

前 言

众所周知，电能是现代工业生产的主要能源和动力。电能既易于由其它形式的能量转换而来，又易于转换为其它形式的能量以供应用；电能的输送的分配既简单经济，又便于控制、调节和测量，有利于实现生产过程自动化。因此，电能在现代工业生产及整个国民经济生活中应用极为广泛。

在国民经济高速发展的今天，电能的应用越来越广泛，生产、科学、研究、日常生活都对电能的供应提出更高的要求，因此确保良好的供电质量十分必要。本设计书注重理论联系实际，理论知识力求全面、深入浅出和通俗易懂，实践技能注重实用性，可操作性和有针对性。

在工厂里，电能虽然是工业生产的主要能源和动力，但是它在产品成本中所占的比重一般很小（除电化工业外）。电能工业生产中的重要性，并不在于它在产品成本中或投资总额中所占的比重多少，而在于工业生产实现电气化以后可以大大增加产量，提高产品质量，提高劳动生产率，降低生产成本，减轻工人的劳动强度，改善工人的劳动条件，有利于实现生产过程自动化。从另一方面来说，如果工厂的电能供应突然中断，则对工业生产可能造成严重的后果。因此，做好工厂供电工作对于发展工业生产，实现工业现代化，具有十分重要的意义。

由于能源节约是工厂供电工作的一个重要方面，而能源节约对于国家经济建设具有十分重要的战略意义，因此做好工厂供电工作，对于节约能源、支援国家经济建设，也具有重大的作用。工厂供电工作要很好地为工业生产服务，切实保证工厂生产和生活用电的需要，并做好节能工作，就必须达到以下基本要求：

- (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 供电系统的投资要少，运行费用要低，并尽可能地节约电能和减少有色金属的消耗量。

此外，在供电工作中，应合理地处理局部和全局、当前和长远等关系，既要照顾局部的当前的利益，又要有全局观点，能顾全大局，适应发展。

这次课程设计是在《工厂供电》课程学习之后一个重要的实践性教学环节，通过本次课程设计把理论知识运用于实践，加深对这门课程的理解和掌握其精髓，通过实践巩固理论知识，实现理论与实践的结合，为今后解决实际问题打下坚实的基础。同时也加强实践意识，培养迅速把理论知识运用于实践的能力。

课程设计的题目是《化纤毛纺织厂全厂总配变电所及配电系统设计》。根据该厂负荷统计资料及所能取得的电源和用电负荷的实际情况，并适当考虑到工厂将来的发展，按照可靠性、技术先进性、经济合理性的要求，完成工厂供电系统的设计

设计将分十一章，第一章分析了设计的要求和基本的自然条件和地理条件。了解了用户的需求，寻找设计的难点和需要重点考虑的设计内容。第二章讲述负荷计算，符合计算作为全厂供电设计的基础，必须首先被论证。第三章是关于无功功率计算及补偿，提高无功功率有助于减少变压器容量，减少有色金属损耗。有了此基础，在第四章便讨论变压器台数，配电所及变电所的位置，第五章便是配变电所主接线方案确定，这是整个工厂供电课程设计的核心内容。第六章为

短路电流计算，并以此为基础，在第七章讨论变电所一，二次设备的选择与校验，然后第八章是基于自然风向和气候条件以及地址条件选择配电所位置和机构。第九章考虑防雷的相关设计。第十章是对变电所二次回路方案选择及继电保护的整定，第十一章总结在此次工厂供电设计重点一些收获和体会。在本文最后还附带了变电所平面图及主接线图。

本次课程设计涉及面非常广，查阅了大量资料，由于很多方面的知识都是临时去学习，对所查阅的资料的正确性也没有完全考证，因此，错误与疏漏之处在所难免，望老师批评指正。

2011年8月

目 录

前 言	1
目 录	1
某化纤毛纺织厂全厂总配电所及配电系统设计	1
第一章 设计任务	1
1.1 设计要求	1
1.2 设计依据	1
1.2.1 工厂总平面图	1
1.2.2 工厂负荷情况	2
1.2.3 供用电协议	2
1.2.4 负荷性质	3
1.2.5 自然条件	3
第二章 负荷计算	4
2.1 单组用电设备计算负荷的计算公式	4
2.2 多组用电设备计算负荷的计算公式	4
第三章 无功功率的补偿及变压器的选择	6
3.1 无功补偿装置简介	6
3.2 无功补偿计算	8
3.2.1 10kV 高压侧功率因数校验	9
第四章 变压器台数，配电所和各车间变电所位置	12
4.1 变压器台数选择原则	12
4.2 变电所主变压器容量的选择原则	12
第五章 主接线设计	13
5.1 方案选择原则	14
5.2 变配电所主结线的选择原则	14
5.3 各方案简述	15
第六章 短路电流的计算	18
6.1 短路计算的目的	18
6.2 短路电流计算方法：	18
6.3 短路电流的计算	19
第七章 变电所一次设备的选择与校验	24
7.1 一次设备的选择校验原则	24
7.2 高压设备器件的选择及校验	25
7.2.1 断路器的选择与校验	25
7.2.2 隔离开关的选择与校验	26
7.2.3 电流互感器选择与校验（高压侧电流互感器）	27
7.2.4 电压互感器的选择与校验	27
7.2.5 高压熔断器的选择与校验	27
7.2.6 避雷器的选择	28
7.2.7 10kV 进线与各车间变电所进线的校验	28
7.3 低压设备器件的选择及校验	29

7.4 各车间的进线装设低压熔断器	34
7.5 母线的选择与校验	35
7.5.1 高压母线选择与校验:	35
7.5.2 低压母线选择与校验:	36
7.6 绝缘子和套管选择与校验	38
7.6.1 户内支柱绝缘子	38
第八章 变配电所布置与机构设计	39
第九章 防雷装置及接地装置设计	39
9.1 直击雷保护	39
9.2 配电所公共接地装置的设计	39
9.3 行波保护	40
第十章 二次回路方案的选择及继电保护的整定计算	41
10.1 变电所二次回路方案的选择	41
10.2 二次回路方案的选择	41
10.3 变电所继电保护装置配置	42
10.3.1 电力线路继电保护	42
10.2.2 变压器继电保护配置	44
结 束 语.....	46
参考文献	47

某化纤毛纺织厂全厂总配电所及配电系统设计

第一章 设计任务

1.1 设计要求

要求根据本厂所能取得的电源及用电负荷的实际情况，并适当考虑到工厂的发展，按照安全可靠、技术先进、经济合理的要求，确定变电所的位置和型式，确定变电所主变压器的台数及分厂变压器的台数、容量与类型，选择变电所主接线方案及高低压设备和进出线。最后按要求写出设计说明书，绘出设计图样。

