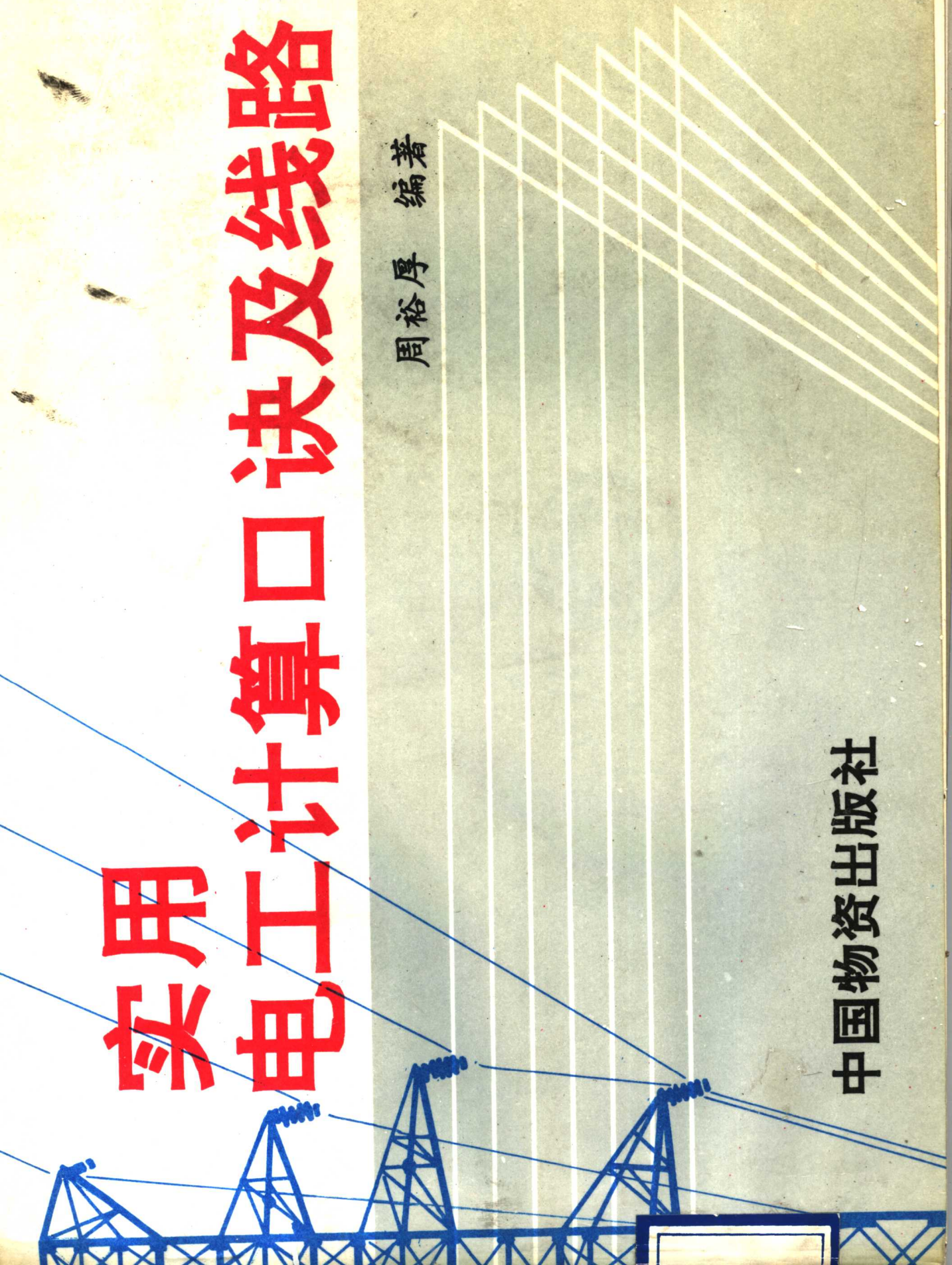


实用电工计算口诀及线路

周裕厚 编著

中国物资出版社



实用电工计算口诀及线路

周裕厚 编著

中国物资出版社

(京)新登字 090 号

实用电工计算口诀及线路

周裕厚 编著

*

中国物资出版社出版

全国各地新华书店发行

北京燕山联营印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 13.5 字数: 270 千字

1993 年 10 月第一版 1993 年 10 月第一次印刷

印数: 1—11000 册

ISBN7-5047-0577-2/TM·0009

定价: 9.50 元

前言

随着国家经济发展的需要，电工队伍日益壮大，新电工人上岗前的实用技术培训是保障工程质量和速度的重要环节。为便于初学者在较短的时间内掌握更多的实用电工技术及电工理论，并为在岗的电工提供一本实用工具书，我在长期电工教学及施工第一线的实践中总结了便于掌握的口诀并把它配上线路图编成这本书。这本书的特点是将常用电工实用计算式写成口诀，将部分原有的电工实用口诀整理、补充、汇编；线路部分是将低压电气电动机等控制线路的绘制、安装、制做、试车、运行等加以总结；高压线路部分编制10—35KV变电室的一、二次线路图供工厂、企业、农村及初学电工及已在岗的电工人员参考选用。

此书的出版得到了郭星先生、物资出版社的陈孟勤、李宝江、王云龙、孙桂生同志及胡琦峻先生的协助，在此一并致谢！

周裕厚

一九九三年九月

目 录

第一章 实用电路计算口诀	1
第一节 照明电路电流计算及熔丝刀闸选择	1
第二节 380 伏/220 伏常用负荷电流计算	2
第三节 直接启动电动机容量刀闸熔丝选择	4
第四节 电动机接触器热元件的选择	5
第五节 三相电力变压器 35/10/6/0.4 千伏电流计算	6
第六节 10 (6) /0.4 千伏变压器一二次熔丝电流计算	6
第七节 绝缘导线安全电流计算	7
第八节 380 伏三相电动机导线截面选择计算	9
第九节 导线穿管管径选择计算	9
第十节 10 千伏及以下架空线路电杆高度及埋设深度计算	11
第十一节 10 千伏/6 千伏/0.4 千伏架空线路供电容量距离计算	12
第十二节 低压三相四线 380 伏/220 伏架空线路导线截面选择计算	13
第十三节 矩形母排载流量计算	14
