

概 论

1.1 基本内容

本章重点讲述了与工厂供电有关的基本知识和基本问题,为学习本课程奠定基础。本章主要介绍工厂供电的意义、要求及本课程的任务,典型的各类工厂供电系统及发电厂、电力系统和工厂自备电源的基本知识,电力系统的电压,电力系统的中性点运行方式,以及低压配电系统的接地形式。

1.2 学习要点

1. 工厂供电的意义、要求及课程任务

了解工厂供电的定义;了解工厂供电的意义;熟悉工厂供电课程的任务;掌握工厂供电的基本要求。

2. 工厂供电系统及发电厂、电力系统与工厂的应急电源

了解变配电所的类型;了解大、中、小、微型工厂的供电系统结构;了解各种发电厂的优缺点;了解各发电方式的能量转换过程;了解各种新能源发电方式;熟悉变电所、配电所的任务;熟悉工厂供电系统的组成;了解高压深入负荷中心的直配方式;掌握电力系统组成以及工厂供电系统与电力系统的关系;熟悉建立大型电力系统或联合电网的优点;了解工厂应急电源类型与使用场合。

3. 电力系统的电压

掌握电网(电力线路)额定电压的确定;掌握用电设备额定电压的确定;掌握发电机额定电压的确定;掌握电力变压器额定电压的确定;了解高、低压的划分;熟悉工厂供电电压的选择;掌握工厂高压配电电压的选择;掌握工厂低压配电电压的选择;熟悉不同工厂与电压等级选择的关系。

4. 电力系统中性点运行方式及低压配电系统接地形式

掌握电力系统中性点运行方式的类型;掌握电力系统中性点运行方式的适用范围;掌握中性点不接地电力系统的特点;熟悉中性点不接地电力系统的优缺点;了解中性点经消弧线圈接地电力系统减小电弧的原理;掌握中性点经消弧线圈接地电力系统的特点;熟悉

中性点经消弧线圈接地电力系统的优缺点;掌握中性点经消弧线圈接地电力系统的补偿容量计算和补偿方式。熟悉中性点直接接地或经低电阻接地电力系统的优缺点;了解中性点直接接地或经低电阻接地电力系统对继电保护的要求;了解低压配电系统的接地形式;了解 N 线、PE 线和 PEN 线的功能;了解各种符号的含义;熟悉 TN-C 系统的适用场合和优缺点;熟悉 TN-S 系统的适用场合和优缺点;熟悉 TN-C-S 系统的适用场合;熟悉 TT 系统的适用场合和优缺点;熟悉 IT 系统的适用场合和优缺点。

1.3 重点难点分析

1.3.1 工厂供电系统概况

对于小型工厂,由于其容量一般不大于 $1000\text{kV}\cdot\text{A}$ 或稍多,因此通常只设置一个降压变电所,将 $6\sim 10\text{kV}$ 降为低压用电设备所需的电压,如教材图 1-5 所示。如果工厂所需容量不大于 $160\text{kV}\cdot\text{A}$,一般采用低压电源进线,直接由公共低压电网供电。因此,工厂只需设一个低压配电间,如教材图 1-6 所示。

中型工厂的电源进线电压是 $6\sim 10\text{kV}$ 。电能先经高压配电所(HDS)集中,再由高压配电线路将电能分送到各车间变电所(STS),或由高压配电线路直接供给高压用电设备。车间变电所内装设有配电变压器,将 $6\sim 10\text{kV}$ 的高压降为一般低压用电设备所需的电压,如 $220/380\text{V}$ (220V 为相电压, 380V 为线电压),然后由低压配电线路将电能分送给低压用电设备使用,如教材图 1-1 所示。

对于大型工厂及某些电源进线电压为 35kV 及以上的中型工厂,一般经两次降压,也就是电源进厂以后,先经总降压变电所,其中装有较大容量的电力变压器,将 35kV 及以上的电源电压降为 $6\sim 10\text{kV}$ 的配电电压;然后,通过高压配电线将电能送到各个车间变电所,也有的中间经高压配电所再送到车间变电所;最后,车间变电所经配电变压器降为一般低压用电设备所需的电压,如教材图 1-3 所示。

有的 35kV 进线的工厂只经一次降压,即 35kV 线路直接引入靠近负荷中心的车间变电所,经车间变电所的配电变压器直接降为低压用电设备所需的电压。这种供电方式称为高压深入负荷中心的直配方式。这种方式省去一级中间变压,简化了供电系统接线,节约了投资和有色金属,降低了电能损耗和电压损耗,提高了供电质量。但是为确保供电安全,厂区的环境条件必须满足 35kV 架空线路深入负荷中心的“安全走廊”要求,否则不能采用,如教材图 1-4 所示。

1.3.2 电力系统的电压

1. 电网和用电设备额定电压的选择

1) 电网(电力线路)的额定电压

电网(电力线路)的额定电压(标称电压)等级,是国家根据国民经济发展的需要和电力工业发展的水平,经全面的技术经济分析后确定的。它是确定各类电力设备额定电压的基本依据。

2) 用电设备的额定电压

用电设备的额定电压规定与同级电网的额定电压相同。但是在此必须指出,按 GB/T 11022—1999《高压开关设备和控制设备标准的共同技术要求》规定,高压开关设备和控制设备的额定电压按其允许的最高工作电压来标注,即其额定电压不得小于它所在系统可能出现的最高电压。

3) 发电机的额定电压

发电机额定电压按规定应高于同级电网(线路)额定电压 5%,用于补偿线路上的电压损失。教材图 1-12 为供电线路上的电压变化示意图。

4) 电力变压器的额定电压

(1) 电力变压器一次绕组的额定电压

电力变压器一次绕组的额定电压分两种情况:①当变压器直接与发电机相连时,其一次绕组额定电压应与发电机额定电压相同,即高于同级电网额定电压 5%;②当变压器不与发电机相连,而是连接在线路上时,其一次绕组额定电压应与电网额定电压相同。

(2) 电力变压器二次绕组的额定电压

电力变压器二次绕组的额定电压分两种情况:①变压器二次侧供电线路较长,如为较大的高压电网时,其二次绕组额定电压应比相连电网额定电压高 10%,其中,5%用于补偿变压器满载供电时一、二次绕组上的电压损失;另外 5%用于补偿线路上的电压损耗;②变压器二次侧供电线路不长,如为低压电网或直接供电给高低压用电设备时,其二次绕组额定电压只需高于电网额定电压 5%,仅考虑补偿变压器满负荷时绕组内部 5%的电压降。

5) 电压高低的划分

我国现在统一以 1000V 为界限来划分电压的高低。低压指额定电压在 1000V 及以下者;高压指额定电压在 1000V 以上者。

此外,可细分为低压、中压、高压、超高压和特高压:1000V 及以下为低压;1000V 至 10kV 或 35kV 为中压;35kV 或以上至 110kV 或 220kV 为高压;220kV 或 330kV 及以上为超高压;800kV 及以上为特高压。

