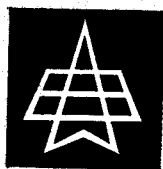


邮电中等专业学校试用教材

载波通信原理 下

周正 曹郁 编 李俊 校

人民邮电出版社



内 容 提 要

本书为载波通信原理下册。上册内容重点叙述载波通信的基本概念、差分器、调幅器等。本册共分五章,对载波通信设备中的线路导频系统、监频系统、载供系统、远供系统、增音设备及系统均衡等从原理上进行阐述。考虑到维护工作的需要,对具体电路进行了较详细的分析,每章的最后还附有习题和思考题。

本书为邮电中等专业学校试用教材,也可供从事载波通信工作的同志参考。

载 波 通 信 原 理

下 册

河北省邮电学校 编

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

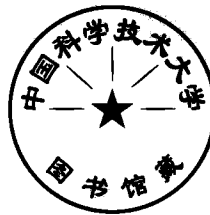
开本: 787×1092 1/32 1980年11月 第 一 版

印张: 11 2/32 页数: 177 1980年11月河北第一次印刷

字数: 255千字 插页: 1 印数: 1—11,700 册

统一书号: K15045·总2430—有5181

定价: 0.89 元



目 录

第六章 线路导频系统	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 导频发送电路.....	(8)
第三节 导频接收电路.....	(11)
第四节 导频控制电路.....	(18)
第五节 导频调节电路.....	(59)
第六节 导频系统的调节过程.....	(91)
第七节 导频系统的静态误差和动态特性.....	(94)
第八节 导频告警电路.....	(103)
第九节 导频系统的单环调测.....	(111)
第十节 记忆磁芯导频控制器简介.....	(114)
习题与思考题.....	(137)
第七章 监频系统	(141)
第一节 作用和组成.....	(141)
第二节 监频发送设备.....	(144)
第三节 监测门电路.....	(146)
第四节 监频控制电路.....	(150)
第五节 监频接收电路.....	(156)
第六节 监频显示电路.....	(164)
第七节 监频系统监测过程.....	(169)
第八节 监频系统的维护.....	(170)
第九节 场效应管——电容记忆控制器.....	(171)
习题与思考题.....	(174)

第八章 载供系统	(176)
第一节 概述	(176)
第二节 主振器盘	(185)
第三节 分频器	(204)
第四节 谐波发生器	(214)
第五节 倍频器	(229)
第六节 导监频稳幅器	(230)
第七节 转换电路	(244)
第八节 分配电路	(256)
第九节 载供系统技术要求及调测	(264)
第十节 分散式载供系统简介	(265)
第十一节 阶跃恢复二极管简介	(274)
习题与思考题	(276)
第九章 远供系统	(281)
第一节 远供系统的任务和组成	(281)
第二节 远供发送电路原理	(282)
第三节 远供接收电路原理	(302)
第四节 远供架及远供系统的测量	(303)
习题与思考题	(311)
第十章 增音设备及系统均衡	(313)
第一节 概述	(313)
第二节 ZH_{363-I} 型无人维护增音机简介	(318)
第三节 ZH_{302} 型有人维护增音机简介	(330)
第四节 增音系统的段间均衡	(340)
第五节 增音系统的干线均衡	(341)
第六节 明线增音系统的特点	(348)
习题与思考题	(350)

第六章 线路导频系统

第一节 概 述

一、线路导频系统的任务

导频系统的任务是补偿导频发送点至导频接收点之间各种机线设备衰减或增益的变化，保持工作频带内传输电平稳定。

用以补偿线路衰减变化为主的电平调节系统称线路导频系统；用以补偿温度变化的称土温调节系统。用以补偿终端机各群路设备增益（或衰减）变化为主的电平调节系统，称群导频系统。当群导频系统只有监测性能而无调节性能时，称监频系统。

对于 ZM_{305} 型机来说，是指发信端均衡器输入点至收信端方向反调入塞孔（或增音机线放出塞孔）之间；对于 ZL_3 来说，是指发信端线放大器盘输入点至收信端 L_{260} 输出点之间。但是，线路导频系统的主要任务是补偿线路衰减的变化，所以本章均以线路衰减变化为例说明导频系统的工作原理。

二、明线与电缆载波导频系统的特点

明线线路与电缆线路具有频率越高衰减越大、温度越高衰减越大的共同特点。它们之间的区别：1. 明线线路的衰减与气候变化有关，而且变化范围较大。因此，明线载波导频系统调节范围大、电缆载波导频系统调节范围小。

