

南京工程学院

毕业设计说明书

某 110kV 系统继电保护及自动装置设计

学 生 姓 名：_____

班 级 学 号：_____

院、系、部：_____

专 业：_____

指 导 教 师：_____

合作指导教师：_____

2007 年 11 月 南 京

摘 要

作者完成了110kV待建变电站的部分设计工作，首先提出了该变电站的主接线方案并进行了短路电流计算，在此基础上对110kV线路电流互感器、主变各侧电流互感器、主变保护、110kV线路保护、10kV保护以及相关的自动装置进行配置，采用了先进的DSA2322、DSA2326、DSA2302D、DSA2361、DSA2364、RCS94等微机保护和自动装置，对各个装置进行详细的整定计算。整定计算鲜明的突出了各个保护的特点，以求在配置和整定值上满足主变和110kV线路对保护选择性、灵敏度和可靠性要求。

同时还对主变保护和110kV线路进行了二次原理图的设计。

。

关键词 变压器保护，线路保护，自动装置，整定计算，设计

Abstract

The author completes the 110 kV to need part of design works of set up the transformer substations, putting forward the lord of that transformer substation to connect the line project and carried on the short-circuit electric current calculation first, on this foundation to the 110 kV circuit electric current with each other the feeling machine, lord becomes each side electric current with each other the feeling machine, lord changes the protection, the 110 kV circuit protection, the 10 kV protect and the related auto equip to carry on install, the tiny machine of DSA2322, DSA2326, DSA2302D, DSA2361, DSA2364, RCS94 etc. that adopt the forerunner protection and equip automatically, carry on to the each device whole detailed settle the calculation. Whole compute certainly fresh and clear and outstanding the characteristics that each one protect, in order to satisfy the lord to change in install and wholely settling the value and the 110 kV circuit to protect selectivity, intelligent degree and dependable sex requests.

Return at the same time changed the protection and the 110 kV circuits to carry on to the lord two times principle diagram of design.

Key Words transformer protection, circuit protection, equip automatically, whole settle the calculation, design

目 录

摘 要	I
Abstract	II
目 录	III
0 设计任务书	1
0.1 毕业设计的原始数据:	1
0.2 毕业设计的内容和要求(包括技术要求、图表要求以及工作要求等):	2
0.3 毕业设计应完成的技术文件:	3
1 绪 论	4
1.1 对待设计变电所在电力系统中的地位、作用及电力用户分析	4
1.2 设计目的及主要任务	4
2 变电所设计	5
2.1 变压器型号、容量的选择	5
2.2 主电气主接线的选择	8
3 变电所短路电流计算	13
3.1 概述系统运行方式	13
3.2 短路计算的目 的及假设有关短路点及短路形式的选择	13
4 选择系统保护用的电流、电压互感器型号	17
4.1 互感器的用途	17
4.2 互感器的特点	17
4.3 互感器的配置	17
5 继电保护及自动装置配置	24
5.1 主变继电保护配置	24
5.2 安全自动装置的配置	24
5.3 110kV 线路 SG 继电保护配置	25
6 继电保护及自动装置整定原则	26
6.1 变压器保护	26
6.2 安全自动装置整定原则	30
6.3 110kV 线路距离保护整定原则	32
7 继电保护及自动装置整定计算	38

7.1 相关参数计算.....	38
7.2 变压器保护.....	38
7.3 备用电源自动投入装置有关元件的整定计算.....	43
7.4 110kV SG 线路保护整定.....	45
7.5 本章结论.....	56
结 论.....	57
谢 辞.....	58
参考文献.....	59

0 设计任务书

0.1 毕业设计的原始数据:

(一) 系统接线示意图

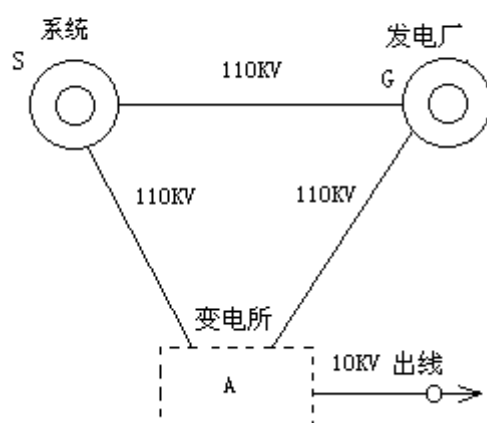


图 1 系统接线示意图

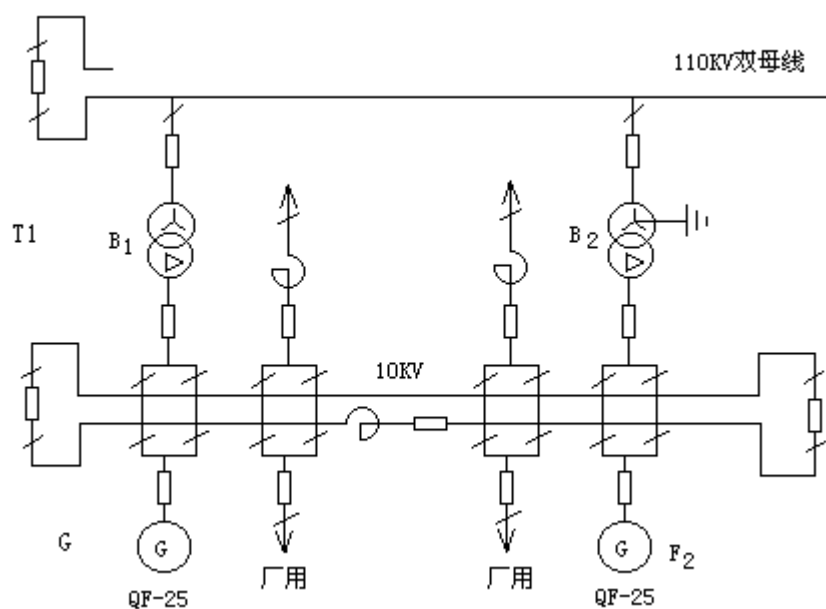


图 2 发电厂 G 的主接线图

(二) 系统参数的相关说明

- 1、各变电所负荷为最大负荷，最小负荷为其 70%；
- 2、发电厂 G 有关资料：
 - 1) 接线如图 2 所示
 - 2) T_1 、 T_2 为 SFL—20000KVA，Y，d11 接线， $U_k=10.5\%$ ；
 - 3) 10KV 负荷（包括厂用电）为 20MW， $\cos\varphi=0.8$ ；
 - 4) $G1$ 、 $G2$ 的 $X_d''=0.13$ ；
 - 5) 最小运行方式为停用一台发电机。
- 3、系统 S 有关资料：
 - 1) 最大运行方式：2200MW， $\cos\varphi=0.85$ ， $X_{s.min}=0.8$ (110KV 归算值)；
最小运行方式：1800MW， $\cos\varphi=0.85$ ， $X_{s.max}=1.0$ (110KV 归算值)；
 - 2) 系统为双母线主接线；
 - 3) 系统的正、负序阻抗相等，零序阻抗 $X_{s,0}=0.35$ 保持不变。
- 4、其它有关资料：
 - 1) 输电线零序电抗为 3.5 倍正序电抗；
 - 2) 变压器短路电压可取 10.5%（双绕组）；
 - 3) 平行双回线间零序互阻抗忽略；
 - 4) 短路计算可不计负荷电流和输电线电阻；
- 5、电网运行方式
S—G—A 开环，即 A—G 线路 A 侧开环，设置 BZT。
- 6、为配合毕业设计分组，以下参数为可变参数：
 - (1) 110kV 线路
SG、SA、AG 线路长度；
 - (2) 变电所 A 的主变台数及容量