1.2 设计依据

1.2.1 工厂总平面图

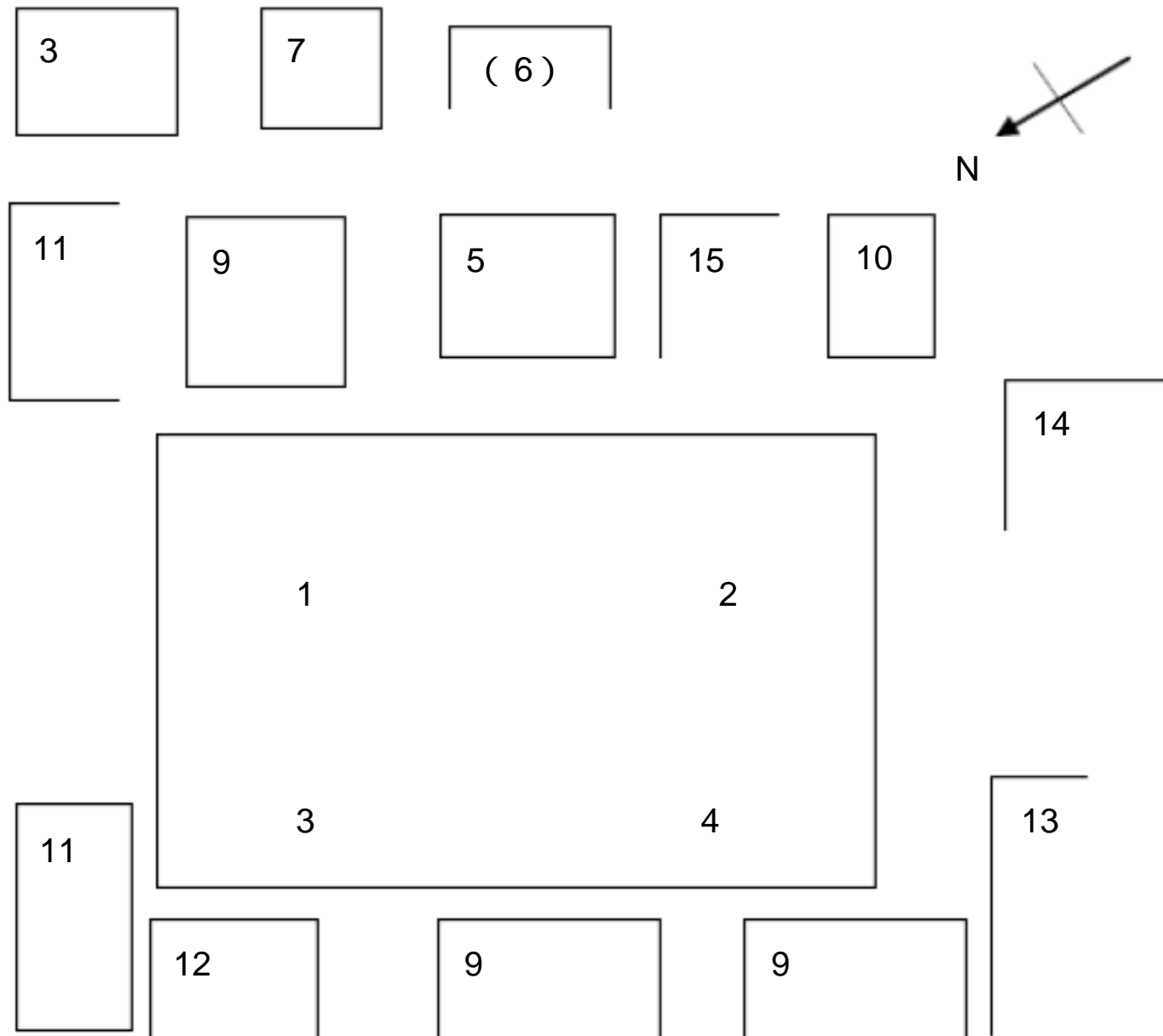


图 1.1 全厂总平面布置图

1-制条车间； 2 - 纺纱车间； 3 - 织造车间； 4 - 染整车间； 5 - 软水站； 6 - 锻工车间；

7 - 机修车间； 8 - 托儿所； 9 - 仓库； 10 - 锅炉房； 11 - 宿舍； 12 - 食堂； 13 - 木工车间； 14 - 污水调节池； 15 - 卸油泵房

本厂设有一个主厂房，其中有制条车间、纺纱车间、织造车间、染整车间四个生产车间，设备选型全部采用我国最新定型设备。除上述车间外，还有辅助车间及其它设施，详见全厂总平面图（图 1.1）。

1.2.2 工厂负荷情况

全厂各车间电气设备及车间变电所计算表如下（表 1.1）所示。

表 1.1 工厂负荷统计资料

序号	车间或用电单位名称	设备容量 (kW)	K_x	$\cos \phi$	$\tan \phi$	计算负荷			变压器台数及容量	备注 K_{Σ}
						P_{js} (kW)	Q_{js} (kVar)	S_{js} (kVA)		
(1) No.1 变电所										
1	制条车间	340	0.8	0.8	0.75				1	0.9
2	纺纱车间	340	0.8	0.8	0.75					
3	软水站	86	0.65	0.8	0.75					
4	锻工车间	37	0.3	0.65	1.17					
5	机修车间	296	0.3	0.5	1.73					
6	托儿所	13	0.6	0.6	1.33					
7	仓库	38	0.3	0.5	1.17					
(2) No.2 变电所										
1	制造车间	525	0.8	0.8	0.75				1	
2	染整车间	490	0.8	0.8	0.75					
3	浴室	1.88	0.8	1	-					
4	食堂	21	0.75	0.8	0.75					
5	单身宿舍	20	0.8	1	-					
(3) No.3 变电所										
1	锅炉房	151	0.75	0.8	0.75				待设计	
2	水泵房	118	0.75	0.8	0.75					
3	化验室	50	0.75	0.8	0.75					
4	卸油泵房	28	0.75	0.8	0.75					

1.2.3 供用电协议

工厂与电业部门所签订的供用电协议主要内容如下：

- (1) 从电业部门某 35/10kV 变电所，用 10kV 双回架空线路向本厂配电，该变电所在厂南侧 0.5km；
- (2) 该变电所 10kV 配出线路定时限过流保护装置的整定时间为 1.5s，要求配电所不大于 1.0s；
- (3) 在总配电所 10kV 侧进行计量；
- (4) 功率因数应在 0.9 以上；
- (5) 配电系统技术数据

表 1.2 配电所 10kV 母线短路数据

系统运行方式	短路容量	说明
最大运行方式	$S_{d\max}^{(3)} = 187\text{MVA}$	系统为无限大容量
最小运行方式	$S_{d\max}^{(3)} = 107\text{MVA}$	

配电系统如下图（图 1.2）所示：

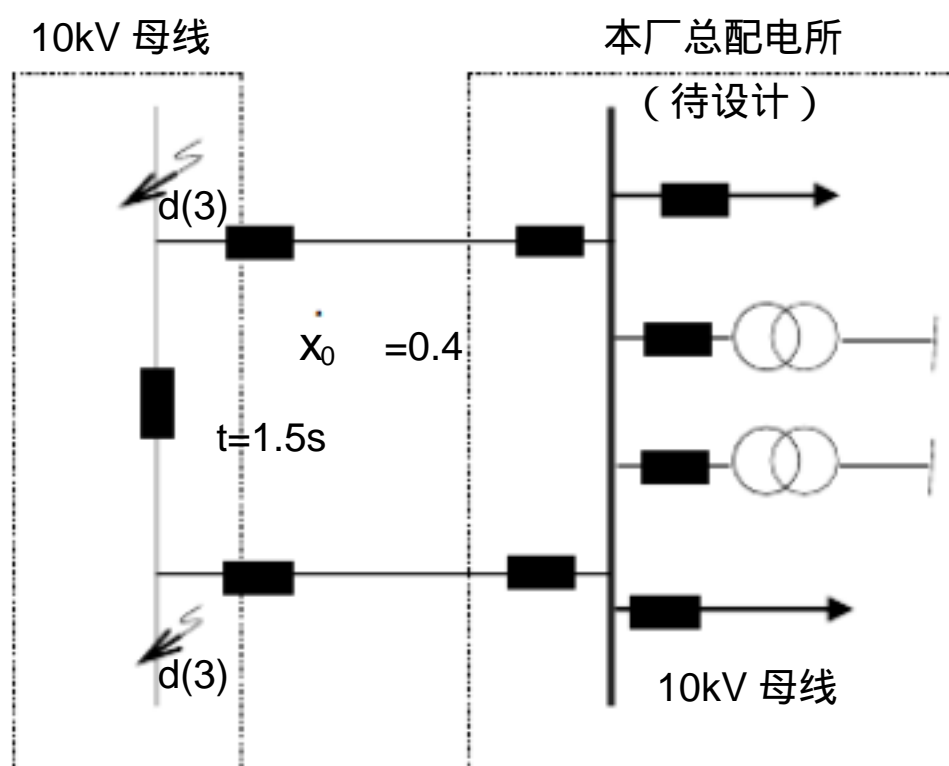


图 1.2 配电系统图

1.2.4 负荷性质

多数车间为三班工作制，少数车间为一班或两班制，全年为 306 个工作日，最大有功负荷年利用小时数为 6000 小时，属于二级负荷。

1.2.5 自然条件

1 气象条件

- (1) 最热月平均最高气温为 30℃；
- (2) 土壤中 0.7 ~ 1 米深处一年中最热月平均温度为 20℃；
- (3) 年雷暴日为 31 天；
- (4) 土壤冻结深度为 1.1 米；
- (5) 夏季主导风向为南风。

2 地质及水文条件

根据工程地质勘探资料获悉，厂区地址原为耕地，地势平坦，地层以砂质粘土为主，地质条件较好，地下水位为 2.8 ~ 5.3 米，地耐压力为 20 吨/平方米。

第二章 负荷计算

2.1 单组用电设备计算负荷的计算公式

1) 有功计算负荷 P_c (单位为 kW)

$$P_c = K_{ne} P_s \quad (2-1)$$

式中 K_{ne} 为需要系数，一般小于 1。

2) 无功计算负荷 Q_c (单位为 kvar)

$$Q_c = P_c \tan \phi \quad (2-2)$$

3) 视在计算负荷 S_c (单位为 kV.A)

$$S_c = P_c / \cos \phi \text{ 或 } S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} \quad (2-3)$$

