

配电网运行与检修

马文营 编著



图书编目 (CIP) 数据

配电网运行与检修 / 马文营编著. — 成都: 四川科学技术出版社, 2017.7

ISBN 978-7-5364-8744-4

I. ①配… II. ①马… III. ①配电系统—电力系统运行②配电系统—维修 IV. ① TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 173028 号

配电网运行与检修

PEIDIANWANG YUNXING YU JIANXIU

编 著 马文营

出 品 人 钱丹凝

策 划 人 王长江

责任编辑 徐登峰 李 珉

封面设计 苏 涛

出版发行 四川科学技术出版社

成都市槐树街2号 邮政编码 610031

官方微博: <http://e.weibo.com/sckjcbbs>

官方微信公众号: sckjcbbs

成品尺寸 165mm × 235mm

印 张 13.75 字数 210 千

印 刷 北京凯达印务有限公司

版 次 2017 年 9 月第 1 版

印 次 2017 年 9 月第 1 次印刷

定 价 42.00 元

ISBN 978-7-5364-8744-4

邮购: 四川省成都市槐树街2号 邮政编码 610031

电话: 028-87734035 电子信箱: SCKJCBS@163.COM

■版权所有 翻印必究■

前 言

配电网作为最基础的电力设施，与广大电力用户直接相连，是电能传输链的重要环节，其基础结构及设备设施运行管理状况直接影响到供电可靠性和电能质量。配电网的建设和运行涉及规划设计、设备选用、建设改造、施工验收、运行维护等多个管理环节，其中施工验收、运行维护环节对于配电网的安全可靠运行，具有至关重要的作用。

我国配电网自动化的发展是电力市场发展和经济建设的必然结果。随着电力的发展和电力市场的建立，配电网的薄弱环节越来越突出，形成电力需求与电网设施不协调的局面。

随着市场观念的转变和电力发展的需求，配电网综合自动化已经成为供电企业十分紧迫的任务。我国政府部门在 20 世纪 80 年代就意识到城市配电网的潜在风险，竭力呼吁致力于城市配电网的改造，并组织全国性的大会对配电网改造提出了具体实施计划。1990 年 5 月我国召开了全国城网工作会议，指出了城市配电网在电力系统中的重要位置，要求采取性能优良的电力设备以提高供电能力、保证供电质量。

配电网综合实施改造是实现配电系统自动化的前提，没有合理的电网结构和优良的设备是不可能实现配电系统自动化的。由于早期的配电网已经基本形成，所以只能在原有配电网的基础上进行改造，难度大。要力争达到自动化的目的，就要做好统筹规划，从设备上符合现代城市的发展要求。因此，城市配电网电力设备的基本要求是技术先进、运行安全可靠、操作维护简单、经济合理、节约能源以及符合环境保护要求。

配电自动化系统由于采用了自动化设备，当配电网发生故障或异常运行

时,能快速隔离故障区域,并及时恢复非故障区域用户的供电,缩短对用户的停电时间,减少停电面积。这有利于提高设备的故障判断和自动隔离故障能力,恢复非故障线路的供电条件;有利于提高配电网设备的自身可靠性运行能力,大大地减轻运行人员的劳动强度和维护费用;由于实现了配电系统自动化,可以合理控制用电负荷,从而提高设备的利用率;采用自动抄表计费,可以保证抄表计费的及时和准确,提高企业的经济效益和工作效率,并可为用户提供自动化的用电信息服务。

本书以配电网运行检修技术为主题,对配电网的基本构成运行、结构形式、设备元件、技术装备等进行阐述,针对配电网当前运行、检修等过程中的技术、管理方面的薄弱环节,结合智能电网发展建设,提出配网安全防护技术及检修方案。

由于我国地域环境差异较大,部分章节和内容未必适于各地电力安全生产管理要求,希望读者在学习和实践中对本书部分内容予以合理改进和完善,编者愿与学者共同探讨。限于编者水平和经验,错误和不足在所难免,欢迎广大读者谅解和批评指正!

