

給水排水工程設計手冊

第 六 篇

電 氣 及 機 械

建築工程部給水排水設計院

建 築 工 程 出 版 社

給水排水工程設計手冊

第六篇

电气及机械

建筑工程部給水排水設計院編

建筑工程出版社出版

• 1959 •

內 容 提 要

本手册系根据給排水工程中电气及机械設計經驗，并参考有关書籍編写而成。主要內容包括給水厂和污水厂之电气及机械設計中常用計算方法和計算公式、表格，以及設備的選擇等。

本書可供从事給排水工程設計中电气及机械設計人員在实际工作中参考。

給 水 排 水 工 程 設 計 手 册

第 六 篇

电 气 及 机 械

建筑工程部給水排水設計院 編

1959年12月第1版

1959年12月第1次印刷

4,065册

850×1168 1/32 · 160千字 · 印張6 · 插頁1 · 定价(10) 0.98元

建筑工程出版社印刷厂印刷 · 新华書店发行 · 書号: 1660

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第052号)

目 录

第六篇 电气及机械

第 1 章 供电設計	(1)
1-1 負荷分类及供电系統的选择	(1)
1-2 变电站設備	(7)
1-3 短路电流計算	(14)
1-4 电气設備的选择	(28)
1-5 繼电保护計算	(38)
1-6 功率因数的提高	(46)
1-7 1,000伏以下架空綫路和外部电气照明	(48)
第 2 章 电力設備設計	(53)
2-1 电动机的选择及其机械特性	(53)
2-2 电动机的起动方法計算	(58)
2-3 1,000伏以下網絡短路电流計算	(64)
2-4 低压电动机保护裝置的选择	(68)
2-5 控制和保护設備的选择	(71)
2-6 导綫和电纜截面的选择	(83)
2-7 接地	(85)
2-8 附表	(89)
第 3 章 照明設計	(113)
3-1 照度	(113)
3-2 照明灯計算	(115)
3-3 綫路計算	(116)
第 4 章 水泵站的自动控制設計	(119)

第5章 机械	(124)
5-1 常用鋼鉄材料的性能与用途	(124)
5-2 傳动装置	(126)
5-3 軸与軸承的計算	(148)
5-4 槳式攪拌器的計算	(150)
5-5 鑄鉄提扳閘門 (介質为低于80°C 的水)	(153)
5-6 鍋爐房內設備的計算与選擇	(160)
附录1. 二次結綫編号	(165)
附录2. 給水系統的自动化方法	(167)
附录3. 常用符号表	(179)
附录4. 光圓柱体的公差与配合 (OCT基孔制的极限 尺寸差)	(186)
附录5. 零件表面光洁度的“类”和“級”	(189)
附录6. PM型減速机性能表	(190)

第六篇 电气及机械

第 1 章 供电设计

1-1 负荷分类及供电系统的选择

一、负荷分类

根据给水和排水的工艺设计对供电的要求，可以将其分为下述几类：

- (一) 第一类负荷——水泵等的运行不容许中断；
- (二) 第二类负荷——水泵等的运行容许短时间中断；
- (三) 第三类负荷——水泵等的运行容许长时间中断。

