



电气控制电路

王兆明 王 枫 编著
孙 晓 主审



化学工业出版社

精选电气控制电路

王兆明 王枫 编著

孙晓 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书共分 10 章, 内容包括: 变配电所控制电路; 直流电动机的控制电路; 单相交流电动机的控制电路; 三相笼型异步电动机的控制电路; 三相绕线型异步电动机的控制电路; 步进电动机的控制电路; 电动机控制系统的保护电路; 机床控制电路; 起重设备电气控制电路; 其他电气设备控制电路。这些电路设计新颖、结构合理、性能优良、实用性强。读者可根据需要稍加修改, 应用到自己的控制电路设计中去, 使系统设计性能达到最佳。

本书可供电气控制技术人员、维修人员、管理人员和电子爱好者使用, 也可作为大专院校有关专业的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

精选电气控制电路/王兆明, 王枫编著. —北京: 化学工业出版社, 2014. 11

ISBN 978-7-122-21807-0

I. ①精… II. ①王…②王… III. ①电气控制-控制电路 IV. ①TM571. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 211347 号

责任编辑: 刘 青
责任校对: 边 涛

文字编辑: 云 雷
装帧设计: 孙远博

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17¼ 字数 474 千字 2015 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 59.00 元

版权所有 违者必究

前言 FOREWORD

随着电气技术的飞速发展，从事电气工作的技术人员不断增加，熟悉和掌握各种电气控制电路，是每个工程技术人员必须具备的基本知识。电气系统既有强电、弱电技术，又有信息技术。而每个技术人员不可能掌握所有的电路，这就要求技术人员不但要掌握电气控制的基本理论，而且要不断积累实践经验，从实践中学，从源于实践的书本上学。本书正是以此为宗旨而编写的。

本书深入浅出地阐述各种常用电气控制系统的特点、控制方案及典型电路的工作原理，并注重内容的新颖、全面和实用，让不同层次的读者都可以从中查到与所需的电气控制相似或接近的知识。

本书精选常用的、典型的控制电路，书中对部分电路的工作原理做了简要介绍。通过电路分析的引导，读者能够看懂给出的电路图，进而能看懂更多的电动机控制电路图。读者还可根据实际电路控制需要，参考本书的电路图，按图接线，为工作提供方便。本书贴近读者，通俗易懂，实用性强，内容覆盖面宽。

本书的写法与其他电工类手册有较大区别。首先，它直接针对机械设备的电气控制系统，分类阐述机械设备控制的特点、要求、控制方案和实现的典型线路，不像一般教科书只突出知识性，较少顾及线路的完整性和实用性，也不像工程设计手册那样只顾及设计方案和参数而淡化了原理。其次，突出“全”。本书全面介绍电气控制在各种设备上的应用，这方面的知识正是电气工程技术人员所必备的。

本书适合电气技术人员阅读，也适合大专院校电气类高年级学生和教师参考。本书力图作为连接理论与实践的桥梁，使读者可将已学过的电力电子技术、PLC 技术、单片微机技术、计算机控制技术等理论知识与实际机械设备紧密结合。

参加本书编写的有吉林大学王兆明（第 3、4、5、8、9 章），王枫（第 1、2、6、7、10 章）。全书由王兆明统稿，吉林大学孙晓教授担任主审。

由于编者学识和水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 5 月

目录 CONTENTS

第 1 章 变配电所控制电路	1
1.1 供电系统电路	1
1.1.1 一般配电方式	1
1.1.2 低压配电系统	3
1.1.3 变压器绕组的接线电路	6
1.1.4 用电单位配电所典型接线电路	8
1.1.5 工厂变配电所的电气接线图	8
1.1.6 变配电所的进出线方式接线图	16
1.1.7 供电系统的接地线路	18
1.2 变电所二次回路电路	18
1.2.1 二次回路的原理图	19
1.2.2 二次回路的展开图	19
1.3 备用电源自动切换电路	20
1.4 柴油发电机组自动投入电路	28
第 2 章 直流电动机的控制电路	31
2.1 他励直流电动机的启动控制电路	31
2.1.1 电枢回路串接启动电阻的启动控制线路	31
2.1.2 他励直流电动机二级自动降压启动控制线路	31
2.2 他励直流电动机的正反转控制电路	32
2.2.1 继电器-接触器控制电路	32
2.2.2 由电子元器件构成的电动机双向运行控制电路	33
2.3 他励直流电动机的制动控制电路	34
2.3.1 能耗制动线路	34
2.3.2 反接制动线路	35
2.4 他励直流电动机的调速控制电路	36
2.4.1 电枢回路串入电阻调速线路	36
2.4.2 改变电枢电压调速电路	36
2.4.3 改变励磁调速	42
2.5 并励直流电动机的调速控制电路	43
2.5.1 并励电动机电枢回路串电阻调速	43
2.5.2 并励电动机励磁电路串电阻调速	43
2.5.3 并励电动机晶闸管调速电路	43
2.6 串励直流电动机的控制电路	44
2.6.1 串励直流电动机的启动线路	44
2.6.2 串励直流电动机的制动线路	45
2.6.3 串励直流电动机的调速线路	45

