

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ
ИЗЛУЧЕНИЯ
И ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Балтийский государственный технический университет «Военмех»

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Лабораторный практикум

Санкт-Петербург
2007

Составители: *В.Ш. Сулаберидзе*, д-р техн. наук, проф. (разделы 1 и 2, лаб. раб. 1 – 7); *М.Ф. Жаркой*, канд. техн. наук, доц. (раздел 1, лаб. раб. 5) *Л.М. Язев*, канд. техн. наук, доц. (лаб. раб. 6, 7); *В.И. Росляков*, канд. техн. наук, доц. (лаб. раб. 7).

УДК 621.31.004: 658.382.3(076)

Э 45

Э 45 **Электромагнитные** излучения и электро-
безопасность: лабораторный практикум / Сост.:
В.Ш. Сулаберидзе [и др.]; Балт. гос. техн. ун-т. –
СПб., 2007. – 128 с.

Приведены краткие теоретические сведения об источниках электромагнитных излучений и опасности поражения электрическим током, о методах и средствах исследований и контроля напряжённости или индукции магнитного поля, характеристик электромагнитного излучения, включая плотность потока энергии. Описаны лабораторные работы по исследованиям и контролю магнитного поля, электромагнитного поля промышленной частоты и высокочастотного, а также контролю соответствия бытовых электроприборов требованиям электробезопасности.

Предназначен для студентов факультета мехатроники и управления, изучающих дисциплину «Надёжность и безопасность».

УДК 621.31.004: 658.382.3(076)

Р е ц е н з е н т канд. техн. наук, доц. каф. ИЗ БГТУ

В.А. Керножицкий

*Утверждено
редакционно-издательским
советом университета*

©Составители, 2007

© БГТУ, 2007

Принятые сокращения

АЦП	–	аналого-цифровой преобразователь;
АЭС	–	атомная электрическая станция;
ВОЗ	–	Всемирная организация здравоохранения;
ВЧ	–	высокие частоты;
ИУ	–	измерительное устройство;
КГС	–	Кодификатор государственных стандартов;
ЛЭП	–	линия электропередач;
МККР	–	Международный координационный комитет радиосвязи;
МП	–	магнитное поле;
МЭК	–	Международная электротехническая комиссия
НД	–	нормативный документ;
НЧ	–	низкие частоты;
ОКС	–	Общероссийский классификатор стандартов;
ПДУ	–	предельно допустимый уровень;
ПМП	–	постоянное магнитное поле;
ППЭ	–	плотность потока энергии;
СанПиН	–	Санитарные правила и нормы;
СВЧ	–	сверхвысокие частоты;
СКО	–	среднеквадратическое отклонение;
ССБТ	–	Система стандартов безопасности труда;
СЧ	–	средние частоты;
ТУ	–	технические условия;
ЭМИ	–	электромагнитное излучение;
ЭМП	–	электромагнитное поле;
ЭП	–	электрическое поле;
ЭСП	–	электростатическое поле;
ЭЭ	–	энергетическая экспозиция;
ЯМР	–	ядерный магнитный резонанс.

1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

1.1. Основные характеристики и классификация ЭМП

Электромагнитные колебания (как волновой процесс) характеризуются:

- периодом T – наименьшим промежутком времени, по истечении которого повторяются характеристики периодического процесса;
- частотой f – числом полных колебаний за единицу времени;
- длиной волны λ – расстоянием, на которое перемещается фронт волны за время, равное периоду;
- скоростью v – частным от деления длины волны на период.

Соотношения, связывающие указанные характеристики:
 $f = 1/T$; $v = \lambda/T$. Круговая частота $\omega = 2\pi f$.

Частота ЭМП имеет размерность колебание в секунду, герц (Гц), а круговая частота – радиан в секунду.

ЭМП с частотой, равной нулю, называется статическим (электростатическим и магнитостатическим). По диапазону частот условно установлены три шкалы электромагнитных излучений (ЭМИ):

- радиотехническая (МККР);
- медицинская (ВОЗ);
- электротехническая (МЭК).

Электротехническая шкала разбита на несколько частотных диапазонов:

- низкие частоты (НЧ) от 0 до 60Гц;
- средние частоты (СЧ) от 60Гц до 10кГц;
- высокие частоты (ВЧ) от 10кГц до 300МГц;
- сверхвысокие частоты (СВЧ) от 300МГц до 300ГГц.

Скорость распространения электромагнитной волны определяется свойствами среды: абсолютной диэлектрической проницаемостью ϵ и абсолютной магнитной проницаемостью μ : $v = (\epsilon \mu)^{-1/2}$. В вакууме $\epsilon = \epsilon_0 = 8,8510^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная, $\mu = \mu_0 = 1,25710^{-6}$ Гн/м – магнитная постоянная, а скорость распространения волны равна скорости света в вакууме: $v_0 = c = 2,99810^8$ м/с.

Для ЭМП различают ближнюю и дальнюю зоны действия. Граница этих зон определяется формированием электромагнитной волны: в ближней зоне волна ещё не сформирована (зона индукции), в дальней – сформирована (зона излучения). Радиус границы двух зон ЭМП точечного источника определяется по соотношениям:

- для ненаправленных излучателей и антенн $R = \lambda/2\pi$;
- для направленных апертурных антенн $R = d^2/2\lambda$ (d – диаметр антенны);
- для других типов антенн $R = L_1L_2/2\lambda$ (L_1 и L_2 – размеры антенны).

Интенсивность ЭМП характеризуется напряжённостью электрического поля E , измеряемой в вольтах на метр (В/м), и напряжённостью магнитного поля H , измеряемой в амперах на метр (А/м), либо магнитной индукцией B , измеряемой в теслах (Тл). Для поля в вакууме справедливо $B = \mu_0 H$.

В воздухе, в дальней зоне действия, $E/H = Z_0$, где Z_0 – волновое сопротивление свободного пространства, равное 377 Ом.

При частоте ЭМИ больше 300 МГц интенсивность ЭМП характеризуется плотностью потока энергии S , измеряемой в ваттах на квадратный метр (Вт/м²). Для дальней зоны действия $S = E^2/Z_0 = Z_0 H^2$.

1.2. Естественные (природные) источники ЭМП

Электрическое поле Земли. Вектор напряжённости ЭП Земли направлен нормально к земной поверхности. У поверхности Земли $E = - (120 \dots 250)$ В/м, в верхних слоях атмосферы – уменьшается до нуля. Существуют сезонные и суточные колебания электрического поля. Колебания напряжённости электрического поля в атмосфере определяются её грозовой активностью.

Магнитное поле Земли. МП Земли имеет сложную форму и в каждой точке характеризуется двумя составляющими: горизонтальной и вертикальной. Горизонтальная составляющая максимальна у экватора, где она достигает 20 ... 30 А/м, и минимальна у полюсов 2 ... 10 А/м. Вертикальная составляющая МП максимальна у полюсов (60 А/м) и практически равна нулю у экватора. Неоднородности МП Земли связаны с наличием зон магнитных

аномалий. Диапазон частот МП Земли лежит в пределах от сотен герц до десятков мегагерц.

Наэлектризованный трением (в основном искусственных тканей) человек создаёт вблизи себя ЭП напряжённостью до 10 кВ/м.

ЭМП космического происхождения значительно менее интенсивны и имеют частоты от десятков мегагерц до десятков гигагерц.

1.3. Источники ЭМП искусственного происхождения

Электромагнитные и магнитные поля техногенного происхождения воздействуют на человека как на рабочем месте, так и в быту. Источники излучений – электросети и подключенные (работающие) электропотребители разного назначения, технические средства, являющиеся генераторами излучений (например, средства мобильной связи), а также намагниченные материалы и изделия.

ЭМИ техногенного происхождения многомодально и имеет широкий частотный диапазон:

- 50 ... 1000 Гц (до 20-й гармоники 50 Гц) – системы электроснабжения;
- 1 ... 32 МГц – коротковолновое радиовещание;
- 66 ... 1900 МГц (и более) – телевидение и радиовещание, радиотелефоны, средства мобильной радиосвязи, радиорелейные линии;
- 2,5 ГГц – микроволновые печи.

Источники магнитного фона промышленной частоты – токи промышленной частоты 50 Гц, текущие в воздушных линиях, кабелях электропитания зданий и сооружений, силовых распределительных щитках и трансформаторах. Любой линейный проводник с током создаёт вокруг себя магнитное поле. Однако при наличии контуров с током, образуемых, как правило, пространственным разнесением фазового и нулевого проводников, магнитное поле многократно усиливается.

Интенсивность ЭМП от воздушных линий зависит от их рабочего напряжения. На маршрутах обхода высоковольтных линий $E = 5...30$ кВ/м, $H = 2...10$ А/м. В жилых зданиях вблизи высоковольтных ЛЭП $E = 200...300$ В/м, $H = 0,2...2,0$ А/м

($B = 0,25 \dots 2,5$ мкТл). Вблизи линейных проводников сети 220 В
 $E = 0,7 \dots 2$ кВ/м.

Примерная интенсивность низкочастотных МП от бытовых приборов приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Интенсивность ЭМИ от электроприборов

Вид электроприбора, тип	Мощность, Вт	Напряженность ЭП, В/м	Индукция МП, мкТл
Телевизор «Sony KY-2173»	70	170	0,370
Телевизор «Электроника-ВЛ»	30	194	0,07
Холодильник «Stinol-110»	200	35	0,05
Холодильник «Stinol-116»	250	75	0,116
Электробритва «Харьков-21»	10	51	0,330
Электробритва «Philips 242»	4	40	0,120
Электрофен «Аэлита»	370	91	0,560
Электрофен «Braun CR-1600»	1600	170	0,140
Вентилятор «ТВ-1»	10	97	0,260
Вентилятор «Эфир»	22	103	0,170
Магнитофон «Электроника – 302»	30	190	0,70
Видеомагнитофон «Panasonic»	40	30	0,100
Электрочайник «Tefal»	2200	200	0,110
Кофеварка «Unipress»	300	140	0,60
Кофемолка «SWM»	150	120	1,200
Паяльник	60	130	0,150
Настольная лампа	100	144	0,080
Электропроводка*	220В AC		0,01...4
Электрообогреватели*	1000...2000		0,15...5
Стиральные машины*			0,15...2
Пылесосы*			2...20 (200...800)
Электромиксеры*			0,6...10
Фены*		100	0,01...7 (6...2000)
Электробритвы*	4...12	80	0,08...9 (15...1500)
Электродрели*	500...1000		2...3,5
Утюги*	до 1000		0,1...0,3
Микроволновые печи*	600...1000		5...12 (200...1000)
Электрические плиты*			0,5...5,5

Уровни электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц от различных электроприборов на расстояниях: 50 см, 30 см* и 3 см (в скобках).

Источниками ВЧ- и СВЧ-полей являются радиопередающие устройства, средства мобильной связи, микроволновые печи. Неисправная СВЧ-печь может создавать вблизи корпуса плотность потока энергии до 100 мВт/см^2 (при частоте 2,5 ГГц). Частоты излучения передающих станций мобильной связи в самых распространённых стандартах сотовой радиосвязи находятся в диапазоне 450...1900 МГц.

1.4. Влияние ЭМП на человека

Воздействие электромагнитных волн на организм исследуется уже давно. Так, для лечения различных, прежде всего воспалительных заболеваний, с успехом уже в течение многих лет используют приборы, генерирующие постоянные и переменные электрические и магнитные поля. Вместе с тем, в середине 60-х гг. появилась первая в мировой литературе публикация российских учёных о неврологических и других симптомах, появляющихся у рабочих высоковольтных электрических подстанций. Тогда ей не придали серьёзного значения. Однако через 10 лет в США обнаружилось серьёзное заболевание у персонала, обслуживающего станции низкочастотной связи с подводными лодками. После этого в ряде стран началось серьёзное изучение влияния электромагнитных волн (прежде всего низкочастотных) на биологические объекты, в том числе человека, и появились убедительные доказательства их неблагоприятного влияния на организм. Но поскольку электросеть и многие бытовые приборы производят электрические и магнитные переменные поля, которые существенно слабее естественных статических полей Земли, не предполагалось, что они могут быть опасны для здоровья и соответствующие исследования практически не велись.

Однако наблюдения за людьми, которые регулярно пользовались электродрелями, показали неблагоприятное для здоровья действие низкочастотных электромагнитных полей частотой 50...60 Гц: ночью у большинства испытуемых повышался в крови уровень мелатонина – гормона шишковидной железы, или эпифиза.

Биологический эффект воздействия ЭМИ при прочих равных условиях (состояние здоровья, площадь облучения и пр.) зависит от его частоты, продолжительности и интенсивности. Различают тепловой и информационный эффекты воздействия ЭМП.

Тепловой эффект проявляется в увеличении температуры облучаемого участка при поглощении излучения биологической тканью. Это воздействие характерно для ВЧ- и СВЧ-излучений. Тепловой эффект заметен при плотности потока энергии выше 10 мВт/см^2 . Степень теплового воздействия характеризуется удельной поглощённой энергией в единицу времени (удельная поглощённая мощность, Вт/кг). В международных НД применяется обозначение – SAR (Specific Absorption Rate). При некоторых частотах ЭМИ наблюдается повышенное поглощение излучения биологической тканью, носящее резонансный характер (вблизи 70, 200 и 400 МГц).

Информационный эффект заключается в воздействии ЭМИ слабой интенсивности на ионный обмен на внутриклеточном уровне, электризацию клеточных тканей, поляризацию частиц крови, изменение диэлектрических свойств растворов белков и биологических макромолекул, замедление сердечного ритма и т.д. (до конца не ясны все механизмы). Собственно неблагоприятный эффект – возрастание риска различных заболеваний (кожи, крови, центральной нервной системы, головного мозга и др.). В настоящее время утверждается точка зрения, что для жилища значение интенсивности МП не должно превышать $0,1 \dots 0,3 \text{ мкТл}$, тогда как в международных НД в качестве безопасного принят уровень в 100 мкТл .

Однако до сих пор окончательно не ясно, где проходит грань между физическими характеристиками ЭМП, дающих лечебный эффект, и полей, оказывающих вредное воздействие на организм человека.

Общий искусственный электромагнитный фон на Земле с момента изобретения радио значительно возрос и продолжает интенсивно расти в среде жизнедеятельности человека, т.е. в непосредственной близости от него, приобретая характер «электромагнитного смога».

Результаты исследований в разных странах мира свидетельствуют о том, что «электромагнитный смог» постепенно становится одним из основных факторов загрязнения окружающей среды. В Международной научной программе ВОЗ по биологическому воздействию электромагнитных полей (1996-2000 гг.) обосновывается предположение, что медицинские последствия, такие как: заболевания раком, изменения в поведении, потеря па-

мяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера, СПИД, синдром внезапной смерти внешне здорового ребенка и многие другие состояния – результат воздействия электромагнитных полей.

Длительное время считалось (эта точка зрения отражена в НД по ограничению воздействий ЭМИ на человека), что основным действующим фактором на живые организмы является уровень энергии полей. Однако выяснилось, что ситуация намного сложнее. Исследования, проведенные в Швеции и США, показали, что электромагнитные поля, создаваемые техническими системами, даже в сотни раз слабее естественного поля Земли, опасны для здоровья. Например, напряженность электрического поля в зоне компьютерного монитора обычно составляет 1...10 В/м, магнитная индукция 0,01...1 мкТл, что значительно ниже естественного фона Земли (соответственно 140 В/м и около 40 мкТл). Такого же порядка поля вблизи телевизора и других бытовых приборов. Известны результаты исследований шведских ученых, проанализировавших сведения о частоте рака среди 400 тыс. лиц, проживавших в домах, которые находятся на расстоянии до 300 м от высоковольтных линий электропередач. В этой группе было обнаружено 142 ребенка с различными видами злокачественных новообразований и 548 взрослых с опухолью мозга или лейкозом. Риск возникновения заболеваний увеличивается уже при достижении магнитной индукцией уровня 0,3 мкТл, что более чем в 100 раз ниже уровня магнитной индукции естественного поля Земли. Исследованиями, проведенными в институте общей генетики им. Н.И. Вавилова, выявлены факты возникновения мутаций у растений, сравнимых с мутациями в 30-километровой зоне вокруг Чернобыльской АЭС.

Таким образом, факты свидетельствуют о том, что опасность представляют не только электромагнитные поля с высокими уровнями энергии. Существуют пока не до конца объяснимые воздействия, не связанные с энергией поля. Механизм действия низкоинтенсивных электромагнитных излучений на биологические объекты современной наукой еще не выяснен, но медиками уже вскрыты факты серьезнейшей опасности. Поэтому во многих странах мира все интенсивнее ведутся работы, цель которых – снижение вредного воздействия искусственных электромагнитных полей на население. Так, например, администрация Парижа подписала договор с тремя операторами сотовой связи о сниже-

нии уровня напряженности электрической составляющей электромагнитных полей базовых станций сотовой связи до 2 В/м. Это требование относится к мобильной связи, работающей на частотах 900 и 1800 МГц. Введенные стандарты жестче швейцарских (4 В/м) и итальянских (6 В/м). В Австралии начал работать регистр по учету жалоб населения на состояние здоровья, возникающих при пользовании сотовыми телефонами.

Сложившийся подход к созданию технических систем, безопасных для человека, состоит в разработке опасного объекта и последующем принятии мер по снижению вредного воздействия до допустимого уровня. Он является следствием принципа презумпции опасности любой создаваемой человеком технической системы. Новый подход к созданию технических систем основан на генерации ими электромагнитных полей, аналогичных полям естественного происхождения.

1.5. Персональный компьютер как источник переменного электромагнитного и электростатического полей

Большую роль в изучении ЭМИ и эргономических характеристик средств отображения информации сыграло Национальное управление по измерениям и тестированию MPR (впоследствии «Управление SWEDAC»). По поручению правительства Швеции MPR, начиная с 1987 г., при участии широкого круга экспертов из самых разных областей науки и техники были выполнены комплексные испытания различных вариантов устройств визуального отображения и собраны сведения о влиянии электромагнитных полей и излучений частотного диапазона, присущего дисплеям, на состояние и здоровье людей. Особое внимание при этом было уделено установлению предельно допустимых уровней вредных физических факторов и разработке системы добровольного тестирования устройств визуального отображения. В 1990 г. результаты исследований с учетом накопленного опыта были оформлены Управлением SWEDAC в виде справочника для пользователя по оценке устройств визуального отображения (MPR 1990:8) и методики проверки устройств визуального отображения (MPR 1990:10), которые получили широкую известность под названием «шведские стандарты». Эти стандарты легли в основу созданных

во многих странах национальных систем тестирования и сертификации как различных дисплеев, так и ПЭВМ в целом. Ценность этих документов – в комплексности решения проблемы. Эти документы содержат не только предельно допустимые уровни полей, методы и средства контроля, но и подробные технические требования к техническим средствам для калибровки и поверки средств измерений и контроля. Представляя нормативы излучательных характеристик дисплеев, авторы указанных выше шведских нормативных документов оговариваются, что эти нормы «не являются предельными значениями с точки зрения санитарии», а служат для оказания помощи пользователям в выборе подходящих для них технических средств. Однако исходной предпосылкой при создании норм на излучательные характеристики было то, что «устройство визуального отображения не должно увеличивать уровни излучений, имеющихся в нормальном офисе». Более того, при обосновании выбранных норм авторы главное внимание уделяют физическим факторам, оказывающим влияние на здоровье пользователей. Вероятно, эти обстоятельства привели к тому, что в большинстве стран «шведский стандарт» был воспринят как санитарно-гигиенический, и на его основе создавались национальные нормативные акты. Директивой Совета ЕЭС от 29 мая 1990 г. № 90/270/ЕЕС данный документ введен с июня 1992 г. в качестве общеевропейского стандарта.

В России два основополагающих стандарта, гармонизированные с MPR 1990:8 и MPR 1990:10, введены в действие в 1997 г. Это ГОСТ Р 50948-96 и ГОСТ Р 50949-96. С учетом данных стандартов Госсанэпиднадзор России разработал и с 1-го января 1997 г. ввел в действие обязательные санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.2.542-96.

В радиодиапазоне излучения продуцируются катодной трубкой; основной же источник ЭМИ – горизонтальные и вертикальные отклоняющие катушки, которые обеспечивают сканирование электронного луча по экрану в диапазоне 15...35 кГц. На расстоянии 50 см от экрана напряжённость электрического поля достигает значений от долей единицы до 10 В/м, а магнитная индукция от 10^{-2} до 10^{-1} мкТл. Видеотерминалы излучают также переменные электрические и магнитные поля с частотой 50 или 60 Гц и их гармоники. Следует иметь в виду, что ЭМИ монитора зависит и от характера изображения, например, при переходе от пол-

ноэкранный изображения к «окнам» напряжённость электрического поля возрастает в 5 – 6 раз.

На человека, работающего за компьютером, оказывают влияние не только разнообразные электромагнитные поля (в том числе изменяющиеся с частотой 50...60 Гц), но и интенсивный свет, который действует на глаза, а значит, и на эпифиз. Поэтому операторам желательно проводить за ними не более половины рабочего времени, воздерживаться от работы в вечерние и ночные часы. Ещё более строгие ограничения пользования необходимы для детей и подростков, поскольку они более чувствительны к воздействию электромагнитных волн. Пока соответствующие исследования не внесут полной ясности в этот вопрос, следует придерживаться рекомендаций американских специалистов, а именно: располагаться от дисплея на расстоянии вытянутой руки и не ближе 1,2 м от боковых и задних стенок других мониторов. Однако самое главное – обязательно оснащать мониторы защитными фильтрами, причём не дешёвыми, которые лишь уменьшают мерцание экрана и рассеяние света, а теми, которые ослабляют электромагнитные поля и фоновое свечение экрана (фильтрами с плёночным или специальным оптическим покрытием).

Основные факторы неблагоприятного воздействия экрана монитора ПК:

- снижение контраста изображения в условиях интенсивной внешней засветки;
- зеркальные блики от передней поверхности экранов мониторов;
- наличие мерцания изображения на экране монитора.

Характеристики излучения монитора:

- электромагнитное поле монитора в диапазоне частот 20 Гц...1000 МГц;
- статический электрический заряд на экране монитора;
- ультрафиолетовое излучение в диапазоне длин волн 200...400 нм;
- инфракрасное излучение в диапазоне длин волн 1050 нм...1 мм;
- рентгеновское излучение энергией выше 1,2 кэВ.

Блоки и элементы ПК формируют сложную электромагнитную обстановку на рабочем месте пользователя (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Характеристики элементов ПК как источников ЭМИ

Элемент ПК	Диапазон частот (первая гармоника)
Монитор:	
сетевой трансформатор блока питания	50 Гц
статический преобразователь напряжения в импульсном блоке питания	20...100 кГц
блок кадровой развертки и синхронизации	48...160 Гц
блок строчной развертки и синхронизации	15...110 кГц
ускоряющее анодное напряжение монитора (только для мониторов с ЭЛТ)	0 Гц (электростатика)
Системный блок (процессор)	50Гц...1000 МГц
Устройства ввода/вывода информации	0 Гц, 50 Гц
Источники бесперебойного питания	50 Гц, 20...100 кГц

Кроме того, на рабочем месте пользователя источниками более мощными, чем компьютер, могут выступать объекты, неполный перечень которых приведен в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Внешние источники ЭМП на рабочем месте пользователя ПК

Источник	Диапазон частот (первая гармоника)
Трансформаторные подстанции	50 Гц
Распределительные щиты	
Электропроводка	
Бытовые и конторские электроприборы	
Соседние ПК	0...1000 МГц

Электромагнитное поле, создаваемое персональным компьютером, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0 Гц до 1 ГГц. Оно характеризуется электрической E и магнитной H составляющими, причем взаимосвязь их достаточно сложна, поэтому E и H оценивают отдельно. Пример спектральной характеристики монитора ПК в диапазоне 10 Гц...400 кГц приведен на рис. 1.

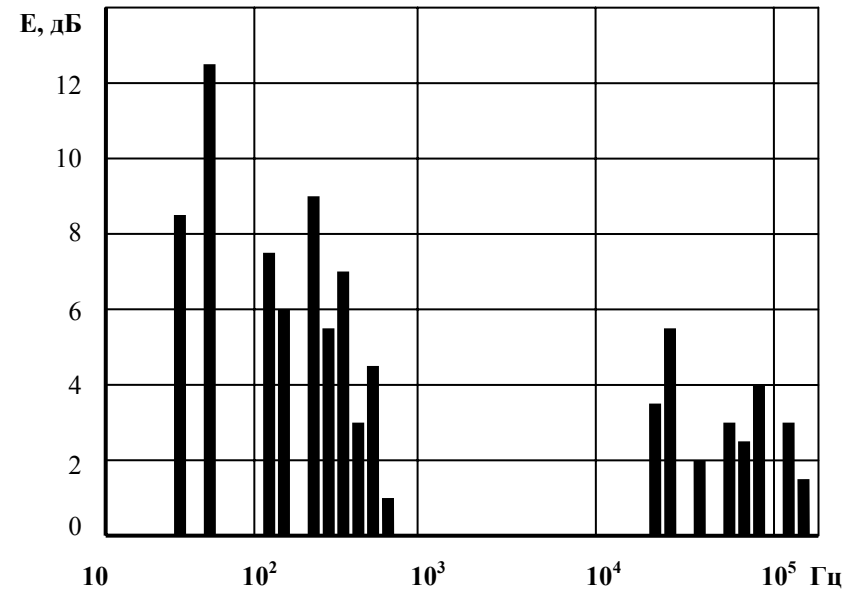


Рис. 1. Спектральная характеристика излучения монитора ПК

Наличие в помещении нескольких компьютеров со вспомогательной аппаратурой и системой электропитания создает сложную картину электромагнитного поля (рис. 2).

При работе монитора на экране кинескопа накапливается электростатический заряд, создающий электростатическое поле (ЭСП). В разных исследованиях при разных условиях измерения значения ЭСП колебались от 8 до 75 кВ/м. При этом люди, работающие с монитором, приобретают электростатический потенциал. Разброс электростатических потенциалов пользователей колеблется в диапазоне от -3 до +5 кВ. Потенциал пользователя служит решающим фактором при возникновении неприятных субъективных ощущений.

