

PEIDIANWANG KUIXIAN GUZHANG BIANSHI
DE ZUIYOUHUA JISHU

配电网馈线故障辨识 的最优化技术

郭壮志 著



黄河水利出版社

配电网馈线故障辨识的 最优化技术

郭壮志 著

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书紧密围绕配电网自动化背景下馈线故障辨识的最优化技术开展研究,主要内容
由配电网自动化基础、约束最优化理论、配电网故障辨识的最优化技术三部分组成,其中
配电网故障辨识的最优化技术是本书的技术核心,涉及配电网故障定位的矩阵辨识技术、
群体优化技术、线性整数规划技术、互补优化技术和辅助因子技术。

本书可作为从事配电网自动化领域工作的科研人员、工程技术人员和技术管理人员
的参考书,也可作为普通高等院校电力系统及其自动化专业研究生的辅导教材。

图书在版编目(CIP)数据

配电网馈线故障辨识的最优化技术/郭壮志著. —
郑州:黄河水利出版社,2017. 6

ISBN 978 - 7 - 5509 - 1755 - 2

I. ①配… II. ①郭… III. ①配电系统 - 馈电设
备 - 故障诊断 - 最佳化 IV. ①TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 109955 号

组稿编辑:陶金志 电话:0371 - 66025273 E-mail:838739632@qq.com

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:河南承创印务有限公司

开本:787 mm × 1092 mm 1/16

印张:11

字数:190 千字

印数:1—1 000

版次:2017 年 6 月第 1 版

印次:2017 年 6 月第 1 次印刷

定价:38.00 元

前 言

配电网故障区段定位对于提高配电网自愈性和运行可靠性具有重要作用。随着配电网自动化终端设备的广泛应用,基于设备过电流信息的故障区段间接定位方法因原理简单、实现便捷且具有较高容错性能而成为该领域研究的热点,其中基于群体智能优化算法的配电网故障区段定位方法近几年被大量研究,取得了丰硕的成果,众多新型的群体智能算法被应用于该领域。

基于群体智能算法的配电网故障区段定位的基本思想是基于逼近理论和最小故障诊断集概念,构建故障定位离散优化数学模型,利用群体智能算法找出最能解释所有自动化设备上传的故障电流报警信息的馈线短路故障区段。大量的理论研究表明:该类故障定位方法只需要对设备进行 0-1 编码,利用优化目标来描述故障设备的过流信息逼近关系,具有建模原理清晰简单、程序实现容易的优点,采用逼近思想构建的故障定位模型不仅具有较强的通用性,而且在进行故障区段辨识时具有较高的容错性能,并可直接采用新型高效的群体智能算法进行优化决策。但目前上述方法的固有缺陷在于:①0-1 离散故障定位模型是基于逻辑值关系描述进行构建的,不能够采用高效的梯度算法或松弛方法进行决策求解;②采用群体智能算法进行优化时理论上具有全局收敛性,但在实际决策时因优化搜索存在随机性,将会因算法早熟而产生数值稳定性问题,从而造成故障定位结果具有一定的不确定性;③因只能采用群体智能优化算法进行求解,在应用于大规模配电网故障定位时将存在决策效率低的缺点。对基于群体智能算法的间接故障定位方法进行综合分析易于得出,基于逻辑关系描述进行故障定位模型构建是导致配电网区段间接定位模型上述缺陷的根本原因。因此,建立以非逻辑关系描述为基础的故障区段辨识模型成为有效克服当前间接故障定位模型和算法不足之处关键。

本书是在河南省科技发展计划项目——面向智能配网的高容错性在线故障定位方法研究(172102210104)的资助下完成的。本书主要围绕配电网自动化背景下最优化技术在配电网故障定位中的应用问题开展研究,其主要内容包括以下 9 章:

第 1 章绪论。阐述了配电网故障定位技术的研究背景;简要介绍了配电网的概念及分类;简要分析中压配电网的典型接线模式、优缺点与选择方法;

