

37

电力系统通信
科普丛书



张典谟 编

电力系统通信基础

水利电力出版社

98546

TM 73
1253

电力系统通信科普丛书

电力系统通信基础

张典谟 编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书较全面地介绍了电力和电信两方面的基本知识，深入浅出地阐述了电力系统的概况、通信的基本理论、电力通信中的各种通信方式，并且对输电电平的概念和计算作了较详细的介绍。

本书可供电力系统的管理干部和通信工人阅读，也可供有关专业的技术人员和院校的师生参考。

电力系统通信科普丛书

电力系统通信基础

张典谟 编

水利电力出版社出版

(北京三里河路 6 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 3.25印张 67千字

1987年 6 月第一版 1987年 6 月北京第一次印刷

印数0001—5110册 定价0.60元

书号 15143·6300

前 言

电能是发展国民经济的重要能源，电力生产在整个社会生产中占有十分显著的地位。为了适应四化建设和人民生活的需要，必须努力扩大电力生产的能力，逐步提高电能生产的质量。

为了确保电力工业安全经济地发供电，必须建立与电力系统相适应的通信系统，即电力系统通信。我国的电力系统通信几乎包括了各种通信方式，不仅采用了普通的音频电话、明线载波、电缆载波、特高频、模拟微波等方式而且还采用了数字微波、光纤通信卫星通信等先进的通信方式和手段，电力通信系统中还有独特的电力线载波、架空地线载波等特殊通信方式，同时逐步采用程控交换技术，把各种通信电路连接起来，进行电话、数据等信息交换，组成一个完整的通信网，因此电力系统通信是一个先进的、综合型的专业通信网络。

我们编写的这套“电力系统通信科普丛书”共分四册：《电力系统通信基础》、《电力系统载波通信》、《电力系统微波通信》、《电力系统电话交换技术》、各册之间互相联系又自成系统。本书的读者对象是电力工业中的领导干部、电力通信专业的工人，也可供工程技术人员及有关专业院校的师生参考。

由于编者的水平所限，书中一定有不少欠缺和问题，敬请广大读者批评指正。

编 者

1986.4

目 录

前 言

第一章	电力系统	1
第一节	概述	1
第二节	电力系统及其分类	3
第三节	主要电气设备及电气主接线	7
第四节	电力系统的自动及远动	14
第五节	电力系统调度	22
第二章	通信基本知识	26
第一节	概述	26
第二节	模拟通信和数字通信	30
第三节	频分制和时分制	35
第三章	电力系统通信	40
第一节	电力通信网络	40
第二节	架空明线通信	44
第三节	电缆通信	50
第四节	电力线路载波通信	57
第五节	微波通信	64
第六节	光纤通信	68
第四章	输电电平	73
第一节	电平的基本概念	73
第二节	电平计算	80
第三节	总电平及分电平	84
第四节	电平测量原理	88

第一章 电 力 系 统

第一节 概 述

二十世纪八十年代的今天，从高速旋转的车床、漫游太空的卫星，到每秒钟上亿次运算的电子计算机，以及人们的生活、学习、文化娱乐，无一不和电紧紧地联系在一起。电能的应用已从科学实验、工农业生产逐步扩展到日常生活，深入到人们活动的每一个角落。

电是自然界中能量的一种形式。电能与其它形式的能量相比，具有转换方便、适宜大规模生产、容易进行控制和传输等优点，因此是现代工农业生产、交通运输、科学技术、国防建设和人民生活各方面的主要能源。它又是实现生产自动化、生活电气化的基础，所以，电力工业是发展国民经济的先行官，实现四个现代化的宏伟目标必须优先发展电力工业。

发电厂是生产电能的工厂，它的基本任务就是把其它形式的能转变为电能。现在用于发电的主要能源有火力（包括煤、石油、天然气等）、水力和原子能。目前在我国火力发电占90%左右，水力发电占10%左右，原子能发电厂的建立还处于开始阶段。由于我国的水力资源十分丰富，但是现在已开发利用的还不到10%，因此在今后的电力工业建设中，水力发电具有很大的潜力。

建设发电厂主要取决于燃料、水力资源等自然因素。由

于水力资源往往在偏僻的山区，热力资源集中在燃料基地，而需要电力的用户则主要是在工业基地、交通枢纽和大城市，所以，各个发电厂生产的电能除一小部份供给本厂及附近用户外，大部份都要输送到较远的地区。