2. 明线载波采用双频带二线传输制，所以两个传输方向的导频频率不同，调节范围也不完全相同。而电缆载波由于采用单频带四线传输制，所以两个传输方向的导频频率和调节范围相同。

表6—1—1和6—1—2列出了明线 ZM_{305} 型和 ZM_{307} 型以及电缆 ZL_3 型载波机的导频频率和调节范围。

表 6—1—1 明线12路载波机导频频率及调节范围

	参 数 型号 和方向	ZM_{305} 型		ZM_{307} 型	
		$B \rightarrow A$	$A \rightarrow B$	$B \rightarrow A$	$A \rightarrow B$
平 调	频 率 (KHz)	80	92	80	92
	调节范围 (N_P)	5	5	4.8	4.8
斜 调	频 率 (KHz)	40	143	40	143
	调节范围 (N_P)	3.3	2.5	3.2	2.3

表 6—1—2 ZL_3 导频频率及调节范围

平 调	16KHz	$\pm 0.5 N_P$
曲 调	112KHz	$\pm 0.36 N_P$
斜 调	248KHz	$\pm 0.3 N_P$

明线载波，一般以冬干天气的衰减为最小、结霜10毫米时的衰减为最大而确定调节范围。实际上结冰时的衰减更大，需另加措施补偿（例如加冰凌均衡器）。

$A \rightarrow B$ 方向以低频（相对143千赫而言）导频 92 千赫作平调，而 $B \rightarrow A$ 方向以高频（相对40千赫而言）导频80千赫作平调，其原因是由于这两个导频的频率比较接近，天气变化时，其衰减变化基本相同，所以平调范围近似相等，因而两个传输方向的平调节器的电路相同（但窄带滤波器不同），便于设计

和生产。

60路对称电缆载波采用三个导频的原因主要有二：①传输频带较宽；②线路衰减变化在低、中、高频段不同。

为了便于确定三个导频的调节特性，我们将线路衰减的变化分解成平、斜、曲三个分量，如图 6—1—1 所示。以土温由 13°C 增至 26°C 为例，可以看成整个频段的线路衰减变化先以 16 千赫为准增加 $\Delta\alpha_1$ ，如图 (b) 所示，称平分量。实际上，248 千赫的线路衰减未增加 $\Delta\alpha_1$ 那样多。所以，可理解为在线路衰减增加 $\Delta\alpha_1$ 的基础上，有一个以 248 千赫为准的负的斜分量 $\Delta\alpha_2$ ，如图 (c) 所示。同理，曲分量 $\Delta\alpha_3$ 可理解为在线路衰减变化 $\Delta\alpha_1$ 和 $\Delta\alpha_2$ 的基础上，有一个以 112 千赫为准的负的曲