第3章 单相交流电动机的控制电路	47
3.1 单相交流电动机的基本接线	47
3.2 倒顺开关控制的单相电动机	47
3.3 接触器控制的单相电动机	48
3.3.1 接触器控制的单相电动机正转	48
3.3.2 接触器控制的单相电动机正反转	48
3.4 两处操作的单相电动机	56
3.4.1 两处操作的单相电动机正转控制电路	56
3.4.2 两处操作的单相电动机正反转控制电路	56
3.5 关于启动电容器的匹配	58
第4章 三相笼型异步电动机的控制电路	60
4.1 三相笼型异步电动机直接启动控制电路	60
4.1.1 开关直接启动控制电路	60
4.1.2 单方向点动控制电路	60
4.1.3 单方向连续运行控制电路	60
4.1.4 点动、长动混合控制电路	61
4.1.5 多地点控制电路	61
4.1.6 多台电动机的顺序控制电路	61
4.1.7 三相异步电动机正反转控制线路	62
4.1.8 自动往返控制电路	63
4.2 三相笼型异步电动机降压启动控制电路	63
4.2.1 星形/三角形降压启动控制电路	64
4.2.2 定子串电阻(电抗器)降压启动控制电路	65
4.2.3 自耦变压器(补偿器)降压启动控制路	65
4.2.4 延边 Δ 形降压启动控制电路	66
4.2.5 软启动控制线路	67
4.3 三相笼型异步电动机制动控制电路	68
4.3.1 电磁机械制动控制线路	68
4.3.2 能耗制动控制线路	70
4.3.3 反接制动控制线路	72
4.4 三相笼型异步电动机调速控制电路	74
4.4.1 变极调速控制电路	75
4.4.2 变频调速控制电路	77
第5章 三相绕线型异步电动机的控制电路	79
5.1 转子电路串电阻启动控制	79
5.1.1 时间继电器自动控制转子串电阻启动控制电路	79
5.1.2 电流继电器自动控制转子串电阻启动控制电路	80
5.1.3 凸轮控制器控制转子串电阻启动控制电路	81
5.1.4 主令控制器控制转子串电阻启动控制电路	83
5.2 转子电路串频敏变阻器启动控制	86
5.2.1 按钮操作手动控制转子串频敏变阻器启动电路	86

5.2.2	时间继电器自动控制转子串频敏变阻器启动电路	86
5.2.3	转换开关和时间继电器控制转子串频敏变阻器启动控制电路	88
第6章	步进电动机的控制电路	90
6.1	集成电路构成的驱动电路	90
6.1.1	四相步进电动机的简单驱动电路	90
6.1.2	四相步进电动机的双相励磁电路（仅正转、可正反转两种）	90
6.1.3	采用555与双D触发器的步进电动机的控制电路	91
6.1.4	采用NJM3717D2的双相步进电动机驱动电路	92
6.1.5	采用NJM3517D2的双相步进电动机驱动电路	92
6.1.6	采用L297和L298集成电路构成的驱动电路	93
6.1.7	采用PBL3770A的双极性驱动电路	96
6.1.8	采用PBL3717的双极性驱动电路	96
6.1.9	采用TA7289P的双相PWM恒流驱动电路	97
6.1.10	采用集成电路PMM8713的电动机驱动和励磁电路	99
6.1.11	采用UCN-4204B的步进电动机驱动电路	104
6.1.12	采用PMM8723构成的步进电动机励磁电路	104
6.1.13	采用MB-8713构成的步进电动机励磁电路	105
6.1.14	采用SDB-520构成的步进电动机的励磁电路	105
6.2	步进电动机的PLL控制电路	109
第7章	电动机控制系统的保护电路	113
7.1	限流与过电流保护电路	113
7.1.1	限流电路	113
7.1.2	过电流保护电路	115
7.2	三相异步电动机保护电路	119
7.2.1	采用热继电器防止Y形连接电动机断相运行电路	119
7.2.2	三相电动机相序及断相保护电路	119
7.2.3	两台互为备用电动机共用断相保护电路	120
7.2.4	预埋式电动机超温保护电路	120
7.2.5	可自动复位的预埋式电动机超温保护电路	121
7.2.6	过热、进水保护的电动机开关电路	121
7.2.7	电动机断相保护电路	123
7.2.8	用灵敏继电器保护小型异步电动机的控制电路	123
7.2.9	由漏电继电器组成的多功能电动机保护电路	124
7.2.10	具有显示功能的电动机断相保护电路	125
7.2.11	空压机电动机的断相保护电路	125
7.2.12	电流型三相电动机断相保护电路	128
7.2.13	全电子三相交流电动机断相运行保护电路	129
7.2.14	电动机相敏保护电路	130
7.2.15	三相笼型电动机综合保护电路	131
7.2.16	电动机故障区域指示电路	132
7.2.17	电动机过扭矩保护电路	134

