

T
IELU
XINHAO
GONGDIAN

林景生 黄锡坚 编



铁路信号供电

中国铁道出版社

铁路信号供电

林景生 黄锡坚编

中国铁道出版社

1981年·北京

内 容 简 介

本书包括信号供电系统、信号发变配电所、自动闭塞电线路、信号电源设备等七章，较全面地介绍了各种信号供电方式的技术要求、工作原理、设计计算，以及电力系统可靠性计算方面的内容。

本书可供从事铁路供电及信号工作的人员参考。

铁路信号供电

林景生、黄锡坚编

中国铁道出版社出版

责任编辑 倪嘉寒

封面设计 翟 达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：13.25 字数：307 千

1981年7月第1版 1981年7月第1次印刷

印数：0001—3,000册 定价：1.40元

前 言

铁路信号供电是信号设备的重要组成部分，在铁路供电系统中，信号供电也占有很重要的地位。特别是在自动闭塞区段的铁路线上，须要修建大量的自动闭塞变电所与自动闭塞电线路。

铁路信号供电无论是设计、施工或运营单位，都积累了许多有益经验，创造并发展了新的技术，采用了新的设备和器材，从而提高了信号供电的技术水平，为实现铁路的现代化提供了物质基础。在自动闭塞变电所方面，已普遍采用有载调压变压器、自动闭塞馈线设置自动重合闸和备用电源自动投入装置，并开始采用晶体管继电保护装置等。在自动闭塞电线路方面，采用了性能良好的预应力钢筋混凝土电杆、角钢横担、钢芯铝线，采用了性能优越的GW₄-15型户外隔离开关，普遍采用低压联络装置。在信号电源方面，除了传统的内燃发电机在大量使用以外，太阳能电池和风力发电机亦有应用，一、二次电池的应用也有发展。本书对铁路信号供电尽可能作全面阐述外，对一些新的设备和技术也做了简单的介绍。

本书在编写中注意到技术资料的完整性，所以书中编有较充分的计算公式、插图和表格，其中有些资料还是较难查到的。本书得到王敬诚、陈永超、魏秋同志的审阅，并提出许多宝贵意见，在此特致谢意。

由于我们的技术水平不高，书中一定存在许多缺点、错误和不足之处，热情希望读者批评指正。

编 者

一九八〇年七月

目 录

第一章 概述	1
第二章 信号设备供电方式及负荷计算	3
第一节 自动闭塞和调度集中供电	3
第二节 电气集中联锁供电	6
第三节 驼峰信号供电	16
第四节 电锁器联锁供电	30
第五节 信号负荷计算	31
第三章 变配电所	37
第一节 所址选择	37
第二节 变配电所主接线和设备布置	37
第三节 电气设备选择和短路电流校验	50
第四节 供电系统的继电保护	54
第五节 信号用特殊电力设备	70
第四章 自动闭塞备用柴油发电所	80
第一节 机组选择	80
第二节 一次接线	82
第三节 设备安装	84
第四节 机组的同期	84
第五节 机组的自动起动	87
第五章 自动闭塞电线路	92
第一节 架空电线路	92
第二节 电缆线路	131
第三节 线路常用设备	142
第四节 防雷与接地	148
第五节 低压联络装置	162
第六章 信号电源设备	166
第一节 内燃发电机	166
第二节 风力发电机	169
第三节 一、二次电池	177
第四节 硅太阳电池	180
第七章 信号供电系统的可靠性计算	190
第一节 可靠性指标	190
第二节 简单串、并联系统可靠性指标的计算	195
第三节 电力网接线的可靠性计算	199
第四节 发电厂及变电站的电气主接线的可靠性计算	202
第五节 可靠性技术在供电系统中应用举例	205

第一章 概 述

铁路信号是指示行车和调车运行条件的命令。由于它的作用关系到安全、准确、迅速、经济地组织列车运行和调车工作，提高铁路通过能力，因此向信号设备提供的电力需要有较高的标准。随着铁路现代化的发展，电子计算机、工业电视、雷达测速装置的采用，信号设备对供电的要求将越来越高，不仅对电源的可靠程度有较高的要求，并且对电压、频率的稳定性都有一定的要求。为此，根据不同的信号设备和使用条件，其对电源的要求还是有不同差别的，同时按照电源事故停电造成的后果，可将负荷分为下列三级：

1. 一级负荷——事故停电，将引起人身伤亡，主要设备损坏，大量减产，造成铁路运输秩序混乱。属于此类负荷的信号设备有：调度集中，大站电气集中联锁，自动闭塞，驼峰电气集中联锁，驼峰道岔自动集中，机械化驼峰的压缩机及峰顶照明等。

2. 二级负荷——如发生事故停电，将引起产品报废，生产过程被打乱，影响铁路运输。属于此类负荷的信号设备有：非自动闭塞区间小站电气集中联锁和色灯电锁器联锁等。

3. 三级负荷——不属于一、二级负荷者。

考虑供电系统时，应根据负荷等级，结合当地电源情况，进行必要的经济技术比较来确定。按照规定：

1. 一级负荷，应有二个独立电源保证不间断供电，并应尽可能使其中一路为专盘专线，每路电源的容量大小都应满足全部信号负荷之供电。如确因条件限制，不能保证可靠供电时，应设置发电机组。

所谓两个独立电源是指两个电源之间无联系，或虽有联系，但在发生任何一种故障而且主保护装置，包括断路器失灵时，两个电源的任何部分不致同时受到损坏，仍有一个电源不会中断供电的情况。例如自动闭塞区段由相邻两自动闭塞变电所供电，此两自动闭塞变电所相距几十公里，分别由不同的35千伏变电站各接了一路专盘专线，但是这样并不等于就取得了两个独立电源，还要看供给这两个35千伏变电站的是同一的还是各自独立的电源，一直核实至发电机组为止。对于装设有两段及以上母线的发电厂、变电所，以及由发电厂或变电所的不同段母线供电的线路，如果这每一段的母线是由不同的发电机组供电，各段母线无联系，或虽有联系，但在其中一段工作不正常时能及时切断其间的联系，不影响非故障段正常运行时，由这样两段母线接引之电源虽然来自同一发电厂或变电所，也可视为取得了两个独立电源。目前，全国各地许多35千伏及以上电网采用并联运行的方式，故在选择独立电源时，应考虑电网的结构及其继电保护装置等是否满足上述要求。

