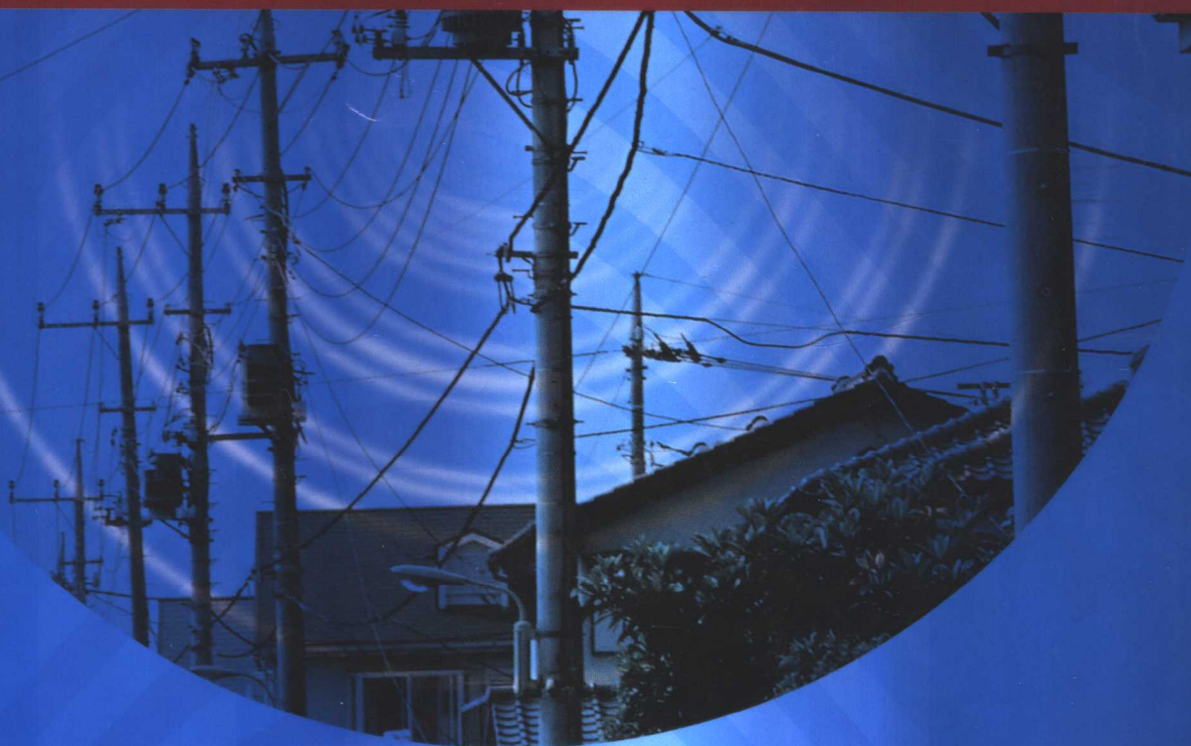


ZHONGDIYAPEIDIANWANG

■ 方向晖 编著

G U I H U A Y U S H E J I J I C H U

中低压配电网 规划与设计基础



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中低压配电网 规划与设计基础

方向晖 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是一本供用电专业中低压配电网规划与设计培训教材和参考用书,内容广泛,通俗易懂。

本书共分九章,内容包括配电网规划与设计基础知识、配电网负荷预测与计算、配电网短路电流计算与控制、配电网线损及控制、电能质量和无功电压控制、配电网供电可靠性规划与控制、架空配电线路和电力电缆线路设计、配变的选择与经济运行、常用配电设备的选择等内容。

本书既可作为高职、中职学校供用电专业的教材,也可作为供用电专业技术培训教材以及供电企业技术及管理人员的工作参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

中低压配电网规划与设计基础/方向晖编著. —北京:
中国水利水电出版社, 2004. 4
ISBN 7-5084-1952-9

I. 中... I. 方... III. 配电系统—规划—技术培训—教材 IV. TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 017509 号

书 名	中低压配电网规划与设计基础
作 者	方向晖 编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 17 印张 403 千字
版 次	2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	36.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

随着我国国民经济的发展，电力用户对电力供应的可靠性和电力服务的要求越来越高，市场经济的建立与电力体制改革的推进，对电力企业自身的供电能力和电力服务水平也提出了更高的要求，供电企业正面临着前所未有的机遇和挑战，基于此，电力工业也得到了蓬勃发展。

为用户提供“可靠能源，可信服务和廉价电力”、真正建立以经济效益为中心、安全生产为基础、优质服务为宗旨、科技进步为后劲的企业运行机制将是供电企业今后的工作重心。优良的电能质量是电力企业优质服务的重要内容，高水平的供电可靠率是供电企业的追求目标，降低电能损耗是供电企业技术经济活动的主题，而以上目标的实现都离不开先进的供电技术和良好的供电网络。所有这些都要求供电企业的工作人员更新观念，进一步提高业务技术水平，适应新形势发展的需要，为此编写本书。其目的在于为大家提供一本中低压配电网规划设计工作的参考书。

在本书编写过程中，得到了浙西电力教育培训中心胡国荣同志的帮助与指导，在此表示感谢。

编者衷心希望，通过阅读本书，能帮助大家在中低压配电网规划与设计工作方面建立起较为系统的概念，拓宽大家的工作思路、提高业务技术水平。本书既可作为高职、中职学校供用电专业的教材，也可作为供用电专业技术培训教材以及供电企业技术及管理人员的工作参考用书。

