

## 前 言

变电站是电力系统的重要组成部分，它直接影响整个电力系统的安全与经济运行，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。电气主接线是发电厂变电所的主要环节，电气主接线的拟定直接关系到全厂（所）电气设备的选择、配电装置的布置、继电保护和自动装置的确定，是变电站电气部分投资大小的决定性因素。

本次设计为 110kV 变电站初步设计，分为说明书、计算书两部分，所设计的内容力求概念清楚，层次分明。本文是在华北电力大学 XXX 教授的指导下完成的，在撰写的过程中，得到老师和同事的大力协助和建议，在此致以衷心的感谢。

由于时间所限，设计书难免存在不足之处，敬请各位老师批评指正并提出宝贵意见。

### 某区域性降压变电所电气设计

#### 原始资料:

为满足城镇负荷日益增长的需要，提高对用户供电的可靠性和电能质量，根据系统发展规划，拟建设一座 110/35/10kV 的区域性降压变电所，设计原始资料要求如下：

一、电压等级: 110/35/10kV

二、设计容量: 拟设计安装两台主变压器。

三、进出线及负荷情况

1、110kV 侧, 110kV 侧进出线共 4 回, 其中两回为进线, 一回停运, 另一回最大负荷 60000KVA。出线正常时每回最大功率为 35000kVA, 最大负荷利用时间为 4200h。

2、35kV 侧, 35kV 侧出线共 6 回, 本期 4 回, 每回最大负荷 7500KVA, 最大负荷利用时间为 4000h。

3、10kV 侧, 10kV 侧进出线共计 6 回, 本期 4 回, 无电源进线, 每回最大负荷 1900KVA, 最大负荷利用时间为 5000h。

4、系统阻抗值为  $S=100\text{MVA}$  时的值。

5、距本变电所 40km 和 18km 各处有一系统变电所, 由这两个变电所用 110kV 双回架空线路向待设计的变电所供电。

四、环境条件

1、海拔 700 米, 温度  $-30\text{---}+40$  度

2、污秽程度轻级

3、年雷暴日小于 30 天

五、所用电主要负荷表

序号	名称	额定容量 (KW)	功率因数	安装台数	工作台数	备注
1	主充电机	25	0.88	1	1	周期性
2	浮充电机	4.5	0.85	1	1	经常性
3	主变通风	0.15	0.73	32	32	经常性
4	蓄电池及装置通风	3	0.88	1	1	经常性
5	检修间实验	16	0.8	1	1	经常性
6	载波远动	0.96	0.69	1	1	经常性
7	照明	20				经常性
8	采暖及其他	16				周期性

设计任务:

- 1、 主接线方案设计论证，并选择主变压器台数及容量。
- 2、 短路电流计算。
- 3、 选择主要电气设备。
- 4、 主要电气设备继电保护的配置。
- 5、 防雷规划。

**设计参考资料:**

- 1、《电力工程电气设计手册》1、2卷
- 2、《导体和电器选择设计技术规定》
- 3、《35-110kV 变电所设计规范》
- 4、教材《发电厂电气部分》及《电力系统分析》中短路电流计算章节。

## 第一章 电气主接线设计

电气主接线是变电站设计的首要任务，也是构成电力系统的重要环

节。主接线方案的确定对电力系统及变电所运行的可靠性、灵活性和经济性密切相关，并对电气设备选择、配电装置布置、继电保护和控制方式的拟定有较大影响。因此，主接线的设计必须正确处理好各方面的关系，全面分析论证，通过技术经济比较，确定变电所主接线的最佳方案。

### 一、变电所主接线设计的基本要求：

对电气主接线的基本要求，概括地说应包括可靠性、灵活性和经济性三个方面。

1、保证必要的供电可靠性、要充分考虑一次设备和二次设备的故障率及其对供电的影响。

2、具有调度灵活，操作方便，能满足系统在事故、检修及特殊方式下的调整要求。

3、主接线应力求简单清晰，尽量节约一次设备的投资，节约占地面积，减少电能损失，即具有经济性。

4、应能容易地从初期过度到最终接线，并在扩建过度时，一次和二  
设备所需的改造最小，即具有发展和扩建的可能性。

### 二、变电所主接线设计原则：

1、变电所的高压侧接线，应尽量采用断路器较少或不用断路器的接线方式，在满足继电保护的要求下，也可以在地区线路上采用分支接线，但在系统主干网上不得采用分支界线。

2、在 35-60kV 配电装置中，当线路为 3 回及以上时，一般采用单母线或单母线分段接线，若连接电源较多、出线较多、负荷较大或处于污秽地区，可采用双母线接线。

3、6-10kV 配电装置中，线路回路数不超过 5 回时，一般采用单母线接线方式，线路在 6 回及以上时，采用单母分段接线，当短路电流较大，出线回路较多，功率较大时，可采用双母线接线。

4、110-220kV 配电装置中，线路在 4 回以上时一般采用双母线接线。

5、当采用 SF<sub>6</sub> 等性能可靠、检修周期长的断路器以及更换迅速的

手车式断路器时，均可不设旁路设施。

总之，以设计原始材料及设计要求为依据，以有关技术规范、规程为标准，结合具体工作的特点，准确的基础资料，全面分析，做到既有先进技术，又要经济实用。

## 第一节 110kV 侧主接线方案选取

据任务书要求，110kV 侧进出线共 4 回，每回最大负荷 60000KVA。本设计提出两种方案进行经济和技术比较。根据《35kV—110kV 变电所设计规范》第 3.2.3 条和第 3.2.4 条：110kV 线路为六回及以上时，宜采用双母线接线，在采用单母线，分段单母线或双母线的 35—110kV 主接线中，当不容许停电检修断路器时，可设置旁路母线和旁路隔离开关。故预选方案为：双母接线和双母线带旁母接线。

### 方案一、双母线接线

#### 1、优点：

1 、供电可靠，通过两组母线隔离开关的倒换操作，可以轮流检修一组导线而不致使供电中断，一组母线故障后，能迅速恢复供电，检修任一回路母线隔离开关，只停该回路。

2 、调度灵活，各个电源和各个回路负荷可任意切换，分配到任意母线上工作，能够灵活地适应系统中各种运行方式调度和系统潮流变化的需要。

3 、扩建方便，向双母线的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。当有双回架空线路时，可以顺序布置，以致连接不同的母线时，不会如单母线分段那样导致出线交叉跨越。

4 、便于实验，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。

#### 2、缺点：

1 、增加一组母线和每回路就需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，需在隔离开关和断路器之间装设连

锁装置。

### 3、适用范围:

1 、6—10kV 配电装置，当短路电流较大，需要加装电抗器。

2 、35—63kV，回路总数超过 8 回，或连接电源较多，回路负荷较大时。

3 、110—220kV，出线回路在 5 回及以上时；或当 110—220kV 配电装置，在系统中居重要地位，出线回路数为 4 回及以上时。

### 方案二、单母线分段接线:

#### 1、优点:

1 、用断路器把母线分段后，对重要负荷可以从不同段引出两个回路，提供双回路供电。

2 、安全性，可靠性高。当一段母线发生故障，分段断路器自动将故障段切除，保证正常母线不间断供电和不致使重要用户停电。

#### 2、缺点:

1 、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。

2 、扩建时需要向两个方向均衡扩建，以保证负荷分配的均匀。

3 、当出线回路为双回路时，常使母线出线交叉跨越。

### 3、适用范围:

1 、6~10KV 配电装置出线回路数为 6 回及以上时。

2 、35~63KV 配电装置出线回路数为 4~8 回时。

3 、110~220 配电装置出线回路数为 3~4 回时。

### 方案比较:

方案一相对方案二调度灵活。各个电源和各回路负荷可以任意分配到某一组母线上，所以当该母线或母线隔离开关故障或检修时，该母线上的回路不需要停电，保证正常母线不间断供电和不致使重要用户停电。而且方案一在扩建时比方案二方便，在有双回架空线时也不会导致出线交叉跨越。

通过对以上两种方案比较，结合现代科学进步，新型断路器的停电检修周期延长，没有必要考虑停电检修断路器，结合经济建设的需要，在满足要求的前提下，尽可能节约设备的投资故待设计的变电所 110kV

接线选取方案一，双母线接线，即能满足要求。

结论：110kV 侧采用双母接线。

## 第二节 35kV 侧主接线方案选取

根据任务书要求，35kV 侧进出线共 6 回，本期 4 回，每回最大负荷 7500KVA。同样本设计提出两种方案进行经济和技术比较。根据《35kV—110kV 变电所设计规范》第 23 条：35kV—60kV 配电装置中，当出线为 2 回时，一般采用桥形接线，当出线为 2 回以上时，一般采用单母线或分段单母线的接线。