Заметный вклад в общее ЭСП вносят электризующиеся от трения поверхности клавиатуры и мыши. Эксперименты показывают, что даже после работы с клавиатурой, электростатическое поле быстро возрастает с 2 до 12 кВ/м. На отдельных рабочих местах в области рук регистрировались напряженности статических электрических полей более 20 кВ/м.

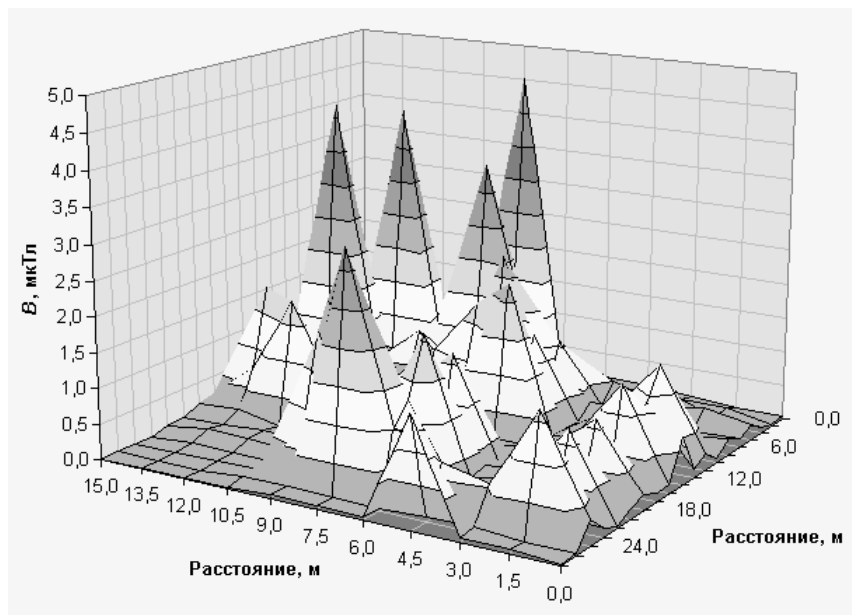


Рис. 2. Пример типичного распределения магнитного поля в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц в помещении, оснащённом ПК

Для обеспечения безопасности здоровья пользователей в Российской Федерации действуют СанПиН 2.2.2.542-96. Предельно допустимые уровни генерируемого монитором электромагнитного поля и поверхностного электростатического потенциала, установленные СанПиН 2.2.2.542-96, приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

ПДУ электромагнитного поля и поверхностного электростатического потенциала монитора компьютера

Вид поля	Диапазон частот	Единица измерения	ПДУ
Магнитное	5 Гц...2 кГц	нТл	250
	2...400 кГц		25
Электрическое	5 Гц...2 кГц	В/м	25
	2...400 кГц		2,5
Эквивалентный (поверхностный) электростатический потенциал		В	500

Согласно разделу 10.3 СанПиН 2.2.2.542-96, женщины со времени установления беременности и в период кормления ребенка грудью к выполнению всех видов работ, связанных с использованием ПК и видеомониторов, не допускаются. По мнению ряда специалистов, женщинам, имеющим намерение забеременеть, также целесообразно отказаться от работы с компьютером, поскольку эмбрион на ранних стадиях развития чрезвычайно чувствителен к электромагнитному полю. Для работы детей, особенно в домашних условиях, необходимо приобретать мониторы, с минимальным уровнем излучения, прошедшие тестирование на соответствие любому из упомянутых ранее шведских стандартов.

Субъективные жалобы пользователей ПК сведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Субъективные жалобы пользователей ПК и возможные причины их происхождения

Жалобы	Возможные причины
Резь в глазах	Визуальные эргономические показатели монитора, освещение на рабочем месте и в помещении
Головная боль	Аэроионный состав воздуха в рабочей зоне, режим работы
Повышенная нервозность	Электромагнитное поле, цветовая гамма помещения, режим работы
Повышенная утомляемость	Электромагнитное поле, режим работы
Расстройство памяти	Электромагнитное поле, режим работы
Нарушение сна	Электромагнитное поле, режим работы
Выпадение волос	Электростатические поля, режим работы
Прыщи и покраснение кожи	Электростатическое поле, аэроионный и пылевой состав воздуха в рабочей зоне
Боли в животе	Неправильная посадка, вызванная неправильным устройством рабочего места
Боль в пояснице	Неправильная посадка пользователя, вызванная устройством рабочего места, режим работы
Боль в запястьях и пальцах	Неправильная конфигурация рабочего места, в том числе высота стола не соответствует росту и высоте кресла, неудобная клавиатура, режим работы

Негативное влияние ЭМИ видеомонитора на функциональное состояние структур мозга и, в частности, на работу автономной нервной системы доказано медицинскими наблюдениями.

1.6. Излучение средств мобильной связи

Излучение средств мобильной связи относится к неионизирующему излучению. Накопленные знания о влиянии ЭМП на организм человека позволяют однозначно говорить, что электромагнитное излучение мобильного телефона, как и любого другого источника ЭМП, оказывает влияние на физиологическое состояние и здоровье человека, находящегося с ним в контакте. В связи с этим исследователи многих стран активно работают над определением чётких критериев опасности и разработкой рекомендаций для создания нового поколения техники, функционирующей в режимах минимизации вредного воздействия ЭМИ.

Область облучения во время работы мобильного телефона – прежде всего головной мозг и периферические рецепторы вестибулярного, зрительного анализаторов. При использовании мобильных телефонов с несущей частотой 450...900 МГц излучение поглощается неравномерно, и образуются так называемые горячие точки, особенно в центре головы. Расчёты поглощённой энергии электромагнитного поля в мозге человека показывают, что при работе мобильного телефона мощностью 0,6 Вт с частотой 900 МГц плотность потока энергии, излучаемой телефоном, в объёме головного мозга достигает 120...230 мкВт/см². Российскими и международными НД для пользователей мобильных телефонов допускается 100 мкВт/см² при длительном воздействии. Так что можно ожидать, что длительное повторное воздействие предельно допустимых доз излучения (особенно в дециметровом диапазоне волн) может привести к изменению биоэлектрической активности различных структур мозга и расстройствам его функций (например, кратковременной и долговременной памяти).

Излучение сотового телефона имеет сложномодулированный характер. Одна из составляющих сигнала всех телефонов – низкочастотная (например, у системы GSM/DCS-1800 она равна 2 Гц). Но именно низкие (1...15 Гц) частоты соответствуют ритмам мозга человека, которые по интенсивности превышают другие ритмы электрической активности здорового человека. Доказано, что модулированные ЭМП могут избирательно подавлять или усиливать эти биоритмы.

Сложный режим модуляции электромагнитных волн сотового телефона неблагоприятен для людей, страдающих исключительно высокой восприимчивостью к электромагнитным полям в определённых режимах модуляции уже при низкой дозе излучения (1...4 мкВт/см²). Повышенному риску подвергаются также люди, разговаривающие по телефону внутри автомашины. Если антенна аппарата находится внутри металлического корпуса автомобиля, то он служит резонатором и многократно усиливает дозу поглощённого излучения. Мобильные телефоны – источники ЭМИ не только в СВЧ-диапазоне, но и постоянного и переменного магнитных полей (промышленной частоты). Это обстоятельство пока никак не учитывается при нормировании вредных воздействий средств мобильной связи.

Измерения, проведенные на мобильных телефонах различных моделей и в различных режимах их работы, показали, что не принимать во внимание эти виды вредных воздействий мобильного телефона нельзя (табл. 6). Приведенные в табл. 6 результаты получены в процессе выполнения учебной научно-исследовательской работы студентами кафедры Н 2.

Т а б л и ц а 6

Магнитное поле мобильных телефонов

Модель телефона	Магнитная индукция (вплотную к динамику)					
	РЕЖИМ					
	Ожидание		Вызов		Прием	
	постоянное	переменное	постоянное	переменное	постоянное	переменное
Sony Ericsson Z 300i	0,6...0,8 мТл	Фон	1,2 мТл	Фон	–	Фон
NOKIA 3310	4...6 мТл	Фон	4...6 мТл	1...2 мкТл	–	1...2 мкТл
NOKIA 6030	2 мТл	Фон	–	1...2 мкТл	–	4...6 мкТл
NOKIA 6060	1,6 мТл	Фон	1,8 мТл	<1 мкТл	1,8 мТл	<1 мкТл
Motorola C 205	8,5 мТл	Фон	16 мТл	3...4 мкТл	9 мТл	2...3 мкТл
FLY MX 200	28,5 мТл	Фон	–	Фон	–	–
Гарнитура FLY MX 200	13 мТл	–	–	Фон	–	–
Telecom aster (настольный)	14 мТл	–	–	–	–	–

1.7. Нормирование ЭМИ

Действующие в РФ НД в области нормирования интенсивностей электрических, магнитных и электромагнитных полей приведены в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Нормативные документы по нормированию ЭМИ

Номер и название НД	Кем и когда утвержден
СанПиН 5802-91 «Санитарные нормы и правила выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты»	–
Р 2.2.755-99 «Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряжённости трудового процесса»	Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 23 апреля 1999 г.
СанПиН 2.2.4.723-98 «Переменные магнитные поля промышленной частоты (50Гц) в производственных условиях»	–
СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов»	Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 30 июня 2003 г.
СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»	Утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 14 июля 1996 г. № 14
СанПиН 2.2.4.1329-03 «Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей»	Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27 мая 2003 г.
СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи»	Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 30 января 2003 г.
СанПиН 2.2.4.0-95 «Гигиенические требования при работе в условиях воздействия постоянных магнитных полей»	Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ, 1995 г.
СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»	Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 30 мая 2003 г.
СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)»	Утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 8 мая 1996 г. № 9
СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»	Утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, 30 января 2003 г.

Номер и название НД	Кем и когда утвержден
ГН 2.1.8./2.2.4.019 – 94 «Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой радиосвязи»	Утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ
ГОСТ 12.1.002-84. ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах	
ГОСТ 12.1.006-87. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля	
ГОСТ 12.1.045-84. ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля	
ГОСТ Р 50948-96. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности	
ГОСТ Р 50949-96. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности	

Коэффициент ослабления интенсивности *геомагнитного поля* $K_0^{\text{ГМП}}$ равен отношению интенсивности ГМП открытого пространства к его интенсивности внутри помещения (СанПиН 2.2.4.1191-03). На рабочих местах персонала в помещениях в течение смены $K_0^{\text{ГМП}}$ не должен превышать двух.

Предельно допустимый уровень *напряженности электростатического поля* $E_{\text{пду}}$ при продолжительности воздействия менее одного часа за смену устанавливается равным 60 кВ/м. При продолжительности воздействия ЭСП более 1 ч за смену $E_{\text{пду}}$ определяется по формуле $E_{\text{пду}} = 60 t^{-1/2}$, где t – время воздействия, ч. В жилых и нежилых помещениях $E_{\text{пду}}$ не должен превышать 15 кВ/м.

Предельно допустимые параметры *постоянного магнитного поля* для условий общего и локального воздействия приведены в табл. 8.

Т а б л и ц а 8

ПДУ постоянного магнитного поля

Суммарное время воздействия за смену, мин	Воздействие			
	Общее		Локальное (кисти рук, верхний плечевой пояс)	
	ПДУ напряжённости, кА/м	ПДУ соответствующей магнитной индукции, мТл	ПДУ напряжённости, кА/м	ПДУ соответствующей магнитной индукции, мТл
61...480	8	10	12	15
11...60	16	20	24	30
0...10	24	30	40	50

Измерения ПМП рекомендуется проводить на рабочих местах и в точках рабочей зоны, расположенных на минимальном расстоянии от источника ПМП и соответствующих нахождению персонала при контроле технологического процесса, на трех уровнях от поверхности пола: 0,5; 1,0 и 1,7 м. При локальном воздействии ПМП измерения следует проводить на уровне конечных фаланг пальцев кистей, середины предплечья, тела (СанПиН 2.2.4.0-95).

Предельно допустимый уровень напряженности *электрического поля* (ЭП) 50 Гц на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м. При напряженностях в интервале от 5 кВ/м до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в ЭП рассчитывается по формуле $T = (50/E) - 2$, где E – напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/м; T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин. Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

ПДУ ЭП промчастоты в жилых помещениях – 500В/м, на территории жилой застройки – 1 кВ/м, в населённой местности вне зоны жилой застройки – 15 кВ/м.

ПДУ *магнитного поля промчастоты* приведены в табл. 9.

ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания, ч	Допустимые уровни H [А/м] / B [мТл] при воздействии	
	общем	локальном
≤1	1600/2	6400/8
2	800/1	3200/4
4	400/0,5	1600/2
8	80/0,1	800/1

Нормы воздействия МП для населения российскими НД не установлены. За рубежом принят ПДУ воздействия при непрерывном и постоянном облучении 100 мкТл, а при облучении до двух часов в сутки 500 мкТл.

Оценка и нормирование ЭМП 10...30 кГц осуществляется отдельно по напряженности электрического E , В/м, и магнитного H , А/м, полей в зависимости от времени воздействия. ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при воздействии в течение всей смены составляет 500 В/м и 50 А/м соответственно, а при продолжительности воздействия до 2 ч за смену 1000 В/м и 100 А/м соответственно. Для населения ПДУ составляет 25 В/м.

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот 30 кГц...300 ГГц осуществляется по величине энергетической экспозиции: $\text{ЭЭ}_e = E^2 T$ (В/м)²ч; $\text{ЭЭ}_h = H^2 T$ (А/м)²ч, где E – напряженность электрического поля, В/м; H – напряженность магнитного поля, А/м; T – время воздействия за смену, ч.

Энергетическая экспозиция в диапазоне частот 300 МГц...300 ГГц рассчитывается по формуле $\text{ЭЭ}_{\text{ппэ}} = \text{ППЭ} T$, где ППЭ – плотность потока энергии (Вт/м², мкВт/см²).

ПДУ энергетических экспозиций и напряженностей ЭМП на рабочих местах за смену приведены в табл. 10, а максимальные ПДУ – в табл. 11.

Т а б л и ц а 10

ПДУ ЭМП диапазона частот 30 кГц ... 300 ГГц

Параметр	ПДУ в диапазонах частот, МГц				
	0,03...3,0	3,0...30	30...50	50...300	300...300000
ЭЭ_e , (В/м) ² ч	20000	7000	800	800	
ЭЭ_h , (А/м) ² ч	200		0,72		
$\text{ЭЭ}_{\text{ппэ}}$, (мкВт/см ²)ч					200

Т а б л и ц а 11

Максимальные ПДУ ЭМП диапазона частот 30 кГц ... 300 ГГц

Параметр	Максимально допустимые уровни в диапазонах частот (МГц)				
	0,03 ... 3,0	3,0 ... 30	30 ... 50	50 ... 300	300 ... 300000
<i>E</i> , В/м	500	300	80	80	
<i>H</i> , А/м	50		3,0		
ППЭ, мкВт/см ²					1000 / 5000*

* Значение ПДУ при локальном облучении кистей рук.

Классы условий труда, определяемые уровнем ЭМП, приведены в табл. 12 (Р 2.2.755-99).

Т а б л и ц а 12

Классификация условий труда по уровням ЭМП

Фактор	Оптимальный	Допустимый	Вредный				Опасный
			1-й степени	2-й степени	3-й степени	4-й степени	
			3,1	3,2	3,3	3,4	
Превышение ПДУ (раз)							
Геомагнитное поле	Естеств. фон	≤ВДУ	≤5	≤10	≤50	>5	
Электростатическое поле	Естеств. фон	≤ПДУ	≤3	≤5	≤10	>10	
Постоянное магнитное поле	То же	То же	≤5	≤10	≤100	>100	
Электрическое поле промчастоты	>>	>>	≤3	≤5	≤10	>10	>40
Магнитное поле промчастоты	>>	>>	≤5	≤10	≤50	>50	
ЭМИ от ВДТ и ПЭВМ	>>	>>	≤5	≤10	≤50	>50	
ЭМИ радиочастотного диапазона:							
0,01 ... 0,03 МГц	Естеств. фон	>>	≤3	≤5	≤10	>10	
0,03 ... 3,0 МГц	То же	>>	≤3	≤5	≤10	>10	
3,0 ... 30,0 МГц	>>	>>	≤3	≤5	≤10	>10	
30,0 ... 300 МГц	>>	>>	≤3	≤5	≤10	>10	>50
300 МГц ... 300ГГц	>>	>>	≤3	≤5	≤10	>10	>50

ПДУ воздействия ЭМП радиотехнических объектов на население для условий постоянного облучения приведены в табл. 13.

Т а б л и ц а 13

ПДУ ЭМП радиотехнических объектов

Диапазон частот, МГц	До 0,3	0,3 ... 3	3 ... 30	30 ... 300	300 ... 300ГГц
ПДУ, В/м	25	15	10	3 (кроме ТС и РЛС сканирования)	10 мкВ/см ²

Действующие до сих пор в России государственные стандарты (ГОСТ 12.1.045-84, ГОСТ 12.1.002-84, ГОСТ 12.1.006-87) и соответствующие им санитарные нормы устанавливают предельно допустимые уровни напряженности электростатических полей, электрических полей промышленной частоты, полей радиочастот, магнитных полей на рабочих местах. Указанные стандарты относятся к специфическим производственным условиям и распространяются на персонал, обслуживающий высоковольтные электроустановки или находящийся в ближней зоне действия мощных радиостанций. Низкочастотный диапазон до 30 кГц, за исключением одной фиксированной частоты 50 Гц, нормами вообще не охвачен. Стандарты оперируют только одним видом воздействия на человека, в то время как пользователь ПК, например, находится под воздействием комплекса физических и эргономических факторов. Нормируемые характеристики и ПДУ претерпели изменения в новых НД (табл. 14).

Т а б л и ц а 14

Нормируемые в РФ характеристики видеомониторов

Нормируемая характеристика	до 01.01. 1997	Нормируемая характеристика	с 01.01.1997
Напряженность переменного электрического поля на расстоянии 50 см от дисплея	Не более 10 В/м	Напряженность переменного электрического поля на расстоянии 50 см от монитора	5Гц - 2кГц не более 25В/м 2кГц - 400кГц не более 2,5В/м
Напряженность переменного магнитного поля на расстоянии 50 см от поверхности дисплея	Не более 0,3 А/м	Плотность магнитного потока (магнитная индукция)	5Гц - 2кГц не более 250нТл 2кГц - 400кГц не более 25нТл
Напряженность электростатического поля: для взрослых пользователей для детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений	Не более 15 кВ/м Не более 10 кВ/м	Поверхностный электростатический потенциал монитора	Не более 500 В

Несмотря на жесткость вновь введенных норм, состояние компьютерной техники, оцениваемое по результатам сертификационных испытаний, показывает, что нормы эти вполне выполнимы. Уровни электромагнитных полей большинства испытанных мониторов и системных блоков ниже ПДУ и приближаются к уровню естественного фона.

При установлении электромагнитной безопасности рабочего места с компьютерной техникой должно быть подтверждено его соответствие трем нормативным документам: СанПиН 2.2.2.542-96, СанПиН 5802-91, СанПиН 2.2.4.723-98.

Уровни допустимых фоновых магнитных полей промышленной частоты 50 Гц, регламентированные для производственных помещений действующими в настоящее время нормативными документами (СанПиН 2.2.4.723-98), составляют, как уже отмечалось выше, 80 А/м (100 мкТл).

Предельно допустимые уровни излучения, создаваемые объектами систем сотовой связи, нормируются в России Гигиеническими нормативами 2.1.8./2.2.4.019-94 (табл. 15).

Т а б л и ц а 15

Временно допустимые уровни (ВДУ) излучений объектов сотовой связи

Категория облучения	ВДУ, мкВт/см ²
Персонал (профессиональное облучение)	1000
Население, проживающее на прилегающей территории базовых передающих станций	10
Пользователи радиотелефонов	100

За рубежом, как уже отмечалось, нормы воздействия мобильных радиотелефонов устанавливаются по удельной поглощённой энергии (поглощённая доза вместо экспозиционной дозы). Поглощённая доза определяется как удельная поглощённая мощность (SAR) и выражается в Вт/кг. Между европейскими и американскими подходами в определении SAR имеется некоторое различие: европейский стандарт CENELEC устанавливает ПДУ, равным 2 Вт/кг. Измерение поглощённой мощности проводится по ослаблению излучения в образце – имитаторе биологи-

ческой ткани массой 10 г. Согласно американским и канадским нормам ПДУ составляет 1,6 Вт/кг. Масса образца – 1 г. МЭК совместно с CENELEC разработан новый международный стандарт, устанавливающий методы измерения ЭМИ беспроводных устройств связи (IEC 62209-1).

2. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Согласно ГОСТ 12.1.009-76 электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

2.1. Источники электрической опасности для человека

Объектами электрической опасности являются источники, распределительные системы, передающие сети и потребители электроэнергии. Прохождение электрического тока через человеческое тело в зависимости от его силы и частоты вызывает: ощутимые раздражения (ощутимый ток), непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник (неотпускающий ток), фибрилляцию сердца (фибрилляционный ток), электрический пробой, ожоги, остановку сердца.

Помимо опасности поражения электрическим током этими устройствами создаются электрические, магнитные и электромагнитные поля. Наличие таких полей может и не представлять непосредственной угрозы здоровью, но косвенно может на него влиять. Например, опыт аттестации рабочих мест с компьютерной техникой по условиям труда показывает, что уже при напряженности магнитного поля 0,8 А/м (1 мкТл) возникают эффекты нестабильности изображения на экранах мониторов ПК.

2.2. Нормирование показателей электробезопасности

Нормы электробезопасности в России устанавливают следующие стандарты системы ССБТ:

1. ГОСТ 12.2.007.0 – 75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

2. ГОСТ 12.1.009-76 ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.

3. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

4. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление и зануление.

5. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжения прикосновения и токов.

6. ГОСТ 12.1.051-90 ССБТ. Электробезопасность. Расстояния безопасности в охранной зоне линий электропередачи напряжением свыше 1000 В.

7. ГОСТ 12.2.007.3-75 ССБТ. Электробезопасность. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности.

8. ГОСТ 12.2.092-94 ССБТ. Оборудование электромеханическое и электронагревательное для предприятий общественного питания.

9. ГОСТ 12.4.155-85 ССБТ. Электробезопасность. Устройства защитного отключения. Классификация. Общие технические требования.

10. ГОСТ 16504-81 СГИП. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

11. ГОСТ 17446-86. Электроприборы бытовые. Надёжность. Номенклатура показателей и правила приёмки.

12. ГОСТ 20.57.406-81 КСКК. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний.

13. (ГОСТ 27570.0-87) ГОСТ Р МЭК 335-1-94. Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Общие требования и методы испытаний.

14. ГОСТ 27570.11-88. Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Дополнительные требования к приборам для нагревания жидкостей и методы испытаний.

15. ГОСТ 27570.14-88. Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Дополнительные требования к плитам...и методы испытаний.

16. ГОСТ 27570.15-98. Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Дополнительные требования к комнатным обогревателям и методы испытаний.

17. ГОСТ РМЭК 335-2-... Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Дополнительные требования к ... (8 стандартов на различные виды электроприборов).

18. ГОСТ Р52161.2-....-2005 (МЭК 60335-2-....:2002). Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 2... Частные требования для... (9 стандартов на различные виды электроприборов).

2.3. Общие требования к электробезопасности технических устройств

В соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов соответствуют электрическому току, не вызывающему при прохождении через тело человека непреодолимых судорожных сокращений мышц руки, в которой зажат проводник.

ГОСТ 12.1.038-82 устанавливает предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы промышленной электроустановки (табл. 16).

Напряжением прикосновения называется напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек (ГОСТ 12.1.009-76).

Т а б л и ц а 16

Напряжения и токи прикосновения при нормальной эксплуатации электроустановки

Род тока	U , В	I , мА
	не более	
Переменный 50 Гц	2,0	0,3
Переменный 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

П р и м е ч а н и я. 1. Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействий не более 10 мин в сутки и установлены исходя

из реакции ощущения. 2. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25°C) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в три раза. 3. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме промышленных электроустановок напряжением до 1000 В не должны превышать значений, указанных в табл. 17.

Т а б л и ц а 17

Напряжения и токи прикосновения при аварийном режиме работы промышленной электроустановки

Род тока	Нормируемая величина	Не более при продолжительности воздействия тока, с		
		0,1	0,5	1,0
Переменный 50 Гц	<i>U</i> , В	340	105	60
	<i>I</i> , мА	400	125	50
Переменный 400 Гц	<i>U</i> , В	500	200	100
	<i>I</i> , мА	-	-	-
Постоянный	<i>U</i> , В	500	250	200
	<i>I</i> , мА	-	-	-

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме работы бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц не должны превышать значений, указанных в табл. 18. Значения напряжений прикосновения и токов установлены для людей с массой тела свыше 15 кг.

Т а б л и ц а 18

Напряжения и токи прикосновения при аварийном режиме работы бытовой электроустановки

Продолжительность воздействия <i>t</i> , с	Нормируемая величина		Продолжительность воздействия <i>t</i> , с	Нормируемая величина	
	<i>U</i> , В	<i>I</i> , мА		<i>U</i> , В	<i>I</i> , мА
От 0,01 до 0,08	220	220	0,6	40	40
0,1	200	200	0,7	35	35
0,2	100	100	0,8	30	30
0,3	70	70	0,9	27	27
0,4	55	55	1,0	25	25
0,5	50	50	Св. 1,0	12	2

Для контроля предельно допустимых значений напряжений прикосновения и токов измеряют напряжения и токи в местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. Класс точности измерительных приборов – не ниже 2,5. При измерении токов и напряжений прикосновения сопротивление тела человека в электрической цепи при частоте 50Гц должно моделироваться резистором сопротивления от 1 до 6,7кОм \pm 10%.

ГОСТ 12.2.007.0–75 устанавливает **пять классов защиты: 0, 0I, I, II, III.**

К классу **0** должны относиться изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию и не имеющие элементов для заземления, если эти изделия не отнесены к классу **I** или **III**.

К классу **0I** должны относиться изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания.

К классу **I** должны относиться изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию и элемент для заземления. В случае если изделие класса **I** имеет провод для присоединения к источнику питания, этот провод должен иметь заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом.

К классу **II** должны относиться изделия, имеющие двойную или усиленную изоляцию и не имеющие элементов для заземления.

К классу **III** следует относить изделия, предназначенные для работы при безопасном сверхнизком напряжении, не имеющие ни внешних, ни внутренних электрических цепей, работающих при другом напряжении.

