*Раздел* 5. Приемная часть телеметрических систем

Лекция 13

Устройства вывода и отображения информации

1.Функциональная и принципиальная схемы радиоприемника.

2.Сотовая связь.

3.Устройства вывода и отображения информации.

4.Регистраторы телеметрической информации.

**1.** **Функциональная и принципиальная схемы радиоприемника**



Рис.1. Классическая блок-схема супергетеродинного приемника

Смысл понятия «супергетеродин» заключается в том, что выделенный входным контуром высокочастотный сигнал сначала преобразуется в другую частоту, постоянную для данного типа приемника, а затем на этой промежуточной частоте производится усиление основного сигнала и ослабление мешающих.

Как видно из схемы, настройка на радиостанцию осуществляется таким же колебательным контуром, как и в детекторном приемнике.

***Гетеродин*** – это маломощный перестраиваемый генератор (кстати, давший название принципу).

В приемнике генератор вырабатывает колебания, которые в дальнейшем складываются с радиочастотой. Причем, как видно из схемы, частота гетеродина синхронно изменяется вместе с настройкой входного контура (с помощью многосекционного КПЕ). Это нужно для того, чтобы частота сигнала, полученная после сложения, всегда оставалась постоянной. Это будет промежуточная частота (ПЧ). Она не зависит от выбранного диапазона настройки и от частоты принимаемой радиостанции.

Постоянство ПЧ, получаемой на выходе смесителя, позволяет гораздо эффективней отфильтровать нежелательные сигналы (радиочастоты соседних радиопередатчиков, эфирные помехи и т.п.). Это связано с тем, что конструктивно легче создать качественный фильтр на постоянную частоту, нежели на меняющуюся. Промежуточная частота выбирается таким образом, чтобы ее значение не попадало в область частот передающих радиостанций (обычно 465 кГц в отечественной аппаратуре и 455 кГц – в импортной). Кроме того, относительно низкая ПЧ не так требовательна к качеству применяемых элементов (транзисторов, микросхем, фильтров, конденсаторов). Они могут быть низкочастотными и, следовательно, более дешевыми.

Кроме выделения сигнала входным колебательным контуром, сигнал проходит еще через один настраиваемый контур (после усилителя ВЧ, см. схему). Это позволяет еще в большей степени избавиться от нежелательных входных сигналов. В ламповую эпоху развития радио супергетеродинные приемники оснащались несколькими резонансными каскадами, каждый из которых подстраивался своей секцией КПЕ, управляемой общей ручкой. Появление качественных полупроводниковых приборов позволило упростить механическую часть схемы, а в дальнейшем и вовсе отказаться от механических КПЕ. В современных радиоприемных устройствах практически не встречаются механические конденсаторы переменной емкости.

**2.** **Сотовая связь**

Спутниковые каналы используют диапазоны, перечисленные в таблице 3.3.2 (http:// docs.luksian.com/networks/techs/intro/).

Таблица 3.3.2. Частотные диапазоны, используемые для спутниковых телекоммуникаций

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Диапазон | Канал снижения (downlink), ГГц | Канал подъема (uplink), ГГц | Источники помех |
| С | 3,7-4,2 | 5,925-6,425 | Наземные помехи |
| ku | 11,7-12,2 | 14,0-14,5 | Дождь |
| ka | 17,7-21,7 | 27,5-30,5 | Дождь |

Из таблицы видно, что передача ведется на более высокой частоте, чем прием сигнала со спутника. Обычный спутник обладает 12-20 транспондерами (приемопередатчиками), каждый из которых имеет полосу 36-50МГц, что позволяет сформировать поток данных 50 Мбит/с. Такая пропускная способность достаточна для получения 1600 высококачественных телефонных каналов (32 кбит/c). Современные спутники используют узкоапертурную технологию передачи vsat (very small aperure terminals). Такие терминалы используют антенны диаметром 1 метр и выходную мощность около 1 Вт. При этом канал к спутнику имеет пропускную способность 19,2 кбит/с, а со спутника более 512 кбит/c. Такие терминалы не могут работать друг с другом непосредственно через телекоммуникационный спутник. Для решения этой проблемы используются промежуточные наземные антенны с большим усилением, что, правда увеличивает задержку.

Схема связей в технологии VSAT (very small aperure terminals) приведена на рис. 3.3.8.



Рис. 3.3.8. Схема спутниковой связи VSAT

Терминальные антенны vsat имеют диаметр 1-1,5 м и излучаемую мощность 1-4 Вт, обеспечивая широкополосность до 64 кбит/с. Такие небольшие антенны не позволяют таким терминалам общаться непосредственно. На рис. 3.3.8. станции А и Б не могут связываться непосредственно друг с другом. Для передачи данных используется промежуточная станция с большой антенной и мощностью (на рис. антенна В).

Для создания постоянных каналов телекоммуникаций служат геостационарные спутники, висящие над экватором на высоте около 36000 км. Теоретически три таких спутника могли бы обеспечить связью практически всю обитаемую поверхность Земли (рис. 3.3.9.). Спутники, работающие на одной и той же частоте должны быть разнесены по углу на 2o. Это означает, что число таких спутников не может быть больше 180. В противном случае они должны работать в разных частотных диапазонах. При работе в ku-диапазоне угловое расстояние между спутниками можно сократить до 1o. Влияние дождя можно минимизировать, используя далеко отстоящие наземные станции (размеры урагана конечны!).



Рис. 3.3.9.

Реально геостационарная орбита переполнена спутниками различного назначения и национальной принадлежности. Обычно спутники помечаются географической долготой мест, над которым они висят. На практике геостационарный спутник не стоит на месте, а выполняет движение по траектории, имеющей вид цифры 8. Угловой размер этой восьмерки должен укладываться в рабочую апертуру антенны, в противном случае антенна должна иметь сервопривод, обеспечивающий автоматическое слежение за спутником.

Из-за энергетических проблем телекоммуникационный спутник не может обеспечить высокого уровня сигнала. По этой причине наземная антенна должна иметь большой диаметр, а приемное оборудование низкий уровень шума. Это особенно важно для северных областей, для которых угловое положение спутника над горизонтом невысоко (это особенно существенно для широт более 70°), а сигнал проходит довольно толстый слой атмосферы и заметно ослабляется. Спутниковые каналы могут быть рентабельны для областей, отстоящих друг от друга более чем на 400-500 км (при условии что других средств не существует). Правильный выбор спутника (его долготы) может заметно снизить стоимость канала.

Число позиций для размещения геостационарных спутников ограничено. В последнее время для телекоммуникаций планируется применение так называемых низколетящих спутников (<1000 км; период обращения ~1 час). Эти спутники движутся по эллиптическим орбитам и каждый из них по отдельности не может гарантировать стационарный канал, но в совокупности эта система обеспечивает весь спектр услуг (каждый из спутников работает в режиме «запомнить и передать». Из-за малой высоты полета наземные станции в этом случае могут иметь небольшие антенны и малую стоимость (см. также [S.Bhatti](http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/S.Bhatti/D51-notes/Node27.html)).

Типичный спутник имеет 12-20 транспондеров, каждый из которых имеет полосу 36-50 МГц. Один транспондер может обеспечить информационный поток в 50 Мбит/с или 800 64-килобитных каналов цифровой телефонии. Два транспондера могут использовать разную поляризацию сигнала и по этой причине работать на одной и той же частоте. Каждый телекоммуникационный спутник снабжен несколькими антеннами. Низходящий луч может быть сфокусирован на достаточно ограниченную область на Земле (с диаметром несколько сот км), что также упрощает осуществление двунаправленного обмена.

Существует несколько способов работы совокупности наземных терминалов со спутником. При этом может использоваться мультиплексирование по частоте (FDM), по времени (TDM), CDMA (Code Division Multiple Access), ALOHA или метод запросов.

Схема запросов предполагает, что наземные станции образуют логическое кольцо, вдоль которого двигается маркер. Наземная станция может начать передачу на спутник, лишь получив этот маркер.

Простая система *ALOHA* (разработана группой Нормана Абрамсона из Гавайского университета в 70-х годах) позволяет каждой станции начинать передачу тогда, когда она этого захочет. Такая схема с неизбежностью приводит к столкновениям. Связано это отчасти с тем, что передающая сторона узнает о столкновении лишь спустя ~270 мсек. После столкновения станция ожидает некоторое псевдослучайное время и совершает повторную попытку передачи еще раз. Такой алгоритм доступа обеспечивает эффективность использования канала на уровне около 18%, что совершенно недопустимо для таких дорогостоящих каналов, как спутниковые. По этой причине чаще используется доменная версия системы ALOHA, которая удваивает эффективность. Одна наземная станция (эталонная) периодически посылает специальный сигнал, который используется всеми участниками для синхронизации. Если длина временного домена равна ΔT, тогда домен с номером k начинается в момент времени kΔT по отношению к упомянутому выше сигналу. Так как часы разных станций работают немного по-разному, необходима периодическая ресинхронизация. Другой проблемой является разброс времени распространения сигнала для разных станций.

*Метод мультиплекcирования по частоте* (FDM) является старейшим и наиболее часто используемым. Типичный транспондер с полосой 36 Мбит/с может использован для получения 500 ИКМ-каналов по 64 кбит/c, каждый из которых работает со своей уникальной частотой, чтобы исключить интерференцию с другими. Соседние каналы должны отстоять на достаточном расстоянии друг от друга. Кроме того, должен контролироваться уровень передаваемого сигнала, так как при слишком большой выходной мощности могут возникнуть интерференционные помехо в соседнем канале. Если число станций невелико и постоянно, частотные каналы могут быть распределены стационарно. Но при переменном числе терминалов или при заметной флуктуации загрузки приходится переходить на динамическое распределение ресурсов. Одним из механизмов такого распределение имеет название *SPADE*, он использовался в первых версиях систем связи на базе INTELSAT. Каждый транспондер системы SPADE содержит 794 симплексных ИКМ-каналов по 64 кбит/c и один сигнальный канал с полосой 128 кбит/c. ИКМ-каналы используются попарно для обеспечения полнодуплексной связи. При этом восходящий и ниcходящий каналы имеют полосу по 50 Мбит/с. Сигнальный канал делится на 50 доменов по 1 мсек (128 бит). Каждый домен принадлежит одной из наземной станции, число которых не превышает 50. Когда станция готова к передаче, она произвольным образом выбирает неиспользуемый канал и записывает номер этого канала в очередной свой 128 битный домен. Если один и тот же канал попытаются занять две или более станции происходит столкновение и они вынуждены будут повторить попытку позднее.