方案一、单母线分段接线：

1、优点：

1 、用断路器把母线分段后，对重要负荷可以从不同段引出两个回路，提供双回路供电。

2 、安全性，可靠性高。当一段母线发生故障，分段断路器自动将故障段切除，保证正常母线不间断供电和不致使重要用户停电。

2、缺点：

1 、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。

2 、扩建时需要向两个方向均衡扩建，以保证负荷分配的均匀。

3 、当出线回路为双回路时，常使母线出线交叉跨越。

方案二、单母线接线

由于此种接线，可靠性低，一条线路有故障所有设备均要停电，影响供电可靠性因此可以排除。

结论：35kV 侧采用单母分段接线。

## 第三节 10kV 侧主接线方案选取

根据任务书要求，10kV 侧进出线共计 6 回，留两回为备用间隔，据《35kV—110kV 变电所设计规范》第 3.2.5 条：当变电所装有两台主变压器时，6—10kV 侧宜采用单母分段接线，线路为 1 2 回及以上时，也可采用双母线，当不允许停电检修断路器时，可设置旁路设施。故预

选方案为：单母线分段接线或分段单母线的接线。

由于所预选方案在第二节中均已列出，故在此不再重复。

结论：10kV 侧采用单母分段接线。

## 第二章 变压器的选择

### 第一节 主变压器的选择

主变压器的选择主要包括变压器的容量、变压器的台数、变压器的形式、绕组连接方式、变压器的调压方式和对变压器的阻抗选择。以下分别根据本次设计进行详细的阐述。

#### 一、主变压器容量和台数的确定：

主变压器的容量一般按变电所建成 5—10 年的规划负荷选取，并适当的考虑到远期 10—20 年的负荷发展。再者，可根据变电所所带负荷的性质和电网结构来确定主变压器的容量。对于有重要负荷的变电所，应考虑当一台主变故障或检修停运时，其余主变容量在计及过负荷能力后的允许时间内，应能保证用户的一级和二级负荷，一般性变电所，应能保证全部负荷的 60%。

根据设计任务：

$$\begin{aligned} S &= S_{35kV} + S_{10kV} \\ &= 6 \times 7500 + 4 \times 1900 \\ &= 52600 \text{ (kVA)} \end{aligned}$$

主变压器的台数，对于大城市郊区的一次变电所，在中、低压侧已构成环网的情况下，变电所以装设两台主变压器为宜。

故选择两台 31500 kVA 主变压器。

#### 二、主变压器型式的确定：

变压器采用三相或单相，主要考虑变压器的制造条件、可靠性及运输条件等因素，在不受运输条件限制时，330kV 及以下的变电所均应选用三相变压器，对具有三种电压的变电所，如果通过主变压器各侧绕组的功率均达到该变压器容量的 15% 以上时，采用三绕组变压器，本变电所变压器各侧绕组的功率均已达到了总容量的 15%，故选三相三绕组变压器。

### 三、绕组连接方式确定:

变压器绕组的连接方式必须和系统电压相位一致,否则,不能并列运行,电力系统采用的绕组连接方式只有星形和三角形,如何组合要根据具体工程来确定,我国 110kV 及以上电压变压器绕组都采用  $Y_0$  连接, 35kV 采用 Y 连接, 35kV 以下电压等级、变压器绕组都采用  $\Delta$  连接,所以本变电所主变压器绕组连接方式为  $Y_0 / Y / \Delta$ 。

### 四、调压方式的选择:

普通型的变压器调压范围很小,仅为  $\pm 5\%$  而且当调压要求的变化趋势与实际相反(如逆调压)时,仅靠调整普通变压器的分接头就无法满足要求,有载调压它的调整范围较大,一般在 15% 以上,而且,既要向系统传输功率,又可能从系统倒送功率,要求母线电压恒定保证供电质量的情况下,有载调压变压器可以实现。因此选用有载调压变压器。

### 五、主变压器阻抗的选择:

对于三绕组变压器目前在制造上有两种基本的组合方式,即“升压结构”和“降压结构”。“升压型”的绕组排列顺序为自铁芯向外依次为中、低、高,所以变压器中压侧阻抗最大。“降压型”的绕组排列顺序为自铁芯向外依次为低、中、高,所以高、低压侧阻抗最大。

根据以上综合比较,所选主变压器的特性数据如下:

形式: SFSZL<sub>7</sub>-31500 / 110; 各侧容量比为: 100 / 100 / 50

连接组别号:  $Y_n, y_{n0}, d_{11}$

调压范围为: 高压  $110 \pm 8 \times 1.25\%$  kV

中压  $38.5 \pm 2 \times 2.5\%$  kV

低压 10.5 kV

阻抗电压为: 高一中: 10.5

高一低: 18

中一低: 6.5

结构形式为: 降压结构

空载损耗(kW): 50.3

负载损耗(kW): 175

空载电流(%): 1.4

## 第二节 所用电接线设计和所用变压器的选择

变电所的所用电是变电所的重要负荷,因此,在所用电设计时应按

照运行可靠、检修和维护方便的要求，考虑变电所发展规划，妥善解决分期建设引起的问题，积极慎重地采用经过鉴定的新技术和新设备，使设计达到经济合理，技术先进，保证变电所安全，经济的运行。

### 一、所用变台数的确定：

一般变电所装设一台所用变压器，对于枢纽变电所、装有两台以上主变压器的变电所中应装设两台容量相等的所用变压器，互为备用，如果能从变电所外引入一个可靠的低压备用电源时，也可装设一台所用变压器。根据如上规定，本变电所选用两台容量相等的所用变压器。

### 二、所用变的容量确定：

所用变压器的容量应按所用负荷选择。计算负荷可按照下列公式近似计算：

$$S = \text{照明负荷} + \text{其余负荷} \times 0.85 \text{ (kVA)}$$

$$\text{所用变压器的容量： } S_0 \geq S = 0.85 \sum P + P_{\text{照明}} \text{ (kVA)}$$

根据任务书给出的所用负荷计算：

$$S = 0.85 (25 + 4.5 + 3 + 16 + 0.96) + 20 + 16 = 78.041 \text{ kVA}$$

根据容量选择所用电变压器如下：

型号：SL<sub>7</sub>—80 / 10；容量为：80 (kVA)

连接组别号：Y，y<sub>n0</sub>

调压范围为：高压：±5%

阻抗电压为(%)：4

结构形式为：降压结构

空载损耗(W)：270

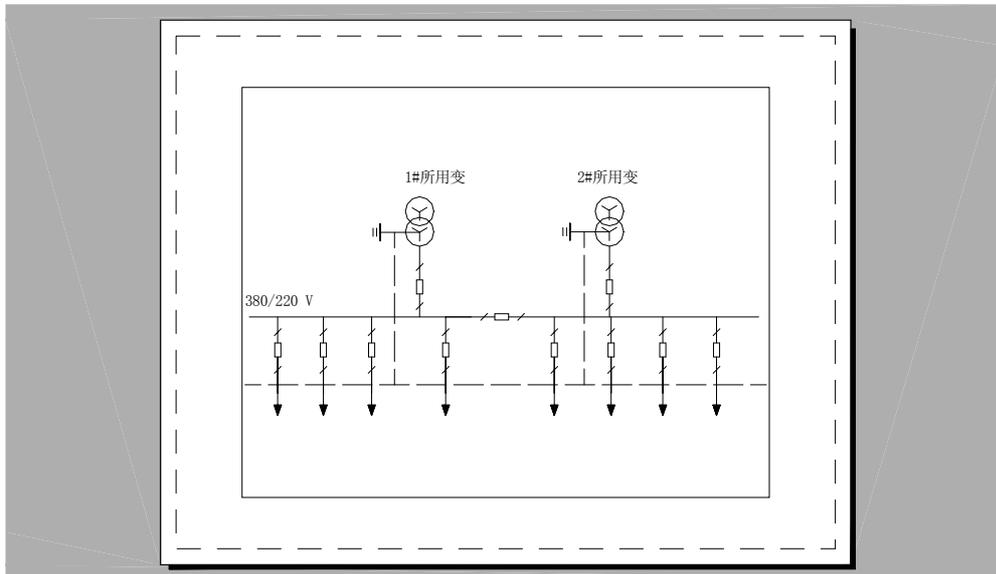
负载损耗(W)：1650

空载电流(%)：2.4

### 三、所用电接线方式：

一般有重要负荷的大型变电所，380 / 220V 系统采用单母线分段接线，两台所用变压器各接一段母线，正常运行情况下可分列运行，分段开关设有自动投入装置。每台所用变压器应能担负本段负荷的正常供电，在另一台所用变压器故障或检修停电时，工作着的所用变压器还能担负另一段母线上的重要负荷，以保证变电所正常运行。

所用电接线图如下所示：



## 第三章 短路电流的计算

### 第一节 短路电流的计算条件

#### 一、基本条件:

短路计算中采用以下假设条件和原则:

- 1、正常工作时，三相系统对称运行。
- 2、所有电源的电动势相位角相同。
- 3、电力系统中各元件的磁路不饱和，即带铁芯的电气设备电抗值不随电流大小发生变化。
- 4、短路发生在短路电流为最大值的瞬间。
- 5、不考虑短路点的电弧阻抗和变压器的励磁电流。
- 6、除计算短路电流的衰减时间常数和低压网络的短路电流外，元件的电阻都略去不计。
- 7、元件的计算参数均取其额定值，不考虑参数的误差和调整范围。
- 8、输电线路的电容略去不计。

## 二、一般规定:

1、验算导体和电器的动稳定、热稳定以及电器开断电流所用的短路电流,应按本工程设计规划容量计算,并考虑电力系统5—10年的远景发展规划。

确定短路电流时,应按可能发生最大短路电流的正常接线方式,而不应按仅在切换过程中可能并列运行的接线方式。

2、选择导体和电器用的短路电流,在电气连接的网络中,应考虑具有反馈作用的异步电动机的影响和电容补偿放电电流的影响。

3、选择导体和电器时,对不带电抗器回路的计算短路点,应选择在正常接线方式时短路电流为最大的点;对带电抗器6—10kV出线,选择母线到母线隔离开关之间的引线、套管时,短路计算点应取在电抗器之前、其余导体和电器的计算短路点一般选择在电抗器后。

4、电器的动稳定、热稳定以及电器的开断电流,一般按三相短路电流计算。

若中性点直接接地系统及自耦变压器等回路中的单相、两相接地短路较三相短路严重时,则应按严重的计算。

## 第二节 短路计算

为选择110kV—35kV—10kV配电装置的电器和导体,需计算在最大运行方式下流过电气设备的短路电流,连同所用电回路共选4个短路点,即: $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$ 、 $d_4$ 如图。因为设计任务书已给出系统为无限大容量, $S = \infty$ 、 $t \cong t$  任意时间,故不考虑短路电流周期分量的衰减,所以只算 $I_{t_0}$ 时刻短路电流周期分量的起始值。

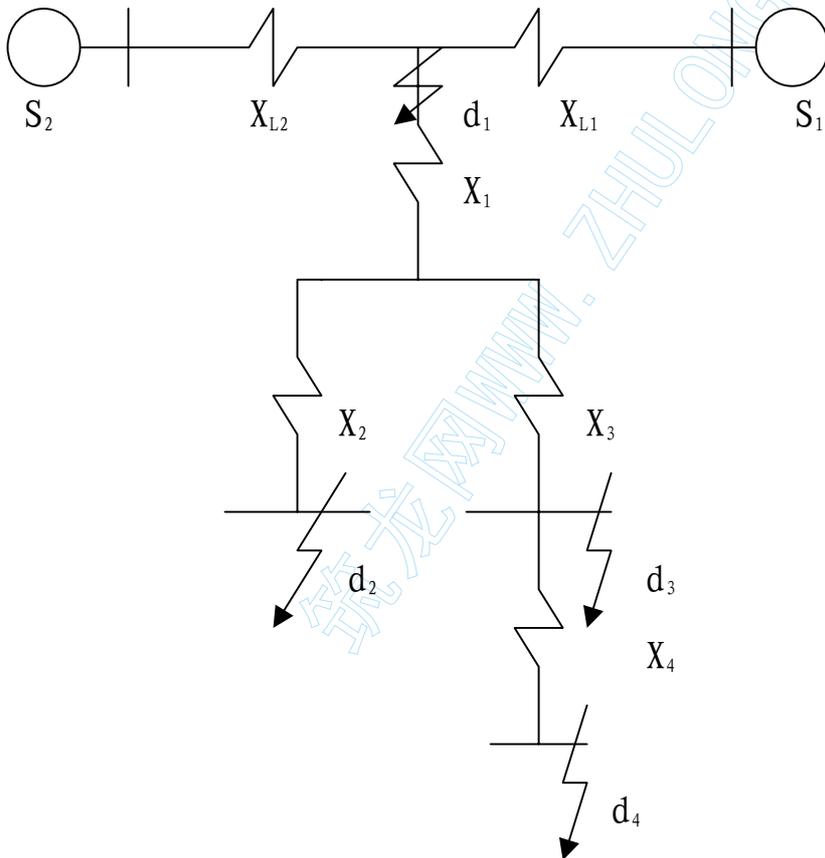
系统为无限大容量,选 $S_j=100\text{MVA}$

一、等值电路图及其各元件电抗计算 为了计算不同短路点的短路电流值,需要将等值网络分别化简为以短路点为中心的等值网络,常常采用的方法有:网络等值变换、利用网络的对称性简化、并联电源支路的合并和分布系数法四种。

根据本次设计所选主接线方式和长期运行方式(两台主变压器并联

运行), 对网络图进行简化。

绘制网络等值电路如下:



线路电抗的计算:

$$X_* = X \ S_j / U_j^2$$

$$X_{L1*} = X_{L1} \ S_j / U_j^2 = (0.4 / 2) \times (100 / 115^2) \times 40 = 0.06$$

$$X_{L2*} = X_{L2} \ S_j / U_j^2 = (0.4 / 2) \times (100 / 115^2) \times 18 = 0.0272$$

变压器电抗的计算:

$$X_* = U_{d1}\% S_j / 100 S_{je}$$

根据所选主变压器型号, 查表得:

阻抗电压分别为:  $U_{13}\% = 18$       $U_{12}\% = 10.5$       $U_{23}\% = 6.5$

$$U_{s1}\% = (U_{12}\% + U_{13}\% - U_{23}\%) / 2 = (10.5 + 18 - 6.5) / 2 = 11$$

$$U_{s2}\% = (U_{12}\% + U_{23}\% - U_{13}\%) / 2 = (10.5 + 6.5 - 18) / 2 = 0$$

$$U_{s3}\% = (U_{13}\% + U_{23}\% - U_{12}\%) / 2 = (18 + 6.5 - 10.5) / 2 = 7$$

阻抗的标么值:

$$X_1^* = U_{s1}\% S_j / 100 S_{je} = (11 \times 100) / (100 \times 31.5) = 0.349$$

$$X_2^* = U_{s2}\% S_j / 100 S_{je} = 0$$

$$X_3^* = U_{s3}\% S_j / 100 S_{je} = (7 \times 100) / (100 \times 31.5) = 0.222$$

$$X_4^* = U_{s4}\% S_j / 100 S_{je} = (4 \times 100) / (100 \times 0.8) = 50$$

由于是本次设计是两台变压器并联运行, 所以:

$$X_1^* = 0.349 / 2 = 0.1745$$

$$X_2^* = 0$$

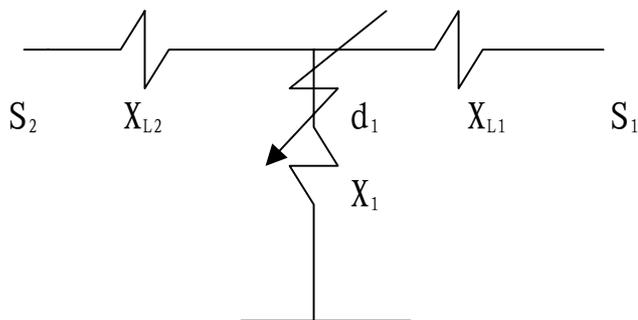
$$X_3^* = 0.222 / 2 = 0.111$$

$$X_4^* = 50 / 2 = 25$$

二、对各短路点分别进行计算:

1、 $d_1$ 点短路:  $U_p = 115\text{kV}$

等值电路如图:



$d_1$ 点转移阻抗:

$$S_1 \text{ 对 } d_1 \text{ 点: } X_{L1}^* = 0.06$$

$$S_2 \text{ 对 } d_1 \text{ 点: } X_{L2}^* = 0.0272$$

$$S_1 \ S_2 \text{ 总的转移阻抗: } X_{d1} = 0.06 // 0.0272 = 0.0186$$

$$\text{短路电流标么值: } I_{d1}^* = 1 / X_{d1} = 1 / 0.0186 = 53.76$$

$$\text{有名值: } I_{d1} = I_{d1}^* S_j / \sqrt{3} U_p = (53.76 \times 100) / (\sqrt{3} \times 115) = 26.99$$

