

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

В В Е Д Е Н И Е

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ, ЭЛЕМЕНТЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

§ 1. Определение и классификация оптико-электронных приборов	6
§ 2. Обобщенная схема оптико-электронного прибора	8
§ 3. Краткие сведения об элементах обобщенной схемы оптико-электронного прибора	9
3.1. Источники излучения и промежуточная среда	10
3.2. Оптическая система	13
3.3. Приемники излучения (определение и классификация)	17
3.4. Усилитель и другие элементы электронного тракта	19
§ 4. Основные характеристики оптико-электронных приборов	19
§ 5. Системы обзора и анализа поля излучения (определение и классификация)	21
§ 6. Несканирующие системы обзора и анализа поля излучения простейшего типа (энергетические)	22
§ 7. Несканирующие системы, создающие изображение	23
§ 8. Обзор и анализ поля излучения за счет сканирования	26
§ 9. Растровые анализаторы поля излучения	—

Ч А С Т Ь I

СКАНИРОВАНИЕ

Глава 1. Случайный поиск	28
Глава 2. Траектории сканирования при регулярном поиске (типы разверток)	34
§ 1. Траектории сканирования при колебательно-вращательном движении сканирующего поля	—
§ 2. Траектории сканирования при вращательно-вращательном движении сканирующего поля	37
§ 3. Траектории сканирования при колебательных перемещениях сканирующего поля в двух взаимно перпендикулярных направлениях, траектория сканирования «гусеница» и следящая развертка	40

Глава 3. Способы сканирования при регулярном поиске (типы сканирующих устройств)	43
§ 1. Сканирование электронным лучом	44
1.1. Основные принципы. Системы мгновенного действия и системы с накоплением	—
1.2. Диссектор	45
1.3. Видикон	47
§ 2. Сканирование световым лучом	48
§ 3. Оптико-механическое сканирование. Определение, классификация, приборы со сканированием за счет движения всей оптической системы	49
Глава 4. Сканирование зеркалами	52
§ 1. Основные положения	—
1.1. Сканирование в пространстве предметов и изображений	—
1.2. Связь углов установки сканирующего зеркала с углом поля обзора	53
1.3. Размеры сканирующих зеркал	56
1.4. Расфокусировка при сканировании зеркалом в пространстве изображений	59
1.5. Типы сканирующих зеркал	60
1.6. Траектория сканирования плоским зеркалом	61
1.7. Примеры сканирующих устройств — тепловизоры «Рубин», «Филин» и камера Барнса	63
§ 2. Сканирование многогранными вращающимися зеркалами в оптико-электронной аппаратуре для картографирования и обзора местности	66
2.1. Принцип действия аппаратуры	—
2.2. Поле обзора и угловой размер строки	72
2.3. Скорость сканирования и минимальная длительность импульса	73
2.4. Быстродействие коммутатора	75
§ 3. Коэффициент использования и габаритные размеры многогранного сканирующего зеркала	77
3.1. Сканирующая призма	—
3.2. Сканирующая пирамида	86
§ 4. Двухканальные схемы сканирования	90
§ 5. Траектория сканирования многогранными вращающимися зеркалами	92
§ 6. Чересстрочное сканирование в системе с многоэлементным приемником	95
§ 7. Сканирование зеркалом, вращающимся вокруг оси, перпендикулярной к нему	99
Глава 5. Сканирование преломляющими элементами—плоскопараллельной пластинкой и призмой	104
§ 1. Соотношения, определяющие закон сканирования	—
§ 2. Примеры сканирующих устройств — тепловизоры фирмы АГА	113
Глава 6. Сканирование вращающимися объективами и оптическими клиньями. Эсканирующие системы и системы с изменяющимися оптическими свойствами	119
§ 1. Сканирование вращающимися объективами	—
§ 2. Сканирование оптическими клиньями	123
§ 3. Сканирование отверстием в непрозрачном экране, движущемся в плоскости изображения	126
§ 4. Сканирование путем управления оптическими свойствами деталей, входящих в оптическую систему	131