简要介绍了配电网中性点接地方式的概念与分类,分析了中性点接地方式对电压、故障电流、通信可靠性等的影响,简要分析了中性点接地方式对配电网供电可靠性的影响;分析了配电网中性点接地方式选择的方法;阐述了配电网自动化背景下的馈线故障区段辨识最优化技术的发展。

第2章配电网远方控制馈线自动化。简要介绍了配电网馈线自动化的发展;介绍了重合器、断路器、分段器三种馈线自动化开关设备的结构特点与功能,概括了其配置方法与原则;简要介绍了智能化终端设备 FTU 的概念、组成和功能及配置方法;概括总结、简要分析和比较两种远方控制馈线自动化模式的结构、故障定位过程、优缺点等;简要介绍了配电网 SCADA 的功能特点、系统组成及其与配电网集中智能型馈线自动化间的关系等内容;简要介绍了配电网 GIS 的功能特点、监控对象与任务、系统配置及与配电网集中智能型馈线自动化间的关系等内容。

第3章配电网故障辨识最优化基础理论。简要阐述了约束优化问题数学模型、决策解概念及最优化问题建模分析步骤;阐述了配电网故障辨识最优化问题,并分析其故障辨识优化模型的通用表达形式;简要介绍了配电网馈线故障辨识的逻辑优化建模和代数建模方案,并针对其群体智能和内点法两类决策方法进行概括总结,分析两类建模方案及决策方法的特点。

第4章配电网馈线故障的矩阵辨识技术。围绕配电网馈线故障的矩阵辨识技术的主题,针对基于规格化处理的馈线故障统一矩阵算法和含附加状态信息的配电网馈线故障统一矩阵算法两类算法进行详细分析与介绍;详细阐述了基于规格化处理的馈线故障统一矩阵算法的基本原理、工程适应性和在末端馈线故障和馈线多重故障区段辨识时的局限性,提出了改进的统一矩阵算法——含附加状态信息的配电网馈线故障统一矩阵算法,并对其建模思路、故障定位算法原理、故障判定原理进行详细阐述。

第5章配电网馈线故障辨识的群体优化技术。围绕着基于群体优化的配电网馈线故障辨识技术,详细阐述了基于遗传算法配电网馈线故障定位的基本原理;以仿电磁学算法的物理学依据为基础,详细论述了算法的理论框架、实现步骤及核心策略的实现方法,并将其应用到配电网故障定位中;详细阐述了环网开环运行配电网故障定位统一数学模型的构建原理及基于仿电磁学算法的实现方法。

第6章配电网馈线故障辨识的线性整数规划技术。围绕着配电网馈线故障辨识的线性整数规划技术,详细阐述了故障定位数学模型建模基本思想、模型参数确定和编码、基于代数关系描述的开关函数模型的构建方法;详细论述

了基于代数关系描述的配电网故障定位绝对值数学模型的构建方法,并基于等价转换思想提出配电网故障定位的线性整数规划模型;从理论上分析了配电网故障定位线性整数规划模型的容错性和有效性;详细阐述了基于整数规划的配电网故障定位数学模型工程技术方案和具体实施方式。

第7章配电网馈线故障辨识的互补优化技术。围绕着配电网馈线故障辨识的互补优化技术,针对基于互补优化的配电网故障定位数学模型,详细阐述了建模基本思想、模型参数确定和编码、基于代数关系描述的开关函数模型的构建方法;详细论述了基于代数关系描述的配电网故障定位非线性整数规划数学模型的构建方法,并基于互补约束等价转换思想提出配电网故障定位的互补优化模型;从理论上分析了配电网故障定位互补优化模型的容错性和有效性;详细阐述了基于互补优化的配电网故障定位数学模型工程技术方案和具体实施方式。