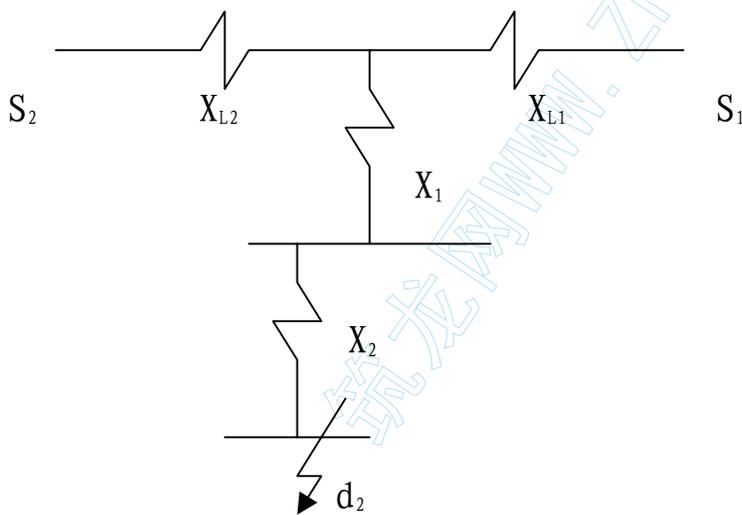
$$\text{冲击值: } i_{ch} = 2.55 \ I_{d1} = 2.55 \times 26.99 = 68.825$$

$$\text{短路容量: } S_{d1} = \sqrt{3} \ U_p I_{d1} = \sqrt{3} \times 115 \times 26.99 = 5376.025$$

$$\text{全电流最大有效值: } I_{ch} = 1.52 \ I_{d1} = 1.52 \times 26.99 = 41.025$$

2、 $d_2$ 点短路:  $U_p = 37\text{kV}$

等值电路如图:



$d_2$ 点的转移阻抗:

$$S_1 \text{ 对 } d_2 \text{ 点: } X_{L1}^* = 0.06$$

$$S_2 \text{ 对 } d_2 \text{ 点: } X_{L2}^* = 0.0272$$

$$S_1、S_2 \text{ 对 } d_2 \text{ 点: } X_{d2} = (X_{L1}^* // X_{L2}^*) + X_1 + X_2 = 0.1931$$

$$\text{标么值: } I_{d2}^* = 1 / X_{d2} = 1 / 0.1931 = 5.179$$

$$\text{有名值: } I_{d2} = I_{d2}^* S_j / \sqrt{3} U_p = (5.179 \times 100) / (\sqrt{3} \times 37) = 8.081$$

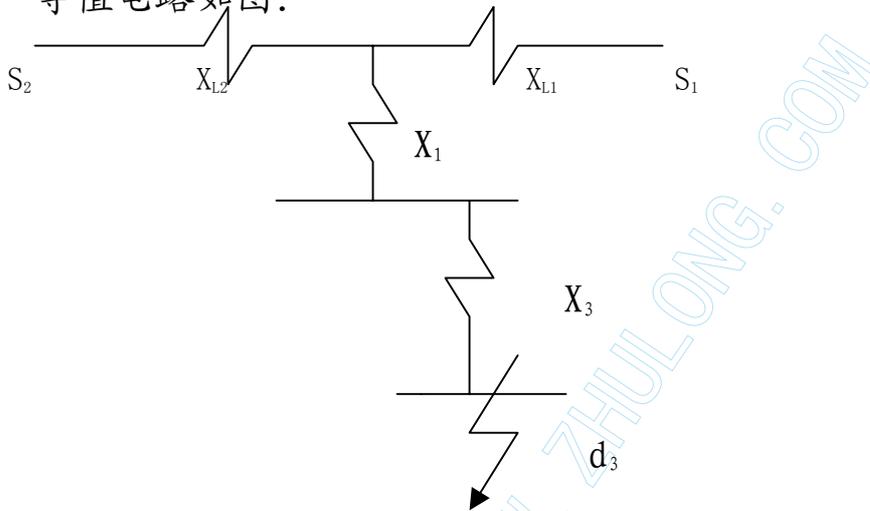
冲击值:  $i_{ch} = 2.55 I_{d2} = 20.607$

短路容量:  $S_{d2} = \sqrt{3} U_p I_{d2} = \sqrt{3} \times 37 \times 8.081 = 517.878$

全电流最大有效值:  $I_{ch} = 1.52 I_{d2} = 12.283$

3、 $d_3$ 点短路:  $U_p = 10.5\text{kV}$

等值电路如图:



$d_3$ 点的转移阻抗:

$S_1$ 对 $d_3$ 点:  $X_{L1}^* = 0.06$

$S_2$ 对 $d_3$ 点:  $X_{L2}^* = 0.0272$

$S_1$ 、 $S_2$ 对 $d_3$ 点:  $X_{d3} = (X_{L1}^* // X_{L2}^*) + X_1 + X_3 = 0.3041$

标么值:  $I_{d3}^* = 1/X_{d3} = 1/0.3041 = 3.288$

有名值:  $I_{d3} = I_{d3}^* S_j / \sqrt{3} U_p = (3.288 \times 100) / (\sqrt{3} \times 10.5) =$

18.081 (KA)

冲击值:  $i_{ch} = 2.55 I_{d3} = 46.108$

短路容量:  $S_{d3} = \sqrt{3} U_p I_{d3} = \sqrt{3} \times 10.5 \times 18.081 = 328.831$

全电流最大有效值:  $I_{ch} = 1.52 I_{d3} = 1.52 \times 18.081 = 27.483$

4、 $d_4$ 点短路:  $U_p = 0.4\text{kV}$

等值电路如下图:





短路形式	三相短路			
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$
短路点编号	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$
基准电流	0.502	1.56	5.499	144.34
基准电压	115	37	10.5	0.4
计算电抗全标么值	0.0186	0.1931	0.3041	25.3041
短路电流计算标么值	53.76	5.179	3.288	0.0395
短路电流计算有名值	26.99	8.081	18.081	5.704
短路冲击电流 ( $i_{ch}$ )	68.825	20.607	46.108	14.546
全电流最大有效值	41.025	12.283	27.483	8.67
短路容量 (MVA)	5376.0 25	517.87 8	328.831	3.925

### 节 选择的原则

选择的一般原则:

1、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；

2、应与整个工程的建设标准协调一致，尽量使新老电器型号一致；

3、同类设备应尽量减少器种；

4、所选导体和电器力求技术先进、安全适用、经济合理、贯穿以铝铜、节约占地等国策。选用新产品应积极慎重，新产品应有可靠的试验数据，并经主管部门鉴定合格。

5、在选择导体和电器时，应按正常工作条件进行选择，并按短路情况校验其动稳定和热稳定。以满足正常运行、检修和短路情况下的要求。

6、验算导体和电器动稳定、热稳定以及电器开断电流所用的短路电流，按本工程的设计容量计算，并考虑电力系统的远景发展规划，按可能发生最大短路电流的正常接线方式进行计算。

7、所选的导体和电器应按当地的气温、风速、覆冰、海拔等环境条件校核电器的基本使用条件。

## 第二节 载流导体的选择

本次载流导体设计包含两部分：软导体、硬导体。对于 110kV、35kV 侧的主母线和相对应的变压器引线选用软导体，对于 10kV 侧的主母线和相对应的变压器引线选用硬导体。下面分别进行选取：

一、110KV 侧：

1、110kV 侧主母线：

对于 110KV 侧主母线按照发热选取，本次设计的 110kV 侧的电源进线为两回，一回最大可输送 60000kVA 负荷，最大持续工作电流按最大负荷算：

$$\begin{aligned} I_{g\max} &= 1.05I_e = 1.05S/\sqrt{3} \times U_e \\ &= (1.05 \times 60000) / (\sqrt{3} \times 110) = 330.66 \text{ (A)} \end{aligned}$$

查设备手册表选择 LGJ—185/10 钢芯铝绞线，在最高允许温度+70 度的长期载流量为 539A，满足最大工作电流的要求。校验不作要求，故在此不作校验。

2、110kV 侧主变压器引接线：

110kV 侧主变压器引接线按主变压器的持续工作电流计算，按经济电流密度进行选取。

$$\begin{aligned} I_{g\max} &= 1.05I_e = 1.05S/\sqrt{3} \times U_e \\ &= (1.05 \times 31500) / (\sqrt{3} \times 110) = 173.6 \text{ (A)} \end{aligned}$$

$T_{\max} = 4200\text{h}$ ，查表得：钢芯铝绞线的经济电流密度为： $J=1.2\text{A}/\text{mm}^2$   
 $S_j = I_{g\max} / J = 173.6 / 1.2 = 144.67 \text{ (mm}^2\text{)}$

查设备手册表选择 LGJ—185/10 钢芯铝绞线，在最高允许温度+70 度的长期载流量为 539A，满足最大工作电流的要求。校验不作要求，故在此不作校验。

3、110KV 侧出线：

$$\begin{aligned} \text{110KV 侧出线：} \quad I_{g\max} &= 1.05I_e = 1.05S/\sqrt{3} \times U_e \\ &= (1.05 \times 35000) / (\sqrt{3} \times 110) \end{aligned}$$

$$= 192.89 \text{ (A)}$$

$T_{\max} = 4200\text{h}$ ，查表得：钢芯铝绞线的经济电流密度为： $J=1.2\text{A}/\text{mm}^2$

$$S_j = I_{\text{gmax}} / J = 192.89 / 1.2 = 160.74 \text{ (mm}^2\text{)}$$

查设备手册表选择 LGJ—150/25 钢芯铝绞线，在最高允许温度+70度的长期载流量为 478A，满足最大工作电流的要求。校验不作要求，故在此不作校验。

## 二、35KV 侧

### 1、35kV 侧主母线：

对于 35kV 侧主母线按照发热选取，本次设计的 35kV 侧一回最大可输送 7500kVA 负荷，主变压器的容量为 31500kVA，所以最大持续工作电流按最大负荷主变压器的持续工作电流计算：

$$\begin{aligned} I_{\text{gmax}} &= 1.05I_e = 1.05S / \sqrt{3} \times U_e \\ &= (1.05 \times 31500) / (\sqrt{3} \times 35) = 545.61 \text{ (A)} \end{aligned}$$