*Метод мультиплекирования по времени* сходен с FDM и довольно широко применяется на практике. Здесь также необходима синхронизация для доменов. Это делается также, как и в доменной системе ALOHA c помощью эталонной станции. Присвоение доменов наземным станциям может выполняться централизовано или децентрализовано.

Рассмотрим систему ACTS (Advanced Communication Technology Satellite). Система имеет 4 независимых канала (TDM) по 110 Мбит/c (два восходящих и два ниcходящих). Каждый из каналов структурированы в виде 1-милисекундных кадров, каждый из которых имеет по 1728 временных доменов. Каждый из временных доменов имеет 64-битовое поле данных, что позволяет реализовать голосовой канал с полосой в 64 кбит/c. Управление временными доменами с целью минимизации времени на перемещения вектора излучения спутника предполагает знание географического положения наземных станций. Управление временными доменами осуществляется одной из наземных станций (MCS - Master Control Station). Работа системы ACTS представляет собой трехшаговый процесс. Каждый из шагов занимает 1 мсек. На первом шаге спутник получает кадр и запоминает его в 1728-ячеечном буфере. На втором – бортовая ЭВМ копирует каждую входную запись в выходной буфер (возможно для другой антенны). И, наконец, выходная запись передается наземной станции.

В исходный момент каждой наземной станции ставится в соответствие один временной домен. Для получения дополнительного домена, например для организации еще одного телефонного канала, станция посылает запрос MCS. Для этих целей выделяется специальный управляющий канал емкостью 13 запросов в сек. Существуют и динамические методы распределения ресурсов в TDM (методы Кроузера [Crowther], Биндера [Binder] и Робертса [Roberts]).

*Метод CDMA* (Code Division Multiple Access) не требует синхронизации и является полностью децентрализованным. Как и другие методы он не лишен недостатков. Во-первых, емкость канала CDMA в присутствии шума и отсутствии координации между станциями обычно ниже, чем в случае TDM. Во-вторых, система требует быстродействующего и более дорогого оборудования.

Использован: http:// docs.luksian.com/networks/techs/intro/.

**3.** **Устройства вывода и отображения информации**

Оконечным узлом приемника телеметрической системы является устройство вывода и отображения информации. Потеря и искажение сигнала может допускаться не только при передаче сигнала, но и непосредственно при его регистрации.

Устройство вывода и отображения информации оставался и остается слабым звеном физического эксперимента. Сигнал надо также записать таким образом, чтобы не было ошибок при его визуальной обработке.

Регистрируемая информация фиксируется на материале-носителе, в качестве которого используют бумагу, фотоматериалы, ферромагнитную плёнку и т.д. Соответственно, регистрирующим органом служит карандаш, перо, резец, световой или электронный луч, магнитная головка, металлический электрод и пр.

Первые устройство вывода и отображения информации были сконструированы на базе широко распространённых контрольно-измерительных приборов присоединением к ним пишущих элементов, оставляющих следы на бумаге (карандашей или перьев). Отсюда их первоначальное название – *самопишущие приборы* (для записи механических перемещений и колебаний, давления и расхода жидкостей и газов, температуры, влажности, электрического напряжения, тока и т.д.).

Одним из таких устройств является ондулятор (рис.4). Ондулятор представляет собой изогнутую металлическую трубку с капиллярным наконечником. В трубку подаются чернила. Сигнал, например импульсный, подается в катушку электромагнита, вызывая резкое отклонение капиллярного наконечника. Ондулятор позволяет регистрировать до 100 импульсов в секунду.



Рис.4. Ондулятор

С развитием электроники расширился круг устройств отображения информации: световые цифровые табло, электронно-лучевые трубки, плазменные панели и устройства на светодиодах.

Общая схема устройства электроннолучевой трубки представлена на рис.5.



Рис.5. Общее устройство электроннолучевой трубки: ЭП – электронная пушка; ОС – отклоняющая система; Э - экран

В узкий конец электроннолучевой трубки вмонтирована электронная пушка *ЭП*. *Электронная пушка* – вакуумное устройство (обычно диод) для получения пучков электронов. Широкое дно *Э* электроннолучевой трубки покрыто слоем флуоресцирующего вещества и служит экраном. Под действием ударов попадающих на него электронов экран светится, и в том месте, куда попадает электронный луч, появляется светлое (обычно зеленое) пятнышко *F*. Между электронной пушкой и экраном помещена отклоняющая система *ОС* для отклонения пучка электронов в горизонтальном и вертикальном направлениях. Для отклонения пучков заряженных частиц используют электроннооптические устройства с электрическими или магнитными полями, направленными поперёк пучка.

Поток электронов (луч) может отклоняться в вертикальной и горизонтальной плоскости, что обеспечивает последовательное попадание его на все поле экрана. Путь электронного луча на экране схематично показан на рис. 6. Сплошные линии — это активный ход луча, пунктир — обратный.

****

Рис.6. Схема развертки электронного луча.

Частота перехода на новую линию называется *частотой строчной (или горизонтальной) развертки*. Частота перехода из нижнего правого угла в левый верхний называется *частотой вертикальной (или кадровой) развертки*.

**4.** **Регистраторы телеметрической информации**

**4.1.Общая характеристика регистраторов телеметрической информации**

Процесс регистрации информации сводится к записи информации на различных носителях или визуального отображения информации.

*Регистраторы характеризуются*:

1)скоростью записи;

2)точностью;

3)разрешающей способностью;

4)полосой пропускания.

*Регистраторы классифицируются*: по типу носителя (электромеханический, фотографический, магнитный); характеру регистрации сигналов (аналоговый, дискретный).

Наибольшее применение находят следующие аналоговые регистраторы:

1.Перьевые и струйные.

2.Шлейфные осциллографы.

3.Электротермические регистраторы.

4.Магнитные регистраторы.

Перьевые и струйные регистраторы.

В перьевых и струйных регистраторах чернила подводят к перу капиллярным способом. Такие регистраторы воспроизводят частоты до 70-100 Гц. В силу этого они пригодны для записи информации с хорошей (для практики) точностью или удовлетворительной (для исследователей).

*Достоинство* таких самописцев следующие:

1) Перьевые и струйные регистраторы обеспечивают открытую форму записи, и исследователь видит качество записи. Исследователь визуально оценивает качество записи, принимает решение о завершении записи или ее продолжении, если имелись участки с артефактами.

2)Дешевизна носителя, в качестве которой обычно служит рулонная бумага с миллиметровой шкалой.

*Недостатки* этого типа регистраторов заключается в необходимости периодической чистки пера и слежения за его состоянием во время записи, условиями его хранения (чтобы не вызвать вытекание чернил).

Шлейфные (магнитоэлектрические) осциллографы.

Шлейфный (шлейфовый) осциллограф представляет собой гальванометр Д’Арсонваля (рис.7). При пропускании тока через катушку, последняя поворачивается в поле постоянного магнита, вызывая поворот зеркальца. Зеркальце отбрасывает узкий луч света на фотопленку.



Рис.7. Схема шлейфа шлейфового осциллографа

Шлейфовые осциллографы имеют до 50 шлейфов. Наивысшая регистрируемая частота лежит в пределах до 300-2000 Гц.

*Достоинства*:

1.Широкий частотный диапазон (до 1 кГц).

2.Высокая чувствительность.

3.Большое число каналов.

*Недостатки*:

1.Закрытая форма записи.

2.Потребность в фотопленке и в большом количестве.

*Пример*: На 1 рулоне можно записать информацию в течение небольшого времени: .

3.Необходимость наличия фотолаборатории.

4.Сложность просмотра и изучения.

5.Необходимость в последующей визуализации электрограмм.

6.Низкоомность применяемых гальванометров (*Ri* = 8-30 Ом).

Электротермические регистраторы.

Носителем является термочувствительная бумага. В качестве пера используется стержень, в конец которого вмонтирована спираль. К спирали подается постоянный ток. Спираль нагревает конец стержня и на бумаге появляется запись. Развертку носителя обеспечивает двигатель, а развертку стержня («пера») производит электромеханическое устройство.

*Недостатки*:

Бумага не терпит влаги и изображение портится.

При решении отдельных задач, а именно при длительных наблюдениях возникает необходимость в запоминании информации. Эту задачу решают магнитные регистраторы.

Магнитные регистраторы.

*Достоинства*:

1)Многоканальные.

2)Большая информационная емкость.

3)Возможность многократного использования информации.

4)Широкая полоса записываемых частот (до 100 кГц).

5)Сопрягаемость с ЭВМ.

6)Компактность носителя и длительного его использования.

*Недостатки*:

1)Закрытая форма записи.

2)Необходимость в дополнительных устройствах дешифровки и визуализации информации.

Запись сигналов на магнитный носитель осуществляется на основе частотной модуляции или ШИМ. Предусмотрена возможность подачи поднесущих частот на регистратор в одних типах регистраторов, в других – предусмотрена модуляция сигнала в самом регистраторе.

## 3. Магнитограф

Блок-схема воспроизведения сигнала с магнитографа приведена на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема воспроизведения сигнала с магнитографа

Современные магнитографы с кодоимпульсной модуляцией имеют до 20 и более дорожек для записи физиологического сигнала.

В настоящее время многих исследователей не удовлетворяет получение визуальной формы сигнала.

# 4.2. Автоматическая регистрация

***Автоматическая регистрация*** -автоматическое преобразование и документальная запись различных величин, характеризующих технологические процессы, работу машин, исследуемые явления.

Обычно результат регистрации видим и долговечен (например, при записи чернилами), реже применяют способы автоматической регистрации, при которых результаты регистрации невидимы и их для прочтения надо проявлять (например, при намагничивании, электризации) или же они со временем постепенно исчезают (например, при люминесценции).

Все известные способы автоматической регистрации можно разделить на три вида:

-регистрацию нанесением слоя вещества,

-снятием слоя вещества,

-деформацией или иным изменением состояния вещества носителя записи (см. *Запись и воспроизведение информации).*

Автоматическая регистрация производится автоматическими регистрирующими приборами (РП), в состав которых входят носитель записи, регистрирующий орган, устройства для перемещения носителя и регистрирующего органа.

В сложных приборах может применяться несколько регистрирующих органов и приводных устройств. Примеры приводных устройств - часовой механизм, автоматические *регуляторы, следящие системы, реле,* импульсные, синхронные и др. электродвигатели. Такие устройства, управляемые воздействиями извне, называются исполнительными преобразователями.