2. 工厂供电电压的选择

1) 工厂供电电压的选择

工厂供电的电压主要取决于当地电网的供电电压等级,也要考虑工厂用电设备的电压、容量和供电距离等因素。在同一输送功率和输送距离条件下,供电电压越高,则线路电流越小,从而使线路导线或电缆截面越小,可减少线路的投资和有色金属消耗量。各级电压电力线路合理的输送功率和输送距离如表 1-1 所示。

2) 工厂高压配电电压的选择

工厂供电系统的高压配电电压主要取决于工厂高压用电设备的电压和容量、数量等因素,经技术经济比较确定。一般常用的供电电源电压为:对于用电负荷很大的企业,用 220kV 或 110kV;对于用电负荷较大的企业,用 110kV 或 35kV;负荷不大时,用 10kV;负荷很小时,可接入地区低压电网。

工厂采用的高压配电电压通常为 10kV。

表 1-1 各级电压电力线路合理的输送功率和输送距离

线路电压/kV	线路结构	输送功率/kW	输送距离/km
0.38	架空线	≤ 100	≤ 0.25
0.38	电缆	≤ 175	≤ 0.35
6	架空线	≤ 1000	≤ 10
6	电缆	≤ 3000	≤ 8
10	架空线	≤ 2000	6~20
10	电缆	≤ 5000	≤ 10
35	架空线	2000~10 000	20~50
66	架空线	3500~30 000	30~100
110	架空线	10 000~50 000	50~150
220	架空线	100 000~500 000	200~300

3) 工厂低压配电电压的选择

工厂的低压配电电压一般采用 220/380V, 其中线电压 380V 接三相动力设备及额定电压为 380V 的单相用电设备, 相电压 220V 接额定电压为 220V 的照明灯具和其他单相用电设备。但某些场合宜采用 660V 或 1140V 作为低压配电电压。

1.3.3 电力系统的中性点运行方式

1. 中性点不接地的电力系统

(1) 特点: ①中性点不接地系统发生单相接地故障时, 线电压不变, 而非故障相对地电压升高到原来相电压的 $\sqrt{3}$ 倍; ②单相接地电流等于正常时单相对地电容电流的 3 倍。

单相接地电流(电容电流)的经验公式为

$$I_C = \frac{(l_{oh} + 35l_{cab})U_N}{350} \quad (1-1)$$

式中: l_{oh} 、 l_{cab} 分别为同一电压 U_N 的具有电气联系的架空线路和电缆线路的总长度, km。

(2) 优点: 运行可靠性高。发生单相故障时, 电力网的线电压仍然对称, 用户的三相用电设备仍能照常运行一段时间。但运行时间不能太长, 以免另一相又发生接地故障时形成两相接地短路。

(3) 缺点: 绝缘投资大。单相故障时, 非故障相对地电压升为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍, 为确保设备的绝缘安全, 系统相对地绝缘按线电压设计, 中性点绝缘按相电压设计。

(4) 适用范围: ①单相接地电流小于 30A 的 3~10kV 电力网; ②单相接地电流小于 10A 的 35kV 电力网。

2. 中性点经消弧线圈接地的电力系统

上述中性点不接地的电力系统有一种故障情况比较危险, 即在发生单相接地故障时, 如果接地电流较大, 将在接地故障点出现断续电弧。由于电力线路既有电阻 R 、电感 L ,

又有电容 C , 因此在发生单相弧光接地时, 可形成一个 RLC 串联谐振电路, 使线路上出现危险的过电压(可达相电压的 2.5~3 倍), 导致线路上绝缘薄弱地点的绝缘击穿。为了防止单相接地时接地点出现断续电弧, 引起谐振过电压, 因此在单相接地电容电流大于一定值时, 电力系统中性点必须采取经消弧线圈接地的运行方式。

(1) 特点: ①运行可靠性高, 但绝缘投资大; ②对于中性点经消弧线圈接地的电力系统, 在单相接地时, 其他两相对地电压也要升高到线电压, 即升高为原对地电压的 $\sqrt{3}$ 倍; ③在系统发生单相接地故障时, 允许短时间(一般规定为 2h)继续运行, 但应有保护装置在接地故障时及时发出报警信号。

(2) 补偿度与脱谐度: 补偿度(调谐度)为 $k = I_L / I_C$; 脱谐度为 $v = 1 - k$ 。

(3) 消弧线圈的补偿容量为

$$S_{ar} = 1.35 I_C \frac{U_N}{\sqrt{3}} \quad (1-2)$$

(4) 消弧线圈的补偿方式: 全补偿 $I_C = I_L$; 欠补偿 $I_C > I_L$; 过补偿 $I_C < I_L$ 。

根据 DL/T 620—1997 中 3.1.6 条 b) 款的规定, 在电力系统中宜采用过补偿运行方式。

(5) 适用范围: ①单相接地电流大于 30A 的 3~10kV 电力网; ②单相接地电流大于 10A 的 35kV 电力网。

3. 中性点直接接地或经低电阻接地的电力系统

这种系统的单相接地即通过接地中性点形成单相短路。单相短路电流比线路的正常负荷电流大得多, 因此在系统发生单相短路时, 保护装置应动作于跳闸, 切除短路故障, 使系统的其他部分恢复正常运行。

(1) 特点: 中性点始终保持零电位。

(2) 优点: 节约绝缘投资。发生单相短路时, 非故障相对地电压不变, 电气设备绝缘水平可按相电压考虑。因此, 我国 110kV 及以上的电力系统基本上都采用中性点直接接地的方式。

(3) 缺点: 供电可靠性不高。单相短路时, 接地相短路电流很大, 保护装置迅速跳闸, 因此系统不能继续运行。

(4) 针对缺点应采取的措施: 加装自动重合闸装置, 以提高供电可靠性。

(5) 适用范围: 110kV 及以上电网和 380/220V 电力网(110kV 及以上电网采用中性点直接接地方式是为了降低工程造价; 而在 380/220V 低压电网中, 是为了保证人身安全)。

1.3.4 低压配电系统的接地形式

低压配电系统包括 TN-C 系统、TN-S 系统、TN-C-S 系统、TT 系统和 IT 系统。

其中, 第一个字母表示低压系统的对地关系, 即①T: 一点直接接地; ②I: 所有带电部分与地绝缘或一点经阻抗接地。第二个字母表示电气装置的外露导电部分的对地关系, 即①T: 外露导电部分对地直接电气连接, 与低压系统的任何接地点无关; ②N: 外露

导电部分与低压系统的接地点直接电气连接(在交流系统中,接地点通常就是中性点)。如果后面还有字母,字母表示中性线与保护线的组合,即①S:中性线和保护线是分开的;②C:中性线和保护线是合一的(PEN)线。