第十四节 变压器并列运行阻抗百分比不同负荷分配计算	16
第十五节 两台变压器容量短路阻抗不等求平衡电流	17
第二章 实用电路	19

第一节	照明电路	19
第二节	三相异步电动机单方向运行控制电路	23
第三节	三相异步电动机正反转启动控制线路	26
第四节	三相异步电动机限位控制线路	34
第五节	三相异步电动机自动往复循环运动控制线路	37
第六节	三相异步电动机星角启动控制线路	40
第七节	三相异步电动机自耦降压启动控制线路	48
第八节	三相绕线式异步电动机启动控制线路	51
第九节	三相异步电动机反接制动控制线路	55
第十节	三相异步电动机能耗制动控制线路	58
第十一节	三相异步电动机定时运转自动控制线路	61
第三章	三相异步电动机控制线路的制作与维修	63
第一节	制做电动机控制线路的步骤	63
第二节	三相异步电动机单方向点动控制电路的检查和试车	67
第三节	三相异步电动机正反转启动控制线路（按钮联锁）检查和试车	71
第四节	三相异步电动机正反向启动控制（辅助触点联锁）线路检查和试车	74
第五节	三相异步电动机正反向启动控制（双重联锁）线路检查和试车	76
第六节	三相异步电动机限位控制线路检查和试车	77
第七节	三相异步电动机自动往复循环控制线路检查和试车	79
第八节	三相异步电动机（手动）Y— Δ 启动控制线路检查和试车	81
第九节	三相异步电动机（自动）Y— Δ 启动控制线路（按钮转换）检查和试车	83
第十节	三相异步电动机（自动）Y— Δ 启动控制线路（时间继电器转换）检查和试车	86

第十一节	三相异步电动机反接制动控制线路检查和试车	87
第十二节	三相异步电动机能耗制动控制线路检查和试车	89
第十三节	三相异步电动机定时运转自动控制线路检查和试车	90
第十四节	三相异步电动机自动起切换降压补偿器控制线路检查和试车	92
第十五节	三相异步绕线式电动机转子绕组串接起动变阻器线路检查和试车	94
第十六节	三相异步绕线式电动机转子绕组采用频敏变阻器起动控制线路检查和试车	95
第四章	10~35 千伏供电方案介绍	98
第一节	电力系统	98
第二节	10 千伏工厂企业高压变电所单电源供电方案	101
第三节	10 千伏工厂企业高压变电所双电源供电及多路电源供电方案	121
第四节	母联开关自投备用电源自投供电方案	141
第五节	35 千伏供电方案及二次保护接线	148
第五章	实用电路图形符号	162

