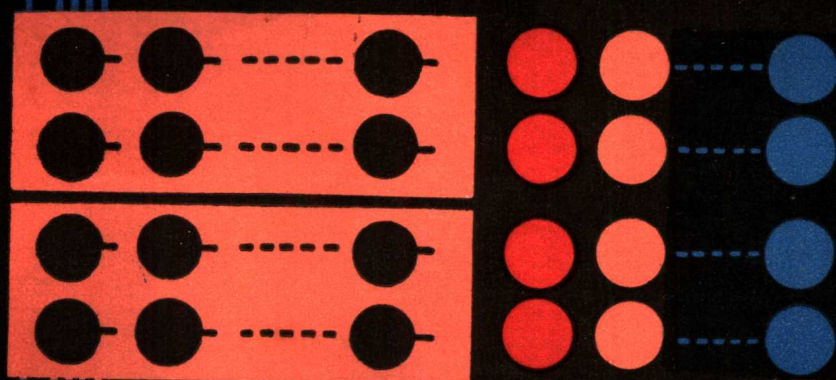




纵横制电话交换机读本

时振泽 编 姚洁莹 审校

人民邮电出版社

纵横制电话交换机读本

时振泽 编
姚洁莹 审校

人民邮电出版社

内 容 提 要

这是一本介绍纵横制交换机的工作原理及工作程序的基础读物。其特点是按着电路工作程序,介绍各种电路的逻辑关系,将一个接续过程所涉及的电路集中反映在一张电路图上,使读者能够迅速地了解各电路之间的逻辑关系,同时避免了翻阅大量大幅的图纸。

该书除重点讲解了各种接续电路外,还介绍了元件、组群、中继方式、编号制度、信号方式、各种局间接口设备以及测试设备、测试方法等内容。

该书可作纵横制交换机培训班教材,也可供纵横制交换机维护人员学习使用。

纵横制电话交换机读本

时振泽 编

姚洁莹 审校

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京兴华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售



开本: 787×109 1/16 1988年1月第一版

印张: 11 8/16 页数: 92 1988年1月北京第1次印刷

字数: 278千字 插页: 5 印数: 1—11 000册

ISBN7115-03493-1/TN

定价: 2.40元

序 言

随着纵横制电话交换机在我国的广泛应用,维护人员日益增多。为了提高维护人员的技术水平,北京电信局曾多次举办纵横制电话交换机短训班。由于纵横制交换机电原理图数量多图幅大,一个接续逻辑过程往往又涉及多种电路,因此,不利于教学。

本书是在总结教学经验和参考国内外有关培训教材的基础上编写的。介绍电路逻辑是按电路程序进行的,将一个接续逻辑过程所涉及的电原理图的相关部分集中反映在一张图上,这样,对于一个逻辑过程就能一目了然。同时将大图化为小图,学习起来也比较方便。

另外为了讲清组群,首先要解决接线器的表示图与实物的关系,以及纵棒的各种连接方式。所以,本书除介绍了纵棒的表示图与实物图的关系外,还介绍了两个纵棒的几种连接方式,为学好各种形式的组群打下基础。

各种标志器的控制电路需要实现组群的要求,本书在控制逻辑图上加入简单的组群图,使两者溶合在一起,便于初学者加深概念。

为了适应纵横局局间加装 PCM 传输设备以及数字程控交换机进入电话网,书中还简要介绍了数字型线路信号及纵——程接口方式,使读者对纵——程局间信号建立起必要的概念。

本书通过多次办训练班使用,读者感到能够通过短期学习,尽快掌握了纵横交换技术的基本知识。

对于本书存在的不足之处,望读者指正。

时振泽

1984.2

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 电话通信网	(1)
第二节 我国的长途电话网	(2)
第三节 市内电话网	(3)
第四节 长市中继方式	(4)
第二章 继电器	(6)
第一节 PR101型继电器	(6)
第二节 消灭火花电路	(15)
第三章 接续元件	(17)
第一节 拨簧式纵横接线器	(17)
第二节 编码接线器 (PT502型)	(23)
第四章 组群	(25)
第一节 接线器的表示法	(25)
第二节 两个纵单位的连接方式	(26)
第三节 组群方式	(28)
第四节 HJ921型纵横制电话交换机组群	(29)
第五节 HJ941型纵横制交换机组群	(35)
第六节 SH—1型纵横制交换机组群	(37)
第七节 HJ921型交换机组群的改进	(39)
第五章 编号制度与信号方式	(40)
第一节 自动电话编号制度	(40)
第二节 多频互控 (MFC) 信号方式	(42)
第三节 数字型线路信号	(46)
第四节 直流信号方式及局间直流信号标志	(52)
第六章 中继方式	(65)
第一节 HJ921型纵横制交换机中继方式	(65)
第二节 HJ941型纵横制交换机中继方式	(69)
第三节 HJ921 (A) 型交换机的中继方式	(80)
第七章 纵横制交换机电路逻辑关系与电路分析	(82)
第一节 用户摘机听拨号音	(82)
第二节 用户记发器	(94)
第三节 选组级标志器 (ZBZ)	(106)
第四节 呼入用标 (RBZ)	(118)
第五节 通话电路	(126)
第八章 局间接口设备	(131)