1. TN 系统

(1) TN-C 系统。PEN 线中可有电流通过,因此对于接 PEN 线的设备,相互间会产生电磁干扰。如果 PEN 线断线,可使断线后边接 PEN 线的设备外露可导电部分带电,而造成人身触电危险。该系统节约有色金属和投资,较为经济。该系统在发生单相接地故障时,线路的保护装置应该动作,切除故障线路。TN-C 系统在我国低压配电系统中应用最为普遍,但不适用于对人身安全和抗电磁干扰要求高的场所。

(2) TN-S 系统。由于 PE 线中没有电流通过,因此设备之间不会产生电磁干扰。PE 线断线时,正常情况下,不会使断线后边接 PE 线的设备外露可导电部分带电;但在断线后边有设备发生一相接壳故障时,将使断线后边其他所有接 PE 线的设备外露可导电部分带电,而造成人身触电危险。该系统在发生单相接地故障时,线路的保护装置应该动作,切除故障线路。该系统在有色金属消耗量和投资方面较之 TN-C 系统有所增加。TN-S 系统现在广泛用于对安全要求较高的场所,如浴室和居民住宅等处,以及对抗电磁干扰要求高的数据处理和精密检测等实验场所。

(3) TN-C-S 系统。该系统综合了 TN-C 系统和 TN-S 系统的特点,因此比较灵活。对安全要求和对抗电磁干扰要求高的场所采用 TN-S 系统,其他一般场所采用 TN-C 系统。

2. TT 系统

由于 TT 系统中各设备的外露可导电部分的接地 PE 线彼此是分开的,互无电气联系,因此相互之间不会发生电磁干扰问题。该系统如发生单相接地故障,则形成单相短路,线路的保护装置应动作于跳闸,切除故障线路。但是该系统如出现绝缘不良而引起漏电时,由于漏电电流较小,可能不足以使线路的过电流保护动作,从而使漏电设备的外露可导电部分长期带电,增加了触电的危险。因此,该系统必须装设灵敏度较高的漏电保护装置,以确保人身安全。该系统适用于安全要求及对抗干扰要求较高的场所。国标 GB 50096—1999《住宅设计规范》规定,住宅供电系统应采用 TT、TN-C-S 或 TN-S 接地方式。

3. IT 系统

IT 系统没有 N 线,因此不适合接额定电压为系统相电压的单相设备,只能接额定电压为系统线电压的单相设备和三相设备。由于 IT 系统中设备外露可导电部分的接地 PE 线是彼此分开的,互无电气联系,因此相互之间不会发生电磁干扰问题。由于 IT 系统中性点不接地或经高阻抗接地,因此当系统发生单相接地故障时,三相设备及接线电压的单相设备仍能照常运行。但是在发生单相接地故障时,应发出报警信号,以便供电值班人员及时处理,消除故障。IT 系统主要用于对连续供电要求较高及易燃、易爆的危险场所,特别适用于矿山、井下等场所的供电。

1.3.5 应急电源

1. 应急电源种类

(1) 蓄电池装置。用于允许停电时间为毫秒级,且容量不大,又要求直流电源的特别重要负荷。

(2) 静止型不间断供电装置 UPS。用于允许停电时间为毫秒级,且容量不大,又要求交流电源的特别重要负荷。

(3) 应急电源装置 EPS。用于允许停电时间为 0.25s 以上,要求交流电源的特别重要负荷。

(4) 机械储能电机型不间断供电装置。用于允许停电时间为毫秒级,需要驱动电机,且启动电流冲击负荷较大的特别重要负荷。

(5) 快速启动的柴油发电机组。用于允许停电时间为 15s 以上的,需要驱动电机,且启动电流冲击负荷较大的特别重要负荷(一般快速自启动的发电机组自启动时间为 10s 左右)。

(6) 带有自动投入装置,独立于正常电源的专用馈电线路。用于允许停电时间大于自投装置的特别重要负荷。

2. 柴油发电机组容量选择

(1) 应急电源一般只设一台机组,其容量按应急负荷大小和启动大的电动机容量等因素综合考虑确定。

(2) 在方案或初步设计阶段,按下述方法估算并选择其中容量最大者。

① 按建筑面积估算。建筑面积 $> 10\,000\text{m}^2$ 的,按 $15\sim 20\text{W}/\text{m}^2$ 估算;建筑面积 $\leq 10\,000\text{m}^2$ 的,按 $10\sim 15\text{W}/\text{m}^2$ 估算。

② 按配电变压器容量估算,占配电变压器容量的 $10\%\sim 20\%$ 。

③ 按电动机启动容量估算。当允许发电机端电压瞬时降为 20% 时,发电机组直接启动异步电动机的能力为每 1kW 电动机功率,需要 5kW 柴油发电机组功率。若发电机降压启动或软启动,柴油发电机容量按相应比例减小。按电动机功率估算后,然后规整,即按柴油发电机组的标定系列估算容量。

(3) 在施工图阶段,可根据一级负荷、消防负荷以及某些重要的二级负荷容量,按下述方法计算并选择其中容量最大者。

① 按稳定负荷计算发电机容量:

$$S_{G1} = \frac{P_{\Sigma}}{\eta_{\Sigma} \cos\varphi} \quad (1-3)$$

式中: S_{G1} 为按稳定负荷计算的发电机视在功率, $\text{kV} \cdot \text{A}$; P_{Σ} 为发电机总负荷计算功率, kW ; η_{Σ} 为所带负荷的综合效率,一般取 $0.82\sim 0.88$; $\cos\varphi$ 为发电机额定功率因数,一般取 0.8 。

② 按尖峰负荷计算发电机容量:

$$S_{G2} = \frac{K_j}{K_G} S_m = \frac{K_j}{K_G} \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} \quad (1-4)$$

式中: S_{G2} 为按尖峰负荷计算的发电机视在功率, $\text{kV} \cdot \text{A}$; K_j 为因尖峰负荷造成的电压、

频率降低而导致电动机功率下降的系数,一般取 $0.9 \sim 0.95$; K_G 为发电机允许短时过载系数,一般取 $1.4 \sim 1.6$; S_m 为最大的单台电动机或成组电动机的启动容量, $\text{kV} \cdot \text{A}$; P_m 为 S_m 的有功功率, kW ; P_m 为 S_m 的无功功率, kvar 。

③ 按发电机母线允许压降计算发电机容量:

$$S_{G3} = \frac{1 - \Delta U}{\Delta U} X'_d S_{st\Delta} \quad (1-5)$$

式中: S_{G3} 为按发电机母线允许压降计算的发电机视在功率, $\text{kV} \cdot \text{A}$; ΔU 为发电机母线允许压降,一般取 0.2 ; X'_d 为发电机瞬态电抗,一般取 0.2 ; $S_{st\Delta}$ 为导致发电机最大电压降的电动机的最大启动容量, $\text{kV} \cdot \text{A}$ 。