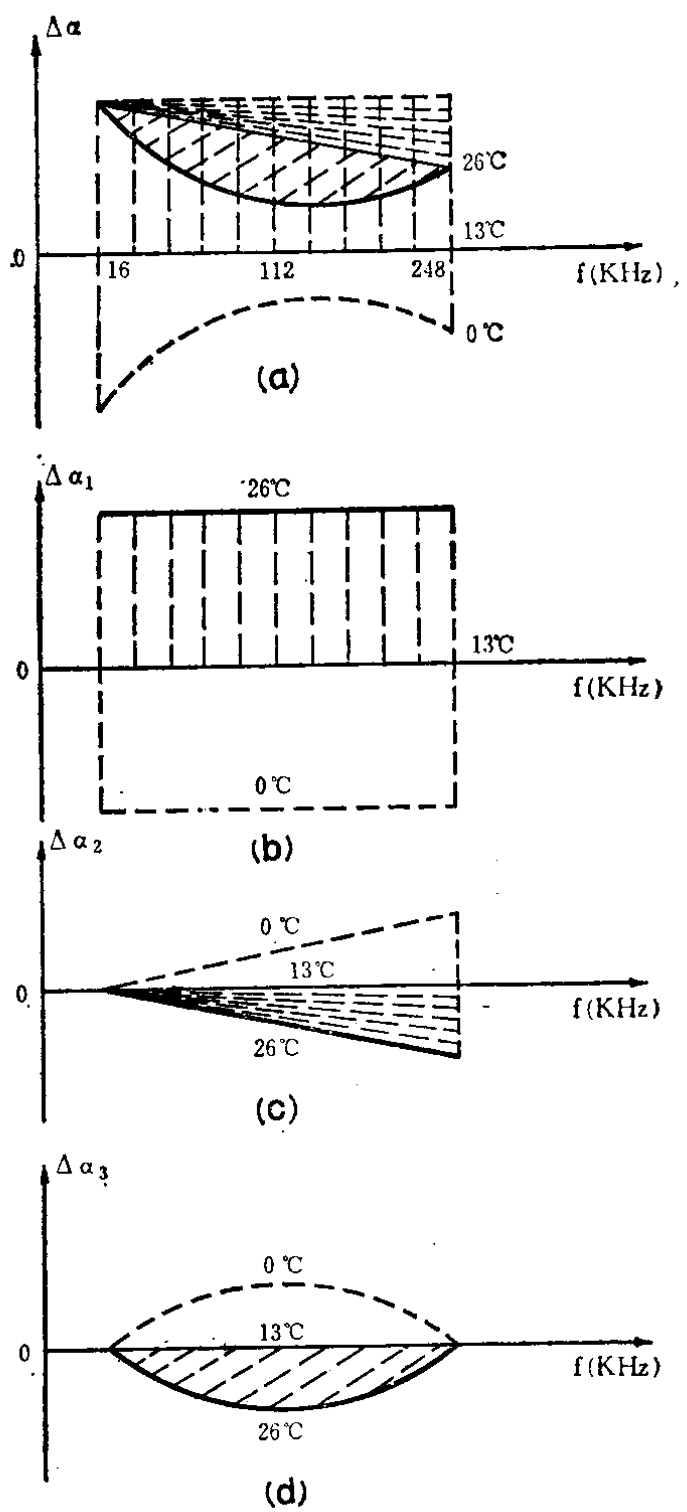


图 6—1—1 对称电缆线路衰减的变化

量 $\Delta\alpha_2$ ，如图 (c) 所示。同理，曲分量 $\Delta\alpha_3$ 可理解为在线路衰减变化 $\Delta\alpha_1$ 和 $\Delta\alpha_2$ 的基础上，有一个以 112 千赫为准的负的曲

分量，如图(d)所示。图(b)、(c)、(d)三个分量代数相加，正是图(a)的曲线。当土温降低时，同样可以分解成三个分量，如图6—1—1中的虚线所示。

线路衰减变化后的三个分量，分别由16千赫平调导频、248千赫斜调导频和112千赫曲调导频控制，进行调节，补偿线路衰减的三个分量的变化。

三、导频系统的组成

导频系统由导频发送设备和导频接收设备两大部分组成。

导频发送设备的任务是送出幅度和频率高度稳定的导频信号。导频发送信号由终端站的载供系统供给，通过终端机发信支路的线群部分送出。

导频接收设备的任务是选出导频信号、反映线路衰减的变化、控制调节网络补偿线路衰减的变化，保持传输电平稳定；当达不到要求时，发出告警信号。

导频接收设备装在终端机收信支路的线群部分和有人维护增音机的两个传输方向。它一般包括：接收放大、导频指示、控制扩张、调节网络、告警电路等。对于不同的机器，上述各电路装在不同的机盘内。图6—1—2和图6—1—3为 $ZM_{305}A$ 端机和 ZL_3 的导频接收设备方框图。

ZM_{305} 型载波机导频接收设备由平、斜两个调节器盘和平、斜两个控制器盘以及导频放大器（仅用于端机）等组成。其中导频指示电表装在调节器盘内，导频告警和接收放大部分装在控制器盘内。

