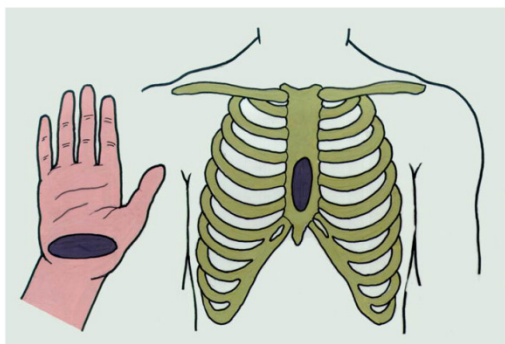


Рис. 5.4. Место соприкосновения руки и грудины при непрямом массаже сердца

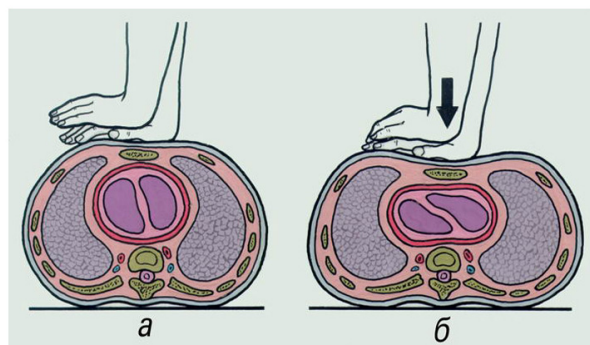


Рис. 5.5. Схема непрямого массажа сердца: *а* – наложение рук на грудину, *б* – нажатие на грудину

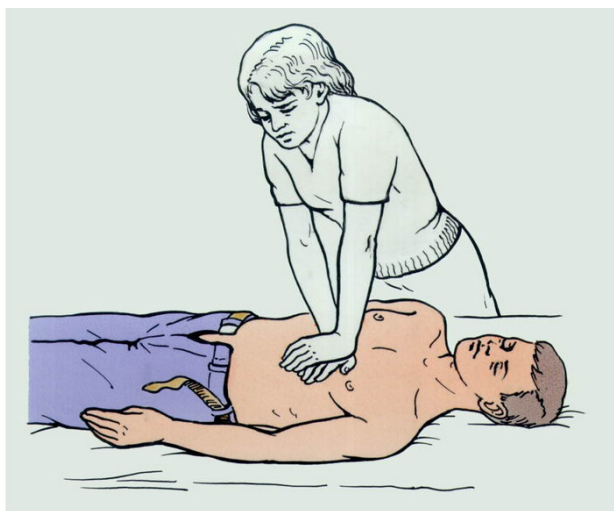


Рис. 5.6. Положение пострадавшего и оказывающего помощь при непрямом массаже сердца



Рис. 5.7. Освобождение желудка пострадавшего от воздуха надавливанием на эпигастральную (подложечную) область

1. Важно правильно подобрать частоту и силу вдавливаний в соответствии с состоянием грудной клетки, комплекцией человека, его возрастом и с другими физиологическими параметрами пострадавшего. Каждое нажатие следует начинать только после того, как грудная клетка вернется в исходное положение, иначе у пострадавшего могут сломаться ребра. Принято считать, что продавливать грудную клетку необходимо на 3-5 см с частотой не реже 60 раз в минуту.

2. Если под ладонью появился хруст – это признак перелома рёбер, следует уменьшить ритм надавливаний, но непрямой массаж сердца не прекращать.

3. Нельзя прерывать непрямой массаж сердца более чем на 15...20 с.

4. Нельзя прекращать реанимацию при таких признаках её эффективности, как сужение зрачков и порозовение кожи, но при отсутствии пульса на сонной артерии.

Алгоритм выполнения искусственной вентиляции лёгких:

1. Уложить пострадавшего на твёрдую поверхность на спину, положив под лопатки валик из одежды. Голову максимально запрокинуть назад.

