

內 容 提 要

本書主要說明：三相交流制自 6.6 千伏受電設備起，到 380 伏及 220 伏輸出止的屋內配電所電氣設備的選用。對選擇時的條件和要求，以及選擇方法等作了系統扼要地介紹。為了讀者參考應用方便起見，書中圖表盡量採用國內電氣產品系列。

本書可供工業企業變電所電氣工人，電氣安裝工人，初級技術員閱讀。

工業企業配電所電氣設備的選擇

張 功 癸編著

*

1756D497

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第106號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 開本 * 3 $\frac{1}{2}$ 印張 * 82千字

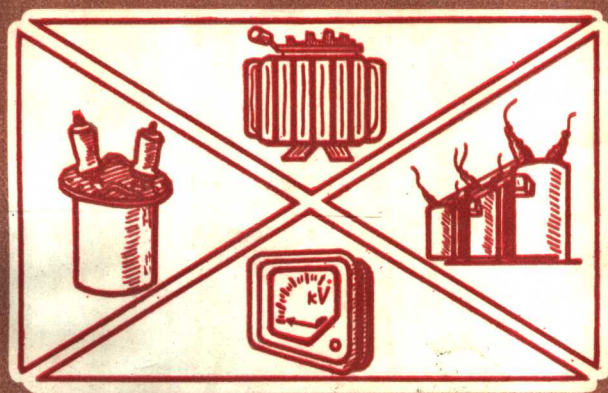
1958年12月北京第1版

1958年12月北京第1次印刷(0001—10,100冊)

統一書號：15143·1370 定價(第9類)0.50元

工业企业配电所 电气設備的選擇

张 功 癸編著



水利电力出版社

前 言

电气設備在現代工业企业中占极重要的地位。因其品种繁复，范围广博，一时不易正确选择。从事电业工作和基本建設單位的技术工人和初級技术員，很希望掌握一些关于电气設備的选用知識，而目前这方面的参考書是非常少的。

本書介紹 6 千伏三相交流制受电設備和 380/220 伏屋內配电所电气設備的正确选用和选择时所凭籍的条件、要求，以及选择的方法等，以供从事这方面工作的同志們作为参考。

由于編者学識肤淺，业务水平不高，編著時間匆促，以致內容不够完善和充实，甚至还有錯誤，希望讀者提出批評。

目 录

第一章 设备总論.....	4
第一节 配电所电气设备的范围和供电方式	4
第二节 选用电气设备的要求和依据	5
第二章 电气设备的选择	6
第一节 变压器的选择	6
第二节 隔离开关和油断路器的选择	16
第三节 仪用互感器的选择	32
第四节 电气測量仪表的选择	47
第五节 繼电保护裝置的选择	55
第六节 熔断器的选择	69
第七节 瓷瓶与母綫的选择	85
第八节 配电柜的选择	105
第九节 防雷設備的选择	115
第十节 接地保护	118
第三章 电气设备选择的实例	121

第一章 設備總論

第一节 配电所电气设备的范围和供电方式

凡用于受电和配电的电气设备，如开关设备、控制设备、保护设备、母线和辅助设备所组成的电气装置，统称配电装置。而由变压器、操作装置、配电装置及附属设备所组成的配电与变电的电气装置，称为配电所。

工业企业配电所的范围，为自某一电力网受电、经变电后，向车间用电设备进行配电的总枢纽。其配电电压系将6千伏的受电电压，降至工业企业用电设备所需的电压，即380/220伏等。

工业企业配电所的构造和供电方式，常用的有下列数种：

(1)单独配电所。设于距离生产车间12~25公尺之间的单独建筑物内，此种型式的配电所，目前已经极少采用，惟化学工厂中，不宜将配电所附设于一般容易着火、爆炸或腐蚀危险的车间内，故采用此种型式者，仍较流行。此外，对车间面积既小而又分散的小型工厂，此种配电所的形式，还是可以用的。

(2)附设配电所。此种配电所的一面或二面墙壁，系与车间机器房、压缩机室或水泵房等的墙壁公用，或联接在一起，故在生产操作过程和經濟上的利益是很大的。此外，对于机器制造工厂，因为生产操作过程的经常改变，可能使配电所本身，不再位于负荷中心，采用此种供电，颇为合理。