第8章配电网馈线故障辨识的辅助因子技术。围绕着配电网馈线故障辨识的辅助因子技术,针对基于辅助因子的配电网故障定位数学模型,详细阐述了建模基本思想、模型参数确定和编码、基于代数关系描述的开关函数模型构建方法;详细论述了配电网故障定位线性方程组数学模型的构建方法,并基于互补约束等价转换思想提出配电网故障辨识的辅助因子技术;阐述了模型决策求解的牛顿-拉夫逊法;从理论上分析了配电网故障定位线性方程组模型的容错性和有效性;详细阐述了基于辅助因子的配电网故障定位数学模型工程技术方案,并进一步论述了配电网故障定位装置的具体实施方式。

第9章总结与展望。对当前已有的配电网故障辨识最优化技术的主要工作和取得的成果进行概括和总结,提出需待进一步研究的内容。

由于编者水平和能力有限,书中内容难免有疏漏之处,敬请广大读者批评指正,以便后续改正。

作者
2017年3月

目 录

前 言

第1章 绪 论	(1)
1.1 配电网故障定位技术背景	(1)
1.2 配电网的概念及分类	(3)
1.3 配电网接线方式	(4)
1.4 配电网中性点接地方式	(13)
1.5 配电网自动化系统	(18)
1.6 配电网自动化背景下的馈线故障区段辨识最优化技术	(26)
1.7 本书主要内容	(29)
参考文献	(30)
第2章 配电网远方控制馈线自动化	(32)
2.1 引 言	(32)
2.2 配电网馈线自动化设备与配置	(33)
2.3 配电网远方控制馈线自动化模式	(39)
2.4 配电网数据采集与监视控制系统(SCADA)	(43)
2.5 配电网地理信息系统(GIS)	(47)
2.6 本章小结	(49)
参考文献	(49)
第3章 配电网故障辨识最优化基础理论	(51)
3.1 引 言	(51)
3.2 约束最优化问题的一般描述	(52)
3.3 配电网馈线故障辨识的最优化问题	(53)
3.4 配电网馈线故障辨识的逻辑优化理论	(54)
3.5 配电网馈线故障辨识的代数优化理论	(59)
3.6 本章小结	(63)
参考文献	(64)
第4章 配电网馈线故障的矩阵辨识技术	(66)
4.1 引 言	(66)

4.2	配电网拓扑描述	(66)
4.3	基于规格化处理的馈线故障统一矩阵算法	(68)
4.4	含附加状态信息的配电网馈线故障统一矩阵算法	(75)
4.5	本章小结	(81)
	参考文献	(82)
第5章	配电网馈线故障辨识的群体优化技术	(83)
5.1	引言	(83)
5.2	基于遗传算法的配电网馈线故障辨识原理	(84)
5.3	仿电磁学算法的基本原理	(90)
5.4	基于仿电磁学算法的配电网故障区段定位基本原理	(105)
5.5	配电网故障定位模型的仿电磁学算法实现	(109)
5.6	基于仿电磁学算法的配电网故障区段定位方法有效性分析	(111)
5.7	本章小结	(113)
	参考文献	(114)
第6章	配电网馈线故障辨识的线性整数规划技术	(116)
6.1	引言	(116)
6.2	基于整数规划的配电网故障定位数学模型	(116)
6.3	配电网故障定位整数规划模型求解	(122)
6.4	配电网故障定位整数规划数学模型有效性分析	(122)
6.5	配电网馈线故障辨识的线性整数规划技术方案	(127)
6.6	本章小结	(130)
	参考文献	(131)
第7章	配电网馈线故障辨识的互补优化技术	(132)
7.1	引言	(132)
7.2	配电网故障区段定位的互补约束模型	(132)
7.3	互补约束故障定位模型的光滑优化算法	(136)
7.4	配电网故障定位互补优化数学模型有效性分析	(138)
7.5	配电网馈线故障辨识的互补优化技术方案	(143)
7.6	本章小结	(146)
	参考文献	(146)
第8章	配电网馈线故障辨识的辅助因子技术	(148)
8.1	引言	(148)