第一节	概述	(131)
第二节	步—纵接口设备	(131)
第三节	纵一步接口设备	(138)
第四节	步—纵、纵一步接口设备比较	(140)
第五节	步—纵一步方式	(141)
第六节	纵—纵一步方式	(142)
第七节	纵一步—纵方式	(142)
第八节	纵—程间接口设备	(143)
第九节	AB线接口与EM接口比较	(145)
第九章	纵横制交换机技术指标测试	(147)
第一节	概述	(147)
第二节	直流极限指标的测试	(148)
第三节	交流极限指标	(150)
第四节	各种信号音的测试	(155)
第五节	传输指标及其测试方法	(156)
第十章	维护测试设备	(165)
第一节	测量台系统	(165)
第二节	机房的维护测试设备	(167)

第一章 概 论

第一节 电话通信网

一、电话通信网的组成

电话通信网由终端设备、传输设备和交换设备组成，如图1—1所示。

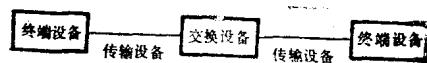


图1—1 电话通信

最初的终端设备是电话机，只是用来通话。而现代的终端设备种类较多，如书写电话（这种电话可以在通话的同时传送书写的文字或图形）、按钮电话、单路传真、低速数传以及可视电话等。

传输设备的作用是联系终端设备与交换设备。最早的传输设备是明线，由于需要的电路数不断增加，一方面线对增加，形成电缆。另一方面是在一对或两对线上复用，形成多路复用设备，如载波电路脉冲编码设备等。一个系统可以发展到几十路甚至万余路。同时，无线通信设备也有很大发展，如短波、微波、卫星通信等。

交换设备主要是解决若干终端设备之间的联接问题。最初的交换设备是人工操作的。由于参与交换的终端设备日益增加，简单的人工交换已不能应付。1889年自动电话交换机问世，逐渐代替了人工交换。早期为步进制式自动电话交换机，后来又研制并装用纵横制式交换机。50年代以来，由于半导体器件的产生和计算机日益普及。电子交换机已逐步发展，程控电子交换机已成为电话交换的发展方向。

二、电话网的种类

通信网的分类方法很多，按传输方式划分为模拟网和数字网；按服务范围分为农话网、市话网、长途电话网和国际电话网；按通信业务划分为电话网、电报网、数据网、传真网等。

电话网主要是解决通话问题，而现代的电话网也向综合通信发展，即电话网不仅是传递电话，还可以传递其他信息，如数据、传真等。

电话网按其结构的不同可分为以下几种：

1. 网状网

如图1—2所示，这种网的特点是：各个交换点之间均设直达中继线，如有 n 个交换点（电话局），其中继线群数 $=\frac{1}{2}n(n-1)$ ，可见中继线群数约随电话局数的平方而增加。在大型电话网中，局所数目很多，如全电话网有60个电话局，其中继线群数为 $\frac{1}{2}60 \times (59) = 1770$ 个。中继线群的增加，将会使中继线的效率下降。故大型电话网不采用网状网。

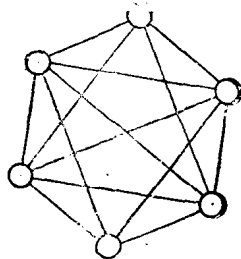


图1—2 网状网

2. 星状网

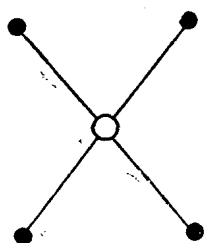


图1-3 星状网

星状网如图1-3所示，它是辐射型的电话网，一般电话局之间的话务需要经过汇接局汇接。其间不设直达中继线。如有 n 个电话局，其中继线群为 $(n-1)$ 个。上例中60个电话局，其中继线群数仅为59个。比网状网少30倍。但这种方式又带来了缺点，即汇接局发生故障时，会影响全网的通信。因此，星状网也不适合需要。

3. 复合网

复合网如图1-4所示，它实质上是网状网与星状网的结合，它兼有两者的优点。电话局可分为汇接局、分局、端局，一般的分局间不设直达中继线，而经过汇接局汇接。但话务较多的分局间、端局间可设高效直达中继线。如图1-4中虚线所示。

