

中低压配电设备选型 与使用 200 例

周武仲 胡 静 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

中低压配电设备选型 与使用 200 例

● 周武仲 胡 静 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书用举例的方式阐述了有关中低压配电设备的设计、选型与使用。

本书共 6 章,分别为中低压配电设备应用状况、中低压配电系统基础知识、低压配电设备的选型与使用、中压配电设备的选型与使用、配电自动化装置的选型与使用、中低压配电系统的设计实例。

本书可供从事电力设计、技术管理、工程建设、检修、制造、施工等工程技术人员和大中院校有关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中低压配电设备选型与使用 200 例/周武仲,胡静编.
北京:中国电力出版社,2006

ISBN 7-5083-4444-8

I. 中... II. ①周... ②胡... III. 配电装置-基本知识 IV. TM642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 058414 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http: //www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 8 月第一版 2006 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.5 印张 422 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

随着我国国民经济的飞速发展，对电力的需求也越来越迫切。电力系统规模的不断扩大，要求电力供应更安全可靠及电力运营管理水平更科学化、规范化、自动化。特别是电力系统与用户直接关联的供配电系统也显得尤为重要。作为供配电系统的主要组成部分和发电厂电气系统的组成部分，电气设备的质量及其性能的先进性是决定电力系统安全可靠运行的前提条件之一。本书用举例的方式来阐述有关中低压配电设备的设计、选型和使用，并列举出国内外的中低压配电设备的技术参数以作参考和比较。便于读者更好地理解和应用，从而达到实用性和先进性的目的。同时，本书将 110kV 及以下的电压等级的电气设备和自动化方面的内容作为阐述范围，并增加了有关的基础知识的章节。

本书由周武仲主编，第三章低压配电设备和第六章的 6-7、6-8 由胡静编写，周武仲审校，全书由周武仲统稿。

本书可供从事电力设计、技术管理、工程建设、检修、制造、施工等工程技术人员和大中院校有关专业的师生参考。

由于水平有限，书中难免会出现缺点、错误、恳请广大读者和专业同仁批评指正。

编者

2006. 2

目 录

前言

第一章 中低压配电设备应用状况 1

- 1-1 我国中低压配电设备应用状况如何? 1
- 1-2 我国的配电设备自动化状况如何? 1
- 1-3 我国中低压配电设备的发展方向 and 展望是什么? 2

第二章 中低压配电系统基础知识 3

第一节 电力系统基本知识 3

- 2-1 电力系统运行特点和基本要求是什么? 3
- 2-2 电能质量的各项指标是什么? 3
- 2-3 我国规定的用电设备、发电机、变压器等元件的额定电压是什么? 5
- 2-4 电力网中性点运行方式及对应的电压等级有哪些? 6

第二节 电气主接线 7

- 2-5 电气主接线的主要形式及对电气主接线的基本要求是什么? 7
- 2-6 各种主接线中主要电气设备的配置原则是什么? 9
- 2-7 供配电系统中有哪些限制短路电流的方法? 11

第三节 短路电流计算 12

- 2-8 短路电流计算有哪些项目? 12
- 2-9 短路电流计算的近似条件是什么? 12
- 2-10 计算短路电流的目的是什么? 什么是无限大容量电源供电和有限容量电源供电系统? 12
- 2-11 短路电流的物理量的定义和关系是什么? 13
- 2-12 无限大容量电源供电的高(中)压电网的三相短路电流是如何计算的? 14
- 2-13 有限容量电源供电的高(中)压电网的三相短路电流是如何计算的? 17
- 2-14 多个电源供电的三相短路电流是如何计算的? 18
- 2-15 什么是网络变换, 有哪些变换方法? 19
- 2-16 电动机对短路电流有什么影响? 19
- 2-17 什么是短路电流的效应? 20
- 2-18 低压电网的短路电流是如何计算的? 22
- 2-19 不对称短路电流是如何计算的? 29
- 2-20 短路电流计算实例 1 (供电系统)。 33
- 2-21 短路电流计算实例 2 (带发电机)。 35

