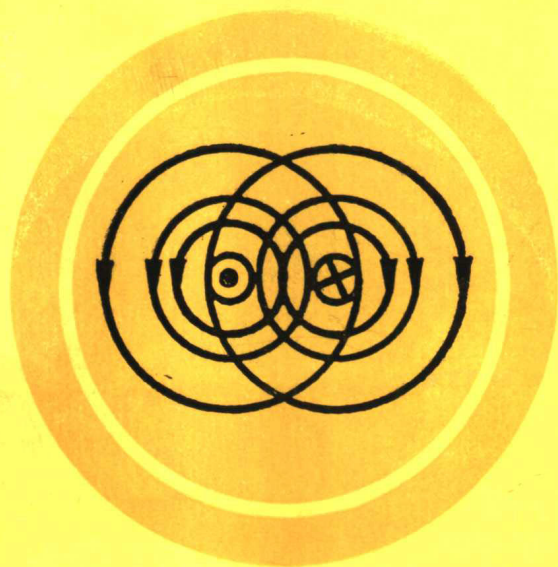




高级电工培训教材

工厂变配电技术

劳动部培训司组织编写

中国劳动出版社



中国电力出版社

工厂变配电技术

中国电力出版社



中国电力出版社

高级电工培训教材

工厂变配电技术

劳动部培训司组织编写

中国劳动出版社

(京)新登字 114 号

工厂变配电技术
劳动部培训司组织编写
责任编辑 葛玮

中国劳动出版社出版
(北京市惠新东街3号)

北京市顺新印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

787×1092 毫米 16开本 19.25印张 464千字

1993年2月北京第1版

1993年2月北京第1次印刷

印数: 6300册

ISBN 7-5045-1057-2/TM·060 (课) 定价: 6.70元

本书根据劳动部培训司审定颁发的《工厂变配电技术教学大纲》编写，是高级电工培训考核的统一教材。

主要包括：工厂变配电所一、二次系统的结构和原理；变配电设备的配置、运行操作和维修方法；绝缘预防性试验；工厂电力负荷和短路电流的计算方法；变配电系统各种保护措施的特点和效果；继电保护的调试和整定；变配电系统的经济运行。

本书由徐绪春编写，韩润华、辛延贺审稿，韩润华主审。

前 言

随着科技进步与经济发展,电气设备使用广泛,特别是自动控制技术的应用推广,一些新型复杂的机电设备日益增多。对这些设备的安装、调试与维修任务越来越大,需要合格的高级电工越来越多。为使培训高级电工的工作逐步规范化,我们会同有关部门和地方组织编写了这套高级电工培训教材。

这套教材的编写是从企业生产实际出发,主要依据《工人技术等级标准》,既考虑到工人的实际技术状况,又适当兼顾今后生产发展的需要,使其不仅满足目前各行业培训高级电工的需要,又为培训对象进一步掌握新知识、新技能奠定基础。本套教材具有工人培训教材的讲求实际、实用、实效的特点。在内容上,努力做到理论与实践紧密结合,操作技能方面以培养工人掌握复杂操作的技能技巧和增强分析、判断、排除各种复杂故障的能力为重点;理论知识方面力求突出针对性、实用性,与技能训练紧密配合。文字叙述尽量做到深入浅出、通俗易懂,可供培训高级电工使用,也可供工人自学使用。

此套教材计有:《电气管理知识》、《微机原理与应用》、《电工基础》、《电子技术》、《电气测量》、《电机原理与维修》、《工厂电气控制技术》、《液压传动》、《工厂变配电技术》、《电气安装技术》、《高级维修电工技能训练》、《高级电工技能训练》等共12种。

教材的编写得到了航空航天部、建设部、轻工部、天津市机械局、上海、江苏、湖南、辽宁、河南、山东省(市)劳动厅(局)的支持。

由于高级工人培训教材的编写,目前尚无成熟经验可循,教学思想、教学内容、教学方法的改革都在研究探讨之中,书中存在一些缺点和不足在所难免。恳切希望广大读者提出宝贵意见,以便在适当的时候进行修订,使之更加完善。