我们知道，电能从发电厂向用户输送的过程中，在导线里将产生能量损耗。在输送相同能量的条件下，提高输电电压就能减小导线中的电流而降低导线中的能量损耗。因此通常都要将发电机发出的较低的电压（如 6.3kV ， 10kV 等）经过升压变电所升高电压，通过高压输电线路把电能送到用户中心，再通过降压变电所降低电压后由低压配电线路分送给各类用户。

我们把发电厂与变电所、输电线路、配电线路及用户所组成的发电、供电、用电的整体称为电力系统。图 1-1 是一个简单的电力系统示意图。发电机发出的电能，用升压变压器将电压升高到 220kV ，然后经 220kV 输电线路把电能输送到两个用户中心，再由降压变压器降低为 $6\sim 10\text{kV}$ 的电压经 $6\sim 10\text{kV}$ 配电线路供给用户。

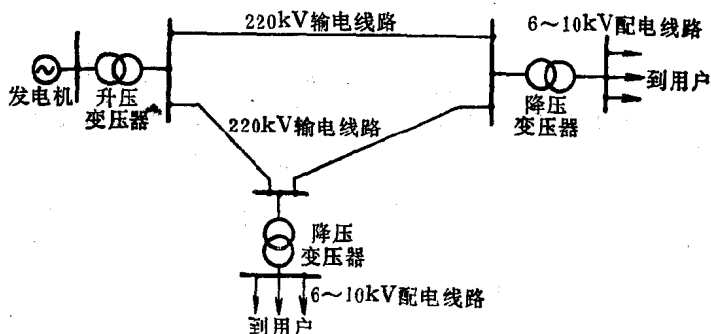


图 1-1 简单的电力系统示意图

发电厂是按发电机总容量表示电厂的规模，例如1万kW、20万kW、100万kW等。变电所通常以它变压器高压侧的电压来命名，如110kV或220kV变电所。输电线路和配电线路则是以它的输送电压等级来表示，如330kV、500kV高压输电线或3kV、6kV低压配电线。各种电压等级的输电线路、配电线路及变电所合称电力网简称电网。因为输、配电线路的作用都是输送电力，因此也统称为电力线路。输电线路以及连接这些线路的高压变电所组成的输电网，是电力系统的主要网络称为主网。配电线路和配电变电所组成的电网，它的作用是将主网送来的电能进行分配使用，因此称为配电网。

连接在电力系统中的一切用电设备所消耗的功率都称为电力系统的负荷。

第二节 电力系统及其分类

随着生产的发展及人民生活水平的提高，用电量日益增加，电力系统的规模也越来越大，目前已逐渐形成了跨地区以至跨省、市的联合电力系统。本节简要说明电力系统的一些基本知识。

一、电力系统运行的基本要求

根据电力生产在国民经济中的重要地位，对电力系统的运行有以下几点基本要求：

1. 供电可靠

电力供应不足或中断，不仅直接影响生产的发展和人民生活的安定；而且会造成用电设备的损坏以致发生人身事故。因此首先必须保证安全，可靠地发、供电。这就要求正确地设计、安装和维护各种电气设备，进行经常的运行监视

和定期试验及检修。

按照对供电可靠性的要求，一般将用户分为三类。如果由于供电中断将造成国民经济重大损失，或使市政生活中的重要部门发生混乱的列为第一类用户。对第一类用户应当采用两个以上的独立电源供电。当一个电源故障时另一个电源自动投入，保证持续供电。对停电后将造成大量减产或对城市居民正常生活造成较大影响的为第二类用户。对这类用户，应努力保证供电。在一、二类以外的其它用户为第三类用户，当电力系统事故或由于电能质量下降危及整个系统安全时这类用户可暂停供电。

2. 电能质量优良

电能的质量主要是指交流电的频率和电力系统中各点的电压。所有的用电设备都是按照一定电压制造的，大部分用电设备对电源的频率也有相应的要求。一般规定，电压偏差值不超过规定值的 $\pm 5\%$ ，50Hz交流电的频率偏差不得超过 $\pm (0.2 \sim 0.5) \text{ Hz}$ 。