Изделия, получающие питание от внешнего источника, могут быть отнесены к классу **III** только в том случае, если они присоединены непосредственно к источнику питания, преобразующему более высокое напряжение в безопасное сверхнизкое посредством разделительного трансформатора или преобразователя с отдельными обмотками.

При использовании в качестве источника питания разделительного трансформатора или преобразователя его входная и выходная обмотки не должны быть электрически связаны и между ними должна быть двойная или усиленная изоляция.

Выбор изоляции изделия и его частей следует определять классом нагревостойкости, уровнем напряжения электрической

сети, а также значениями климатических факторов внешней среды. Значение электрической прочности изоляции и значение её сопротивления должны указываться в стандартах и технических условиях на конкретные виды изделий. Изоляция частей изделия, доступных для прикосновения, должна обеспечивать защиту человека от поражения электрическим током.

Элементом для заземления должны быть оборудованы изделия, назначение которых не требует защиты человека от поражения электрическим током, соответствующей классам **II** и **III**.

ГОСТ 12.2.007.0–75 не распространяется на бытовые электроприборы.

Определения перечисленным выше терминам приведены в ГОСТ 12.1.009–76:

Защита от прикосновения – устройство, предотвращающее прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям.

Рабочая (основная) изоляция – электрическая изоляция токоведущих частей электроустановки, обеспечивающая ее нормальную работу и защиту от поражения электрическим током.

Дополнительная изоляция – электрическая изоляция, предусмотренная дополнительно к рабочей изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции.

Двойная изоляция – электрическая изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции.

Усиленная изоляция – улучшенная рабочая изоляция, обеспечивающая такую же степень защиты от поражения электрическим током, как и двойная изоляция.

Номенклатуру видов защиты от поражения электрическим током устанавливает ГОСТ 12.1.019–79, согласно которому электробезопасность должна обеспечиваться:

- конструкцией электроустановок;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Для защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства: защитные оболочки; защитные ограждения (временные или стационарные); безопасное расположение токоведущих частей; изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усилен-

ную, двойную); изоляцию рабочего места; малое напряжение; защитное отключение; предупредительную сигнализацию; блокировку; знаки безопасности.

Для защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, используют следующие способы: защитное заземление; зануление; выравнивание потенциала; систему защитных проводов; защитное отключение; изоляцию нетоковедущих частей; электрическое разделение сети; малое напряжение; контроль изоляции; компенсацию токов замыкания на землю; средства индивидуальной защиты.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы защита была оптимальна.

Защитное заземление или зануление должно обеспечивать защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции (ГОСТ 12.1.030-81).

Защитное заземление следует выполнять преднамеренным электрическим соединением металлических частей электроустановок с «землей» или её эквивалентом.

Зануление осуществляется электрическим соединением металлических частей электроустановок с заземленной точкой источника питания электроэнергией при помощи нулевого защитного проводника.

Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок, доступные для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, обеспечивающих электробезопасность.

Защитное заземление или зануление электроустановок необходимо при номинальном напряжении:

- 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока – во всех случаях;
- от 42 до 380 В переменного тока и от 110 до 440 В постоянного тока при работах в условиях с повышенной опасностью и особо опасных по ГОСТ 12.1.013–78.

2.4. Наиболее важные требования безопасности приборов по ГОСТ Р МЭК 335-1-94

Раздел 2. Определения.

2.3. Помимо характеристик электрического тока в разделе устанавливаются требования к шнурам питания и, в частности, к типам их крепления:

- тип X – такой способ крепления шнура питания, при котором он может быть легко заменен;
- тип Y – такой способ крепления шнура питания, при котором он может быть заменен только изготовителем, его ремонтной службой или аналогичным квалифицированным лицом;
- тип Z – такой способ крепления шнура питания, при котором он не может быть заменен без разрушения или повреждения прибора.

2.4. Классификация приборов по защите от поражения электрическим током практически совпадает с классификацией по ГОСТ 12.2.007.0–75 (пять классов защиты: 0, 0I, I, II, III). Для защиты от поражения электрическим током приборы должны иметь изоляцию: основную, дополнительную, двойную или усиленную.

Доступной частью называется часть или поверхность, к которой можно прикоснуться с помощью испытательного стержня (рис. 3), включая любую проводящую часть, соединенную с доступной металлической частью.

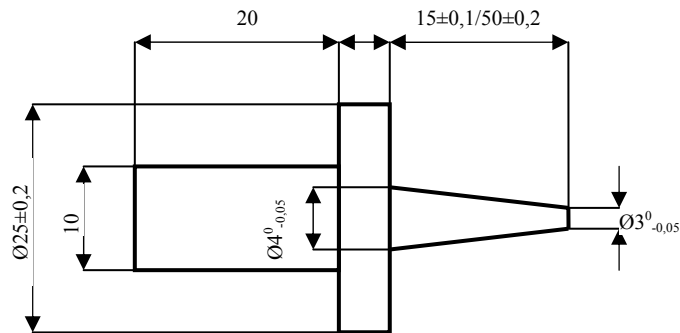


Рис. 3. Измерительные стержни: короткий/длинный

Раздел 3. Общие требования.

Приборы должны быть сконструированы так, чтобы при нормальном использовании они работали безопасно и чтобы не могла возникнуть опасность для персонала или окружающей среды в случае небрежного обращения с прибором, возможного при нормальном использовании.

Раздел 4. Общие условия испытаний.

4.1, 4.2, 4.3. Испытания, проводимые в соответствии с настоящим стандартом, являются типовыми. Испытания проводят на одном приборе, который должен выдержать все испытания в последовательности, определяемой нумерацией разделов настоящего стандарта.

4.7. Нормальные условия испытаний – рабочее помещение, отсутствие сквозняков, температура воздуха $(20\pm 5)^\circ\text{C}$.

4.8. Испытания проводят при наиболее неблагоприятных режимах и положениях прибора, предусмотренных условиями эксплуатации.

Раздел 7. Маркировка и инструкции.

7.1 – 7.6. На приборах (на основной части прибора) должны быть указаны следующие данные:

- номинальное напряжение или диапазон номинальных напряжений в вольтах;
- условное обозначение рода тока (DC/AC), если не указана номинальная частота;
- номинальная потребляемая мощность в ваттах или киловаттах или номинальный ток в амперах;
- наименование, торговая марка или товарный знак изготовителя или ответственного поставщика;
- наименование модели или тип;
- условное обозначение конструкции класса II (только для приборов этого класса);
- IPXX – число, соответствующее степени защиты от доступа воды;
- предупреждающие надписи;
- ясно различимые маркировки рабочих напряжений и положений переключателей.

7.7. Если правильный способ присоединения прибора к питающим проводам (обычно при многоканальном питании) не является очевидным, к прибору должна быть прикреплена схема соединений.

7.12. К прибору должна прилагаться инструкция по эксплуатации (требования к содержанию инструкции изложены в пп.7.12.4, 7.12.5 стандарта).

Соответствие требований этого раздела проверяют осмотром.

Раздел 8. Защита от контакта с токоведущими частями.

8.1. Приборы должны быть сконструированы и закрыты так, чтобы была обеспечена достаточная защита от случайного контакта с токоведущими частями.

Токоведущая часть – любой проводник или токоведущая часть, предназначенная для пропускания тока при обычном использовании, включающая нейтральный провод (кроме PEN-провода, выполняющего функции как защитного, так и нейтрального провода).

Соответствие проверяют осмотром и испытаниями при помощи испытательного пальца (рис. 4). Испытательный палец прикладывают без заметного усилия во всех возможных положениях. Через отверстия предварительно изогнутый испытательный палец вводят на возможную глубину и вращают его. Если палец не входит в отверстие, то усилие ввода увеличивают до 20 Н. Не допускается возможность прикасания испытательным пальцем к токоведущим частям, в том числе, защищенным только лаком, эмалью, обычной бумагой, хлопчатобумажной тканью, окисной пленкой, бусами или заливочной массой, кроме самозатвердевающей смолы.

Для всех приборов, кроме приборов класса II, вместо испытательного пальца или стержня используют испытательный щуп (рис. 5), который прикладывают без заметного усилия к токоведущим частям нагревательных элементов с видимым свечением, все полюсы которых могут быть отключены одновременно. Возможность прикасания к токоведущим частям не допускается.

8.2. Приборы класса II и конструкции класса II должны быть сконструированы и закрыты так, чтобы была обеспечена достаточная защита от случайного контакта с основной изоляцией и с металлическими частями, отделенными от токоведущих частей только основной изоляцией. Допускается прикасание только к частям, которые отделены от токоведущих частей двойной или усиленной изоляцией.

Соответствие требованию проверяют осмотром и испытательным пальцем.

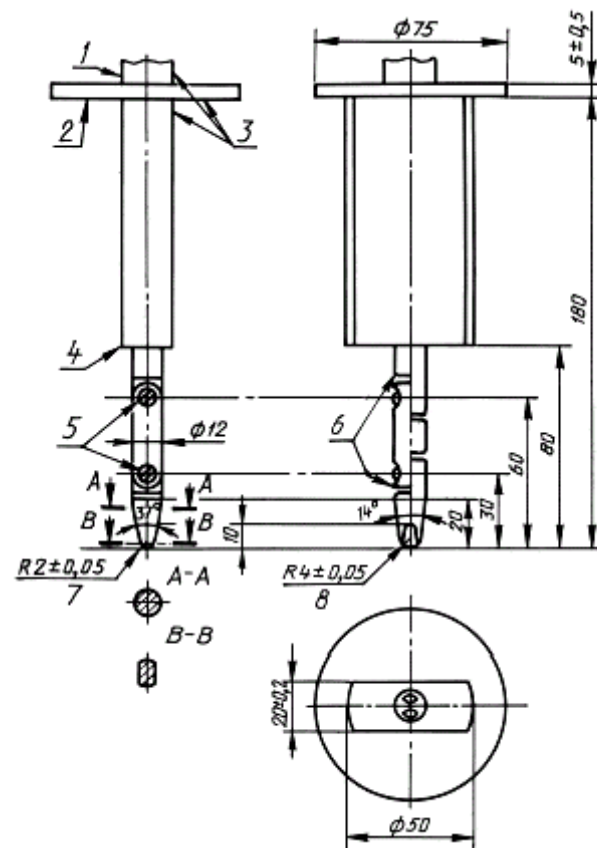


Рис. 4. Испытательный палец: 1 – ручка; 2 – ограждение; 3 – изоляционный материал; 4 – стопорная фаска; 5 – шарнирное соединение; 6 – фаски (сняты на всех углах); 7 – цилиндрическая часть; 8 – сферическая часть (материал – металл, если не указано иное)

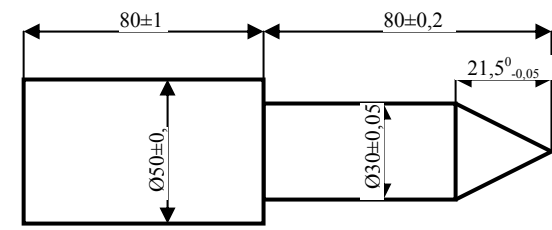


Рис. 5. Испытательный щуп

Раздел 10. Потребляемая мощность и ток.

10.1. Мощность, потребляемая прибором при номинальном напряжении и нормальной рабочей температуре, не должна отличаться от номинальной более, чем на указанное в табл. 19 отклонение.

Т а б л и ц а 19

Отклонение потребляемой мощности от номинальной

Тип прибора	Номинальная мощность, Вт	Отклонение мощности
Все приборы	≤ 25	+20%
Нагревательные и комбинированные	>25 и ≤ 200	$\pm 10\%$
	>200	max из +5% или 20 Вт -10%
Электромеханические	>25 и ≤ 300	+20%
	>300	max из +15% или 60 Вт

Соответствие требованию проверяют измерением мощности после ее стабилизации в условиях, соответствующих нормальной эксплуатации прибора.

10.2. Если на приборе маркирован номинальный ток, то потребляемый прибором ток не должен отличаться от номинального более чем на указанное в табл. 20 отклонение.

Т а б л и ц а 20

Отклонение потребляемого тока от номинального

Тип прибора	Номинальный ток, А	Отклонение тока
Все приборы	$\leq 0,2$	+20%
Нагревательные и комбинированные	$>0,2$ и $\leq 1,0$	$\pm 10\%$
	>1	max из +5% или 0,1А -10%
Электромеханические	$>0,2$ и $\leq 1,5$	+20%
	$>1,5$	max из +15% или 0,3А

Соответствие требованию проверяют измерением тока после его стабилизации в условиях, соответствующих нормальной эксплуатации прибора.

Раздел 11. Нагрев.

11.1. Приборы и окружающая их среда при нормальной эксплуатации не должны достигать чрезмерных температур.

Соответствие требованию проверяют измерениями температуры различных частей прибора. Нагрев не должен превышать значений, указанных в табл. 3 стандарта.

11.2. Ручные приборы удерживают в нормальном эксплуатационном положении, встраиваемые – в соответствии с указаниями изготовителя, другие нагревательные и комбинированные приборы – в соответствии с текстом стандарта.

11.3. Превышение температуры (кроме обмоток) измеряют проволочными термопарами (диаметр электрода менее или равен 0,3мм) или, как в ГОСТ Р МЭК 335-2-6-86, специальным термометрическим щупом (рис. 6). Нагрев измеряют при работе прибора, соответствующей нормальной эксплуатации. Температуру контролируют непрерывно (п. 11.8).

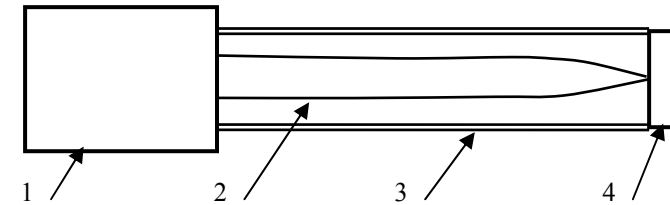


Рис. 6. Щуп для измерения температуры поверхности: 1 – ручка; 2 – термопара типа К диаметром электродов 0,3 мм; 3 – чехол из изолятора диаметром 5/3 мм (нар./вн.); 4 – медный луженый диск диаметром 5 мм и толщиной 0,5 мм

11.8. Превышение температуры обмоток определяют методом сопротивления по формуле

$$\Delta t = [(R_t - R_{t_0})/R_{t_0}](K + t_0) - (t_1 - t_0),$$

где R_{t_0} – сопротивление обмотки до испытаний (при комнатной температуре, которая в испытаниях в основном не должна превышать 25°C); R_t – сопротивление обмотки в процессе испытаний; t_1 , t_0 – температура помещения в конце и в начале испытаний; K – 234,5°C для меди и 225°C для алюминия.

Раздел 13. Ток утечки и электрическая прочность при рабочей температуре.

13.1. При рабочей температуре ток утечки прибора не должен быть чрезмерным, а его электрическая прочность должна быть достаточной.

Соответствие требованию проверяют испытанием в условиях нормальной эксплуатации.

13.2. Ток утечки измеряют с помощью цепи (рис. 7) (приложение G стандарта) между любым полюсом источника питания и доступными металлическими частями, соединенными с металлической фольгой площадью не более 20×10 см, контактирующей с доступными поверхностями изоляционного материала. Схема рис. 7 воспроизводит импеданс человека и составлена в соответствии с физиологической реакцией как функцией частоты. Ток утечки рассчитывают по показанию вольтметра, деленного на 500 Ом. Вольтметр должен обеспечивать измерения среднего квадратического значения напряжения при частотах в диапазоне от 0 до 1 МГц.

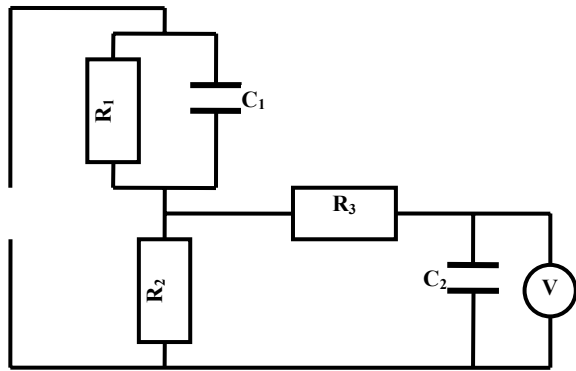


Рис. 7. Схема цепи для измерения тока утечки: $R_1 = 1500 \text{ Ом} \pm 0,1\%$;
 $R_2 = 500 \text{ Ом} \pm 0,1\%$; $R_3 = 10000 \text{ Ом} \pm 0,1\%$; $C_1 = 0,22 \text{ мкФ} \pm 0,1\%$;
 $C_2 = 0,22 \text{ мкФ} \pm 0,1\%$

Схемы измерения тока утечки для однофазных приборов приведены на рис. 8. Измерения проводят последовательно для каждой клеммы питания прибора (для этой цели служит переключатель).

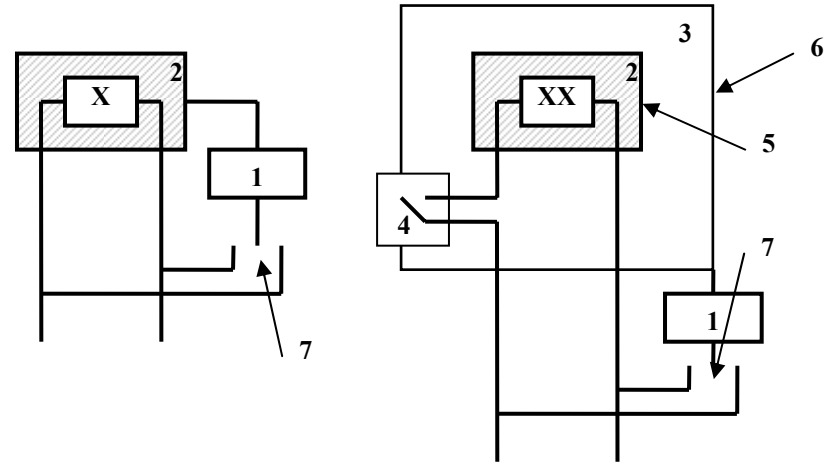


Рис. 8. Схемы измерения тока утечки однофазных приборов класса II (XX) и других (X) классов: 1 – схема по рис. 7; 2 – основная изоляция; 3 – дополнительная изоляция; 4 – усиленная изоляция; 5 – недоступная металлическая часть; 6 – доступная часть; 7 – переключатель

Ток утечки в рабочих условиях не должен превышать значений, указанных в табл. 21.

Т а б л и ц а 21

Допускаемые токи утечки

Класс прибора	Ток утечки, мА
0, 0I, III	0,5
Переносные I	0,75
Стационарные электромеханические I	3,5
Стационарные нагревательные I	0,75 или 0,75 на 1 кВт, но не более 5
II	0,25

13.3. Электрическую изоляцию испытывают переменным напряжением частотой 50 или 60 Гц. Испытательное напряжение прикладывают между токоведущими и доступными частями, неметаллические части покрывают металлической фольгой. Для конструкций класса II, имеющих промежуточный металл между токоведущими и доступными частями, напряжение прикладывают

ют вдоль основной и дополнительной изоляции. Значения испытательного напряжения приведены в табл. 22. Испытания начинают с половинного значения испытательного напряжения. Изоляция должна выдерживать испытательное напряжение в течение одной минуты. Пробои не допускаются.

Т а б л и ц а 22

Испытательные напряжения

Испытываемая изоляция	Испытательное напряжение, В
Основная изоляция, работающая в условиях эксплуатации при безопасном сверхнизком напряжении	500
Другая основная изоляция	1000
Дополнительная изоляция	2750
Усиленная изоляция	3750

Раздел 16. Ток утечки и электрическая прочность.

16.3. В табл. 5 этого раздела стандарта указаны значения испытательного напряжения для приборов разного класса и различных точек приложения напряжения. При испытаниях не должно быть пробоя. Ток утечки измеряют в течение 5 с после приложения испытательного напряжения (п. 16.1 стандарта).

Раздел 22. Конструкция.

22.2. Для стационарных приборов средства подключения к сети должны обеспечивать гарантированное отключение всех полюсов от сети питания. Такое средство должно быть одним из следующих:

- шнур питания, оснащённый вилкой;
- выключатель по п. 24.3 стандарта;
- разъединитель, вмонтированный в фиксированную проводку;
- приборный соединитель.

Однополюсный выключатель, если таковой имеется, должен быть подключен внутри прибора в фазный проводник.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

22.3. Штыри должны входить в контактные гнёзда закреплённых розеток без значительных усилий.

Соответствие требованию проверяют вручную.

22.5. Приборы, предназначенные для подключения к сети питания с помощью вилки, должны быть сконструированы так, чтобы при нормальном использовании не возникало опасности поражения электрическим током от заряженных конденсаторов при прикосании к штырям вилки.

Соответствие требованию проверяют измерением напряжения между штырями вилки через 1 с после выключения прибора и отключения его от сети. Напряжение не должно превышать 34 В.

22.6. Приборы должны быть сконструированы так, чтобы на их электрическую изоляцию не влияла вода, конденсат, скапливающийся на холодных поверхностях, и жидкости, могущие вытекать из соединений, являющихся частью прибора. Разрушение шланга или повреждение герметичного уплотнения не должно приводить к повреждению изоляции приборов и конструкций класса II.

Соответствие требованию проверяют осмотром или в случае сомнений – испытанием с намоканием по п. 22.6 стандарта.

22.10. Кнопки возврата органов управления (регулирования) без самовозврата должны быть расположены или защищены так, чтобы возможность случайного возврата их в исходное состояние была маловероятной, если это может привести к опасности. Не рекомендуется такие кнопки располагать на задней стенке прибора.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

22.11. Несъёмные части, которые обеспечивают защиту от поражения электрическим током, влаги или от контакта с движущимися частями, должны быть соответствующим образом зафиксированы и выдерживать механические удары, возможные при нормальной эксплуатации.

Соответствие требованию проверяют испытанием на сжатие (толкающая сила) и растяжение: прикладывают усилие до 50 Н в течение 10 с. Применяют жёсткий испытательный палец, аналогичный приведённому на рис. 4 (на сжатие), или присоску (на растяжение). После испытаний части не должны сниматься и должны оставаться в исходном (заблокированном) состоянии.

22.12. Рукоятки, кнопки, рычаги и т.п. должны быть надёжно закреплены так, чтобы они не ослабли при нормальной эксплуатации, если это может привести к опасности. Ручки и кноп-

ки, используемые для указания положения выключателей, не могут случайно устанавливаться в неправильное положение.

Соответствие требованию проверяют осмотром и попыткой снять рукоятку, ручку или кнопку, приложив усилие до 30 Н.

22.14. Приборы не должны иметь зазубренных или острых углов, кроме необходимых для функционирования, создающих опасность для потребителя при нормальной эксплуатации или при обслуживании.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

22.20. Не допускается прямой контакт между токоведущими частями и термоизоляцией, если материал изоляции является коррозионным, гигроскопичным и воспламеняющимся.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

22.21. Дерево, х/б ткань, шелк, обычная бумага и аналогичные волокнистые и гигроскопичные материалы не должны использоваться в качестве изоляции без пропитки.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

22.22. Приборы не должны содержать асбест.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

22.36. В приборах, кроме приборов класса III, ручки, которые при нормальной эксплуатации непрерывно держат в руке, должны быть сконструированы так, чтобы при их захвате во время нормальной эксплуатации было маловероятным прикосновение руки оператора к металлическим частям, которые не отделены от токоведущих частей двойной или усиленной изоляцией.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

22.43. Приборы, которые могут быть переключены на разные напряжения, должны быть сконструированы так, чтобы случайное изменение установки было маловероятным.

Соответствие требованию проверяют испытанием вручную.

22.44. Приборы не должны иметь ограждение, которое оформлено так, что прибор становится похожим на игрушку для детей.

Раздел 23. Внутренняя проводка.

23.1. Канавки для проводов должны быть гладкими и без острых кромок. Провода должны быть защищены так, чтобы они не соприкасались с заусенцами, охлаждающими ребрами и т.п., которые могут вызвать повреждение их изоляции. Отверстия в

металле, через которые проходят изолированные провода, должны иметь гладкие, хорошо закруглённые поверхности или должны быть снабжены втулками. Провода должны быть надёжно защищены от соприкосновения с движущимися частями.

Соответствие требованиям проверяют осмотром.

23.3. Спиральные пружины, витки которых не соприкасаются друг с другом, не должны использоваться для защиты электропроводки. Пружины с соприкасающимися витками должны быть дополнительно изолированы (помимо изоляции проводов).

Соответствие требованию проверяют осмотром.

23.4. Оголённая внутренняя проводка должна быть настолько жёсткой и закреплённой, чтобы при нормальной эксплуатации пути утечки и воздушные зазоры не могли стать меньше значений, указанных в п. 29.1 стандарта.

Раздел 24. Комплектующие изделия.

24.1. Комплектующие изделия должны соответствовать по безопасности требованиям соответствующих стандартов в такой мере, насколько это целесообразно.

22.2. Приборы не должны иметь:

- выключателей или устройств автоматического регулирования на гибких шнурах;
- устройств, которые приводят к срабатыванию защитных устройств в фиксированной проводке в случае повреждений в приборе;
- термовыключателей, которые могут быть возвращены в исходное состояние посредством пайки.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

24.3. Выключатели, предназначенные для отключения всех полюсов стационарного прибора, как указано в п. 22.2 стандарта, должны быть подключены непосредственно к зажимам питания и иметь зазор между контактами не менее 3 мм во всех полюсах.

Соответствие требованию проверяют осмотром и измерениями.

24.4, 24.5. Штепсельные вилки, розетки и другие соединительные устройства (на шнурах), используемые для присоединения нагревательных элементов, цепей сверхнизкого напряжения и для промежуточных соединений, не должны быть взаимозаменяемыми с аналогичными изделиями, перечисленными в ГОСТ 7396.1, МЭК 60906-1 и ГОСТ Р 51325.1.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

Раздел 25. Присоединение к источнику питания и внешние гибкие шнуры.

25.1. Приборы, не предназначенные для постоянного соединения со стационарной проводкой, должны быть снабжены одним из следующих средств присоединения к сети питания:

- шнуром питания, оснащённым вилкой;
- приборным проводом, имеющим, по крайней мере, ту же степень защиты от влаги, что и прибор;
- штырями, предназначенными для непосредственного введения в фиксированные розетки.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.2. Приборы, кроме стационарных с многоканальным питанием, не должны иметь более одного средства присоединения к сети питания.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.4. Для приборов с номинальным током не более 16 А ввод для кабеля и трубопровода должен иметь размеры, позволяющие вводить кабели или трубопроводы с максимальным наружным диаметром, указанным в табл. 23.