所谓专盘专线是指供给信号的10千伏以下高、低压电源线路和高压配电柜为不与其他负荷共用的专用电源线路和专用高压配电柜。

2. 二级负荷，亦应可靠供电。不过通常二级负荷允许有计划地停电数小时，故一般以一路电源线路供电。因某种原因造成连续数天不能供电的特殊情况下，应有使用备用移动发电机组或接引临时电源的可能。

3. 三级负荷，由一般电源供电。

4. 电力供应的电压、周波允许变动范围，和允许之负荷功率因数，在正常情况下应符合下列标准：

(1) 10千伏及以下高压供电和低压供电设备之受电端，容许电压变动范围为额定电压的 $\pm 7\%$ ；

(2) 自动闭塞信号变压器二次端子上容许电压变动范围为额定电压的 $\pm 10\%$ ；

(3) 供电周波的偏差不超过标准周波的 ± 0.5 周/秒（自备发电所为 ± 2 周/秒）；

(4) 负荷功率因数：高压供电不低于0.9；低压供电不低于0.85。

铁路信号电源原则上应和车站机务电源结合考虑，以统一和简化车站供电系统，方便维护管理。但是，信号电源根据其重要性和管理分工的不同，亦有单独设置信号变电所的情况。铁路用电一般都是接引电业部门地方电源，尽可能不自设主用发电厂。在电气化牵引区段，经过技术、经济比较认为合理时，也可采用牵引电源。对于地方电源可分为下列几类情况：

第一类电源

1. 能取得两个经常供电的独立电源，其中一路为专盘专线，或由于各种原因，不能取得专用电源，但能由其他重要用户线路接引供电时；

2. 供电容量满足信号设备之最大用电量；

3. 电压和频率变动在容许范围内，或电压变动虽较大，但能用现有调压器、稳压器稳定者。

第二类电源

1. 只能取得一路经常供电电源，但电源设备质量较好，根据其多年运行记录，检修及事故停电次数不多，计划最长停电时间可不超过8~10小时，为专盘专线或由其他重要用户接引供电时；

2. 供电容量、电压和频率变动等情况与第一类电源相同。

第三类电源

不能满足第二类电源条件之其他电源。

一级负荷由第一类电源供电时，不需要再另设备用发电机组。自动闭塞虽属一级负荷，因相邻两自动闭塞变电所是互为备用，故每一自动闭塞变电所并不要求同时引入两路独立电源，但相邻两自动闭塞变电所之电源应该是相互独立的。

在第二类电源地区，除自动闭塞外，是否适用属于一级负荷的其他信号设备，需要结合电源情况，慎重研究比较。一般可利用此电源作为主用电源，但需设置发电机组作为备用电源，发电机组台数通常设两台。如果根据多年运行资料表明，电源停电情况确实很少，而且停电时间也很短，在必要时（主电源特殊故障、发电机组大中修等），还能及时调来移动发电机组（发电车）的情况下，亦可考虑只设一台备用发电机组。

二级负荷可由第二类电源供电，但亦需解决备用电源问题。

第三类电源原则上不用作一级负荷的主用电源，作为备用电源时，还应根据具体情况，设置备用发电机组。因此设计自动闭塞供电时，尽可能不在第三类电源之车站设自动闭塞变电所；在这样的车站，是否采用属于一级或二级负荷之电气集中信号设备，亦需结合电源情况，慎重考虑。

第二章 信号设备供电方式及负荷计算

第一节 自动闭塞和调度集中供电

自动闭塞是根据列车运行及有关闭塞分区状态自动变换通过信号机显示，而司机凭信号行车的闭塞方法。一般在非自动闭塞区段，二站间只能行驶一列车，而在自动闭塞区段，二站间又被分为若干闭塞分区，因而在一个区间就可以同时行驶若干列列车，从而提高了通过能力。自动闭塞的制式有多种，目前我国采用的，主要有交流计数、移频等制式。同时自动闭塞又有交流电气化区段和非电气化区段之分。

调度集中、调度监督是铁路行车指挥的一种遥控遥信设备，前者具有遥控、遥信功能，后者则只有遥信功能。采用调度集中（监督）设备后，列车调度员在调度所可直接操纵（监督）管辖内几十个车站的道岔和信号机。根据采用元件、电路的不同，调度集中（监督）也有多种。在运输繁忙区段，区间都设有自动闭塞，但在运量不大，人烟稀少区段亦可采用半自动闭塞，站内则为电气集中联锁。在调度所除控制台表示盘外，还有列车运行自动记录仪、调度总机的发送接收设备等。

自动闭塞和调度集中的供电均属一级负荷。

区间自动闭塞的用电点是沿铁路基本均匀分布的负荷，一般每相隔 1 ~ 3 公里即有一信号点需要供电。各信号点的主要负荷有：轨道电路、信号机点灯电路、继电器或半导体元件等。同时，在自动闭塞区段的车站信号设备一般皆采用电气集中联锁。为供给该区段内信号设备用电，需沿铁路修建一条自动闭塞信号专用电线路，此线路除供给自动闭塞及该区段的其他信号设备用电外，通常不供给其他负荷用电，以免受其他负荷影响降低了供电的可靠性和电能质量。根据规定，在保证信号设备用电要求条件下，才可兼供给下列负荷用电：

