

Оглавление

<i>Предисловие</i>	10
<i>Введение</i>	16
Часть I. Проблемы ЭМБ на электрифицированном железнодорожном транспорте	19
Глава 1. Электромагнитные параметры воздушной среды	19
1.1. <i>Естественные ЭМ параметры воздушной среды</i>	19
1.2. <i>Изменение ЭМ параметров воздушной среды в результате деятельности человека</i>	25
1.3. <i>Изменение ЭМ параметров воздушной среды в результате природных катаклизмов</i>	28
Глава 2. Классификация электромагнитной обстановки в техносфере ...	30
2.1. <i>Характеристики ЭМО в техносфере</i>	30
2.2. <i>Воспроизведение ЭМ помех при испытаниях автоматических и автоматизированных систем технологического управления электротехническими объектами</i>	32
2.3. <i>Испытания автоматических и автоматизированных систем</i> ...	36
Глава 3. Электромагнитная и функциональная безопасности на электрифицированном железнодорожном транспорте	64
3.1. <i>Общие сведения</i>	64
3.2. <i>Электромагнитная безопасность</i>	65
3.3. <i>Функциональная безопасность</i>	69
Часть II. Аналитические модели источников низкочастотных электромагнитных помех	73
Глава 4. Расчет результирующих напряженностей от объектов электрифицированной железной дороги	73
4.1. <i>Общий подход</i>	73

4.2.	Методика расчёта функций ЭМ среды на железнодорожных объектах	74
4.3.	Расчет результирующих напряженностей ЭМП на разных участках электрифицированной железной дороги	79
4.3.1.	На перегонах	80
4.3.2.	Вблизи тяговых подстанций	81
4.3.3.	На железнодорожных станциях	82
Глава 5.	Расчет напряженностей ЭМП от линий электроснабжения	84
5.1.	Аналитические модели ЭМП от ТС и их расчёт	84
5.1.1.	Расчет электрических напряженностей	84
5.1.2.	Расчет магнитных напряженностей	94
5.1.3.	Примеры расчета магнитных напряженностей ЭМП от ТС	99
5.1.4.	Оценка точности результатов расчета	101
5.2.	Расчет напряженностей от трехфазной ЛЭП	103
5.2.1.	Расчет электрических напряженностей	103
5.2.2.	Расчет магнитных напряженностей	105
5.2.3.	Пример расчета напряженностей от ЛЭП	107
5.3.	Расчет напряженностей ЭМП от ЛПЭ	109
5.3.1.	Расчет электрических напряженностей	110
5.3.2.	Расчет магнитных напряженностей	110
5.3.3.	Пример расчета напряженностей ЭМП от ЛПЭ	112
Глава 6.	Расчет напряженностей ЭМП от транзитной тяговой подстанции	114
6.1.	Общий подход к оценке ЭМО на транзитной ТПС	114
6.2.	Аналитические модели внешних ЭМП основных источников на ТПС «КИРЕНГА»	118
6.2.1.	Аналитические модели ЭМП от ЛЭП	118
6.2.2.	Аналитические модели ЭМП от ЛПЭ	118
6.2.3.	Аналитические модели ЭМП от ДПР	119
6.2.4.	Аналитические модели ЭМП от сборных шин	120
6.3.	Расчет напряженностей от тягового трансформатора	120
6.3.1.	Типы ТТ и схемы соединения их обмоток	120
6.3.2.	Расчет магнитных напряженностей от трехфазного трансформатора	122
6.3.3.	Приближенная оценка напряженностей понижающего трансформатора	128

