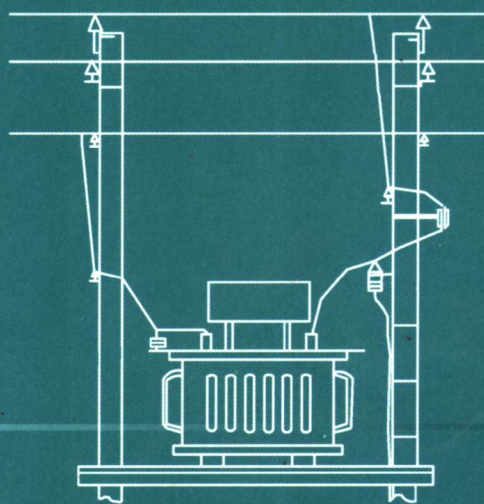
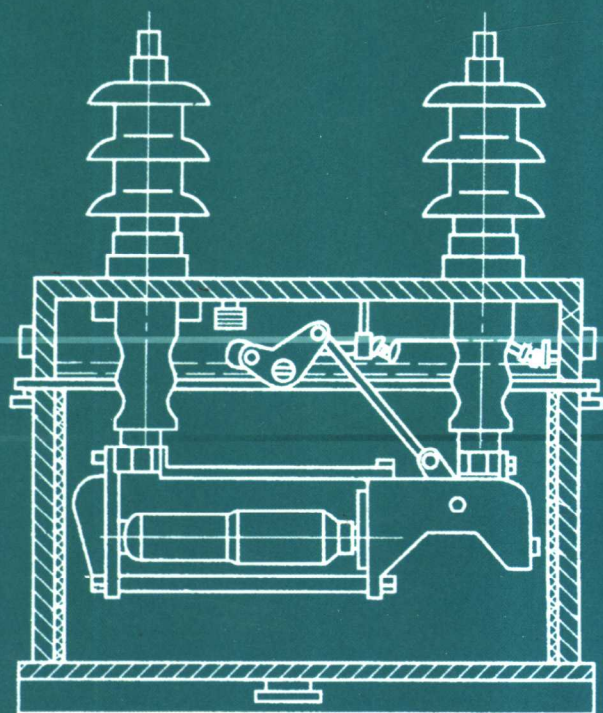


高 / 职 / 高 / 专 / 通 / 用 / 教 / 材

电气设备

及其运行

陈化钢 主编



合肥工业大学出版社

DIANQI
SHEBEI
JIQI
YUNXING

电气设备及其运行

陈化钢 主编

合肥工业大学出版社

内容提要

本书共十二章,分别介绍了电气设备及其运行的基本知识,开关电器、互感器、并联电容器、电力电缆、绝缘子与母线、主接线、操作电源和二次回路的工作原理以及电气设备的防雷保护等。

本书内容丰富,应用性强,可作为高职高专、电视大学和函授学院的电气技术、电力系统自动化、供用电技术、机电设备、机电排灌等专业的教材,也可供从事电气专业的工程技术人员及有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备及其运行/陈化钢编著.——合肥:合肥工业大学出版社,2004.4

ISBN 7-81093-067-2

I.电... II.陈... III.电气设备—高等教育—教材 IV.TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 021782 号

电气设备及其运行

主编 陈化钢

责任编辑 孟宪余 刘俊

出版	合肥工业大学出版社	开本	787×1092 1/16
地址	合肥市屯溪路 193 号 邮编:230009	印张	23.25
电话	总编室:0551-2903038 发行部:0551-2903198	字数	540 千字
发行	全国新华书店	版次	2004 年 4 月第 1 版
排版	合肥志伟艺术设计中心	印次	2004 年 4 月第 1 次印刷
印刷	合肥现代印务有限公司	网址	www.hfutpress.com.cn

ISBN 7-81093-067-2/TM·2

定价:29.00 元

如有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

前 言

根据安徽省教育厅教高[2001]18号文,电气设备及其运行被列为普通高等学校省级重点建设课程。该文指出,重点建设课程的主要目标和任务是“精品教材建设、双语教学和运用现代教育技术提高教学水平”。为落实重点建设课程的任务,我们根据电气专业教学大纲要求,并结合多年的教学经验,组织编写了这本《电气设备及其运行》教材,本教材的基本特点是:

(1) 系统性。较系统地介绍电气设备及其运行的基本知识和基本理论,但以够用为度。

(2) 实用性。强调知识的应用,理论联系实际,强化工程意识,促进技能提高,为培养应用性人才服务。

(3) 先进性。以现场应用或正在推广的新设备、新技术作为分析对象,反映最新的技术成果。

(4) 适应性。便于应用现代教育技术,采用多媒体教学等手段进行教学。

在编写过程中,我们以现行的国家标准、规范和规程为依据,并参阅了许多文献,其中大部分已列入书后参考文献目录中,在此对原作者表示感谢。

为便于教学和自学,每章均列出提要、本章小结和复习题;为便于课程设计,在附录中还列出一定的参考技术数据。

本书共分十二章,其中第一章、第十章、第十一章由陈化钢编写;第二章由汪永华编写;第三章、第五章由蒋永明编写;第四章、第八章由彭伟编写;第六章、第七章由陶有抗编写;第九章、第十二章由兰旺英编写。全书由陈化钢主编并负责统稿。

本教材可供电气技术、电力系统自动化、供用电技术、机电设备、机电排灌等专业使用,参考学时为100~120学时,使用中可根据学校的特点和专业的具体要求适当增减。

对于书中存在的缺点和不足,欢迎使用本书的广大师生及读者批评指正。

编 者
2004.3

目 录

前 言

第一章 电气设备及其运行的基本知识

提 要	(1)
第一节 电气设备分类	(1)
第二节 电力系统的中性点运行方式	(4)
第三节 对电气设备运行的要求及规定	(10)
第四节 电气事故处理	(13)
本章小结	(18)
复习题	(18)

第二章 开关电器

提 要	(20)
第一节 电弧的产生与熄灭	(20)
第二节 高压断路器	(24)
第三节 高压负荷开关	(37)
第四节 高压隔离开关	(40)
第五节 高压熔断器	(42)
第六节 重合器与分段器	(46)
第七节 低压一次设备	(48)
第八节 开关柜	(57)
第九节 高压组合电器	(61)
第十节 预装式变电站	(67)
本章小结	(70)
复习题	(71)

第三章 互感器

提 要	(72)
第一节 概 述	(72)
第二节 电流互感器	(73)
第三节 电压互感器	(79)

第四节 互感器运行	(85)
本章小结	(90)
复习题	(91)

第四章 并联电容器

提 要	(93)
第一节 并联电容器的基本结构	(93)
第二节 并联电容器无功补偿	(96)
第三节 电容器的安装、运行与维护	(111)
本章小结	(115)
复习题	(115)

第五章 电力电缆

提 要	(117)
第一节 概 述	(117)
第二节 电力电缆的分类与结构	(117)
第三节 电力电缆的种类特征	(119)
第四节 电力电缆敷设的基本要求	(125)
第五节 电缆线路的运行	(129)
本章小结	(135)
复习题	(135)

第六章 绝缘子与母线

提 要	(137)
第一节 绝缘子及其分类	(137)
第二节 母线及其分类	(142)
本章小结	(147)
复习题	(147)

第七章 电气主接线

提 要	(148)
第一节 电气主接线的基本要求和设计原则	(148)
第二节 单母线接线	(151)
第三节 双母线接线	(153)
第四节 桥形接线	(155)
第五节 单元接线	(156)
第六节 主接线典型方案举例	(157)

第七节 主接线方案的经济比较·····	(161)
本章小结·····	(163)
复习题·····	(164)
第八章 短路电流计算与电气设备选择	
提 要·····	(165)
第一节 短路电流及其计算有关知识·····	(165)
第二节 短路电流分析及其计算·····	(176)
第三节 短路电流的效应和稳定度校验·····	(189)
第四节 电气设备的选择与校验·····	(194)
本章小结·····	(209)
复习题·····	(209)
第九章 操作电源	
提 要·····	(211)
第一节 操作电源概述·····	(211)
第二节 蓄电池·····	(212)
第三节 蓄电池的直流系统·····	(215)
第四节 整流操作的直流系统·····	(219)
第五节 直流系统的绝缘监察和电压监察装置·····	(222)
本章小结·····	(224)
复习题·····	(224)
第十章 雷电过电压及其保护	
提 要·····	(225)
第一节 过电压及其分类·····	(225)
第二节 雷电及雷电参数·····	(227)
第三节 防雷保护装置·····	(231)
第四节 电气设备的防雷保护·····	(240)
第五节 接地装置·····	(250)
本章小结·····	(258)
复习题·····	(259)
第十一章 电气设备预防性试验	
提 要·····	(260)
第一节 预防性试验及其分类·····	(260)
第二节 预防性试验的基本方法·····	(261)