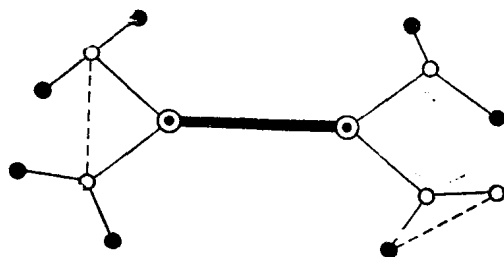


图1-4 复合网

复合网中各局间根据需要可设直达中继线，高效直达中继线，迂回中继线和汇接中继线，故复合网是一种灵活、方便、效率高而可靠的电话网。所以多采用这种电话网。

第二节 我国的长途电话网

我国幅员辽阔，大、中城市和广大农村电话交接点很多，故采用四级汇接制长途电话网，如图1-5所示。

第一级为首都和省间中心（大区中心），汇接一个大区内各省（自治区）之间话务。首都与省间中心之间，由于话务量较高，故可设直达中继电路，形成网状网。

第二级为省中心，汇接本省（自治区）内各地区（市）的话务。

第三级是地区中心，汇接本地区内各县间的话务。

第四级是县中心，其为长途电话网的终端局。

全部网路由基干路由组成，如图1-5实线所示。一次通话若经过基干路由转接次数

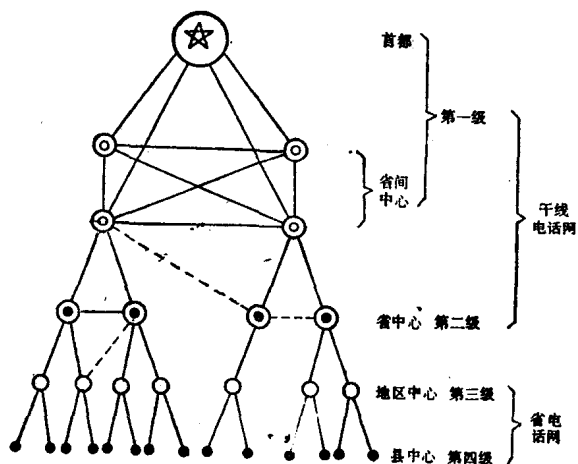


图1-5 四级汇接制长途电话网

较多，如一个大区内的县局呼叫另一大区内的县局，需要经过六次转接。占用七段长途电路，因此，根据实际需要可设直达电路或高效直达电路，如图1-5中虚线所示，利用直达电路与基干电路可组成直达接续和灵活的迂回接续。

第三节 市内电话网

市内电话网一般采用汇接方式，汇接中继方式可划分为来话汇接、去话汇接和来去话汇接。在一般情况下多采用来话汇接中继方式或以来话汇接方式为主，辅以局部去话汇接方式。

一、来话汇接中继方式

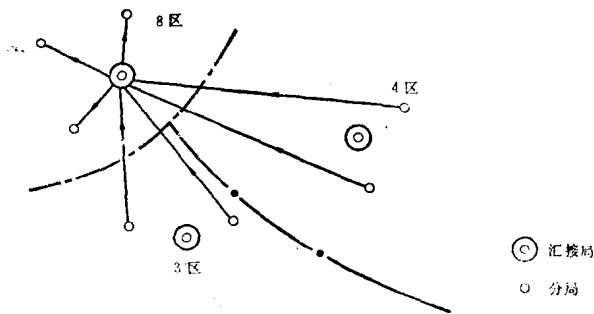


图1—6 来话汇接中继方式

来话汇接中继方式的基本特点是：发话分局先接到受话区的汇接局汇接后再到受话分局，如图1—6所示。

从图1—6可知3汇接区、4汇接区的分局呼叫8汇接区的分局时，均经8汇接区的汇接局汇接。

来话汇接又可分为本汇接区内局间点点相连和局间也经汇接两种方式。

因此，来话汇接方式有以下特点：

- ① 本局交换不出局。
- ② 本汇接区内各分局间的交换不经过汇接局。局间中继线组数 N_1 为：

$$N_1 = M \cdot n + \sum_{i=1}^M n_i (n_i - 1)$$

式中： M ——市话网的汇接区数

n_i ——第 i 汇接区内分局数，且

$$n = \sum_{i=1}^M n_i$$

式中 n ——全网分局数。

- ③ 本汇接区的交换也经过汇接局汇接，中继线组数 N_2 为：

$$N_2 = (M + 1) n$$

二、去话汇接中继方式

去话汇接中继方式基本特点是：发话分局先到发话区的汇接局经汇接后再到受话分局去如图1—7所示，4汇接区分局呼叫3区、5区的分局时，均先经过本汇接区的汇接局汇接。但有两种情况不经过汇接：

