

现代信息科学技术基础

# 现代配电系统分析

(第2版)

王守相 王成山 编著

高等教育出版社

现代信息科学技术基础

# 现代配电系统分析

XIANDAI PEIDIAN XITONG FENXI

(第2版)

王守相 王成山 编著



高等教育出版社·北京

### 图书在版编目(CIP)数据

现代配电系统分析 / 王守相, 王成山编著. -- 2 版.  
--北京: 高等教育出版社, 2014. 9  
ISBN 978 - 7 - 04 - 040700 - 6

I. ①现… II. ①王… ②王… III. ①配电系统-系  
统分析-高等学校-教材 IV. ①TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 158251 号

策划编辑 刘 英      责任编辑 冯 英      封面设计 李卫青      版式设计 马敬茹  
插图绘制 杜晓丹      责任校对 胡美萍      责任印制 尤 静

---

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京市文林印刷有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
开 本	787mm × 1092mm 1/16	版 次	2007 年 10 月第 1 版
印 张	17.5		2014 年 9 月第 2 版
字 数	320 千字	印 次	2014 年 9 月第 1 次印刷
购书热线	010 - 58581118	定 价	49.00 元
咨询电话	400 - 810 - 0598		

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 40700 - 00

## 第 2 版前言

为了促进可再生能源的规模化高效利用,实现能源利用的经济、环境和社会效益的最大化,保证电网经济、高效、可靠、安全运行,推动绿色经济的发展,发展智能电网已成为业界共识。配电系统作为电力系统到用户的最后环节,与用户的联系最为紧密,对用户的影响也最为直接。智能配电系统的发展对保证高效、高质量、高可靠供电具有重要意义。未来配电系统的总体方向和总体目标将是:具备灵活、可靠、高效的配电网网架结构,高可靠性和高安全性的通信网络,高渗透率的分布式电源接入,高级配电自动化系统的全面实施。作为智能配电系统发展基础的现代配电系统分析理论和方法自然而然受到了人们越来越广泛的关注和重视。

编著者在将本书第 1 版作为天津大学电力系统及其自动化专业的研究生教材进行教学实践的过程中,发现了书中的一些错讹之处;且过去几年配电系统方面的知识又有了新的创新和发展。为此,编著者对本书第 1 版进行了修订,主要修正了书中的错讹之处,并补充了一些新的章节内容,如第 2 章增加了配电调压器模型、单相配电变压器模型和分布式负荷模型,第 5 章增加了随机潮流的内容,第 8 章增加了含微网配电系统的可靠性计算内容,还对每章增加了思考题部分。本书在再版修订过程中,得到了天津大学电气与自动化工程学院老师和同学的大力支持,在此表示感谢。同时感谢 337 实验室李志新、韩亮、陈思佳等全体研究生为本书相关章节的撰写所做的重要贡献。感谢选择本书作为研究生教材的兄弟院校教师们的支持和鼓励,也感谢各位读者的厚爱。

再次感谢高等教育出版社刘英编辑为本书再版所做的辛勤工作。

由于作者水平所限,书中难免存在疏漏之处,恳请读者不吝赐教。

编著者

2014 年 6 月

于天津大学

# 第 1 版前言

随着社会的发展和人民生活水平的提高,对供电可靠性和电能质量方面的要求越来越高。作为电力系统重要组成部分的配电系统,由于直接面向终端用户,它的完善与否直接关系到广大用户的用电可靠性和用电质量。

配电系统分析是电力系统及其自动化学科一个重要的研究领域。配电系统分析的目的是为配电网规划设计人员以及运行调度人员对配电系统进行分析、研究、控制和管理提供有效的方法,使其了解系统运行状态,并采取相应措施提高系统的安全性和可靠性,实现系统的安全经济运行。

配电系统在拓扑结构、支路参数、运行状态等许多方面都具有不同于高压输电系统的典型特征,这决定了本科生教材《电力系统分析》中介绍的潮流计算等分析方法并不适用于城乡配电网络,配电系统分析拥有自己的一套分析方法和理论体系。近年来,电力市场的出现和分布式发电技术的蓬勃发展,对配电系统提出了新的要求和挑战,也促进了本研究领域的深入发展。

