

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Брянский государственный аграрный университет»

Безик В.А., Никитин А.М.

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Методические указания

для самостоятельной работы студентов направлений подготовки  
13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника (уровень магистратуры)  
13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата)

Брянская область  
2018

УДК 621.31  
ББК 31.2  
Б 39

Безик, В. А. **Электромагнитная совместимость и качество электрической энергии:** методические указания для самостоятельной работы студентов направлений 13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника, 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника / В. А. Безик, А. М. Никитин. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. – 26 с.

Методические указания содержат общие методические указания по выполнению самостоятельной работы, содержание работ, критерии оценки, вопросы для самопроверки. Предназначено для выполнения самостоятельной работы студентов направлений 13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника, 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника.

Рецензент: д.т.н. профессор кафедры Математики, физики и информатики Погоньшев В.А. (ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

*Рекомендовано к изданию решением методической комиссии института энергетики и природопользования Брянского ГАУ, протокол № 6 от 10.04.2018 года.*

© Брянский ГАУ, 2018  
© Безик В.А., 2018  
© Никитин А.М., 2018

## Содержание

1 Общие положения	4
2. Содержание самостоятельной работы	6
3. Перечень вопросов для самоподготовки	7
4.Критерии оценки знаний	8
5. Рекомендуемая литература	9
6 Тестовые задания для контроля знаний	10

## **1 Общие положения**

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов (далее – ВСРС ) – планируемая учебная, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Целью ВСРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

ВСРС способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Объем ВСРС определяется рабочими программами дисциплин.

ВСРС является обязательной для каждого студента.

### **В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

#### **Знать:**

- терминологию, определения, законы и ГОСТ в области электромагнитной совместимости;
- классификацию, характеристики, механизмы появления и каналы передачи электромагнитных помех;
- мероприятия и устройства защиты электроустановок от электромагнитных помех и магнитных полей;
- технические, схемные и организационные мероприятия для обеспечения ЭМС;
- нормы допустимых напряженностей электрических и магнитных полей для персонала и населения;
- методы и средства проектирования электромагнитных объектов;
- методы сертификации и испытаний элементов вторичных цепей объектов электроэнергетики.

**Уметь:**

- оценивать электромагнитную обстановку на энергетических и промышленных объектах;
- принимать конструкторские и технические решения для ограничения электромагнитных помех;
- производить выбор электрооборудования систем электроснабжения согласно требованиям электромагнитной совместимости и качества электрической энергии;
- применять методы улучшения электромагнитной совместимости электроэнергетических систем;
- разрабатывать мероприятия по электромагнитной безопасности.

**Владеть:**

- информацией о влиянии электромагнитных помех на работу оборудования и систем электроснабжения, а также на здоровье человека;
- выбирать и использовать необходимые средства измерений и контроля электромагнитной обстановки на энергетическом объекте;
- методами описания электромагнитных помех и анализа показателей качества электрической энергии;
- навыками составления практических рекомендаций по защите от электромагнитных воздействий.

## 2 Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Раздел дисциплины	Контролируемые дидактические единицы (темы, вопросы)
1	<b>Проблемы электромагнитной совместимости и электромагнитные помехи</b>	Проблемы электромагнитной совместимости Влияние электромагнитных полей на людей Проблемы электромагнитной совместимости и виды помех Источники и приемники помех. Защита от электромагнитного поля Источники и приемники электромагнитных помех Электромагнитная обстановка на предприятиях Параметры электромагнитного поля Электромагнитная обстановка на предприятиях
2	<b>Электромагнитная обстановка на объектах, качество электрической энергии</b>	Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики Параметры электромагнитного поля Каналы передачи электромагнитных помех и способы их ослабления Статическое электричество и защита от него Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики Устройства защиты от помех Каналы передачи электромагнитных помех и способы их ослабления
3	<b>Обеспечение электромагнитной совместимости. Нормативная и законодательная база</b>	Экранирование и фильтрация Расчет электромагнитных помех Расчет электромагнитных помех Показатели качества электроэнергии в системах электроснабжения Обеспечение электромагнитной совместимости в электроэнергетике Определение электромагнитной обстановки в электроэнергетике Методы расчета электромагнитных помех Виды испытаний и сертификации технических средств на помехоустойчивость. Нормативная и законодательная база в области ЭМС Виды испытаний и сертификации технических средств на помехоустойчивость Нормативная и законодательная база в области ЭМС
4	<b>Качество электрической энергии</b>	Качество электроэнергии в системах электроснабжения. /Лк/ Показатели качества электроэнергии. Связь между качеством электроэнергии и работой сетей и электрооборудования. /Лк/ Снижение потерь электроэнергии и её рациональное использование. /Пр/ Классификация мероприятий по снижению потерь электрической энергии. /Пр/

### 3 Перечень вопросов для самоподготовки

1. Проблемы электромагнитной совместимости
2. Влияние электромагнитных полей на людей
3. Проблемы электромагнитной совместимости и виды помех
4. Источники и приемники помех.
5. Защита от электромагнитного поля
6. Источники и приемники электромагнитных помех
7. Электромагнитная обстановка на предприятиях
8. Параметры электромагнитного поля
9. Электромагнитная обстановка на предприятиях
10. Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики
11. Параметры электромагнитного поля
12. Каналы передачи электромагнитных помех и способы их ослабления
13. Статическое электричество и защита от него
14. Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики
15. Устройства защиты от помех
16. Каналы передачи электромагнитных помех и способы их ослабления
17. Экранирование и фильтрация
18. Расчет электромагнитных помех
19. Расчет электромагнитных помех
20. Показатели качества электроэнергии в системах электроснабжения
21. Обеспечение электромагнитной совместимости в электроэнергетике
22. Определение электромагнитной обстановки в электроэнергетике
23. Методы расчета электромагнитных помех
24. Виды испытаний и сертификации технических средств на помехоустойчивость.
25. Нормативная и законодательная база в области ЭМС
26. Виды испытаний и сертификации технических средств на помехоустойчивость