查设备手册表选择 LGJ — 185 钢芯铝绞线，在最高允许温度+70度的长期载流量为 552A，满足最大工作电流的要求。校验不作要求，故在此不作校验。

### 2、35kV 侧主变压器引接线：

35kV 侧主变压器引接线的选择同上。

### 3、35KV 侧出线：

$$\begin{aligned} \text{35KV 侧出线: } I_{\text{gmax}} &= 1.05I_e = 1.05S / \sqrt{3} \times U_e \\ &= (1.05 \times 7500) / (\sqrt{3} \times 35) \\ &= 129.9 \text{ (A)} \end{aligned}$$

$T_{\max} = 4000\text{h}$ ，查表得：钢芯铝绞线的经济电流密度为：

$$J=1.24\text{A}/\text{mm}^2$$

$$S_j = I_{\text{gmax}} / J = 129.9 / 1.24 = 104.76 \text{ (mm}^2\text{)}$$

查设备手册表选择 LGJ—95/15 钢芯铝绞线，在最高允许温度+70度的长期载流量为 357A，满足最大工作电流的要求。校验不作要求，故在此不作校验。

## 三、10KV 侧：

### 1、10kV 侧主母线：

$$I_{gmax} = 1.05I_e = 1.05S/\sqrt{3} \times U_e$$

$$= (1.05 \times 31500/2) / (\sqrt{3} \times 10) = 954.79 (A)$$

查设备手册表选择 63×8 单片矩形铝母平放, 平放时长期允许载流量为 995A。

按  $d_3$  点的短路条件校验:

热稳定的校验: C: 为热稳定系数

$$T = \text{保护时间} + \text{全分闸时间} = 1.5 + 0.1 = 1.6S$$

$$Q_p = T \times (I''^2 + 10I_{t/2}^2 + I_t^2) / 12$$

$$= 1.6 \times (18.081^2 + 10 \times 18.081^2 + 18.081^2) / 12 = 523.076$$

如果短路电流切除时间  $T < 1S$ , 导体的发热主要由周期分量来决定, 在此情况下可以不计非周期分量的影响。所以:

$$Q_k \approx Q_p = 523.067 \text{ KA}^2S$$

查表得, 当硬铝在工作温度为  $70^\circ C$  时取  $C = 87$

$$S_{min} = \sqrt{Q_k K_S / C} = 266.79 \text{ mm}^2$$

所选矩形母线  $63 \times 8 = 504 \text{ mm}^2 > 266.79 \text{ mm}^2$ , 故满足热稳定要求。

动稳定的校验: 取支持跨距:  $L = 1m$

相间距离:  $a = 50cm = 0.5m$ , 震动系数:  $\beta = 1$

$$\text{截面系数: } W = bh^2/6 = 8 \times 10^{-3} \times (63 \times 10^{-3})^2 / 6 = 5292 \times 10^{-9} m^3$$

$$M = 1.73 \times i_{ch}^2 \times L^2 \times 10^{-7} / 8 \times a$$

$$= 1.73 \times 10^{-7} \times (27.483 \times 10^3)^2 \times 1/8 \times 0.5$$

$$= 32.667 (Nm)$$

$$\sigma = M/W = 32.667 / 5292 \times 10^{-9} = 6.17 \times 10^6$$

硬铝的最大允许应力  $\rho_{max} = 70 \times 10^6 (pa)$ , 故能满足要求。

2、10 kV 侧主变压器引接线同 10KV 主母线。

3、10KV 侧出线:

$$I_{gmax} = 1.05I_e = 1.05S/\sqrt{3} \times U_e$$

$$= (1.05 \times 1900) / (\sqrt{3} \times 10)$$

$$= 115.18 (A)$$

$T_{max} = 5000h$ , 查表得: 钢芯铝绞线的经济电流密度为:

$$J = 1.06A/mm^2$$

$$S_j = I_{gmax} / J = 115.18 / 1.06 = 108.66 (mm^2)$$

查设备手册表选择 LGJ—95/15 钢芯铝绞线，在最高允许温度+70度的长期载流量为 478A，满足最大工作电流的要求。校验不作要求，故在此不作校验。

### 第三节 断路器和隔离开关的选择

#### (一) 110KV 侧

##### 1、110kV 侧断路器的选择:

$d_1$ 点的短路参数:

$$i_{ch} = 68.825 \text{ (kA)}; \quad I'' = I_{\infty} = 26.99 \text{ (kA)}$$

$$U_e = 110 \text{ KV}$$

$$I_{gmax} = 1.05I_e = 1.05S/\sqrt{3} \times U_e$$

$$= (1.05 \times 60000) / (\sqrt{3} \times 110) = 330.66 \text{ (A)}$$

查设备手册试选 LW35—126 型六氟化硫断路器。

LW35—126 型六氟化硫断路器参数如下:

额定电压:  $U_e = 126 \text{ kV}$       额定电流:  $I_e = 3150 \text{ A}$

三秒热稳定电流:  $I_{rw3''} = 40 \text{ kA}$       额定短路开断电流:  $I_{kd} = 31.5$

kA

额定峰值耐受电流:  $I_{max} = I_{dw} = 100 \text{ kA}$       额定短路关合电流:  $100 \text{ kA}$

动稳定校验:

$$I_{gmax} = 330.66 \text{ (A)} < I_e$$

$$i_{ch} = 68.825 \text{ (kA)} < i_{dw} = 100 \text{ (kA)}$$

动稳定校验合格。

热稳定校验:  $Q_k = Q_p + Q_{np}$

$$T = \text{保护时间} + \text{全分闸时间} = 0.5 + 0.1 = 0.6 \text{ s}$$

$$Q_p = T \times (I''^2 + 10I_{t/2}^2 + I_t^2) / 12$$

$$= 0.6 \times (26.99^2 + 10 \times 26.99^2 + 26.99^2) / 12 =$$

$$437.076$$

$$Q_{np} = I''^2 \times T \quad \text{查表得: } T = 0.05$$

$$Q_{np} = 26.99^2 \times 0.05 = 36.423$$

$$Q_k = 437.076 + 36.423 = 473.499 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{承受}} &= I_{rw}^2 \times T_{rw} \\ &= 40^2 \times 3 = 4800 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)} \end{aligned}$$

$Q_{\text{承受}} > Q_k$  热稳定校验合格。

所以，所选断路器满足要求。

## 2、110kV 侧隔离开关的选择：

$$U_e = 110\text{kV} \quad I_{g\max} = 330.66 \text{ (A)}$$

查设备手册试选 GW<sub>7</sub>—110 型隔离开关，参数如下：

额定电压： $U_e = 110\text{kV}$       额定电流： $I_e = 600\text{A}$

动稳定电流： $I_{dw} = 55\text{kA}$       5s 热稳定电流： $14\text{kA}$

动稳定校验：

$$I_{g\max} = 413.33 \text{ (A)} < I_e$$

$$i_{ch} = 23.705 \text{ (kA)} < i_{dw} = 55 \text{ (kA)}$$

动稳定校验合格。

热稳定校验：

$$Q_d = 51.85 + 4.32 = 56.17 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{承受}} &= I_{rw}^2 \times T_{rw} \\ &= 14^2 \times 5 = 980 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)} \end{aligned}$$

$Q_{\text{承受}} > Q_d$  热稳定校验合格。

所选隔离开关满足要求。

## (二) 35KV 侧

### 1、35kV 侧断路器的选择：

$$\begin{aligned} I_{g\max} &= 1.05I_e = 1.05S/\sqrt{3} \times U_e \\ &= (1.05 \times 31500) / (\sqrt{3} \times 35) = 545.60 \text{ (A)} \end{aligned}$$

d<sub>2</sub> 点的短路参数：

$$i_{ch} = 20.607 \text{ (kA)} \quad I'' = I_{\infty} = 8.081 \text{ (kA)} \quad U_e = 35\text{kV}$$

