

石家庄铁道学院毕业设计

大名化纤厂变配电系统设计

The Design of Chemical plant power supply and
distribution system for DAMING

2005 届 电气工程 分院

专 业 电气工程及其自动化

学 号 20013933

学生姓名 马立敏

指导教师 吴秋瑞

完成日期 2005 年 6 月 6 日

毕业设计任务书

题 目	大名化纤厂变配电系统设计				
专 业	电气工程及其自动化	班 级	电 0101-4 班	学生姓名	马立敏
承担指导任务单位	电气工程分院	导师姓名	吴秋瑞	导师职称	副教授
一、设计内容： 1、工厂厂区供电和配电网络的设计。 2、总降变电所及车间变电所的设计。 3、车间动力及照明线路的设计。 二、基本要求 1、根据进出线的负荷特点，供电方式，负荷计算，选变压器容量，短路计算，高压设备选择计算，设备选型。 2、继电保护：计算选型，整定，入线保护，变压器保护，出线保护。 3、防雷和接地装置设计。 4、完成主接线图，设备平面图，继电保护原理图，整定参数表等全套技术设计和部分图纸 8-10 张。 5、参考文献不低于 15 篇，其中外文 2 篇以上。翻译文献 5000 字文章，设计书正文不少于 1 万字，打印。 三、主要技术指标 1、纺炼车间中，纺丝机，功率：244 千瓦，$K_X = 0.8, \cos \Phi = 0.8$。 2、原液车间中，酸站，碱站，功率：21.7 千瓦，$K_X = 0.7, \cos \Phi = 0.75$。 四、应收集的资料及参考文献 1、 刘介才. 工厂供电：第三版. 北京：机械工业出版社，2000. 5 2、 刘介才. 现代电工技术手册. 北京：中国水利水电出版社，2002 3、 刘光源. 电工实用手册. 北京：中国电力出版社，2001 五、进度计划 1、2 月 24 日——3 月 31 日收集资料，生产实习，熟悉 R14, R15 软件，装机调试。 2、4 月 1 日——4 月 30 日完成技术设计计算，并出技术图纸。 3、5 月 1 日——5 月 31 日完成全部设计，图纸出全。 4、6 月 1 日——6 月 10 日整理设计书，准备答辩。 5、6 月 13 日准备答辩。					
教研组主任签字		时 间	年 月 日		

毕业设计开题报告

题 目	大名化纤厂变配电系统设计				
专 业	电气工程及其自动化	班 级	电 0101-4 班	学生姓名	马立敏
研究背景: 从 20 世纪 80 年代 220KV 及以上电压等级的电力系统全部采用进口保护, 到现在 220KV 电力系统继电保护基本国产化, 反映了继电保护技术在我国的发展和国产继电保护设备的明显优势。 国内研究现状: 当前, 在我国电力工业持续、快速发展, 市场化改革在探索中前进, 西电东送, 南北互供, 全国互连网大格局正在形成。继电保护和电力系统自动化更加成为保证电力系统安全运行、提高供电质量、减少事故损失的最直接、最有效的手段, 保障在电力系统发生故障时, 缩小事故范围, 防止发展成为电网崩溃和大面积停电事故。 研究方法: 通过自己所学的相关课程, 如工厂供电, 自动控制原理数字电路、模拟电路电子线路 CAD 以及控制电机等; 以及通过借阅图书馆相关资料和上网收集相关课题信息; 最后到实地进行考察, 如参观一些生产电器设备的企业, 或者去参观新型小区的供配电系统。 主要工作: 负荷计算、 变压器选择、供配电线路设计计算、电线电缆截面及电压损失计算、短路电流计算、变电所配电装置及继电保护装置设计计算, 电气设备的选择、配电系统的自动化及过电压保护、接地以及绘制系统的的主接线方案等。进行负荷计算时, 应将不同工作制的用电设备的额定功率换算为统一的计算功率, 采用二项式法和需要系数法。					
指导教师签字		时 间	年 月 日		

毕业设计评语及成绩

学生姓名	马立敏	专业	电气工程及其自动化	班 级	电 0101-4	学 号	20013933
毕业设计题目	大名化纤厂变配电系统设计						
指导教师姓名	吴秋瑞			指导教师职称	副教授		
指导教师评语:							
专家评语:							
签字: 年 月 日							
答辩小组意见:							
答辩小组组长签字: 年 月 日							
成绩:							
院长(主任) 签字: 年 月 日							

1 绪论

1.1 工厂供电的意义和要求

工厂供电就是指工厂所需电能的供应和分配，即工厂配电。

工厂供电工作要很好的为工业生产服务，切实保证工厂和生活用电的需要，并做好节能工作，就必须达到下列基本要求。

- (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 供电系统的投资要省，运行费用要低，并尽可能的节约电能和减少有色金属。

在供电工作中，应合理的处理局部和全局、当前和长远关系，既要照顾局部和当前的利益，又要有全局观点，能顾全大局，适应发展。对于大型工厂及某些电源进线电压为 35KV 及以上的中型工厂，通常经过两次降压，先经过总降压变电所，其中有较大容量的电力变压器，将 35KV 及以上的电源电压降为 10KV 的配电电压，然后通过 10KV 的高压配电线将电能送到各个车间变电所。

1.2 工厂变配电所的任务

配电所的任务就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。变电所担负着从电力系统受电，经过变压，然后分配电能的任务。配电所担负着从电力系统受电，然后直接分配电能的任务。变配电所是工厂供电系统的枢纽，在工厂中占有特殊重要的地位。

变配电所的总体布置，应满足以下要求：

- (1) 便于维护和检修 有人值班的变电所应设单独的值班室。值班室应尽量靠近高低压配电室且有门直通。

- (2) 保证运行安全 值班室不得有高压设备。值班室的门应朝外开，高低压配电室和电容器室的门应朝值班室开或朝外开。
- (3) 便于进出线 如果是架空进线，则高压配电室宜位于进线侧。考虑到变压器低压出线通常是采用矩形裸母线，因此变压器的安装位置，宜靠近低压配电室。
- (4) 节约土地和建筑费用 值班室可与低压配电室合并，这时低压配电室面积应适当增大，以便于值班桌或控制台，以满足值班工作要求。
- (5) 适应发展要求 变压应考虑到扩建时有更换大一级容量变压器的可能。高低压配电室内均应留有适当数量的开关柜的备用位置。既要考虑到变配电所留有扩建的余地，又要不妨碍工厂或车间今后的发展。

1.3 电气平面布置

电气平面布置要求布局合理、占地面积小，并便于设备的检修、维护。

小型化变电所采用全户外布置，为达到整体布局合理、减少占地面积，35kV 及 10kV 均采用半高型布置方式；进站道路设在 35kV 及 10kV 配电装置之间，便于设备运输，道路宽度为 3.5 米；变压器与 10kV 配电装置布置在一侧，利于设备的检修、维护。

结合目前变电所管理“无人值班化”发展趋势，为达到减员增效的目的，已逐步完成了从有人值班向有人值守、有人值守向无人值班变电所的设计过渡。

无人值班变电所具有以下几个优点：

- ◆ 采用无人值班管理模式能提高劳动生产率，减少人为误操作，提高运行可靠性；
- ◆ 随着电网复杂程度的提高，各级调度中心要求采集更多的信息，以便及时掌握电网及变电站的运行情况，而变电站实行无人值班的先决条件是必须具备“遥测、遥信、遥控、遥调”等“四遥”功能，从而使调度要求得到满足；
- ◆ 提高变电站的可控性，要求更多地采用远方集中控制、操作、反事故措施等；
- ◆ 利用当代计算机技术、通信技术等提供的先进技术装备，改变传统二次设备模式，简化系统，信息共享，减少占地面积，降低造价，小型化变电所只设 35 平方米左右控制室。无人值班变电所不需设宿舍，但需设一间休息室，供检修、巡视人员临时使用。

