

课后答案网 您最真诚的朋友



www.hackshp.cn网团队竭诚为学生服务，免费提供各门课后答案，不用积分，甚至不用注册，旨在为广大学生提供自主学习的平台！

课后答案网：www.hackshp.cn

视频教程网：www.efanjy.com

PPT课件网：www.ppthouse.com

课后答案网
www.hackshp.cn

1. 阶跃型光纤和渐变型光纤的主要区别是什么?

答: 阶跃型光纤的纤芯折射率 n_1 沿半径方向保持一致, 包层折射率 n_2 沿半径方向也保持一定, 而纤芯和包层的折射率在边界处呈阶段型变化。

渐变型光纤的纤芯折射率 n_1 随半径加大而减小, 而包层中的折射率 n_2 是均匀的

2. 什么是弱导波光纤? 为什么标量近似解只适用于弱导波光纤?

答: 纤芯折射率 n_1 与包层折射率 n_2 差极小时, 这种光纤称为弱导波光纤

在弱导报光纤中, 光射线几乎与光纤轴平行, 因此弱导波光纤中的 E 和 H 几乎与光纤轴线垂直, 所以对于弱波导光纤中的 E 和 H 分布是一种近似的TEM波, 这种波具有横向场的极化方向在传输过程中保持不变的横电磁波, 可以看成为线极化波。而 E 和 H 近似在横截面上, 而且空间指向基本不变, 这样就可把一个大小和方向都沿传输方向变化的空间矢量 E 变为沿传输方向其方向不变的标量 E , 因此, 它将满足标量的亥姆霍兹方程

3.什么是光纤的数值孔径?在阶跃型光纤中,数值孔径为什么等于最大射入角的正弦?

答:光纤捕捉光射线能力的物理量被定义为光纤的数值孔径

在阶跃型光纤中,由于纤芯中的折射指数 n_1 是不变的,因此纤芯中的各点数值孔径不随半径 r 变化,所以只要小于最大入射角的所有射线均可被光捕捉

4.什么是光纤的归一化频率?如何判断某种模式能否在光纤中传输?

答:光纤的归一化频率是一个直接与光的频率成正比的无量纲的重要参量,它仅仅决定于光纤的结构参数和波长。定义为它的平方为导波的径向归一化相位常数与导波的径向归一化衰减常数的平方和

对于阶跃型光纤,运用标量解的特征方程解出方程中的 U (或 W),从而确定传输常数 β ,分析其传输特性;对于渐变型光纤,也是通过确定出传输常数 β ,从而分析其传输特性

5.为什么说采用渐变型光纤可以减小光纤中的模式色散?

答: 模式色散是由于不同模式的光功率脉冲沿不同轨迹传输, 由于每个模式的轴向传输速度不同, 于是它们在相同的光纤长度上到达某一点所需要的时间不同, 从而使得沿光纤行进的脉冲在时间上展宽。而渐变型光纤利用了 n 随 r 变化的特点, 消除了模式色散

6.试推导渐变型光纤子午线的轨迹方程

答: P15

如式: 2-2-18

7. 什么是单模光纤? 其单模传输条件是什么?

答: 单模光纤是在给定的工作波长上, 只传输单一基模的光纤

在阶跃单模光纤中, 只传输 LP_{01} (或称 HE_{11}) 模。

因为 LP_{01} 模的归一化截止频率为

$$V_c(LP_{11})=2.40483$$

而模式的传输条件是 $V > V_c$ 可传, $V \leq V_c$ 截至, 因此, 要保证光纤中只传输 LP_{01} 一个模式则必须要求:

$$V_c(LP_{01}) < V < V_c(LP_{11})$$

即: $0 < V < 2.40483$

8. 什么是单模光纤的双折射?

答: 在单模光纤中, 电场沿 x 方向或 y 方向偏振的偏振模 LP^x 及 LP^y , 当它们的相位常数不相等时 (即 $\beta_x \neq \beta_y$), 这种现象称为模式的双折射

9. 什么是光纤的色散? 色散的大小用什么来描述? 色散的单位是什么?

答: 光纤中传送的信号是由不同的频率成分和不同的模式成分构成的, 它们有不同的传输速度, 将会引起脉冲波形的形状发生变化。从波形在时间上展宽的角度去理解, 也就是光脉冲在光纤中传输, 随着传输距离的加大, 脉冲波形在时间上发生了展宽, 这种现象称为光纤的色散

10. 什么是模式色散? 材料色散? 波导色散?

答: 模式色散: 光纤中的不同模式, 在同一波长下传输, 各自的相位常数 β_{mn} 不同所引起的色散

材料色散: 由于光纤材料本身的折射指数 n 和波长 λ 呈非线性关系, 从而使光的传播速度随波长而变化所引起的色散

波导色散: 光纤中同一模式在不同的频率下传输时, 其相位常数不同所引起的色散

11. 什么是光纤的非线性效应?

答: 在强光场的作用下, 光波信号和光纤介质相互作用的一种物理效应。主要包括两类: 一类是由于散射作用而产生的非线性效应, 如受激拉曼散射及布里渊散射; 另一类是由于光纤的折射指数随光强度变化而引起的非线性效应

12. 什么是受激拉曼散射和受激布里渊散射?

答: 如设入射光的频率为 f_0 , 介质分子振动频率为 f_v , 则散射光的频率为: $f_s = f_0 \pm f_v$, 这种现象称为受激拉曼散射

受激布里渊散射与受激拉曼散射相比较物理过程很相似, 都是在散射过程中通过相互作用, 光波与介质发生能量交换, 但受激布里渊散射所产生的斯托克斯波在声频范围, 其波的方向和泵浦光波方向相反, 而受激拉曼散射所产生的斯托克斯波在光频范围, 其波的方向和泵浦光波方向一致

13. 自相位调制、交叉相位调制以及四波混频的基本概念是什么?

答: 光脉冲在传输过程中由于自身引起的相位变化而导致光脉冲频谱展宽的这种现象称为自相位调制

由光纤中某一波长的光强对同时传输的另一不同波长的光强度所引起的非线性相移, 称为交叉相位调制

由三阶电极化率 $\chi^{(3)}$ 参与的三阶参量过程, 由于光纤中非线性效应的存在, 光波之间会产生能量交换, 三阶电极化率将会引起第四种频率的光波出项, 该光波可以是三个入射光波频率的各种组合, 因而产生四波混频现象

14. 什么是光孤子通信?

答: 光孤子通信是利用光孤子来实现在光纤中所传输的光信号能够保持其脉冲波形的稳定, 从而提高系统的传输距离

15. 弱导波阶跃光纤纤芯和包层的折射指数分别为 $n_1=1.5$, $n_2=1.45$, 试计算:

(1) 纤芯和包层的相对折射指数差 Δ

(2) 光纤的数值孔径 NA

解: (1) $\because$ 是弱导波光纤

$\therefore$ 可用公式:

$$\Delta \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

代入 n_1, n_2 得: $\Delta = 0.0333$

$$(2) \because NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

$\therefore$ 代入 (1) 中的 Δ 可得:

$$NA = 0.3873$$

16. 已知阶跃光纤纤芯的折射指数为 $n_1=1.5$, 相对折射指数差 $\Delta=0.01$ 、纤芯半径 $a=25\mu\text{m}$, 若 $\lambda_0=1\mu\text{m}$, 计算光纤的归一化频率值及其中传播的模数量。

解: $\because V = \sqrt{2\Delta} n_1 k_0 a$

又 $\because k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$

$\therefore$ 代入数据可得归一化频率为:

$$V = 32.3216$$

$$\because M_{\max} = \frac{V^2}{4}$$

代入数据可得:

$$\therefore M_{\max} = 261$$

17. 阶跃型光纤, 若 $n_1=1.5$, $\lambda_0=1.31 \mu m$,

(1) 若 $\Delta=0.01$, 当保证单模传输时, 纤芯半径 a 应取多大?

(2) 若去纤芯半径 $a=5 \mu m$, 保证单模传输时, Δ 应怎样选择?

解: (1) $\because$ 要保证单模传输, 则要求:

$$0 < V < 2.40483$$

$$\therefore V = \sqrt{2\Delta n_1} k_0 a$$

$$\therefore 0 < \sqrt{2\Delta n_1} k_0 a < 2.40483$$

代入数据可得:

$$0 < \sqrt{2 \times 0.01} \times 1.5 \times \frac{2\pi}{\lambda_0} a < 2.40483$$

$$\therefore \text{得: } 0 < a < 2.36358 (\mu m)$$

18. 渐变型光纤的折射指数分布为

$$n(r) = n(0) \left[1 - 2\Delta \left(\frac{r}{a} \right)^a \right]^{\frac{1}{2}}$$

求出光纤的本地数值孔径

解: $\because NA(r) = \sqrt{n^2(r) - n^2(a)}$

得: $NA(r) = \sqrt{n^2(0) \left[1 - 2\Delta \left(\frac{a}{r} \right)^a \right] - n^2(a)}$

$$\therefore NA(r) = \sqrt{n^2(0) \left[1 - 2\Delta \left(\frac{a}{r} \right)^a \right] - n^2(0) \left[1 - 2\Delta \left(\frac{a}{a} \right)^a \right]}$$

$$\therefore NA(r) = \sqrt{2n^2(0)\Delta \left[1 - \left(\frac{a}{r} \right)^a \right]}$$

其中 r 为光纤纤芯中任一点到轴线之间的距离

1.光与物质间的相互作用存在哪三种基本物理过程?它们各自的特点是什么?

答:三种基本物理过程:自发辐射、受激吸收以及受激辐射

自发辐射的特点:

(1) 这个过程是在没有外界作用的条件下自发产生的,是自发跃迁

(2) 由于发射出光子的频率决定于所跃迁的能级,而发生自发辐射的高能级不是一个,可以是一个系列的高能级,因此,辐射光子的频率亦不同,频率范围很宽

(3) 即使有些电子是在相同的能级差间进行跃迁的,也就是辐射出的光子的频率相同,但由于它们是独立地、自发地辐射,因此它们的发射方向和相位也是各不相同的,是非相干光

受激吸收的特点:

(1) 这个过程必须在外来光子的激发下才会产生

(2) 外来光子的能量等于电子跃迁的能级之差

(3) 受激跃迁的过程不是放出的能量,而是消耗外来光能

受激辐射的特点:

(1) 外来光子的能量等于跃迁的能级之差

(2) 受激过程中发射出来的光子与外来光子不仅频率相同，而且相位、偏振方向和传播方向都相同，因此称它们是全同光子

(3) 这个过程可以使光得到放大。因为受激过程中发射出来的光子与外来光子是全同光子，相叠加的结果使光增加，使入射光得到放大，所以受激辐射引起光放大，是产生激光的一个重要的基本概念

2. 什么是粒子数反转分布？怎样才能实现光放大？

答：低能级上的粒子密度大于表示高能级上的粒子密度，这种粒子数一反常态的分布称为粒子数反转分布。

为了使物质能够产生光的放大，就必须使受激辐射作用大于受激吸收作用，也就是必须使 $N_2 > N_1$ ，而在正常状态时 $N_2 < N_1$ （其中 N_1 表示低能级上的粒子密度， N_2 表示高能级上的粒子密度），所以粒子数反转分布状态是使物质产生光放大的必要条件。

3.构成激光器必须满足的条件是什么？

课后答案网：www.hackshp.cn
若侵犯了您的版权利益，敬请来信告知！

答：激光器必须包括以下三部分：能够产生激光的工作物质，能够使工作物质处于粒子数反转分布状态的激励源，能够完成频率选择及反馈作用的光学谐振腔。

4.什么是激光器的阈值条件？

答：激光器需满足一定的条件才可以发出激光，要使激光器产生自激振荡，最低限度应要求激光器的增益刚好能抵消它的衰减。将激光器能产生激光振荡的最低限度称为激光器的阈值条件

阈值条件为：

$$G_t = \alpha = \alpha_i + \frac{1}{2l} \ln \frac{1}{r_1 r_2}$$

5. 简述半导体的光电效应?

答: 光照射到半导体的P-N结上, 若光子能量足够大, 则半导体材料中价带的电子吸收光子的能量, 从价带越过禁带到达导带, 在导带中出现光电子, 在价带中出现光空穴, 即光电子-空穴对, 又称光电子载流子。

光生载流子在外加负偏压和内建电电场的作用下, 在外电路中出现光电流, 从而在电阻R上有信号电压产生。这样, 就实现了输出电压跟随输入光信号变化的光电转换作用。

6. 什么是雪崩增益效应?

答: 在半导体的P-N结上加高反向电压, 在结区形成一个强电场; 在高场区内光生载流子被强电场加速, 获得高的动能, 与晶格的原子发生碰撞, 使价带的电子得到了能量; 越过禁带到导带, 产生了新的-空穴对; 新产生的电子-空穴对在强电场中又被加速, 再次碰撞, 又激发出新的电子-空穴对.....如此循环下去, 像雪崩一样的发展, 从而使光电流在管子内部获得了倍增, 这种现象叫做雪崩增益效应。

7. 试比较P-N结光电二极管、PIN光电二极管以及APD雪崩光电二极管的优缺点

答: P-N结光电二极管优点: 简单; 缺点: P76 第一段

PIN光电二极管优点: P76 第二段; 缺点: P76 第五段

APD雪崩光电二极管优点: P76 最后一段和P77 第一段; 缺点: P77 倒数第二段

8. 画出EDFA的结构示意图, 并简述各部分的主要作用。

答: P81 图3-27

主要作用: 在图3-27下的五段

9.简述EDFA的工作原理

答： P81-P82 （2）EDFA的工作原理中内容

10.EDFA的主要特征指标是什么？说明其含义。

答： P83 “3.EDFA的主要特征参数”这一部分

11.为什么说F-P腔型滤波器具有频率选择性?

答: P91 第六段 由于两反射镜的反射系数.....