第一章 实用电路计算口诀

电工工作中经常遇到一些有关计算问题，如忽略计算或计算错误，其后果严重。掌握实用的计算公式是电工应具备的能力；但公式繁多应用时查找不方便，本书将一些常用的实用公式以口诀形式写出便于记忆和应用。

第一节 照明电路电流计算及熔丝刀闸选择

口诀：白炽灯算电流可用功率除压求

日光灯算电流，功率除压及因数求

刀闸，保险也好求，一点五倍额定流

说明：照明电路中的白炽灯为电阻性负荷，功率因数 $\cos\varphi=1$ ，用功率 P 单位瓦除以电压等于其电流。日光灯为电感性负荷，功率除以电压，功率因数等于其电流。日光灯功率因数 ($\cos\varphi$ 为 $0.4\sim0.6$) 一般计算 $\cos\varphi$ 取 0.5 。

例如：有一照明电路，额定电压为 220 伏，接有白炽灯功率 100 瓦、 60 瓦、 40 瓦各 10 盏，功率 25 瓦 8 盏，求总电流，选择刀闸，熔丝。

〔解〕已知： $U=220V$

总功率： $P=P_1+P_2+P_3=2200$ (瓦)

总电流： $I=\frac{2200}{220}=10$ (安)

选刀闸： $Q_s=I_e\times(1.1\sim1.5)=15$ (安)

选熔丝： $I_R=I\times(1.1\sim1.5)$

Q_s ——刀开关

I_R ——熔丝

答：电路电流为 10 安培，可选用 15 安熔丝和刀开关。

例如：有一照明电路，额定电压为 220 伏接有日光灯 40 瓦、20 瓦、15 瓦各 10 盏求总电流，选择刀闸熔丝 ($\cos\varphi=0.5$)。

〔解〕已知： $U=220$ ， $\cos\varphi=0.5$

总功率： $P=P_1+P_2+P_3=750$ (瓦)

总电流： $I=\frac{P}{U \cdot \cos\varphi}$

$$I=\frac{750}{220 \times 0.5}=7.5 \text{ (安)}$$

选刀闸： $QS=I \times (1.1 \sim 1.5) = 8.25 \sim 11.25$ (安) 选 10 安培刀开关。

选熔丝： $I_R = (1.1 \sim 1.5) = 8.25 \sim 11.25$ 选用 10 安培熔丝。

答：电路总电流为 7.5 安培选用 10 安培熔丝和刀开关。

第二节 380 伏/220 伏常用负荷电流计算

口诀：三相千瓦两倍安，热，伏安，乏一倍半

单相二乘四五，若是三八两倍半

说明：三相千瓦两倍安是指三相电动机容量 1 千瓦电流为 2 安培。热，伏安，乏一倍半是指三相电热器，变压器，电容器容量 1 千瓦，1 千伏安，1 千瓦电流为 1.5 安培。单相二乘四五，若是三八两倍半，是指单相 220 伏容量 1 千瓦，电流为 4.5 安培，380 伏单相电焊机 1 千伏安电流为 2.5 安培。

例如：有一台三相异步电动机额定电压为 380 伏，容量为 14 千瓦，功率因数为 0.85 效率为 0.95，计算电流。

〔解〕已知： $V=380$ 伏， $\cos\varphi=0.85$ ， $\eta=0.95$ ， $P=14$ (千瓦)

$$\text{求：电流 } I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{14}{1.73 \times 0.38 \times 0.85 \times 0.95} = 28 \text{ (安)}$$

答：电流机电流 28 安培。

例如：有一台三相 380 伏，容量 10 千瓦电加热器求电流。

〔解〕已知：V=380 伏，P=10（千瓦）

$$\text{求电流：} I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{10}{1.73 \times 0.38} = 15.21 \text{（安）}$$

答：电流为 15 安培。

例如：有一台 380 伏三相变压器，容量 20 千伏安求电流。

〔解〕已知：V=380 伏，S=20KVA

$$\text{求电流：} I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{20}{1.73 \times 0.38} = 30.45 \text{（安）}$$

答：电流为 30 安培。

例如：有一台 BW0.4—12—3 电容器求电流。

〔解〕已知：U=0.4 千伏，Q=12KVAR

$$\text{求电流：} I = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{12}{1.73 \times 0.4} = 17.3 \text{（安）}$$