(3)室内配电所。此种配电所的全部或部分设于车间内部。如全部设置于车间内部，则变压器室须有向外的出口；如部分设置于车间内部，则变压器设置于车间外的小室内，或屋檐下，或露天装置而加以围牆。此类配电所的高低电压配电装置，全部装置在车间内。

(4)车间内配电所。系全部设置于车间内部，此种型式的配电所，又可分为室内型和成套型二种。室内型车间配电所中的变压器、开关、断路器、互感器等，设置在特备的房室内；成套型

車間配電所中的所有各部件，如變壓器間、配電設備、配電盤等，已由製造工廠將其裝配成套，故僅須在安裝地點，將各套部件與供電綫路連接即可，且成套型的製造價格比室內型的低廉，又能獲得快速安裝和拆卸之便利，故室內型配電所已逐漸為成套配電所替代。

近年來，我國製造廠已仿照蘇聯型式，生產成套型設備者日益增多，因而車間內配電所的使用範圍顯著擴大。例如設備布置穩定的冶金工業，採用此種成套型的車間內配電所，頗為合適。因為此種型式的配電所，可以節省大量有色金屬和減少電力的損失，因而可將車間內配電所鄰近負荷中心。對於企業生產面積有限，或車間配電所占用了車間的生產面積，建立車間內配電所時，則不甚恰當。

本書所述內容僅是對三相交流50赫6.6千伏受電設備起，經變壓後，到380及220伏輸出止的室內配電所和車間內配電所電氣設備的選擇，作一系統性的介紹，以供從事工業企業人員作參考應用。

第二節 選用電氣設備的要求和依據

每一工業企業，都可能處於不斷增長和不斷發展的狀況下，如新廠房的建築，現有設備利用率的提高，和推廣新的操作方法等。因此，建立配電設備，應考慮由於工廠不斷地發展和生產條件的變更，而有擴充的可能性。也就是說，建立配電設備最重要的條件，就是正確選用電氣設備。

正確地選用電氣設備，必須滿足一定的要求，其中最主要的條件：首先，要保證工作的可靠性，以維持不間斷的供電；要考慮運行中監視設備的便利；要考慮安裝、維護、檢修的便利和安全；同時又必須參考國家頒布的各种規程。所以在正確選用電氣設備時，必須了解有關的技術要求。此外，為了減輕用戶負擔，降低供電成本，必須盡量注意到採用國家產品及國內能解決的電氣設備，以達到最有利的結構為原則，來保證運行的經濟合理，

以工作的可靠性和维护安全为基本要求。

第二章 电气設備的选择

第一节 变压器的选择

一、变压器容量和数量的选择

配电所由自用电源或自电力網受电后，經变压器的一、二次接綫，將电压降低至电器所需的电压，然后分配給車間或其他用电單位。在选择車間內配电所变压器容量时，必須限制低压側短路电流，使每台变压器容量尽量不超过 1,000 千伏安为原則。

变压器容量的确定，是根据車間所預計的最大負荷或按車間用电設備的总負荷来决定的。

設 P_{PM} 为車間用电設備最大計算負荷，由生产單位按最大負荷时供給的資料。 P_n 为車間用电設備的全部額定功率。 K 为最大电器負荷用的計算系数，可查表 2-1。

确定了車間的需要系数 K 及全部設備的最大負荷以后，便可求得車間內变压器的額定功率，即 $P_n = \frac{P_{PM}}{K}$ 。

上述方法已普遍为我国設計單位所采用，并在工业設計中累积較多經驗，故有較良好的效果。

选择变压器容量的另一个方法，是根据变压器的負荷能力来决定的。变压器在額定負荷运行的情况下，当周圍环境的平均温度在 $5 \sim 10^\circ\text{C}$ ，变压器絕緣的平均温度在 $75 \sim 80^\circ\text{C}$ 之間，用电阻法測得的繞組平均温升为 70°C 时，变压器可以使用 17~20 年。