国内外一大批学者在配电系统研究领域锲而不舍,孜孜以求,使得配电系统分析的理论不断丰富和完善。作者所在的课题组多年来一直致力于配电系统相关领域的研究工作,研究课题得到国家自然科学基金(50477035)、教育部科学研究重大项目(306004)、教育部博士学科点专项基金(1999005609)等的资助,所取得的研究成果曾获得国家科技进步二等奖。本书是包括本课题组成员在内的配电系统领域科研群体的部分成果的集中反映,没有他们的辛勤耕耘,本书的顺利完成是无法想象的。

本书在写作过程中,得到了余贻鑫院士的大力支持和帮助。硕士研究生郑志杰、陈云云、江兴月、黄丽娟、谭晓明等为本书的撰写做了大量资料收集和整理工作。

由于作者水平所限,书中疏漏之处难免,恳请读者不吝赐教。

编著者

2007年8月

于天津大学

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 配电系统概述 .....	1
1.2 配电系统的基本设备和设施 .....	4
1.3 配电系统的中性点接地方式与网络结构 .....	7
1.4 配电系统的典型特性 .....	11
1.5 配电系统分析的主要内容 .....	12
参考文献 .....	13
思考题 .....	13
<b>第 2 章 配电系统建模</b> .....	14
2.1 概述 .....	14
2.2 配电网络模型 .....	14
2.3 配电元件模型 .....	14
2.3.1 配电线路 .....	15
2.3.2 配电变压器 .....	17
2.3.3 配电调压器 .....	30
2.3.4 配电电容器 .....	34
2.4 配电负荷模型 .....	34
2.5 配电系统基本方程 .....	39
2.5.1 配电系统的基本电路理论 .....	39
2.5.2 配电系统的节点方程 .....	39
2.5.3 配电系统的回路方程 .....	41
2.6 小结 .....	42
参考文献 .....	43
思考题 .....	43
<b>第 3 章 配电网络拓扑分析</b> .....	44
3.1 概述 .....	44
3.2 图的基本概念和性质 .....	44

3.3	配电网络拓扑结构 .....	48
3.4	配电网络拓扑描述 .....	49
3.4.1	配电弱环网的拓扑描述 .....	50
3.4.2	配电辐射网的拓扑描述 .....	52
3.5	配电网络拓扑分析算法 .....	55
3.5.1	配电网络的遍历 .....	55
3.5.2	配电网络的节点和支路编号 .....	59
3.6	配电网络拓扑分析流程 .....	61
3.7	小结 .....	63
	参考文献 .....	64
	思考题 .....	64
<b>第4章</b>	<b>配电系统确定性潮流计算 .....</b>	<b>65</b>
4.1	概述 .....	65
4.2	辐射状配电系统潮流解的存在性和唯一性 .....	65
4.3	配电系统潮流算法的分类 .....	69
4.4	配电系统基本潮流算法 .....	71
4.4.1	前推回代法 .....	71
4.4.2	改进牛顿法 .....	77
4.4.3	回路阻抗法 .....	81
4.4.4	隐式 $Z_{bus}$ 高斯法 .....	84
4.4.5	潮流算法编号方案的比较与选择 .....	86
4.5	计及分布式发电的配电系统潮流算法 .....	90
4.6	小结 .....	94
	参考文献 .....	94
	思考题 .....	95
<b>第5章</b>	<b>计及不确定性的配电系统潮流计算 .....</b>	<b>96</b>
5.1	概述 .....	96
5.2	配电系统中不确定性信息的分类及其处理方法 .....	96
5.3	随机潮流 .....	98
5.4	模糊潮流 .....	105
5.5	区间潮流 .....	110
5.6	小结 .....	120
	参考文献 .....	121
	思考题 .....	121