2-22	短路电流计算实例 3 (用计算机计算)。	36
2-23	短路电流计算实例 4 (带电动机)。	39
2-24	短路电流计算实例 5 (低压电网)。	40
2-25	短路电流计算实例 6 (不对称短路)。	42
第四节	过电压保护和接地	43
2-26	电力系统过电压的种类有哪些? 采取什么保护措施?	43
2-27	雷电过电压的特性是什么?	44
2-28	接地, 接地电阻, 接触电压和跨步电压的基本概念是什么?	45
2-29	避雷针、避雷线保护范围是如何确定的?	46
2-30	3~110kV 电压的发电厂和变电所对雷电侵入波采取什么过电压保护?	47
2-31	电源中性点直接接地低压配电系统有哪些保护接地形式?	49

第三章 低压配电设备的选型和使用

52

第一节	低压配电设备的选择的一般条件	52
3-1	什么是低压配电设备及低压配电整体方案?	52
3-2	低压配电设备的选择有哪些条件?	53
3-3	低压配电线路中几种保护型式的动作要求和特点?	54
3-4	整定的基本要求及计算方法是什么?	57
3-5	什么是限流型断路器的级联技术, 如何选择级联产品?	63
第二节	低压熔断器的选型	64
3-6	低压熔断器的功能和原理是什么, 都有哪些分类?	64
3-7	低压熔断器都有哪些主要技术参数?	64
3-8	国内常见的低压熔断器都有哪些?	65
3-9	低压熔断器的选用原则是什么?	67
3-10	熔断器选型使用实例。	67
第三节	低压接触器的选型与实例	68
3-11	什么是接触器, 接触器有哪些用途, 如何分类?	68
3-12	低压接触器都有哪些主要技术参数?	69
3-13	常见的低压交流接触器都有哪些?	69
3-14	低压接触器的选用原则是什么?	74
3-15	低压交流接触器的选型使用实例。	76
第四节	低压断路器的选型与实例	77
3-16	低压断路器都有哪些功能、用途及其结构和分类?	77
3-17	低压断路器都有哪些主要技术参数?	79
3-18	低压断路器都有哪些选用原则?	80
3-19	常见的低压断路器有哪些?	82
3-20	框架式断路器选型使用实例。	86
3-21	塑壳式断路器选型使用实例。	87

3-22 微型断路器选型使用实例。	87
第五节 低压起动器的选型与使用	87
3-23 低压起动器都有哪些用途和分类?	87
3-24 低压起动器都有哪些选用原则?	90
3-25 电机起动器的选型使用实例。	93
第六节 低压开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器的选型与使用	93
3-26 低压开关、隔离器、隔离开关、熔断器组合电器都有哪些分类和用途?	93
3-27 隔离开关有哪些选用原则?	95
3-28 负荷开关有哪些选用原则?	95
3-29 组合电器有哪些选用原则?	95
3-30 常见的隔离开关和刀熔开关有哪些?	95
3-31 隔离刀开关选型使用实例。	96
3-32 熔断器刀开关(刀熔开关)选型使用实例。	96
第七节 低压电线、电缆的选型与使用	97
3-33 低压电线、电缆有哪些用途、分类与型号?	97
3-34 低压电线、电缆有哪些选用原则?	98
3-35 低压电线、电缆的选型与使用实例。	105
第八节 低压成套配电装置的选型与使用	105
3-36 低压成套配电装置有哪些用途、分类与型号?	105
3-37 低压成套配电装置有哪些主要技术指标?	106
3-38 低压成套配电装置有哪些选用原则?	107
3-39 都有哪些常见的低压成套配电设备?	108
第九节 低压电涌保护器的选型与使用	110
3-40 低压电涌保护器的用途、分类与动作原理是什么?	110
3-41 低压电涌保护器有哪些主要技术指标?	111
3-42 低压电涌保护器有哪些选用和配合原则?	112
3-43 常见的电涌保护器有哪些?	116
3-44 电涌保护器的选型和使用实例。	119

第四章 中压配电设备的选型与使用 120

第一节 中压配电设备的一般条件	120
4-1 中压配电设备的正常使用条件是什么?	120
4-2 中压配电设备主要参数如何选择?	121
第二节 变压器选型与使用	124
4-3 电力变压器是怎么分类的?	124
4-4 电力变压器有哪些参数和特性?	124
4-5 如何选择电力变压器的台数和容量?	128
4-6 配电变压器选型使用实例 1。	129