二、对供电可靠性的要求

对第一类负荷，应由两个独立电源供给，要求其中每一个电源均能承受水泵站全部所需的容量。

对第二类负荷，应由两个独立电源供给，但其中备用电源只需承受水泵站处于事故方式下所需的容量。

对第三类负荷，可由一个电源供给。

三、供电系统图的选择

泵站中供电系统的设计，直接影响给排水工程的投资和运行中的安全，因此为了结合给排水工程的特点，在设计配电系统图时，必须满足以下几点要求：

(一) 保证给排水工程运行中安全可靠，同时投资费用最少，这就要求在设计中贯彻按需配设、因地制宜的方针。

(二) 考虑施工、检修维护、运行方便，因此要求供电系统简单显明。

几种接线图：

- (一) 单电源供电中几个方案比较：

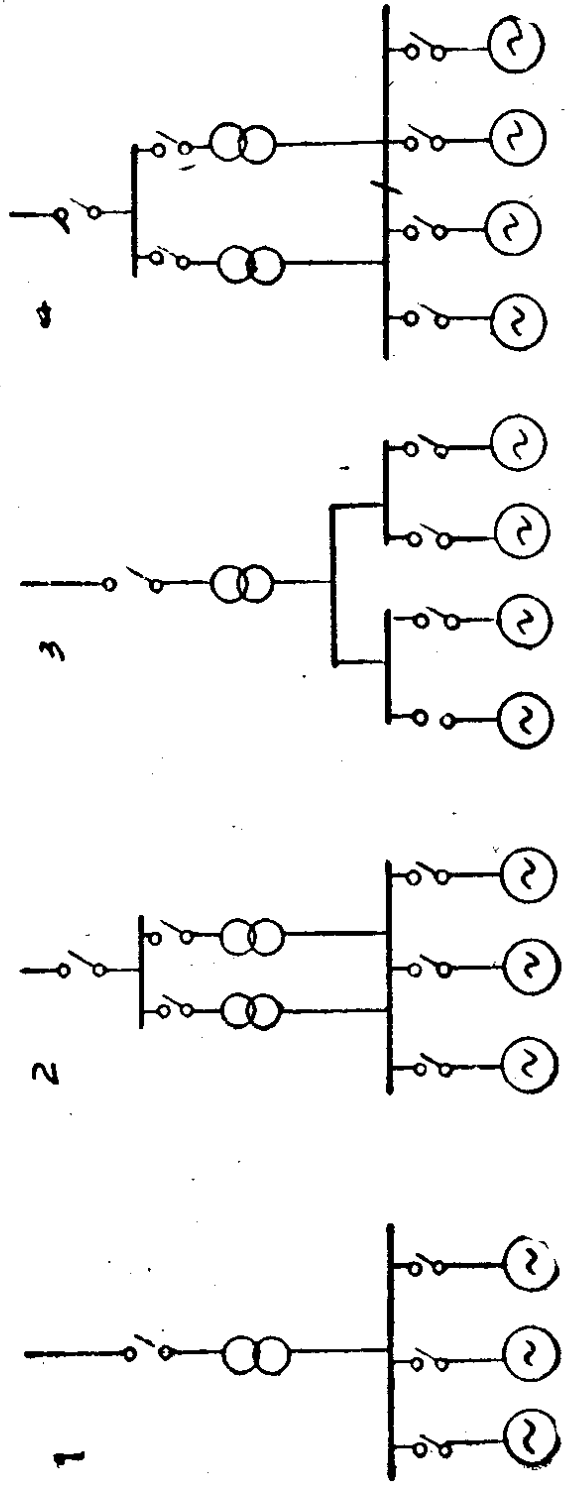


图 1-1 單电源供电

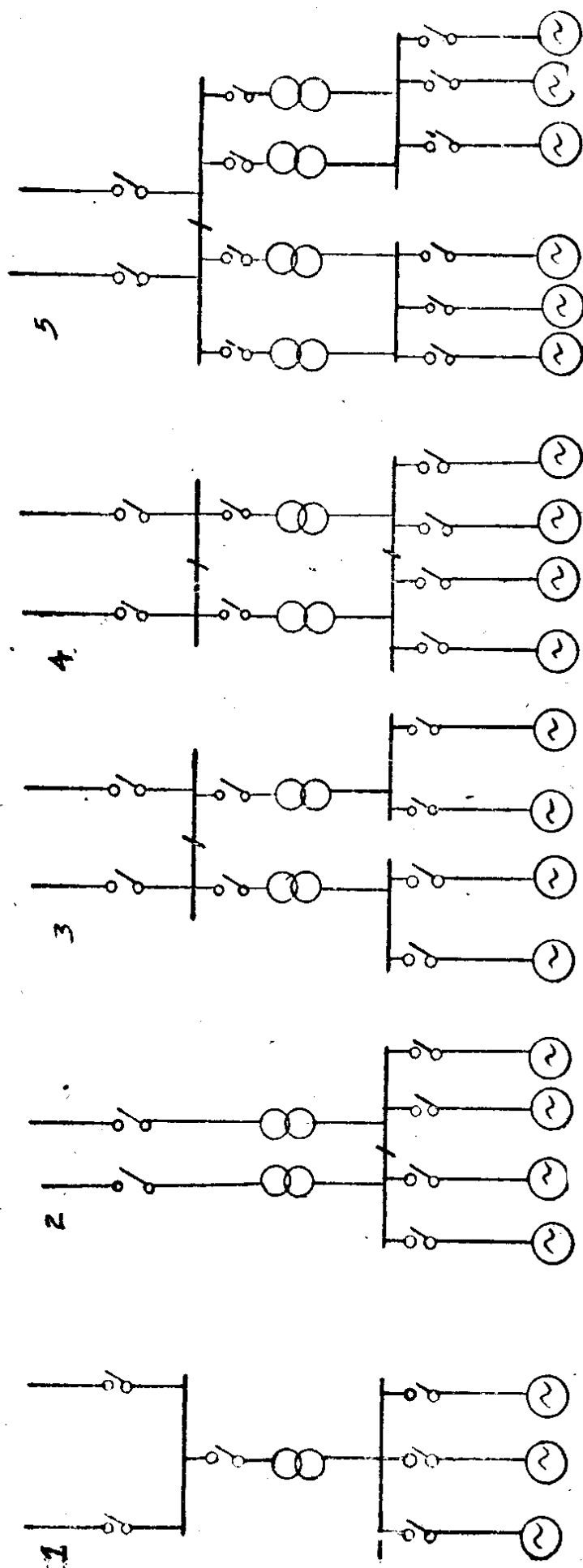


图 1-2 双电源供电

方案1 單电源，單变压器，低压母綫不分段。此种供电系統在电源断电或变压器开关元件发生故障或檢修时，均不能保証可靠供电。但接綫方式簡單显明、造价低，因此只适用于机組不多时不重要的供水对象。

方案2 單电源，双变压器，低压母綫不分段。此系統的供电元件中除变压器有备用外，其余元件若发生故障或需檢修时，也不能保証負荷供电，并且低压側接地短路电流大；另外，因为变压器檢修次数較少，故障亦不多，而电源断电和其他元件发生故障可能性較多，既然是單电源，考虑变压器备用就沒有必要，故不推荐。