劳动部培训司

目 录

第一章 概 论.....	(1)
§ 1—1 电力系统概述.....	(1)
§ 1—2 电力系统中性点的运行方式.....	(5)
§ 1—3 工厂供电的有关知识.....	(9)
第二章 工厂供电系统及电力线路.....	(12)
§ 2—1 工厂厂区的供电方式.....	(12)
§ 2—2 电力线路的结构与敷设.....	(17)
§ 2—3 导线截面的选择.....	(23)
§ 2—4 工厂电力线路的运行维护和防止故障的措施.....	(31)
第三章 电力变压器.....	(33)
§ 3—1 变压器的结构与工作原理.....	(33)
§ 3—2 变压器的运行和故障分析.....	(50)
§ 3—3 变压器的检修与试验.....	(58)
第四章 工厂变配电所及其一次系统.....	(62)
§ 4—1 工厂变电所的电气主接线.....	(62)
§ 4—2 工厂计算负荷的确定.....	(65)
§ 4—3 总降压变电所变压器容量和台数的选择.....	(72)
§ 4—4 总降压变电所与高压成套配电装置.....	(73)
§ 4—5 车间变电所和低压配电屏.....	(83)
第五章 高低压电气设备.....	(89)
§ 5—1 高压断路器.....	(89)
§ 5—2 隔离开关.....	(102)
§ 5—3 低压开关设备.....	(104)
§ 5—4 熔断器.....	(112)
§ 5—5 电流互感器.....	(115)
§ 5—6 电压互感器.....	(121)
第六章 短路电流计算和电气设备的选择.....	(125)
§ 6—1 短路的原因、后果及形式.....	(125)
§ 6—2 短路回路阻抗的计算.....	(130)
§ 6—3 三相短路电流的计算.....	(138)
§ 6—4 短路电流的效应及限制.....	(149)
§ 6—5 电气设备的选择.....	(153)

第七章 工厂供电系统的保护装置	(160)
§ 7—1 保护装置的任务与要求	(160)
§ 7—2 熔断器保护	(161)
§ 7—3 低压断路器保护	(165)
§ 7—4 继电保护装置	(168)
§ 7—5 交流操作的反时限电流保护	(176)
§ 7—6 变压器的继电保护	(180)
§ 7—7 高压电动机的继电保护	(187)
§ 7—8 继电保护装置的运行和试验	(189)
第八章 控制、信号和自动装置	(191)
§ 8—1 变电所的操作电源	(191)
§ 8—2 控制和信号回路	(196)
§ 8—3 自动重合闸装置	(205)
§ 8—4 备用电源自动投入装置	(208)
第九章 无功功率补偿及移相电容器	(211)
§ 9—1 功率因数及其提高	(211)
§ 9—2 利用移相电容器进行无功功率补偿	(213)
§ 9—3 高次谐波的影响	(218)
§ 9—4 无功功率的动态补偿及自动补偿装置	(221)
第十章 过电压保护与接地装置	(225)
§ 10—1 过电压及其种类	(225)
§ 10—2 过电压保护设备	(231)
§ 10—3 变电所的防雷保护	(242)
§ 10—4 接地装置	(248)
第十一章 绝缘预防性试验	(251)
§ 11—1 绝缘电阻及吸收比试验	(251)
§ 11—2 泄漏电流试验	(254)
§ 11—3 介质损失角正切值试验	(256)
§ 11—4 交流耐压试验	(261)
§ 11—5 直流耐压试验	(267)
附录一 线路中的波过程	(270)
附录二 电气绝缘的理论基础	(277)
附表	(286)

第一章 概 论

§ 1-1 电力系统概述

电能作为二次能源，由于具有易于与其他能量互相转换，便于操作和控制，可以经济而又简便地进行远距离传输和分配等特点，所以在国民经济各部门，现代化工农业生产、交通运输和人民生活，得到了广泛的应用。在我国社会主义建设中占有重要的地位。

一、电力系统及其组成

电能不能大量储存，因此，电能的生产、传输和使用必须在同时进行。这就需要 将发电、变电、输配电和用电各个环节，组成一个发、供、用电的整体。为了提高供电的可靠性和经济性，目前广泛通过联络线路将各个单独供电的发电厂联合起来并联运行。这些由不同类型的发电机、升降压变电所、输配电线路、配电装置及电能用户组成的对电能进行不间断生产、传输、分配和使用的联合系统，称为电力系统，如1-1所示。