8.2	无信息畸变时的故障定位线性方程组模型	(148)
8.3	基于辅助因子的故障定位容错性方程组模型	(151)
8.4	配电网故障定位非线性方程组的求解	(153)
8.5	配电网故障定位辅助因子模型有效性分析	(154)
8.6	配电网馈线故障辨识的辅助因子工程技术方案	(158)
8.7	本章小结	(161)
	参考文献	(162)
第9章	总结与展望	(163)
9.1	结论与创新点	(163)
9.2	有待进一步研究的内容	(164)

第 1 章 绪 论

1.1 配电网故障定位技术背景

1.1.1 配电网故障定位的背景与意义

电力系统是由发电、变电、输电、配电和用电等环节组成的电能生产与消费一体化系统。在现代化的电力系统中,大型发电厂通常远离负荷中心,其产生的电能需通过高压或超高压输电网送至负荷中心,然后经配电环节中配电网将电能分配给不同电压等级的用户,实现电能的终端消费。可见,配电网处于电力网络的最末端,直接与用户相连接,承担着将高压电源变为农业生产、城市居民及商业用电的任务,配电网若发生故障将直接影响到供电安全性、可靠性、经济性和供电质量等,严重时将造成巨大的经济损失。长期以来,因“重发、轻供、不管用”的管理运行模式,我国的配电网建设落后、自动化水平低、故障频繁,严重影响了人民生活和经济建设的发展。随着配电网规模日趋增加、配电网结构日趋复杂、电力的市场化改革等,配电网的薄弱环节更加突出,配电网供电的安全性和可靠性面临着更加严峻的挑战。

国外的实践经验表明,优化配电网结构、提高配电网管理自动化和智能化水平是提升配电网运行安全性和可靠性的有效技术手段。1990 年在全国城网工作会议上,开始突出强调城市配电网在电力系统中的重要作用,明确要求采取性能优良的电力装备,以提高供电能力、保证供电质量,同时电网公司提出了供电可靠性指标达到 99.6% 的目标。为达成预期目标,我国开始了配电网改造与配电网自动化建设,经过 20 多年的建设与发展,配电网网架结构得到全面优化,供电能力得到显著改善,新型的配电设备(真空开关设备、六氟化硫型开关设备、调度自动化设备等)、自动化和智能化的电力设备终端、远程监控设备(FTU、RTU、TTU)、通信系统等在配电网广泛应用,使我国配电网的自动化水平得到显著提升,配电网改造及自动化建设对提高我国配电网的供电能力、安全性和可靠性起到了至关重要的作用。

尽管我国配电网网架结构和自动化程度已获得大幅度优化,但因配电网

覆盖面广、接线方式复杂、运行环境复杂多变等因素的影响,配电网发生故障很难避免且故障概率高^[1],相关统计表明超过85%的故障停电是由于配电网故障造成的^[2],大量的事故是由变电站以外的配电线路的意外情况引起的,特别是配电变压器数量多,引发的事故率高,约占配电网事故的90%。因此,提高配电网的供电安全性和可靠性的关键是在线路上解决如何让事故不影响保护开关工作状况的问题。目前对配电网自动化主要以调度为基础,强调对站内设备进行遥调、遥信、遥测等操作,对如何找到线路故障或排除线路故障区域,恢复正常线路的供电,仍然没有切实可行的办法,线路运行人员识别故障线路的工作量并没有得到显著降低,易于造成停电时间长且容易扩大事故范围。

1.1.2 配电网故障区段辨识最优化技术研究的意义

基于配电网故障定位技术研究的必要性的相关描述和分析,要通过配电网自动化技术提升配电网供电的安全性和可靠性,除在调度自动化方面开展相关的工作外,必须加强基于自动化技术的配电线路故障准确快速的辨识方法,基于配电网自动化技术的馈线故障区段定位与隔离方法已成为配电网自动化的重要研究内容。准确快速地辨识出馈线发生故障区段并进行隔离,不仅有利于提高配电网运行的安全性,而且对于提高故障辨识效率、缩短故障范围、提升供电可靠性等方面都有重要作用。