4) 计算电流 I_c (单位为 A)

$$I_c = P_c / (\sqrt{3} U_N \cos \phi) \text{ 或 } I_c = S_c / (\sqrt{3} U_N) \quad (2-4)$$

式中 U_N 为用电设备的额定电压 (kV); $\cos \phi$ 和 $\tan \phi$ 为用电设备组的平均功率因数及对应的正切值。

2.2 多组用电设备计算负荷的计算公式

1) 总的有功计算负荷 P_c (单位为 kW)

$$P_c = K_{\Sigma} \sum P_{ci} \quad (2-5)$$

式中 K_{Σ} 为用电设备组的同时系数，对于低压干线 K_{Σ} 可取 0.9 ~ 1.0；对于低压母线，用电设备组计算负荷直接相加来计算时， K_{Σ} 可取 0.8 ~ 0.9。

2) 总的无功计算负荷 Q_c (单位为 kvar)

$$Q_c = K_{\Sigma} \sum Q_{ci} \quad (2-6)$$

3) 总的视在计算负荷 S_c (单位为 kV.A)

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} \quad (2-7)$$

4) 总的计算电流 I_c (单位为 A)

$$I_c = S_c / (\sqrt{3}U_N) \quad (2-8)$$

式中 U_N 为用电设备的额定电压 (kV), 由于各组设备的功率因数 $\cos \phi$ 不同, 总的计算负荷和计算电流一般不能按照式 (2-3) 和式 (2-4) 的前半部分计算, 也不能用各组的视在负荷之和或计算电流之和来计算。

经过计算得到各厂房和生活区的负荷计算表, 如表 2.1 所示 (额定电压取 380V)。

表 2-1 负荷计算表

序号	车间或用电单位名称	设备容量 (kW)	K_x	$\cos \phi$	$\tan \phi$	计算负荷			变压器台数及容量	备注 K_Σ
						P_{js} (kW)	Q_{js} (kVar)	S_{js} (kVA)		
(1) No.1 变电所										
1	制条车间	340	0.8	0.8	0.75	272	204	340	1	0.9
2	纺纱车间	340	0.8	0.8	0.75	272	204	340		
3	软水站	86	0.65	0.8	0.75	55.9	41.925	69.875		
4	锻工车间	37	0.3	0.65	1.17	11.1	12.987	17.08		
5	机修车间	296	0.3	0.5	1.73	88.8	153.62	177.6		
6	托儿所	13	0.6	0.6	1.33	7.8	10.374	13		
7	仓库	38	0.3	0.5	1.17	11.47	13.348	22.94		
(2) No.2 变电所										
1	制造车间	525	0.8	0.8	0.75	420	315	525	1	0.9
2	染整车间	490	0.8	0.8	0.75	392	294	490		
3	浴室	1.88	0.8	1	-	1.504	0	1.504		
4	食堂	21	0.75	0.8	0.75	15.75	11.8	19.688		
5	单身宿舍	20	0.8	1	-	16	0	16		
(3) No.3 变电所										
1	锅炉房	151	0.75	0.8	0.75	113.25	28.125	141.56	2	0.9
2	水泵房	118	0.75	0.8	0.75	88.5	66.375	110.63		
3	化验室	50	0.75	0.8	0.75	37.5	28.125	46.88		
4	卸油泵房	28	0.75	0.8	0.75	21	15.75	26.25		

注：由于各组设备的功率因数不一定相同, 因此总的视在计算负荷和计算电流一般不能用各组的视在计算负荷或计算电流之和来计算。在计算多组设备总的计算负荷时, 为了简化和统一, 各组的设备台数不论多少, 各组的计算负荷均按表 2.1 所列的计算系数计算, 而不必考虑设备台数少而适当增大 K_d 和 $\cos \phi$ 。

第三章 无功功率的补偿及变压器的选择

补偿无功功率主要作用是提高功率因数，在满足同样有功功率的同时，降低无功功率和视在功率，从而减少负荷电流。这样就降低了电力系统的电能损耗和电压损耗，既节约了电能，又提高了电压质量，而且还可以选用较小的导线或电缆截面，节约有色金属。

3.1 无功补偿装置简介

无功补偿装置主要有三种：并联电容补偿、同步补偿机和静止无功补偿器。三种无功补偿装置的性能见表 3.1。

表 3.1 三种无功补偿装置的比较

	并联电容器	同步补偿机	静止无功补偿器
设备情况	静止电器，设备简单	旋转机械，要附属系统、设备复杂	静止电器，设备复杂
运行特性	1. 通过开关投切，属于静态无功补偿， 2. 主要用于稳态电压调整和功率因数校正 3. 运行中本身损耗小	1. 通过控制系统实现双向平滑调节 2. 属于动态无功补偿 3. 运行中本身损耗大	1. 通过控制系统实现双向平滑调节 2. 属于快速动态无功补偿，响应速度快 3. 主要用于调相、调压
使用范围	1. 容量和设置点灵活 2. 用于电力系统及负荷变电站	1. 容量和设置点受限制 2. 主要用于电力系统枢纽变电站、换流站	1. 容量和设置地点灵活 2. 用于电力系统枢纽变电站、换流站
运行要求和费用	1. 简单，运行维护要求低 2. 单位容量投资低 3. 运行费用最低	1. 运行维护工作量 大 2. 单位容量投资大 3. 运行费用最大	1. 运行维护技术水平 要高 3. 单位容量投资大 4. 运行费用次之

由上表可见，采用并联电容器进行无功补偿是一种投资少、施工简单、见效快的补偿方式，它可以很方便的就地控制电容投切，以减少线损，消除无功馈乏给系统带来的负面影响。所以我们选用并联电容器来补偿。

并联电容器的装设方式有高压集中补偿，低压集中补偿和单独就地补偿三种。其中高压集中补偿补偿范围小，只能补偿总降压变电所的 10KV 母线之前的供配电系统中由无功功率产生的影响，而对无功功率在企业内部的供配电系统中

引起的损耗无法补偿，因此不选用。低压集中补偿补偿范围较大，能使变压器的视在功率减小，从而使变压器的容量可选得较小，因此比较经济。单独就地补偿投资较大，电容器的利用效率较低。 综上所述，我们选择 BSMJ0.4-14-3 型电容器进行低压集中补偿如图 1.1 所示：



图 3.1 BSMJ0.4-14-3 型电容器

BSMJ0.4-14-3 型电容器符合 GB12747.1-2004 和 IEC60831-1996 标准，使用条件如下：

室内使用

温度类别：-25 ~ 50

湿度：小于 85%RH

海拔高度：2000 米以下

安装场所：无有害气体和蒸气，无导电性或爆炸性尘埃，无剧烈振动。

通风散热：设置两个以上的电容器时，间距 >25mm 以上。夏季温度较高时应采取有效的散热措施。

BSMJ0.4-14-3 型电容器主要特点如下：

1. 体积小、重量轻：由于使用金属化聚丙烯薄膜新材料作为介质，体积、重量公为老产品的 1/4 或 1/5。

2. 损耗低：实际值低于 0.10%，所以电容器自身能耗很低，发热小，温升高，工作寿命长，节能效果更佳。

3. 优良的自愈性能，过电压所造成的介质局部击穿能迅速自愈，恢复正常工作，使可靠性大为提高。

4. 安全性：内装自放电电阻和保险装置。内装放电电阻能使电容器上所储的电能自动泄放掉；当电容器发生故障时，保险装置能及时断开电源，避免故障的进一步发展，确保使用安全

5. 不漏油：本电容器采用先进的半固体浸渍剂，滴熔点高于 70，在使用过程中不漏油，避免了环境污染，电容器也不会因漏油而失效。

技术指标

额定电压：400VAC

额定容量：14kvar

容量允差：-5 ~ +10%

损耗角正切值：低于 0.10%

极间耐电压：2.15Un.2s

极壳间耐压：3kV(AC)10s

绝缘性：极壳间 500VDC 1分钟大于 1000M

最高过电流：额定电流的 130%

自放电特性：断开电源 3 分钟后，剩余电压降至 50V 以下

电力部门规定，无带负荷调整电压设备的工厂 $\cos\phi$ 必须在 0.9 以上。为此，一般工厂均需安装无功功率补偿设备，以改善功率因数。要求在高压侧的功率因数不低于 0.9，而变压器的无功损耗远大于有功损耗，故在低压侧补偿时应要求低压侧的功率因数大于 0.95，因此在功率补偿时，暂定低压侧功率因数为 0.95，这样也满足低压侧的功率因数大于 0.86。（由负荷关系和负荷计算可知，由于厂房有二级负荷，所以需要两回 10kV 进线，供给各个分厂的四台 10/0.4KV 降压变压器）

