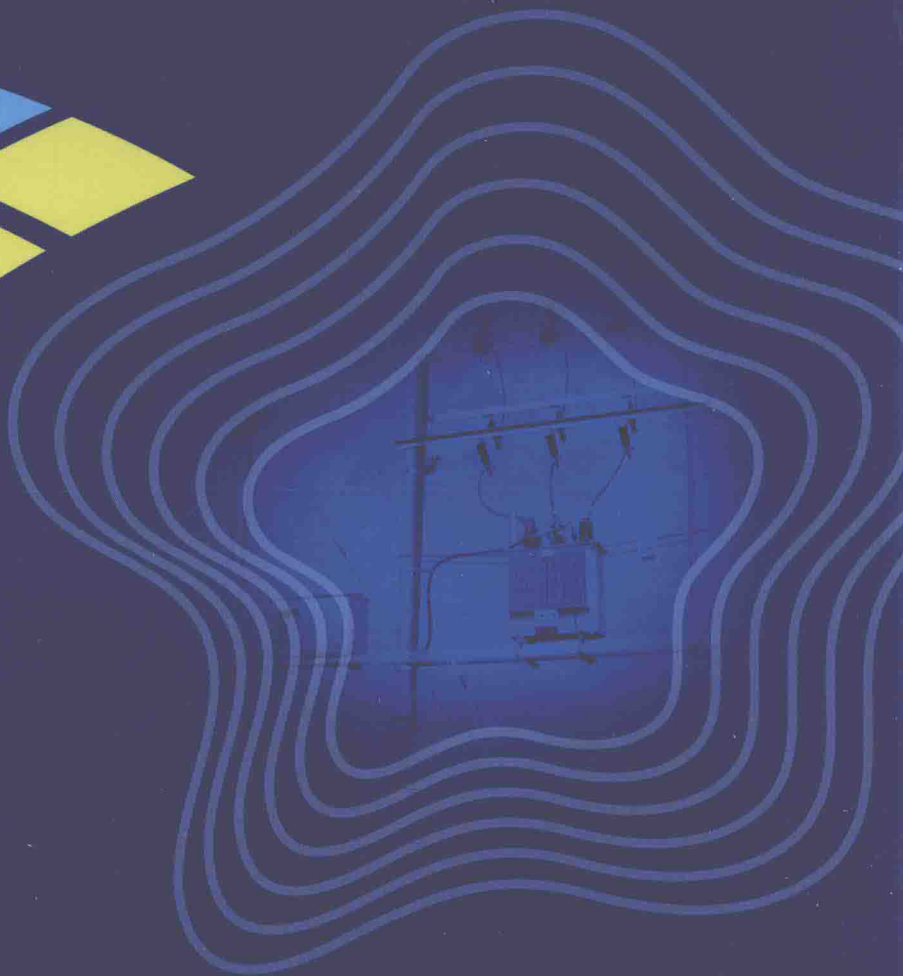
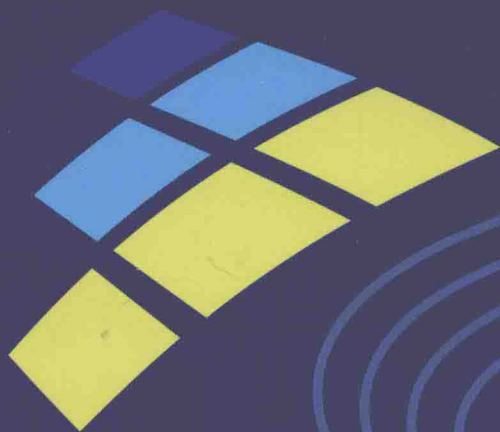