<b>第 6 章 配电系统状态估计</b> .....	122
6.1 概述 .....	122
6.2 状态估计基本原理 .....	123
6.3 配电系统状态估计方法 .....	125
6.3.1 基于节点电压的方法 .....	125
6.3.2 基于支路电流的方法 .....	125
6.3.3 基于支路功率的方法 .....	132
6.4 小结 .....	134
参考文献 .....	134
思考题 .....	135
<b>第 7 章 配电系统短路故障分析</b> .....	136
7.1 概述 .....	136
7.2 短路故障的类型及基本特点 .....	136
7.3 短路故障分析方法 .....	138
7.3.1 等效电压源法 .....	138
7.3.2 叠加法 .....	140
7.3.3 相-零回路电流法 .....	146
7.3.4 暂态仿真法 .....	147
7.4 小结 .....	147
参考文献 .....	147
思考题 .....	148
<b>第 8 章 配电系统可靠性分析</b> .....	149
8.1 概述 .....	149
8.2 配电系统可靠性指标 .....	151
8.2.1 负荷点指标 .....	152
8.2.2 系统指标 .....	153
8.3 系统和元件的可靠性模型 .....	156
8.4 配电系统可靠性分析方法 .....	158
8.5 简单辐射状配电系统的可靠性计算 .....	161
8.6 复杂配电系统的可靠性计算 .....	163
8.7 考虑分布式电源的配电系统可靠性计算 .....	166
8.8 含微网配电系统的可靠性计算 .....	171
8.8.1 概述 .....	171
8.8.2 微网可靠性指标体系 .....	172



8.8.3 含微网配电系统的可靠性分析方法 .....	180
8.9 小结 .....	186
参考文献 .....	187
思考题 .....	189
<b>第9章 配电网络重构</b> .....	<b>191</b>
9.1 概述 .....	191
9.2 配电网络重构问题描述 .....	191
9.3 配电网络重构算法 .....	195
9.3.1 解析方法 .....	195
9.3.2 启发式方法 .....	195
9.3.3 随机优化方法 .....	200
9.3.4 智能化方法 .....	204
9.4 小结 .....	204
参考文献 .....	205
思考题 .....	206
<b>第10章 配电系统故障定位、隔离与供电恢复</b> .....	<b>207</b>
10.1 概述 .....	207
10.2 配电系统故障处理方式 .....	208
10.2.1 无信道时的故障处理方式 .....	208
10.2.2 有信道时的故障处理方式 .....	210
10.3 配电系统故障定位 .....	211
10.4 配电系统故障隔离 .....	212
10.5 配电系统供电恢复 .....	213
10.5.1 供电恢复的基本要求 .....	214
10.5.2 供电恢复的目标函数 .....	215
10.5.3 供电恢复的约束条件 .....	216
10.5.4 供电恢复方法 .....	217
10.6 小结 .....	218
参考文献 .....	218
思考题 .....	220
<b>第11章 配电系统电压控制及无功优化</b> .....	<b>221</b>
11.1 概述 .....	221
11.2 电压控制 .....	222
11.2.1 电压损耗与电压偏差 .....	222

---

11.2.2	电压调整的基本原理 .....	225
11.2.3	配电网无功补偿装置 .....	227
11.2.4	配电网无功补偿方式 .....	232
11.3	无功优化 .....	234
11.3.1	配电电容器优化配置 .....	235
11.3.2	配电电容器优化投切 .....	236
11.3.3	配电网无功优化算法 .....	239
11.4	小结 .....	242
	参考文献 .....	242
	思考题 .....	244
附录	配电系统分析常用算例系统 .....	245

# 第 1 章 绪论

## 1.1 配电系统概述

能源是人类赖以生存和发展的基础。能源分一次能源和二次能源。一次能源是指自然界中以原有形式存在的、未经加工转换的能量资源,又称天然能源。一次能源又分为不可再生能源和可再生能源。不可再生能源主要包括石油、煤炭、天然气等化石类能源和以核能为代表的新能源。可再生能源主要包括水能、风能、太阳能、潮汐能等。二次能源是由一次能源经过加工转换后得到的能源,如电能、氢能等。

电能作为重要的二次能源,是一次能源最为广泛和有效的利用方式。电力系统就是生产、传输和配送电能的网络系统,它由发电系统、输电系统和配电系统三部分组成。首先通过发电系统将自然界的一次能源转化为电能,然后经过输电系统来输送电能,最后由配电系统将电能分配供应到各电力终端用户。终端用户就可以利用不同类型的用电设备将电能转换成动力、光、热等不同形式的能量,来满足自己的各种用能需求,例如,利用电灯进行照明,利用空调实现调温等。

为了减少电能在输送过程中的功率损耗,并提高电力系统输送电的能力(远距离和大功率),一般采用较高的电压等级来输送电能。在我国,通常将电力系统的电压等级范围划分为低压、中压、高压、超高压和特高压,见表 1-1 所示。

表 1-1 我国电压等级范围的划分

	低压	中压	高压	超高压	特高压
电压等级	1 kV 及以下	1 kV 以上, 20 kV 及以下	20 kV 以上, 330 kV 以下	330 kV 及以上, 1 000 kV 以下	1 000 kV 及以上 (直流: $\pm 800$ kV 及以上)