Т а б л и ц а 23

Максимальные диаметры кабеля и трубопровода

Число проводов, включая заземляющий	Максимальный наружный диаметр, мм	
	кабеля	трубопровода
2	13,0	16,0
3	14,0	16,0
4	14,5	20,0
5	15,5	20,0

Соответствие требованию проверяют осмотром и измерениями.

25.5. Способы крепления шнуров питания к прибору должны соответствовать одному из следующих типов: X, Y, Z.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.6. Штепсельные вилки не должны быть снабжены более чем одним гибким шнуром.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.8. Номинальное поперечное сечение жил шнуров питания не должно быть меньше значений, указанных в табл. 24.

Т а б л и ц а 24

Минимальное сечение жил шнуров питания

Номинальный ток прибора, А	Площадь сечения, мм ²
≤0,2	Мишурный шнур*
>0,2 и ≤3,0	0,5*
>3 и ≤6,0	0,75
>6,0 и ≤10,0	1,0
>10,0 и ≤16,0	1,5
>16,0 и ≤25,0	2,5
>25,0 и ≤32,0	4,0
>32,0 и ≤40,0	6,0
>40,0 и ≤63,0	10,0

* длина шнура более 2 м

Соответствие требованию проверяют измерением.

25.9. Шнуры питания не должны соприкасаться с острыми выступами или режущими кромками прибора.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.10. Для приборов класса I шнур питания должен иметь жёлто-зелёную жилу, которая соединена с зажимом заземления прибора и с контактом заземления штепсельной вилки.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.11. Жилы шнуров питания не должны скрепляться пайкой припоем, содержащим олово и свинец, в тех местах, где на них действует контактное давление, если зажимные устройства не сконструированы так, что не возникает опасность плохого контакта в результате хладотекучести припоя.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.12. Изоляция шнура не должна повреждаться при опрессовке шнура к части корпуса.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.13. Вводные отверстия должны быть снабжены такими входными втулками или быть сконструированы так, чтобы оболочка шнура питания могла быть введена без риска повреждения.

Соответствие требованию проверяют осмотром и испытанием вручную.

25.15. Приборы, снабжённые шнуром питания, должны иметь крепление шнура, выполненное так, чтобы оно разгружало проводники от напряжений, в том числе от скручивания, в месте присоединения шнура внутри прибора, а также защищало изоляцию проводов от истирания.

Соответствие требованию проверяют осмотром и испытаниями по п. 25.15 стандарта.

Остальные требования к шнурам и приборным вводам указаны в пп. 25.16 ... 25.25 стандарта.

Раздел 26. Зажимы внешних проводов.

26.1.1. Приборы с креплением типа X, предназначенные для присоединения к фиксированной проводке, должны иметь зажимы, в которых соединение осуществляется с помощью винтов, гаек и аналогичных по эффективности средств. Эти требования не применяют к приборам, оснащённым проводами или с креплением типа X, использующим специально приготовленный шнур. Винты и гайки не должны служить для крепления других элементов, за исключением внутренних проводов.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

26.2. Зажимы для крепления типа X и зажимы для присоединения к фиксированной проводке должны допускать присоединение проводов с номинальным поперечным сечением в соответствии с табл. 25.

Т а б л и ц а 25

Номинальные сечения проводов

Номинальный ток прибора, А	Номинальная площадь поперечного сечения провода, мм ²	
	гибкий шнур	кабель стационарной проводки
≤3,0	0,5 и 0,75	от 1,0 до 2,5
>3,0 и ≤6,0	0,75 и 1,0	от 1,0 до 2,5
>6,0 и ≤10,0	1,0 и 1,5	от 1,0 до 2,5
>10,0 и ≤16,0	1,5 и 2,5	от 1,5 до 4,0
>16,0 и ≤25,0	2,5 и 4,0	от 2,5 до 6,0
>25,0 и ≤32,0	4,0 и 6,0	от 4,0 до 10,0
>32,0 и ≤40,0	6,0 и 10,0	от 6,0 до 16,0
>40,0 и ≤63,0	10,0 и 16,0	от 10,0 до 25,0

Соответствие требованию проверяют осмотром и измерением.

26.3. Зажимы для шнуров питания должны соответствовать своему назначению.

Соответствие требованию проверяют осмотром и натяжением шнура с усилием 5 Н.

После испытаний не должно быть повреждений шнура и соединений.

26.5. Для приборов, предназначенных для соединения со стационарной проводкой, и приборов с креплением типа X зажимы должны быть сконструированы так, чтобы провод был зажат между металлическими поверхностями с достаточным контактным давлением, но без повреждения провода.

Соответствие требованию проверяют осмотром зажимов и проводов после испытаний по п. 26.4 стандарта.

26.6. Для проводов с креплением типа X, кроме использующих специально подготовленный шнур, и приборов, предназначенных для соединения со стационарной проводкой, зажимы не должны требовать специальной подгонки провода. Они должны быть сконструированы или расположены так, чтобы провод не мог выскользнуть при затягивании зажимных винтов или гаек.

Соответствие требованию проверяют осмотром зажимов и проводов после испытаний по п. 26.4 стандарта.

26.7. Зажимы колонкового типа должны быть сконструированы и расположены так, чтобы конец провода, введённого в отверстие, был виден или мог проходить за пределы отверстия с резьбой на расстояние, равное, по крайней мере, половине номинального диаметра винта, или на расстояние 2,5 мм в зависимости от того, что больше.

Соответствие требованию проверяют осмотром и измерением.

26.8. Зажимы, включая зажимы заземления, для подсоединения к фиксированной проводке должны быть расположены близко друг к другу.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

26.9. Зажимы для крепления типа X должны быть доступны после удаления крышки или части кожуха.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

26.10. Зажимы должны быть доступны только после удаления несъёмных частей.

Соответствие требованию проверяют осмотром и испытанием вручную.

Раздел 27. Заземление.

27.1. Доступные металлические части приборов классов 0I и I, которые могут оказаться под напряжением в случае повреждения изоляции, должны быть постоянно и надёжно соединены с зажимом заземления внутри прибора или с контактом заземления приборного ввода. Зажимы заземления и контакты заземления не должны быть соединены с зажимом для нейтрального провода. Приборы классов 0, II и III не должны иметь устройств для заземления.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

27.2. Зажимы для присоединения внешних проводов, предназначенных для выравнивания потенциала, должны допускать присоединение проводов с номинальным поперечным сечением от 2 до 6 мм² и не должны использоваться для обеспечения непрерывности заземления между частями прибора. Необходимо исключить возможности ослабления проводов без применения инструмента.

Соответствие требованию проверяют осмотром и испытанием вручную.

27.5. Соединение между зажимом заземления или контактом заземления и заземлёнными металлическими частями должно иметь небольшое сопротивление.

Соответствие требованию проверяют следующими испытаниями.

Ток, равный 1,5 номинального тока прибора или 25 А (большой из двух) от источника напряжением 12 В, пропускают поочередно между зажимом заземления или контактом заземления и каждой из доступных металлических частей. Измеряют падение напряжения. Рассчитанное по закону Ома сопротивление не должно превышать 0,1 Ом.

27.6. Проводники в печатной плате не должны применяться в качестве заземляющего проводника в ручных приборах. Они могут быть использованы в других приборах, если:

- по крайней мере, два проводника имеют независимые припойные точки, и прибор соответствует требованиям п. 27.5 стандарта для каждого типа схемы;

- материал проводника в печатной плате выполнен по ГОСТ 26246.4-89 или ГОСТ 26246.5-89.

Соответствие требованию проверяют осмотром и соответствующими испытаниями.

Раздел 28. Винты и соединения.

28.1. Крепёжные соединения, повреждение которых может привести к нарушению соответствия требованиям настоящего стандарта, электрические соединения и соединения, применяемые в качестве заземляющего проводника, должны выдерживать механические нагрузки, которые возникают при нормальной эксплуатации.

Винты, используемые для этих целей, не должны быть изготовлены из мягкого металла или металла, склонного к текучести, такого, как цинк или алюминий. Винты из изоляционного материала должны иметь номинальный диаметр не менее 3 мм и не должны использоваться для любого электрического соединения или соединения, применяемого в качестве заземляющего проводника.

Винты, используемые для электрических соединений или соединений, применяемых в качестве заземляющего проводника, должны ввинчиваться в металл.

Винты из изоляционного материала не применяют, если их замена металлическими винтами может повредить изоляцию.

Соответствие требованию проверяют осмотром и следующими испытаниями.

Винты и гайки завинчивают и отвинчивают без рывков: винты из изоляционного материала 10 раз, гайки и другие винты 5 раз.

Во время испытания не должно быть повреждений, которые могли бы воспрепятствовать дальнейшему использованию крепления или соединения.

28.3. Винты с крупной резьбой не должны использоваться для электрических соединений, если они не прижимают эти части плотно друг к другу.

Самонарезающие винты не должны применяться для электрических соединений, если они не образуют полную резьбу стандартного крепёжного винта. Такие винты не допускается использовать, если предполагается, что потребитель или сборщик будет ими манипулировать.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

28.4. Винты и гайки, предназначенные для механического соединения различных частей прибора, должны быть зафиксирова-

ны против ослабления, если это механическое соединение одновременно является электрическим или соединением, обеспечивающим непрерывность заземления.

Соответствие требованию проверяют осмотром и испытанием вручную.

Раздел 29. Пути утечки тока, воздушные зазоры и расстояния по изоляции.

29.1. Пути утечки тока и воздушные зазоры не должны быть меньше значений, указанных в табл. 26. Более подробно см. текст стандарта.

Т а б л и ц а 26

Минимальные пути утечки тока и зазоры

Расстояние между частями	Значения пути утечки (П) и воздушного зазора (В), мм для							
	приборов и конструкций класса III		других приборов					
			при рабочем напряжении прибора, В					
			≤130		>130 и ≤250		>250 и ≤480	
П	В	П	В	П	В	П	В	
Токоведущими различной полярности:								
защищёнными от осаждения грязи	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0
не защищёнными от осаждения грязи	2,0	1,5	2,0	1,5	3,0	2,5	4,0	3,0
обмотками, покрытыми лаком или эмалью	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	3,0	3,0
резисторами и их соединениями, защищёнными от осаждения грязи	-	-	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-
Токоведущими и другими металлическими частями по основной изоляции:								
защищённой от осаждения грязи и выполненной из керамики, чистой слюды и т.п.	1,0	1,0	1,0	1,0	2,5	2,5	-	-
выполненной из других материалов	1,5	1,0	1,5	1,0	3,0	2,5	-	-
не защищённой от осаждения грязи	2,0	1,5	2,0	1,5	4,0	3,0	-	-
токоведущие обмотки, покрыты лаком или эмалью	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	-	-
на конце трубчатых нагревательных элементов	-	-	1,0	1,0	1,0	1,04	-	-

Расстояние между частями	Значения пути утечки (П) и воздушного зазора (В), мм для							
	приборов и конст- рукций класса III		других приборов при рабочем напряжении прибора, В					
			≤130		>130 и ≤250		>250 и ≤480	
	П	В	П	В	П	В	П	В
Токоведущими и другими по усиленной изоляции: токоведущие обмотки, по- крыты лаком или эмалью другие токоведущие части	-	-	6,0	6,0	6,0	6,0	-	-
Металлическими, разделён- ными дополнительной изоля- цией	-	-	4,0	4,0	4,0	4,0	-	-
Токоведущими, расположен- ными в углублении со стороны установочной поверхности при- бора, и поверхностью, к кото- рой он крепится	2,0	2,0	6,0	6,0	6,0	6,0	-	-

Соответствие требованию проверяют осмотром и измерением.

Лабораторная работа №1

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ОТ ИСТОЧНИКОВ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Цель работы – ознакомиться с допустимыми нормами интенсивности МП на рабочих местах, методами и средствами их измерения и приобрести навыки контроля интенсивности МП от электрифицированных устройств.

1.1. Методы и средства контроля МП

Характеристиками интенсивности магнитного поля, как уже отмечалось в подразд. 1.1, являются: напряжённость МП H , А/м и индуктивность МП B , Тл.

Методы измерений МП основаны на различных физических эффектах: силовом взаимодействии МП с магнитным моментом

тела или частиц вещества, возбуждении ЭДС индукции в катушке индуктивности в переменном МП, изменении траектории движущихся в МП электрических зарядов под воздействием отклоняющей силы, прецессии ядер с ненулевым спином в МП, переходе вещества в сверхпроводящее состояние и обратно.

ЭДС индукции, возбуждаемая в катушке индуктивности, зависит от скорости изменения магнитной индуктивности: $U = N \cdot S(dB/dt)$, где N – число витков, S – площадь катушки. Она может возникать как в переменном магнитном поле, так и в постоянном при вращении в нём катушки. Датчики, основанные на этом эффекте, называются индукционными.

Движущиеся в магнитном поле электрические заряды под воздействием силы Лоренца изменяют свою траекторию. Проявляется это в эффекте Холла, заключающемся в том, что при помещении в МП пластины, через которую течёт электрический ток, в направлении, перпендикулярном направлению электрического тока, на сторонах пластины возникает электрическое напряжение. Величина этого напряжения пропорциональна плотности электрического тока и напряжённости МП. На измерении этой ЭДС основан принцип работы так называемых датчиков Холла.

Ядра элементов, обладающие магнитным моментом, прецессируют в переменном магнитном поле. Частота прецессии пропорциональна напряжённости МП. Для обнаружения прецессии магнитных диполей диамагнитное вещество помещают в катушку индуктивности, которая включена в контур генератора высокой частоты. При плавном изменении частоты генератора наступает момент совпадения её с частотой прецессии ядер, т.е. явление резонанса, называемое ядерным магнитным резонансом (ЯМР). Происходящее при этом поглощение энергии МП ядрами вещества приводит к резкому уменьшению эквивалентного сопротивления контура генератора. Вследствие этого падает амплитуда генерируемого переменного напряжения, детектируемая и преобразуемая в сигнал переменного тока (сигнал ЯМР). По частоте генератора, соответствующей явлению резонанса f_p , определяют магнитную индукцию поля: $B = C \cdot f_p$, где C – постоянная датчика. Вещества, которые применяют в таких датчиках, и соответствующие им диапазоны измерений приведены в табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1.1

Вещества, применяемые в датчиках ЯМР (прибор Ш1-1)

Вещество датчика	Диапазон измеряемой магнитной индукции, мТл	Постоянная датчика ЯМР C , мТл/МГц
Водород (протоны)	25 ... 700	23
Дейтерий	1000 ... 2500	150
Литий	700 ... 1000	60

Датчики ЯМР обладают высокой точностью (погрешность менее 0,02%), но имеют недостаток, обусловленный тем, что ЯМР существует в узком диапазоне частот, его величина резко уменьшается с отклонением частоты от резонансной, с увеличением неравномерности МП и уменьшением отношения сигнал/шум. Для уверенной регистрации ЯМР с указанной погрешностью необходимо, чтобы неравномерность МП не превышала 0,02% на сантиметр, а отношение сигнал/шум было больше пяти. Эти требования трудно выполнимы и сдерживают применение метода ЯМР в практических измерениях.

Благодаря развитию микроэлектроники и полупроводниковой техники гораздо более привлекательным оказывается использование полупроводниковых (ПП) датчиков Холла. Схема, поясняющая эффект возникновения ЭДС Холла, и эквивалентная электрическая схема датчика Холла приведены на рис. 1.1. Промышленность выпускает широкую номенклатуру датчиков для измерения индуктивности МП от долей микротеслы до единиц теслы. Напряжение питания датчиков Холла постоянное, от 4,5 до 10,5 В. Ток питания высокоомных ПП достигает десятков, а низкоомных – сотен миллиампер. Характеристика преобразования датчиков Холла линейна (как правило, в пределах 1%) практически во всём диапазоне измерений (рис. 1.2). Чувствительность датчиков Холла с высокоомным ПП достигает сотен милливольт на теслу, а с низкоомным ПП – единиц вольт на теслу.

Величина ЭДС Холла $U_x = K \cdot I \cdot B$, где K – коэффициент, зависящий от материала ПП и его размеров.

Из приведённого соотношения следует, что измеряемый милливольтметром сигнал пропорционален магнитной индукции МП и плотности электрического тока, протекающего в пластине. Поскольку напряжённость и магнитная индукция МП – вектор-

ные величины, показания датчика зависят от ориентации пластины относительно направления МП, а также от неравномерности самого МП. Для того чтобы полнее охарактеризовать МП, необходимо представить его параметры в трёх пространственных координатах.

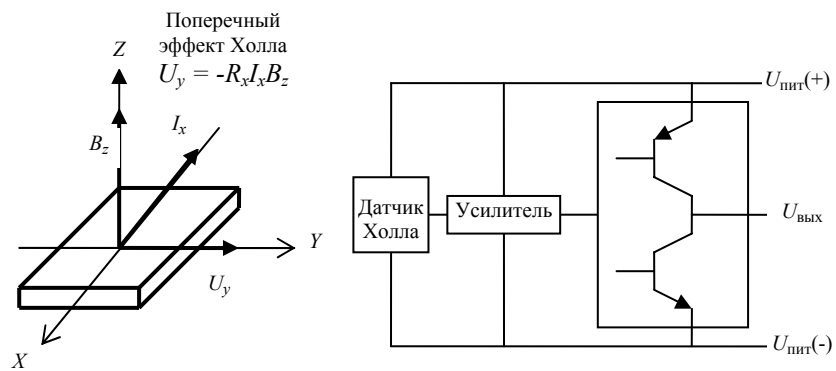


Рис. 1.1. Схемы генерации ЭДС и датчика Холла

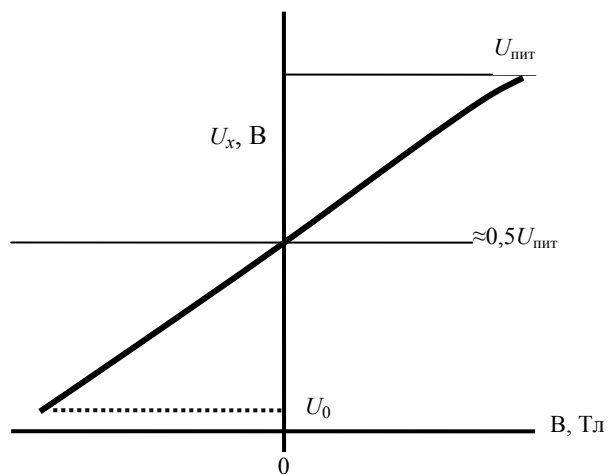


Рис. 1.2. Характеристика преобразования датчика Холла

Преимущества датчиков Холла: малые размеры, простота использования и измерения электрического напряжения. Однако на метрологические характеристики датчиков существенно влияют: неравномерность свойств полупроводниковой пластины, наличие механических напряжений, вызванных пайкой электродов, размещение при измерениях в МП контура подводящих проводников (рамка с током в магнитном поле) и др. Для снижения влияния перечисленных причин на показания датчика принимаются соответствующие меры: компенсация (включение компенсационных сопротивлений), скручивание подводящих проводников (уменьшение площади петли с током). Диаграмма направленности датчика Холла близка к идеальной, что позволяет использовать его для определения направления вектора напряжённости МП. Наименьший порог чувствительности датчика Холла к повороту в МП составляет 5...10 мин.

1.2. Оборудование и приборы для выполнения ЛР

В лабораторной работе используют измерительное устройство, содержащее:

- измерительные щупы (2 щупа) с датчиками Холла;
- блок питания микросхем датчиков Холла, номинальное напряжение 6 В;
- мультиметр для измерения выходного сигнала (напряжение постоянного тока) датчика;
- блок питания мультиметра, номинальное напряжение 9 В;
- коммутационную коробку, служащую для электрического соединения перечисленных выше компонентов.

Измерительное устройство схематично изображено на рис. 1.3.

Измерительные щупы с твердотельными полупроводниковыми датчиками (преобразователями) Холла производства фирмы Honeywell типа SS, биполярными, с аналоговым выходом. Общие характеристики преобразователей (микросхем) SS приведены в табл. 1.2.

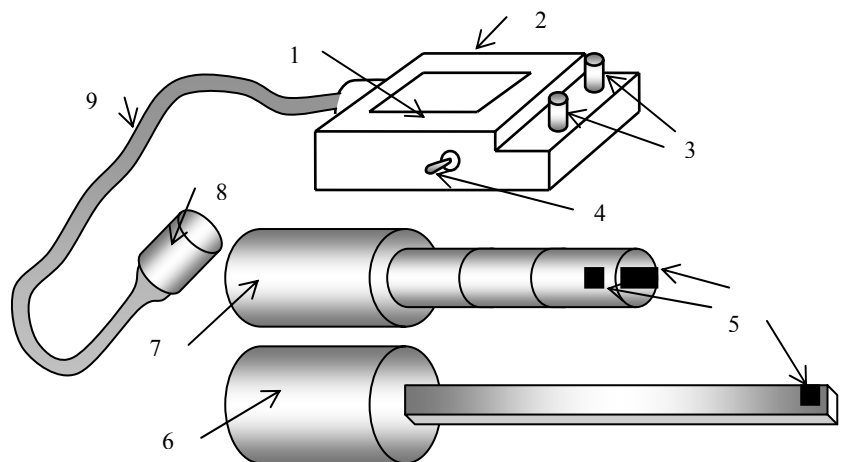


Рис. 1.3. Измерительное устройство: 1 – коммутационный блок; 2 – место установки разъёма блока питания датчиков; 3 – клеммы выходного напряжения датчиков (место подсоединения мультиметра); 4 – переключатель датчиков; 5 – датчики Холла; 6 – зонд с одним датчиком Холла; 7 – зонд с двумя датчиками Холла; 8 – разъём; 9 – измерительный кабель

Т а б л и ц а 1.2

Характеристики преобразователей Холла производства фирмы Honeywell

Марка	Диапазон, мГл	$U_{пит}$, В	Максимальное выходное напряжение, В	Чувствительность, В/Гл	Потребляемый ток, мА	Диапазон рабочих температур, °С
SS19	±40	4...10	0,5 $U_{пит}$	5... 2,5	4	от -25 до +85
SS49	±40	4...10	0,5 $U_{пит}$	5...12,5	4	от -25 до +85
SS59	±100	3...6,5	1,75	17,5	10	от -40 до +100
SS495	±60	4,5...10	от 0,2 до $U_{пит}-0,4$	31,25±2,5	7	от -40 до +150
SS496	±84	4,5...10	от 0,4 до $U_{пит}-0,4$	25±1	7	от -40 до +125

Проверка характеристик датчиков Холла (микросхем) проведена в постоянном равномерном магнитном поле (табл. 1.3).

Т а б л и ц а 1.3

Контрольные измерения выходного напряжения микросхем в постоянном МП

Магнитная индукция В, мТл	Тип датчика $U_{\text{вых}}, \text{В}$			
	SS19	SS49Т	SS59Е	SS496А
100			4,93	5,55 (84 мТл)
80			4,52	5,27
60			4,18	4,73
40	3,23	3,20	3,78	4,16
20	3,00	2,94		
0	2,77	2,70	3,00	2,98
-20	2,53	2,45		
-40	2,31	2,20	2,23	1,84
-60			1,84	1,27
-80			1,49	0,67
-100			1,10	0,45 (-84 мТл)

Аппроксимирующие зависимости функций преобразования датчиков, полученные методом наименьших квадратов, приведены в табл. 1.4.

Т а б л и ц а 1.4

Аппроксимирующие зависимости функций преобразования и градуировочных характеристик датчиков

Датчик	Функция преобразования $U_{\text{вых}} = f(B), \text{В}$	Градуировочная характеристика $B = f^{-1}(U_{\text{вых}}), \text{мТл}$
SS19	$U_{\text{вых}} = 0,012B + 2,768$	$B = 86,58 U_{\text{вых}} - 239,65$
SS49Т	$U_{\text{вых}} = 0,012 B + 2,698$	$B = 83,33 U_{\text{вых}} - 227,08$
SS59Е	$U_{\text{вых}} = 0,019 B + 3,008$	$B = 52,181 U_{\text{вых}} - 156,947$
SS496А	$U_{\text{вых}} = 0,029 B + 2,989$	$B = 34,707 U_{\text{вых}} - 103,725$

Датчики Холла в составе измерительных щупов рекомендуется проверять в постоянном и равномерном МП, а результаты проверки фиксировать по форме табл. 1.5.

Т а б л и ц а 1.5

Данные по проверке датчиков в составе измерительных щупов

Датчик	Индукция МП постоянного магнита, мТл	Показания датчика		Отклонение $(B_{МП} - B)$, мТл
	$B_{МП}$, мТл	$U_{вых}$, В	B , мТл $(B=f^{-1}(U_{вых}))$	

Характеристики источников питания приведены в табл. 1.6.

Т а б л и ц а 1.6

Характеристики источников питания

Марка адаптера АС/DC	Номинальное выходное напряжение, В	Стабильность, мкВ/ч	Основная допускаемая погрешность выходного напряжения	Максимальный выходной ток, мА	Нормальные условия применения	Дополнительные сведения
АС-220-S-6-500; стабилизированный	6*	<1	±5%	500	Температура воздуха (10...30)°С. Относительная влажность воздуха до 80%. Атмосферное давление от 650 до 800 мм рт.ст.	Питание 220 В ±10% 50 Гц
DN500; нестабилизированный	3; 4,5; 6; 7,5; 9; 12	<1	±5%	500		Питание 220В ±10% 50 Гц. Комплектуется набором из 8 типов разъёмов

* Контроль напряжения питания и его стабильности во времени показал, что используемый в лабораторной работе источник имеет на выходе напряжение 5,92 В. Стабильность его в течение двух часов работы, по крайней мере, не хуже ±10 мВ (по показаниям АРРА 91), т.е. стабильность источника выше 0,2%.

Измерительный прибор – многофункциональный цифровой мультиметр APPA 91 (APPA TECHNOLOGY CORP., Тайвань) для измерения выходного напряжения датчика. Характеристики мультиметра по измеряемому напряжению постоянного тока приведены в табл. 1.7.