В *измерительно-информационных системах* РП соединяются с различными *датчиками, измерительными приборами,* командными и вычислительными устройствами, аппаратурой телеизмерения и телеуправления, управляющими вычислительными машинами.

Разделение РП по виду регистрируемой величины - основная классификация для потребителей, интересующихся прежде всего назначением прибора. Именно этот принцип деления получил отражение в распространённых названиях регистрирующих устройств: виброграф, барограф, термограф, гигрограф, хронограф и т.п.

Существуют и другие классификации, например по структуре и принципу действия прибора, по виду информации и методам её преобразования. По виду преобразуемой энергии различают механические, оптические, электрические, магнитные РП, по области применения - производственные, лабораторные, учётные, навигационные, метеорологические и др. РП.

Простейшими по структуре являются приборы для автоматической регистрации сообщения о наступлении какого-либо одного события (запуск или остановка машины, возникновение аварийной ситуации и т.п.). Примером такого прибора может служить хронограф, который имеет исполнительные преобразователи времени (часовой механизм или синхронный двигатель, перемещающий носитель) и события (например, релейный элемент, отклоняющий перо при поступлении сигнала) (рис., а). Подобные приборы встречаются сравнительно редко.

Наиболее обширную группу РП составляют приборы для регистрации изменения различных параметров во времени (рис., *б)* или изменения одного параметра в функции другого параметра, но не во времени (рис., в). Запись в виде непрерывной кривой воспроизводится на плоских носителях с помощью точечных регистрирующих органов, которые имеют две степени свободы движения относительно носителя записи. На рис., г показана структура приборов для регистрации изменений одновременно нескольких параметров во времени в виде разноцветных либо обозначенных разными символами линий.

По методам преобразования устройства автоматической регистрации можно разделить на 4 группы:

1.приборы прямого преобразования,

2.следящие,

3.развёртывающие и

4.цифровые системы.

К первым относятся самопишущие вольтметры, амперметры, шлейфовые и электроннолучевые *осциллографы* и различные механич. приборы. Следящие системы используются в автоматич. *потенциометрах,* уравновешиваемых *мостах измерительных,* электроакустич. регистраторах. В группу приборов с развёртывающей системой преобразования (см. *Развёртка)* входят стробоскопические показывающие и регистрирующие приборы, различные *графопостроители,* фоторегистрирующие приборы с импульсными отметками значений (импульсографы) и др. К цифровым системам относятся приборы, в которых данные записываются фигурными знаками либо определёнными комбинациями точек, печатающие устройства, фоторегистрирующие приборы и цифросинтезирующие устройства.

Скорость автоматической регистрации определяется наивысшей частотой записываемого колебания при заданной точности записи: например, у электроннолучевых осциллографов ~ 10 *МГц,* светолучевых (шлейфовых) осциллографов ~ 10 *кГц,* электронных импульсных и цифровых приборов ~ 10 *Гц,* мостов и потенциометров ~ 1 *Гц,* элсктромеханических приборов прямого преобразования ~ 1 *Гц.*

Точность записи и воспроизведения информации характеризуется допускаемой погрешностью (в процентах от диапазона измерений): например, у осциллографов ~10%, электромеханических приборов ~ 1 %, мостов и потенциометров ~0,1%, импульсных и цифровых приборов ~0,01%.

*Лит.:* Темников Ф, Е,, Автоматические регистрирующие приборы, 3 изд., М., 1968.

*Структурные схемы приборов для автоматической регистрации событий во времени (а), изменения параметра в функции времени (б) либо в функции другой переменной (в), изменения одновременно нескольких параметров во времени (г): М - носитель записи; О - регистрирующий орган; П (Т) - исполнительный преобразователь времени Т; П (X)- измерительный преобразователь параметра X; П (S) - исполнительный преобразователь события.*

## Вопросы для самоподготовки

1. Для чего служат регистраторы?

2. Назовите основные типы регистраторов?

3. Поясните процесс воспроизведения сигнала с магнитографа.

4. Каковы современные тенденции развития регистраторов?

Лекция 14

Методы мониторинга в светотехнике

1. Телеметрические системы для передачи данных о состоянии светотехнической системы по проводным линиям связи.

2. Структурная схема и основные характеристики.

3. Системы для длительного наблюдения за состоянием светотехнических устройств.

4. Структурная схема систем.

На практическое занятие выносятся еще два вопроса из учебной программы:

1.Общее устройство персональных компьютеров, предназначенных для регистрации и обработки телеметрической информации.

2.Программные продукты и приложения для обработки телеметрической информации.

**1.** **Телеметрические системы для передачи данных о состоянии светотехнической системы по проводным линиям связи**

*Мониторинг* – система регулярных, длительных наблюдений в пространстве и во времени, дающая информацию о состоянии изучаемой системы. Здесь наблюдение выстуает как преднамеренное и целенаправленное восприятие обусловленное задачей деятельности.

Благодаря современным технологиям, основанным на телеметрических принципах, возможен удаленный мониторинг состояния светотехнических систем, что значительно снижает расходы на техническое обслуживание, а также сокращает время, требующееся для проведения ремонтных работ. Появляется возможность рассчитать суммарную продолжительность горения светильников и, таким образом, снизить возможность выхода светильника из строя. Кроме того, безупречно действующее освещение повышает безопасность людей.

При мониторингесостояния светотехнической системы контролируются показатели эффективности и режимы работы осветительных установок.

В условиях малых расстояний для мониторинга состояния светотехнических систем целесообразно применять проводную связь. В общем виде *проводная связь*– это связь, при которой сообщения передаются по проводам посредством электрических сигналов.

При проводной связи сообщения могут вводиться и приниматься различными способами, в зависимости от чего можно выделить следующие виды проводной связи:

 1. Сообщения могут вводиться голосом и приниматься на слух *(телефонная связь)*.

2. Передаваться и приниматься с помощью аппаратов, записывающих и воспроизводящих сообщения в виде условных знаков или букв и цифр *(телеграфная связь* и *передача данных)*.

3. Передаваться и приниматься в виде неподвижных изображений – фотографий, чертежей, рисунков *(факсимильная связь)* или

4. Передаваться и приниматься в виде подвижных (телевизионных) изображений и речи абонентов *(видеотелефон).*

В телеметрических системах для передачи данных о состоянии светотехнических установок довольно часто применяют технологию передачи данных по линям электросети (Power Line Communications – PLC). Технология PLC позволяет использовать уже имеющуюся в наличии электропроводку, снижая, таким образом, расходы на инсталляцию отдельных проводов. Единственная особенность таких технологий заключается в том, что информацию передают на других частотах, коренным образом отличающихся от промышленных.

Приведем пример использования системы для передачи данных о состоянии светотехнических установок и интеллектуального управления уличным освещением, которая была применена в г.Осло (столица Норвегии). Для его реализации было заменено 55 тыс. уличных светильников: старые, неэффективные механические дроссели заменили электронными Lon-дросселями, применяющими технологию передачи данных по линям электросети с применением технологии PLC.

**2.** **Структурная схема и основные характеристики (телеметрических систем для передачи данных о состоянии светотехнической системы по проводным линиям связи)**

При осуществлении проводной связи используют:

-подземные *кабели связи* (реже воздушные линии связи);

-электронные усилители сигналов, включаемые через определённые расстояния в разрывы кабеля связи;

-оконечную аппаратуру, различающуюся в зависимости от вида проводной связи.

Благодаря встроенным трансиверам (Power Line Transceiver) возможно управление системой через электросеть. Трансиверы могут сообщаться с Интернет-серверами, которые, в свою очередь, в качестве контроллеров сегментов сети сообщаются с ПО управления центрального компьютера в сервис-центре, где регистрируются все данные по энергопотреблению и состоянию каждого отдельного светильника, а также все выходы из строя и неисправности.



Рис.Структурная схема:

Комплекс поддерживает различные способы организации связи с объектами уличного освещения (как проводные, так и беспроводные):

- Ethernet (*net* – это сеть);

- выделенная телефонная пара;

- коммутируемый телефонный канал;

- GSM (прямой канал);

- GSM (sms);

- GSM (gprs).

Это позволяет скомпоновать систему управления уличным освещением максимально оптимизированной под имеющиеся в распоряжении заказчика каналы связи.

*Пояснения*: **GSM** является самым распространенным в мире стандартом сотовой связи. Сети такого типа работают уже более чем в 160 странах. В России стандарт GSM объявлен основным федеральным стандартом, и его использует 80% всех абонентов сотовой связи.

**GPRS** – General Packet Radio Service (Сети с пакетной передачей данных)
General Packet Radio Service, (GPRS) – это технология, стандартизированная ETSI как часть развития стандарта GSM фазы 2+ и представляющая собой первую реализацию пакетной коммутации в сетях стандарта GSM, ранее использовавших только технологию коммутации каналов. Вместо передачи непрерывного потока данных через постоянное соединение, при пакетной коммутации сеть используется только в случае наличия данных для передачи. Применение технологии GPRS позволяет пользователям пересылать и принимать данные на скоростях до 170,2 кбит/с.

В составе комплекса используются пассивные контроллеры TSP-304, на смену которым уже пришли интеллектуальные контроллеры TSP-305, работающие согласно годового расписания и обеспечивающие управление канальной аппаратурой (GSM/GPRS-модемами).

Контроллер TSP-305 является модульным устройством, в состав которого входят следующие основные компоненты:

**1. *Управляющий модуль TSP-200L*** – предназначен для управления уличным освещением согласно заложенным в него алгоритмам. TSP-200L имеет встроенные энергонезависимые часы реального времени. Он хранит расписание и осуществляет переключение режимов освещения в соответствии с ним. Управление пускателями и контроль их состояний TSP-200L осуществляет посредством своих дискретных выходов (ТУ) и входов (ТС). По интерфейсу RS-485 модуль TSP-200L опрашивает внешний цифровой счетчик, осуществляющий измерения токов, напряжений, активных, реактивных мощностей и технический учет энергии.

**2. *GSM модем или модем для выделенных линий*** – предназначен для организации канала связи с оборудованием диспетчерского пункта.