7.2.18 Y-△启动的三相异步电动机堵转保护电路	135
第8章 机床控制电路	137
8.1 车床控制电路	137
8.1.1 C620-1型普通车床的电气控制	137
8.1.2 C650卧式车床的电气控制	138
8.2 铣床电气控制电路	141
8.2.1 X62W型万能升降台铣床控制电路	141
8.2.2 XA6240A万能升降台铣床控制电路	146
8.3 磨床的电气控制	148
8.3.1 M7130型平面磨床控制电路	148
8.3.2 M7475B立轴圆台平面磨床电气控制	151
8.4 摇臂钻床电气控制电路	153
8.4.1 摇臂钻床的主要结构及运动形式	153
8.4.2 Z3040摇臂钻床的电气控制	154
8.5 镗床的电气控制电路	156
8.5.1 T611B镗床	156
8.5.2 T68卧式镗床	158
8.6 组合机床的电气控制电路	162
8.6.1 机床的结构及运动	162
8.6.2 机床的拖动及控制要求	164
8.6.3 机床控制电路分析	164
第9章 起重设备电气控制电路	167
9.1 桥式起重机	167
9.1.1 桥式起重机结构简介	167
9.1.2 桥式起重机的主要技术参数	168
9.1.3 提升机构对电力拖动的主要要求	168
9.1.4 10t桥式起重机	169
9.1.5 15/3t桥式起重机	172
9.2 港口集装箱起重机	179
9.2.1 整机供电系统	180
9.2.2 控制系统	180
9.3 轮胎式集装箱龙门起重机	194
9.3.1 整机供电系统	194
9.3.2 控制系统	194
9.4 门座起重机	208
9.4.1 供电电路	209
9.4.2 行走机构电气线路	209
9.4.3 旋转机构电气线路	212
9.4.4 变幅机构电气线路	213
9.4.5 起升机构电气线路	214
第10章 其他电气设备控制电路	218

10.1	自动扶梯的控制电路	218
10.1.1	继电器接触器式自动扶梯电气控制系统	218
10.1.2	可编程控制器式自动扶梯控制系统	220
10.2	电梯的控制电路	228
10.2.1	轿内指令电路	228
10.2.2	厅外召唤电路	229
10.2.3	指层电路	232
10.2.4	定向选层及换速控制线路	233
10.2.5	启动与制动运行电路	236
10.2.6	平层控制电路	236
10.2.7	开关门控制电路	239
10.2.8	检修运行控制电路	242
10.2.9	电梯的消防控制功能	243
10.2.10	安全保护电路	244
10.3	水泵控制电路	245
10.3.1	深井水泵电动机保护电路	245
10.3.2	深井泵电动机控制电路	246
10.3.3	拖动水泵的备用电动机自动投切电路	247
10.3.4	水泵自动控制电路	248
10.3.5	继电器触点控制方式的水压自动控制电路	249
10.3.6	集成电路控制方式的恒水压自动控制电路	250
10.3.7	冷冻机与冷却泵连锁控制电路	250
10.3.8	备用水泵自动投入电路	251
10.3.9	深井潜水泵的抽空自动控制电路	252
10.3.10	机井群集中遥控电路	254
10.4	照明与动力供配电控制电路	255
10.4.1	动力与照明供电系统电路	256
10.4.2	动力与照明配电系统举例	260
10.5	压缩机控制电路	262
10.5.1	多台小空压机代替大空压机的节电控制电路	262
10.5.2	压缩机保护电路	263
10.5.3	小型空压机电动机的断相保护电路	264
10.5.4	空压机控制电路的改进电路	265
10.6	润滑油泵控制电路	267
10.6.1	小型压缩机润滑油泵控制电路	267
10.6.2	中型压缩机的润滑油泵控制电路	269
10.6.3	大型压缩机润滑油供给系统与控制电路	271

第 1 章 变配电所控制电路

1.1 供电系统电路

供电系统由发电厂和电力系统构成。

发电厂将自然界蕴藏的一次能源，如水力、煤炭、石油、天然气、风力、地热、太阳能和核能等，转换为电能。

以煤、石油、天然气等作为燃料，燃料燃烧时的化学能转换为热能，然后借助汽轮机等热力机械将热能变为机械能，并由汽轮机带动发电机将机械能变为电能，这种发电厂称火力发电厂。火力发电厂假如既发电又供热，则称热电厂。利用江河所蕴藏的水力资源来发电，这种电厂称水力发电厂。此外，还有核能发电厂、地热电站、风力电站、潮汐电站等。

为了提高供电可靠性、经济性，合理利用动力资源，充分发挥发电厂作用，以及减少总装机容量和备用容量，现在都是将发电厂、变电所通过输电线路连接成一个系统。这种由各级电压组成的电力线路，将各种发电厂、变电所和电力用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体，叫做电力系统。换句话讲，电力系统就是由发电厂、变电所、输配电线路直到用户用电设备组成的一个电气上的整体。它包括了从发电、输电、配电直到用电的全过程，如图 1-1 和图 1-2 所示。