答：电流为 17.3 安培。

例如：有一台单相 220 伏容量 1 千瓦电烙铁求电流。

〔解〕已知：U=220 伏，P=1000 瓦

$$\text{求电流：} I = \frac{P}{U} = \frac{1000}{220} = 4.5 \text{（安）}$$

答：电流为 4.5 安培。

例如：有一台单相电焊机，额定电压为 380 伏，容量为 28 千伏安，求电流。

〔解〕已知：U=380 伏，S=28 千伏安

$$\text{求电流：} I = \frac{S}{U} = \frac{28000}{380} = 73.6 \text{（安）}$$

答：电流为 73.6 安培。

注：以上计算单相设备电压为 220 伏，这类负载的功率因数 $\cos\varphi=1$ ，电流为容量的 4.5 倍。单相设备电压 380 伏如

电焊机和行灯变压器之类负载其电流为容量的 2.5 倍。

第三节 直接起电动机容量刀闸熔丝选择

口诀：十倍容量直起流，十千瓦下可直投

刀闸按容六倍选，四倍容量选保险

多台电机选保险，最大千瓦四倍流

加其总容 2 倍流

说明：电动机直接起电流为额定电流的 4~7 倍，大容量电动机直接起动的尖峰电流给供电电网造成很大的电压降，影响供电电压的稳定性，故此北京地区对直接起电动机的容量做以下规定：由专用变压器供电用户，电动机启动时电压降不超过额定电压 U_e 的 10% 可以经常直接起，电压降不超过额定电压 U_e 的 15% 可以不经常的直接起，由小区配电变压器供电，电动机容量不超过 14 千瓦可以直接起，低压用户电动机容量不超过 10 千瓦可以直接起。

说明：口诀“十倍容量直起流”是指变压器的容量为电动机容量的 10 倍时，可供电动机直接起的起电流所造成的电压降不超过额定电压的 U_e 的 10%~15% 的要求，口诀中的“十千瓦下可直投”是指电动机容量在 10 千瓦及以下可以直接起，满足于北京地区由公用低压电网供电电动机容量在 10 千瓦及以下可以直接起动的要求，口诀中的“刀闸按容 6 倍选，4 倍容量选保险”是指电动机用刀闸控制时，刀闸的电流接 1 千瓦 6 安培选，电动机用熔丝保护时，熔丝的额定电流按 1 千瓦容量 4 安培选择。

一般规定刀闸的额定电为，按电动机额定电流 1.5~3 倍选择，熔丝的额定电流为，按电动机额定电流的 1.5~2.5 倍选择。

例如：有一台额定电压为 380 伏，容量 5 千瓦的三相异步电动机，功率因数为 0.85，效率为 0.95，求电流选择刀闸、熔丝。

〔解〕已知： $U=380$ 伏， $P=5$ 千瓦， $\cos\varphi=0.85$ ， $\eta=0.95$

$$\text{求电流：} I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{5}{1.73 \times 0.38 \times 0.85 \times 0.95} = 10 \text{ (安)}$$

选择熔丝： $I_R = I_e \times (1.5 \sim 2.5) = 15 \sim 25$ (安) 选 20 安。

选择刀开关： $QS = I_e \times (1.5 \sim 3) = 15 \sim 30$ (安) 选 30 安。

注：用刀闸直接起动时，刀闸的额定电流不小于电动机额定电流的 3 倍，刀闸下有接触器控制电动机时，刀闸的额定电流可按电动机额定电流的 1.5~3 倍之间选择。

第四节 电动机接触器热元件的选择

口诀：电动机选接流两倍额定电流求

电动机选热件，一点二倍额流算

一倍额流来整定，过载保护有保证

说明：交流接触器是接通和断开电动机负荷电流的一种控制电器，一般交流接触器的额定电流按电动机额定电流的 1.3~2 倍选择，口诀中的“电动机选接流，两倍额定电流求”是指电动机选择交流接触器的额定电流按电动机额定电流的 2 倍，选择口诀中的“电动机选热件，一点二倍流算，一倍额流来整定，过载保护有保证”是指电动选择热元件其额定电流按电动机额定电流的 1.2 倍选择，按电动机 1 倍额定电流整定是电路中的过载保护。

例如：有一台三相异步电动机额定电压为 380 伏，容量 10 千瓦，功率因数为 0.85，效率为 0.95 求电动机电流，选择交流接触器，热元件及整定值。

〔解〕已知： $U = 380$ 伏， $P = 10$ 千瓦， $\cos\varphi = 0.85$ ， $\eta = 0.95$

$$\text{求电流：} I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{10}{1.73 \times 0.38 \times 0.85 \times 0.95} \simeq 20 \text{ (安)}$$