④ 柴油发电机的额定功率指在外界大气压力为 101.325kPa 、大气温度为 20°C 、相对湿度为 50% 的情况下,保证能连续运行 12h 的功率(包括超负荷 110% 运行 1h)。若连续运行时间超过 12h ,应按 90% 额定功率使用。若气压、气温、湿度与上述规定不同,应对柴油发电机的额定功率进行修正。

⑤ 全压启动大容量笼型电动机时,母线电压不应低于额定电压的 75% 或 80% 。电动机全压启动允许容量取决于发电机的容量和励磁方式;宜选用高速柴油发电机组和无刷型自动励磁装置。

(4) 主接线方案。图 1-1 所示是采用快速自启动型柴油发电机组作为应急电源的主接线图,正常供电电源为 10kV 公共电网。

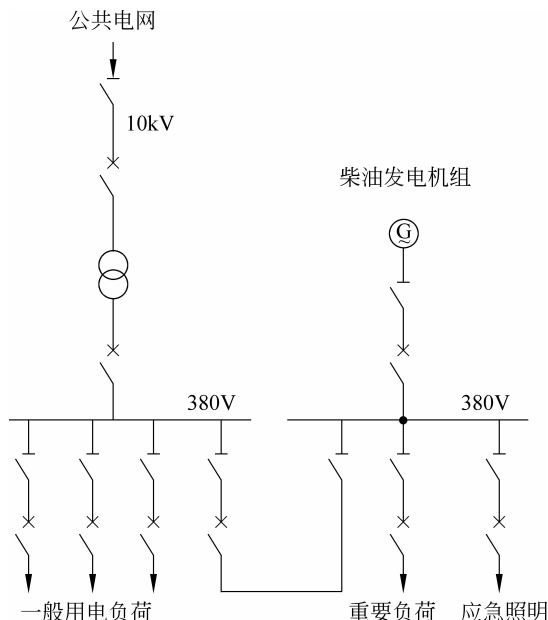


图 1-1 采用柴油发电机组作为备用电源的主接线图

3. 不间断电源 UPS

1) 交流不停电电源的组成

交流不停电电源(UPS)主要由整流器(UR)、逆变器(UV)和蓄电池组(GB)三部分组

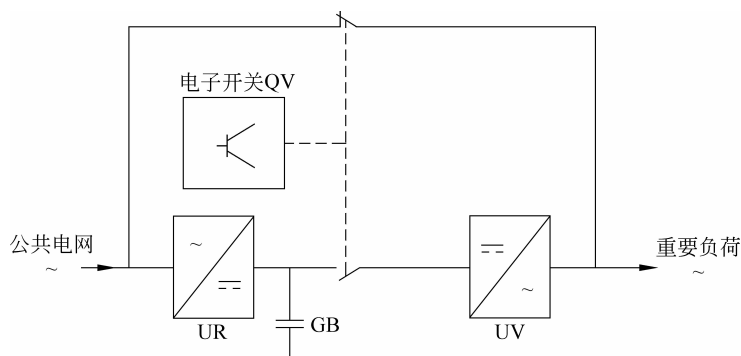


图 1-2 不停电电源组成示意图

成,如图 1-2 所示。

公共电网正常供电时,交流电源经晶闸管整流器 UR 转换为直流,对蓄电池组 GB 充电。当公共电网突然停电时,电子开关 QV 在保护装置作用下进行切换,使 UPS 投入工作,蓄电池组 GB 放电,经逆变器 UV 转换为交流,恢复对重要负荷的供电。

2) 不间断电源 UPS 的功能要求

(1) 静态旁路开关的切换时间一般为 2~10ms,并应具有如下功能:①当逆变装置故障或需要检修时,应及时切换到电网电源供电;②当分支回路突然故障短路,电流超过预定值时,应切换到电网电源,以增加短路电流,使保护装置迅速动作;待切除故障后,再启动返回逆变器供电;③对于带有频率跟踪环节的不间断电源装置,当电网频率波动或电源波动超过额定值时,应自动与电网解列,频率与电压恢复正常时再自动并网。

(2) 用市电旁路时,逆变器的频率和相位应与市电锁相同步。

(3) 对于三相输出的负荷不平衡度,最大一相和最小一相负载的基波方均根电流之差,不应超过不间断电源额定电流的 25%,且最大线电流不超过其额定值。

(4) 三相输出系统输出电压的不平衡系数(负序分量对正序分量之比)应不超过 5%。输出电压的总波形失真度不超过 5%(单相输出允许 10%)。

3) 不间断电源 UPS 设备的选择

(1) 不间断电源设备输出功率应按下列条件选择:①不间断电源设备给电子计算机供电时,单台 UPS 的输出功率应大于电子计算机各设备额定功率总和的 1.5 倍。对其他用电设备供电时,为最大计算负荷的 1.3 倍;②负荷的最大冲击电流不应大于不间断电源设备的额定电流的 150%。

(2) UPS 应急供电时间应按下列条件选择:①为保证用电设备按照操作顺序停机,其蓄电池的额定放电时间可按停机所需最大时间来确定,一般可取 8~15min;②当有备用电源时,为保证用电设备供电连续性,其蓄电池额定放电时间按等待备用电源投入考虑,一般可取 10~30min;如有应急发电机时,UPS 应急供电时间可以短一些;③如有特殊要求,其蓄电池额定放电时间应根据负荷特性来确定。

4. 应急电源 EPS

EPS 是利用 IGBT 大功率模块及相关的逆变技术开发的一种把直流电能逆变成交流

电能的大型应急电源,它的容量为 $0.5\sim 400\text{kW}$,是一种新颖的、静态、无公害的,免维护、无人值守的,安全可靠的集中供电式应急电源装置。EPS一般分为不可变频应急电源和可变频应急电源两种。

(1) 应急电源 EPS 的切换时间和供电时间。应急电源 EPS 的应急供电切换时间为 $0.1\sim 0.25\text{s}$;应急供电时间一般为 60min 、 90min 、 120min 三种规格,还可以根据用户需要选择更长的时间。

(2) 应急电源 EPS 的容量选择必须同时满足以下条件:①负载中最大的单台直接启动的电机容量,只占 EPS 容量的 $1/7$ 以下;②EPS容量应是所供负载中同时工作容量总和的 1.1 倍以上;③直接启动风机、水泵时,EPS的容量应为同时工作的风机、水泵容量的 5 倍以上;④若风机、水泵为变频启动,则 EPS 的容量为同时工作的风机、水泵容量的 1.1 倍;⑤若风机、水泵采用 $\text{Y}-\Delta$ 降压启动,则 EPS 的容量为同时工作的电机总容量的 3 倍以上。