ZL_3 导频接收设备由平、斜、曲三个调节器盘和平、斜、曲三个控制器盘以及一个导频告警盘组成。其中控制器盘包括接收放大、导频指示、控制扩张三部分。

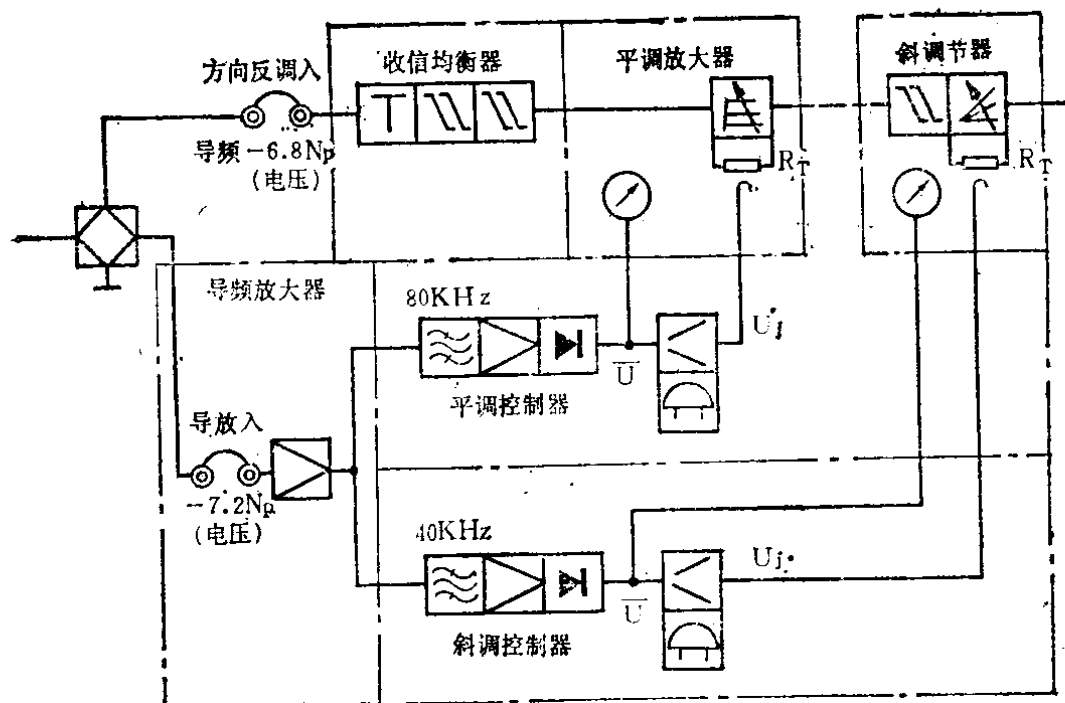


图 6—1—2 ZM_{805A}端机导频接收设备的组成

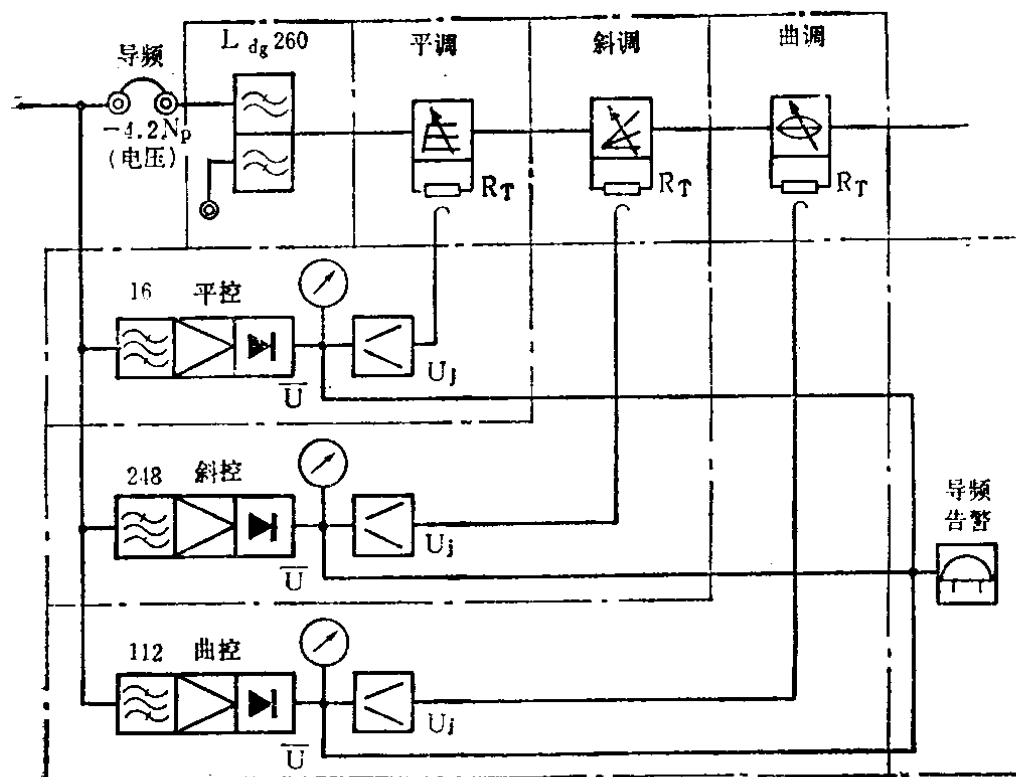


图 6—1—3 ZL₃导频接收设备的组成

四、导频系统的调节过程

以 $ZM_{30.5}$ 的 $B \rightarrow A$ 方向平调为例加以说明，如图6—1—2所示。

发送端送出频率和幅度都高度稳定的导频信号，经线路至接收端。接收端收到的导频电平的高低，反映了线路衰减的变化。

接收端收到的80千赫平调导频信号由平调导频控制器盘的80千赫窄带滤波器选出，经放大、整流后得到与导频电平相对应的直流电压，此直流电压分别送至导频指示电表、控制扩张和导频告警三个电路。