地县级电网发电厂及直供用户 涉网设备运行管理

陈锡祥 ◆ 主编

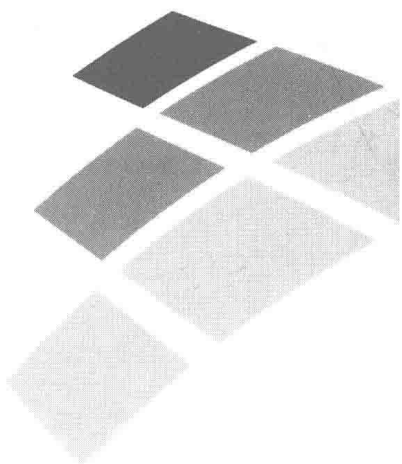


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

地县级电网发电厂及直供用户 涉网设备运行管理

主 编 陈锡祥

副主编 张 浩 王函韵



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书从涉网设备调度运行的角度出发,对涉网设备构成、涉网设备接入管理、涉网设备运行管理、涉网设备检修管理、涉网设备资料管理、涉网设备缺陷与故障处理以及涉网设备事故案例等内容进行了系统阐述。

本书适合发电厂及调度直供用户的电气专业人员学习参考,也可作为调度运行岗位的培训用书和相关专业职业教育的教学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

地县级电网发电厂及直供用户涉网设备运行管理/陈锡祥主编. —北京:中国电力出版社,2015.9

ISBN 978-7-5123-8027-1

I. ①地… II. ①陈… III. ①发电厂-电气设备-设备管理-职业教育-教学参考资料 IV. ①TM621.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 153985 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](http://www.cepp.sgcc.com.cn))

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 9 月第一版 2015 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 213 千字

印数 0001—2000 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

编 委 会

主 编 陈锡祥

副 主 编 张 浩 王函韵

编写人员	罗志伟	唐 明	顾 莹	章 铭
	申建强	林 捷	周丽华	甘 雯
	沈诚亮	钟 苑	王晓光	柏建良
	黄继华	蒋水中	王小仲	陈家乾
	卢 冰	黄志华	张云锋	钱海峰
	吴鸣鸣	李也白	阮远峰	周立中
	俞京锋	陈建业	毛鸿飞	温尚龙
	李勤超	刘新斌	万 东	林承钱
	郑长贵	汤俐敏	顾 亮	沈亚平
	李仁忠	马玲华	柳 昂	沈海权
	沈 莉	娄 良	沈思琪	刘 晶
	侯彦龙	赵 静	刘智涯	沈 蔚
	童存智	孙龙祥	陆 刚	姚 军

前言

地县级电网发电厂及直供用户涉网设备运行管理



近年来,随着地方电厂(包括光伏、风电等新能源电源)及众多不同性质的直供用户不断接入电网,因用户设备故障、误操作等原因导致的电网事件屡有发生。发电厂及直供用户的并网安全不仅关乎用户自身利益,更对电网安全稳定运行有很大影响。目前对供电可靠性的要求日益提高,研究发电厂及直供用户涉网设备运行技术,对进一步强化电力需求侧安全管理具有十分重要的意义。涉网设备作为直调设备和用户内部设备的电网分界点,其调度运行管理技术的全面解析对调控专业人员、发电厂及直供用户运行人员的工作大有裨益。同时,地县级电网发电厂及直供用户调度运行的精益化管理、新能源并网技术的发展,也要求从事涉网设备调度及变电运维的人员进一步提高技术水平与管理水平,以加快故障处理速度,适应电网发展的需要。因此,国网浙江省电力公司湖州供电公司调控中心组织编写了《地县级电网发电厂及直供用户涉网设备运行管理》一书,以便电网各级调度运行部门及发供电用户相互交流和学习,用以指导、督促用户加强涉网设备安全管理,保证用户用电安全可靠,同时进一步做好电网的安全运行工作。

本书从涉网设备运行管理的角度出发,对电网运行所涉及的知识进行了全面介绍,可有效帮助地县级电网发电厂及直供用户运维人员及电网调控人员提高自身理论水平、操作技能及事故处理能力。

本书从理论和实际运行两方面着手,侧重于涉网设备的管理,包括涉网设备构成、涉网设备接入管理、涉网设备运行管理、涉网设备检修管理、涉网设备资料管理、涉网设备缺陷与故障处理、涉网设备事故案例等内容,涵盖了涉网设备运行技术的各个方面。