1.4 电力系统的中性点运行方式

在三相交流电力系统中，作为供电电源的发电机和电力变压器的中性点有三种运行方式：一种是电源中性点不接地，一种是电源中性点经阻抗接地，再一种是中性点直接接地或低电阻接地。

我国3~66KV特别是3~10KV系统，一般采用中性点不接地的运行方式。如果其单相接地电流大于一定数值时，则采用中性点经消弧线圈接地的运行方式；我国110KV即以上的系统，则都采用中性点直接接地的运行方式。

1.5 低压配电系统的接地形式

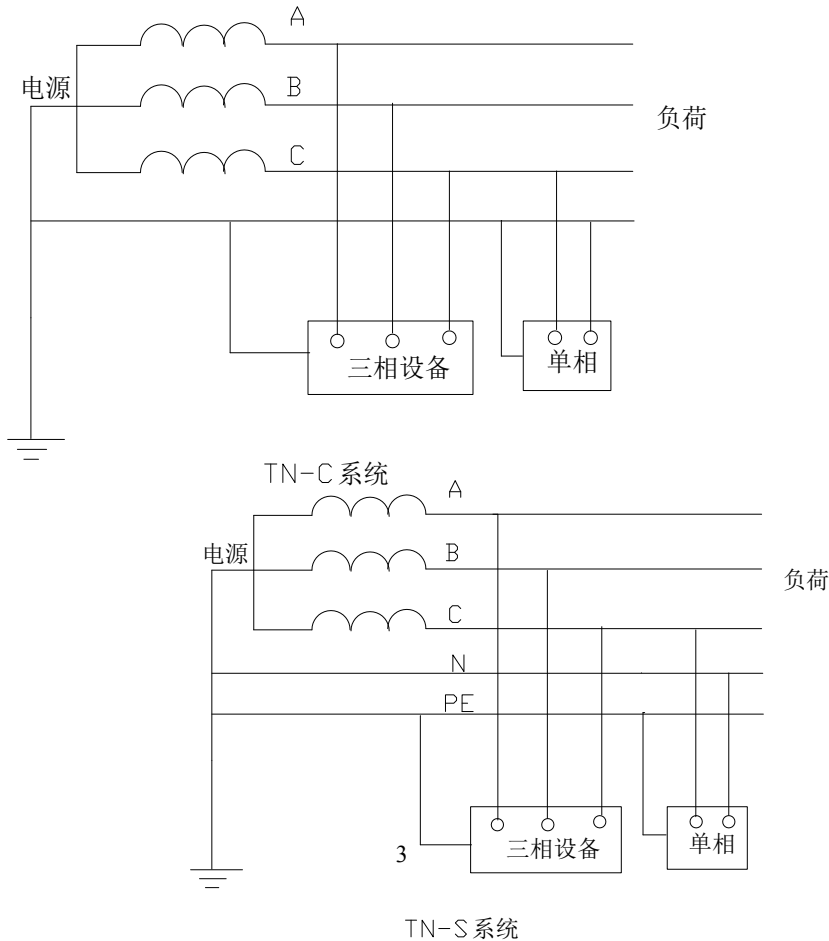
国家标准明确提出低压配电系统的保护接地型式有三种：

(1) TN系统 分三种安装类别，如图 1-1 所示。

- ◆ TN-S 系统
- ◆ TN-C 系统
- ◆ TN-C-S 系统

(2) TT 系统，如图 1-2 所示。

(3) IT 系统，如图 1-3 所示。



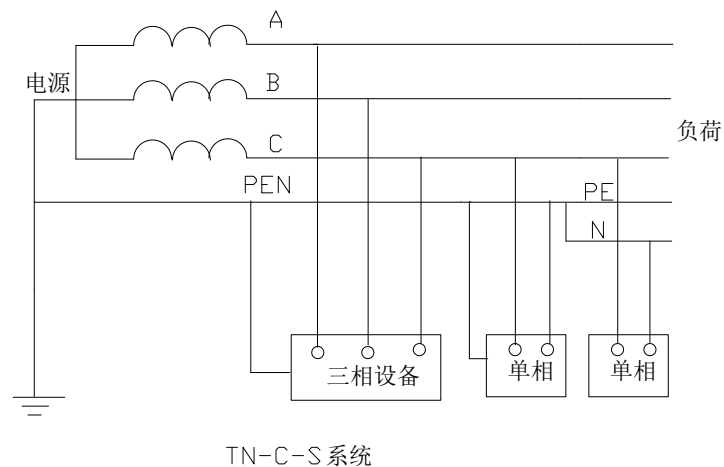
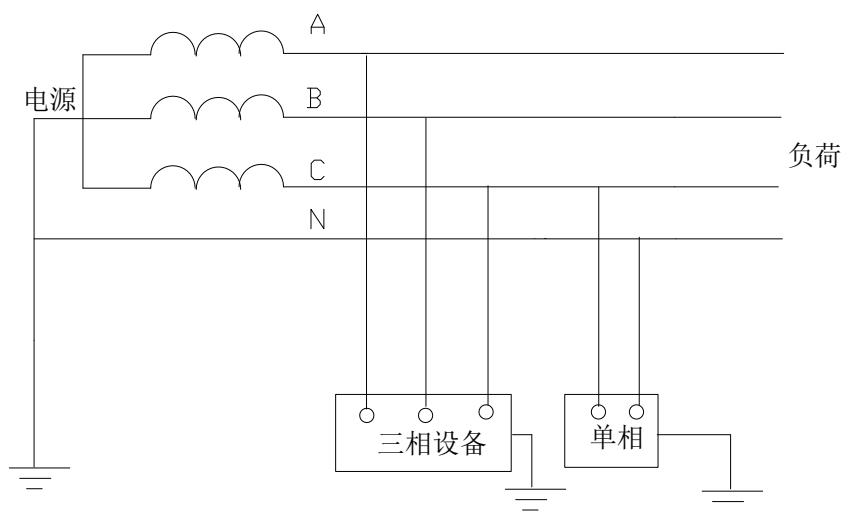


图 1-1 低压配电的 TN 系统



新规范是“以人为核心”，在保证“适用、安全、卫生、美观”的前提下，对安全方面提出了相当严格的要求。新规范明确规定了应采用 IT、TN—C—S 或 TN—S 等低压配电系统接地形式，并进行总等电位连接。

下面介绍不宜采用 TN—C 系统的原因，以及新规范中的三种低压配电系统的接地形式和故障防范。

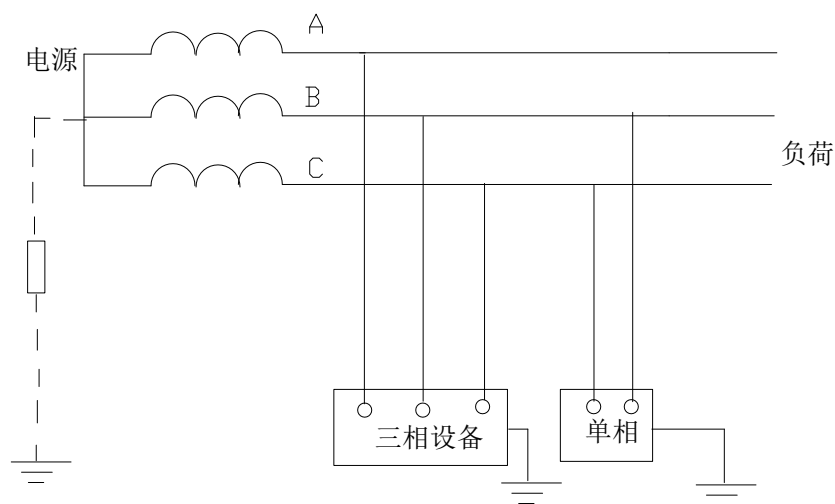


图1-3 低压配电的IT系统

(1) 不宜采用 TN—C 系统

用电设备的接地，一般分为保护性接地和功能性接地。保护性接地又分为接地和接零两种形式。所谓“接地”，是指用电设备外露可导电部分对地直接的电气连接。而接零则是指外露可导电部分通过保护线(PE)或 PEN 线与供电系统的接地点进行直接电气连接(交流系统中，接地点即为中性点)。