1. 通信设备——列车无线通信及其他小容量通信设备。
2. 无电源地区的中间站行车有关房屋——车站值班室、继电器室等的室内照明设备。

自动闭塞是一级负荷，通常采用如图 2—1 所示的供电方式。

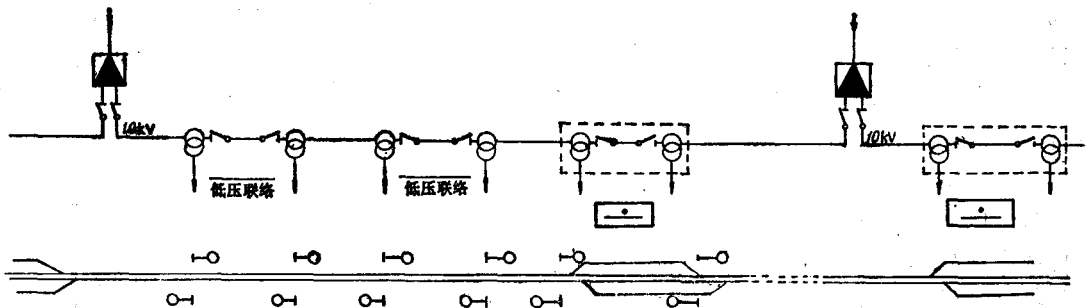


图 2—1 自动闭塞供电方式示意图

图中表明自动闭塞高压线路在整个区段分为若干个供电臂，供电臂两端分别设置自动闭塞变电所相互可逆供电。

在供电臂的适当地点设置信号变压器。一般对区间信号每供电点设一台DJ-1.2型信号变压器；在车站，需设两台DJ-5（或DJ-3）型信号变压器。因信号变压器容量较小，所以无论DJ-1.2型信号变压器或DJ-5型信号变压器均设为杆架式变电台。

在区间的信号变电台上，设有低压联络箱，箱内装有低压联络用继电器和变压器的低压保护装置。信号电源由低压联络箱以低压电缆引至信号继电器箱。

车站供电的2台信号变压器，设在根开4米的H型变台杆上，每根电杆上设有一个低压配电箱，箱内装有变压器的低压保护装置。信号电源由低压配电箱以低压电缆（共2条）引至车站继电器室的小站电源屏。

为保证供电可靠和符合要求的电能质量，在此供电系统中要考虑以下几个方面：

1. 考虑整个自动闭塞供电系统时，应将变电所尽可能布置于当地有第一类和第二类电源的车站，每个变电所通常只接一路全昼夜供电的专用电源。但是两相邻变电所之电源应为相互独立的电源，如不是独立电源时，要采取下列措施之一来保证不间断供电：

（1）选择合适的导线，在线路电压损耗不超过容许值条件下，考虑跨越一个变电所向下一供电臂供电的运行方式。因自动闭塞信号负荷较小，高压导线通常采用LGJ-25或LGJ-35钢芯铝绞线。

（2）根据可能停电时间的长短，在其中一个变电所内装设1~2台备用内燃发电机组来保证不间断供电。供电臂一端无交流市电电源，需设备用内燃发电所时，这样的发电所一般安装三台发电机组，以考虑其中一台进行大修时，还能有两台机组互为备用供电。

通常情况下，多采用第一项措施来解决，尽可能不设备用内燃发电机组。

2. 在工频交流电气化区段之自动闭塞变电所，一般尽可能布置在牵引变电所所在的车站，以便由牵引变电所的低压自用电母线或10千伏母线上接引电源。

3. 自动闭塞高压线路供电臂的长度不宜太长，以缩小事故停电影响的范围。但也不能太短，否则将增加变电所数量，加大基建投资费用和变电所定员。一般供电臂的长度在40~70公里范围内。

选择供电臂长度时，要考虑以下几个因素：

（1）电线路的电压损耗，使其不超过容许值。

（2）在供电臂远端短路条件下，过电流继电保护的灵敏度是否符合要求。

（3）因信号负载较小，相对来说10千伏自动闭塞线路电容电流所占比例较大，尤其在中间有较长的高压电缆时，更是如此。在这种情况下，要考虑单相接地时故障电流有无可能使过电流继电保护误动作。自动闭塞高压系统发生单相接地故障时，在较长一段时间内是容许继续供电的，如果由于单相接地使过电流继电保护误动，造成开关跳闸影响了行车，是不符合要求的，必须设法避免。同时还要验算低压控制变电所自动闭塞回路的升压变压器容量大小，在接地电容电流作用下是否过负载运行。

4. 区间信号点负荷由一台DJ-1.2型变压器降压至220伏供电，当这台变压器需要维护检修或出现故障时，为避免中断供电，采用了低压联络装置。即将相邻两信号供电点之DJ-1.2变压器每两台组成一组互为备用，在两者之间，与高压线同杆合架一路低压电源联络线和装设由继电器、接触器组成之电源自动切换装置（即低压联络箱）。其作用是当一台变压器停电时，可以自动切换由另一台变压器供电。

中间站小站电气集中联锁及车站其他负荷用电，一般由两台 DJ-5 型变压器供电，其中一台主用，一台备用，采用自动切换。

5. 各变电所应在自动闭塞回路上装设主电源一次重合闸和备用电源自动投入装置。由于在三相短路时，备用电源自动投入动作要快一些，因此一般的考虑其动作顺序是先使备用电源自动投入，不成功后再使主电源重合一次。

6. 根据规程规定，自动闭塞变、配电所由城市电网供电时，应装设一、二次线圈相互绝缘（即非自耦式）的隔离变压器。它使一次侧之电源系统和二次侧之自动闭塞高压系统无直接的电的连接，因此一、二次侧之单相接地电容电流相互无联系亦无影响，换句话说，自动闭塞高压系统之单相接地故障可以和电源系统之单相接地故障相互区别，缩小故障影响范围和减少寻找排除故障时间，也可减少自动闭塞高压架空线路单相接地电容电流对通信线路的干扰影响。

7. 由于目前之自动闭塞线路是单回路线路，为避免信号设备中断供电，电线路需要停电检修时应分段进行；此外当发生故障时亦需将故障区段切除，使供电臂其他完好部分仍能继续供电，因此在自动闭塞高压线路上装设了一定数量的隔离开关，其设置的原则为：