本章小结·····	(301)
复习题·····	(302)
第十二章 二次回路	
提 要·····	(304)
第一节 二次回路概述·····	(304)
第二节 断路器的控制和信号回路·····	(304)
第三节 中央信号装置·····	(309)
第四节 测量仪表与绝缘监视装置·····	(313)
第五节 二次回路接线图·····	(316)
本章小结·····	(321)
复习题·····	(321)
附录 1 常用电气设备全型号的表示和含义·····	(323)
附录 2 开关电器技术数据·····	(330)
附录 3 互感器技术数据·····	(339)
附录 4 并联电容器技术数据·····	(343)
附录 5 电力变压器技术数据·····	(347)
附录 6 电力线路技术数据·····	(350)
附录 7 避雷器技术数据·····	(357)
附录 8 接地装置要求的接地电阻值·····	(359)
附录 9 电流继电器主要技术数据·····	(361)
参考文献·····	(363)

第一章 电气设备及其运行的基本知识

提 要

本章首先介绍电气设备的分类,其次阐述电力系统的中性点运行方式以及对电气设备的要求和规定,最后说明电气事故处理的规定,并给出实例。

第一节 电气设备分类

在电力系统中运行着各种电气设备,概括地说,包括发电设备、送电设备、变电设备、配电设备和用电设备等。若按其所属电路性质、电压等级、安装场所、组装方式、绝缘介质等,又可以进行如下的分类。

一、按电气设备所属电路性质分类

(一) 一次设备

通常把直接生产、输送和分配电能的电气设备称为一次设备。按其在一次电路中的功用又可分为如下几类:

1. 生产设备

用于生产电能的设备,如发电机。这是最主要的设备之一。

2. 变换设备

用来变换电能、电压或电流的设备,如电动机、电力变压器、电压互感器和电流互感器。其中电力变压器也是最主要的设备之一,通常称为主设备。

3. 控制设备

用来控制电路通断的设备,如各种高低压开关电器。

4. 保护设备

用来限制电路中短路电流或过电压的设备,如电抗器、高低压熔断器和避雷器。

5. 补偿设备

用来补偿电路无功功率以提高系统功率因数的设备,如高低压电容器。

6. 载流导体

用来传送电能或连接电气设备的导体,如架空线、电力电缆及母线等。

7. 接地装置

接地线和接地极的总和称为接地装置。它可分为接地网(由垂直和水平接地极组成的供发电厂、变电所使用,兼有泄流和均压作用的较大型的水平网状接地装置)和集中接地装置(为加强对雷电流的散流作用、降低对地电位而敷设的附加接地装置)。

(二) 二次设备

在二次电路中,用来控制、指示、测量和保护一次设备的电气设备,称为二次设备。虽然它不直接参与电能的生产和分配过程,但是它对主体设备的正常、有序地工作和产生经济效益,起着十分重要的作用。按其在二次电路中的功用可分为如下几类:

1. 测量仪表

用于测量一次电路中运行参数的仪表,如电压表、电流表、功率表、功率因数表等。

2. 继电保护及自动装置

用于迅速反应电气故障或不正常运行情况,并根据要求排除故障或作相应调节的装置,如各种继电器、自动装置等。

3. 信号设备

给出信号或显示运行状态标志的设备,如信号继电器、电笛、电铃、信号灯等。

4. 直流设备

用于供给保护、操作、信号以及事故照明直流电源的设备,如直流发电机组、蓄电池、整流装置等。

二、按安装地点分类

(一) 屋内式电气设备

电气设备安装于屋内,如屋内高低压开关电器、屋内变压器、互感器等。由于电气设备安装于屋内,所以受气候和环境的影响较小。

(二) 屋外式电气设备

电气设备安装于屋外,如屋外高低压开关电器、屋外变压器、互感器等。由于电气设备安装于屋外,所以受气候和环境的影响较大,运行条件较差,对其外绝缘及密封要求较高。

三、按电压等级分类

(一) 低压电气设备

通常额定电压在 1 kV 以下的电气设备称为低压电气设备。目前我国低压电气设备的电压等级主要有 220/380 V 和 380/660 V。

(二) 高压电气设备

额定电压在 1 kV 及以上至 220 kV 的电气设备称为高压电气设备。目前我国高压电气设备的电压等级主要有 3 kV、6 kV、10 kV、35 kV、66 kV、110 kV、220 kV。

