

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
1 Электромагнитный импульс – посылка из прошлого.	6
1.1. Введение.	6
1.2. История ЭМИ ЯВ	6
1.3. Проблемы теоретической физики	17
1.4. НКВД – главный «конструктор» первого советского атомного боезаряда.	21
1.5. Термоядерная бомба.	47
1.6. Испытательные ядерные взрывы	54
1.7. Положение дел в области защиты от ЭМИ ЯВ	78
Литература к Гл. I	86
2 Современные представления об ЭМИ ЯВ для инженеров-электриков.	88
2.1. Насколько современны «современные» представления	88
2.2. Физические процессы, лежащие в основе ЭМИ ЯВ	89
Литература к Гл. 2.	112
3 Имитаторы ЭМИ ЯВ	114
3.1. Принцип действия имитаторов ЭМИ ЯВ	114
3.2. Классификация имитаторов ЭМИ ЯВ	117
3.3. Имитаторы ЭМИ ЯВ Западных стран	119
3.4. Имитаторы ЭМИ ЯВ, имеющиеся в России и Украине	126
3.5. Компактные имитаторы ЭМИ ЯВ	133
4 Уязвимость электронного оборудования к ЭМИ ЯВ.	135
4.1. Электронное оборудование энергосистем – важнейший компонент современной инфраструктуры	135
4.2. Восприимчивость электронных компонентов к ЭМИ ЯВ	137
4.3. Восприимчивость микросхем к ЭМИ ЯВ	141
4.4. Восприимчивость микропроцессоров к ЭМИ ЯВ.	147
4.5. Восприимчивость компьютеров к ЭМИ ЯВ	150
Литература к Гл. 4	153
5 Электронные компоненты для защиты аппаратуры от ЭМИ ЯВ	154
5.1. Испытания маломощных защитных элементов при низких импульсных напряжениях	154
5.2. Испытания маломощных защитных элементов при повышенных импульсных напряжениях	160

5.3.	Испытания мощных защитных элементов в условиях, приближенных к реальным	165
5.4.	Выводы	175
	Литература к Гл. 5	175
6	Внешняя защита электронного оборудования энергосистем от ЭМИ ЯВ	177
6.1	Введение	177
6.2	Анализ способности традиционных строительных материалов ослаблять электромагнитное излучение.	178
6.3	Композитные строительные материалы с повышенной электропроводностью	182
6.4.	Материалы, поглощающие электромагнитное излучение	191
6.5.	Еще один метод снижения напряженности электрического поля ЭМИ ЯВ в помещениях энергосистем с электронной аппаратурой.	197
6.6.	Снижение влияния ЭМИ ЯВ на электронную аппаратуру за счет архитектурных решений здания	200
6.7	Заключение по Гл. 6	201
	Литература к Гл. 6	202
7	Проблема заземления электронной аппаратуры энергообъектов.	206
7.1	Типы электромагнитных помех.	206
7.2	Проблемы конвенциональных систем заземления	208
7.3	Различия между молнией и ЭМИ ЯВ	214
7.4	Заземление электрооборудования – как основное средство защиты от ЭМИ ЯВ	222
7.5	Проблемы использования устройств защиты от ЭМИ ЯВ	224
7.6	Новый метод заземления электронной аппаратуры, расположенной в шкафах	226
	Литература к Гл. 7	235
8	Проблема выбора контрольных кабелей для защищенных от ЭМИ ЯВ электроустановок	238
8.1	Введение	238
8.2	Обзор конструкций и особенностей экранирования контрольных кабелей	238
8.3	Измерение эффективности экранирования контрольных кабелей	244

СОДЕРЖАНИЕ

8.4.	Выбор контрольных кабелей	246
8.5.	Выводы по Гл. 8	247
	Литература к Гл. 8	248
9.	Заземление экранов контрольных кабелей	249
9.1.	Введение	249
9.2.	Принципы экранирования	249
9.3.	Типы помех и варианты заземления экранов кабелей	250
9.4.	Проблемы и противоречия	252
9.5.	Факторы, влияющие на эффективность заземления экранов	254
9.6.	Предлагаемый метод заземления экранов	257
	Литература к Гл. 9	260
10.	Фильтры ЭМИ ЯВ	262
10.1.	Введение	256
10.2.	Действительно ли фильтры защищают от электромагнитного импульса?	263
10.3.	О частотном диапазоне фильтров	268
10.4.	Обоснованность применения фильтров для защиты аппаратуры от ЭМИ ЯВ	269
10.5.	Защита аппаратуры от высокочастотных помех, инициируемых ЭМИ ЯВ	272
10.6.	Защита аппаратуры от импульсных перенапряжений, создаваемых ЭМИ ЯВ	274
10.7.	Ферритовые фильтры	275
10.8.	Выводы по Гл. 10	290
	Литература к Гл. 10.	292
11.	Высоковольтные изолирующие интерфейсы	293
11.1.	Введение	293
11.2.	Высоковольтное звено для аппаратуры передачи дискретных команд релейной защиты и противоаварийной автоматики	293
11.3.	Применение высоковольтных изолирующих интерфейсов при испытаниях аппаратуры на устойчивость к ЭМИ ЯВ	301
11.4.	Конструктивные особенности высоковольтных изолирующих интерфейсов	304
	Литература к Гл. 11	305