2. Открыть рот и осмотреть ротовую полость. При судорожном сжатии жевательных мышц для его открытия применить различные подручные предметы: ключи, ложку и т. д. Очистить ротовую полость от слизи и рвотных масс намотанным на указательный палец носовым платком. Если язык запал – вывернуть его тем же пальцем.

3. С гигиенической целью рот пострадавшего накрыть любой чистой материей.

4. Встать с правой стороны.левой рукой, придерживая голову пострадавшего в запрокинутом положении, одновременно большим и указательным пальцами зажать нос пациента. Правой рукой следует выдвинуть вперед и вверх нижнюю челюсть. Во время выполнения данного пункта важным является расположение пальцев правой руки:

а) большим и средним пальцами придерживают челюсть за скуловые дуги;

б) указательным пальцем приоткрывают ротовую полость;

в) кончиками безымянного пальца и мизинца (4-й и 5-й пальцы) контролируют удары пульса на сонной артерии.

5. Сделать глубокий вдох, обхватить губами рот пострадавшего и с усилием выдохнуть в него весь объём своих лёгких. Показателем эффективности вдоха будет подъём грудной клетки. Частота дыхательных циклов должна быть 12...15 в мин, т. е. одно вдувание за 5 с.

При появлении признаков самостоятельного дыхания у пострадавшего искусственную вентиляцию лёгких (ИВЛ) сразу не прекращают, продолжая её до тех пор, пока число самостоятельных вдохов не будет соответствовать 12...15 в 1 мин. При попадании большого количества воздуха не в лёгкие, а в желудок вздутие последнего затруднит спасение больного. Поэтому целесообразно периодически освобождать его желудок от воздуха, надавливая на эпигастральную (подложечную) область (рис. 5.7).

Непрямой массаж сердца чередуется с искусственной вентиляцией лёгких. Оптимальное соотношение надавливаний на грудную клетку и вдохов искусственного дыхания зависит от количества участников реанимации.

Метод реанимации с участием одного реаниматора

Соотношение между наружным массажем сердца и ИВЛ – 15:2:

- 15 надавливаний за 10 с;
- два вдоха, каждый по 1-1,5 с;
- контроль через 1 мин (четыре цикла) – прервать реанимационные мероприятия на 5 с, чтобы определить пульс на сонной артерии.

Метод реанимации с участием двух или трёх реаниматоров

Соотношение между наружным массажем сердца и ИВЛ – 5:1:

- 5 надавливаний за 3-4 с;
- вдох (осуществляет второй реаниматор);
- по окончании вдоха сразу же следуют пять надавливаний;
- контроль через 1 мин (10 циклов) – прервать реанимационные мероприятия на 5 с, чтобы определить пульс на сонной артерии.

Контроль эффективности реанимационных мероприятий:

- ежеминутный контроль пульса на сонной артерии и изменения диаметра зрачка;
- контроль спонтанного (самостоятельного) дыхания.

Важную роль будет играть правильная координация действий спасателей: при длительном времени оказания мероприятий по реанимации необходимо чередоваться, чтобы усталость спасателей не влияла на качество оказываемой помощи.

Оптимальное число участников реанимации – три человека. Участники смогут подменять друг друга, а главное – быстро найдут взаимопонимание, которое так необходимо в подобной ситуации.

Первый спасатель проводит непрямой массаж сердца, отдаёт команду **“Вдох!”** и контролирует эффективность вдоха по подъёму грудной клетки.

Второй спасатель проводит искусственное дыхание, контролирует реакцию зрачков и пульс на сонной артерии, информирует партнёров о состоянии пострадавшего: **“Есть реакция зрачков!”**, **“Нет пульса!”**, **“Есть пульс!”** и т. п.

Третий спасатель приподнимает ноги пострадавшего для притока крови к сердцу и готовится сменить партнёра, выполняющего массаж сердца.

Участники реанимации должны перемещаться по схеме: непрямой массаж сердца – ИВЛ – давление на живот – непрямой массаж сердца (рис. 5.8).