姓名	主变容量	XA 线路长度	XF 线路长度	AF 线路长度
陈恒祥	20+31.5MVA	14km	9km	19km

0.2 毕业设计的内容和要求(包括技术要求、图表要求以及工作要求等):

- 1、选择变电所 A 主变压器的型号、容量，确定变电所 A 的主接线形式；选择系统保护用的电流互感器、电压互感器型号；
- 2、配置系统的保护，并画出保护配置图；
- 3、对一条 110kV 线路 SG 配置的保护及自动装置进行整定计算（线路名称由

指导老师指定);

- 4、对变电所 A 保护进行整定计算;
- 5、画出线路保护的原理图。

0.3 毕业设计应完成的技术文件:

- 1、符合毕业设计内容要求的毕业设计说明书一份。
- 2、相关保护配置图及保护原理图。
- 3、设备选型依据

1 绪 论

为了进一步提高工程建设集约化、精细化管理水平，根据《35-110KV 变电所设计规范》（GB50059-1992）、《江苏省 35kV-220kV 变电所设计技术导则（试行）》做好待设计变电所的设计工作。设计要求有利于运行维护和备品备件管理，有利于新技术推广应用，有利于提高工程建设集约化管理水平，能进一步提高供电可靠性。

设计原则：安全可靠、自主创新、技术先进、注重环保、节约资源、降低造价，努力做到统一性与可靠性、适应性、先进性、经济性和灵活性的协调统一。

1.1 对待设计变电所在电力系统中的地位、作用及电力用户分析

待设计变电所在城市近郊，变电所 110kV 有 2 回线路分别与系统和发电厂相连；在低压侧 10kV 有 16 条线路向用户供电，该变电所的建成能保障该地区新增负荷的电力供应。另外变电所的所址范围内场地开阔，地势平坦，交通方便。

1.2 设计目的及主要任务

本次设计的主要目的是结合一实际变电所的一次参数作系统继电保护及自动装置部分的设计，主要任务有：1) 主变台数、容量及型式的选择；2) 电气主接线方案的确定；3) 短路阻抗及短路电流的计算；4) 选择系统保护用的电流、电压互感器型号；5) 保护的配置及原理；6) 保护的整定计算。

本次第一章主要介绍一次设备选型及短路电流及短路阻抗计算。第二、第三章中介绍了保护配置及整定计算。第四章介绍了变电站二次回路设计。

2 变电所设计

2.1 变压器型号、容量的选择

2.1.1 概述

在各电压等级的变电所中，变压器是变电所中的主要电气设备之一，它担任着向用户输送功率，或者在两种电压等级之间交换功率的重要任务，同时兼顾电力系统负荷增长情况，并根据电力系统 5~10 年的发展规划综合分析，合理选择。否则，将造成经济技术上的不合理。如果主变压器容量过大，台数过多，不仅增加投资，扩大占地面积，而且还会增加损耗，给运行和检修带来不便，设备也未必能充分发挥效益；若容量选得过小，可能使变压器长期在过负荷中运行，影响主变压器的寿命和电力系统的稳定性。因此确定合理的主变压器容量是变电所安全可靠供电和网络经济运行的保证。

在生产上电力变压器分为单相、三相、双绕组、三绕组、自耦以及分裂变压器等，在选择主变压器时，要根据原始资料和设计变电所的自身特点，在满足可靠性的前提下，从经济性方面来选择主变压器。

选择主变压器的容量，同时要考虑到该变电所以后的扩建情况来选择主变压器的台数及容量。

2.1.2 主变压器型号的选择

2.1.2.1 主变压器相数的选择

当不受运输条件限制时，在 330kV 以下的变电所均应选择三相变压器。而选择主变压器的相数时，应根据变电所的基本数据以及所设计变电所的实际情况来看选择。

单相变压器组，相对来讲投资大，占地多，运行损耗大，同时配电装置以及继电保护和二次接线的复杂化，也增加了维护及倒闸操作的工作量。

本次设计的变电所，位于市郊区，交通便利，不受运输等条件限制，所址建在平原地区，故本次设计的变电所应选用三相变压器。

2.1.2.2 绕组数的选择

根据设计规定：对深入引进负荷中心、具有直接从高压降为低压供电条件的变电所，为简化电压等级或减少重复降压容量，可采用双绕组变压器。本次变电所是一个从 110kV 降为 10kV 的两个电压等级的变电所，故本变电所选择双绕组变压器。

2.1.2.3 主变调压方式的选择

调压方式分为两种，一种是不带负荷切换,称为无载调压，调整范围通常在 $\pm 5\%$ 以内；另一种是带负荷切换,称为有载调压，调整范围可达 20% 。

为了满足变电所母线电压和用户的用电质量及供电的可靠性，变压器的调压类型的选择应符合以下的一般原则：

- ① 直接向 10kV 配电网供电的降压变压器应选用有载调压变压器；
- ② 电网电压可能有较大变化，经调压计算论证确实有必要且技术经济比较合理时，可采用有载调压变压器；
- ③ 符合《江苏省 35kV – 220kV 变电所设计技术导则（试行）》3.1.1的要求；

为了确保今后向用户提供合格的电能，保证电压的质量；同时由于该变电所的电压波动较大，故选择有载调压方式，才能满足要求。

2.1.2.4 连接组别的选择

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。

全星形接线虽然有利于并网时相位一致的优点，而且全星形接法，零序电流没有通路，相当于与外电路断开，即零序阻抗相当于无穷大，对限制单相及两相接地短路都有利，同时便于接消弧线圈限制短路电流。但是三次谐波无通路，将引起正弦波的电压畸变，对通讯造成干扰，也影响保护整定的准确度和灵敏度。如果影响较大，还必须综合考虑系统发展才能选用。我国规定 110kV 及以上的电压等级的变压器绕组常选用中性点直接接地系统，而且还要考虑到三次谐波的影响，会使电流、电压畸变。采用三角形接法可以消除三次谐波的影响。所以应选择 Y_0/Δ 接线方式。故本次设计的变电所选用主变压器的接线组别为： $Y_0/\Delta-11$ 。

2.1.2.5 主变压器冷却方式的选择

主变压器一般采用的冷却方式有：自冷式、自然风冷却式、强迫油循环风冷却式、强迫油循环水冷却式。

自然风冷却一般只适用于小容量变压器。此次设计的变压器容量都不大，所以选择自然风冷却方式。

2.1.2.6 主变压器台数的确定

根据《江苏省 35kV – 220kV 变电所设计技术导则（试行）》的要求，为了确保重要负荷的供电，确保当一台主变故障或检修时，单台主变能够满足重要负荷的容量要求，并留有一定的裕度供将来负荷发展的需要，所以选择两台变压器。

2.1.2.7 主变压器容量的确定计算

根据待建变电所 A 的实际情况分析：变电所 A 的 10kV 出线总数为 16 条，平均长度为 5km，10kV 侧最大负荷近期 16MW，同时率为 0.9，其中一台事故停用后，其余主变压器的容量应保持该所全部负荷的 70% 以上。

$$S_1 = \frac{\sum PK_0}{\cos \varphi} = \frac{500 \times 0.9}{0.85} \times 0.6 = 10.2 \text{ (MVA)}$$

