

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННО-РЕГИСТРИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА УЧАСТКОМ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ МАГИСТРАЛИ

Одним из новых и наиболее перспективных средств связи являются радиорелейные линии (РРЛ). Построенные в нашей стране радиорелейные системы способны обеспечивать одновременную двухстороннюю передачу телевизионных программ (черно-белых или цветных) и еще 2400 телефонных каналов. Радиорелейная магистраль представляет собой сложный комплекс радиоэлектронного и электротехнического оборудования (радиоаппаратура, устройства энергоснабжения и автоматизации).

Важной особенностью радиорелейной связи является то обстоятельство, что отказ одной из станций приводит к выходу из строя всей магистрали и лишает программ сразу десятки миллионов телезрителей, а также нарушает передачу большого количества телефонных разговоров и телеграмм. Поэтому на современных радиорелейных линиях принят ряд мер для повышения надежности связи. Предусмотрено, например, автоматическое резервирование основного оборудования, разработаны методы проектирования трасс радиорелейных линий, обеспечивающие минимально допустимый процент времени отказов связи из-за замираний.

Однако анализ эксплуатационной надежности действующих радиорелейных линий показывает, что один из важнейших показателей надежности — коэффициент простоя — в 10 раз хуже рекомендуемой величины 0,1%. Поэтому необходимо проводить тщательные исследования по выявлению слабых звеньев радиорелейных магистралей, разрабатывать меры по преодолению «узких мест».

Основные решения

1. Работы по сбору сведений об эксплуатационной надежности радиорелейных линий связаны с целым рядом трудностей. С одной стороны, на многих станциях РРЛ нет постоянного дежурного технического персонала, который бы мог произвести анализ отказа

и передать информацию о нем на главную станцию. С другой стороны, сами отказы бывают кратковременными и самовосстанавливающимися, так что даже при наличии на станции дежурного радиотехника зачастую не удается установить причину отказа. Практика показывает, что около 20% отказов не удается подвергнуть техническому анализу. Поэтому с целью обеспечения достоверных исходных данных для определения путей повышения надежности радиорелейной связи автор предложил использовать автоматическую информационно-регистрающую систему (АИРС).

Приборы комплекта АИРС предполагается устанавливать на станциях контролируемого участка на достаточно продолжительный срок (например, на год) с целью получения объективной информации о работе участка, оборудованного вновь созданной или модернизированной аппаратурой, новыми установками электропитания и т. д.

Регистрация отказа одного из рабочих стволов, происшедшего на любой станции участка, осуществляется на главной станции по направлению приема. При этом фиксируются: номер станции, на которой обнаружено повреждение ствола; номер поврежденного ствола; время начала повреждения (часы, минуты, секунды); время окончания повреждения (часы, минуты, секунды).

Комплект приборов АИРС состоит из трех групп устройств: устройства для обнаружения неисправности ствола и для передачи на главную станцию информации об отказе, которые устанавливаются на каждой станции контролируемого участка и называются УПК (устройства передающего конца); устройства для приема, расшифровки и регистрации отказов на главной станции, а также для подачи сигналов времени — собираемые на специальной стойке контроля (СК), установленной на главной станции; дополнительные устройства (ДУ), выясняющие и регистрирующие характер повреждения аппаратуры промежуточной станции и устанавливаемые на каждой станции участка или выборочно на некоторых станциях.

Принципы построения аппаратуры

Стремление максимально упростить аппаратуру, устанавливаемую на каждой промежуточной станции, привело к решению использовать в качестве высокочастотного датчика сигналов аварии, имеющийся в аппаратуре РРЛ замещающий генератор. Замещающий генератор предназначен для предотвращения шумовых помех в соседних стволах и предупреждения ложных срабатываний устройств автоматики на последующих станциях. Таким образом, даже при повреждении ствола на какой-либо промежуточной станции по оставшейся исправной части ствола передается в ч. сигнал, лишенный, однако, полезной информации, т. е. немодулированный. Этот сигнал было предложено использовать для передачи

сигнала о повреждении на главную станцию (автор предложения Л. С. Лернер). Колебания замещающего генератора модулируются по частоте на каждой станции сигналом индивидуальной частоты «окраски», присвоенной данной станции. Желание уменьшить число фильтров на приемном конце и повысить помехоустойчивость АИРС привело к решению (автор предложения Н. А. Бучинский) ввести дополнительную модуляцию по амплитуде самого генератора «окраски» вспомогательной тональной частотой (рис. 1).

