

毕 业 设 计

毕业设计题目 110kV 降压变电站 电气部分设计

二 00 五年四月

目 录

摘 要	2
引 言	3
第一篇 设计说明书	4
1、绪论	4
2、负荷分析及主变选择	5
3、变电所主接线的选择	10
4、变电所的所用电接线的设计	17
5、无功补偿	21
6、短路电流计算	22
7、电气设备选择	25
8、配电装置选择与总平面布置	26
9、防雷设计	28
10、电力系统继电保护配置	30
第二篇 计算书	36
11、主变容量的确定	36
12、所用变压器容量选择	36
13、无功补偿容量的选择	36
14、短路电流计算	37
15、电气设备的选择	41
16、防雷计算	53
结 论	54
附图一、电气一次接线图	
附图二、电气平面图	
附图三、屋外变电装置断面图	
参考文献	56

摘 要

本论文主要阐述了 110kV 降压变电站的设计，设计的内容包括电气的一次部分和二次部分的设计和计算。在一次部分中，要对电力系统和变电站进行总体分析，然后确定变电站电气主接线的形式，并在此过程中进行系统的无功补偿、短路电流计算以及电气设备的选择。在具体计算后，还要为建造变电站进行配电装置及电气总平面的布置设计，使建站合理化。在二次部分中，要综合考虑保护的方式、系统运行的方式和短路点的选择，在此基础上进行整定计算。在设计过程中要绘制相关图纸，包括主接线等较重要图纸并掌握其内容。

关键字 电力系统，无功补偿，短路电流，变压器

引 言

本次设计是在毕业设计任务书的基础上进行的。综合系统的考核三年来所学专业理论知识，旨在提高自己的技术水平，综合能力，以达到理论联系实际，学有所用，学有所成的目的。

设计中依据《电力工程电气设计手册》、《变电所设计规程》、《发电厂变电所电气部分》、《导体和电器选择设计技术规程》、《变电所电气部分设计指导书》、《继电保护及安全自动装置技术规程》、《35~110KV 变电所设计规范》、《3~10KV 高压配电装置设计规范》等国家的技术规程，对本设计变电站进行经济技术上的选择，主要是电气一次系统。

通过本次对变压器、主接线的选择及短路电流计算、高压设备的选择，达到理论联系实际的目的。

由于本人掌握的知识有限、又无设计经验，设计中难免存在不足及错误，恳请大家批评指正。

第一篇 设计说明书

1 绪论

1.1 本次设计的内容

变电站是联系发电厂和用户的中间环节,起着变换和分配电能的作用。这就要求变电站的一次部分经济合理,二次部分安全可靠,只有这样变电站才能正常的运行工作,为国民经济服务。故本次 110kV 降压变电站电气部分设计主要分为电气一次部分设计和电气二次部分设计两部分。

1.1.1 电气一次部分设计

电气一次部分设计主要包括负荷分析,主变压器的选择,主接线选择,所用变压器的选择,无功补偿的设计,短路电流的计算,电气设备的选择等内容。本部分设计参考了各类相关资料,按照有关的技术规程和工程实例进行的。

1.1.2 电气二次部分设计

电气二次部分设计主要包括变压器主保护设计,变压器后备保护设计,所用变压器保护设计等主要内容。本部分设计参考了各类相关资料,按照有关的技术规程和工程实例进行的。

1.2 本次设计的目的

本次设计属于毕业设计,是在学习了相关专业书籍(如《发电厂电气设备》,《电力系统分析》,《电力系统继电保护原理》等等),本次设计是为了对具体的工程设计有细致的了解,并掌握一定的工程设计方法而设的。在本次设计中,同学们在老师细心指导下,自己亲自动手进行设计方案比较,计算,查找相关资料等技术设计过程,对此有了深入细致的了解,为以后的工作打下了坚实的基础。

负荷分析及主变选择

2.1 负荷分析:

2.1.1 负荷情况:

电压	负荷名称	最大负荷 KW	$\cos\Phi$	回路数	供电方式	线路长度 KM
----	------	---------	------------	-----	------	---------

市镇变 1	6000	0.9	1	架空	15	
市镇变 2	7000	0.92	1	架空	8	
煤矿变	4500	0.85	2	架空	10	
化肥厂	4300	0.88	2	架空	7	
砖厂	5000	0.85	1	架空	11	

镇区变	1000	0.9	3	架空	5	
机械厂	800	0.89	2	电缆	2	
纺织厂 1	700	0.89	1	电缆	3	
纺织厂 2	800	0.88	2	架空	7	
农药厂	200	0.88	1	架空	4	
面粉厂	100	0.9	1	架空	5	
耐火材料厂	500	0.88	2	架空	2	

35kV 电压等级下共有出线 5 回,其中一级负荷为两回,分别为煤矿变和化肥厂;二级符合为三回,分别为市镇变 1、市镇变 2 和砖厂。

10kV 电压等级下共有出线 7 回，其中一级负荷为四回，分别为镇区变、机械厂、纺织厂 2、耐火材料厂。二级负荷为三回，分别为纺织厂 1、农药厂和面粉厂。

2.1.2 系统综合最大用电负荷：

电力系统在一定时段内（如一年、一天）的最大负荷值称为该时段的系统综合最大用电负荷。时段内其余负荷值称为系统综合用电负荷。系统中各电力用户的最大负荷值不可能都出现在同一时刻。因此，系统综合最大用电负荷值一般小于全系统各用户最大负荷值的总和，即 $P_{\Sigma \max} = K_0 \sum P_{i \max}$ 式中 $P_{\Sigma \max}$ —系统综合最大用电负荷。 K_0 —同时率， $K_0 \leq 1$ 。 $\sum P_{i \max}$ —各用户最大负荷的总和。

同时率的大小与用户多少、各用户特点有关，一般可根据实际统计资料或查设计手册确定。

[1]

2.1.3 同时系数的确定：

确定配电所母线的最大负荷时，所采用的有功负荷同时系数：

- 1、计算负荷小于 5000 千瓦。 0.9~1.0
- 2、计算负荷为 5000~10000 千瓦。 0.85
- 3、计算负荷超过 10000 千瓦。 0.80 [2]

2.2 主变压器的选择：

(1) 由于系统通过双回 110KV 架空线路供电，故选择两台主变压器具有较大的灵活性和可靠性，变电所接线较简单。规定在断开一台时，其余主变压器的容量应满足下列两个条件：一、不应小于 60% 的全部负荷；二、应保证用户的一、二级负荷鉴于目前变压器产品容量是采用 R10 系列分级的，逐级容量的增大系数为 1.259，因此，按保证 60% 全部负荷计算选择时，实际选定的变压器容量可有约 1~1.2 倍的增长，其实际容量可达全部负荷的 60%~72%。[3]

(2) 330kV 以下的主变压器一般采用三相式变压器，容量按投运后 5~10 年的预期负荷选择。[4]

(3) 绕组数目的选择：具有三种电压的变电所中，如通过主变压器各侧绕组的功率均达到该变压器额定容量的 15% 以上或低压侧虽无负荷但需装设无功补偿设备时，均宜选用三绕组变压器。[5]

(4) 绕组连接方式：我国 110kV 及以上电压，变压器绕组都采用 Y0 连接；35kV 亦采用 Y 连接，其中性点多通过消弧线圈接地。35kV 以下电压，变压器绕组都采用 Δ 连接。[6]

(5) 由于我国电力不足，缺电严重，电网电压波动较大。变压器的有载调压是改善电压质量、减少电压波动的有效手段。对电力系统，一般要求 110kV 及以下变电所至少采用一级有载调压变压器。[7]但是，是否需要载调压通过潮流计算才能判断，然而，潮流计算不属于这次设计范围之内，故在此不需考虑调压。