TN—C 系统被称为三相四线系统，整个系统的中性线(N)与保护线(PE)是合一的，称 PEN 线。由于 TN—C 系统中采用的是保护接零，即用电设备的外露可导电部分与 PEN 有良好的导线连接。当用电设备发生接地故障时，由于 PEN 线阻抗小，较大的短路电流使保护装置迅速动作，反应灵敏度高。但由于 TN—C 系统需要依靠 PEN 线中的不平衡电流来维持三相电压的均衡，所以 TN—C 系统一般适用于三相负荷较平衡的场合。目前，工厂中存在着大部分的单相设备和用户，难以实现三相负荷的平衡，PEN 线中将有较大的、不稳定的不平衡电流流过，而且大量用电设备(如日光灯)使用中产生的高次谐波也叠加到中性线 N 上，使中性点接地电位偏移。一旦 PEN 线发生断路故障或 PEN 线接触电阻增大时，中性点电位将严重地偏移，使用电设备外露可导电的金属外壳带电，造成电击事故的发生。而且接地故障最易引发电气火灾。所以不宜使用 TN—C 系统。

(2) 规范规定采用的供电系统

1、TT 系统亦为三相四线制

系统有一点直接接地，系统无 PE 线。用电设备的外露可导电部分保护 (PE) 线接至与电力系统接地点无直接关联的接地极上。TT 系统的特点是中性点 N 与保护接地线 PE 无一点电气连接，即 N 与 PE 线是分开的，适用于公共电网供电的用户，一般每个建筑楼各有单独的接地极和 PE 线。所以木管三相负荷是否平衡、中性线是否带电，PE 线均不会带电，用电设备外露导电部分亦不会带电，保证了使用安全。当用电设备发生单相接地故障时，由于 TT 系统单相短路保护的灵敏度比 IT 系统低 (TT 系统以大地为故障电流通路，与电源和 PE 线的接地电阻有关，故障电流小)，熔断器和断路器往往不能立即动作，造成设备外壳带电。所以必须采用漏电保护器来切断电源，才能提高 TT 系统触电保护的灵敏度，使 TT 系统更为安全可靠。

2、TN—S 系统，也称三相五线制系统该系统是三相四线加 PE 线的接地系统。整个系统的中性线 (N) 与保护线 (PE) 是分开的，用电设备外露可导电部分接到 PE 线上。一般当楼内有独立变电站时便采用 TN—S 系统。由于 TN—S 系统中性线 N 与保护接地线 PE 除在变压器中性点共同接地外，两线从变电站低压母线处便分开了，所以与 TT 系统一样，不管中性线 N 是否带电，PE 线均不带电，与跳线连接的设备外壳同样均不会带电。而且在 TN—S 系统，发生电气故障时，通过四线接地电流较大，一路熔断器、断路器都能动作切断电源 (灵敏度高)。因此，TN—S 接地系统明显提高了使用安全性。在用户配电箱内，PE 线与接地线排的总接地端子板连接。

3、TN—C—S 系统该系统有一点直接接地，用电设备的外露可导电部分通过保护线与接地点连接，系统中前一部分线路的中性线 N 与保护线 PE 是合一的，第二部分是 TN—S 系统，即 N 与 PE 线是分开的 (图 4)。采用 TN—C—S 系统时，当保护线与中性线分开后 (通常在住宅进户处) 就不能再合并 (中性线 N 绝缘水平应与相线相同)。因此在住宅中采用 TN—C—S 系统，实际上就成了 TN—S 系统。也即 PEN 线在进入用户配电箱后，配电箱内分设置了 N 端子板和 PE 端子板，N 和 PE 线进入住宅便互相分开不再有任何电气连接了。

(3) 接地故障的防范

接地故障不同于一般的电气短路故障。而是带电导体通过金属材料与大地发生的短路故障。由于接地故障比较隐蔽，经常是多次火灾发生的起因，而且往往还伴随接地故障而发生电击人身伤害事件。因此，为了人员的安全，有必要加强对接地故障的防范。

1、不能随意更改接地系统若原先采用的是 TN—C—S 系统 (100kVA 以上变压器，中性点接地电阻为 4Ω ，PE 四线接地电阻为 10Ω) 改变成为 TT 系统。当

发生用电设备金属外壳单相接地短路时，由于 PE 线未按 TT 系统的接地电阻要求接地，必将使设备金属外壳带上较高的电压(理论计算达 157V)，从而发生间接电击事故。

2、严禁 PE 线与 N 线连接若 PE 线与 N 线连接便成了 TN—C 系统，其不良后果前面已经讨论了。

3、总电源进线断路器，应具有漏电保护功能除空调电源外，其他电源插座电路应设置漏电保护装置。通过两级保护分别起到防电气火灾和防电击的作用。办公楼，宿舍内的用电器通常由插座供电，电源插座上应安装额定动作电流不大于 30mA 的快速漏电保护器，以防止电击造成的人身伤害事故。而当发生电弧性接地故障时，由于电弧有很大的阻抗，限制了接地故障电流，使断路器、熔断器不能及时切断电源，造成火灾。所以要在住宅的电源进线处安装额定动作电流为 300mA 的漏电保护器，并带有 0.15s 的延时，可以避免电气火灾的发生(低于 500mA 的电弧能量尚不足以引燃起火)。

4、作总等电位和局部等电位连接总等电位连接是将进线配电箱及 PE 总母线排、接地极引来的接地干线、建筑物的公共设施管道、建筑物的防雷接地汇接到进线配电箱的总接地端子板上。对特别潮湿的卫生间应作局部等电位连接措施来防止间接电击。