Рис. 5.8. Схема перемещения участников реанимации

Окончание реанимационных мероприятий:

- Восстановление самостоятельной сердечной деятельности, обеспечивающей достаточный уровень кровообращения (прекращение массажа сердца).
- Восстановление спонтанного дыхания (прекращение ИВЛ и переход к вспомогательному дыханию).
- Передача пациента врачебной бригаде (продолжение сердечно-лёгочной реанимации без перерыва).
- Отсутствие восстановления сердечной деятельности при продолжительности реанимации 30...60 мин и появлении признаков биологической смерти:
 - высыхание роговицы (появление “селедочного” блеска);
 - деформация зрачка при осторожном сжатии глазного яблока пальцами;
 - появление трупных пятен.

5.2. Содержание и порядок выполнения работы

Перед выполнением практической части работы рекомендуется ознакомиться с содержанием обучающей программы “Основы реанимации” (раздел “Учебник”) и провести самопроверку знаний (раздел “Тест”).

Для работы с роботом-тренажёром (рис. 5.9) следует запустить программу “Гоша”.



Рис. 5.9. Вид робота-тренажёра

Программа оснащена голосовыми и видеоподсказками, при помощи которых можно легко контролировать состояние пострадавшего. Видеоподсказка информирует о направлении движения крови к сердцу и головному мозгу или в обратном направлении, о состоянии зрачка, а голосовая – о повреждениях целостности организма: переломах, возможных при проведении комплекса реанимации, и о сопутствующих переломам травмах внутренних органов. Программа имеет несколько режимов работы. После завершения

цикла работы в выбранном режиме для её продолжения необходимо перезапустить данный режим или выбрать другой.

Режим “Демонстрация” даёт возможность ознакомиться с видеоподсказками, сопровождающими выполнение определённых манипуляций на тренажере, и с возможными последствиями неправильного проведения сердечно-легочной реанимации. Во время демонстрации исключается возможность нажатия на запуск других режимов до конца просмотра действия. Если “Гоша умер” или, наоборот, своими действиями вы “оживили” его, для повторного запуска режима демонстрации нажмите “Демонстрация”.

Режим “Тренировка” позволяет провести несколько предварительных пробных приёмов сердечно-легочной реанимации для отработки правильности и точности техники выполняемых манипуляций. Можно как проводить всю последовательность мероприятий по реанимации, так и отрабатывать отдельные приёмы. При неправильном проведении неотложной доврачебной помощи программа информирует об ошибке, выводя на экран сообщения о некорректных действиях и их последствиях. Для повторного запуска режима тренировки нажмите “Тренировка”.

Режим “Экзамен” позволяет провести весь комплекс сердечно-лёгочной реанимации с учётом времени и нанесённых повреждений пострадавшему. В итоговом окне выводится информация о результате оживления пострадавшего, затраченном на это времени и о нанесённых травмах.

Робот “Гоша” включается с помощью выключателя, находящегося на акселярной линии тела справа. Робот снабжён световыми индикаторами состояния. Индикаторы позволяют определить наличие или отсутствие пульса, расширение и сужение зрачка, дают возможность контролировать заполнение брюшной полости воздухом и, следовательно, определить проходимость дыхательных путей. Использование индикаторов с различными цветами позволяет легче распознавать сигналы. Цвета подобраны с учётом сложившихся ассоциаций на них.

Зелёный цвет вызывает у человека положительные ассоциации в связи со сложившимися жизненными стереотипами: зелёный свет светофора, зелёная трава летом, зелёный – цвет умиротворения, то есть реакция человека на зелёный свет гораздо спокойнее, чем на красный, жёлтый, оранжевый. Поэтому индикаторы зелёного цвета на роботе-тренажере связаны с контролем жизненных признаков: ими обозначены место контроля пульса и зелёным за-

гораются глаза Гоши при сужении зрачка, что является хорошим признаком в процессе проведения мероприятий искусственной вентиляции лёгких, непрямого массажа сердца, прекардиального удара.