- ① 本局交换不出局。
- ② 本汇接区内各分局的交换不经过汇接局。

其中继线组数 N_3 为：

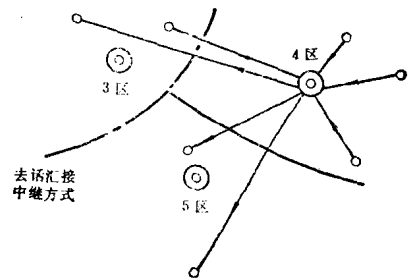


图1—7 去话汇接中继方式

$$N_3 = 2(M - 1)n + \sum_{i=1}^M n_i (n_i - 1)$$

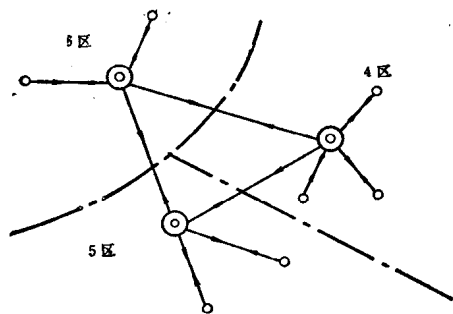


图1—8 来去话汇接方式

四、不同汇接区的汇接

采用纵横制电话交换机以后，可以不同汇接区汇接，如图1—9所示。

8汇接区的分局呼叫7区分局，可经过3区的汇接局汇接。不同汇接区之间可根据需要组成来话、去话或来去话汇接。可见，全网采用纵横制电话交换机以后，可以组成灵活可靠的电话网。

五、高效直达和迂回中继方式。

如图1—10所示。8汇接区中的86分局与3汇接区内的36分局相距很近，在纵横制电话网中，可由86分局至36分局间设高效直达中继线，如图中虚线所示。一般话务均可直达，在高话务量时，溢出的话务再经过8区、3区汇接局汇接。这种方式可以节省大量局间中继线，今后要更多的采用。

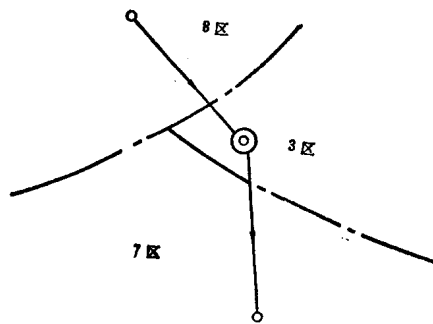


图1—9 不同区汇接方式

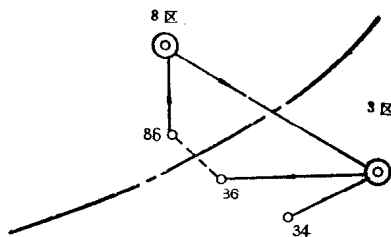


图1—10 高效直达和迂回中继方式

第四节 长市中继方式

为了使长途电话畅通无阻，长话局与市话局之间应设足够的中继线。由于长途电话有不同的接续方式，故长市中继也有很多种。

一、长途电话的接续方式

1. 迟缓接续制

迟缓接续制是人工接续，适用于长途电路群小的情况下，可以提高电路利用率。接续的过程是：用户需要呼叫长途电话时，先拨长途电话挂号“113”，长途记录台话务员记录后，通知接续台话务员进行接续，经一定时限后接通，如果挂号后长时间不接通电路，主叫用户可拨查询号“116”查询情况。这种接续在长市间有三种中继线即：挂号线“113”，查询线“116”和长市中继线。

2. 立接制

立接制也是一种人工接续制，用户呼叫长途电话，可拨叫立接制挂号“173”，话务员记录并立即接续，主叫用户不必挂机等待，10分钟内予以接通。极少数情况接不通时，可将

记录单转给递延台处理。

立接制长途对市话中继线有：接录中继线、查询中继线、长市中继线。

3. 半自动接续制

立接制中有一种半自动接续方式，主要是本市长途接录台的话务员可以直拨对方城市电话，从而缩短了用户的等待时间，也减少了话务员，其对市话的中继线与立接制方式相同。

4. 长途全自动接续制

发话用户可直接拨叫对方城市的市话用户。这种方式的长市中继有：市长全自动去话中继线、长市全自动来话中继线。

二、长市中继技术业务性能

(1) 长途全自动去话接续：当主叫用户拨长途全自动代码“0”时，需显示并向长话局发送主叫用户类别和号码，并需配合直拨小交换机显示其分机主叫类别和号码，并发送至长话局。在小交换机显号设备发生故障时，不予接通，并送忙音。

(2) 对长途半自动接续：当主叫用户呼叫长途半自动去话代码“173”时，选用市→长接录中继器。话务员应答后，话路改为被叫控制方式，此时如主叫用户挂机，话路不放，并有信号标志送至长话局，且可受话务员控制向主叫用户回振铃，主叫用户摘机后仍可通话。