12.简述光定向耦合器、光隔离器、光环行器以及光开关在光纤通信系统中的作用

答: 光定向耦合器: P88 倒数第二段

光隔离器: P89 倒数第二段

光环行器: P90 最后一段

13. 试用图说明光波长转换器的工作原理。

答: P92 图3-45 P93 图3-46

14. 什么是波分复用技术?

答: P93 第一段

15.简述光波分复用器的工作原理。

答：P94 “（1）光波分复用器的工作原理”的内容

16.简述RFA的工作原理。

答：P86 “（2）RFA的工作原理”的内容

17.RFA具有哪些特点？

答：P85 “1.RFA的特点”的内容

习题

1.对光发射机有哪些要求？

答：P99 “（2）对光发射机的要求”的内容

2.什么是消光比？

答：P99 “③较好的消光比”中

3.请画出SDH数字光纤通信系统中的光发射机基本组成方框图

答：P100 图4-2 光数字发射机原理图

4. 光纤通信中常用的线路码型是什么?

答: P97 -P98 "4.1.1 光纤通信中的线路码型"中内容

5. 光电检测器在接收机中的作用是什么?

答: P102 "①光电检测器"中的内容

6. 请画出光纤通信系统的基本结构图。

答: P108 图4-22 IM-DD光纤通信系统原理方框图

7. IM-DD光纤通信系统中存在哪些噪声?

答: 接收机噪声中主要有散粒噪声、暗噪声和热噪声三种。如果接收机中采用APD作为光电检测器, 那么系统中还会存在雪崩噪声

8. 采用EDFA作为光中继器的IM-DD光通信系统中存在的主要噪声是什么?

答: P117 第3行开始的一段内容

9. 一个622Mbit/s单模光缆通信系统, 系统中所采用的是InGaAs隐埋异质结构多纵模激光器, 其标称波长 $\lambda_1 = 1310\text{nm}$, 光脉冲谱线宽度 $\Delta\lambda_{\text{max}} \leq 2\text{nm}$ 。发送光功率 $P_T = 2\text{dBm}$ 。如用高性能的PIN-FET组件, 可在 $BER = 1 \times 10^{-10}$ 条件下得到接收灵敏度 $P_R = -28\text{dBm}$ 。光纤固有衰减系数 0.25dB/km , 光纤色散系数 $D = 1.8\text{ps}/(\text{km} \cdot \text{nm})$, 问系统中所允许的最大中继距离是多少?

注: 若光纤接头损耗为 0.09dB/km , 活接头损耗 1dB , 设备富裕度取 3.8 , 光纤线路富余度取 0.1dB/km 。光通道功率代价 1dB 。

答: 先利用P112式(4-2-1)计算出由于衰减的影响所允许的最大中继距离, 再利用P114式(4-2-5)计算出由于色散的影响所允许的最大中继距离, 两结果的最小值即为最大中继距离。

$$L_a = \frac{P_T - P_R - 2A_f - P_s - M_c}{A_f + A_s + M_c} = \frac{2 + 28 - 2 - 1 - 3.8}{0.25 + 0.1 + 0.09} = 52.73 \text{ km}$$

$$L_D = \frac{\kappa \times 10^8}{B \times \Delta\lambda \times D} = \frac{0.115 \times 10^8}{622.080 \times 2 \times 1.8} = 51.35 \text{ km}$$

最大中继距离取51.35km。

习 题

1.SDH网的基本特点是什么?

答: P125 “2.SDH网的特点”中的内容

2.SDH帧中开销的含义是什么? 各字节的用途是什么?

答: P125第二、三、四段

3.怎样解释DXC的复用功能?

答: P125第二、三、四段

4. 系统保护方式有哪几种? 请简述各自的保护操作过程。

答: P129 “①DXC的基本功能” 中的内容

5. 请画出SDH的帧结构图。

答: P125 图5-2 STM-N的帧结构

6. 简述波分复用的基本概念, 并说明其与密集波分复用在概念上的区别。

答: 波分复用的基本概念: P134 最后一段

与其余密集波分复用在概念上的区别: P135 第二段第二句话

7. 与传统光纤通信系统相比, WDM系统中所使用的光源有哪些不同?

答: P137 最后一段

8.请画出光传送网的分层结构图, 并简单介绍各层的功能。

答: P152 图5-25 传送网的分层模型

各层功能: P151 "1.基于SDH的光传送网"中的内容

9.什么是OADM? 其所具有的功能有哪些?

答: OADM: 光分插复用器

功能: P141 "(1) OADM的功能"中的内容

10. 试计算STM-1段开销的比特数?

答: 利用P125中 图5-2 STM-N的帧结构来计算

$$\text{STM-1段开销的比特数} = 8 \times 9 \times 8 = 576 \text{ bit}$$

11. 计算STM-16的码率。

答: 先利用P125中图5-2计算出其一帧比特数, 再除以一帧的周期

$$\text{STM-16的码率} = \frac{270 \times 9 \times 8 \times 16}{125 \times 10^{-6}} = 2488.32 \text{ Mb/s}$$

12. 已知某波分复用系统的信道间隔 $\Delta\nu$ 为100GHz。请计算该系统中所使用光源谱宽的最大值是多少？（取 $f=193.10 \times 10^{12}\text{Hz}$ ）

课后答案网: www.hackshp.cn
若侵犯了您的版权利益, 敬请来信告知!

$$\text{答: } \Delta\lambda = \frac{\Delta\nu \times \lambda^2}{c} = \frac{100 \times 10^{-9} \times (1552.52)^2}{3 \times 10^8} = 0.8\text{nm}$$

13. 如果某WDM系统中的技术参数如下:

中心波长为1552.52nm（对应中心频率为193.10THz），
OSNR=7（满足BER=10⁻¹²时），N=10，N_F=5.5dB，
 $\Delta\lambda=0.1\text{nm}$ ，L_a=15dB，BW_{eff}=2.5THz。请算出实用16路
WDM系统所要求的光放大器的输出光功率范围？

$$\text{答: } P_{\text{Sin}}(\text{dBm}) = \text{OSNR}(\text{dB}) + N_F(\text{dB}) + 10 \lg N + 10 \lg(h\nu \cdot \Delta\nu) \\ = 7 + 5.5 + 10 \lg 10 - 58 = -35.5(\text{dBm})$$

$$P_{\text{Sout}} = 15 - 35.5 = -20.5(\text{dBm})$$

$$P_{\text{rlt}} = \sum P_{\text{out}} + N \cdot BW_{\text{eff}} \cdot h \cdot \nu \cdot 10^{(N_F + L_a)/10} \\ = \sum P_{\text{out}} - 10 \times 2.5 \times 10^{12} \times 6.626 \times 10^{-34} \times 193.1 \times 10^{12} \times 10^{(5.5+15)/10}$$

$$P_{\text{out}} = 1000 - 0.36/16 = 62.5\text{mW}$$

$$\Delta P_{\text{out}} = 18 + 20.5 = 28.5(\text{dBm})$$

课后答案网
www.hackshp.cn

习 题

1.城域网中可供使用的骨干传输技术有哪些？它们各自的特点是什么？

答：P181 第二段

2.简述光接入网的概念。

答: P181

光接入网(OAN)是指以光纤作为传输媒体来取代传统的双绞线接入网,具体地说就是指本地交换机或远程模块与用户之间采用光纤或部分采用光纤来实现用户接入的系统。

3.说明APON系统工作过程,并画出其帧结构。

答: P185

其帧结构如p187图6-10所示。

4.请分析APON与EPON系统的区别及特点。

答: P185~192

5.解释EPON中采用测距的原因, 如何进行测距。

答: EPON中采用测距的原因——p188

如何进行测距——p188第4、5段。

6. 请写出适于在光互联网中使用的几种传输技术的名称, 它们的各自特点是什么?

答: IP over SDH、IP over WDM、GE等。

IP over SDH的特点: p194

IP over WDM的特点: p199

GE的特点: 本书未介绍。

7. 请画出IP over SDH的封装过程。

答: 见教材p194图6-19

8.请画出IP over WDM光网络分层体系结构。

答: 见教材p199图6-25

3.简述全光网络的概念, 并说明实现全光网络过程中所存在的难点在哪里?

答: 全光网络的概念: P251 “8.3.1 全光网的概念、结构及其特点”中第一段

难点: P252 “8.3.2 全光网络中的关键技术”中的内

容

习题

1. 简述MSTP的基本概念。

答: P205 第二段第一句话

2. 简述级联与虚级联的概念。

答: P206 “1. 级联与虚级联的概念”中的内容

3.请说明LCAS协议的链路容量调整思路。

答: P210 最后六段

4.简述MPLS技术中的数据转发过程。

答: P218 最后一段

5. 论述空间重用技术原理。

答: P228 第二段

6. 阐述拓扑自动发现技术原理。

答: P228 “(2) 拓扑自动发现技术”中的内容

7. 阐述RPR中带宽公平调度思路。

答: P229 “(4) 带宽公平调度策略”中的内容

8. 阐述RPR中基于不同业务等级的自动保护倒换机制原理。

答: P229 “(3) 基于不同业务等级的自动保护倒换机制”中的内容

习题

1. 简述光网络的概念。

答: P234 第二段最后两句话

2. 画出ASON控制平面的功能结构图。

答: P239 图8-4 ASON控制平面的功能结构图

2. 画出ASON控制平面的功能结构图。

答: P239 图8-4 ASON控制平面的功能结构图

3. 简述全光网络的概念, 并说明实现全光网络过程中所存在的难点在哪里?

答: 全光网络的概念: P251 “8.3.1 全光网的概念、结构及其特点”中第一段

难点: P252 “8.3.2 全光网络中的关键技术”中的内

容

第一章

1. 工厂供电对工业生产有何重要作用? 对工厂供电工作有哪些基本要求?

重要作用: 现代社会是建立在电能应用的基础之上的。电能在产品成本中所占的比重一般很小(除电解等工业外), 其重要性是在于工业生产实现电气化以后可以增加产量、提高产品质量和劳动生产率, 降低生产成本, 减轻工人的劳动强度。如果工厂供电突然中断, 则对工业生产可能造成严重的后果。例如某些对供电可靠性要求很高的工厂, 即使是极短时间的停电, 也会引起重大设备损坏, 或引起大量产品报废, 甚至可能发生重大的人身事故, 给国家和人民带来经济上甚至政治上的重大损失。

基本要求:

- 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: 应满足电能用户对供电可靠性即连续供电的要求。
- 3、优质: 应满足电能用户对电压和频率等质量的要求。
- 4、经济: 供电系统的投资少, 运行费用低, 并尽可能地减少有色金属消耗量。

2. 工厂供电系统包括哪些范围? 变电所和配电所的任务有什么不同? 什么情况下可采用高压深入负荷中心的直配方式?

工厂供电系统是指从电源线路进厂起到高低压用电设备进线端子止的电路系统, 包括工厂内的变电所和所有的高低压供电线路。

配电所的任务是接受电能和分配电能, 不改变电压; 而变电所的任务是接受电能、变换电压和分配电能。

高压深入负荷中心的直配方式, 可以省去一级中间变电, 简化了供电系统接线, 节约投资和有色金属, 降低了电能损耗和电压损耗, 提高了供电质量。然而这要根据厂区的环境条件是否满足 35kV 架空线路深入负荷中心的“安全走廊”要求而定, 否则不宜采用。

3. 什么叫电力系统、电力网和动力系统? 建立大型电力系统有哪些好处?

电力系统: 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。

电网: 电力系统中各级电压的电力线路及其联系的变电所, 称为电力网或电网。

动力系统: 电力系统加上发电厂的动力部分及其热能系统和热能用户, 就称为动力系统。

建立大型电力系统或联合电网, 可以史经济合理地利用动力资源, 减少燃料运输费用, 减少电能消耗, 降低发电成本, 保证供电质量(即电压和频率合乎规范要求), 并大大提高供电可靠性。

4. 我国规定的“工频”是多少? 对其频率偏差有何要求?

工频: 一般交流电力设备的额定频率为 50Hz。

规定: 频率偏差正负 0.2Hz

电压偏差正负 5%

电压偏差是指电气设备的端电压与其额定电压之差, 通常以其对额定电压的百分值来表示。

5. 三相交流电力系统的电源中性点有哪些运行方式? 中性点非直接接地系统与中性点直接接地系统在发生单相接地故障时各有什么特点?

中性点运行方式:

中性点不接地系统、中性点经阻抗接地系统、中性点直接接地系统。

中性点非直接接地系统单相接地时, 另两相对地电压升高为原来的根号 3 倍。单相接地电容电流为正常运行时相线对地电容电流的 3 倍。

中性点经阻抗接地系统单相接地时, 另两相对地电压升高为原来的根号 3 倍, 减小了接地电流。在单相接地电容电流大于一定值的电力系统中, 电源中性点必须采取经消弧线圈接地的运行方式。

中性点直接接地系统单相接地时, 另两相对地电压不变, 变成单相接地短路。

5、低压配电系统中的中性线(N 线)、保护线(PE 线)和保护中性线(PEN 线)各有哪些功能? TN—C 系统、TN—S 系统、TN—C—S 系统、TT 系统和 IT 系统各有哪些特点, 各适于哪些场合应用?