(1) 如图 2—1 所示，区间每台变压器在有联络线的一侧设一组隔离开关，这样当高压线路（包括隔离开关）分段停电检修时，可避免有低压联络之两台变压器同时停电；

根据同样理由，站内两台变压器之间要设两组隔离开关；

(2) 在供电所引出、引入的第一或第二根电杆上设置，以便于所内设备停电检修；

(3) 由电缆转为架空线的电杆上（附近已有开关者可不装设）；

(4) 在引至桥梁导线支架的两侧电杆上；

(5) 两个铁路局管辖分界点的电杆上（共设两组）。

两组隔离开关之间的距离，如果小于 500 米时，可只装设一组。如影响供电则还应装两组。

8. 自动闭塞是单相负荷，为了减少对通信线的干扰，供电臂上各相负荷之分配应力求平衡，其不平衡率应满足下式之要求：

$$\text{不平衡率} = \frac{(\text{最大之相负荷}) - (\text{最小之相负荷})}{\text{最小之相负荷}} \times 100\% \leq 10\%$$

9. 自动闭塞区段，一般车流密度较大，不容易要点停电检修，为了提高工作效率，简化现场检修停电作业，相邻两变电所凡有条件并列运行者，皆应装设电源同步检查继电器，考虑主备用电源转换前，先短时间并列运行的方式。

10. 在工频交流电气化区段，信号轨道电路需要采用不同于 50 赫之其他频率，以避免在钢轨中流过的牵引电流造成信号电路误动作，因此根据不同情况，其供电方式亦有所不同，现分别说明如下：

过去采用 75 赫轨道电路时，是以集中变频方式供电，即在自动闭塞变电所内装设由鼠笼式感应电动机和线绕感应发电机组成之感应——感应式旋转变频机组，将 50 赫电源变频为 75 赫，再升压至 10 千伏向区间信号供电，这时全部区间和站内信号设备皆统一由 75 赫高压线路供电。

新设计的电气化区段，信号轨道电路将采用移频制式或是 25 赫频率。移频自动闭塞之供电方式与上述非电气化区段之系统没有什么不同。25 赫轨道电路之自动闭塞供电方式，除在轨道电路回路设 100 伏安参数式铁磁变频器外，其余区间部分和非电气化区段是相同的，站

内部分在本章第二节叙述。

11. 调度集中和调度监督设备需要供电的有下列三部分：

- (1) 区间信号通常是自动闭塞；
- (2) 区段内车站电气集中联锁和调度集中或调度监督分机；
- (3) 调度所之调度集中或调度监督总机。

区间和中间各站信号设备之供电就是一般的自动闭塞供电系统；对于调度所之供电与对电气集中信号楼之供电要求基本相同，因此其供电方式可参阅本章第二节电气集中供电部分。

第二节 电气集中联锁供电

电气集中联锁是用动力转辙机转换道岔，并采用色灯信号机的集中联锁设备。其中比较先进的一种是进路式继电集中联锁，其主要设备为色灯信号机、信号表示器、电动转辙机、轨道电路、继电器、控制台等，其联锁关系是通过继电器来实现，车站值班员可通过轨道电路检查股道占用情况，操纵控制台的按钮，集中控制信号机和道岔，直接指挥全站的行车和调车工作。

电气集中联锁按容量又分为大站（道岔在25组以上）、中站（道岔在25组及以下）和小站（咽喉区不设调车信号机，道岔在12组以下）三种方式。

大站电气集中联锁是一级负荷，信号楼应有两路独立的和全昼夜供电的第一类电源。为保证不间断供电，两路电源不能同杆合架，两架空线路之相互距离要保持大于倒杆高度的足够距离，主备用电源变压器最好不要设于同一变台上，每一路电源容量都应能单独负担全部负荷。

为简化供电系统，便于日常维护管理，原则上应将电气集中信号楼与车站其他用电负荷统一由车站电力系统供电。这方面有下列两个问题需要注意：

现有车站供电系统不满足信号要求时，或是改造现有车站电力系统，或是另外接引地区电源，要作方案比较；如果在经济上相差不太大时，应优先考虑改造现有车站电力系统的方案，使整个车站的供电系统能获得改善。

通常大站电气集中设备要求停电不能超过0.15秒，超过此时间，已吸起并通过自保电路吸起着的继电器便将落下，打乱联锁电路而影响行车。所以设计电气集中信号电源时，一般要将两电源降压后同时引入信号楼在低压侧做到自动切换。如果由车站高压环状供电系统供电时，正常运行情况下，此高压环状系统要在信号楼两降压变压器之间，设高压开关予以分断，也就是说高压环状线路要在此处开口，使两路电源能同时降压引入信号楼。

图2-2为大站电气集中供电方式示意图。图中方案一为信号楼两路电源由车站环状线路接引，两变压器间须设两组分断隔离开关。此种供电方式适用于铁路地区变配电所有两路独立电源引入的处所。

图2-2方案二适用于铁路地区变配电所只有一路电源引入的处所。因为对大站电气集中必须供给两路电源，所以在此地应再寻求一路电气集中电源。如果可从地方供电部门、工矿企业寻求一路独立电源，则在信号楼附近设一台信号专用变压器即可。如果不能从地方解决第二路电源，那么可以考虑从牵引变电所、接触网、自动闭塞电线路解决第二路电源。以上措施均做不到时，只有考虑设置柴油发电机组。