电压和频率偏差过大将造成有害的影响。例如电压过低将使电灯发暗，电动机无法起动或严重过热而烧坏，使线路损耗增大。而电压过高则直接将烧坏用电设备。频率过低，所有用户的交流电动机转速都要下降使工农业产品质量降低，例如造出的纸张厚薄不匀，电子计算机的运算发生错误，甚至家用电视机也不能得到清晰稳定的图像。

3. 实现经济运行

电力生产消耗的能源很多，而且电能在生产、输送和分配过程中的损耗也很大，经济运行就是要在电力生产中尽量减少发电厂的燃料(或水源)的消耗，减少发电厂自身的用电量及电能传输中的损耗，提高经济效益。

例如一个100万kW的电力系统，每年大约要消耗300万t煤炭，通过合理调度实现经济运行一般可节约煤1~2%，即可省煤炭3~6万t。如果能使线路损耗降低1%，则在最高负荷为100万kW的电力系统中，每年就可多供电3000~4000万kW·h。实现经济运行就是要在保证负荷的条件下，采取各种措施使整个系统的燃料消耗最少，电能成本最低。

二、电力系统的作用

由于发电厂和电网的不断发展以及供电范围的逐步扩大，各电力系统之间通过联络线组成了更大规模的联合电力系统。目前我国已经形成了东北、华北、华东等六大跨省的联合电力系统，今后将以高压输电线路联结各大电网，逐步组成全国性的联合电力系统。

将许多发电厂、变电所用电力线路联结在一起组成的电力系统及联合电力系统有以下主要作用：

1. 提高供电的可靠性

电力系统中包括了许多发电厂，当个别发电厂或机组由于检修或故障而停电时，对全系统的影响就比较小，不会造成所有用户供电中断，提高了供电的可靠性，增加了抵抗事故的能力。

2. 稳定电能质量

由于电力系统的供电范围大，系统内负荷变化时相对总负荷的波动较小，可以保持总发电量和总用电量及损耗经常处于接近平衡的状态，所以电源频率和供电电压等电能质量指标都能比较稳定。

3. 减少备用容量

为了保证供电可靠，在发、供电系统中一般都必须有一定数量的备用机组，以便在部分设备故障或检修时投入使用。

形成电力系统以后就不需要每个电厂都设备用机组，可以减少总的备用容量，提高设备的利用率。

4. 便于安装大型机组

建设大型发电厂，安装大型机组可以降低发电成本，提高劳动生产率，但是大型机组发生故障或进行检修时必然对整个系统的影响很大，因此小容量的电力系统不适于安装大容量的机组，组成大的联合系统以后就为安装大型机组提供了有利条件。

5. 合理利用资源

组成电力系统后，可以发挥各类电厂的特点实行水、电配合以充分利用资源。例如在丰水期多发水电少发火电，枯水期少发水电多发火电，适时地分配各发电厂所承担的负荷，按最低供电成本实现经济调度，以取得最好的效益。

三、电力系统的分类

电力系统按不同的参数分为以下几种类型：

1. 按交流电的频率分

主要有50Hz和60Hz两种频率的电力系统。我国和世界大多数国家都是采用50Hz，只有美国、加拿大、朝鲜等少数国家是采用60Hz，在鸭绿江上我国和朝鲜共建的水电厂就有50Hz和60Hz的两种机组，分别向两国供电。

2. 按系统的最高电压分

高压输电线路的电压等级通常分为110kV、220kV、300kV、500kV、750kV等。一般输电线路的最高电压也就是电力系统的最高电压，目前我国电压等级最高的是500kV电力系统。

3. 按系统容量分

以系统内的总装机容量分为大容量和中、小容量的电力

系统。按我国目前的具体情况，总容量在百万 kW 以上的划为大容量系统；二、三十万 kW 以下的为小容量系统。我国现有的跨省、市大型联合电力系统总容量有的已经超过一千万 kW。

第三节 主要电气设备及电气主接线

发电厂和变电所中使用着大量不同用途、不同类型的高、低压电气设备，用以起动、调整和停止机组，对电路进行必要的切换及监视系统的运行情况等。一般规定，额定电压在 1000V 及以上的电器称高压电器，低于 1000V 的称低压电器。本节介绍部分主要电器设备的分类、作用以及它们的特性。