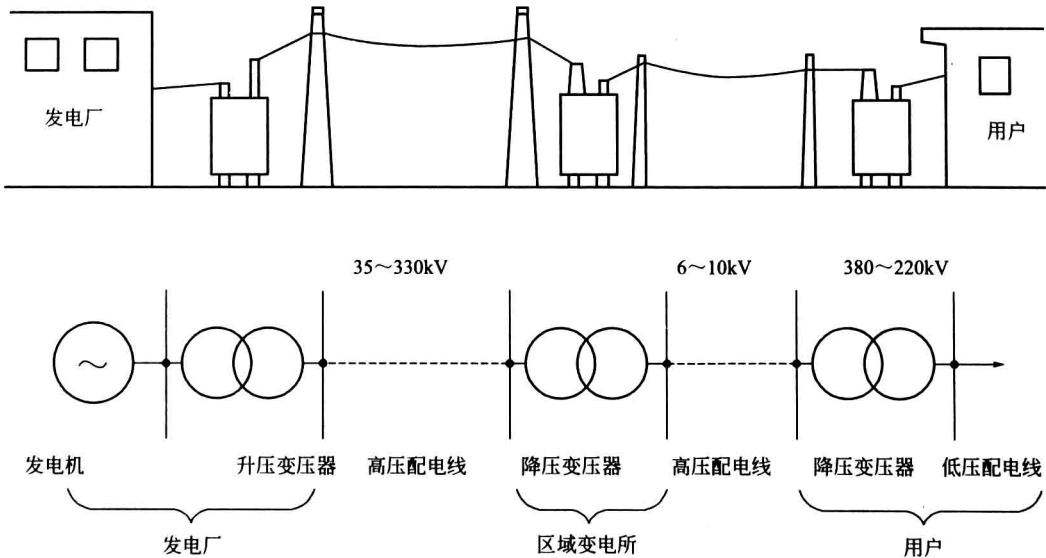


图 1-1 从发电厂到用户的送电过程示意图

1.1.1 一般配电方式

电能通过输配电线路输送到用户，进行合理分配。电能的输送和分配方式有多种，通常以电流种类、电压高低、相数或线数进行分类。主要输配电方式如表 1-1 所示。

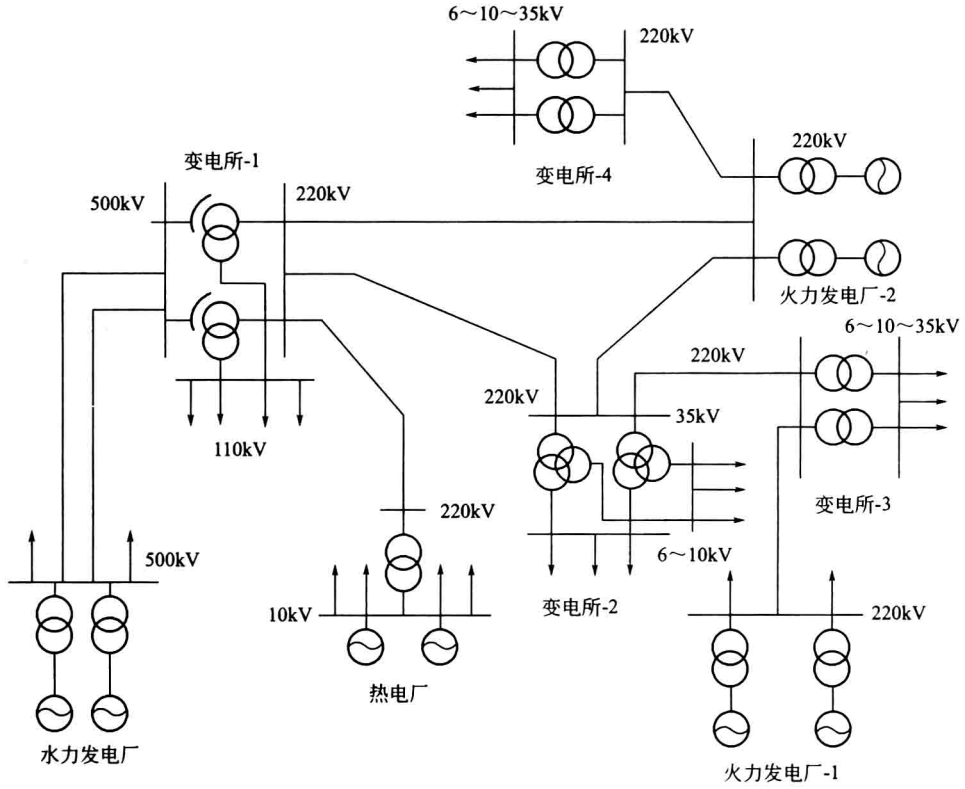


图 1-2 电力系统接线图

表 1-1 主要输配电方式表

方式	接线图	送电功率
直流二线制		UI
直流三线制		UI
单相二线制		$UI \cos \theta$
单相三线制		$UI \cos \theta$

续表

方式	接线图	送电功率
三相三线制Y接线		$\sqrt{3}UI\cos\theta$
三相三线制Δ接线		$\sqrt{3}UI\cos\theta$
三相四线制		$\sqrt{3}UI\cos\theta$