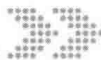
本书在编写过程中得到了相关发电厂及直供用户电气技术人员的支持和帮助。杨荣兴、孙明明、褚银发、房华、施建辉、田中、陈国庆、孟照胜、张树光、张校清、王真等专家提供了许多宝贵的建议,在此一并向他们表示衷心感谢。

由于本书涉及内容广泛,加之编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,希望读者批评指正。

编者

目 录

地县级电网发电厂及直供用户涉网设备运行管理



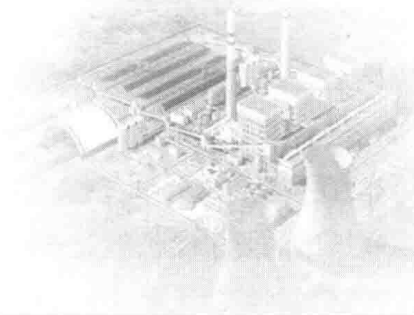
前言

1 涉网设备构成	1
1.1 涉网设备概述	1
1.2 涉网电气一次设备	2
1.3 涉网二次设备	31
2 涉网设备接入管理	42
2.1 接入技术条件	42
2.2 调度协议签署	58
2.3 新设备启动	61
3 涉网设备运行管理	67
3.1 负荷管理	67
3.2 辅助服务	73
3.3 频率与电压控制	83
4 涉网设备检修管理	87
4.1 巡视	87
4.2 操作	88
4.3 工作	102
4.4 缺陷	106
5 涉网设备资料管理	111
5.1 设备台账	111
5.2 现场规程	113
5.3 应急预案	117
6 涉网设备缺陷与故障处理	119
6.1 电网事故分级	119
6.2 事故处理原则	123
6.3 一次设备故障处理	124
6.4 二次设备故障处理	145

7 涉网设备事故案例	150
7.1 发电厂事故案例	150
7.2 直供用户事故案例	162
附录 1 倒闸操作票	175
附录 2 工作票	176
附录 3 值班记录	179
附录 4 交接班记录	180
附录 5 保护核对记录	181
附录 6 检修试验记录	182
附录 7 设备巡视记录	183
附录 8 设备参数登记表	184
附录 9 设备缺陷记录	185
附录 10 开关跳闸登记表	186
附录 11 安全工器具登记表	187
附录 12 熔丝配置表	188
附录 13 电网调度术语	189
附录 14 电网操作术语	192

1

涉网设备构成



1.1 涉网设备概述

1.1.1 基本概念

涉网设备是指涉及电网安全、优质、经济运行的并网发电厂和用户设备，其主要包括并网电厂和用户变电站中的母线、断路器、变压器、发电机、互感器等一次设备，也包括控制、保护及维持系统稳定的二次设备及其他设备，是整个电力系统中不可分割的重要组成部分。

涉网设备故障或异常，将直接影响电厂出力和用户的正常供电，还可能引起整个电网电压、频率等电气量的异常和波动；涉网设备操作维护不当，将直接威胁现场运行人员的生命安全与设备安全，还有可能导致事故进一步扩大，影响局部电网的安全、稳定运行；涉网设备运行状态（例如，用户电容器、发电机无功出力等）安排不当，有可能影响电网的潮流分布，不利于电网的经济运行及电压控制。

同时，部分涉网设备还承担着整个电网的调节任务，如一次调频、二次调频、基本无功调节、自动发电控制（AGC）、自动电压控制（AVC）、旋转备用等。在发生严重的电网故障时，有些还要作为地区的黑启动电源，为其他无自启动能力的机组提供启动电源，以逐步恢复整个地区电网的供电。

因此，保障涉网设备的安全运行，不仅是保证发电厂安全并网和大用户可靠用电的内在要求，也是电网安全、优质、经济运行的必要条件。

1.1.2 主要特点

由于地县级电网发电厂及直供用户涉网设备均属于用户资产，电厂和用户在

采购电气设备时拥有完全的自主权，因此各种涉网设备品牌繁杂，性能各异，维护操作的方法也不尽相同。

与主网设备相比，发电厂及用户一般更注重设备的经济性，其各方面性能和可靠性往往不如主网设备。部分涉网设备的更新周期长，设备较老旧，因此对巡视和运维的要求相应也较高。发电厂及用户运行值班人员（特别是用户变电站）往往都是新招聘人员，且相关配套的技能培训力度有限，人员流动性较大，对设备的熟悉程度和业务技能水平均不高，运行维护难以达到理想状态，这使得涉网设备的安全性不如主网设备。