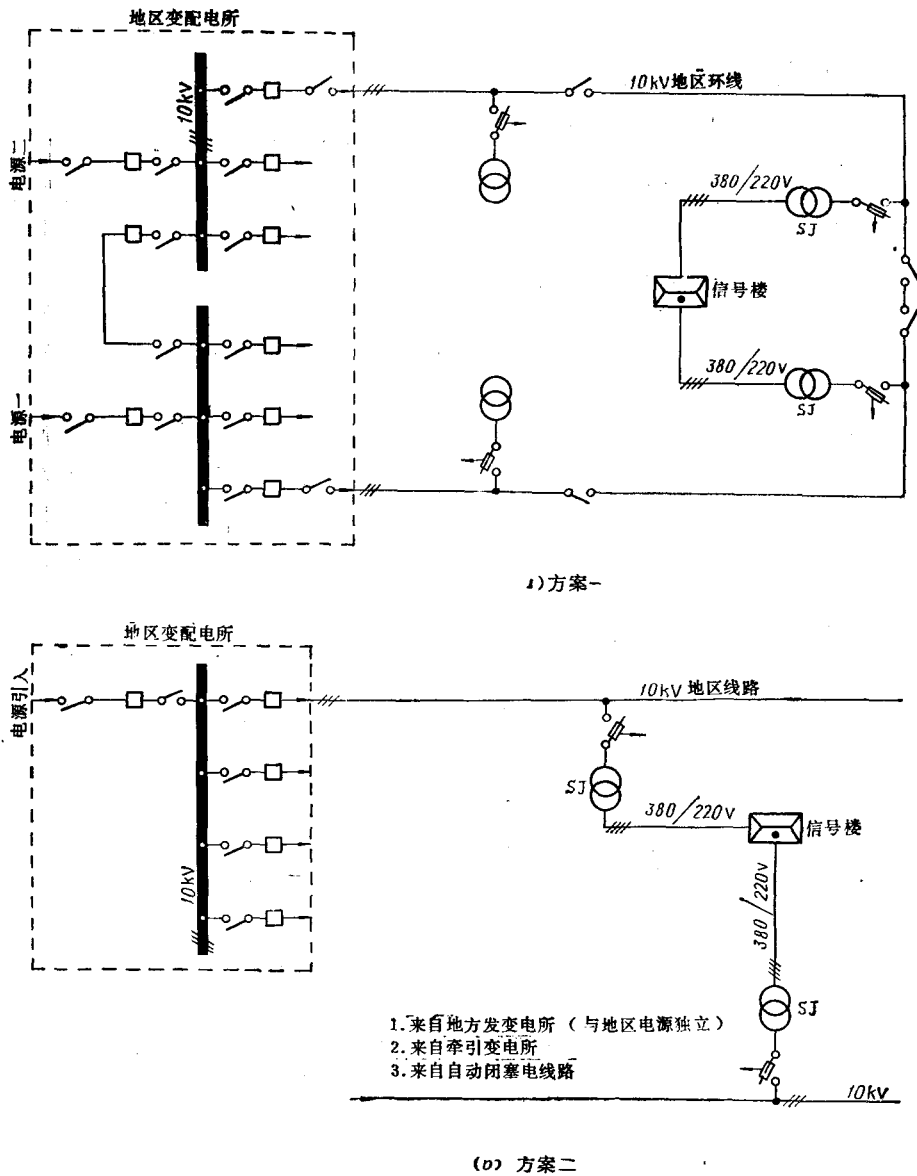


图 2-2 电气集中供电方式示意图

小站电气集中之室内信号设备都设于车站值班室和继电器室，不另设信号楼；中站电气集中一般和小站电气集中情况相同（但根据地形条件，亦有设信号楼的情况），因此中、小站电气集中之供电通常是对车站值班室和继电器室之供电。

非自动闭塞区段的中、小站电气集中联锁为二级负荷，一般只接引一路属于第一、二类之可靠电源供电。在自动闭塞区段，中、小站电气集中通常即由自动闭塞高压线路接引供电，为避免变压器等电源设备检修停电影响信号用电，设两组高压隔离开关、两台变压器及其附属设备互为备用，这两套电源设备可装于同一柱上变台杆上，其电杆之开档采用 4 米，以满足必要的带电检修距离。在非自动闭塞区段，接引一路属于第一、二类之可靠电源后，还应考虑在计划停电检修时，能采用备用移动发电机组或接引临时电源的条件。

大、中、小站电气集中一般都采用柱上变台杆供电，电源之引入方式可以是电缆或架空，当采用架空引入时，应避免影响信号了望条件。

电气集中所需的各类低压电源均由电源屏供给。

在信号电路同时出现两点接地情况，容易造成信号误显示的危险，因此，轨道电路、信号机点灯电路、道岔表示电路、控制台表示灯电路等诸电源要采用对地绝缘系统，当由三相400/230伏中性点接地系统供电时，须用双线圈之变压器隔离成为对地绝缘系统，此隔离变压器即为设在电源屏内的DG-2.5型干式变压器。

有关大、中、小站电气集中电源屏已有专门著作做了详细的介绍，这里就不再重复。在交流电气化牵引区段，由于电源的波动及牵引电流的干扰，对电气集中设备的供电还须考虑以下几个方面：

1. 在交流电气化区段，为了取得可靠的50赫电源，和从经济角度考虑，往往是直接由25千伏接触网上接引电源较为合适，由此而引起的两个问题需要解决。一是由接触网接引的是单相电源，因此电源屏要作相应的改动；二是接触网受到电力机车牵引电流的影响，电压波动较大，为满足信号用电要求，需增设交流稳压装置。现将交流电气化区段用的CW-10/