6.4.	Расчёт ЭМП от основных источников на транзитной ТПС	129
6.4.1.	Размещение основных источников на ТПС «КИРЕНГА»	130
6.4.2.	Расчёт напряженностей ЭМП от ЛЭП	130
6.4.3.	Расчёт напряженностей ЭМП от трансформаторов	134
6.4.4.	Расчёт напряженностей ЭМП от ДГА	136
Глава 7.	Расчёт ЭМ помех на линейных участках электрифицированной железной дороги	138
7.1.	Электромагнитная среда на перегоне	138
7.1.1.	Однопутный участок тяговой сети	138
7.1.2.	Двухпутный участок тяговой сети	141
7.2.	Воздействие на напряженности электромагнитной среды железнодорожных составов с жидкими грузами	146
7.2.1.	Методика расчёта	146
7.2.2.	Особенности учета нескольких тяговых сетей	153
7.2.3.	Результаты расчетов	154
7.3.	Выводы и рекомендации	156
Глава 8.	Взаимовлияние различных линий электроснабжения и связи	158
8.1.	Влияние линий электроснабжения на линии связи	158
8.2.	Расчет ЭМ влияния между однопроводными цепями	159
8.2.1.	Общая аналитическая модель ЭМ влияния	159
8.2.2.	Приближенная оценка влияния линий электроснабжения на линии связи	163
8.2.3.	Частные аналитические модели ЭМ влияния	169
8.2.4.	Расчет влияния линий электроснабжения на кабельные линии связи	176
8.3.	Примеры расчета влияния линий электроснабжения на линии связи	177
8.4.	Рекомендации	184
Часть III.	Расчет высокочастотных электромагнитных помех на электрифицированной железной дороге	185
Глава 9.	Классификация электромагнитных помех, воздействующих на слаботочную аппаратуру	185
9.1.	Источники высокочастотных узкополосных помех	185

9.1.1. Передатчики связи	185
9.1.2. Генераторы высокой частоты	187
9.1.3. Измерительные генераторы	189
9.1.4. Источники ЭМП радиочастот	195
9.1.5. Приёмники ЭМП радиочастот	197
9.1.6. Влияние ЭМП на линии электроснабжения	198
9.2. Резонансный трансформатор	200
9.3. Электросварочные аппараты	201
9.4. Источники ультразвуковых колебаний	205
9.5. Индукционные печи	207
Глава 10. Электромагнитная среда от нестационарных антропогенных источников	210
10.1. Источники широкополосных помех	210
10.2. Воздушные ЛЭП	216
10.3. Источники переходных помех	216
10.3.1. Источники статического электричества	216
10.3.2. Коммутация тока в индуктивных цепях	219
10.3.3. Переходные процессы в сетях низкого напряжения	222
10.3.4. Переходные процессы в сетях высокого напряжения	222
10.3.5. Переходные процессы в испытательных устройствах высокого напряжения и электрофизическая аппаратура	225
10.4. ЭМ импульс молнии как источник ЭМ помех	225
10.5. Помехи от ЭМ импульса ядерного взрыва	226
10.6. Основные причины возникновения широкополосных помех в урбанизированном пространстве	227
10.6.1. Помехи от линий электроснабжения	227
10.6.2. Помехи при некачественном токосъёме	228
10.6.3. Помехи от водной поверхности	230
10.6.4. Помехи от ледяной поверхности	230
10.6.5. Помехи от сеточных структур	233
Глава 11. Высокочастотные электромагнитные помехи на железной дороге	236
11.1. Введение	236

11.2. Основные параметры используемых железнодорожных радиостанций	237
11.3. Источники ЭМ помех	240
11.3.1. Провода ТС и ЛПЭ как источники ЭМ помех на железнодорожном транспорте	240
11.3.2. Излучение ЭМ помех монохроматической волной тока	248
11.3.3. Излучение ЭМ помех, создаваемых импульсом тока	260
11.3.4. Статистические характеристики ЭМ помех, излучаемых бесконечно длинным проводом	264
11.4. Система токосъёма как источник ЭМ помех	267
11.4.1. Качественное описание процессов в системе токосъёма, вызывающих появление ЭМ помех	267
11.4.2. Пантограф как реактивный элемент цепи	269
11.4.3. Помехи, создаваемые электрической дугой пантографа	271
11.4.4. Помехи, передаваемые пантографом по контактному проводу	272
11.5. Помехи, создаваемые оборудованием локомотива, автоматическими стрелочными переводами и ТПС	273
11.6. Расчет уровня ЭМ помех на железной дороге от различных источников	275
11.6.1. Расчет электрических сигналов, принимаемых антеннами локомотивов	276
11.6.2. Электромагнитные помехи в гектометровом диапазоне	277
11.6.3. Компонента помехи, вызванная коронными разрядами на контактном проводе	278
11.6.4. Компонента помехи, вызванная коронными разрядами на высоковольтной линии	280
11.6.5. Компонента помехи, вызванная электрической дугой пантографа	281
11.7. ЭМ помехи в метровом и дециметровом диапазонах	284
11.7.1. Расчеты для метрового диапазона	285
11.7.2. ЭМ помехи в дециметровом диапазоне	287
11.8. Оценка уровня ЭМП, создающих помехи для радиовещания и телевидения	288
11.9. Выводы и рекомендации	290
Часть IV. Обеспечение ЭМБ технических средств и человека на железной дороге, электрифицированной переменным током	292