1.2 涉网电气一次设备

1.2.1 电力线路

电力线路是用于输送与分配电能的设备，按其作用可分为输电线路和配电线路。输电线路是指架设在发电厂升压变电站与地区变电站之间或地区变电站之间的线路，用于输送电能；配电线路是指从地区变电站到用户变电站或城乡电力变压器之间的线路，用于传输、分配电能。

1. 电力线路的分类及其优缺点

按电力线路的结构可分为架空线路与电缆线路。

(1) 架空线路。架空线路由导线、避雷线、杆塔、绝缘子、金具、拉线、杆塔基础等构成，各组成部分的作用见表 1-1。

表 1-1 架空线路各组成部分的作用

元件名称	主 要 作 用
导线	传导电流，输送电能
避雷线	用于把雷电流导入大地，以保护线路绝缘免遭大气过电压的破坏
杆塔	支撑导线和地线，并使导线和导线之间、导线和地线之间、导线和杆塔之间以及导线和被跨越物之间，保持一定的安全距离
绝缘子	固定导线，并使得导线和杆塔之间保持绝缘状态
金具	主要用于固定、连接、接续、调节及保护
拉线	加强杆塔强度，承担外部负载的作用力，以减少杆塔材料消耗量，减低杆塔的造价
杆塔基础	将杆塔固定于地下，以保证杆塔不发生倾斜、下沉、上拔及倒塌



架空线路的导线主要架设在空中，其运行条件相当恶劣，因而它的材料应有相当高的抗腐蚀能力与机械强度，而且导线还应具有良好的导电性能。其主要由铝、钢、铜等材料制成，在特殊条件下也使用铝合金。在工程上，以不同的英文字母表示不同的材料：L 表示铝；G 表示钢；T 表示铜；HL 表示铝合金。

由于钢的机械性能好，铝的载流能力强，且多股线优于单股线。故架空线路中，以钢和铝组合起来制成的钢芯铝绞线运用最广。其中：LGJ 代表普通钢芯铝绞线；LGJJ 代表加强型钢芯铝绞线；LGJQ 代表轻型钢芯铝绞线。在其型号后加上代表其主要载流部分的截面积数值（单位： mm^2 ），就是架空导线的型号，如 LGJ-400 表示载流部分（指铝线）截面积为 400mm^2 的钢芯铝绞线。

(2) 电力电缆。电力电缆由线芯（导体）、绝缘层、屏蔽层和保护层 4 部分组成，各组成部分的作用见表 1-2。

表 1-2 电力电缆各组成部分的作用

元件名称	主 要 作 用
线芯（导体）	电力电缆的导电部分，用来输送电能
绝缘层	将线芯与大地以及不同相的线芯间在电气上彼此隔离，保证电能输送
屏蔽层	15kV 及以上的电力电缆一般都有导体屏蔽层和绝缘屏蔽层，它可以将电磁场屏蔽在电缆内。同时，当电缆芯线内发生破损，泄漏出来的电流可以顺屏蔽层流入接地网，起安全保护的作用
保护层	保护电力电缆免受外界杂质和水分的侵入，防止外力直接损坏电力电缆

(3) 架空线路与电力电缆的比较见表 1-3。

表 1-3 架空线路与电力电缆的比较

电力线路	优 点	缺 点
架空线路	(1) 施工周期短、建设费用低、技术要求不高，有利于大规模、长距离的建设； (2) 结构简单直观，易于事故后，故障点的查找，维护检修方便； (3) 散热性能好，输送容量大	(1) 易受雷击、覆冰、台风等外力破坏的影响，供电可靠性略低； (2) 所经路径要有足够的地面宽度和净空走廊，占地面积较大； (3) 由于导线直接裸露，可能发生误碰、导线跌落等触电事故
电力电缆	(1) 受外界因素（如雷害、风害、鸟害等）影响小，供电可靠性高； (2) 电力电缆是埋入地下的，工程隐蔽，美观，占用空间小，所以对市容环境影响较小，即使发生事故，一般也不会影响人身安全； (3) 电缆电容较大，可改善线路功率因数	(1) 成本高，一次性建设投资大，电缆线路的投资约为同电压等级架空线路的 10 倍； (2) 线路分支困难； (3) 故障点较难发现，不便及时处理事故； (4) 电缆接头施工工艺复杂； (5) 导体散热差，导电能力小