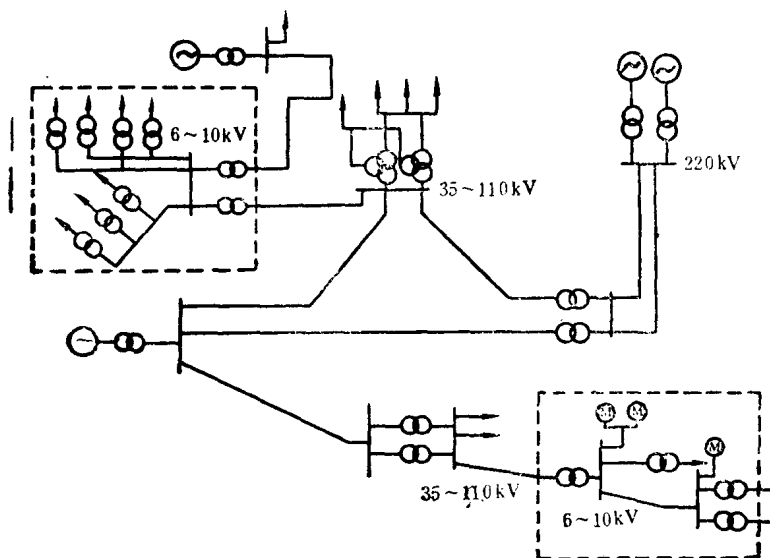


图 1-1 电力系统示意图

电力系统中由各级电压的输配电线路和变电所组成的部分，称为电力网。工厂变配电系统是电力系统的重要组成部分，它不仅要求电力系统对其进行安全可靠地供电，它本身的运行安全也会影响到电力系统，常因用户的故障影响电力系统，造成大面积的停电。因此工厂电工和电气技术人员，必须掌握有关电力系统的基础知识，了解本厂变配电系统在整个电力系统中的地位。

1. 发电厂

发电厂是电力系统的中心环节，它是将其他形式的能源（如热能、水能、核能等）转换为电能的一种工厂。我国的发电厂主要有火力发电厂和水力发电厂，核能发电厂已经在兴建。根据电厂的容量大小及其供电范围，可分为区域性发电厂、地方性发电厂和自备电厂等。

区域性发电厂大多兴建在水力资源丰富的江河流域或煤矿蕴藏的地方。这种发电厂容量大，距用电中心较远，需要通过超高压输电线路远距离输电。兴建大容量的区域性发电厂，可以经济合理地利用国家的动力资源。地方性发电厂一般为中小型电厂，建在用户附近，自备电厂建在大型厂矿企业，作为自备电源，对重要的大型厂矿企业和电力系统起到后备保安作用。地方性发电厂和自备电厂，基本都是火力发电厂，常采取热电联合生产的形式。即除了发电以外，还向用户供热，这种热电联合生产的工厂称为热电厂，热电厂不仅效率可高达60~70%（凝汽式火电厂最高效率只有30~40%），而且可以取代大批低效小型锅炉和取暖火炉，既能节省燃料又可减少环境污染。

2. 变电所

变电所是接受电能和分配电能并改变电压的枢纽，是发电厂到用户之间的重要环节之一。变电所由电力变压器和室内外配电装置以及继电保护、自动装置及监控系统构成。如果仅有配电装置用以接受和分配电能，无须变压器改变电压时，则称为配电站或开闭所。

变电所有升压与降压之分。升压变电所通常与大型发电厂结合在一起，在发电厂电气部分中装有升压变压器，把发电厂的电压升高，通过高压输电网络将电能送向远方，降压变电所设在用电中心，将高压的电能适当降压后，向该地区用户供电。因供电的范围不同，变电所可分为一次（枢纽）变电所和二次变电所。工厂企业的变电所可分为总降压变电所（中央变）和车间变电所。

一次变电所简称一次变，它是从110kV以上的主要网络受电，将电压降到35~110kV，供给一个大的区域的用户。一次变通常采用双绕组变压器，也有些装设三绕组变压器，将高压降为两种不同的电压，与相应电压级的网络联系起来。一次变的供电范围较大，是系统与发电厂联系的枢纽，故有时称之为枢纽变电所。

二次变电所大多由35~110kV网络一次变受电，有些也由地方发电厂直接受电。将35~110kV电压降为6~10kV，向较小的范围（一般约为数公里）进行供电。

总降压变电所是对工厂企业供电的枢纽，故又称为中央变电所，它与二次变电所的情况基本相同，也是从一次变单独引出的35~110kV网络直接受电，经电力变压器降压至3~10kV对工厂企业内部供电。一个大型企业，可能要建设多个总降压变电所，分别对各分厂和车间供电，对于小型企业，可一个或几个企业共设一个总降压变电所。