变压器在正常运行时，負荷通常在額定容量的 75~80% 之間。但当一台变压器损坏时，則第二台变压器可容許在正常的过負荷情况下繼續供电；在正常情况下，变压器都容許有 15% 的过負荷而无碍于变压器的使用寿命；在事故情况下，应不低于下列所規定的过負荷数值。

依据苏联史尼采尔（Л.М.Шницер）所制电力变压器容許

表 2-1

最大电气负荷用的计算系数 K 值

序	动力受电设备及生产机械名称	计算系数	
		需用系数 K	功率因数 $\cos\varphi$
1	金属加工机床单独传动装置		
	a)在金属热加工车间内	0.22~0.26	0.60~0.65
	b)在金属冷加工车间内	0.14~0.15	0.50
2	压力机、汽锤、锻造机	0.25	0.60
3	泵、压缩机、电动机、发电机、排烟机		
	a)大功率的	0.15~0.80	0.80
	b)中小功率的	0.65~0.75	0.80
4	通风机		
	a)生产用的	0.70~0.75	0.80
	b)卫生用的	0.65~0.70	0.80
5	铸造车间翻砂机	0.65	0.75
6	粉碎机、破碎机、筛子等		
	a)大功率的	0.75~0.80	0.80
	b)中小功率的	0.70~0.75	0.80
7	轧制车间间歇运行的机械	0.30~0.45	0.60~0.65
8	搅拌机、冷凝器、喷雾器等	0.65~0.75	0.75
9	气体浮化用电气过滤	0.80	0.80
10	连续运行机械		
	a)联锁的	0.60~0.65	0.75
	b)非联锁的	0.50~0.60	0.75
11	电动吊车及电葫芦		
	a)在铸造车间、修理车间、装配车间及机械车间内用的	0.06~0.10	0.50
	b)在铸造车间及平爐车间用的	0.15~0.18	0.50
	c)在轧钢车间内，还有脱锭用起重机的脱锭用起重机的	0.18~0.22	0.50
12	焊接机		
	a)点焊的及焊接的	0.35	0.60
	b)对接焊的	0.35	0.70
13	电焊变压器		
	a)自动焊接用的	0.50	0.45
	b)单焊台手工焊接用的	0.35	0.35
	c)多焊台手工焊接用的	0.45	0.40

續表

序	动力受电设备及生产机械名称	計算系数	
		需用系数 K	功率因数 $\cos\varphi$
14	电焊电动发电机		
	a) 單焊台的	0.35	0.60
	б) 多焊台的	0.60~0.80	0.76
15	电弧发生爐	0.90	0.87
16	热力受电设备		
	a) 自动装料的电阻爐	0.70~0.80	0.95
	б) 非自动装料的电阻爐	0.60~0.80	0.95
	в) 小型热力受电器	0.70	0.95
17	感应电爐		
	a) 高频的	0.80	0.10
	б) 低频的	0.80	0.35
18	水銀整流器机组		
	a) 电解用	0.90~0.95	0.82~0.90
	б) 吊車負荷用	0.30~0.50	0.87~0.90
	в) 动力牽引用	0.40~0.50	0.93~0.94

过負荷的倍数 ($m = \frac{I_{max}}{I_{nom}}$) 与負荷率及最大負荷的持續時間的

关系曲綫来选择变压器的容量。举例如下:

設冬季时, 变压器的最大負荷为800千伏安, 負荷率为0.75, 持續時間为3小时, 則 $m_1 = 1.14$ 。

夏季时, 变压器的最大負荷为600千伏安, 負荷率为0.65, 持續時間为2小时, 則 $m_2 = 1.22$ 。

此时变压器的容量为 $S_r = \left(\frac{800}{1.14} + \frac{600}{1.22} \right) \times \frac{1}{2} = 590.8$ 千伏安。

过負荷 (%)	30%	60%	75%	100%	200%
戶內裝置允許过負荷時間	1 小时	15分鐘	8 分鐘	4 分鐘	1 分鐘

由于变压器可以过负荷15%，再则其容许负荷倍数为1.14，故选择变压器的容量应为 $S \geq \frac{800}{1.15 + 1.14} = 610$ 千伏安，可选择与此容量接近的标准变压器即750千伏安的变压器。