配电网规划与设计中所涉及到的知识域颇为广泛，在有限的篇幅内很难将资料全面收集在本书中，加上编者的实际水平有限，教材中难免有不尽人意之处，敬希广大读者不吝指教。

编 者

2004年2月20日于新安江

目 录

前言

第一章 配电网及其规划设计基本知识	1
第一节 配电网的作用及其特点.....	1
第二节 配电网的常用接线方式.....	4
第三节 配电网中性点接地方式及保护接地方式	10
第四节 配电网规划与建设的基本原则	17
第二章 配电网负荷预测与计算	26
第一节 各类用户负荷的特点与影响因素	26
第二节 负荷曲线及其特性指标	27
第三节 负荷预测基本知识	29
第四节 负荷预测方法	32
第五节 用电负荷计算	42
第三章 配电网短路电流计算与控制	50
第一节 短路的基本知识	50
第二节 配电网电力元件参数及标么值计算	53
第三节 无限大容量中压配电网短路电流计算	58
第四节 低压配电网短路电流计算	62
第五节 配电网短路电流限值及控制措施	65
第四章 配电网线损计算及控制	69
第一节 线损及线损管理概述	69
第二节 技术线损的理论计算方法	72
第三节 低压线路电能损失计算方法	84
第四节 技术线损分析	87
第五节 影响线损的不利因素	93
第六节 降低线损的技术措施	95
第七节 降低线损的管理措施.....	103
第五章 配电网的电能质量和无功电压控制	106
第一节 电能质量的基本知识简介.....	106
第二节 电压质量管理的概念.....	108

第三节	配电网电压损耗及调压原理	110
第四节	无功补偿原理及其意义	113
第五节	配电网的无功补偿方式的选择	115
第六节	配电网无功补偿容量的确定	119
第七节	无功补偿电容器的综合配置与收益分析	123
第八节	配电线路无功补偿的最优化	125
第六章	配电网供电可靠性规划与控制	131
第一节	配电网供电可靠性的基本概念	131
第二节	供电系统用户供电可靠性评价指标及统计的有关规定	135
第三节	以元件组合关系为基础的配电网可靠性预测方法	143
第四节	配电网缺电和停电损失的计算	159
第五节	配电网可靠性经济评价	162
第六节	提高配电网可靠性的技术措施	167
第七节	提高配电网可靠性措施实施效果的计算	174
第七章	架空配电线路及电力电缆线路设计基本知识	179
第一节	架空配电线路的结构	179
第二节	架空线路导线的力学计算	181
第三节	架空配电线路杆塔与基础强度校验	189
第四节	架空线路导线截面选择	195
第五节	架空配电线路路径的选择与定位	200
第六节	电力电缆选择	207
第八章	配电变压器的选择及台区设计	215
第一节	配变型式及其台区位置选择	215
第二节	配电变压器容量选择	220
第三节	配电变压器小型化的经济效益分析	226
第四节	配电变压器的经济运行	229
第五节	配电变压器的保护装置配置	235
第六节	箱式变电站	237
第九章	常用配电设备的选择	244
第一节	导体的热效应与机械效应计算	244
第二节	常用高压配电设备选择	247
第三节	常用低压配电设备选择	253
参考文献		265

第一章 配电网及其规划设计基本知识

第一节 配电网的作用及其特点

一、配电网在电力系统中的作用及其地位

电力生产过程通常包括发电、变电、送电、配电和售电五个基本环节。由发电厂、输配电线路、变电设备、配电设备和用电设备及其生产过程联结起来的有机整体称为电力系统。而电力系统中，由送电、变电、配电设备及各种电压等级的电力线路所组成的部分称为配电网，简称电网。

为了方便研究和计算，将电网分为送电网和配电网两部分。一般来讲，将 35kV 及以上电压等级的电网称送电网；10kV 及以下电压等级的电网称为配电网，其作用是将电能分配给用户。它由配电变电所和配电线路组成，配电网的供电电压一般采取两种形式：一是以 3~10kV 电压的高压大功率用户直接供电；二是经 10kV 专用变压器或公用变压器降压后以 380/220V 向低压、小功率用户供电（图 1-1）。

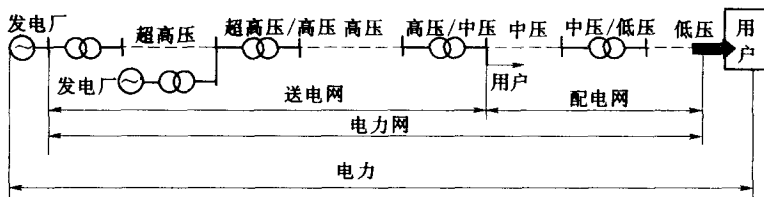


图 1-1 电力系统组成示意图

配电变电所一般分为配电室、柱上变压器两种。对 30kVA 以下小容量配电变压器（简称配变），宜采用单柱式变台；40~315kVA 的配变可采用双柱式变台；315kVA 及以上配变可采用落地式变台或箱式变台；更大容量的变压器可设配电室。

配电线路可分架空裸导线线路、架空绝缘导线线路，电力电缆线路和架空平行集束线路四种。

二、配电网的结构

我国配电系统的电压等级，根据《城市电网规划设计导则》的规定，35、63、110kV 为高压配电系统，10（6）kV 为中压配电系统，380V 及 220V 为低压配电系统，220kV 及以上电压为输变电系统。但是，随着城市供电容量及供电范围的不断扩大，一些特大城市，如北京、上海等地，目前已将 220kV 的电压引入市区进行配电。而与此同时，却仍然存在着 35、110、220kV 电压的输变电系统。因此，配电系统一般很难简单地从电压等级上与输变