方案3 單电源，單变压器，低压母綫分段。这种供电系統虽然在低压側多一分段开关，但可靠性較方案1提高了，因此适用于机組較多时不重要的供水对象。

方案4 單电源，双变压器，低压母綫分段。这种供电系統采用單电源双变压器，有与方案2相同之弊，故不拟推荐。

总之，在單电源供电系統中，可以采用方案1或3。

(二) 双电源供电中几个方案比較：

方案1 双电源，單变压器，低压不分段。此种供电系統在实际运用中变压器发生故障和檢修的次数远較电源发生故障为少。本方案造价較低、供电較可靠。因此，适用于机組不多时不很重要的供水对象。

方案2 双电源，双变压器，低压分段。此类方案保証了供电可靠，供电元件基本上都有备用，可以独立工作，当其中之一断电时，另一回路可以繼續供水。因此，适用于机組較多，有两个电源同时工作，而低压負荷（2个泵房或1个泵房）距离較近时重要的供水对象。

方案3 双电源，双变压器，高压分段。此方案基本上与方案2同，但由于高压采用了分段，当高压側发生故障或綫路檢修时，仍可保証低压負荷安全可靠的供电，其缺点就是增加高压电器，增大投資，因此适用于重要供水对象。

方案4 双电源，双变压器，高低压均分段。此种方案具备

方案2、3的优点，虽然造价较高，但供电可靠。因此，当高低压均分别有供电负荷，并且电动机较多时，又属于重要负荷时采用。

方案5 双电源，四变压器，高压分段。此方案随着变压器元件增多，供电可靠性亦随之提高，但造价也相应增加。因此只在2个泵房距离较远又属于重要负荷的较个别特殊情况下采用之。