1.4 习题与答案

一、选择题

- 只起电能分配作用的场所叫做()。
 - 车间变电所
 - 高压配电所
 - 开关站
 - 高压变电所
- 工业企业总降压变电所的电压一般为()。
 - $110\sim 220\text{kV}/35\sim 66\text{kV}$
 - $10/0.22/0.38\text{kV}$
 - $35\sim 66\text{kV}/3\sim 10\text{kV}$
 - $220/35/10\text{kV}$
- 在我国, $0.22/0.38\text{kV}$ 系统是中性点()系统。
 - 经消弧线圈接地
 - 不接地
 - 直接接地
 - 经阻抗接地
- 对电力系统供电的要求,首先应保证()性。
 - 经济
 - 优质
 - 安全
 - 可靠
- 10kV 设备对应的平均额定电压是() kV 。
 - 10
 - 10.5
 - 11
 - 11.5
- 在我国, 110kV 及以上供电系统的中性点属于()系统。
 - 不接地
 - 经消弧线圈接地
 - 直接接地
 - 经阻抗接地
- 在对供电要求中的“优质性”,主要是指()质量。
 - 设备
 - 电能
 - 电压与频率
 - 电量
- 热电厂除可供电能外,还可以供给()。
 - 核能
 - 热能
 - 势能
 - 动能
- 工业企业总降压变电所的二次电压一般为()。
 - $6\sim 10\text{kV}$
 - $220/380\text{V}$
 - $35\sim 66\text{kV}$
 - 110kV
- 发电机的额定电压是指()用电设备的额定电压。
 - 高于 5%
 - 高于 10%
 - 等于
 - 小于 5%

11. 工厂供电研究的问题主要是()。
- A. 节能 B. 电能的供给和分配 C. 运行 D. 维护
12. 在我国,10kV 供电系统不属于中性点()系统。
- A. 直接接地 B. 经消弧线圈接地 C. 不接地 D. 经阻抗接地
13. 变电所的主要功能,除了能变换电压外,还能()。
- A. 分配电能 B. 变换功率
C. 提高功率因数 D. 接受电能
14. 在中性点经消弧线圈接地系统中,消弧线圈的作用是()。
- A. 减小接地电流 B. 减小短路电流 C. 防止振荡 D. 减小过电压
15. 110V 供电系统是中性点()系统。
- A. 不接地 B. 直接接地
C. 经消弧线圈接地 D. 经阻抗接地
16. 在小电流接地系统中,发生金属性接地时,接地相的对地电压()。
- A. 等于零 B. 等于 10kV C. 升高 D. 不变
17. 在小电流接地系统中,发生金属性接地时,完好相的对地电压升高到()。
- A. 等于零 B. 线电压 C. $\sqrt{3}$ 相电压 D. 不变
18. 在中性点不接地系统中,发生金属性接地时,单相接地电容电流为系统正常运行时对地电容电流的()。
- A. 等于零 B. 3 倍 C. $\sqrt{3}$ 倍 D. 不变
19. 在中性点不接地系统中,发生单相接地时(接地电阻不为零),单相接地电容电流为系统正常运行时对地电容电流的()。
- A. 2.5 倍 B. 2 倍 C. $\sqrt{3}$ 倍 D. 不变
20. 大电流接地系统所用的电气设备相对绝缘水平应按()考虑。
- A. 相电压 B. 线电压 C. 过电压 D. 零序电压
21. 电力系统中性点不接地或经消弧线圈接地的系统通常称为()系统。
- A. 不接地 B. 小电流接地 C. 大电流接地 D. 保护接地
22. 在中性点经消弧线圈接地系统中,补偿方法宜采用()方式。
- A. 欠补偿 B. 全补偿 C. 过补偿 D. 不确定
23. 在我国供电系统中,()kV 以上一般采用有载调压变压器。
- A. 6 B. 10 C. 35 D. 110
24. 在如图 1-3 所示供电系统中,发电机的额定电压为()kV。
- A. 35 B. 10 C. 10.5 D. 38.5

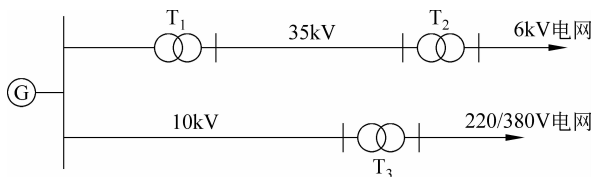


图 1-3 供电系统图

25. 在如图 1-3 所示供电系统中, 变压器 T_1 的额定电压为()kV。
 A. 35/110
 B. 10/0.4
 C. 10.5/38.5
 D. 10.5/35
26. 在如图 1-3 所示供电系统中, 变压器 T_3 的额定电压为()kV。
 A. 35/110
 B. 10/0.4
 C. 10.5/38.5
 D. 10.5/35
27. 在电力系统非正常状况下, 频率偏差不应超过()Hz。
 A. ± 0.5
 B. ± 0.1
 C. ± 0.2
 D. ± 1
28. 中性点不接地的电网单相接地故障时, 电网带故障继续运行的允许时间是()。
 A. 2s
 B. 2min
 C. 20min
 D. 1~2h
29. 按限制操作过电压和弧光接地过电压的效果, 最好的排在最前, 顺次递减。多种中性点接地方式的正确顺序是()。
 A. 不接地, 经消弧线圈接地, 经低电阻接地, 直接接地
 B. 直接接地, 经低电阻接地, 经消弧线圈接地, 不接地
 C. 经低电阻接地, 经消弧线圈接地, 不接地, 直接接地
 D. 经消弧线圈接地, 经低电阻接地, 不接地, 直接接地
30. 中性点经消弧线圈接地的最好运行方式是()。
 A. 全补偿
 B. 欠补偿
 C. 过补偿, 手动控制过补偿量为适当值
 D. 过补偿, 自动控制过补偿量为适当值
31. 一般在企业中, 含有 66/10kV, 容量在 20 000kV·A 以上的变压器的变电所应该是()变电所。
 A. 车间
 B. 地方
 C. 企业总降
 D. 枢纽
32. 一台发电机和一台变压器相连。已知该变压器的一次额定电压是 6.3kV, 则该发电机的额定电压是()kV。
 A. 6.6
 B. 6.3
 C. 6
 D. 10
33. 一台变压器二次侧接一线路。已知该线路的额定电压是 10kV, 则该变压器二次额定电压是()kV。
 A. 10
 B. 10.5
 C. 11
 D. 12
34. 在同一输送功率和输送距离条件下, 供电电压越(), 则线路电流越小, 从而使线路导线或电缆截面越小, 可减少线路的投资和有色金属消耗量。
 A. 低
 B. 高
 C. 稳
 D. 不变
35. 工厂供电系统简图只用()根线表示三相线路。
 A. 四
 B. 三
 C. 二
 D. 一
36. 某 10kV 电网, 架空线总长度 70km, 电缆线路总长度 15km。则此系统单相接地故障时的接地电容电流为()A, 此系统的中性点()改为消弧线圈接地。
 A. 35, 不需要
 B. 35, 需要
 C. 17, 不需要
 D. 17, 需要

二、简答题

1. 工厂供电的基本要求是什么?
2. 简述电力系统的概念。
3. 电压调整的措施有哪些?
4. 电压波动的抑制措施有哪些?
5. 电网谐波抑制的措施有哪些?
6. 改善三相不平衡的措施有哪些?
7. 低压配电系统的接地形式有几种?