通过以上的防范措施，便可以有效避免由于接地故障所造成的电气火灾和人身电击事故的发生。

在本设计中包括电力负荷的计算，短路电流的计算，高低压设备的选择，导线电缆的选择，厂供电系统的过电流保护以及防雷接地等很多方面的问题。

2 负荷计算与无功补偿

2.1 电力负荷的概念

2.1.1 电力负荷

电力负荷又称电力负载，有两种含义：

电力负荷指耗用电能的用电设备或用电单位。

电力负荷指用电设备或用电单位所耗用的电功率或电流的大小。

电力负荷的分级：

按 GB50052—1995《供配电系统设计规定》，电力负荷根据其对供电可靠性的要求及中断供电造成的损失或影响分为三级。

一级负荷为中断供电将造成人身伤亡者；或中断供电将在政治、经济上造成重大损失者。

二级负荷为中断供电将在政治、经济上造成较大损失者。

三级负荷为一般电力负荷，指所有不属于一、二级负荷者。

2.1.2 各级电力负荷对供电电源的要求

由于一级负荷属重要负荷，如中断供电造成的后果十分严重，因此要求有两个电源供电，当其中一个电源发生故障时，另一个电源将不致同时受到损坏。

一级负荷中特别重要的负荷，除上述两个电源外，还必须增设应急电源。为保证对特别重要负荷的供电，严禁将其他负荷接入应急供电系统。

二级负荷也属于重要负荷，要求由两回路供电，供电变压器也应有两台。在其中一回路或一台变压器发生常见故障时，二级负荷应不致中断供电，或中断后能迅速恢复供电。

三级负荷属不重要的一般负荷，对供电电源无特殊要求。

2.2 负荷计算

纺丝机： $K_d = 0.8$ ， $\cos \Phi = 0.8$ ， $\tan \Phi = 0.75$ ， $P_e = 244KW$

$$P_{30} = 0.8 \times 244KW = 195.2KW$$

$$Q_{30} = 195.2 \times 0.75 = 146.4k \text{ var}$$

筒搅机: $K_d = 0.7$, $\cos \Phi = 0.75$, $\tan \Phi = 0.88$, $P_e = 151.6KW$

$$P_{30} = 0.7 \times 151.6KW = 106.12KW$$

$$Q_{30} = 106.12 \times 0.88 = 93.39k \text{ var}$$

烘干机: $K_d = 0.7$, $\cos \Phi = 0.7$, $\tan \Phi = 1.02$, $P_e = 72KW$

$$P_{30} = 0.7 \times 72KW = 50.4KW$$

$$Q_{30} = 50.4KW \times 1.02 = 51.4k \text{ var}$$

淋洗机: $K_d = 0.8$, $\cos \Phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, $P_e = 3.7KW$

$$P_{30} = 0.8 \times 3.7KW = 2.96KW$$

$$Q_{30} = 2.96KW \times 0.75 = 2.22k \text{ var}$$

脱水机: $K_d = 0.5$, $\cos \Phi = 0.75$, $\tan \Phi = 0.88$, $P_e = 14KW$

$$P_{30} = 0.5 \times 14KW = 7KW$$

$$Q_{30} = 7KW \times 0.88 = 6.16k \text{ var}$$

通风机: $K_d = 0.75$, $\cos \Phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, $P_e = 232KW$

$$P_{30} = 0.75 \times 232KW = 174KW$$

$$Q_{30} = 174KW \times 0.75 = 130.5k \text{ var}$$

传送机带: $K_d = 0.75$, $\cos \Phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, $P_e = 11.8KW$

$$P_{30} = 0.75 \times 11.8KW = 8.85KW$$

$$Q_{30} = 8.85KW \times 0.75 = 6.64k \text{ var}$$

深水泵: $K_d = 0.75$, $\cos \Phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, $P_e = 28KW$

$$P_{30} = 0.75 \times 28KW = 21KW$$

$$Q_{30} = 8.85KW \times 0.75 = 6.64k \text{ var}$$

变频器: $K_d = 0.8$, $\cos \Phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, $P_e = 800KW$

$$P_{30} = 0.8 \times 800KW = 640KW$$

$$Q_{30} = 640KW \times 0.75 = 480k \text{ var}$$

碱站: $K_d = 0.7$, $\cos \Phi = 0.75$, $\tan \Phi = 0.88$, $P_e = 21.7KW$

$$P_{30} = 0.7 \times 21.7KW = 15.19KW$$

$$Q_{30} = 15.19KW \times 0.88 = 3.37k \text{ var}$$

冷冻: $K_d = 0.75$, $\cos \Phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, $P_e = 266.4KW$

$$P_{30} = 0.75 \times 266.4KW = 199.8KW$$

$$Q_{30} = 199.8KW \times 0.75 = 149.85k \text{ var}$$

空调: $K_d = 0.7$, $\cos \Phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.88$, $P_e = 100KW$

$$P_{30} = 0.7 \times 100KW = 70KW$$

$$Q_{30} = 70KW \times 0.88 = 61.6k \text{ var}$$

工艺设备: $K_d = 0.75$, $\cos \Phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, $P_e = 708.3KW$

$$P_{30} = 0.75 \times 708.3KW = 531.23KW$$

$$Q_{30} = 531.2KW \times 0.75 = 398.42k \text{ var}$$

酸站: $K_d = 0.6$, $\cos \Phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, $P_e = 205.5KW$

$$P_{30} = 0.6 \times 205.5KW = 123.3KW$$

$$Q_{30} = 123.3KW \times 0.75 = 92.48k \text{ var}$$

锅炉房: $K_d = 0.75$, $\cos \Phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, $P_e = 204.2KW$

$$P_{30} = 0.75 \times 204.2KW = 153.15KW$$

$$Q_{30} = 153.15KW \times 0.75 = 114.86k \text{ var}$$

排毒机房: $K_d = 0.75$, $\cos \Phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, $P_e = 200KW$

$$P_{30} = 0.75 \times 200KW = 150KW$$

$$Q_{30} = 150KW \times 0.75 = 112.5k \text{ var}$$

其他附属车间: $K_d = 0.7$, $\cos \Phi = 0.75$, $\tan \Phi = 0.88$, $P_e = 150KW$

$$P_{30} = 0.7 \times 150KW = 105KW$$

$$Q_{30} = 105KW \times 0.88 = 92.4k \text{ var}$$

总计算负荷: 取 $K_p = 0.95$, $K_q = 0.97$

$$P_{30} = 0.95 \times (195.2 + 106.12 + 50.4 + \square + 105)KW = 2425.54KW$$

$$Q_{30} = 0.97 \times (146.4 + 93.39 + 51.4 + \square + 92.4)k \text{ var} = 1908.9k \text{ var}$$

2.3 无功功率补偿

工厂中由于含有大量的感应电动机、电焊机、等感性负载从而使功率因数降低。如在充分发挥设备潜力、改善设备运行性能、提高其自然功率因数的情况下,尚达不到功率因数要求时,则需考虑人工补偿。

功率因数的提高与无功功率和视在功率变化的关系。假设功率因数由 $\cos \Phi$ 提高到 $\cos \Phi'$, 这时在负荷需要的有功功率 P_{30} 不变的条件下, 无功功率将由 Q_{30} 减小到 Q_{30}' , 视在功率将由 S_{30} 减小到 S_{30}' , 相应的负荷电流 I_{30} 也得减小,

这将使系统的电能损耗和电压损耗相应降低,既节约了电能,又提高了电压质量,而且可选较小容量的供电设备和导线电缆,因此提高功率因数对电力系统大有好处。

考虑全厂负荷的同时系数及变压器损耗后求得:

$$P_{30} = 425KW + 0.015 \times 3086KW = 2471.3KW$$

$$Q_{30} = 1909k \text{ var} + 0.06 \times 3086k \text{ var} = 2094.2k \text{ var}$$

$$S_{30} = \sqrt{2471.3^2 + 2094.2^2} KVA = 3239KVA$$

补偿到 0.9, 取 $\cos \Phi = 0.94$ 补偿容量为:

$$Q_C = P_{30} (\tan \arccos 0.763 - \tan \arccos 0.94) = 1196.7k \text{ var}$$

全厂总计算负荷为：

$$P_{30} = 2471.3KW, \quad Q_{30} = 2094.2k \text{ var} - 1196.7k \text{ var} = 897.5k \text{ var}$$

$$S_{30} = \sqrt{2471.3^2 + 897.5^2} KVA = 2629KVA$$

由此可以看出，在变电所低压侧装设了无功补偿补偿装置之后，由于低压侧总的视在计算负荷减小，从而可使变电所主变压器的容量选的小一些。可以减少电度电费的开支，从而使工厂获得一定的经济实惠。

各车间负荷分配如表 2-1 所示。

表 2-1 各车间负荷分配

车间名称	设备容量		计算负荷	
	$P_e(KW)$	$P_{30}(KW)$	$Q_{30}(k \text{ var})$	$S_{30}(KVA)$
纺炼车间	1557.1	1205.5	932.5	1524
原液车间	1096.4	816.2	623.2	1027
酸站	205.5	123.3	92.5	154.1
锅炉房	204.2	153.2	114.9	191.5
排毒机房	200	150	112.5	187.5
其他附属车间	150	105	92.4	139.9
考虑同时系数		2425	1909	3086
0.95 (有功)				
0.97 (无功)				
变压器损耗		46.3	185.2	
0.015 (有功)				
0.06 (无功)				
$\cos\Phi$ 补 偿 到			1116.9	
0.9 所需电容器容				
量				
全厂计算负荷		2471.3	897.5	2629