4-7 配电变压器选型使用实例 2。·····	129
第三节 三相异步电动机的选型和使用 ·····	129
4-8 三相异步电动机三种运行状态如何判断? ·····	129
4-9 试说明异步电动机的工作特性。·····	131
4-10 试说明异步电动机的起动方法。·····	131
4-11 试说明异步电动机常用的调速方法。·····	132
4-12 异步电动机的选型原则及实例说明。·····	133
4-13 异步电动机的主要参数有哪些? ·····	135
第四节 中压断路器的选型和使用 ·····	137
4-14 中压断路器是如何分类的? ·····	137
4-15 中压断路器的主要参数有哪些? ·····	138
4-16 如何对中压断路器选型及实例说明。·····	145
第五节 中压熔断器的选型和使用 ·····	146
4-17 中压熔断器的分类和用途是什么? ·····	146
4-18 中压熔断器的主要参数和特性有哪些? ·····	147
4-19 中压熔断器是如何选择的? ·····	150
4-20 举例说明中压熔断器的选型。·····	151
第六节 隔离开关的选型和使用 ·····	152
4-21 中压隔离开关用途是什么? 如何分类? ·····	152
4-22 如何选择中压隔离开关? ·····	152
4-23 中压隔离开关的主要参数有哪些? ·····	152
4-24 试举例说明中压隔离开关的选型。·····	153
第七节 中压负荷开关的选型和使用 ·····	153
4-25 中压负荷开关的用途是什么? 如何分类? ·····	153
4-26 如何选择中压负荷开关? ·····	154
4-27 中压负荷开关有哪些技术参数? ·····	154
4-28 中压负荷开关如何和熔断器配合? ·····	156
4-29 中压负荷开关+熔断器组合电器的选型实例。·····	157
第八节 互感器的选型和使用 ·····	157
4-30 电压互感器有什么用途? 如何分类? ·····	157
4-31 电压互感器的主要参数有哪些? ·····	158
4-32 电压互感器有哪些接线方式, 各自用途是什么? ·····	160
4-33 如何选择电压互感器? ·····	160
4-34 使用电压互感器应注意什么? ·····	162
4-35 电压互感器的选型实例。·····	162
4-36 电流互感器有什么用途? 如何分类? ·····	163
4-37 电流互感器的主要参数有哪些? ·····	164
4-38 电流互感器的接线方式有哪些? 各自用途是什么? ·····	168
4-39 使用电流互感器的注意事项有哪些? ·····	169

4-40	如何选择电流互感器?	169
4-41	电流互感器的选型实例。	171
第九节	避雷器的选型与使用	171
4-42	避雷器的用途是什么? 如何分类?	171
4-43	避雷器的主要参数有哪些?	172
4-44	如何选择避雷器?	177
4-45	避雷器的选型实例。	179
第十节	并联电容器的选型与使用	180
4-46	并联电容器有什么用途? 如何分类?	180
4-47	并联电容器是如何补偿无功的?	180
4-48	试述并联电容器的接法。	180
4-49	并联电容器的主要参数有哪些?	181
4-50	并联电容器组的选择实例。	182
第十一节	电线、电缆的选型和使用	182
4-51	电线有什么用途? 如何分类?	182
4-52	电线是如何选择的?	183
4-53	架空导线截面的选择实例。	190
4-54	绝缘电线的选择实例。	190
4-55	电缆有什么用途? 如何分类?	191
4-56	如何选择电力电缆?	191
4-57	电力电缆的选型实例。	198
第十二节	高(中)压成套配电装置的选型与使用	198
4-58	高(中)压成套配电装置有什么用途? 如何分类?	198
4-59	如何选择高压开关柜?	208
4-60	高压成套配电装置的选型实例。	209
第十三节	电源设备的选型和使用	209
4-61	电源设备有什么用途? 如何分类?	209
4-62	如何选择电源设备?	209
4-63	电源设备的选型实例。	213

第五章 配电自动化装置的选型和使用 215

5-1	试述配电自动化及其装置的基本组成。	215
5-2	试述自动重合器的分类及特点。	215
5-3	自动重合器的主要参数有哪些?	215
5-4	如何选择自动重合器?	218
5-5	自动重合器如何和其他设备相配合?	219
5-6	自动分段器如何分类? 特点是什么?	221
5-7	自动分段器的主要参数有哪些?	221

5-8	如何选择自动分段器？	224
5-9	试说明电子分段器和重合器的配合。	224
5-10	什么是自动配电开关？	225
5-11	自动配电开关的主要参数有哪些？	225
5-12	试说明自动配电开关与重合器的配合使用。	228
5-13	中压系统对继电保护有哪些规定？	229
5-14	继电保护装置如何进行选用？	234
5-15	如何选用自动重合闸装置？	243
5-16	如何选用低周波减载装置？	248
5-17	如何选用备用电源自投装置？	250
5-18	配电网自动化设备的运行管理的内容是什么？	251