(6) 主变压器冷却方式：主变一般采用的冷却方式有自然风冷却、强迫油循环风冷却、强迫油循环水冷却、强迫导向油循环冷却。小容量变压器一般采用自然风冷却，大容量变压器一般采用强迫油循环冷却变压器，在发电厂水源充足的情况下，为压缩占地面积，大容量变压器也有采用强迫油循环水冷却。近年来随着变压器制造技术的发展，在大容量变压器中采用了强迫油循环导向冷却方式。它是用潜油泵将冷油压入线圈之间和铁芯的油道中，故此冷却方式效率更高。[8]

(7) 自耦变压器是否需要？

自耦变压器与同容量的普通变压器相比具有很多优点。如消耗材料少，造价低；有功和无功损耗少，效率高；由于高中压线圈的自耦联系，阻抗小，对改善系统稳定性有一定作用；还可扩大变压器极限制造容量，便利运输和安装。

一般用于以下情况：

- 1)、单机容量在 125MW 及以下，且两级升高电压均为直接接地系统，其送电方向主要由低压送向高、中压侧，或从低压和中压送向高压侧，而无高压和低压同时向中压侧送电要求者。
- 2)、当单机容量在 200MW 及以上时，用来作高压和中压系统之间联络用的变压器。
- 3)、在 220kV 及以上的变电所中，宜优先选用自耦变压器。[9]

变压器型号中字母代表的含义：

- S-在第一位表示三相，在第三、第四则表示三绕组
- F-代表油浸风冷
- Z-代表有载调压
- J- 代表油浸自冷
- L-代表铝绕组或防雷
- P-代表强油循环风冷
- D-代表自耦，在第一位表示降压，在末位表示升压
- X-代表消弧圈

所选主变压器的型号为：SFS10-20000/110

高压 KV	中压 KV	低压 KV	连接组别标号	阻抗电压%
高中	高低	中低		
17~18 升	10.5 降	10.5 升	17~18 降	6.5 升 6.5 降
损耗 KV	空载电流	外 形	轨距纵向/横向	
空载	短路			
长	宽	高		
26.6	125	6360	4520	4320

铜川整流变压器厂

特点及名称：损耗较低、节能效果较好的三相铜线三绕组油浸式电力变压器。

3、变电所主接线的选择

变电所电气主接线是指变电所的主变压器、输电线路怎样与电力系统相连接，从而完成输配电任务。变电所的主接线是电力系统接线组成中的一个重要组成部分。主接线的确定，对电力系统的安全、稳定、灵活、经济运行以及变电所电气设备的选择、配电装置的布置、继电保护和控制方法的拟定将会产生直接的影响。

3.1、主接线的设计原则：

- 1、考虑变电所在电力系统中的地位和作用。
- 2、考虑近期和远期的发展规模。
- 3、考虑负荷的重要性分级和出线回数多少对主接线的影响。
- 4、考虑主变台数对主接线的影响。
- 5、考虑备用容量的有无和大小对主接线的影响。

3.2 主接线设计的基本要求：

- 1、可靠性。所谓可靠性是指主接线能可靠的工作，以保证对用户不间断的供电。衡量可靠性的客观标准是运行实践。评价主接线可靠性的标志是：
 - a、断路器检修时是否影响供电；
 - b、线路、断路器、母线故障和检修时，停运时间的长短，以及能否保证对重要用户的供电；
 - c、变电所全部停电的可能性；
 - d、有些国家以每年用户不停电时间的百分比来表示供电可靠性，先进的指标都在 99.9%以上。

2、灵活性。

a、调度要求。可以灵活的投入和切除变压器、线路，调配电源和负荷，能满足系统在事故运行方式下，检修方式下以及特殊运行方式下的调度要求；

b、检修要求。可以方便的停运断路器、母线及其继电保护设备，进行安全检修，且不致影响对用户的供电；

c、扩建要求。可以容易的从初期过渡到终期接线，使在扩建时，无论一次和二次设备的改造量最小。

3、经济性：投资省、占地面积小、能量损失小。[11]

3.3、6~220kV 高压配电装置的接线分为：

1、有汇流母线的接线。单母线、单母线分段、双母线、双母线分段、增设旁路母线或旁路隔离开关等。

2、无汇流母线的接线。变压器-线路单元接线、桥形接线、角形接线等。

6~220kV 高压配电装置的接线方式，决定于电压等级及出线回路数。按电压等级的高低和出线回路数的多少，有一个大致的适用范围。

3.4、基本接线型式

单母线接线（I）优点：接线简单清晰、设备少、操作方便、便于扩建和采用成套配电装置。

（II）缺点：不够灵活可靠，任一元件（母线及隔离开关等）故障或检修，均需使整个配电装置停电。单母线可用隔离开关分段。但当一段母线故障时，全部回路仍需短时停电，在用隔离开关将故障的母线段分开后，方能恢复非故障段的供电。（III）适用范围：6~10KV 配电装置出线回路数不超过 5 回；35~63KV 配电装置出线回路数不超过 3 回；110~220KV 配电装置的出线回路数不超过两回。

单母线分段接线（I）优点：用断路器把母线分段后，对重要用户可以从不同段引出两个回路，有两个电源供电；当一段母线发生故障，分段断路器自动将故障段切除，保证正常段母线不间断供电和不使重要用户停电。（II）缺点：当一段母线或母线隔离开关故障或检修时，该段母线的回路都要在检修期间停电；当出线为双回路时，常使架空线路出现交叉跨越；扩建时需两个方向均衡扩建；（III）适用范围：6~10KV 配电装置出线回路数为 6 回及以上时；35~63KV 配电装置出线回路数为 4~8 回时；110~220KV 配电装置的出线回路数为 3~4 回时。双母线接线：双母线的两组母线同时工作，并通过母线联络断路器并联运行，电源与负荷平均分配在两组母线上。由于母线继电保护的要求一般某一回路固定与某一组母线连接，以固定的方式运行。

（I）优点：1、供电可靠。通过两组母线隔离开关的倒换操作，可以轮流检修一组母线而不致使供电中断；一组母线故障后，能迅速恢复供电，检修任一回路的母线隔离开关，只停该回路。2、调度灵活。各个电源和各回路负荷可以任意分配到某一组母线上，能灵活地适应系统中各种运行方式调度和潮流变化的需要。3、扩建方便。向左右任何一个方向扩建，均不影响两组母线的电源和负荷均匀分配，不会引起原有回路的停电。4、便于试验。当个别回路需要单独进行实验时，可将该回路分开，单独接至一组母线上。

（II）缺点：1、增加一组母线和使每回路就需要增加一组母线隔离开关。2、当母线故障或检修时，隔离开关作为倒换操作电器，容易误操作。为了避免隔离开关误操作，须在隔离开关和断路器之间装设连锁装置。3、适用范围。当出线回路数或母线上电源较多，输送和穿越功率较大，母线故障后要求迅速恢复供电，母线和母线设备检修时不允许影响对用户的供电，系统运行调度对接线的灵活性有一定要求时采用。6~10kv 配电装置，当短路电流较大，出线需要带电抗器时；35~63kv 配电装置，当出线回路数超过 8 回时，或连接的电源较多，负荷较大时；110~220kv 配电装置，出线回路数为 5 回及级以上时。

双母线分段接线：当 220kv 进出线回路数甚多时，双母线需要分段，分段原则是 1、当进出

线回路数为 10~14 回时,在一组母线上用断路器分段;2、当进出线回路数为 15 回及以上时,两组母线均用断路器分段;3、在双母线分段接线中,均装设两台母联兼旁路断路器;4、为了限制 220kv 母线短路电流或系统解裂运行的要求,可根据需要将母线分段;

变压器-线路单元接线:1、优点:接线最简单,设备最少,不需要高压配电装置。2、缺点:线路故障或检修时,变压器停运;变压器故障或检修时线路停运3 适用范围:只有一台变压器和一回线路时;当发电厂内不设高压配电装置,直接将电能输送至枢纽变电所时。