3 变配电所及主变压器的选择

3.1 变电所主变压器的选择

3.1.1 变压器的选择

电力变压器是变电所中最关键的一次设备，其主要功能是将电力系统中的电能电压升高或降低，以利用电能的合理输送、分配和使用。选择变电所主变压器台数时应考虑下列原则：

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，宜采用两台变压器，以便当一台变压器发生故障或检修时，另一台变压器能对一、二级负荷继续供电。对只有二级而无一级负荷的变电所，也可以只采用一台变压器，但必须在低压侧敷设与其它变电所向联的联络线作为备用电源。
2. 对季节性负荷或昼夜负荷变动较大而宜于采用经济运行方式的变电所，也可考虑采用两台变压器。
3. 除上述情况外，一般车间变电所宜采用一台变压器。但是负荷集中而容量相当大的变电所，虽为三级负荷，也可采用两台或以上变压器。
4. 在确定变电所主变压器台数时，应适当考虑负荷的发展，留有一定的余地。

3.1.2 变电所主变压器容量的选择

1. 只装一台主变压器的变电所

主变压器容量 S_T (设计中，一般可概略地当作其额定容量 $S_{N.T}$) 应满足全部用电设备计算负荷 S_{30} 的需要，即 $S_T \geq S_{30}$

2. 装有两台主变压器的变电所

每台变压器的容量 S_T (一般可概略地当作其额定容量 $S_{N.T}$) 应同时满足以下两个条件：

- a. 任一台变压器单独运行时，宜满足总计算负荷 S_{30} 额的大约 60%~70% 的需要，即 $S_T = (0.6 \sim 0.7) S_{30}$
- b. 任一台变压器单独运行时，应满足全部一、二级负荷 $S_{30(I+II)}$ 的需要，即

$$S_T \geq S_{30(I+II)}$$

由于车间负荷较大，并具有一类负荷，所以变电所采用两台变压器的供电方式。

(1) 纺炼车间与锅炉房由纺炼车间变电所供电。

纺炼车间变电所计算负荷：

$$P_{30} = 1205.5KW + 153.2KW = 1358.7KW$$

$$Q_{30} = 932.5k\text{ var} + 114.9k\text{ var} = 1047.4k\text{ var}$$

$$S_{30} = \sqrt{1358.7^2 + 1047.4^2} KVA = 1716KVA$$

其中一类负荷为：

$$P_{30} = 115.2KW + 640KW + 22.5KW = 777.7KW$$

$$Q_{30} = 86.4k\text{ var} + 480k\text{ var} + 16.95k\text{ var} = 583.4k\text{ var}$$

$$S_{30} = \sqrt{777.7^2 + 583.4^2} KVA = 970KVA$$

- (2) 原液车间、酸站、排毒机房以及其他附属车间由原液车间变电所供电

原液车间变电所计算负荷：

$$P_{30} = 816.2KW + 123.3KW + 150KW + 105KW = 1194.5KW$$

$$Q_{30} = 623.2k\text{ var} + 92.5k\text{ var} + 112.5k\text{ var} + 92.4k\text{ var} = 920.6k\text{ var}$$

$$S_{30} = \sqrt{1194.5^2 + 920.6^2} KVA = 1508KVA$$

其中一类负荷：

$$P_{30} = 10.5KW + 50.4KW + 150KW = 211KW$$

$$Q_{30} = 7.9k\text{ var} + 38k\text{ var} + 113k\text{ var} = 158.9k\text{ var}$$

$$S_{30} = \sqrt{211^2 + 158.9^2} KVA = 264.3KVA$$

- (3) 根据上述计算结果可知：纺炼车间变电所计算负荷1716KVA

其中一类负荷为970KVA

$$S_{N.T} \approx (0.6 \sim 0.7)S_{30} = 1029.6KVA \sim 1201.2KVA$$

$$S_{N.T} \geq S_{30} = 970KVA$$

选用两台 S9-1000/10 三相双绕组变压器

原液车间变电所计算负荷1508KVA，其中一类负荷264.3KVA，选用两台 S9-1000/10 三相双绕组变压器。

3.2 变电所位置的选择

该厂35KV总降压变电所地理位置的确定，必须考虑到进出线方便，并远离排毒机房的排毒塔，经当地供电局同意，设置在该厂东南角。35KV配电装置拟采用屋外型，10KV配电装置采用屋内型。纺炼、原液车间变电所地理位置如图3-1所示。

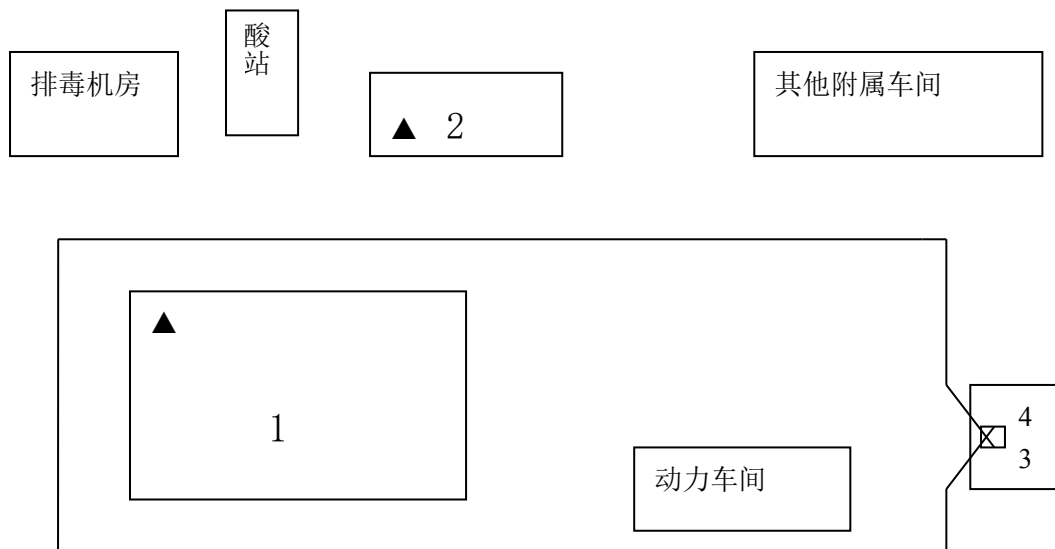


图 3-1 10KV 配电网络平面布置

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1. 纺炼车间变电所 ($2 \times 1000KVA$) | 3. 35KV 总降压变电所 ($2 \times 1600KVA$) |
| 2. 原液车间变电所 ($2 \times 1000KVA$) | 4. 10KV 配电室 |

3.3 变压器主接线方案的选择

主接线图也就是主电路图，是系统中输送和分配路线的电路图。对工厂变配电所的主接线方案有下列基本要求：

- ◆ 安全 应符合国家标准和有关技术规范的要求，能充分保证人身和设备的安全
- ◆ 可靠 应满足各级电力负荷对供电可靠性的要求。
- ◆ 灵活 能适应供电系统所需的各种运行方式，便于操作维护，并能适应负荷的发展。
- ◆ 经济 在满足上述要求的前提下，应尽量使主接线简单，投资少，运行费用低，并节约电能和有色金属消耗量，应尽量选用技术先进又经济适用的节能产品。