1. 1. 2 低压配电系统

常用的低压配电系统有放射式、树干式、变压器干线式和链式，现分别予以介绍。

放射式接线如图 1-3 所示。

放射式配电系统特点及应用场合：

配电线故障互不影响，供电可靠性较高，配电设备集中，检修比较方便，但系统灵活性较差，有色金属消耗较多。一般在下列情况下采用。

- ① 容量大，负载集中或重要的用电设备。
- ② 需要集中联锁启动、停车的设备。
- ③ 有腐蚀性介质和爆炸危险等场所不宜将配电及保护启动设备放在现场者。

树干式接线如图 1-4 所示。

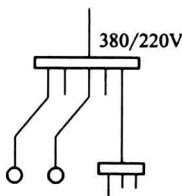


图 1-3 放射式接线图

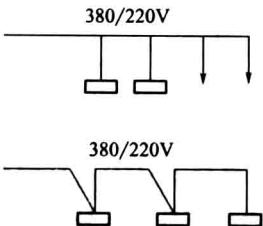


图 1-4 树干式接线图

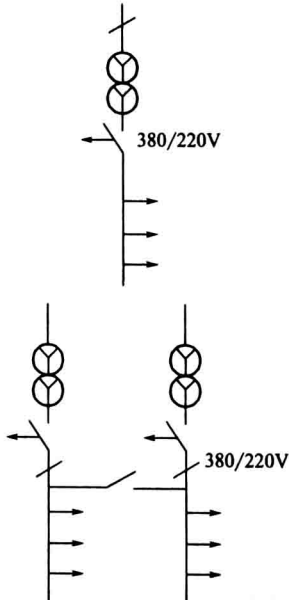


图 1-5 变压器干线式配电线路

树干式接线的特点及应用场合：

配电设备及有色金属消耗较少，系统灵活性好，但干线故障时影响范围大。一般用于用电设备的布置比较均匀、容量不大、又无特殊要求的场合。

变压器干线式配电线路如图 1-5 所示。

变压器干线式配电线路的特点和应用场合：

除了具有树干式系统的优点外，接线更简单，能大量减少低压配电设备；为了提高母干线的供电可靠性，应适当减少接出的分支回路数，一般不超过 10 个。

频繁启动、容量较大的冲击负载，以及对电压质量要求严格的用电设备，不宜用此方式供电。

链式配电线路如图 1-6 所示。

链式接线图的特点和应用场合：

特点与树干式相似，适用于距配电屏较远而彼此相距又较近的不重要的小容量用电设备，链接的设备一般不超过 3 台或 4 台。

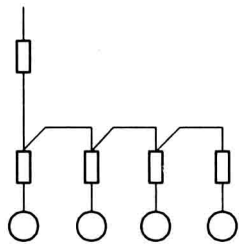


图 1-6 链式配电线路

下面介绍一下环网供电系统。

环网供电系统是由电源引出两个回路向 P 个负荷点供电，并在各负荷点之间，依次敷设联络线，形成闭合的多边形电网，敷设的线路数目 $n=P+1$ 。这种供电方案结构简单，投资较少，可靠性高。

图 1-7 为典型的双电源环网供电接线，两路电源来自变电所的不同母线或者不同的变电所，正常情况下断路器 1Q、2Q 闭合，断路器 3Q 断开，为开路运行，当某一环节故障时，合上 3Q 断路器，操作其相应的开关，恢复对故障部位供电。由于人工操作 3Q 及其他开关需要一定的时间，因此对于一些重要用户采用双电源双环网供电接线，如图 1-8 所示。每一变电所内两台变压器来自两个不同电源的闭式环网，同时变压器低压侧再设联络开关，因此供电可靠性大大提高。

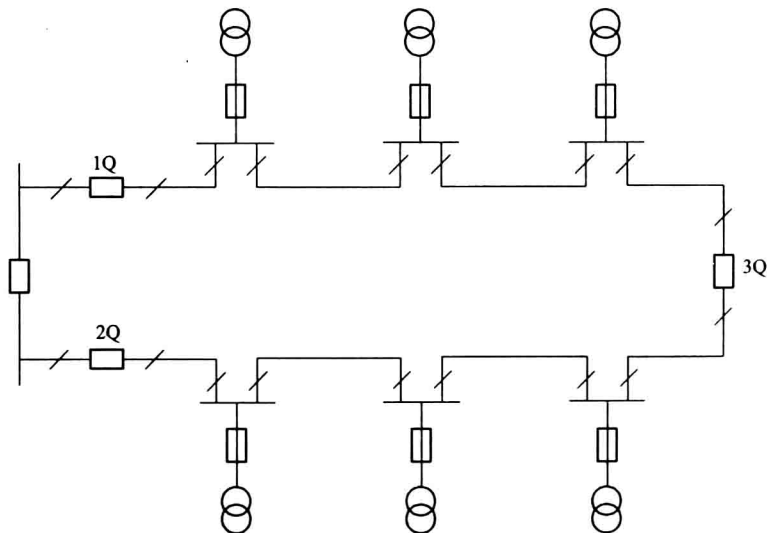


图 1-7 典型的双电源环网供电接线

环网供电的主要元件为环网单元产品（Ring-Main Unit，简称 RMU），环网单元是多回路环网开关柜的联柜，联柜的尺寸比单柜组合起来的尺寸小，而可靠性高。环网单元的接线有一进一出变（见图 1-9）和一进一出二变（见图 1-10）。