Глава 12. Обеспечение ЭМБ слаботочной аппаратуры на транзитной ТПС	292
12.1. Качество электрической энергии в системе электрической тяги переменного тока	293
12.1.1. Государственные стандарты в системе тягового электроснабжения по качеству электроэнергии	293
12.1.2. Исследование режима напряжения в системе электрической тяги на действующих участках железных дорог	296
12.1.3. Влияние режима напряжения в ТС на работу ЭПС	297
12.1.4. Мешающее влияние ТС на цепи проводной связи	299
12.1.5. Необходимость введения отраслевых показателей качества электроэнергии на ЭПС и в системе тягового электроснабжения	300
12.1.6. Резонансные явления в ТС	303
12.2. Физические явления, вызывающие широкополосные радиопомехи	303
12.2.1. Помехи, возникающие от линий электроснабжения	303
12.2.2. Высокочастотные помехи от источников на ТПС	304
12.2.3. Помехи, возникающие при некачественном токоотводе	305
12.2.4. Широкополосные помехи, возникающие при рассеянии от водной поверхности	306
12.2.5. Широкополосные радиопомехи, возникающие при отражении от сеточных структур	307
12.3. Обеспечение ЭМБ микропроцессорной аппаратуры	308
12.3.1. Микропроцессорная техника, используемая на ТПС	310
12.3.2. Проблемы ЭМ воздействий на микропроцессорные устройства релейной защиты	313
12.3.3. Влияние на МУРЗ гармоник в измеряемом токе и напряжении	322
12.3.4. Преднамеренные электромагнитные воздействия	323
12.4. Способы снижения ЭМ помех на ТПС	325
12.4.1. Нормативные документы, ограничивающие уровни ЭМ помех и рекомендуемые средства защиты	325
12.4.2. Снижение уровня ЭМ помех от электровоза	328
12.4.3. Снижение уровня ЭМ помех от ТПС	329
12.4.4. Снижение уровня ЭМ помех от ТС	330
12.4.5. Снижение уровня ЭМ помех от ЛПЭ	333
12.4.6. Снижение уровня ЭМ помех от ЛЭП	333
12.4.7. Расчёт электрических фильтров	334

12.5. Рекомендации по защите от высокочастотных ЭМ воздействий	342
--	-----

Глава 13. Общие подходы к защите окружающей среды и человека.. 348

13.1. Нормирование параметров электромагнитной среды на электрифицированном транспорте	348
13.1.1. Введение	348
13.1.2. Параметры электромагнитного поля, регламентируемые санитарно-гигиеническими нормативами	349
13.1.3. Существующие нормативные документы	352
13.2. Экологическая обстановка на электрифицированном железнодорожном транспорте	354
13.3. Особенности воздействия ЭМ среды на человека на железнодорожном транспорте	356
13.4. Защита человека от воздействия низкочастотных ЭМП	361
13.5. Санитарно-защитные зоны от воздействия ЭМП	363
13.6. Эффективные средства защиты человека и технических средств	364
13.6.1. Коллективные средства защиты	364
13.6.2. Индивидуальные средства защиты	367
13.7. Улучшение условий ЭМБ на объектах электрифицированной железной дороги	369
13.8. Организация средств защиты	371
13.9. Оздоровительно-профилактические мероприятия по обеспечению ЭМБ обслуживающего персонала	372
Библиографический список	373
Приложения	385
Приложение 1	385
Приложение 2	390
Приложение 3	408