桥形接线:两回变压器-线路单元接线相连,接成桥形接线。分为内桥和外桥两种接线,是长期开环运行的四角形接线(一)内桥形接线1、优点:高压断路器数量少,四个回路只需三台断路器;2、缺点:变压器的切除和投入较复杂,需动作两台断路器,影响一回线路的暂时停运;桥联断路器检修时,两个回路须解裂运行;出线断路器检修时,线路需长时期停运,为避免此缺点,可加装正常断开运行的跨条,为了轮流停电检修任何一组隔离开关,在跨条上需加装两组隔离开关,桥联断路器检修时,也可利用此跨条;3、适用范围:适用于较小容量的发电厂、变电所,并且变压器不经常切换或线路较长,故障率较高的情况。

(二)外桥形接线1、优点:同内桥形接线;2、缺点:线路的切除和投入较复杂,需动作两台断路器,并有一台变压器暂时停运;桥联断路器检修时,两个回路须解裂运行;变压器侧断路器检修时,变压器需较长时间停运。为避免此缺点,可加装正常断开运行的跨条。桥联断路器检修时,也可利用此跨条;3、适用范围:适用于较小容量的发电厂或变电所,并且变压器的切换较为繁或线路较短,故障率较少的情况。此外,线路有穿越功率时,也宜采用外桥形接线;

(7)3~5 角形接线:多角形接线的各断路器互相连接而成闭合的环形,是单环形接线。

为减少因断路器检修而开环运行的时间,保证角形接线运行的可靠性,以采用 2~5 角形为宜。并且变压器与出线回路一对角对称布置。此外,当进出回路数较多时,我国个别水电厂采用了双连四角形接线,形成多环形,从而保证了供电的可靠性。但断路器数量增多,有的回路连着三个断路器,布置和继电保护复杂,没有推广使用。

3.5 主接线初步设计方案

综上所述,下面有两个技术合理的方案供比较选择:

主接线方案比较一览表

单母线分段接线 双母线接线

可靠性

一段母线发生故障,自动装置可以保证正常母线不间断供电。重要用户可以从不同分段上引接。出线回路数较多,断路器故障或检修较多,母联断路器长期被占用,对变电站不利。

灵活性

母线由分段断路器进行分段。当一段母线发生故障时,由自动装置将分段断路器跳开,不会发生误操作。1.各个电源和各个回路负荷可以任意分配到某一组母线上,2.能灵活的适应系统中各种运行方式的调度和潮流变化的需要。3.当母线故障或检修时,4.隔离开关作为倒换操作电器,5.容易误操作。

经济性

当进出线回路数相同的情况下,单母线分段接线所用的断路器和隔离开关少于双母线接线。

总结:对比两种接线方式,从可靠性、灵活性、经济性以及可扩建性等几方面考虑,我认为

单母线分段接线方式较适合本设计要求，故高、中、低压三侧均采用单母线分段接线方式。

4. 变电所的所用电接线的设计

4.1 变电站自用电:

给变电站内部各用电负荷供电的电源系统。通常由自用电变压器及其高压侧的电气设备、高压导线、低压自用电配电屏，低压配电线等组成。自用电负荷一般包括：主变压器冷却系统的负荷，深井泵和消防水泵负荷，照明及动力负荷，断路器和隔离开关操动机构的负荷，电焊及动力检修负荷，同步调相机的动力负荷。

给自用电系统供电的电源，包括工作电源和备用电源。

对 220kV 及以下变电站，通常都具有两台主变压器，变电站自用电系统需要的两个独立工作电源，分别从两台主变压器第三绕组引接，一般不再单独设置备用电源，而是利用两个工作电源互为备用。

4.2 所用负荷统计表

序号	名称	额定容量 (kW)	负荷类型
1	通信	4	经常、连续
2	#1, #2 主变压器冷却装置	4.4	经常、连续
3	110kV 操动机构	1.5	断续、短时
4	35 kV 操动机构	0.825	断续、短时
5	10 kV 操动机构	0.825	断续、短时
6	充电整流器	7.5	经常、连续
7	监控电源	1	经常、连续
8	保护电源	1	经常、连续
9	动力电源	15	不经常、断续
10	预留暖通电源	5	经常、连续
11	二次设备室通风	2.46	经常、连续
小计 动力负荷 P1			43.51
1	110kV 加热	1.5	经常、连续
2	35 kV 加热	0.9	经常、连续
3	10 kV 加热	1.7	经常、连续
小计 加热负荷 P2			4.1
1	35 kV 配电装置室照明	4	短时、连续
2	10 kV 配电装置室照明	4	短时、连续
3	屋外配电装置室照明	6	短时、连续
4	二次设备室照明	3	短时、连续
小计 照明负荷 P3			17

4.3 自用电变压器选择:

需要考虑的内容：1、台数；2、容量；3、阻抗；4、损耗；5、高压和低压侧额定电压。

台数及容量：220kV 及以下变电所的自用电变压器台数等于工作电源的数量，一般为两台。

每台自用电变压器的容量按全变电所负荷再加一台调相机的负荷来选择。

阻抗：220kV 及以下变电所的自用电变压器的阻抗一般按正常值选择，即阻抗百分数为 6%~8%。

损耗：自用电变压器要求尽量采用低损耗的节能型变压器。220kV 及以下变电所，选用正常阻抗或低阻抗自用电变压器。

高压侧调压方式：取决于对主变压器第三绕组电压质量的要求。当主变压器第三绕组只有自用电变压器和低压出线，没有其它干扰源时，电压波动能够在允许范围之内，此时自用电变压器高压侧无载调压装置共有+5%、+2.5%、0、-2.5%、-5%五级电压抽头。当主变压器第三绕组除了自用电变压器、低压出线以外，还有同步调相机时，调相机在启动过程中电压波动较大。为了保证自用电低压侧母线的电压质量，则要求自用电变压器高压侧设置 $4 \times 2.5\%$ 有载调压装置。共有九级电压抽头，其调压范围大，并具有带负荷调节电压的功能。

高低压侧额定电压：自用电变压器高压侧直接从主变压器第三绕组引接，因此它的高压侧电压等于主变压器第三绕组的电压。自用电变压器低压侧的电压在中国均采用 380V，是带一条中性线的三相四线制系统。

所选的自用电变压器的型号为 S9-80/10. [12]

额定容量 ()		额定电压 (kV)		连接组标号		损耗 (kV)	空载电流		阻 抗 电 压	
质量 (kg)		轨距								
高压	低压	短路		空载		器身	油	总体		
6	,									
6.3										
10.5										
10										

4.4 自用电高、低压侧电气设备：

自用电高压侧一般都采用 10~35kV 户内高压电气设备，目前都选用高压成套开关柜。220kV 及以下变电所用电高压侧的短路电流水平一般均小于 10~35kV 户内断路器的额定最大开断电流，可以按常规方法选择有关的高压电气设备。

变电所自用电低压侧一般都采用 380V 低压配电屏。所需要的空气断路器、接触器、刀闸、熔断器、母线支柱绝缘子等各种低压电气设备都安装在配电屏内，按照不同的负荷性质、容量以及配电线数量，选择各种标准配电屏。

4.5 自用电系统接线：

自用电高压侧分别直接接入主变压器第三绕组或变电所以外的电源，自用电系统高压侧接线，比较简单。自用电系统低压侧接线一般都采用分段接地，重要的自用电负荷采用双回路供电，即将它们分别接在两段母线上。220kV 及以下变电所，一般只有两台自用电变压器，分别接入不同的工作母线段，正常运行时中间的分段断路器断开，两段工作母线分开运行。当一台自用电变压器故障时，继电保护动作，将故障的自用电变压器断开，同时分段断路器合闸，全部工作母线由另一台无故障的自用电变压器供电。[13]