车间变电所从总降压变电所引出的6~10kV厂区高压配电线路受电，将电压降至低压380/220V对各用电设备直接供电。

3. 电力网

电力网是连接发电厂和用户的中间环节，是传送并分配电能的装置。电力网由不同电压级的输配电线路和变电所组成，按其功能常分为输电网和配电网两大部分。输电网是由35kV及以上的输电线路和与其相连接的变电所组成，是电力系统的主要网络，其作用是将

电能输送到各个地区的配电网或直接送给大型企业用户。配电网由 10kV 及以下的配电线路和配电变压器所组成,其作用是将电能送至各类用户。

电力系统与各个发电厂单独运行相比较,具有以下优越性:

(1) 可以提高运行的可靠性。当系统中的任一电厂故障停电时,可由其他电厂分担其供电任务,不致影响对用户(起码是重要用户)的连续供电。

(2) 利用各地区各类负荷的组成特点,进行合理的调度,可以使设备得到充分的利用,减少电力系统的总装机容量。

(3) 由于可以统一考虑整个系统的故障备用容量和检修备用容量,不必每个发电厂都装设备用机组,可以大大减少备用机组的总容量。

(4) 可以发挥各类发电厂的特点,充分利用自然能源,实行水、火配合及经济调度(如丰水期多发水电,枯水期少发水电等),可以提高整个系统的经济性。

(5) 由于电力系统总容量较大,单个机组或负荷在系统中所占的比重很小,当他们的投入或切除时,对系统电压和频率的影响不大,从而提高了电能质量。

(6) 为使用效率高的大容量机组创造了条件。

二、用户和用电负荷的分类

电力系统中的所有用电部门,如工业、农业、交通运输、国防、市政、生活等均为电力系统的用户。根据用户用电容量的大小和规模,可以接在电力网的各个电压等级中。目前,我国大多数企业以 10kV 和 35(60)kV 供电,以 110kV 和 220kV 供电的用户为数不多。对大量居民的生活用电,则多采用 380/220V 系统供电。

连接在电力系统各级电网上的一切用电设备所需用的功率统称为用电负荷(或负载),它分为有功负荷和无功负荷。电力系统任一时刻发出的有功功率和无功功率总是和负荷相平衡。如果系统中电源发出的有功功率小于负荷需要的有功功率则电网频率降低,如果无功功率小于负荷的需要则使电压降低。为了保证电能质量,电力系统需要采取调频调压的措施。

根据用户的重要程度和对供电可靠性的要求,用电负荷可分为三类:

1. 第一类负荷

中断供电将造成人身伤亡、设备损坏、产品报废、生产秩序长期不能恢复或使城市生活发生严重混乱,如炼钢厂、重要矿井、城市重要照明等。对这类负荷,必须有两个以上的独立电源供电。

2. 第二类负荷

中断供电将造成产品产量严重下降或生产次品,如纺织厂、化工厂等。对这类负荷,可用两个电源供电。

3. 第三类负荷

这类负荷可以非连续性地用电,如附属车间、机修车间、小市镇公共用电等,通常用一个电源供电。

三、电力网的电压等级与电气设备的额定值

1. 电力网的电压等级

电气设备的标准化,便于大量成批生产,使用中便于互换。国家根据国民经济发展的需要、技术经济的合理性、制造能力和产品系列性等因素,制定颁布了电力网和与其相连接

的电气设备的额定电压。额定电压的等级不宜太多，否则会造成送变电容量重复过多，使有功损耗和无功损耗增大，不利于实现电气设备的标准化生产，并可造成电网接线复杂零乱。我国规定的工频交流单相和三相标准额定电压等级见表 1-1。

表 1-1 标准 额 定 电 压

用电设备及线路	发 电 机	变 压 器			
三 相 交 流	三相交流	单 相		三 相	
		一 次 绕 组	二 次 绕 组	一 次 绕 组	二 次 绕 组
100伏以上1000伏以下的标准额定电压(V)					
127	(133)	(127)	(133)	(127)	(133)
220	230	220	230	220	230
380	400	380	—	380	400
1000伏以上的标准额定电压(kV)					
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
—	15.75	—	—	15.75	—
35	—	—	—	35	38.5
60	—	—	—	60	66
110	—	—	—	110	121
154	—	—	—	154	169
220	—	—	—	220	242
330	—	—	—	330	363

