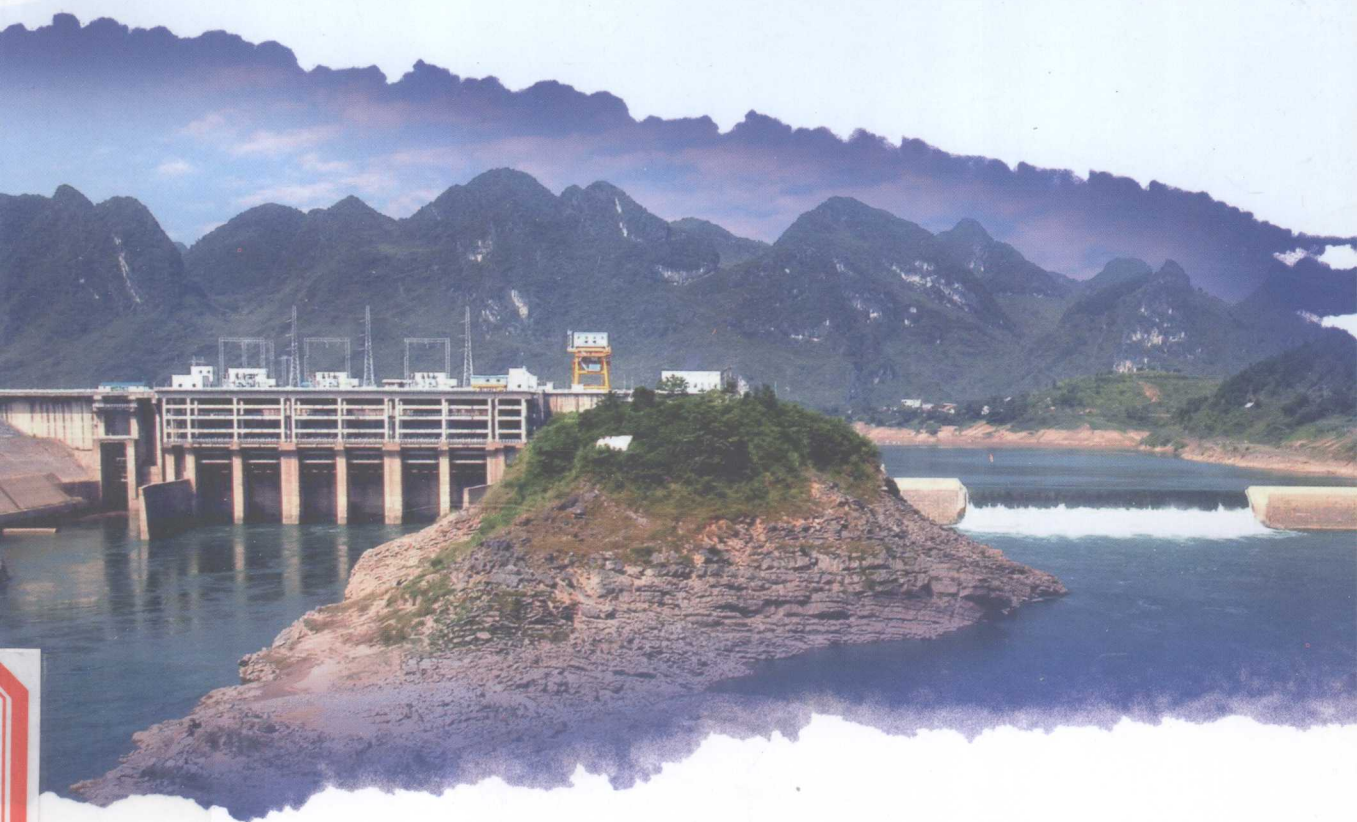


小型水电站运行与维护丛书

电气设备运行

姜荣武 李 华 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

TM 64/1010



NUAA2013050324

TM64
1010-1

小型水电站运行与维护丛书

电气设备运行

姜荣武 李 华 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

2013050324

··· 内 容 提 要 ···

本书共分十五章，内容包括：电力系统的概述，变压器的运行，高压断路器的运行，互感器的运行，隔离开关的运行，消弧线圈的运行，绝缘子、套管的运行，防雷设备的运行，水电厂的继电保护，水电厂的厂用部分，水电厂水轮发电机的运行和常见电气故障及处理，接地装置的运行，水电厂综合自动化系统，电气设备倒闸操作，安全工器具的使用。