#### *Темы рефератов:*

1. Влияние электромагнитных полей на людей
2. Источники и приемники помех.
3. Защита от электромагнитного поля
4. Источники и приемники электромагнитных помех
5. Электромагнитная обстановка на предприятиях
6. Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики
7. Каналы передачи электромагнитных помех и способы их ослабления
8. Статическое электричество и защита от него
9. Устройства защиты от помех
10. Каналы передачи электромагнитных помех и способы их ослабления
11. Экранирование и фильтрация
12. Показатели качества электроэнергии в системах электроснабжения

#### 4 Критерии оценки знаний

Оценка	Баллы	Требования к знаниям
«отлично»	15	- Студент свободно справляется с решением практических задач, причем не затрудняется с решением при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает на экзамене, умеет тесно увязывать теорию с практикой.
	14	- Студент свободно справляется с решением практических задач, причем не затрудняется с решением при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы.
	13	- Студент справляется с решением практических задач, причем не затрудняется с решением при видоизменении заданий, при этом при обосновании принятого решения могут встречаться незначительные неточности, твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы.
«хорошо»	12	- Студент справляется с решением практических задач, однако видоизменение заданий могут вызвать некоторое затруднение, правильно обосновывает принятое решение, твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы.
	11	- Студент справляется с решением практических задач, однако видоизменение заданий могут вызвать некоторое затруднение, при этом при обосновании принятого решения могут встречаться незначительные неточности, твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы.
	10	- Студент справляется с решением практических задач, однако видоизменение заданий могут вызвать некоторое затруднение, при этом при обосновании принятого решения могут встречаться незначительные неточности, в основном знает материал, при этом могут встречаться незначительные неточности в ответе на вопросы.
«удовлетворительно»	9	- Студент с трудом справляется с решением практических задач, теоретический материал при этом может грамотно изложить, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы.
	8	- Студент с большим трудом справляется с решением практических задач, теоретический материал при этом может грамотно изложить, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы.
	7	- Студент с большим трудом справляется с решением практических задач, теоретический материал при этом излагается с существенными неточностями.
«неудовлетворительно»	0	- Студент не знает, как решать практические задачи, несмотря на некоторое знание теоретического материала.



## 5 Рекомендуемая литература

1. Вагин Г.Я. Лоскутов А.Б., Севостьянов А.А. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. М.: ИЦ Академия, 2010. 224 с.
2. Дьяков А.Ф. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике. М.: ИД МЭИ, 2009. 455 с
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Минэнерго РФ. М.: ЗАО Энергосервис, 2003.
4. Шаров Ю.В. Управление качеством электроэнергии. М.: ИД МЭИ, 2006. 320 с.
5. Аполлонский С.М. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. СПб.: «Лань», 2012. 592 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=3188](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3188)
6. Правила устройства электроустановок. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.
7. Евминов Л.И., Токочакова Н.В. Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения: практическое пособие. Гомель: Учреждение образования «ГГТУ им. П.О. Сухого», 2002. 207 с.

## **6 Тестовые задания для контроля знаний**

### **1. К диапазону радиочастот относятся частоты лежащие в пределах...**

Диапазон радиочастот - от 9кГц до 3000ГГц

### **2. Источниками электромагнитных помех могут выступать ..**

Источниками электромагнитных воздействий - это технические средства, так и биологические объекты,

### **3. В электромагнитной совместимости к рецепторам относят ...**

рецепторы - техническое средство, обладающее способностью реагировать на сигналы (помехи) электромагнитной природы

### **4. Непреднамеренная электромагнитная помеха - это ...**

*непреднамеренные помехи* (НЭМП) представляют собой помехи, представляющие собой побочный результат работы технических средств.

### **5. Электромагнитная совместимость - это ...**

*«электромагнитная совместимость»* - это способность технических средств одновременно и совместно функционировать в реальных условиях эксплуатации при воздействии непреднамеренных помех и не допускать непреднамеренных электромагнитных помех другим средствам.

### **6. Радиочастотный ресурс - это ...**

Радиочастотный ресурс - совокупность возможностей размещения в пространстве, по частоте и во времени непересекающихся областей, соответствующих электромагнитным полям отдельных технических средств.

### **7. Радиочастотный ресурс является .....**

Радиочастотный ресурс является....

радиочастотный ресурс является ограниченным природным ресурсом, требующим экономного обращения.

### **8. Пересечение для разных средств областей "пространство" - "время" - "частота" информирует о....**

Пересечение областей информирует о наличии электромагнитного воздействия  $i$ -го средства-источника на  $j$ - $Q$  средство-рецептор.

### **9. Функциональная группа показателей радиотехнического средства Характеризует...**

Функциональная группа показателей радиотехнического средства характеризует....