Т а б л и ц а 1.7

Характеристики погрешности мультиметра APPA 91

Верхний предел диапазона измерений, В	Единица младшего разряда в данном диапазоне $U_{\text{разр}}$, мВ	Основная допускаемая погрешность прибора $\Delta_{\text{пр}}$, В
0,200	0,100	$\pm(0,005 \cdot U_{\text{измер}} + 1 \cdot U_{\text{разр}})$
2,0	1,0	
20,0	10,0	

Предел основной допускаемой погрешности установлен для нормальных условий эксплуатации:

- температура окружающей среды $23 \pm 5^\circ \text{C}$;
- относительная влажность воздуха $60 \pm 20\%$;
- атмосферное давление 750 ± 30 мм рт. ст.;
- номинальное напряжение питания 9 В (отсутствует индикация разряда батареи питания).

Дополнительная погрешность при изменении температуры окружающей среды на 1°C составляет 0,15 от предела допускаемой основной погрешности.

Входное сопротивление мультиметра – 10^7 Ом .

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, студент должен ознакомиться с теоретическими разд. 1 и 2 лабораторного практикума и изучить подразд. 1.1 – 1.2 настоящей лабораторной работы. Подготовленность студента к выполнению лабораторной работы определяется преподавателем по ответам на контрольные вопросы.

К выполнению лабораторной работы приступают только после собеседования и устного разрешения преподавателя!

Лабораторная работа, как правило, выполняется бригадой. Старший в бригаде получает под свою ответственность от преподавателя необходимые материалы и оборудование.

1.3. Порядок выполнения ЛР

Лабораторная работа выполняется в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с устройством и руководствами по эксплуатации блоков измерительного устройства (датчик Холла, блок питания, мультиметр).

2. Выбрать объект – источник МП.

3. Составить карту (картограмму) измерений МП выбранного источника, для чего использовать имеющуюся информацию о возможном уровне МП, предположения о форме и неоднородности МП, а также нормативы допустимого воздействия МП на рабочем месте. **В карте измерений указать позиции измерений по направлениям и расстояниям от источника МП.**

4. Подготовить ИУ к измерениям, для чего необходимо:

- отобрать измерительный щуп с датчиком требуемого диапазона измерений;
- присоединить разъёмы щупа и удлинительного кабеля;
- присоединить кабель к разъёму подключения источника питания и мультиметра.

Внимание! Соединения кабеля с разъёмами производить с соблюдением предусмотренной в них ориентации и без приложения чрезмерных усилий! В противном случае Вы можете повредить разъёмы.

- включить мультиметр и установить режим и диапазон измерений электрического напряжения постоянного тока согласно руководству по эксплуатации;
- установить требуемое напряжение питания и включить источник питания согласно руководству по эксплуатации;
- произвести многократные (не менее пяти раз) измерения выходного сигнала в отсутствие МП;
- занести первичные результаты измерений в табл. 1.8.

Т а б л и ц а 1.8

Первичные результаты измерений (в отсутствие МП)

Номер измерения $i=1...n$	Результат измерения U_{oi} , В	СКО $S_{U_{oi}}$, В
	\bar{U}_0 , В	$S_{\bar{U}_0}$, В -

5. Измерить МП от источника МП согласно карте измерений. В каждой точке производить не менее пяти измерений.

6. Занести первичные результаты в табл. 1.9.

Т а б л и ц а 1.9

Первичные результаты измерений в МП

№ п/п	Номер позиции по карте измерений, $j=1..m$	Результаты измерений в каждой позиции карты U_{ij} , $i=1..n$	Среднее значение \bar{U}_j , В	СКО $S_{\bar{U}_j}$, В

7. Отключить питание, выключить мультиметр, отсоединить измерительный кабель от щупа с датчиком. Убрать рабочее место. Сообщить об окончании измерений преподавателю. Сдать оборудование и приборы.

Обработка результатов исследований проводится каждым студентом самостоятельно при оформлении отчёта о лабораторной работе.

8. Обработать результаты в следующей последовательности:

8.1. Вычислить среднее арифметическое значение выходного напряжения датчика в отсутствие МП по формуле

$$\bar{U}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_{0i}.$$

8.2. Найти точечную оценку дисперсии U_{0i} по формуле

$$D[U_{0i}] = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (U_{0i} - \bar{U}_0)^2.$$

8.3. Найти оценку СКО U_{0i} по формуле $S_{U_{0i}} = K(n)\sqrt{D[U_{0i}]}$. Коэффициент исправления смещённости оценки СКО $K(n)$ принять равным 1,1.

8.4. Найти оценку СКО среднего значения \bar{U}_0 по формуле $S_{\bar{U}_0} = S_{U_{0i}} / \sqrt{n}$.

8.5. Найти интервальную оценку \bar{U}_0 при доверительной вероятности $P = 0,9$, используя неравенство Чебышева:

$$P \left\{ |U_0 - \bar{U}_0| \leq t S_{\bar{U}_0} \right\} \leq 1 - 1/t^2.$$

При заданной доверительной вероятности $P = 0,9$ $t^2 = 10$. Предел допускаемой погрешности измерений в данном случае равен $\Delta = t S_{\bar{U}_0}$. Результат записывается в виде $\bar{U}_0 \pm \Delta$.

8.6. Вычислить предел основной допускаемой погрешности измерения мультиметром $\Delta_{\text{пр}}$ по формуле табл. 1.7.

8.7. Вычислить СКО измерений мультиметром исходя из предположения о равномерном законе распределения результата измерений мультиметром, т.е. полагая, что СКО равно пределу основной допускаемой погрешности мультиметра (см. подп. 8.6), делённой на $\sqrt{3}$: $S_{\text{пр}} = \Delta_{\text{пр}} / \sqrt{3}$.

8.8. Сравнить результаты подп. 8.4 и 8.7. Выбрать наименее точный результат, если результаты различаются более чем в два раза. В противном случае продолжить вычисления.

8.9. Вычислить оценку суммарной СКО как среднегеометрическое СКО случайной составляющей измерений (см. подп. 8.4) и СКО мультиметра (см. подп. 8.7): $S_{\Sigma U_0} = \sqrt{S_{U_0}^2 + S_{\text{пр}}^2}$.

8.10 Вычислить интервальную оценку и предел суммарной допускаемой погрешности $\Delta_{\bar{U}_0}$ определения среднего значения выходного напряжения \bar{U}_0 аналогично подп. 8.5 при суммарной СКО по подп. 8.9: $\Delta_{\bar{U}_0} = t S_{\Sigma U_0}$.

8.11. По функции преобразования в табл. 1.4 вычислить значение выходного напряжения датчика $U_{0 \text{ датч.}}$ соответствующего нулевому уровню МП.

8.12. Сравнить значения \bar{U}_0 и $U_{0 \text{ датч.}}$. Если разница $\delta \bar{U}_0 = \bar{U}_0 - U_{0 \text{ датч.}} > \Delta_{\bar{U}_0}$, то $\delta \bar{U}_0$ рассматривается в дальнейшем в качестве поправки к результатам измерений в позициях картограммы.

8.13. Произвести вычисления, аналогичные подп. 8.1 ... 8.10, для измерений в каждой точке карты (картограммы) измерений при наличии МП источника, т.е. найти средние значения \bar{U}_j и пределы допускаемой погрешности $\Delta_{\bar{U}_j}$.

8.14. Для каждой позиции измерений j вычислить исправленное значение выходного напряжения, введя, при необходимости, поправку (подп. 8.12) по формуле $\bar{U}_j \text{ испр} = \bar{U}_j + \delta\bar{U}_0$. Предел допускаемой погрешности для исправленного значения выходного напряжения определен в подп. 8.13.

8.15. Вычислить значения магнитной индукции в точках картограммы измерений B_j по исправленным значениям выходного напряжения (подп. 8.14) и градуировочной зависимости использованного в измерениях датчика в составе измерительного щупа (табл. 1.5).

8.16. Вычислить составляющую погрешности магнитной индукции от нестабильности источника питания датчика, подставив в градуировочную зависимость датчика Холла из табл. 1.4 предельное отклонение напряжения питания датчика от среднего, указанное в табл. 1.5.

8.17. Вычислить погрешность определения магнитной индукции, подставив в градуировочную зависимость датчика Холла из табл. 1.4 предел допускаемой погрешности измеряемого выходного напряжения датчика (подп. 8.13). Свободный член градуировочной зависимости не учитывается.

8.18. Вычислить суммарную предельную допускаемую погрешность определения магнитной индукции Δ_{Bj} как геометрическую сумму составляющих, найденных в подп. 8.16 и 8.17.

8.19. Результаты вычислений занести в итоговую табл. 1.10.

Т а б л и ц а 1.10

Итоговая таблица исследований МП источника

Номер позиции по карте измерений	$\bar{U}_j \text{ испр}$	$\Delta\bar{U}_j$	B_j	Δ_{Bj}

8.20. Заполнить картограмму измерений, указав на ней направления \min и $\max \text{ grad}B$. Найти аппроксимирующие зависимости изменения индукции МП в этих направлениях. Сопоставить полученные значения с нормами воздействия МП на рабочем месте. Указать расстояния и направления от источника МП, при которых эти нормы не превышаются.

1.4. Оформление отчёта о ЛР

Отчёт о лабораторной работе должен быть оформлен при подготовке к защите по прилагаемой форме (см. приложение).

Отчёт о лабораторной работе должен быть напечатан на листах формата А4, шрифтом Times New Roman, 12 кб (в таблицах – 10 кб), одинарный межстрочный интервал, поля 2,5 см.

Контрольные вопросы

1. Какими величинами характеризуются постоянные и переменные магнитные поля?
2. Что является источником воздействия МП на рабочем месте и в быту?
3. Каков примерный уровень интенсивности МП от бытовой электрифицированной техники?
4. В каких НД и каким образом нормируется воздействие МП на человека?
5. ПДУ постоянных МП и ЭМП промышленной частоты.
6. Какие физические эффекты используются для измерения интенсивности МП?
7. Принцип действия и преимущества датчиков Холла.
8. Какова цель лабораторной работы?
9. Правила пользования составляющими измерительного устройства (блок питания, мультиметр).
10. Какой объект Вы выбрали в качестве источника МП и почему?
11. Что Вам известно об уровне МП от этого источника?
12. Какие и каким образом необходимо заполнить таблицы по результатам измерений и вычислений?
13. Подготовьте картограмму измерений выбранного объекта.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

БГТУ им. Д.Ф. Устинова

Лабораторный практикум по дисциплине «Надёжность и безопасность»

Лабораторная работа №1

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИСТОЧНИКА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Выполнил: студент гр. ____ Ф.И.О ____
Проверил: преподаватель ____ каф. ____
« ____ » _____ 200 ____ г.

ОТЧЁТ (форма)

1. Цель работы
2. Объект исследований
3. Применяемое оборудование и методика измерений (принцип работы, основные характеристики)
4. Первичные результаты измерений (табл. 1.8, 1.9)
5. Обработка и оформление результатов измерений (см. п. 8)
6. Выводы (уровень воздействий МП от выбранного источника, соответствие нормам допускаемых воздействий на рабочем месте, предложения по снижению уровня воздействий МП).

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРОПРИБОРОВ

Цель работы – ознакомиться с допустимыми нормами интенсивности МП промышленной частоты, методами и средствами измерения и приобрести навыки контроля интенсивности МП от электроприборов различного назначения.

Электроприборы, применяемые в повседневной жизни (на работе и в быту), являются не только источником опасности поражения электрическим током, но и источником электромагнитных излучений промышленной частоты, интенсивность которых может достигать значений, представляющих опасность для здоровья человека. Это, в первую очередь, относится к тем электроприборам, применение которых подразумевает непосредственный контакт с телом человека. Например, бытовые приборы повседневного пользования (электрофены, электробритвы, кофемолки и др.) и ручной электроинструмент (электродрели, отрезные и шлифовальные машинки и др.). Сведения об уровнях магнитных полей, создаваемых работающими электроприборами, приведены в подразд. 1.3 настоящего практикума.

2.1. Оборудование и приборы для выполнения ЛР

В лабораторной работе применяется миллитесламетр типа Ф 4356 (рис. 2.1), предназначенный для измерений среднего значения индукции переменных магнитных полей в воздушных зазорах электрооборудования. Основные характеристики прибора приведены в табл. 2.1.

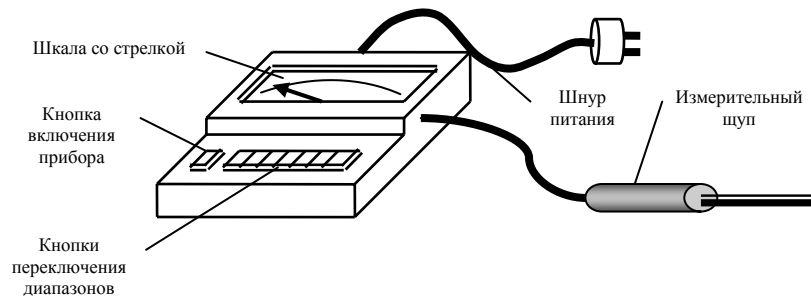


Рис. 2.1. Внешний вид прибора Ф 4356

Т а б л и ц а 2.1

Основные характеристики миллитесламетра

Характеристика	Значение
Пределы измерений, мТл	0,1/0,3/1/3/10/30/100
Основная приведённая погрешность прибора, %	±4 на пределах 1,3,10,30 и 100 мТл ±10 на пределах 0,1 и 0,3 мТл
Нормальная частота измеряемого МП	50 ... 1000 Гц на пределах 0,1 ... 3 мТл 50 Гц на пределах 10 ... 100 мТл
Рабочий частотный диапазон прибора	20 ... 20000 Гц на пределах 0,1 и 0,3 мТл
Время установления показаний, с	Не более 4
Питание прибора	От сети переменного тока напряжением 220 В ±10% 50±0,5 Гц
Потребляемая мощность, ВА	Не более 10
Габаритные размеры, мм	310×230×150
Масса, кг	4,5
Измерительный зонд	ГМРП-4 размерами 50×5X1 мм
Условия применения	Температура окружающего воздуха от 10 до 35°C Относительная влажность до 80 % при 25°C

2.2. Порядок выполнения ЛР

К выполнению лабораторной работы приступают только после собеседования и устного разрешения преподавателя!

Лабораторная работа, как правило, выполняется бригадой. Старший в бригаде получает под свою ответственность от преподавателя необходимые приборы и оборудование.

Лабораторная работа выполняется в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с устройством, расположением и назначением органов управления и контроля прибора Ф 4356.
2. Получить у преподавателя электроприборы для исследования интенсивности МП.
3. Изучить правила безопасности при работе с электроприборами.
4. Подготовить прибор к измерениям, для чего необходимо:

- подсоединить прибор к сети питания с помощью штепсельной вилки кабеля питания;
- установить максимальный диапазон измерений;
- включить прибор;
- проверить положение стрелки прибора относительно нулевого значения шкалы, при необходимости подрегулировать соответствующим винтом на панели прибора;
- установить минимальный диапазон измерений и проверить точность установки нулевого положения стрелки прибора, при необходимости подрегулировать;
- установить предел измерений, превышающий ожидаемое значение интенсивности исследуемого МП.

5. Провести исследования интенсивности МП электроприбора, для чего следует:

- включить электроприбор, соблюдая правила пользования и правила безопасности;
- поднести стержень измерительного щупа к электроприбору и снять отсчёт показаний прибора;
- измерения провести в нескольких положениях щупа относительно корпуса электроприбора;
- в каждом положении произвести не менее 10 отсчётов по шкале прибора;
- занести измеренное значение интенсивности МП Π_i в табл. 2.2;
- выключить электроприбор и отключить его от сети электропитания;
- последовательно повторить действия п. 5 с другими исследуемыми электроприборами.

Т а б л и ц а 2.2

Результаты измерений интенсивности МП электроприборов

№ п/п	Электроприбор	Положение точки измерения	Π_i $i=1...n$	$\Pi_{ср}$ мкТл	$D[\Pi_i]$	$S_{\Pi i}$	$S_{Пер}$	$S_{пр}$	$S_{сум}$	$\Delta_{сум}$ мкТл
1	Тип, марка, мощность									
2										

6. Обработать результаты измерений.

Обработка результатов исследований проводится каждым студентом самостоятельно при оформлении отчёта о лабораторной работе.

Последовательность обработки результатов:

- вычислить среднее арифметическое значение n измерений в каждом положении щупа $\Pi_{\text{ср}}$ по формуле

$$\Pi_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Pi_{\text{и}i} ;$$

- вычислить точечную оценку дисперсии i -го измерения $D[\Pi_{\text{и}i}]$ по формуле

$$D[\Pi_{\text{и}i}] = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Pi_{\text{и}i} - \Pi_{\text{ср}})^2 ;$$

- вычислить СКО i -го измерения $S_{\Pi_{\text{и}i}}$ по формуле $S_{\Pi_{\text{и}i}} = \sqrt{D[\Pi_{\text{и}i}]}$;

- вычислить СКО среднего $S_{\Pi_{\text{ср}}}$ по формуле $S_{\Pi_{\text{ср}}} = S_{\Pi_{\text{и}i}} / \sqrt{n}$;

- определить основную допускаемую погрешность прибора в применённом диапазоне измерений $\Delta_{\text{пр}}$;

- вычислить СКО прибора $S_{\text{пр}}$ в предположении равномерного распределения допускаемой погрешности по формуле $S_{\text{пр}} = \Delta_{\text{пр}} / \sqrt{3}$;

- вычислить суммарное СКО измерений $S_{\text{сум}}$ по формуле $S_{\text{сум}} = \sqrt{S_{\text{пр}}^2 + S_{\Pi_{\text{ср}}}^2}$;

- вычислить суммарную основную допускаемую погрешность измерения $\Delta_{\text{сум}}$ по формуле $\Delta_{\text{сум}} = t S_{\text{сум}}$;

- результаты вычислений занести в табл. 2.2.

7. Сопоставить полученные результаты с ПДУ МП промышленной частоты.

2.3. Оформление отчёта о ЛР

Отчёт о лабораторной работе должен быть оформлен при подготовке к защите по прилагаемой форме (см. приложение).

Отчёт о лабораторной работе должен быть напечатан на листах формата А4, шрифтом Times New Roman, 12 кг (в таблицах – 10 кг), одинарный межстрочный интервал, поля 2,5 см.

Контрольные вопросы

1. Какими величинами характеризуются переменные магнитные поля?
2. Какие электроприборы являются источником постоянного воздействия МП на человека?
3. Каков примерный уровень интенсивности МП от бытовой электрифицированной техники и электроинструмента?
4. В каких НД и каким образом нормируется воздействие МП на человека?
5. ПДУ постоянных ЭМП промышленной частоты.
6. Какие физические эффекты используются для измерения интенсивности МП?
7. Принцип действия миллитесламетра Ф 4356.
8. Какова цель лабораторной работы?
9. Правила пользования прибором Ф 4356.
10. Каково назначение и характеристики исследуемых электроприборов?
11. Что Вам известно об уровне МП от этих источников?
12. Какова последовательность обработки результатов измерений?
13. Какова форма представления результатов измерений?
14. Меры безопасности при работе с электроприборами.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

БГТУ им. Д.Ф. Устинова

Лабораторный практикум по дисциплине «Надёжность и безопасность»

Лабораторная работа №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРОПРИБОРОВ

Выполнил: студент гр. ___ Ф.И.О _____

Проверил: преподаватель _____ каф. ___

«___» _____ 200__ г.

ОТЧЁТ (форма)

1. Цель работы
2. Объекты исследований (тип, марка, основные характеристики, назначение)
3. Применяемое оборудование (принцип работы, основные характеристики)
4. Результаты измерений (табл. 2.2).
5. Обработка и оформление результатов измерений (п. 6).
6. Выводы (интенсивность МП выбранного электроприбора, соответствие ПДУ, предложения по снижению уровня воздействий МП)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМИ МОБИЛЬНОГО РАДИОТЕЛЕФОНА

Цель работы – ознакомиться с проблемой безопасности ЭМИ от различных источников, с нормами допускаемых воздействий ЭМИ мобильного телефона и приобрести практические навыки сравнительных измерений ЭМП телефонов разных марок.

3.1. Методы и средства исследования ЭМИ

Частоты излучения мобильных телефонов относятся к сверхвысокочастотным (по электромагнитной шкале) и, в зависимости от стандарта мобильной связи, находятся в интервале 450 ... 1900 МГц. ЭМИ характеризуется напряжённостью электрического поля, напряжённостью магнитного поля или магнитной индукцией. Для средств мобильной связи интенсивность ЭМП принято характеризовать плотностью потока энергии. Средства измерений параметров ЭМП представляют собой широкий класс приборов, принципы действия которых основаны на эффекте Холла, явлениях электромагнитной индукции, ядерного магнитного резонанса и тепловых эффектах.

В табл. 3.1 приведены характеристики распространённых приборов разных производителей для измерения характеристик ЭМП.

Для контроля ЭМП мобильного телефона служат измерители плотности потока энергии (ППЭ), в табл. 3.1 выделенные полужирным шрифтом.

Т а б л и ц а 3.1

Сравнительные характеристики измерителей высокочастотных ЭМИ

Марка	Диапазон частот			Пределы измерений			Количество антенн (зондов)	Основная погрешность, дБ
	Плотности потока энергии	Электрического поля	Магнитного поля	ППЭ	<i>E</i> , В/м	<i>H</i> , А/м		
ПЗ-15	-	10кГц... 300МГц	10кГц... 30МГц	-	1...3000	0,5...500	5	±3
ПЗ-16	-	10кГц... 300МГц	10кГц... 30МГц	-	1...1000	0,5...16	3	±3
ПЗ-17	-	10кГц... 300МГц	10кГц... 30МГц	-	1...3000	0,5...500	5	±3

Окончание табл. 3.1

Марка	Диапазон частот			Пределы измерений			Количество антенн (зондов)	Основная погрешность, дБ
	Плотности потока энергии	Электрического поля	Магнитного поля	ППЭ	E , В/м	H , А/м		
ПЗ-18, 18А	0,3... 40ГГц	-	-	1мкВт/см ² ... 10мВт/см ²	-	-	1	±2,0
ПЗ-19А	0,3... 40ГГц	-	-	1мкВт/см ² ... 100мВт/см ²	-	-	2	±2,0
ПЗ-21	-	10кГц... 300МГц	10кГц... 30МГц	-	1... 1000	0,5... 16	4	±3,0
ПЗ-23	38... 118ГГц	-	-	0,5мкВт/см ² ... 2мВт/см ²	-	-	2	±3,0
ПЗ-30	0,3... 40ГГц	-	-	0,26мкВт/см ² ... 100мВт/см ²	-	-	1	±3,2
ПЗ-31	0,3... 40ГГц	30кГц... 300МГц	10кГц... 30МГц	0,26мкВт/см ² ... 100мВт/см ²	2... 615	0,5...16	3(+2)	±2,7
ПЗ-40	30кГц... 40(60)ГГц	30кГц... 300МГц	-	0,26мкВт/см ² ... 1Вт/см ²	3... 615	-	3	±3,2
ПЗ-41	0,3... 40(60) ГГц	30кГц... 300МГц	30кГц... 50МГц	0,26мкВт/см ² ... 1Вт/см ²	0,5... 1500(2000)	0,05... 8(16)	5	±2,7
ПОЛЕ-3	0,3... 178ГГц	10кГц... 300МГц	10кГц... 30ГГц	10мкВт/см ² ... 10мВт/см ²	1... 1000	0,5... 16	3	
РАНАМ		200кГц... 40ГГц	10МГц... 1ГГц	2мкВт/см ² ... 200мВт/см ²			1	±(0,5-1,7)
EMR-200/300	100кГц... 60ГГц	100кГц... 60ГГц	3кГц... 1ГГц	0,01мкВт/см ² ... 265мВт/см ²	0,2... 1000	0,02... 16	12	±1

3.2. Оборудование и приборы для выполнения ЛР

Для измерений ЭМП мобильного телефона в лабораторной работе используется широкополосный измеритель плотности потока энергии (ППЭ) электромагнитного поля марки ПЗ-18 (производитель – завод РИАП).

Основные элементы измерителя ППЭ:

- антенна-преобразователь (АП-ППЭ-1);
- индикатор ЯБП-110;
- сетевой (встроенный) и аккумуляторный блоки питания.

Работа измерителя основана на приёме и преобразовании СВЧ-сигнала в напряжение постоянного или квазипостоянного тока антенной-преобразователем (АП) и отсчёта значения напряжения постоянного тока цифровым индикатором в децибелах (дБ).

АП выполнена в виде системы последовательно соединённых тонкоплёночных термопар (многоспайная термопара), размещённых радиально на конической поверхности. Такое расположение термопар обеспечивает изотропность диаграммы направленности измерителя ППЭ. При помещении АП в ЭМП между приближенными к источнику и удалёнными от него спаями возникает разница температур из-за различной плотности поглощённой энергии. Суммарная термоЭДС усиливается линейным усилителем постоянного тока, находящимся в ручке АП, и передаётся на вход индикатора ЯБП-110. Инерционность системы термопар требует выдержки АП при постоянной температуре длительностью не менее 30 мин. В индикаторе сигнал преобразуется по логарифмическому закону (логарифмический усилитель) и в цифровой форме (после АЦП) отображается на табло индикатора в децибелах относительно нижнего предела измерений АП.

Абсолютное значение плотности поглощённой энергии P определяется по формуле

$$\lg(P/P_0) = (A_{\text{и}} - K_f + K_{\text{да}})/10,$$

где $P_0 = 1 \text{ мкВт/см}^2$; $A_{\text{и}}$ – показание индикатора, дБ; K_f – поправочный коэффициент, обусловленный частотной зависимостью коэффициента преобразования АП, определяемый как логарифм отношения действительного коэффициента преобразования $K_{\text{пр}}$ к опорному значению K_0 : $K_f = 10\lg(K_{\text{пр}}/K_0)$ дБ. Для АП-ППЭ-1 $K_0 = 1 \text{ мВ/мкВтсм}^{-2}$; $K_{\text{да}}$ – коэффициент ослабления сигнала на

входе индикатора Я6П-110, который в зависимости от положения переключателя «род работы» равен 0 (0 ◀) или 10 дБ (10dB ◀).