主接线图见附录 B 所示。

4 短路计算

4.1 短路的原因及后果

4.1.1 短路的原因

工厂供电系统要求正常的不间断的对用电负荷供电，以保证工厂生产和生活的正常进行。但由于各种原因，也难免出现故障，而使系统的正常运行遭到破坏。系统中最常见的故障就是短路。短路就是指不同电位的导电部分之间的低阻性短接。造成短路的主要原因：

- ◆ 是电器设备载流部分的绝缘损坏。
- ◆ 工作人员由于违反安全操作规程而发生误操作，或者误将低电压的设备接入较高电压的电路中，也可能造成短路。
- ◆ 鸟兽跨越在裸露的相线之间或相线与接地物之间，或者咬坏设备和导线电缆的绝缘。

4.1.2 短路的后果

- ◆ 短路时要产生很大的电动力和很高的温度，而使故障元件和短路电路中的其他元件损坏。
- ◆ 短路时短路电路中电压骤降，严重影响其中电气设备的正常运行。
- ◆ 短路时保护装置动作，要造成停电，而且越靠近电源，停电范围越大，造成的损失也越大。
- ◆ 严重的短路要影响电力系统运行的稳定性，并使并列运行的发电机组失去同步，造成解列。
- ◆ 不对称短路包括单相短路和两相短路，其短路电流将产生较强的不平衡交变磁场，对附近的通信线路、电子设备等产生干扰，影响其正常运行，甚至使之发生误动作。

4.2 绘制计算电路

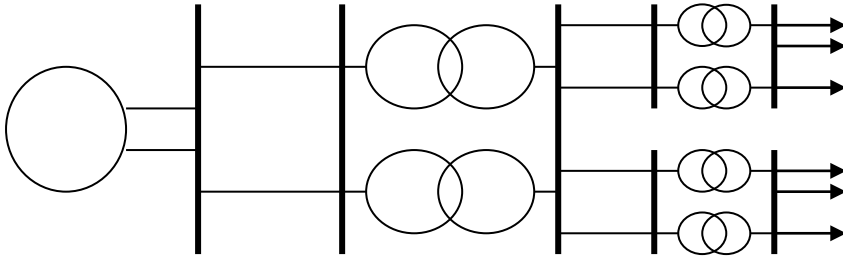


图 4-1 短路计算电路图

4.2.1 三相短路电流的计算

系统在最大运行方式下， $S_{d\max} = 200MVA$

1、求 K-1 点三相短路电流和短路容量($U_{C1} = 37KV$)

(1) 计算短路电路中各元件的电抗和总阻抗

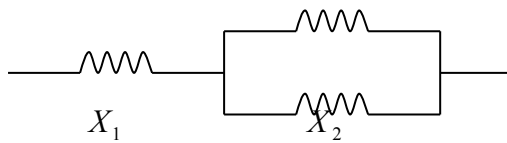
1) 电力系统的电抗

$$X_1 = \frac{U_{C1}^2}{S_{oc}} = \frac{(37KV)^2}{200MVA} = 6.845\Omega$$

2) 架空线路的电抗

$$X_2 = X_0 L = 0.4(\Omega / KM) \times KM = 1.2\Omega$$

3) 绘制 K-1 点短路的等效电路



$$X_{\Sigma(K-1)} = X_1 + \frac{X_2}{2} = 6.845\Omega + 0.6\Omega = 7.445\Omega$$

(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

$$I_{K-1}^{(3)} = \frac{U_{C1}}{\sqrt{3}X_{\Sigma(K-1)}} = \frac{37KV}{\sqrt{3} \times 7.445\Omega} = 2.87KA$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流有效值

$$I^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-1}^{(3)} = 2.87KA$$

3) 三相短路冲击电流及其有效值

$$i_{sh} = 2.55I^{(3)} = 2.55 \times 2.87KA$$

$$I_{\infty}^{(3)} = 1.51I^3 = 1.51 \times 2.87KA$$

4) 三相短路容量

$$S_{K-1}^{(3)} = \sqrt{3}U_{C1}I_{K-1}^{(3)} = \sqrt{3} \times 37KV \times 2.87KA = 183.9MVA$$

2、求 K-2 点三相短路电流和短路容量 $U_{C1} = 10.5KV$

(1) 计算短路电路中各元件的电抗和总阻抗

1) 电力系统的电抗

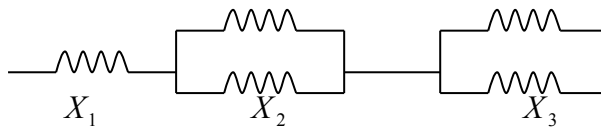
$$X_1 = \frac{U_{C2}^2}{S_{OC}} = \frac{(10.5KV)^2}{200MVA} = 0.55\Omega$$

2) 架空线路的电抗

$$X_2 = X_0 L \left(\frac{U_{C2}}{U_{C1}} \right) = 0.35(\Omega/KM) \times 3KM \times \left(\frac{10.5KV}{37KV} \right)^2 = 96.6 \times 10^{-3}\Omega$$

$$3) X_3 = X_4 = \frac{U_K \% U_{C2}^2}{100 S_N} = \frac{6.5}{100} \times \frac{(10.5KV)^2}{1600KVA} = 4.47 \times 10^{-3}\Omega$$

4) 绘制 K-2 点短路的等效电路



$$X_{\sum (K-1)} = X_1 + \frac{X_2}{2} + \frac{X_3}{2} = 0.55\Omega + 48.3 \times 10^{-3}\Omega + 2.235 \times 10^{-3}\Omega = 0.6\Omega$$

(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

$$I_{K-2}^{(3)} = \frac{U_{C2}}{\sqrt{3}X_{\sum (K-2)}} = \frac{10.5KV}{\sqrt{3} \times 0.6\Omega} = 10.1KA$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流有效值

$$I^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-2}^{(3)} = 10.1KA$$

3) 三相短路冲击电流及其有效值

$$i_{sh} = 2.55I^{(3)} = 2.55 \times 10.1KA = 25.8KA$$

$$I_{\infty}^{(3)} = 1.51I^3 = 1.51 \times 10.1KA = 15.2KA$$

4) 三相短路容量

$$S_{K-2}^{(3)} = \sqrt{3}U_{C2}I_{K-2}^{(3)} = \sqrt{3} \times 10.5KV \times 10.1KA = 183.7MVA$$

3、求 K-3 点三相短路电流和短路容量 ($U_{C3} = 0.4KV$)

(1) 计算短路电路中各元件的电抗和总阻抗

1) 电力系统的电抗

$$X_1 = \frac{U_{C3}^2}{S_{OC}} = \frac{(0.4KV)^2}{200MVA} = 8 \times 10^{-4} \Omega$$

2) 架空线路的电抗

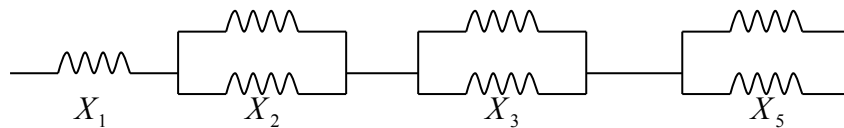
$$X_2 = X_0 L \left(\frac{U_{C3}}{U_{C1}} \right)^2 = 0.32(\Omega/KM) \times 3KM \times \left(\frac{0.4KV}{37KV} \right)^2 = 1.12 \times 10^{-4} \Omega$$

3) 电力变压器的电抗

$$X_3 = X_4 = \frac{U_K \% U_{C2}^2}{100S_N} = \frac{6.5}{100} \times \frac{(0.4KV)^2}{1600KVA} = 0.065 \times 10^{-4} \Omega$$

$$X_5 = X_6 = \frac{U_K \% U_{C3}^2}{100S_N} = \frac{4.5}{100} \times \frac{(0.4KV)^2}{1000KVA} = 0.072 \times 10^{-4} \Omega$$