(三) 超高压电气设备

额定电压在 330 kV 及以上至 750 kV 的电气设备称为超高压电气设备。目前我国超高压电气设备的电压等级有 330 kV 和 500 kV。

(四) 特高压电气设备

额定电压在 1 000 kV 及以上的电气设备称为特高压电气设备。目前我国正在研究这类额定电压的电气设备,为长江三峡水电站的电力输送服务。

我国三相交流电网和电力设备的额定电压如表 1-1 所示。

表 1-1 我国三相交流电网和电力设备的额定电压

分 类	电网和用电设备 额定电压(kV)	发电机额定电压 (kV)	电力变压器额定电压(kV)	
			一次绕组	二次绕组
低 压	0.38	0.40	0.38	0.40
	0.66	0.69	0.66	0.69
高 压	3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
	6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
	10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
	—	13.8, 15, 75, 18,	13.8, 15, 75, 18,	—
		20, 22, 24, 26	20, 22, 24, 26	
	35	—	35	38.5
	66	—	66	72.6
	110	—	110	121
超高压	220	—	220	242
	330	—	330	363
特高压	500	—	500	550
	待定	—	待定	待定

注: (1) 《电业安全工作规程》(DL408-91、DL409-91)将电气设备分为高压和低压两种:对地电压在 250 V 以上者为高压电气设备;对地电压在 250 V 及以下者为低压电气设备。

(2) 我国的一些设计、制造和安装规程通常是以 1 000 V(或略高)为界限来划分电压高低。一般规定额定电压在 1 000 V(有的规定 1 200 V)及以下者为低压,额定电压在 1 000 V(或 1 200 V)以上者为高压。

四、按组装方式分类

(一) 现场组装的电气设备

将电气设备或其部件运到现场进行装配或连接。目前大多数电气设备都属于此类。

(二) 成套电气设备

在制造厂按要求把某些电气设备组合在一起,然后再装入封闭和不封闭的金属箱(柜)中,即构成成套电气设备,如高压开关柜、SF₆ 气体绝缘全封闭电器(GIS)、箱式变电所、低压配电盘和配电箱等。其中箱式变电所可用于屋外。

五、按采用的绝缘介质分类

(一) 油浸式电气设备

用油作为绝缘介质的电气设备,称为油浸式电气设备,如油浸式变压器、油浸式互感器、多油或少油断路器等。

(二) SF₆ 电气设备

以 SF₆ 气体作为绝缘介质的电气设备,称为 SF₆ 电气设备,如 SF₆ 断路器、SF₆ 变压器、SF₆ 互感器、SF₆ 电缆、SF₆ 气体绝缘全封闭电器(GIS)等。

(三) 真空电气设备

以真空作为绝缘介质的电气设备,称为真空电气设备,如真空断路器、真空负荷开关、真空重合器等。

(四) 干式电气设备

以环氧树脂等作为绝缘介质的电气设备,称为干式电气设备,如干式变压器、干式互感器等。

六、按所处状态分类

(一) 运行状态电气设备

是指设备的隔离开关及断路器都在关合位置,将电源至受电端间的电路接通的电气设备(包括辅助设备,如电压互感器、避雷器等),称为运行状态电气设备。

(二) 热备用状态电气设备

是指设备只靠断路器断开而隔离开关仍在合上位置,其特点是断路器一经合闸操作,即可进入运行状态。

(三) 冷备用状态电气设备

是指设备的断路器及隔离开关(若实际接线中存在)都在断开位置,手车式断路器无隔离开关者,应退出至“试验位置”。

(四) 检修状态电气设备

是指设备的所有断路器、隔离开关均断开(包括手车式断路器应拉出柜外)。验电并装好工作接地线或合上接地隔离开关(包括挂好标示牌、装好临时遮拦等),表示该设备处于检修状态。根据设备不同,检修状态可分为断路器检修、线路检修、母线检修和变压器检修等。