В индикаторе аналоговый сигнал термомпар преобразуется по схеме: фильтр нижних частот – логарифмический усилитель – АЦП – счётчик электрической величины – табло индикатора. Питание индикатора осуществляется двумя стабилизированными источниками постоянного напряжения 7,2 В и 12 В с номинальным током нагрузки 0,2 и 0,1 А.

Подготовка к работе измерителя ПЗ-18:

1. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации измерителя, расположением и назначением органов управления и контроля индикатора.

2. Разместить измеритель в месте, защищённом от воздействия ЭМП.

3. Подсоединить к индикатору Я6П-110 антенну-преобразователь АП-ППЭ-1.

4. Тумблер блока питания сетевого установить в положение «Питание».

5. Тумблер включения питания индикатора (на лицевой панели) установить в нижнее положение «0».

6. Подключить к сети питания 220 В штепсельную вилку измерителя.

7. Верхний левый тумблер режимов на лицевой панели установить в правое положение (значок ▶).

Подготовка к проведению измерений:

1. Тумблер включения питания на лицевой панели индикатора установить в верхнее положение. При этом на табло загорается одна запятая.

2. Выдержать включённым измеритель в течение 60 мин для стабилизации саморазогрева.

3. Верхний левый тумблер режимов на лицевой панели перевести в левое положение (значок со стрелкой).

4. Разместить антенну измерителя таким образом, чтобы она не оказалась в зоне действия измеряемого ЭМП для его калибровки (два следующих пункта).

5. Переключатель «Род работы» установить в положение «▼ 1» и регулировкой ручки «▼ 1» установить показание индикатора, соответствующее 23 дБ.

6. Переключатель «Род работы» перевести в положение «▼2» и плавной регулировкой ручки «▼2» установить показание индикатора в пределах 4 ... 8 дБ.

Повторить калибровку по пп. 5 и 6.

П р и м е ч а н и е. При нестабильности калибровки «▼2» в указанных выше пределах погрешность измерений (случайная составляющая) возрастает примерно на ±0,5 дБ.

7. Верхний левый тумблер режимов на лицевой панели перевести в правое положение (значок ►).

8. Переключатель «Род работы» перевести в положение 0 (0◄) или 10 дБ (10dB◄) в зависимости от предполагаемого уровня ППЭ. При неизвестном уровне ППЭ следует начать с положения тумблера 10 дБ.

9. Расположите антенну-измеритель в положение, перпендикулярное предполагаемому направлению ЭМП от исследуемого источника.

Теперь Вы готовы к проведению измерений!

Проведение измерений:

1. Перед внесением антенны в измеряемое ЭМП верхний левый тумблер режимов на лицевой панели индикатора перевести в левое положение (значок со стрелкой). При этом на табло индикатора появятся показания, соответствующие уровню измеряемого поля. Правильность работы индикатора контролировать установкой переключателя «Род работы» в положения 0 и 10 дБ. Разница показаний должна быть равна 10.

Нижний предел измерения определяют по формуле $P_{\text{н}} = 10^{-(K_f/10)} \text{ мкВт/см}^2$, а верхний $P_{\text{в}} = 10 / (K_{\text{зап}} \cdot 10^{(K_f/10)}) \text{ мВт/см}^2$.

Для антенны АП-ППЭ-1 $K_{\text{зап}} = 0,9 + 10,5 \exp(-1,565 \cdot 10^{(K_f/10)})$.

Значения K_f для антенны АП-ППЭ-1 приведены в табл. 3.2, а вычисленные значения $P_{\text{в}}$ – в табл. 3.3 и на рис. 3.1.

Т а б л и ц а 3.2

Значения K_f антенны АП-ППЭ-1 (№ 11078)

$f, \text{ ГГц}$	0,3	0,5	1,2	2,0	4,0	5,64	8,0	11,5	17,44	20,0	25,86	30,0	37,5
K_f	-2,5	-1,2	3,5	0,3	-1,1	-0,5	-1,7	-3,4	-4,7	-6,7	-6,6	-7,6	-8,0

Т а б л и ц а 3.3

Значения P_v в зависимости от K_f

K_f , дБ	-10	-9	-8	-7	-5,5	-4	-2	-1	0	3	5
P_v , мВт/см ²	10	8,5	6,8	5,7	4,6	4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3

Если при измерениях показания прибора превышают 30 дБ, необходимо перевести переключатель «Род работы» в положение «10 dB ◀».

Внимание! Превышение уровня измеряемого ЭМП значения верхнего предела измерений более чем в три раза может привести к повреждению антенны- преобразователя.

2. Произвести отсчёт показаний прибора при ориентации антенны на максимум показаний.

В диапазоне частот 0,3... 25,86 ГГц можно не производить ориентацию на максимум приема, но при этом следует иметь в виду, что величина погрешности измерения в этом случае может достигать $\pm 2,5$ дБ.

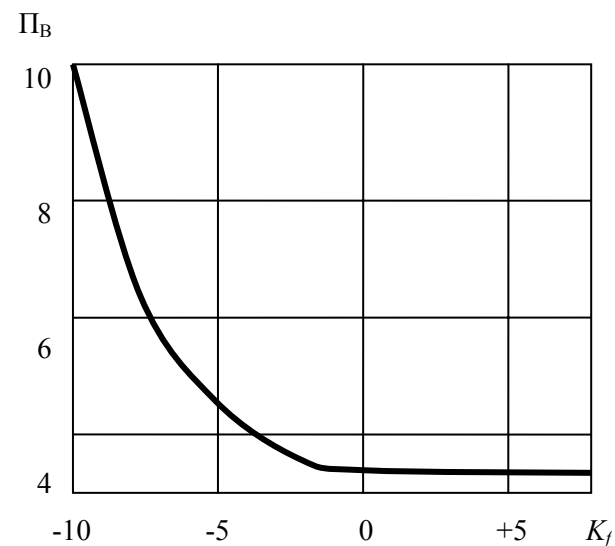


Рис. 3.1. Зависимость P_v от коэффициента K_f для антенны АП-ППЭ-1

Фактические значения составляющих погрешности измерителя (данные из формуляра прибора) приведены в табл. 3.4.

Т а б л и ц а 3.4

Составляющие погрешности измерения ППЭ

Составляющая погрешности	Коэффициента преобразования антенны	Индикатора Я6П - 110	От поворота оси антенны в линейно ориентированном поле	От изменения ориентации антенны на $\pm 90^0$
Значение, дБ	$\pm 0,5$	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$	$\pm 1,8$

3. Определить показания прибора A_n , дБ, с учетом поправочных коэффициентов:

$$A_n = A_n - K_f + K_{да},$$

где A_n – показания индикатора, дБ; K_f – поправочный коэффициент частотной зависимости коэффициента преобразования антенны; $K_{да}$ – коэффициент ослабления сигнала на входе индикатора, равный 0 дБ в положении переключателя «Род работы» «0 ◀» или 10 дБ – в положении «10дБ ◀».

4. Определить абсолютное значение ППЭ по формуле $P = 10^{A_n/10}$ мкВт/см².

Окончание измерений:

1. Удалить антенну из зоны действия измеряемого ЭМП.
2. Верхний левый тумблер режимов на лицевой панели перевести в правое положение (значок ▶).
3. Включить питание индикатора Я6П-110, для чего тумблер включения питания индикатора (на лицевой панели) установить в нижнее положение «0».
4. Отсоединить штепсельную вилку индикатора от сети электропитания.

Внимание! Запрещается выдёргивать вилку за шнур питания!

5. Отсоединить антенну от индикатора, для чего выкрутить гайку крепления разъёма и аккуратно отсоединить его кабельную часть от приборной части.

6. Сдать прибор преподавателю.

Источниками ЭМП в настоящей лабораторной работе служат мобильные телефоны разных марок.

К выполнению лабораторной работы приступают только после собеседования и устного разрешения преподавателя!

Лабораторная работа, как правило, выполняется бригадой. Старший в бригаде получает под свою ответственность от преподавателя необходимые материалы и оборудование.

3.3. Порядок выполнения ЛР

До начала выполнения лабораторной работы студент должен изучить подразд. 1.6 и 1.7 настоящего пособия и подразд. 3.2 лабораторной работы. Подготовленность к выполнению лабораторной работы определяется преподавателем по ответам на контрольные вопросы.

Лабораторная работа выполняется в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с устройством и инструкцией по эксплуатации прибора ПЗ-18.
2. Выбрать объекты для сравнительных измерений ППЭ.
3. Составить план измерений, определив направление и расстояние от источника до антенны преобразователя ПЗ-18 (не менее двух точек измерений).
4. Подготовить прибор ПЗ-18 к измерениям согласно инструкции по эксплуатации или подразд. 3.2 лабораторной работы.
5. Произвести измерения в отсутствие исследуемого источника не менее пяти раз. Результаты измерений $A_{ноij}$ занести в табл. 3.5.

П р и м е ч а н и е. Если уровень ЭМП в помещении, где проводится лабораторная работа, меньше предела чувствительности антенны-преобразователя (примерно 1 мкВт/см^2), то показания на табло индикатора будут нулевыми: «00,0».

6. Поместить поочерёдно в позицию измерений выбранные источники ЭМИ и произвести измерения $A_{инij}$ (не менее пяти измерений в каждой точке) последовательно в режиме ожидания, приёма и передачи сигнала. Результаты занести в табл. 3.5.

Т а б л и ц а 3.5

Результаты измерений интенсивности ЭМИ

Номер точки измерений j	$A_{и}$, дБ						$\Delta A_{иj}$, дБ
	$A_{иоij}$	$A_{иоj\text{ ср}}$	$S_{Aиоj\text{ ср}}$	$A_{ииij}$	$A_{ииj\text{ ср}}$	$S_{Aииj\text{ ср}}$	$A_{ииj\text{ ср}} - A_{иоj\text{ ср}}$
Источник							
Режим							
Источник							
Режим							

7. По окончании измерений выключить прибор согласно инструкции по эксплуатации. Убрать рабочее место. Сообщить об окончании измерений преподавателю. Сдать оборудование и приборы.

При оформлении отчёта о лабораторной работе обработка результатов исследований проводится каждым студентом самостоятельно.

8. Вычислить средние значения показаний в каждой j -й точке измерений $A_{иоj\text{ ср}}$ и $A_{ииj\text{ ср}}$. Результаты занести в табл. 3.5.

9. Вычислить СКО среднего для каждой точки измерений по формуле

$$S_{A_{и\text{ ср}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_{иi} - A_{и\text{ ср}})^2}{n(n-1)}}, \text{ дБ.}$$

10. Интенсивность излучения от источника для каждой точки измерений вычислить как разницу показаний $\Delta A_{иj\text{ ср}} = (A_{ииj\text{ ср}} - A_{иоj\text{ ср}})$ дБ (при наличии измеряемого фона в помещении).

11. Полагая, что в измерениях без и с источником коэффициент K_f одинаков, вычислить показания прибора $\Delta A_{иj}$, характеризующие ЭМП источника, как разницу $\Delta A_{иj} \approx \Delta A_{иj\text{ ср}}$ (если в изме-

рениях без и с источником не переключался тумблер «Род работы»). При нулевом фоне в помещении $\Delta A_{пj}$ следует вычислять с учётом коэффициента K_f для измеряемой частоты ЭМП.

П р и м е ч а н и е. Для сравнения ППЭ мобильных телефонов в лабораторной работе можно условно принять частоту ЭМП соответствующей стандартной частоте данной системы сотовой связи (конкретного оператора).

12. Вычислить абсолютное значение ППЭ источника по формуле $P_{истj} = 10^{\Delta A_{пj}/10}$, мкВт/см².

13. Вычислить суммарное СКО показания прибора (п. 11) как геометрическую сумму составляющих: СКО среднего измерений без источника (если показания не равны нулю), СКО среднего измерений с источником (табл. 3.5), СКО погрешности коэффициента преобразования антенны и СКО индикатора ЯБП-110 (данные из табл. 3.4, уменьшенные в $3^{1/2}$ раза).

14. Перевести СКО из дБ в мкВт/см².

15. Занести в табл. 3.6 результаты определения значений ППЭ (п. 12) и погрешности (п. 14).

Т а б л и ц а 3.6

Точка измерений, $j=1...m$	$P_{истj}$, мкВт/см ²	СКО $P_{истj}$, мкВт/см ²
Источник		
Режим		

3.4. Оформление отчёта о ЛР

Отчёт о лабораторной работе должен быть оформлен при подготовке к защите по прилагаемой форме (см. приложение).

Отчёт о лабораторной работе должен быть напечатан на листах формата А4, шрифтом Times New Roman, 12 кг (в таблицах – 10 кг), одинарный межстрочный интервал, поля 2,5 см.

Контрольные вопросы

1. В каком диапазоне частот работают средства мобильной связи?
2. Каким образом нормируется ЭМИ мобильных телефонов?
3. Какими методами и средствами определяется плотность потока ЭМИ?
4. Какой НД регламентирует и что собой представляет метод оценки удельной поглощённой энергии ЭМП мобильного телефона?
5. Какими средствами производятся измерения ЭМП в лабораторной работе?
6. Каково устройство и характеристики прибора ПЗ-18?
7. Какова последовательность измерений в лабораторной работе?
8. Выбрали ли Вы источники ЭМИ для сравнительных измерений?
9. В каких пространственных точках Вы будете проводить измерения?
10. Как Вы будете вычислять погрешности измерений?

ПРИЛОЖЕНИЕ

БГТУ им. Д.Ф. Устинова

Лабораторный практикум по дисциплине «Надёжность и безопасность»

Лабораторная работа №3

Исследование ЭМИ мобильного радиотелефона

Выполнил: студент гр. ___ Ф.И.О. _____
Проверил: преподаватель _____ каф. ___
« ___ » _____ 200__ г.

ОТЧЁТ (форма)

1. Цель работы
2. Объект исследований
3. Применяемое оборудование и методика измерений (принцип работы, основные характеристики)
4. Первичные результаты измерений (табл. 3.5, 3.6)
5. Обработка и оформление результатов измерений (пп. 7, 8)
6. Выводы (сравнение ЭМП мобильных телефонов различных марок)

КОНТРОЛЬ ПОЛЯ ЭМИ БЫТОВОЙ МИКРОВОЛНОВОЙ ПЕЧИ

Цель работы – ознакомиться с проблемой безопасности ЭМИ бытовой техники, с нормами допускаемых воздействий и приобрести практические навыки контроля ЭМП микроволновой печи.

4.1. Нормирование ЭМИ бытовой техники

Самый мощный источник излучений в СВЧ-диапазоне в бытовых условиях – микроволновые печи. Нормирование уровней ЭМИ в этом диапазоне частот описано в подразд. 1.7 настоящего практикума. Нормирование уровней ЭМИ, вводимое российскими НД, главным образом, ориентировано на описание рабочих мест по условиям труда. Условия труда классифицируются как допустимые, если уровень ЭМП на рабочем месте ниже или равен ПДУ, в остальных случаях – это вредные условия труда (разной степени), а при уровне ЭМП выше чем 50 ПДУ – опасные. Для населения при условии постоянного облучения ПДУ облучения от радиотехнических объектов в диапазоне частот 300 МГц ... 300 ГГц равен 10 мкВт/см^2 .

При контроле уровня ЭМП микроволновой печи на расстоянии 50 см от ее поверхности ППЭ не должна превышать 10 мкВт/см^2 .

4.2. Оборудование и приборы для выполнения ЛР

В лабораторной работе используется измеритель плотности потока энергии ПЗ-18, описание которого, порядок подготовки к измерениям и проведения измерений изложены в подразд. 3.2 лабораторной работы №3.

К выполнению лабораторной работы приступают только после собеседования и устного разрешения преподавателя!

Лабораторная работа, как правило, выполняется бригадой. Старший в бригаде получает под свою ответственность от преподавателя необходимые материалы и оборудование.

4.3. Порядок выполнения ЛР

До начала выполнения лабораторной работы студент должен изучить подразд. 1.6 и 1.7 настоящего практикума и подразд. 3.2 лабораторной работы №3. Подготовленность к выполнению лабораторной работы определяется преподавателем по ответам на контрольные вопросы.

Лабораторная работа выполняется в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с устройством и инструкцией по эксплуатации прибора ПЗ-18.
2. Подготовить прибор ПЗ-18 к измерениям согласно инструкции по эксплуатации или подразд. 3.2 лабораторной работы №3.
3. Произвести измерения ЭМИ в помещении в отсутствие источника излучения не менее пяти раз. Результаты измерений A_{0i} занести в табл. 4.1.

П р и м е ч а н и е. Если уровень ЭМП в помещении, где проводится лабораторная работа, меньше предела чувствительности антенны-преобразователя (примерно 1 мкВт/см^2), то показания на табло индикатора будут нулевыми «00,0».

4. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации микроволновой печи. Соблюдая инструкцию и требования техники безопасности при работе с электроприборами подключить печь к сети электропитания.

5. Составить карту измерений ЭМП в направлениях, нормальных к передней, боковым и верхней стенкам микроволновой печи не менее чем на двух расстояниях от поверхности (до 50 см).

6. Поместить поочередно в позиции измерений антенну прибора ПЗ-18 и произвести измерения A_{ij} (не менее 5 измерений в каждой точке). Результаты занести в табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4.1

Результаты измерений интенсивности ЭМИ микроволновой печи

Точка измерений $j=1 \dots m$	A_0 , дБ			A_i , дБ			P_j , мкВтсм^{-2}	СКО P_j , мкВтсм^{-2}
	A_{0i} $i=1 \dots n$	$A_0 \text{ ср}$	$S_{A0 \text{ ср}}$	A_{ij}	$A_{ij \text{ ср}}$	$S_{A_{ij \text{ ср}}}$		

7. По окончании измерений выключить микроволновую печь и прибор ПЗ-18 согласно инструкции по эксплуатации. Убрать рабочее место. Сообщить об окончании измерений преподавателю. Сдать оборудование и приборы.

При оформлении отчёта о лабораторной работе обработка результатов исследований проводится каждым студентом самостоятельно.

8. Вычислить средние значения показаний в каждой j -й точке измерений $A_{0\text{ ср}}$ и $A_{ij\text{ ср}}$. Результаты занести в табл. 4.1.

9. Вычислить СКО среднего для каждой точки измерений по формуле

$$S_{A_{i\text{ ср}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_{ii} - A_{i\text{ ср}})^2}{n(n-1)}}, \text{ дБ.}$$

10. Интенсивность излучения от источника для каждой точки измерений вычислить как разницу показаний $\Delta A_{ij\text{ ср}} = (A_{ij\text{ ср}} - A_{0\text{ ср}})$, дБ (при наличии измеряемого фона в помещении).

11. Полагая, что в измерениях без и с источником коэффициент K_f одинаков, вычислить показания прибора ΔA_{ij} , характеризующие ЭМП источника, как разницу $\Delta A_{ij} \approx \Delta A_{ij\text{ ср}}$ (если в измерениях без и с источником не переключался тумблер «Род работы»). При нулевом фоне в помещении ΔA_{ij} следует вычислять с учётом коэффициента K_f для измеряемой частоты ЭМП (табл. 3.2 лаб. раб. №3).

П р и м е ч а н и е. Рабочую частоту излучения микроволновой печи принять равной 2,5 ГГц.

12. Вычислить абсолютное значение ППЭ в точке измерения по формуле $\Pi_j = 10^{\Delta A_{ij}/10}$, мкВт/см².

13. Вычислить суммарное СКО показания прибора как геометрическую сумму составляющих: СКО среднего измерений без источника (если показания не равны нулю), СКО среднего измерений с источником (табл. 4.1), СКО погрешности коэффициента преобразования антенны и СКО индикатора Я6П-110 (данные из табл. 3.4 лаб. раб. №3, уменьшенные в $3^{1/2}$ раза).

П р и м е ч а н и е. При нестабильности калибровки прибора ПЗ-18 в сумму погрешностей следует включить составляющую нестабильности калибровки, равную $\pm 0,5$ дБ.

14. Перевести СКО из дБ в мкВт/см², как указано в лабораторной работе №3.

15. Занести в табл. 4.1 результаты определения значений ППЭ (P_j) и СКО_П.

4.4. Оформление отчёта о ЛР

Отчёт о лабораторной работе должен быть оформлен при подготовке к защите по прилагаемой форме (см. приложение).

Отчёт о лабораторной работе должен быть напечатан на листах формата А4, шрифтом Times New Roman, 12 кг (в таблицах – 10 кг), одинарный межстрочный интервал, поля 2,5 см.

Контрольные вопросы

1. Каков диапазон частот ЭМИ микроволновой печи?
2. Каким образом нормируется ЭМИ микроволновой печи?
3. Какими методами и средствами определяется плотность потока ЭМИ?
4. Какими средствами производится контроль ЭМП в лабораторной работе?
5. Каково устройство и характеристики прибора ПЗ-18?
6. Какова последовательность измерений в лабораторной работе?
7. В каких пространственных точках вы будете проводить измерения?
8. Как вы будете вычислять погрешности измерений?

ПРИЛОЖЕНИЕ

БГТУ им. Д.Ф. Устинова

Лабораторный практикум по дисциплине «Надёжность и безопасность»

Лабораторная работа №4

Контроль поля ЭМИ бытовой микроволновой печи

Выполнил: студент гр. __ Ф.И.О _____
Проверил: преподаватель _____ каф. __
«__» _____ 200__ г.

ОТЧЁТ (форма)

1. Цель работы
2. Объект исследований
3. Применяемое оборудование и методика измерений (принцип работы, основные характеристики)
4. Результаты измерений (табл. 4.1)
5. Обработка и оформление результатов измерений
6. Выводы (сопоставление измеренной интенсивности ЭМП с нормами)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМИ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

Цель работы – изучить характеристики электромагнитного поля, создаваемого персональным компьютером, ознакомиться с нормируемыми показателями электромагнитных воздействий и освоить методы контроля электромагнитных излучений.

5.1 Методы и средства измерений и контроля переменных электрических и магнитных полей

При проведении инструментального контроля интенсивности МП в целях санитарно-эпидемиологической оценки в качестве измеряемого и оцениваемого параметра следует применять либо плотность магнитного потока в теслах, либо напряженность не искаженного магнитного поля в ампер на метр (А/м) (условия свободного пространства).

За счет фазового сдвига токов магнитные поля являются вращающимися, эллиптически поляризованными, т.е. вектор напряженности магнитного поля в каждой точке изменяется в пространстве и во времени по закону эллипса, проходя через свое максимальное и минимальное значения. В соответствии с требованиями действующих НД, например, СанПиН 2.2.4.723-98 «Переменные магнитные поля промышленной частоты (50Гц) в производственных условиях», в качестве определяющего принимается действующее (среднеквадратическое) значение синусоиды, имеющей амплитуду, равную большей полуоси эллипса, описываемого вектором напряженности магнитного поля (плотности магнитного потока) в данной точке пространства (рис. 5.1).

Однако этот подход к оценке интенсивности магнитного поля не обеспечивает точности, повторяемости и воспроизводимости результатов измерений при проведении инструментального контроля. Поэтому следует определять действующие значения плотности магнитного потока или напряженности магнитного

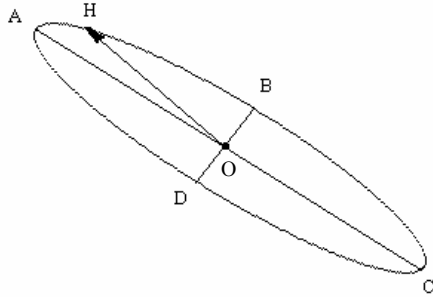


Рис. 5.1. Эллипс, описываемый вектором напряженности магнитного поля H в точке пространства O : AO и OC – большие полуоси, BO и OD – малые полуоси эллипса

поля по трем взаимно перпендикулярным осям (X, Y, Z) с последующим вычислением модуля вектора плотности магнитного потока или напряженности магнитного поля согласно выражениям:

$$\begin{aligned}
 B &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\pi} [B_x^2(t) + B_r^2(t) + B_z^2(t)] dt} = \\
 &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\pi} B_x^2(t) dt} + \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\pi} B_r^2(t) dt} + \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\pi} B_z^2(t) dt}, \\
 H &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\pi} [H_x^2(t) + H_r^2(t) + H_z^2(t)] dt} = \\
 &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\pi} H_x^2(t) dt} + \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\pi} H_r^2(t) dt} + \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\pi} H_z^2(t) dt}.
 \end{aligned}$$

Измерения энергетических параметров МП промышленной частоты включают прием и преобразование его энергии в электрический сигнал, предварительную обработку (усиление, фильтрация и т.д.) полученного сигнала, его преобразование в форму, удобную для индикации (детектирование).

Общая блок-схема средства инструментального контроля МП приведена на рис. 5.2.

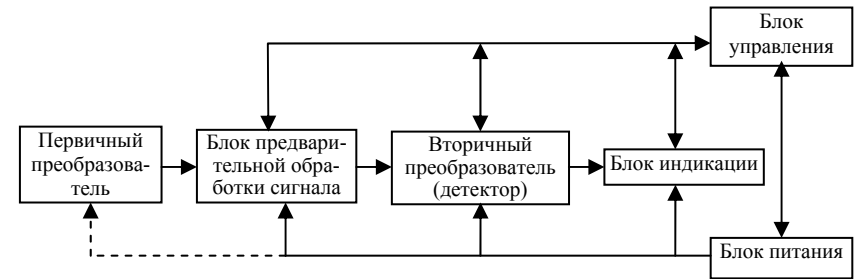


Рис. 5.2. Блок-схема средств инструментального контроля МП

Первичный преобразователь (антенна) в зависимости от типа прибора может быть изотропным (ненаправленным) или требующим ориентации в зависимости от поляризации поля. Следует отдавать предпочтение приборам с изотропными антеннами – преобразователями. В качестве первичного преобразователя для регистрации МП в основном используются рамочные антенны (магнитные диполи) и датчики Холла.

Предварительная обработка и детектирование сигнала, а также индикация могут осуществляться как в аналоговой, так и в цифровой форме.

Приборы для измерений интенсивности МП должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51070-97 «Измерители напряженности электрического и магнитного полей. Общие технические требования и методы испытаний». Основная допускаемая относительная погрешность измерений интенсивности МП не должна превышать $\pm 20\%$.

5.2. Оборудование для выполнения ЛР

В лабораторной работе используются измеритель магнитного поля ИМП-05 и измеритель электрического поля ИЭП-05.