Ч А С Т Ь II

РАСТРОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ

Глава 7. Измерительные свойства растров (кодирование и декодирование информации в системах с растровыми анализаторами)	133
§ 1. Классификация и принцип действия растровых анализаторов	—
§ 2. Амплитудная модуляция	136
§ 3. Частотная модуляция	140
§ 4. Фазовая модуляция	143
§ 5. Амплитудно-частотная модуляция	153
§ 6. Импульсно-частотная модуляция	157
§ 7. Амплитудно-фазовая модуляция	162
§ 8. Частотно-фазовая модуляция	172
§ 9. Импульсная модуляция	174
Глава 8. Преобразование растром пространственного распределения излучения в функцию времени	179
§ 1. Структура и спектр модулированного потока излучения	—
§ 2. Гармоническая модуляция излучения. Ошибки модуляции. Модуляция кратковременных импульсов (вспышек) излучения	187
2.1. Идеальный гармонический модулятор	—
2.2. Ошибки изготовления раstra — модулятора излучения	188
2.3. Спектр модулированного излучения с учетом ошибок изготовления раstra	195
2.4. Спектры Фурье вспышек излучения, прошедших через гармонический модулятор	202
§ 3. Модуляция излучения вращающимся секторным растром (общие соотношения)	204
§ 4. Модуляция секторным растром излучения, равномерно распределенного в пределах части сектора раstra	210
§ 5. Модуляция секторным растром излучения, равномерно распределенного в пределах круглой диафрагмы поля	212
§ 6. Модуляция излучения секторным растром при коническом сканировании	231
§ 7. Модуляция излучения растром, имеющим форму барабана или перфорированной ленты	236

Ч А С Т Ь III

СИГНАЛ

Глава 9. Основные определения. Энергетические характеристики излучения	241
§ 1. Сигнал как физический процесс, передающий информацию	—
§ 2. Энергетические характеристики излучения	242
2.1. Поток излучения	243
2.2. Энергетическая сила света	—
2.3. Поверхностная плотность потока излучения	244
2.4. Поверхностно-угловая плотность потока излучения — энергетическая яркость	245
§ 3. Соотношения между энергетическими характеристиками излучения	247
3.1. Поток излучения в полусферу	—
3.2. Энергетическая освещенность от точечных и протяженных источников	248
§ 4. Мощность и спектральный состав излучения	253
§ 5. Влияние промежуточной среды на мощность и спектральный состав излучения	264
§ 6. Ослабление излучения атмосферой	270

Глава 10. Характеристики приемников излучения для сигнала	274
§ 1. Вводные замечания	—
§ 2. Амплитудные (энергетические или световые) и спектральные характеристики приемников излучения	276
§ 3. Частотные характеристики приемников излучения	290
3.1. Аперриодическое звено — простейший эквивалент приемника излучения с точки зрения его частотной характеристики	291
3.2. Коррекция частотной характеристики приемника излучения	295
Глава 11. Амплитуда сигнала. Сочетание приемника излучения с усилителем	298
§ 1. Терминология и обозначения. Расчет амплитуды сигнала на выходе усилителя (общий случай)	—
§ 2. Расчет амплитуды сигнала для случая, когда приемник излучения представляет собой генератор изменения сопротивления	305
§ 3. Расчет амплитуды сигнала для случая, когда приемник излучения представляет собой генератор э. д. с.	310
§ 4. Расчет амплитуды сигнала для случая, когда приемник излучения представляет собой генератор тока	315
Глава 12. Спектр сигнала. Основные определения и теоремы. Расчет спектров	317
§ 1. Вводные замечания	—
§ 2. Спектры периодических сигналов	318
2.1. Гармонические колебания	—
2.2. Сложный периодический процесс	320
2.3. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов	323
§ 3. Спектры непериодических сигналов (общие положения)	328
§ 4. Свойства спектров	333
4.1. Теорема о спектре суммы	—
4.2. Теорема запаздывания	—
4.3. Теорема смещения, или теорема о транспозиции (переносе) спектра	334
4.4. Связь между произведениями функций и их спектров. Равенство Парсевала	335
4.5. Спектр произведения. Теорема о свертке спектров	336
4.6. Теорема о спектре свертки	338
4.7. Теорема о спектре производной	—
4.8. Теорема о спектре интеграла	339
§ 5. Расчет спектров Фурье некоторых импульсов и процессов	340
5.1. Единичный скачок	—
5.2. Прямоугольный импульс	341
5.3. Единичный импульс	345
5.4. Колоколообразный (гауссов) импульс	348
5.5. Косинусный и косинус-квадратный импульсы	350
5.6. Гармонические колебания	354
5.7. Сложный периодический процесс	355
§ 6. Связь между спектром периодической последовательности импульсов и спектральной плотностью одиночного импульса той же формы	356
§ 7. Спектры модулированных колебаний	357
7.1. Вводные замечания	—
7.2. Спектр амплитудно-модулированного колебания	358
7.3. Спектр частотно-модулированного колебания	359
7.4. Спектр колебания при фазовой модуляции	362