Функциональная группа показателей радиотехнического средства характеризует качество выполняемых функций, показатели ЭМС, напротив, не имеют прямого отношения к выполнению основных функций, они определяют возмож-

ность создания непреднамеренных помех источниками и подверженность рецепторов действию помех.

#### **10. Показатели электромагнитной совместимости характеризуют**

- Возможность создания непреднамеренных помех и степень подверженности их действию со стороны др. тех средств

#### **11. К естественным помехам можно отнести**

- электромагнитная помеха, источником которой являются природные физические явления.

*Земные источники. (атмосферные помехи- грозовые разряды)*

*Собственное тепловое радиоизлучение земных покров и атмосферы.*

*Внеземные источники(излучения звезд, галактик)*

*ЭМП Солнца.*

*Вторичный космический шум (от других планет Солнечной системы).*

#### **12. Паразитное радиоизлучение –**

характерно, что его частота не кратна частоте основного радиоизлучения и субгармоник:  $f \pm mf_0$ ,  $m = 1, 2, 3, \dots, 1/2, 1/3 \dots$  Паразитные излучения могут иметь место на частотах как ниже, так и выше основной частоты.

#### **13. Внеполосное излучение – это вид помехи для которой справедливо**

- Излучение на частоте или на частотах, непосредственно примыкающих к необходимой ширине полосы частот, которое является результатом процесса модуляции, но не включает побочных излучений.

#### **14. Используемый параметр нежелательного радиоизлучения должен обладать**

- Должен быть информативным и отображать основные свойства помех должен допускать простое представление для включения в нормируемые показатели

должны быть удобны с точки зрения их контроля при непосредственном измерении

#### **15. К индустриальным помехам относятся**

Узкополосные помехи. Их возникновение связано с существованием в аппаратуре - источнике помех непрерывных периодических или почти периодических электрических процессов. Спектр колебаний сосредоточен в относительно узкой полосе частот  $A$ /по сравнению с ее средним значением.

Широкополосные помехи. Их возникновение связано с широкополосными непрерывными или импульсными процессами в аппаратуре источника помех.

Кратковременные помехи, представляющие собой одиночные импульсы или непериодические импульсные последовательности с большой скважностью.

Контактные помехи, проявляющиеся как расширение спектра излучения радиопередающих устройств, расположенных на объектах в процессе их движения;

Помехи, связанные с преобразованием механической энергии в электрическую.

**16. Для непрерывных помех характерны источники**

промышленные нагревательные установки, высокочастотные индукционные электрические печи, медицинское оборудование, в котором используются высокочастотные генераторы, и т.д. К ним же можно отнести гетеродины радиоприемников, генераторы накачки лазеров и другие подобные устройства.

**17. Для контактных помех характерно**

Характерным для них является то, что они присутствуют только при движении объекта

**18. Для ШП помех справедливо то, что они являются**

периодической или хаотической последовательности импульсов. Характеристики данных помех определяются формой и частотой повторения импульсов, частотный спектр их бывает довольно широким, так как энергия таких помех распределена в широкой полосе частот. Форма импульсов данных помех, их длительность и частота повторения, как правило, различны и случайны. Рассмотрим наиболее характерные из них.

**19. К широкополосным помехам относятся**

- шум, создаваемый в сети питания аппаратуры при работе импульсного блока питания;
- молниевые импульсы;
- импульсы, создаваемые при коммутационных операциях;
- ЭСР.

Системы зажигания (запуска) , линии передачи электроэнергии , дуговые свар. Аппараты , газоразрядные источники света , контактная цепь (часто изменяются токи из-за разрывов контактов) (прим электротранспорт) , помехи электродвигателей , вторичные источники электропитания

**20. Контактными помехами называют**

непреднамеренные помехи, возникающие в результате переизлучения электромагнитного поля элементами конструкции объекта, имеющими контакты, сопротивление которых в процессе движения объекта изменяется. Возникновение контактных помех объясняется следующим образом. Под действием электромагнитного поля, излученного передающей антенной, на элементах конструкции объекта возникают наведенные электрические токи. Другой причиной появления токов может быть электризация объекта.

**21. Структура контактных помех в большинстве носит**

- Квазиимпульсный характер

**22. Какие из помех нельзя отнести к несвязанным с непосредственным использованием электромагнитной энергии**

- Те, которые не возникают из-за превращения механической энергии в электрическую,  
например электризация из-за силы трения авто о воздух, пыль, снежинки

### **23. В качестве количественной меры уровня ИРП конкретного источника используют**

значения напряженностей электрического и магнитного полей, напряжений и токов, соответствующих стандартной полосе частот и определяемых в стандартизованных условиях в контролируемом диапазоне частот.

### **24. Для описания электромагнитной обстановки на протяженных пространственных объектах применяется**

- характеристики источников помехи параметрами их воздействия;
- особенности установленного оборудования;
- реализованные и нереализованные мероприятия по повышению ЭМС;
- неэлектрическими характеристики окружающей среды (например, влажность воздуха и т.д.).

### **25. Величину $L_{\text{ср}}$ , выраженную в дБ традиционно называют**

- Затуханием на пути распространения

### **26. Величина суммарного ослабления НЭМП при распространении посредством антенн определяется**

- Потери = длина × коэффициент затухания. Длина фидера принимается = высоте передатчиков и приемников.