根据南京地区容载比要求（容载比为 3），则单台主变容量为 $S = (10.2 \times 3) / 2 = 15.3 \text{ MVA}$ 。由此可见单独主变的容量为 16MVA；考虑到本地区发展前景，为将来负荷发展留以一定裕度，且根据《江苏省 35kV-220kV 变电所设计技术导则（试行）》3.1.6 的要求，同时也要考虑 10~20 年的发展和资金问题，选一台变压器容量为 20MVA，另一台主变压器容量为 31.5MVA，选择型号分别为：SFZQ7—20000/110、SFZQ7—31500/110

型 号	SFZQ7—20000/110		SFZQ7—31500/110	
	高压侧	低压侧	高压侧	低压侧
额 定 电 压	110±8×1.25%kV	10.5kV	110±8×1.25%kV	10.5kV
阻抗电压(%)	10.5		10.5	
连接组标号	Y ₀ /△—11		Y ₀ /△—11	
空载电流(%)	0.9		1.1	
空载损耗(kW)	30		42.2	
短路损耗(kW)	104		148	

2.1.3 所用变压器型号的选择

2.1.3.1 所用变压器型号的选择

对于装有冷却或强迫油循环冷却的主变压器的变电所，均装设两台所用变压器，分别接在最低一级母线的不同分段上，对装有两台所用变压器时，采用单母线分段接线方式。由于本次设计的变电所，采用一台 20MVA 和一台 31.5MVA 的主变压器，故采用两台所用变压器，互为备用。且容量相等，一台停运时，另一台承受全部负荷。

所用变压器负荷计算采用换算系数法，不经常短时及不经常持续运行的负荷均可不列入计算负荷。当有备用所用变压器时，其容量应与工作变压器相同。

所用变压器容量按下式计算：

$$S \geq K_1 \sum P_1 + \sum P_2$$

S — 所用变压器容量 (kVA)

$\sum P_1$ — 所用动力负荷之和 (kW)

K_1 — 所用动力负荷换算系数，一般取 $K_1 = 0.85$

$\sum P_2$ — 电热及照明负荷之和 (kW)

所用电的接线方式，在主接线设计中，选用为单母线分段接线，选两台所用变压器互为备用，每台变压器容量及型号相同，并且分别接在不同的母线上。

2.1.3.2 所用变压器容量的选择计算

名 称	第一段母线容量 (kW)	第二段母线容量 (kW)
变压器修理动力 P_1	25	
其他动力 P_2	20	25
变电所空调动力 P_3	20	25
电 热 P_4	25	25
照 明 P_5	20	20

$$\therefore S = K_1 \sum P_1 + \sum P_2$$

$$\begin{aligned} \text{即第一段母线总容量: } \sum P_1 &= 0.85 (P_1 + P_2 + P_3) + P_4 + P_5 \\ &= 0.85 (25 + 20 + 20) + 25 + 20 \\ &= 100.25 \text{ (kVA)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{第二段母线总容量: } \sum P_2 &= 0.85 (P_2 + P_3) + P_4 + P_5 \\ &= 0.85 (25 + 25) + 25 + 20 \\ &= 87.5 \text{ (kVA)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{故变电站所用变压器的总容量为: } S &= K_1 \sum P_1 + \sum P_2 = 100.25 + 87.5 \\ &= 187.75 \text{ (kVA)} \end{aligned}$$

所以选择两台 DKSC-200/10.5 的接地变。

额定电压: 10.5 kV

阻抗电压 (%): 4

连接组标号: $Y_0 / Y_0 - 12$

因为 10kV 为电缆出线，电容电流较大，故考虑采用接地变加小电阻接地的型式，小电阻采用象山高压电器厂生产的 ZX22-8 中值电阻。

2.1.4 电容器型号的选择

220kV 及以下的变电所一般均应配置可投切的无功补偿设备。其补偿容量一般为该变电所主变容量的 10~30%。

$$Q = K * P_{\Sigma} = (10 \sim 30\%) * 51500 = 5150 \sim 15450 \text{ kvar}$$

考虑配置 BFM11/ $\sqrt{3}$ -200-1W 2400+3600 kvar 电容器（有两个分支）两台，每段母线配置一台，分别接于 10kV 系统的两段母线

2.2 主电气主接线的选择

2.2.1 概述

主接线是变电所电气设计的首要部分，它是由高压电器设备通过连接线组成的汇集和分配电能的电气主回路，也是构成电力系统的重要环节。主接线的确定对电力系统整体及变电所本身运行的可靠性、灵活性和经济性密切相关，并且对

电气设备的选择、配电装置、继电保护和控制方式的选定有较大影响。因此，必须正确处理好各方面的关系。

我国《变电所设计技术规程》SDJ₂-79 规定：变电所的主接线应根据变电所在电力系统中的地位、回路数、设备特点及负荷性质等条件确定，并且满足运行可靠，简单灵活、操作方便和节约投资等要求，便于扩建。

1. 可靠性：安全可靠是电力生产的首要任务，保证供电可靠和电能质量是对主接线最基本要求，而且也是电力生产和分配的首要要求。

主接线可靠性的具体要求：

- 1) 断路器检修时，不宜影响对系统的供电；
- 2) 断路器或母线故障以及母线检修时，尽量减少停运的回路数和停运时间，并要求保证对一级负荷全部和大部分二级负荷的供电；
- 3) 尽量避免变电所全部停运的可靠性。
2. 灵活性：主接线应满足在调度、检修及扩建时的灵活性。
 - 1) 为了调度的目的：可以灵活地操作，投入或切除某些变压器及线路，调配电源和负荷能够满足系统在事故运行方式，检修方式以及特殊运行方式下的调度要求；
 - 2) 为了检修的目的：可以方便地停运断路器，母线及继电保护设备，进行安全检修，而不致于影响电力网的运行或停止对用户的供电；
 - 3) 为了扩建的目的：可以容易地从初期过渡到其最终接线，使在扩建过渡时，无论在一次和二次设备装置等所需的改造为最小。
3. 经济性：主接线在满足可靠性、灵活性要求的前提下做到经济合理。
 - 1) 投资省：主接线应简单清晰，以节约断路器、隔离开关、电流和电压互感器、避雷器等一次设备的投资，要能使控制保护不过复杂，以利于运行并节约二次设备和控制电缆投资；要能限制短路电流，以便选择价格合理的电气设备或轻型电器；在终端或分支变电所推广采用质量可靠的简单电器；
 - 2) 占地面积小：主接线要为配电装置布置创造条件，以节约用地和节省构架、导线、绝缘子及安装费用。在不受运输条件许可下，都采用三相变压器，以简化布置。
 - 3) 电能损失少：经济合理地选择主变压器的型式、容量和数量，避免两次变压而增加电能的损失。

2.2.2 主接线的方式选择

电气主接线是根据电力系统和变电所具体条件确定的，它以电源和出线为主体，在进出线路多时（一般超过四回）为便于电能的汇集和分配，常设置母线作为中间环节，使接线简单清晰、运行方便，有利于安装和扩建；而本所 10kV 电压等级进出线均超过四回，所以采用有母线的连接方式。在进线路只有两三回进线时可采用单元接线或桥式接线；而本所 110kV 电压等级进线只有两回，所以采用有单元接线或桥式接线的连接方式。