电系统划分或定义，而是以其功能和作用来定义和区分。

由于使用的电压等级不同，配电系统的结构也有所不同。我国城市配电网的几种不同结构及其特点简要介绍如下。

1. 以单一的 10 (6) kV 电压供电的配电网 (含同时存在 10kV 和 6kV 的情况)

这种配电网，大多数是在城市市区边缘建立具有 35/10(6)kV 双绕组变压器的 35kV 变电所，或具有 110/35/10 (6) kV 三绕组变压器的 110kV 变电所，由 10 (6) kV 电压对市区的开关站、配电室或柱上式变压器送电，然后以 10 (6) kV 或 380V (220V) 电压对用户供电。在市郊则以 35kV、10kV 及 380V (220V) 电压对用户供电。目前，我国大多数中小城市的配电网基本上均属此种形式。

2. 以 10 (6) kV 和 35kV 电压供电的配电网

这种配电网，除在市区边缘建立有 35/10 (6) kV 的双绕组变压器或 110/35/10 (6) kV 三绕组变压器的 35kV 或 110kV 变电所。以 10 (6) kV、35kV 对用户供电外，一般还在市区中心建立了具有 35/10 (6) kV 双绕组变压器的变电所，并分别以 35V、10 (6) kV 及 380V (220V) 的电压向用户供电。目前我国一较大的中等城市即属此类。

3. 以 10 (6) kV、110kV 电压供电的配电网

这种配电网，除如上述那样，在市区边缘建立具有 35/10(6)kV 双绕组变压器或 110/35/10 (6) kV 三绕组变压器的变电所，以 10 (6) kV 向市区用户供电外，还通过 110kV 架空线路或电缆线路在市区内建立 110/10 (6) kV 直降式变压器的变电所，然后以 10 (6) kV 电压向用户供电。

4. 同时以 10 (6)、35、110kV 电压供电，并将 220kV 引入市区的配电网

这种网络，实际上是上述 2、3 两种情况相结合的综合结构的发展。目前国内一些特大城市，如上海即属此类。

三、配电网的供电方式

上述四种配电系统结构中，第 1 种情况是最基本的结构，第 2、3、4 种情况是第 1 种情况的扩大和发展。其中，第 3 种情况与第 2 种情况相比，虽然增加了以 110kV 架空线路或电缆线路引入的深引式 110/10 (6) kV 直降式变压器的变电所，但是对用户的供电基本上仍是 10 (6) kV 电压。除变电所的场地和引入线路的走廊在建设和运行维护中存在某些特有的困难外，其运行特点基本上是一致的。第 2 种情况与第 1 种情况相比，则增加了 35kV 电压直接向用户供电的形式。第 4 种情况则是第 1、2、3 种情况的综合形式，同时兼有各种情况的运行特点。为了便于对各种情况的运行特点进行分析，现仅着重对第 4 种综合形式作一简要的评述。

对用户供电的方式有以下几种情况。

1) 由市区周围或进入市区的变电所，分别以 10 (6) kV、110kV 或 110kV 电压的单回路直接向用户供电的直馈线路方式；

2) 由进入市区内的 35/10 (6) kV 变电所或 110/10 (6) kV 直降式变电所，以 10 (6) kV 电压向用户直接供电的方式；

3) 由市区周围或进入市区内的变电所，通过 10 (6) kV 配电室、开关站或单台公用配电变压器，以 10 (6) kV 或 380V (220V) 电压向用户供电的方式；

4)由同一电压等级的双回路以上的线路同时向一个用户供电的双回线路或多回线路供电的方式；

5)由同一电压等级的双回线路向用户供电，但在正常情况下，一回线路运行、一回线路备用的方式，在此情况下，又有带自动投入装置、正常时备用回路带电的热备用方式，和不带自动投入装置、正常时备用回路不带电的由人工进行倒闸操作的冷备用方式；

6)由线路两端分别连接不同的变电所或不同的电源变压器上对用户供电的单回路双电源的供电方式；

7)由环形回路向用户供电，开环运行的方式；

8)由不同电压等级的两回线路向用户供电，但在正常情况下，高电压等级的线路运行，低电压等级的线路备用的方式；

9)由同一电压等级或不同电压等级的两回线路同时向用户供电，但在正常情况下分开运行，在故障或检修时互为备用的方式；

10)由两种不同电压等级的环形回路同时向用户供电，在正常情况下分开运行，故障或检修时互为备用的双重环形回路供电方式；

11)主干线以隔离开关或油断路器分段操作，各分段又分别向不同用户供电，故障时可以阶段进行处理的方式；

12)主干线以隔离开关或油断路器分段操作，各分段又以联络断路器或线路与其他相邻回路相连接，故障时负荷可以通过倒闸操作，由相邻回路供电的多分割多联络的网形供电方式。

此外，对于无论是市区周围的变电所或进入市区的变电所，其对用户的馈线的接线，还存在着单元、桥型、单母线、单母线分段、单母线带旁路、双母线、双母线分段、双母线带旁路，以及各馈线带重合闸或不带重合闸装置等种种接线的供电方式。

四、配电网的基本要求

1. 尽量满足用户的用电要求

满足国民经济各部门及人民生活不断增长的用电需求，保障供给是电力部门的重要任务。电力工业的发展速度，应超前于其他部门的发展速度，起到先行作用。应竭力避免因于缺电而使工业企业不能充分发挥其生产能力的情况。