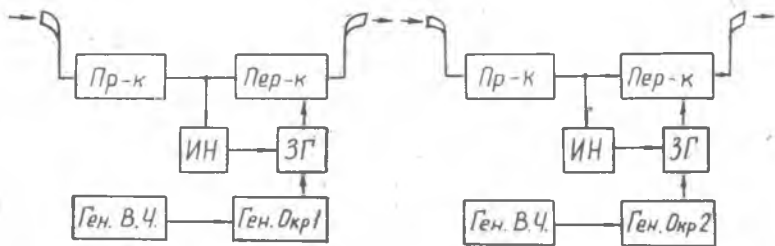


Рис. 1. Блок-схема устройств передающего конца

Ин — индикатор несущей; ЗГ — замещающий генератор; Ген. окр. — генератор окраски; Ген. в. ч. — генератор вспомогательной частоты.

На приемном конце к выходу усилителя промежуточной частоты подключается (параллельно) высокоомный вход стойки контроля. Тракты аварийных сигналов СК начинаются с усилителей 70 мгц, затем следуют частотные детекторы, отдельные для каждого ствола. Далее можно было бы в тракт каждого ствола включить параллельно полосовые фильтры (по числу станций), но тогда общее число фильтров составит $M = t \cdot n$, где t — число стволов, n — число станций.

Использование дополнительной модуляции генератора «окраски» позволило уменьшить число полосовых фильтров до $M_1 = t + n$ (рис. 2).

Номер ствола определяется схемой совпадения. Важной особенностью выпрямителей Ввв является наличие выдержки по времени (замедление) для выходного сигнала, что необходимо для предотвращения ложных срабатываний СК при прохождении по стволам нормальных рабочих сигналов. Появление аварийного сигнала вызывает отпечатывание времени начала аварии, затем отпечатывается номер ствола и номер станции. Прекращение передачи аварийного сигнала вызывает снова отпечатывание времени, номера ствола и номера станции. Отметка о начале аварии печатается красным цветом, а о конце аварии — синим. В качестве печатающего прибора использована печатающая машинка ЭУМ-46П (или ЭУМ-23П).

Дополнительные устройства представляют собой комплект датчиков и счетчиков (или самописцев), с помощью которых осу-

ществляется контроль за работой радиооборудования и устройств энергоснабжения в 14 точках. Отказы фиксируются с помощью самопишущих приборов или с помощью пары счетчиков. Один из счетчиков пары отсчитывает количество отказов, другой — их суммарную длительность.

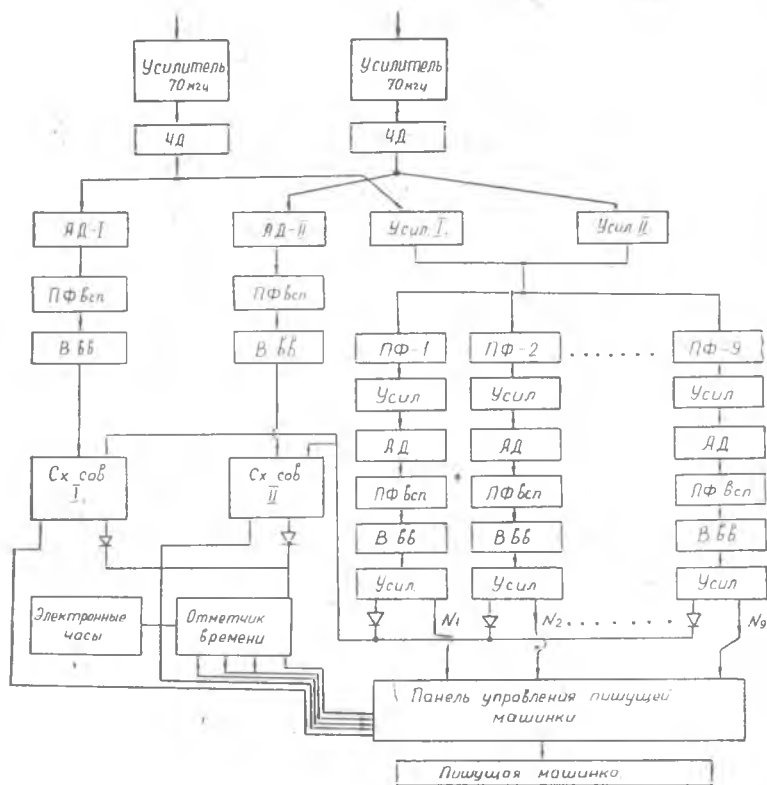


Рис. 2. Блок-схема стойки контроля:

ЧД — частотный детектор; АД — амплитудный детектор; ПФвсп. — полосовой фильтр вспомогательной частоты; Ввв — выпрямитель с выдержкой времени; Сх. сов. — схема совпадения; N_1, N_2 — выходы команд для отпечатывания номера станции; N_I, N_{II} — выходы команд для отпечатывания номера ствола

Выбор частот «окраски»

В данном случае, как при построении многих других систем телеобслуживания, сигналы «окраски» передаются по каналам, образованным на линии связи с помощью частотного уплотнения. При этом всегда возникает задача наиболее рационального использования полосы частот, отведенной для передачи сигналов автоматики. Во многих случаях частоты отдельных каналов раз-

мещают через равные интервалы (например, в системе телеобслуживания для аппаратуры РРЛ типа Р-60 и Р-600). Однако при этом каналные фильтры оказываются в неодинаковых условиях, то есть более высокочастотные каналы должны иметь фильтры с меньшей относительной полосой пропускания.

Предлагается при распределении частотных полос между каналами руководствоваться следующими требованиями:

- обеспечением необходимого числа каналов;
- предотвращением возможности воздействия гармоник частоты одного канала на другой;
- созданием одинаковых условий для каналных фильтров, то есть использованием одинаковой относительной полосы пропускания — по возможности наиболее широкой;
- обеспечением работоспособности АИРС при сигналах малой продолжительности (задается минимальная длительность сигнала).

Обозначим граничные частоты используемого диапазона так:

$V_{\text{миним}}$ — наименьшая частота;

$f_{\text{максим}}$ — наибольшая частота.

Введем обозначения для граничных частот полос каналов:

для первого канала — наименьшая частота $f_{\text{миним}}$;

наибольшая частота $f_{\text{максим}}$

для второго канала — наименьшая частота f_1

— наибольшая частота f_2 ;

для последнего канала — наименьшая частота f_{N-1}

— наибольшая частота f_N ; (рис. 3).

Для удовлетворения перечисленных требований должны быть выполнены следующие условия:

$$1) f_N = f_{\text{максим}},$$

$$2) f_{\text{максим}} \leq 2f_{\text{миним}},$$

$$3) \frac{f_{i+1} - f_i}{f_{i+1} + f_i} = \frac{f_i - f_{i-1}}{f_i + f_{i-1}},$$

где $i = 1, 2 \dots N$;

это же условие может быть записано иначе:

$$f_i = \sqrt{f_{i+1} \cdot f_{i-1}} \quad \text{или} \quad \frac{f_{i+1}}{f_i} = \frac{f_i}{f_{i-1}} = k,$$

$$4) T_{\text{миним}} \leq T_{\text{задан}}.$$

Граничные частоты полосы любого канала могут быть определены по следующим формулам:

$$\text{наименьшая частота канала } i \cdot f_{i-1} = f_{\text{миним}} \cdot k^{(i-1)},$$

$$\text{наибольшая частота канала } i \cdot f_i = f_{\text{миним}} \cdot k^i.$$

Для наиболее полного использования выбранной полосы нужно, чтобы: $f_{\text{максим}} = f_N = f_{\text{миним}} \cdot k^N$, откуда $\frac{f_{\text{максим}}}{f_{\text{миним}}} = k^N$. Если необходимо выполнить условие (2), то следует принять $k^N \leq 2$.

Однако, в ряде случаев, когда нет опасений по поводу возникновения нелинейных искажений в каналах, желание использовать более широкий диапазон приводит к соотношению: $\frac{f_{\text{максим}}}{f_{\text{миним}}} = A > 2$.

Поскольку $\frac{f_{\text{максим}}}{f_{\text{миним}}} = A = k^N$, находим выражение для k : $k = A^{\frac{1}{N}}$.