因此,基于配电网自动化技术的配电网故障定位方法已经成为电力领域的研究热点,围绕着配电网单相接地故障和相间短路故障开展了相关研究,提出了多种类型的故障辨识方法。针对单相接地故障主要采用激励信号法,根据所采用信号的不同大致可分为利用外加信号的方法和利用故障信号的方法两类^[3-6],在单相接地故障辨识中发挥了重要作用,但该类方法的通用性差,故障辨识的准确性与系统的运行方式有一定关系。

随着自动化开关在配电网中的大量应用,基于自动化开关相互配合的配电网馈线故障区段辨识方法因无须进行专门的通信网络建设,只需要依据自动化开关间的相互配合即可实现故障区段的在线辨识和故障处理,具有实现便捷、经济的特点,与人工巡线相比极大地提高了故障线路的辨识效率^[7-9]。但是该类方法面临着动作参数间时间整定配合难题,若整定不合理将会导致故障范围进一步扩大,存在为辨识出故障而需要进行多次自动化开关开闭合的问题,增加了故障定位时间,对系统冲击次数多,不利于电网的运行安全。此外,当配电网运行方式改变时,需要对相关参数进行重新整定,对于网架过

于复杂的配电网缺乏强适应性。随着配电网通信技术的完善,基于自动化开关、智能监控终端和集中处理系统的集中智能配电网故障定位技术成为国内的研究热点,该方法又称为统一矩阵方法,在国内首次由刘健提出^[10],其利用远程监控获取的故障电流报警信息,建立配电网故障辨识矩阵,并通过规格化处理实现对配电网故障的辨识。该方法因其具有实现便捷、判定过程无须进行反复的自动化开关开闭合、建设成本低等优点,成为国内学者研究的热点,围绕着多重故障、末端故障、容错性故障定位等开展研究^[11,12],并已经在工程中获得应用,进一步提高了配电网故障定位的准确性和效率。但是该类算法对于多重故障的处理方法缺乏统一建模依据,且处理多重故障能力有限,对于报警信息畸变情况下的故障容错性不强,且缺乏应用的普适性,应用于大规模复杂配电网时受矩阵规格化运算的影响,故障定位效率低。因此,研究具有报警信息畸变强适应性的高容错性配电网故障定位方法成为配电网故障诊断的重要方向。

在国内,孙雅明、卫志农等最早将基于最优化技术的配电网故障定位方法应用于馈线区段辨识^[13,14]。理论研究和工程实践表明,基于遗传算法优化技术的配电网故障辨识方法不仅具有建模原理简单、实现便捷的优点,而且具有高容错性和复杂多重故障定位的能力,并具有强的通用性。但是该类方法还存在不完备性,主要体现在:①受限于逻辑建模,必须采用群体智能算法决策求解,因遗传算法等算法自身的随机性,故障定位结果存在一定的不确定性,将会因算法的不确定性导致故障位置的错误辨识;②因采用具有随机试探搜索特征的群体智能算法,应用于大规模配电网的故障定位问题时将存在故障辨识时间长的显著不足。因此,进一步研究具有大规模配电网强适应性和强数值稳定性的基于优化技术的配电网馈线故障辨识方法,对于进一步提升配电网运行的安全可靠具有重要意义。

1.2 配电网的概念及分类

1.2.1 配电网的概念

电力系统由发电、变电、送电、配电等环节组成,配电网属于配电环节,其从输电网或地区发电厂接受电能并通过配电设施就地分配或按电压逐级分配给各类用户,在结构上其由架空线路、电缆、杆塔、配电变压器、隔离开关、无功补偿电容以及一些附属设施等组成。因此,通常将电力网中主要起分配电能

作用的网络称为配电网。

1.2.2 配电网的分类

配电网通常按照电压等级、供电区域、线路的类型等进行分类。

配电网依据电压等级可分为高压配电网(35 ~ 110 kV)、中压配电网(6 ~ 10 kV)、低压配电网(220/380 V)。在负载率较大的特大型城市中,220 kV 电网也有配电功能。