本书可供从事小型水电站电气设备运行和维护的工作人员参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备运行/姜荣武，李华主编. —北京：中国电力出版社，2012.7

(小型水电站运行与维护丛书)

ISBN 978-7-5123-3281-2

I. ①电… II. ①姜…②李… III. ①水力发电站-电气设备-运行 IV. ①TV734

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 156430 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 12 月第一版 2012 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 406 千字

印数 0001—3000 册 定价 45.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

201208103

《小型水电站运行与维护丛书》

编 委 会

主 任 李 华

委 员 孙效伟 尹胜军 姜荣武 安绍军

《电 气 设 备 运 行》

编 写 人 员

主 编 姜荣武 李 华

参 编 于建军 宋君辉 董彦斌 王洪玲

序

我国小水电近年来发展非常迅速,从1995年末发电装机容量1650万kW,年发电量超过530亿kWh,到2011年已建成小水电站45000余座,总装机容量5900万kW,年发电量2000多亿kWh。目前,我国小水电遍布全国二分之一的地域、三分之一的县市,累计解决了3亿多无电人口的用电问题。中国小水电在山区农村的作用越来越显得重要,其自身经济效益也在逐步提高。小水电已成为我国农村经济社会发展的重要基础设施、山区生态建设和环境保护的重要手段。作为最直接的低碳能源生产方式,小水电在“十二五”期间将迎来新的发展机遇。

随着小水电事业的迅速发展和水电技术水平的不断提高,对小水电站运行与维护人员的知识、技能要求也越来越高。特别是随着新技术在小水电站的应用,需要电站运行与维护人员及时更新知识结构,从而保证小水电站安全、经济运行。为此,我们组织编写了本套“小型水电站运行与维护丛书”,可满足小水电站运行与维护人员在不脱离岗位的情况下,通过对所需知识的学习提高业务水平和技能,并应用到实际工作中,以保障发电机组的安全、可靠、高效、经济运行。

本套丛书共包括《水轮发电机组及其辅助设备运行》、《水力机械检修》、《电气设备运行》、《电气设备检修》、《水电站运行维护与管理》五个分册。该套丛书密切结合小水电技术水平发展的实际,以典型小水电站的系统和设备为主线,并按CBE模式对丛书的内容进行了划分,按照理论上够用、突出技能的思路组织各分册的编写。丛书图文并茂、浅显易懂,并充分结合了新规程和新标准。小水电站运行与维护人员可根据自身专业基础和实际需要选择要学习的模块。

本套丛书由国网新源丰满培训中心组织编写,可作为小型水电站运行、检修岗位生产人员的培训教材,也可供水电类职业技术学院相关专业师生学习参考。

国网新源丰满培训中心希望能够通过本套丛书的出版,为我国的水电事业尽一份绵薄之力。因编写时间和作者水平所限,丛书谬误和不足之处难免,敬请广大水电工作者批评指正。

国网新源丰满培训中心

2012年9月



前 言

为适应中小型水电站电力生产建设快速发展的需要,进一步提高中小型水电站技术人员的运行维护水平,以保障发电机组的安全、可靠、高效、经济运行。作者为中小型水电站电气运行人员编写了这本书,本书详尽介绍了水力发电厂一、二次电气设备的基本原理、结构类型、性能特点、技术参数、接线方式、运行维护、异常处理以及与水力发电厂运行紧密相关的电力系统专业知识。本书在编写过程中,注重理论的系统性和实用性,从基础理论出发,将理论和实践有机结合,并紧跟最新技术的发展,从而达到先进、实用的目的。全书共分十五章,内容包括:电力系统的概述,变压器的运行,高压断路器的运行,互感器的运行,隔离开关的运行,消弧线圈的运行,绝缘子、套管的运行,防雷设备的运行,水电厂的继电保护,水电厂的厂用部分,水电厂水轮发电机的运行,接地装置的运行,水电厂综合自动化系统,电气设备倒闸操作,安全工器具的使用。本书力图反映水力发电厂电气部分的新技术、新设备、新工艺、新材料和新经验,突出实用性和先进性,在理解电气设备工作原理的同时,全面反映水力发电厂电气设备的运行技术。努力做到术语准确、文字精练、插图简明、内容全面、通俗易懂。