4) 绘制 K-3 点短路的等效电路



$$X_{\Sigma(K-3)} = X_1 + \frac{X_2}{2} + \frac{X_3}{2} + \frac{X_5}{2} = 8 \times 10^{-4} \Omega + 0.56 \times 10^{-4} \Omega + 0.0325 \times 10^{-4} \Omega + 0.036 \times 10^{-4} \Omega = 8.63 \times 10^{-4} \Omega$$

(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

$$I_{K-3}^{(3)} = \frac{U_{C3}}{\sqrt{3}X_{\Sigma(K-3)}} = \frac{0.4KV}{\sqrt{3} \times 8.63 \times 10^{-4} \Omega} = 267.6KA$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流有效值

$$I^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-3}^{(3)} = 267.7KA$$

3) 三相短路冲击电流及其有效值

$$i_{sh} = 1.84I^{(3)} = 1.84 \times 267.6KA = 492.48KA$$

$$I_{\infty}^{(3)} = 1.09I^3 = 1.09 \times 267.6KA = 291.7KA$$

4) 三相短路容量

$$S_{K-3}^{(3)} = \sqrt{3}U_{C3}I_{K-3}^{(3)} = \sqrt{3} \times 0.4KV \times 267.6KA = 185.4MVA$$

4、求锅炉房 K-4 点三相短路电流和短路容量 ($U_{C3} = 0.4KV$)

(1) 计算短路电路中各元件的电抗和总阻抗

1) 架空线路的电抗 ($L = 0.05KM$)

$$X_5 = X_0L = 0.32(\Omega / KM) \times 0.05KM = 0.016\Omega$$

2) K-4 点短路的电抗

$$X_{\sum(K-4)} = X_{\sum(K-3)} + X_5 = 8.63 \times 10^{-3}\Omega + 0.016\Omega = 0.017\Omega$$

(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

$$I_{K-4}^{(3)} = \frac{U_{C4}}{\sqrt{3}X_{\sum(K-4)}} = \frac{0.4KV}{\sqrt{3} \times 0.017\Omega} = 13.6KA$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流有效值

$$I^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-3}^{(3)} = 13.6KA$$

3) 三相短路冲击电流及其有效值

$$i_{sh} = 1.84I^{(3)} = 1.84 \times 13.6KA = 25KA$$

$$I_{\infty}^{(3)} = 1.09I^3 = 1.09 \times 13.6KA = 14.8KA$$

4) 三相短路容量

$$S_{K-4}^{(3)} = \sqrt{3}U_{C4}I_{K-4}^{(3)} = \sqrt{3} \times 0.4KV \times 13.6KA = 9.42MVA$$

5、求酸站 K-5 点三相短路电流和短路容量 ($U_{C3} = 0.4KV$)

(1) 计算短路电路中各元件的电抗和总阻抗

1) 架空线路的电抗 ($L = 0.2KM$)

$$X_5 = X_0 L = 0.07(\Omega / KM) \times 0.2KM = 0.014\Omega$$

2) K-5 点短路的电抗

$$X_{\sum(K-5)} = X_{\sum(K-3)} + X_5 = 8.63 \times 10^{-3}\Omega + 0.014\Omega = 0.015\Omega$$

(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

$$I_{K-5}^{(3)} = \frac{U_{C4}}{\sqrt{3}X_{\sum(K-4)}} = \frac{0.4KV}{\sqrt{3} \times 0.015\Omega} = 15.4KA$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流

$$I^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-5}^{(3)} = 15.4KA$$

3) 三相短路冲击电流及其有效值

$$i_{sh}^{(3)} = 1.84I^{(3)} = 1.84 \times 15.4KA = 28.3KA$$

$$I_{sh}^{(3)} = 1.09I^{(3)} = 1.09 \times 15.4KA = 16.8KA$$

4) 三相短路容量

$$S_{K-5}^{(3)} = \sqrt{3}U_{C4}I_{K-5}^{(3)} = \sqrt{3} \times 0.4KV \times 15.4KA = 10.7MVA$$

系统在最小运行方式下, $s_{d\max} = 175MVA$

1、求 K-1 点三相短路电流和短路容量($U_{C1} = 37KV$)

(1) 计算短路电路中各元件的电抗和总阻抗

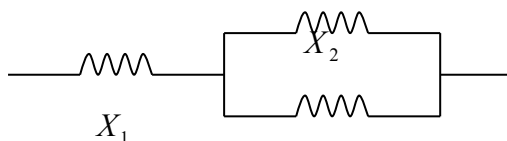
1) 电力系统的电抗

$$X_1 = \frac{U_{C1}^2}{S_{OC}} = \frac{(37KV)^2}{175MVA} = 7.82\Omega$$

2) 架空线路的电抗

$$X_2 = X_0 L = 0.4(\Omega / KM) \times 3KM = 1.2\Omega$$

3) 绘制 K-1 点短路的等效电路



$$X_{\sum (K-1)} = X_1 + X_2 = 7.82\Omega + 1.2\Omega = 9.02\Omega$$

(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

$$I_{K-1}^{(3)} = \frac{U_{C1}}{\sqrt{3}X_{\sum (K-1)}} = \frac{37KV}{\sqrt{3} \times 9.02\Omega} = 2.37KA$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流有效值

$$I^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-1}^{(3)} = 2.37KA$$

3) 三相短路冲击电流及其有效值

$$i_{sh} = 2.55I^{(3)} = 2.55 \times 2.37KA = 6.04KA$$

$$I_{\infty}^{(3)} = 1.51I^{(3)} = 1.51 \times 2.37KA = 3.58KA$$

4) 三相短路容量

$$S_{K-1}^{(3)} = \sqrt{3}U_{C1}I_{K-1}^{(3)} = \sqrt{3} \times 37KV \times 2.37KA = 151.88MVA$$

2、求 K-2 点三相短路电流和短路容量 $U_{C1} = 10.5KV$

(1) 计算短路电路中各元件的电抗和总阻抗

1) 电力系统的电抗

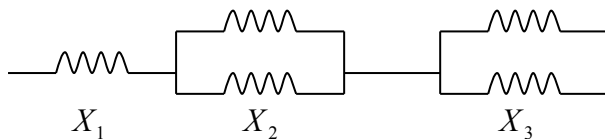
$$X_1 = \frac{U_{C2}^2}{S_{OC}} = \frac{(10.5KV)^2}{175MVA} = 0.63\Omega$$

2) 架空线路的电抗

$$X_2 = X_0 L \left(\frac{U_{C2}}{U_{C1}} \right)^2 = 0.35(\Omega / KM) \times 3KM \times \left(\frac{10.5KV}{37KV} \right)^2 = 96.6 \times 10^{-3}\Omega$$

$$3) X_3 = X_4 = \frac{U_K \% U_{C2}^2}{100 S_N} = \frac{6.5}{100} \times \frac{(10.5KV)^2}{1600KVA} = 4.47 \times 10^{-3}\Omega$$

4) 绘制 K-2 点短路的等效电路



$$X_{\sum (K-2)} = X_1 + X_2 + X_3 = 0.63\Omega + 96.6 \times 10^{-3}\Omega + 4.47 \times 10^{-3}\Omega = 0.731\Omega$$

(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

$$I_{K-2}^{(3)} = \frac{U_{C2}}{\sqrt{3}X_{\sum (K-2)}} = \frac{10.5KV}{\sqrt{3} \times 0.731\Omega} = 8.29KA$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流有效值

$$I^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-2}^{(3)} = 8.29KA$$

3) 三相短路冲击电流及其有效值

$$i_{sh} = 2.55I^{(3)} = 2.55 \times 8.29KA = 21.1KA$$

$$I_{\infty}^{(3)} = 1.51I^{(3)} = 1.51 \times 8.29KA = 12.5KA$$

4) 三相短路容量

$$S_{K-2}^{(3)} = \sqrt{3}U_{C2}I_{K-2}^{(3)} = \sqrt{3} \times 10.5KV \times 8.29KA = 150.8MVA$$