总之，在双电源供电系统中多用方案2，其余方案按具体情况采用之。

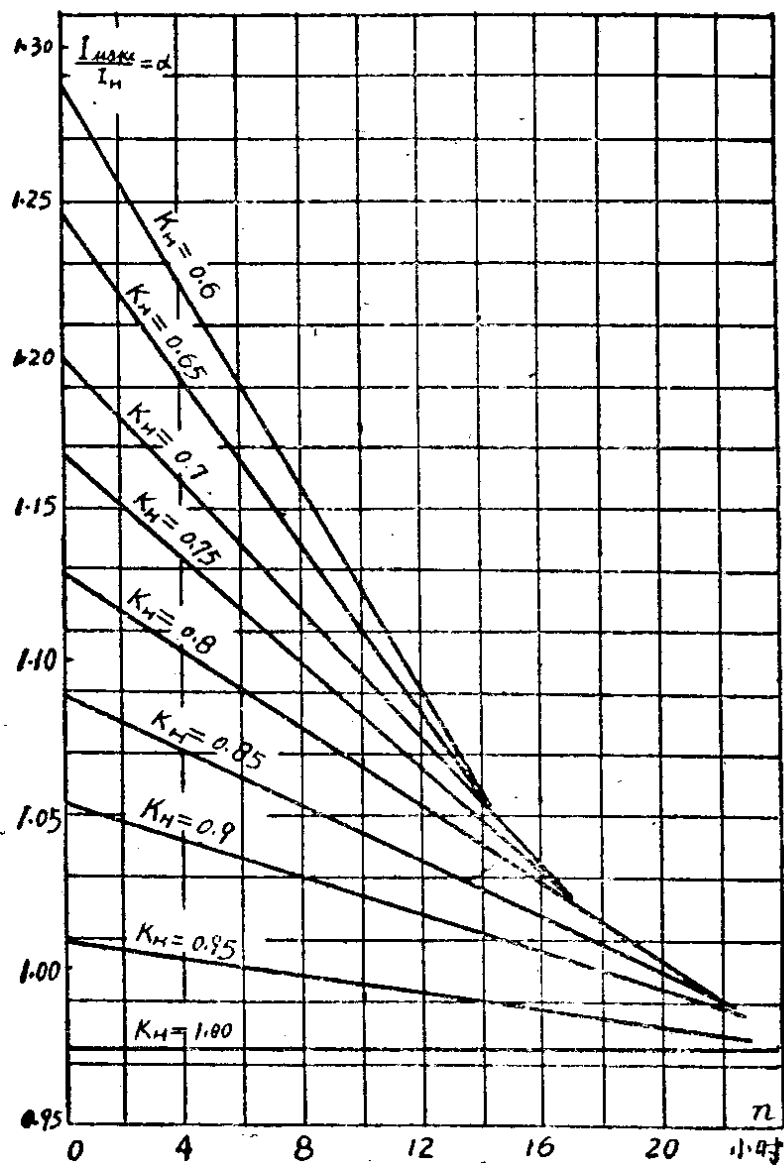


图 1-3 电力变压器容许过负荷的倍数 ($m = \frac{I_{\text{max}}}{I_n}$) 与负荷率及最大负荷的持续时间关系曲线

表 1-1

电力变压器技术数据

型 号	額定容量 (仟安)		接卷最高电压 (仟伏)		損 (瓦)		效 率 $\cos\varphi=1$		額定負載 $\cos\varphi=1$ 的电压調整率 (%)	阻电 占額定电压的 %	抗压 占額定电压的 %	空电 占額定电压的 %	載流 占額定电压的 %	重 (公斤)		体 (公厘)		
	高 压	低 压	額定电压的空載損耗	額定負載的短路損耗	額定負載 (%)	±額定負載 (%)	器 身	总 重						長	寬	高		
(TM)SJ-10/6	10	6.0	0.4	105	335	95.79	96.36	3.45	5.5	10.0	125	130	345	125	130	920	780	1085
(TM)SJ-20/6	20	6.0	0.4	180	600	96.25	96.81	3.10	5.5	9.0	125	130	345	125	130	920	780	1085
(TM)SJ-30/6	30	6.3	0.4	250	850	96.46	97.01	2.95	5.5	8.0	250	175	555	250	175	1060	800	1320
(TM)SJ-50/6	50	6.3	0.4	350	1325	96.75	97.32	2.75	5.5	7.0	250	175	555	250	175	1060	800	1320
(TM)SJ-100/6	100	6.3	0.4	600	2400	97.09	97.66	2.50	5.5	6.5	450	280	890	450	280	1165	850	1480
(TM)SJ-180/6	180	6.3	0.4	1000	4000	97.30	97.83	2.35	5.5	6.0	605	345	1280	605	345	1620	1040	1505
(TM)SJ-320/6	320	6.3	0.4	1600	6070	97.66	98.09	2.05	5.5	6.0	880	480	1730	880	480	1890	1205	1685
(TM)SJ-560/6	560	6.3	0.4	2758	9622	97.83	98.18	1.85	5.5	6.0	1460	1000	3040	1460	1000	2430	1380	2210
(TM)SJ-560/10	560	10	0.4	2500	9400	97.87	98.19	1.80	5.5	6.0	1460	1000	3040	1460	1000	2430	1380	2210
(TM)SJ-750/10	750	10	0.4	4100	11900	97.91	98.15	1.73	5.5	6.0	1990	1490	4170	1990	1490	2560	1500	2340