七、按发供电的重要性分类

在电力行业标准《电业生产事故调查规程》(DL558-94)中,将发供电设备分类如下:

(一) 主电气设备

发电厂和供电局的主电气设备包括:发电机(包括励磁系统)、调相机(静止补偿器)、变频器、3 kV 及以上的主变压器、电抗器、高压母线和配电变压器、断路器、线路(电力电缆)等(但不包括 3 kV 及以上的厂(所)用其他电气设备)。

(二) 主要辅助设备

系指那些发生了故障直接影响发供电主要设备安全运行的辅助设备,其中电气设备包括与磨煤机、排粉机等配套的电动机、消弧线圈、厂(所)用变压器、厂(所)用母线、3 kV 及以上隔离开关、互感器、避雷器、蓄电池等。

第二节 电力系统的中性点运行方式

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,其运行方式有不接地、经电阻接地、经电抗接地、经消弧线圈接地或直接接地等多种。由于中性点运行方式与电压等级等因素有关,所以下面按高压、超高压系统及低压系统分别进行叙述。

一、高压、超高压电力系统

目前我国高压、超高压电力系统的中性点运行方式主要有不接地、经消弧线圈接地和直接接地。

(一) 中性点不接地(绝缘)的三相系统

在我国电力行业标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620-1997)中规定,3~10 kV 不直接连接发电机的系统和 35 kV、66 kV 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:

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

(2) 3~10 kV 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:① 3 kV 和 6 kV 时,30 A;② 10 kV 时,20 A。

(3) 3~10 kV 电缆线路构成的系统,30 A。

中性点不接地的电力系统,在正常运行时的电路图和相量图,如图 1-1 所示。

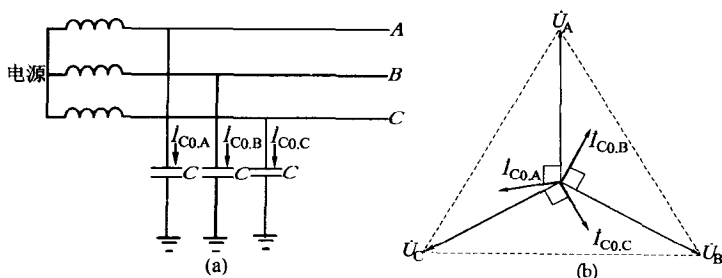


图 1-1 中性点不接地电力系统的正常工作状态

(a) 电路图;(b) 相量图

由于任意两个导体间隔以绝缘介质时,就形成电容,因此三相交流电力系统的相与相之间及相与地之间都存在着一定的电容。现假设图 1-1(a)所示的三相系统的电源电压及线路参数都是对称的,而且把相与地之间的分布电容都用集中电容 C 来表示,相间电容对所讨论的问题无影响而予略去。

系统正常运行时,三个相的相电压 $\dot{U}_A$ 、 $\dot{U}_B$ 、 $\dot{U}_C$ 是对称的,三个相的对地电容电流 I_C 也是平衡的。因此三个相的电容电流的相量和为零,没有电流在地中流动。每相对地的电压,就等于其相电压。

当系统发生单相接地时,例如 C 相发生接地故障,如图 1-2(a) 所示。这时 C 相对地电压为零,而 A 相对地电压 $\dot{U}'_A = \dot{U}_A + (-\dot{U}_C) = \dot{U}_{AC}$, B 相对地电压 $\dot{U}'_B = \dot{U}_B + (-\dot{U}_C) = \dot{U}_{BC}$,如图 1-2(b) 的相量图所示。由此可见, C 相接地时,非故障的 A、B 两相对地电压都由原来的相电压升高到线电压,即升高为原对地电压的 $\sqrt{3}$ 倍。