3.2 无功补偿计算

根据供电协议的功率因数要求，取补偿后的高压侧功率因数 $\cos\phi \geq 0.9$ ，各个补偿的容量计算如下：

低压 0.4KV 侧：

NO.1 变压器

补偿前的无功功率： $Q_{303} = K * Q_{30} = 576.2 \text{ kvar}$

补偿后的有功功率不变，为： $P_{303} = K * P_c = 647.1 \text{ KW}$

$$\text{补偿前功率因数 } \cos\phi = \frac{P_{303}}{S_{30}} = 0.7468$$

补偿后功率因数 $\cos\phi' = 0.95$

需要补偿的无功功率：

$$Q_c = Q_{303} - Q_{30}' = P_{303} (\tan\phi - \tan\phi') = 363.51 \text{ Kvar}$$

补偿电容器的个数为 $n = Q_c / q_c = 363.51 / 14 \approx 26$ ，取 $n = 26$

补偿后的无功功率： $Q_{302}' = Q_{303} - Q_c = 212.2 \text{ Kvar}$

$$\text{补偿后的视在容量： } S_{30}' = \sqrt{P_{303}^2 + (Q_{303} - Q_c)^2} = 681 \text{ KVA}$$

$$\text{补偿后的计算电流： } S_{30}' / \sqrt{3} U_N = 681 / (\sqrt{3} \times 0.4) = 982.94 \text{ A}$$

NO.2 变压器

补偿前的无功功率： $Q_{303} = K * Q_{30} = 558.73 \text{ kvar}$

补偿后的有功功率不变，为： $P_{303} = K * P_c = 760.7286 \text{ KW}$

$$\cos \varphi = \frac{P_{303}}{S_{30}} = 0.806$$

补偿前功率因数

$$\cos \varphi' = 0.95$$

补偿后功率因数

需要补偿的无功功率：

$$Q_C = Q_{303} - Q_{30}' = P_{303} (\tan \varphi - \tan \varphi') = 307.69 \text{ Kvar}$$

$$\text{补偿电容器的个数为 } n = Q_C / qC = 307.69 / 14 \approx 22, \text{ 取 } n=22$$

$$\text{补偿后的无功功率： } Q_{302}' = Q_{303} - Q_C = 251.04 \text{ Kvar}$$

$$\text{补偿后的视在容量： } S_{30}' = \sqrt{P_{303}^2 + (Q_{303} - Q_C)^2} = 800.98 \text{ KVA}$$

$$\text{补偿后的计算电流： } S_{30}' / \sqrt{3} U_N = 681 / (3 \times 0.4) = 1154.7 \text{ A}$$

NO.3变压器

$$\text{补偿前的无功功率： } Q_{303} \text{ K} * Q_{30} = 175.67 \text{ kvar}$$

$$\text{补偿后的有功功率不变，为： } P_{303} \text{ K} * P_C = 234.23 \text{ KW}$$

$$\cos \varphi = \frac{P_{303}}{S_{30}} = 0.8$$

补偿前功率因数

$$\cos \varphi' = 0.95$$

补偿后功率因数

需要补偿的无功功率：

$$Q_C = Q_{303} - Q_{30}' = P_{303} (\tan \varphi - \tan \varphi') = 98.37 \text{ Kvar}$$

$$\text{补偿电容器的个数为 } n = Q_C / qC = 98.37 / 14 \approx 7, \text{ 取 } n=7$$

$$\text{补偿后的无功功率： } Q_{302}' = Q_{303} - Q_C = 77.67 \text{ Kvar}$$

$$\text{补偿后的视在容量： } S_{30}' = \sqrt{P_{303}^2 + (Q_{303} - Q_C)^2} = 246.77 \text{ KVA}$$

$$\text{补偿后的计算电流： } S_{30}' / \sqrt{3} U_N = 681 / (3 \times 0.4) = 356.18 \text{ A}$$

3.2 10kv 高压侧功率因数校验

变压器本身无功的消耗对变压器容量的选择影响较大，故应该先进行无功补偿才能选出合适的容量。

$$\text{取 } K_{\Sigma} = 0.9$$

$$P_{30\Sigma} = K_{\Sigma P} \Sigma P_{30}$$

$$Q_{30\Sigma} = K_{\Sigma Q} \Sigma Q_{30}$$

$$S_{30\Sigma} = \sqrt{P_{30\Sigma}^2 + Q_{30\Sigma}^2}$$

NO.1 变电所 :

$$S_{30\Sigma} = 681 \text{Kva}$$

考虑 15%裕量 : $\dot{S} = 681 \times (1 + 15\%) = 783.15 \text{kVA}$

根据《工厂供电》 308 页附表 1 选 SL-800/10 接线方式 Y/Y₀-12

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 = 3100 \text{W} \\ P_k = 12000 \text{W} \\ I_0 \% = 5.5\% \\ U_k \% = 4.5 \end{array} \right.$$

该变压器的参数为 :

$$\Delta P_T = 0.02 \times 681 = 13.62 \text{kW}$$

$$\Delta Q_T = 0.1 \times 681 = 68.1 \text{K var} = 48 \text{kVar}$$

高压侧有功功率 $P = 660.7 \text{kw}$

高压侧无功功率 $Q = 280.3 \text{kvar}$

高压侧总容量 $S = 717.71 \text{KVA}$

高压侧功率因数 $\cos \phi = 0.915 > 0.9$, 满足要求。

NO.2 变电所 :

$$S_{30\Sigma} = 800.98 \text{Kva}$$

考虑 15%裕量 : $\dot{S} = 800.98 \times (1 + 15\%) = 921.127 \text{kVA}$

根据《工厂供电》 308 页附表 1 选 SL-1000/10 接线方式 Y/Y₀-12

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 = 3700 \text{W} \\ P_k = 14500 \text{W} \\ I_0 \% = 5\% \\ U_k \% = 4.5 \end{array} \right.$$

该变压器的参数为 :

$$\Delta P_T = 0.02 \times 800.98 = 16.02 \text{kW}$$

$$\Delta Q_T = 0.1 \times 800.98 = 80.1 \text{K var} = 48 \text{kVar}$$

高压侧有功功率 $P=776.75\text{kw}$
 高压侧无功功率 $Q=330.83\text{kvar}$
 高压侧总容量 $S=844.27\text{KVA}$

高压侧功率因数 $\cos\phi = 0.92 > 0.9$, 满足要求。

NO.3变电所 :

$$S_{30} = 246.77\text{Kva}$$

考虑 15%裕量 : $S = 246.77 \times (1 + 15\%) = 283.79\text{kVA}$

根据《工厂供电》 308 页附表 1 选 SL-315/10 接线方式 Y/Y_0-12

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 = 1450\text{W} \\ P_k = 5600\text{W} \\ I_0\% = 6.5\% \\ U_k\% = 4 \end{array} \right.$$

该变压器的参数为 :

$$1821 \Delta Q_T = 0.1 \times 246.77 = 24.68\text{K var} = 48\text{kVar}$$

高压侧有功功率 $P=239.17\text{kw}$
 高压侧无功功率 $Q=102.35\text{kvar}$
 高压侧总容量 $S=260.15\text{KVA}$

高压侧功率因数 $\cos\phi = 0.919 > 0.9$, 满足要求。

高压侧总功率因数校验

$$P' = 660.72 + 776.75 + 239.17 = 1676.39\text{KW}$$

$$Q' = 280.3 + 330.83 + 102.35 = 713.48\text{KVar}$$

$$S' = \sqrt{P'^2 + Q'^2} = 1821.9\text{KVA}$$

$$\cos\phi = \frac{P'}{S'} = 0.92 > 0.9$$
 , 符合要求。

最后补偿结果如下表 3.2 所示。

表 3.2 最后补偿结果

序号	补偿前无功功率	理论补偿量	实际补偿量	补偿后剩余无功功率	补偿前功率因数	补偿后功率因数
	Q(kVar)	Q (kVar)	Qc(kVar)	Q (kVar)		