编 者

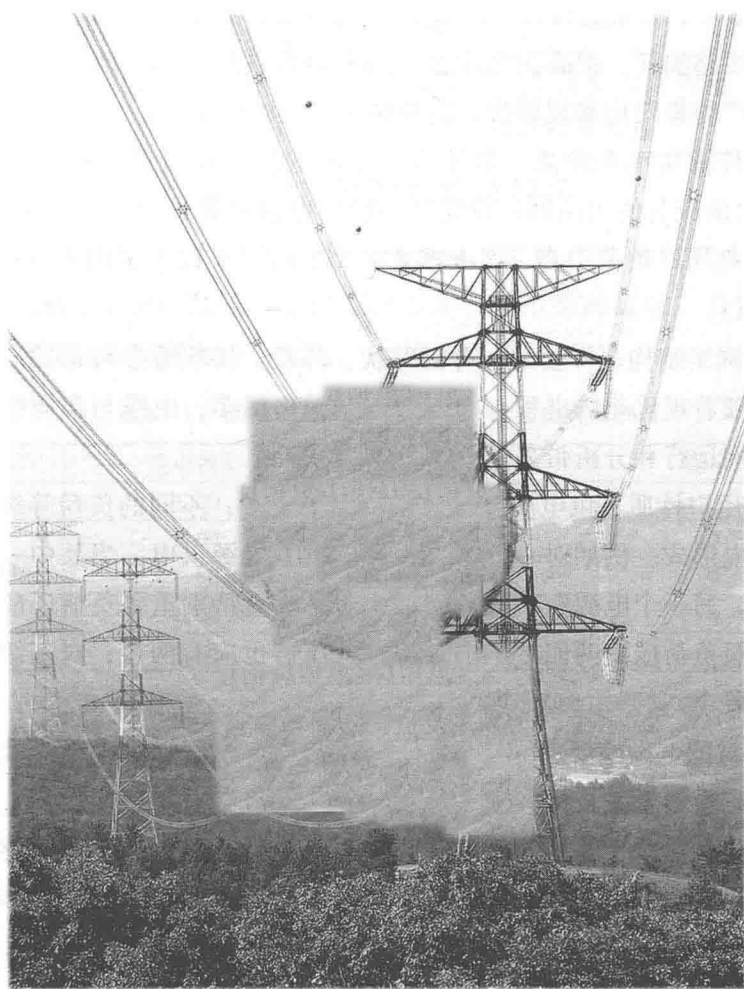
2017 年 6 月

目 录

第一章 配电网建设与安全运行环境	1
第一节 我国配电网的特点和历史建设情况	2
第二节 智能电网形势下的配电网建设	4
第三节 有源配电网	6
第四节 配电网的中性点运行方式	10
第五节 配电网设备的作用和功能	12
第六节 配电网安全运行环境简析	23
第二章 智能配电网与通信	27
第一节 配电自动化的发展趋势	28
第二节 配电自动化	28
第三节 智能配电网	32
第四节 配电通信网及其安全防护	37
第三章 配电网 SCADA 系统	55
第一节 配电网 SCADA 系统的特点	56
第二节 配电网 SCADA 系统组织的基本方式	57
第三节 配电网 SCADA 系统的功能	61
第四节 智能用电小区	69
第四章 配电图资地理信息系统	73
第一节 概 述	74
第二节 GIS 的发展	75
第三节 GIS 在电力行业的应用现状及难点	77
第四节 GIS 的组成	78
第五节 GIS 功能的实现方法	82
第六节 AM/FM/GIS 的离线、在线实际应用	82

第七节	GIS 的功能演示案例	85
第五章	配电网负荷控制和管理系统	91
第一节	负荷控制和管理概念及经济效益	92
第二节	负荷特性优化的主要措施	93
第三节	负荷控制系统的基本结构和功能	99
第四节	各种负荷控制系统原理及比较	103
第六章	配电网安全防护	111
第一节	配电网安全防护基础	112
第二节	现场作业安全防护	114
第三节	配电网主要设备安全防护	132
第四节	配电网谐波污染治理	145
第五节	配电网安全防护要点	149
第七章	配电网变电站配电设备安全防护	161
第一节	变电站配电装置安全防护措施	162
第二节	电气倒闸操作标准化	166
第三节	防误操作闭锁装置	179
第四节	电源进线间隔安全警卫装置	186
第五节	设备检修区与站所安防一体化	187
第六节	开关柜触电防护	189
第七节	变电站设备巡检管理系统	190
第八章	配电网配电线路安全防护	193
第一节	配电线路安全防护内容	194
第二节	线路分界（分段）防护	199
第三节	架空线路综合监测装置	206
第四节	雷电定位系统	208
第五节	污闪防护	210
第六节	电力线路巡检管理系统	210
第七节	配变台区智能巡检	213
第八节	低压漏电防护	216
第九节	配电线路反送触电防护	217