C 相接地时,系统的接地电流(电容电流) I_C 应为 A、B 两相对地电容电流之和。由于一般习惯将从电源到负荷的方向取为各相电流的正方向。因此

$$I_C = -(\dot{I}_{C-A} + \dot{I}_{C-B})$$

由图 1-2(b) 的相量图可知, I_C 在相位上正好超前 $\dot{U}_C$ 90° ;而在量值上,由于 $I_C = \sqrt{3}I_{C-A}$,又 $I_{C-A} = U'_A/X_C = \sqrt{3}U_A/X_C = \sqrt{3}I_{C0}$,因此

$$I_C = 3I_{C0} \quad (1-1)$$

即一相接地的电容电流为正常运行时每相对地电容电流的 3 倍。

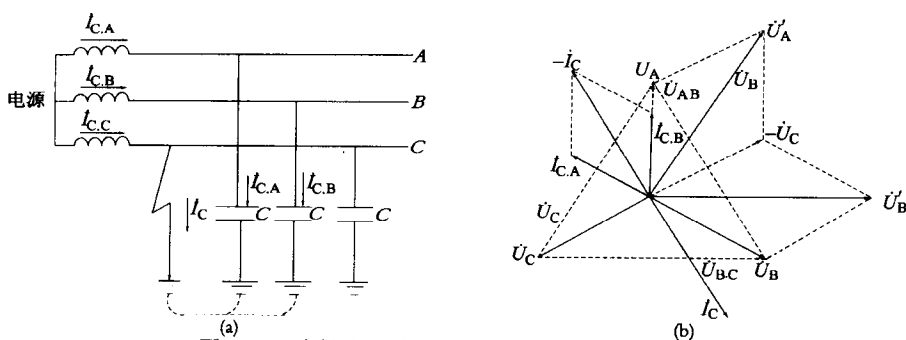


图 1-2 中性点不接地系统的单相接地

(a) 电路图; (b) 相量图

由于线路对地的电容 C 不好确定,因此 I_{C0} 和 I_C 也不好根据 C 来精确计算。一般采用经验公式来计算电源中性点不接地系统的单相接地电容电流。此经验公式的数值方程为

$$I_C = \frac{U_N(l_{ah} + 35l_{cab})}{350} \quad (1-2)$$

式中 I_C ——系统的单相接地电容电流,单位为 A;

U_N ——系统的额定电压,单位为 kV;

l_{ah} ——同一电压 U_N 的具有电的联系架空线路总长度,单位为 km;

l_{cab} ——同一电压 U_N 的具有电的联系电缆线路总长度,单位为 km。

由于中性点不接地电力系统发生单相接地时的接地电流较小,所以这种系统又称为小接地电流系统。

当发生不完全接地(即经过一些接触电阻接地)时,故障相对地的电压将大于零而小于相电压,而其他完好相对地的电压则大于相电压而小于线电压,接地电容电流也较式(1-2)计算值小。

必须指出:当中性点不接地的电力系统中发生单相接地时,三相用电设备的正常工作并未受到影响,因为线路的线电压无论相位和量值均未发生变化,这从图 1-2(b)的相量图可以看出,因此三相用电设备仍然照常运行。但是这种线路不允许在单相接地的情况下长期运行,因为如果另一相又发生接地故障时,就形成两相接地短路,这是不允许的,它将产生很大的短路电流,可能损坏线路设备。因此在中性点不接地的系统中,应该装设专门的单相接地保护或绝缘监察装置,在发生单相接地时,给予报警信号,以提醒值班人员注意,及时处理。

按我国规程规定:中性点不接地的电力系统发生单相接地故障时,允许暂时继续运行 2 h。运行维修人员应争取在 2 h 内查出接地故障,予以修复。如有备用线路,就应将负荷转移到备用线路上去。在经过 2 h 后接地故障尚未消除时,就应该切断此故障线路。

(二) 中性点经消弧线圈接地的三相系统

在上述中性点不接地的三相系统中,发生单相接地故障时,虽然可以继续供电,但在单相接地故障电流超过上述 DL/T620-1997 的规定时,可能会在接地点引起间歇性弧光接地。电弧周期性的熄灭和重燃,产生危险的间歇性弧光接地过电压(最大可达 3.5 倍相电压),导致电气设备绝缘损坏。为了防止单相接地时接地点出现间歇性弧光接地,当单相接地故障电流超过上述 DL/T620-1997 的规定时,应当采用中性点经消弧线圈接地的运行方式。