中性线(N 线)的功能: 一是用来接用额定电压为系统相电压的单相用电设备; 二是用来传导三相系统中的不平衡电流和单相电流; 三是减小负荷中性点的电位偏移。

保护线(PE 线)的功能: 它是用来保障人身安全、防止发生触电事故用的接地线。系统中所有设备的外露可导电部分(指正常不带电压, 但故障情况下可能带电压的易被触及的导电部分, 例如设备的金属外壳、金属构架等)通过保护线接地。

保护中性线(PEN 线)的功能: 它具有中性线(N 线)和保护线(PE 线)的功能。这种保护中性线在我国通称为“零线”, 俗称“地线”。

TN—C 系统: 其中的 N 线与 PE 线全部合为一根 PEN 线。PEN 线中可有电流通过, 因此对某接 PEN 线的设备产生电磁干扰。主要于我国低压配电系统中应用最为普遍, 但不适于对安全和抗电磁干扰要求高的场所。

TN—S 系统: 其中的 N 线与 PE 线全部分开, 设备的外露可导电部分均接 PE 线。主要用于对安全较高(如潮湿易触电的浴室和居民住宅等)的场所对抗电磁干扰要求高的数据处理和精密检测等实验场所。

TN—C—S 系统: 该系统的前一部分全部为 TN—C 系统, 而后边有一部分为 TN—S 系统。有一部分则为 TN—S 系统, 其中设备的外露可导电部分接 PEN 线或 PE 线。主要用于安全要求和对抗电磁干扰要求高的场所。

TT 系统: 中性点直接接地, 设备外壳单独接地。

IT 系统: 中性点不接地, 设备外壳单独接地。主要用于对连续供电要求较高及有易燃易爆危险的场所。

第二章

1、电力负荷按重要程度分哪几级?各级负荷对供电电源有什么要求?

一级负荷: 中断供电将造成人员伤亡或在政治上经济上造成重大损失者, 以及特别重要的负荷。双电源供电, 必要时增设应急电源。

二级负荷: 是断供电, 在政治、经济上造成较大损失者。双电源供电, 当负荷较小时可以专线供电。

三级负荷: 不属于一、二级的负荷。对供电电源无特殊要求。

2、工厂用电设备按其工作制分哪几类?什么叫负荷持续率?它表征哪类设备的工作特性?

工作制分三类: (1) 连续工作制, (2) 断续周期工作制, (3) 短时工作制

负荷持续率: 负荷持续率为一个工作周期内工作时间与工作周期的百分比值。负荷持续率表征断续周期工作制的设备的工作特性。

$$\varepsilon = \frac{t}{T} \times 100\%$$

3、什么叫最大负荷利用小时?什么叫年最大负荷和年平均负荷?什么叫负荷系数?

最大负荷利用小时: 是一个假想时间, 在此期间内, 电力负荷按年最大负荷 P_{max} (或 P_{15}) 持续运行所消耗的电能, 恰好等于该电力负荷全年实际消耗的电能。

年度最大负荷 P_{max} : 全年中负荷最大工作班内消耗电能最大的半小时的平均功率又叫半小时最大负荷 P_{30} 。

年平均负荷 P_{av} : 就是电力负荷在一定时间 t 内平均消耗的功率, 也就是电力负荷在该时间 t 内消耗的电能 W 除以时间 t 的值。

负荷系数又叫负荷率, 它是用电负荷的平均负荷 P_{av} 与其最大负荷 P_{max} 的比值。

4、确定计算负荷的需要系数法和二项式法各有什么特点?各适用于哪些场合?

计算负荷的方法: 需要系数法: 确定计算负荷的基本方法, 常用。

二项式法: 设备台数少, 容量差别悬殊时采用。

5、什么叫尖峰电流?尖峰电流的计算有什么用途?

尖峰电流 I_{pk} 是指持续时间 1-2S 的短时最大负荷电流 (电动机启动时出现)。

尖峰电流主要用来选择熔断器和低压断路器、整定继电保护装置及检验电动机自启动条件等。

计算题

1、已知某机修车间的金属切削机床组, 拥有 380V 的三相电动机 7.5kw3 台, 4kw8 台, 3kw17 台, 1.5kw10 台。试用需要系数法求其计算负荷。

解: 此机床组电动机的总容量为

$$P_e = 7.5kW \times 3 + 4kW \times 8 + 3kW \times 17 + 1.5kW \times 10 = 120.5kW$$

查附录表 1 得 $K_d=0.16\sim0.2$ (取 0.2), $\cos\varphi=0.5, \tan\varphi=1.73$

有功计算负荷 $P_{30}=0.2\times 120.5kW=24.1kW$

无功计算负荷 $Q_{30}=24.1kW\times 1.73=41.7kvar$

视在计算负荷 $S_{30}=\frac{24.1kW}{0.5}=48.2kVA$

计算电流 $I_{30}=\frac{48.2kVA}{\sqrt{3}\times 0.38kV}=73.2A$

2. 某机修车间 380V 线路上, 接有金属切削机床电动机 20 台共 50kW (其中较大容量电动机有 7.5kW 1 台, 4kW 3 台, 2.2kW 7 台), 通风机 2 台共 3kW, 电阻炉 1 台 2kW。试用需要系数法确定此线路上的计算负荷。

解: 先求各组的计算负荷

(1) 金属切削机床组

查附录表 1, 取 $K_d=0.2$, $\cos\varphi=0.5, \tan\varphi=1.73$

$$P_{30(1)}=0.2\times 50=10kW$$

$$Q_{30(1)}=10\times 1.73=17.3kvar$$

(2) 通风机组

$$K_d=0.8, \cos\varphi=0.8, \tan\varphi=0.75$$

$$P_{30(2)}=0.8\times 3=2.4kW$$

$$Q_{30(2)}=2.4\times 0.75=1.8kvar$$

(3) 电阻炉

$$K_d=0.7, \cos\varphi=1, \tan\varphi=0$$

$$P_{30(3)}=0.7\times 2=1.4kW$$

$$Q_{30(3)}=0$$

因此总的计算负荷为 (取 $K_{\Sigma P}=0.95$, $K_{\Sigma Q}=0.97$)

$$P_{30}=0.95\times (10+2.4+1.4)=13.1kW$$

$$Q_{30}=0.97\times (17.3+1.8+0)=18.5kvar$$

$$S_{30}=\sqrt{13.1^2+18.5^2}kVA=22.7kVA$$

$$I_{30}=\frac{22.7kVA}{\sqrt{3}\times 0.38kV}=34.5A$$

在实际工程设计说明中, 常采用计算表格的形式, 如表所示。

序号	用电设备组名称	台数 n	容量 $\frac{P_e}{kW}$	需要系数 K_d	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	计算负荷			
							$\frac{P_{30}}{kW}$	$\frac{Q_{30}}{kvar}$	$\frac{S_{30}}{kVA}$	$\frac{I_{30}}{A}$
1	金属切削机床	20	50	0.2	0.5	1.73	10	17.3		
2	通风机	2	3	0.8	0.8	0.75	2.4	1.8		
3	电阻炉	1	2	0.7	1	0	1.4	0		
		23	55				13.8	19.1		

车间总计	取 $K\tau_p=0.95$ $K\tau_e=0.97$	13.1	18.5	22.7	34.5
------	---------------------------------	------	------	------	------

3、已知某机修车间的金属切削机床组, 拥有 380V 的三相电动机 7.5kw3 台, 4kw8 台, 3kw17 台, 1.5kw10 台。试用二项式法来确定机床组的计算负荷。

解: 由附录表 1 查得 $b=0.14, c=0.4, x=5, \cos\varphi=0.5, \tan\varphi=1.73$ 。

设备总容量为 $P_e=120.5\text{kW}$ 。

x 台最大容量的设备容量为 $P_r=P_3=7.5\text{kW}\times 3+4\text{kW}\times 2=30.5\text{kW}$
有功计算负荷为

$$P_{30}=0.14\times 120.5\text{kW}+0.4\times 30.5\text{kW}=29.1\text{kW}$$

无功计算负荷为

$$Q_{30}=29.1\text{kW}\times 1.73=50.3\text{kvar}$$

视在计算负荷为

$$S_{30}=\frac{29.1\text{kW}}{0.5}=58.2\text{kVA}$$

计算电流为

$$I_{30}=\frac{58.2\text{kVA}}{\sqrt{3}\times 0.38\text{kV}}=88.4\text{A}$$

4、某机修车间 380V 线路上, 接有金属切削机床电动机 20 台共 50kW (其中较大容量电动机有 7.5kW1 台, 4kW3 台, 2.2kW7 台), 通风机 2 台共 3kW, 电阻炉 1 台 2kW。试用二项式法来确定机修车间 380V 线路的计算负荷。

解: 先求各组的 bP_e 和 cP_r 。

(1) 金属切削机床组

由附录表 1 查得 $b=0.14, c=0.4, x=5, \cos\varphi=0.5, \tan\varphi=1.73$ 。

$$bP_{e(1)}=0.14\times 50\text{kW}=7\text{kW}$$

$$cP_{r(1)}=0.4(7.5\text{kW}\times 1+4\text{kW}\times 3+2.2\text{kW}\times 7)=8.68\text{kW}$$

(2) 通风机组

查附录表 1 得 $b=0.65, c=0.25, x=5, \cos\varphi=0.8, \tan\varphi=0.75$ 。

$$bP_{e(2)}=0.65\times 3\text{kW}=1.95\text{kW}$$

$$cP_{r(2)}=0.25\times 3\text{kW}=0.75\text{kW}$$

(3) 电阻炉

查附录表 1 得 $b=0.7, c=0, x=0, \cos\varphi=1, \tan\varphi=0$ 。故

$$bP_{e(3)}=0.7\times 2\text{kW}=1.4\text{kW}$$

$$cP_{r(3)}=0$$

以上各组设备中, 附加负荷以 $cP_{A(1)}$ 为最大, 因此总计算负荷为

$$P_{30} = (7 + 1.95 + 1.4) + 8.68 = 19 \text{ kW}$$

$$Q_{30} = (7 \times 17.3 + 1.95 \times 0.75 + 0) + 8.68 \times 1.73 = 28.6 \text{ kvar}$$

$$S_{30} = \sqrt{19^2 + 28.6^2} \text{ kVA} = 34.3 \text{ kVA}$$

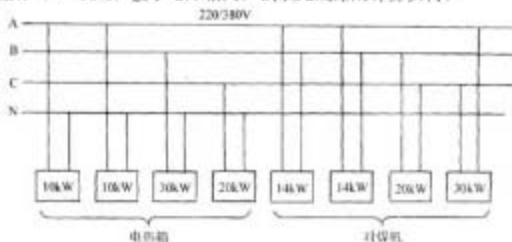
$$I_{30} = \frac{34.3 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 0.38 \text{ kV}} = 52.1 \text{ A}$$

从计算结果可以看出, 按二项式法计算的结果比按需要系数法计算的结果大得比较多, 这也更为合理。

按一般工程设计说明书要求, 以上计算可列成下表所示电力负荷计算表。

序 号	用电设备 组名称	设备台数		容量		二项式系 数		$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	计算负荷			
		总台 数	最大容 量台数	$\frac{P_e}{\text{kW}}$	$\frac{P_x}{\text{kW}}$	α	c			$\frac{P_{30}}{\text{kW}}$	$\frac{Q_{30}}{\text{kvar}}$	$\frac{S_{30}}{\text{kVA}}$	$\frac{I_{30}}{\text{A}}$
1	切削机床	20	5	50	21.7	0.14	0.4	0.5	1.73	7 + 8.68	12.1 + 15.0		
2	通风机	2	5	3	3	0.65	0.25	0.8	0.75	1.95 + 0.75	1.46 + 0.56		
3	电阻炉	1	6	2	0	0.7	0	1	0	1.4	0		
总计		23		55						19	28.6	34.3	52.1

5. 如图所示 220/380V 三相四线制线路上, 接有 220V 单相电热干燥箱 4 台, 其中 2 台 10kW 接于 A 相, 1 台 30kW 接于 B 相, 1 台 20kW 接于 C 相。另有 380V 单相对地焊机 4 台, 其中 2 台 14kW ($\varepsilon=100\%$) 接于 AB 相间, 1 台 20kW ($\varepsilon=100\%$) 接于 BC 相间, 1 台 30kW ($\varepsilon=60\%$) 接于 CA 相间。试求此线路的计算负荷。



解: (1) 电热干燥箱的各相计算负荷

查附录表 1 得 $K_d=0.7$, $\cos \varphi=1$, $\tan \varphi=0$, 计算其有功计算负荷:

A 相

$$P_{30(A)} = K_d P_{e(A)} = 0.7 \times 2 \times 10 \text{ kW} = 14 \text{ kW}$$

$$\text{B 相} \quad P_{\text{load}(B)} = K_d P_{eB} = 0.7 \times 1 \times 30 \text{kw} = 21 \text{kw}$$

$$\text{C 相} \quad P_{\text{load}(C)} = K_d P_{eC} = 0.7 \times 1 \times 20 \text{kw} = 14 \text{kw}$$

(2) 岸机的各相计算负荷

先将接于 CA 相间的 30kw ($\varepsilon = 60\%$) 换算至 $\varepsilon = 100\%$ 的容量, 即

$$P_{CA} = \sqrt{0.6} \times 30 \text{kW} = 23 \text{kW}$$

查附录表 1 得 $K_d = 0.35, \cos \varphi = 0.7, \tan \varphi = 1.02$; 再由表 2—3 查得 $\cos \varphi = 0.7$ 时的功率换算系数

$$P_{AB-A} = P_{BC-B} = P_{CA-C} = 0.8, \quad P_{AB-B} = P_{BC-C} = P_{CA-A} = 0.2, \quad q_{AB-A} = q_{BC-B} = q_{CA-C} = 0.22,$$

$q_{AB-B} = q_{BC-C} = q_{CA-A} = 0.8$ 。因此对岸机换算到各相的有功和无功设备容量为

$$\text{A 相} \quad P_A = 0.8 \times 2 \times 14 \text{kW} + 0.2 \times 23 \text{kW} = 27 \text{kW}$$

$$Q_A = 0.22 \times 2 \times 14 \text{kvar} + 0.8 \times 23 \text{kvar} = 24.6 \text{kvar}$$

$$\text{B 相} \quad P_B = 0.8 \times 20 \text{kW} + 0.2 \times 2 \times 14 \text{kW} = 21.6 \text{kW}$$

$$Q_B = 0.22 \times 20 \text{kvar} + 0.8 \times 2 \times 14 \text{kvar} = 26.8 \text{kvar}$$

$$\text{C 相} \quad P_C = 0.8 \times 23 \text{kW} + 0.2 \times 20 \text{kW} = 22.4 \text{kW}$$

$$Q_C = 0.22 \times 23 \text{kvar} + 0.8 \times 20 \text{kvar} = 21.1 \text{kvar}$$