第六章 中低压配电系统设计实例 253

6-1	中压配电系统的设计原则是什么？	253
6-2	中压供配电系统设计的基础技术资料有哪些？	253
6-3	中压配电系统的设计实例 1（变电所的设计）。	253
6-4	中压配电系统的设计实例 2（居民住宅小区配电系统）。	255
6-5	火力发电厂电气系统的设计实例 3（中压电气系统）。	256
6-6	低压配电系统的设计原则是什么？	257
6-7	低压配电系统的设计实例 1（钢厂的低压系统）。	259
6-8	低压配电系统的设计实例 2（电站的低压系统）。	262
6-9	配电系统自动化的设计原则是什么？	265
6-10	配电所自动化设计实例 1（农村变电所）。	265
6-11	变电所自动化设计实例 2（110kV/35kV/10kV 变电站）。	266

第一章

中低压配电设备应用状况



1-1 我国中低压配电设备应用状况如何?

在电力系统中,中低压配电网是其主要组成部分,而中低压配电设备又是中低压配电网中的关键设备。随着经济的发展和科技的进步,中低压配电设备也在不断地改进和完善,其自动化程度也日益提高,从而不断地提高供电的安全可靠性。

“十五”计划以来,我国电力工业取得了快速的发展,“西电东送”,城乡电网改造等工作取得了显著成效,发电装机容量、发电量不断持续增长,现已列居世界第二位。至2003年底,发电装机容量已达到3.91亿kW,发电量达到19052亿kWh,预计到2010年全国用电量将达到27000亿kWh,装机容量达到6亿kW左右,到2020年,全国用电量将达到42000亿kWh左右,装机容量达到9亿kW左右,在“十一五”计划期间国家电网将进入一个大发展的时期。

根据上述我国电力发展的情况和发、供电同步发展的规律,中低压配电设备也将有极大的需求,随着电网规模的不断扩大,满足各类用户的供电要求是电网运营的主要任务之一,因此电网的建设与改造必须依靠科技进步来不断提高供电的质量和安全性。

目前,我国的中低压配电设备方面还存在不少问题,归纳起来有以下几方面:

- (1) 配电网设备技术性能差,自动化水平低。
- (2) 科研投入少,电力市场缺乏有力的技术支持。
- (3) 国内的市场机制不够健全。
- (4) 电力产品结构不能满足市场的需要。
- (5) 自动化程度不能满足电网建设的要求,质量和性能的技术问题仍然是个突出的问题。
- (6) 早期的产品高能耗设备较多。
- (7) 供电事故较多,停电难度大。

针对上述问题,在新建和改造配电网时,应加以充分重视,尽量采用新技术、新设备以提高供电的质量和安全性。

1-2 我国的配电设备自动化状况如何?

我国的配电网自动化的研究、开发和应用开始于20世纪80年代中、后期,90年代逐渐形成高潮,目前已发展成一个相对独立的技术领域,但和发达国家相比,其普及率和先进性还有一定的差距,而配电自动化是必然的发展趋势,其必要性是:

- (1) 实现自动化是提高人民生活质量和发展国民经济的要求。
- (2) 实现自动化是电力企业自身发展的需要。它可以提高电力系统的经济效益,减轻维护人员的劳动强度,增强电力系统的免维护性,提高设备的安全和健康水平,提高电网的管

理水平。

(3) 配电网自动化是我国配电网的薄弱环节, 缺乏统一的规划和原则, 为此, 我国在电力行业标准《县级城市配电网自动化实施技术导则》(DL/T—20) 中对实施配电网自动化工程作了较详细的技术原则规定:

(1) 配电网自动化工程应本着安全可靠、技术先进、经济适用、维护方便的原则。

(2) 配电网自动化工程应以提高供电安全可靠为原则, 提高供电系统的运行综合管理水平为目的。选择的设备应自动化程度高, 并符合环保要求。

(3) 自动化程度的确定应根据本地区电网的特点, 实际运行状况、经济条件等综合要求来进行。可根据自动化水平的不同层次进行, 可以分步实施, 也可以一步到位。

(4) 自动化设计应符合《城市中低压配电网改造技术原则》(DL/T 599—1996) 的要求。

1-3 我国中低压配电设备的发展方向 and 展望是什么?