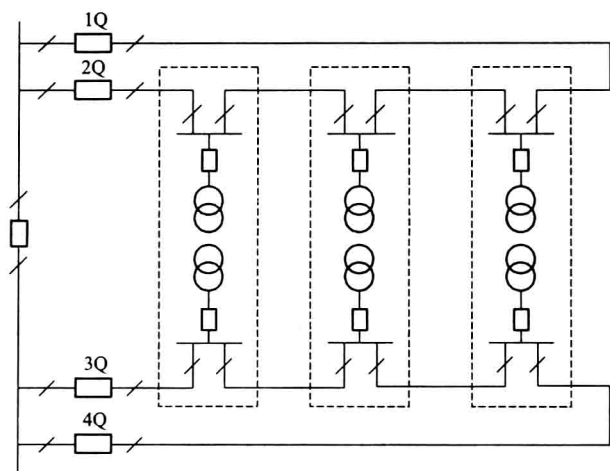


图 1-8 双电源双环网供电接线

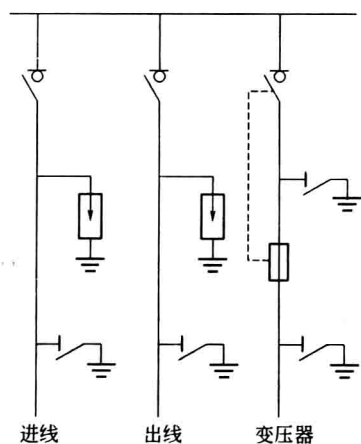


图 1-9 一进一出一变

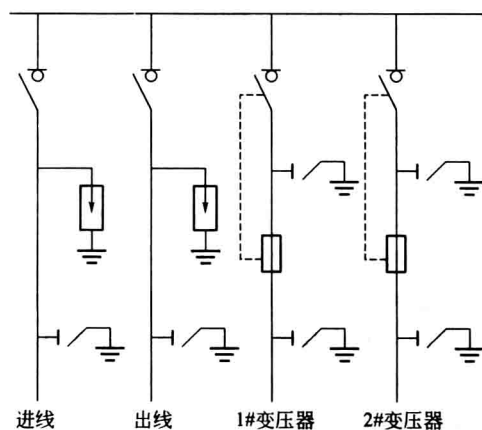


图 1-10 一进一出二变

为了提高供配电系统的可靠性，目前国外采用一种网格式供电方式，见图 1-11。

网格式供电是以 2~4 台变压器为核心，每台变压器容量为 500~2000kV·A，连接在同一母线上，组成一个网格，向一个电能用户供电。

每台变压器容量 S 按下式选择：

$$S = \frac{S_{\max}}{n-1} \times \frac{1}{k}$$

式中， $S_{\max}$ 为预计最大用电量； n 为变压器台数，一般为 2~4 台； k 为变压器允许过负载系数，约为 1.3。

运行中，当一路高压电源线路或者一台变压器检修或故障切除后，其余的变压器能在允许的

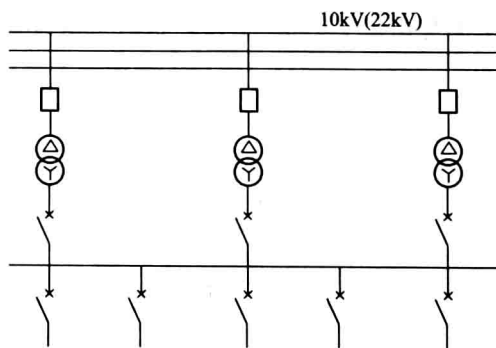


图 1-11 网格式供电方式

过负载范围内向全部用户供电。当故障消除，变压器高压侧开关投入，电压恢复正常后，该变压器低压侧开关自动投入，使网格恢复原状。运行中，若某一电源由于某种原因电压降低之后，变压器低压侧断路器在功率方向保护的作用下分断。当电压恢复正常时，自动投入。由于

网格式配电系统能不间断供电，因而具有很高的供电可靠性，同时对电气设备和继电保护提出了很高的特殊要求，目前我国由于电气设备的分断能力不够高，应用网格式供配电系统还受到一定的限制。