在要求合理地选择配电所内变压器的容量时，一般都不采用容量超过1,000千伏安的变压器，且不因此而需要装置多于2台或最多3台变压器。此外，如选择变压器的型式，绝大部分以国家产品SJ(TM)型为对象；建筑变压器室时，应考虑今后有装置同样容量变压器的可能性；此亦为选择中不可忽视的条件。对机器制造业的大型车间的配电所，可用集中负荷的位置而设置于厂房之间，对分散负荷的配电所，其最合理的容量可选定在750~1,000千伏安之间。一般情况

在负荷较大的车间中，可设置车间配电所；对负荷较小的车间，可由邻近的车间配电所送电；在负荷不稳定的厂矿，可将车间配电所接近电源，而对负荷稳定的冶金工厂宜设在负荷中心。

二、根据电压和电流选择变压器

变压器不论在正常运行或发生短路情况下，均要可靠地工

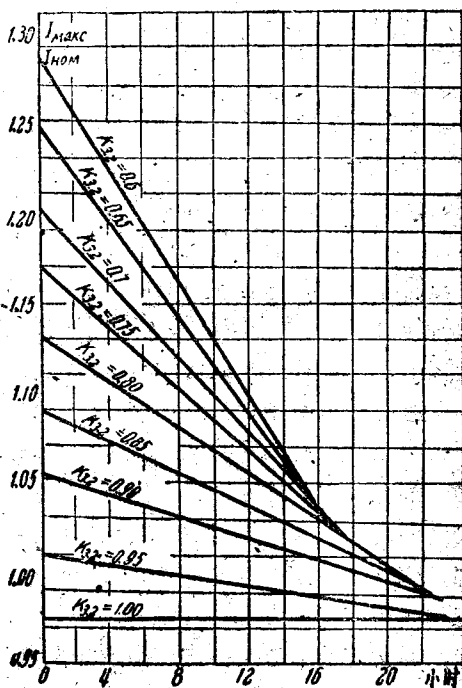


图 2-1 电力变压器容许过负荷的倍数

$(m = \frac{I_{max}}{I_{nom}})$ 与负荷率及最大负荷的持续时间的关系曲线

作，必須按照額定电压和額定电流来进行选择。

根据額定电压选择：所謂額定电压即銘牌上所指示的标称电压。在数值上等于用这变压器接入電網的相間电压；同时变压器又允許長久地在超过其額定电压10~15%的情况下正常工作，我們把这种电压叫做最大工作电压。因此，根据电压选择变压器时，应使电气装置的最大工作电压，大于或等于变压器的額定电压，則能使运行中的变压器不致有损坏絕緣的可能性。

在电力網絡里，一般情况下的电压損失約为10%。因此，选择变压器的电压，应較电力網的額定电压高5%。例如：电力網的額定电压为6千伏时，变压器額定电压应为6.3千伏，但由于变压器在滿載时約有5%的电压損失，故在零載时，变压器的二次繞組，应超过电力網絡額定电压10%左右。例如：电力網絡額定电压为6千伏时，变压器的零載电压应为6.6千伏；如果变压器的电压变化不大于5%时，則二次繞組的額定电压，仍按較电力網絡額定电压高5%的电压选择。一般国家产品的仿苏配电变压器，都有調整电压分接头，以調整正常电压的 $\pm 5\%$ 。如高压側决定額定电压为6千伏后，則低压側送到三相电动机的电压，大都为380伏，而电灯与电力通常均由同一配電綫路所供給，故在三相变压器低压方面，应采取三相四綫，空載时电压为400/230伏，通常为星形連接方式；高压方面可按国家标准連接，当高压側为6千伏时，低压側为380/220伏。

根据額定电流的选择：額定电流即銘牌上所指示的标称电流，这个数值允許变压器在一定的强度下，可以長時間內不超过其額定电流。按規定标准，当周圍温度为 35°C 时，一般都不允許过载；如果周圍空气温度为 θ_0 ，而大于 35°C 时，則由于冷却条件較差，容許的工作电流，可由下列近似公式求得

$$I_{\theta_0} = I_{HOM} \sqrt{\frac{\theta_{HOM} - \theta_0}{\theta_{HOM} - 35}}$$