### **27. Частотная зависимость коэффициента связи антенн имеет**

- Сложный и нерегулярный характер, имеет участки с низким КУ и всплески

### **28. Коэффициент связи антенн при распространении на реальных радиотрассах зависит от**

$$L_A^{(i)} = 10 \lg \left( \frac{K_{УИП}^{(i)} K_{УРП}^{(i)} F_{ИП}^{(i)} F_{РП}^{(i)} (1 - \Gamma_{ИП}^2) (1 - \Gamma_{РП}^2)}{(4\pi R / \lambda^{(i)})^2} \right) \quad (5)$$

где  $K_{УИП}^{(i)}, K_{УРП}^{(i)}, F_{ИП}^{(i)}, F_{РП}^{(i)}$  - значения коэффициентов усиления антенн их ДН по мощности в направлении друг на друга на  $i$ -й частоте,  $\Gamma_{ИП}^2$  и  $\Gamma_{РП}^2$  - коэффициенты отражения по мощности,  $R$  и  $\lambda^{(i)}$  - расстояние между антеннами и длина волны соответственно.

### **29. Значения частотных зависимостей затухания фидеров**

- трудно предсказуемы

### **30. К числу промышленных радиопомех НЕ относятся**

- радиопередающих устройств, работающих на присвоенных им частотах Помехи, воздействующие на РП при наличии электрич соединений с ИП

### **31. К излучаемым промышленным помехам относят**

- помехи распространяющиеся в пространстве. Поскольку в источниках ИП нет специальных устройств для их излучения, то мощность излучаемых ИП весьма мала и, как правило, на расстояниях в несколько метров (десятков метров для мощных источников) ее влияние на РЭС уже можно не учитывать.  
- Любые случаи воздействия ИП на рецепторы в отсутствии непосред электр соединений

### **32. К какому из типов промышленных радиопомех следует отнести помехи, создаваемые в полосе частот 2400 ...2500 МГц бытовой СВЧ- печью вследствие излучений через зазоры между ее корпусом и дверцей?**

- Излучаемая ИП

### **33. При кондуктивной связи механизм передачи электромагнитной энергии обусловлен .....**

Кондуктивная связь, как уже отмечалось, существует при наличии металлических проводников, соединяющих электрические цепи источника и рецептора ИП. Механизм передачи электромагнитной энергии при кондуктивной связи обусловлен распространением направляемых электромагнитных волн в волноведущей структуре, образованной указанными проводниками. В большинстве практических случаев механизм распространения кондуктивных помех соответствует относительно низкочастотным помехам, для которых длина волны значительно превышает протяженность проводников. Для этих случаев временное запаздывание волн на пути распространения не играет существенной роли. Поэтому характеристики механизма кондуктивной связи с достаточной точностью могут быть описаны с использованием величин токов в проводниках и напряжений между ними и землей.

### **34. Значения симметричных напряжений и токов в системе из двух проводников над землей равны**

$$\begin{aligned} I_n &= (I_1 + I_2)/2; & U_n &= (U_1 + U_2)/2; \\ I_c &= (I_1 - I_2)/2; & U_c &= (U_1 - U_2)/2, \end{aligned}$$

### **35. Основной канал приема – это ...**

*Основным каналом приема (ОКП) называется полоса частот, находящаяся в полосе пропускания приемника, предназначенная для приема полезных сигналов и соответствующая необходимой полосе частот для передаваемого сообщения.*

### **36. Показателем качества частотной характеристики является ...**

Показателем качества частотной характеристики является *коэффициент прямоугольности* – отношение полосы пропускания приемника, измеренной на уровне  $X$  дБ (например, на уровне 60 дБ), к полосе пропускания приемника, измеренной на уровне

$$3 \text{ дБ: } k_{\text{п}} = \frac{B_x}{B_3}.$$

### **37. Побочным каналом приема называется полоса частот**

*Побочным каналом приема* (ПКП) радиоприемника называется полоса частот, находящаяся за пределами основного канала приема, в которой сигнал проходит на выход радиоприемника. К числу ПКП относятся канал приема на промежуточной частоте, комбинационные каналы приема, зеркальный канал и каналы на субгармониках частоты настройки.

### **38. Блокированием называется...**

*Блокированием* называется изменение уровня сигнала или отношения сигнал-шум на выходе радиоприемника при действии интенсивной радиопомехи, частота которой не совпадает с частотами основного и побочных каналов приема радиоприемника. Это явление проявляется в уменьшении усиления приемника в присутствии помехи.

### **39. Перекрестное искажение – это ...**

*Перекрестными искажениями* называется изменение структуры спектра сигнала на выходе радиоприемника при одновременном действии сигнала и модулированной радиопомехи, частота которой не совпадает с частотами основного и побочного каналов приема. Перекрестные искажения часто проявляются в виде модуляции принятого сигнала частотами модуляции помехи.

### **40. Что не относится к числу основных задач анализа ЭМС.**

Именно **относятся**

- Анализ электромагнитной обстановки (ЭМО)

- Анализ выполнения ЭМС в группе средств.

Анализ параметров ЭМС технических средств

### **41. К аналитическим методам анализа относят...**

аналитические методы анализа, в том числе в виде расчетных процедур, реализованных в виде пакетов программ

парная оценка

групповая

комплексная

детерминированный

вероятностный

### **42. Что не является способом осуществления анализа**

**43. Какой из способ осуществления анализа является наиболее полным ...**

- комплексный

**44. Позволяет ли групповая оценка учесть влияние внеполосных и интермодуляционных эффектов ...**

- да

**45. Детерминированный подход подразумевает ....**

**46. Для снижения объемов вычислений прибегают к упрощениям, суть которых состоит в....**

Для снижения объемов вычислений прибегают к упрощениям, суть которых состоит в аппроксимации реальных пространственных, частотных и временных зависимостей кусочно-постоянными. Результатом такой аппроксимации является то, что вместо континуума значений пространственных координат, частот и времени рассматривается их конечное число, характеризующееся вероятностью этой ситуации.