答 案

一、选择题

1. B、C 2. C 3. C 4. C 5. B 6. C 7. B、C 8. B
9. A 10. A 11. B 12. A 13. A、D 14. A、D 15. B 16. A
17. B、C 18. B 19. A、B 20. A 21. B 22. B 23. C 24. C
25. C 26. B 27. D 28. D 29. B 30. D 31. C 32. B
33. C 34. B 35. D 36. C

二、简答题

1. 安全、可靠、优质、经济。
2. 由各级电压的电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体,称为电力系统。
3. 正确选择无载调压型变压器的电压分接头,或采用有载调压型变压器;合理减少系统的阻抗;合理改变系统运行方式;三相负荷平衡;采用无功补偿。
4. 专用线路或专用变压器供电;增大供电容量,减少系统阻抗;减小引起波动的负荷;高电压等级、大容量供电;装设吸收无功装置。
5. 三相整流变压器采用 Yd 或 Dy 联结;增加整流变压器二次侧的相数;整流变压器二次侧互有相角差;装设分流滤波器;选用 Dyn11 联结组三相配电变压器。
6. 尽量使三相负荷平衡;使不平衡负荷分散连接;不平衡负荷接入更高电压等级电网;采用平衡化装置。
7. TN 系统、TT 系统和 IT 系统。其中,TN 系统又分为 TN-C 系统、TN-S 系统和 TN-C-S 系统。

工厂的负荷分级与负荷计算

2.1 基本内容

本章重点讲述了工厂负荷的不同分级对供电电源的不同要求,以及工厂负荷计算的内容,为在正常情况下选择电气设备打下计算基础。本章主要介绍工厂负荷的分级及其对供电电源的要求,用电设备的工作制,负荷曲线的有关概念和特征分析指标、参数,三相用电设备组及其负荷计算方法,单相用电设备及其负荷计算方法,工厂的计算负荷及年耗电量计算,尖峰电流的计算,功率因数补偿的有关问题及其计算方法。

2.2 学习要点

1. 工厂的电力负荷与负荷曲线

掌握工厂电力负荷的分级及其对供电电源的要求;了解电力负荷的含义;熟悉工厂用电设备的工作制;掌握各种工作制的特点;了解负荷持续率定义;了解负荷曲线的概念;了解负荷曲线的作用;熟悉年最大负荷 P_{\max} 或 P_{30} ;熟悉年最大负荷利用小时 T_{\max} ;熟悉平均负荷;熟悉负荷系数及两种含义。

2. 三相用电设备组计算负荷的确定

了解负荷计算的目的是要求;了解负荷计算的方法及各自的特点;熟悉负荷计算的内容;掌握需要负荷、平均负荷、尖峰电流计算的用途;掌握单台用电设备的设备功率的换算方法;掌握用电设备组的设备功率换算方法;掌握用电设备组的设备功率含义;掌握变电所或建筑物的总设备功率的计算;熟悉柴油发电机的负荷统计;熟悉需要系数的含义;掌握单组用电设备计算负荷的确定;掌握多组用电设备计算负荷的确定;掌握配电所或总降压变电所的计算负荷;熟悉用电设备台数较少情况的负荷计算;熟悉三相设备的利用系数法求计算负荷的步骤;熟悉二项式法求计算负荷的步骤;了解平均利用系数的概念;熟悉用电设备有效台数的确定;了解最大系数的影响因素。

3. 单相用电设备组计算负荷的确定

了解三相平衡设置单相设备的原因;熟悉负荷计算中单相设备换算为三相设备容量的条件;掌握单相设备换算为三相设备容量的计算方法;掌握单相设备换算为三相设备容

量的简便计算方法。

4. 工厂的计算负荷及年耗电量的计算

了解按需要系数法确定工厂计算负荷;了解按年产量估算工厂计算负荷;了解按逐级计算法确定工厂计算负荷;熟悉线路功率损耗计算;掌握电力变压器功率损耗计算;掌握低损耗型变压器率损耗计算;熟悉工厂的年耗电量计算;了解三种工厂功率因数的定义及使用范围;了解功率因数过低对线路的影响;了解功率因数过低对供电网络电压损失、供电质量的影响;了解功率因数过低对供配电设备的影响;了解功率因数过低对发电设备的影响;熟悉提高功率因数的方法;掌握提高功率因数的补偿法;熟悉无功自动补偿装置优点;掌握无功自动补偿装置控制方式;了解动态无功功率补偿设备的优点;掌握电容器并联补偿的工作原理;了解电容器的接线方式;掌握电容器的补偿方式;掌握补偿容量的相关计算。

5. 尖峰电流及其计算

了解尖峰电流的定义、性质;熟悉计算尖峰电流的目的;掌握单台用电设备尖峰电流的计算;掌握多台用电设备尖峰电流的计算。

2.3 重点难点分析

2.3.1 负荷的分级原则和对供电电源的要求

1. 工厂电力负荷的分级

工厂的电力负荷,按 GB 50052—2009《供配电系统设计规范》规定,根据其对供电可靠性的要求及中断供电造成的损失或影响的程度分为以下三级。

(1) 一级负荷。一级负荷为中断供电将造成人身伤亡者,或者中断供电将在政治、经济上造成重大损失者,如重大设备损坏;重大产品报废;用重要原料生产的产品大量报废;国民经济中重点企业的连续生产过程被打乱,需要长时间才能恢复等。

在一级负荷中,对于中断供电将发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷,以及特别重要场所不允许中断供电的负荷,应视为特别重要的负荷。

(2) 二级负荷。二级负荷为中断供电将在政治、经济上造成较大损失者,如主要设备损坏;大量产品报废;连续生产过程被打乱,需较长时间才能恢复;重点企业大量减产等。

(3) 三级负荷。三级负荷为一般电力负荷,所有不属于上述一、二级负荷者均属三级负荷。

2. 各级电力负荷对供电电源的要求

(1) 一级负荷对供电电源的要求。由于一级负荷属重要负荷,如果中断供电,造成的后果将十分严重,因此要求由两路电源供电。当其中一路电源发生故障时,另一路电源不致同时受到损坏。当从电力系统取得第二电源不能满足上述条件或经济上不合理时,应设置自备电源。