第一章 配电网建设与安全运行环境



第一节 我国配电网的特点和历史建设情况

一、配电网的特点

在电力网中起分配电能作用的网络称为配电网。配电网具有如下一些特点：

(1) 高压直接进入市区，深入负荷中心，深入城市中心和居民密集点，负载相对集中，发展速度快，因此在规划时要留有余地。高压深入负荷中心可以减少线路损耗，提高供电质量。随着城市高楼大厦的崛起，生活小区的形成及生产的集团化和规模化，需要高压送电给负荷中心。

(2) 传输功率和距离一般不大，不同的送电容量应采用不同的电压等级。《电力供应与使用条例》规定，一般送电容量超过 $160 \sim 250 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 采用 6 kV 送电电压给负荷中心，送电容量在 $315 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 以上采用 10 kV 送电电压给负荷中心。

(3) 网络结构多样复杂，有辐射状、环状、树状等多种形式。在城市配电网中，随着现代化的进程，电缆线路将越来越多，电缆与架空线路的混合网络给电网运行和分析带来复杂性。

(4) 用户性质、供电质量和可靠性要求不同，不同的负荷等级要求采用不同的供电形式。例如对一级负荷要求由两个电源供电，当其中一个电源发生故障时，另一个电源应不致同时受到损坏，对特别重要负荷还应增设应急电源；二级负荷应由两回路供电，供电变压器也应有两台；对三级负荷的供电无特殊要求。

(5) 对配电设施要求较高。因为城市配电网的线路和变电站要考虑占地面积小、容量大、安全可靠、维护量小，及城市景观等诸多因素，所以在城乡电网改造和建设中，推行环网供电，采用电缆，走地下、呈环路，可以减少供电的中断，同时可以大大减少临时性故障。城网的电压等级为 $10 \sim 220 \text{ kV}$ ，建筑用电设施的电压等级一般为 $10 \sim 35 \text{ kV}$ 。在城网中，由于高压直接进入市区，深入负荷中心，因而高压开关的使用量增加，而且要求采用占

地面积小、安全可靠且无油的电气设备。在城网建设与改造中，因推行环网供电，环网供电单元配电设备应运而生。

(6) 开关设备户外式、小容量、小型化。户外式：高压开关为户外式，如 SF_6 断路器或重合器、分段器，用 SF_6 气体既灭弧又绝缘。而真空断路器或重合器、分段器用真空灭弧，外绝缘用油、 SF_6 或空气作绝缘，可节约面积和造价。小容量：配网用的高压开关容量较低，一般额定短路开断电流为 16~20 kA。小型化：架空线路多装在户外柱上，要求结构紧凑、性能好、可靠性高、环境适应性强。如户外柱上 SF_6 断路器，为三相共箱式，采用旋转式灭弧，结构简单、体积小、寿命长。又如真空断路器，亦采用三相共箱式真空灭弧，并采用 SF_6 或油、干燥空气绝缘。

(7) 配电网直接面向用户，运行方式多变，并且有大量的电力电子非线性负荷，故将产生不容忽视的谐波，谐波抑制问题需要考虑。

二、我国配电网建设情况及发展战略目标

我国是发展中国家，电力短缺一直是电力系统存在的主要矛盾，因此，电源建设摆到了突出的地位，电网建设则从属于电源的建设。与发达国家相比，我国对发电的投资远高于配电，如表 1-1 所示。

表 1-1 1995 年各国发电、输电、配电投资比例表

国 家	发电投资	输电投资	配电投资
美国	1.00	0.43	0.70
英国	1.00	0.45	0.78
日本	1.00	0.47	0.68
法国	1.00	0.67	0.60
中国	1.00	0.23	0.20

从表 1-1 可以看到，发达国家都是电网（包括输电与配电）投资大于电源投资，且配电网投资又明显大于输电网投资。我国刚好相反，电网投资不到电源投资的一半，且配电网投资又小于输电网投资。这种投资比例不合理的后果，造成电网发展滞后于电源建设，特别是配电网的建设和技术发展受到限制，中低压配电网在建设方面无序和不合理，存在配电网老化、供电能力不足、可靠性差、设备落后、自动化水平低、线损率居高不下等问题。