5. 无功补偿

5.1 无功补偿的概念

交流电力系统中，就可看成为有功电源负荷和无功电源负荷两个并存且不可分割的电力系统，在运行、设计、监测、管理中，借助功率因数把有功系统和无功系统有机地联系起来，形同一个整体。如果说交流系统运行的目的是传输和消费能源，那么无功系统运行就是为此而不可缺少的手段。它的存在保持了交流电力系统的电压水平，保证了电力系统的稳定运行和用户的供电质量，并使电网传输电能的损失最小。

无功电源不足，即无功并联补偿容量不能满足无功负荷的需要，无功电源和无功负荷处于低电压的平衡状态。由于电力系统运行电压水平低，给电力系统带来了一系列危害：1、设备出力不足；2、电力系统损耗增加；3、设备损坏；4、电力系统稳定度降低。

5.2 无功补偿的必要性

电压是电能质量的重要指标，电压质量对电力系统安全经济运行，对保证用户的安全用电和

产品的质量是非常重要的。用户消耗的无功功率是它有功功率的 50%~100%，同时电力系统本身消耗的无功功率可达用户的 10%~30%。另外变压器中存在励磁支路损耗和绕组漏抗中损耗，两部分无功损耗，无功功率的不足将造成电压的下降，电能损耗增大，电力系统稳定遭到破坏，所以电力系统的无功电源和无功功率必须平衡，因此要进行无功补偿。

6. 短路电流计算

6.1 为什么要进行短路电流计算？

电力系统由于设备绝缘破坏，架空线路的线间或对地面导电物短接，或雷击大气过电压以及工作人员的误操作，都可能造成相与相、相与地之间导电部分短接，短路电流高达几万安、几十万安培。

这样大的电流所产生的热效应及机械效应，会使电气设备损坏，人身安全受到威胁，由于短路时系统电压骤降，设备不能运行。单相接地在中性点直接接地系统中，对邻近通信设备将产生严重的干扰和危险影响，所以电力系统必须进行短路故障计算。另外，对于电气设备的规格选择，继电保护的调整整定，对载流导体发热和电动力的核算，都需要对系统短路故障进行计算。[14]

6.2 对称短路计算

通常三相短路（对称短路）是系统中最严重的故障。因此，在电气设备检验时一般用三相短路电流，只有在两相稳态短路电流大于三相稳态短路电流的特殊情况下，才用两相稳态短路电流来校验设备或导体的热稳定。工程中三相短路计算一般采用实用的计算方法。

基本步骤：1、各元件参数计算，形成标么等值网络。

电抗标么值的变换公式

序号 元件名称 标么值

1 发电机

调相机

电动机

2 变压器

3 电抗器

4 线路

注： 为电机次暂态电抗百分值。 系指电机额定容量，单位为 MW。

为变压器短路电压的百分值。 系指最大容量绕组的额定容量，单位为 MVA。

为电抗器的百分电抗值，分裂电抗器的自感电抗计算方法与此相同。

单位为 KA。

2、简化网络，求转移电抗。

3、用转移电抗求计算电抗。将转移电抗按各相应等值发电机的容量进行归算，便得到各等值机对故障点的计算电抗。

式中： -----等值机的容量。 -----等值机对故障点的计算电抗。

-----等值机对故障点的转移电抗。 -----标么值计算所选的基准容量。

4、根据计算电抗求短路电流。根据各等值电源的性质和计算电抗去查相应的运算曲线，便可得到 t 时刻短路电流周期分量标么值。当 t=0 时，查得的短路电流即为次暂态短路电流。折算成有名值为 。

式中：-----等值电源 i 所提供的次暂态短路电流。----- 在 基准下的标么值。

-----等值机的容量。-----短路点处的平均额定电压。

根据次暂态电流可计算冲击电流 和短路容量 。

-----短路点总的次暂态短路电流。-----冲击系数。

冲击系数 的取值与短路点发生的位置有关。

不同短路点的冲击系数

短路点 推荐值

发电机端 1.90 2.69

发电厂高压侧母线及发电机电压电抗器后 1.85 2.62

远离发电厂的地点 1.80 2.55

注：表中推荐的数值已考虑了周期分量的衰减。

从曲线中查得的 $t=4s$ 时的短路电流可以看成是稳态短路电流。因为短路发生 $4s$ 以后，电磁暂态过程已基本结束。[15]

6.3 短路电流计算结果（三相短路电流最大，按三相短路计算）

短路点

编号 短路点

位置 短路点平均

工作电压

U (kV)

(kA)

(kA)

(kA)

D1 110kV

母线 115 1.05 2.64 3.986 6.72

D2 35kV

母线 37 0.45 3.51 5.300 8.95

D3 10kV

母线 10.5 0.32 8.8 13.288 22.43

7. 电器设备选择

7.1 本次设计中电器选择的主要任务：

各电压级的汇流母线、进线断路器、出线断路器、分段断路器，以及相应的隔离开关等。用于保护和测量用的电流互感器和电压互感器。

7.2 选择导体和电器的一般原则

导体和电器的选择设计，必须执行国家有关经济政策，并应做到技术先进、经济合理、安全可靠、运行方便和适当的发展余地，以满足电力系统安全、经济运行的需要。设备选择的一般原则如下：

应满足正常运行、检修、短路和过电压情况下的要求，并考虑远景发展的需要。

应按当地环境条件校核。

应力求技术先进和经济合理。

选择导体时应尽量减少品种。

扩建工程应尽量使新老电器型号一致。

选用的新产品，均应具有可靠的实验数据，并经正式鉴定合格。

8. 配电装置选择与总平面布置

发电厂和变电所电气主接线中，所装开关电器、载流导体以及保护和测量电器等设备，按一定要求建造而成的电工建筑物，称为配电装置。它的作用是接受电能和分配电能，所以它是发电厂和变电所的重要组成部分。

依据《高压配电装置设计技术规程》SDJ -85 中第 1.0.1 条规定：高压配电装置的设计必须认真贯彻国家的技术经济政策，并根据电力系统条件，自然环境特点和运行检修的要求，合理的制定布置方案和选用设备，并积极慎重地采用新的布置，新设备和新材料，使设计技术先进，经济合理，可靠运行，巡视方便，同时注意节约。

配电装置按电气装置的地点，可分为屋外和屋内配电装置；按组装方式，可分为现场组装以及在制造厂将开关电器等接线要求组装成套后运行至现场安装使用的配电装置，屋内配电装置是将电气装置安装在屋内，它的特点是占地面积小，运行维护和操作条件好，电气设备受污染和气候条件影响小，但需要造房屋，投资较大。

屋外特点是土建工程量小，投资小，建造工期短，易扩建，但占地面积大，运行维护条件较差，易受污染和气候条件影响。

在变电所中，一般 35kv 及以下，采用屋内配电装置，110kv 及以上采用屋外配电装置。本设计中 35kv 装置选用户外配置。

安全净距——根据《高压配电装置设计规范》第 4.1.1~4.1.5 规定：

屋外配电装置电气设备绝缘体最低部位距地小于 2.5m 时，应装设固定遮拦。

屋外配电装置使用软导体时，带电部分至接地部分之间的电气距离应按规程选择，校验。

电气设备外绝缘最低部位，距地小于 2.3m 时，应装设固定遮拦。

屋外配电装置的上面或下面，不应有照明，通信和信号线路架空跨越穿过屋内配电装置。带电部分的上面不应敷设照明和动力线路。

各电压级配电装置的选择

根据《高压配电装置技术规程》SDJ —85：

10kv 配电装置采用屋内布置。出线不带电抗器，即采用成套开关柜单层布置，针对于可靠性，采用双列布置。采用 GZG—1A 固定开关柜的单层双母线单列布置。

35kv 采用屋外布置，用 JYN1—35 开关柜单母分段带旁母线接线。

110kv 采用屋外半高型，双列布置。其特点：构架较低，不需专设上层的操作维护走道，占地面积较中型省，钢材消耗比高型少，又检修方便。

配电装置的电气平面图见附图。

9. 防雷设计

雷电所引起的大气过电压将会对电器设备和变电所的建筑物产生严重的危害，因此，在变电所和高压输电线路中，必须采取有效的防雷措施，以保证电器设备的安全。运行经验证明，当前变电所中采用的防雷保护措施是可靠的，但是雷电参数和电器设备的冲击放电特性具有统计性，故防雷措施也是相对的，而不是绝对的。