**47. Согласно вероятностному подходу....**

Согласно вероятностному подходу факторы, влияющие на ЭМС, считаются случайными и описываются в категориях случайных величин. Случайным событием, характеризующимся его вероятностью, является факт наличия (или отсутствия) ЭМС в рассматриваемой группе средств.

**48. Какие ситуации могут возникать при использовании вероятностного подхода ....**

статические и динамические ситуации, стационарные и нестационарные.

**49. К оценке ЭМС группы средств не являющихся радиоприемниками относят следующие виды анализа....**

измерения параметров ЭМС рецепторов, не являющихся радиоприемниками (восприимчивость к излагаемым помехам)

измерения параметров ЭМС рецепторов, не являющихся радиоприемниками (восприимчивость к кондуктивным помехам).

**50. К нестационарным ситуациям относятся ситуации, при которых .....**

в процессе работы имеют место изменения взаимного расположения и ориентации источника и рецептора помех, значений их рабочих частот, а также временного режима работы.

**51. Отличие вероятностной оценки нестационарной ситуации от стационарной заключается....**

В категорию статических (стационарных) попадают различные ситуации, для которых частоты ОИ, ОКП, значения мощностей передатчиков, параметры антенн, а также взаимные ориентация и пространственное расположение ИП и РП



остаются неизменными в течение анализируемого отрезка времени. К числу динамических (нестационарных) относят любые ситуации, для которых указанные величины могут изменяться в определенных пределах.

**52. Суть упрощения расчетов при проведении вероятностной оценки заключается в .....**

в аппроксимации реальных пространственных, частотных и временных зависимостей кусочно-постоянными. Результатом такой аппроксимации является то, что вместо континуума значений пространственных координат, частот и времени рассматривается их конечное число, характеризующее вероятностью этой ситуации.

**53. Что является источниками и рецепторами индустриальных помех при анализе внутри объектовой ЭМС....**

различные радиоэлектронные и электротехнические устройства, выполняющие самостоятельные функции в составе комплексов оборудования самолетов, кораблей, производственных помещений и других объектов. Характерной особенностью является то, что в большинстве случаев отдельные устройства комплекса расположены в непосредственной близости друг от друга.

**54. Что является источниками и рецепторами индустриальных помех при анализе внутри аппаратной ЭМС....**

В этих случаях прогнозирование ЭМС относится к оценке влияния друг на друга отдельных блоков аппаратуры, установленных в одном корпусе, приборном шкафу и т.д. Для этих случаев также характерно еще более близкое расположение и, как следствие, возможность проявления различных видов индуктивных, емкостных, а также кондуктивных связей.

**55. В чем заключаются отличия оценки ЭМС для индустриальных помех от непреднамеренных электромагнитных помех ....**

**56. Являются ли экспериментальные методы анализа ЭМС основным инструментом при решении следующих задач: ....**

Экспериментальные методы чрезвычайно широко используются в практике ЭМС и являются основным инструментом при решении следующих групп задач: измерения параметров ЭМС источников и рецепторов помех с целью определения соответствия их требованиям нормативно-технической документации (стандарты, нормы, технические условия и т.д.); определение уровней допустимых помех для различных их видов рецепторов; комплексная проверка выполнения ЭМС в различных системах; углубленное изучение различных сторон проблемы ЭМС, в том числе с целью выработки более совершенных показателей, определяющих свойства источников и рецепторов помех по отношению к проблеме ЭМС, совершенствования методов измерений и испытаний и средств измерений и измерительного оборудования и т.д.

**57. Экспериментальные методы оценки играют значительную роль в решении проблемы ЭМС в целом, поскольку ....**

для определения параметров ЭМС, а также на заключительной стадии создания различных радиоэлектронных комплексов - заключительных испытаниях, в ходе которых в числе других показателей осуществляется контроль выполнения ЭМС

**58. Составляющими погрешности измерения при экспериментальной оценке являются...**

оценке являются субъективная составляющая погрешности, связанная с оператором;

инструментальная составляющая, обусловленная конечной точностью измерительных средств,

методическая составляющая, обусловленная используемым методом измерений.

**59. Какая из составляющих погрешности имеет значительные отличия от традиционных измерений ....**

- методическая

**60. Методы, используемые для экспериментальных оценок включают в себя ....**

измерения параметров ЭМС радиопередатчиков (радиоизлучения передатчиков);

измерения параметров ЭМС радиоприемников (восприимчивость к НЭМП, действующих на антенном входе);

измерения параметров ЭМС источников промышленных помех\* (излучаемые помехи);

измерения параметров ЭМС рецепторов, не являющихся радиоприемниками (восприимчивость к излагаемым помехам)\*\*;

измерения параметров ЭМС источников промышленных помех (кондуктивные помехи);

измерения параметров ЭМС рецепторов, не являющихся радиоприемниками (восприимчивость к кондуктивным помехам).