1.1.3 变压器绕组的接线电路

(1) 星形(Y)接线

变压器的一次绕组接成星形(Y)接线时，一般是把三相绕组末端连在一起，构成中性点N，而3个首端则接三相电源，如图1-12(a)所示。

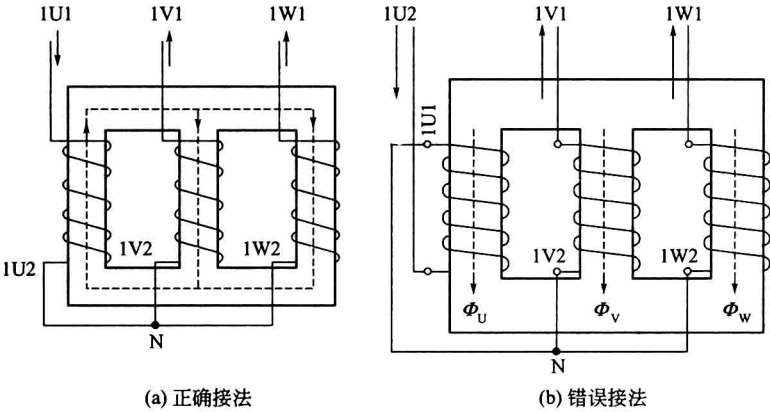


图 1-12 一次绕组的星形接法

星形接线中，当电流从任何一相流入，而从另外两相流出时，三相电流产生的磁通的方向在铁芯中是一致的，即在三相铁芯中自行闭合，互成回路。在三相绕组中产生对称的三相电动势和电源的三相电压相平衡，空载电流很小。如果有一相接反了，该相的首端和另外两相的末端接成中性点N，则破坏了三相磁通的对称性，三相磁通不能通过铁芯自行闭合，它们相互抵消，使铁芯中的磁通量大大减少，绕组产生的感应电动势也大大减小，导致变压器的空载电流急剧增大，中性点严重偏移而不能运行，如图1-12(b)所示。

二次绕组的星形接线，是把3个二次绕组的末端连接成中性点N₂，3个二次绕组的首端引出，以获得对称的三相感应电动势，如图1-13(b)所示。若一相接反，如V相接反，则V相电动势由 $\dot{E}_{2V}$ 变成 $-\dot{E}_{2V}$ ，这时二次绕组的两相线电动势 $\dot{E}_{2V \cdot 2W}$ 和 $\dot{E}_{2U \cdot 2V}$ 的值就会等于二

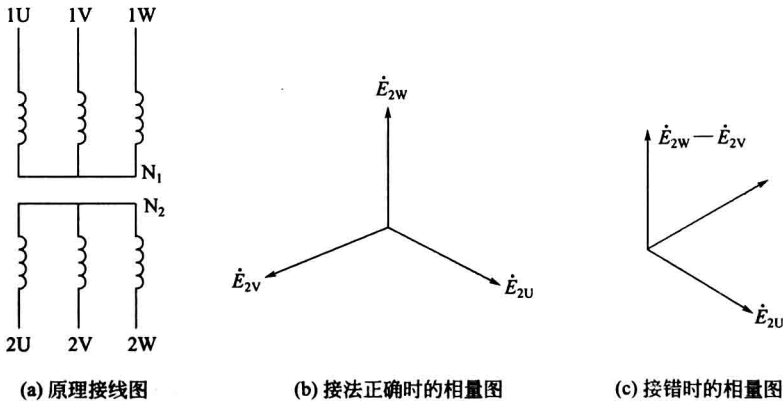


图 1-13 二次绕组的星形接法

次绕组相电动势的值,如图 1-13(c) 所示,这显然就不对了。在对称的三相交流电系统中当绕组接成星形(Y)时,线电压应等于 $\sqrt{3}$ 相电压,而线电流等于相电流。

(2) 三角形(Δ)接线

三相变压器一次、二次绕组的三角形接线都是将三相绕组的首端和末端相互连接成闭合回路的形式,再从 3 个连接点引出 3 根线接电源或负载,如图 1-14 所示。

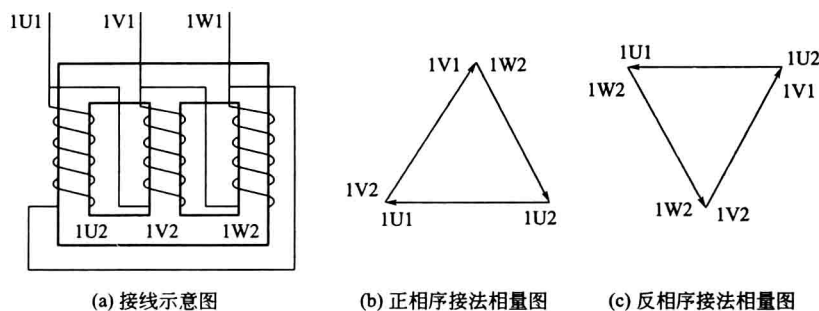


图 1-14 变压器绕组的三角形接法

图 1-14(b) 是三角形接线的正相序接法(即 $1U1-1V2$ 、 $1V1-1W2$ 、 $1W1-1U2$ 连接)。图 1-14(c) 是三角形接线的反相序接法(即 $1V1-1U2$ 、 $1U1-1W2$ 、 $1W1-1V2$)。无论哪一种相序接法,当原绕组接三相对称电源时,都能保证三相磁通对称,因而能通过铁芯柱自行闭合。如果有一相接反,将和星形接线一相接反一样,造成严重后果。

当二次绕组接成三角形接线时,从 3 个连接点引出 3 根线接负载,因为铁芯柱中的三相磁通是对称的,所以副绕组中 3 个相电势也是对称的,所以 3 个绕组中的电势之和等于零。假如有一相接反了,则 3 个电动势之和就会等于相电动势的 2 倍,这是不允许的,会产生很大的环流,烧坏变压器。