导频指示电表反映出线路衰减的变化。

控制扩张后的直流电压控制调节器盘的热敏电阻，使调节网络的特性改变，补偿线路衰减的变化。例如，当线路对80千赫的衰减增加1.0奈培 $\rightarrow$ 接收的80千赫导频电平下降1.0奈培 $\rightarrow$ 整流后的直流电压下降 $\rightarrow$ 控制平调放大器增益增加0.98奈培，使80千赫的电平恢复至原值附近（调整完毕后，80千赫的电平仍较正常值偏低 $1.0 - 0.98 = 0.02$ 奈培，此0.02奈培称调节误差或静差），保持传输电平比较稳定。

当在规定的时间内仍不能调整到正常范围内时，发出导频告警信号。

由于调节器盘采用了热敏电阻，所以这种导频系统称热电式。国产载波机如 ZL_3 、 $ZM_{30.5}$ 以及 $ZMX_{20.1}$ 等均采用热电式。

五、热敏电阻特性

导频系统中调节用的热敏电阻一般采用旁热式，其结构和

符号如图 6—1—4 所示，由加热线圈、本体电阻组成。加热线圈上的电压 U_i 受导频信号控制，从而控制热敏电阻的本体电阻 R_T 变化，并使调节网络的特性发生变化，以补偿线路衰减的变化。 ZM_{305} 型载波机导频调节电路所用热敏电阻的型号为 $RR640B$ （平调）和 $RR640A$ （斜调）， ZL_3 所用热敏电阻的型号为 $RR703A$ 。它们的加热线圈电阻 R_j 均为400欧。

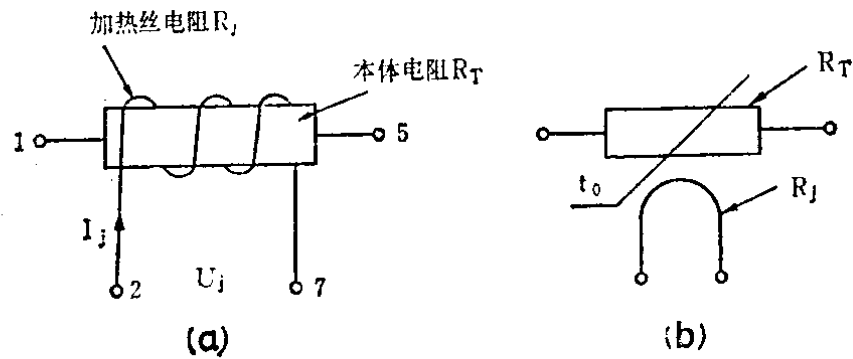


图 6—1—4 旁热式热敏电阻的结构和符号

热敏电阻的特性主要有二：

1. 具有负温度系数

热敏电阻的负温度系数是指：温度升高，电阻 R_T 值下降。旁热式热敏电阻的温度受 U_i 控制，即 U_i 增加， R_T 下降。表6—1—3列出了 $RR640B$ 、 $RR640A$ 和 $RR703A$ 的参考特性。实际特性可能略有出入。

表 6—1—3 热 敏 电 阻 特 性

$RR640B$		$RR640A$		$RR703A$	
U_i	R_T	U_i	R_T	U_i	R_T
≤ 1.4 伏	≥ 13 千欧	≤ 1.5 伏	≥ 10 千欧	≤ 1.4 伏	≥ 820 欧
3 伏	约 1 千欧	3 伏	约 1 千欧	2.7 伏	约 128 欧
≥ 5 伏	≤ 75 欧	≥ 5 伏	≤ 100 欧	≥ 4.5 伏	≤ 20 欧

2. 具有热惰性

旁热式热敏电阻在加热电压 U_1 变化时，本体电阻 R_T 不立即变化，而是有一段时延，称之为热惰性。

第二节 导频发送电路

一、对导频发送信号的要求

1. 幅度稳定

增音机和对方端机收到的导频信号电平应能正确反映线路衰减的变化。如果发送的导频电平不稳，将可能造成错误指示和错误调节。所以，要求发送的导频信号的幅度应高度稳定，一般要求在 ± 0.02 奈培/月之内。稳幅措施是加导频稳幅器。