各相的有功和无功计算负荷为

$$\text{A 相} \quad P_{\text{sl}, A(2)} = 0.35 \times 27 \text{kW} = 9.45 \text{kW}$$

$$Q_{\text{sl}, A(2)} = 0.35 \times 24.6 \text{kvar} = 8.61 \text{kvar}$$

$$\text{B 相} \quad P_{\text{sl}, B(2)} = 0.35 \times 21.6 \text{kW} = 7.56 \text{kW}$$

$$Q_{\text{sl}, B(2)} = 0.35 \times 26.8 \text{kvar} = 9.38 \text{kvar}$$

$$\text{C 相} \quad P_{\text{sl}, C(2)} = 0.35 \times 22.4 \text{kW} = 7.84 \text{kW}$$

$$Q_{\text{sl}, C(2)} = 0.35 \times 21.1 \text{kvar} = 7.39 \text{kvar}$$

(3) 各相总的有功和无功计算负荷

$$\text{A 相} \quad P_{\text{sl}, A} = P_{\text{sl}, A(1)} + P_{\text{sl}, A(2)} = 14 \text{kW} + 9.45 \text{kW} = 23.5 \text{kW}$$

$$Q_{\text{sl}, A} = Q_{\text{sl}, A(1)} = 8.61 \text{kvar}$$

$$\text{B 相} \quad P_{30,B} = P_{30,B(1)} + P_{30,B(2)} = 21 \text{ kW} + 7.56 \text{ kW} = 28.6 \text{ kW}$$

$$Q_{30,B} = Q_{30,B(1)} = 9.38 \text{ kvar}$$

$$\text{C 相} \quad P_{30,C} = P_{30,C(1)} + P_{30,C(2)} = 14 \text{ kW} + 7.84 \text{ kW} = 21.8 \text{ kW}$$

$$Q_{30,C} = Q_{30,C(2)} = 7.39 \text{ kvar}$$

(1) 总的等效三相计算负荷

因 B 相的有功计算负荷最大, 故取 B 相计算等效三相计算负荷, 由此可得

$$P_{30} = 3P_{30,B} = 3 \times 28.6 \text{ kW} = 85.8 \text{ kW}$$

$$Q_{30} = 3Q_{30,B} = 3 \times 9.38 \text{ kvar} = 28.1 \text{ kvar}$$

$$S_{30} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} = \sqrt{85.8^2 + 28.1^2} \text{ kV} \cdot \text{A} = 90.3 \text{ kV} \cdot \text{A}$$

$$I_{30} = \frac{S_{30}}{\sqrt{3}U_N} = \frac{90.3 \text{ kV} \cdot \text{A}}{\sqrt{3} \times 0.38 \text{ kV}} = 137 \text{ A}$$

6. 某厂压变电所装设一台主变压器。已知变电所低压侧有功计算负荷为 650kW, 无功计算负荷为 800kvar。为了使工厂(变电所高压侧)的功率因数不低于 0.9, 如在变电所低压侧装设并联电容器进行补偿时, 需装设多少补偿容量? 开闭补偿前后工厂变电所所选主变压器容量有何变化?

解: (1) 补偿前的变压器容量和功率因数

变压器低压侧的视在计算负荷为

$$S_{30(2)} = \sqrt{650^2 + 800^2} \text{ kV} \cdot \text{A} = 1031 \text{ kV} \cdot \text{A}$$

主变压器容量选择条件为 $S_{NT} \geq S_{30(2)}$, 因此未进行无功补偿时, 主变压器容量应选为 1250kV · A (参看附录表 5)。

这时变电所低压侧的功率因数为: $\cos \varphi_{10} = 650 / 1031 = 0.63$

(2) 无功补偿容量

按规定, 变电所高压侧的 $\cos \varphi \geq 0.9$, 考虑到变压器本身的无功功率损耗 ΔQ_1 远大于其有功功率损耗 ΔP_1 , 一般 $\Delta Q_1 = (4 \sim 5) \Delta P_1$, 因此在变压器低压侧进行无功补偿时, 低压侧补偿后的功率因数应略高于 0.90, 取 $\cos \varphi' = 0.92$ 。

低压侧需装设的并联电容器容量为:

$$Q_c = 650 \times (\tan \arccos 0.63 - \tan \arccos 0.92) \text{ kvar} \\ = 525 \text{ kvar}$$

取 $Q_c = 530 \text{ kvar}$

(3) 补偿后的变压器容量和功率因数

补偿后变电所低压侧的视在计算负荷为

$$S_{30(2)} = \sqrt{650^2 + (800 - 530)^2} \text{ kV} \cdot \text{A} = 704 \text{ kV} \cdot \text{A}$$

因此主变压器容量可改造为 $800\text{kV} \cdot \text{A}$ 。比补偿前容量减少 $450\text{kV} \cdot \text{A}$ 。
变压器的功率损耗为

$$\Delta P_T \approx 0.015 S_{30(2)} = 0.015 \times 704\text{kV} \cdot \text{A} = 10.6\text{kW}$$

$$\Delta Q_T \approx 0.06 S_{30(2)} = 0.06 \times 704\text{kV} \cdot \text{A} = 42.2\text{kvar}$$

变电所高压侧的计算负荷为

$$P_{30(1)} = 650\text{kW} + 10.6\text{kW} = 661\text{kW}$$

$$Q_{30(1)} = (800 - 530)\text{kvar} + 42.2\text{kvar} = 312\text{kvar}$$

$$S_{30(1)} = \sqrt{661^2 + 312^2} \text{ kV} \cdot \text{A} = 731\text{kV} \cdot \text{A}$$

补偿后工厂的功率因数为

$$\cos \varphi' = P_{30(1)} / S_{30(1)} = 661 / 731 = 0.904$$

7、有一 380V 三相线路, 供电给下表所示 4 台电动机。试计算该线路的尖峰电流。

参 数	电 动 机			
	M1	M2	M3	M4
额定电流 I_N / A	5.8	5	35.8	27.6
起动电流 I_{st} / A	40.6	35	197	193.2

解: 电动机 M4 的 $I_{st} - I_N = 193.2\text{A} - 27.6\text{A} = 165.6\text{A}$ 为最大, 线路的尖峰电流为:

$$I_{pk} = 0.9 \times (5.8 + 5 + 35.8)\text{A} + 193.2\text{A} = 235\text{A}$$

第三章

1. 什么叫短路? 短路故障产生的原因有哪些? 短路对电力系统有哪些危害?

短路就是指不同的电位的导电部分包括导电部分对地之间的低阻抗短接。

短路的原因: 绝缘损坏、过电压、外力损伤、违反操作规程、动物造成等。

短路对电力系统的危害: 产生很大的电动力、很高温度、元器件损坏; 电压骤降、影响电气设备正常运行; 停电、电力系统运行的稳定性遭到破坏; 不平衡电流、不平衡逆功率、电磁干扰等出现。

2. 短路有哪些形式? 哪种短路形式的可能性最大? 哪些短路形式的危害最为严重?

短路的形式有: 三相短路, 两相短路, 单相短路。发生单相短路可能性最大。三相短路的短路电流最大, 因此造成的危害最大。

3. 什么叫无限大容量的电力系统? 它有什么特点? 在无限大容量系统中发生短路时, 短路电流将如何变化? 能否突然增大?

无限大容量的电力系统, 是指供电容量相对于用户供电系统容量大得多的电力系统。特点是, 当用户供电系统的负荷变动甚至发生短路时, 电力系统变电所该母线上的电压能基本维持不变。在无限大容量系统中发生短路时, 由于负荷阻抗和部分线路阻抗被短路, 所以电路电流根据欧姆定律要突然增大。但是由于电路中存在电感, 电流不能突变, 因而引起一个过渡过程, 即短路暂态过程, 最后短路电流达到一个新的稳定状态。

4. 短路电流周期分量和非周期分量各是如何产生的? 各符合什么定律?

短路电流周期分量是因短路后电路阻抗突然减小很多倍, 而按欧姆定律应突然增大很多倍的电流。

短路电流非周期分量是因短路电路存在电感, 而按楞次定律产生的用以维持初瞬电流不致突变的一个反向抵消 i_{np} 且按指数函数规律衰减的电流。

5. 什么是短路冲击电流 i_{sh} ? 什么是短路次暂态电流 i'' ? 什么是短路稳态电流 i_{∞} ?

短路后经半个周期, i_k 达到最大值, 此时的短路全电流即短路周期电流。

短路次暂态电流有效值, 即短路后第一个周期的短路电流周期分量 i_p 的有效值。

短路稳态电流是短路电流非周期分量衰减完毕以后的短路全电流。

6. 什么叫短路计算电压? 它与线路额定电压有什么关系?

由于线路首端短路时其短路最为严重, 因此按线路首端电压考虑, 即短路计算电压取为比线路额定电压 U_N 高 5%。

7. 在无限大容量系统中, 两相短路电流和单相短路电流各与三相短路电流有什么关系?

$$I_K^{(2)} / I_K^{(3)} = \sqrt{3} / 2 = 0.866$$

$$I_K^{(1)} = \frac{3U_g}{Z_{1\Sigma} + Z_{2\Sigma} + Z_{3\Sigma}} \quad (\text{有正序、负序、零序阻抗})$$

$$\text{工程中} \quad I_K^{(1)} = \frac{U_g}{|Z_{\Sigma-0}|}$$

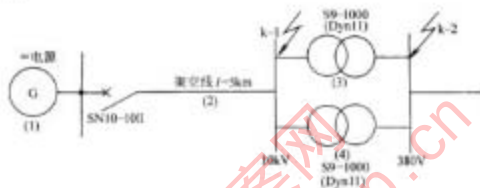
8、对一般开关电器, 其短路动稳定度和热稳定度校验的条件各是什么?

$$\begin{aligned} \text{动稳定度校验条件: } i_{sh} &\geq i_{sh}^{(3)} \\ f_{sh} &\geq f_{sh}^{(3)} \end{aligned}$$

$$\text{热稳定度校验条件: } I_s^2 t \geq I_{st}^{(3)} t_{max}$$

计算题

1、某工厂供电系统如下图所示。已知电力系统出口断路器为 SN10—10 II 型。试求工厂变电所高压 10kV 母线上 k-1 点短路和低压 380V 母线上 k-2 点短路的三相短路电流和短路容量。



解: 1. 求 k-1 点的三相短路电流和短路容量 ($U_{cl} = 10.5 \text{ kV}$)

(1) 计算短路电路中各元件的电抗及总电抗

1) 电力系统的电抗, 由附录表 8 查得 SN10—10 II 型断路器的断流容量 $S_{sc} = 500 \text{ MVA}$ 。

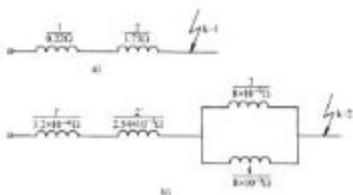
$$X_1 = \frac{U_{cl}^2}{S_{sc}} = \frac{(10.5 \text{ kV})^2}{500 \text{ MVA}} = 0.22 \Omega$$

2) 架空线路的电抗, 查表 3-1 得 $X_0 = 0.35 \Omega/\text{km}$

$$X_2 = X_0 l = 0.35 (\Omega/\text{km}) \times 5 \text{ km} = 1.75 \Omega$$

3) 绘 k-1 点短路的等效电路, 并计算其总电抗为

$$X_{\Sigma(k-1)} = X_1 + X_2 = 0.22 \Omega + 1.75 \Omega = 1.97 \Omega$$



(2) 计算三相短路电流和短路容量

1) 三相短路电流周期分量有效值

$$I_{k-1}^{(3)} = \frac{U_{cl}}{\sqrt{3} X_{\Sigma(k-1)}} = \frac{10.5 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times 1.97 \Omega} = 3.08 \text{ kA}$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流

$$I^{(2)} = I_s^{(2)} = I_{k-1}^{(2)} = 3.08 \text{ kA}$$

3) 三相短路冲击电流及第一个周期短路全电流有效值

$$I_{sh}^{(2)} = 2.55 I^{(2)} = 2.55 \times 3.08 \text{ kA} = 7.85 \text{ kA}$$

$$I_{ph}^{(2)} = 1.51 I^{(2)} = 1.51 \times 3.08 \text{ kA} = 4.65 \text{ kA}$$

4) 三相短路容量

$$S_{k-1}^{(2)} = \sqrt{3} U_{c1} I_{k-1}^{(2)} = \sqrt{3} \times 10.5 \text{ kV} \times 3.08 \text{ kA} = 56.0 \text{ MVA}$$

2. 求 k-2 点的短路电流和短路容量 ($U_{c2} = 0.4 \text{ kV}$)

1) 电力系统的电抗

$$X_1^* = \frac{U_{c2}^2}{S_{sc}} = \frac{(0.4 \text{ kV})^2}{500 \text{ MVA}} = 3.2 \times 10^{-4} \Omega$$

2) 架空线路的电抗

$$X_2^* = X_0 \left(\frac{U_{c2}}{U_0} \right)^2 = 0.35 (\Omega / \text{km}) \times 5 \text{ km} \times \left(\frac{0.4 \text{ kV}}{10.5 \text{ kV}} \right)^2 = 2.54 \times 10^{-3} \Omega$$

3) 电力变压器的电抗, 由附录表 5 得 $U_k\% = 5$

$$X_3^* = X_4^* = \frac{U_k\%}{100} \cdot \frac{U_{c2}^2}{S_N} = \frac{5}{100} \times \frac{(0.4 \text{ kV})^2}{1000 \text{ kVA}} = 8 \times 10^{-3} \Omega$$