1-2 变 电 站 設 备

一、变压器过負荷曲綫法

这种計算方法是分为晝夜負荷曲綫和年負荷曲綫对变压器允許过負荷的关系，通过計算公式，分析制定两种查表的計算办法。根据晝夜負荷曲綫决定的允許过負荷，其計算公式为：

$$S_{\text{max}} = K \cdot S_H \text{ (仟伏安)} \quad (1-1)$$

$$K = (a - \delta_H)$$

式中： S_{max} ——允許的最大負荷（仟伏安）；

a, δ_H ——系数；

K ——晝夜最大負荷的連續時間（小时）；

$$a = 1.775 - 0.78 K_H \%;$$

$$\delta_H = \frac{0.346 \lg K_H \% + 0.78(1 - K_H \%)}{24 K_H \%}。$$

K 值已由苏联什尼泽尔制成关系曲綫，并将 K 值制成表格。

晝夜最大負荷的連續時間（ K ）

表 1-2

N (小 时)	$K = \left(\frac{S_{\text{max}}}{S_H} \right)$, 当 S (年平均負荷率) 为下值时								
	$S = 1$	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
0	0.98	1.02	1.06	1.1	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29
2	0.98	1.01	1.05	1.09	1.12	1.15	1.19	1.22	1.25
4	0.98	1.01	1.04	1.08	1.11	1.14	1.17	1.20	1.22
6	0.98	1.01	1.04	1.07	1.09	1.12	1.14	1.17	1.19
8	0.98	1	1.03	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16
10	0.98	1	1.03	1.05	1.07	1.09	1.10	1.12	1.12
12	0.98	1	1.02	1.04	1.05	1.07	1.08	1.09	1.09
14	0.98	1	1.01	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06	1.06
16	0.98	0.99	1.01	1.02	1.03	1.03	1.04		
18	0.98	0.99	1	1.01	1.02				
20	0.98	0.99	1						
22	0.98	0.98							
24	0.98								

例：TM-560 型变压器（560仟伏安）运行晝夜負荷曲綫的負荷率 $K_H = 0.8$ ，最大負荷連續运行時間为2小时，求允許最大負荷。

用負荷曲綫法在表中查得 $K = 1.12$ ，所以

$$S_{\text{max}} = 560 \times 1.12 = 627 \text{ 仟伏安。}$$

二、直接起动的电动机对变压器容量的关系。

在水泵站中感应电动机全电压直接起动时，变压器必有很大的短时过负荷。据多次实验证实，这种过负荷是允许的，其允许过负荷数值与起动时间和变压器容量有关，其关系见图 1-4。

