

## 任务2 电力系统额定电压和电能质量

### 教案头:

项目	项目一 供配电系统认识		
任务	任务2 电力系统额定电压和电能质量	学时	2
教学目标	知识目标	技能目标	素质目标
	1. 掌握电力系统各组成部分的额定电压, 2. 了解电能质量的标准。	会标注电力系统各组成部分的额定电压。	1. 遵守课堂纪律,不迟到,不早退; 2. 课堂上不玩手机,积极参与教学互动; 3. 认真完成课堂练习并提出问题。
工作任务	参观学校电力系统,认识电力系统设备,正确标注电力系统各组成部分的额定电压。		
教学重点	电力系统各组成部分的额定电压		
教学难点	电力系统各组成部分的额定电压的标注		
教学策略	视频、案例教学		
教学条件	《建筑供配电》智能课堂;微视频、PPT、习题库、发电厂图纸等		
作业	标注所给电力系统各组成部分的额定电压		
备注			

### 教学内容:

#### 一、任务概述

供电电能的质量是以频率、电压和波形来衡量的。正确标注电力系统各组成部分的额定电压,了解电力系统各组成部分的额定电压,为选择电气设备和电力系统运行与维护打下基础,为后面课程的开展奠定基础。

#### 二、知识准备

##### 1. 供配电的电能质量

供电电能的质量是以频率、电压和波形来衡量的。

##### (1) 电压

电力系统要求电压稳定在其额定电压下。因为,如果电网电压偏差过大,不仅影响电力系统的正常运行,而且对用电设备的危害很大。对照明负荷来说,白炽灯对电压的变化是敏感的。当电压降低时,白炽灯的发光效率会急剧下降;当电压上升时,白炽灯的寿命将大为缩短。对异步电动机而言,最大转矩与其端电压的平方成正比。当端电压下降时,转矩急剧减小,以致转差率增大,从而使得定子、转子电流都显著增大,引起电动机的温度上升,加速绝缘的老化,甚至可能烧毁电动机。同时,由于转矩减小,使得电动机转速降低,甚至停转,导致工厂产生废品,甚至导致重大事故。

电压偏差:以电压实际值与额定值之差 $\Delta U$ 对额定电压的百分值 $\Delta U\%$ 来表示的,即

$$\Delta U\% = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100\% \quad (1-1)$$

在电力系统正常情况下，供电企业供到用户受电端的供电电压允许偏差如表 1-1：

表 1-1 电压的允许变化范围

线路额定电压	正常运行电压允许变化范围
35KV 及以上	$\pm 5\% U_e$
10KV 及以下	$\pm 7\% U_e$
低压照明及农业用电	$(-10\% \sim +5\%) U_e$

### (2) 频率

我国规定的电力系统的额定频率为 50Hz，电网装机容量为 300 万 kW 以上时，为  $\pm 0.2\text{Hz}$ ；电网装机容量为 300 万 kW 以下时，为  $\pm 0.5\text{Hz}$ ；在电力系统非正常情况下，供电频率允许偏差不应超过  $\pm 1.0\text{Hz}$ 。

### 波形

通常，要求电力系统给用户供电的电压及电流的波形为标准的正弦波。为此，首先要求发电机发出符合标准的正弦波形电压。其次，在电能输送和分配过程中不应使波形产生畸变。

电压波形的畸变程度用电压正弦波畸变率来衡量，也称为电压谐波畸变率，要求其畸变率小于 3%。

### 2. 提高电能质量的措施

电能质量的改善，在工矿企业中通常采用以下措施：

- ① 就地进行无功功率补偿，及时调整无功功率补偿量。
- ② 调整同步电动机的励磁电流，使其超前或滞后运行，产生超前或滞后的无功功率，以达到改善系统功率因数和调整电压偏差的目的。
- ③ 正确选择有载或无载调压变压器的分接头（开关），以保证设备端电压稳定。
- ④ 尽量使系统的三相负荷平衡，以降低电压偏差。
- ⑤ 采用电抗值最小的高低电压配电线路方案。架空线路的电抗约为  $0.4 \Omega/\text{km}$ ；电缆线路的电抗约为  $0.08 \Omega/\text{km}$ 。条件许可下，应尽量优先采用电缆线路供电。