我国中压配电网以 10 kV 电压等级为主。但随着近年来经济的迅猛发展,用电需求急剧攀升,10 kV 配电系统呈现出容量小、损耗大、供电半径短、占用通道多等劣势,配电网建设与土地资源利用的矛盾日益显现,出现了 20 kV 电压等级配电网供电新模式。与 35 kV 电压等级配电网相比,20 kV 电压等级配电网可降低造价、节约土地、减少电压转换环节、集约利用廊道资源。与 10 kV 电压等级配电网相比,20 kV 电压等级配电网供电半径增加 60%,供电范围扩大 1.5 倍,供电能力提高 1 倍,输送损耗降低 75%,通道宽度基本相当,在输送功率相同时可减少变电站和线路布点。

依据供电区的功能可分为城市配电网、农村配电网和工厂配电网等。

依据配电线路的类型分为架空配电网、电缆配电网和架空电缆混合配电网等。

1.3 配电网接线方式

中压配电网是高、低压配电网承上启下的环节。10 kV 配电网作为城市中压电网中的主要部分,其地位十分重要,20 kV 配电网逐渐成为负荷密度较大城市的中压配电网供电新模式。本节主要介绍 10 kV、20 kV 配电网的接线方式。

1.3.1 中压配电网 10 kV 接线模式

10 kV 中压配电网由高压变电所的 10 kV 配电装置、开关所、配电所和架空线路或电缆线路等部分组成,其功能是将电力安全、可靠、经济、合理地分配到用户^[15]。一般城市的网络由架空线和电缆线混合组成。

1.3.1.1 架空线接线模式

中压架空接线建设方便,投资少,主要应用于经济发展水平一般、负荷密度比较低的城区以及城郊。10 kV 中压配电网架空线典型的接线模式可分为

放射式接线、树干式接线、“手拉手”环式接线、三回馈线环式接线、三分段三联络环式接线等^[16,17]。

1. 放射式接线

图 1-1 所示为单电源放射式接线,其一般应用于城市非重要负荷或者刚开始建设的经济开发区。单电源放射式接线模式的优点在于简单经济,配电线路和高压开关柜数量少、投资小,新增负荷也比较方便,线路可以满足负荷运行,但其存在故障影响范围较大、供电可靠性较差等明显缺陷。

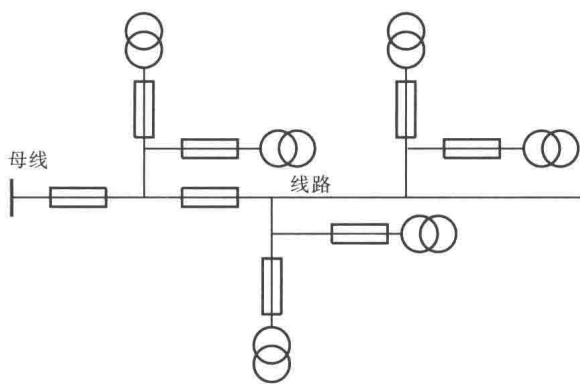


图 1-1 单电源放射式接线

2. 树干式接线

图 1-2 所示为单电源树干式接线,其一般从总降压变电所引出干线,负荷直接从总干线接出的分支线得到供电。单电源树干式接线的优点是总的引出线少、线路架设简单,但缺点在于可靠性差,一旦主干线出现故障,干线上的负荷全部要停电。该类接线方式一般用于三级负荷供电。