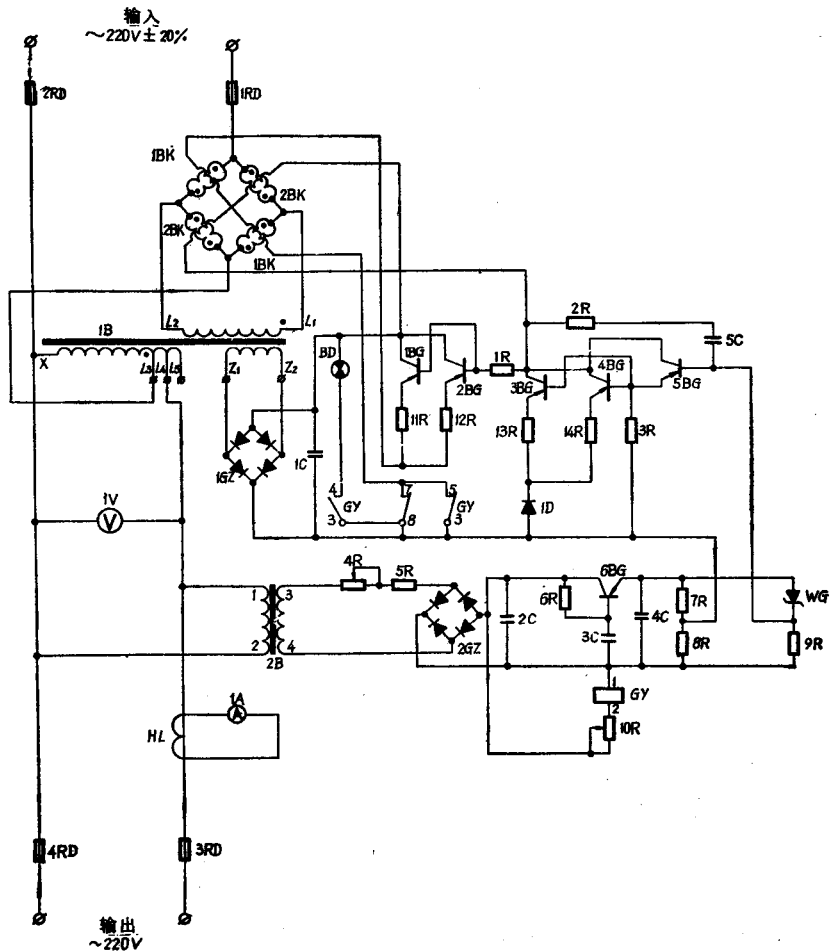


图 2-3 CW-10/220稳压器电气原理图

220型交流稳压器的性能和工作原理介绍如下：

此设备为磁饱和式单相交流稳压器，采用饱和电抗器来稳压，虽然体积和重量都较大，但是工作可靠，用作铁路信号稳压电源较为合适。其主要技术数据为：

- (1) 交流输入：单相220伏。
- (2) 输入电压变动范围：±20% (176~264伏)或是±1.5% (154~242伏)。
- (3) 输出电压稳定度：220伏±3%。
- (4) 额定容量：10千伏安。
- (5) 工作制度：连续工作制。
- (6) 外形尺寸：(高)1163×(宽)606×(厚)603毫米。

为了减少体积和重量，饱和电抗器采用桥式接线和主变压器为自耦变压方式，如图2—3所示，其元件名称、规格参照表2—1。

CW-10/220稳压器元件名称及规格

表 2—1

代 号	名 称	规 格
5 BG	三极管	3 AX63
WG	硅稳压管	2 CW18
GY	直流中间继电器	JJDZ 4-24V
BD	信号灯	XD ₆ -24V乳白色
11R~14R	电阻	0.1Ω-1/2W (电阻丝绕)
7R~9R	电阻	RJ-1.6kΩ-1/2W
4R、10R	电位器	WX5-3-2kΩ-5W
5R	电阻	RJ-680Ω-1/2W
3R	电阻	RJ-300Ω-1/2W
2R、6R	电阻	RJ-20kΩ-1/2W
1R	电阻	RJ-500Ω-1/2W
5C	电容	CDX-3-CO-50μF, 25V
4C	电容	CDC-B-200μF, 50V
3C	电容	CDX-3-CO-10μF, 25V
2C	电容	CDC-B-200μF, 50V
1C	电容	CD-1-DO-500μF, 50V
6BG	三极管	3AX45B或3AX81B
1BG~4BG	三极管	3AD30C (蓝点)
2GZ	硅整流二极管	2CP6A, 100V
1GZ, 1D	硅整流二极管	2CZ12B, 3A, 100V
3RD, 4RD	熔断器	RL ₁ -60/50A
1RD, 2RD	熔断器	RL ₁ -100/80A
1V	交流电压表	59L ₁ -V, 300V
1A	交流电流表	59L ₁ -A, 50/5A
HL	电流互感器	LMS-0.5, 50/5A
2B	电压互感器	1φ, 220/40V
1B	自耦变压器	1φ, 220±20%/220/24V, 10kVA
1BK, 2BK	饱和电抗器	50V, 3.25kVA

稳压方式是采用晶体管电路控制一桥式饱和电抗器来完成。如图2—4所示，饱和电抗器的铁芯是两个口型铁芯，这两个口型铁芯四个芯柱上各绕有一个交流绕组，每两个不同铁芯的交流绕组反向并联，构成桥路中的一个臂（见图2—5），在这一对交流线圈上绕有一个直流控制绕组，这两个臂的直流控制绕组在电路中是串联联接的。由这样两套的饱和电抗