式中 I_{θ_0} ——周圍空气温度大于 35°C 时的工作电流；

I_{HOM} ——周圍空气温度为 35°C 时的額定电流；

$\theta_{\kappa\omega\mu}$ ——变压器長期容許加热温度；

θ_0 ——周圍空气大于35°C时的最高温度。

如果周圍温度小于35°C，由于冷却条件較好，長期容許电流可以略增，当空气温度每降低1°C时，工作电流容許增加0.5%，但总值不能超过20%。

三、根据經濟运行选择容量

在工业企业的配电所內，大多数裝有一台或数台变压器，而配电所一晝夜甚至一年內的負載，通常都是不均匀的，当負載减小小时，应將一部分变压器断开，当負載增加时再行接入，来达到經濟运行的目的。

在經濟运行的情况下，变压器和其他电器一样，均可能遭受短路电流的作用，如果机械結構不坚固，則由于导电部分大量发热而使絕緣破坏，故在选择时，必須滿足下列条件：

电动稳定度的檢查 設 $i_{\max}$ 为变压器最大容許电流， $I_{\max}$ 为变压器短路电流的有效值， i_y 和 I_y 为变压器三相短路电流的計算值，那末在短路情况下，应滿足下面条件

$$i_{\max} \geq i_y \text{ 或 } I_{\max} \geq I_y.$$

其二者的最大比值应为 $\frac{i_{\max}}{I_{\max}} = 1.73.$

热稳定度的檢查 設 Q_t 为短路时不使变压器損坏的容許热量， $Q_{k..}$ 为短時間內实际短路电流所发出的热量，那末热稳定应滿足下面条件

$$Q_t \geq Q_{k..}$$

設 I_t ——为热稳定电流，由承制厂表明或由产品目录中規定在 t 秒鐘內容許值而查得；

I_{∞} ——短路稳定电流；

t ——热稳定电流的动作時間；

t_p ——短路点附近断路器的繼电器动作時間；

t_v ——断路器动作時間；

t_{ϕ} ——假想時間。

因为 $t = t_p + t_{\phi}$ ，則热稳定电流为

$$I_t \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{\phi}}{t}}$$

在 t 秒鐘时的短路計算电流 I_t (計算) $= I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{\phi}}{t}}$ 。

从一般課本上知道，变压器当无載損耗等于短路損耗时，則效率最高，故当变压器在正常运行时，变压器的負載，通常在額定容量的75~80%以下，此时能获得損耗最小，效率最大和最合于变压器經濟运行的原則。

茲將确定变压器最有利的負載 W 的計算方法介紹如下。

从变压器产品目录可查得下列数据：

$\Delta P_{x \cdot x}$ ——变压器鉄芯損耗(恆定損耗)；

$\Delta P_{K \cdot s}$ ——变压器銅綫損耗(变动損耗)；

$I_{x \cdot x}$ ——无載电流占額定电流的%；

U_K ——变压器短路电压%；

$W_{ном}$ ——变压器标称功率(千伏安)。

而变压器磁化过程中的損耗，亦即无載时无功損耗(千乏)

$$\Delta q_{x \cdot x} = 0.01 I_{x \cdot x} W_{ном} ;$$

变压器繞組电抗中的耗損，亦即短路时无功損耗(千乏)

$$\Delta q_{K \cdot s} = 0.01 U_K W_{ном} .$$

表 2-2 經濟当量 K 值(耗/千乏)

序	系統內变压器設置地点的特征	系統負載最大时	系統負載最小时
1	工业企业和城市电網的6~10千伏 变压器直接由发电机电压的发电 厂汇流排饋电	0.02	0.02
2	工业企业和城市电網的6~10千伏 电網的变压器，这些电網由电力 系統主要电網的区配电站饋电	0.15	0.10

再按苏联发电厂部介绍，用于确定变压器经济工作状态的经济当量 K 的值(表2-2)，就可计算变压器的最有利负荷。

$$W = W_{\text{ном}} \sqrt{\frac{\Delta P_{x.x} + K \Delta q_{x.x}}{\Delta P_{\kappa.s} + K \Delta q_{\kappa.s}}}$$