我国是一个发展中的国家, 虽然发电量已创居世界第二位, 但配电设备的先进性和可靠性和发达国家相比还有一定的差距。因此, 我们应借鉴发达国家的经验, 结合我国国情积极发展配电设备的制造、改造及配电工程的自动化。

(1) 开关设备类型应多元化, 设备的开断故障电流的能力要强, 应能经受住系统大电流的冲击。以发展真空和 SF₆ 断路器为方向, 配电设备向无油化方向发展。户内开关设备以小型化、绝缘型、全封闭结构为主以适应城市电网占地少、免维护、安全好、适应自动化装置等要求。户外开关设备运行环境要求较高, 应有较好的适应能力, 设备不锈蚀, 可靠性高。

(2) 采用新绝缘材料。积极发展户外环氧树脂绝缘材料。

(3) 不断提高开关设备操作机构的可靠性。根据断路器故障统计和实际运行经验, 操作机构故障占的比例是很大的。因此, 提高开关设备操作机构的可靠性是一个关键技术。

(4) 智能型、多功能自动化装置的采用。随着微机技术的发展和采用, 此类自动化装置将替代传统的保护、控制、计量、监控和通信的模式。

(5) 大力应用节能型产品。如低能耗变压器、电力补偿装置、低压节能型永磁结构启动器等等。

总之, 随着我国电力事业的不断发展, 在中低压配电网和配电装置方面必须和电力系统的规模相适应, 以先进的技术装备来满足电力运营的安全、可靠性和电力管理的科学、先进性, 从而满足我国人民生活的不断提高的要求和国民经济的可持续发展的需要。

第二章

中低压配电系统基础知识



第一节 电力系统基本知识

2-1 电力系统运行特点和基本要求是什么？

(1) 电力系统运行特点：

1) 电力系统发电和用电之间的动态平衡。由于电能不能大容量储存，为避免造成系统运行的不稳定，必须保持电能的生产、输运、分配和使用处于一种动态平衡的状态。

2) 电力系统的暂态过程极快。在电力系统中开关的切换、电网的短路等暂态过程通常以 $10^{-6} \sim 10^{-3} \text{ s}$ 计。在设计时应充分考虑自动装置的灵敏性。

3) 电力系统所需能源多样化。用于发电的能源有煤、天然气、油、核能、水力等各种能源，应根据本地区特点，尽量减少运输量，降低电能成本。

4) 电力系统的影响面广。电能对国民经济和人民生活有极大的影响、供电中断或不足都会造成重大损失。

(2) 基本要求：

1) 安全。在电能的生产、输送、分配和使用中，应确保不发生人身和设备事故。

2) 可靠。在电力系统运行中，应满足用户对供电可靠性的要求。保持供电的连续性。

3) 优质。满足用户对电压、频率等电能质量的要求。

4) 经济。应降低投资和运行费用，进行合理的规划和经济调度，减少电能损耗、实现电力系统的经济运行。

2-2 电能质量的各项指标是什么？

电能质量主要包括：频率、电压偏差、电压波动、高次谐波和三相不平衡（三相系统）等五个方面。此外，还包括供电可靠性、操作容易，维护费用低和能源使用合理等。

(1) 频率偏差。我国电力系统的额定频率为 50Hz，频率的允许偏差规定为：电网装机容量在 300 万 kW 以上的，为 $\pm 0.2 \text{ Hz}$ ；电网装机容量在 300 万 kW 以下的，为 $\pm 0.5 \text{ Hz}$ 。

(2) 电压偏差。在《电能质量供电电压允许偏差》(GB 2325—1990) 中规定，最大允许电压偏差应不超过以下标准：

1) 35kV 及以上供电电压：电压正、负偏差绝对值之和为 10%。

2) 10kV 及以下三相供电电压： $\pm 7\%$ 。

3) 220V 单相供电电压： $+7\%$ ， -10% 。

(3) 电压波动和闪变。电压波动是指电压在系统电网中作快速短时的变化。其值以用户公共供电点的相邻最大与最小电压方均根值 $U_{\max}$ 与 $U_{\min}$ 之差对电网额定电压 U_N 的百分值表示，即

$$\delta_U \% = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_N} \times 100$$