注 1. 括弧中电压只用于矿井和其他保安条件要求较高的地方。
2. 表中电压值均指线间电压。

额定电压是用电设备、发电机、变压器正常工作时具有最好技术经济指标的电压。用电设备的额定电压虽然和电力网（线路）的额定电压相一致，但线路中由于电压损失的影响，各处的电压不一样（如图 1-2 所示），并且受负荷变化的影响。线路首端电压高于额定电压，末端电压低于额定电压，只有中端有可能接近额定电压。实际上用电设备的工作电压只是接近额定电压。由于线路首端至末端电压损耗不超过 10%，电气设备设计制造时已经考虑允许一定电压的偏差，所以能满足工作电压的要求。

发电机的电源接在线路的首端，额定电压应比电网额定电压高 5%，以补偿线路的电压损耗，如电网额定电压为 10kV，则发电机的额定电压为 10.5kV。

变压器一次绕组的额定电压随它的用途不同而异。升变压器与发电机相接，额定电压与发电机相同，高于电网额定电压 5%；降压变压器处于线路末端，性质相当于用电设备，额定电压与电网额定电压相同。

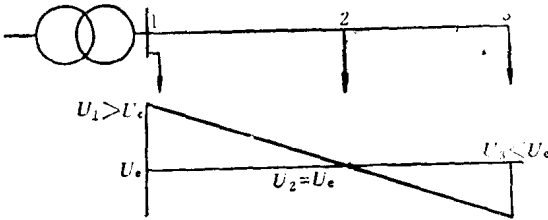


图 1-2 电力网（线路）上电压的变化

变压器二次绕组的额定电压, 由于变压器二次额定电压是指空载时的电压, 负载运行时约下降 5%, 如果还需要补偿线路的电压损耗, 则额定电压应高于电网额定电压 10%; 如果就地直接供给用电设备, 无须补偿电网的电压损耗, 则额定电压高于电网额定电压 5%。如变压器二次接 10kV 电网, 额定电压为 11kV 或 10.5kV。

2. 电气设备的额定值

(1) 额定电流及额定容量 电气设备的额定电流是指在一定的周围介质计算温度和绝缘材料允许温度下, 允许长期通过的最大电流值。当设备在额定电流下工作时, 其发热温升不会超过规定的温度, 也不会影响绝缘性能。

电气设备的额定容量的规定条件与额定电流相同。三相制中额定容量 S_e 与额定电压 U_e 、额定电流 I_e 的关系为:

$$S_e = \sqrt{3} U_e I_e$$

(2) 介质的计算温度 我国对各种电气设备周围介质采用的计算温度 (θ_0) 如下:

发电机 (空冷发电机进入机室的空气温度) 为 35~40°C;

电力变压器和其他电气设备为 40°C;

裸线、绝缘线、母线、电力电缆 (放在空气中) 为 25°C;

埋在地下的电力电缆 (泥土温度) 为 15°C。

当电气设备周围介质的实际温度 θ 与计算温度 θ_0 不同时, 额定电流应按式 (1-1) 进行修正

$$I_x = I_e \sqrt{\frac{\theta_0 - \theta}{\theta_e - \theta_0}} = K I_e \quad (1-1)$$

式中 θ_e ——电气设备长期工作发热允许温度;

K ——额定电流的温度修正系数。

§ 1-2 电力系统中性点的运行方式

电力系统的中性点, 就是指三相系统作星形连接的发电机或变压器的中性点。它的工作方式分为中性点不接地、中性点经消弧线圈接地和中性点直接接地三种。电力系统的中性点运行方式是一个比较复杂的综合性技术经济问题, 不论采取哪种工作方式, 都涉及到供电可靠性、过电压与绝缘配合、对继电保护和自动装置的正确动作等一系列的问题, 对电力系统运行, 特别是在发生单相接地时有明显的影响。

一、中性点不接地的系统

中性点不接地的电力系统的正常工作状态的示意图和向量图如图 1-3 所示。由于任何两个互相绝缘的导体之间都存在着一定的电容, 因此, 三相导线之间和各相对地之间, 沿线路全长都分布有电容。在电压的作用下将有附加电容电流流过。为了简化起见, 可以认为三相