器构成桥路的四个臂，分别与自耦变压器 L_1 、 L_2 、 L_3 端子相联接，直流控制绕组则分别由自动稳压电路控制。

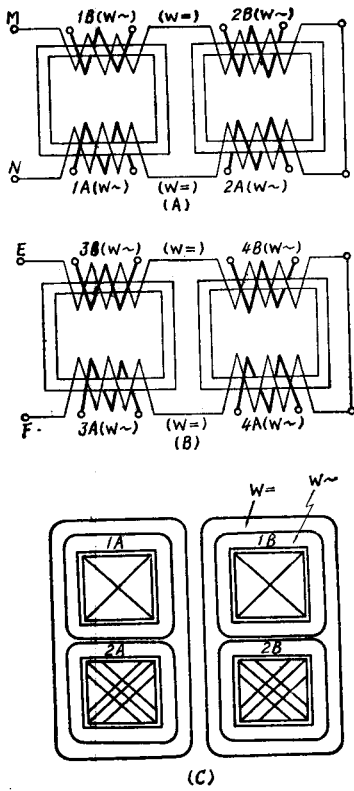


图 2-4 饱和电抗器的绕组接线

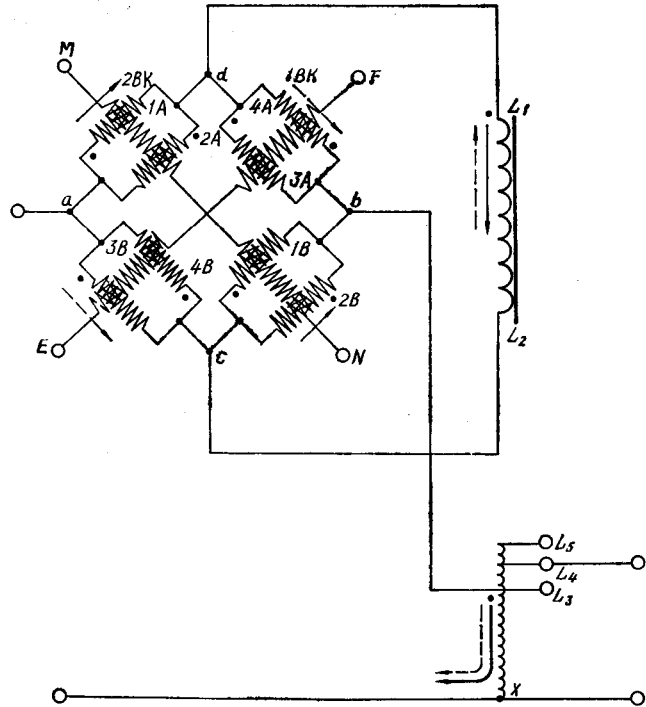


图 2-5 稳压器主接线示意图

饱和电抗器是按：输入电压为154~242伏，输出电压可稳定在220伏 \pm 3%的范围内，负载容量为10千伏安，交流绕组通过65安电流时之压降不大于6伏，直流绕组在24伏电压作用下，通过2安电流等条件设计的。主变压器（1B）是按输入电压在额定值的70%（154伏），输出电压为220伏设计的，为了增加电压调节范围，输出侧留有 L_4 （10伏）， L_5 （22伏）端子，当输入电压变动为额定值的 \pm 20%（176~264伏）时，用 L_4 端子，输入电压变动为额定值的 \pm 10%（154~242伏）时，用 L_5 端子。

电路的工作原理说明如下：如图 2-3 所示，当电源电压升高需要降压时，饱和电抗器 2BK 的直流控制绕组电流增加，使其交流绕组电抗值减少，电流方向如图 2-5 实线箭头所示，使变压器的 L_1L_2 绕组与 L_3X 绕组的极性相同，因而使输出电压降低，见图 2-6(a)。当电源电压偏低需要升压时，饱和电抗器 1BK 的直流控制绕组电流增加，使其交流绕组电抗值减少，电流方向如图 2-5 的虚线箭头所示，使变压器 L_1L_2 绕组与 L_3X 绕组的极性相反，使输出电压升高，见图 2-6(b) 所示。所以改变 1BK 和 2BK 控制绕组的电流大小，就可使输出电压 U_2 由 $U_1 + U'_2$ 至 $U_1 - U'_2$ 的范围内平滑调节。 U'_2 是按额定电压的 20% 设计的，因此调节范围为额定电压的 \pm 20%。

自动控制电路见图 2-3，是由标准电源和比较放大电路组成。输出电压由电压互感器 2B 降压至 40 伏，经 2GZ 整流后，再经 2C、3C、4C、6R 和 6BG 组成的 π 型阻容滤波器（6BG

的射——集极之间的压降约4~6伏)滤波,从而获得取样电压。7R、8R、9R和WG组成桥式校样电路,取样电压和稳压管WG上的标准电压比较后,其电压差输入至晶体管5BG的基——射极之间,因稳压管分出的电压 U_{wy} 是稳定的,由输出端取样的电压 U_o 随交流电源电压和负载的变化而变化。当输出电压高于额定值时, U_o 值增大, $U_{wy}-U_o=-\Delta U$,使5BG导通,从而使3~4BG也导通,使流经2BK控制绕组的直流电流增大,使2BK的电抗值减小,这时输出电压 U_1-U_2' 便要降低恢复到原来的整定电压。反之,当输出电压低于额定值时, U_o 降低, $U_{wy}-U_o=\Delta U$,使5BG和3BG、4BG发射极电流逐渐减小以至截止,使1BG、2BG导通,流经1BK控制绕组的直流电流增大,1BK电抗值减小,这时输出电压 U_1+U_2' 升高,恢复为原来的整定电压。图中4R用于整定输出电压;2R和5C是防止振荡的负反馈电路,如发生自动控制系统振荡,使输出电压摇摆不定时,可调节2R使输出电压稳定;3R和1D是稳定工作点的,中间继电器GY起过电压保护作用,其动作电压用改变10R的方式来整定。

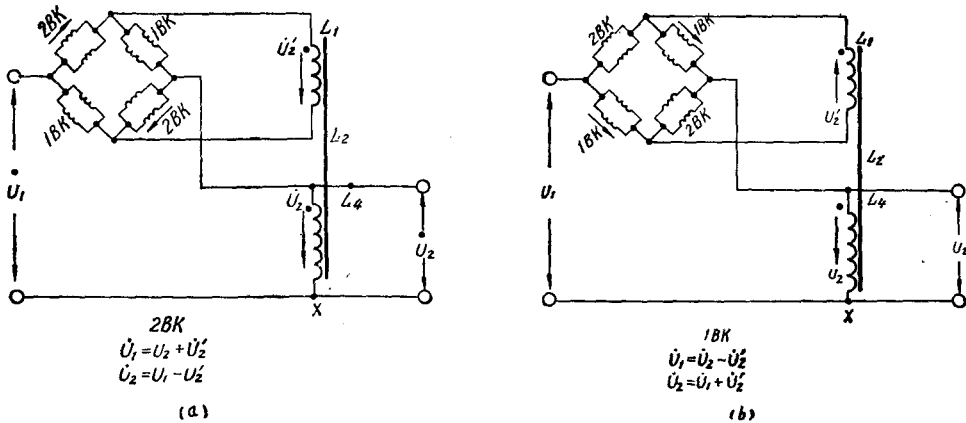


图 2-6 稳压器工作示意图

2. 在交流电气化区段,为防止牵引电流对信号的干扰,信号轨道电路须采用其他频率的电源。过去皆采用75赫频率,变频的方式有集中和分散这两种方式,前者在变电所设感应电机组成的旋转变频机组将50赫电源变为75赫,用75赫高压电线路向区段内各站的信号设备供电,所有信号设备全用75赫电源;后者是在电气集中车站设几台1~2千瓦可控硅变频器,将50赫电源变为75赫专门供给轨道电路用,目前,逐渐被简单可靠的25赫参数式变频器所代替。而25赫轨道电路和75赫比较又具有耗用功率低和低道床电阻下动作可靠等优点,因此现正研制试验25赫交流二元二位信号制式,用以代替75赫制式。作为配套产品已试制出BP-50/25-100变频器、DP-50/25-400小站25赫电源屏、DP-50/25-400大站和中站25赫电源屏,这些电源屏虽然功率大小不同,电气原理接线基本上是相同的,现以小站电源屏为例介绍如下:

DP-50/25-400小站25赫电源屏的原理接线如图2-7所示,其元件名称、规格参照表2-2。

这个25赫电源屏的主要部件是:向轨道回路供电的变频器1BP(300伏安)和3BP(300伏安),以及向轨道继电器局部线圈回路(简称局部回路)供电的变频器2BP(100伏安)和4BP(100伏安);其中1BP和2BP为一套系统,3BP和4BP为另一套系统,一套为主用,另一套为备用,由组合开关1K人工进行转换,其输出亦由组合开关2K、3K人工转换。电路

中设有定相起动回路和短路保护回路，现在分述如下：

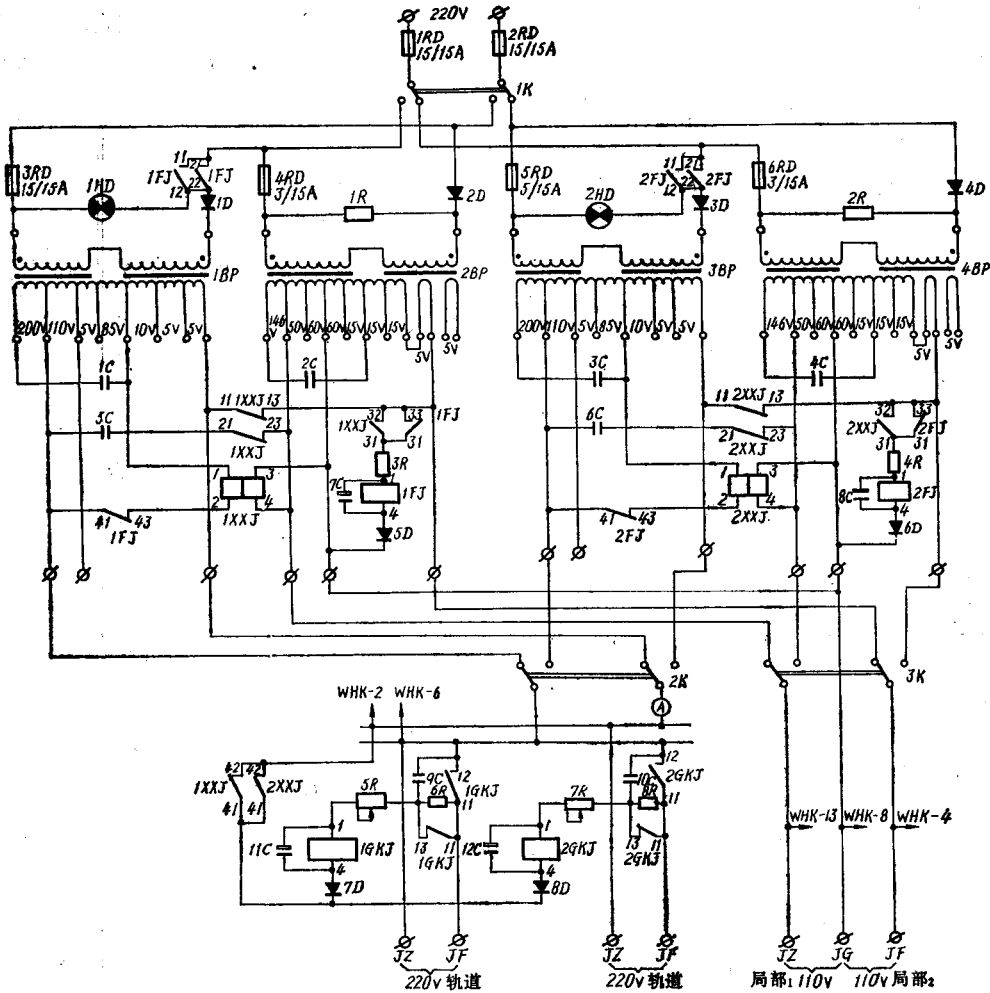


图 2-7 DP-50/25-400 小站 25 赫电源屏电气原理图

(1) 变频器工作原理

所采用的变频器是按照参数激励振荡原理制成的铁磁式变频器，如图 2-8 所示，由两个相同的口字型铁芯构成两个单独的磁路 I 和 II，这两个铁芯上共有三个绕组，其中外侧两个芯柱上为一次绕组 W_1 ，两绕组反向串联后经整流二极管 D 接于 220 伏 50 赫交流电源，中间芯柱上为谐振绕组 W_c ，并与电容 C 并联，构成 25 赫并联谐振槽路。

由于一次侧两个绕组是反向串联，当一次侧有电流流通时，这两个一次绕组在中间芯柱产生的磁通 ϕ_1 ，大小相等，方向相反，因此在一、二次绕组之间没有直接的磁通耦合作用，其能量的传递是在参数激励振荡过程中完成的，所谓参数激励振荡是指由储能元件：电感 L 、电容 C 等和电阻 R 组成的无源谐振电路中(图 2-8 的二次回路便是这样的一个谐振电路)，如果其中一个储能参数，例如 L 以两倍于系统谐振频率而变化时，在一定条件下系统中便会有电流、电压起振，最后达到以谐振频率为其振荡频率的电流、电压稳定值，当 L 为变数时，按照一般电工原理求得的电动势公式可改为 $E = \frac{d(Li)}{dt} = L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt}$ 。等式右边