本书第二~第五、第七、第九、第十章由姜荣武编写;第一、第八、第十一章由李华编写;第十二、第十三章由于建军编写;第十四章由宋君辉编写;第六章由董彦斌编写;第十五章王洪玲编写,全书由姜荣武统稿。本书在编写过程中,虽经反复推敲,多次修改,但因时间仓促、编者水平有限,疏漏错误之处在所难免,敬请广大读者在使用过程中提出宝贵意见,以便修订和完善。

作 者
2012年9月

序
前言

第一章 电力系统的概述	1
第一节 电力系统的基本概念	1
第二节 电力系统的额定参数及负荷	2
第三节 电力系统的中性点运行方式	5
第四节 发电厂的电气主接线	7
第二章 变压器的运行	14
第一节 变压器的基本理论	14
第二节 变压器的结构	21
第三节 变压器的运行方式	29
第四节 变压器的操作	34
第五节 变压器的运行维护	35
第六节 变压器的异常及事故处理	39
第三章 高压断路器的运行	58
第一节 高压断路器的概述	58
第二节 高压断路器的分类	60
第三节 高压断路器的操作	67
第四节 油断路器的运行及故障的处理	71
第五节 高压断路器运行中故障的处理	84
第六节 SF ₆ 断路器的运行及故障的处理	92
第七节 真空断路器的运行及故障的处理	95
第四章 互感器的运行	99
第一节 电流互感器	99
第二节 电流互感器的运行	105
第三节 电流互感器的操作	106
第四节 电流互感器故障的处理	107
第五节 电压互感器	110

第六节	电压互感器的运行	116
第七节	电压互感器的操作	118
第八节	电压互感器故障的处理	118
第五章	隔离开关的运行	126
第一节	隔离开关的概述	126
第二节	隔离开关的闭锁装置	130
第三节	隔离开关的运行操作	132
第六章	消弧线圈的运行	136
第一节	消弧线圈的原理	136
第二节	消弧线圈的运行原则	138
第三节	消弧线圈的操作	140
第四节	消弧线圈故障的处理	141
第七章	绝缘子、套管的运行	144
第一节	绝缘子的基本要求	144
第二节	绝缘子的分类及结构	145
第三节	绝缘子、套管的检查和运行	150
第四节	绝缘子故障的处理	152
第八章	防雷设备的运行	155
第一节	避雷针和避雷线	155
第二节	避雷器	157
第三节	防雷装置的运行	161
第四节	避雷器故障的处理	162
第九章	水电厂的继电保护	164
第一节	水轮发电机的继电保护	164
第二节	电力变压器的继电保护	170
第三节	输电线路的高频保护	182
第四节	输电线路的距离保护	188
第五节	母线保护	190
第六节	继电保护装置的运行	195
第十章	水电厂的厂用部分	198
第一节	水电厂厂用电	198
第二节	水电厂直流系统	203
第三节	直流系统的运行	216
第十一章	水电厂水轮发电机的运行和常见电气故障及处理	220
第一节	水电厂水轮发电机的运行	220

第二节 水轮发电机常见电气故障及处理·····	223
第十二章 接地装置的运行·····	228
第一节 接地装置的技术要求·····	228
第二节 接地装置的检查和运行·····	230
第三节 接地装置故障的处理·····	232
第十三章 水电厂综合自动化系统·····	233
第一节 水电厂综合自动化系统的基本概念·····	233
第二节 水电厂综合自动化系统的结构·····	235
第三节 综合自动化系统的主要功能·····	239
第四节 水电厂自动化系统的运行·····	242
第十四章 电气设备倒闸操作·····	244
第一节 倒闸操作的概述·····	244
第二节 母线的倒闸操作·····	252
第三节 线路的倒闸操作·····	254
第十五章 安全工器具的使用·····	256
附录 典型的倒闸操作票的格式·····	264



第一章

电力系统的概述

第一节 电力系统的基本概念

一、电气设备

为了满足生产的要求，发电厂中安装有各种电气设备，这些电气设备都是发电厂的重要组成部分。根据电气设备的作用不同，可将电气设备分为一次设备和二次设备。

1. 一次设备

通常把生产、转换和分配电能的设备称为一次设备。包括发电机、变压器、断路器、隔离开关、母线、电抗器、自动空气开关、电力电缆、架空线路、避雷器、电流互感器、电压互感器等。它们包括：