由于电力电缆与架空线路各有各的优缺点，因而它们运用的场所也各有不同。出于建设成本及技术水平的考虑，220kV 及以上电压等级的电力线路通常为架空线路，而电力电缆则常用于城市地下电网、发电站的引出线路、工矿企业的内部供电及过江、过海的水下输电线。

随着技术的发展，电缆制造工艺水平的提高，在电力线路中，电缆所占的比重正逐渐增加，已出现 1~500kV 及以上电压等级、各种绝缘的电力电缆。随着城市化的推进和土地资源的日益稀缺，电力电缆将在电能输送中发挥越来越重要的作用。

2. 电力线路的主要参数

电力线路的主要参数有串联电阻、电抗和并联电纳、电导，均可以通过测量和计算得出，单位长度电力线路的一相等效电路如图 1-1 所示。

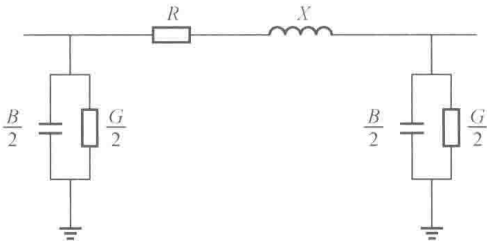


图 1-1 单位长度电力线路的一相等效电路

R—电阻；X—电抗；B—电纳；G—电导

由于电力线路存在电阻 R ，输送电能过程中，不可避免地存在有功损耗 I^2R ，这将导致导体发热，限制导线长期运行的安全电流值。通过提高输送电压、减少无功功率的远距离传输等手段，可有效减少有功损耗，提高经济效益。架空线路长期允许载流量见表 1-4。

表 1-4 架空线路长期允许载流量

导线型号	允许电流 (A)	导线型号	允许电流 (A)
LGJ-50	220	LGJ-500	966
LGJ-70	275	LGJ-2×185	1030
LGJ-95	335	LGJ-600	1090
LGJ-120	380	LGJ-2×240	1220
LGJ-150	445	LGJ-700	1250
LGJ-185	515	LGJQ-2×300	1380
LGJ-240	610	LGJ-2×300	1420
LGJQ-300	690	LGJQ-2×400	1762
LGJ-300	710	LGJQ-4×300	2760
LGJQ-400	825	LGJQ-4×400	3344
LGJ-400	845	LGJQ-6×400	5286

同时，由于线路上存在对地电纳 B （呈容性），只要线路上存在电压，即会有



无功功率发出，故空充线路的末端电压将会高于首端，尤其是电缆线路的容升效应更为明显。运行人员在实际操作中也应注意这一特点，防止空充长线路或电缆造成的末端过电压事故。

3. 线路运维要求

(1) 架空线路的运行维护要求主要有：

1) 线路上使用的器材，不应有松股、交叉、折叠和破损等缺陷。

2) 导线截面和弛度应符合要求，一个档距内一根导线上的接头不得超过一个，且接头位置距导线固定处应在 0.5m 以上；裸铝绞线不应有严重腐蚀现象；钢绞线、镀锌铁线的表面良好，无锈蚀。