变电所的保护对象：

A 类：电工装置，包括屋内外配电装置、主控制楼、组合导线和母线桥等。

B 类：需要采取防雷措施的建筑物和构筑物，按着在发生火花时能否引起爆炸或火灾，以及由此可能引起破坏范围又可分为三类：

凡是在建筑物长期保存或经常发生瓦斯、蒸汽、尘埃与空气的混合物，可能引起电火花发生爆炸，以及引起房屋破坏和人身事故者。

同 1 的条件，但在因电火花发生爆炸时，不致引起巨大的破坏或人身事故者。

凡遭受直击雷时，仅有火灾及机械破坏危害，且对建筑物内部的人有危害者。

C 类：不需专门防雷保护的建筑物。

在变电所中的建筑物装设直击保护装置，诸如屋内外配电装置，主控室等。

电工装置的防雷措施：

110kv 的屋外配电装置，将避雷针装在配电装置的构架上，对于 10kv 和 35kv 的屋内配电装置，为防止雷击时引起反击闪络的可能，采用独立的避雷针。主变压器用独立的避雷针。屋外组合导线，采用独立的避雷针。（注：根据《电力设备过电压保护技术规程》SDJ7-76 规定：第 70 条：独立避雷针（线）宜设独立的接地装置，避雷针及其接地装置与道路或出入口等的距离房顶上；避雷针与主接地网的地下连接点至变压器接地线与主接地网的地下连接点，沿接地体的长度不得小于 15m。（1）地中：避雷针与最近配电装置接地网距离。 $S \geq 0.3R$ 式中 R —避雷针的接地电阻。任何情况下， S 不得小于 3m。（2）空气中： $S \geq 0.3R+0.1h$ 式中 h —被保护物考虑点的高度，m。在任何情况下， S 不得小于 3m。

110kv 的屋外配电装置，将避雷线连接在配电装置的出线门型构架上。

《电力设备过电压保护技术规程》SDJ7-79 中规定第 80 条：大接地短路电流系统中的中性点不接地变压器如中性点绝缘按线电压设计，应在中性点装设保护装置。第 83 条：与架空线路联络连接的三绕组变压器绝缘的 10kv 绕组，如有开路运行的可能，应采用防止静电感应电压危害该绕组的措施。在其中一相出线上装设一只阀型避雷器。故避雷器的设置应（1）110kv、35kv、10kv 每段母线上均装设一个避雷器。（2）变压器三侧一相上装一个避雷器。（3）110kv 中性点装设一个避雷器。其选择结果为：110kv：FCZ-110J；35kv：FZ-35；10kv：FS-10。

10. 电力系统继电保护配置

10.1 对继电保护的基本要求

根据《继电保护和安全自动装置技术规程》SDJ6-83 中，第 2.1.1 条规定：电力系统中电力设备和线路应装设短路故障和异常运行保护装置。电力设备和线路的保护应有主保护和后备保护，必要时可在增设辅助保护。

1、主保护：满足系统稳定和设备安全要求，有选择地切除被保护设备和全线路故障。

2、后备保护：主保护断路器拒动时，用来切除故障的保护。有近后备和远后备之分。

（1）远后备（2）：当主保护断路器拒动时，（3）由相邻电力设备（4）或线路的保护实现后备（5）。

（6）近后备（7）：当主保护拒动时，（8）由本电力设备（9）或线路另一套保护实现后备（10）；当断路器拒动时，（11）有断路器失灵保护实现后备（12）。

3、辅助保护：为补充主保护和后备保护的不足而增设的简单保护。

根据《继电保护和安全自动装置技术规程》SDJ6-83 第 2.1.2 条规定：继电保护应满足可靠性、选择性、灵活性和速动性的要求。

SDJ6-83 第 2.1.3 条规定：在拟定保护装置和制定保护配置方案时，对稀有故障，可根据对电网影响程度和后果采取相应的措施，使保护装置能正确工作，对两种稀有故障同时出现的情况可不予考虑。

10.2 选择保护配置及构成方案的基本原则

当确定继电保护及构成方案时应考虑以下几个方面：

电力设备和电力网的结构和运行特点；

故障出现的概率和可能出现的后果；

电力系统近期发展情况；

经济上的合理性；

国内外的成熟经验。

对导致继电保护和安全自动装置不能保证电力系统安全的电力运行的电力网结构形式、变压器主接线形式和运行方式，已根据继电保护和安全自动装置的要求限制使用，或辅以适当措施。

为了方便运行管理和性能配合，统一电力网和安全自动装置的形式不宜品种过多，电力系统中各电力设备和线路的继电保护和安全自动装置凡能满足可靠性，选择性，灵活性和速动性要求的，均应保留。

10.3 电力变压器的保护

第 4.0.1 条 对电力变压器的下列故障及异常运行方式，应装设相应的保护装置：

- 一、绕组及其引出线的相间短路和在中性点直接接地侧的单相接地短路；
- 二、绕组的匝间短路；
- 三、外部相间短路引起的过电流；
- 四、中性点直接接地电力网中外部接地短路引起的过电流及中性点过电压；
- 五、过负荷；
- 六、油面降低；
- 七、变压器温度升高或油箱压力升高或冷却系统故障。

10.4 3~63kV 中性点非直接接地电力网中线路的保护

第 5.0.1 条 对 3~63kV 线路的下列故障或异常运行，应装设相应的保护装置：

- 一、相间短路；二、单相接地；三、过负荷。

10.5 110kV 中性点直接接地电力网中线路的保护

第 6.0.1 条 对 110kV 线路的下列故障，应装设相应的保护配置：

- 一、单相接地短路；二、相间短路。

10.6 母线的保护

第 7.0.1 条 对于发电厂和主要变电所的 3~10kV 母线及并列运行的双母线，在下列情况下应装设专用母线保护：

- 一、须快速而有选择地切除一段或一组母线上的故障，才能保证发电厂及电力网安全运行和重要负荷的可靠供电时；
- 二、当线路断路器不允许切除线路电抗器前的短路时。

第 7.0.2 条 对 3~10kV 分段母线易采用不完全电流差动保护，保护装置应接入有电源支路的电流。保护装置应由两段组成，第一段可采用无时限或带时限的电流速断，当灵敏系数不符合要求时，可采用电流闭锁电压速断；第二段可采用过电流保护。当灵敏系数不符合要求时，可将一部分负荷较大的配电线路接入差动回路。

第 7.0.3 条 对发电厂和变电所的 35~110kV 电压的母线，在下列情况下应装设专用的母线保护：

- 一、110kV 双母线；
- 二、110kV 单母线，重要的发电厂或变电所的 35~63kV 母线，根据系统稳定要求或为保证重要用户最低允许电压要求，需要快速地切除母线上的故障。

10.7 电力电容器的保护

第 8.0.1 条 3kV 及以上的并联补偿电容器组的下列故障及异常运行方式，应装设相应的保护装置：

- 一、电容器内部故障及其引出线短路；
- 二、电容器组和断路器之间连接线短路；
- 三、电容器组中某一故障电容器切除后所引起的过电压；
- 四、电容器组的单相接地；