中性点经消弧线圈接地的电力系统及其发生单相接地时的电路图和相量图如图 1-3 所示。

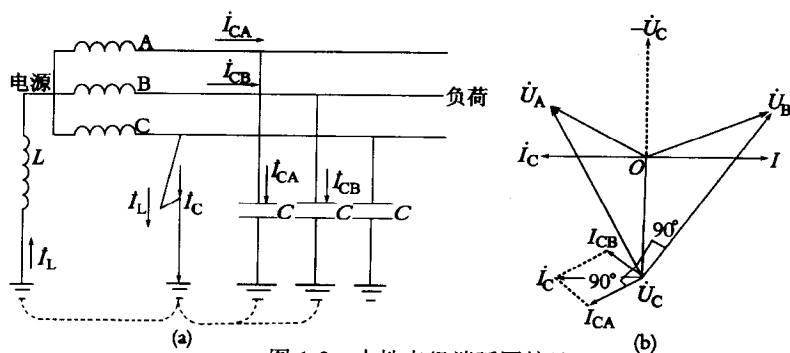


图 1-3 中性点经消弧线圈接地

(a) 电路图; (b) 相量图

目前电力系统装设的消弧线圈的类型如下:

1. 人工调谐消弧线圈

这类传统式的消弧线圈是一个具有铁芯的可调电感线圈,装设在变压器或发电机的中性点,如图 1-3 所示。当发生单相接地故障时,可形成一个与接地电容电流大小近似相等而方向相反的电感电流,这个滞后电压 90° 的电感电流与超前电压 90° 的电容电流相互补偿,最后使流经接地处的电流变得很小或者等于零,从而消除了接地处的电弧以及由它产生的危害。消弧线圈由此得名。

2. 自动消弧线圈

这类消弧线圈是一种可自动调谐、自动检出与消除单相永久性接地故障的消弧线圈。与人工调谐消弧线圈相比具有显著的优越性:① 避免人工调谐的诸多麻烦;② 不会使电网的全部或部分在调谐过程中失去补偿;③ 调谐精度高,可使接地电弧瞬间熄灭,以限制弧光接地过电压的危害。

根据自动消弧线圈的调节方式,又可将其分为两类:

(1) 预调式自动消弧线圈

它是在电网正常运行的情况下,也即发生单相接地故障之前,根据跟踪测量电容电流的结果,预先将消弧线圈调整到合理的补偿位置。由于调谐时间允许稍长,一般可由机械传动机构来完成。此类消弧线圈主要有动匝式、动铁式和动圈式等。

(2) 随调式自动消弧线圈

它是在电网发生单相接地以后,迅即自动将消弧线圈调整到合理的补偿位置。由于响应时间要求很短,所以必须由电气调节装置来实现。此类自动消弧线圈主要有调容式、调感式、磁阀式和直流助磁式等。

在中性点经消弧线圈接地的三相系统中,与中性点不接地的系统一样,允许在发生单相接地故障时暂时继续运行 2 h。在此期间内,应积极查寻故障,在暂时无法消除故障时,应设法将负荷转移到备用线路上去。

中性点经消弧线圈接地的系统,在单相接地时,其他两相对地电压也要升高到线电压,即升高为原对地电压的 $\sqrt{3}$ 倍。

(三) 中性点直接接地的三相系统

中性点直接接地的三相系统也叫大电流接地系统,如图 1-4 所示。这种系统发生单相接地时,通过接地点 $K^{(1)}$ 的短路电流 $I_K^{(1)}$ 很大,会烧坏电气设备。因此发生接地故障后,电网不能再继续运行供电,此时继电保护应瞬时动作,使断路器跳闸,及时切除故障。

电网采用中性点直接接地运行方式的主要优点是,单相接地时中性点电位接近于零,非故障相的对地电压接近于相电压,可以使电网的绝缘水平和造价降低。目前我国 110 kV 及以上电网基本上都采用中性点直接接地的运行方式。

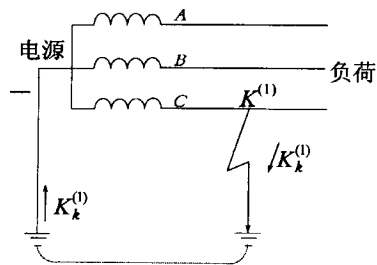


图 1-4 中性点直接接地的电力系统

二、低压供电系统的接地型式

(一) 接地型式的分类

低压供电系统的接地型式分类如下:

1. TN 系统

在 TN 系统中,按照中性线与保护线的组成情况,又分为 TN-C、TN-S、TN-C-S 三种系统。其接线图如图 1-5 所示。其中 TN-C 系统为三相四线制供电系统, TN-S 系统为三相五线制供电系统,而 TN-C-S 系统为三相四线与三相五线的混合系统。