### 3. 供配电电压的选择

工厂供配电电压的高低，对电能质量及降低电能损耗均有重大的影响。在输送功率一定的情况下，若提高供电电压，就能减少电能损耗，提高用户端电压质量。但从另一方面讲，电压等级越高，对设备的绝缘性能要求随之增高，投资费用相应增加。因此，供配电电压的选择主要取决于用电负荷的大小和供电距离的长短。各级电压电力网的经济输送距离的参考值见表 1-2。

表 1-2 各级电压电力网的经济输送容量与输送距离

额定电压 /kV	传输方式	输送功率/kW	输送距离/km

0.38	架空线路	$\leq 100$	$\leq 0.25$
0.38	电缆线路	$\leq 175$	$\leq 0.35$
6	架空线路	$\leq 2000$	3~10
6	电缆线路	$\leq 3000$	$\leq 8$
10	架空线路	$\leq 3000$	5~15
10	电缆线路	$\leq 5000$	$\leq 10$
35	架空线路	2000~100000	20~50
66	架空线路	3500~30000	30~100
110	架空线路	10000~50000	50~150
220	架空线路	100000~500000	200~300

### 1) 供电系统电力变压器的额定电压

① 电力变压器连接于线路上时，其一次绕组的额定电压应与配电网的额定电压相同，高于供电电网额定电压 5%；

② 电力变压器的二次绕组额定电压是指变压器的一次绕组加额定电压，而二次绕组开路时的空载电压。考虑到变压器在满载运行时，二次绕组内约有 5% 的电压降，另外二次侧供电线路较长等原因，变压器的二次绕组端电压应高于供电电网电压 10%，其中 5% 用来补偿变压器峰荷时绕组内部的压降，另外的 5% 用于补偿变压器二次绕组连接的配电线路的电压损耗。

### 2) 电压等级划分及适用范围

#### (1) 高、低压的划分

我国现在统一以 1000V 为界限将电压划分为低压和高压两种电压等级，即：

低压——指额定电压在 1000V 以下者；

高压——指额定电压在 1000V 以上者。

另外，也可划分为低压、中压、高压、超高压、特高压四种电压等级，即：

低压——指额定电压在 1000V 以下者；

中压——指额定电压在 1000V~10KV 者；

高压——指额定电压在 35KV~220KV 者；

超高压——指额定电压在 330KV~500KV 者；

特高压——指额定电压在 1000KV 以上者。

#### (2) 电压的适用范围

220KV 及其以上电压为输电电压，用来完成电能的远距离输送。

110KV 及以下电压，一般为配电电压，完成对电能进行降压处理并按一定的方式分配至电能用户。35~110KV 配电网为高压配电网，10~35KV 配电网为中压配电网，1KV 以下为低压配电网。3KV、6KV、10KV 是工矿企业高压电气设备的供电电压。

供配电系统中的所有设备，都是在一定的电压和频率下工作的，为使供配电设备实现生产标准化、系列化，供配电系统中的电力变压器、电力线路及各种供配电设备，均按规定的额定电压进行设计和制造，电气设备长期在额定电压下运行，其技术与经济指标最佳。

### 3. 企业对配电电压的选择

工矿企业的生产、国民经济建设发展使用的电能，一般都是取自于电力网输送来的电能，经过配电设备后，馈电分布给各个用户。因此，配电所或配电设置实际上起着电力“转运站”的作用，它上联电源，下接成千上万的电能用户，起着承上启下的枢纽作用。