五、电容器组过电压；

六、所连接的母线失压。

10.8 自动重合闸

第 10.0.1 条 3~110kV 电力网中，在下列情况下，应装设自动重合闸装置：

一、3kV 及以上的架空线路和电缆与架空的混合线路，当用电设备允许且无备用电源自动投入时；

二、旁路断路器和兼作旁路的母联或分段断路器。

第 10.0.2 条 对单侧电源线路的自动重合闸方式的选择应符合下列规定：一、采用一次重合闸；二、当电力网由几段串联线路构成时易采用重合闸前加速保护动作或顺序自动重合闸。

10.9 备用电源和备用设备的自动投入装置

第 11.0.1 条 下列情况可装设备用电源或备用设备的自动投入装置（以下简称自动投入装置）：

一、由双电源供电的变电所和配电所，其中一个电源经常断开作为备用；

二、发电厂、变电所和配电所内有互为备用的母线段；

三、发电厂、变电所内有备用变压器；

四、变电所内有两台所用变压器；

五、生产过程中某些重要机组有备用机组。

10.10 自动低频减载装置

第 12.0.1 条 电力网中变电所和配电所，根据电力系统运行要求，应装设有足够数量的自动减载装置。

当因事故发生功率缺额时，应由自动低频减载装置断开一部分次要负荷。

第二篇：计算书

11. 主变容量的确定：

35kV 母线上：（同时系数取 0.8）

$$P_{\Sigma \max} = K_0 \sum P_{i \max} = 24.3 \text{ MVA}$$

10kV 母线上：（同时系数取 0.9）

$$P_{\Sigma \max} = K_0 \sum P_{i \max} = 4.22 \text{ MVA}$$

$$P_e \geq (24.3 + 4.22) \times 60\% \times 1.1 = 18.8232 \text{ MVA}$$

主变压器容量可选 20MVA.

选主变的型号为 SFS10-20000/110.

12. 所用变压器容量选择

根据 SDJ2 《220~500kV 变电所所用点设计技术规程》中公式计算， $\cos \phi$ 一般取 0.6.

$$S = 0.85 P_1 + P_2 + P_3 / \cos \phi = 69.429 \text{ (KVA)}$$

所用变压器容量可选 80KVA.

选所用变压器的型号为 S9-80/10.

13. 无功补偿容量的选择

进行无功电力平衡要考虑远近期需求，合理布局。无功负荷和无功电源就近平衡的原则。在 110kV 变电站应根据计算结果确定电容器装置的总容量，一般按主变容量的 10~30% 配置。

本次设计，按主变容量的 15% 来选

我们选用单台电容器为：BFW211/ -100-1W 型，即单台容量为

-那么所需这样的电容器个数为：

在本次设计里，我将这样电容器分为 2 组，而每组又是采用双星型接线，所以每组需要电容器台数为： 。

而每相需要电容器台数为： 。

那么所需总电容台数为： 。

此时电容器总容量为： 。

每组电容器容量为： 。

14. 短路电流计算

14.1 三相短路电流计算

计算方法：短路电流的计算方法此处采用运算曲线法中的同一法计算。

各元件参数计算，形成标么等值网络。

取基准值：SB=100MVA，电压基准值为 U_{av} ，则各元件的阻抗如下：

发电机：

电力变压器（三绕组）：

架空线：

简化网络，求转移电抗。

d1

d2

d3

3、用转移电抗求计算电抗。

4、根据计算电抗求短路电流。

查短路电抗运算曲线得

当 $t=0$ 时，次暂态短路电流

折算成有名值得：

取冲击系数 $K_{ch}=1.80$ ，由公式 ， 得：

14.2 两相短路电流的计算

d1 (2) 短路时 附加电抗 $X_f=0.195$

$X_{js*} = (0.195+0.195) = 1.95$

查附图（三） $t=0s$ $I^*=0.56$ $t=1s$ $I^*=0.53$

$t=2s$ $I^*=0.53$

$I_e = = 2.51KA$

所以； $I_1 = 0.56 \times 2.51 = 1.41KA$ $I_2 = 0.53 \times 2.51 = 1.33KA$

$I_2 = 0.53 \times 2.51 = 1.33KA$

冲击电流 $i_{ch} = 1.8 \times 1.41 = 3.589KA$

$$I_{ch} = I'' = 1.81K$$

d2 (2) 短路时 附加电抗 $X_f = 0.195 + 0.2625 = 0.4575$

$X_{js} = 0.4575 = 4.575 > 3$ 按无限大容量计算

$$I'' = I''_{j} = 1.71KA$$

冲击电流 $i_{ch} = 2.55 \times 1.71 = 4.36KA$

$$I_{ch} = I'' = 2.19KA$$

d3 (2) 短路时 附加电抗 $X_f = 0.195 + 0.2625 + 0.1625 = 0.62$

$X_{js} = (0.62 + 0.62) = 6.2 > 3$ 按无限大容量计算

$$I'' = I''_{j} = 0.806 = 4.43KA$$

冲击电流 $i_{ch} = 2.55 \times 4.43 = 11.3KA$

$$I_{ch} = I'' = 5.67KA$$

14.3 单相短路电流的计算

d1 (1) 短路时 $X_0 = X_1 + X_2 = 0.2625 + 0.1625 = 0.425$

附加电抗 $X_f = 0.195 + 0.425$

$X_{js} = (0.195 + 0.195 + 0.425) = 4.075 > 3$ 按无限大容量计算

$$I'' = I''_{j} = 0.616KA$$

冲击电流 $i_{ch} = 2.55 \times 0.616 = 1.571KA$

$$I_{ch} = I'' = 0.789KA$$

d2 (!) 短路时 $X_0 = X_1 + X_2 = 0.2625 + 0.1625 = 0.425$

附加电抗 $X_f = 0.195 + 0.2625 + 0.425$

$X_{js} = (0.195 + 0.2625 + 0.8825) = 6.7 > 3$ 按无限大容量计算

$$I'' = I''_{j} = 1.164KA$$

冲击电流 $i_{ch} = 2.55 \times 1.164 = 2.968KA$

$$I_{ch} = I'' = 1.49KA$$

15. 电气设备的选择

15.1 I_{max} 的计算

15.1.1 汇流母线:

110kV 侧:

35kV 侧:

10kV 侧:

15.1.2 线路出线:

110kV 出线:

35kV 出线: 回路中承担的最大负荷为 7000kW。

则

10kV 出线: 回路中承担的最大负荷为 700kW。

则

15.1.3 10kV 并联电容器回路:

15.1.4 所用变压器回路:

15.2 母线的选择:

1. 母线材料和截面形状的选择

目前母线材料广泛采用铝材, 因为铝电阻率较低, 有一定的机械强度、质量轻、价格较低。我国铝的储量丰富。铜虽有较好的性能, 但价格贵, 我国储量不多。所以只有在一些特殊场

合，如工作电流较大、位置特别狭窄、环境对铝有严重腐蚀的情况下才用铜材，在这里用铝材。

硬母线截面形状一般有矩形、槽形和管形，矩形母线散热条件好，有一定的机械强度，便于固定和连接，但集肤效应较大，所以单条矩形母线截面最大不超过 1250 平方厘米。当工作电流大于最大单条矩形母线的允许电流时，每相可用 2-4 条矩形母线并列使用。但由于临近效应的影响，多条矩形母线的允许电流并不随条数成比例增加。矩形母线一般只用于电压在 35kV 及以下、电流在 400A 及以下的配电装置中。槽形母线的机械强度较好，集肤效应较小。在 4000-8000A 时，一般选用槽形目县。管形母线集肤效应小，机械强度高，管内可用水或风冷却，因此可用于 8000A 以上的大电流木锹。此外，圆形母线表面光滑，电晕放电电压高，因此 110KV 以上的配电装置多用管形母线。

