

# 第一章 电能与电力系统

现代化的工业生产和居民生活都离不开电。电能被广泛地应用在轨道交通、机械制造、航空航天、农业生产、石油化工、矿业生产、通讯广播等各个领域，是人民生活、科学技术发展、国民经济飞跃的主要动力。可以说，电能是现代物质生产的基础。

## 一、电能的生产

电能是能量的一种形式，是表征电以各种形式做功的能力。电能是由各种形式的能量转化而来的，而这些能量的转化过程，一般是由各种各样的发电厂和各种各样的电池完成的。电源是提供电能的装置，其实质都是把其他形式的能转化为电能。常见的发电类型有：风力发电、水力发电是把机械能转化为电能；火力发电是把化学能转化为电能；太阳能发电是把太阳能转化为电能；原子能发电是把原子能转化为电能。常见的电池类型有：干电池、铅蓄电池、手机电池是把化学能转化为电能；硅光电池是把光能转化为电能；太阳能电池是把太阳能转化为电能。如图 1-1 ~ 1-4 所示为常见电能产生方式。电能可以靠有线或无线的形式进行远距离的传输。



图 1-1 火电厂发电



图 1-2 水电厂发电

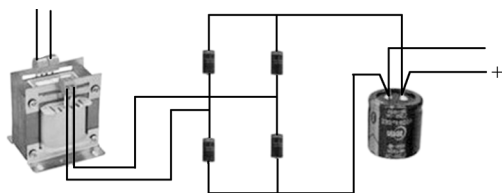


图 1-3 整流供电



图 1-4 蓄电池供电

## 二、电力系统

如图 1-5 所示为电力系统示意图。电力系统是由发电厂、变电所、电力线路和电能用户

组成的一个整体。图中变电所的功能是接收电能、变换电压和分配电能。为了实现电能的远距离输出和将电能分配到用户，需要将发电厂的发电机电压进行多次电压变换，这个任务由变电站完成。变电站由电力变压器、配电装置和二次装置等构成。如图 1-6 所示，变电站中的二次装置，其作用是对电能的传输过程进行检测、控制和保护等。