NO.1	576.2	363.51	364	212.2	0.7468	0.915
NO.2	558.73	307.69	208	250.73	0.806	0.92
NO.3	175.67	98.37	98	77.296	0.8	0.919
高压侧	1310.6			713.48	0.705	0.92

第四章 变压器台数，配电所和各车间变电所位置

4.1 变压器台数选择原则

(1) 应满足用电负荷对供电可靠性的要求。对供有大量一、二级负荷的变电所应采用两台变压器，对只有二级负荷，而无一级负荷的变电所，也可只采用一台变压器，并在低压侧架设与其他变电所的联络线。

(2) 对季节性负荷或昼夜负荷变动较大的工厂变电所，可考虑采用两台主变压器。

(3) 一般的三级负荷，只采用一台主变压器。

(4) 考虑负荷的发展，留有安装第二台主变压器的空间。

(5) 车间变电所中，单台变压器容量不宜超过 1000kVA，现在我国已能生产一些断流量更大和短路稳定度更好的新型低压开关电器，因此如车间负荷容量较大，负荷集中且运行合适时，也可以选用单台容量为 1250—2000KVA的配电变压器，这样可以减少主变压器台数及高压开关电器和电缆等。

(6) 对装设在二层楼以上的干式变压器，其容量不宜大于 630kVA。

4.2 变电所主变压器容量的选择原则

(1) 只装一台主变压器时 主变压器的额定容量 $S_{N.T}$ 应满足全部用电设备总的计算负荷 S_{30} 的需要，且留有余量，并考虑变压器的经济运行，即：

$$S_{N.T} \geq S_{30}$$

(2) 装有两台变压器时

每台主变压器的额定容量 $S_{N.T}$ 应同时满足以下两个条件：

$$S_{N.T} \geq (0.6 \sim 0.7) S_{30}$$

$$S_{N.T} \geq S_{30}(1+2)$$

其中 $S_{30}(1+2)$ ——计算负荷中的全部一、二级负荷。

3) 两台变压器的备用方式有明备用和暗备用两种。

明备用：两台变压器均按 100%的负荷选择（即一台工作，一台备用）。

暗备用：每台变压器都按最大负荷的 70%选择，正常情况下各承担 50%最大负荷，负荷率为 50%/70%≈70%，完全满足经济工作的要求。在故障情况下，由于 $\alpha \leq 0.75$ ，所以可以过负荷 1.4 倍，6 小时，连续 5 天，即 $1.4 \times 70\% \approx 100\%$ ，承担全部负荷。这种备用方式既能满足正常工作经济运行的要求，又能在故障情况下承担全部负荷，是比较合理的备用方式。

4) 适当考虑负荷的发展

应适当考虑进 5~10 年电力负荷的增长，留有一定余地。这里必须指出：电力变压器的额定容量 错误！未找到引用源。是在一定温度条件下的持续最大输出容量。如果安装地点的年平均气温时，则年平均气温每高出 1 摄氏度，变压器的容量相应的减小百分之一。

因此户外变压器的实际容量为：

$$S_T = \left(1 - \frac{\theta_{av} - 20}{100}\right) S_{NT}$$

对于户内变压器，由于散热条件较差，一般变压器室的出风口与进风口间约 15 摄氏度温差，从而使处在室中间的变压器环境温度要比室外变压器的环境温度高出大约 8°C，因此户内变压器的实际容量较之上式所计算的容量还要减小百分之八。

最后还必须指出：变电所主变压器台数和容量的最后确定，应结合主接线方案，经技术经济比较择优而定。

由于年平均温度及最高温度如下：

表 4.1

度	最热月平均最高温	年平均温度	最热月土壤平均温
	35	18	30

因为变压器都用在室内，故取 θ_{av} 高于室外 8 摄氏度（取其系数为 0.7）

$$S_T = \left(1 - \frac{\theta_{av} - 20}{100}\right) S_{N.T}$$

本厂设备有二级负荷，尤其 NO.3 变电所中有重要设备，停电将对经济产生重大影响。故 NO.3 变电所用两台变压器，并选为明备用。其余均为一台变压器，并从临近变电所母线上取出联络线，以供给本车间重要二级负荷，在故障时不至于长时间停电，对经济产生重大的影响和严重损失。

第五章 主接线设计

变配电所主接线是实现电能输送和分配的一种电气接线，对其主要有以下几个基本要求：

安全 主接线的设计应符合国家有关技术规范要求，能充分保证人身和设备安全；

可靠 应满足用电单位可靠性的要求；

灵活 能适应各种不同的运行方式，操作检修方便；
经济 设计简单，投资少，运行管理费用低，考虑节约电能和有色金属消耗量。

5.1 方案选择原则

- 1、当满足运行要求时，应尽量少用或不用断路器，以节省投资。
- 2、接在线路上的避雷器，不宜装设隔离开关；但接在母线上的避雷器，可与电压互感器合用一组隔离开关。
- 3、6~10KV固定式配电装置的进线侧，在架空线路或有反馈可能的电缆出线回路中，应装设线路隔离开关。
- 4、采用6~10KV熔断器负荷开关固定式配电装置时，应在电源侧装设隔离开关。
- 5、由地区电网供电的变配电所电源出线处，宜装设供计费用的专用电压、电流互感器。

5.2 变配电所主结线的选择原则

- (1). 当满足运行要求时，应尽量少用或不用断路器，以节省投资。
- (2). 当变电所有两台变压器同时运行时，二次侧应采用断路器分段的单母线接线。
- (3). 当供电电源只有一回线路，变电所装设单台变压器时，宜采用线路变压器组接线。
- (4). 为了限制配出线短路电流，具有多台主变压器同时运行的变电所，应采用变压器分列运行。
- (5). 接在线路上的避雷器，不宜装设隔离开关；但接在母线上的避雷器，可与电压互感器合用一组隔离开关。
- (6). 6~10KV固定式配电装置的出线侧，在架空线路或有反馈可能的电缆出线回路中，应装设线路隔离开关。
- (7). 采用6~10KV熔断器负荷开关固定式配电装置时，应在电源侧装设隔离开关。
- (8). 由地区电网供电的变配电所电源出线处，宜装设供计费用的专用电压、电流互感器（一般都安装计量柜）。
- (9). 变压器低压侧为0.4KV的总开关宜采用低压断路器或隔离开关。当有继电保护或自动切换电源要求时，低压侧总开关和母线分段开关均采用低压断路器。
- (10). 当低压母线为双电源，变压器低压侧总开关和母线分段开关采用低压断路器时，在总开关的出线侧及母线分段开关的两侧，宜装设刀开关或隔离触头。