2. 安全可靠的供电

电力生产，安全第一，预防为主。这就要求加强电力系统各元件设备的管理，经常进行监测、维护，并定期进行预防性试验和检修，定期更新设备，使设备处于完好的运行状态；提高工作人员素质，严格执行各项规章制度，不断提高运行水平，防止事故的发生。一旦发生事故，应能迅速和妥善处理，防止事故扩大，做到迅速恢复供电。因为，供电中断将使工农业生产停顿，人们生活秩序混乱，甚至危及人身和设备的安全，造成十分严重的后果。突然停电给国民经济造成的损失远远超过电网本身的损失。因此，首先要确保安全可靠的供电。

电力系统中发生事故是导致供电中断的主要原因，但要杜绝事故的发生是非常困难的，而各种用户对供电可靠性的要求都是不一样的。通常，对一类用户应设置两个或两个以上独立电源，电源间应能自动切换，以便在任一电源发生故障时，使这类用户的供电不致中

断；对二类用户也应设置两个独立电源，手动切换可以满足要求，可能造成短时停电；对三类用户一般采用单电源供电，但也不能随意停电。

3. 保证良好的电能质量

良好的电能质量指标是指电力系统中交流电的频率正常($50 \pm 0.1 \sim 0.5\text{Hz}$)、电压不超过额定值的 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ 和波形正常(正弦波)。电能质量合格，用电设备能正常运行并具有最佳的技术经济效果；如果变动范围超过允许值，虽然尚未中断供电，但已严重影响到产品质量和数量，甚至会造成人身安全和设备故障，危及电力系统本身的运行。因此，必须通过调频及调压措施来保证额定频率和额定电压的稳定。

4. 保证电力运行的经济性

电能生产的规模很大。在其生产、输送和分配过程中，本身消耗的能源占国民经济能源中的比例相当大，因此，最大限度地降低每生产 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 电能所消耗的能源和降低输送、分配电能过程的损耗，是电力部门广大职工的一项极其重要的任务。电能成本的降低不仅意味着对能源的节省，还将降低各用电部门成本，对整个国民经济带来很大的好处。

配电网直接与用户相联，供电半径大，供电范围广，连接用户多，负荷波动与变化频繁，加上由于主客观原因造成不明线损，使配电网线损量占整个电力系统线损比重很大。因此加强配电网的经济运行，降低配电网的线损，对提高整个电力系统的经济性有特别重要的意义。

第二节 配电网的常用接线方式

一、架空线路

按中压配电网的接线方式，架空线路主要有放射式、普通环式、拉手环式、双回路放射式、双回路拉手环式等五种。

1. 放射式

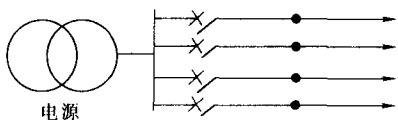


图 1-2 放射式供电接线图

放射式结构见图 1-2，线路末端没有其他能够联络的电源。这种中压配电网结构简单，投资较小，维护方便，但是供电可靠性较低，只适合于农村、乡镇和小城市采用。

2. 普通环式

普通环式接线是在同一个中压变电站的供电范围内，把不同的两回中压配电线路的末端或中部连接起来构成环式网络，见图 1-3。当中压变电站 10kV 侧采用单母线分段时，两回线路最好分别来自不同的母线段，这样只有中压变电站配电全中断时，才会影响用户用电；而当中压变电站只有一母线段停电检修时，则不会影响用户供电。这种配电网结构，投资比放射式要大些，但配电线路的停电检修可以分段



图 1-3 普通环式供电接线原理图

进行，停电范围要小得多。用户年平均停电小时数可以比放射式小些，适合于大中城市边缘，小城市、乡镇也可采用。

3. 拉手环式

拉手环式的结构见图 1-4。它与放射式的不同点在于每个中压变电站的一回主干线都和另一中压变电站的一回主干线接通，形成一个两端都有电源、环式设计、开式运行的主干线，任何一端都可以供给全线负荷。主干线上由若干分段点（一般是安装 SF₆、真空、固体产气等各种型式的开关）形成的各个分段中的任何一个分段停电时，都可以不影响其他各分段的供电。因此，配电线路停电检修时，可以分段进行，缩小停电范围，缩短停电时间；中压变电站全停电时，配电线路可以全部改由另一端电源供电，不影响用户用电。这种接线方式配电线路本身的投资并不一定比普通环式更高。但中压变电站的备用容量要适当增加，以负担其他中压变电站的负荷。实际经验证明，不管配电网的接线型式如何，一般情况下，中压变电站主变压器都需要留有 30% 的裕度，而这 30% 容量的裕度对拉手环式接线也已够用。当然，推荐的裕度要更高些，是 40%。

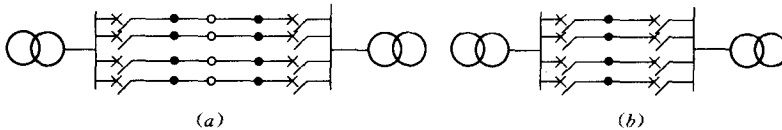


图 1-4 拉手环式供电接线原理图

(a) 中间断开式；(b) 末端断开式

拉手环式接线有两种运行方式：一种是各回主干线都在中间断开，由两端分别供电，如图 1-4 (a) 所示，这样线损较小，配电线路故障停电范围也较小，但在配电网线路开关操作实现远动和自动化前，中压变电站故障或检修时需要留有线路开关的倒闸操作时间；另一种是主干线的断开点设在主干线一端，即由中压变电站线路出口断路器断开，如图 1-4 (b) 所示，这样中压变电站故障或检修时可以迅速转移线路负荷，供电可靠性较高，但线损增加，是很不经济的。在实际应用时，应根据系统的具体情况因地制宜。