**3. *Блок реле-повторителей*** – предназначен для управления магнитными пускателями.

**4. *Органы контроля и индикации*** – предназначены для управления устройством в ручном (местном) режиме.

Контроллер TSP-305 обеспечивает:

–управление пускателями силовых шкафов уличного освещения локально – согласно хранимого годового расписания и вручную, а также дистанционно;

–загрузку расписания в контроллер локально (с помощью ноутбука) и дистанционно из диспетчерского пункта по каналу связи;

–контроль текущего состояния пускателей;

–контроль целостности цепей электропитания уличного освещения;

–считывание и передачу в ДП основных параметров электроэнергии питающего фидера, в т.ч. технический учет электрической энергии (активной и реактивной);

–контроль режима управления уличным освещением (автоматическое / ручное местное);

–контроль дополнительных дискретных и аналоговых сигналов (охрана помещения, температура и пр.).

Применение контроллера TSP-305 в составе комплекса управления уличным освещением позволяет осуществлять непрерывный мониторинг (период достоверности зависит от используемого канала связи) состояния сети уличного освещения и дистанционное управление режимом освещения в любой момент времени с диспетчерского пункта.

**3.** **Системы для длительного наблюдения за состоянием светотехнических устройств**

В 2006 году ООО «ВНИСИ» по договору с ГУП «Моссвет» создана светотехническая измерительная лаборатория для мониторинга параметров наружного освещения.

Для измерения яркости дорожного покрытия использован яркомер фирмы TechnoTeam, Германия. Цифровая камера делает снимки, по которым затем автоматически рассчитывается яркость в нужных точках, равномерность её распределения и средние значения; яркомер может также измерять яркость фасадов, рекламных щитов и осветительных приборов. Для измерения освещенности применяется люксметр фирмы LMT (Германия).

В мобильном варианте светотехническая измерительная лаборатория смонтирована в автомобиле типа «Соболь».

Основным достоинством лаборатории является возможность измерения фактических характеристик освещения при движении автомобиля, документирования и протоколирования данных посредством автоматической записи на персональный компьютер, входящий в состав лаборатории. Программное обеспечение обеспечивает создание протокола, содержащего всю необходимую информацию. Лаборатория позволяет за короткое время провести обследование значительной части осветительных установок, что раньше не представлялось возможным.

**4.** **Структурная схема систем (для длительного наблюдения за состоянием светотехнических устройств)**

Структурная схема систем для длительного наблюдения за состоянием объектов в общем виде представлена на рис.



 1 – датчики;

 2 – нейтральный вывод;

 3 – дифференциальный усилитель;

 4 – драйвер нейтрального электрода;

 5 – усилитель переменного напряжения;

 6 – модулятор;

 7 – оптронная развязка;

 8 – демодулятор;

 9 – регулируемый усилитель;

10 – аналого-цифровой преобразователь;

11 – графический жидкокристаллический дисплей;

12 – контроллер дисплея;

13 – клавиатура;

14 – порт ввода-вывода;

15 – микропроцессорное устройство;

16 – центральный процессор;

17 – таймер;

18 – ОЗУ;

19 – ПЗУ;

20 – источник питания.

Лекция 15

Радиотелеметрические системы в светотехнике

1.Области применения радиотелеметрических систем в светотехнике.

2.Радиотелеметрические системы для наблюдения за состоянием светотехнических систем.

3.Телекоммуникационные системы управления уличным освещением и иллюминацией.

4.Обеспечение работы светотехнических систем управления дорожным движением.

5.Системы сигнализации и освещения аэродромов.

**1.** **Области применения радиотелеметрических систем в светотехнике**

Радиотелеметрические системы в светотехнике используются для следующих целей:

-оптимизация структуры и режима освещения;

-обеспечение оптимального уровня освещенности улиц;

-соблюдение графика включения/отключения освещения;

-исключение нерационального использования электроэнергии;

-снижение затрат, связанных с выездом оперативного персонала на объекты управления освещением;

-оперативное выявление и устранение повреждения сетей освещения;

-анализ потребления электроэнергии за заданные периоды времени;

-повышение уровня оперативно-диспетчерского управления;

-организация шлюза данных для дальнейшей автоматизации (телемеханизации) подстанций.

Например, радиотелеметрические системы, имеющие специальное программное обеспечение, позволяют собрать и обработать миллионы данных, поступающих с уличных светильников и других приборов. При этом конечному пользователю предлагается объемный сервисный пакет программ для выполнения различных функций управления уличным освещением.

В эти функции входят:

-анализ расхода энергии,

-автоматическое распознавание ошибок,

-предупреждающие меры по содержанию приборов в хорошем состоянии,

-дистанционная диагностика и

-контроль уличных светильников.

Многие города во Франции, Германии, Ирландии, Италии, Нидерландах, Норвегии, Испании уже используют подобные технологии в системах уличного освещения, способствуя, таким образом, сокращению энергопотребления своих городов.

**2.** **Радиотелеметрические системы для наблюдения за состоянием светотехнических систем**

В радиотелеметрических системах наблюдение за состоянием светотехнических систем, управление всеми сегментами системы и регулирование уличных светильников осуществляется через интеллектуальные серверы. Для коммуникации этих серверов установливают обширную беспроводную сеть с центральной контрольной станцией. Серверы протоколируют энергопотребление, определяют срок службы светильников и оповещают об этом систему. К их задачам относится также сбор поступающей от датчиков информации о плотности дорожного движения и о погодных условиях.

После оценки полученных серверами данных происходит автоматическое регулирование интенсивности освещения отдельных уличных светильников или всей системы освещения в целом. Такое регулирование освещения не только значительно снижает расход энергопотребления, но и продлевает срок службы светильников и сокращает издержки на их ремонт.

Благодаря контрольному программному обеспечению возможны удаленные контроль и регулирование светильников через контрольную станцию, а также анализ режима освещения и быстрое выявление выходов светильников из строя.

В связи с развитием мобильной телефонии наиболее перспективным является использование различных видов GSM связи.

*Пояснение*: **GSM** является самым распространенным в мире стандартом сотовой связи. Сети такого типа работают уже более чем в 160 странах. В России стандарт GSM объявлен основным федеральным стандартом, и его использует 80% всех абонентов сотовой связи.

**3.** **Телекоммуникационные системы управления уличным освещением и иллюминацией**

В городе средних размеров около 40 % общего расхода энергии приходится на освещение, которое помимо функционального освещения улиц и автострад включает в себя также декоративное освещение архитектурных памятников. Использование телекоммуникационных и интеллектуальных систем управления уличным освещением позволяет сократить энергопотребление на 30–50 % и уменьшить эксплуатационные расходы.

Оптимальным решением проблемы, учитывающим и экологический, и экономический факторы, является применение телекоммуникационных систем для управления уличным освещением. Такие системы, как, например, системы управления на базе технологии LonWorks, позволяют одновременно измерять, анализировать и снижать потребление энергии.

Сеть управления уличным освещением на базе таких технологий представляет собой открытую систему с возможностью расширения, обеспечивающую коммуникацию между составляющими ее приборами независимо от их производителя.

В качестве контроллеров сегментов сети выступают специальные серверы. Они собирают данные с уличных светильников и передают их в городской центр мониторинга, применяющий программное обеспечение сбора и регистрации данных. Обычно такие серверы снабжены астрономическими часами, позволяющими определять степень естественного освещения солнечным или лунным светом и в соответствии с этим регулировать интенсивность света светильников.

Высокий уровень эффективности и функциональности таких систем управления с применением интеллектуального сервера обеспечивает снижение энергопотребления на 50 % и сокращение эксплуатационных издержек на 40 %. При этом неисправности распознаются и устраняются автоматически, что, в свою очередь, сокращает время простоя светильников на 75 %.

Интеллектуальная система уличного освещения на базе такой технологии освещает также улицы исторического квартала г.Квебека (Канада). Особенностью данного проекта является возможность обеспечивать сокращение энергопотребления в часы пиковой нагрузки по запросу энергетических компаний. Так, выключая декоративное освещение, диммируя уличные светильники и отключая на какой-то период времени нерелевантное освещение, можно снизить уровень энергопотребления в целом по городу. Такой метод оправдывает себя особенно в зимнее время при низких температурах и коротком световом дне, когда энергопотребление достигает своего максимума.

Новая система позволила г. Квебеку сэкономить 30 % энергии. Кроме того, интеллектуальная система освещения позволила наиболее выгодно выделить архитектурные особенности старинных зданий в историческом квартале города.



Интернет-портал для управления светильниками на расстоянии

В июне 2007 года в г. Милтон Кейнес (Англия) было принято решение установить для дистанционного управления системами уличного освещения и их контроля систему на базе технологии LonWorks. В качестве первого пробного запуска система была установлена на 400 уличных светильниках. Каждый уличный светильник снабжен современным электрическим дросселем, в который интегрирован PLC-трансивер. Трансивер сообщается с Интернет-серверами, которые, в свою очередь, управляют отдельными секторами системы и связаны с центром контроля, собирающим данные о каждом отдельном светильнике относительно энергопотребления, состояния и сообщений об ошибках. С помощью Интернет-портала можно управлять светильниками на расстоянии, неисправности и потребление энергии отображаются автоматически.

В Российских городах тоже используют системы управления уличным освещением. Рассмотрим один из таких систем, а именно комплекс управления уличным освещением «Луч».

Комплекс автоматизированной системы управления наружным освещением «Луч» (в дальнейшем - АСУНО «Луч» либо «комплекс») - предназначен для модернизации существующих или замены устаревших (например на основе УТУ-4М) и создания новых систем (с использованием GSM) автоматического и автоматизированного централизованного управления уличным освещением. Комплекс осуществляет учет электроэнергии, контроль состояния сетей уличного освещения, диагностику оборудования и может интегрироваться с другими системами диспетчерского контроля и управления.

Комплекс обеспечивает:

-предоставление диспетчерскому персоналу общей информации о состоянии объектов управления уличным освещением;

-предоставление диспетчерскому персоналу информации об отдельном объекте управления уличным освещением в виде отдельной мнемосхемы с текущими значениями электрических величин;

-защищенный паролем доступ пользователей к системе в соответствии с предоставленными полномочиями (с возможностью защиты телеуправления, изменения расписания, конфигурирования системы и пр. от несанкционированного доступа);

-оповещение диспетчерского персонала об аварийных и иных важных событиях, звуковое оповещение с определенного уровня важности, квитирование аварийных ситуаций;

-автоматическое протоколирование всех контролируемых комплексом событий, в т.ч. аварийных, системных, переключений, отчетов по потребляемой мощности и потребленной энергии (возможно создание и других отчетов в соответствии с пожеланиями заказчика);

-получение отчетов через локальные и глобальные сети (интернет) и их печать.