5.3 各方案简述

方案一：只装有一台主变压器的总降压变电所主接线图
这种接线的一次侧无母线，二次侧采用单母线。

特点：

简单经济，可靠性不高。

适用范围：

只适用于三级负荷的工厂。

方案二：一、二次侧均采用单母线分段主接线

特点：

由于进线开关和母线分段开关均采用了断路器控制，操作十分灵活；供电可靠性较高，适用于大型企业的一、二级负荷供电。

适用范围：

适用于大中型企业的一、二级负荷供电。

方案三：一次侧采用内桥式接线，二次侧采用单母线分段

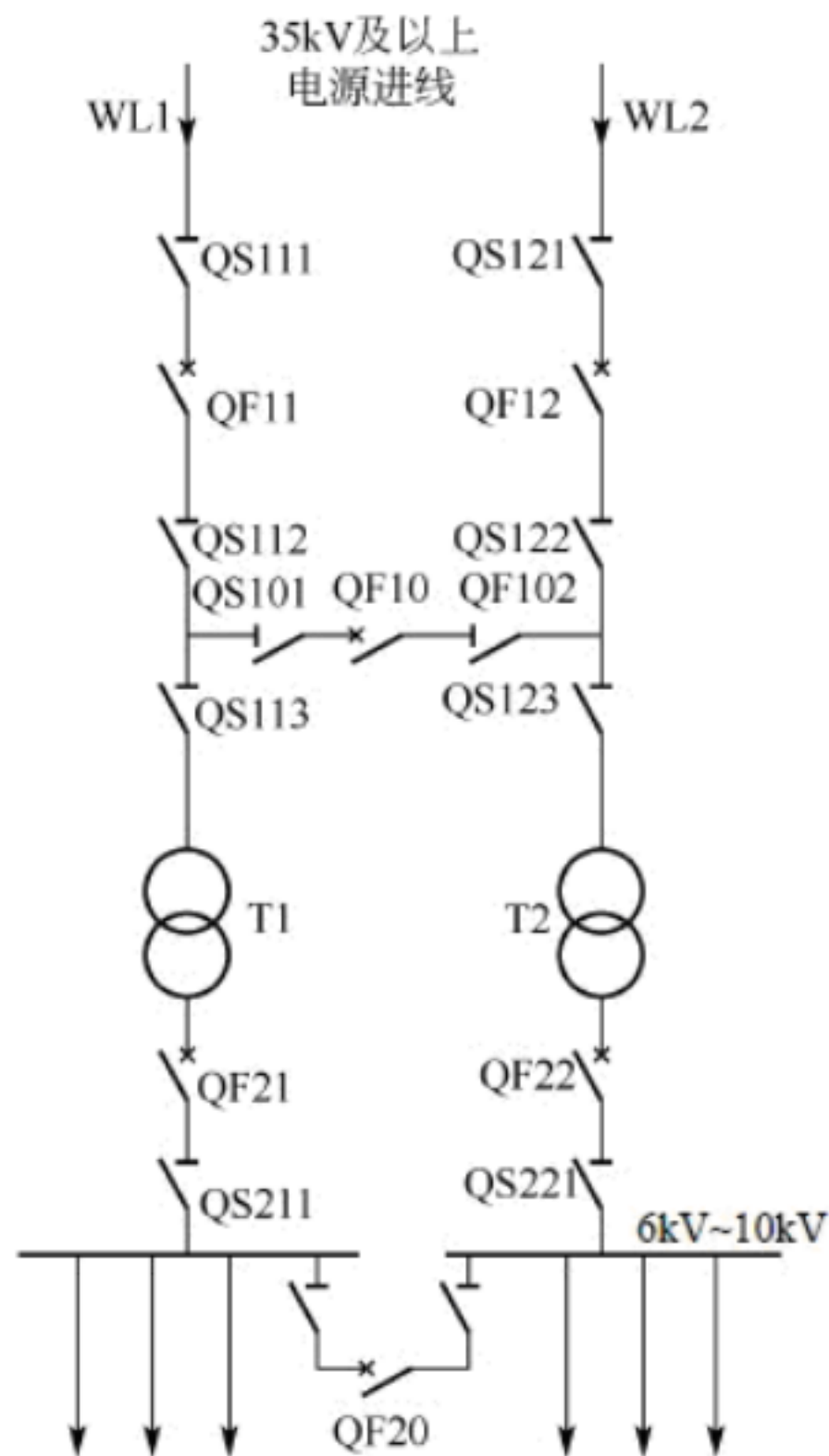


图 5-1 采用内桥式接线的总降压变电所主接线图

特点：

(1) 线路发生故障时，仅故障线路的断路器跳闸，其余支路可继续工作，并保持相互间的联系。

(2) 变压器故障时，联络断路器及与故障变压器同侧的线路断路器均自动跳闸，使未故障线路的供电受到影响，需经倒闸操作后，方可恢复对该线路的供电。

(3) 正常运行时变压器操作复杂。如需切除变压器 T1，应首先断开断路器 QF21、QF111 和联络断路器 QF10，再拉开变压器侧的隔离开关，使变压器停电。然后，重新合上断路器 QF21、QF111 和联络断路器 QF10，恢复线路 1WL 的供电。