4. 双回路放射式

双回路放射式的结构如图 1-5 所示。这种接线虽是一端供电，但每基电杆上都架有两回线路，每个用户都能两路供电，即常说的双“T”接。任何一回线路事故或检修停电时，都可由另一回线路供电。即使两回线路不是来自两个中压变电站，而是来自同一中压变电站 10kV 侧分段母线的不同母线段，也只有在这个中压变电站全停时，用户才会停电。但运行经验说明，同杆架设的两回架空线路和两回电缆线路不同，线路故障时，往往会影响到两回线路同时跳闸；而线路检修时，为了人身安全，又往往要求两回线路同时停电，供电可靠性并不一定比拉手环式高。因此最好两回线路不同杆架设，但路径又会遇到很多困难。这种结构造价较高，只适合于一般城市中的双电源用户。当然，对供电可靠性要求较高的著名旅游区、城市中心区也可采用这种结构，但这些地区一般往往要求采用电缆线路，不用架空线路。

有些地方同杆架设两回架空线路，一回做普通线，一回做专用线，一般用户接在普通

线上，重要用户接在专用线上。这样，由于电源不足限电时，可以只停普通线用户，不停专用线用户；但普通线路的负荷很重，专用线路的负荷很轻，从网的概念看是很不经济的。

5. 双回路拉手环式

双回路拉手环式的结构如图 1-6 所示。双“T”接，这种接线两端有电源，从理论上说，供电可靠性很高，但造价过高，很少采用，这里不做详细介绍。

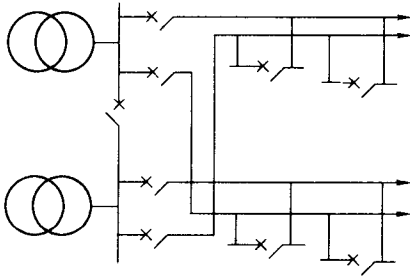


图 1-5 双回路放射式供电接线原理图

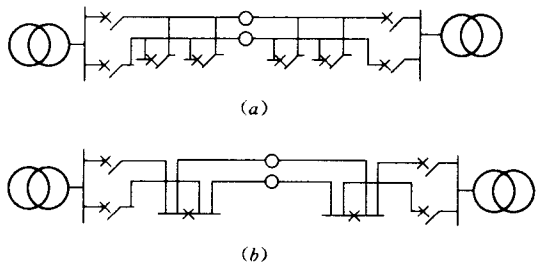


图 1-6 双回路拉手环式接线原理图

二、地下电缆线路

地下电缆线路主要有多回路平行线式、普通环式、拉手环式、双回路放射式、双回路拉手环式等五种。

1. 多回路平行线式

多回路平行线式的结构如图 1-7 所示。这种接线适用于靠近中压变电站的 10kV 大用户末端集中负荷，可以不要备用电缆，提高电缆的利用系数。由于电缆的导线截面一般是按最大发热电流选择的，两回路时，正常每回路可带 50% 的负荷，三回路时 66.6%，四回路时 75%。这些回路一般都分别来自中压变电站 10kV 侧分段母线的不同母线段，只有中压变电站全停时用户才会停电。供电可靠性是较高的，年平均停电小时数可以小于 20h 或更少些。

2. 普通环式

普通环式的结构如图 1-8 所示。单一电源供电，由电缆本身构成环式，以保证某段电缆故障时各个用户的用电。图中每个用户入口都要装设由负荷开关或电缆插头组成的“Π”接口设备。不论是负荷开关还是电缆插头都能保证在某一段电缆故障时，把它的两端断开，其他线路继续供电。由于电缆线路查找和排除故障要比架空线路需要更长的时间，一般总

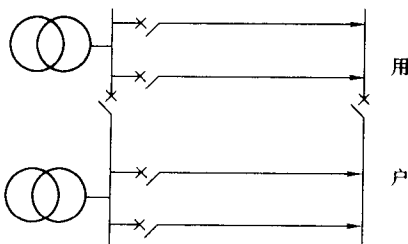


图 1-7 多回路平行线式供电接线原理图

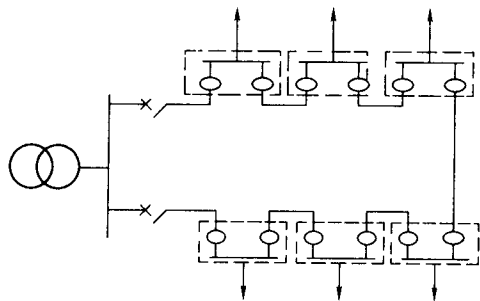


图 1-8 普通环式供电接线原理图

是设计成环式，“II”接，极少采用放射式。普通环式接线不能排除中压变电站停电对用户的影响，用户年平均停电小时数一般不宜低于 20h。

3. 拉手环式

拉手环式的结构如图 1-9 所示。它比上述普通环式多了一侧电源，中压变电站停电时，用户不受影响，每段电缆检修，用户也可不受影响，供电可靠性较高。但故障停电时人工倒闸会影响用户用电。