当配电所装有数台同功率的变压器时，而这时如有 n 台变压器已在工作，则当负载增高而是否须要再接入一台变压器之前，应用以下公式决定

$$W = W_{\text{ном}} \sqrt{n(n+1) \frac{\Delta P_{x.x} + K \Delta q_{x.x}}{\Delta P_{\kappa.s} + K \Delta q_{\kappa.s}}}$$

由上式可得出如下结论，当配电所的全部负荷大于 W ；而工作着的变压器为 n 时，经济上宜再接入一台变压器。举例说明如下：

在配电所装有 SJ-320/6.3 型 6.3/.4-.23 千伏变压器两台，二次绕组是 0.40 千伏，此时只有一台 ($n-1$) 在运行。求在系统的最大负荷期间，是否宜于接入第二台变压器。

从变压器产品目录查得 SJ-320/6.3 型的数据如下：

$$\Delta P_{x.x} = 1.6 \text{ 千瓦}, \quad \Delta P_{\kappa.s} = 6.07 \text{ 千瓦},$$

$$U_{\kappa} = 5.5\%, \quad I_{x.s} = 6.0\%.$$

查表2-2得 $K = 0.15$ ，则

$$\Delta q_{x.x} = 0.01 \times 6.0 \times 320 = 19.2 \text{ 千乏},$$

$$\Delta q_{\kappa.s} = 0.01 \times 5.5 \times 320 = 17.6 \text{ 千乏},$$

$$W = 320 \sqrt{1(1+1) \frac{1.6 + 0.15 \times 19.2}{6.07 + 0.15 \times 17.6}} = 323 \text{ 千伏安}$$

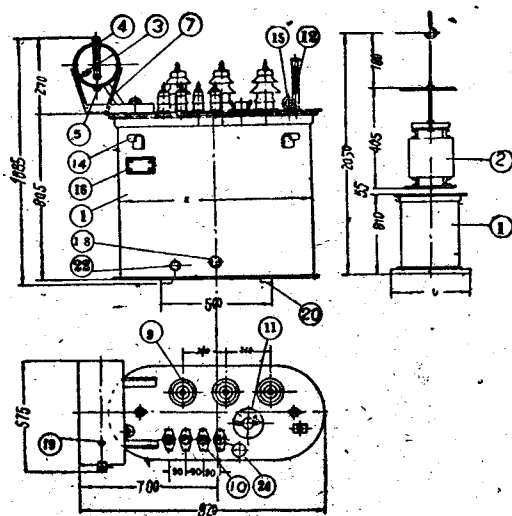
所以此时的负荷已超过变压器的额定容量。因此，在经济上宜将第二台变压器接入运行。

当负荷小于变压器一台的额定容量时，而二台运行着的变压器，此时在经济上宜断开一台运行着的变压器。

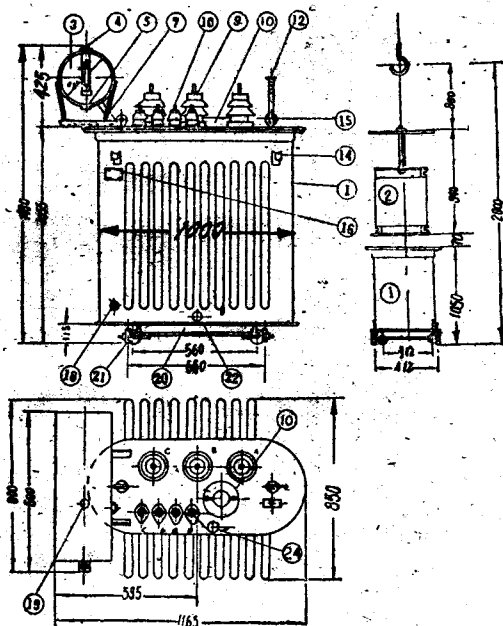
现将工业企业中常用的一种国家产品 SJ 型双圈油冷式三相变压器的技术数据列在表2-3。