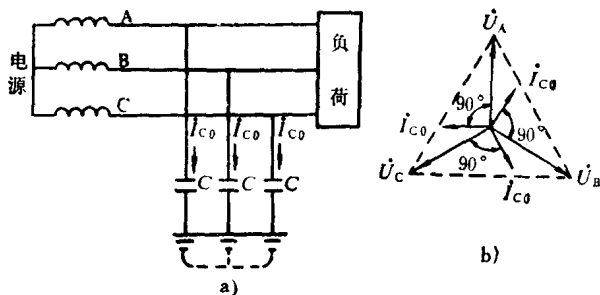


图 1-3 中性点不接地系统正常运行的示意图

a) 电路示意图 b) 向量图

系统是对称的, 对地电容可用集中于线路中部的电容 C 代替, 相间电容可不予考虑, 如图 1-3a 所示。

中性点不接地系统正常运行时, 各相对地电压 U_A 、 U_B 、 U_C 是对称的, 各相对地电容相等 $C_A = C_B = C_C = C$, 电容电流 I_{AC} 、 I_{BC} 、 I_{CC} 平衡, 有效值 $I_{AC} = I_{BC} = I_{CC} = U_x \omega C$ (U_x 为相电压、 ω 为角频率、 C 为一相对地电容)。各相对地电压为相电压。

中性点不接地系统发生一相 (完全) 接地时, 故障相对地电压等于零, 中性点对地电压变为相电压, 未故障两相的对地电压升高 $\sqrt{3}$ 倍为线电压。现以 C 相接地为例进行分析, 如图 1-4 所示。

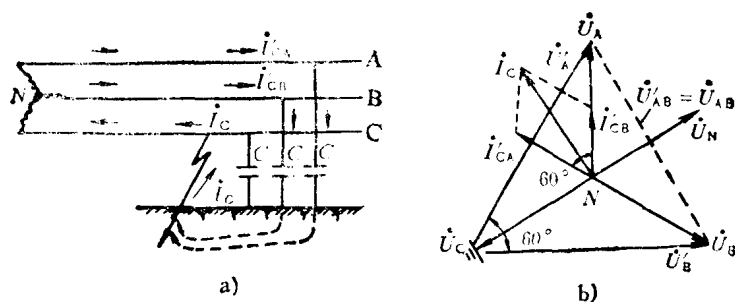


图 1-4 中性点不接地系统 C 相接地时的情况

a) 电路示意图

b) 向量图

C 相对地电压变为零, 故中性点对地电压 U_0 等于 C 相电压的反方向, 即

$$U_0 = -U_C$$

设各相对地电压为 U'_A 、 U'_B 、 U'_C , 它们分别为原来正常时各相对地电压 U_A 、 U_B 、 U_C 与 $(-U_C)$ 的相量和, 即

$$U'_A = U_A + (-U_C) = U_A - U_C = U_{AB}$$

$$U'_B = U_B + (-U_C) = U_B - U_C = U_{BC}$$

$$U'_C = U_C + (-U_C) = 0$$

从向量图图 1-4b 中看出: A、B 两相的对地电压 U'_A 、 U'_B 之间的相位角为 60° , 有效值 $U'_A = U'_B = \sqrt{3} U_A$, 即升高 $\sqrt{3}$ 倍为线电压。而三相线电压并未受到影响, 其量值不变, 且仍保持 120° 相位差。因为 A、B 两相对地电压升高 $\sqrt{3}$ 倍, 则对地电容电流也较正常时增加 $\sqrt{3}$ 倍, 即 $I'_{AC} = I'_{BC} = \sqrt{3} I_{CC}$ 。C 相与地短接, 电容电流等于零。按习惯取电源到负载的方向为电流的正方向, 则通过接地点的接地电流 I_C 为

$$I_C = -(I'_{AC} + I'_{BC})$$

从图 1-4b 看出, $I_C = \sqrt{3} I'_{AC}$; $I'_{AC} = \sqrt{3} I_{CC}$ 。

所以

$$I_C = 3 I_{CC} \quad (1-2)$$

上式表明: 单相接地时的接地电流等于正常时一相对地电容电流的三倍。实用计算中, 常采用经验公式计算单相接地电流

$$I_c = \frac{U (L_x + 35L_L)}{350} \quad (\text{A}) \quad (1-3)$$

式中 U ——线路的线电压 (kV)；

L_x ——具有电联系的同一电压的架空线路总长度 (km)；

L_L ——具有电联系的同一电压的电缆路总长度 (km)。

综上所述，中性点不接地电力系统发生单相接地时，电网线电压的大小和相位差维持不变，所以接在线电压上的受电设备不受影响，可以继续工作，从而提高了供电的可靠性。但是不允许长期工作，为了避免非故障相电压升高引起绝缘薄弱的地方损坏造成相间短路和因零序电流引起的过载，一般规定：中性点不接地系统中发生单相接地时允许继续工作不超过两小时。