3) 金具应光洁，无裂纹、砂眼、气孔等缺陷，安全强度系数不应小于 2.5。

4) 绝缘子瓷件与铁件应结合紧密，铁件镀锌良好；绝缘子瓷釉光滑，无裂纹、斑点，无损坏、歪斜，绑线未松脱。

5) 横担上下歪斜和左右扭斜不得超过 20mm。

6) 线间、交叉、跨越和对地距离，均应符合规程要求。

7) 防雷、防振设施良好，接地装置完整无损，接地电阻符合要求，避雷器预防试验合格。

8) 运行标志完整醒目。

(2) 电缆线路的运行维护要求主要有：

1) 每季进行一次巡视检查，对室外电缆头则每月应检查一次。遇大雨、洪水等特殊情况和发生故障时，应酌情增加巡视次数。

2) 巡视检查的主要内容包括：

a. 是否受到机械损伤；

b. 有无腐蚀和浸水情况；

c. 电缆头绝缘套有无破损和放电现象等。

3) 为了防止电缆绝缘过早老化，线路电压不得过高，一般不应超过电缆额定电压的 15%。

4) 保持电缆在规定的允许持续载流量下运行。由于过负荷对电缆的危害很大，应经常测量和监视电缆的负荷。

5) 定期检测电缆外皮的温度，监视其发热情况。一般应在负荷最大时测量电缆外皮的温度，以及选择散热条件最差的线段进行重点测试。



4. 线路操作的注意事项

(1) 线路停电操作顺序：拉开线路两端断路器、线路侧隔离开关、母线侧隔离开关，线路上可能来电的各端合接地开关（或挂接地线）。

(2) 线路送电操作顺序：拉开线路各端接地开关（或拆除接地线），合上线路两端母线侧隔离开关、线路侧隔离开关，合上断路器。

(3) 线路停送电操作：如一侧为发电厂另一侧为变电站，一般在变电站侧停送电，在发电厂侧解合环；如两侧均为变电站或发电厂，一般在短路容量大的一侧停送电，在短路容量小的一侧解合环；有特殊规定的除外。

(4) 应考虑电压和潮流转移，特别注意防止其他设备过负荷或超过稳定限额，防止发生自励磁及线路末端电压超过允许值。

(5) 任何情况下严禁约时停送电。

1.2.2 发电机

发电机是将其他形式的能源转换成电能的机械设备，它由水轮机、汽轮机、柴油机或其他动力机械驱动，将水流、气流、燃料燃烧或原子核裂变产生的能量转化为机械能传给发电机，再由发电机转换为电能。发电机在工农业生产、国防、科技及日常生活中有着广泛的用途。

发电机的形式很多，但其工作原理都基于电磁感应定律和电磁力定律。因此，其结构原理是用适当的导磁和导电材料构成互相进行电磁感应的磁路和电路，以产生电磁功率，达到能量转换的目的。

1. 主要结构

发电机通常由定子、转子、端盖及轴承等部件构成。定子由定子铁芯、线包绕组、机座以及固定这些部分的其他结构件组成。转子由转子铁芯（或磁极、磁扼）、绕组、护环、中心环、滑环、风扇及转轴等部件组成。轴承和端盖将发电机的定子、转子连接组装起来，使转子能在定子中旋转，做切割磁力线的运动，从而产生感应电动势。感应电动势通过接线端子引出，接在回路中，便产生了电流。

2. 主要分类

发电机可分为直流发电机和交流发电机。

(1) 直流发电机是把机械能转化为直流电能的机器。它主要作为直流电动机、电解、电镀、电冶炼、充电及交流发电机励磁等所需的直流电源。虽然可用电力整流元件，把交流电变成直流电，但从使用方便、运行的可靠性及某些工作性能