(1) 生产和转换电能的设备。如发电机将机械能转换成电能，电动机将电能转换成机械能，变压器将电压升高或降低，以满足输配电需要。这些都是发电厂中最主要的设备。

(2) 接通或断开电路的开关电器。例如断路器、隔离开关、熔断器、接触器之类，它们用于正常或事故时，将电路闭合或断开。

(3) 限制故障电流和防御过电压的电器。例如限制短路电流的电抗器和防御过电压的避雷器等。

(4) 接地装置。无论是电力系统中性点的工作接地还是保护人身安全的保护接地，均同埋入地中的接地装置相连。

(5) 载流导体。如裸导体、电缆等，它们按设计的要求，将有关电气设备连接起来。

2. 二次设备

对上述一次设备进行测量、控制、监视和起保护作用的设备统称为二次设备，它们包括：

(1) 仪用互感器。如电压互感器和电流互感器，可将电路中的电压或电流降至较低值，供给仪表和保护装置使用。

(2) 测量表计。如电压表、电流表、功率因数表等，用于测量电路中的参量值。

(3) 继电保护及自动装置。这些装置能迅速反应不正常情况并进行监控和调节，例如作用于断路器跳闸，将故障切除。

(4) 直流电源设备。包括直流发电机、蓄电池等，供给保护和事故照明的直流用电。

(5) 信号设备及控制电缆等。信号设备给出信号或显示运行状态标志, 控制电缆用于连接二次设备。

二、电力系统

为了提高供电的可靠性和经济性, 目前广泛地将许多发电厂用电力网络连接起来并联工作。这些由发电厂、配电装置、升压和降压变电站、电力线路及电能用户所组成的统一整体, 称为电力系统。电力系统中由各级电压的输配电线路和变电站组成的部分称为电网。

第二节 电力系统的额定参数及负荷

一、电气设备的额定参数

用以表明电气设备在一定条件下的长期工作最佳运行状态的特征量的值称为额定参数。各类电气设备的额定参数主要有额定电压、额定电流和额定容量。

1. 额定电压

电气设备的额定电压是按长期正常工作时具有最大经济效果所规定的电压。为使电气设备实现标准化和系列化生产, 国家规定了标准电压系列如表 1-1 所示。

表 1-1 我国交流电力网和电气设备的额定电压 (线间电压) kV

用电设备额定电压 与电力网额定电压	发电机 额定电压	变压器额定电压		
		一次绕组		二次绕组
		接电力网	接发电机	
	0.23	0.22	0.23	0.23
	0.40	0.38	0.40	0.40
3	3.15	3	3.15	3.15 及 3.3
6	6.3	6	6.3	6.3 及 6.6
10	10.5	10	10.5	10.5 及 11
35		35		38.5
60		60		66
110		110		121
220		220		242
330		330		363
500		500		550
750		750		825

(1) 用电设备和电力网的额定电压。我国用电设备的额定电压与电力网的额定电压是相等的。但实际中, 由于输送电能时在线路和变压器等元件上产生的电压损失, 会使线路上各处的电压不相等, 使各点的实际电压偏离额定电压, 即线路首端的电压将高出额定电压, 线路末端的电压将低于额定电压。

(2) 发电机额定电压。发电机总是处于电力网首端，其额定电压比电力网的高 5%，即 $U_{GN}=1.05U_N$ 。允许线路电压降 10%，从而保证用电设备的工作电压均在 $\pm 5\%$ 以内。

(3) 变压器额定电压。变压器在电力系统中具有发电机和用电设备的双重性。变压器的一次绕组是从电网接受电能的，故相当于用电设备；其二次绕组是输出电能的，相当于发电机。因此规定变压器一次绕组的额定电压等于用电设备的额定电压。但是，当变压器的一次绕组直接与发电机的出线端相连时，其一次绕组的额定电压应与发电机额定电压相同，即 $U_1=1.05U_N$ 。变压器的二次绕组（通常指空载电压）比同级电力网的额定电压高 10%，即 $U_2=1.1U_N$ 。但是，10kV 及以下电压等级的变压器的阻抗压降在 7.5% 以下，若线路短，线路上压降小，其二次绕组额定电压可取 $1.05U_N$ 。