2.2.2.1 单母线接线

单母线接线虽然接线简单清晰、设备少、操作方便，便于扩建和采用成套配

电装置等优点，但是不够灵活可靠，任一元件（母线及母线隔离开关）等故障或检修时，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，才能恢复非故障段的供电，并且电压等级越高，所接的回路数越少，一般只适用于一台主变压器。

单母线接线适用于 110~220kV 配电装置的出线回路数不超过两回，35~60kV，配电装置的出线回路数不超过 3 回，6~10kV 配电装置的出线回路数不超过 5 回，才采用单母线接线方式，故不选择单母线接线方式。

2.2.2.2 单母线分段

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切除，保证正常段母线不间断供电或不致于使重要用户停电。但是，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内停电，而出线为双回时，常使架空线路出现交叉跨越，扩建时需向两个方向均衡扩建，单母线分段适用于：110kV~220kV 配电装置的出线回路数为 8~10 回，35~60kV 配电装置的出线回路数为 4~8 回，6~10kV 配电装置出线为 6 回及以上，则采用单母线分段接线。

2.2.2.3 单母线分段带旁路

这种接线方式适用于进出线不多、容量不大的中小型电压等级 35~110 kV 的变电所较为实用，具有足够的可靠性和灵活性。

2.2.2.4 单元接线

单元接线是最简单的接线。它的特点是几个元件直接单独连接，没有横向的联系。优点是简单明显、占地面积小、设备少、投资省；缺点是灵活性差。

2.2.2.5 桥式接线

当只有两台变压器和两条输电线路时，采用桥式接线，所用断路器数目最少，它可分为内桥和外桥接线。

内桥接线适合于输电线路较长，故障机率较多而变压器又不需经常切除时，采用内桥式接线。当变压器故障时，需停相应的线路。

外桥接线适合于输电线路较短，且变压器随经济运行的要求需经常切换或系统有穿越功率的线路。为检修断路器，不致引起系统开环，有时增设并联旁路隔离开关以供检修时使用。当线路故障时需停止运行相应的变压器。

所以，桥式接线可靠性较差，虽然它有使用断路器少、布置简单、造价低等优点，但是一般系统把具有良好的可靠性放在首位，故不选用桥式接线。

2.2.2.6 3/2 断路器接线

两个元件引线用三台断路器接在两组母线上组成一个半断路器，它具有较高

的供电可靠性和运行灵活性，任一母线故障或检修均不致停电，但是它使用的设备较多，占地面积较大，增加了二次控制回路的接线和继电保护的复杂性，且投资大。

2.2.2.7 双母线接线

它具有供电可靠、调度灵活、扩建方便等优点，而且，检修另一组母线时，不会停止对用户连续供电。如果需要检修某线路的断路器时，不装设“跨条”，则该回路在检修期需要停电。对于，110kV~220kV 输送功率较多，送电距离较远，其断路器或母线检修时，需要停电，而断路器检修时间较长，停电影响较大，一般规程规定，110kV~220kV 双母线接线的配电装置中，当出线回路数达 7 回，（110kV）或 5 回（220kV）时，一般应装设专用旁路断路器和旁路母线。

2.2.2.8 双母线分段接线

双母线分段，可以分段运行，系统构成方式的自由度大，两个元件可以完全分别接到不同的母线上，对大容量且在需相互联系的系统是有利的，由于这种母线接线方式是常用传统技术的一种延伸，因此在继电保护方式和操作运行方面都不会发生问题。而较容易实现分阶段的扩建等优点，但是易受到母线故障的影响，断路器检修时要停运线路，占地面积较大，一般当连接的进出线回路数在 11 回及以下时，母线不分段。

2.2.2.9 选择设计方案

由设计方案确定的负荷情况：110kV 近期 2 回；10kV 近期 16 回，远期 8 回。

根据《江苏省 35kV-220kV 变电所设计技术导则(试行)》第 2.1 条“2.3.1 110kV 侧线路为 2 回时，宜采用内桥形、线路变压器组接线；110kV 侧有转供负荷时，宜采用扩大桥接线；3 台主变压器时，宜采用线路变压器组接线或双内桥接线、双外桥接线。”故本变电所 110KV 侧采用内桥形式。接线形式图 2-1。

另根据《江苏省 35kV-220kV 变电所设计技术导则(试行)》第 2.3.4“10kV 侧宜采用单母线分段接线；在无法构成配电线路手拉手供电或不能满足供电可靠性时，宜采用单母线分段带旁路接线。”单母线分段占地面积小，投资低，可以将地区负荷的两条线路分布在不同母线上运行，当一条线路或母线停电或检修时，也能确保重要负荷的供电，且可以采用成套的室内配电装置。故本变电所 110KV 侧采用单母线接线方式。出线回路数为 16 回，接线形式图 2-2：