При проведении измерений используются два принципиально различных вида измерений:

методы, в которых осуществляется контроль уровней электромагнитных полей, создаваемых ИП во внешнем пространстве, а также воздействие электромагнитных полей на РП;

методы, в которых соответствующие измерения проводятся в волноводных трактах, без излучения в окружающее пространство.

**61. При полевых измерениях уровней нежелательных излучений используется...**

используется испытуемый радиопередатчик со штатной антенной. Контролируется напряженность электрического поля или плотность тока мощности на основной частоте и частотах неосновных излучений. Измерения осуществляются при приеме излучений радиопередающего устройства аппаратурой, включающей измерительную антенну и измерительный радиоприемник.

**62. При полевых измерениях чувствительности и восприимчивости радиоприемника по ПКП проводится анализ его реакции на ЭМП создаваемые....**

измерительным генератором с измерительной антенной.

**63. Для оценки уровней основного и нежелательного излучений радиопередатчиков трактовым методом используют...**

соответствующие измерения проводятся в волноводных трактах, без излучения в окружающее пространство.

величинам мощности электромагнитной волны в выходном тракте радиопередатчика на соответствующих частотах.

**64. Наиболее достоверными являются ...**

Аналогичное положение складывается при выборе математической модели взаимодействия в рассматриваемой группе РЭС чем более подробной является модель, тем более достоверны результаты решения

**65. По мере завершения разработки и перехода к стадиям производства и эксплуатации эффективность и стоимость борьбы с помехами ведут себя следующим образом....**

эффективность снижаются, стоимость же, наоборот, возрастает

**66. Вопросы обеспечения ЭМС должны максимально учитываться.....**

вопросы обеспечения ЭМС должны учитываться в максимально целесообразном объеме по возможности на ранних этапах жизненного цикла.

**67. Что такое организационно-техническая мера обеспечения ЭМС.....**

*организационно-техническая мера* - организационное, правовое и техническое регулирование в области использования радиочастотного ресурса. Организационно-технические меры относятся в определенной степени как к большим группам радиосредств - радиослужбам, так и к отдельным техническим средствам;

**68. Системотехнические меры обеспечения ЭМС базируются на .....**

Системотехнические меры - выработка принципов работы технических средств, направленных на сокращение размеров необходимых областей  $O_{ИПн}$ , и  $L_{РПну}$ , а также рациональное перераспределение радиочастотного ресурса между элементами системы в пределах возможностей, определенных на основе организационно-технических мер.

Системотехнические методы базируются на выборе, обеспечении или, по необходимости, изменении принципа работы системы, направленные на сокращение протяженности размеров необходимых областей, соответствующих излучениям радиопередающих устройств и (или) восприимчивости рецепторов - радиоприемных устройств как элементов рассматриваемых систем,

планировании, распределении или, по необходимости, перераспределения доступной части радиочастотного ресурса между элементами, входящими в рассматриваемую систему (системы).

### **69. К схемотехническим мерам обеспечения ЭМС относятся .....**

можно выделить две характерные группы схемотехнических мер.

К *первой* из них следует отнести использование любых схемных решений устройств, их параметрическую оптимизацию, применение элементной базы с улучшенными показателями, влияющими на ЭМС и т.д. В любом случае цель этих мер состоит в улучшении некоторых конкретных параметров ЭМС. Меры этой группы относятся к этапу создания радиоэлектронных устройств, когда в число их технических показателей входят конкретные значения определенных параметров ЭМС. По существу использование схемотехнических мер ЭМС на этом этапе означает проектирование (создание) конкретного устройства, обладающего заданными функциональными параметрами и отвечающего определенным требованиям к параметрам ЭМС. Эти требования задаются разработчику соответствующей аппаратуры в качестве исходных данных, а выполнение их становится предметом профессиональной деятельности специалистов соответствующего профиля: специалистов по радиопередатчикам, радиоприемникам, антеннам, устройствам электропитания и т.д. В первую очередь эти исходные данные определяются нормативно-технической документацией для соответствующей области. В других случаях - эти требования, определенные на схемотехническом уровне, могут оказаться более жесткими по отношению к действующей НТД.

- Ко *второй группе* следует отнести различные схемные решения, состоящие во введении элементов или устройств, позволяющих дополнительно ослабить уровни создаваемых помех, восприимчивость рецепторов и увеличить ослабление НЭМП на пути распространения от конкретного источника помех к конкретному рецептору<sup>10</sup>.

### **70. Конструкторско-технологические меры главным образом включают в себя .....**

Используемые в практике обеспечения ЭМС конструкторско-технологические меры представлены двумя группами. Первую из них представляют различные приемы, относящиеся к выполнению технических средств, в том числе к их конструкции и технологии изготовления. Состав этой группы весьма широк:

электрические контакты;

уплотнительные элементы;

низкочастотные и радиочастотные соединители;

корпуса электромагнитных экранов и устройств с экранирующими свойствами, в том числе способы соединения их элементов;

устройства заземления;

способы монтажа, в том числе на новой основе (например, тканого монтажа) - выполнение монтажных соединений (и электрических соединений в пределах платы), используемых проводящих и изолирующих материалов, покрытий и т.д.

Ко второй группе относятся специальные конструкторские приемы, служащие целям обеспечения ЭМС на соответствующем уровне. К числу этих приемов относятся:

экранирование элементов и блоков РЭА;

экранирование проводников:

заземление;

группирование проводников в межблочных соединениях;

зонирование элементов и компоновка их на плате, в устройстве и т.д.