4) 绘 k-2 点短路的等效电路如上图 b 所示, 并计算其总电抗:

$$\begin{aligned} X_{\Sigma(k-2)} &= X_1 + X_2 + X_3 // X_4 = X_1 + X_2 + \frac{X_3 X_4}{X_3 + X_4} \\ &= 3.2 \times 10^{-4} \Omega + 2.54 \times 10^{-3} \Omega + \frac{8 \times 10^{-3} \Omega}{2} = 6.86 \times 10^{-3} \Omega \end{aligned}$$

(2) 计算三相短路电流和短路容量

1) 三相短路电流周期分量有效值

$$I_{k-2}^{(1)} = \frac{U_{c2}}{\sqrt{3} X_{\Sigma(k-2)}} = \frac{0.4 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times 6.86 \times 10^{-3} \Omega} = 33.7 \text{ kA}$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流

$$I^{(2)} = I_s^{(2)} = I_{k-2}^{(2)} = 33.7 \text{ kA}$$

3) 三相短路冲击电流及第一个周期短路全电流有效值

$$I_{sh}^{(2)} = 1.84 I^{(2)} = 1.84 \times 33.7 \text{ kA} = 62.0 \text{ kA}$$

$$I_{ab}^{(3)} = 1.09 I^{(3)} = 1.09 \times 33.7 \text{ kA} = 36.7 \text{ kA}$$

4) 三相短路容量

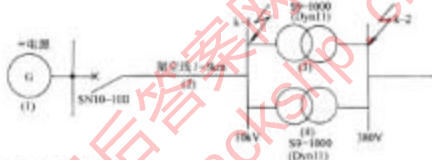
$$S_{k-2}^{(3)} = \sqrt{3} U_{c2} I_{k-2}^{(3)} = \sqrt{3} \times 0.4 \text{ kV} \times 33.7 \text{ kA} = 23.3 \text{ MV} \cdot \text{A}$$

在工程设计说明书中, 往往只列短路计算表, 如下表所示。

短路计算表

短路	三相短路电流 / kA					三相短路容量 / MV · A
计算点	$I_k^{(3)}$	$I^{(3)}$	$I_a^{(3)}$	$I_{fb}^{(3)}$	$I_{ab}^{(3)}$	$S_k^{(3)}$
k-1	3.08	3.08	3.08	7.85	4.65	56.0
k-2	33.7	33.7	33.7	62.0	36.7	23.3

2、某工厂供电系统如下图所示。电力系统出口断路器为 SN10-10 II 型。试用标幺制法计算系统中 k-1 点和 k-2 点的三相短路电流和短路容量。



解: 1. 确定基准值

$$S_d = 100 \text{ MV} \cdot \text{A}, U_d = 10.5 \text{ kV}, U_{c2} = 0.4 \text{ kV}$$

$$I_{d1} = \frac{S_d}{\sqrt{3} U_d} = \frac{100 \text{ MV} \cdot \text{A}}{\sqrt{3} \times 10.5 \text{ kV}} = 5.50 \text{ kA}$$

$$I_{d2} = \frac{S_d}{\sqrt{3} U_{c2}} = \frac{100 \text{ MV} \cdot \text{A}}{\sqrt{3} \times 0.4 \text{ kV}} = 144 \text{ kA}$$

2. 计算短路电路中各主要元件的电抗标幺值

(1) 电力系统的电抗标幺值

由附录表 8 查得 $S_{\infty} = 500 \text{ MV} \cdot \text{A}$

$$X_1^* = \frac{100 \text{ MV} \cdot \text{A}}{500 \text{ MV} \cdot \text{A}} = 0.2$$

(2) 架空线路的电抗标幺值

由表 3-1 查得 $X_0 = 0.35 \Omega / \text{km}$

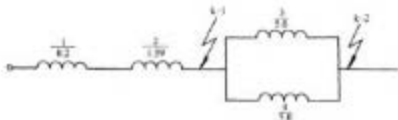
$$X_2^* = 0.35 (\Omega / \text{km}) \times 5 \text{ km} \times \frac{100 \text{ MV} \cdot \text{A}}{(10.5 \text{ kV})^2} = 1.59$$

3) 电力变压器的电抗标幺值

由附录表 5 查得, $U_d\% = 5$

$$X_3'' = X_3' = \frac{5 \times 100 \text{ MV} \cdot \text{A}}{100 \times 1000 \text{ kV} \cdot \text{A}} = \frac{5 \times 100 \times 10^3 \text{ kV} \cdot \text{A}}{100 \times 1000 \text{ kV} \cdot \text{A}} = 5.0$$

绘短路等效电路图如下图所示:



3. 计算 k-1 点的短路电路总电抗标么值及三相短路电流和短路容量

(1) 总电抗标么值

$$X_{\Sigma(k-1)}'' = X_1'' + X_2'' = 0.2 + 1.59 = 1.79$$

(2) 三相短路电流周期分量有效值

$$I_{k-1}^{(3)} = \frac{I_d}{X_{\Sigma(k-1)}''} = \frac{5.50 \text{ kA}}{1.79} = 3.07 \text{ kA}$$

(3) 其他三相短路电流

$$I_a^{(3)} = I_b^{(3)} = I_c^{(3)} = 3.07 \text{ kA}$$

$$I_{sb}^{(3)} = 2.55 \times 3.07 \text{ kA} = 7.83 \text{ kA}$$

$$I_{sa}^{(3)} = 1.51 \times 3.07 \text{ kA} = 4.64 \text{ kA}$$

(4) 三相短路容量

$$S_{k-1}^{(3)} = \frac{S_d}{X_{\Sigma(k-1)}''} = \frac{100 \text{ MV} \cdot \text{A}}{1.79} = 55.9 \text{ MV} \cdot \text{A}$$

4. 计算 k-2 点的短路电路总电抗标么值及三相短路电流和短路容量

(1) 总电抗标么值

$$X_{\Sigma(k-2)}'' = X_1'' + X_2'' + X_3'' // X_4'' = 0.2 + 1.59 + \frac{5}{2} = 4.29$$

(2) 三相短路电流周期分量有效值

$$I_{k-2}^{(3)} = \frac{I_d}{X_{\Sigma(k-2)}''} = \frac{144 \text{ kA}}{4.29} = 33.6 \text{ kA}$$

(3) 其他三相短路电流

$$I_a^{(3)} = I_b^{(3)} = I_c^{(3)} = 33.6 \text{ kA}$$

$$I_{sb}^{(3)} = 1.84 \times 33.6 \text{ kA} = 61.8 \text{ kA}$$

$$I_{sa}^{(3)} = 1.09 \times 33.6 \text{ kA} = 36.6 \text{ kA}$$

(4) 三相短路容量

$$S_{k-2}^{(3)} = \frac{S_d}{A_{\Sigma(k-2)}^2} = \frac{100 \text{ MVA}}{4.29} = 23.3 \text{ MVA}$$

由此可见, 采用标么制法的计算结果与欧姆法计算的结果基本相同。

3. 已知工厂变电所 380V 侧母线上接有 250kW 感应电动机一台, 平均 $\cos \varphi = 0.7$, 效率 $\eta = 0.75$, 380V 母线的短路电流 $I_k^{(3)} = 33.7 \text{ kA}$, $I_{\infty}^{(3)} = 62.0 \text{ kA}$; 该母线采用 LMV-100×10 的硬铝母线, 水平平放, 档距为 900mm, 档数大于 2, 相邻两相母线的轴线距离为 160mm。试求该母线三相短路时所受的最大电动力, 并校验其动稳定度。如果该母线的短路保护动作时间为 0.6s, 低压断路器的断路时间为 0.1s。该母线正常运行时最高温度为 55°C 。校验其热稳定度。

解: 1. 计算母线短路时所受的最大电动力
电动机额定电流为

$$I_{N.M} = \frac{250 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times 380 \text{ V} \times 0.7 \times 0.75} = 0.724 \text{ kA}$$

由于 $I_{N.M} > 0.01 I_k^{(3)}$, 该电动机的反馈电流冲击值为

$$I_{cb.M} = 6.5 \times 1 \times 0.724 \text{ kA} = 4.7 \text{ kA}$$

因此母线在三相短路时所受的最大电动力为

$$F^{(3)} = \sqrt{3} (I_{\infty}^{(3)} + I_{cb.M})^2 \cdot \frac{l}{a} \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

$$= \sqrt{3} (62.0 \times 10^3 \text{ A} + 4.7 \times 10^3 \text{ A})^2 \times \frac{0.9 \text{ m}}{0.16 \text{ m}} \times 10^{-7} \text{ N/A}^2 = 4334 \text{ N}$$

2. 校验母线短路时的动稳定度

母线在 $F^{(3)}$ 作用时的弯曲力矩为

$$M = \frac{F^{(3)} l}{10} = \frac{4334 \text{ N} \times 0.9 \text{ m}}{10} = 390 \text{ N} \cdot \text{m}$$

母线的截面系数为

$$W = \frac{b^2 h}{6} = \frac{(0.1 \text{ m})^2 \times 0.01 \text{ m}}{6} = 1.667 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

母线在三相短路时所受到的计算应力为

$$\sigma_c = \frac{M}{W} = \frac{390 \text{ N} \cdot \text{m}}{1.667 \times 10^{-5} \text{ m}^3} = 23.4 \times 10^6 \text{ Pa} = 23.4 \text{ MPa}$$

硬铝母线 (LMV) 的允许应力 σ_{st} 为

$$\sigma_{st} = 70 \text{ MPa} > \sigma_c = 23.4 \text{ MPa}$$

由此可见该母线满足短路动稳定度的要求。

3. 母线满足短路热稳定度的最小允许截面

附录表 7 $C = 87 \text{ A} \cdot \sqrt{\text{s}} / \text{mm}^2$, 图 3-12 $\theta_L = 55^\circ\text{C}$ 曲线得 $K_L \approx 0.5 \times 10^4 \text{ A}^2 \cdot \text{s} / \text{mm}^2$

$$t_{\max} = t_k + 0.05s = t_{\text{qs}} + t_{\text{sc}} + 0.05s = 0.6s + 0.1s + 0.05s = 0.75s$$

$$A_{\min} = I_e^{(3)} \frac{\sqrt{t_{\max}}}{C} = 33.7 \times 10^3 \text{ A} \times \frac{\sqrt{0.75s}}{87 \text{ A}\sqrt{s} / \text{mm}^2} = 335 \text{ mm}^2$$

母线截面为 $A=100 \times 10 \text{ mm}^2 = 1000 \text{ mm}^2 > A_{\min}$ ，该母线满足短路热稳定度要求。

第四章

1、开关触头间产生电弧的根本原因是什么?发生电弧有哪些游离方式?其中最初的游离方式是什么?维持电弧主要靠什么游离方式?

产生电弧的原因: 触头在分断电流时, 触头本身及触头周围的介质中含有大量可被游离的电子, 在外加电压足够大时, 产生强烈的电游离而发生电弧。

产生电弧的游离方式:

(1) 热电发射: 触头分断电流时, 阳极表面大电流收缩集中, 出现炽热光斑, 温度很高, 触头表面电子吸收热能, 发射到触头间隙, 形成自由电子。

(2) 高电场发射: 触头开断初, 电场强度大, 触头表面电子被强拉出。

(3) 碰撞游离: 高速电子碰撞中性质点, 使中性质点变成正离子和自由电子, 当离子浓度足够大时, 介质击穿产生电弧。

(4) 热游离: 电弧中心温度高达 10000 摄氏度, 电弧中的中性质点游离为正离子和自由电子。

最初的游离方式: 热电发射。

维持电弧主要靠: 碰撞游离产生电弧, 热游离维持电弧。

2、使电弧熄灭的条件是什么?熄灭电弧的去游离方式有哪些?开关电器中有哪些常用的灭弧方法?

电弧熄灭的条件:

去游离率 > 游离率

熄灭电弧的去游离方式:

正负带电质点的“复合”, 重新成为中性质点

正负带电质点的“扩散”, 使电弧区带电质点减少

开关电器中常用的灭弧方法

速拉灭弧法、冷却灭弧法、吹弧灭弧法、长弧切短灭弧法、粗弧切短灭弧法、狭沟灭弧法、真空灭弧法、SF₆灭弧法。

3、高压隔离开关有哪些功能?有哪些结构特点?

隔离高压电源, 保证设备和线路的安全检修。断开后有明显可见的断开间隙, 没有专门的灭弧装置, 不允许带负荷操作, 可以通断不超过 2A 的空载变压器、电容电流不超过 5A 的空载线路, 与高压断路器配合使用。

4、高压负荷开关有哪些功能?它可装设什么保护装置?它靠什么来进行短路保护?

功能: 具有简单的灭弧装置, 能通断一定的负荷电流和过负荷电流。

可装设热脱扣器保护装置, 它与高压熔断器串联使用, 借助熔断器来进行短路保护。

5、高压断路器有哪些功能?

功能: 能通断负荷电流和短路电流, 并能在保护装置作用下自动跳闸, 切除短路故障。

6、熔断器、高压隔离开关、高压负荷开关、高低压断路器及低压刀开关在选择时, 哪些需校验断流能力?哪些需校验短路动、热稳定度?

校验断流能力: 熔断器、高压负荷开关、高低压断路器、低压刀开关。

校验短路动、热稳定度: 高压隔离开关、高压负荷开关、高低压断路器。

7、工厂或车间变电所的±变压器台数如何确定? ±变压器容量又如何确定?

台数选择: 满足用电负荷对供电可靠性的要求。对季节性负荷或昼夜负荷变动较大, 采用经济运行方式。一般车间变电所采用一台, 应考虑欠负荷的发展, 有一定余地。

±变压器容量的选择:

$$\text{装设一台±变压器} \quad S_{N.F} \geq S_{30}$$

$$\begin{aligned} \text{装设两台±变压器} \quad S_{N.F} &= (0.6 \sim 0.7) S_{30} \\ S_{N.F} &\geq S_{30(1+2)} \end{aligned}$$

车间变电所单台变容量上限: 1000KVA 或 1250KVA

8、电力变压器并列运行必须满足哪些条件?