2. 额定电流

电气设备的额定电流是指周围介质在额定环境温度时，其绝缘和载流导体及其连接的长期发热温度不超过极限值所允许长期通过的最大电流值。

我国采用的周围介质额定温度如下：

电力变压器和大部分电器（如断路器、隔离开关、互感器等）的额定周围空气温度取为 40℃。

敷设在空气中的母线、电缆和绝缘导线等为 25℃。

埋设地下的电力电缆的额定泥土温度为 25℃。

3. 额定容量

额定容量的规定条件与额定电流相同。变压器额定容量用视在功率（kVA）表示；发电机的原动机只能提供有功功率，所以一般以有功功率（kW）表示；当其额定容量用视在功率表示时，需表明功率因数（ $\cos\varphi$ ）。电动机也多用有功功率表示。

二、电力系统的负荷

1. 电力系统的负荷分类

电力系统的负荷是指电力系统中所有用电设备消耗功率的总和，它们又分为动力负荷（异步电动机）、电热电炉、整流设备及照明负荷等。

电力系统的综合用电负荷是指工业、农业、交通运输、市政生活等各方面消耗功率之和。

电力系统的供电负荷是指电力系统的综合用电负荷加上网损后的负荷。

电力系统的发电负荷是指供电负荷再加上发电厂厂用电负荷，即发电机应发出的功率。

2. 负荷曲线

负荷曲线是指某一段时间内负荷随时间变化的曲线。负荷曲线有以下特征：

(1) 按负荷种类分为有功负荷曲线和无功负荷曲线。

(2) 按时间段分为日负荷曲线和年负荷曲线。

(3) 按计量地点分为个别用户、电力线路、变电站、发电厂及整个电力系统的负荷曲线。

将上述三种特征结合起来，可确立以下几种特定的负荷曲线。

(1) 日负荷曲线。图 1-1 (a) 所示为某一地区电网的日负荷曲线。图 1-1 (a) 中 P 表示

有功功率, Q 表示无功功率, 它们表示该系统在一天 24h 内负荷变化的情况。

为了便于绘制和计算, 日负荷曲线常绘制成阶梯形, 见图 1-1 (b)。图 1-1 (b) 中 $P_{\max}$ 表示一天内的最大负荷, $P_{\min}$ 表示一天内的最小负荷。把一天内各小时的负荷加起来再除以 24, 则可得日平均负荷, 记作 P_{av} 。

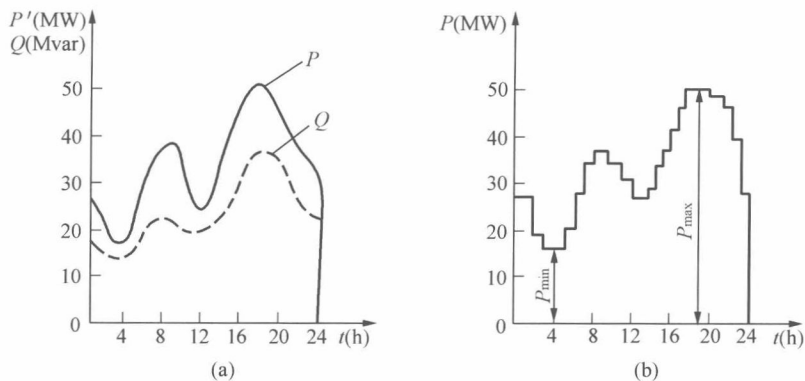


图 1-1 日负荷曲线

(a) 有功及无功日负荷曲线; (b) 阶梯形有功日负荷曲线

在电力系统的负荷曲线上, 平均负荷以上的负荷称为尖峰负荷或峰荷; 最小负荷以下的负荷称为基本负荷或基荷; 基荷与峰荷之间的部分称为腰荷。通常, 表示负荷曲线特征的系数为日负荷率 δ , 表达式为

$$\delta = \frac{P_{\text{av}}}{P_{\max}} \times 100\% \quad (1-1)$$

日负荷率越高, 电能成本越低, 应努力提高日负荷率。我国日负荷率为 85%~90%。日负荷曲线除了表示负荷在一日内各时间的变化外, 还表示用户在一日内消耗的电能 W_d , 表达式为