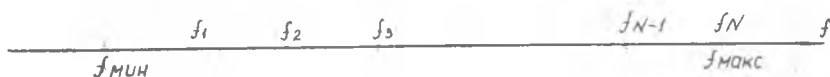


Рис. 3. Граничные частоты отдельных каналов.

Несущие частоты каждого канала определяются по формуле

$$f_{\text{нес } i} = \frac{f_i + f_{i-1}}{2}$$

Известно (Л. 1), что линейная избирательная цепь не увеличивает вероятность ошибки, если ее эффективная полоса пропускания удовлетворяет условию

$$\Delta F_{\text{эфф}} \approx \frac{10}{T},$$

где T — длительность элемента сигнала (радиоимпульса).

Обычно отводимая для 1 канала полоса в многоканальной системе с частотным уплотнением не может быть полностью использована из-за необходимости сохранения защитных промежутков между каналами (вследствие несовершенства фильтров). При использовании кварцевых фильтров защитный промежуток составляет 20—25% отводимой для 1 канала полосы. При использовании более простых полосовых фильтров (L, C) защитный промежуток может достигать 50—60% канальной полосы. С учетом изложенного для минимальной продолжительности посылки в любом канале получаем выражение

$$T_{\text{миним } i} = \frac{10}{(0,8 \div 0,4)(f_{i+1} - f_i)}$$

Наибольшая величина $T_{\text{миним}}$ получается для первого, самого низкочастотного канала. Поэтому, когда задана минимальная длина посылки, одинаковая для всех каналов, целесообразно определять наименьшую частоту используемого диапазона исходя из заданной минимальной длительности посылки по формуле

$$f_{\text{миним}} \geq \frac{10}{(0,8 \div 0,4)(k - 1) T_{\text{задан}}}$$

(частоты в кгц)

Номера каналов		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нижняя граничная частота	при наилучш. кан. фильтрах	80	86,5	93,5	101	109	118	127,5	137,5	148
	при простых кан. фильтрах	160	173	187	202	218	235	254	274	296
Верхняя граничная частота	при наилучш. кан. фильтрах	86,5	93,5	101	109	118	127,5	137,5	148	160
	при простых кан. фильтрах	173	187	202	218	235	254	274	296	320
Несущая частота канала	при наилучш. кан. фильтрах	83,25	90,0	97,25	105	113,5	122,75	132,5	142,75	154
	при простых кан. фильтрах	166,5	180	194,5	210	227,5	244,5	264	285	308

частоты — в кгц, время — в мсек.

Номер канала		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нижняя граничная частота полосы	100	108	116	126	136	147	158	171	185	185
	108	116	126	136	147	158	171	185	200	200
Верхняя граничная частота полосы	104	112	121	131	141,5	152,5	164,5	178	192,5	192,5
	1,56	1,56	1,25	1,25	1,14	1,14	0,96	0,89	0,835	0,835
Несущая частота канала	3,12	3,12	2,50	2,50	2,28	2,28	1,92	1,78	1,67	1,67
	при наилучших кан. фильтрах									
Т мин. при простых кан. фильтрах										

В тех случаях, когда минимальная длительность посылки специально не обуславливается заданием, $f_{\text{миним}}$ выбирают исходя из удобства практического выполнения генераторов и фильтров. В заключение расчета все-таки целесообразно определять минимально допустимые длительности посылок для каждого канала.

Приведем примеры расчетов по изложенной методике.

Пример 1. Дано: $N = 9$, $T_{\text{миним}} = 2$ мсек Принимаем: $A = 2$,
определяем $k = 2^{\frac{1}{9}} = 1,08$

$$f_{\text{миним}} = \frac{10}{(0,8 \div 0,4)(1,08 - 1)2 \cdot 10^{-3}} = 78 \div 156 \text{ кгц.}$$

При лучших кварцевых фильтрах $f_{\text{миним}} \approx 80$ кгц,

При простых (L , C) фильтрах $f_{\text{миним}} \approx 160$ кгц.

Результаты остальных расчетов сведем в таблицу 1.

Пример 2. Дано $N = 9$.

Принимаем $A = 2$, $f_{\text{миним}} = 100$ кгц.

Определяем $k = 2^{\frac{1}{9}} = 1,08$.

Результаты расчетов сведем в таблицу 2.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Л. М. Финк. Теория передачи дискретных сообщений. «Советское радио», 1963.