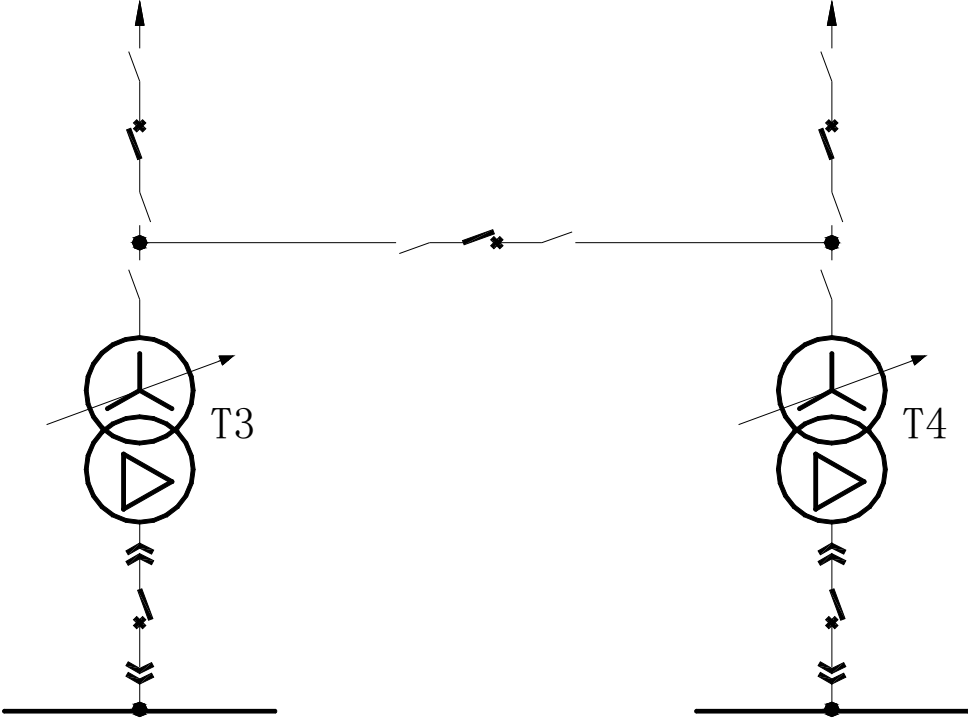


图 2-1 110kV 主接线形式图

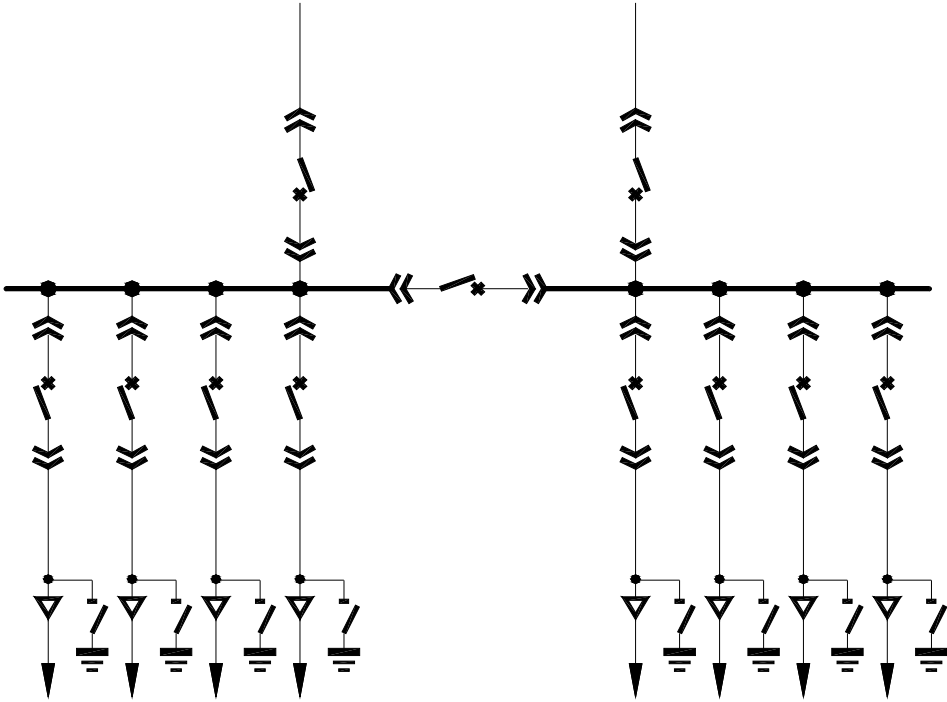


图 2-2 10kV 主接线形式图

3 变电所短路电流计算

3.1 概述系统运行方式

电力系统的电气设备在其运行中都必须考虑到可能发生的各种故障和不正常运行状态，最常见同时也是最危险的故障是发生各种型式的短路，因为它们会破坏用户的正常供电和电气设备的正常运行。

短路是电力系统的严重故障，所谓短路，是指一切不正常的相与相之间或相与地（对于中性点接地系统）发生通路的情况。在三相系统中，可能发生的短路有：三相短路，两相短路，两相接地短路和单相接地短路。其中，三相短路是对称短路，系统各相与正常运行时一样仍处于对称状态，其他类型的短路都是不对称短路。

电力系统的运行经验表明，在各种类型的短路中，单相短路占大多数，两相短路较少，三相短路的机会最少。但三相短路虽然很少发生，其情况较严重，应给以足够的重视。因此，我们都采用三相短路来计算短路电流，并检验电气设备的稳定性。

系统运行方式

系统 1 最大运行方式下短路功率为 2200MW、 $\cos\varphi=0.85$ ，最小运行方式下短路功率为 1800MW、 $\cos\varphi=0.85$ 。

3.2 短路计算的目 的及假设有关短路点及短路形式的选择

3.2.1 有关短路点及短路形式的选择

选择变压器两侧为短路点，分别计算三相短路、两相短路及接地短路故障时短路点的电气量及保护安装处的与继电保护整定有关电气量。

3.2.2 短路电流计算目的

- 1) 在选择电气主接线时，为了比较各种接线方案或确定某一接线是否需要采取限制短路电流的措施等，均需进行必要的短路电流计算。
- 2) 在选择电气设备时，为了保证设备在正常运行和故障情况下都能安全、可靠地工作，同时又力求节约资金，这就需要进行全面的短路电流计算。
- 3) 在设计屋外高压配电装置时，需按短路条件检验软导线的相间和相对地的安全距离。
- 4) 在选择继电保护方式和进行整定计算时，需以各种短路时的短路电流为依据。
- 5) 按接地装置的设计，也需用短路电流。

3.2.3 短路电流计算的一般规定

- 1) 验算导体和电器动稳定、热稳定以及电器开断电流，应按工程的设计规划容量计算，并考虑电力系统的远景发展规划（一般为本期工程建成后 5~10 年）。确定短路电流计算时，应按可能发生最大短路电流的正常接线方

式，而不应按只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装置放电电流的影响。
- 3) 选择导体和电器时，对不带电抗器回路的计算短路点时，应按选择在正常接线方式时短路电流为最大的地点。
- 4) 导体和电器的动稳定、热稳定以及电器的开断电流一般按三相短路验算。

3.2.4 短路计算基本假设

- 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而发生变化；
- 4) 不考虑短路点的电弧阻抗和变压器的励磁电流；
- 5) 元件的电阻略去，输电线路的电容略去不计，及不计负荷的影响；
- 6) 系统短路时是金属性短路。

3.2.5 短路电流计算基准值

高压短路电流计算一般只计算各元件的电抗，采用标幺值进行计算，为了计算方便选取如下基准值：

基准容量： $S_g = 100\text{MVA}$

基准电压： U_g (KV) 115

基准电流： I_j (KA) 0.502

3.2.6 短路电流计算的步骤

- 1) 计算各元件电抗标幺值，并折算到同一基准容量下；
- 2) 给系统制订等值网络图；
- 3) 选择短路点；
- 4) 对网络进行化简，把供电系统看成为无限大系统，不考虑短路电流周期分量的衰减求出电流对短路点的电抗标幺值，并计算短路电流的标幺值、有名值；

$$\text{标幺值: } I_d^* = \frac{1}{X^* d_i}$$

$$\text{有名值: } I_{di} = I_d^* I_j$$

- 5) 计算短路容量、短路电流冲击值、短路电流全电流最大有效值；
短路电流全电流最大有效值为：

$$I_{ch} = \sqrt{1+2(K_U-1)^2} I'' = \sqrt{1+2(1.8-1)^2} I'' = 1.51 I''$$

当不计周期分量衰减时冲击电流为：

$$i_{ch} = \sqrt{2} K_{ch} I'' = \sqrt{2} \cdot 1.8 I'' = 2.55 I''$$

短路容量为：

$$S = \sqrt{3} U_B I''$$

6) 列出短路电流计算并得出结果。

3.2.7 短路电流计算

3.2.7.1 各元件参数标么值的计算

[毕业设计 080109-1.xls](#)