选择交流接触器： $kM = I_e \times (1.3 \sim 2) = 26 \sim 40$ (安) 选，CJ10—40

选择热元件： $FR = IC \times (1.1 \sim 1.25) = 22 \sim 25$ (安) 选，JR16—20/30，RJ—22

热元件整定值：RJ 按 20 (安) 整定

答：电动机电流约为 20 安选 40 安接触器热元件额定电流 22 安，整定值 20 安。

第五节 三相电力变压器 35/10/6/0.4 千伏电流计算

口诀：容量算电流，容乘系数求

三五千一后点六六，十千五后点七七

六千九后点六算，零点四千，一四四

百千伏安流算齐

说明：三相电力变压器是视在功率 $S = \sqrt{3} UI$ 口诀中“容量算电流，容乘系数求”是指变压器容量乘以系数即可求出电流，变压器绕组额定电压不同，系数也不同，口诀中以容量 100 千伏安为例，35 千伏系数为 1.66，10 千伏系数 5.77，6 千伏系数 9.6，0.4 千伏 144 单位是安培。

例如：有三相电力变压器电压 35 千伏/6 千伏，10 千伏/0.4 千伏，容量 100 千伏安各一台求一，二次电流

〔解〕已知 35/6—100—台，10/0.4—100—台

求电流： $I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} U_1} = \frac{100}{1.73 \times 35} = 1.66$ (安)

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{100}{1.73 \times 6} = 92 \text{ (安)}$$

$$I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{100}{1.73 \times 10} = 5.77 \text{ (安)}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{100}{1.73 \times 0.4} = 144 \text{ (安)}$$

第六节 10 (6) /0.4 千伏变压器一二次熔丝电流计算

口诀：高压选熔流，一点五至三倍额流求

低压选熔流，一倍额流即熔流

说明：变压器的一次侧熔丝做为变压器一、二次绕组，铁芯及引线瓷套管的短路保护和变压器二次保护的后备保护，熔丝不宜选择过大，口诀中的“熔流”是指熔丝的额定电流，一般变压器容在100KVA及以下按额定电流 I_e 的2~3倍选择，变压器容量在100KVA以上按额定电流的1.5~2倍选择。口诀中的“1.5倍~3倍额流求”是根据变压器的容量在这范围之内选择，变压器二次侧熔丝是做为变压器二次线路的短路保护，熔丝的额定电流不宜过大，一般按大于等于变压器二次额定电流选择就能满足于短路保护要求。

例如：有一台 $S_7-100/10$ 电力变压器选择变压器一、二次侧熔丝。

〔解〕已知： $S=100$ ， $U_1=10$ ， $U_2=0.4$

求变压器一、二次电流

$$I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{100}{1.73 \times 10} = 5.77 \text{ (安)}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{100}{1.73 \times 0.4} = 144 \text{ (安)}$$

选择变压器一、二次熔丝

$$I_{R1} = I_{e1} \times (2 \sim 3) = 8.65 \sim 17.3 \text{ (安)} \text{ 选 } 15 \text{ (安)}$$

$$I_{R2} \geq I_{e2} = 144 \text{ (安)} \text{ 选 } 150 \text{ (安)}$$

答：变压器一次侧熔丝选用额定电流15安培，二次侧熔丝选用额定电流150安培。

第七节 绝缘导线安全电流计算

口诀（一）十下五，百上二

二五，三五，四三界

七十，九五二倍半

裸线加一半，铜线升级算

穿管，高温八，九折

说明：口诀中“十下五”是指导线截面在10平方毫米及以下，每1平方毫米安全电流为5安培。“百上二”是指导线截面在100平方毫米以上，每1平方毫米安全电流为2安培。“二五，三五，四，三界”是指导线截面在25平方毫米及16平方毫米，每1平方毫米安全电流为4安培。导线截面在35平方毫米和50平方毫米，每1平方毫米安全电为3安培。“七十、九五，两倍半”是指导线截面在70平方毫米和95平方毫米，每1平方毫米安全电流为2.5安培。“裸线加一半，铜线升级算”是指同截面的裸导线，可按绝缘导线乘以1.5倍计算安全电流。同截面的铜导线按铝导线大一线号等级计算安全电流。“穿管，高温八，九折”。是指导线穿管乘以系数0.8，高温场所使用乘以系数0.9。