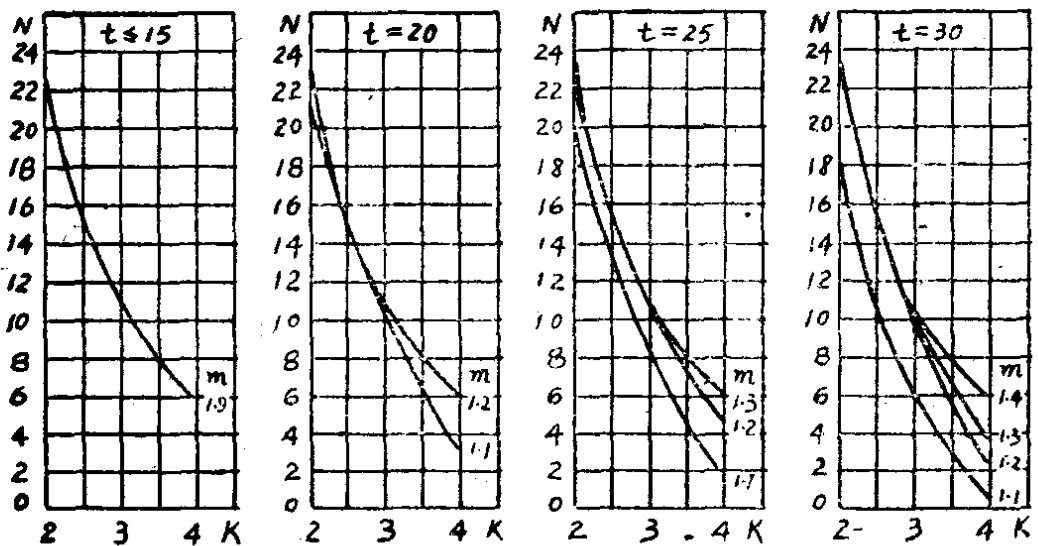


图 1-4 电力变压器过负荷与电动机起动时间关系

N —晝夜內电动机允許起动的次数； K —变压器在电动机起动时的负荷与变压器額定容量之比； m —变压器額定容量与不考虑电动机起动电流的計算容量比值； t —起动所需時間（秒）

三、变压器的电力损失

变压器电力损失系由固定部分的无负荷损失与随同负荷变化的可变部分组成。

固定部分无负荷损失系由磁鉄有效损失 ΔP_0 发生热，和无功损失 ΔQ_μ 产生磁感应。后者可由下列公式表示：

$$\Delta Q_\mu = 0.01 \cdot I_0 \% \cdot S_H \text{ 仟乏} \quad (1-2)$$

式中： $I_0\%$ ——以額定电流百分数表示的无负荷电流；

S_H ——变压器額定容量(仟伏安)。

变压器负荷损失分为有功损失 ΔP_m 和无功损失 ΔQ_m ，它們可由下列公式表示：

$$\Delta P_m = \Delta P_{1.03} \left(\frac{S_2}{S_H} \right)^2 \text{ (瓦)} \quad (1-3)$$

$$\Delta Q_{\text{r}} = \frac{U_{\text{p}}\%}{100} \cdot \frac{S_2^2}{S_{\text{H}}} \text{ (仟乏)} \quad (1-4)$$

式中： ΔP_{K3} ——变压器在额定负荷的铜损（瓩）；

S_{H} ——变压器额定容量（仟伏安）；

S_2 ——变压器实际运行负荷（仟伏安）；

$U_{\text{p}}\%$ ——变压器电压降的无功分量（%）。

表1-3 表示变压器在额定负荷和额定电压下，固定部分和可变部分的损失。

两卷变压器电力损失

表 1-3

变压器 额定容 量 S_{H} (仟伏安)	高压侧之线 卷电压 U_{H} (仟伏)	无 负 荷 损 失		额 定 负 荷 可 变 部 分 损 失 ($\beta = 1$)	
		ΔP_{c} (瓩)	ΔQ_{r} (仟乏)	ΔP_{K3} (瓩)	ΔQ_{K3} (仟乏)
10	6	0.10	1.0	0.33	0.44
20	6	0.13	1.8	0.6	0.92
	10	0.22	2.0	0.6	0.92
50	6	0.35	3.5	1.32	2.41
	10	0.44	4.0	1.32	2.41
100	6	0.60	6.5	2.4	4.95
	10	0.73	7.5	2.4	4.95
	35	0.90	8.0	2.4	6.04
180	6	1.0	10.8	4.0	9.0
	10	1.2	12.6	4.1	9.0
	35	1.5	14.4	4.1	11.0
320	6	1.6	19.2	6.07	16.5
	10	1.9	22.4	6.2	16.5
	35	2.3	24.0	6.2	19.9
420	6	1.96	25.4	7.4	21.9
560	10	2.5	33.5	9.4	29.3
	35	3.35	36.4	9.4	35.2
750	10	5.56	40.2	11.7	39.6
1000	10	4.9	50.0	15.0	53.0
	35	5.1	55.0	15.0	63.3
1800	10	8.0	81.0	24.0	96.0
	35	8.3	90.9	24.0	114
3200	35和38.5	11.5	144	37.0	220
	110和121	16.6	144	39.5	334
5600	35和38.5	18.5	252	57.0	416
	110和121	25.5	252	62.5	588
7500	35和38.5	24.0	262	75.0	557
	110和121	33.0	300	77.0	787
10000	35和38.5	29.0	300	92.0	745
	110和121	38.5	350	97.5	1050