- (1) 变压器的一、二次额定电压必须对应相等。
- (2) 变压器的阻抗电压(短路电压)必须相等。
- (3) 变压器的连接组别必须相同。
- (4) 变压器的容量尽量相同或相近, 最大容量与最小容量之比不超过 3: 1。

9、电流互感器和电压互感器使用时注意事项?

电流互感器使用注意事项:

- (1) 工作时二次侧不得开路。
- (2) 二次侧有一端必须接地。
- (3) 电流互感器在连接时, 要注意其端子的极性。

电压互感器的使用注意事项:

- (1) 工作时二次侧不得短路。
- (2) 二次侧一端必须接地。
- (3) 互感器在连接时注意其端子的极性。

10、对工厂变电所±接线有哪些基本要求? 变电所±接线图有哪些绘制方式? 各适用于哪些场合?

对工厂变电所±接线的基本要求: 安全、可靠、灵活、经济。

±接线图绘制形式: 系统式±接线图——用于变电所的运行中,

装置式±接线图——用于变电所施工图中使用。

11、变电所±址选择应考虑哪些条件?

±址选择的一般原则:

接近负荷中心	无剧烈振动或高温的场所
进出线方便	尘土少、无腐蚀性气体
接近电源侧	不在厕所、有水的下方
设备运输方便	不在有爆炸危险的地方

计算题

1、已知配电所 10kV 母线短路时的 $I_d^{(3)} = 2.86kA$, 线路的计算电流为 350A, 继电保

护动作时间为 1.1s, 断路器断路时间取 0.2s。试选择 10kV 高压配电所进线侧的高压户内少油断路器的型号规格。

解: 初步选用 SN10-10 型。根据线路计算电流, 试选 SN10-10 I 型断路器来进行校验, 如下表所示。校验结果, 所选 SN10-10 I 型是合格的。

序号	装设地点的电气条件		SN10-10 I / 630-300型断路器		
	项目	数 据	项目	数 据	结 论
1	U_N	10kV	U_N	10kV	合格
2	I_{30}	350A	I_N	630A	合格
3	$I_k^{(3)}$	2.86kA	I_{sc}	16kA	合格
4	$I_{sh}^{(3)}$	$2.55 \times 2.86 \text{ kA} = 7.29 \text{ kA}$	i_{max}	40kA	合格
5	$I_{\alpha}^{(3)2} I_{dev}$	$2.86^2 \times (1.1+0.2) = 10.6$	$I_{\alpha}^2 t$	$16^2 \times 4 = 1024$	合格

2、某 10 / 0.4kV 变电所, 总计算负荷为 $1200 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 。其中, 二级负荷 $680 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 。试初步选择该变电所主变压器的台数和容量。

解: 根据变电所有一、二级负荷的情况, 确定选两台主变压器。

每台容量 $S_{x,r} = (0.6 \sim 0.7) \times 1200 \text{ kV} \cdot \text{A} = (720 \sim 840) \text{ kV} \cdot \text{A}$, 且 $S_{x,r} \geq 680 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 。

初步确定每台主变压器容量为 $800 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 。

3、现有 1 台 S9-800/10 型配电变压器与 1 台 S9-2000/10 型配电变压器并列运行, 均为 Dyn11 联结。负荷达到 $2800 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 时, 变压器中哪一台将要过负荷? 过负荷可达多少?

解: 并列运行的变压器之间的负荷分配是与阻抗标么值成反比的。

变压器的阻抗标么值按下式计算

$$|Z_T| = \frac{U_k \% S_d}{100 S_A} \quad \text{通常取} \quad S_d = 100 \text{ MV} \cdot \text{A} = 10^5 \text{ kV} \cdot \text{A};$$

查附录表 5-1, 得 S9-800 变压器 (T1) 的 $U_k \% = 5$, S9-2000 变压器 (T2) 的 $U_k \% = 6$,

两台变压器的阻抗标么值分别为 (取 $S_d = 10^5 \text{ kV} \cdot \text{A}$):

$$|Z_{T1}| = \frac{5 \times 10^5 \text{ kV} \cdot \text{A}}{100 \times 800 \text{ kV} \cdot \text{A}} = 6.25$$

$$|Z_{T2}| = \frac{6 \times 10^5 \text{ kV} \cdot \text{A}}{100 \times 2000 \text{ kV} \cdot \text{A}} = 3.00$$

在负荷达 $2800 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 时各台负担的负荷分别为

$$S_{T1} = 2800 \text{ kV} \cdot \text{A} \times \frac{3.00}{6.25 + 3.00} = 908 \text{ kV} \cdot \text{A}$$

$$S_{T2} = 2800 \text{ kV} \cdot \text{A} \times \frac{6.25}{6.25 + 3.00} = 1892 \text{ kV} \cdot \text{A}$$

变压器(T1)将过负荷(908-800)kV·A=108kV·A，将超过其额定容量13.5%。

按规定，油浸式电力变压器正常允许过负荷可达20%(户内)或30%(户外)。因此变压器过负荷13.5%还是在允许范围内的。

另外，从上述两台变压器的容量比来看，800kV·A：2000kV·A=1：2.5，尚未达到一般不允许的容量比1：3。但考虑到负荷的发展和运行的灵活性，S9—800/10型变压器宜换以较大容量的变压器。

第五章

1、高压线路的接线方式有几种?

接线方式有: 放射式、树状式、环式。

2、架空线路和电缆线路的组成。

组成: 导线、电杆、绝缘子、线路、金具等。

3、导线和电缆的选择应满足哪些条件?

发热条件, 电压损耗条件, 经济电流密, 机械强度。

计算题

1、有一条采用 BLX-500 型铝芯橡皮线明敷的 220/380V 的 TN-S 线路, 线路计算电流为 150A, 当地最热月平均最高气温为 $+30^{\circ}\text{C}$ 。试按发热条件选择此线路的导线截面。

解: (1) 相线截面 A_p 的选择

查附录表 19-1 得环境温度为 30°C 时明敷的 BLX-500 型截面为 50mm^2 的铝芯橡皮线的 $I_{al}=163\text{A} > I_{30}=150\text{A}$, 满足发热条件。因此相线截面选为 $A_p=50\text{mm}^2$ 。

(2) 中性线截面 A_n 的选择

按 $A_n \geq 0.5A_p$, 选 $A_n=25\text{mm}^2$ 。

(3) 保护线截面 A_{PE} 的选择

由于 $A_p > 35\text{mm}^2$, 故选 $A_{PE} \geq 0.5A_p=25\text{mm}^2$ 。

所选导线型号可表示为: BLX-500-(3×50+1×25+PE25)。

2、上题所示 TN-S 线路, 如果采用 BLX-500 型铝芯塑料线穿硬塑料管埋地敷设, 当地最热月平均气温为 $+25^{\circ}\text{C}$ 。试按发热条件选择此线路导线截面及穿线管管径。

解: 查附录表 19-3 得 $+25^{\circ}\text{C}$ 时 5 根单芯线穿硬塑料管 (PC) 的 BLX-500 型截面为 120mm^2 的导线允许载流量 $I_{al}=160\text{A} > I_{30}=150\text{A}$ 。

因此按发热条件, 相线截面选为 120mm^2 。

中性线截面按 $A_n \geq 0.5A_p$, 选 $A_n=70\text{mm}^2$ 。

保护线截面按 $A_{PE} \geq 0.5A_p$, 选 $A_{PE}=70\text{mm}^2$ 。

穿线的硬塑料管管径查附录表 19-3 中 5 根导线穿管管径 ($A_p=120\text{mm}^2$) 为 80mm 。

选择结果可表示为: HLX-500-(3×120+1×70+PE70)-FC80, 其中 FC 为硬塑管代号。

3、有一条用 LGJ 型钢芯铝线架设的 5km 长的 35kV 架空线路, 计算负荷为 2500kW, $\cos\varphi=0.7$, $T_{\max}=4800h$ 。试选择其经济截面, 并校验其发热条件和机械强度。

解: (1) 选择经济截面

$$I_{30} = \frac{P_{30}}{\sqrt{3}U_N \cos\varphi} = \frac{2500kW}{\sqrt{3} \times 35kV \times 0.7} = 58.9A$$

由表 5-3 查得 $j_{ec}=1.15A/mm^2$

$$A_{ec} = \frac{58.9A}{1.15A/mm^2} = 51.2mm^2$$

选标准截面 $50mm^2$, 即选 LGJ-50 型钢芯铝线。

(2) 校验发热条件

查附录表 16 得 LGJ-50 的允许载流量 $I_{al}=178A > I_{30}=58.9A$, 满足发热条件。

(3) 校验机械强度

查附录表 14 得 35kV 架空钢芯铝线的最小截面 $A_{\min}=35mm^2 < A=50mm^2$, 选 LGJ-50 型钢芯铝线也满足机械强度要求。

4 试验算 3 题所选 LGJ-50 型钢芯铝线是否满足允许电压损耗 5% 的要求。已知该线路导线为水平等距排列, 相邻线距为 1.6m。

解: 由上题知 $P_{30}=2500kW$, $\cos\varphi=0.7$, 因此 $\tan\varphi=1$, $Q_{30}=2500kvar$ 。

用 $A=50mm^2$ 和 $\alpha_{21}=1.26 \times 1.6m \approx 2m$ 查附录表 6, 得 $R_0=0.68\Omega/km$, $X_0=0.39\Omega/km$ 。

线路的电压损耗为

$$\Delta U = \frac{2500kW \times (5 \times 0.68)\Omega + 2500kvar \times (5 \times 0.39)\Omega}{35kV} = 382V$$

线路的电压损耗百分值为

$$\Delta U\% = \frac{100 \times 382V}{3500V} = 1.09\% < \Delta U_{al}\% = 5\%$$

选 LGJ-50 型钢芯铝线满足电压损耗要求。

5、某 220/380V 线路, 采用 HLX-500-(3×25+1×16) mm^2 的四根导线明敷, 在距线路首端 50m 处, 接有 7kW 电阻性负荷, 在线路末端 (线路全长 75m) 接有 28kW 电阻性负荷。试计算该线路的电压损耗百分值。

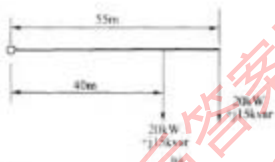
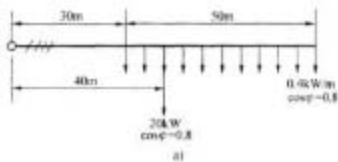
解: 查表 5-4 得 $C=46.2kW \cdot m/mm^2$, 而 $\Sigma M=7kW \times 50m + 28kW \times 75m=2450kW \cdot m$

$$\Delta U\% = \frac{\sum M}{CA} = \frac{2450}{46.2 \times 25} = 2.12\%$$

6. 某 220/380V 的 TN-C 线路, 如下图所示。线路拟采用 BX-500 型铜芯橡皮绝缘线户内明敷, 环境温度为 30℃, 允许电压损耗为 5%。试选择该线路的导线截面。

解: (1) 线路的等效变换

将图 a 所示带均匀分布负荷的线路, 等效变换为图 b 所示集中负荷的线路。



原集中负荷 $p_1 = 20kW$, $\cos\varphi_1 = 0.8$, $\tan\varphi_1 = 0.75$, 故 $q_1 = 20kW \times 0.75 = 15kvar$ 。

原分布负荷 $p_2 = 0.4(kW/m) \times 50m = 20kW$, $\cos\varphi_2 = 0.8$, $\tan\varphi_2 = 0.75$,

故 $q_2 = 20kW \times 0.75 = 15kvar$ 。

(2) 按发热条件选择导线截面 线路中的最大负荷 (计算负荷) 为

$$P = p_1 + p_2 = 20kW + 20kW = 40kW$$

$$Q = q_1 + q_2 = 15kvar + 15kvar = 30kvar$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} kV \cdot A = 50kV \cdot A$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U_N} = \frac{50kV \cdot A}{\sqrt{3} \times 0.38kV} = 76A$$

查附录表 19-1, 得 BX-500 型导线 $A = 10mm^2$ 在 30℃ 明敷时的 $I_{al} = 77A > I = 76A$ 。

因此可选 3 根 BX-500-1×10 导线作相线, 另选 1 根 BX-500-1×10 导线作 PEN 线。

(3) 校验机械强度

查附录表 15, 室内明敷铜芯线最小截面为 $1mm^2$, 以上所选导线满足机械强度要求。

(4) 校验电压损耗

查附录表 6, HX-500-1×10 导线的电阻 $R_0 = 2.19\Omega/km$, 电抗 (线距按 150mm 计)

$X_0 = 0.31\Omega/km$, 线路的电压损耗为

$$\begin{aligned}\Delta U &= [(p_1 L_1 + p_2 L_2) R_0 + (q_1 L_1 + q_2 L_2) X_0] / U_N \\&= [(20 \times 0.04 + 20 \times 0.055) \times 2.19 + (15 \times 0.04 + 15 \times 0.055) \times 0.31] / 0.38 \\&= 12V\end{aligned}$$

$$\Delta U\% = 100\Delta U / U_N = 100 \times 12V / 380V = 3.2\% < \Delta U_{\%} = 5\%$$

所选 HX-500-1×10 型钢芯橡皮绝缘线满足允许电压损耗要求。

第六章

1、供电系统中有哪些常用的过电流保护装置?对保护装置有哪些基本要求?

过电流保护装置: 熔断器、低压断路器、继电保护。

基本要求: 选择性、速动性、可靠性、灵敏度 (灵敏系数 $S_{\mu} = \frac{I_{Lmax}}{I_{op1}}$)。

2、如何选择线路熔断器的熔体?