Красный цвет воспринимается быстрее, чем все остальные цвета, воспринимается человеком как цвет опасности, важности. Поэтому красные индикаторы загораются на проекции расположения мечевидного отростка в случае его перелома, на груди в случае перелома ребер и сопровождаются звуковым сигналом.

Голубой цвет ассоциируется с небом и воздухом, поэтому голубой индикатор загорается на проекции трахеи в случае правильного выполнения вдоха при искусственной вентиляции легких, сопровождается подъёмом груди и живота.

Робот-тренажёр подсоединяется к компьютеру с программным обеспечением специальным кабелем. Разъём для подключения кабеля находится на левом боку робота.

Рекомендуется для проведения практической работы располагать робота на банкетке, высота которой позволяет проводить комплекс реанимации, не доставляя неудобств спасателю.

Перед началом работы необходимо проверить готовность всех основных и дополнительных устройств: поверхность тела робота, на которой будут выполняться манипуляции должна быть освобождена от одежды; должно быть проверено подключение кабеля к роботу; запущена программа, включён робот-тренажёр, включены колонки.

Исполнительная часть. Включает в себя отработку последовательности действий при проведении реанимации.

1. Отработка последовательности действий при нанесении прекардиального удара:

1.1. Запустите программу “Гоша” в режиме “Тренировка”.

1.2. Продиагностируйте состояние пострадавшего: проверьте отсутствие пульса в точке, отмеченной зелёным индикатором, чуть выше ключицы. Убедитесь, что пострадавший находится в состоянии клинической смерти.

1.3. Начните мероприятия по оказанию первой доврачебной помощи (при выполнении комплекса необходимо контролировать пульс): двумя пальцами одной руки прикройте мечевидный отросток, ребром ладони другой руки, сжатой в кулак, нанесите удар вдоль грудины.

1.4. После нанесения удара проконтролируйте исход манипуляции. О возобновлении сердцебиения можно судить по “ожившим” глазам (зажигаются зелёные индикаторы глаз), наличию пульса, а также по видеоподсказкам.

1.5. Каждому члену бригады необходимо отработать выполнение прекардиального удара с устойчивым благоприятным исходом. Для этого повторите пп. 1.1 – 1.4. Сведения о допущенных ошибочных действиях и об их последствиях занесите в протокол.

2. Отработка последовательности действий при выполнении искусственной вентиляции легких и непрямого массажа сердца:

2.1. Запустите режим “Тренировка”.

2.2. Запрокиньте голову “Гоше” и выдохните воздух ему в рот. В случае правильного выполненного вдувания загорится голубой индикатор и эпигастральная область начнёт подниматься. На экране появится видеоподсказка, показывающая направление движения воздуха. Выполните два своих выдоха в рот “Гоше”. В случае неправильно выполненных двух вдуваний перейдите к непрямому массажу сердца.

2.3. Выполните пять нажатий основанием ладони на грудину с частотой не более одного нажатия в секунду. Положение спасателя относительно пострадавшего и положение рук показаны на рис. 5.1, 5.2, 5.3.

2.4. Повторяйте пп. 2.2 – 2.3 до благоприятного или до неблагоприятного исхода. Сведения о допущенных ошибочных действиях и об их последствиях занесите в протокол. Каждому члену бригады необходимо отработать выполнение реанимационных действий с устойчивым благоприятным исходом (не менее трёх комплексов ИВЛ и непрямого массажа сердца с благоприятным исходом).

2.5. Отработайте совместные реанимационные действия при участии всех членов бригады (не менее трёх комплексов ИВЛ и непрямого массажа сердца с благоприятным исходом).

3. Отработка мероприятий сердечно-легочной реанимации с учётом времени и нанесённых повреждений:

3.1. Запустите режим “Экзамен”.

3.2. Выполните реанимацию при помощи прекардиального удара.

3.3. Повторите пп. 3.1, 3.2 два раза. Результаты занесите в протокол.

3.4. Запустите режим “Экзамен”.

