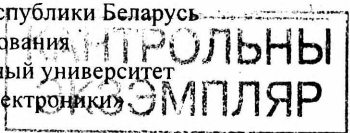


Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»



Факультет информационных технологий и управления

Кафедра систем управления

**Н. И. Сорока, Г. А. Кривинченко,
Е. В. Тарасюк**

**ТЕЛЕМЕХАНИКА.
ЛИНИИ СВЯЗИ И БЕЗОПАСНОСТЬ
УСТРОЙСТВ И СЕТЕЙ**

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего
образования по специальности «Информационные технологии
и управление в технических системах»*

Минск БГУИР 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Линии и каналы связи	8
1.1 Понятие о линии и канале связи	8
1.2 Проводные линии связи	13
1.2.1 Витая пара	19
1.2.2 Коаксиальный кабель	23
1.2.3 Волновод	24
1.3 Использование высоковольтных линий электропередачи в качестве линий связи	24
1.4 Использование распределительных силовых сетей в качестве линий связи	26
1.5 Радиолинии	28
1.5.1 Радиорелейные линии связи	39
1.5.2 Спутниковые линии связи	42
1.5.3 Космические радиолинии	45
1.5.4 Сотовая радиосвязь	46
1.5.5 Линейные системы индивидуальной связи	49
1.5.6 Телевизионные радиосистемы	49
1.6. Оптические линии связи	52
1.6.1 Атмосферные ОЛС	55
1.6.2 Космические ОЛС	56
1.6.3 Волоконно-оптические линии связи	57
1.6.4 Инфракрасное излучение	69
1.7 Структура линий связи	69
1.7.1 Конфигурация «точка – точка»	70
1.7.2 Конфигурация радиальная «точка – точка»	70
1.7.3 Конфигурация радиальная многоточечная	71
1.7.4 Конфигурация цепочечная	71
1.7.5 Конфигурация многоточечная кольцевая	71
1.7.6 Конфигурация смешанная	72
1.8 Способы передачи дискретных сообщений	72
1.9 Расчет основных характеристик цифровых линий связи	74
1.9.1 Энергетический расчет радиолинии «Космос – Земля»	77
1.9.2 Энергетический расчет радиолинии «Земля – Космос»	79
1.9.3 Энергетический расчет цифровой гидроакустической линии связи	79
1.10 Расчет волоконно-оптической линии связи	82
2 Помехи и их характеристики	84
2.1 Общие сведения о помехах	84
2.1.1 Сетевые помехи	86
2.1.2 Молнии и атмосферное электричество	86
2.1.3 Статическое электричество	87

2.1.4 Помехи через кондуктивные связи	87
2.1.5 Электромагнитные помехи	87
2.1.6 Другие типы помех.....	87
2.2 Математическое описание помехи.....	90
2.3 Виды искажений.	94
2.4 Методы повышения помехоустойчивости	96
2.4.1 Методы повышения помехоустойчивости передачи дискретных сообщений.	96
2.4.2 Методы повышения помехоустойчивости передачи непрерывных сообщений.	99
2.5 Некоторые практические советы по обеспечению помехоустойчивости систем телемеханики	102
3 Промышленные сети, технологии передачи сообщений и функциональные блоки систем телемеханики	105
3.1 Общие сведения и основные определения.....	105
3.2 Методы организации доступа к линии связи.....	108
3.3 Технические характеристики промышленных сетей	109
3.3.1 Сенсорные сети	112
3.3.2 Контроллерные сети	116
3.3.3 Универсальные сети	119
3.3.4 Сети верхнего уровня	123
3.4 Беспроводные сети систем управления	124
3.4.1 Проблемы беспроводных сетей и пути их решения	124
3.4.2 <i>Bluetooth</i>	125
3.4.3 <i>ZigBee</i> и <i>IEEE 802.15.4</i>	126
3.4.4 <i>Wi-Fi</i> и <i>IEEE 802.11</i>	128
3.4.5 Сравнение беспроводных сетей	130
3.4.6 Инфракрасный канал	130
3.5 Технологии высокоэффективного использования линий связи	131
3.5.1 Технологии высокоскоростной передачи данных по локальным линиям связи	131
3.5.2 Параллельная передача данных и синхросигнала по группе витых пар проводов	135
3.5.3 Аппаратное резервирование	140
3.6 Устройства защиты от ошибок.....	142
3.6.1 Основные типы	142
3.6.2 Алгоритм функционирования УЗО.....	143
3.6.3 Структурная схема передающей части УЗО	144
3.6.4 Структурная схема приемной части УЗО	147
3.7 Модемы	149
3.7.1 Общие сведения.	149
3.7.2 Структурная схема модема	153
3.7.3 Интерфейсы модемов	158

3.8	Устройства сопряжения с линиями и каналами	161
3.8.1	Выходное устройство	161
3.8.2	Входное устройство	162
4	Элементная база систем контроля и управления	165
4.1	Требования к элементной базе	165
4.2	Технические характеристики модулей серии <i>ADAM</i>	167
4.2.1	Модули нормализации и гальванической развязки серии.....	168
4.2.2	Устройства удаленного сбора данных и управления <i>ADAM-4000</i>	169
4.2.3	Коммуникационные модули	174
4.2.4	Контроллеры сбора данных и управления <i>ADAM-5000</i>	184
4.3	Датчики телеметрических систем.....	193
4.3.1	Определения и основные характеристики	193
4.3.2	Классификация телеметрических датчиков.....	194
4.3.3	Активные датчики	195
4.3.4	Пассивные датчики.....	195
4.3.5	Комбинированные датчики	197
4.3.6	Величины, влияющие на характеристики датчиков.....	197
4.4	Сетевое оборудование	198
4.4.1	Преобразователи интерфейса.....	200
4.4.2	Адресуемые преобразователи интерфейса	202
4.5	Требования к программному обеспечению	204
4.6	Описание пакета <i>GENESIS32</i>	205
4.7	Пример построения телеметрической системы.....	207
5	Кибербезопасность промышленных систем телемеханики	210
5.1	Источники проблем безопасности	210
5.2	Этапы обеспечения безопасности	212
6	Структуры форматов кадров телемеханических сообщений по стандарту МЭК 870	216
6.1	Классы организации передачи и форматы кадров	217
6.2	Процедуры в каналах передачи.....	220
	Приложение А. Кабели и монтажные провода.....	222
	Перечень сокращений.....	231
	Список использованных источников.....	235