2. 频率稳定

当导频频率不稳时，可能出现对方收不到导频和导频干扰话路等问题。

为了防止载波电话信号对导频接收电路的串扰，导频接收器一般设有对导频频率选择性很高的石英晶体窄带滤波器，其通带很窄，常为几赫。如果发送的导频频率不稳，将无法通过导频接收电路的窄带滤波器。

当发送的导频频率偏差较大时，还可能串扰话路。例如， ZL_3 按正频谱开放的第50路的外线频谱为16.3~19.4千赫，如果16千赫平调导频的频率偏高较多而接近16.3千赫时，便可能造成导频对话路的串扰。

导频频率的稳定主要靠石英晶体稳频。例如 ZL_3 中的16、112、248千赫导频信号均由1024千赫石英晶体主振器控制，其频率稳定度 $\delta = \Delta F / F$ 可达 1.5×10^{-6} /月，对248千赫斜调导频来说，在一个月內频率最大偏移仅为 $\Delta F = \delta \cdot F = 1.5 \times 10^{-6} \times 248 \times 10^3 = 0.372$ 赫。又如，明线12路载波机的导频信号共需40、80、92、143千赫四种，其中前三种均为4千赫的倍数，可由石英晶体主振器控制的4千赫谐波发生器中选出。143千赫不是4千赫的倍数，其产生方法有两种：一种是单设143千赫石英晶体振荡器直接产生；另一种是由92千赫经两级双稳电路的2分频后得23千赫，此23千赫再与120千赫变频，取和频项得 $120 + 23 = 143$ 千赫。这两种方法都可以获得频率高度稳定的导频信号， ZM_{305} 采用第一种方案获得143千赫导频信号。

二、导频发送电路的联接

导频信号由载供系统供给，从线群调制（最后一级调制）后的部分接入。 ZM_{305} 从发信均衡器输入， ZL_3 从线放盘输入。

在导频信号与载波电话信号汇合时要注意两个问题：一方面要保证导频信号的接入不影响载波电话信号的正常传输，即两类信号互不影响，另一方面要保证导频信号的发送电平符合要求。

图6—2—1和图6—2—2分别为 ZM_{305} 和 ZL_3 导频发送电路的联接图。它们都是利用差分器完成导频信号与载波电话的线群信号汇合任务。同时，由于它们处于差分器的对端，因而又互不影响。