接地电流可能在故障点形成电弧，电弧可能是稳定性的或间歇性的，与相电压和接地电流的大小有关。有稳定电弧的单相接地，可能烧毁设备或引起三相短路；产生周期性的熄灭与重燃间歇性电弧的单相接地，会使电网的电感、电容形成振荡电路而产生 2.5~3 倍相电压峰值的过电压，是应该避免的。为此，对中性点不接地系统的接地电流有所规定：

对于发电机和高压电动机等有可能出现一相导体与铁芯或外壳接触产生电弧的设备，接地电流大于 5 A 时，不能继续运行，应装设动作于跳闸的继电保护。

对于 20 kV 以上的电网，间歇电弧所引起的过电压，对电气设备的绝缘有危险，接地电流不能大于 10 A（接地电流大于 10 A 后容易出现间歇电弧），否则应该采取补偿措施。

对于 3~10 kV 电网，由于绝缘有一定的裕度，间歇电弧所引起的过电压对电气设备绝缘的危险性不大。但当接地电流大于 30 A 时，会产生不易熄灭的稳定电弧，烧坏电气设备或造成相间短路。所以接地电流不能大于 30 A，否则应采取补偿措施。

二、中性点经消弧线圈接地系统

随着国民经济的发展使供电线路和供电范围的不断扩大，使得中性点不接地系统（尤其是 35~60 kV 系统）的接地电流有时超过规定的允许值。为了减少接地电流，创造故障点自行灭弧的条件，目前采用中性点经消弧线圈接地的补偿措施。

消弧线圈是一个具有许多间隙的铁芯可调电感线圈，放在浸满变压器油的油箱中，外形与单相变压器相似，它的电阻值很小，感抗值很大，接在变压器中性点与大地之间，如图 1-5 所示。

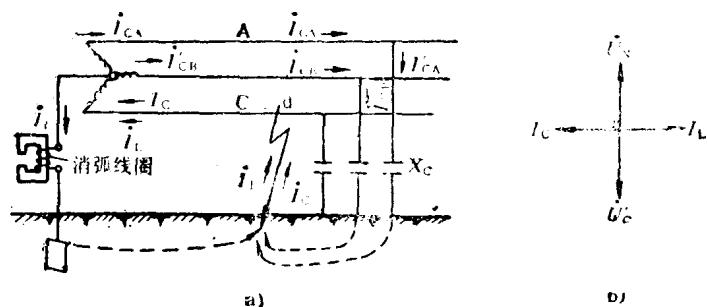


图 1-5 中性点经消弧线圈接地系统

a) 电路示意图 b) 向量图

正常运行时,由于三相对地电容电流对称,中性点对地电压为零,消弧线圈中还有电流通过。当发生单相接地(图 1-5a 的 C 相)时,中性点的电压变为 $-U_c$,加在消弧线圈上,产生一个感性电流 I_L 通过消弧线圈和接地点。按正方向规定 I_L 滞后 $U_c 90^\circ$ 。其数值为

$$I_L = \frac{U_c}{X_L} = \frac{U_c}{\omega L} \quad (1-4)$$

式中 L ——消弧线圈的电感,

X_L ——消弧线圈的感抗。

通过接地点的电流有电容电流 I_c ,超前 $U_c 90^\circ$,和消弧线圈的电感电流,滞后 $U_c 90^\circ$ 两个分量,相位相差 180° 互相起补偿作用,如图 1-5b 所示,减少了通过接地点的电流(其值为两者之差)。适当选择消弧线圈的电感(匝数),可以使接地点的电流变得很小,可避免接地点因产生电弧而引起的危害。

根据消弧线圈的电感电流对接地电容电流的补偿程度不同,可分为全补偿(补偿电流等于电容电流)、欠补偿(补偿电流小于电容电流)和过补偿(补偿电流大于电容电流)三种方式。由全补偿($I_L = I_c$ 即 $\frac{1}{\omega L} = 3\omega C$)可能引起电网的谐振过电压,欠补偿也可能在改变运行方式(如切除部分线路使电容电流减小)时,出现 $I_L = I_c$ 的情况而产生谐振过电压,危及电网绝缘,所以实际上均采用过补偿。

三、中性点直接接地的系统

中性点直接接地的系统如图 1-6 所示。当发生单相接地时,就造成单相短路,使线路的熔断器熔断或使继电保护装置动作于开关跳闸,切除故障部分,使系统的其他部分恢复正常运行。