3.5. Выполните реанимацию при помощи искусственной вентиляции лёгких и непрямого массажа сердца. Результаты занесите в протокол.

3.6. Выполните пп. 3.1 – 3.5 каждым членом бригады поодиночке и совместно с другими членами бригады.

5.3. Содержание отчёта

Отчёт должен содержать краткое описание лабораторно-практической работы, таблицы по форме табл. 5.1 и 5.2, и выводы, отражающие анализ результатов работы, анализ причин смертей и нанесения повреждений при проведении комплекса СЛР, а также анализ времени и качества проведённых манипуляций.

Таблица 5.1

Но- мер	Реани- матор	Манипуляции	Описание действий	Исход	Время реани- мации	Нане- сённые повреж- дения
1	Ким	Реанимиро- вание постра- давшего при помощи пре- кардиального удара	1. По всем признакам диа- гностировал клиническую смерть 2. Нанёс прекардиальный удар	Благо- прият- ный	10 с	–
2	1 – Зу- ев, 2 – Ры- жов	Реанимиро- вание постра- давшего при помощи НМС и ИВЛ	1. По всем признакам диа- гностировали клиническую смерть. 2. Выполнили пять циклов ИВЛ и НМС Правильно выполненных: 1-й цикл: 2 вдоха, 4 нажа- тия; 2-й цикл: 1 вдох, 5 нажатий; 3-й цикл: 2 вдоха, 3 нажа- тия; 4-й цикл: 2 вдоха, 5 нажа- тий; 5-й цикл: 2 вдоха, 5 нажа- тий;	Благо- прият- ный	2 м 48 с	Пере- лом 4 рёбер

Таблица 5.2

Но- мер	Название манипуля- ции	Реани- матор	Описание дей- ствий	Исход	
				благоприят- ный (жизнь)	неблагоприятный (смерть)
1	Прекар- диальный удар	ФИО	Был нанесён пре- кардиальный удар, в точке ни- же требуемой		Пострадавший умер. Причина: травма пе- чени осколком сло- манного мечевидного отростка
2	ИВЛ и НМС	-«-	Было правильно выполнено два цикла 1-й цикл: 1 – ИВЛ/4-НМС 2-й цикл: 2 – ИВЛ/5-НМС	Пострадав- ший жив	—

Дополнительно к отчёту прилагаются решения индивидуальных теоретических заданий.

5.4. Варианты индивидуальных теоретических заданий

1. Подробно опишите алгоритм помощи пострадавшему в заданной чрезвычайной ситуации, используя табл. 5.3. Дайте правильные указания по каждому этапу с учётом внешней среды происшествия и имеющихся повреждений организма пострадавшего. Проанализируйте все пункты алгоритма.

Варианты задания:

1.1. Вследствие ДТП был травмирован пешеход. Очевидные характеристики состояния: отсутствие сознания, нога в неестественном положении.

1.2. На химическом производстве у одного из работников открылась рвота, затем он потерял сознание.

1.3. При аварии на производстве один из работников получил ранение грудной клетки, через некоторое время потерял сознание.

1.4. Вследствие неисправности установки произошло короткое замыкание и поражение одного из работников электрическим током. Упал без сознания.

2. На ваших глазах произошёл несчастный случай. Пока кто-то побежал вызывать “Скорую помощь”, вы оценили состояние пострадавшего и пытаетесь оказать ему первую помощь.

Таблица 5.3

Этап спасения жизни и сохранения здоровья пострадавшего	Предпринимаемые действия
Применение средств индивидуальной защиты спасателем	
Устранение причины воздействия угрожающих факторов	
Срочная оценка состояния пострадавшего	
Организация помощи окружающих	
Обеспечение пострадавшему безопасного положения	
Принятие мер по устранению опасных для жизни состояний	
Постоянный контроль состояния пострадавшего, поддержание признаков жизни до прибытия медицинских работников	

Вариант задания. Вы пришли к выводу, что у пострадавшего:

- 2.1. Артериальное кровотечение.
- 2.2. Черепно-мозговая травма.
- 2.3. Ранение конечностей.
- 2.4. Проникающие ранения груди.
- 2.5. Проникающие ранения живота.
- 2.6. Термические ожоги.
- 2.7. Травма глаз.
- 2.8. Переломы костей конечностей.
- 2.9. Поражение электрическим током.
- 2.10. Утопление.
- 2.11. Переохлаждение.
- 2.12. Обморожение.
- 2.13. Обморок.
- 2.14. Сдавление конечностей.
- 2.15. Укус змеи.
- 2.16. Химический ожог.
- 2.17. Отравление газами.
- 2.18. Приступ эпилепсии.
- 2.19. Солнечный удар.

Опишите:

- Признаки, наличие которых позволяет вам прийти к определённому выводу.
- Признаки, наличие которых позволяет сделать вывод о необходимости оказания срочной доврачебной помощи.

- Порядок оказания срочной доврачебной помощи при данном диагнозе.
- Какие проблемы могут встретиться при оказании доврачебной помощи.

5.5. Контрольные вопросы

1. Каковы симптомы клинической смерти? Какие из них позволяют безошибочно диагностировать клиническую смерть?
2. Перечислите виды манипуляций, входящие в комплекс сердечно-лёгочной реанимации. В чем различие проведения комплекса двумя и одним спасателями?
3. Что такое прекардиальный удар? Каким образом проводится механическая дефибрилляция?
4. Что такое искусственное дыхание? С какой частотой проводится вдувание одним и двумя спасателями?
5. Как проводится непрямой массаж сердца? В чём особенность?
6. В какой последовательности проводится первая неотложная доврачебная помощь? Обоснуйте свой ответ.
7. Какие травмы можно нанести при неправильно проведенном комплексе сердечно-лёгочной реанимации? Чем они опасны?
8. Для чего необходим практический навык выполнения приёмов сердечно-легочной реанимации?

Список рекомендуемой литературы

- ГОСТ 13109–97 (2002) Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 1999-01-01. – М.: Изд-во стандартов 1999. – 73 с.
- ГОСТ 30630.1.1–99. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Определение динамических характеристик конструкции. – Введ. 2002-01-07. – М.: Изд-во стандартов 2001. – 25 с.
- ГОСТ 30630.1.2–99. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие вибрации. – Введ. 2001-01-01. – М.: Изд-во стандартов 2000. – 56 с.

ГОСТ 30631–99. Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации. – Введ. 2000-01-09. – М.: Изд-во стандартов 1999. – 37 с.

ГОСТ Р 50571.16-2007 (МЭК 60364-6:2006). Электроустановки низковольтные. Часть 6. Испытания. Взамен ГОСТ Р 50571.16-99. – Введ. 2007-27-12. – М.: Стандартинформ, 2008. – 61 с.

ГОСТ Р 50648–94 (МЭК 1000-4-8-93). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты. Технические требования и методы испытаний. – Введ. 1995-01-01. – М.: Изд-во стандартов 1994. – 29 с.

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.: Стандартинформ, 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 51317.4.11–2007 Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний. – Введ. 2007-12-27. – М.: Стандартинформ, 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.

Содержание

Лабораторная работа 1. ПРОВЕРКА СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ПРИБОРОВ И КОМПЛЕКТУЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ	3
Лабораторная работа 2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ФЛИКЕРА, СОЗДАВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ.....	10
Лабораторная работа 3. ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРНОЙ ТЕХНИКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К МАГНИТНОМУ ПОЛЮ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ	41
Лабораторная работа 4. ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРНОЙ ТЕХНИКИ НА ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ	50
Лабораторная работа 5. ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ДОВРАЧЕБНОЙ НЕОТЛОЖНОЙ ПОМОЩИ.....	62
Список рекомендуемой литературы	77

Редактор И. Б. Синишева

Подписано в печать 11.05.2011. Формат 60х84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура "Times New Roman."
Печ. л. 5,0.
Тираж 146 экз. Заказ 65.

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