$$W_d = \sum_{i=1}^{24} P_i \Delta t_i \quad (1-2)$$

$$\text{或} \quad W_d = \int_0^{24} P dt \quad (1-3)$$

很明显, 这就是有功日负荷曲线下面所包围的面积。

(2) 年最大负荷曲线。把一年 12 个月中的最大负荷逐月画出, 连成曲线, 可得年最大负荷曲线, 图 1-2 所示为某电力系统的年最大负荷曲线。年最大负荷曲线表示一年内电网最大负荷的变化规律。从图 1-2 可以看出, 该系统夏秋季的最大负荷较小, 可安排在该季节检修机组。

(3) 年持续负荷曲线。年持续负荷曲线是根据一年中负荷的大小及持续时间顺序排列组成的曲线, 如图 1-3 所示。利用年持续负荷曲线, 可以计算全年中电力网所输送的或用户使用的电能, 即全年用电量 W_a 。

$$W_a = \sum_{i=1}^{8760} P_i \Delta t_i \quad (1-4)$$

或

$$W_a = \int_0^{8760} P dt \quad (1-5)$$

显然，年用电量的数值就是年持续负荷曲线下面 0~8760h 所包围的面积。

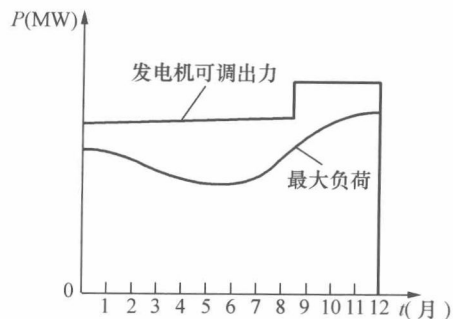


图 1-2 年最大负荷曲线

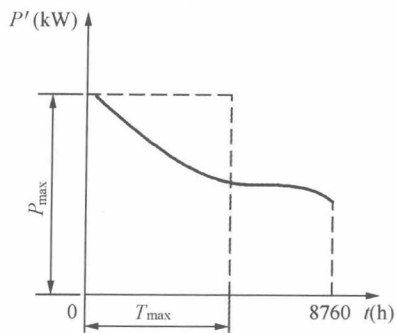


图 1-3 年持续负荷曲线

第三节 电力系统的中性点运行方式

电力系统的中性点是指三相电力系统中绕组或线圈采用星形连接的电力设备（如发电机、变压器等）各相的连接对称点和电压平衡点，其对地电位在电力系统正常运行时为零或接近于零。电力系统中性点接地是一种工作接地，保证电力设备和整个电力系统在正常及故障状态下具有适当的运行条件。

电力系统中性点接地方式有两大类：大接地电流系统。中性点直接接地或经低阻抗接地。小接地电流系统。中性点不接地、经消弧线圈或高阻抗接地。

其中采用最广泛的是中性点不接地、中性点经消弧线圈接地和中性点直接接地等三种方式。

一、中性点直接接地

优点：系统绝缘水平低。

缺点：接地电流大、供电可靠性低。

中性点直接接地的特点：

(1) 它在发生一相接地故障时，非故障相对地电压不会增高，因而各相对地绝缘即可按相对地电压考虑，电网的电压越高，经济效果越大，所以在 110kV 及以上的系统，都采用中性点直接接地，如图 1-4 所示。

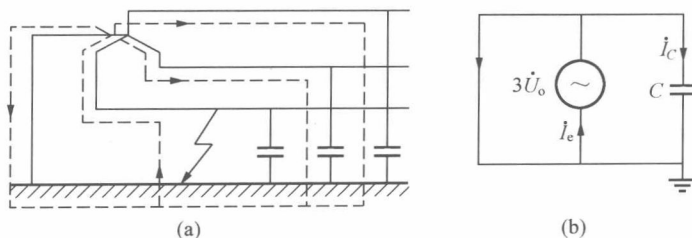


图 1-4 中性点直接接地

(a) 接地示意图；(b) 等效电路图

(2) 在中性点直接接地系统中, 当发生一相接地时, 这一相直接经过接地点与接地的中性点短路, 一相接地短路电流的数值最大, 因而应立即使继电保护动作, 将故障部分切除。