一、一次设备和二次设备

发电厂的主要任务是发出电能。变电所除变换电压外，还有集中与分配电能，控制电力流向等任务。在电能的生产、输送和分配过程中，发电厂和变电所应有下列各类主要电气设备：

(1) 生产、变换及汇集、输送电能的设备。如生产电能的发电机，变换电压的变压器，汇集和输送电能的母线、电力电缆等。

(2) 接通和断开电路的开关设备。如在各种运行条件下开关和切换电路的断路器、隔离开关、自动空气开关、磁力起动器等。

(3) 限制过流或过压的保护设备。如限制故障电流的电抗器，限制过电压的避雷器，在电流过大时能自行熔断的熔断器等。

(4) 测量辅助设备。如为测量仪表和保护装置等供电的电压互感器和电流互感器。

(5)二次设备。如监视电流、电压、功率等参数的各种测量仪表、继电器、信号及自动控制装置。

以上(1)~(4)是用于直接输配电能或与高电压大电流直接相通的设备,统称一次设备。而(5)是用于对一次设备的工作进行监视、测量和控制操纵及保护的辅助设备,称为二次设备。

二、主要电气设备

(一)发电机

发电机是将机械能转变为电能的旋转机械。按照拖动发电机的原动机不同,发电机分为汽轮发电机、燃气轮发电机、水轮发电机和柴油发电机等不同类型。

汽轮发电机是利用燃料在锅炉中燃烧,将水加热产生的蒸汽,来冲动汽轮机带动发电机发电。燃气轮发电机是利用燃料燃烧时产生的高温气体直接推动燃气轮机,带动发电机发电。水轮发电机则是用水冲动水轮机带动发电机发电,而柴油发电机是由柴油机带动发电机发电。

在我国电力系统中,主要采用的是汽轮发电机。国产汽轮发电机的标准容量有0.6、1.2、2.5、5、10、12.5、20、30万kW等不同等级。额定电压有6.3、10.5kV等各种电压等级。

(二)变压器

变压器是交流电路中将某一电压等级变成同频率的另一种电压等级的静止电器。变压器是远距离输电和分配电能的重要电气设备。在电力系统中电能的传输和分配,从发电机到用户之间要多次改变电压,因此变压器的总容量约为发电机总容量的五至七倍。

容量在0.5万kVA以上的国产三相变压器的容量有0.5、

0.63、0.8、1、1.25、1.6、2、2.5、3.15、4、5、6.3、8、10、12.5 万 kVA 各等级。

(三) 电压互感器和电流互感器

为了监视和控制电气设备的运行情况，计量电能及显示电能质量，在发电厂和变电所内需要装置测量仪表和自动设备，但是它们不能直接接到高电压大电流的线路上，否则不仅需要很庞大的设备而且也危及人身安全，因此采用了互感器。

互感器是在一个闭合的铁芯上绕以匝数不同的一、二次线圈构成。互感器一次线圈连接被测的高压电路，二次线圈连接测量仪表、自动装置等其它负载。

电压互感器的连接如图1-2所示。一次线圈 W_1 并联在被测电路上，二次线圈 W_2 的匝数比一次线圈少，被测的高电压按比例被降成低电压由普通电压表指示出被测的高压数值。

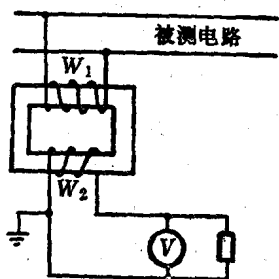


图 1-2 电压互感器的连接

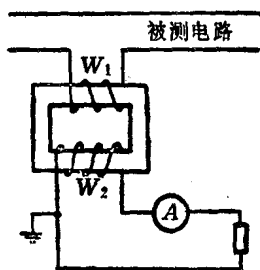


图 1-3 电流互感器的连接

电流互感器的连接如图1-3所示。一次线圈 W_1 串联在被测电路中，二次线圈 W_2 的匝数比一次线圈多，被测的大电流按比例被降为小电流由普通的电流表指示出被测的大电流数值。采用互感器可以在远离高压电路的地方，安全方便地进行测量，互感器二次线圈所输出的电压、电流还可用于对电

路的自动控制。

(四) 开关设备

开关设备是利用导电触头的离、合来断开或接通电路的电气设备。正常运行时要通过操作开关实现送电、停电，电路故障时要由开关迅速切断故障部分，减少事故的影响。检修时要使待修设备脱离电源以保证安全，因此在电力系统中设置了断路器、隔离开关等各种开关设备。