查设备手册试选 ZW8—40.5 型真空断路器。

ZW8—40.5 型真空断路器参数如下：

额定电压： $U_e = 40.5\text{kV}$       额定电流： $I_e = 2000\text{A}$

三秒热稳定电流： $I_{rw3''} = 20\text{kA}$       额定短路开断电流： $I_{kd} = 31.5$

kA

额定峰值耐受电流： $I_{max} = I_{dw} = 50\text{kA}$       额定短路关合电流： $50\text{kA}$

动稳定校验：

$$I_{gmax} = 545.60 \text{ (A)} < I_e$$

$$i_{ch} = 20.607 \text{ (kA)} < i_{dw} = 50 \text{ (kA)}$$

动稳定校验合格。

热稳定校验： $Q_k = Q_p + Q_{np}$

$$T = \text{保护时间} + \text{全分闸时间} = 0.5 + 0.1 = 0.6 \text{ s}$$

$$Q_p = T \times (I''^2 + 10I_{t/2}^2 + I_t^2) / 12$$

$$= 0.6 \times (8.081^2 + 10 \times 8.081^2 + 8.081^2) / 12 = 39.18$$

$$Q_{np} = I''^2 \times T \quad \text{查表得：} T = 0.05$$

$$Q_{np} = 8.081^2 \times 0.05 = 3.265$$

$$Q_k = 39.18 + 3.265 = 42.445 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$Q_{\text{承受}} = I_{rw}^2 \times T_{rw}$$
$$= 20^2 \times 3 = 1200 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$Q_{\text{承受}} > Q_k$  热稳定校验合格。

所以，所选断路器满足要求。

## 2、35KV 侧隔离开关的选择

$$U_e = 35\text{kV} \quad I_{gmax} = 545.60 \text{ (A)}$$

查设备手册试选 GW<sub>14</sub>—35 (D) 型隔离开关，参数如下：

额定电压： $U_e = 35\text{kV}$       额定电流： $I_e = 1250\text{A}$

动稳定电流： $I_{dw} = 40\text{kA}$       2s 热稳定电流： $16\text{kA}$

动稳定校验：

$$I_{gmax} = 545.60 \text{ (A)} < I_e$$

$$i_{ch} = 20.07 \text{ (kA)} < i_{dw} = 40 \text{ (kA)}$$

动稳定校验合格。

热稳定校验:

$$Q_k = 39.18 + 3.265 = 42.445 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$Q_{\text{承受}} = I_{rw}^2 \times T_{rw} \\ = 16^2 \times 2 = 512 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$Q_{\text{承受}} > Q_k \text{ 热稳定校验合格。}$$

所选隔离开关满足要求。

### (三) 10KV 侧

#### 1、10kV 主变侧断路器的选择:

$$I_{gmax} = 1.05 I_e = 1.05 S / \sqrt{3} \times U_e \\ = (1.05 \times 31500 / 2) / (\sqrt{3} \times 10) = 954.79 \text{ (A)}$$

$d_3$ 点的短路参数:

$$i_{ch} = 46.108 \text{ (kA)}; \quad I'' = I_{\infty} = 18.081 \text{ (kA)} \quad U_e = 10 \text{ kV}$$

由于 10kV 选用为户内成套设备, 根据厂家提供的型号, 选空气绝缘金属铠装移开式 KYN28 型开关柜。

断路器型号为 ZN63A-12/T1250A-31.5

其参数如下:

额定电压:  $U_e = 12 \text{ kV}$       额定电流:  $I_e = 1250 \text{ A}$

四秒热稳定电流:  $I_{rw4''} = 31.5 \text{ kA}$       额定短路开断电流:

$$I_{kd} = 31.5 \text{ kA}$$

额定峰值耐受电流:  $I_{max} = I_{dw} = 80 \text{ kA}$       额定短路关合电流:  $80 \text{ kA}$

动稳定校验:

$$I_{gmax} = 954.79 \text{ (A)} < I_e$$

$$i_{ch} = 46.108 \text{ (kA)} < i_{dw} = 80 \text{ (kA)}$$

动稳定校验合格。

热稳定校验:

$$Q_k = Q_p + Q_{np}$$

$$T = \text{保护时间} + \text{全分闸时间} = 1.9 + 0.1 = 2\text{s}$$

$$Q_p = T \times (I''^2 + 10I_{t/2}^2 + I_t^2) / 12$$

$$= 2 \times (18.081^2 + 10 \times 18.081^2 + 18.081^2) / 12 = 653.85$$

$$Q_{np} = I''^2 \times T \quad \text{查表得: } T = 0.05$$

$$Q_{np} = 18.081^2 \times 0.05 = 16.35$$

$$Q_k = 653.85 + 16.35 = 670.20 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$Q_{\text{承受}} = I_{rw}^2 \times T_{rw}$$

$$= 31.5^2 \times 4 = 3969 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$Q_{\text{承受}} > Q_k \text{ 热稳定校验合格。}$$

所选断路器满足要求。

2、10kV 侧出线断路器的选择:

$$I_{gmax} = 1.05I_e = 1.05S/\sqrt{3} \times U_e$$

$$= (1.05 \times 1900) / (\sqrt{3} \times 10) = 115.18 \text{ (A)}$$

d<sub>3</sub>点的短路参数:

$$i_{ch} = 46.108 \text{ (kA)}; \quad I'' = I_{\infty} = 18.081 \text{ (kA)} \quad U_e = 10\text{KV}$$

与上同样, 选空气绝缘金属铠装移开式 KYN28 型开关柜。

断路器型号为 ZN63A-12/T630A-20

其参数如下:

$$\text{额定电压: } U_e = 12\text{kV} \quad \text{额定电流: } I_e = 630\text{A}$$

$$\text{四秒热稳定电流: } I_{rw4''} = 20\text{kA} \quad \text{额定短路开断电流:}$$

$$I_{kd} = 20\text{kA}$$

$$\text{额定峰值耐受电流: } I_{max} = I_{dw} = 50\text{kA} \quad \text{额定短路关合电流:}$$

$$50\text{kA}$$

动稳定校验:

$$I_{gmax} = 115.18\text{A} < I_e$$

$$i_{ch} = 46.108 \text{ (kA)} < i_{dw} = 50 \text{ (kA)}$$

动稳定校验合格。

热稳定校验：

$$Q_k = Q_p + Q_{np}$$

$$T = \text{保护时间} + \text{全分闸时间} = 1.9 + 0.1 = 2 \text{ s}$$

$$Q_p = T \times (I''^2 + 10I_{t/2}^2 + I_t^2) / 12$$

$$= 2 \times (18.081^2 + 10 \times 18.081^2 + 18.081^2) / 12 = 653.85$$

$$Q_{np} = I''^2 \times T \quad \text{查表得：} T = 0.05$$

$$Q_{np} = 18.081^2 \times 0.05 = 16.35$$

$$Q_k = 653.85 + 16.35 = 670.20 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$Q_{\text{承受}} = I_{rw}^2 \times T_{rw}$$

$$= 20^2 \times 4 = 1600 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$Q_{\text{承受}} > Q_d \quad \text{热稳定校验合格。}$$

所选断路器满足要求。

(四) 主变中性点隔离开关选取中性点专用型号：GW8—60 型

主要参数： 额定电压：  $U_e = 110\text{kV}$       额定电流：  $I_e = 400\text{A}$

动稳定电流：  $I_{dw} = 15.5\text{kA}$       10s 热稳定电流：  $4.2 \text{ kA}$

断路器、隔离开关选取结果表

型 号	安装地点	参 数				
		额定电压 $U_e$ (kV)	额定电流 $I_e$ (A)	动稳定电流 $I_{dw}$ (kA)	热稳定电 流 (kA)	
断 路 器	LW35—126	110kV 侧	126	3150	100	40, 3 秒
	ZW8—40.5	35kV 侧	40.5	2000	50	20, 3 秒
	ZN63A—12 / T1250—31.5	10kV 主变侧	12	1250	80	31.5, 4 秒
	ZN63A—12 / T630—20	10kV 出线侧	12	630	50	20, 4 秒

隔离开关	GW7—110	110kV 侧	110	600	55	14, 5 秒
	GW14—35(D)	35 kV 侧	35	1250	40	16, 2 秒
	GW8—110	主变中性点	60	400	15	4.2, 10 秒

#### 第四节 电流互感器的选择

##### 1、110kV 主变压器侧:

$$I_{gmax} = (1.05 \times 31500) / (\sqrt{3} \times 110) = 173.6 (A)$$

$$U_e = 110kV$$

选取: LVQB—110, 300/5, 0.5/D/10P

电流互感器参数:

1 秒热稳定电流: 40KA

动稳定电流: 100KA

动稳定校验:

$$i_{ch} = 68.825kA$$

$$i_{ch} \leq 100KA$$

动稳定校验合格。

热稳定校验:

$$Q_d = 473.499 (kA^2 \cdot S)$$

$$Q_{承受} = I_{rw}^2 \times T_{rw} = 1 \times 40^2 = 1600 (kA^2S)$$

$$Q_d < Q_{承受}$$

热稳定校验合格。

##### 2、110kV 进线侧:

$$I_{gmax} = (1.05 \times 60000) / (\sqrt{3} \times 110) = 330.66 (A)$$

$$U_e = 110 (kV)$$

选取: LVQB—110, 400/5, 0.5/5P/10P, 校验同上

##### 3、110kV 出线侧:

$$I_{gmax} = (1.05 \times 35000) / (\sqrt{3} \times 110) = 192.89 (A)$$

$$U_e = 110 \text{ (kV)}$$

选取: LVQB—110, 300/5, 0.5/5P/10P, 校验同上

4、35kV 主变压器侧:

$$I_{gmax} = (1.05 \times 31500) / (\sqrt{3} \times 35) = 545.61 \text{ (A)}$$

$$U_e = 35 \text{ (kV)}$$

选取: LVQB—35, 600/5, 0.5/D/10P,

电流互感器参数:

短时热稳定电流: 31.5KA

动稳定电流: 80KA

动稳定校验:

$$i_{ch} = 20.607 \text{ kA}$$

$$i_{ch} \leq 80 \text{ KA}$$

动稳定校验合格。

热稳定校验:

$$Q_d = 42.445 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$Q_{\text{承受}} = I_{rw}^2 \times T_{rw} = 1 \times 31.5^2 = 992.25 \text{ (kA}^2 \text{S)}$$

$$Q_d < Q_{\text{承受}}$$

热稳定校验合格。

5、35kV 出线侧:

$$I_{gmax} = (1.05 \times 7500) / (\sqrt{3} \times 35) = 129.94 \text{ (A)}$$

$$U_e = 35 \text{ (kV)}$$

选取: LVQB—35, 300/5, 0.5/10P, 校验同上

6、10kV 主变压器侧:

$$I_{gmax} = (1.05 \times 31500/2) / (\sqrt{3} \times 10) = 945.8 \text{ (A)}$$

$$U_e = 10 \text{ (kV)}$$

由于 10kV 选用为户内成套设备, 所以选取和开关柜配套

使用的型号: LMZ-12/1500/5

电流互感器参数:

雷电冲击耐受电压(kV), 75

短时工频耐受电压(kV), 42

7、主变压器中性点零序保护:

$$I_{g\max} = (1.05 \times 31500) / (\sqrt{3} \times 110 \times 3) = 57.87 \text{ (A)}$$

$$U_e = 35 \text{ (kV)}$$

选取: LVQB-35, 100/5

8、10kV 出线侧:

$$I_{g\max} = (1.05 \times 1900) / (\sqrt{3} \times 10) = 115.18 \text{ (A)}$$

$$U_e = 10 \text{ kV}$$

10kV 选用为户内成套设备, 所以选取和开关柜配套

使用的型号: LZZBJ1-12/150/5

电流互感器参数:

雷电冲击耐受电压(kV), 75

### 第五节 电压互感器的选择

电压互感器的选择应满足继电保护、自动装置和测量仪表的要求。  
对于:

1、3-20kV 配电装置, 宜采用油绝缘结构, 也可采用树脂浇注绝缘结构的电磁式电压互感器。

2、35kV 配电装置, 宜采用油浸绝缘结构的电磁式电压互感器。

3、110kV 及以上配电装置, 当容量和准确度等级满足要求时, 宜采用电容式电压互感器。

根据上述条件, 选择如下:

110kV 母线选单相、串级式、户外式电压互感器。

35kV 母线选单相、户外式电压互感器。

10kV 母线成套设备配套电压互感器。

电压互感器选择结果表

安装地点	型号	台数	额定电压 (kV)			各级次额定容量 (VA)		
			原线圈	副线圈	辅助线圈	0.5级	1级	3级
110kV 母线	JCC <sub>2</sub> -110	2	110 / $\sqrt{3}$	0.1 / $\sqrt{3}$	0.1		500	1000
35kV 母线	JDJJ-35	2	35 / $\sqrt{3}$	0.1 / $\sqrt{3}$	0.1 / 3	150	250	600
10kV 母线	JDZJ-10	2	10 / $\sqrt{3}$	0.1 / $\sqrt{3}$	0.1 / 3	50	80	200

## 第六节 高压熔断器选择

变电所 35kV 电压互感器和 10kV 电压互感器以及所用变压器都用高压熔断器进行保护，不需装设断路器，保护电压互感器的熔断器，需按额定电压和开断电流进行选取。

$$I_{gmax} < I_{熔丝} < I_{底座}$$

$$I_{gmax} = (1.05 \times 125) / (\sqrt{3} \times 10) = 7.58 (A)$$

- 1、所用变压器高压侧熔断器属成套设备选用 RN<sub>1</sub>-10 型熔断器进行保护。
- 2、35kV 电压互感器选取 RW<sub>9</sub>-35 型高压熔断器。
- 3、10kV 电压互感器属成套设备，选取 RN<sub>2</sub>-10 型高压熔断器。

高压熔断器选择结果表

型号	安装地点	额定电压 (kV)	额定电流 (kA)	最大分断电流	备注
RW <sub>9</sub> -35	35kV YH	35	0.5	60	保护电压互感器
RN <sub>2</sub> -10	10kV YH	10	0.5	50	保护电压互感器
RN <sub>1</sub> -10	所用变压器	10	20	12	供电力线路短路或过流保护用

## 第五章 变电所的防雷保护规划

避雷针、避雷器是变电所屋外配电装置和所区电工建筑物防护直击雷过电压的主要措施。变电所借助屋外配电装置架构上的避雷针和独立避雷针共同组成的保护网来实现，主控制室和屋内配电要采用屋顶上的避雷带。

### 1、直击雷的过电压保护：

装设独立避雷针，为防止雷直击变电设备及其架构、电工建筑物，其冲击接地电阻不宜超过 10 欧，为防止避雷针落雷引起的反击事故，独立避雷针与配电装置架构之间的空气中的距离  $S_k$  不宜小于 5m，独立避雷针的接地装置与接地网之间的地中距离  $S_d$  应大于 3m。

35kV、110kV 配电装置：在架构上装设独立避雷针，将架构支柱主钢筋作引下线接地。

主变压器装设独立避雷针

各电压等级母线桥：装设独立避雷针。

主控制楼：屋内配电装置钢筋焊接组成接地网，并可靠接地。

### 2、雷电侵入波的过电压保护

对入侵波防护的主要措施：

在变电所内装设阀型避雷器以限制入侵雷电波的幅值，同时在变电所的进线上，设进线段保护，以限制流经阀型避雷器的雷电流和降低入侵雷电波的陡度。

变电所内必须装设避雷器以限制雷电波入侵时的过电压，在 110kV、35kV 靠近变电所 1-2km 的进线上架设避雷线，其耐雷水平分别不应低于 30kA 和 75kA 保护角在  $25^\circ$  和  $30^\circ$  范围内，冲击接地电阻在  $10\Omega$  左右，以保证大多数雷电波只在此线段外出现，即设置进线段保护。对于三绕组变压器，应在低压侧任一相绕组对地加装一个避雷器，对于变压器中性点保护，因中性点为直接接地，变压器为分级绝缘。其绝缘水平为 35kV 等级，需在中性点上装避雷器。

### 3、避雷器的配置:

- (1) 进出线设备外侧;
- (2) 所有母线上;
- (3) 变压器高压侧, 尽量靠近变压器;
- (4) 变压器低压侧为 $\Delta$ 时, 只装在 B 相;
- (5) 主变压器中性点, 按其绝缘水平等级选设;

### 4、避雷线的配置:

- (1) 110kV 及以上线路沿全长架设避雷线;
- (2) 35kV 雷电日较高应全长架设避雷线;
- (3) 10-35kV, 一般设 1-2km 的进线段保护, 以降低雷电波的陡度。

避雷器选择一览表

型 号	安装地点	数量 (组)	参 数			
			陡度 冲击 电流 下残 压 $\leq$ kV	雷电冲 击电 流 下残 压 $\leq$ kV	操作冲 击电 流 下残 压 $\leq$ kV	直流 1mA 参考电 压 $\geq$ kV
HY5W5— 108/281	110kV 母 线	2	51.8	281	239	157
HY5WZ5— 51/134	35kV 侧母 线	2	154	134	114	76
HY5WS5— 17/45	10kV 母线	2	51.8	45	38.3	25
Y <sub>1</sub> W— 60/144	主变中性 点	2		144	137	86
HY5WZ5— 51/134	主变 35kV 侧	2	154	134	114	76
Y <sub>5</sub> WZ— 12.7/45	主变 10kV 侧	2	51.8	45	38.3	24
Y <sub>5</sub> WZ—	10kV 出线	6	51.8	45	38.3	24

## 第六章 变电所的继电保护规划

### 1、主变压器保护:

- ①瓦斯保护; 重瓦斯动作于跳闸, 轻瓦斯动作信号;
- ②纵联差动保护或电流速断保护;
- ③后备保护: 高、中压侧装设复合电压起动的过电流保护、低压侧装设过电流保护;
- ④变压器中性点装设零序过电流保护;
- ⑤在高、中压侧绕组装设过负荷保护, 动作于信号。