Комплекс осуществляет:

-централизованное телеуправление включением и отключением освещения с тремя уровнями освещенности (День, Вечер, Ночь) в автоматическом режиме по утвержденному годовому графику;

-централизованное оперативное (индивидуальное и групповое) телеуправление включением и отключением освещения в ручном режиме;

-ручное местное управление режимами освещения обслуживающим персоналом.

-телеизмерения фазных токов, фазных напряжений, активной и реактивной мощности по каждой из фаз и суммарной потребляемой мощности;

-учет потребляемой электроэнергии - активной и реактивной;

-контроль фазных напряжений на выход за нормативные показатели;

-контроль фазных токов на превышение допустимых пределов;

-контроль дополнительных показателей на выход за допустимые нормы (cos fi, активная и реактивная мощность пофазно, частота сети и др.);

-непрерывный мониторинг за состоянием каналов связи и исправностью контроллеров TSP-305;

-контроль за состоянием коммутаторов уличного освещения (например, отключения по срабатыванию защиты).

**4.** **Обеспечение работы светотехнических систем управления дорожным движением**

**4.1.** **Функциональное уличное освещение**

Функциональное уличное освещение необходимо для обеспечения безопасности перемещения в темное время суток, для создания выразительного облика ландшафта ночью. Для целей уличного освещения обычно используются энергоэффективные светильники с долговечными и неприхотливыми газоразрядными источниками света – МГЛ и ДНаТ.

Одна лишь возможность «притушить» свет на улицах с неинтенсивным движением в ночное время позволяет значительно понизить энергопотребление и связанные с ним затраты. Это дает возможность городу перераспределить сэкономленные средства на другие программы и мероприятия, направленные на улучшение условий жизни граждан и внешнего вида города.

Освещение улиц, дорог и площадей с регулярным транспортным движением в город­ских поселениях следует проектировать исхо­дя из нормы средней яркости усовершенство­ванных покрытий согласно табл. 11.

Таблица 11

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Категория объекта по осве-щению | Улицы, дороги и площади | Наибольшая интенсивность движения транспорта в обоих направлениях, ед/ч | Средняя яркость покрытия, кд/м2 | Средняя горизон-тальная освещен-ность покрытия, лк |
| А | Магистральные дороги, магистральные улицы общегородского значения | Св. 3000Св. 1000 до 3000От    500  «  1000 | 1,61,20,8 | 202015 |
| Б | Магистральные улицы районного значения | Св. 2000Св. 1000 до 2000От    500  «  1000Менее 500 | 1,00,80,60,4 | 15151010 |
| В | Улицы и дороги местного значения | 500 и болееМенее 500Одиночные    автомобили | 0,40,30,2 | 644 |

**4.2.** **Сигнализация**

***Сигнализация*** – условные знаки и системы устройств и приспособлений для подачи сигналас целью привлечения внимания, извещения, передачи приказания и обеспечения двусторонних переговоров. Возможна зрительная, звуковая и тактильная сигнализация.

Применяется сигнализация на ж.-д. (железнодорожнаясигнализация*),* автомобильном (дорожные знаки*)* транспорте, в авиации; в производственных условиях для указания о состоянии машин, станков, производственных процессов, о достижении или нарушении пределов времени технологических операций.

По функциональному назначению сигнализацияподразделяется на предупредительную (предупреждение о необходимости соблюдения условий, обеспечивающих правильность протекания технологических процессов и безопасность труда, регулирование движения автотранспорта (*Регулирование дорожного движения),* аварийную (извещение о нарушении технологич. процесса или об остановке машины в связи с возникновением опасного для неё режима работы и автоматич. отключение оборудования; см., напр., *Релейная защита),* вызывную, или поисковую (привлечение внимания разыскиваемых лиц и вызов к рабочим местам, агрегатам, машинам руководящего или обслуживающего персонала; см. *Диспетчерская централизация, Пожарная сигнализация),* контрольно-распорядительную, или оперативную (контроль производств. процессов по заданным параметрам и выработка распорядит. сигналов, напр. контроль уровня жидкости в резервуарах при помощи *индикаторов, сигнальных ламп)* и переговорную (оперативная связь между воинскими подразделениями или предприятиями условными сочетаниями звуковых и зрит. сигналов, передаваемых непосредственно или в сочетании с радиопередачей).

В качестве сигнальных устройств и приборов используются гелиографы, дорожные знаки, огни судовые, петарды, прожекторы, радиозонды, радиомаяки, дорожные светофоры, семафоры и т. д.

Сигнальные устройства приводятся в действие механическими, гидравлическими, пневматическими, электрическими и радиосистемами. Механический привод применяют, например, в семафоре, сигнальный указатель которого переставляют рукояткой, гидравлический – на водопроводных станциях для контроля положения задвижек, пневматический – в огнеопасных помещениях, электрический – для управления энергосистемами, на ж.-д. транспорте и т.д. (см. *Телесигнализация),* радиотехнические средства – в *радиолокации, радиопеленгации,* на *радиометеорологических станциях.* Дополнительные сведения по С. даны в нек-рых статьях (напр., *Автомобиль, Аэродром, Порт).*

**4.3.** **Регулирование дорожного движения**

***Регулирование дорожного движения*** – система организационно-технических мероприятий, направленных на повышение скорости и безопасности движения.

Сущность регулирования дорожного движениязаключается в том, чтобы обязывать, запрещать или рекомендовать водителям транспорта и пешеходам действия в интересах обеспечения скорости и безопасности.

Регулирование дорожного движенияосуществляется в основном с помощью светофорной сигнализации (дорожный светофор), дорожных знаков, разметки, а также распорядительных действий работников Госавтоинспекции. Мероприятия по регулированию движения разрабатываются на основе изучения особенностей транспортных и пешеходных потоков на улицах и дорогах и всестороннего анализа причин дорожно-транспортных происшествий.

Развитие регулирования дорожного движенияначалось в 1868 году, когда в Лондоне появилась первая установка семафорного типа, управляемая при помощи системы приводных ремней. Впоследствии эта установка была оснащена красными и зелёными фонарями, работавшими на светильном газе. Первые электрические светофоры появились в США в 1914 г. В СССР светофоры применяются с 1924 г.

В 20-х гг. в США были внедрены автоматы для переключения сигналов светофоров – контроллеры, которые работали по одной или нескольким программам, автоматически включаемым в заданное время (с учётом изменения интенсивности движения в течение суток).

Для рационального регулирования дорожного движенияразрабатываются обычно программа для часов «пик», для дневного периода спада движения и ночная программа. Наиболее совершенны системы с обратной связью, изменяющие длительность сигналов светофора с учётом интенсивности и плотности движения на пересекающихся улицах. Они состоят из транспортных детекторов (датчиков), регистрирующих проходящие автомобили, устройств для анализа поступающей от детекторов информации и выработки на этой основе команд по управлению светофорной сигнализацией, исполнительных устройств, непосредственно переключающих сигналы светофора. Системы регулирования с обратной связью получают всё большее распространение. Они применяются для регулирования движения на сложных перекрёстках с интенсивным движением, для координированного управления светофорной сигнализацией на магистрали *("зелёная волна"),* для управления движением в районе или городе.

В крупных автоматизированных системах регулирования применяют ЭВМ, что позволяет примерно на 20-25% повысить скорость движения и на 10-15% снизить количество дорожно-транспортных происшествий. В СССР первая экспериментальная система с использованием ЭВМ была внедрена в 1968 году в Москве в районене Серпуховской заставы. С учётом опыта эксплуатации этой системы для Москвы в 1960-х годов разработана общегородская система телеавтоматического регулирования транспорта («СТАРТ»), которая рассчитана на управление светофорной сигнализацией на 1000 перекрёстках.

Автоматизированные системы регулирования обеспечивают не только управление сигналами светофоров, но и управляют т. н. многопозиционными дорожными знаками, изображение на которых автоматически изменяется с учётом конкретной ситуации движения.

Одно из перспективных направлений в области регулирования дорожного движения – перераспределение транспортных потоков на сети улиц с учётом степени их загрузки.

Имеются светофоры различных типов.

***Дорожный светофор*** (от *свет* и греч. phoros – несущий) – средство световой сигнализации*,* служащее для регулирования дорожного движения и движения подвижного состава на железных дорогах.

Прототипом дорожного светофора явилось устройство семафорного типа, было установлено в Лондоне в 1868 г. Первые электрические дорожные светофоры с ручным управлением появились в нач. 20 в. в США (Кливленд, Нью-Йорк, Чикаго), имели зелёный и красный сигналы. Первый трёхцветный дорожный светофор был установлен в Нью-Йорке в 1918 г, в Москве – в 1930 г.

Для регулирования дорожного движения используют трёхцветные дорожные светофоры с единым для всех стран расположением сигналов (сверху вниз) – красный, жёлтый, зелёный – в соответствии с международной «Конвенцией о дорожных знаках и сигналах» (1968). Дорожный светофор устанавливают (подвешивают) на перекрёстках улиц, автомобильных магистралей, пешеходных переходах и т.п. Такие дорожные светофоры оборудуют также дополнительными секциями с сигналами в виде зелёной стрелки или устанавливают самостоятельный дорожный светофор для регулирования движения на перекрёстке по определённым направлениям; применяются двухцветные пешеходные дорожные светофоры с красным и зелёным сигналами. На сложных перекрёстках для регулирования движения трамваев устанавливаются специальные дорожные светофоры – электрические табло с четырьмя сигналами, которые иногда используют и для регулирования движения автобусов или троллейбусов.

Большинство дорожных светофоров (1974 г.) управляется с помощью автоматов *(контроллеров)* (впервые появились в начале 1920-х годов в США). В системах управления дорожным движением применяют также счётно-решающие устройства и ЭВМ.

**5.** **Системы сигнализации и освещения аэродромов**

***Аэродром*** (от аэро... и греч. dromos – бег, место для бега) – комплекс сооружений, оборудования и земельный участок с воздушным пространством, предназначенный для взлёта, посадки, размещения и обслуживания самолётов.

В аэродромеразличают две основные части: собственно территорию аэродрома(лётную зону) и примыкающее к ней воздушное пространство – аэроторию.

Лётная зона – главная часть аэродрома. В её состав входят: лётное поле, боковые и концевые полосы безопасности и воздушные подходы. Лётное поле представляет собой участок аэродрома, на котором расположены одна или несколько лётных полос, рулёжные дорожки, места стоянки самолётов.