中性点直接接地的系统与中性点不接地的系统相比,发生单相接地故障时,非故障相的对地电压不升高,系统中的电气设备的绝缘只需按相电压考虑。这对 110kV 以上的超高压系统,有着重要的经济意义。因为高压电器尤其是超高压电器的绝缘是设计与制造的关键,降低了绝缘要求,实际就是降低了高压电器的造价,同时也改善了高压电器的性能。所以超高压系统一般都采用中性点直接接地的方式。但这种系统在发生单相接地故障时,不能继续运行。

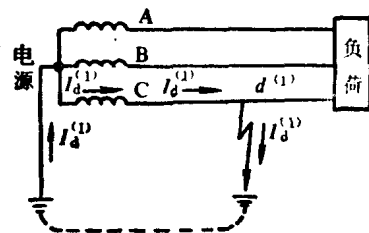


图 1-6 中性点直接接地的系统

对低压系统来说,中性点接地和中性点不接地,对人身安全是有差别的。中性点不接地系统发生单相接地时,人接触非故障相所感受的电压就比中性点接地系统同情况下感受的电压高 73% 以上,增大了危险性。所以低压 380/220V 系统,大都采用中性点直接接地的运行方式。但中性点不接地系统,在正常情况下,人接触一相时,流过人体的电流只是接地电流,从这方面来说,其危险性又较小。所以有些要求安全条件较高的场所(如井下),其低压 220/127V 系统,又采取中性点不接地的方式。

§ 1-3 工厂供电的有关知识

电能是工厂现代化生产的主要动力。工业生产实现电气化,可以大大提高产品产量和质量,提高劳动生产率,降低生产成本,减轻工人劳动强度等。因此,在企业中,必需建立足够容量的变、配电所,以满足生产和发展的需要。

一、工厂变、配电所的作用和分类

电力系统为了扩大输电的距离和容量,减少损耗都尽量采用高压或超高压输电,因此不能直接应用于各种生产机械的电气设备。工厂变电所担负着从电力系统受电,经过变压后分配到各用电部门的任务。配电所从较低的电网受电,然后分配到各用电部门。

由此可见,工厂变电所的作用是接受电能、变换电压和分配电能,而配电所的作用只是接受电能和分配电能。

工厂变电所属于降压变电所,分为总降压变电所和车间变电所。大型厂矿企业通常接受系统 35 (60)~110kV 电能,降压为 10kV 配送给各车间变电所。总降压变电所一般多设有两台变压器,35 kV 以上的设备一般都放在室外,一般中小型工厂只设车间变电所,车间变电所按变压器的安装位置可分为:

1. 独立变电所

变电所设在与车间建筑无直接联系的单独建筑物内。主要是用于负荷过于分散,将变电所建筑在任一车间均不适宜,或由于车间有防火、防爆、防尘要求及环境受限制的情况。

2. 附设变电所

利用车间的一面或两面墙作为变压器室的公用墙,变压器室的大门向车间外开。根据变压器室位于车间墙内或是墙外,分为内附式和外附式。外附式一般用于厂房生产面积受限制、车间环境特殊或生产工艺要求设备经常变动的情况。

3. 车间内变电所

变压器室设置在车间内部。可使供电点最大限度的接近负荷中心,特别适用于跨度较大,设备配置稳定及一般环境的车间。若采用干式变压器和全封闭组合电器,使变电所小型化,车间内变电所的应用范围可更为广泛。

4. 地下或梁架上变电所

用于车间生产面积狭窄,又要求供电点接近负荷中心的情况。宜采用干式变压器和全封闭组合电器。

5. 户外变电所

变压器装于户外露天地面上,简单经济,多用于小型工厂,但安全可靠性能较差。在靠近易燃、易爆和有腐蚀性气体的场所不能采用。

二、工厂供电的电压等级

工厂供电电压等级的确定,主要决定于用电容量的大小和输电距离的远近。一般来说,

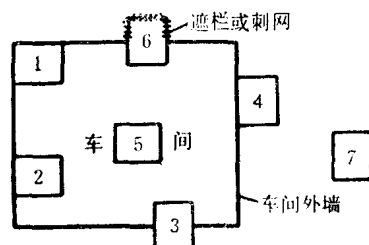


图 1-7 车间变电所类型

1、2—内附变电所 3、4—外附变电所 5—车间内变电所 6—户外变电所 7—独立变电所