1. 断路器

断路器是最主要的高压开关设备，它既能接通或断开正常的负荷电流，又能切断很大的故障电流。断路器在断开大电流时，在触头分离的瞬间会产生很大的电弧，电路中的电压越高，电流越大则电弧越强。由于电弧的温度很高，如不迅速熄灭就可能烧坏开关，以至引起火灾而带来严重的危害。根据不同的灭弧方式，有以下几种常用的断路器：

(1) 多油断路器 断路器的触头浸在盛有绝缘油的钢桶中，其中的油除有绝缘作用外，同时也用于灭弧。由于用油量多、体积较大，一般用在35kV及以下的电路中。

(2) 少油断路器 断路器中的油仅用于触头的灭弧，带电部分的绝缘采用瓷或有机绝缘材料。由于用油少重量轻、结构简单占地面积小，因此广泛被用在发电厂和变电所作开关设备。

(3) 空气断路器 空气断路器是以压缩空气冲断电弧而灭弧的，其优点是无绝缘油、动作快、开断容量大，但是它的结构和运行都比较复杂，需要增加压缩空气设备，因而仅用于容量较大的发电厂和变电所。

2. 隔离开关

隔离开关是一种触头明显直观，没有灭弧装置的开关设

备。隔离开关用于隔断检修设备和其它带电设备，它和断路器配合，在电路中没有电流的情况下进行操作，改变电路的连接方式，故也称隔离刀闸。

隔离开关没有灭弧装置，不能用来接通或切断大电流，必须按规定的顺序：在停电时先拉断路器再拉隔离开关；在送电时先合隔离开关再合断路器，否则在隔离开关触头之间将形成强烈的电弧，造成重大事故。因此在发电厂和变电所特别强调“严禁带负荷拉刀闸”，也就是不允许用隔离开关切断电路电流。

（五）防雷设备

天空中由于气流的运动而产生带有大量电荷的云层，则在地面上较高的建筑物及设备上会感应出异极性电荷，当它们之间的电场达到一定强度时将使空气击穿，产生雷击发出强烈的光和声，如图1-4所示。一次雷击的时间虽然很短，只有万分之几秒到百分之几秒，但是电流却可能大到几十万安培，因此受到雷击的建筑物和地面上的输电线及电气设备都会受到严重损坏，所以在电力系统中必须采取适当的防雷措施，最常见的是应用避雷针和避雷线。



图 1-4 雷击建筑物

1. 避雷针

将针状的金属导体装在建筑物或设备的构架顶上，用引线与地网相连使避雷针有良好的接地，如图1-5所示。当雷电出现时，因为避雷针装得高与雷云的距离近，因此雷云向避雷针放电，雷电流通过引线入地，保障了建筑物或设备的

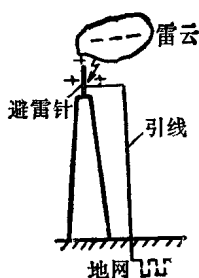


图 1-5 建筑物装避雷针

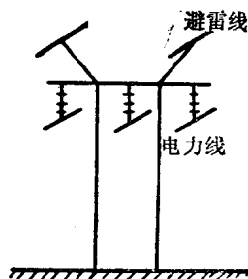


图 1-6 避雷线

安全。

2. 避雷线

当架空线路受到雷击时，雷电将沿着导线侵入发电厂或变电所造成危害，因此在 35kV 及以上的线路上都架设避雷线。一般 35kV 的线路只在距发电厂或变电所 1~2km 内架避雷线，110kV 及以上的线路在全线都架设避雷线。

避雷线一般采用截面为 $20\sim75\text{mm}^2$ 的镀锌钢绞线，将它悬挂在被保护线路的上空，如图 1-6 所示。

避雷线通过杆塔上的金属部分和埋设在地下的接地装置相连，它的作用和避雷针相似，雷击时，雷电落在输电线上空的避雷线上，将雷电流引入地中，使得线路不会受到雷击。

(六) 母线

发电厂和变电所中有许多进出线用以输送电能，母线的作用是集中各电源送来的电能并把电能分配给各类负荷。

屋外母线多数用多股铝线或钢芯铝线制成，称为软母线，由绝缘子固定在构架上。屋内母线一般由铜或铝板制成，称为硬母线，由绝缘子固定在支架或墙壁上。为了便于工作人员识别母线的相序，A、B、C 三相分别用黄、绿、红三