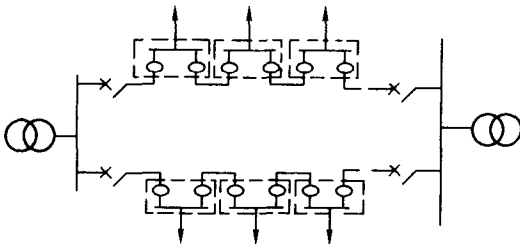


图 1-9 拉手环式电缆供电接线原理图

4. 双回路放射式

双回路放射式的结构如图 1-5 所示，由于电缆线路的特点，这种接线投资不比拉手环式或普通环式高，而供电可靠性却高了许多。

5. 双回路拉手环式

在拉手环式的基础上再增加一回线，形成双回路拉手环式，结构如图 1-6 (b) 所示，双“II”接。这种接线方式对双电源用

户基本上可以做到不停电，目前对某些重要用户已采用这种接线供电。

在一个中压配电网或一个中压变电站 10kV 侧的中压配电网中，并不需要全部采用架空线路或电缆线路，接线也不一定全部采用一种形式。例如城市配电网就可采用拉手环式；城市边缘和乡镇配电网就可采用普通环式和放射式；中压变电站邻近的末端集中负荷就可采用多回路平行线式；供电可靠性要求高的就可采用双回路放射式或双回路拉手环式。总之，一定要结合负荷情况，从实际出发。

另外，上述各种接线方式都避免不了故障时要停电，只是时间长短不一而已。要解决这个问题，单从接线方式着手是不行的，必需发展远动和自动装置，实现配电网的远动化和自动化。

三、低压配电网的常用接线方式

1. 开式低压配电网

由单侧电源采用放射式、干线式或链式供电，它的优点是投资小、接线简单、安装维护方便，但缺点是电能损耗大、电压低、供电可靠性差以及负荷发展较困难。

(1)放射式低压配电网。由变电所低压侧引出多条独立线路供给各个独立的用电设备或集中负荷群的接线方式，称为放射式接线，如图 1-10 所示，它适用于以下用电情况。

- 1) 设备容量不大，并且位于变电所不同方向；
- 2) 负荷配置较稳定；
- 3) 单台设备容量较大；
- 4) 负荷排列不整齐；

(2) 干线式低压配电网：

- 1) 干线式低压配电网，如图 1-11 (a) 所示。这种电网

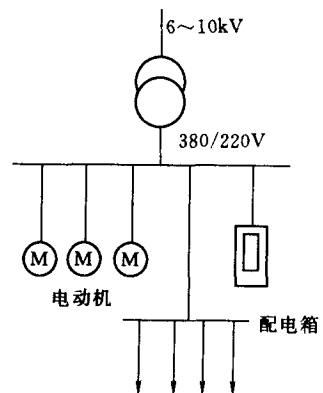


图 1-10 放射式低压配电网

不必在变电所低压侧设置低压配电盘,直接从低压引出线经低压断路器和负荷开关引接,因而减少了电气设备的需要量。这种接线适用于以下用电情况:

- 数量较多,而且排列整齐的用电设备;
- 对供电可靠性要求不高的用电设备,如机械加工、铆焊、铸工和热处理等。

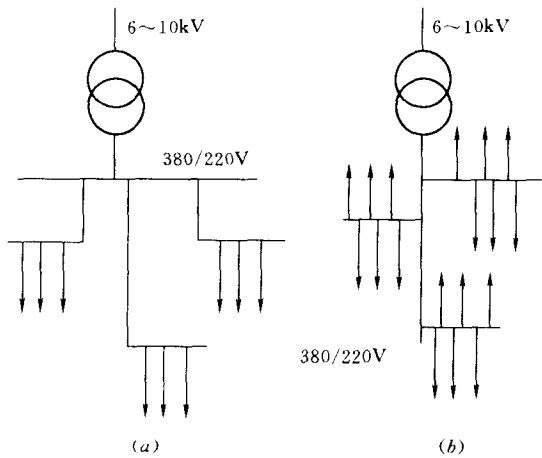


图 1-11 干线式低压配电网络
(a) 一般干线式低压配电网络; (b) 变压器-干线配电系统

2) 变压器-干线配电网,如图 1-11 (b) 所示,主干线由变电所引出,沿线敷设,再由主干线引出干线对用电设备供电。这种网络比一般干线式配电网所需配电设备更少,从而使变电所结构大为简化,投资大为降低。一般在生产厂房宜于采用干线式配电系统,对动力站宜采用放射式配电系统。同时,根据供电系统需要,常将两种形式混合使用。

(3) 链式低压配电网。图 1-12 所示为链式接线。链式接线的特点与干线式基本相同,适用彼此相距很近、容量较小的用电设备,链式相连的设备一般不宜超过 5 台,链式相连的配电箱不宜超过 3 台,且总容量不宜超过 10kW。

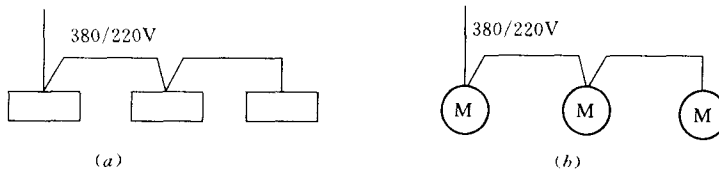


图 1-12 链式低压配电网
(a) 连接配电箱; (b) 连接电动机

2. 闭式低压网络

简单闭式接线网络有三角形、星形、多边形及其他混合形等几种,如图 1-13 所示。简单闭式接线的主要特点是:高压侧由多回路供电,电源可靠性较高;充分利用线路和变压器的容量,不必留出很大备用容量;在联络干线端和干线中部都装有熔断器。