(3) 长途半自动来话和人工来话接续：可插入被叫用户的市话接续并送出通知音，相应市话用户挂机后，停送通知音。如被叫用户挂机，则向被叫用户送断续振铃，也可由话务员控制送长铃。如被叫用户未挂机即可进行长途通话。

根据需求和征得用户同意后也可强拆被叫市话用户。

(4) 对用户单路传真或低速数传用户的任何接续均不得插入。

(5) 对所有长途来话，去话接续的相关用户均提供长途占线标志。

第二章 继 电 器

机电制电话交换机的控制电路主要由继电器构成,因此,必须了解继电器的工作原理和特性。不同机电制电话交换机采用不同型号的继电器,如步进制(JZB—1型)交换机采用JRB型继电器,HJ905、HJ921、HJ941型纵横制电话交换机则采用PR101型继电器,HJ916型和长途JT—801型编码交换机采用PR110型继电器。

电磁继电器系将电能通过磁能而转变为机械能的器件。为了适应各种电路的需要,要有各种各样的线圈。为了使电能很好地转换为磁能,要有良好的磁路,要能控制更多的电路工作,要有许许多多的接点簧片,去执行控制电路的要求。

老式继电器如JRB型继电器为推压式,接点的动簧片为负荷,动簧片越多,需要的机械能越多,因此,这种推压式继电器所负荷的接点簧片不多,一般只能负荷15片接点簧片。新式继电器如PR101型继电器则为预压式,这种继电器的动簧片不再为负荷,而为动力,为了保持继电器静止状态,需要有克服动簧片动力的压簧。只要继电器的吸力克服压簧与动簧片的差力即可使继电器动作。所以在同样的磁路条件下,预压式继电器可负荷32个接点簧片。

对继电器的基本要求:

①速度快:要求继电器要有较快的动作和释放,快速继电器可以组成效率很高的控制电路。

②寿命长:纵横制电话交换机的公共控制设备动作次数频繁。一般电路的继电器要求动作5千万次,而标志器的多数继电器则要求动作次数1~5亿次。

③负荷大:要求继电器能够带动更多的接点簧片。

④灵敏度高:灵敏度就是吸合一定负荷所需要的功率。吸动同样类型接点而使用功率最少的继电器灵敏度高。在通话电路中的继电器需要有很高的灵敏度。

⑤体积小重量轻:电话交换机使用的继电器数量很大,减少体积和重量是非常必要的。

⑥不需要经常的维修和调整:可以大大的减轻维修工作量。PR101型继电器基本上能达到要求,继电器经组装好以后,就不需要很多的调整工作了。

⑦造价低:降低继电器造价是降低整机造价的根本措施,便于采用自动化生产的继电器能够较大幅度的降低成本。

第一节 PR101型继电器

一、PR101型继电器的特点

①铁心为圆柱型,负荷簧片最多为32片。

②铁心与轭铁间采用焊接固定,铁心轭铁之间没有空隙,所以磁阻小,继电器灵敏度较高。

③紧固件不用螺钉，拆装方便。采用预压式工艺，即接点的接触压力是由预先加工时簧片本身弯曲的弹力形成的，并不依靠外力造成其接触压力。维修中也不需要更多的调整工作。

④动作和释放速度较快。

二、继电器工作原理

继电器的组成：

PR101型继电器由铁心、线圈、轭铁、衔铁、簧片所组成。如图2—1所示。

主要部件作用：

①铁心：磁路的主要组成部分，产生磁力。用高导磁和低剩磁的电工纯铁制成。

②轭铁：磁路的主要组成部分，与铁心构成低磁阻的磁回路。另外还可作为簧片和衔铁的支架。

③衔铁：磁回路中的可动部分，它在铁心的吸力作用下，推动接点簧片。

④线圈：用漆包软铜线绕在线圈架上而构成线圈，一般线圈为有感线圈，即其通过电流使铁心产生吸力。线圈是使电能转化为磁能的主要部件。

⑤簧片组：是继电器的执行部件，可直接控制电路。簧片组是由弹性较好的磷铜片制成，头上焊以白银接点。

三、继电器的安匝特性

继电器的动作或释放与流过线圈的电流大小有关，也和线圈的匝数多少有关。即继电器铁心对衔铁引力大小取决于线圈的匝数和通过线圈的电流的乘积，一般继电器有四种安匝特性。即：