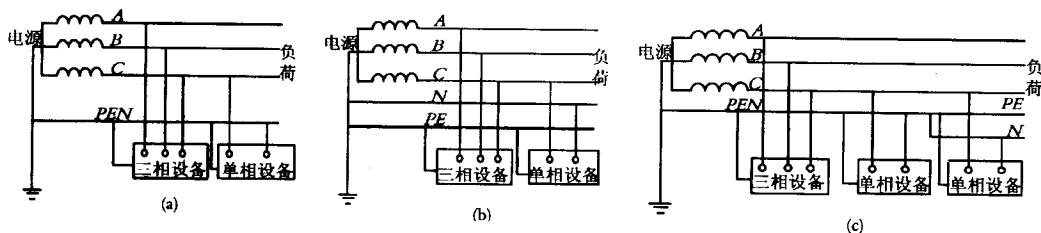


图 1-5 TN 系统

(a) TN-C 系统; (b) TN-S 系统; (c) TN-C-S 系统

2. TT 系统

TT 系统的接线方式如图 1-6 所示,它也属于三相四线制供电系统。

3. IT 系统

IT 系统的接线方式如图 1-7 所示,它属于三相三线制供电系统。

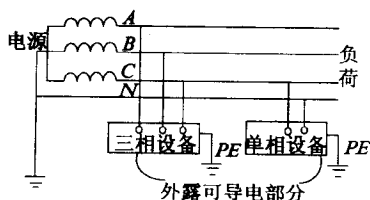


图 1-6 TT 系统

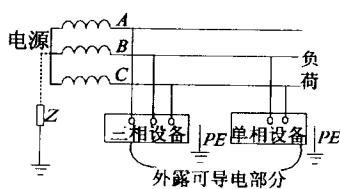


图 1-7 IT 系统

对上述字母的含义说明如下:

第一个字母表示电源对地关系:T 为直接接地;I 为不接地或经电阻接地。

第二个字母表示装置外露的可导电部分的对地关系:T 为装置外露的可导电部分接地,并与供配电系统接地相互独立;N 为装置外露的可导电部分接地,并与供配电系统直接连接。

(二) 各种接地型式的特点与应用范围

1. TN-C 系统

(1) 特点

- ① 电源中性点直接接地;
- ② 整个系统的 PE 线与 N 线是合一的,称为 PEN 线;
- ③ 电气设备的外露可导电部分均接 PEN 线(通常称为“接零”);
- ④ PEN 线中可有电流流过,因而可对某些接 PEN 线的电气设备产生电磁干扰;
- ⑤ 如 PEN 线断线,可使接 PEN 线的电气设备外露可导电部分带电,而造成人身触电危险;
- ⑥ 由于 PE 线与 N 线合一,因而可节约材料,节省投资;
- ⑦ 在发生单相接地故障时,线路的过电流保护装置动作,将故障线路切除。

(2) 应用范围

在我国低压供配电系统中应用最为普遍,但不适用于对安全要求和抗电磁干扰要求较高的场所。

2. TN-S 系统

(1) 特点

- ① 电源中性点直接接地;
- ② PE 线与 N 线分开,电气设备的外露可导电部分均接 PE 线;
- ③ 由于 PE 线与 N 线分开,PE 线中无电流流过,因此对接 PE 线的电气设备不会产生电磁干扰;
- ④ PE 线断开时,在正常情况下不会使接 PE 线的电气设备外露可导电部分带电,但在有电气设备发生单相接壳故障时,将使其他所有接 PE 线的电气设备外露可导电部分带电,而造成人身触电危险;
- ⑤ 在发生单相对地短路时,过电流保护装置动作,将故障线路切除;
- ⑥ 由于 PE 线与 N 线分开,从而使材料消耗量和初投资费用增加。

(2) 应用范围

- ① 对安全要求较高的场所,如潮湿易触电的浴池等场所及居民生活住所;
- ② 对抗电磁干扰要求高的数据处理、精密检测等试验场所。

3. TN-C-S 系统

(1) 特点

- ① 电源中性点直接接地;
- ② 该系统的前面部分全为 TN-C 系统,而后面有一部分为 TN-C 系统,另一部分为 TN-S 系统;
- ③ 电气设备的外露可导电部分接 PEN 线或 PE 线;
- ④ 该系统综合了 TN-C 系统和 TN-S 系统的特点。