我国大型工矿企业供配电系统的配电电压应根据用电容量、用电设备特性、供电距离、供电线路的回路数、当地公共电网现状及发展规划等因素，由技术经济比较后确定。用户对配电电压的选择，一般规律是用户所需的功率大，供配电电压等级应相应提高；输电线路越长，也要提高供配电电压等级，以降低线路电压损耗；供电线路的回路数多，通常考虑降低供配电电压等级；用电设备中若波动负荷多，宜由容量大的电网供电，以提高配电电压等级。这些规律仅是从用户配电角度考虑的，权衡这些规律选择配电电压等级，还要看用户所在地的电网能否方便和经济地提供用户所需要的电压。

工矿企业用户的供配电电压有高压和低压两种，高压供电通常指 6~10kV 及以上的电压等级。中、小型企业通常采用 6~10kV 的电压等级，当 6kV 用电设备的总容量较大，选用 6kV 就比较经济合理；对大型工厂，宜采用 35~110kV 电压等级，以节约电能和投资。低压供配电是指采用 1kV 及以下的电压等级。大多数低压用户采用 380/220V 的电压等级，在某些特殊场合，例如矿井下，因用电负荷一般离变配电所较远，为保证远端负荷的电压水平，要采用 660V 电压等级。

目前提倡提高低压供配电的电压等级，目的是为了减少线路的电压损耗，保证远端负荷的电压水平，减小导线截面积和线路投资，增大供配电半径，减少变配电点，简化供配电系统。因此，提高低压供配电的电压等级有其明显的经济效益，也是节电的一项有效措施，在世界上已经成为一种发展趋势。

#### 4. 工厂供配电系统的构成及布置

工厂供配电系统是指企业所需的电力能源从进入企业到分配至所有用电设备终端的整个电路组成。工厂供配电系统一般包括工厂总降压变电所、高压配电线路、车间变配电所、低压配电线路及用电设备等环节，

根据用户对供配电系统的基本要求，合理选择和布置工厂供配电系统的电器设备、继电保护、控制方式和测量仪表，可最大限度的提高供配电系统运行的经济性和可靠性。

##### (1) 工厂供配电系统的负荷

供配电系统的负荷，按其对供电可靠性的要求，通常分为 I、II、III 三类负荷。

**I 类负荷：**若对此类负荷停电，将会造成人身伤亡、重大设备损坏等严重事故，破坏生产秩序，给国民经济带来极大损失或造成重大的政治影响。因此要求 I 类负荷由两个独立的电源供电，而对特别重要的 I 类负荷，应由两个独立的电源点供电。

**II 类负荷：**若对此类负荷停电，将会造成工厂生产机器部分停止运转，或生产流程紊乱且难以恢复，致使产品大量减产，工厂内部交通停顿，造成一定的经济损失，或使城市居民的正常生活受到影响。II 类负荷在工矿企业中占有的比例最大，因此应由两个回路供电，也可以由一回专用架空线路供电。

**III 类负荷：**指短时停电不会造成严重后果的用户，一般所有不属于 I、II 类负荷的其他负荷均属于 III 类负荷。通常 III 类负荷对供电无特殊要求，较长时间停电也不会直接造成用户的经济损失，因此，III 类负荷可采用简单回路供电。例如工厂附属车间和居民用电等。

---

大、中型工厂中的 I 类、II 类负荷往往占到总负荷的 60%~80%，因此，即便是短时停电也会造成企业相当可观的经济损失。我们学习供配电技术，就是要掌握工厂的负荷分类及其对供电可靠性的要求，在设计新建或改造企业供电系统时，按照实际情况进行方案的拟定和分析比较，使确定的供电方案在技术、经济上最合理。

#### (2) 企业供配电系统设备组成

供配电系统一般由电力变压器、配电装置、保护装置、操作机构、自动装置、测量仪表及附属设备构成。

**电力变压器：**在供配电系统中的作用是：将一种电压的电能转变为另一种或几种电压的电能供给用电单位。变电所或配电房中的电力变压器，通常是将高压电能转变为低压电能，馈电给用电设备。

**配电装置：**其作用是接受和分配电能，配电装置包括：母线、开关、断路器、操作机构、自动装置、测量仪表、仪用互感器等。供配电系统中的保护装置也属于配电装置，按其工作电压的不同又可分为高压配电装置和低压配电装置。