①吸合安匝：使继电器吸动（衔铁和簧片完成动作）所需的最小安匝。

②保持安匝：继电器吸动后能继续保持在吸动位置所需的最小安匝。一般为吸合安匝的60%。

③释放安匝：继电器吸动后，使之释放的最大安匝数。一般为吸合安匝的30%。

④不动安匝：是继电器不能吸动所允许的最大安匝。一般为吸合安匝的70%。

上述的四种安匝特性是理论上的，实际上继电器卡片上规定的动作安匝、释放安匝，保持安匝、不吸安匝均与上述的概念相反。如负荷4付转换接点的继电器吸合安匝为160安匝，这160安匝并不是使继电器衔铁和簧片完成动作所需的最小安匝，而是工厂生产这种继电器的最大吸动安匝，即由工厂生产的负荷4付转换接点的继电器动作的最大安匝是160安匝，其中灵敏的可能100安匝就吸动了。而吸动最大的安匝则是160安匝。同理，其他三种安匝特性也是这样的。

工厂生产同一类型继电器几百只，几千只甚至更多，由于铁心磁性材料的差异，接点簧片弹力、间隔的调整差异，以及衔铁行程的差别等原因，造成同一品种的继电器特性并不一致。如四种安匝特性，吸合、释放时间特性等均有差异。对于同一品种的继电器的某一特性如吸合安匝的测试，可以得到一组离散型的数据。如对负荷4付转换接点的PR101型继电器的吸合安匝测试所得的一组数值是157、120、130，它们的平均值是135AW，这些离散的数据服从正态分布。通过各个测试数据，可以计算平均值、方差（标准偏差）。优良的继电器

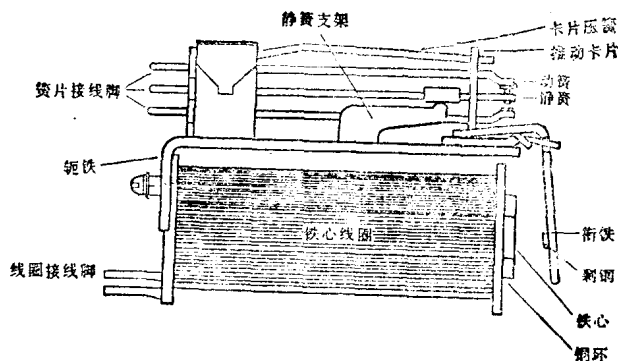


图2—1 PR101型继电器构造图

所测的数据均靠近平均值，即均方差很小。

无论是设计电路还是作电路分析，均应注意继电器参数的差异性。客观上的电压线路参数以及继电器本身参数均在变化着。要善于抓着对于所研究问题的关键参数。来进行分析问题。

四、安全系数

继电器本身参数以及外界的条件常有变化。如：

- ①电源电压允许 $(60+6)V \sim (60-4)V$ ；
- ②继电器的制造误差，如线圈的电阻值 $\pm 10\%$ ；
- ③线路条件变化。

所以必需给定一定的安全系数，才能使电路稳定工作。安全系数有两种，一种是各种条件均为正常时的安全系数 (S_A)，另一种是极限条件的安全系数 (S_B)，一般情况下的 S_A 取：

快吸快放继电器安全系数取 $1.5 \sim 2$ ；

慢放快吸继电器安全系数取 $2 \sim 3$ ；

慢吸快放继电器安全系数取 $1.2 \sim 1.5$ ；

脉冲继电器安全系数取3以上；

常吸继电器安全系数取1.5左右，但继电器的额定消耗功率不能超过3瓦。

另外，还可以考虑外界条件最不利时的安全系数 (S_B) 大于1.1的要求。

例1：HJ941型交换机中用户电路的YQ继电器，当用户摘机时动作，规格为三线圈，其中有620欧姆的两个线圈串联，吸动电流为15毫安，如图2—2所示。

用户环路电阻2000欧姆（包括话机电阻）电源最低电压为56伏。

线圈直流电阻为正偏差10%，即为 $1240 \times 110\% = 1364$ 欧姆。

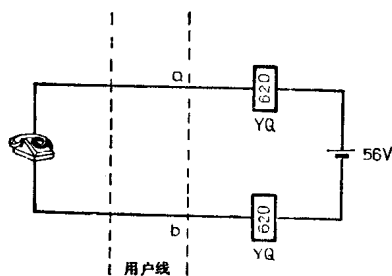


图2—2 用户摘机回路

YQ继电器的吸动工作电流为

$$\frac{56}{2000 + 1364} = 17 \text{ 毫安}$$

最小吸动电流为15毫安

所以安全系数 (S_B) = $\frac{17}{15} = 1.13 > 1.1$

$$S_A = \frac{60}{2000 + 1240} \times \frac{1}{15} = 1.23$$

用户电路中的YQ继电器在最不利的条件下，工作安全系数 (S_B) 大于1.1， $S_A = 1.23$ 。

例2：有一只常吸继电器，吸动安匝为100安匝，线圈规格为3000匝—1200欧姆，求工作安全系数？

解：如图2—3所示，当电键K闭合时，继电器动作。在各种条件正常时吸动安全系数 (S_A) 为：

$$\frac{\frac{60}{1200} \times 3000}{100} = \frac{150}{100} = 1.5$$

最不利条件下的安全系数 (S_B) 为:

$$\frac{\frac{56}{1200 \times 110\%} \times 3000}{100} = 1.28 > 1.1$$

$$\text{该继电器功率 } P = \frac{U^2}{R} = \frac{(60)^2}{1200} = \frac{3600}{1200} = 3$$