(3) 在中性点不接地或经消弧线圈接地的系统中, 单相接地电流往往比正常负荷电流小很多, 因而要实现有选择性的接地保护就比较困难, 但在中性点直接接地系统中实现就比较容易, 由于接地电流较大, 继电保护一般都能迅速而准确地切除故障线路, 且保护装置简单, 工作可靠。

二、中性点不接地

优点: 可连续供电。

缺点: 接地电弧不易自行熄灭、绝缘水平要求很高。

(1) 在中性点不接地系统中, 接在相间电压上的受电器的供电并未遭到破坏, 它们可以继续运行。当中性点不接地的系统中发生一相接地时, 非故障相电压升高, 接在相间电压上的设备的绝缘薄弱点很可能会被击穿, 而引起两相接地短路, 将严重地损坏电气设备, 如图 1-5 所示。

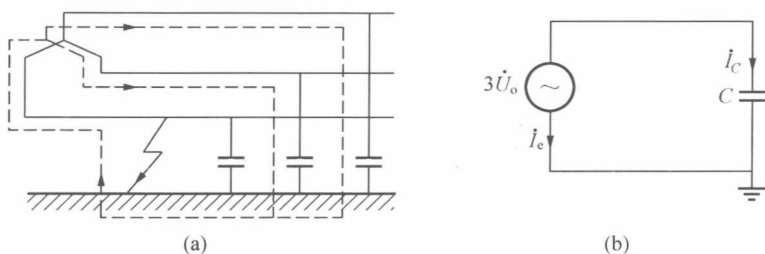


图 1-5 中性点不接地

(a) 不接地示意图; (b) 等效电路图

(2) 在中性点不接地系统中, 当接地的电容电流较大时, 在接地处引起的电弧就很难自行熄灭。在接地处还可能出现间隙电弧, 即周期地熄灭重燃的电弧。由于电网是一个具有电感和电容的振荡回路, 间歇电弧将引起相对地的过电压, 其数值可达 $2.5 \sim 3U_N$ 。这种过电压会传输到与接地点有直接电连接的整个电网上, 更容易引起另一相对地击穿, 而形成两相接地短路。

三、中性点经消弧线圈接地 (谐振接地方式)

优点: 可带故障运行、补偿接地电流。

缺点: 绝缘水平要求较高。

在中性点不接地电网中, 单相接地故障占 80%, 随着单相接地电容电流的增大, 越来越多的接地故障不能自动消除, 间歇性接地电弧会在系统中引起过电压, 采用谐振接地 (消弧线圈接地), 如图 1-6 所示, 消弧线圈产生的电感电流补偿了接地点电容电流, 降低了故障相电压恢复速度, 使接地点电弧自动熄灭, 使系统自动恢复正常, 发生稳定性单相接地时, 很小的残余接地电流并不会造成危险, 系统仍可继续供电, 运行人员可在规定的时间内发现并处理故障。

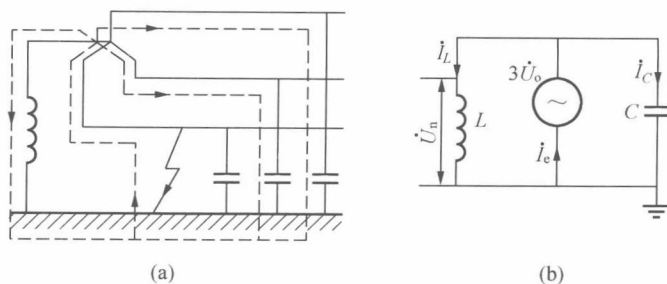


图 1-6 中性点经消弧线圈接地

(a) 接地示意图；(b) 等效电路图

四、中性点经电阻接地

中性点经电阻接地如图 1-7 所示。

优点：永久性接地可快速切除，保护简单。

缺点：接地电流较大，需要跳闸。

目前我国电力系统中，中性点的接地方式大体有：

(1) 对于 6~10kV 系统，由于设备绝缘水平按线电压考虑对于设备造价影响不大，为了提高供电可靠性，一般均采用中性点不接地或经消弧线圈接地的方式。

(2) 对于 110kV 及以上的系统，主要考虑降低设备绝缘水平，简化继电保护装置，一般均采用中性点直接接地的方式。并采用送电线路全线架设避雷线和装设自动重合闸装置等措施，以提高供电可靠性。