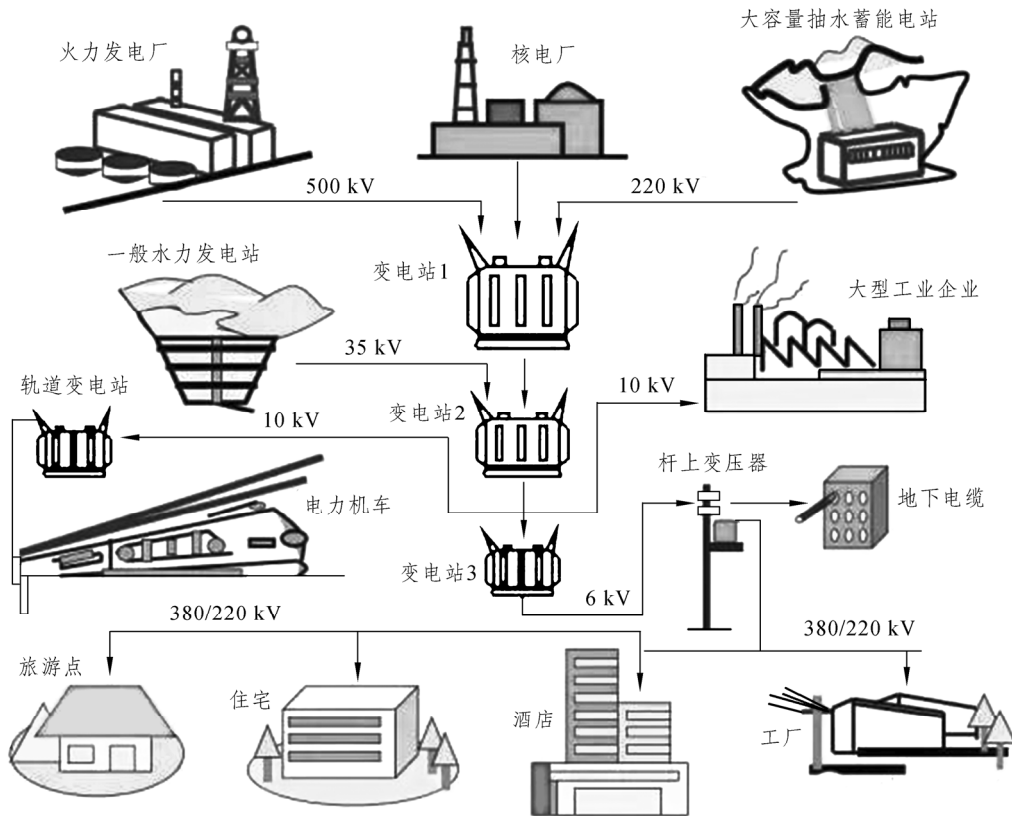


图 1-5 电力系统示意图



图 1-6 变电站中的二次装置

电力线路将发电厂、变电站和电能用户连接起来，完成输送电能和分配电能的任务。电力线路有各种不同的电压等级，通常将 220 kV 及以上的电力线路称为输电线路，110 kV 及以下的电力线路称为配电线路。交流 1 000 kV 及以上和直流 800 kV 及以上的输电线路称为特高压输电线路，220 ~ 800 kV 输电线路称为超高压输电线路。配电线路又分为高压配电线路（110 kV），作为城市配电网骨架和特大企业供电线路；中压配电线路（35 ~ 6 kV），作为城市主要配电网和大中型企业供电线路；低压配电线路（380/220 V），组成城市和小型企业的低压配电网。

除了交流输电线路外，还有直流输电线路。直流输电线路主要用于远距离输电，连接两个同频率的电网和向大城市供电。它具有线路造价低、损耗小、调节控制迅速、简便、无稳定性等优点，但是换流站造价高。

电能用户又称电力负荷，所有消耗电能的用电设备或用电单位均称为电能用户。按照行业不同，电能用户分为工业用户、农业用户、市政商业用户和居民用户等。

### 三、电能质量指标

电力系统的电能质量直接影响到电力系统的安全运行，尤其影响到用电设备的正常工作。电能质量是指电压、频率和波形的质量。电能质量指标主要包括电压偏差、三相电压不平衡、频率偏差和谐波等。

#### 1. 电压质量指标——电压偏差

电压偏差是实际运行电压对系统标称电压的偏差相对值，以百分数表示，即

$$\Delta U\% = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100\%$$

式中， $\Delta U\%$  为电压偏差百分数； $U$  为实际电压； $U_N$  为系统标称电压（也就是额定电压）。

GB/T 12325—2008《电能质量 供电电压偏差》规定了我国供电电压偏差的限值，如表 1-1 所示。供电电压是指供电点处的线电压或相电压。

表 1-1 供电电压偏差的限值（GB/T 12325—2008）

系统标称电压/kV	供电电压偏差的限值/%
35 三相（线电压）	正负偏差绝对值之和 10
20 三相（线电压）	±7
0.220 单相（相电压）	+7、-10

注：若供电电压偏差均为正偏差或均为负偏差时，按较大的偏差绝对值作为衡量依据。  
对供电点短路容量较小，供电距离较长以及供电电压偏差有特殊要求的用户，由双方协商确定。

用电设备端子电压实际值偏离额定值时，其性能将直接受到影响，影响程度由电压偏差的大小来确定。在正常情况下，用电设备端子电压偏差限值应该符合表 1-2 的要求。

表 1-2 用电设备端子电压偏差的限值 ( GB 50052—2009 )

名 称	电压偏差的限值/%
电动机	± 5
照明	
一般工作场所	± 5
远离变电所的小面积一般工作场所	+ 5、 - 10
应急照明、道路照明和警卫照明	+ 5、 - 10