该继电器恰好满足要求, 可以选用。

五、继电器的时间特性

当电路完成后, 继电器从不动作到吸动状态, 需要一定时间, 这个时间叫继电器吸动时间。电路断开后, 继电器从动作到释放状态, 同样也需要一定时间, 这个时间叫继电器释放时间, 动作或释放时间均由两部分组成: 一部分是从电路接通 (或开断) 起, 到衔铁开始移动所需的时间, 称为触动时间 (感动时间)。另一部分是从衔铁开始移动起, 到簧片接点全部移动完成为止所需时间称为动作时间 (移动时间)。外界条件可以影响触动时间。但对移动时间影响较小。

以下简述影响继电器时间特性的几种因素。

1. 电感的影响

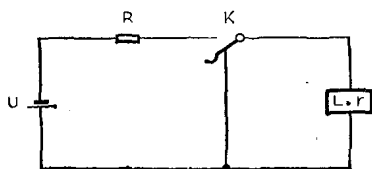


图2-4 继电器电路

继电器的线圈是由漆包线绕在铁心上组成的, 它不仅具有电阻而且具有电感 (L), 电感的大小可以直接影响触动时间, 如图2-4所示。

当搬动K按键时, 接通继电器回路, 继电器线圈中开始有电流流过, 瞬间继电器线圈的电感 L 因电流变化产生一个与外加电压的方向相反的自感电势, 以阻止电流增加,

感应电势大小与电流变化速率成正比。故 RL 电路中的电流不能突变。电路中电流增长情况如图2-5所示。

瞬时的回路电流 i 为:

$$U = i(r + R) + L \frac{di}{dt}$$

$$i = I(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

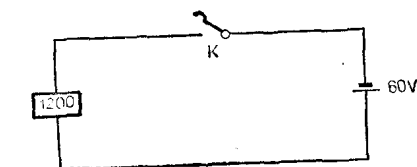


图2-3 常吸继电器吸动回路

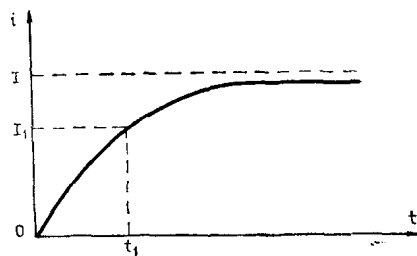


图2-5 回路初完成时, 电流时间特性

从图2-5可看出, 动作回路刚刚建立时, 电流从0逐步增长经 t_1 时间后, 电流达到继电器吸动电流值 I_1 , 继电器开始吸动。从 $0 \sim t_1$ 这一段时间称为继电器的触动时间。触动时间的长短与 RL 回路中的时间常数 τ 有关, τ 越大触动时间越长。上例中

$$\tau = \frac{L}{R + r}$$

继电器的吸动电流为 I_1 ，触动时间为 t_1 ，此时电路的方程式为：

$$I_1 = I \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}} \right)$$

$$t_1 = \tau \ln \frac{I}{I - I_1} = \tau \ln \frac{1}{1 - \frac{1}{K}}$$

$K = \frac{I}{I_1}$ 为继电器吸合安全系数。

由上式可以看出，继电器吸合安全系数较大时，触动时间趋于稳定。

另外继电器具有铁心，而铁心中涡流作用会使吸合时间加长，如影响增长的时间为 t_0 ，则实际上继电器吸合时间 t_1 为：

$$t_1 = \tau \ln \frac{1}{1 - \frac{1}{K}} + t_0$$

当回路时间常数较大时，线圈内电流增长较迟缓，故一般接通时涡流作用可略去不计。但特殊速动继电器，线圈电感小，且串联较大的电阻，电流增长迅速，如果继电器吸合安全系数足够大， $\tau \ln \frac{1}{1 - \frac{1}{K}}$ 很小，影响吸动的主要因素就成为 t_0 。此时涡流对速动继电器就有很大的影响了。

由以上分析继电器吸合时，触动时间与回路的时间常数 τ 有关，所以设计者可以通过改变继电器线圈参数，回路中其他元件的参数来改变继电器的吸合时间，以达到电路设计预期的效果。