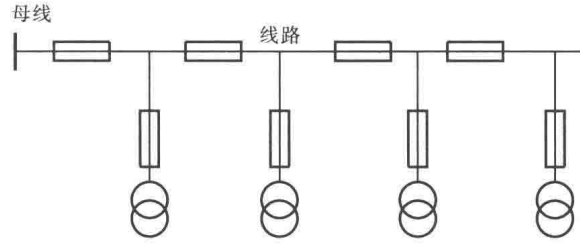


图 1-2 单电源树干式接线

3. “手拉手”环式接线

图 1-3 所示为“手拉手”环式接线,又称为不同母线(变电站)出线的环式接线,在两回线路的末端设置一联络开关,每回线路的负载率为 50%。“手拉手”环式接线适用于负荷密度较大且供电可靠性要求高的城区供电。该模式

的最大优点是可靠性比单电源放射式接线模式大大提高,接线清晰,运行比较灵活。线路故障或者电源故障时,在线路负荷允许的情况下,通过倒闸操作可以使非故障段恢复供电。但由于考虑了线路的备用容量,线路投资将比单电源放射式接线有所增加。

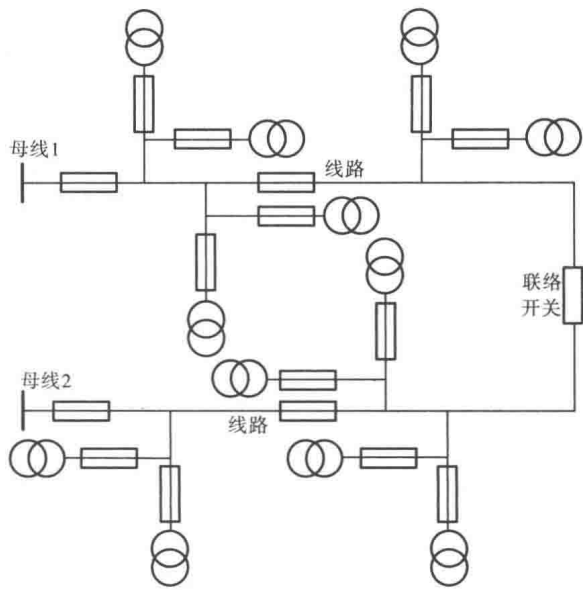


图 1-3 “手拉手”环式接线

4. 三回馈线环式接线

图 1-4 所示为三回馈线环式接线,即通过三回线路的末端设置联络开关,构成环式接线,即不同母线的三回馈线的环式接线,其相应线路负载率仍为 50%,可靠性略有提高,同样因考虑了线路的备用容量,线路投资将比单电源放射式接线有所增加。

5. 三分段三联络环式接线

图 1-5 所示为三分段三联络环式接线,通过在主干线上加装分段开关,把每条线路分成 3 段,且每一段都有联络线与其他线路相连。当任一段出现故障时,均不影响其他段线路正常供电,这样使每条线路的故障范围缩小,提高了供电可靠性。其一般应用于负荷发展比较饱和的区域,可靠性最高。联络线的应用提高了架空线的利用率,但同时相应提高了线路建设投资。