5.2.1. Измеритель магнитного поля ИМП-05

Назначение и характеристики. Измеритель магнитного поля ИМП-05, используемый в лабораторной работе (далее прибор), предназначен для измерения среднеквадратического значения магнитной индукции (плотности магнитного потока) электромаг-

нитного поля и применяется для пространственного обследования интенсивности низкочастотных полей вблизи технических средств, контроля биологически опасных уровней низкочастотных излучений на рабочих местах персонала, обслуживающего электро- и радиотехнические системы и установки.

Прибор в пределах своих технических характеристик может использоваться для измерения магнитной индукции электромагнитного поля независимо от природы его возникновения.

Прибор измеряет модуль вектора магнитной индукции, определяемый как квадратный корень из суммы квадратов трех его ортогональных составляющих.

Основная относительная погрешность измерения магнитной индукции в нормальных климатических условиях:

- не более $\pm 20\%$ при измеряемых значениях свыше 150 и до 1990 нТл в полосе I и свыше 15 нТл в полосе II;
- не более $\pm 30\%$ при измеряемых значениях от 7 до 150 нТл в полосе I и от 7 до 15 нТл в полосе II.

Основная погрешность прибора соответствует ряду по ГОСТ Р 51070–97 и указана с учетом корректировочных кривых, приведенных в паспорте на прибор.

Принцип работы. Переменное магнитное поле от исследуемого объекта наводит в трех ортогонально расположенных катушках антенны переменные напряжения, пропорциональные трем ортогональным составляющим вектора магнитной индукции. В тракте обработки принятые сигналы усиливаются, поступают на полосовые фильтры, затем детектируются и суммируются. После преобразования результирующего сигнала вычисляется значение магнитной индукции, равное корню квадратному из суммы квадратов трех ее ортогональных составляющих. Вычисленное значение индицируется на жидкокристаллическом цифровом индикаторе, проградуированном в нанотеслах (нТл).

Конструкция. Измеритель магнитного поля ИМП-05 состоит из двух измерительных блоков, работающих в следующих диапазонах частот:

ИМП-05/1: диапазон частот 5 ... 2000 Гц, «Полоса I»
70 ... 1999 нТл.

ИМП-05/2: диапазон частот 2 ... 400кГц, «Полоса II»
7 ... 199 нТл.

Каждый из измерительных блоков имеет пластмассовый прямоугольный корпус с антенной, вынесенной за пределы корпуса. Антенна состоит из трех ортогонально расположенных катушек.

Электропитание блоков измерителя может осуществляться как от любых аккумуляторов или батарей напряжением 7,5 ... 9 В типа «Корунд», так и от внешнего источника постоянного тока. Для размещения батарей питания под задней крышкой корпуса каждого блока имеется соответствующий отсек, а для подключения внешнего источника – разъем на боковой стенке.

Органы управления и индикации. На лицевой стороне блоков прибора (рис. 5.3) расположены выключатель питания и цифровой жидкокристаллический индикатор (четырёхзначный для полосы I и трехзначный для полосы II).

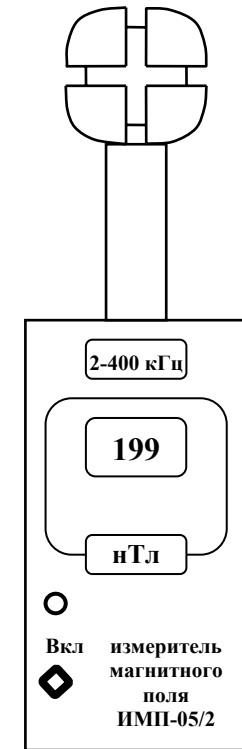


Рис. 5.3. Внешний вид блока прибора

5.2.2. Измеритель электрического поля ИЭП-05

Предназначен для измерения напряженности переменных электрических полей и применяется для пространственного обследования частотных полей, создаваемых техническими средствами. В качестве источников переменного электрического поля используются дипольная антенна и дисковый пробник.

Прибор с дисковым пробником служит для измерения напряженности переменных полей, создаваемых компьютерной техникой, в соответствии с ГОСТ Р 50949-01.

Прибор в пределах своих технических характеристик может применяться для измерения электрической составляющей электромагнитного поля независимо от природы его возникновения.

Основные технические характеристики

1. Диапазоны частот пропускания:

в полосе I: 5 ... 2000 Гц;

в полосе II: 2 ... 400 кГц.

2. Диапазоны измеряемых значений напряженности электрического поля:

- полоса I без делителя: 7 ... 199 В/м, с делителем: 70 ... 1990 В/м;

- полоса II без делителя: 0,7 ... 19,9 В/м, с делителем: 7 ... 199 В/м.

3. Основная относительная погрешность измерения напряженности электрического поля в нормальных климатических условиях:

без делителя:

- не более $\pm 20\%$ при значениях напряженности 15 ... 199 В/м в полосе I и 1,5 ... 19,9 В/м в полосе II;

- не более $\pm 30\%$ при значениях напряженности 7 ... 15 В/м в полосе I и 0,7 ... 1,5 В/м в полосе II;

с делителем: не более $\pm 20\%$ при значениях напряженности 150 ... 1990 В/м в полосе I и 15 ... 199 В/м в полосе II.

Основная погрешность прибора соответствует ряду по ГОСТ 51070-97 и указана с учетом корректировочных кривых, приведенных в паспорте на прибор.

4. Отклонение значения напряженности в калибровочных точках при калибровке с дисковым пробником по ГОСТ Р 50949-01 с использованием корректировочных кривых, приведенных в паспорте на прибор, не более $\pm 10\%$.

5. Ослабление сигналов на граничных частотах диапазонов измерения:

на частоте 5 Гц 3 дБ $\pm 1,5$ дБ;

на частотах 2 кГц и 400 кГц 3 дБ ± 1 дБ.

6. Прибор обеспечивает свои технические и метрологические характеристики после установления рабочего режима, равного 1 мин.

Принцип работы ИЭП-0,5 заключается в преобразовании энергии электромагнитного поля с помощью антенны в напряжение, пропорциональное напряженности этого поля и не зависящее от его частоты. В тракте обработки прибора принятый сигнал

усиливается и детектируется в пределах выбранной полосы анализируемых частот. Значение напряженности электрического поля после аналого-цифрового преобразователя детектированного сигнала индицируется на жидкокристаллическом индикаторе в В/м.

Конструкция. Измеритель электрического поля ИЭП-0,5 состоит из индикаторного блока, имеющего прямоугольный малогабаритный корпус, двух датчиков переменного электрического поля (дипольной антенны и дискового пробника) и делителя 1:10 (рис. 5.4).

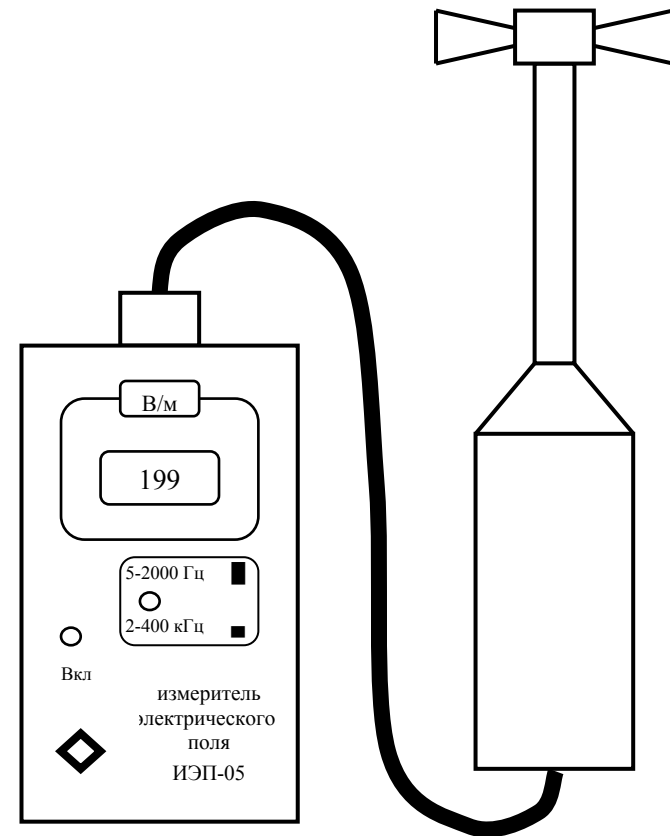


Рис. 5.4. Измеритель электрического поля с дипольной антенной

Соединение датчиков и делителя с индикаторным блоком – разъемное.

Провод заземления закреплен на дисковом пробнике и заканчивается разъемом типа «крокодил» для подключения заземления.

Электропитание прибора может осуществляться как от любых аккумуляторов или батарей (типа «Корунд») напряжением 8 ... 9 В, так и от внешнего сетевого источника постоянного тока. Батареи размещаются под задней крышкой индикаторного блока. Внешний источник питания подключается с помощью разъема на боковой стенке индикаторного блока.

Органы управления и индикации. На лицевой панели индикаторного блока (рис. 5.4) расположены:

- кнопочный переключатель диапазонов «5 ... 2000 Гц», «2 ... 400 кГц»;
- кнопка включения питания «Вкл»;
- цифровой трехразрядный индикатор для индикации величины напряженности переменного электрического поля.

5.3. Порядок выполнения ЛР

1. *Подготовка к измерениям.* Осмотреть помещение и выключить в нем все энергопотребители (включая ПК), вытащив их вилки питания из сетевых розеток. Если это не будет осложнять индикацию результатов измерений, выключить освещение в помещении. Отключить, по возможности, энергопотребители в смежных помещениях, а также не производить выключение и включение энергопотребителей в период выполнения измерений.

Подсоединить заземляющий проводник прибора ИЭП-05 к заземляющей клемме в помещении.

До начала работы с прибором необходимо ознакомиться с руководством по эксплуатации.

2. *Подготовка прибора ИМП-05 к работе.* Включить прибор ИМП-05. При этом должны загореться цифры на цифровом индикаторе. В случае если на индикаторе высвечиваются запятые, батарея питания разряжена и требует замены.

3. *Измерение фона магнитных и электрических полей.* Направить прибор ИМП-05/1 антенной на экран дисплея, последовательно измерить и записать в табл. 5.1 значения магнитного фона в точках, указанных на рис. 5.5.

Результаты измерений магнитного поля ПК

Значение плотности магнитного потока	Фоновое значение						При включенном ПК					
	Показания ИМП-05/1, нТл			Показания ИМП-05/2, нТл			Показания ИМП-05/1, нТл			Показания ИМП-05/2, нТл		
	сле-ва	центр	спра-ва	сле-ва	центр	спра-ва	сле-ва	центр	спра-ва	сле-ва	центр	спра-ва
Центр экрана по высоте												
На 30см ниже центра												

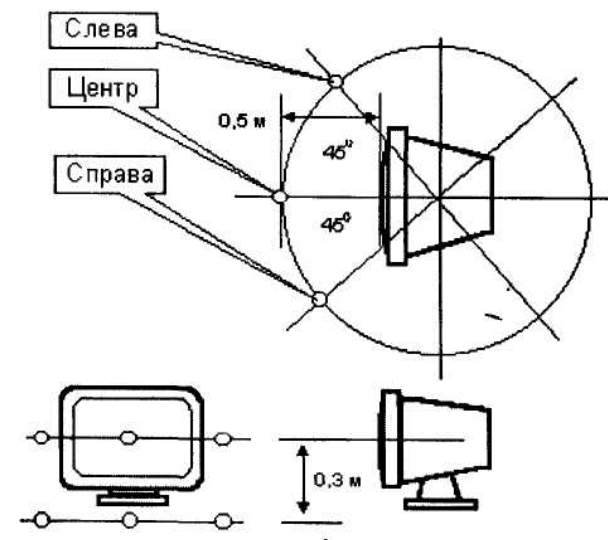


Рис. 5.5. Точки измерения магнитного поля монитора ПК

При измерениях учитывать, что время установления показаний прибора приблизительно равно 5с.

Направить прибор ИМП-05/2 антенной на экран дисплея, последовательно измерить и записать в табл. 5.1 значения магнитного фона в точках, указанных на рис. 5.5.

Направить заземленный прибор ИЭП-05 антенной на экран дисплея, последовательно измерить и записать в табл. 5.2 значения электрического фона в двух поддиапазонах частот в точках, указанных на рис. 5.6.

Т а б л и ц а 5.2

Результаты измерений электрического поля ПК

Значение напряженности электрического поля	При исходном положении вилки (вилок) питания в розетке						При положении вилки (вилок) питания в розетке, измененном на противоположное						
	Диапазон 5 Гц...2 кГц			Диапазон 2 кГц...400 кГц			Диапазон 5 Гц...2 кГц			Диапазон 2 кГц...400 кГц			
	сле-ва	центр	спра-ва	сле-ва	центр	спра-ва	сле-ва	центр	спра-ва	сле-ва	центр	спра-ва	
«М» на белом фоне													
«М» на черном фоне													

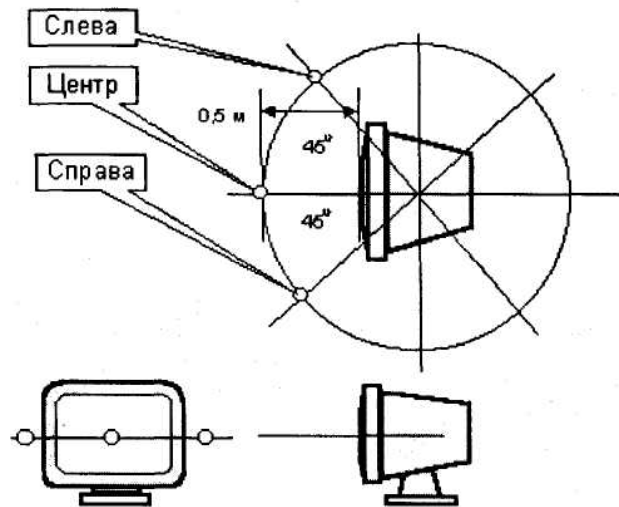


Рис. 5.6. Точки измерения электрического поля монитора ПК

4. *Измерение магнитных и электрических полей ПК.* Включить питание системного блока и дисплея обследуемого ПК. После вхождения ПК в рабочий режим (по окончании загрузки операционной системы) вставить в дисковод системного блока диск с тестовой программой и, запустив ее, вывести на экран дисплея обследуемой ПЭВМ тестовую картинку «Black M» (черная буква М на белом фоне).

Установить максимальную контрастность изображения на экране дисплея.

Направить прибор ИМП-05/1 антенной на экран дисплея, последовательно измерить и записать в табл. 5.1 значения магнитного поля в точках расположения антенны, указанных на рис. 5.5.

Направить прибор ИМП-05/2 антенной на экран дисплея, последовательно измерить и записать в табл. 5.1 значения магнитного поля в точках расположения антенны, указанных на рис. 5.5.

Направить прибор ИЭП-05 антенной на экран дисплея, измерить значение электрического поля в диапазоне частот 5 ... 2000 Гц. Если измеренное значение превышает допустимую норму, то необходимо проверить заземление обследуемого ПК. В случае его отсутствия указать на обязательность наличия заземления и прервать работу.

Перейти к выполнению следующих пунктов после выполнения работ по заземлению.

Направить прибор ИЭП-05 антенной на экран дисплея, последовательно измерить и записать в табл. 5.2 значения электрического поля в двух поддиапазонах частот в точках расположения антенны, указанных на рис. 5.6.

Изменить на экране дисплея тестовую картинку, установив (в соответствии с инструкцией по запуску программы) белую букву М на черном фоне.

Направить прибор ИЭП-05 антенной на экран дисплея, последовательно измерить и записать в табл. 5.2 значения электрического поля в двух поддиапазонах частот в точках расположения антенны, указанных на рис. 5.6.

Выключить компьютер в соответствии с требованиями установленного на нем программного обеспечения.

Изменить полярность включения в розетку вилки питания дисплея ПК либо вилки питания системного блока (если дисплей включается в сеть через системный блок).

Включить питание системного блока и дисплея обследуемой ПК. После вхождения ПК в рабочий режим (по окончании загрузки операционной системы) вставить в дисковод системного блока диск с тестовой программой и, запустив ее, вывести на экран дисплея обследуемой ПК тестовую картинку «Black M» (черная буква М на белом фоне).

Повторить измерения переменного электрического поля в двух поддиапазонах частот.

Извлечь из дисковода диск с тестовой программой и выключить компьютер в соответствии с требованиями установленного на нем программного обеспечения.

5.4. Оформление отчёта о ЛР

Отчёт о лабораторной работе должен быть оформлен при подготовке к защите по прилагаемой форме (см. приложение).

Отчёт о лабораторной работе должен быть напечатан на листах формата А4, шрифтом Times New Roman, 12 кг (в таблицах – 10 кг), одинарный межстрочный интервал, поля 2,5 см.

Контрольные вопросы

1. Какие технические устройства являются источниками ЭМИ?
2. В каких единицах измеряются интенсивности магнитных, электрических и электромагнитных полей?
3. Какими НД установлены требования к допускаемым воздействиям ЭМП на человека?
4. Как различаются ПДУ воздействий для работников и населения?
5. Каковы основные факторы неблагоприятного воздействия ПК на оператора?
6. Каковы ПДУ излучений ПК?
7. Каково назначение и принцип работы прибора ИМП-05?
8. Каково назначение и принцип работы прибора ИЭП-05?
9. Как измерить характеристики ЭМП с помощью этих приборов?

П Р И Л О Ж Е Н И Е

БГТУ им. Д.Ф. Устинова

Лабораторный практикум по дисциплине «Надёжность и безопасность»

Лабораторная работа №5

Исследование ЭМИ персонального компьютера

Выполнил: студент гр.____ Ф.И.О_____
Проверил: преподаватель _____ каф. ____
« ____ » _____ 200__ г.

ОТЧЁТ (форма)

1. Цель работы
2. Объект исследований
3. Применяемое оборудование и методика измерений (принцип работы, основные характеристики)
4. Результаты измерений (табл. 5.1, 5.2).
5. Обработка и оформление результатов измерений
6. Выводы (сопоставление измеренной интенсивности ЭМП с нормами)

КОНТРОЛЬ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ БЫТОВОГО ЭЛЕКТРОПРИБОРА

Цель работы – ознакомиться с требованиями электробезопасности, нормативными документами, изучить методы и приобрести практические навыки контроля соответствия требованиям электробезопасности бытовых электрических приборов.

6.1. Требования безопасности бытовых электрических приборов

Общие требования электробезопасности технических устройств изложены в разд. 2 «Электробезопасность». Требования к техническим характеристикам различных бытовых электроприборов, включая электробезопасность, содержатся в национальных стандартах РФ группы E75 по кодам КГС и группы 97.030 по кодам ОКС. основополагающим стандартом, содержащим требования к безопасности бытовых электроприборов, является ГОСТ Р МЭК 335–1–94. В других стандартах этой серии установлены дополнительные (частные) требования к приборам конкретных типов.

В межгосударственных и национальных стандартах РФ видов (общие) технические требования и технические условия на различные типы бытовых электромеханических и электронагревательных приборов в разделах, касающихся требований безопасности и методов испытаний, как правило, содержатся ссылки на ГОСТ Р МЭК 335–1–94.

Испытания проводят на соответствие требованиям ГОСТ Р МЭК 335–1–94 и стандартов МЭК, устанавливающих частные (дополнительные) требования к данному виду бытовой техники.

Если для выполнения лабораторной работы недостаточно материалов, изложенных в подразд. 2.4, то необходимо использовать оригинальный текст ГОСТ Р МЭК 335–1–94.

6.2. Оборудование и приборы для выполнения ЛР

В лабораторной работе используются:

- испытательный палец, испытательный стержень и испытательный щуп по ГОСТ Р МЭК 335-1-94;
- термометрический щуп по ГОСТ Р МЭК 335-2-6-86 или термомпара любой, приемлемой по рабочему диапазону, градуировки;
- схема электрического импеданса человека по ГОСТ Р МЭК 335-1-94;
- схемы для измерения токов утечки однофазных приборов по ГОСТ Р МЭК 335-1-94;
- мультиметры для измерения электрического напряжения и силы тока классом точности не ниже 2,5 и диапазоном измерений до 1000 В по напряжению и до 20 А по силе тока с поддиапазонами для измерения малых токов утечки (могут быть разные мультиметры или миллиамперметры);
- автотрансформатор типа АОСН-8-220-82, пределы регулирования от 5 до 240 В, максимальный ток нагрузки 8 А;
- универсальная пробойная установка типа УПУ-1 М, класс точности 2,5;
- микроамперметр типа М 907.

Объект испытаний – бытовой электронагревательный прибор: чайник, кипятильник, паяльник и др.

К выполнению лабораторной работы приступают только после собеседования и устного разрешения преподавателя!

Лабораторная работа, как правило, выполняется бригадой. Старший в бригаде получает под свою ответственность от преподавателя необходимые материалы и оборудование.

6.3. Порядок выполнения ЛР

До выполнения лабораторной работы студент должен изучить разд. 2 настоящего лабораторного практикума. Подготовленность к выполнению лабораторной работы определяется преподавателем по ответам на контрольные вопросы.

Лабораторная работа выполняется в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с требованиями по электробезопасности технических устройств (подразд. 2.3, 2.4 практикума).
2. Выбрать объект испытаний.
3. Разработать программу испытаний по форме прил. 1.
4. Выбрать необходимое для проведения испытаний оборудование, приборы и приспособления и ознакомиться с правилами пользования (техническое описание, инструкция и др.).
5. Провести испытания в соответствии с программой.
6. Завершить использование оборудования, приборов и приспособлений согласно правилам пользования и сдать преподавателю.
7. Оформить протокол испытаний согласно прил. 2. Протокол испытаний заполняется каждым студентом и заменяет собой отчёт о ЛР.

6.4. Оформление отчёта о ЛР

Отчётом по лабораторной работе являются протокол и программа испытаний (прил. 1 и 2).

Программа (одна на бригаду) и протокол (индивидуально) к лабораторной работе должны быть напечатаны на листах формата А4, шрифтом Times New Roman, 12 кб (в таблицах – 10 кб), одинарный межстрочный интервал, поля 2,5 см.

Контрольные вопросы

1. Что такое электробезопасность?
2. Какие последствия вызывает прохождение электрического тока через тело человека в зависимости от силы тока?
3. Какими документами в РФ устанавливаются показатели электробезопасности?
4. Каковы значения безопасного напряжения прикосновения при нормальной эксплуатации электроустановки в сети постоянного или переменного тока?
5. Каковы значения безопасного напряжения прикосновения при аварийном режиме работы бытовой электроустановки?
6. Какие классы защиты от поражения электрическим током установлены в ГОСТ Р МЭК 335-1-94?
7. Какие виды изоляции должны быть предусмотрены в приборах различного класса защиты?

8. Какими мерами и средствами обеспечивается электро-безопасность?
9. Опишите конструкции и назначение испытательного пальца, испытательного стержня и испытательного щупа?
10. Какие важные разделы с требованиями по электробезопасности содержатся в ГОСТ Р МЭК 335-1-94?
11. Опишите электрическую схему, воспроизводящую импеданс человека.
12. Как выглядят схемы измерения тока утечки для приборов класса II и остальных приборов?
13. Как составляется и из чего состоит программа испытаний на соответствие требованиям ГОСТ Р МЭК 335-1-94?
14. Какова цель настоящей лабораторной работы?
15. Составили ли Вы программу испытаний и какова она?
16. С чего следует начинать испытания электроприбора?
17. Как оформить результаты проведенных испытаний?

П Р И Л О Ж Е Н И Е 1

Программа испытаний № ____ от « ____ » _____ 200__ г.

1. Объект испытаний.

Этот раздел должен содержать краткие сведения об объекте испытаний, включающие: тип, марку, год выпуска, сведения об изготовителе (поставщике), назначение, класс по защите от поражения электрическим током, основные технические характеристики, идентификационные номера, если таковые имеются.

2. Основание для испытаний.

В этом разделе указывается, что явилось основанием для испытаний: заявка, указание руководства, учебный план и др.

3. Цель испытаний.

Цель испытаний – проверка на соответствие требованиям НД (указать).

4. Место проведения испытаний.

Учебная лаборатория кафедры Н2 БГТУ.

5. Техническое обеспечение испытаний.

Для проведения испытаний необходимо оборудование, приборы и приспособления, указанные в табл. П1.1.

Т а б л и ц а П1.1

Требуемое оборудование, приборы и приспособления

Наименование оборудования	Основные технические характеристики	Примечание
Испытательный стержень	По ГОСТ Р МЭК 335-1-94	Пример

6. Методическое и нормативное обеспечение испытаний.

При проведении испытаний необходимо руководствоваться: методическими рекомендациями к лабораторным работам; ГОСТ XXXX и другими НД (указать).

7. Последовательность испытаний.

Прежде, чем приступить к проведению испытаний, необходимо убедиться в наличии документации на объект испытаний (техническое описание и инструкция по эксплуатации, паспорт, аттестат и др.). Проверить комплектность объекта согласно техническому описанию.

Последовательность проведения испытаний составляется как указано в табл. П1.2.

Последовательность испытаний на соответствие требованиям НД (указать)

№п/п	Проверяемая характеристика	Номер пункта нормативного документа	
		Требование	Метод испытаний
1	Приводимые на приборе данные	7.1 ГОСТ Р МЭК 335-1-94	Осмотр 7.1 ГОСТ Р МЭК 335-1-94

П р и м е ч а н и е. Испытания на соответствие требованиям ГОСТ Р МЭК 335-1-94 проводят в последовательности, соответствующей нумерации разделов стандарта

8. Форма представления результатов испытаний.
Результаты испытаний представляют в форме протокола (см. прил. 2).

Программу составил (подпись, ФИО и дата):
Проверил и согласовал (подпись, ФИО и дата):

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
БАЛТИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Военмех» им. Д.Ф.Устинова
(БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова)
г. Санкт-Петербург, 190005,
1-я Красноармейская ул., д.1

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель учебной
лаборатории
_____ (ФИО)
« ____ » _____ 200_ г.

Учебная лаборатория сертификационных
испытаний
Факультет Н, кафедра Н2

ПРОТОКОЛ

От XX.XX.XXXX г. № XXX

испытаний бытового электроприбора на соответствие требованиям
электробезопасности по ГОСТ Р МЭК 335-1-94

1. Основание.
2. Сведения об объекте испытаний.
3. Дата получения образца на испытания.
4. Дата проведения испытаний.
5. Дата и номер программы испытаний (копия прилагается).
6. Сведения о применяемых методах испытаний (ссылки на НД или иные документы).
7. Технические средства испытаний (характеристики оборудования, приборов и приспособлений, в том числе: сроки поверки СИ, обозначение и акты ввода в эксплуатацию установок и стендов).
8. Последовательность и результаты испытаний заносятся в табл.П2.1.