3.2.7.2 绘制等效电路及计算

1) 正序等效电路

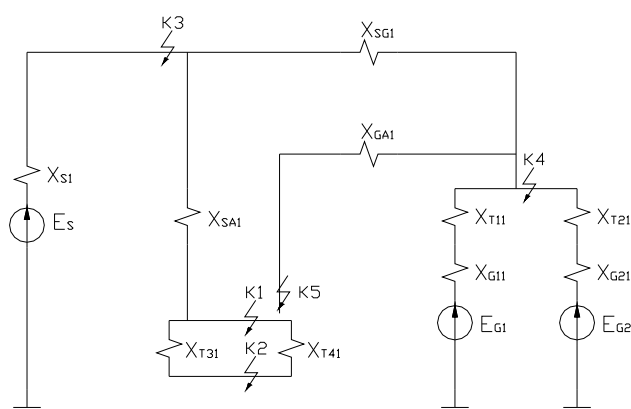


图 3-1 正序等效电路

2) 负序等效电路

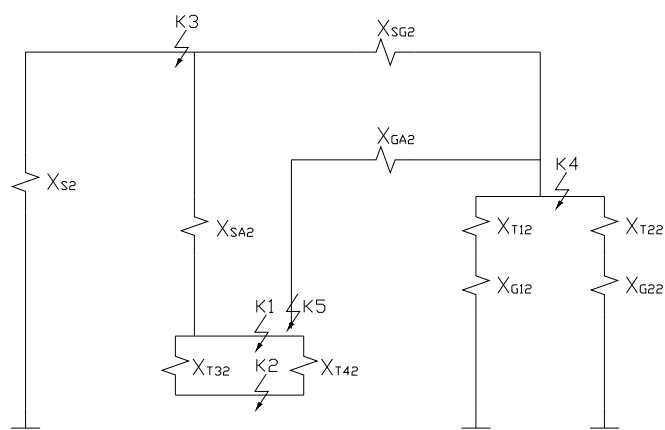


图 3-2 负序等效电路

3) 零序等效电路

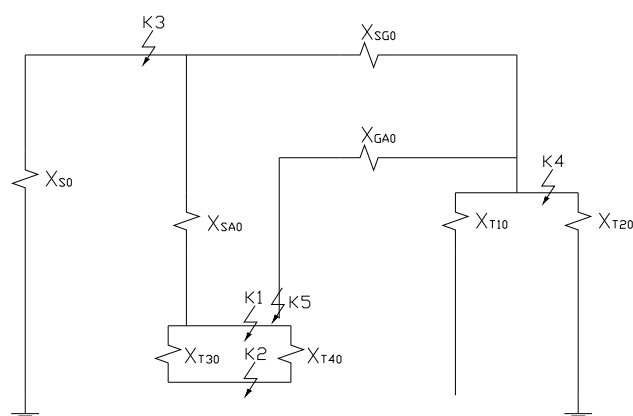


图 3-3 零序等效电路

3.2.7.3 各短路点短路电抗计算（标么值）

最大方式为系统 S 在最大运行方式；发电厂 G 两台发电机均在发电，厂内只有一台主变中性点接地；变电站两台主变并列运行，只有一台主变中性点接地。

最小方式为系统 S 在最小运行方式；发电厂 G 一台发电机均在发电，厂内只有运行的主变中性点接地；变电站两台主变独自运行，变电站也只是一台主变中性点接地。

[毕业设计 080109-1.xls](#)

3.2.7.4 各短路点短路电流计算（标么值）

[毕业设计 080109-1.xls](#)

则系统短路点的各个值如表 3-1

[毕业设计 080109-1.xls](#)

4 选择系统保护用的电流、电压互感器型号

4.1 互感器的用途

互感器包括电压互感器和电流互感器，是一次系统和二次系统间的联络元件，用以分别向测量仪表、继电器的电压线圈和电流线圈供电，正确反映电气设备的正常运行和故障情况，其作用是：

- 1) 将一次回路的高电压和电流变为二次回路标准的低电压和小电流，使测量仪表和保护装置标准化、小型化，并使其结构轻巧、价格便宜，便于屏内安装。
- 2) 使二次设备与高电压部分隔离，且互感器二次侧均接地，从而保证了设备和人身的安全。

4.2 互感器的特点

1. 电流互感器的特点：

- 1) 一次绕组串联在电路中，并且匝数很少，故一次绕组中的电流完全取决于被测量电路的负荷，而与二次电流大小无关；
- 2) 电流互感器二次绕组所接仪表的电流线圈阻抗很小，所以正常情况下，电流互感器在近于短路状态下运行。

2. 电压互感器的特点：

- 1) 容量很小，类似于一台小容量变压器，但结构上需要有较高的安全系数；
- 2) 二次侧所接测量仪表和继电器电压线圈阻抗很大，互感器近似于空载状态下运行，即开路状态。

4.3 互感器的配置

4.3.1 互感器的配置原则

- 1) 为满足测量和保护装置的需要，在变压器出线、母线分段及所有断路器回路中均装设电流互感器；
- 2) 在未设断路器的下列地点也应装设电流互感器，如：发电机和变压器的中性点；
- 3) 对直接接地系统，一般按三相配制。对三相直接接地系统，依其要求按两相或三相配制；
- 4) 60~220kV 电压等级的每组主母线的三相上应装设电压互感器；
- 5) 当需要监视和检测线路有关电压时，出线侧的一相上应装设电压互感器。

4.3.2 电流互感器的选择依据

- 1) 电流互感器由于本身存在励磁损耗和磁饱和的影响，使一次电流 I_1 与 I_2 在数值和相位上都有差异，即测量结果有误差，所以选择电流互感器应根据测量时误差的大小和准确度来选择。
- 2) 电流互感器 10%误差曲线
电流互感器 10%误差曲线是对保护级（BIQ）电流互感器的要求与测量

级电流互感器有所不同。对测量级电流互感器的要求是在正常工作范围内有较高的准确级，而当其通过故障电流时则希望早已饱和，以便保护仪表不受短路电流的损害，保护级电流互感器主要在系统短路时工作，因此准确级要求不高，在可能出现短路电流范围内误差限制不超过 10%。电流互感器的 10%误差曲线就是在保证电流互感器误差不超过 10%的条件下，一次电流的倍数与电流互感器允许的最大二次负载阻抗 Z_{2f} 关系曲线。

3) 额定容量

为保证互感器的准确级，其二次侧所接负荷 S_2 应不大于该准确级所规定的额定容量 Se_2 。

即： $Se_2 \geq S_2 = I_{e2}^2 Z_{2f}$

$$Z_{2f} = Z_y + Z_j + Z_d + Z_c \quad (\Omega)$$

Z_y — 测量仪表电流线圈电阻

Z_j — 继电器电阻

Z_d — 连接导线电阻

Z_c — 接触电阻一般取 0.1Ω

4) 按一次回路额定电压和电流选择

电流互感器用于测量时，其一次额定电流应尽量选择得比回路中正常工作电流大 1/3 左右，以保证测量仪表的最佳工作电流互感器的一次额定电压和电流选择必须满足： $U_e \leq U_{ew}$, $I_{e1} \geq I_{g\max}$ ，为了确保所提供仪表的准确度，互感器的一次工作电流应尽量接近额定电流。