从图6—2—1看出， ZM_{305} B端机由载供系统送来的导频信号40千赫和80千赫送至发信均衡器盘的端子14和3，由通话

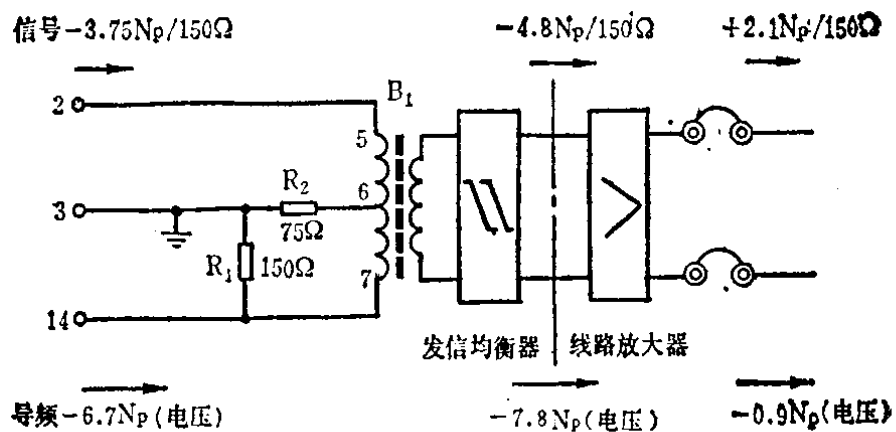


图 6—2—1 ZM₈₀₅B端机导频发送电路的联接

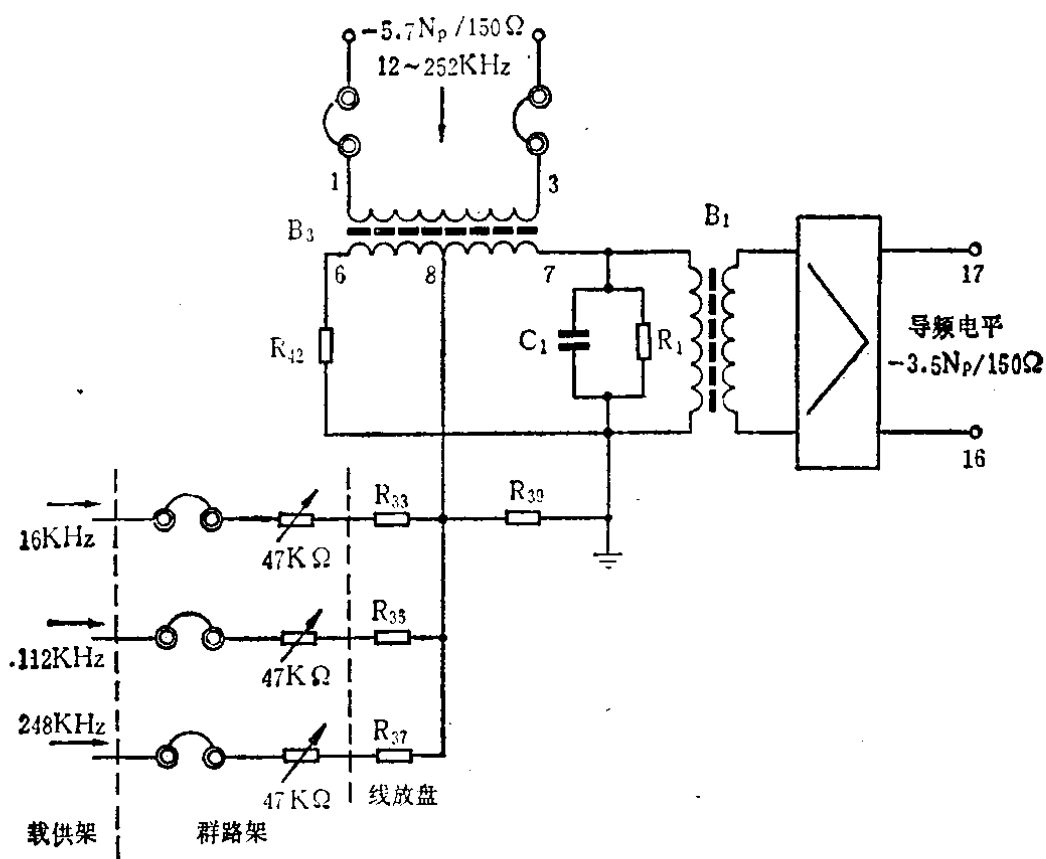


图 6—2—2 ZL₃导频发送电路的联接

系统送来的12个话路线群信号36~84千赫送至发信均衡器盘的端子2和3。这两类信号经差分器 B_1 汇合而至均衡器电路，再经线路放大器放大后输出。在线放出，载波电话信号的功率电平为 $+2.1N_p/150\Omega$ ，电压电平为+1.4奈培；单个导频信号的电压电平为-0.9奈培。

ZL_3 导频以16千赫为例，从载供架送来的导频信号至群路架顶部导频输入塞孔，经47千欧电位器后送至线发放大盘，然后经三导频低阻汇接网络 $R_{33} \sim R_{39}$ 、混合线圈 B_3 （载波电话线群信号与三导频信号汇合用），再经放大后输出。

47千欧电位器是调整电平用。 ZL_3 不论是平发送还是斜发送，线放盘输出塞孔处的三个导频功率电平均为 $-3.5N_p/150\Omega$ ，电压电平为-4.2奈培。

第三节 导频接收电路

导频接收电路常与导频控制电路装在一个机盘里，称导频接收控制盘（简称导频控制盘）。每个导频都有对应的导频接收和控制电路。例如， ZM_{305} 每部端机有平、斜调导频接收和控制盘各一个， ZL_3 每套60路有平、曲、斜调导频接收和控制盘各一个。

一、任务和组成

导频接收电路（见图6—1—2和图6—1—3）的主要任务是选出导频。由窄带滤波器、放大器和整流器三部分组成。

窄带滤波器的任务是选出导频而抑制非导频信号对导频接收设备的串扰，要求其选择性很强（如 ZL_3 导频接收用的窄带滤波器的通带仅几赫），一般多采用石英晶体滤波器。

放大器的作用是提高导频控制扩张能力,要求其增益高且稳定,否则将造成错误指示和调节。所以,导频接收用的放大器均采用深负反馈放大器。

整流器将导频信号整流为与导频电平相对应的直流电压 $\overline{U}$,输出至导频指示电路、扩张电路和告警电路。当线路衰减增加时,导频电平降低,对应的直流电压 $\overline{U}$ 也降低。

二、 ZM_{305} 导频接收电路分析

图6—3—1为 ZM_{305} 导频控制盘电路图,它包括导频接收、控制扩张、告警三部分。本节仅分析其接收部分。本盘的端子1、2接到导频放大器盘输出端子16、17(端机)或线路放大器盘输出端子12、13(增音机)。