电感除了对吸合时间有影响外，还对释放时间有影响，当回路电流达到稳定值后，切断回路，由于线圈电感的作用，继电器线圈内的电流不能立即为零。如图2—4中，当K还原后，继电器线圈被短路，线圈电感L因电路中的电流变化产生一个与外加电压方向相同的自感电势，阻止电流突变，瞬间的电路方程为：

$$Ri + L \frac{di}{dt} = 0$$

$$\frac{di}{i} = - \frac{R}{L} dt$$

$$\therefore i = Ce^{-\frac{t}{\tau}} \quad C \text{ 为积分常数}$$

$$\text{当 } t=0 \text{ 时, } i = \frac{U}{R} = I \quad \therefore C = I$$

$$\text{从而 } i = Ie^{-\frac{t}{\tau}}$$

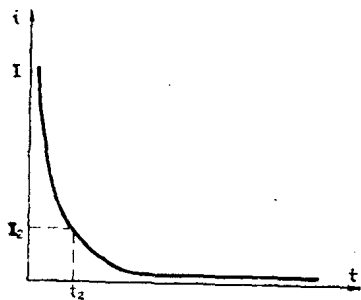


图2—6 回路切断时，电流时间特性

可见 $t = \tau$ 时，线圈电流就减小到 $i = 0.368I$ ，而经过 3τ 后，电流将等于 $0.05I$ ，回路中电流时间特性如图2—6所示。

继电器释放时间也包括两个部分，一部分为触头时间，另一部分是衔铁移动时间。

$$I_2 = I e^{-\frac{t_2}{\tau}}$$

$$\therefore t_2 = \tau \ln \frac{I}{I_2} = \frac{L}{R} \ln \frac{I}{I_2}$$

从上式可见，回路稳定电流 I 大，继电器释放电流 I_2 小， τ 大时，继电器释放时间 t_2 大。

另外，涡流同样影响继电器释放，故继电器的释放时间

$$t_2 = \frac{L}{R} \ln \frac{I}{I_2} + t_0'$$

t_0' 是继电器由于涡流影响而增长的释放时间。

2. 涡流的影响

上述继电器吸合或释放均受涡流的影响。继电器铁心相当一个短路线圈，回路中电流变化，铁心中同样产生感应电势，因此，产生涡流。当线圈刚通电时，流过线圈的电流逐步增长，而铁心中的涡流与线圈电流增长方向相反，因此，铁心涡流所产生的磁场极性与线圈电流所产生的磁场极性相反，起阻止磁场增强之作用。如图2—7所示。

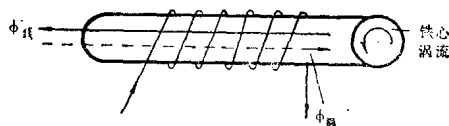


图2—7 涡流对吸合时间的影响

反之，当回路电流被切断时，线圈中电流逐步消失，铁心中的涡流方向与线圈中电流消失前的电流方向相同，如图2—8所示。

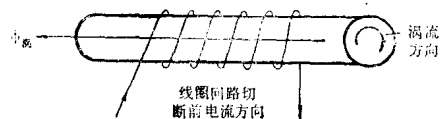


图2—8 涡流对释放时间的影响

涡流产生的磁场，阻止线圈电流所产生的磁场消失。

PR101型继电器由于铁心涡流影响而对吸动或释放，均增加几个毫秒。

3. 短路线圈的影响

短路线圈是在铁心上用裸铜线绕成的，或将继电器的另外一线圈短路，可见短路线圈实质上是利用涡流作用来达到使继电器迟动或迟复，如图2—9所示。

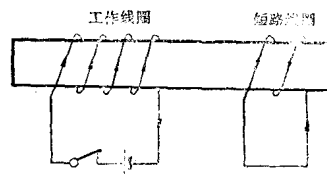


图2—9 短路线圈工作原理

当开关闭合的瞬间，工作线圈流过电流，电流方向如箭头方向所示，而此时，短路线圈上产生感应电流其方向与工作线圈的电流相反，如箭头所示，此时短路线圈内的电流产生的磁场起抵消工作线圈电流产生磁场的作用。反之，拉开电键 K 的瞬间，短路线圈感应电流产生的磁场与吸动衔铁的磁场同方向，因此工作线圈电流被切断的瞬间，铁心中的磁场不立即消失。衔铁不立即释放。

可见，短路线圈有迟缓吸合或释放之作用。在绕制短路线圈时，要求短路线圈的直流电阻小，这时涡流大，另外使时间常数 $\frac{L}{R}$ 大。通常短路线圈用裸铜线排绕在继电器线圈的最里层。

PR101型继电器可以用铜极靴套在铁心上的方式产生慢吸慢放的作用，其原理仍为涡流影响，这种方式使用方便，一般慢吸或慢放时间增加10毫秒左右。

4. 继电器吸合安全系数影响

吸合安全系数的大小直接影响回路中的电流变化。若工作电流大，线圈中电流从0增大