我国输电网的电压等级一般在 220 kV 到 1 000 kV 之间,基本属于高压、超高压和特高压的范畴,而配电网的电压等级一般选为 110 kV(或 35 kV)及以下,大致涵盖了低压、中压和高压的各种电压等级。

世界上,不同国家的配电系统所采用的电压等级的差异较大。表 1-2 列出了几个具有代表性的国家所采用的配电系统电压等级。

表 1-2 部分国家的配电系统电压等级

国别	配电系统电压等级
中国	110 kV、66 kV、35 kV、(20 kV)、10 kV、(6.6 kV)、0.4 kV/220 V
美国	34.5 kV、23.9 kV、14.4 kV、13.2 kV、12.47 kV、(4.16 kV)、110 V
俄罗斯	110 kV、35 kV、20 kV、10 kV、0.4 kV/220 V
英国	132 kV、33 kV、11 kV、415 V /240 V
法国*	20 kV、0.4 kV
德国	20 kV、0.4 kV

\* 法国根据电压等级将电力网划分为一次输电网(400 kV),二次输电网(225 kV、150 kV、90 kV、63 kV)和配电网(20 kV 及以下)。

电力系统的组成划分如图 1-1 所示。发电厂发出的电能一般通过升压变电站提升电压后,经由超高压输电网来输送,升压的目的是为了减少输电损耗。当电能输送到靠近负荷中心的位置(如城市的郊区)后,再经降压变电站(通常为高压变电站)降低电压,经由高压输电网向高压配电变电站输送电力。经高压配电变电站进一步降压后,再经由高压配电网向中压配电变电站,经中压配电变电站更进一步降压后,再经由中压配电网向低压配电变压器,最终经由低压配电线路向终端用户供电。

配电系统是由多种配电元件和配电设施所组成的用以变换电压和直接向终端用户分配电能的一个电力网络系统。一般地,将电力系统中从降压配电变电站(高压配电变电站)出口到用户端的这一段系统称为配电系统。国内外关于配电系统范围的划分有一定的差异。

在我国,配电系统可划分为高压配电系统、中压配电系统和低压配电系统三部分。

高压配电系统与输电系统直接相连,接收输电系统输送的电能,向负荷中心直接放射状供电或经降压配电。高压配电系统的电压等级通常选为 35 kV、66 kV 或 110 kV,有些大型城市将 220 kV 也作为高压配电系统电压等级,以适应

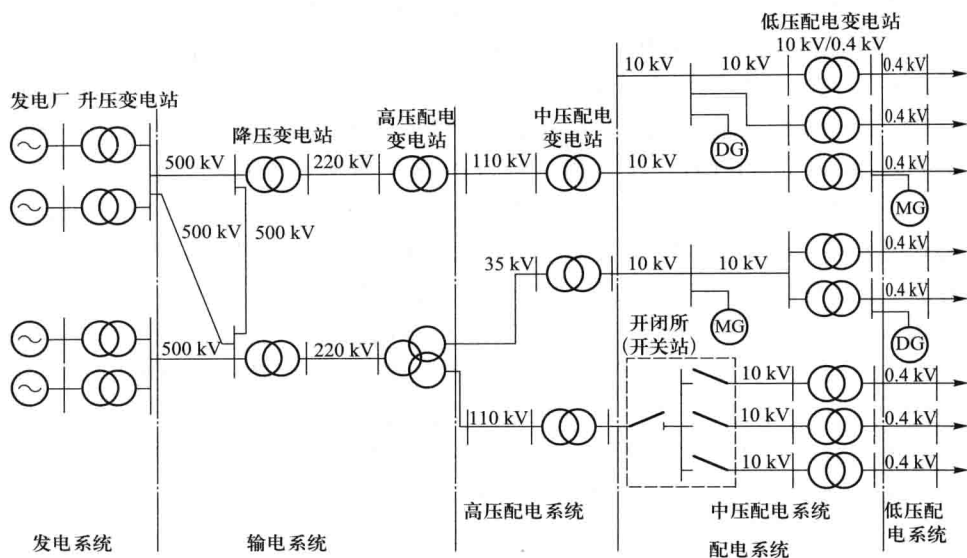


图 1-1 电力系统的组成划分示意图

城市用电规模的不断增长。高压配电系统的电源一般来自不同的 220 kV 或 500 kV 中心变电站(或枢纽变电站)。

中压配电系统是指从 110 kV/10 kV 或 35 kV/10 kV 降压变电站的 10 kV 母线出发经中压配电线路到低压配电变压器的那一部分网络系统。中压配电系统的电压等级一般选为 10 kV,有时也选为 20 kV 或 6 kV。通常将降压变电站的每一回 10 kV 出线称为一条馈线。