Лётная полоса – специально подготовленный и оборудованный участок земли, обеспечивающий взлёт и посадку самолётов в двух взаимно противоположных направлениях. Большинство аэродромов сооружают с одной лётной полосой, обеспечивающей достаточно высокую интенсивность движения. Некоторые крупные аэродромы имеют несколько лётных полос, расположенных параллельно или под углом друг к другу. Длина лётных полос, в зависимости от класса аэродрома, бывает от 1000 до 5000 м, ширина – от 200 до 360 м. Лётные полосы наибольшей длины, как правило, располагаются в направлении преобладающих ветров и эксплуатируются более интенсивно. Они называются главными, остальные – вспомогательными. Рулёжные дорожки – пути для руления и буксировки самолётов, соединяющие между собой отдельные элементы аэродрома и служебную зону.

В зависимости от условий видимости, а также от имеющегося в наличии радионавигационного оборудования, светосигнальные системы должны объединять все визуальные цели, необходимые для четкого и безопасного разграничения секторов приближения, взлетно-посадочных полос, рулежных дорожек, маршрутов перемещения приземлившихся самолетов (http: //industry.siemens.ua/ru/products/field/airports/illumination).

Система сигнализации и освещения аэродромов включает следующее оборудование:

-предупреждающие и заградительные огни,

-оборудование для определения направления ветра,

-идентификационные маяки,

-прожекторное освещение,

-сигнальное оборудование,

-система стыковки.

На лётной полосе выделяется рабочая площадь, в пределах которой устраивается взлётно-посадочная полоса с искусственным покрытием, радио- и светосигнальным оборудованием, обеспечивающими круглосуточную и круглогодовую работу авиации.

Для обеспечения самолётам точности захода на посадку по приборам используют системы радиомаяков (курсовых, глиссадных, маркерных и др.).

Конечный этап посадки самолётов осуществляется с помощью системы огней высокой интенсивности. Т.н. огни приближения устанавливают на продолжении оси взлётно-посадочных полос на расстоянии ок. 1000 м от её торца. Поперёк линии огней приближения располагают 5 или 6 световых горизонтов (на расстоянии 150 м друг от друга). Вдоль взлётно-посадочных полос размещают (с интервалом 7,5-15 м) осевые огни. Для посадки самолётов в особо сложных метеорологических условиях на крайних участках взлётно-посадочных полос устанавливают огни зоны приземления (т. н. световой ковёр).



Управление воздушным движением осуществляется при помощи средств радиолокационного контроля, воздушной и наземной связи.

Увеличение трафика и необходимость непрерывного улучшения безопасности движения на взлетно-посадочных полосах и рулежных дорожках являются предпосылками для использования интеллигентных систем освещения и управления.

(Дополнительный материал: ***Сигнализация автоматическая*** – преобразование информации о ходе контролируемого процесса или состоянии контролируемого объекта в сигнал, удобный для восприятия человеком. Обычно это световой или звуковой сигнал, например мигание лампочки, звонок, гудок. Собственно преобразование осуществляется автоматическими сигнализаторами, а воспроизведение сигналов – индикаторами. Текущая (контрольная) информация непрерывно или периодически сравнивается в сигнализаторе с пределами, заданными в соответствии с требованиями технологии, техники безопасности, пожаро- и взрывобезопасности и т.п. Выход контролируемой величины за допустимый предел вызывает срабатывание сигнализатора. Различают 2- и 3-позиционные сигнализаторы, отмечающие соответственно 1 и 2 предела ("нижний", "верхний"). В 3-позиционном сигнализаторе превышение нижнего предела часто является как бы предупреждением о приближении к опасному, аварийному режиму. Для повышения надёжности автоматической сигнализации часто применяют дублирование сигнальных цепей. Предусматриваются также меры, исключающие появление ложного сигнала при неисправности любого из элементов сигнализатора).

В качестве примера можно привести новые светосигнальные устройства и системы для аэродромов от фирмы Siemens, которые сопровождают самолеты и вертолеты более чем в сотне аэропортов по всему миру (24 часа в сутки/7 дней в неделю) с высокой степенью надежности и экономической эффективностью.

Лекция 16

Искажения и ошибки в телеметрии

1.Критерии количественной оценки телеметрической системы.

2.Достоверность передачи информации телеметрическими системами в светотехнике.

3.Искажения и ошибки в телеметрии.

**1.** **Критерии количественной оценки телеметрической системы**

***Система телеизмерения и телесигнализации в светотехнике*** – это комбинированная телемеханическая система, предназначенная для контроля за состоянием светотехнических объектов и измерения их параметров на расстоянии.

Количественная оценка телеметрической системы может производится по следующим параметрам:

1. Набор выполняемых функций и видов информации.

2. Тип расположения и число обслуживаемых объектов (контролируемых пунктов).

3.Дальность действия.

4. Количество сигналов телеизмерений и телесигнализации.

5. Число индикаторов двоичных сигналов и количество цифровых измерительных приборов. Телеметрическая система – это сложный технический комплекс, в состав которого входят разнообразные устройства и приборы, насчитывающие десятки и сотни тысяч различных элементов.

6. Быстродействие.

7. Достоверность передачи информации.

8. Точность передачи измеряемых величин (до 0,1%).

9. Надёжность передачи команд управления. Надёжность передачи команд зависит от вероятности возникновения ложной команды (вероятность возникновения ложной команды должна быть не более 10–6-10–10).

10. Структура и тип каналов связи, а также другие парметры.

По методам воспроизведения измеряемых величин устройства телеизмерения подразделяют на аналоговые и цифровые.

Примером системы телеизмерения и телесигнализации является система «Телекомплекс» (СССР), предназначенная для оперативного сбора, обработки и представления информации в автоматизированной системе диспетчерского управления энергосистемами и энергообъединениями.

Система может обслуживать до 32 контролируемых пунктов (например, электрических подстанций), удалённых от пункта управления на расстояние до 14 000 км. Информация передаётся по проводным линиям либо радиоканалам связи.

На каждый контролируемый пункт может поступать до 80 сигналов телеизмерений (силы тока, напряжения, частоты и т.п.) и до 736 сигналов телесигнализации («включён такой-то блок», «под нагрузкой такая-то линия»). В случае большого объёма измерит, информации она обрабатывается на ЭВМ. Диспетчерский щит на пункте управления системы телеизмерения и телесигнализации имеет до 3000 индикаторов двоичных сигналов и до 256 цифровых измерительных приборов.

**2.** **Достоверность передачи информации телеметрическими системами в светотехнике**

Передачи информации с использованием телеметрических и телекоммуникационных систем требует более высокой надёжности, большей скорости и верности передачи. Это, как правило, обусловлено большей важностью передаваемой информации и невозможностью логического контроля её человеком в процессе передачи и приёма. В таких системах предъявляются повышенные требования к достоверности передаваемой информации.

С понятием достоверности вы уже ознакомились при изучении дисциплин, касающихся математической обработки информации.

В экспериментальном естествознании ***достоверными*** называют события, суждения о которых рассматриваются как эмпирически подтверждённые экспериментами. В телеметрии высокой степенью достоверности обладают данные, полученные в соответствии с определенными требованиями.

Ставится задача, чтобы при заданных ограничениях на затраты получить максимум достоверной информации. Решение этой задачи зависит от методов измерения и получения данных, а также их обработки. При обработке больших массивов данных невозможно обойтись без применения современных статистических методов.

Измерение – операция, посредством которой определяется отношение одной (измеряемой) величины к другой однородной величине (принимаемой за единицу). Число, выражающее такое отношение, называется *численным значением измеряемой величины*. Всякий результат измерений содержит ошибки (погрешности) различного происхождения.

Достоверное измерение – это действие, в результате которого сведена к минимуму возможность возникновения искажений и ошибок.

Достоверность телеметрической информации значительно зависит от наличия шумов и помех, возникающих при детектировании сигналов. Дело в том, что в сигналах, несущих целевую для данного вида измерений информацию, совместно с основным сигналом одновременно регистрируются и мешающие сигналы – шумы и помехи самой различной природы. Выделение полезных составляющих из общей суммы зарегистрированных сигналов или максимальное подавление шумов и помех в информационном сигнале при сохранении его полезных составляющих является одной из основных задач повышения достоверности данных.

**3.** **Искажения и ошибки в телеметрии**

**3.1. Характеристика искажений и ошибок в телеметрии**

При измерениях постоянных величин, когда используются установившиеся показания средств измерений, на результаты влияют только статические искажения. Однако телеметрические системы работают в динамическом режиме. При измерениях изменяющихся величин к статическим искажениям добавляются динамические искажения, и общая погрешность телеметрических систем возрастает.

Каналы передачи данных ненадежны, да и само оборудование обработки информации работает со сбоями. По этой причине важную роль приобретают механизмы детектирования ошибок. Ведь если ошибка обнаружена, можно осуществить повторную передачу данных и решить проблему.

Всякое измерение неизбежно связано с погрешностями измерений*.*

Как известно, различают 3 основных вида ошибок (и погрешностей измерений): систематические, грубые и случайные.

Систематическими называют погрешности, порождённые несовершенством метода измерений, неточной градуировкой и неправильной установкой измерительной (и телеметрической) аппаратуры. *Систематические* ошибки всё время либо преувеличивают, либо преуменьшают результаты измерений и происходят от определённых причин (неправильной установки измерительных приборов, влияния окружающей среды и т. д.), систематически влияющих на измерения и изменяющих их в одном направлении. Систематическая ошибка – это систематическое (неслучайное) отклонение результатов от истинных значений. Систематические погрешности исключают введением поправок, найденных экспериментально. Влияние систематических погрешностей стремятся также уменьшить умножением показаний приборов на поправочные множители.

*Грубые* ошибки возникают в результате просчёта, неправильного чтения показаний измерительного прибора и т.п. Грубые ошибки часто называют промахами. Промахи обусловлены главным образом неисправностью средств измерений, неправильным отсчитыванием показаний, резкими изменениями условий измерений и т.д. Результаты измерений, содержащие грубые ошибки, сильно отличаются от других результатов измерений и поэтому часто бывают хорошо заметны. При обработке результатов измерений промахи обычно отбрасывают.

*Случайные* ошибки происходят от различных случайных причин, действующих при каждом из отдельных измерений непредвиденным образом то в сторону уменьшения, то в сторону увеличения результатов. Случайная ошибка – отклонение результата отдельного наблюдения или измерения от его истинного значения, обусловленное исключительно случайностью. Случайные погрешности в телеметрических системах обусловлены влиянием на результат измерений неконтролируемых факторов (ими могут быть, например, случайные колебания температуры, вибрации и т.д., влияющие на работу датчиков). Случайные погрешности оцениваются методами математической статистики по данным многократных измерений.