1.3.1.2 电缆接线模式

中压配电网电缆典型的接线模式主要有单电源辐射型接线、双电源双辐射型接线、单环网接线、双电源出线连接开闭站接线、双环网接线、备用接线

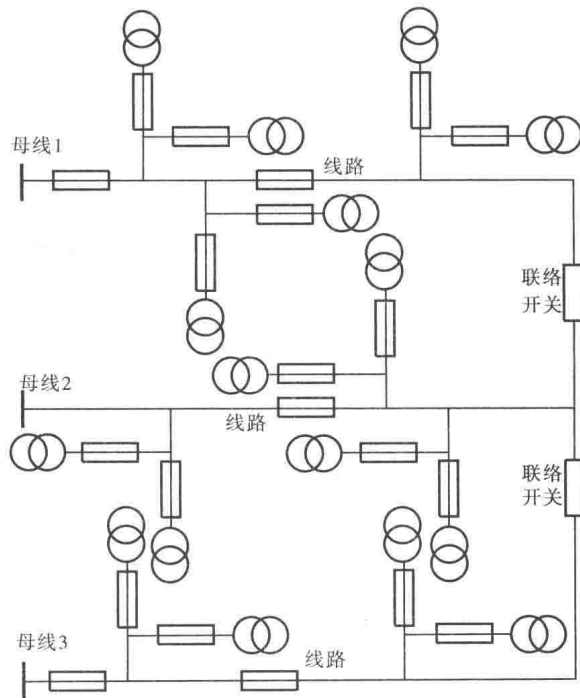


图 1-4 三回馈线环式接线

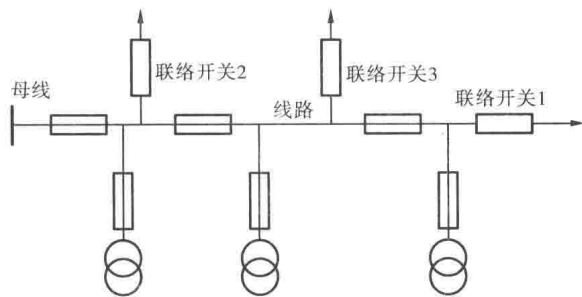


图 1-5 三分段三联络环式接线

等^[16,17]。

1. 单电源辐射型接线

图 1-6 为电缆的单电源辐射型接线。与架空线的单电源辐射型接线一样,电缆的单电源辐射型接线比较经济,配电线路较短,投资小,连接新负荷比较方便,但因电缆故障多为永久性故障,故障影响时间较长,其可靠性较差。

2. 双电源双辐射型接线

图 1-7 所示为双电源双辐射型接线。该模式中两回线路可互为备用且从

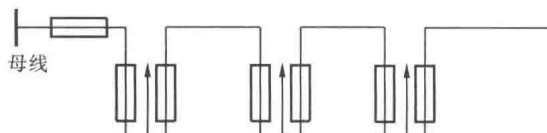


图 1-6 单电源辐射型接线

两个方向得到电源,满足从上一级 10 kV 线路到客户侧 10 kV 配电变压器的整个网络的 N-1 要求,供电可靠性高,但正常运行时线路负载率仅为 50%。此外,该模式双电源一般来自于一座变电站的不同母线,所以如果变电站全停,负荷将难以转到其他变电站上。

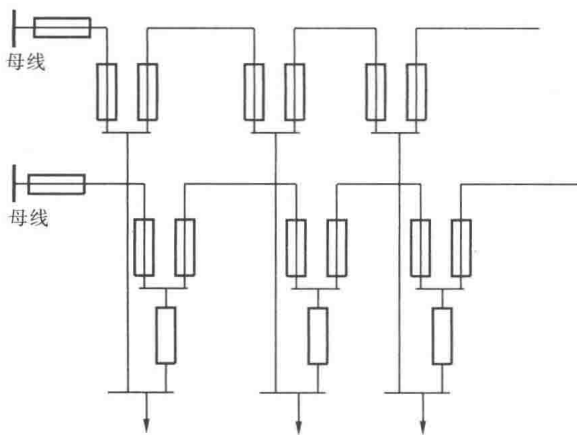


图 1-7 双电源双辐射型接线

3. 单环网接线

图 1-8 所示为单环网接线。与架空线的环式接线模式一样,在电缆供电区域,随着负荷增多,单电源辐射状电缆线路增加,可将两回电缆线路末端接入环网柜,实现“手拉手”单环网接线,其供电可靠性可得到显著提高。该模式结构简单,操作及维护清晰容易,实现配电自动化难度小,可靠性高,但是电缆利用率仅 50%,资源浪费较大,运行方式不太灵活。

4. 双电源出线连接开闭站接线

图 1-9 所示为双电源出线连接开闭站接线。该接线模式开闭站两回进线互为备用,开闭站出线可根据用户的实际要求选择是否采用双电源供电,其优点是可靠性相对较高,可节约输电走廊,主要应用于负荷中心距电源较远,或出线较多、线路走廊困难的情况。实际建设时,常和上述的双电源双辐射型接线同时应用在一个供电区域,相互补充,满足实际供电需求。