窄带滤波器 LB 为石英晶体窄带滤波器。通带衰减约为0.8~1.0奈培。有40、80、92、143千赫四种,其中40千赫一种的阻抗较高,需接至变量器 B_1 的1、4端子。

放大电路由 BG_1 和 BG_2 等组成,其交流简化电路如图6—3—2所示,为串联电压深负反馈。 B_1 为1:0.62降压变量器。输出变量器 $m_2=0.12$, $n_2=0.64$ 。其增益计算如下:

在深负反馈时, $U_{be1} \approx 0$,则 $U'_{sr}=U_{be1}+U_f \approx U_f$,所以

$$K' = \frac{U_{sc}}{U'_{sr}} \approx \frac{U_{sc}}{U_f}$$

而

$$U_f = \frac{m_2 U_{sc}}{R_8 + R_{W1} + R_4} \cdot R_4$$

则

$$K' = \frac{R_8 + R_{W1} + R_4}{m_2 R_4}$$

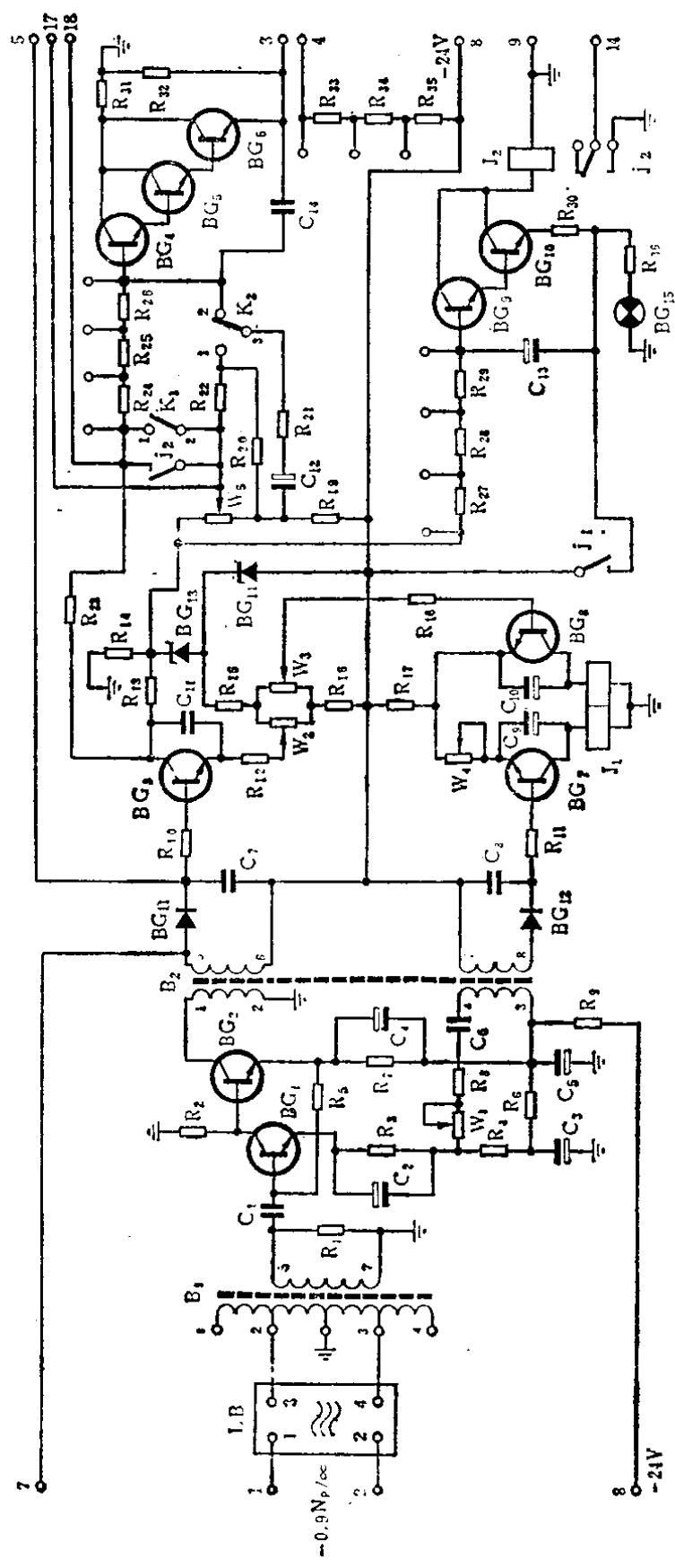


图 6-3-1 ZM805 导频控制盘