方面来看，交流电整流还不能和直流发电机相比。

直流发电机的工作原理就是把电枢线圈中感应产生的交变电动势，通过换向器配合电刷的换向作用，使之从电刷端引出时变为直流电动势。

电刷上不加直流电压，用原动机拖动电枢使其逆时针方向恒速转动，线圈两边分别切割不同极性磁极下的磁力线，进而在其中感应产生电动势，电动势方向按右手定则确定。由于电枢连续地旋转，因此必须使载流导体在磁场中交替地切割磁力线，虽然线圈内的感应电动势是交变电动势，但电刷 A、B 端的电动势却为直流电动势（一种方向不变的脉振电动势）。因为电枢在转动过程中，无论电枢转到什么位置，由于换向器配合电刷的换向作用，电刷 A 通过换向片所引出的电动势始终是切割 N 极磁力线的线圈边中的电动势，因此电刷 A 始终有正极性。同样，电刷 B 始终有负极性，所以电刷端能引出方向不变的但大小变化的脉振电动势。如每极下的线圈数增多，可使脉振程度减小，就可获得直流电动势。这就是直流发电机的工作原理。同时也说明了直流发电机实质上是带有换向器的交流发电机。从基本电磁情况来看，一台直流电机原则上既可作为电动机运行，也可以作为发电机运行，只是约束条件不同。在直流电机的两电刷端上，加上直流电压，将电能输入电枢，机械能从电机轴上输出，拖动生产机械，此时为电动机；用原动机拖动直流电机的电枢，而电刷上不加直流电压，则电刷端可以引出直流电动势作为直流电源，可输出电能，此时为发电机。这种既能作为电动机运行又能作为发电机运行的原理，称为可逆原理。

（2）交流发电机又分为同步发电机和异步发电机。

1) 同步发电机。同步发电机是一种最常用的交流发电机，它广泛用于水力发电、火力发电、核能发电以及柴油机发电。由于同步发电机一般采用直流励磁，当其单机独立运行时，通过调节励磁电流，可方便地调节发电机的电压。若并入电网运行，因电压由电网决定，不能改变，此时调节励磁电流的结果是调节了电机的功率因数和无功功率。

同步发电机的定子、转子结构与同步电机相同，一般采用三相形式，只在某些小型同步发电机中电枢绕组采用单相。

2) 异步发电机。异步发电机又称感应发电机，是利用定子与转子间气隙旋转磁场与转子绕组中感应电流相互作用的一种交流发电机。其转子的转向和旋转磁场的转向相同，但转速略高于旋转磁场的同步转速。

随着电力系统输电电压的提高，线路的增长，当线路的传输功率低于自然功



率时,线路和电站将出现持续的工频过电压。为改善系统的运行特性,不少技术先进的国家,较早就开始研究异步发电机在大电力系统中的应用问题,并认为大系统采用异步发电机后,可提高系统的稳定性、可靠性和运行的经济性。

异步发电机由于维护方便,稳定性好,常用作并网运行的小功率水轮发电机。当用原动机将异步电机的转子顺着磁场旋转方向拖动,并使其转速超过同步转速时,电机进入发电机运行,并把原动机输入的机械能转变成电能送至电网,这时电机的励磁电流取自电网。

异步发电机也可以并联电容,靠本身剩磁自行励磁,这时发电机的电压与频率由电容值、原动机转速和负载大小等因素决定。当负载改变时,一般要相应地调节并联的电容值,以维持电压稳定。由于异步发电机并联电容时,不需外加励磁电源就可独立发电,故在负荷比较稳定的场合,有可取之处。例如,可用作农村简易电站的照明电源或备用电源等。

3) 主要特性。

a. 空载特性。发电机不接负载时,电枢电流为零,称为空载运行。此时,发电机定子的三相绕组中只有励磁电流 I_f 感生出的空载电动势 E_0 。(三相对称),其大小随 I_f 的增大而增大。但是,由于发电机磁路铁芯有饱和现象,所以两者不成正比。反映空载电动势 E_0 与励磁电流 I_f 关系的曲线称为同步发电机的空载特性。

b. 电枢反应。当发电机接对称负载后,电枢绕组中的三相电流会产生另一个旋转磁场,称电枢反应磁场。其转速正好与转子的转速相等,两者同步旋转。

同步发电机的电枢反应磁场与转子励磁磁场可近似地认为都按正弦规律分布。它们之间的空间相位差取决于空载电动势 E_0 与电枢电流 I 之间的时间相位差。电枢反应磁场还与负载情况有关。当发电机的负载为感性时,电枢反应磁场起去磁作用,会导致发电机的输出电压降低;当负载呈容性时,电枢反应磁场起助磁作用,会使发电机的输出电压升高。

c. 负载运行特性。主要指外特性和调整特性。外特性是当转速为额定值、励磁电流和负载功率因数为常数时,发电机端电压 U 与负载电流 I 之间的关系。调整特性是转速和端电压为额定值、负载功率因数为常数时,励磁电流 I_f 与负载电流 I 之间的关系。