对简单闭式接线的特殊要求是:各对应边的阻抗应尽可能相等,以保证熔断器能选择性地断开;连在一起的变压器容量比,不宜大于 1:2;短路电压比,不宜大于 10%。如从不同的电源引出,还应注意相位和相序关系。

四、选择配网线时应注意的问题

1) 要根据用户供电可靠性的要求,选择接线方法。根据用户供电可靠性的要求,一般将用电负荷分为一、二、三三级:

一级负荷是指中断供电将造成人身伤亡者;中断供电将在政治、经济上造成重大损失和很大影响者,如重大设备损坏、重大产品报废、用重要原料生产的产品大量报废、国民

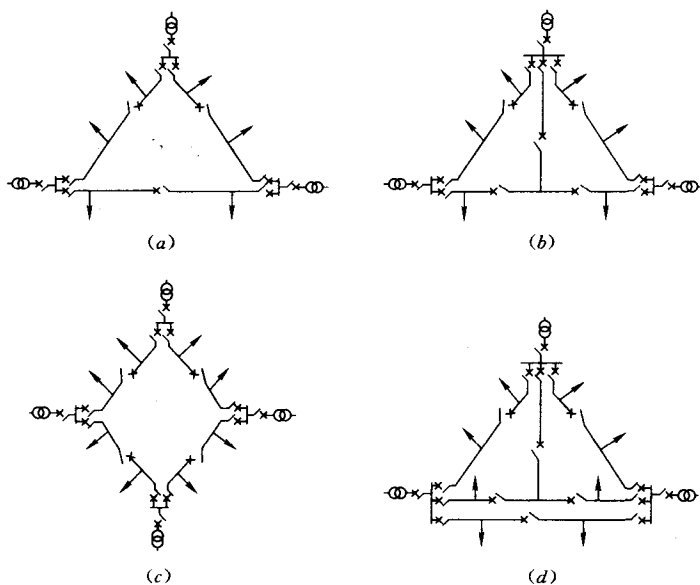


图 1-13 简单闭式接线网络

(a) 三角形；(b) 星形；(c) 多边形；(d) 混合形

经济中重点企业的连续生产过程被打乱，并需长时间才能恢复；重要交通枢纽、重要通信枢纽、重要宾馆、大型体育场、经常用于国际活动的大量人员集中的公共场所等用电单位中的重要电力负荷。在一级负荷中，特别重要的负荷是指中断供电将发生爆炸、火灾或中毒等情况的负荷，如重要的事故照明、通信系统、火灾报警设备、保证安全停产的自动控制装置、执行机构和配套装置等。一级负荷应由两个独立电源供电，当一个电源发生故障时，能自动切换至另一个电源，且不能同时受到损坏，保证不间断向一级负荷中特别重要的负荷供电，除上述两个电源外，还必须增设应急电源。为保证必要时对特别重要负荷的供电，严禁将其他负荷接入应急供电系统。

二级负荷是指中断供电将在政治、经济上造成较大损失者，如主要设备损坏、大量产品报废、连续生产过程被打乱需较长时间才能恢复、重点企业大量减产等；中断供电将影响用电单位的正常工作者，如交通枢纽、通信枢纽等用电单位中的重要电力负荷，以及中断供电将造成大型影剧院、大型商场等大量人员集中的重要的公共场所秩序混乱者。二级负荷对供电电源的要求是应有两个电源供电，应做到当发生电力变压器故障或电力线路发生故障时不致中断供电，或中断后能迅速恢复供电；在负荷较小或供电条件困难时，二级负荷可由一回专用架空线供电。当采用电缆自配电所供电时，必须采用两根电缆，其中每根电缆应能承受 100% 的二级负荷，且互为热备用线路。

三级负荷是指不属于一级负荷和二级负荷的其他供电可靠性要求不高的用电负荷，这类负荷对供电电源无特殊要求。

2) 一般情况下，当负荷围绕电源分布，且为二、三级负荷时，采用放射式线路；

3) 当负荷集中在电源的一侧时分布，且为二、三级负荷时，采用干线式线路或开式环

式线路；

- 4) 考虑高、低压配电网具体接线时，应尽量避免电能的迂回或倒送；
- 5) 220/380V 线路，常采用放射式和干线式相组合的混合式线路。

第三节 配电网中性点接地方式及保护接地方式

电力系统的中性点是指星形连接的变压器或发电机的中性点。这些中性点的运行方式是个复杂的综合性的技术问题，它关系到绝缘水平、接地保护方式、电压等级和系统稳定等很多方面。

目前，我国电力系统常见的中性点的接地方式有三种：中性点不接地系统、中性点经消弧线圈接地系统和中性点直接接地系统。

一、中性点不接地系统

中性点不接地系统的供电可靠性较高。在这种系统中发生单相接地故障时，不构成短路回路，接地相电流不大，不必切除接地相；但这时非接地相的对地电压却升高为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍，因此，对绝缘水平要求高。