1、保护电力线路

$$I_{NFE} \geq I_{30}$$

$$I_{NFE} \geq KI_{PK}$$

$$I_{NFE} \leq K_{OL} I_{ed}$$

2、保护电力变压器

$$I_{NFE} = (1.5 \sim 2.0) I_{N.T}$$

考虑因素: 熔体电流要躲过变压器允许的正常过负荷电流。

熔体电流要躲过变压器低压侧电机起动的尖峰电流。

熔体电流要躲过变压器空载合闸电流。

3、保护电压互感器

RN2 为 0.5A

3、选择熔断器时应考虑哪些条件?

熔断器的额定电压应不低于线路的额定电压。

熔断器的额定电流不应小于它所装熔体的额定电流。

熔断器的额定类型应满足技术要求。

4、低压断路器的瞬时、短延时和长延时过流脱扣器的动作电流各如何整定?其热脱扣器的动作电流又如何整定?

(1) 瞬时过流脱扣器动作电流的整定

$$\text{动作电流 } I_{OP(0)} \geq K_{rel} I_{pk} \quad \text{可靠系数 } K_{rel} \text{ 取值为 } DIF: 1.35; DZ: 2 \sim 2.5$$

(2) 短延时过流脱扣器动作电流和动作时间的整定

$$\text{动作电流 } I_{OP(0.3)} \geq K_{rel} I_{pk} \quad K_{rel} \text{ 取值为 } 1.2$$

动作时间 0.2s, 0.4s, 0.6s 三级, 时间差 0.2s

(3) 长延时过流脱扣器动作电流和动作时间的整定

$$\text{动作电流 } I_{OP(1)} \geq K_{rel} I_{30} \quad K_{rel} \text{ 取值为 } 1.1$$

动作时间: 反时限最长 1-2h

(4) 热脱扣器动作电流的整定

$$\text{过负荷保护 } I_{OP(1h)} \geq K_{rel} I_{30} \quad K_{rel} \text{ 取值为 } 1.1$$

5、低压断路器如何选择?

选择低压断路器应满足的条件:

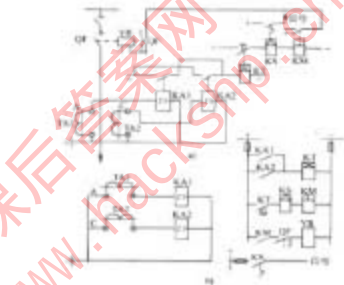
低压断路器的额定电压不低于保护线路的额定电压。

低压断路器的额定电流不小于它所安装的脱扣器的额定电流。

低压断路器的类型应符合安装、保护、操作方式的要求。

6、分析定时限过电流保护的原理。

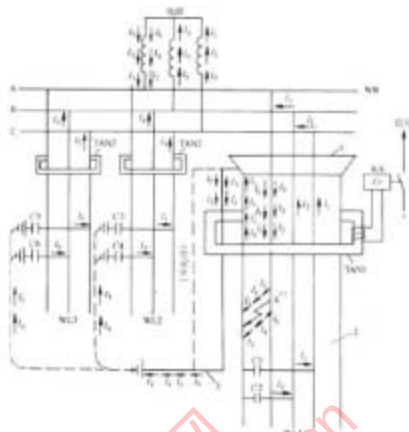
定时限过电流保护的原理电路如图所示, 其工作原理如下: 当一次电路发生相间短路时, 电流继电器 KA 瞬时动作, 闭合其触点, 使时间继电器 KT 动作。KT 经过整定的时限后, 其延时触点闭合, 使串联的信号继电器 (电流型) KS 和中间继电器 KM 动作。KS 动作后, 其指示牌掉下, 同时接通信号回路, 给出灯光信号和音响信号。KM 动作后, 接通跳闸线圈 YH 回路, 使断路器 QF 跳闸, 切除短路故障。QF 跳闸后, 其辅助触点 QF1—2 触之切断跳闸回路。在短路故障被切除后, 继电保护装置除 KS 外的其他所有继电器均自动返回起始状态, 而 KS 可手动复位。



定时限过电流保护的原理电路图 a) 接线图 b) 展开图

7、分析在单相接地保护中, 零序电流保护原理。

原理如下: 如果电缆 W1 的 A 相发生接地故障, A 相不存在对地电容电流, B 相和 C 相有对地电容电流。电缆 W12 和 W13 也只有 B 相和 C 相有对地电容电流。所有这些对地电容电流都要经过接地故障点。故障电缆 A 相芯线上流过所有电容电流之和, 且与同一电缆的其他完好的 B 相和 C 相芯线及其金属外皮上所流过的电容电流恰好抵消, 而除故障电缆外的其他电缆的所有电容电流 I_{3~16} 则经过电缆头接地线流入地中。接地线流过的这“不平衡电流”(零序电流) 就要在零序电流互感器 TAN 的铁心中产生磁通, 使 TAN 的二次绕组感应出电动势, 使接于二次侧的电流继电器 KA 动作, 发出报警信号。必须强调: 电缆头的接地线必须穿过零序电流互感器的铁心, 否则接地保护装置不起作用, 如图所示。



计算题

1、有一台Y型电动机,其额定电压为380V,额定功率为18.5kW,额定电流为35.5A,启动电流倍数为7。现拟采用H.V型导线穿铝钢管敷设。该电动机采用RTO型熔断器作短路保护,短路电流 $I_k^{(3)}$ 最大可达13kA。试选择熔断器及其熔体的额定电流,并选择导线截面和钢管直径(环境温度为30°C)

解: (1) 选择熔体及熔断器的额定电流

$$I_{N,FE} \geq I_{30} = 35.5A$$

$$I_{N,FE} \geq K I_{pR} = 0.3 \times 35.5A \times 7 = 74.55A \quad (\text{轻载启动} K \text{ 取} 0.3)$$

由附录表10-1, 选RTO-100型熔断器, $I_{N,FE} = 100A$, 熔体选 $I_{N,FE} = 80A$ 。

(2) 校验熔断器的断流能力

查附录表10-1, 熔断器的 $I_{OC} = 50kA > I_k^{(3)} = I_k^{(3)} = 13kA$, 其断流能力满足要求。

(3) 选择导线截面和钢管直径

按发热条件选择, 查附录表19-2 得 $A=10mm^2$ 的H.V型铝芯塑料线三根穿钢管时:

$$I_{\alpha(10^3A)} = 41A > I_{30} = 35.5A, \text{ 满足发热条件, 相应选钢管 } SC20mm。$$

校验机械强度: 查附录表15, 穿铝铝芯线的最小截面为 $2.5mm^2 < 10mm^2$, 满足要求。

(4) 校验导线与熔断器保护的配合

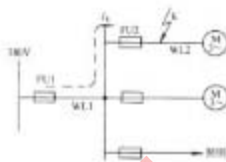
电动机安装在一般车间内, 熔断器作短路保护用, 导线与熔断器保护的配合条件为:

$$I_{N,FE} \leq 2.5 I_{al}$$

现 $I_{N,FE} = 80A < 2.5 \times 41A = 102.5A$, 故满足熔断器保护与导线的配合要求。

2、如下图所示, 设 FU_1 (RT0 型) 的 $I_{N,FE1} = 100A$, FU_2 (RM10 型) 的 $I_{N,FE2} = 60A$, k 点的三

相短路电流 $I_k^{(3)} = 1000A$ 。试检验 FU_1 和 FU_2 是否能选择性配合。



解: 由 $I_{N,FE1} = 100A$ 和 $I_k = 1000A$ 查附录表 10-2 曲线得 $t_1 \approx 0.3s$ 。

由 $I_{N,FE2} = 80A$ 和 $I_k = 1000A$ 查附录表 9-2 曲线得 $t_2 \approx 0.08s$ 。

$$t_1 = 0.3s > 3t_2 = 3 \times 0.08s = 0.24s$$

因此 FU_1 与 FU_2 能保证选择性动作。

3、有一条 380V 动力线路, $I_{30} = 120A$, $I_{FE} = 400A$; 线路首端的 $I_k^{(3)} = 18.5kA$ 。当地环境温度 $+30^\circ C$ 。试选择此线路的 BLV 型导线的截面、穿线的硬塑料管直径及线路首端装设的 DW16 型低压断路器及其过流脱扣器的规格。

解: (1) 选择低压断路器及其过流脱扣器规格

查附录表 11, DW16-630 断路器的过流脱扣器额定电流 $I_{N,OD} = 160A > I_{30} = 120A$

初步选 DW16-630 型低压断路器, 其 $I_{N,OD} = 160A$ 。

设瞬时脱扣电流整定为 3 倍, $I_{OP(3)} = 3 \times 160A = 480A$ 。而 $K_{REZ} I_{FE} = 1.35 \times 400A = 540A$, 不满足 $I_{OP(3)} \geq K_{REZ} I_{FE}$ 的要求。

如整定为 4 倍时, $I_{OP(4)} = 4 \times 160A = 640A > K_{REZ} I_{FE} = 1.35 \times 400A = 540A$, 满足躲过尖峰电流的要求。

校验断流能力: 查附录表 11, DW16-630 断路器 $I_{OC} = 30kA > I_k^{(3)} = 18.5kA$, 满足要求。

(2) 选择导线截面和穿线塑料管直径

查附录表 19-3, 当 $S = 70mm^2$ 的 BLV 型铝芯塑料线在 $30^\circ C$ 时:

$$I_{ad} = 121A (\text{三根线穿管}) > I_{30} = 120A, \text{按发热条件选 } A=70mm^2, \text{管径选为 } 50mm。$$

校验机械强度: 查附录表 15, 最小截面为 $2.5 mm^2 < 70mm^2$, 故满足机械强度要求。

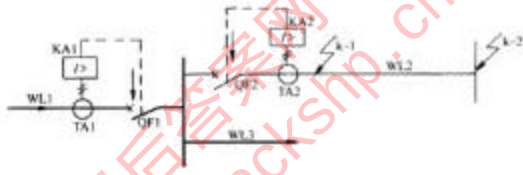
(3) 校验导线与低压断路器保护的配合

脱扣器整定为 $I_{OP(0)} = 640A$, 而 $4.5 I_{ad} = 4.5 \times 121A = 544.5A$, 不满足 $I_{OP(0)} \leq 4.5 I_{ad}$ 的

要求。因此将导线截面增大为 $95mm^2$, $I_{ad} = 147A$, $4.5 I_{ad} = 4.5 \times 147A = 661.5A > I_{OP(0)} = 640A$,

满足导线与保护装置配合的要求。相应的穿线塑料管直径改选为 65mm。

4. 某 10kV 电力线路, 如下图所示。已知 TA1 的变流比为 100/5A, TA2 的变流比为 50/5A。WL1 和 WL2 的过电流保护均采用两相两继电器式接线, 继电器均为 GL-15/10 型。KA1 整定的动作电流为 7A, 10 倍动作电流的动作时限为 1s。WL2 的计算电流为 28A, WL2 首端 k-1 点的三相短路电流为 500A, 其末端 k-2 点的三相短路电流为 160A。试整定 KA2 的动作电流和动作时限, 并校验其保护灵敏度。



解: (1) 整定 KA2 的动作电流

取 $I_{Lmax} = 2I_{30} = 2 \times 28A = 56A$, $K_{rel} = 1.3$, $K_{re} = 0.8$, $K_L = 50/5 = 10$, $K_{st} = 1$,

$$I_{OP(2)} = \frac{K_{rel} K_{re}}{K_{st} K_L} I_{Lmax} = \frac{1.3 \times 1}{0.8 \times 10} \times 56A = 9.1A$$

根据 GL-15/10 型继电器的规格, 动作电流整定为 9A。

(2) 整定 KA2 的动作时限

确定 KA1 的实际动作时间, 由于 k-1 点发生三相短路时 KA1 中的电流为

$$I'_{k-1(1)} = \frac{K_{rel}}{K_{st}} I_{k-1} = \frac{1}{20} \times 500A = 25A$$

$$I'_{k-1(1)} \text{ 对 KA1 的动作电流倍数为 } n_1 = \frac{I'_{k-1(1)}}{I_{OP(1)}} = \frac{25A}{7A} = 3.6$$

利用 $n_1 = 3.6$ 和 KA1 已整定的时限 $t_1 = 1s$, 查附录表 21-2 的 GL-15 型继电器的动作特性

曲线, 得 KA1 的实际动作时间 $t'_1 = 1.6s$ 。

KA2 的实际动作时间应为: $t'_2 = t'_1 - \Delta t = 1.6s - 0.7s = 0.9s$

$$k-1 \text{ 点发生三相短路时 KA2 中的电流为: } I_{K-1(2)}^{(3)} = \frac{K_{K(2)}}{K_{K(2)}} I_{K-1}^{(3)} = \frac{1}{10} \times 500\text{A} = 50\text{A}$$

$$I_{K-1(2)}^{(3)} \text{ 对 KA2 的动作电流倍数为: } n_2 = \frac{I_{K-1(2)}^{(3)}}{I_{0.9(2)}} = \frac{50\text{A}}{9\text{A}} = 5.6$$

利用 $n_2=5.6$ 和 KA2 的实际动作时间 $t_2=0.9\text{s}$, 查附录表 21-2 的 GL-15 型继电器的动作特性曲线, 得 KA2 应整定的 10 倍动作电流的动作时限为 $t_2 \approx 0.8\text{s}$ 。

(3) KA2 的保护灵敏度检验

KA2 保护的线路 M2 末端 k-2 的两相短路电流为其最小短路电流, 即

$$I_{k.min}^{(2)} = 0.866 I_{K-2}^{(3)} = 0.866 \times 160\text{A} = 139\text{A}$$

$$\text{KA2 的保护灵敏度为: } S_{K(2)} = \frac{K_{K(2)} I_{k.min}^{(2)}}{K_{K(2)} I_{0.9(2)}} = \frac{1 \times 139\text{A}}{10 \times 9\text{A}} = 1.54 > 1.5 \text{ 满足灵敏度的要求。}$$

5. 某车间变电所装有一台 10/0.4kV、1000kVA 的变压器。已知变压器低压侧母线的三相短路电流 $I_k^{(3)}=16\text{kA}$, 高压侧电流互感器变流比为 100/5A, 继电器采用 GL-5/10 型, 接成两相两继电器式。试整定该继电器的动作电流、动作时限和速断电流倍数。

解: (1) 过电流保护动作电流的整定

$$\text{取 } K_{rel}=1.3, K_{K(2)}=1, K_{K(2)}=0.8, K_t=100/5=20,$$

$$I_{L.min} = 2 I_{k(2)} = 2 \times 1000\text{kV} \cdot \text{A} / (\sqrt{3} \times 10\text{kV}) = 115.5\text{A}$$

$$\text{其动作电流 } I_{OP} = \frac{1.3 \times 1}{0.8 \times 20} \times 115.5\text{A} = 9.4\text{A}$$

动作电流整定为 9A。

(2) 过电流保护动作时限的整定

车间变电所为终端变电所, 其过电流保护的 10 倍动作电流的动作时限整定为 0.5s。

(3) 电流速断保护速断电流倍数的整定

$$\text{取 } K_{rel}=1.5, I_{k.min} = 16\text{kA} \times 0.4\text{kV} / 10\text{kV} = 0.64\text{kA} = 640\text{A},$$

$$\text{速断电流 } I_{qs} = \frac{1.5 \times 1}{20} \times 640\text{A} = 48\text{A}$$

$$\text{因此速断电流倍数整定为: } n_{qs} = \frac{48\text{A}}{9\text{A}} = 5.3$$

第七章

1. 什么是二次回路? 包括哪些部分?