$\delta_U \%$ 的变化速度应不低于每秒 0.2%。

电压闪变是指人眼对灯闪的主观感觉。引起灯光（照度）闪变的波动电压，称为闪变电压。

在表 2-1 和表 2-2 中列出了电压波动允许值和闪变电压允许值。

表 2-1 电压波动允许值（依据 GB 12326—2000）

r/h^{-1}	$d/\%$		r/h^{-1}	$d/\%$	
	LV, MV	HV		LV, MV	HV
$r \leq 1$	4 *	3	$10 < r \leq 100$	2 *	1.5 *
$1 < r \leq 10$	3	2.5	$100 < r \leq 1000$	1.25	~1

- 注 1. 对很少的变动频率 r （每日少于 1 次），电压变动值 d 还可以放宽。
 2. 对于随机性不规则的电压波动，依 95% 概率大致衡量，表中标有“*”的值为其限值。
 3. 系统标称电压 U_N 等级按以下划分：低压（LV）： $U_N \leq 1\text{kV}$ 中压（MV）： $1\text{kV} \leq U_N \leq 35\text{kV}$ 高压（HV）： $35\text{kV} \leq U_N \leq 220\text{kV}$ 。

电力系统公共供电点由冲击性负荷产生的闪变电压允许值，见表 2-2。

表 2-2 闪变电压允许值（据 GB 12326—2000）

系统电压等级	LV	MV	HV
P_{st}	1.0	0.9 (1.0)	0.8
P_{lt}	0.8	0.7 (0.8)	0.6

- 注 1. 短时间闪变值 P_{st} 和长时间内变值 P_{lt} 每次测量周期分别取为 10min 和 2h。
 2. 括号中的值仅适用于公共连接点 PCC 连接的所有用户为电压级的用户场合。

（4）高次谐波。供电系统中高次谐波的严重程度用单次谐波含有率和总谐波畸变率表示。第 h 次谐波电压含有量 HRU_h 和第 h 次谐波电流含有率 HRI_h 按下式计算

$$URU_h = U_h / U_1 \times 100\%$$

$$HRI_h = I_h / I_1 \times 100\%$$

式中 U_h ——第 h 次谐波电压（方均根值）；

U_1 ——基波电压（方均根值）；

I_h ——第 h 次谐波电流（方均根值）；

I_1 ——基波电流（方均根值）。

总谐波畸变率按下式计算：

$$\text{电压总谐波畸变率 } THD_u = U_H / U_1 \times 100\%$$

$$\text{电流总谐波畸变率 } THD_i = I_H / I_1 \times 100\%$$

式中 U_H ——谐波电压总含量 ($= \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} U_h^2}$)；

I_H ——谐波电流总含量 ($= \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}$)。

以同级电网的额定电压 U_N 为基准, 可以确定系统中各元件的额定电压。

(1) 发电机的额定电压。由于发电机处于电力线路的首端, 所以发电机的额定电压比同级电网的额定电压高 5%, 如表 2-5 中电力网和用电设备额定电压为 10kV, 则发电机额定电压应为 10.5kV。

(2) 电力变压器的额定电压。

1) 电力变压器一次绕组的额定电压: 当变压器与发电机引出端直接相连时, 其一次绕组的额定电压应与发电机的额定电压相同。

当变压器与电网直接相连时, 其一次绕组的额定电压与同级电网的额定电压相同。

2) 电力变压器二次绕组的额定电压: 当变压器二次侧的供电线路距离较短时, 其二次绕组的额定电压比同级电网的额定电压高 5%。

当变压器二次侧的供电线路距离较长时, 其二次绕组的额定电压比同级电网的额定电压应高 10%。

如表 2-5 中, 对 10kV 电网, 变压器一次绕组额定电压可以有 10kV 和 10.5kV 两种, 而二次绕组额定电压可以有 10.5kV 和 11kV 两种。

2-4 电力网中性点运行方式及对应的电压等级有哪些?