§ 8. Функции с ограниченным спектром. Теорема Котельникова о дискретном представлении непрерывных сигналов	363
§ 9. Спектры двумерных и многомерных функций	366
9.1. Основные соотношения	—
9.2. Двумерная дельта-функция Дирака	368
9.3. Редукция преобразования Фурье к меньшему числу переменных	—
9.4. Спектр сечения двумерной функции	369
9.5. Двумерные спектры функций с разделяющимися переменными. Преобразование Фурье—Бесселя, или преобразование Ганкеля нулевого порядка	—
§ 10. Пространственно-частотные характеристики (ПЧХ) объектов наблюдения	373
10.1. Основные соотношения	—
10.2. ПЧХ точечного источника	374
10.3. ПЧХ объекта прямоугольной формы	375
10.4. ПЧХ круглого объекта равномерной яркости	—
10.5. ПЧХ круглого объекта неравномерной яркости	—
10.6. ПЧХ объекта вытянутой формы	376

Глава 13. Реакция электрической и оптической систем на входное воздействие. Импульсная характеристика электрического фильтра и функция рассеяния оптической системы	377
§ 1. Основные определения	—
§ 2. Электрические системы	378
§ 3. Оптические системы	381

Глава 14. Оптическая система как фильтр пространственных частот	385
§ 1. Основные соотношения	—
§ 2. Оптическая передаточная функция объектива и его пространственно-частотные (частотно-контрастные) характеристики	386
2.1. Пятно рассеяния представляет собой равномерно освещенный круг радиусом ρ_0	387
2.2. Пятно рассеяния представляет собой круг, изменение освещенности внутри которого аппроксимируется гауссидой вращения	388
2.3. Изображение создается объективом, качество которого ограничивается только дифракцией	—
2.4. Пятно рассеяния имеет квадратную форму, а распределение освещенности в нем аппроксимируется произведением косинусов в l -й степени	389
2.5. ЧКХ оптической системы	393
§ 3. Оптическая передаточная функция диафрагм, растров и приемника излучения	398

Глава 15. Спектр сигнала на выходе усилителя оптико-электронного прибора	400
§ 1. Общий случай	—
§ 2. Изопланарная оптическая система и заданный закон сканирования	402
§ 3. Примеры расчета спектра сигнала	409
3.1. Расчет спектра сигнала, вырабатываемого безынерционным приемником излучения, установленным в плоскости изображения идеального объектива, когда переменные в функции распределения чувствительности приемника разделяются	—
3.2. Расчет спектра сигнала, вырабатываемого безынерционным приемником излучения, установленным в плоскости изображения идеального объектива, когда переменные	

	в функции распределения чувствительности приемника не разделяются	412
3.3.	Расчет спектра сигнала, вырабатываемого безынерционным приемником излучения, установленным в плоскости изображения объектива, обладающего aberrациями	414
3.4.	Расчет спектра сигнала для случая, когда задан закон набегания изображения точечной цели на чувствительную площадку приемника излучения	418