适用范围：

适用于输电线路较长、线路故障率较高、穿越功率少和变压器不需要经常改变运行方式的场合。

方案四：一次侧采用外桥式接线，二次侧采用单母线分段

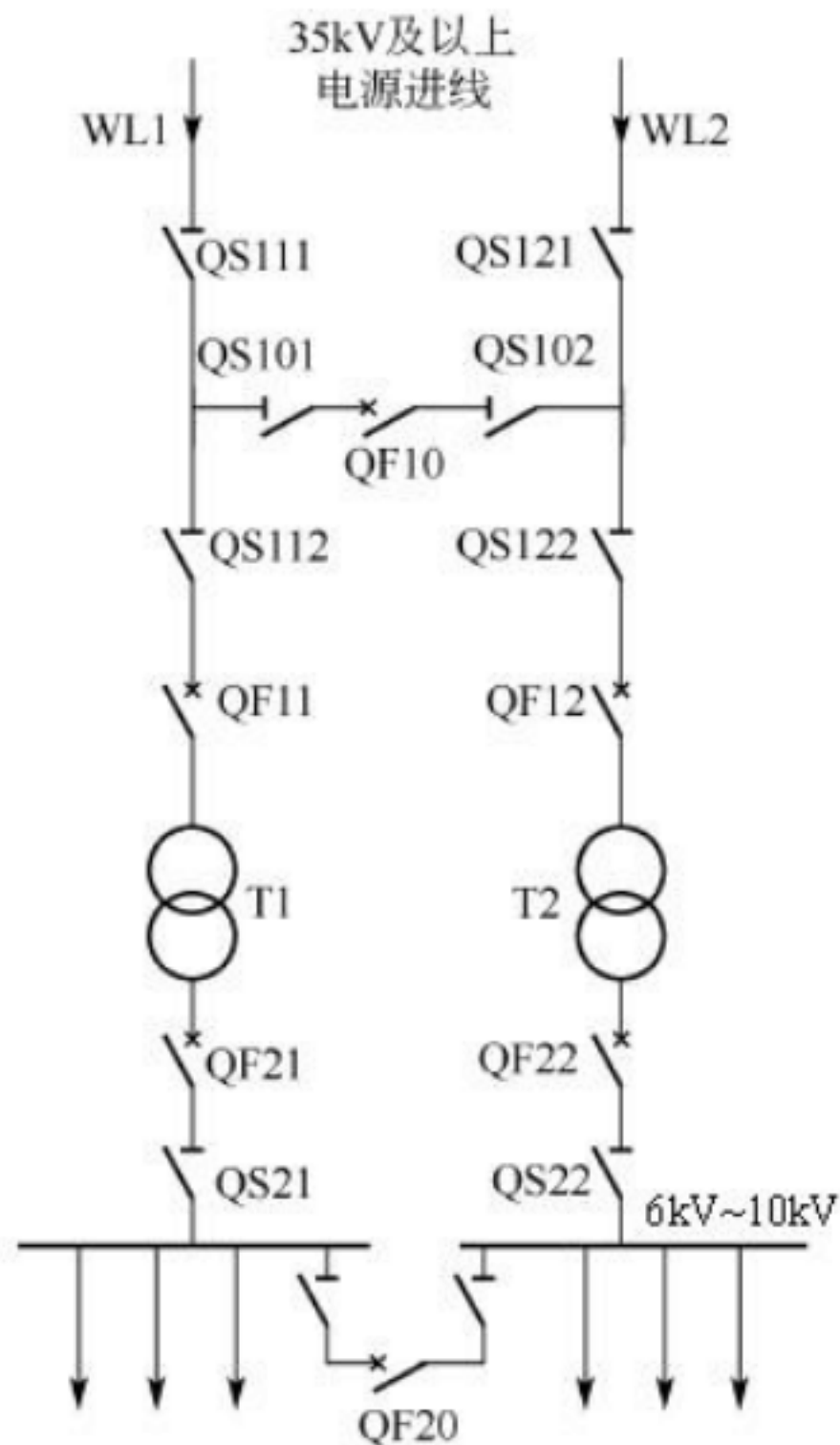


图 5-2 采用外桥式接线的总降压变电所主接线图

特点：

(1) 变压器发生故障时，仅跳故障变压器支路的断路器，其余支路可继续工作，并保持相互间的联系。

(2) 线路发生故障时，联络断路器及与故障线路同侧的变压器支

路的断路器均自动跳闸，需经倒闸操作后，方可恢复被切除变压器的工作。

(3) 线路投入与切除时，操作复杂，并影响变压器的运行。

适用范围：

该方案适用于线路较短、故障率较低、主变压器需按经济运行要求经常投切以及电力系统有较大的穿越功率通过桥臂回路的场合。

方案五：一、二次侧均采用单母线分段的总降压变电所主接线图

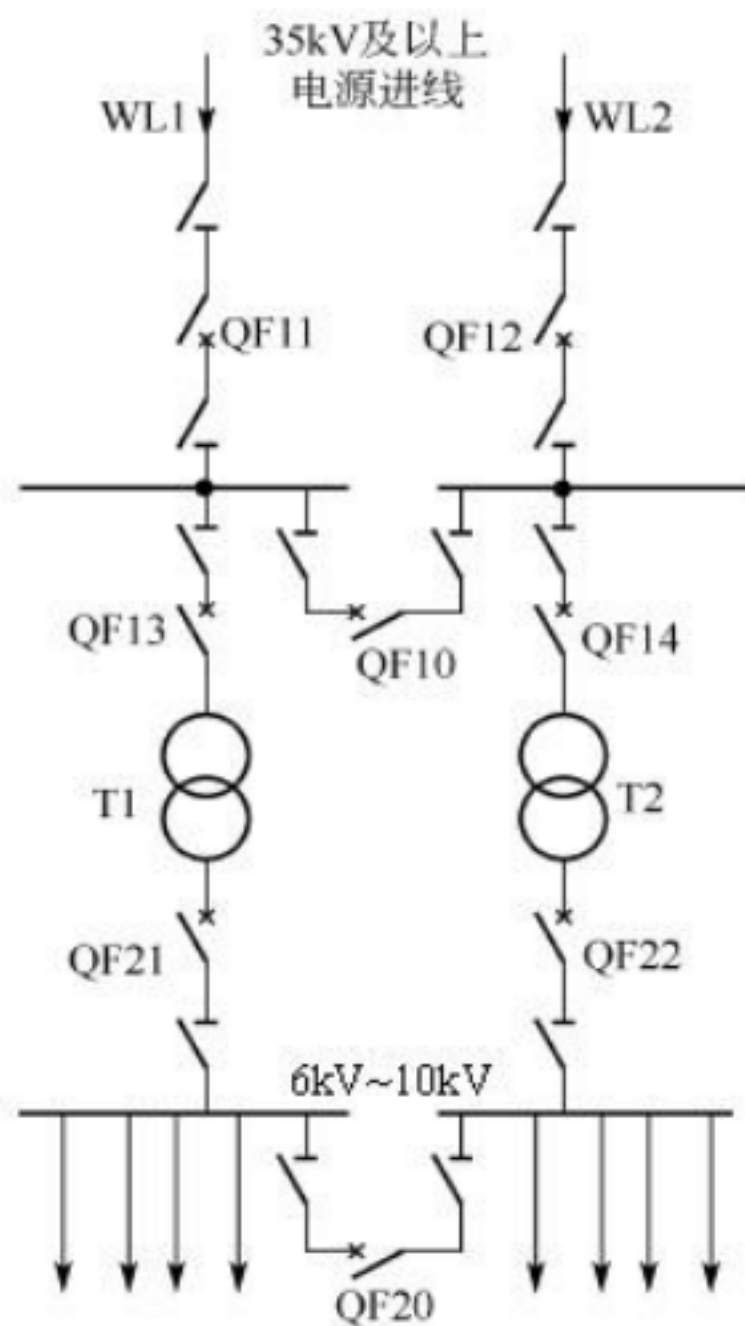


图 5-3 一、二次侧均采用单母线分段的总降压变电所主接线图

特点：

这种主接线兼有上述两种桥式接线运行灵活性的优点，但采用的高压开关设备较多。可供一、二级负荷。

适用范围：

适于一、二次侧进出线较多的总降压变电所。

方案六：一、二次侧均采用双母线的总降压变电所主接线图

特点：

采用双母线接线较之采用单母线接线，供电可靠性和运行灵活性大大提高，但开关设备也大大增加，从而大大增加了初投资。

适用范围：

双母线接线在工厂变电所中很少应用，主要应用于电力系统中的枢纽变电站。

因为该厂是二级负荷切考虑到经济因素故本方案采用 10kV 双回进线，单母线分段供电方式，在 NO.3 车变中接明备用变压器。采用这种接线方式的优点有

可靠性和灵活性较好，当双回路同时供电时，正常时，分段断路器可合也可开断运行，两路电源进线一用一备，分段断路器接通，此时，任一段母线故障，分段与故障断路器都会在继电保护作用下自动断开。故障母线切除后，非故障段可以继续工作。当两路电源同时工作互为备用时，分段断路器则断开，若任一电源故障，电源进线断路器自动断开，分段断路器自动投入，保证继续供电。

具体接线图附图 1。

第六章 短路电流的计算

短路是由绝缘损坏、过电压、外力损伤、违反操作规程、自然灾害等造成的。其危害在于产生很大的电动力、很高温度、元器件损坏；电压骤停、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、不平衡逆变磁场、电磁干扰等出现。

6.1 短路计算的目的

进行短路电流计算的目的是为了保证电力系统的安全运行，在设计选择电气设备时都要用可能流经该设备的最大短路电流进行热稳定校验和动稳定校验，以保证该设备在运行中能够经受住突发故障引起的发热效应和电动力效应的巨大冲击。同时，为了尽快切断电源对短路点的供电，采用了各种继电保护和自动装置，这些装置的整定计算也需要准确的短路电流数据

为了校验各种电气，必须找到可能出现的最严重的短路电流。经分析，发现在空载线路上且恰好当某一相电压过零时刻发生三相短路看，在该相中就会出现最为严重的短路电流。为了保证电力系统安全运行，选择电气设备时，要用流过该设备的最大短路电流进行热稳定校验和动稳定校验，以保证设备在运行中能够经受住突发短路引起的发热和点动力的巨大冲击。同时，为了尽快切断电源对短路点的供电，继电保护装置将自动地使有关断路器跳闸。继电保护装置的整定和断路器的选择，也需要短路电流数据。

6.2 短路电流计算方法：

此处采用标么值计算短路电流。具体公式如下：

基准电流
$$I_j = \frac{S_j}{\sqrt{3}U_{av}}$$

三相短路电流周期分量有效值
$$I_z^{(3)} = \frac{I_j}{X^* \Sigma}$$

三相短路容量的计算公式 $S_k^{(3)} = \frac{S_j}{X_{\Sigma}^*}$

在 10/0.4kV 变压器二次侧低压母线发生三相短路时，一般 $R_{\Sigma} < \frac{1}{3} X_{\Sigma}$ 。

6.3 短路电流的计算

取基准容量 $S_B = 100\text{MVA}$ 高压侧基准电压 $U_{av1} = 10.5\text{kV}$ ，低压侧基准电压 $U_{av2} = 0.4\text{kV}$

高压侧基准电流 $I_{j1} = \frac{S_B}{\sqrt{3}U_{av1}} = 5.5\text{kA}$ ，低压侧基准电流

$$I_{j2} = \frac{S_B}{\sqrt{3}U_{av2}} = 144.34\text{kA}$$

系统最小阻抗标么值 $X_{s\text{Max}}^* = \frac{S_B}{S_{\text{max}}} = 0.535$

系统最大标么值 $X_{s\text{min}}^* = \frac{S_B}{S_{\text{min}}} = 0.935$

变压器阻抗标么值：

$$\text{所以 } X_{T1}^* = \frac{U_k \% S_B}{100 S_{TN1}} = \frac{4.5}{100} \times \frac{100 \times 10^6}{800 \times 10^3} = 5.625$$

$$X_{T2}^* = \frac{U_k \% S_B}{100 S_{TN1}} = \frac{4.5}{100} \times \frac{100 \times 10^6}{1000 \times 10^3} = 4.5$$

$$X_{T3}^* = \frac{U_k \% S_B}{100 S_{TN3}} = \frac{4}{100} \times \frac{100 \times 10^6}{315 \times 10^3} = 12.7$$