一级负荷中特别重要的负荷。除上述两路电源外,必须增设应急电源,并严禁将其他负荷接入应急电源。

下列负荷可作为应急电源：独立于正常电源的发电机组、供电网络中独立于正常电源的专用馈电线路、蓄电池和干电池。

根据允许中断供电的时间，分别选择下列应急电源：允许中断供电时间为 15s 以上的，可选择快速自启动的发电机组；自投装置的动作时间能满足中断供电时间的，可选择带自动投入装置的独立于正常电源的专用馈电线路；允许中断供电时间为毫秒级的，可选择蓄电池静止型不间断供电装置、储能电机型不间断供电装置或柴油机不间断供电装置。

(2) 二级负荷对供电电源的要求。二级负荷也属于重要负荷，要求由两条回路供电。供电变压器也应有两台，但这两台变压器不一定在同一变电所。在其中一条回路或一台变压器发生常见故障时，二级负荷应不致中断供电，或中断后能迅速恢复供电。只有当负荷较小，或者当地供电条件困难时，二级负荷可由一条回路 6kV 及以上的专用架空线路供电。这是考虑架空线路发生故障时，较之电缆线路发生故障时易于发现且易于检查和修复。当采用电缆线路时，必须采用两根电缆并列供电，每根电缆应能承受全部二级负荷。

(3) 三级负荷对供电电源的要求。由于三级负荷为不重要的一般负荷，因此它对供电电源无特殊要求。

2.3.2 不同工作制设备功率(容量)的确定

1. 单台用电设备的设备功率(容量)

设备功率的计算与用电设备的工作制有关。

(1) 一般连续工作制的用电设备容量计算。

一般连续工作制的设备容量是设备的铭牌额定容量，即 $P_e = P_N$ 。

(2) 断续周期工作制的设备容量计算。

断续周期工作制的设备容量是将所有设备在不同负荷持续率下的铭牌额定容量换算到一个规定的负荷持续率下的容量之和。断续周期工作制的用电设备常见的有电焊机和吊车电动机，其各自的换算要求如下所述。

折算方法是按同一周期等效发热条件进行换算。

因为 $Q = I^2 R t$ ，当 R 、 Q 一定时， $I \propto \frac{1}{\sqrt{t}}$ 。而 $P \propto I$ ，同一周期的 $\epsilon \propto t$ ，因此 $P \propto \frac{1}{\sqrt{\epsilon}}$ ，所以

$$\frac{P_e}{P_N} = \sqrt{\frac{\epsilon_N}{\epsilon}}$$

① 吊车电动机组(包括电葫芦、起重机、行车等)的设备容量如下。

当采用需要系数法计算负荷时，应统一换算到 $\epsilon = 25\%$ 时的额定功率(kW)，即

$$P_e = P_N \sqrt{\frac{\epsilon_N}{\epsilon_{25}}} = 2P_N \sqrt{\epsilon_N} \quad (2-1)$$

当采用利用系数法计算负荷时，应统一换算到 $\epsilon = 100\%$ 时的额定功率(kW)，即

$$P_e = P_N \sqrt{\epsilon_N} \quad (2-2)$$

② 电焊机及电焊变压器的设备容量指统一换算到 $\epsilon = 100\%$ 时的额定功率(kW)，即

$$P_e = P_N \sqrt{\frac{\epsilon_N}{\epsilon_{100}}} = P_N \sqrt{\epsilon_N} = S_N \cos \varphi_N \sqrt{\epsilon_N} \quad (2-3)$$

③ 照明设备的设备容量如下。

- 白炽灯、碘钨灯的设备容量等于灯泡上标注的额定功率。
- 荧光灯应考虑镇流器中的功率损失(约为灯泡功率的20%),其设备容量应为灯管额定功率的1.2倍。
- 高压水银荧光灯和金属卤化物灯也应考虑镇流器中的功率损失(约为灯泡功率的10%),其设备容量可取灯管额定功率的1.1倍。

④ 电炉变压器的设备功率是指额定功率因数时的有功功率(kW),即

$$P_e = S_N \cos \varphi_N \quad (2-4)$$

⑤ 整流变压器的设备功率是指额定直流功率。

2. 用电设备组的设备功率

用电设备组的设备功率 P_e 是指不包括备用设备在内的所有单个用电设备的设备功率之和,即 $P_e = \sum P_{e,i}$ 。

3. 变电所或建筑物的总设备功率

变电所或建筑物的总设备功率应取所供电的各用电设备组设备功率之和,但应剔除不同时使用的负荷。

- (1) 消防设备功率一般可不计入总设备功率。
- (2) 季节性用电设备(如制冷设备和采暖设备)应择其最大者计入总设备功率。

4. 柴油发电机的负荷统计

(1) 当柴油发电机仅作为消防、保安性质用电设备的应急电源时,用电负荷应计算消防泵(含消防栓泵、喷淋泵、消防加压泵和排水泵)、消防电梯、防排烟设备、消防控制设备、安防设备、电视监控设备、应急照明等设备的功率。

(2) 当采用柴油发电机作为备用电源时,除计算保安性质负荷的用电设备外,根据用电负荷的性质和需要,还应计算所带其他负荷的设备功率。

由于发生火灾时,可停掉除保安性质负荷用电设备以外的非消防用电设备的电源,而非消防状态下消防设备又不投入运行,二者不同时使用,所以应取其大者作为确定发电机组容量的依据。

(3) 民用建筑设计中,在方案和初步设计阶段,可按供电变压器容量的10%~20%估算柴油发电机容量。

2.3.3 需要系数法求三相设备的计算负荷

用需要系数法确定用电设备组的计算负荷时,应考虑以下几种情况。

(1) 各用电设备因工作情况不同,可能不同时工作,因此应考虑一个同时使用系数 K_Σ 。

(2) 各用电设备在工作时,不一定全部在满负荷下运行,因此应考虑一个负荷系数 K_L 。

(3) 各用电设备的平均效率 η_e 。

(4) 线路的供电效率 η_{WL} 。

因此,一个用电设备组的需要系数可表示为 $K_d = \frac{K_\Sigma K_L}{\eta_e \eta_{WL}}$ 。

1. 单组用电设备计算负荷的确定

$$\begin{cases} P_{30} = K_d P_e \\ Q_{30} = P_{30} \tan \varphi \\ S_{30} = P_{30} / \cos \varphi \\ I_{30} = S_{30} / \sqrt{3} U_N \end{cases} \quad (2-5)$$

说明:只有1或2台设备时,可认为 $K_d = 1$,即 $P_{30} = P_e$ 。对于电动机,由于它本身功率损耗较大,因此当只有一台电动机时,其 $P_{30} = P_N / \eta$ 。这里 P_N 为电动机额定容量, η 为电动机效率。在 K_d 适当取大的同时, $\cos \varphi$ 也宜适当取大。式中, U_N 为用电设备组的额定电压; P_{30} 、 Q_{30} 、 S_{30} 的单位分别为 kW、kvar、kV·A。