二次回路(即二次电路): 是指用来控制、指示、监测和保护一次电路运行的电路, 亦称二次系统, 包括控制系统、信号系统、监测系统、继电保护和自动化系统等。

2. 什么是二次回路操作电源? 常用的直流操作电源有哪几种?

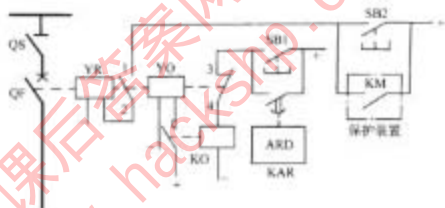
二次回路的操作电源是供高压断路器分、合闸回路和继电保护和自动装置、信号回路、监测系统及其他二次回路所需的电源。

常用的直流操作电源有以下几种:

- (一) 由蓄电池组供电的直流操作电源, 主要有铅酸蓄电池和镉镍蓄电池两种。
- (二) 由整流装置供电的直流操作电源, 主要有硅整流电容储能式和复式整流两种。

3. “自动重合闸”(ARD)的工作原理?

如图所示



YR 跳闸线圈, YD 合闸线圈, KO 合闸接触器, KAR 重合闸继电器

手动合闸时, 按下 SB1, 使合闸接触器 KO 通电动作, 从而使合闸线圈 YO 动作, 使断路器合闸。手动分闸时, 按下 SB2, 使跳闸线圈 YR 通电动作, 使断路器分闸。

当一次电路发生短路故障时, 保护装置动作, 其出口继电器 KM 触点闭合, 接通跳闸线圈 YR 回路, 使断路器 QF 自动跳闸。与此同时, 断路器辅助触点 QF3—4 闭合; 而且重合闸继电器 KAR 起动, 经整定的时限后其延时闭合常开触点闭合, 使合闸接触器 KO 通电动作, 从而使断路器重合闸。如果一次电路的短路故障是瞬时性的, 已经消除, 则重合成功。如果短路故障尚未消除, 则保护装置又要动作, 其出口继电器 KM 触点闭合, 又使断路器跳闸。由于一次 ARD 采用了防跳措施(图上未示出), 因此不会再次重合。

4. 二次回路的安装接线应符合哪些要求?

1. 按图施工, 接线正确。
2. 导线与电气元件间采用螺栓连接、插接、焊接或压接等, 均应牢固可靠。
3. 盘、柜内的导线不应有接头, 导线芯线应无损伤。
4. 电缆芯线和导线的端部均应标明其回路编号, 字迹清晰且不易脱色。
5. 配线应整齐、清晰、美观, 导线绝缘应良好, 无损伤。
6. 每个接线端子的每侧接线不得超过 2 根; 对于插接式端子, 不同截面的两根导线不得接在同一端子上; 对于螺栓连接端子, 当接两根导线时, 中间应加平垫片。
7. 二次回路接地应设专用螺栓。
8. 盘、柜内的二次回路配线: 电流回路应采用电压不低于 500V 的铜芯绝缘导线, 其截而不

应小于 2.5mm^2 ；其他回路截面不应小于 1.5mm^2 ；对电子元件回路、弱电回路采用锡焊连接时，在满足载流量和电压降及有足够机械强度的情况下，可采用不小于 0.5mm^2 截面的绝缘导线。

第九章

1. 电气照明有哪些特点?

电气照明具有灯光稳定、色彩丰富、控制调节方便和安全经济等优点, 成为应用最为广泛的一种照明方式。

2. 可见光有哪些单色光? 哪一种波长的光可引起人眼最大的视觉?

它又分以下七种单色光: 红、橙、黄、绿、青、蓝、紫。波长为 555nm 的黄绿色光可引起人眼最大的视觉。

3. 什么叫光强、照度和亮度?

光强: 发光强度简称光强, 是光源在给定方向的辐射强度。

照度: 受照物体表面单位面积上投射的光通量, 称为照度。

亮度: 发光体 (不只是光源, 受照物体对人眼来说也可看作间接发光体) 在视线方向单位投影面上的发光强度, 称为亮度。

4. 什么叫照明光源的比功率? 如何按比功率确定灯具安装功率或灯数?

照明光源的比功率, 就是单位水平面积上照明光源的安装功率。

如果已知比功率 P_0 和车间的平面面积, 则车间一般照明的总暗转功率为

$$P_{\Sigma} = P_0 A$$

每盏灯的光源功率为

$$P_A = \frac{P_{\Sigma}}{n} = \frac{P_0 A}{n}$$

计算题

1. 某车间的平面面积为 $36 \times 18\text{m}^2$, 桁架的跨度为 18m, 桁架之间相距 6m, 桁架下弦离地 5.5m, 工作面离地 0.75m。拟采用 GC1-A-1 型工厂配照灯 (装 220V, 150W 白炽灯) 作车间的一般照明。试初步确定灯具的布置方案。

解: 根据车间的建筑结构, 一般照明灯具宜悬挂在桁架上。如果灯具下吊 0.5m, 则灯具的悬挂高度 (在工作面上的高度) 为

$$h = 5.5\text{m} - 0.5\text{m} - 0.75\text{m} = 4.25\text{m}$$

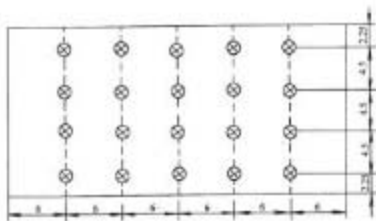
由附录表 29-1 和 GC1-1-1 型灯具的最大距离比 $l/h=1.25$, 因此灯具间的合理距离为:

$$l \leq 1.25h = 1.25 \times 4.25\text{m} = 5.3\text{m}$$

根据车间的结构和以上计算所得的合理灯距, 该布置方案的灯距 (几何平均值) 为:

$$l = \sqrt{4.5 \times 6\text{m}} = 5.2\text{m} < 5.3\text{m}$$

初步确定灯具布置方案如下图所示。如此布置方案能否满足照明, 尚待进一步计算照度来检验。



2. 某车间的平面面积为 $36 \times 18\text{m}^2$, 桁架下弦离地 5.5m , 工作面离地 0.75m 。要求的平均照度 $E_{av} = 30\text{lx}$, 拟采用 GC1-A-1 型工厂配照灯 (装 220V 、 150W 白炽灯) 作车间的一般照明。试用比功率法确定车间所装灯具的灯数。

解: 由 $h=4.25\text{m}$, $E_{av}=30\text{lx}$ 及 $A=36 \times 18=648\text{m}^2$, 查附录表 30 得 $P_0=6\text{W}/\text{m}^2$ 。

该车间一般照明总的安装功率应为:

$$P_{\Sigma} = 6\text{W}/\text{m}^2 \times 648\text{m}^2 = 3888\text{W}$$

应装 GC1-A-1 型配照灯的灯数为:

$$n = \frac{P_{\Sigma}}{P_A} = \frac{3888\text{W}}{150\text{W}} \approx 26$$

按比功率法计算出的灯数比前面按利用系数法确定的灯数略多一些。

第十章

1. 节约电能对工业和国民经济有何重要意义?

电能是发展国民经济的重要物质技术基础, 同时也是制约国民经济发展的一个重要因素, 而能源问题是我国也是当今世界各国面临的一个严重问题, 由于电能能创造比它本身价值高几十倍甚至上百倍的工业产值, 因此多节约 1 kWh 的电能, 就能为国家多创造若干财富, 因此, 节约电能具有十分重要的意义。

2. 什么叫无功功率经济当量? 什么叫变压器的经济负荷? 什么叫变压器经济运行的临界负荷?

为了计算设备的无功损耗在电力系统中引起的有功损耗增加量, 引入一个换算系数, 即无功功率经济当量。

一台变压器的经济负荷为

$$S_{ec} = S_N \sqrt{\frac{\Delta P_0 + K_q \Delta Q_0}{\Delta P_k + K_q \Delta Q_N}}$$

两台变压器经济运行的临界负荷计算

两台同型号同规格的变压器, 每台额定容量为 S_N , 总负荷为 S_0 , 临界负荷 S_{cr}

$$S_{cr} = S_N \sqrt{2 \times \frac{\Delta P_0 + K_q \Delta Q_0}{\Delta P_k + K_q \Delta Q_N}}$$

当 $S < S_{cr}$ 时, 宜于一台变压器运行; 当 $S > S_{cr}$ 时, 宜于两台变压器运行。

如果是 n 台同型号同规格的变压器, 判别 n 台与 $n-1$ 台经济运行的临界负荷为

$$S_{cr} = S_N \sqrt{(n-1) \times \frac{\Delta P_0 + K_q \Delta Q_0}{\Delta P_k + K_q \Delta Q_N}}$$

3. 高压集中补偿、低压集中补偿和单独就地补偿各有哪些优缺点? 各适用什么情况? 各采取什么放电措施? 对高低压电容器的放电各有何要求?

高压集中补偿: 将高压电容器组集中装设在工厂变电所的 6~10kV 母线上, 其经济效益较后两种补偿方式差。初期投资较少, 便于集中运行维护, 可以满足工厂总功率因数的要求, 在一些大中型工厂中应用较为普遍。由于电容器从电网上切除时有残余电压, 残余电压最高可达电网电压的峰值, 因此必须装设放电装置, 如电压互感器一次绕组。

低压集中补偿: 将低压电容器组集中装设在车间变电所的低压母线上。这种补偿方式能使变电所主变压器的视在功率减小, 从而可选较小容量的主变压器, 可使工厂的电费开支减少, 在工厂中应用非常普遍。利用 220V、15~25W 的白炽灯放电, 同时也作为电容器组正常运行的指示灯。

单独就地补偿: 将并联电容器组装设在需进行无功补偿的各个用电设备旁边, 利用设备本身的绕组放电, 其补偿范围最大, 补偿效果最好。但是这种补偿方式总的投资较大, 且电容器组在被补偿的用电设备停止工作时, 它也将一并被切除, 因此利用率较低。

4. 并联电容器在哪些情况下宜采用手动投切? 又在哪些情况下宜采用自动调节?

手动投切的并联电容器: 采用手动投切, 具有简单经济、便于维护的优点, 但不便调节容量, 更不能按负荷变动情况进行补偿, 以达到理想的补偿要求。

自动调节的并联电容器: 采用自动补偿装置可以按负荷变动情况适时进行无功补偿, 达到较理想的无功补偿要求; 但其投资较大, 且维修比较麻烦, 因此凡可不用自动补偿或采用自动补偿效果不大的场合, 均不必装设自动补偿装置。

计算题

1、试计算 S9-800 / 10 型配电变压器 (Dyn11 联结) 的经济负荷和经济负荷率。

解: 查附录表 5 得 S9-800 / 10 型变压器的有关技术数据:

$$\Delta P_0 = 1.4 \text{ kW}, \quad \Delta P_L = 7.5 \text{ kW}, \quad I_0 \% = 2.5, \quad U_L \% = 5.$$

$$\Delta Q_0 \approx 800 \times 0.025 \text{ kvar} = 20 \text{ kvar}$$

$$\Delta Q_L \approx 800 \times 0.05 \text{ kvar} = 40 \text{ kvar}$$

取 $K_{ec} = 0.1$, 可得此变压器的经济负荷率为: $K_{ec} = \sqrt{\frac{1.4 + 0.1 \times 20}{7.5 + 0.1 \times 40}} = 0.544$

变压器的经济负荷为: $S_{ec} = 0.544 \times 800 \text{ kVA} = 435 \text{ kVA}$

2、某车间变电所装有两台 S9-800 / 10 型配电变压器 (Dyn11 联结), 试计算其经济运行的临界负荷值。

解: 将 S9-800 / 10 型变压器的技术数据, 代入公式即得判别此两台变压器经济运行的临界负荷 (取 $K_{ec} = 0.1$) 为:

$$S_{cr} = 800 \text{ kVA} \times \sqrt{2 \times \frac{1.4 + 0.1 \times 20}{7.5 + 0.1 \times 40}} = 615 \text{ kVA}$$

因此当负荷 $S < 615 \text{ kVA}$ 时, 宜于一台运行; 当负荷 $S > 615 \text{ kVA}$ 时, 则宜于两台并列运行。