3、求 K-3 点三相短路电流和短路容量 ($U_{C3} = 0.4KV$)

(1) 计算短路电路中各元件的电抗和总阻抗

1) 电力系统的电抗

$$X_1 = \frac{U_{C3}^2}{S_{OC}} = \frac{(0.4KV)^2}{175MVA} = 9.14 \times 10^{-4}\Omega$$

2) 架空线路的电抗

$$X_2 = X_0L \left(\frac{U_{C3}}{U_{C1}} \right)^2 = 0.32(\Omega/KM) \times 3KM \times \left(\frac{0.4KV}{37KV} \right)^2 = 1.12 \times 10^{-4}\Omega$$

3) 电力变压器的电抗

$$X_3 = X_4 = \frac{U_K \% U_{C2}^2}{100S_N} = \frac{6.5}{100} \times \frac{(0.4KV)^2}{1600KVA} = 0.065 \times 10^{-4}\Omega$$

$$X_5 = X_6 = \frac{U_K \% U_{C3}^2}{100S_N} = \frac{4.5}{100} \times \frac{(0.4KV)^2}{1000KVA} = 0.072 \times 10^{-4}\Omega$$

4) 绘制 K-3 点短路的等效电路



$$X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_5$$

$$X_{\sum (K-3)} = X_1 + X_2 + X_3 + X_5 = 9.14 \times 10^{-4} \Omega + 1.12 \times 10^{-4} \Omega + 0.065 \times 10^{-4} \Omega + 0.072 \times 10^{-4} \Omega = 1.04 \times 10^{-3} \Omega$$

(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

$$I_{K-3}^{(3)} = \frac{U_{C3}}{\sqrt{3}X_{\sum (K-3)}} = \frac{0.4KV}{\sqrt{3} \times 1.04 \times 10^{-3} \Omega} = 220KA$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流有效值

$$I^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-3}^{(3)} = 220KA$$

3) 三相短路冲击电流及其有效值

$$i_{sh} = 1.84I^{(3)} = 1.84 \times 220KA = 404.8KA$$

$$I_{\infty}^{(3)} = 1.09I^3 = 1.09 \times 220KA = 239.8KA$$

4) 三相短路容量

$$S_{K-3}^{(3)} = \sqrt{3}U_{C3}I_{K-3}^{(3)} = \sqrt{3} \times 0.4KV \times 220KA = 152.4MVA$$

4、求锅炉房 K-4 点三相短路电流和短路容量 ($U_{C3} = 0.4KV$)

(1) 计算短路电路中各元件的电抗和总阻抗

1) 架空线路的电抗 ($L = 0.05KM$)

$$X_5 = X_0 L = 0.32(\Omega / KM) \times 0.05KM = 0.016\Omega$$

2) K-4 点短路的电抗

$$X_{\sum (K-4)} = X_{\sum (K-3)} + X_5 = 1.04 \times 10^{-3} \Omega + 0.016\Omega = 0.017\Omega$$

(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

$$I_{K-4}^{(3)} = \frac{U_{C4}}{\sqrt{3}X_{\sum (K-4)}} = \frac{0.4KV}{\sqrt{3} \times 0.017\Omega} = 13.6KA$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流有效值

$$I^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-3}^{(3)} = 13.6KA$$

3) 三相短路冲击电流及其有效值

$$i_{sh} = 1.84I^{(3)} = 1.84 \times 13.6KA = 25KA$$

$$I_{\infty}^{(3)} = 1.09I^3 = 1.09 \times 13.6KA = 14.8KA$$

4) 三相短路容量

$$S_{K-4}^{(3)} = \sqrt{3}U_{C4}I_{K-4}^{(3)} = \sqrt{3} \times 0.4KV \times 13.6KA = 9.42MVA$$

5、求酸站 K-5 点三相短路电流和短路容量 ($U_{C3} = 0.4KV$)

(1) 计算短路电路中各元件的电抗和总阻抗

1) 架空线路的电抗 ($L = 0.2KM$)

$$X_5 = X_0L = 0.07(\Omega/KM) \times 0.2KM = 0.014\Omega$$

2) K-5 点短路的电抗

$$X_{\sum(K-5)} = X_{\sum(K-5)} + X_5 = 1.04 \times 10^{-3}\Omega + 0.014\Omega = 0.015\Omega$$

(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

$$I_{K-5}^{(3)} = \frac{U_{C4}}{\sqrt{3}X_{\sum(K-5)}} = \frac{0.4KV}{\sqrt{3} \times 0.015\Omega} = 15.4KA$$

2) 三相短路次暂态电流和稳态电流

$$I^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-5}^{(3)} = 15.4KA$$

3) 三相短路冲击电流及其有效值

$$i_{sh}^{(3)} = 1.84I^{(3)} = 1.84 \times 15.4KA = 28.3KA$$

$$I_{sh}^{(3)} = 1.09I^3 = 1.09 \times 15.4KA = 16.8KA$$

4) 三相短路容量

$$S_{K-5}^{(3)} = \sqrt{3}U_{C4}I_{K-5}^{(3)} = \sqrt{3} \times 0.4KV \times 15.4KA = 10.7MVA$$

三相短路电流的计算结果表 4-1, 4-2 所示

最大运行方式下:

表 4-1 短路计算结果

短路计算点	三相短路电流					S_K
	$I_K^{(3)}$	$I^{(3)}$	$I_\infty^{(3)}$	$i_{sh}^{(3)}$	$I_\infty^{(3)}$	
K-1	2.87	2.87	2.87	7.3	4.33	183.9
k-2	10.1	10.1	10.1	25.8	15.2	183.7
k-3	267.6	267.6	267.6	492.24	291.7	185.4
k-4	13.6	13.6	13.6	25	14.8	9.42
k-5	15.4	15.4	15.4	28.3	16.8	10.7

最小运行方式下：

表 4-2 短路计算结果

短路计算点	三相短路电流					S_K
	$I_K^{(3)}$	$I^{(3)}$	$I_\infty^{(3)}$	$i_{sh}^{(3)}$	$I_\infty^{(3)}$	
K-1	2.37	2.37	2.37	6.04	3.58	151.88
k-2	8.29	8.29	8.29	21.1	12.5	150.8
k-3	220	220	220	404.8	239.8	152.4
k-4	13.6	13.6	13.6	25	14.8	9.42
k-5	15.4	15.4	15.4	28.3	16.8	10.7

4. 2. 2 两相短路电流的计算

由于校验保护相同短路的继电保护装置在短路故障下能否灵敏动作时，需要被保护末端的两相短路电流。

$$I_K^{(2)} = 0.866I_K^{(3)}, \quad I_K^{(2)} = I^{(2)} = I_\infty^{(2)}, \quad i_{sh}^{(2)} = 1.84I^{(2)}, \quad I_{sh}^{(2)} = 1.09I^{(2)}$$

两相短路电流的计算结果如表 4-3，4-4 所示

最大运行方式下：

表 4-3 短路计算结果

短路点	$I^{(2)}$	$i_{sh}^{(2)}$	$I_{sh}^{(2)}$
k-4	11.8	21.7	12.9
k-5	13.3	24.5	14.5

最小运行方式下：

表 4-4 短路计算结果

短路点	$I^{(2)}$	$i_{sh}^{(2)}$	$I_{sh}^{(2)}$
k-4	11.8	21.7	12.9
k-5	13.3	24.5	14.5

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/258121074074006074>