2. 多组用电设备计算负荷的确定

当车间配电干线上有多组用电设备时,各组用电设备的最大负荷不同时出现,此时应计入一个同时系数。

$$\begin{cases} P_{30} = K_{\Sigma p} \sum P_{30.i} \\ Q_{30} = K_{\Sigma q} \sum Q_{30.i} \\ S_{30} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} \\ I_{30} = S_{30} / \sqrt{3} U_N \end{cases} \quad (2-6)$$

式中: $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$ 分别为有功功率和无功功率同时系数,分别取 0.8~1.0 和 0.93~1.0。

3. 配电所或总降变电所的计算负荷

配电所或总降变电所的计算负荷为各车间变电所计算负荷之和再乘以同时系数 $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$ 。对配电所的 $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$ 分别取 0.85~1.0 和 0.95~1.0;对总降变电所的 $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$ 分别取 0.8~0.9 和 0.93~0.97。

当简化计算时,同时系数 $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$ 可都取 $K_{\Sigma p}$ 值。

4. 台数较少的用电设备

3台及2台用电设备的计算负荷,取各设备功率之和;4台用电设备的计算负荷,取设备功率之和乘以系数 0.9。

5. 其他

自备柴油发电机组的计算负荷也可按上述方法计算,其他负荷的需要系数值见相关设计手册。简化计算时,消防负荷的需要系数可取为 1。

2.3.4 利用系数法求三相设备的计算负荷

用利用系数法确定计算负荷时,不论计算范围大小,都必须求出该计算负荷范围内用

电设备有效台数及最大系数,然后算出结果。

1. 用电设备组在最大负荷班内的平均负荷

$$\text{有功功率 } P_{av} = K_l P_e \text{ (kW)} \quad (2-7)$$

$$\text{无功功率 } Q_{av} = P_{av} \tan \varphi \text{ (kvar)} \quad (2-8)$$

式中: K_l 为用电设备组在最大负荷班内的利用系数,见相关设计手册;其他同前。

2. 平均利用系数

平均利用系数 K_{avl} 为

$$K_{avl} = \frac{\sum P_{av}}{\sum P_e} \quad (2-9)$$

式中: $\sum P_{av}$ 为各用电设备组平均负荷的用功功率之和, kW; $\sum P_e$ 为用电设备组的设备功率之和, kW。

3. 用电设备的有效台数

用电设备的有效台数 n_{yx} 是将不同设备功率和工作制的用电设备台数换算为相同设备功率和工作制的等效值,即

$$n_{yx} = \frac{(\sum P_e)^2}{\sum P_e^2} \quad (2-10)$$

式中: P_e 为单个用电设备的设备功率, kW。如果台数 n 很大, $\sum P_e^2$ 的计算相当烦琐。手工计算时,可采用下列简化计算方法。

(1) 在计算 n_{yx} 值时,可先将组内总功率不超过全组总设备功率 5% 的那些最小一档的用电设备略去。

(2) 当有效台数为 4 台及以上,且最大一台设备功率 $P_{e, \max}$ 与最小一台设备功率 $P_{e, \min}$ 的比值 $m \leq 3$ 时,取 $n_{yx} = n$ 。

(3) 当 $m > 3$ 和 $K_{lav} \geq 0.2$ 时,取 $n_{yx} = \frac{\sum P_e}{0.5 P_{e, \max}}$,如按此计算的 n_{yx} 比实际台数还多,则取 $n_{yx} = n$ 。

(4) 当不符合(2)、(3)的条件时,还可采用变通方法,步骤如下:①功率最大一档的数台设备直接进入计算;②按(1)略去最小一档设备;③将其余设备按功率大小分为 $m \leq 3$ 的几个组,以每组设备功率的平均值(假想设备功率)和实际台数进入计算。

4. 计算负荷

$$\begin{cases} P_{30} = K_m \sum P_{av} \\ Q_{30} = K_m \sum Q_{av} \\ S_{30} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} \\ I_{30} = S_{30} / \sqrt{3} U_N \end{cases} \quad (2-11)$$

式中: K_m 为最大系数,决定于导体或电器达到稳定温升所需的时间 t 、有效台数 n_{yx} 和

平均利用系数 K_{avl} 。对于中小截面导线和变电所低压母线或大截面干线,可查设计手册。

3 台及以下用电设备的计算有功功率取设备功率之和;若有 3 台以上用电设备,而有效台数小于 4 时,计算有功功率取设备功率之和乘以系数 0.9。

2.3.5 单相设备的负荷计算

在进行单相负荷换算时,一般采用计算功率。对于需要系数法,计算功率为需要功率;对于利用系数法,计算功率为平均功率。当单相负荷均为同类用电负荷时,可直接采用设备功率计算。

1. 计算方法

(1) 单相设备接于相电压时的等效三相负荷计算

等效三相设备功率 P_e 应按最大负荷相所接单相设备功率 $P_{e,m\phi}$ 的 3 倍计算,即

$$P_e = 3P_{e,m\phi} \quad (2-12)$$

(2) 单相设备接于线电压时的三相负荷计算

等效三相设备功率为

$$P_e = \sqrt{3}P_{e,\phi} \quad (2-13)$$

(3) 单相设备分别接于线电压和相电压时的负荷计算

首先应将接于线电压的单相设备功率换算为接于相电压的设备功率,然后分相计算各相的设备功率与计算负荷。总的等效三相有功计算负荷为其最大有功负荷相的有功计算负荷 $P_{30,m\phi}$ 的 3 倍,即

$$P_{30} = 3P_{30,m\phi} \quad (2-14)$$

总的等效三相无功计算负荷为最大负荷相的无功计算负荷 $Q_{30,m\phi}$ 的 3 倍,即

$$Q_{30} = 3Q_{30,m\phi} \quad (2-15)$$

关于将接于线电压的单相设备功率换算为接于相电压的设备容量的问题,可按下列公式换算。

① A 相:

$$P_A = p_{AB-A}P_{AB} + p_{CA-A}P_{CA}$$

$$Q_A = q_{AB-A}P_{AB} + q_{CA-A}P_{CA}$$

② B 相:

$$P_B = p_{BC-B}P_{BC} + p_{AB-B}P_{AB}$$

$$Q_B = q_{BC-B}P_{BC} + q_{AB-B}P_{AB}$$

③ C 相:

$$P_C = p_{CA-C}P_{CA} + p_{BC-C}P_{BC}$$

$$Q_C = q_{CA-C}P_{CA} + q_{BC-C}P_{BC}$$

各个系数和符号的含义参见相关教材或设计手册。

2. 单相负荷换算为等效三相负荷的简化方法

(1) 只有线间负荷时,将各线间负荷相加,选择较大两项数据进行计算。如 $P_{UV} \geq$