Пороки первичной регистрации фактов, измерение непроверенными, испорченными датчиками, расчеты с недостаточной точностью приводят к ошибкам точности.

Для каждого типа телеметрической системы устанавливаются пределы допускаемых погрешностей, определяющие *классы точности* телеметрической системы. Результаты измерений из-за погрешностей всегда несколько отличаются от истинного значения измеряемой величины, поэтому результаты измерений обычно сопровождают указанием оценки погрешности. Основная погрешность телеизмерения в зависимости от класса системы составляет 0,25-4%.

Исправлять ошибки труднее, чем их детектировать или предотвращать. Процедура коррекции ошибок предполагает два совмещенные процесса:

1. Обнаружение ошибки.

2. Определение места (идентификация сообщения и позиции в сообщении).

После решения этих двух задач, исправление тривиально. В наземных каналах связи, где вероятность ошибки невелика, обычно используется метод детектирования ошибок и повторной пересылки фрагмента, содержащего дефект. Для спутниковых каналов с типичными для них большими задержками применяются системы коррекции ошибок.

При передаче информации она кодируется таким образом, чтобы с одной стороны характеризовать ее минимальным числом символов, а с другой минимизировать вероятность ошибки при декодировании получателем.

**3.2. Относительные ошибки измерения**

Относительная ошибка единичного измерения определяется как разность между измеренной величиной и ее истинным значением, отнесенной к этому истинному значению. Как правило, данное отношение приводят в процентах. Поскольку точ­ное значение измеряемого параметра заданно малодоступным физическим этало­ном, для отладки и калибровки датчиков телеметрических систем используют эталоны. О точности телеметрической системы невозможно судить без рассмотрения всех окружающих фак­торов, влияющих на его работу, а также режима измерений. Необходимой практи­кой является регулярная проверка точности работы датчиков в ходе *поверочных испытаний,* при которых проверяют, находится ли ошибка измерения в допусти­мых пределах.

Как правило, относительная ошибка измерения изменяется при изменении измеряемого параметра в нормальном диапазоне работы датчика телеметрической системы. Относительная ошибка измерения зависит от частоты полезного сигнала и от частоты наводок и модифицирующих влияний. Она является интегральной величи­ной, в которой не выделены отдельные составляющие. При этом считается, что возможность завысить или занизить результат измерения является равно­вероятной.

**3.3. Защита данных от ошибок**

При необходимости в состав телеметрической или телекоммуникационной системы включают устройство для защиты данных от ошибок, возникающих в канале связи из-за помех. С начала 1970-х годов каналы обеспечивают передачу данных с вероятностью ошибки 10-3-10-5. Применение устройств защиты от ошибок позволяет снизить эту вероятность до 10-6 -10-8. Применение *корректирующих кодов* позволяет обнаружить большую часть ошибок, исправление которых обычно производится путём автоматической повторной передачи. Обнаружение ошибок может производиться также некодовыми способами – с помощью т.н. детектора качества, анализирующего известные параметры сигнала (амплитуду, частоту, длительность и т.д.).

***Корректирующие коды*** – помехоустойчивые коды, коды обнаружения и исправления ошибки. Корректирующие коды позволяют по имеющейся в кодовой комбинации *избыточности* обнаруживать и исправлять определённые ошибки, появление которых приводит к образованию ошибочных или запрещённых комбинаций. Корректирующие коды применяются при передаче и обработке информации не только в телеметрии, но и в вычислительной технике, телеграфии и технике связи, где возможны искажения сигнала в результате действия различного рода помех. Кодовые слова корректирующих кодов содержат информационные и проверочные разряды (символы). В процессе *кодирования* при передаче информации из информационных разрядов в соответствии с определёнными для каждого корректирующего кода правилами формируются дополнительные символы – проверочные разряды. При декодировании из принятых кодовых слов, по тем же правилам вновь формируют проверочные разряды и сравнивают их с принятыми. Если проверочные разряды не совпадают, значит при передаче произошла ошибка. Существуют коды, обнаруживающие факт искажения сообщения, и коды, исправляющие ошибки, т.е. такие, с помощью которых можно восстановить первичную информацию. Обнаружение ошибок может производиться также некодовыми способами – с помощью т.н. детектора качества, анализирующего известные параметры сигнала (амплитуду, частоту, длительность и т.д.). В этом случае используются корректирующие цепи.

***Корректирующие цепи*** – электрические цепи, применяемые в телеметрических системах, аппаратуре *многоканальной связи,* радиоустройствах чаще всего для уменьшения искажений проходящих в них сигналов, а также в устройствах автоматического регулирования, следящих системах и т.п. для придания им требуемых статических и динамических характеристик. В качестве элементов корректирующих цепей используются различные комбинации катушек индуктивности, конденсаторов и резисторов.Искажения сложных сигналов, возникающие при прохождении последними различных цепей радиоустройств, бывают двух видов:

1. *Частотные*, обусловленные неодинаковым усилением и ослаблением колебаний разных частот сигнала, то есть амплитудно-частотной характеристикой цепи.

2. *Фазовые*, обусловленные неодинаковым опережением и отставанием по фазе колебаний разных частот, то есть неравномерностью группового времени распространения сигнала. Например, в приёмниках звукового радиовещания, радиосвязи и др. исправляют лишь частотные искажения, так как человеческое ухо практически не ощущает небольшие фазовые искажения. В телевизионных, радиолокационных и т.п. приёмниках импульсных сигналов применяют цепи, корректирующие одновременно как частотные, так и (в большой степени) фазовые искажения.Фазовые искажения могут быть скорректированы также отдельно. В устройствах автоматического регулирования и следящих системах наибольшее распространение получили корректирующие цепи, служащие главным образом для выполнения операций дифференцирования и интегрирования немодулированных сигналов. В системах автоматического управления корректирующие цепи применяются для выполнения более сложных операций над сигналами. Такие корректирующие цепи определяются по форме их амплитудно-частотных характеристик.

Лекция 17

Влияние шумов и помех на качество работы телеметрических систем

1.Помехи, возникающие при применении измерительных преобразователей.

2.Помехи и искажения общего вида.

3.Влияние шумов и помех на качество работы телеметрических систем.

**1.** **Помехи, возникающие при применении измерительных преобразователей**

***Помехи*** – это внешние электромагнитные воздействия на измерительные преобразователи и на каналы связи, а также на электрические процессы в них, вызывающие искажение передаваемой информации.

В зависимости от вида информации помехи проявляются:

1. В виде ошибок при передаче данных.

2. В виде шорохов, тресков, в плохой разборчивости речи абонентов и слышимости разговоров, ведущихся по соседним каналам, при телефонной связи.

3. В недостаточной чёткости штрихов и появлении ненужных штрихов при передаче фототелеграмм и газетных полос.

4. В искажении команд в системах телемеханики и телесигнализации и т.д.

В зависимости от характера воздействия на сигнал помехи можно делят на 2 группы: аддитивные и мультипликативные (неаддитивные).

***Аддитивная*** помеха проявляет себя независимо от сигнала. Действия сигнала и аддитивной помехи складываются. Мультипликативная помеха возникает только при наличии сигнала. Её действие проявляется в нерегулярном изменении уровня сигнала.

Итак, к аддитивным относят помехи, которые складываются с сигналом линейно. Они содержат 3 различных по своим статистическим свойствам составляющих: флуктуационные, гармонические и импульсные помехи.

 Искажения сигнала, вносимые каждой составляющей, определяются многими факторами, например соотношением мощностей или амплитуд сигнала и помех, методом передачи и приёма, составом частотных спектров сигнала и помех.

1.Наиболее характерны *флуктуационные* помехи, которые вызываются тепловыми шумами электронных и полупроводниковых приборов, влиянием соседних каналов связи (в многоканальной аппаратуре) и т.п.

Электрические флуктуации – это хаотические изменения потенциалов, токов и зарядов в электрических цепях и линиях связи. Электрические флуктуации вызываются тепловым движением носителей заряда и др. физическими процессами в веществе, обусловленными дискретной природой электричества (естественные электрические флуктуации), а также случайными изменениями и нестабильностью характеристик цепей (технические электрические флуктуации). Электрические флуктуации возникают в пассивных элементах цепей (металлических и неметаллических проводниках), в активных элементах (электронных, ионных и полупроводниковых приборах), а также в атмосфере, в которой происходит распространение радиоволн.

Тепловые электрические флуктуации (тепловой шум) обусловлены тепловым движением носителей заряда в проводнике, в результате чего на концах проводника возникает флуктуирующая разность потенциалов. В металлах из-за большой концентрации электронов проводимости и малой длины свободного пробега тепловые скорости электронов во много раз превосходят скорость направленного движения в электрическом поле (дрейфа). Поэтому электрические флуктуации в металлах зависят от температуры, но не зависят от приложенного напряжения (Найквиста формула). При комнатной температуре интенсивность тепловых электрических флуктуаций остаётся постоянной до частот ~1012 Гц. Хотя тепловые электрические флуктуации возникают только в активных сопротивлениях, наличие реактивных элементов (ёмкостей и индуктивностей) может изменить частотный спектр электрических флуктуаций. В неметаллических проводниках электрические флуктуации на низких частотах на несколько порядков превышают тепловые электрические флуктуации. Эти избыточные шумы объясняются медленной случайной перестройкой структуры проводника под действием тока.

2.*Гармонические* помехи в системах, использующих *кабели связи,* встречаются сравнительно редко. Их появление свидетельствует о повреждении в кабеле. В каналах связи, использующих воздушные линии, они появляются достаточно часто – это главным образом излучение длинноволновых радиовещательных станций.

3.*Импульсные* помехи не приводят к существенному снижению качества телекоммуникационной связи, но служат основной причиной ошибок при передаче цифровой и др. видов дискретной информации. Источники импульсных помех – недоброкачественные электрические контакты, переключения в аппаратуре проводной связи*,* грозовые разряды, близлежащие радиостанции, электрифицированные железные дороги, линии электропередачи и т. д.

К ***мультипликативным (неаддитивным)*** относят помехи, вызывающие паразитную модуляцию сигнала. Они возникают из-за нелинейной зависимости характеристик канала связи от параметров сигнала и от времени и существенно влияют на передачу сигналов в основном в каналах проводной связи большой протяжённости.