### 2、母线保护:

对于 6—10kV 分段或不分段的单母线, 如果接在母线的出线不带电抗器, 或对中、小容量变电所接在母线上的出线带电抗器并允许带时限切除母线故障时, 不装设专用的母线保护。母线故障可利用装设在变压器、断路器的后备保护和分段断路器的保护来切除, 当分段断路器的保护需要带低电压起动元件时, 可不装设分段断路器的保护, 而利用变压器的后备保护以每一段时限动作于分段断路器跳闸。

对在容量 6—10kV 单母线分段或双母线经常并列运行且出线带电抗器时, 采用接于每一段母线或供电元件(变压器、分段断路器、同期调相机断路器)和电路上的两相两段式不完全母线差动保护, 保护动作于变压器低压侧断路器, 分段断路器和同期调相机断路器跳闸, 对于分裂运行的变电所, 则采取与上一条相同的措施。

**分段断路器保护:** 出线断路器一般按不能切除电抗器的短路条件选择。因此, 分段断路器一般装设两相式瞬时电流速断装置和过电流保护。

### 3、线路保护:

- (1) 110kV 架空线路

主保护：横联差动的方向保护，能够迅速而有选择性地切除平行线路的故障，并且实现它比较简单、经济。

后备保护：三段式零序电流方向保护；

三段式相间距离保护，综合重合闸装置。

## (2) 35kV 架空线路

主保护：横联差动方向保护；

后备保护：过电流保护作为两回线运行的后备保护及一回线断开后的主保护及后备保护零序电流保护，综合重合闸装置。

(3) 10kV 出线，需要装置电流速断保护、过电流保护、绝缘监测装置。

继电保护配置规划表，如下所示：

继电保护规划表

名称		保护范围	动作方式
变压器	主变压器	1、瓦斯保护	重瓦斯跳闸、轻瓦斯发信号
		2、差动保护	跳三侧开关
		3、过流保护	跳闸
		4、复合电压闭锁过电流保护	跳闸
		5、零序过流保护	跳闸
		6、过负荷保护	发信号
	所用变	1、电流速断保护	跳闸
		2、过电流保护	跳闸
		3、过负荷保护	发信号
线路	110kV 线路	1、完全差动保护	跳闸
		2、三段相间距离和三段式零序方向保护、综合重合闸装置	跳闸
	35kV 线路	1、电压闭锁电流速断保护	跳闸，重合一次
		2、过电流保护	跳闸，重合一次
		3、绝缘监察装置	发信号
	10kV 线路	1、电流速断保护	跳闸
		2、过电流保护	跳闸，重合一次
		3、绝缘监察装置	发信号
	110kV 母	1、电流相位比较式保护	跳闸

线	2、线路和主变后备保护	跳闸
35kv 母线	1、两相两段式不完全电流保护	跳闸
	2、分段断路器作后备保护	跳闸
10kV 母线	1、利用分段保护主变后备保护	跳闸
110kV 母联开关	1、相间电流速断保护带过时限过流保护	跳闸
	2、零序电流速断保护带过时限过流保护	跳闸

## 第七章 变电所仪表配置规划

为了保护电力系统正常运行,对变电所一次电气量进行测量。监察及满足继电保护和自动装置的要求,在变电所主控制室及配电室内要装设的仪表和设备如下:

仪表配置规划表

名称 数量 安装 地点	电压 等级 (kV)	交流 电压 表 (V)	交流 电流 表 (A)	有功 功率 表 (W)	无功 功率 表 (VAR )	电度 表 (WH)	无功 电度 表 (Varh )	频率 表 (HZ )	备注
主变压器 各侧	110kV		3	1	1				主 变 装
	35kV		1	1	1	1	1		

	10kV		1	1	1	1	1		设 温 度 表
引出线回路	110kV		3	1	1	1	1		
	35kV		1	1		1	1		
	10kV		1	1		1	1		
母线	110kV	1						1	三 块 组 成 绝 缘 监 察 装 置
	35kV	4						1	
	10kV	4						1	
母联或分段断路器	110kV		3						
	35kV		1						
	10kV		1						
所用变压	0.4kV	2	3				1		

器 低压	V								
侧									

PC 机可对全站的所有断路器、隔离开关进行弱电监视操作，可在远方监控中心进行监控。数字信号通过二次电缆传至监控置，再通过光缆、数字通讯电缆传至 PC 机或远方监控。

测量、计量方式采用多能智能计量表计与监控系统相结合的方式。多能智能计量表计可测量有功、无功电能量及各相的电流、电压、有功功率、无功功率。通过表计 RS-485 或 RS-232 通讯接口独立组网上传。根据规程对计量部分要求，110kV 线路、主变三侧、10kV 出线、35kV 出线各装设一块多能智能计量表计。

## 第八章 变电站配电装置规划

110kV 屋外配电装置：设计为 LF<sub>21</sub>-70/60 硬管母线半高型布置。由于采用硬管母线和半高型布置，缩小了母线相间距离和纵向尺寸，具有占地省、美观等优点。由于硬管母线架构不承受水平拉力，结构简单，故钢材消耗少，便于施工。但硬管母线材料价格较贵，使用棒式支柱绝缘子数量较多，以及施工安装费用较大，又由于硬管母线不允许上人检修，因此处理母线接点发热等故障较为不方面。

35kV 和 10KV 屋内配电装置：由于它们均为移开式开关柜，因此采用户内布置，分别布置在一层，由电缆给用户供电。

## 小 结

通过本次毕业设计，掌握了 110kV 变电站的初步设计的过程。这是对所学知识进行的一次实践，使电气专业知识得到巩固和加深，逐步提高了解决问题的能力，但在本次设计中仍有存在不足与疏漏，我将在以后的工作、学习中扬长避短，发扬严谨的科学态度，使所学到的知识不断的升华。

## 致 谢

通过此次毕业设计，加深了我所学的电气工程专业知识，为今后顺利的开展工作打下良好的基础，特别是对认识问题、分析问题、解决问题的能力有了较大的提高。本次毕业设计也是对我整个学习阶段的一次综合测试。

在毕业设计过程中，衷心的感谢 XXX 老师在百忙之中对我的设计给予了细致的指导和建议。他那严谨求实的教学作风、诲人不倦的耐心，给我留下了难以磨灭的印象。同时，我还要感谢华北电力大学带过我们的所有老师，你们对待知识严谨求实的态度、为人师表的工作作风，使我受益匪浅。

在此，我对你们表示衷心的感谢，我将在今后的工作中不断追求新知识、继续努力，不辜负老师们对我们悉心的培养。

2004年6月6日

# 摘 要

本次设计以 110kV 变电站为主要设计对象,同时附有 1 张电气主接线图加以说明。该变电站设有 2 台主变压器,站内主接线分为 110kV、35 kV、和 10 kV 三个电压等级。各个电压等级分别采用双母线、单母分段、和单母分段的接线方式。

本次设计中进行了电气主接线图形式的论证、短路电流计算、主要电气设备选择及校验(包括断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器),同时介绍了防雷保护的配置、继电保护的规划等相关方面的知识。

## Abstract

This design is 110 kV decline to press the transformer substation electricity the main system's design.and return fish-eye an electricity lord to connect the line diagram to take into the elucidation at the same time. That transformer substation has two main transformer of sets, is divided into three

electric voltage grades: 110 kV, 35 kV with 10 kV. Design is with the transformer substation a the subsystem is a lord, and introduced the electricity the lord connect the line design, the calculation, conductor of the short-circuit electric current with the electric appliances's choice. And slightly take to defend the thunder to protect the programming, protect programming after the electricity, the appearance install the programming the etc. the parties concerned's contents.

## 目 录

### 前 言

原始资料	-----
第一章 电气主接线设计	-----
第一节 110kV 侧主接线方案选取	-----
第二节 35kV 侧主接线方案选取	-----
第三节 10kV 侧主接线方案选取	-----
第二章 变压器的选择	-----
第一节 主变压器的选择	-----
第二节 所用电接线设计和所用变的选择	-----
第三章 短路电流的计算	-----
第一节 短路电流的计算条件	-----
第二节 短路计算	-----
第四章 载流导体和电器的选择	-----
第一节 选择的原则	-----
第二节 载流导体的选择	-----

第三节	断路器和隔离开关的选择	-----
第四节	电流互感器的选择	-----
第五节	电压互感器的选择	-----
第六节	高压熔断器选择	-----
第五章	变电所的防雷保护规划	-----
第六章	变电所的继电保护规划	-----
第七章	变电所的仪表配置规划	-----
第八章	变电所配电装置布置	-----
小 结		-----
致 谢		-----

(附图：110kV 变电站电气主接线图)

筑龙网WWW.ZHULONG.COM