同步发电机的电压变化率为 $20\% \sim 40\%$ 。一般工业和家用负载都要求电压保持基本不变。因此,随着负载电流的增大,必须调整励磁电流。虽然调整特性的变化趋势与外特性正好相反,对于感性和纯电阻性负载,它是上升的,而对于容



性负载，一般是下降的。

1.2.3 变压器

变压器是一种静止的电气设备，它利用电磁感应原理，将某一数值的交流电压变成频率相同的另一种或几种数值不同的电压和电流，以实现电能的经济输送与分配。电压经升压变压器升压后，可以减少线路损耗，增大输送功率，提高输电经济性，达到远距离大功率送电的目的。而降压变压器则能把高电压变成用户所需要的各级电压。

1. 变压器的类别

变压器有各种不同的分类形式，根据不同的分类形式，可以将变压器分为不同的类别，其具体分类见表 1-5。

表 1-5 变压器分类一览表

分类形式	具体类别
按用途分类	电力变压器、特种变压器（电炉变压器、整流变压器、工频试验变压器、调压器、矿用变压器、音频变压器、中频变压器、高频变压器、冲击变压器、仪用变压器、电子变压器、电抗器、互感器等）
按绕组结构分类	芯式变压器（插片铁芯、C 型铁芯、铁氧体铁芯）、壳式变压器（插片铁芯、C 型铁芯、铁氧体铁芯）、环型变压器、金属箔变压器、辐射式变压器等
按电源相数分类	单相变压器、三相变压器、多相变压器
按冷却方式分类	自然冷式、风冷式、水冷式、强迫油循环风（水）冷式及水内冷式
按冷却介质分类	干式变压器、液（油）浸变压器及充气变压器
按绕组数量分类	自耦变压器、双绕组变压器、三绕组变压器、多绕组变压器等
按导电材质分类	铜线变压器、铝线变压器、半铜半铝变压器、超导变压器等
按调压方式分类	无励磁调压变压器、有载调压变压器
按中性点绝缘水平分类	全绝缘变压器、半绝缘（分级绝缘）变压器
按防潮方式分类	开放式变压器、灌封式变压器、密封式变压器

2. 变压器的型号

变压器铭牌中型号的组成包括两部分：基本型号—额定容量/高压侧电压等级。

（1）第一部分基本型号由汉语拼音字母组成，代表变压器的类别、结构、特征和用途。变压器基本型号中各字母含义见表 1-6。



表 1-6

变压器基本型号中各字母含义

排列顺序	内 容	类 别	符 号
1	绕组耦合方式	自耦降压（或自耦升压）	O
2	相数	单相	D
		三相	S
3	冷却方式	油浸自冷	J
		干式空气自冷	G
		干式浇注绝缘	C
		油浸风冷	F
		油浸水冷	S
		强迫油循环风冷	FP
		强迫油循环水冷	SP
4	绕组数目	双绕组	—
		三绕组	S
5	绕组导线材质	铜	—
		铝	L
6	调压方式	无励磁调压	—
		有载调压	Z
7	设计序号		

(2) 第二部分由数字组成，用以表示产品的容量（kVA）和高压绕组电压（kV）等级。斜线左边表示额定容量（kVA），斜线右边表示一次侧额定电压（kV）。额定容量是变压器表现功率的惯用值，以 kVA 或 MVA 表示，是指分接开关位于主分接时额定空载电压、额定电流与相应的相系数的乘积。当对变压器施加额定电压时，根据额定容量可确定在国家标准规定的使用条件下不超过温升限值的额定电流。变压器可按规定超过额定容量运行。变压器的容量随冷却方式的不同而变更时，额定容量系指最大容量，对于多绕组变压器，其额定容量是指容量最大的一个绕组的容量。

如 SFPZ9-120000/110 表示三相双绕组强迫油循环风冷有载调压，设计序号为 9，容量为 120 000kVA，高压侧额定电压为 110kV 的变压器。

3. 变压器的结构及其功能

变压器的结构示意图如图 1-2 所示，其各元件名称及功能见表 1-7。