Результаты испытаний

№п/п	Проверяемая характеристика	Номер пункта нормативного документа		Результат
		Требование	Метод испытаний	
1	Приводимые на приборе данные	7.1 ГОСТ Р МЭК 335-1-94	Осмотр 7.1 ГОСТ Р МЭК 335-1-94	Соответствует/ не соответствует

9. Допущенные отклонения от программы испытаний (если имеются, то указать причины и согласование отклонений с «заказчиком»).

10. Обнаруженные отказы или повреждения испытательного оборудования или средств измерений (если имеются, то указать, как это повлияло на результаты испытаний).

Испытания провели (ФИО, должность, подпись, дата):

ИСПЫТАНИЯ ИЗДЕЛИЯ НА ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ С ЦЕЛЬЮ СЕРТИФИКАЦИИ

Цель работы – приобретение практических навыков проведения сертификационных испытаний продукции на соответствие обязательным требованиям безопасности на конкретном примере.

7.1. Общие положения и схемы сертификации продукции в РФ

В сфере обязательного подтверждения соответствия сертификация основывается на обязательных для выполнения нормах, содержащихся в технических регламентах и устанавливающих минимально необходимые требования по безопасности. Принципами технического регулирования при проведении процедур обязательной оценки соответствия предусматривается обеспечение единства правил и методов исследований (испытаний) и измерений.

Подтверждение соответствия – документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров. Подтверждение соответствия в любой форме основывается на оценке соответствия.

Оценка соответствия – прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту. Оценка соответствия проводится в формах государственного контроля (надзора), аккредитации, испытания, регистрации, подтверждения соответствия, приемки и ввода в эксплуатацию объекта, строительство которого закончено, и в иной форме.

Подтверждение соответствия на территории Российской Федерации может носить добровольный или обязательный характер. Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации, обязательное – в формах принятия декларации о соответствии (декларирование соответствия) и обязательной сертификации.

В законе «О техническом регулировании» дано следующее определение сертификации:

Сертификация – форма осуществления органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Обязательное подтверждение соответствия проводится только в случаях, установленных соответствующим техническим регламентом, и исключительно на соответствие требованиям технического регламента. В области обязательной сертификации осуществляется государственный надзор и контроль.

Обязательную сертификацию выполняет орган по сертификации на основании договора с заявителем. Соответствие продукции требованиям технических регламентов подтверждается сертификатом соответствия, выдаваемым заявителю органом по сертификации и содержащим сведения, перечень которых предусмотрен в законе. Срок действия сертификата соответствия определяется соответствующим техническим регламентом.

В соответствии со ст. 23, часть 1 ФЗ «О техническом регулировании» объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, выпускаемая в обращение на территории РФ. Действующие в РФ схемы сертификации приведены в табл. 7.1.

Т а б л и ц а 7.1

Схемы сертификации

Обозначение схемы	Содержание схемы и её исполнители	Обозначение ранее действовавших схем сертификации
1с	ИЛ: Проводит испытания типового образца продукции. ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ: Выдает заявителю сертификат соответствия.	1
2с	ИЛ: Проводит испытания типового образца продукции. ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ: Проводит анализ состояния производства. Выдает заявителю сертификат соответствия.	1а
3с	ИЛ: Проводит испытания типового образца продукции. ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ: Выдает заявителю сертификат соответствия. Осуществляет инспекционный контроль за продукцией (испытания образцов)	2,3,4

Окончание табл. 7.1

Обозначение схемы	Содержание схемы и её исполнители	Обозначение ранее действовавших схем сертификации
4с	ИЛ: Проводит испытания типового образца продукции. ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ: Проводит анализ состояния производства. Выдает заявителю сертификат соответствия. Осуществляет инспекционный контроль за продукцией (испытания образцов и анализ производства)	2а,3а,4а
5с	ИЛ: Проводит испытания типового образца продукции. ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ: Проводит сертификацию СМК или производства. Выдает заявителю сертификат соответствия. Осуществляет инспекционный контроль за продукцией (контроль СМК, испытания образцов, взятых у изготовителя или продавца)	5
6с	ИЛ: Проводит испытания партии продукции. ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ: Выдает заявителю сертификат соответствия.	7
7с	ИЛ: Проводит испытания каждой единицы продукции. ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ: Выдает заявителю сертификат соответствия.	8

Схему сертификации выбирают с учетом суммарного риска от недостоверной оценки соответствия и ущерба от применения продукции. Кроме того, следует учитывать объективность оценки, обусловленной степенью независимости исполнителей (первая или третья сторона).

Исследования (испытания) и измерения продукции при осуществлении обязательной сертификации проводятся *аккредитованными испытательными лабораториями (центрами)*. В соответствии с Руководством ИСО/МЭК 2:2004 испытательная лаборатория – это лаборатория, проводящая испытания.

Аккредитованные испытательные лаборатории (центры) проводят исследования (испытания) и измерения продукции в пределах своей области аккредитации на условиях договоров с органа-

ми по сертификации. Органы по сертификации не вправе предоставлять аккредитованным испытательным лабораториям (центрам) сведения о заявителе.

Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) оформляет результаты исследований (испытаний) и измерений соответствующими протоколами, на основании которых орган по сертификации принимает решение о выдаче или об отказе в выдаче сертификата соответствия. Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) обязана обеспечить достоверность результатов исследований (испытаний) и измерений.

Продукция, соответствие которой требованиям технических регламентов подтверждено в порядке, предусмотренном настоящим ФЗ (ст. 27), маркируется знаком обращения на рынке. Изображение знака обращения на рынке устанавливается Правительством РФ. Данный знак не является специальным защищенным знаком и наносится в информационных целях.

7.2. Оборудование и приборы для выполнения ЛР

В лабораторной работе используют:

- испытательный палец по ГОСТ Р МЭК 335-1-94 (см. рис. 4);
- индикатор электрического напряжения в цепи электрического питания;
- автотрансформатор с пределами регулирования 5...240 В, максимальный ток нагрузки 8 А.
- универсальную пробойную установку типа УПУ-1 М, класс точности 2,5;
- микроамперметр;
- металлическую фольгу;
- мегомметр с диапазоном измерений до 10^9 Ом;
- секундомер ручной;
- вольтметр типа В7-27А/1.

7.3. Объект испытаний

Объект испытаний – паяльник электрический, состоящий из медного паяльного стержня 1 (рис. 7.1), один конец которого входит в полый нагревательный элемент 2, выполненный из одного

или двух слоев нихромовой проволоки со слюдяными изолирующими прокладками или керамикой. Нагревательный элемент с частью паяльного стержня заключен в разъемный стальной кожух 4, укрепленный на стальной трубке-держателе 5 с деревянной или пластмассовой ручкой 6. Для уменьшения потерь тепла излучением между кожухом и нагревательным элементом помещена тепловая изоляция 3.

Выводные проводники обмотки нагревательного элемента, изолированные от корпуса керамическими изоляторами 7, соединены в трубке с силовым кабелем 8, заканчивающимся штепсельной вилкой 9.

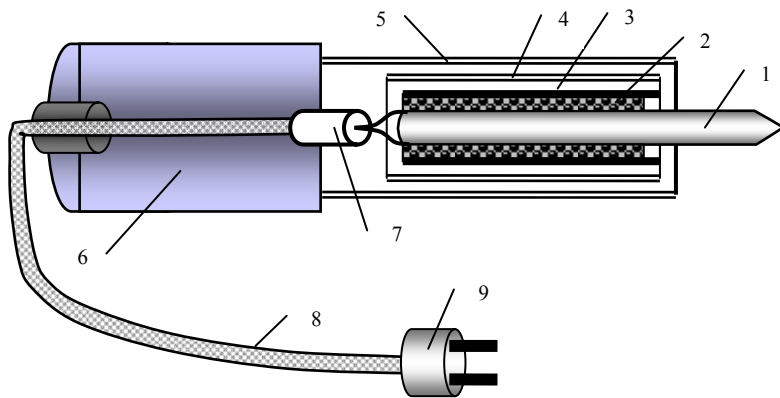


Рис. 7.1. Схема электропаяльника: 1 – стержень; 2 – нагревательный элемент; 3 – прокладка; 4 – кожух; 5 – трубка; 6 – ручка; 7 – изолятор; 8 – кабель; 9 – вилка

При монтаже радиоэлектронной аппаратуры применяют паяльники мощностью от 20 до 100 Вт с питанием от сети переменного тока напряжением от 12 до 220 В. По конструкции электрические паяльники бывают трёх типов: молотковые, торцевые и Г-образные.

В настоящей лабораторной работе испытаниям подвергается паяльник торцевого типа. Его испытания на электробезопасность проводят для проверки соответствия требованиям ГОСТ 27570.0-87. «Безопасность бытовых и аналогичных приборов. Общие требования и методы испытаний». Этот стандарт действует наряду с одноимённым ГОСТ Р МЭК 335-1-94. Допол-

нительные (частные) требования к различным типам бытовых приборов и методы их испытаний указаны в стандартах серии ГОСТ Р 52161.2-XX-2005 (МЭК 60335-2-XX-2002).

7.4. Программа и методика испытаний

Программа проверки паяльника на соответствие требованиям ГОСТ 27570.0-87 (МЭК 335-1-94) составляется в виде таблицы (табл. 7.2).

Т а б л и ц а 7.2

Программа испытаний электропаяльника на соответствие требованиям безопасности

№п/п	Проверяемая характеристика	Номер пункта нормативного документа		Примечание
		Требование	Метод испытаний	
1	Характеристика	п.Х ГОСТ XXX	п.Х ГОСТ XXX	

К защите лабораторной работы программа испытаний должна быть оформлена как указано в прил.1 к лаб. раб № 6.

7.5. Порядок проведения испытаний

Порядок проведения испытаний на соответствие требованиям ГОСТ Р МЭК 335-1-94 должен соответствовать последовательности, определяемой нумерацией разделов стандарта (п. 4.3). Ниже эта последовательность изложена с указанием номеров разделов стандарта.

Раздел 4. Общие условия испытаний.

4.7. Нормальные условия испытаний – рабочее помещение, отсутствие сквозняков, температура воздуха (20±5)°С.

4.8. Испытания проводят при наиболее неблагоприятных режимах и положениях прибора, предусмотренных условиями эксплуатации.

Раздел 7. Маркировка и инструкции.

7.1 – 7.6. На приборах (на основной части прибора) должны быть указаны следующие данные:

- номинальное напряжение или диапазон номинальных напряжений в вольтах;
- условное обозначение рода тока (DC/AC), если не указана номинальная частота;
- номинальная потребляемая мощность в ваттах или киловаттах или номинальный ток в амперах;
- наименование, торговая марка или товарный знак изготовителя или ответственного поставщика;
- наименование модели или тип;
- условное обозначение конструкции класса II (только для приборов этого класса);
- IPXX – число, соответствующее степени защиты от доступа воды;
- предупреждающие надписи;
- ясно различимые маркировки рабочих напряжений и положений переключателей.

Требования этого раздела проверяют осмотром.

Раздел 8. Защита от контакта с токоведущими частями.

8.1. Приборы должны быть сконструированы и закрыты так, чтобы была обеспечена достаточная защита от случайного контакта с токоведущими частями.

Соответствие проверяют осмотром и испытаниями при помощи испытательного пальца (рис. 4 настоящего практикума). Испытательный палец прикладывают без заметного усилия во всех возможных положениях. Через отверстия предварительно изогнутый испытательный палец вводят на возможную глубину и вращают его. Если палец не входит в отверстие, то усилие ввода увеличивают до 20 Н. Не допускается возможность прикасания испытательным пальцем к токоведущим частям, в том числе, защищенным только лаком, эмалью, обычной бумагой, хлопчатобумажной тканью, окисной пленкой, бусами или заливочной массой, кроме самозатвердевающей смолы.

8.2. Приборы класса II и конструкции класса II должны быть сконструированы и закрыты так, чтобы была обеспечена достаточная защита от случайного контакта с основной изоляцией и с металлическими частями, отделенными от токоведущих частей только основной изоляцией. Допускается прикасание только к частям, которые отделены от токоведущих частей двойной или усиленной изоляцией.

Соответствие требованию проверяют осмотром и испытательным пальцем.

Раздел 11. Нагрев.

11.1. Приборы и окружающая их среда при нормальной эксплуатации не должны достигать чрезмерных температур.

Соответствие требованию проверяют измерениями температуры различных частей прибора. Нагрев не должен превышать значений, указанных в табл. 3 стандарта.

11.3. Превышение температуры (кроме обмоток) измеряют проволочными термомпарами (диаметр электрода менее или равен 0,3 мм) или, как в ГОСТ Р МЭК 335-2-6-86, специальным термометрическим щупом (рис. 6 настоящего практикума). Нагрев измеряют при работе прибора, соответствующей нормальной эксплуатации. Температуру контролируют непрерывно (п. 11.8.).

Раздел 13. Ток утечки и электрическая прочность при рабочей температуре.

13.1. При рабочей температуре ток утечки прибора не должен быть чрезмерным, а его электрическая прочность должна быть достаточной.

Соответствие требованию проверяют испытанием в условиях нормальной эксплуатации.

13.2. Ток утечки измеряют с помощью цепи (рис. 7 настоящего практикума) между любым полюсом источника питания и доступными металлическими частями, соединенными с металлической фольгой площадью не более 20x10 см, контактирующей с доступными поверхностями изоляционного материала. Схема рис. 7 воспроизводит импеданс человека и составлена в соответствии с физиологической реакцией как функцией частоты. Ток утечки рассчитывают по показанию вольтметра, деленного на 500 Ом. Вольтметр должен обеспечивать измерения среднего квадратического значения напряжения при частотах в диапазоне от 0 до 1 МГц.

Ток утечки в рабочих условиях не должен превышать значений, указанных в табл. 21 (настоящего практикума).

Для паяльника токи утечки измеряют между:

- контактом вилки шнура питания и металлической фольгой, которой необходимо обернуть ручку паяльника;
- контактом вилки шнура питания и защитным корпусом;
- контактом вилки шнура и паяльным стержнем.

13.3. Электрическую изоляцию испытывают переменным напряжением частотой 50 или 60 Гц. Испытательное напряжение прикладывают между токоведущими частями и доступными частями, неметаллические части покрывают металлической фольгой. Для конструкций класса II, имеющих промежуточный металл между токоведущими и доступными частями, напряжение прикладывают вдоль основной и дополнительной изоляции. Значения испытательного напряжения приведены в табл. 22 (практикума). Испытания начинают с половинного значения испытательного напряжения. Изоляция должна выдерживать испытательное напряжение в течение одной минуты. Пробои не допускаются.

Паяльник должен быть прогрет, но отключён от сети питания!

Для выбранного объекта испытаний испытательное напряжение 1000 В, 50 Гц прикладывают в течение 1 мин между средней точкой потенциометра с общим сопротивлением не выше 2000 Ом, включенного параллельно выходной обмотке разделительного трансформатора, и рукояткой паяльника. В начале испытания подают не более половины испытательного напряжения, которое затем повышают до номинального значения.

Раздел 16. Ток утечки и электрическая прочность.

16.3. В табл. 5 этого раздела стандарта указаны значения испытательного напряжения для приборов разного класса и различных точек приложения напряжения. При испытаниях не должно быть пробоя. Ток утечки измеряют в течение 5 с после приложения испытательного напряжения (п. 16.1 стандарта).

Внимание! В целях обеспечения безопасности при выполнении лабораторной работы запрещается применять испытательное напряжение свыше 1000 В.

Раздел 22. Конструкция.

22.2. Для стационарных приборов средства подключения к сети должны обеспечивать гарантированное отключение всех полюсов от сети питания. Такое средство должно быть одним из следующих:

- шнур питания, оснащённый вилкой;
- выключатель по п. 24.3 стандарта и др.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

22.5. Приборы, предназначенные для подключения к сети питания с помощью вилки, должны быть сконструированы так, чтобы при нормальном использовании не возникло опасности поражения электрическим током от заряженных конденсаторов при прикосании к штырям вилки.

Соответствие требованию проверяют измерением напряжения между штырями вилки через 1 с после выключения прибора и отключения его от сети. Напряжение не должно превышать 34 В.

22.12. Рукоятки, кнопки, рычаги и т.п. должны быть надёжно закреплены так, чтобы они не ослаблялись при нормальной эксплуатации, если это может привести к опасности. Ручки и кнопки, используемые для указания положения выключателей, не могут случайно устанавливаться в неправильное положение.

Соответствие требованию проверяют осмотром и попыткой снять рукоятку, или ручку, или кнопку, приложив усилие до 30 Н.

22.20. Не допускается прямой контакт между токоведущими частями и термоизоляцией, если материал изоляции является коррозионным, гигроскопичным и воспламеняющимся.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

22.21. Дерево, х/б ткань, шелк, обычная бумага и аналогичные волокнистые и гигроскопичные материалы не должны использоваться в качестве изоляции без пропитки.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

22.22. Приборы не должны содержать асбест.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

22.36. В приборах, кроме приборов класса III, ручки, которые при нормальной эксплуатации непрерывно держат в руке, должны быть сконструированы так, чтобы при их захвате во время нормальной эксплуатации было маловероятным прикосание руки оператора к металлическим частям, которые не отделены от токоведущих частей двойной или усиленной изоляцией.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

Раздел 25. Присоединение к источнику питания и внешние гибкие шнуры.

25.1. Приборы, не предназначенные для постоянного соединения со стационарной проводкой, должны быть снабжены одним из средств присоединения к сети питания, например шнуром питания, оснащённым вилкой и др.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.2. Приборы, кроме стационарных с многоканальным питанием, не должны иметь более одного средства присоединения к сети питания.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.5. Способы крепления шнуров питания к прибору должны соответствовать одному из следующих типов: X, Y, Z.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.6. Штепсельные вилки не должны быть снабжены более чем одним гибким шнуром.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.8. Номинальное поперечное сечение жил шнуров питания не должно быть меньше значений, указанных в табл. 24 практикума.

Соответствие требованию проверяют измерением.

25.12. Изоляция шнура не должна повреждаться при опрессовке шнура к части корпуса.

Соответствие требованию проверяют осмотром.

25.13. Вводные отверстия должны быть снабжены такими входными втулками или должны быть сконструированы так, чтобы оболочка шнура питания могла быть введена без риска повреждения.

Соответствие требованию проверяют осмотром и испытанием вручную.

Раздел 29. Пути утечки тока, воздушные зазоры и расстояния по изоляции.

29.1. Пути утечки тока и воздушные зазоры не должны быть меньше значений, указанных в табл. 26 практикума. Более подробно см. п. 29.1 стандарта.

7.6. Оформление отчёта о ЛР

Отчёт должен содержать: цель работы, краткую характеристику объекта исследований, результаты исследований, включая такие параметры изделия, как температура жала паяльника, ток утечки и сопротивление изоляции при нормальной и рабочей температуре паяльника, наличие или отсутствие пробоя изоляции, а также выводы по работе. Отчёт о лабораторной работе оформляется каждым студентом индивидуально.

Форма отчёта приведена в прил. 1. К отчёту прилагают: программу испытаний (см. прил. 1 к лаб. раб. №6) одну на бригаду, протокол испытаний (см. прил. 2 к настоящей ЛР), заполняемый каждым студентом.

Отчёт о лабораторной работе должен быть напечатан на листах формата А4, шрифтом Times New Roman, 12 кт (в таблицах – 10 кт), одинарный межстрочный интервал, поля 2,5 см.

Контрольные вопросы

1. Какое место занимает сертификация в системе технического регулирования?
2. Каково назначение сертификационных испытаний и что может являться основанием для их проведения?
3. Какие испытания проводят в рамках обязательной сертификации?
4. В каких нормативных документах содержатся обязательные требования по безопасности продукции?
5. Какие документы должны быть разработаны при планировании и проведении сертификационных испытаний?
6. Обоснуйте выбор объекта испытаний.
7. К какой схеме сертификации относится Ваша лабораторная работа?
8. На соответствие требованиям какого НД будут проведены испытания выбранного Вами объекта?
9. Как составляется программа испытаний по лабораторной работе?
10. Как должен быть оформлен отчёт о лабораторной работе?

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

БГТУ им. Д.Ф. Устинова

Лабораторный практикум по дисциплине «Надёжность и безопасность»

Лабораторная работа №7

Испытания изделия на электробезопасность с целью сертификации

Выполнил: студент гр. ___ Ф.И.О. _____

Проверил: преподаватель _____ каф. ___

« ___ » _____ 200__ г.

ОТЧЁТ (форма)

1. Цель работы
2. Объект испытаний
3. Применяемое оборудование и методика измерений (принцип работы, основные характеристики)
4. Условия испытаний: напряжение питания, время нагрева, температура жала (рабочая)
5. Результаты испытаний: приведены в протоколе испытаний (прил. 2 к ЛР №7)
6. Выводы

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
БАЛТИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Военмех» им. Д.Ф.Устинова
(БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова)
г. Санкт-Петербург, 190005,
1-я Красноармейская ул., д.1

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель учебной
лаборатории
_____ (Ф.И.О.)
« ____ » _____ 200_ г.

Учебная лаборатория сертификационных
испытаний
Факультет Н, кафедра Н2

ПРОТОКОЛ

От XX.XX.XXXX г. № XXX

испытаний изделия на электробезопасность с целью сертификации

1. Основание.
2. Сведения об объекте испытаний.
3. Дата получения образца на испытания.
4. Дата проведения испытаний.
5. Дата и номер программы испытаний (копия прилагается).
6. Сведения о применяемых методах испытаний (ссылки на НД или иные документы).
7. Технические средства испытаний (характеристики оборудования, приборов и приспособлений, в том числе: сроки поверки СИ, обозначение и акты ввода в эксплуатацию установок и стендов).
8. Последовательность и результаты испытаний заносятся в таблицы П2.1 и П2.2.

Т а б л и ц а П2.1

Результаты контроля соответствия требованиям

№п/п	Проверяемая характеристика	Номер пункта нормативного документа		Результат
		Требование	Метод испытаний	
1	Характеристика	п.Х ГОСТ XXX	п.Х ГОСТ XXX	Соответствует или не соответствует

Т а б л и ц а П2.2

Результаты измерений

Номер изд.	Параметры воздушного напряжения	Сопротивление изоляции, МОм	Ток утечки, мА

9. Допущенные отклонения от программы испытаний (если имеются, то требуется указание причины и согласование отклонений с «заказчиком»).

10. Обнаруженные отказы или повреждения испытательного оборудования или средств измерений (если имеются, то указать, как это повлияло на результаты испытаний).

Испытания провели (ФИО, должность, подпись, дата):

Библиографический список

1. *Буторина, М.В.* Инженерная экология и экологический менеджмент: учеб. пос. / М.В. Буторина [и др.]; под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадына. М.: Логос, 2001. 528 с.
2. *Кобус, А.* Датчики Холла и магниторезисторы / А. Кобус, Я. Тушинский. М.: Энергия, 1971. 352 с.
3. *Афанасьев, Ю.В.* Средства измерений параметров магнитного поля / Ю.В. Афанасьев [и др.]. Л.: Энергия, 1979. 320 с.
4. *Федоров, В.К.* Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств / В.К. Федоров, Н.П. Сергеев, А.А. Кондрашин. М.: Техносфера, 2005. 504 с.
5. *Афанасьев, А.И.* Методы снижения электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц: справочное руководство / А.И. Афанасьев, И.И. Карпиков; ФГУП «НПП Циклон-Тест», 2001. 48с.
6. *Обеспечение* электромагнитной безопасности, устойчивости работы и электромагнитной совместимости компьютерной и офисной техники в реальных условиях ее эксплуатации: справочные и методические материалы / А.И. Афанасьев [и др.]; ФГУП «НПП Циклон-Тест», 2004. 56с.
7. ЭМП и здоровье www.pole.com.ru
8. *Грачев, Н.Н.* Защита человека от опасных излучений / Н.Н. Грачев, Л.О. Мырова. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 317с.

О Г Л А В Л Е Н И Е

1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ.....	4
1.1. Основные характеристики и классификация ЭМП.....	4
1.2. Естественные (природные) источники ЭМП.....	5
1.3. Источники ЭМП искусственного происхождения.....	6
1.4. Влияние ЭМП на человека.....	8
1.5. Персональный компьютер как источник переменного электромагнитного и электростатического полей.....	11
1.7. Нормирование ЭМИ.....	20
2. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.....	27
2.1. Источники электрической опасности для человека.....	27
2.2. Нормирование показателей электробезопасности.....	28
2.3. Общие требования к электробезопасности технических устройств.....	29
2.4. Наиболее важные требования безопасности приборов по ГОСТ Р МЭК 335-1-94.....	34
<i>Лабораторная работа №1. Исследование магнитного поля от источников на рабочем месте.....</i>	<i>53</i>
<i>Лабораторная работа № 2. Исследование интенсивности магнитного поля электроприборов.....</i>	<i>68</i>
<i>Лабораторная работа № 3. Исследование ЭМИ мобильного радиотелефона.....</i>	<i>74</i>
<i>Лабораторная работа № 4. Контроль поля ЭМИ бытовой микроволновой печи.....</i>	<i>86</i>
<i>Лабораторная работа №5. Исследование ЭМИ персонального компьютера.....</i>	<i>91</i>
<i>Лабораторная работа № 6. Контроль соответствия требованиям электробезопасности бытового электроприбора.....</i>	<i>104</i>
<i>Лабораторная работа №7. Испытания изделия на электробезопасность с целью сертификации.....</i>	<i>112</i>
<i>Библиографический список.....</i>	<i>127</i>

Электромагнитное излучение и электробезопасность

Составители: *Сулаберидзе Владимир Шалвович, Жаркой Михаил Филиппович, Язев Лев Михайлович, Росляков Валерий Иванович*

Редактор *Г.В. Никитина*

Корректор *Л.А. Петрова*

Подписано в печать 08.06.2007. Формат 60x84/16. Бумага документная.

Печать трафаретная. Усл. печ. л. 7,5. Тираж 200 экз. Заказ № 110

Балтийский государственный технический университет

Типография БГТУ

190005, С.-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д.1