电力网中性点运行方式是一个综合性的技术问题, 它和电网的供电可靠性、人身安全、过电压保护、继电保护、通信干扰及接地装置等有关。

在我国分为中性点非有效接地方式和有效接地方式两种。

非有效接地系统包括中性点不接地、经消弧线圈或其他高值阻抗接地的系统。高电阻接地的系统设计应符合 $R_0 \leq X_0$ 的准则, 以限制由于电弧接地故障产生的瞬态过电压。一般采用接地故障电流小于 10A (R_0 是系统的等值零序电阻, X_0 是系统每相的对地分布容抗)。

有效接地系统包括中性点直接接地 (即 500A 以上大接地短路电流系统) 和经低值阻抗接地的系统。低电阻接地的系统为获得快速选择性继电保护所需的足够电流, 一般采用接地故障电流为 100~1000A。对于一般系统, 限制瞬态过电压的准则是 $R_0/X_0 \geq 2$ (其中 X_0 是系统等值零序感抗)。

对应的电压等级是:

(1) 110~500kV 系统应采用有效接地方式, 即系统在各种条件下应使零序与正序电抗之比 (X_0/X_1) 为正值且不大于 3。其零序电阻与正序电抗之比 (R_0/X_1) 为正值且不大于 1。

110kV 及 220kV 系统中变压器中性点直接或经低阻抗接地、部分变压器中性点也可不接地。

330kV 及 500kV 系统中不允许变压器中性点不接地运行。

(2) 3~10kV 不直接连接发电机的系统和 35、66kV 系统当单相接地故障电容电流不超过下列数值时, 应采用不接地方式; 当超过下列数值又需在接地故障条件下运行时, 应采用消弧线圈接地方式:

1) 3~10kV 钢筋混凝土或金属杆塔的架空线路构成的系统和所有 35、66kV 系统, 10A。

2) 3~10kV 非钢筋混凝土或非金属杆塔的架空线路构成的系统、当电压为:

- a) 3kV 和 6kV 时, 30A。
- b) 10kV 时, 20A。
- c) 3~10kV 电缆线路构成的系统, 30A。

(3) 3~20kV 具有发电机的系统, 发电机内部发生单相接地故障不要求瞬时切机时, 如单相接地故障电容电流不大于表 2-6 所示允许值时, 应采用不接地方式, 大于该允许值时, 应采用消弧线圈接地方式, 且故障点残余电流也不得大于该允许值。消弧线圈可装在厂用变压器中性点上, 也可装在发电机中性点上。

表 2-6 发电机接地故障电流允许值

发电机额定电压 (kV)	发电机额定容量 (MW)	电流允许值 (A)	发电机额定电压 (kV)	发电机额定容量 (MW)	电流允许值 (A)
6.3	≤ 50	4	13.8~15.75	125~200	2
10.5	50~100	3	18~20	≥ 300	1

注 对额定电压为 13.8~15.75kV 的氢冷发电机为 2.5A。

发电机内部发生单相接地故障要求瞬时切机时, 宜采用高电阻接地方式, 电阻器一般接在发电机中性点变压器的二次绕组上。

(4) 6~35kV 主要由电缆线路构成的送、配电系统, 单相接地故障电容电流较大时, 可采用低电阻接地方式, 但应考虑供电可靠性要求、故障时瞬态过电压、瞬态电流对电气设备的影响, 对通信的影响和继电保护技术要求, 以及本地的运行经验等。

(5) 6kV 和 10kV 配电系统及发电厂厂用电系统, 单相接地故障电容电流较小时, 为防止谐振, 间歇性电弧接地过电压等对设备的损害, 可采用高电阻接地方式。

(6) 220/380V 低压配电系统广泛采用中性点直接接地运行方式, 而且引出有中性线(代号 N) 保护线(代号 PE) 或保护中性线(代号 PEN), 它们的作用是:

1) 中性线: ①用于接用额定电压为相电压的单相用电设备; ②用于传导三相系统的不平衡电流和单相电流; ③减小负荷中性点的电位偏移。

2) 保护线: 是保障人身安全, 防止发生触电事故用的接地线。系统中所有设备的外露可导电部分通过保护线接地, 在设备发生接地故障时减小触电危险。

3) 保护中性线兼有中性线和保护线功能, 通称为零线或地线。

低压配电系统按保护型式可分为 TN、TT 和 IT 系统。



第二节 电气主接线

2-5 电气主接线的主要形式及对电气主接线的基本要求是什么?

(1) 电气主接线的主要形式。电气主接线的主要形式可分为两大类。一类是有母线的主接线; 另一类是无母线的主接线。

1) 有母线的主接线。有母线的主接线可分为单母线、单母线分段和双母线接线三种。单母线接线的优点是简单、清晰、设备少、运行操作方便, 有利于扩建, 但可靠性与灵活性不高。若母线故障或检修, 会造成全部出线停电。它适合于出线回路少的小型变电所, 一般