### **71. Организация использования радиочастотного ресурса направлена на .....**

существо организационно-технических мер с позиций использования радиочастотного ресурса состоит в организации рационального его использования определенными категориями пользователей. Среди всей совокупности указанных мер можно выделить две основные группы:

- распределение ресурса между различными категориями пользователей. Наглядной трактовкой содержания этих мер является распределение в пространстве V-F-T необходимых областей, соответствующих тем или иным категориям пользователей;
- регламентирование допустимой протяженности занимаемых областей, соответствующих источникам и рецепторам различных категорий.

### **72. При частотном планировании важным аспектом являются задачи .....**

При частотном планировании важным аспектом являются задачи установления действенного порядка использования диапазонов радиочастот, определения и совершенствования параметров радиоизлучения и приема РЭС, их рационального пространственно-частотного размещения. Четкий порядок использования радиочастот в нашей стране установлен для всех этапов жизненного цикла РЭС: от начала их разработки до снятия с эксплуатации.

### **73. Стандарты, относящиеся к параметрам ЭМС, регламентируют ...**

Стандарты, относящиеся к параметрам ЭМС, регламентируют:

- уровни помех, создаваемых при работе различных устройств: нежелательных излучений радиопередатчиков, кондуктивных и излучаемых промышленных помех;

показатели восприимчивости приборов к помехам параметры восприимчивости радиоприемников вне основного канала приема, уровни восприимчивости устройств, не являющихся радиоприемниками, к излучаемым и кондуктивным помехам;

некоторые дополнительные показатели, относящиеся к конкретным группам устройств.

### **74. Стандарты в области ЭМС должны носить ...**

Международная нормативно-техническая документация (НТД) в области ЭМС в настоящее время, как правило, имеет рекомендательный характер для большинства охватываемых ею ситуаций. Тем не менее, для отдельных групп аппа-

ратуры и параметров ЭМС существуют нормативные требования, обязательные либо для всех стран, либо для стран с объединенной экономикой, например Европейского Союза (ЕС)).

**75. Стандарты в области ЭМС должны охватывать ...**

Стандарты в области ЭМС должны охватывать большинство категорий технических средств, определяя стандартные требования в части уровней создаваемых помех и восприимчивости к ним

**76. Необходима ли координация на международном уровне для стандартов ЭМС .....**

Да, необходима. Международный характер использования РЧР определяет соответствующую координацию между странами при присвоении радиочастот РЭС, чтобы избежать образования НЭМП недопустимого уровня. Одним из факторов международного регулирования использования РЧР является установленный Регламентом радиосвязи порядок регистрации в МКРЧ частот, которые предполагается странами использовать для своих нужд.

**77. Что понимается под системой в электромагнитной совместимости ....**

Под системой подразумевается техническая совокупность устройств, обладающая определенными связями друг с другом и выполняющая заданные технические функции. В задаче обеспечения ЭМС системой может быть совокупность РЭС, размещенных на местности, на некотором объекте и т.д.

**78. Особенностью функционирования радиотехнических систем является.....**

Особенностью функционирования радиотехнических систем является возможность возникновения нежелательных связей как между элементами этой системы, так и с другими системами.

**79. Отличительным признаком системотехнических мер является .....**

отличительным признаком системотехнических мер является то, что они проводятся в одном из следующих направлений:

выбор, обеспечение или, по необходимости, изменения принципа работы системы, направленные на сокращение протяженности размеров необходимых областей, соответствующих излучениям радиопередающих устройств и (или) восприимчивости рецепторов - радиоприемных устройств как элементов рассматриваемых систем,

планирование, распределение или, по необходимости, перераспределение доступной части радиочастотного ресурса между элементами, входящими в рассматриваемую систему (системы).

**80. Какие меры характеризуют применение пространственного фактора ...**

*Пространственный разнос РЭС* состоит в таком взаимном удалении двух РЭС  $R > L_d$ , при котором создаваемые ими друг другу помехи являются, по крайней мере, допустимыми.

### **81. На что следует обращать внимание при территориальном размещении РЭС**

*Территориальное размещение РЭС.* При нем следует так выбрать пространственные координаты каждого РЭС в пределах заданной части пространства, чтобы обеспечить минимально возможный или хотя бы допустимый уровень помех, создаваемых РЭС друг другу.

### **82. Разнос направлений преимущественного излучения состоит ...**

*Разнос направлений преимущественного излучения {угловой разнос}* - состоит в ограничении излучения и приема за пределами некоторого телесного угла.

### **83. В чем заключается суть обеспечения ЭМС на основе временных Факторов..**

Использование временного фактора в основном сводится к сокращению времени излучения, временному бланкированию, временному разнесу временной синхронизации работы РЭС и временной регламентации.

### **84. Временная регламентация - это ...**

*Временной разнос* (временная регламентация) импульсных радиосредств может успешно сочетаться с использованием различий в пространственном расположении. Рассмотрим пример осуществления такого рода синхронизации (метод «время - зона - система»). Пусть имеется группа подвижных радиолокационных средств (рис. 4.13). Для исключения помех пространственная область разделяется на ряд зон, причем для работы в каждой из них отведены определенные интервалы времени. Таким образом, любая РЛС, находящаяся в пределах данной зоны, использует соответствующий ей временной интервал (рис. 4.13).