Ч А С Т Ь IV

ШУМ

Глава 16.	Математические методы описания шума	422
§ 1.	Вводные замечания	—
§ 2.	Законы распределения вероятностей случайных функций	423
§ 3.	Математическое ожидание случайной функции	429
§ 4.	Дисперсия случайной функции	430
§ 5.	Корреляционная функция случайного процесса	432
§ 6.	Энергетический спектр случайного процесса или спектр Хинчина—Винера	434
§ 7.	Корреляционная функция и спектр Хинчина—Винера на выходе линейной инвариантной системы	441
Глава 17.	Методы оценки и расчета уровня шумов отдельных участков тракта оптико-электронного прибора	443
§ 1.	Коэффициент шума	—
§ 2.	Шумовая полоса пропускания	444
§ 3.	Шумовые эквивалентные схемы	446
Глава 18.	Шум приемников излучения и согласование его с усилителем. Порог чувствительности и другие характеристики приемников излучения	450
§ 1.	Виды шумов	—
§ 2.	Тепловой шум	—
§ 3.	Дробовый шум	457
§ 4.	Токовый шум	467
§ 5.	Генерационно-рекомбинационный шум	469
§ 6.	Фотонный шум (общие соотношения)	471
§ 7.	Фотонный шум тепловых приемников	480
§ 8.	Фотонный шум фотонных приемников	484
§ 9.	Температурный шум	497
§ 10.	Микрофонный шум	501
§ 11.	Вычисление и согласование шумов	—
§ 12.	Подавление теплового шума входной цепи. Шум при коррекции инерционности	504
§ 13.	Выбор оптимального сопротивления приемника излучения и его нагрузки	507
§ 14.	Порог чувствительности и другие характеристики приемников излучения, описывающие его способность обнаружить слабый сигнал	511
§ 15.	Характеристики некоторых приемников излучения	515
Глава 19.	Шум объекта наблюдения и фона	520
§ 1.	Объекты наблюдения и фоны	—
§ 2.	Шум объекта наблюдения	522
§ 3.	Шум фона	523

ОТНОШЕНИЕ СИГНАЛА К ШУМУ И ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
РАСЧЕТА ПАССИВНЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ.
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА
НА ФОНЕ СЛУЧАЙНЫХ ПОМЕХ

Глава 20. Основы энергетического расчета	531
§ 1. Общие соотношения	—
§ 2. Отношение сигнала к шуму на выходе усилителя оптико- электронного прибора. Уравнения дальности и чувстви- тельности	536
§ 3. Решение уравнений дальности и чувствительности оптико- электронного прибора	545
3.1. Расчет коэффициента ρ_0	550
3.2. Необходимое отношение сигнала к шуму	—
Глава 21. Оптимальный фильтр, его структура и способы реализации	555
§ 1. Структура оптимального фильтра и его основные характе- ристики	—
1.1. Структура оптимального фильтра	—
1.2. Амплитудно-частотная характеристика	556
1.3. Фазо-частотная или фазовая характеристика	557
§ 2. Сигнал и шум на выходе оптимального фильтра	559
§ 3. Импульсная характеристика оптимального фильтра	561
§ 4. Способы реализации оптимального фильтра	566
4.1. Оптимальный линейный фильтр с сосредоточенными по- стоянными	—
4.2. Оптимальный фильтр в виде коррелометра	575
4.3. Оптимальная фильтрация при окрашенном шуме	578
Глава 22. Основные принципы выделения оптического сигнала на фоне случайных помех	—
§ 1. Вводные замечания	—
§ 2. Методы учета влияния излучения естественного фона на ра- боту оптико-электронных приборов. Пространственная и спектральная фильтрации. Роль модуляции	580
2.1. Равномерный фон	—
2.2. Влияние побочного излучения на работу радиометра	583
2.3. Неравномерный фон	587
Список литературы	592

ИБ № 510

Михаил Михайлович МИРОШНИКОВ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Редакторы издательства:

Т. С. Васильева, Н. С. Егорова, Н. А. Жукова, М. Г. Оболдуева.
Переплет художника *Б. Н. Осенчакова.* Технический редактор *Т. П. Малашкина*
Корректоры *А. И. Лавриненко* и *Л. Н. Нефедова.*

Сдано в производство 23/II 1977 г. Подписано к печати 17/VIII 1977 г. М-12478.
Формат бумаги 60×90^{1/16}. Бумага типографская № 1. Печ. л. 37,5. Уч.-изд. л. 35,95
Тираж 8 000 экз. Зак. № 25. Цена 1 р. 50 к.

Ленинградское отделение издательства «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
191065, Ленинград, Д-65, ул. Дзержинского, 10

Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли
193144, Ленинград, С-144, ул. Моисеенко, 10