12. Принципы повышения устойчивости электронной аппаратуры, смонтированной в шкафах	307
12.1. Введение	307
12.2. Новые шкафы для электронной аппаратуры	307
12.3. Модернизация существующих шкафов со стеклянными дверями	311
12.4. Усовершенствование кабельных вводов в шкафы	316
12.5. Ограничение импульсных перенапряжений	322
12.6. Реконструкция системы заземления шкафов с электронной аппаратурой	325
Литература к Гл. 12	325
13. Основные принципы защиты систем электропитания энергообъектов	326
13.1. Введение	326
13.2. Средства защиты действующего оборудования СОПТ от ЭМИ ЯВ	326
13.3. Резервные источники питания для СОПТ	329
13.4. Мобильные подстанции и особенности защиты их СОПТ от ЭМИ ЯВ	335
13.5. Системы оперативного постоянного тока электростанций	343
Литература к Гл. 12	345
14. Защита систем телекоммуникаций	346
14.1. Введение	346
14.2. Пути решения проблемы	347
14.3. Применение волоконно-оптических линий связи	348
14.4. Защита телекоммуникационной аппаратуры с гальваническими связями	348
14.5. Новое устройство защиты телекоммуникационных систем с гальванической связью	357
14.6. Защита шкафов систем телекоммуникаций	361
14.7. Общий принцип защиты шкафов телекоммуникационной аппаратуры	363
14.8. Реконструкция системы заземления шкафов с электронной аппаратурой	365
14.9. Реконструкция открытых патч-панелей	366
14.10. Защита системы электропитания	366
14.11. Реконструкция помещения (зала) с критическими видами аппаратуры систем телекоммуникаций	367
14.12. Заключение к Гл. 14	367

СОДЕРЖАНИЕ

Литература к Гл. 14	368
15. Повышение устойчивости систем автоматического пожаротушения к ЭМИ ЯВ	369
15.1. Введение	369
15.2. Противопожарные системы энергообъектов	369
15.3. Методы повышения устойчивости систем автоматического пожаротушения	374
15.4. Выводы по Гл. 15	381
Литература к Гл. 15	381
16. Защита дизель-генераторов от ЭМИ ЯВ	383
16.1. Введение	383
16.2. Повышенная уязвимость ДГ средней и большой мощности	383
16.3. Защита ДГ, хранящихся в отключенном состоянии на открытых площадках	384
16.4. Защита ДГ, подключенных к сети потребителя	390
Литература к Гл. 16	397
17. Испытания электронного оборудования энергосистем на устойчивость к ЭМИ ЯВ	398
17.1. Введение	398
17.2. Особенности испытания оборудования на имитаторе ЭМИ ЯВ	398
17.3. Цели испытаний	399
17.4. Особенности методики испытаний	401
17.5. Виды испытаний и параметры испытательных импульсов	405
17.6. Критерии качества функционирования	408
17.7. Выводы по Гл. 17	409
Литература к Гл. 17	410
18. Методы и средства контроля эффективности защиты установленного электронного оборудования энергосистем от ЭМИ ЯВ	412
18.1. Введение	412
18.2. Контроль устойчивости оборудования к прямому воздействию импульса электромагнитного поля	412
18.3. Оборудование для испытания фильтров ЭМИ ЯВ	413
18.4. Устройства для оценки эффективности экранирования зданий, помещений, шкафов	420

18.5.	Генератор импульсного напряжения	422
	Литература к Гл. 18	425
19.	Особенности тестирования микропроцессорных реле защиты на устойчивость к ЭМИ ЯВ	427
19.1.	Использование критерия качества функционирования при испытаниях электронной аппаратуры на электромагнитную совместимость (ЭМС).	427
19.2.	Особенности использование критерия качества функционирования при испытаниях микропроцессорных устройств релейной защиты на устойчивость к ЭМИ ЯВ	428
19.3.	Критика используемого метода испытаний МУРЗ	429
19.4.	Анализ результатов второго независимого испытания МУРЗ того же типа	432
19.5.	Анализ результатов третьего независимого испытания МУРЗ того же типа	436
19.6.	Выводы и рекомендации по Гл. 19	448
	Литература к Гл. 19	450
20.	Проблемы хранения запасов ЗИП	452
20.1.	Оптимизация запасов сменных модулей электронной аппаратуры	452
20.2.	Традиционный подход к хранению ЗИП и его недостатки	453
20.3.	Требования к защитным контейнерам	455
20.4.	Защитные контейнеры, предлагаемые на рынке	457
	Литература к Гл. 20	461
21.	Проблема геомагнитно-индуцированных токов в силовых трансформаторах и ее решение	463
21.1.	Солнечные бури – как источник геомагнитно-индуцированных токов	463
21.2.	ЭМИ ЯВ - как источник геомагнитно-индуцированных токов	476
21.3.	Влияние компонента ЕЗ ЭМИ ЯВ на силовое электрооборудование	478
21.4.	Защита силового электрооборудования от воздействия геомагнитных индуцированных токов	480
21.5.	Выводы по Гл. 21	491
	Литература к Гл. 21	493
	Приложение 1. Стандарты по ЭМИ ЯВ	496

СОДЕРЖАНИЕ

Приложение 2. Отчеты по ЭМИ ЯВ	499
Приложение 4. Европейские проекты по защите от ЭМИ ЯВ	508