两卷三相变压器的参数

表 1-4

額定容量 S_H (仟伏安)	高压綫卷額定 电 压 U_H (仟伏)	短路电压 $U_K\%$	电压損失分量	
			有功分量 U_a	无功分量 U_p
10	6	5.5	3.3	4.4
20	6~10	5.5	3.0	4.6
50	6~10	5.5	2.6	4.8
100	6~10	5.5	2.4	4.9
	35	6.5	2.4	6.0
180	6~10	5.5	2.3	5.0
	35	6.5	2.3	6.1
320	6~10	5.5	1.9	5.1
	35	6.5	1.9	6.2
560	10	5.5	1.7	5.2
	35	6.5	1.7	6.3
1000	10	5.5	1.5	5.3
	35	6.5	1.5	6.3
1800	10	5.5	1.3	5.3
	35	6.5	1.3	6.4
3200	10	5.5	1.2	5.4
	35~38.5	7.0	1.2	6.9
		10.5	1.2	10.4
5600	10	5.5	1.0	5.4
	35~38.5	7.0	1.0	7.4
		110~121	10.5	1.1
7500	35~38.5	7.5	1.0	7.4
	110~121	10.5	1.0	10.5
10000	35~38.5	7.5	0.9	7.4
	110~121	10.5	1.0	10.5

例：电压为35/6.3千伏的降压变压器，額定容量 $S_n=1800$ 千伏安，二次側有功負荷 $P_2=1100$ 瓩，无功負荷 $Q_2=700$ 千乏，求变压器的电力損失。

二次側总負荷： $S_2=1300$ 千伏安。

变压器負荷因数： $\beta = \frac{1300}{1800} = 0.723$ 。

自表1-3中查出在額定負荷下的电力損失可变部分：

$$\Delta P_{k3} = 24 \text{ 瓩}; \quad \Delta Q_{k3} = 114 \text{ 千乏}。$$

利用图1-5查出在实际运行負荷的电力損失， $\beta = 0.723$ 。

$$\Delta P_m = 12 \text{ 瓩}; \quad \Delta Q_m = 59 \text{ 千乏}。$$

变压器的全部电力損失等于：

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_c = 12 + 8.3 \approx 20 \text{ 瓩};$$

$$\Delta Q = \Delta Q_m + \Delta Q_c = 59 + 90 = 149 \text{ 千乏}。$$

四、变压器室通风口面积計算

(一) 根据苏联К.Д.斯米尔諾夫的分析，变压器室通风口的面积，采用換气量压力和克服各种阻力的压力相等的理論，推求变压器散溫所需換气量，然后計算通风有效面积。一般地区进风溫度按 25°C ；出风溫度按 40°C 計算，經簡化計算公式为：

$$F_1 = 0.131 \frac{P}{\sqrt{H}} = 0.14 \frac{P}{\sqrt{H}} \quad (1-5)$$

式中： F_1 ——进风口面积（平方公尺）；

P ——变压器的額定損耗（瓩）；

H ——变压器中部至排气天窗中部的高度（公尺）。

出风口为进风口的2倍，即：

$$F_2(\text{出风}) = 0.28 \frac{P}{\sqrt{H}} (\text{平方公尺})$$

如以总面积計算，一般总面积与有效面积之比为0.63（乘以两个系数）。