但是，解决电力供应问题，仅有发电能力的增长是不够的，还必须要有输

配电能力的相应增长。否则,电网就有可能成为电源和最终用户间的“瓶颈”,形成更大程度上的“卡脖子”和窝电现象,造成新的资源浪费。例如,山西阳城电厂装机 210 万 kW,但由于线路限制只能发电 170 万 kW,发电能力受限 40 万 kW。这种情况直接造成了现有的发电能力不能充分发挥,装机资源不能充分利用。“卡脖子”问题,还体现在限制了电网对供电资源的调配能力。例如,由于地区配电网原因造成用电负荷高的地区无法接受足够的电力电量,体现在当负荷中心附近发电机组或者线路跳闸造成线路上的潮流大量转移时,超过一些地区电网线路的送电能力,造成限电。这种情况主要出现在华东,例如浙江的温州、台州、丽水等地区,由于地区变电站能力的问题,造成高峰时变电能力不足而限电。

第二节 智能电网形势下的配电网建设

一、坚强智能电网概念的提出及规划

2009 年 5 月 21 日,在北京召开的“2009 特高压输电技术国际会议”上,国家电网公司正式发布了“坚强智能电网”发展规划。在 2010 年 3 月召开的全国“两会”上,温家宝总理在政府工作报告中强调:“大力发展低碳经济,推广高效节能技术,积极发展新能源和可再生能源,加强智能电网建设”。这标志着智能电网建设已经上升到国家层面。2011 年,发展特高压和智能电网纳入了国家“十二五”规划纲要,成为国家能源发展的战略重点。

规划分以下三个阶段推进“坚强智能电网”的建设:

(1) 2009~2010 年为规划试点阶段。重点开展发展规划,制定技术标准和管理规范,开展关键技术研发和设备研制,开展项目试点和示范工程。

(2) 2011~2015 年为全面建设阶段。完善坚强智能电网标准体系,加快特高压电网和城乡配电网建设,初步形成智能电网安全运行控制和互动服务体系。

(3) 2016~2020 年为完善提升阶段。基本建成坚强智能电网,使电网的资源配置能力、运行控制、清洁能源利用、互动服务的水平得到显著提高。

信息化、自动化、互动化是坚强智能电网的基本技术特征,智能电网建设包含电力系统的发电、输电、变电、配电和用电各个环节,覆盖所有电压等级。

二、基于配电自动化的智能配电网建设

智能电网建设中的智能配电是指以灵活、可靠、高效的配电网网架结构和高可靠性、高安全性的通信网络为基础,支持灵活自适应的故障处理和自愈,利用信息通信、高级传感和测控等技术,满足高渗透率的分布式电源和储能元件接入的要求,满足用户提高电能质量的要求。

基于配电自动化的智能配电网建设是研究如何通过配电自动化系统实现配电网全面监测、灵活控制、优化运行及运行维护管理集约化等功能,满足大幅度提升配电网整体可靠性和运行效率的目标要求。研究的内容还包括配电自动化系统与其他系统(如 GIS、95598 等)的互连,以及配电网自愈、优化运行、负荷预测、状态估计等高级应用。

未来的智能配电网自愈能力将进一步增强,配电网安全性将进一步提高,抵御外力和自然灾害的能力也将进一步提升,配电网将提供更优质的电能,而且支持分布式电源的大量接入,配电设备的运行状态也会得到实时监控,设备资产的利用率将会大大提高。这些智能配电网带来的美好前景将很快得到实现。

三、智能电网形势下的配电自动化建设目标和建设标准

随着智能电网的建设以及通信技术的发展,作为智能电网重要组成部分的配电自动化技术取得了重大进步。“十二五”期间,国家电网公司在 200 个地市级单位、42 个县级单位开展配电自动化建设。2011 年完成北京、上海等 23 个重点城市主城区或核心区的配电自动化建设;启动济南等 6 个重点城市及泉州市城市核心区的配电自动化工程建设(共计开展 30 个工程)。2012 年开工建设乌鲁木齐 1 个重点城市及临沂、扬州、井冈山、赤峰等 69 个地级城市的配电自动化工程(2012 年开工建设 70 个,累计开展 100 个)。2013 年及以后开工建设拉萨 1 个重点城市及北京市石景山区、芜湖市、许昌市、吉林市、喀什市等 99 个地级单位的配电自动化工程(2013~2015 年开工建设 100 个,累计开展 200 个)。