При мультипликативных помехах, в отличие от аддитивных, увеличение амплитуды принимаемого сигнала не улучшает качества его воспроизведения. Пример аддитивной помехи – собственный шум радиоприёмника, мультипликативной – эффект замираний (Замирания радиосигнала – это беспорядочные изменения уровня сигнала в десятки и сотни раз в точке приёма). В большинстве случаев помехи можно рассматривать как независимые случайные процессы с различными вероятностными свойствами; они, как правило, отличны от свойств сигнала.

Помехи (радиопомехи и акустические) создаются в основном световыми приборами с газоразрядными лампами.

***Радиопомехи*** генерируют светильники с люминесцентными лампами (ЛЛ) как при нормальной работе ламп, так и особенно в мо­мент включения светового прибора с ЛЛ при стартерных схемах, ког­да при недостаточном прогреве электродов ламп про­исходят многократное контактирование стартеров. По­мехи, аналогичные пусковым, создаются часто в конце срока службы ЛЛ, когда напряжение на ней возраста­ет, начинает периодически срабатывать стартер и ЛЛ мигает.

Радиопомехи распространяются в виде электромаг­нитных излучений (эфирные помехи) и по проводам питания (сетевые радиопомехи). Уровень поля первого вида радиопомех, излучаемых ЛЛ, невелик (сказыва­ется на расстояния не более 1,5 м) и эффективно сни­жается с помощью миниатюрного конденсатора, под­ключенного параллельно лампе. Обычно этот конденса­тор располагается в корпусе стартера. Напряжение же радиопомех, распространяющихся по питающей сети, может значительно превышать регламентируемое «Об­щесоюзными нормами допускаемых индустриальных ра­диопомех». Наиболее высокие значения уровня радио-помех (80-90 дБ) имеют место в диапазоне длинных и средних волн. Поэтому в световых приборах применяются специаль­ные помехоподавляющие конденсаторные фильтры, снижающие напряжение радиопомех до нормируемых значений.

*Шумовой фон* (акустические помехи) создает­ся световыми приборами с газоразрядными лампами в связи с наличием источника шума – пускорегулирующего аппарата (ПРА). При работе ПРА генерируется определенная звуковая мощность в результате вибрации пластин (элементов) магннтопровода с частотой, равной удвоенной частоте тока. Выпускаемые ПРА подразделяются по создавае­мой звуковой мощности на ПРА с нормальным (клас­са П), пониженным (ПП) и особо низким уровнем шу­ма (см. разд. 6 по Айзенбергу). В световых приборах для жилых и общественных зданий должны применяться ПРА только двух послед­них групп.

(Айзенберг, стр.132).

**2.** **Помехи и искажения общего вида**

Действие помех и искажений общего вида проявляется в случайных (непредсказуемых) искажениях формы принимаемого сигнала, приводящих к искажениям информации и т.д.

Основная причина, ограничивающая качество воспроизведения радиоприёмной частью телеметрической системы формы передаваемого сигнала при фиксированных мощности радиопередатчика и расстоянии до него или ограничивающая дальность передачи сигналов при заданном качестве их воспроизведения – это помехи радиоприёму.

***Помехи радиоприёму*** – электромагнитное излучение, воздействующее на цепи радиоприёмной части телеметрической системы, электрические процессы в самих цепях, которые препятствуют правильному приёму сигнала и не связаны с этим сигналом посредством известной функциональной зависимости, а также искажения сигнала при распространении радиоволн.

В зависимости от происхождения помехи радиоприёму подразделяют на несколько типов:

1.Космические (шумы космоса).

2.Атмосферные (атмосферные помехи радиоприёму).

3.Шумы Земли.

4.Индустриальные (индустриальные радиопомехи).

5.Умышленные (организованные).

6.Помехи от других радиостанций.

7.Помехи, обусловленные особенностями распространения радиоволн.

8.Собственные шумы радиоприёмника (электрические флуктуации).

***Шумы космоса*** – это электрические флуктуации в приёмной антенне, обусловленные радиоизлучением Солнца, звёзд, планет, межзвёздной среды и т.д. (космическое радиоизлучение). Независимо от их природы, проявляются при радиоприёме так же, как и шумы теплового происхождения (см. *шумы атмосферы, шумы Земли).* Интенсивность шумов космоса оценивают т.н. яркостной температурой неба – эквивалентной температурой гипотетической небесной сферы, окружающей антенну и обладающей свойствами абсолютно чёрного тела.

При этом критерием эквивалентности служит равенство уровней теплового излучения (по всем направлениям) гипотетической сферы и реальных источников шумов космоса. Температура неба быстро убывает с уменьшением длины волны λ. В частности, принимаемые антенной с широкой диаграммой направленности усреднённые шумы космоса (шумовой фон неба) падают с уменьшением λ пропорционально λ-2,4; например, при λ =5 смтемпература шума космоса (*шумовая температура)* составляет ок. 15 К.

***Шумы атмосферы*** – это электрические флуктуации в приёмной антенне,обусловленные тепловым излучением земной атмосферы в радиодиапазоне, ухудшающие качество радиоприёма (порождают акустические шумы, ложные сигналы, понижают точность измерений и т.д.). Количественнной характеристикой шумов атмосферы является их шумовая температура, равная произведению средней физической температуры атмосферы (≈ 300 К) на коэффициент поглощения атмосферы. Последний зависит от состояния атмосферы (её влажности, запылённости и т.п.), формы диаграммы направленности антенны, рабочей длины волны λ, а также от ориентации антенны в пространстве. Обычно при λ > 10 см и углах места главного лепестка диаграммы направленности св. 20° шумы атмосферы пренебрежимо малы.

***Шумы Земли*** – это электрические флуктуации в приёмной *антенне,* обусловленные *тепловым излучением* Земли в радиодиапазоне, ухудшающие (как, например, и *шумы атмосферы)* качество радиоприёма. Количественной характеристикой шумов Землиявляется их *шумовая температура,* равная произведению физической температуры поглощающего слоя Земли (≈ 300 К) на коэффициент поглощения этого слоя. Последний зависит от ориентации антенны по отношению к Земле.

Шумы Земли бывают сравнительно велики при малых *углах места* главного лепестка диаграммы направленности остронаправленной антенны, расположенной на Земле, и в тех случаях, когда антенна (установленная на низколетящем объекте) «смотрит» на Землю. Если же главный лепесток направлен в зенит, то шумами Землиобычно пренебрегают.

***Аппаратурные шумы*** – это внутренние шумы радиоприёмника, *электрические флуктуации,* возникающие главным образом во входных цепях (усилителях, фильтрах и др.) радиоприёмного аппарата. Совместно с шумами от внешних источников (ш*умы атмосферы, шумы Земли, шумы космоса)* создают суммарный шум, служащий естественной физической границей *чувствительности радиоприёмной части телеметрической системы.* Количеств, характеристика интенсивности аппаратурных шумов - их *шумовая температура.* Например, в радиоприёмниках СВЧ до 1950-х годов использовались входные устройства с шумовой температурой св. 2000 К, во много раз превышающей температуру шумов от внешних источников. Применение изобретённых впоследствии малошумящих усилительных устройств СВЧ – на *туннельных диодах, параметрических усилителей, квантовых усилителей –* позволило снизить температуру аппаратурных шумов соответственно до значений порядка 300; 30; 3 К и тем самым повысить чувствительность радиоприёмников СВЧ примерно в 10-50 раз.

**3.** **Влияние шумов и помех на качество работы телеметрических систем**

Суммарный шум на входе приемной части определяется как уровнем помех и шумов в линии связи, так и продуктами их взаимодействия непосредственно в приемнике. Приемник должен быть спроектирован таким образом, чтобы свести уровень этих дополнительных помех к минимуму.

Действие помех зависит от множества причин и, как правило, носит случайный характер. Поэтому проблема *помехоустойчивости* в телеметрии решается с помощью методов теории вероятностей и математической статистики.

Для уменьшения действия помех пользуются различными способами *подавления помех радиоприёму.*

***Помехоустойчивость*** технического устройства (системы) – это способность устройства (системы) выполнять свои функции при наличии помех.

Помехоустойчивостьоценивают интенсивностью помех, при которых нарушение функций устройства ещё не превышает допустимых пределов. Чем сильнее помеха, при которой устройство остаётся работоспособным, тем выше его помехоустойчивость

Многообразие устройств и решаемых ими задач, с одной стороны, и видов помех – с другой, приводят к необходимости специализированного подхода при рассмотрении помехоустойчивостив каждом конкретном случае.

Требования к помехоустойчивостиразличных устройств отличаются большим разнообразием. Так, в радиолокационных системах иногда считают допустимым пропуск отдельной радиолокационной станцией (за время однократного обзора контролируемой ею области пространства) до половины объектов, подлежащих обнаружению, а в системах *передачи данных,* использующих ЭВМ, часто недопустима потеря даже одного передаваемого знака из чрезвычайно большого их числа (напр., ~109).

Особенно часто понятие «помехоустойчивость» применяют для характеристики устройств передачи информации (например, линий связи) или устройств наблюдения (например, телеметрических систем). Для них в большинстве случаев может быть определено понятие – «сигнал», и оценка помехоустойчивости может производиться на основе рассмотрения соотношения между помехой и сигналом, при котором обеспечивается заданное качество функционирования, например в радиолокации *–* отношения сигнала к помехе, при котоом обеспечивается заданная достоверность обнаружения (вероятность правильного обнаружения при определённой вероятности ложной тревоги).

При известных статистических характеристиках сигналов и помех может быть теоретически определена максимально достижимая помехоустойчивость– т.н. *потенциальная помехоустойчивость*. Осуществление «оптимальных» устройств, реализующих такую помехоустойчивость, обычно слишком сложно, а их неизбежные технические несовершенства не позволяют достичь её в полной мере.

Поэтому обычно довольствуются устройствами, которые при наибольшей их простоте обеспечивают хорошее приближение к оптимальному устройству.

Помехоустойчивость при действии аддитивных помех в системах передачи информации может быть увеличена повышением мощности передаваемых сигналов. При действии мультипликативных (неаддитивных) помех (в линиях связи) или т.н. пассивных помех (в радиолокации) увеличением мощности сигнала существенного повышения помехоустойчивости достичь нельзя, и требуется радикальное изменение используемых методов, например применение помехоустойчивого кодирования (корректирующие коды), либо самонастраивающегося (адаптивного) приёма.