在本设计中，10、35KV 汇流母线用矩形母线，110KV 汇流母线用管形。

15.2.1 10kV 汇流母线的选择。选用矩形截面铝母线。

①按长期允许电流选择母线截面。由主接线分析可知，母线最大持续工作电流不超过一台主变压器的最大持续工作电流，故母线最大持续工作电流为 $I_{\max}=1154.73A$

由产品目录中选用每相一条 的矩形铝母线。

查表可知：在最高温度 40℃时，长期允许电流

故可选用 矩形截面铝母线。

②热稳定校验。计算热稳定最小允许截面

短路持续时间

因 $t>1s$ ，故可不考虑非周期分量热效应，所以短路电流热效应为

计算母线短路前通过最大持续工作电流时的工作温度为

℃

按 70℃取热稳定系数 $C=87$ 。

热稳定最小允许截面为

所选母线截面为

故能满足热稳定要求。

③动稳定校验。10kV 母线三相短路时短路冲击电流

中间相母线所受最大电动力为

(6~10kV 配电装置中，母线水平布置时， a 约为 250~350mm，在此计算中为了得到最大电动力，取 $a=250mm$ 。)

最大弯矩为

母线截面抗弯矩为

母线的计算应力为

又知硬铝的最大允许应力为

满足动稳定要求，故选用 矩形铝母线。

14.2.2 35kV 汇流母线的选择：选用矩形截面铝母线。

$I_{\max}=327.7A$ ，由产品目录中选用每相一条 母线，在最高温度为 40℃时，长期允许最大持续电流为 $375A>327.7A$

故可选用 矩形截面铝母线。

15.2.3 110kV 汇流母线的选择：选用管形铝母线。

$I_{\max}=142.84A$ ，由产品目录中选用每相一条 d/D 为 13/16，截面为 $68.2mm^2$ 的母线，在最高温度为 40℃时，长期允许最大持续电流为 $239A>142.84A$ 。

故可选用 d/D 为 13/16，截面为 68.2mm^2 的管形截面铝母线。

15.3 断路器、隔离开关的选择：

15.3.1 10kV 母线进线侧：

①按电压选择。安装地点设备的工作 $U_{ew}=10\text{kV}$ 。制造厂所保证断路器和隔离开关的额定电压 $U_e \geq U_{ew}$ 。

②按电流选择。

③断路器的形式选择。

依据工作电压和工作电流以及户内工作条件。选择断路器的型号为 SN10-10/1250。

动稳定校验。SN10-10/1250 型少油断路器的极限电流 $i_{jx}=125\text{kA}$ ，其值大于冲击电流 $i_{ch}=22.43\text{kA}$ ，故满足条件 $i_{ch} \leq i_{dw}$ 。

热稳定校验。SN10-10/1250 型少油断路器在 2s 内的热稳定电流为 40kA 。

故满足条件 $Q \leq$

④隔离开关选择。选择型号为 GN19-10/1250。

动稳定校验：，故满足条件。

热稳定校验：，故满足条件。

15.3.2 10kV 母线出线侧：

$U_{ew}=10\text{kV}$ ， $I_{max}=43.25\text{A}$

选 SN10-10I/630 型户内式少油断路器。

选 GN19-10/400 型户内高压隔离开关。

15.3.3 35kV 母线进线侧：

$U_{ew}=35\text{kV}$ ， $I_{max}=327.7\text{A}$

选 LN2-35 型户内高压断路器。选 GN1-35 型户内高压隔离开关。

15.3.4 35kV 母线出线侧：

$U_{ew}=35\text{kV}$ ， $I_{max}=118.73\text{A}$

选 LN2-35 型户内高压断路器。选 GN1-35 型户外高压隔离开关。

15.3.5 110kV 母线进线侧：

$U_{ew}=110\text{kV}$ ， $I_{max}=142.84\text{A}$

选 SW3-110/1000 型户外高压少油断路器。

选 GW4-110/630 型户外高压隔离开关。

15.3.6 110kV 母线出线侧：

$U_{ew}=110\text{kV}$ ， $I_{max}=105.43\text{A}$

选 SW3-110/1000 型户外高压少油断路器。

选 GW4-110/630 型户外高压隔离开关。

15.4 电流互感器的选择：

15.4.1 10kV 出线上的电流互感器的选择：

①选择电流互感器的型号。

出线最大工作电流 $I_{max}=43.25\text{A}$ ，又因为 6~10kV 屋内配电装置，可选用瓷绝缘结构或树脂浇注绝缘结构的电流互感器。

由产品目录中查得型号为 LFZ-10 型电流互感器。其额定参数为： $U_e=10\text{kV}$ ， $I_{e1}=200\text{A}$ ， $I_{e2}=5\text{A}$ 。铁芯准确度为 0.5 级，额定二次负荷阻抗 $Z_{e2}=0.4\Omega$ 。短时热稳定电流倍数 $K_r=90$ ；动稳定倍数 $K_d=160$ 。

②选择 0.5 级侧的二次连接导线的截面。

U 相所接各仪表电流线圈的总电阻为 $\Sigma R_{d1} = 0.14 (\Omega)$

二次导线采用铜导线，电流互感器为不完全星形接线，连接导线的计算长度 $l_{js} =$ ，故导线截面

由于变电所中应采用铜芯控制电缆，根据机械强度要求，选择二次连接导线截面为 1.5mm^2 。

③热稳定校验。短路持续时间

因 ，故不计非周期分量热效应，故短路电流热效应为

故满足热稳定要求。

④动稳定校验。三相短路冲击电流

能满足动稳定要求。

故选用 LFZ-10 型贯穿式浇注绝缘结构的电流互感器。

15.4.2 主变 10kV 侧及 10kV 母线分段回路上的电流互感器的选择

$I_{\max}=1154.73\text{A}$ ，由产品目录中查得型号为 LDZ-10 型贯穿式环氧树脂浇注绝缘结构户内型电流互感器。

15.4.3 35kV 出线侧电流互感器的选择

因为 35kV 及以上配电装置一般选用油浸瓷箱式绝缘结构的电流互感器。 $I_{\max}=118.73\text{A}$ ，由产品目录中查得型号为 LABN1-35 型电流互感器。

15.4.4 主变 35kV 侧及 35kV 母线分段回路上的电流互感器的选择

$I_{\max}=327.7\text{A}$ ，由产品目录中查得型号为 LABN1-35 型电流互感器。

15.4.5 110kV 出线侧电流互感器的选择

$I_{\max}=142.84\text{A}$ ，由产品目录中查得型号为 LB-110 型电流互感器。

15.4.6 主变 110kV 侧及 110kV 母线分段回路上的电流互感器的选择： $I_{\max}=105.43\text{A}$ ，由产品目录中查得型号为 LB-110 型电流互感器。

15.5 电压互感器的选择

型式：电压互感器的型式应根据使用条件选择

6~20kV 屋内配电装置，一般采用油浸绝缘结构，也可采用树脂浇注绝缘结构的电压互感器

35~110kV 配电装置，一般采用油浸绝缘结构的电压互感器

(2) 一次电压 U_1 ： $1.1U_n > U > 0.9U_n$

U_n 为电压互感器额定一次线电压，1.1 和 0.9 是允许的一次电压的波动范围，即为 $\pm 10\%$ U_n

(3) 二次电压：电压互感器二次电压，应根据情况按表 5-8 选用二次电压 U_{2n}

(4) 准确等级：电压互感器应在哪一等级下工作，需要根据接入的测量仪表、继电器和自动装置等设备对准确等级的要求确定。

用于发电机、变压器、调相机、厂用（所用）馈线，出线等回路中的电度表供所有计算电费的电度表，其准确等级要求为 0.5 级。

供运行监视估算的电度表、功率表和电压继电器等，其准确等级要求一般为 1 级。

用于估计被测量数值的表，如电压表等，其准确等级一般要求较低，一般为 3 级就可。

在电压互感器二次回路，同一回路接有几种不同型式和用途表时，应按要求准确等级高的仪表，确定为电压互感器工作的最高准确度等级

(5) 二次负荷 S_2 ： $S_2 \leq S_n$

S_n 是对应在测量仪表所要求的最高准确等级下，电压互感器的额定容量。

S_2 是二次负荷。它与测量仪表的类型数量和接入电压互感器的接线方式有关。

15.5.1 10kV 母线上：

选择电压互感器型号为 JSZX-10 型。中性点非有效接地系统中，电压互感器常因铁磁谐振大

量烧毁，而 JSZX-10 型电压互感器改进了原三相五柱式电压互感器的不合理结构，提高了抗谐振防烧毁的能力。采用环氧树脂浇注绝缘，铁芯由一只单相双柱式和一只三相三柱式铁芯组成。JSZX-10 采用分相浇注。