## 2. 频率质量指标

目前，世界上的电网额定频率有两种：50 Hz 和 60 Hz。北美地区的国家采用 60 Hz，欧洲、亚洲等大多数国家采用 50 Hz，我国采用的额定频率也为 50 Hz。

GB/T 15945—2008《电能质量 电力系统频率偏差》规定了我国电力系统频率偏差的限值：

(1) 电力系统正常运行条件下频率偏差限值为±0.2 Hz。当系统容量较小时，偏差限值可以放宽到±0.5 Hz。

(2) 冲击负荷引起的系统频率变化为±0.2 Hz，根据冲击负荷的性质和大小以及系统的条件可以适当变动，但必须保证近区电力网、发电机组和用户的安全、稳定运行以及正常供电。

## 3. 波形质量指标

在电力系统中，由于有非线性负荷地存在，用电设备的电压、电流的波形不是正弦波，而是不同程度畸变的非正弦波。非正弦波是由基波和谐波组成。非正弦波给整个电力系统的安全运行和用电设备的使用寿命带来极大危害。所以，国家对电力系统的波形做了要求。

波形的质量指标以非正弦波中的谐波来衡量。GB/T 14549—1993《电能质量 公共电网谐波》规定了我国公用电网谐波电压含有率应该不大于表 1-3 的限值。

表 1-3 公共电网谐波 ( 相电压 ) 限值 ( GB/T 14549—1993 )

电网额定电压/kV	电压总谐波畸变率/%	各次谐波电压含有率/%	
		奇次	偶次
0.38	5.0	4.0	2.0
6.10	4.0	3.2	1.6
35.66	3.0	2.4	1.2
110	2.0	1.6	0.8

## 四、电力负荷

电能用户有各种各样的用电设备，它们的工作特征和重要性各不相同，对供电的可靠性和供电的质量要求也不相同。因此应对用电设备或负荷分类，以满足负荷对供电可靠性的要求，保证供电质量，降低供电成本。

### 1. 按对供电可靠性要求的负荷分类

我国将电力负荷按照其对供电可靠性的要求以及中断供电对人身安全、经济损失所造成的影响程度划分为三级，如表 1-4 所示。

表 1-4 对供电可靠性要求的负荷分类

负荷等级	供电中断的危害	供电要求
一级负荷	人身伤害；重大经济损失；影响重要单位正常工作；造成重大的政治影响等	由双电源供电
二级负荷	造成较大的经济损失；影响较重要的单位正常工作；造成公共场所秩序紊乱等	由两回线路供电
三级负荷	对中小企业的生产造成产量降低或报废；一般民用建筑等	没有特殊要求

### 2. 按工作制的负荷分类

电力负荷按其工作制可分为三类，如表 1-5 所示。

表 1-5 电力负荷按工作制的分类

负荷类型	类型定义	运行特点	类型示例
连续工作制负荷	指长时间连续工作的用电设备	负荷比较稳定，连续工作发热温度达到稳定温度	泵类、通风机、压缩机、电炉、运输设备、照明设备等
短时工作制	工作时间短、停歇时间长的用电设备	工作时设备温度达不到稳定温度，停歇时设备温度降到环境温度	此负荷在用电设备中所占比例很小，如机床的衡量升降、刀架快速移动电动机、闸门电动机等
反复短时工作制负荷	时而工作、时而停歇、反复运行的设备	工作时温度达不到稳定温度，停歇时也达不到环境温度	如起重机、电梯、电焊机等

## 五、电力系统的基本要求

电力系统的正常运行，是电能产生、传输、变压、分配和使用的重要前提。因此，对电力系统的基本要求是：

- (1) 安全——在电能的供应、分配和使用中，不应发生人身事故和设备事故。
- (2) 可靠——应当满足用电设备对供电可靠性的要求。
- (3) 优质——应满足用电设备对供电质量的要求。
- (4) 经济——应尽量做到投资少、年运行费低、尽可能减少有色金属的消耗量和电能损耗，提高电能利用率。