(3) 20~60kV 的系统，是一种中间情况，一般一相接地时的电容电流不大，网络不复杂，设备绝缘水平的提高或降低对于造价的影响不显著，所以一般均采用中性点经消弧线圈接地的方式。

(4) 1kV 以下的电网的中性点采用不接地方式运行。但电压为 380/220V 的系统，采用三相五线制接线的方式，零线是为了取得相电压，地线是为了安全。

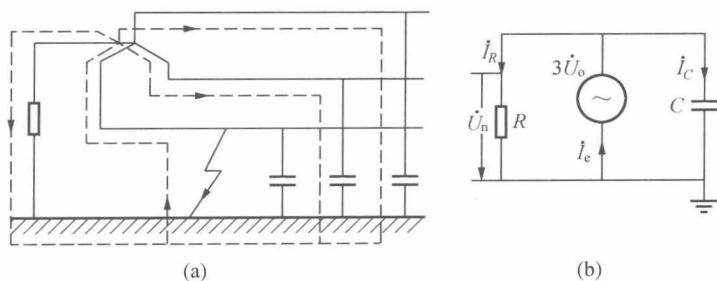


图 1-7 中性点经电阻接地

(a) 接地示意图；(b) 等效电路图

第四节 发电厂的电气主接线

在发电厂和变电站中，各种电气设备根据工作的要求和它们的作用，依一定次序连接成

的一次设备电路称为电气主接线或一次接线（主电路）。电气主接线主要指发电厂、变电站、电力系统中传输电能的通路，这些通路中有发电机、变压器、母线、断路器、互感器、隔离开关、电抗器、线路等设备，是按一定顺序连接的，用以产生、汇集和分配电能的电路。它们的连接方式，具有供电可靠、运行灵活、检修方便及经济合理的特点。

一、电气主接线的基本要求

（1）电气主接线应根据系统和用户的要求，保证供电的可靠性和电能质量。电压与频率是电能质量的基本指标。在确定主接线时，应保证电能质量在允许的变动范围内。

（2）电气主接线应具有一定的灵活性，以适应电气装置的各种工作情况。要求电气主接线不但在正常工作时能保证供电，而且当接线中的一部分元件检修时，也不应对用户中断供电，并应保证进行检修工作的安全。

（3）电气主接线应尽可能简单清晰、操作方便，当电气装置的个别元件切除或接入时，所需的操作步骤最少。过于复杂的接线，会使运行人员操作困难，还可能由于误操作而造成事故。同时，电器数量的增多，也常引起事故的增多。相反，不适当的简化接线，也会引起不良的后果。

（4）经济合理，投资省、占地少，电能损失少。

（5）主接线应具有未来发展的可能性。

二、主接线的基本形式

1. 母线的的作用

电气装置中引出线的数目一般要比电源数目多，而且当电力负荷减少或电气设备检修时，每一电源都有可能被切除。因此，必须使每一引出线都能从一电源获得供电，以保证供电的可靠性和工作的灵活性。最好的方法是采用母线。母线起着汇总和分配电能的作用。母线是电气装置中的重要部分，母线故障会使电气装置的工作破坏和对用户供电中断。

2. 不分段的单母线接线

不分段的单母线接线，是每个电源和引出线回路，都经过断路器和隔离开关接到一条公共母线上的接线。图 1-8 中母线保证电源Ⅰ和电源Ⅱ并列工作，同时任一条引出线都从母线上获得电能。

单母线接线的优点：接线简单清晰，操作方便，所用电气设备少，配电装置建造费用低。

单母线接线的缺点：当母线和母线隔离开关检修时，每个回路必须全部停止供电；当母线和母线隔离开关短路，当断路器母线侧绝缘套管损坏时，所有电源回路的断路器都会由继电保护动作，而自动断开，结果造成大面积停电。在正常运行时，母线故障是较少发生的。因此，不分段的单母线接线的工作可靠性和灵活性都较差。

故这种接线主要用于小容量，特别是只有一个电源的发电厂和变电站中。

3. 用断路器分段的单母线接线

为提高单母线接线的供电可靠性和灵活性，可采用断路器分段的单母线接线方式。用断路器分段的单母线接线如图 1-9 所示。分段的数目取决于电源的数目和功率、电网的接线及