$U_1=10\text{kV}$ ， $U_n=10000\text{V}=10\text{kV}$ 。所以， $1.1U_n=11\text{kV}>U_1>0.9U_n=9\text{kV}$

其额定相电压比为 。

因电压互感器需供电度表，故选择准确度级为 0.5 级，相应的额定二次容量 $Se_2=50\text{ (VA)}$ 。
由于 10kV 母线接有出线 12 回、站用工作变压器 2 台、主变压器 2 台。母线电压互感器所供测量仪表有有功电度表 16 只、无功电度表 12 只、有功功率表 2 只、无功功率表 2 只、母线电压表 1 只、频率表 1 只、绝缘监察用电压表 3 只。

仪表

名称

及型号 每个

线圈

消耗

功率 仪表电压

线圈 仪表

数目 UV 相 VW 相

$\cos \phi$ $\sin \phi$ P_{uv} Q_{uv} P_{vw} Q_{vw}

有功

功率表

46D1-W

0.6

1

2

1.2

1.2

无功

功率表

46D1-Var

0.5

1

2

1

1

有功

电度表 1.5 0.38 0.925 16 9.12 22.2 9.12 22.2

无功

电度表 1.5 0.38 0.925 12 6.84 16.65 6.84 16.65

频率表

16L1-Hz 0.5 1 1 0.5

电压表

16L1-V 0.2 1 1 0.2

总计 18.66 38.85 18.36 38.85

求不完全星形负荷为

$$\phi_{uv}=64.3$$

$$\phi_{vw}=64.4$$

每相尚应加入一只绝缘监察电压表 V, ($P_0=0.2$, $Q_0=0$), 故 U 相负荷为 V 相负荷为:

显然, V 相负荷最大, 故只需用 V 相负荷进行校验。

故满足要求。

保护电压互感器的高压熔断器的选择:

此高压熔断器只需按额定电压和开断电流选择。选择专供保护电压互感器用的高压熔断器, 型号为 RN2-10 型。额定电压为 10kV, 其额定断流容量为 $1000\text{MVA}>160.95\text{MVA}$. 故满足要求。

15.5.2 35kV 母线上: 选 JDJJ-35

15.5.3 110kV 母线上: 选 JCC-110

16. 防雷计算

计算步骤: ①由 $b_x=1.5(h_0-h_x)\geq 0$ 算出避雷针高度 h

$$\text{②} h_a=h-h_x \text{ 可得 } h_a$$

$$\text{③由 } r_x=1.6 h_a/(1+h_x/h) \text{ 得到保护半径}$$

$$\text{④由 } b_x=1.5(h-D/7-h_x) \text{ 可得保护范围最小宽度}$$

本设计中 $h_x=10.5$

$$\text{由 } b_x=1.5(h_0-h_x)\geq 0 \text{ 得 } h_0\geq h_x$$

$$\text{因为 } h_0=h-D/7\geq h_x \text{ 所以 } h-67.3/7\geq 10.5 \text{ 得 } h\geq 19.9\text{m}$$

故可取 $h=20\text{m}$

$$\text{则 } h_a=h-h_x=20-10.5=9.5\text{m}$$

$$\text{则保护半径 } r_x=1.6 h_a/(1+h_x/h)=1.6*9.5/(1+10.5/20)=9.97 \text{ 10m}$$

$$\text{则保护范围最小宽度 } b_{x1}=1.5(h-D/7-h_x)=1.5(20-48/7-10.5)=2.7\text{m}$$

$$b_{x2}=1.5(20-43/7-10.5)=3.4\text{m}$$

结 论

在本次毕业设计中, 我的设计题目是 110kV 降压变电站电气部分设计。在老师的辛勤指导下, 我系统的学习了有关变电站一次, 二次设计的知识, 并掌握了 110kV 降压变电站电气部分设计的一般步骤和方法。

通过对此变电站所承担的负荷分析, 结合变电站设计规程和实际情况, 确定了本次设计的主接线方案。本设计对 110kV 母线、35kV 母线、10kV 母线均选用了单母线分段的接线方式, 一段母线发生故障, 自动装置可以保证正常母线不间断供电。重要用户可以从不同分段上引接。母线由分段断路器进行分段。当一段母线发生故障时, 由自动装置将分段断路器跳开, 不会发生误操作。从可靠性、灵活性、经济性以及可扩展性等几方面考虑, 我认为单母线分段接线方式较适合本设计要求, 故高、中、低压三侧均采用单母线分段接线方式。

在主接线方案确定以后, 进行了无功补偿、短路电流计算、设备选择。根据力求可靠、经济, 以及符合电力设备发展现状的要求, 结合该变电站的现状, 先后对主变, 站用变, 断路器, 电流互感器, 电压互感器进行了选择和校验, 使之符合国家规程的规定, 运行可靠, 经济合理。

同时, 结合上面的计算和分析, 根据该站所处自然环境等特点以及运行、检修的要求, 选择 10kV 为屋内布置单层结构, 110kV、35kV 采用屋外普通中型配电装置。对于总平面设计, 要因地制宜, 充分利用荒地、劣地, 不占或少占良田的思想, 设计总平面布置图, 要使变电所的总体设计轮廓明朗。至此, 110kV 降压变电站电气部分设计的一次设计完成。

参考文献

[1] 《现代化变电所(站)运行全书》. 中国物价出版社. P6

- [2] 同济大学电气工程系 编. 《工厂供电》. 中国建筑工业出版社. P22
- [3] 中华人民共和国国家标准 GB《35~110kV 变电所设计规范》. 国家技术监督局与中华人民共和国建设部联合发布. P43
- [4] 《新编电气工程师实用手册》上册. 中国水利水电出版社. P304
- [5] 《新编电气工程师实用手册》上册. 中国水利水电出版社. P304
- [6] 能源部西北电力设计院 编. 《电力工程电气设计手册 电气二次部分》. 水利电力出版社. P216
- [7] 中华人民共和国国家标准 GB《35~110kV 变电所设计规范》. 国家技术监督局与中华人民共和国建设部联合发布. P43
- [8] 能源部西北电力设计院 编. 《电力工程电气设计手册 电气一次部分》. 水利电力出版社. P216
- [9] 《中国电力百科全书 第二版 电力系统卷》. 中国电力出版社. P217
- [10]
- [11] 中小型变电所实用设计手册.
- [12] 《电气设备实用手册. [上]》. 中国水利水电出版社. P184
- [13] 《中国电力百科全书·第二版·输电与配电卷》. 中国电力出版社 P37~P38.
- [14] 《电气运行》. 中国水利水电出版社. P191
- [15] 《新编电气工程师实用手册 上册》. 中国水利水电出版社. P288~P289.
- [16] 《3~10KV 高压配电装置设计规范》
- [17] 《35~110KV 变电所设计规范》
- [18] 《继电保护及安全自动装置技术规程》