口诀（二）二点五下整九倍，升级减一顺号对

三十五线乘以三点五，双双成组减半倍

高温九折，铜升级，裸线加一半

导线穿管二，三，四，八，七，六折勿忘记

说明：口诀中的“二点五下整九倍，升级减一顺号对”是指导线截面在2.5平方毫米以下每1平方毫米安全电流为9安培，导线截面从2.5平方毫米以上，即4平方毫米开始线号每增大一等级，其安全电流减小1安培，直至25平方毫米为止。“三十五线乘以三点五，双双成组减半倍”。导线截面35平方毫米每1平方毫米安全电流为3.5安培，35平方毫米以上的导线，两个等级的线号为一组安全电流减0.5安培，依次往上推算。“高温九折，铜升级，裸线加一半”与口诀（一）相同。“导线穿管二，三，四，八，七，六折勿忘记”是指导线穿管2条线应乘系数0.8，导线穿管3条线乘以系数0.6，导线穿管4条线应乘系数0.6。

注：以上口诀（一），（二）是以铝绝缘导线，温25℃为准。

表1-1

口诀（一）导线截面安全电流系数表

导线截面（平方毫米）	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
安全电流系数（安培）	5	5	5	5	5	4	4	3	3	2.5	2.5	2	2	2	2

表1-2

口诀（二）导线截面安全电流系数表

导线截面（平方毫米）	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
安全电流系数（安培）	9	9	8	7	6	5	4	3.5	3	3	2.5	2.5	2	2	2

第八节 380 伏三相电动机导线截面选择计算

口诀：电机选导线，截面系数加，减算

二点五二四为三

六上均五，往上算

百二返百，升级减；线大容小，一级选

说明：380 伏三相异步电动机选择导线截面，是电工工作中经常遇到的问题，可应用此口诀选择导线截面，口诀是以铝绝缘导线为准，考虑导线穿管及高温场所使用。

口诀中“二点五，二”是指 2.5 平方毫米导线加上系数 2 为电动机容量，即： $2.5 + 2 = 4.5$ （千瓦），2.5 平方毫米绝缘铝导线，可供 4.5 千瓦及以下容量电动机使用。

口诀中“四为三”是指 4 平方毫米导线加系数 3 为电动机容量，即： $4 + 3 = 7$ （千瓦）。

口诀中“六上均五”是指 6 平方毫米及以上截面导线加系数均为 5。

例如：25mm² 绝缘铝导线可供电动机容量为： $25 + 5 = 30$ （千瓦）。

口诀中“百二返百，升级减；线大容小，一级选”是指导线截面 120 平方毫米可供 100 千瓦三相 380 伏电动机使用，导线截面在 120 平方毫米以上，按线号截面小一级级计算电动机容量。

例如：120mm² 绝缘铝导线可供 100（千瓦）电动机容量。

150mm² 绝缘铝导线可用 120（千瓦）电动机容量，185mm² 可供 150（千瓦）电动机容量，240mm² 可供 185（千瓦）电动机容量使用。导线选配使用，由于电流集肤效应，导线截面愈大，其电流系数愈小。

第九节 导线穿管管径选择计算

口诀：一至四方配十五，六方线管配二十

十方线管配二五，十六，二五配三十二
 线径再大选线管，两线一管顺线排
 百五以上管难穿，两线一管穿配来
 若用塑管配线时，管径应增大一级

说明：口诀中“一至四方配十五，六方线管配二十 十方线管配二五，十六，二五，配三二”是指导线截面为1平方毫米至4平方毫米之间，均使用内径15毫米的钢管、6平方毫米选配内径20毫米钢管，10平方毫米选配内径25毫米，16，25平方毫米导线选配内径32毫米钢管。

口诀中“线径再大选线管，两线一管顺线排”是指导线截面在25平方毫米以上，两种导线选择一种管径，管径递增顺序排列。

口诀中“百五以上管难穿，两线一管穿配来”是指150平方毫米以上的导线三条或四条线同穿一条管内，由于钢管内径截面小，可将两条导线穿一条管内（但铁管不能穿一条导线）。
 导线穿管技术要求：

1. 管内面积1~6平方毫米按不大于管内径33%计算，10~50平方毫米按35%计算，70~120平方毫米按30%计算。
2. 线管超过下列长度时，其中间装设分线盒。
 - (1) 线管长度30米无弯曲时；
 - (2) 线管长度超过20米有一个弯曲时；
 - (3) 线管长度超过15米有二个弯曲时；
 - (4) 线管长度超过8米有三个弯曲时。

表 1-3 导线穿管导线截面选用管径表

导线截面 (毫米) ²	1—4	6	10	16.25	35	50.70	95	120.150	185	240
钢管内径 (毫米)	15	20	25	32	40	50	70	80		