(一) 中性点不接地系统的正常工作

图 1-14 (a) 为简化的中性点不接地三相系统正常运行情况的示意图，图中断路器 QF 正常运行时处于合闸状态。正常运行时，三相电源的相电压分别为 U_u 、 U_v 、 U_w ，并且三相对称，中性点的电位 \dot{U}_n 为零。三相导线之间电容较小，忽略不计；各相导线对地之间的分布电容，分别用集中的等效电容 C_u 、 C_v 和 C_w 代替。当三相导线基本平衡时，各相对地电容相等，即 $C_u=C_v=C_w$ ，各相对地电容电流 \dot{I}_{cu} 、 \dot{I}_{cv} 、 \dot{I}_{cw} 大小相等，相位差为 120° ，如图

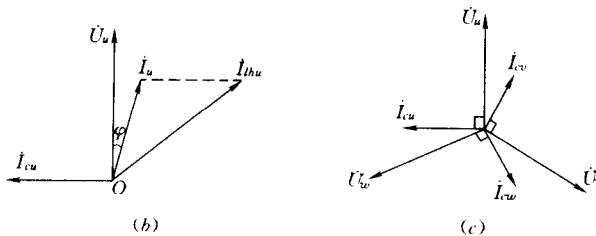
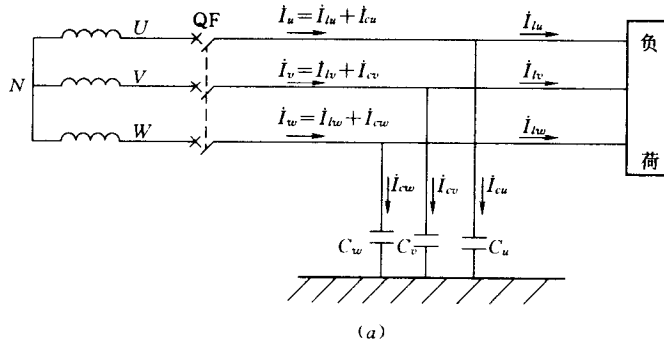


图 1-14 中性点不接地三相系统正常运行情况
(a) 中性点不接地接线图；(b) 电流相量图；(c) 电压相量图

1-14 (c)所示,各相对地电容电流的相量和为零,所以对地电流为零。各相电源电流等于各相负荷电流与对地电容电流的相量和,如图 1-14 (b) 所示,图中仅示出 U 相情况, $\dot{I}_u = \dot{I}_{lc} + \dot{I}_{cu}$ 。

实际上,由于架空线路的导线排列不对称、换位不完全等原因,各相对地电容是不可能完全相等的;此外,负荷也不可能绝对平衡,中性点的电位可能不为零,这样会产生中性点对地电位偏移的现象,但位移电压较小,可以忽略不计。

(二) 中性点不接地系统的单相接地故障

当某一相导线与地之间的绝缘受到破坏,称为单相接地故障,若接地处的电阻近似于零,称为完全接地或金属性接地,否则称为不完全接地。图 1-15 所示为 W 相 d 点发生完全接地的情况。这时故障相对地电压 \dot{U}_w 变为零;而中性点对地电位 \dot{U}_n 不再为零,而为 $-\dot{U}_w$,数值上变为相电压;未接地的 U 相对地电压 $\dot{U}'_u = \dot{U}_u + \dot{U}_n = \dot{U}_u - \dot{U}_w = \dot{U}_{uw}$;未接地的 V 相对地电压 $\dot{U}'_v = \dot{U}_v + \dot{U}_n = \dot{U}_v - \dot{U}_w = \dot{U}_{vw}$ 。

图 1-15 (b) 为 W 相发生完全接地时的相量图。由图可见 \dot{U}_u 和 \dot{U}'_u 之间的夹角为 60° ,非故障两相的对地电压数值升高 $\sqrt{3}$ 倍,即变为线电压;三相系统的线电压大小不变,相位差仍和正常运行时一样,不影响线电压电力用户的工作。

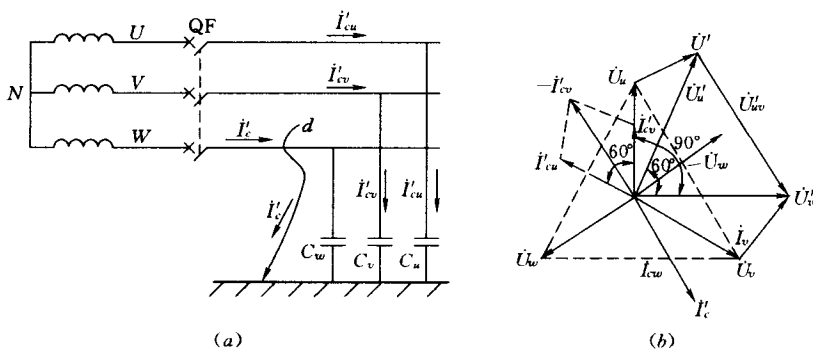


图 1-15 中性点不接地系统的单相接地
(a) 电路图; (b) 相量图

由于 U 、 V 两相对地电压较接地前升高 $\sqrt{3}$ 倍,则相对地的电容电流也相应增大 $\sqrt{3}$ 倍;而 W 相已接地,该相对地电容电流为零,这时三相对地电容电流之和不再为零,大地中有电流流过,并通过接地点成为回路,如图 1-15 (a) 所示,则 W 相接地处的电容电流(即接地电流)为 $\dot{I}_c = -(\dot{I}_{cu} + \dot{I}_{cv})$,电流为容性电流,其有效值为

$$I_c = 3\omega CU$$

式中 U ——电源的相电压, V ;
 ω ——角频率, rad/s ;
 C ——相对地电容, F 。

上式表明,在中性点不接地系统中,单相接地电流等于正常运行时相对地电容电流的