低压配电系统是指从 10 kV/0.4 kV 低压配电变压器到用户端的那一部分网络系统。一般将低压配电系统的电压等级选为 0.4 kV,或称为 380 V/220 V,即线电压 380 V,相电压 220 V。

在国际上,有时在高压输电系统和配电系统之间还存在一个次输电系统(Subtransmission System),实际上大致对应我国的高压配电系统。国外的配电系统多分为两部分,即一次配电系统和二次配电系统,通常将从次输电系统末端的降压变电站的配电网至低压配电变压器入口范围的那一部分系统称为一次配电系统,而将从低压配电变压器的出口到用户端的那一部分系统称为二次配电系统。这二者大致对应我国的中压配电系统和低压配电系统。

由于配电系统作为电力系统的最后一个环节直接面向终端用户,它的完善与否直接关系到广大用户的用电可靠性和用电质量,因而在电力系统中具有重要的地位。

由于面临能源危机和环保压力,清洁、可再生能源发电日益得到重视。可再生能源发电分为大规模集中式发电和小型分布式发电两种形式。大规模集中式可再生能源发电包括大型风电场、大型光伏电站等,其特点是集中接入、单点接入容量大;小型分布式可再生能源发电,简称分布式发电(Distributed Generation, DG),是利用各种分散存在的能源,包括可再生能源(太阳能、生物质能、小型风能、小型水能、波浪能等)和本地可方便获取的化石类燃料(主要指天然气)进行发电供能的方式,其特点是位于用户负荷附近,发电容量小,通常在几千瓦到几十兆瓦,通过 10 kV(35 kV)及以下电压等级接入配电网或独立运行,多点接入、点多面广。分布式电源通常直接接入配电系统,也可以与储能等配合组成微网或微电网(Microgrid Generation, MG)接入配电系统,如图 1-1 所示。微网是由分布式电源、储能系统、能量转换装置、监控和保护装置、负荷等汇集而成的小型发、配、用电系统,是一个能够实现自我控制、保护和能量管理的自治系统。分布式发电和微网的接入会对配电系统产生深远的影响。配电系统中大量分布式电源和微网的存在将改变电力系统在中、低压层面的结构与运行方式,增加配电系统运行的复杂性,但同时也会有助于解决配电系统中大规模分布式可再生能源的有效接入问题。

## 1.2 配电系统的基本设备和设施

配电系统是由多种配电设备(或元件)和配电设施所组成的变换电压和直接向终端用户分配电能的一个电力网络系统。配电设备或元件的不同连接方式构成了不同的配电网结构。

配电设备按电压等级可分为高压配电设备和低压配电设备。习惯上,高压配电设备包含中高压配电系统所属电压等级(110 kV、35 kV、10 kV)的设备。低压配电设备则是用于低压配电系统所属电压等级(0.4 kV)的设备。

配电设备按功能可分为一次设备和二次设备。一次设备用于直接输送电能。配电线路、配电变压器、配电调压器(或电压调整器、自动调压器)、配电电容器、(配电)母线和配电开关设备等都属一次设备。二次设备则用于实现系统的测量、保护与控制等,主要有电流互感器(TA)、电压互感器(TV)、馈线终端单元(FTU)、变压器终端单元(TTU)、避雷器、故障指示器等。其中,馈线终端单元 FTU 又包括杆上 FTU、柱上 FTU、环网柜 FTU、开闭所 FTU 等。

配电系统的主要设施则包括配电变电站、馈线、开关站、环网柜等,它们的共同特点是都由几种配电基本元件组成。

下面扼要介绍几种常见的配电设备和设施。

### 1. 配电变电站

配电变电站俗称变电所,是具备变换电压和分配电力功能的配电设施。最常见的可分为 110 kV(高压配电)变电站、35 kV(高压配电)变电站和 10 kV(中压配电)变电站。其中,10 kV 变电站又可分为 10 kV 箱式变电站(简称箱式变)、10 kV 配电站(俗称配电室)和 10 kV 配电变压器台(简称变台)。