### **85. Содержание схмотехнических мер обеспечения ЭМС составляют ....**

Содержание схмотехнических мер обеспечения ЭМС составляют различные технические приемы, относящиеся к схемным решениям аппаратуры и выбору параметров элементов, направленных на улучшение показателей, влияющих на ЭМС и не затрагивающих ни принцип действия аппаратуры, ни и ее системные параметры (функциональные параметры устройств и их блоков).

### **86. В основу метода компенсации помех положен принцип ...**

В основу работы различных устройств компенсации положен принцип противофазного сложения принятого (содержащего помеху) и мешающего сигналов (или его копии).

### **87. Для задач фильтрации помех могут быть использованы ...**

В зависимости от конкретных условий используемые фильтры могут иметь частотные характеристики фильтров нижних частот, полосовых или режекторных. По принципу действия эти фильтры могут быть как реактивными, составленными из частотно-избирательных элементов с малыми потерями, так и поглощающего типа, принципиально содержащими в своем составе элементы с диссипативными свойствами.

**88. Какой из эффективных приемов выполнения межблочных соединений Вам известен...**

По большей части это приемы конструкторского характера - экранирование, заземление и др. Один из эффективных приемов этого вида - симметрирование соединительных проводников.

**89. В чем заключается суть защиты приемника от мощных импульсных помех ...**

В качестве схемотехнических мер ослабления влияния указанных электромагнитных помех используются различные устройства, ограничивающие максимальное значение напряжения или мощности электромагнитной волны на входе рецептора. В зависимости от целевого назначения и диапазона частот схемные решения и элементная база могут значительно отличаться. Однако существо мер остается неизменным: в тракт сигнала вводится специальная схема, содержащая нелинейный элемент со свойствами ограничения напряжения (аналог стабилитрона), либо с ключевыми свойствами.

**90. В чем заключается цель принятия конструкторско-технологических мер обеспечения ЭМС**

Цель принятия конструкторско-технологических мер обеспечения ЭМС состоит в снижении уровней создаваемых помех ИП, восприимчивости рецепторов помех и повышении затухания электромагнитных полей на путях распространения от ИП к РП.

**91. Затрагивают ли конструкторско-технологические меры принцип действия устройств и их принципиальные схемы ...**

Нет. В отличие от системо- и схемотехнических мер, они не затрагивают ни принцип действия устройств, ни их принципиальных схем, ни, соответственно, функциональных параметров.

**92. Какие две группы обеспечения ЭМС конструкторско-технологическими мерами Вы знаете .....**

Первую из них представляют различные приемы, относящиеся к выполнению технических средств, в том числе к их конструкции и технологии изготовления.

Состав этой группы весьма широк:

электрические контакты;

уплотнительные элементы;

низкочастотные и радиочастотные соединители;

корпуса электромагнитных экранов и устройств с экранирующими свойствами, в том числе способы соединения их элементов;

устройства заземления;

способы монтажа, в том числе на новой основе (например, тканого монтажа) - выполнение монтажных соединений (и электрических соединений в пределах платы), используемых проводящих и изолирующих материалов, покрытий и т.д.



Ко второй группе относятся специальные конструкторские приемы, служащие целям обеспечения ЭМС на соответствующем уровне. К числу этих приемов относятся:

экранирование элементов и блоков РЭА;

экранирование проводников:

заземление;

группирование проводников в межблочных соединениях;

зонирование элементов и компоновка их на плате, в устройстве и т.д.

### **93. Электромагнитный экран - это ..**

Электромагнитный экран – это устройство, которое ослабляет электромагнитное поле в ограниченной части пространства или, наоборот, в окружающем пространстве, если источник помех находится внутри экрана.

### **94. При уменьшении длины волны эффективность экранирования экрана с отверстиями...**

При уменьшении длины волны эффективность экранирования экрана с отверстиями ухудшается.

### **95. Назначение защитного заземления....**

Назначение защитных заземлений - обеспечение эквипотенциальности элементов конструкции при потенциале, равном или близком к потенциалу «земли». Цепи заземления при этом должны иметь малое сопротивление для опасных токов, которые по тем или иным причинам (при аварийных ситуациях, воздействиях молний и т.п.) могут возникать в РЭС. Как правило, защитные заземления должны иметь хороший низкоомный контакт с «землей».

### **96. Цепи заземления должны иметь \_\_\_\_\_ сопротивление для опасных токов**

Цепи заземления должны иметь малое сопротивление для опасных токов.

### **97. Какие требования предъявляются к заземляющим контактам...**

Как правило, защитные заземления должны иметь хороший низкоомный контакт с «землей».

### **98. Группирование проводников в жгуты происходит ...**

Группирование проводников в жгуты происходит с целью предотвращения возможности наличия в одном жгуте проводников, чувствительных РП и мощных ИП (табл. 4.2). Группирование кабелей проводится так, чтобы в одну группу входили только проводники, соответствующие одному классу, или, если это не представляется возможным, проводники ближайших классов.

### **99. Что такое зонирование элементов РЭС применительно к ЭМС ...**

Зонированием называют идентификацию и возможную интеграцию участков или областей с одинаковой ЭМО.

Учебное издание

Безик Валерий Александрович  
Никитин Антон Михайлович

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ  
И КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Методические указания  
для самостоятельной работы студентов направлений подготовки  
13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника (уровень магистратуры)  
13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата)

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 12.04.2018 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,51. Тираж 25 экз. Изд. № 5789.

---

Издательство Брянский Государственный Аграрный Университет  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