表 2-3

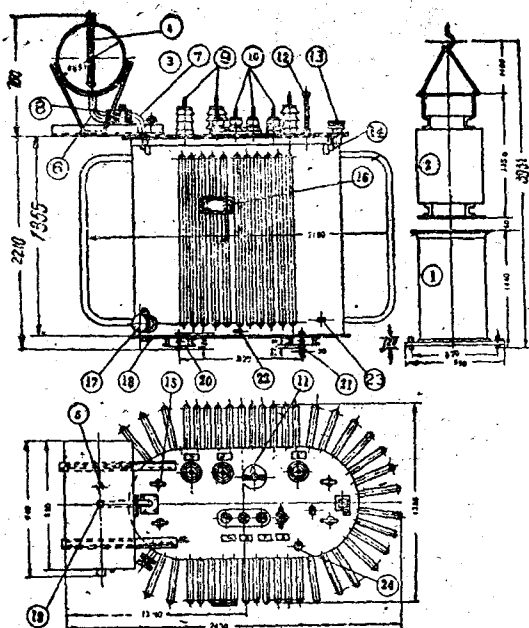
型 号	額 定 電 壓 (伏 安)	繞 卷 最 高 電 壓 (千 伏)		損 耗 (瓦)	效 率 $\cos\theta=1$	額 定 負 載 及 $\cos\theta=1$	額 定 電 壓 占 額 定 電 壓 的 電 流 的 (%)	抗 壓 電 阻 占 額 定 電 壓 的 電 流 的 (%)	空 載 電 流 占 額 定 電 流 的 (%)	重 量 (公 斤)		體 積 (公 厘)			
		高 壓	低 壓							額 定 電 壓 的 空 載 損 耗	額 定 負 載 (%)	器 身	油 重	總 重	長
SJ-10/6	10	6.0	0.4	105	95.79	96.36	3.45	5.5	10.0	112	96	312	825	700	865
SJ-20/6	20	6.0	0.4	180	96.25	96.81	3.10	5.5	9.0	164	116	400	895	730	895
SJ-30/6	30	6.3	0.4	250	96.46	97.01	2.95	5.5	8.0	198	153	460	966	750	965
SJ-50/6	50	6.3	0.4	350	96.97	97.32	2.75	5.5	7.0	261	162	560	965	860	965
SJ-100/6	100	6.3	0.4	600	97.09	97.66	2.50	5.5	6.5	435	296	890	1,250	847	1,462
SJ-180/6	180	6.3	0.4	1,000	97.30	97.83	2.35	5.5	6.0	628	394	1,270	1,638	1,017	1,572
SJ-320/6	320	6.3	0.4	1,600	97.66	98.09	2.05	5.5	6.0	930	557	1,850	1,918	1,207	1,652
SJ-560/6	560	6.3	0.4	2,758	97.83	98.18	1.85	5.5	6.0	1,500	915	3,086	2,104	1,210	1,890
SJ-560/10	560	10	0.4	2,500	97.87	98.19	1.80	5.5	6.0	1,505	916	3,086	2,165	1,286	2,209
SJ-750/10	750	10	0.4	4,100	97.91	98.15	1.73	5.5	6.0	2,100	1,325	4,435	2,493	1,406	2,373



甲, SJ-10/6、20/6变压器外形尺寸



乙, SJ-100/6变压器外形尺寸



丙, SJ-560/6、560/10变压器外形尺寸

图 2-2 SJ 型配电变压器

1—油箱；2—器身；3—储油櫃；4—油表；5—储油櫃放油塞；6—2" 储油櫃油道活門；7—储油櫃联管；8—气体继电器；9—高压瓷套；10—低压瓷套；11—分接开关；12—水銀溫度計；13—濾油接头；14—吊杆；15—吊环(吊器身用)；16—銘牌；17—2" 放油活門；18—放油塞；19—注油塞；20—箱底支架；21—滾輪；22—接地螺絲；23—油样活門；24—过电压保护器；25—瓷套保护罩。

第二节 隔离开关和油断路器的选择

一、种 类

1. 隔离开关的种类 可分为單极和三极两种，有戶內裝置和戶外裝置的区别。根据其構造可分为刀形的和旋轉式的两种。隔离开关的操作机构，最常用的是手动操作式，在标称电流 3,000 安培以下都适用。