10 kV 箱式变电站指由 10 kV 开关设备、电力变压器、低压开关设备、电能计量设备、无功补偿设备、辅助设备和连接件等元件组成的成套配电设备,这些元件在工厂内被预先组装在一个或几个箱壳内,用来从中压系统向低压系统输送电能。

10 kV 配电站指有 10 kV 进线配电装置、配电变压器和低压配电装置,仅带低压负荷的户内配电设施。10 kV 配电站分为 10 kV 户内配电站和地下配电站。10 kV 户内配电站指将设备安装在建筑物内的配电站。10 kV 地下配电站指将设备安装在地下建筑物内的配电站。

10 kV 变台指用于将中压降压到低压的简易集合式设备的总称(包含配电变压器、开关设备、测量设备及相关的附属设施等)。10 kV 变台主要包括 10 kV 柱上变台、10 kV 屋顶变台和 10 kV 落地变台。10 kV 柱上变台指安装在一根或多根电杆上的 10 kV 变台,10 kV 屋顶变台指安装在屋顶的 10 kV 变台,10 kV 落地变压器台指安装在地面的 10 kV 变台。

### 2. 馈线

在我国,通常将 110 kV/10 kV 或 35 kV/10 kV 中压配电变电站(降压变电所)的每一回 10 kV 出线称为一条馈线。每条馈线由一条主馈线、多条三相、两相和单相分支线、电压调整器、配电变压器、电容器组、配电负荷、馈线开关、分段器、熔断器等组成。如图 1-2 所示为从同一中压配电变电站的同一条 10 kV 母线引出的 3 条馈线:馈线 1、馈线 2 和馈线 3。其中,馈线 1 和馈线 2 之间通过常开的联络开关相连。

### 3. 配电开关设备

配电开关设备分为高压配电开关设备和低压配电开关设备。高压配电开关设备包括高压断路器、高压负荷开关、高压隔离开关和高压熔断器;低压配电开关设备则包括低压断路器、低压负荷开关和低压熔断器。重合器和分段器则是用于配电网自动化的智能化开关设备。

高压断路器又称馈线开关,是安装在馈线上,当系统发生故障时用以断开故障的设备。它具有熄弧能力,能够切断故障电流。按灭弧介质可分为少油断路器、多油断路器、真空断路器和 SF<sub>6</sub> 断路器。

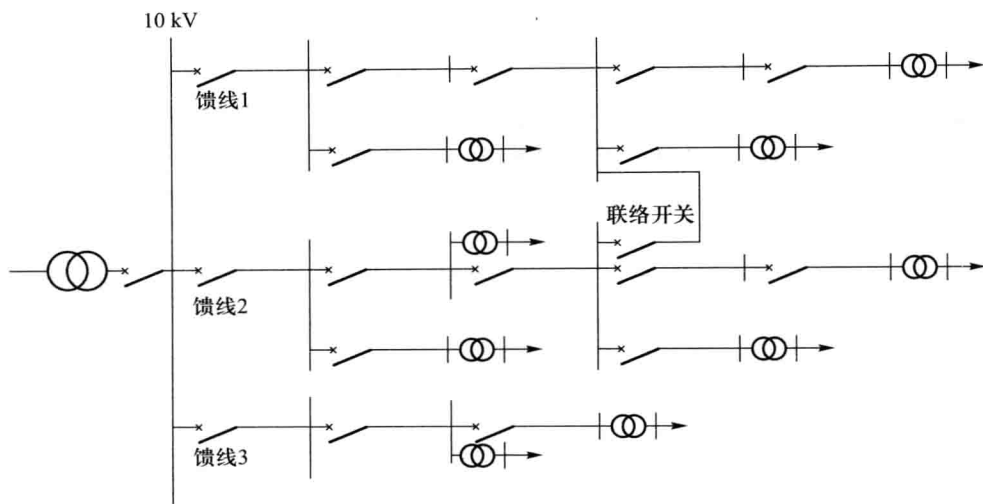


图 1-2 典型的配电馈线结构

高压负荷开关是安装在线路上的开关设备,具有简单的灭弧装置,能够开断正常的负荷电流,但不能切断大的故障电流。与高压熔断器组合使用,可代替高压断路器以节省投资。

高压隔离开关用作设备停运后退出工作时断开电路,以保证与带电部分隔离,起隔离电压的作用。隔离开关没有灭弧装置,其开合电流能力极低,不能用作接通或切断电路的控制电器。