国家电网公司制定智能电网技术标准体系,用以协调和指导智能电网相

关技术领域发展。在配电自动化方面制定的标准主要包括配电自动化技术导则、建设系列标准、运行控制系列标准、自动化系统和设备系列标准、验收和运行维护方面的标准。其具体标准包括 Q/GDW 382 - 2009 《配电自动化技术导则》、Q/GDW 625 - 2011 《配电自动化建设与改造标准化设计技术规定》、Q/GDW 513 - 2010 《配电自动化主站系统功能规范》、Q/GDW 514 - 2010 《配电自动化终端/子站功能规范》、Q/GDW 567 - 2010 《配电自动化主站系统验收技术规范》、Q/GDW 639 - 2011 《配电自动化终端设备检测规程》《配电自动化验收细则（第二版）》《配电自动化系统实用化验收细则（试行）》、Q/GDW626 - 2011 《配电自动化系统运行维护管理规范》。

第三节 有源配电网

一、概述

有源配电网是进化的产物，又称主动配电网，即指含分布式发电的配电网。

分布式发电（Distributed Generation, DG）也称分散式发电或分布式供电，一般指将相对小型的发电储能装置（50 MW 以下）分散布置在用户现场或附近的发电/供电方式。分布式发电的规模一般不大，通常为几十千瓦到几十兆瓦，所用的能源包括天然气、沼气、太阳能、生物质能、氢能、风能、小水电等洁净能源或可再生能源。这些分布式能源通常接入到 35 kV 及以下电压等级的配电网；而储能装置主要为蓄电池，还有超级电容储能、超导储能、飞轮储能等。此外，为了提高能源的利用效率，降低成本，分布式发电往往采用冷热电联供或热电联产的方式。显然，分布式发电是一种与传统集中供电模式完全不同的新型供电模式。

1996 年，美国电力科学研究院（Electric Power Research Institute, EPRI）在《分布式发电》一书中首次提出了分布式能源的概念。社会追求可持续发展，受环境相关法规的刺激，近年来，许多国家大力发展分布式发电，美国、日本、丹麦、意大利等国纷纷表示除非特殊需要，原则上不再建设大型发电

设施。1998 年,分布式能源的概念被正式引入我国。如今,我国分布式能源总量已经接近 1 亿 kW,分布式能源技术将是未来世界能源技术的重要发展方向。

分布式能源一般在本地开发,往往靠近负荷中心,只需要短距离传输,依分布式电源与公共电网的关系,其运行模式分类如表 1-2 所示。

表 1-2 分布式电源的运行模式

运行模式	孤岛运行模式	并网运行模式	
特征	分布式电源独立运行向附近的用户单独供电	分布式电源接入系统电网,与电网一起向用户供电	
		分布式电源与公共电网并联运行,但不向公共电网输出电能	分布式电源与公共电网并联运行,且向公共电网输出电能

二、分布式电源接入配电网的好处

(1) 环保节能。分布式发电大多利用可再生能源,减少了 CO_2 、 SO_2 等废气及固体废弃物的排放,清洁环保;同时,分布式电源靠近负荷供电,避免了远距离送电而产生的线路损耗,也避免了因建设输电线路而导致的土地占用及环境破坏问题。

(2) 满足偏远农村地区的需求。对于经济欠发达的农村地区,要形成一定规模、强大的集中式输配电网需要巨额的投资和很长的时间周期,分布式发电正好弥补了这种不足,解决了偏远地区的供电问题。

(3) 提高供电可靠性。一方面,当主电网发生故障时,分布式电源与大电网分离形成电力孤岛,可以维持系统未出现故障部分的供电,避免大面积停电带来的严重后果;另一方面,分布式电源可以支持电网出现故障后到恢复正常的“黑启动”过程,由于分布式电源具有设备简单、启动速度快等优点,能快速提供电源,独立启动各子系统,使电网恢复正常供电状态。