总配进线： $X_L = 0.4 \times 0.5 = 0.2\Omega$

$$X_L^* = X_L \frac{S_B}{U_{av}^2} = 0.2 \times \frac{100}{10.5^2} = 0.18$$

最大运行方式下：

绘制等效电路图

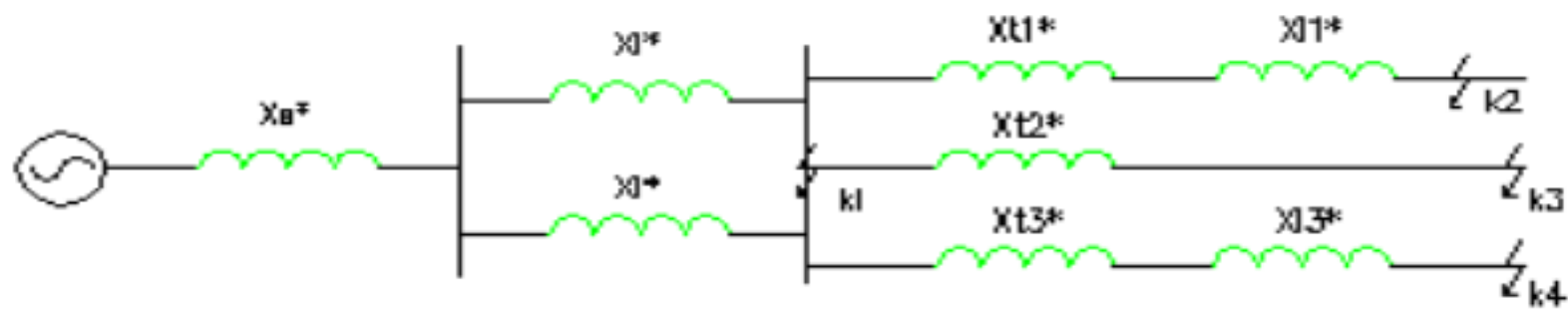


图 6-1 最大运行方式下等效电路图

对于 K_1 点发生三相短路：

$$X_{\Sigma}^* = 0.535 + \frac{1}{2} \times 0.18 = 0.625$$

$$I_j = \frac{S_j}{\sqrt{3}U_{av}} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 10.5} = 5.5 \text{ kA}$$

$$I_z^{(3)} = \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{5.5}{0.625} = 8.8 \text{ kA}$$

$$i_{sh}^{(3)} = 2.55 I_z^{(3)} = 22.43 \text{ kA}$$

$$I_{sh}^{(3)} = \frac{i_{sh}^{(3)}}{1.686} = 13.31 \text{ kA}$$

$$S_k^{(3)} = \frac{S_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{100}{0.625} = 160 \text{ MVA}$$

对于 K_2 点发生三相短路：

$$X_{\Sigma}^* = 0.535 + \frac{1}{2} \times 0.18 + 5.625 = 6.25$$

$$I_j = \frac{S_j}{\sqrt{3}U_{av}} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 0.4} = 144.34 \text{ kA}$$

$$I_z^{(3)} = \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{144.34}{6.25} = 23.09 \text{ kA}$$

$$i_{sh}^{(3)} = 1.84 I_z^{(3)} = 1.84 \times 23.09 = 42.5 \text{ kA}$$

$$I_{sh}^{(3)} = \frac{i_{sh}^{(3)}}{1.692} = \frac{42.5}{1.692} = 25.11 \text{ kA}$$

$$S_k^{(3)} = \frac{S_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{100}{6.25} = 16 \text{MVA}$$

对于 K_3 点发生三相短路：

$$X_{\Sigma}^* = 0.535 + \frac{1}{2} \times 0.18 + 4.5 = 5.125$$

$$I_j = \frac{S_j}{\sqrt{3}U_{av}} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 0.4} = 144.34 \text{kA}$$

$$I_z^{(3)} = \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{144.34}{5.125} = 28.16 \text{kA}$$

$$i_{sh}^{(3)} = 1.84 I_z^{(3)} = 1.84 \times 28.16 = 51.82 \text{kA}$$

$$I_{sh}^{(3)} = \frac{i_{sh}^{(3)}}{1.692} = \frac{51.82}{1.692} = 30.63 \text{kA}$$

$$S_k^{(3)} = \frac{S_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{100}{5.125} = 19.5 \text{MVA}$$

对于 K_4 点发生三相短路：

$$X_{\Sigma}^* = 0.535 + \frac{1}{2} \times 0.18 + 12.7 = 13.325$$

$$I_z^{(3)} = \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{144.34}{13.325} = 10.83 \text{kA}$$

$$i_{sh}^{(3)} = 1.84 I_z^{(3)} = 1.84 \times 10.83 = 19.93 \text{kA}$$

$$I_{sh}^{(3)} = \frac{i_{sh}^{(3)}}{1.692} = \frac{19.93}{1.692} = 11.78 \text{kA}$$

$$S_k^{(3)} = \frac{S_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{100}{13.325} = 7.5 \text{MVA}$$

最小运行方式下：

绘制等效电路图

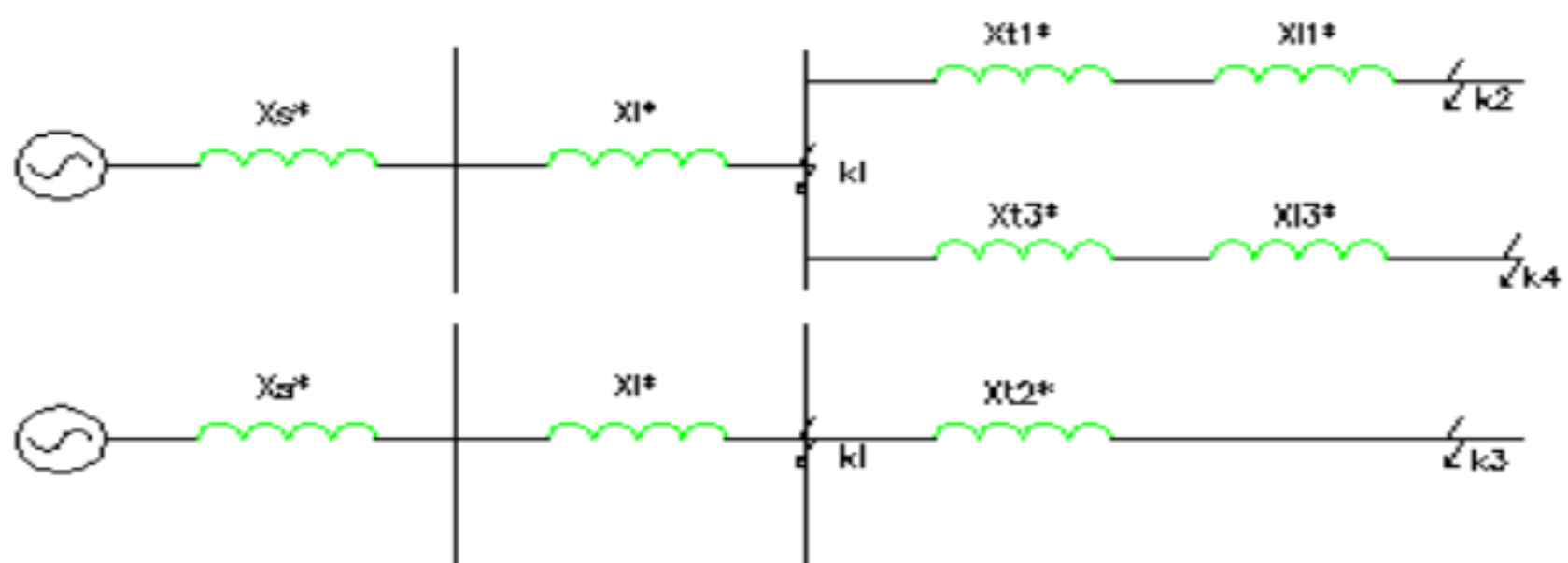


图 6-2 最小运行方式下等效电路图

对于 K_1 点发生三相短路：

$$X_{\Sigma}^* = 0.935 + 0.18 = 1.115$$

$$I_Z^{(3)} = \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{5.5}{1.115} = 4.93 \text{ kA}$$

$$i_{sh}^{(3)} = 2.55 I_Z^{(3)} = 2.55 \times 4.93 = 12.58 \text{ kA}$$

$$I_{sh}^{(3)} = \frac{i_{sh}^{(3)}}{1.686} = 7.46 \text{ kA}$$

$$S_k^{(3)} = \frac{S_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{100}{1.15} = 89.69 \text{ MVA}$$

对于 K_2 点发生三相短路：

$$X_{\Sigma}^* = 1.115 + 5.625 = 6.74$$

$$I_Z^{(3)} = \frac{I_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{144.34}{6.74} = 21.42 \text{ kA}$$

$$i_{sh}^{(3)} = 1.84 I_Z^{(3)} = 1.84 \times 21.42 = 39.4 \text{ kA}$$

$$I_{sh}^{(3)} = \frac{i_{sh}^{(3)}}{1.692} = 23.29 \text{ kA}$$

$$S_k^{(3)} = \frac{S_j}{X_{\Sigma}^*} = \frac{100}{6.74} = 14.84 \text{ MVA}$$

对于 K_3 点发生三相短路：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/285312333241011344>