高压熔断器(或熔丝)是通过过热熔断来防止电路中电流过载或短路的配电设备。可分为跌落式和限流式两大类。

低压断路器又称低压自动空气开关,是低压配电系统中既能分合负荷电流又能分断短路电流的开关设备,可分为万能式、塑壳式和小型模块化三种类型。

低压负荷开关主要分为开启式和封闭式两类。其中开启式负荷开关俗称闸刀开关。

低压熔断器与低压负荷开关的刀开关配合,用于配电线路、照明电路、小容量电动机等的短路保护。

重合器本身具有控制及保护功能,它能检测故障电流并能够按照预定的开断和重合顺序在交流线路中自动进行开断和重合操作,并在其后自动复位和闭锁。

分段器是用来隔离故障线路区段的自动开关设备,它一般与重合器、断路器或熔断器相配合,串联于重合器与断路器的负荷侧,在无电压或无电流情况下自动分闸。



#### 4. 开关站和环网柜

开关站又称开闭所,是由 10 kV 开关设备和母线所组成的配电设施。开关站具有母线延伸的作用,一般只具备配电功能而不具备变电功能,但也可附设有配电变压器。10 kV 开关站分为 10 kV 户内开关站、户外开关站和地下开关站。

环网柜——又称环网供电单元(简称环网柜),是一种把所有开关设备密封在密闭容器内运行的环网开关设备,应用在 10 kV 配电系统电缆网中,可实现环网接线、开环运行的供电方式。图 1-3 是环网柜的结构和功能示意,它一般由 3~5 路开关共箱组成,由进线单元、计量单元、母线单元等多种单元任意组合成多种方案。环网柜通常采用负荷开关,而开关站一般采用断路器。由于环网柜体积小、技术指标先进,减少了占地面积,缩短了出线电缆长度,降低了整体造价和维护费用,因而当它采用断路器时,完全可以取代常规的开关站,作接受和分配电能之用。

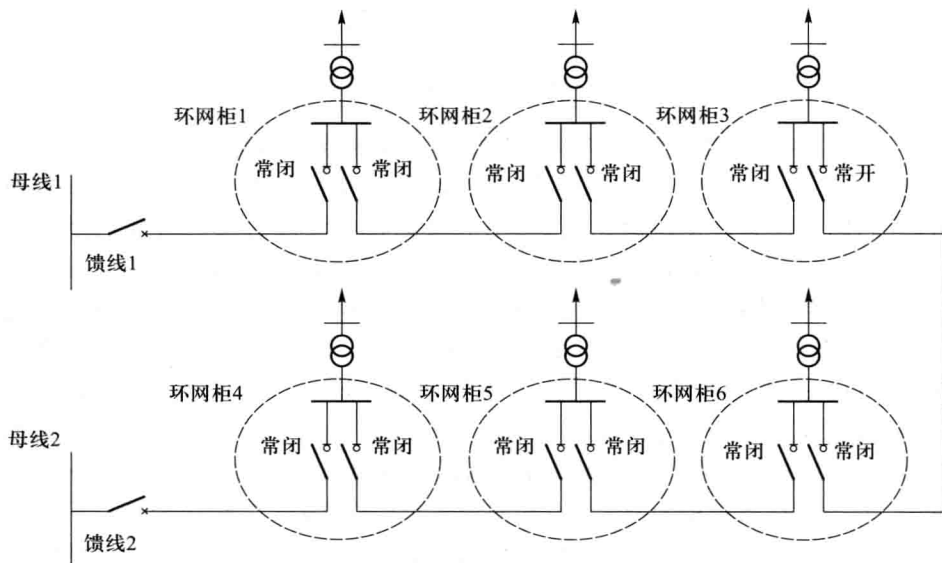


图 1-3 环网柜结构和功能示意图

### 1.3 配电系统的中性点接地方式与网络结构

三相配电系统的中性点与大地的电气连接方式称为配电系统的中性点接地方式。配电系统的中性点接地方式可以分为:中性点不接地、中性点经消弧线圈接地、中性点经电阻接地和中性点直接接地等。其中,中性点不接地、中性点经