(4) 能源利用率高。分布式电源实现多系统优化,将电力、热力、制冷和蓄能技术有机融合,实现多系统能源的互补和综合梯级利用,将每一系统的冗余限制在最低水平,将能源的利用效率发挥到最大状态。同时,使用可再生的分布式电源也没有能源枯竭的问题。

(5) 削峰填谷提高电网运行效率。分布式电源可以作为备用发电容量、削峰容量,也可承担系统的基本负荷,可平抑电网负荷的峰谷差,缓解电网

调峰的压力，从而降低因系统运行方式的频繁变动而导致故障的概率。

三、分布式电源接入配电网后需要注意的问题

(1) 对继电保护的影响。传统配电网一般为单电源的辐射状网，继电保护一般采用三段式的电流保护，即瞬时电流速断保护、定时限电流速断保护和过电流保护。分布式电源接入配电网后，系统潮流、短路电流的方向、水平都将受到分布式电源类型、接入位置及容量的影响，可能导致原有的继电保护系统出现误动或拒动。目前我国对包含分布式电源的配电网的继电保护的研究还处于探索阶段，有很多方面值得深入探索：合理调整线路以减小分布式电源的影响，升级现有保护装置，提出新的保护方案等。

(2) 对系统潮流的影响。传统配电网的潮流方向为单一的变电站指向负荷端，分布式电源的引入使得用户端也出现了电源，配电网结构就由原来的单电源辐射型网络结构变成了多电源网络结构，因此某些线路上将形成双向潮流，也就意味着电能有可能从配电系统向更高电压等级传送。

(3) 对电能质量的影响。由于分布式电源多由用户控制，用户根据需要会频繁地启动和停运，这会使配电网的线路负荷潮流变化加大，使电压调整的难度加大；另外，多数分布式电源都是采用电力电子器件作为接口，这会对电网造成谐波污染。

(4) 对电压的影响。线路上的电压降为

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U}$$

式中， P 、 Q 为流过阻抗为 R 、 X 线路的功率。

当在线路下游接入分布式电源后，流经线路的 P 、 Q 将降低为 $P - DG$ 、 $Q - DG$ ，也就是说分布式电源将抬升末端电压，这打破了传统的电压沿馈线降低的规律，从而加大了电压调整的难度。

(5) 对配电网自动化的影响。分布式电源的接入使得信息采集、开关设备操作、能源调度等过程复杂化，需要建立功能更为完善的 SCADA 系统，增强对海量数据的处理能力。另外，分布式发电的商业竞争也会影响到电力市场的发展。

四、分布式电源接入配电网的要求

如前所述,分布式电源为保护环境和解决能源危机带来了好处,但同时它的接入也会对电力系统的结构和性能产生影响,因此对分布式电源接入配电网需要有相应的标准来约束。IEEE 起草的分布式电源并网标准 IEEE Std 1547.2-2008 中,定义了刚性系数(Stiffness Ratio, SR)的概念,以此来衡量分布式电源并网对配电网的影响。电网刚性是指区域电网抗击由分布式电源引起的电压偏差的能力,刚性系数 SR 定义为公共连接点含分布式电源的配电网的短路容量与分布式电源短路容量之比,即

$$SR = \frac{S_1 + S_2}{S_2}$$

式中, S_1 为区域配电网的短路容量, S_2 为受评估分布式电源的短路容量。

SR 反映了公共连接点区域配电网相对于分布式电源的强度,也反映了分布式电源对公共连接点短路电流的贡献。SR 越大,则分布式电源对短路电流的贡献越小,配电网运行电压与短路电流受分布式电源的影响越小。如果 SR 大于 20,则可以忽略分布式电源对配电网运行的影响。

我国国家电网公司于 2009 年 2 月发布了 Q/GDW-2009《风电场接入电网技术规定》;发布了 Q/GDW617-2011《光伏电站接入电网技术规定》;为规范其他分布式电源接入电网的技术指标,发布了 Q/GDW 480-2010《分布式电源接入电网技术规定》。Q/GDW 480-2010《分布式电源接入电网技术规定》阐述了通过 35 kV 及以下电压等级接入电网的新建或扩建分布式电源应该满足的技术指标,明确规定分布式电源并网点的短路电流与分布式电源的额定电流之比不宜低于 10;当公共连接点处并入一个以上电源时,应总体考虑它们的影响,分布式电源总容量原则上不宜超过上一级变压器供电区域内最大负荷的 25%。