要判断二次绕组三角形接法是否正确,只要将二次绕组接成开口三角形,然后用电压表测量开口处的电压就可以确定。

(3) V 形接法

三相变压器的绕组除可接成星形或三角形外,还可接成 V 形接线。3 台单相变压器作为三相变压器组运行时,若有 1 台发生故障或者需要检修停止运行时,可以将两台单相变压器采用 V 形接法作三相运行,如图 1-15 所示。V 形接法的主要缺点是:由于 V 形接法的变压器漏阻抗不对称,即使三相负载是对称的,变压器二次边的电压也略有不对称,并随着负载的增加而愈加严重。

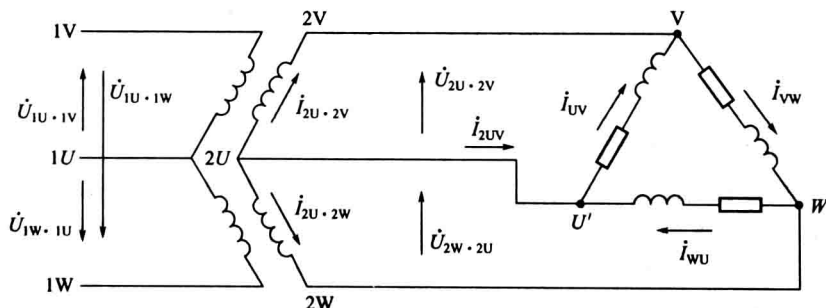


图 1-15 三相变压器的 V 形连接

1.1.4 用电单位配电所典型接线电路

环形配电系统中的用电单位配电所系统接线（环网单元）的电源进出线柜不设保护装置，见图 1-16～图 1-18。放射式或树干式系统的用电单位终端配电所，进线柜应设保护装置，典型系统接线可参照图 1-19、图 1-20。图中用户出线柜一侧只表示一台，具体应按工程设计实际需要确定。

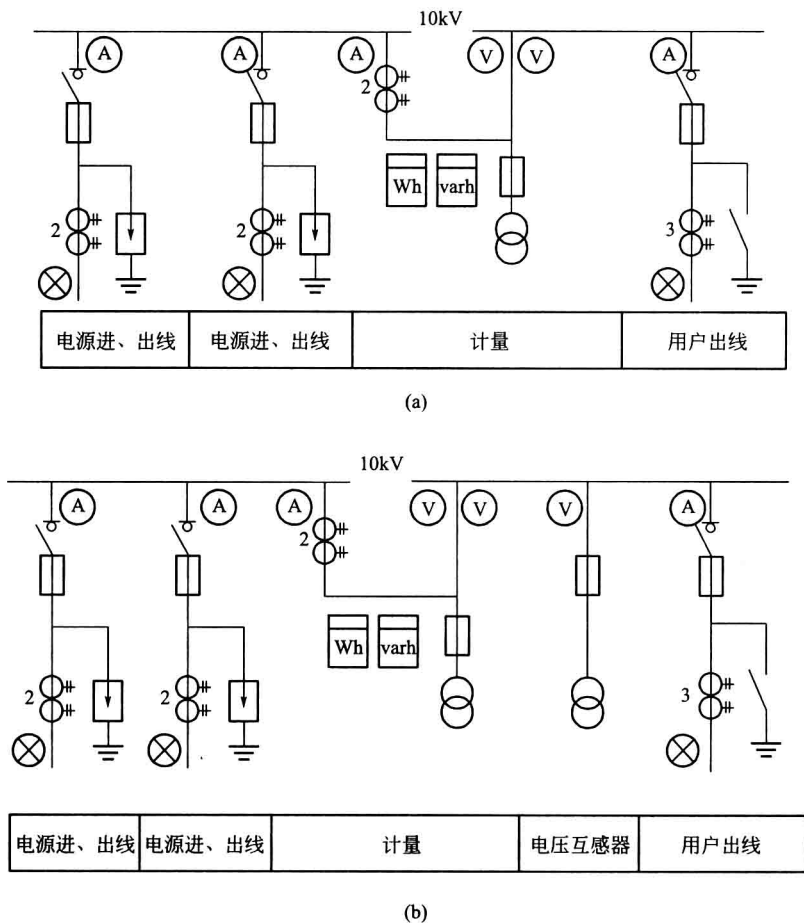


图 1-16 单线单环系统单元

运用环网柜的 10kV 配电所，设计工作量可以适当简化，只要给出一次系统图及平、剖面图，将设计要求和意图说明清楚即可。因此，可以省去繁杂的盘面布置图、二次接线图、操作电源系统图和端子板图。使用负荷开关环网柜不需短路电流与继电保护整定计算，减轻了设计工作量。

1.1.5 工厂变配电所的电气接线图

工厂变配电所的电气接线图按功能分有以下两种：一种是表示变配电所接受电能和输送、分配电能路线的电气接线图，称为一次接线图或电气主接线；另一种是表示用来对一次电路及其设备进行控制、测量、信号指示及保护的电路图，称为二次接线图。

电气主接线图上，除表示电气连接电路外，还注明了各种电气设备的型号规格，从电气主接线图上可一目了然地了解工厂的供电接线和全部电气主设备，因此电气主接线图是一张极其