第四节 配电网的中性点运行方式

中性点接地方式分类及比较

电力系统的中性点是指星形连结的变压器或发电机的中性点。这些中性点的运行方式是个很复杂的问题。它关系到绝缘水平、通信干扰、接地保护方式、电压等级、系统接线等很多方面。

中性点运行方式主要分两类，即直接接地和不接地。直接接地系统供电可靠性低，因这种系统中一相接地时，出现了除中性点外的另一个接地点，构成了短路；接地相电流很大，为了防止设备损坏，必须迅速切除接地相甚至三相。不接地系统供电可靠性高，但对绝缘水平的要求也高。因这种系统中一相接地时，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。在电压等级较高的系统中，绝缘费用在设备总价格中占相当大的比重，降低绝缘水平带来的经济效益很显著，一般就采用中性点直接接地方式，而以其他措施提高供电可靠性。反之，在电压等级较低的系统中，一般就采用中性点不接地方式以提高供电可靠性。在我国，110 kV 及以上的系统中性点直接接地，60 kV 及以下的系统中性点不接地。两种中性点接地方式的比较如表 1-3 所示。

表 1-3 中性点接地方式比较

别 称	中性点直接接地系统 大电流接地系统（NDGS）	中性点不直接接地系统 小电流接地系统（NUGS）
可靠性比较	低	高
电流电压比较	大电流	高电压
适于电压等级	高	低

从属于中性点不接地方式的还有中性点经消弧线圈接地。所谓消弧线圈，其实就是电抗线圈。由于导线对地有电容，中性点不接地系统中一相接地时，接地点接地相电流属于容性电流，而且随着网络的延伸，这种电流也越来越大，以至完全有可能使接地点电弧不能自行熄灭并引起弧光接地过电压，甚

至发展成严重的系统性事故。为避免发生上述情况,可在网络中某些中性点处装设消弧线圈。由于装设了消弧线圈,构成了另一回路,接地点接地相电流中增加了一个感性电流分量,它和装设消弧线圈的容性电流分量相抵消,减小接地点的电流,使电弧易于自行熄灭,提高了供电可靠性。一般认为,对 3~60 kV 网络,容性电流超过下列数值时,中性点应装设消弧线圈:

3~6 kV 网络, 30 A; 10 kV 网络, 20 A; 35~60 kV 网络, 10 A。

二、经消弧线圈接地系统的 3 种补偿方式

中性点经消弧线圈接地时,根据消弧线圈的电感电流对电容电流的补偿程度的不同,可以有完全补偿、欠补偿和过补偿 3 种补偿方式,分别分析如下:

(1) 完全补偿。完全补偿就是使感性电流等于容性电流,接地点的电流近似为零。从消除故障点电弧,避免出现弧光过电压的角度来看,显然这种补偿方式是最好的。但从实际运行的角度来看,则又存在严重的缺点,不能采用。因为完全补偿时,正是电感和三相对地电容对 50 Hz 串联谐振的条件,这样线路上会产生很高的谐振过电压,这是不允许的,所以实际运行中不能采用完全补偿的方式。

(2) 欠补偿。所谓欠补偿,则是指感性电流小于容性电流的补偿方式,补偿后接地点的电流仍然是容性的。采用这种方式时,仍然不能避免谐振问题的发生,因为当系统运行方式变化时,例如某个元件被切除或因为发生故障而跳闸,则电容电流就会减小,这时很可能出现感性和容性两个电流相等而引起谐振过电压,因此欠补偿的方式一般是不用的。

(3) 过补偿。所谓过补偿,指感性电流大于容性电流的补偿方式,补偿后的残余电流是感性的。实践中,一般采用过补偿方式,主要原因如下:

①考虑系统的进一步发展。电力系统往往是不断发展的,电网的对地电容也将不断增大,如果采用过补偿,原装的消弧线圈仍可以使用一段时间,至多是由过补偿转变为欠补偿方式运行,但如果原来就采用欠补偿的方式运行,则系统一有发展就必须增加补偿容量。

②避免谐振。在欠补偿方式运行中有可能出现谐振危及系统绝缘,只要是采用欠补偿方式,这一缺点就无法避免,而过补偿运行不可能发生串联谐