U_{ew} — 电流互感器所在电网的额定电压

U_e, I_{e1} — 电流互感器的一次额定电压和电流

$I_{g\max}$ — 电流互感器一次回路最大工作电流

5) 种类和型式的选择

选择电流互感器种类和形式时，应满足继电保护、自动装置和测量仪表的要求，再根据安装地点（屋内、屋外）和安装方式（穿墙式、支持式、装入式等）来选择。

6) 热稳定检验

电流互感器热稳定能力常以 3s 内允许通过一次额定电流 I_{rw} 来表示，即：

$$3 \cdot I_{rw}^2 \geq I^2 t_d \quad (\text{或} \geq Q_d)$$

7) 动稳定校验

电流互感器常以允许通过一次额定电流最大值 ($\sqrt{2}I_{e1}$) 的倍数 K_d (动稳定电流倍数) 表示其内部动稳定能力，故内部动稳定可用下式校验：

$$i_{cj} \leq i_{dw}$$

短路电流不仅在电流互感器内部产生作用力，而且由于其邻相之间电流的相互作用使绝缘帽上受到外力的作用。因此需要外部动稳定校验，即：

$$F_y \geq 0.5 \times 1.73 i_{cy}^2 \times \frac{L}{a} \times 10^{-7} \text{N}$$

对于瓷绝缘的母线型电流互感器（如 LMC 型）可按下式校验：

$$F_y \geq 1.73 \times i_y^2 \frac{L_{js}}{a} \times 10^{-7} \text{N}$$

在满足额定容量的条件下，选择二次连接导线的允许最小截面为：

$$S \geq \frac{PL_{js}}{Z_e^2 - (Z_y + Z_j + Z_c)} \text{mm}^2$$

4.3.3 电流互感器选择计算

电流互感器的一次工作电流应尽量接近额定电流。

4.3.3.1 主变 110kV 侧电流互感器

$$\text{额定电流: } I_{e1} \geq I_{g\max} = \frac{2S_e \times 1.05}{\sqrt{3}U_e} = \frac{51500 \times 1.05}{\sqrt{3} \times 110} = 283.8 \text{A}$$

$$\text{额定电压: } U_e \leq U_{ew} = 110 \text{ (kV)}$$

根据以上计算数据，可初步选择南京电气（集团）有限责任公司生产的 LB₆—110W2 型电流互感器，其参数为额定电流比：2×300/5，准确次级 0.2S/0.5/10P20/10P20，热稳定倍数为(20-40) kA /3s，动稳定电流(峰值) 50-100kA，额定容量 40VA，额定电压 126kV。

校验热稳定：取后备保护为 5s, 即 $t_{dz} = 5\text{s}$

$$\text{热稳定校验: } I_{ch.k1}^2 t_{dz} = 2.3^2 \times 5 = 26.45 \text{ (kA}^2 \cdot \text{s)}$$

$$3 \cdot I_{rw}^2 = 3 \times 20^2 = 1200 \text{ (kA}^2 \cdot \text{s)}$$

$$\text{即: } 3 \cdot I_{rw}^2 > I_{ch.k1}^2 t_{dz} \text{ 满足要求}$$

$$\text{验动稳定: } i_{ch.k1} \leq i_{dw}$$

$$i_{ch.k1} = 3.888 \text{ (kA)} \quad i_{dw} = 50-100 \text{ (kA)}$$

$$\text{即: } i_{ch.k1} < i_{dw} \text{ 满足要求}$$

故选择 LB₆—110W2 型电流互感器能满足要求，由计算可列出 LB₆—110W2 型电流互感器数据如表 4-1：

表 4-1 LB₆—110W2 型电流互感器数据

项 目	LB ₆ —110W2	
	产品数据	计算数据
$U_e \geq U_{ew}$	126kV	110kV
$I_{e1} \geq I_{g\max}$	2×300A	283.8A
$3 \cdot I_{rw}^2 \geq I_{ch}^2 t_{dz}$	1200kA ² ·S	26.45kA ² ·S
$i_{dw} > i_{cj}$	50-100kA	3.888kA

4.3.3.2 主变 10kV 侧及 10kV 母联电流互感器

$$\text{额定电流: } I_{e1} \geq I_{g\max} = \frac{2S_e \times 1.05}{\sqrt{3}U_e} = \frac{31500 \times 1.05}{\sqrt{3} \times 10} = 1909.7 \text{ (A)}$$

$$\text{额定电压: } U_e \geq U_{ew} = 10 \text{ (kV)}$$

根据以上计算数据可以初步选择大连第一互感器厂生产的 LMZB1-10 型电流互感器，其参数为额定电流比为 2500/5，准确级次为 0.2S/0.5/5P20/5P20，热稳定电流为 63 kA /3S，动稳定电流为 160kA，额定容量 30VA，额定电压 12kV。

校验热稳定：取后备保护为 5s，即 $t_{dz} = 5s$

$$\text{热稳定校验: } I_{ch.K2}^2 t_{dz} = 15.61^2 \times 5 = 1218.4 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$3 \cdot I_{rw}^2 = 63^2 \times 3 = 1984.5 \text{ (kA}^2 \cdot \text{S)}$$

$$3 \cdot I_{rw}^2 \geq I_{ch.K2}^2 t_{dz} \text{ 满足要求}$$

校验动稳定： $i_{ch.k2} \leq i_{dw}$

$$i_{ch.k2} = 26.4 \text{ (kA)}$$

$$i_{dw} = 160 \text{ (kA)}$$

即： $i_{cj.k2} < i_{dw}$ 满足要求

故选择户内 LMZB1-10 型电流互感器能满足要求，由计算可列出户内 LMZB1-10 型电流互感器数据如表 4-2：

表 4-2 户内 LMZB1-10 型电流互感器数据

项 目	LMZB1-10	
	产品数据	计算数据
$U_e \geq U_{ew}$	12kV	10kV
$I_{e1} \geq I_{g\max}$	2500A	1909.7A
$3 \cdot I_{rw}^2 \geq I_{ch}^2 t_{dz}$	1984.5kA ² ·S	1218.4kA ² ·S
$i_{dw} > i_{cj}$	160kA	26.4kA

4.3.3.3 主变中性点电流互感器及间隙电流互感器

本地区该流变通常选择额定电压 75kV、额定电流比 200/5 的流变。故选择如皋互感器厂生产的 LJW1-10 型电流互感器，其参数为额定电流比：200/5，准确次级 10P，热稳定倍数为 25kA /3s，动稳定电流(峰值)65kA，额定容量 10VA，额定电压 75kV。

4.3.3.4 110kV 线路 SG 电流互感器

$$\text{额定电流: } I_{e1} \geq I_{g\max} = \frac{2S_e \times 1.05}{\sqrt{3}U_e} = \frac{50000 \times 1.05}{\sqrt{3} \times 110 \times 0.8} = 344.45\text{A}$$

$$\text{额定电压: } U_e \leq U_{ew} = 110 \text{ (kV)}$$

根据以上计算数据,可初步选择南京电气(集团)有限责任公司生产的 LB₆—110W2 型电流互感器,其参数为额定电流比:2×300/5,准确次级 0.2S/0.5/10P20/10P20,热稳定倍数为(20-40) kA /3s,动稳定电流(峰值) 50-100kA,额定容量 40VA,额定电压 126kV。

校验热稳定:取后备保护为 5s,即 $t_{dz} = 5\text{s}$

$$\text{热稳定校验: } I_{ch.k4}^2 t_{dz} = 2.626^2 \times 5 = 34.48 \text{ (kA}^2 \cdot \text{s)}$$

$$3 \cdot I_{rw}^2 = 3 \times 20^2 = 1200 \text{ (kA}^2 \cdot \text{s)}$$

$$\text{即: } 3 \cdot I_{rw}^2 > I_{ch.k4}^2 t_{dz} \text{ 满足要求}$$

$$\text{校验动稳定: } i_{ch.k4} \leq i_{dw}$$

$$i_{ch.k4} = 4.434 \text{ (kA)}$$

$$i_{dw} = 50-100 \text{ (kA)}$$

$$\text{即: } i_{ch.k4} < i_{dw} \text{ 满足要求}$$

故选择 LB₆—110W2 型电流互感器能满足要求,由计算可列出 LB₆—110W2 型电流互感器数据如表 4-1:

表 4-1 LB₆—110W2 型电流互感器数据

项 目	LB ₆ —110W2	
	产品数据	计算数据
$U_e \geq U_{ew}$	126kV	110kV
$I_{e1} \geq I_{g\max}$	2×300A	344.45A
$3 \cdot I_{rw}^2 \geq I_{ch}^2 t_{dz}$	1200kA ² ·S	34.48kA ² ·S
$i_{dw} > i_{cj}$	50-100kA	4.434kA

4.3.4 电压互感器的选择

4.3.4.1 电压互感器的准确级和容量

电压互感器的准确级是指在规定的一次电压和二次负荷变化范围内,功率负荷因数为额定值时,电压误差的最大值。

由于电压互感器本身有励磁电流和内阻抗,导致测量结果的大小和相位有误差,而电压互感器的误差与负荷有关,所以用一台电压互感器对于不同的准确级有不同的容量,通常额定容量是指对应于最高准确级的容量。

4.3.4.2 按一次回路电压选择

为了保证电压互感器安全和在规定的准确级下运行，电压互感器一次绕组所接电网电压应在 $(1.1 \sim 0.9) U_e$ 范围内变动，即应满足：

$$1.1 U_{e1} > U_1 > 0.9 U_{e1}$$

4.3.4.3 按二次回路电压选择

电压互感器的二次侧额定电压应满足保护和测量使用标准仪表的要求，电压互感器二次侧额定电压可按表 4-3 选择：

表 4-3 电压互感器二次侧额定电压

接 线 型 式	电网电压 (kV)	型 式	二次绕组电压 (kV)	接成开口三 角形辅助绕 组电压 (V)
一台 PT 不 完全星形接 线方式	3~35	单相式	100	无此绕组
Y ₀ / Y ₀ /△	110~500	单相式	$100/\sqrt{3}$	100
	3~60	单相式	$100/\sqrt{3}$	100/3 (相)
	3~15	三相五柱式	$100/\sqrt{3}$	100/3 (相)

4.3.4.4 电压互感器及型式的选择

电压互感器的种类和型式应根据安装地点和使用条件进行选择，在 6~35kV 屋内配电装置中一般采用油浸式或浇注式电压互感器。110~220kV 配电装置中一般采用半级式电磁式电压互感器。110kV 及以上配电装置，当容量和准确级满足要求时，也可采用电容式电压互感器。

4.3.4.5 按容量的选择

互感器的额定二次容量（对应于所要求的准确级）， S_{e2} 应不小于互感器的二次负荷 S_2 ，即：

$$S_{e2} \geq S_2$$

$$S_2 = \sqrt{(\sum P_0)^2 + (\sum Q_0)^2}$$

P_0 、 Q_0 — 仪表的有功功率和无功功率

4.3.4.6 电压互感器的选择

1. 110kV 侧电压互感器

1) 选用无锡日新电机有限公司生产的 WVB110-20H-X 电压互感器, 采用单相油浸电容式全密封结构, 其初级绕组额定电压为 188.79kV, 额定电压变比(组)为 $110/\sqrt{3}$ kV /0.1/ $\sqrt{3}$ kV/0.1/ $\sqrt{3}$ kV/0.1kV, 额定容量为 100VA, 最大容量为 150 VA, 准确级次(级)为 0.2/0.5/3P, 接线接线组别(组)为 Y/Y/Y/ Δ 。

2) 其 110kV 进线侧采用无锡日新电机有限公司生产的 TYDL110/ $\sqrt{3}$ -0.01H, 采用单相油浸电容式全密封结构, 其初级绕组额定电压为 188.79kV, 额定电压变比(组)为 $110/\sqrt{3}$ kV /0.1/ $\sqrt{3}$ kV/0.1/ $\sqrt{3}$ kV, 额定容量为 100VA, 最大容量为 150 VA, 准确级次(级)为 0.5/5P。

2. 10kV 侧电压互感器

10kV 母线上电压互感器: 采用大连第一互感器厂生产的 JDZX9-10G1 电压互感器, 采用单相单柱干式全密封结构, 其初级绕组额定电压为 12kV, 额定电压变比(组)为 $10/\sqrt{3}$ kV /0.1/ $\sqrt{3}$ kV/0.1/ $\sqrt{3}$ kV/0.1/3kV, 额定容量为 100VA, 最大容量为 600 VA, 准确级次(级)为 0.2/0.5/3P, 接线接线组别(组)为 Y/Y/Y/ Δ 。

5 继电保护及自动装置配置

电力系统继电保护及自动装置是指在电网中发生故障或异常运行时起控制作用的自动装置。电力系统中装设自动装置, 用于防止系统稳定破坏或事故扩大而造成大面积停电, 或对重要用户的供电长时间中断。

5.1 主变继电保护配置

5.1.1 主变保护装置

待建变电所主变的保护配置图见附图 1, 高压侧为内桥接线。主保护为: 主变纵差保护、非电量保护。

主变压器后备和异常运行保护为: 复合电压过流保护、零序电流保护、间隙保护、过负荷等。

5.1.2 DSA2322、DSA2326、DSA2302D 微机型主变保护装置

本设计采用南瑞城乡 DSA2322、DSA2326、DSA2302D 微机型主变保护装置。DSA2322 装置是专门为解决变电站的内桥接线形式的两圈变差动保护而研制的, 可避免高压侧穿越性电流造成差动保护误动的需求, 本装置具有差动速断保护、二次谐波制动的比率差动保护、TA 断线告警并闭锁保护、差流越限告警、故障录波等功能; DSA2326 装置是专门针对大接地系统变压器高压侧后备保护而研制的, 本装置具有复合电压闭锁方向过流保护、限时速断保护、零序电压保护、零序电流保护、间隙零序电流保护、过负荷告警、过负荷闭锁有载调压、过负荷启动风冷等功能; DSA2302A 装置是变压器本体保护和各断路器操作回路完全独立的装置专门针对大接地系统变压器高压侧后备保护而研制的, 本装置具有独立工作电源、独立重动出口、独立信号接点、断路器操作等功能。

5.2 安全自动装置的配置

5.2.1 备用电源和备用设备自动投入装置

对于 10kV 用户由于其故障所引起的严重后果, 必须加强变电站的供电可靠性。但对变电站来讲, 采用环网供电, 往往使变电站的运行及其继电保护装置更加复杂化, 反而会造成严重的事故, 因而多采用所谓辐射型的供电网络。为了提

高其供电可靠性，往往采用备用电源自动投入装置（BZT）。

5.2.2 DSA2361、DSA2364 微机型备用电源自投装置

本设计采用南瑞城乡 DSA2361、DSA2364 微机型备用电源自投装置。DSA2361 装置是专门为解决变电站的进线及桥开关安全运行而研制的，可避免电源侧各种运行方式的需求：1.当两条进线分别带一段母线运行，桥开关断开时，两断母线处于相互暗备用状态，这时备自投是作为桥备自投使用；2.当一条进线同时带两段母线运行，桥开关合上，另一条进线开关断开，处于明备用状态，这是备自投是作为进线备自投使用。

5.3 110kV 线路 SG 继电保护配置

5.3.1 输电线路距离保护

在结构简单的电网中，应用电流电压保护或方向电流保护，一般能满足选择性、灵敏性和快速性的要求；但在大容量、高电压或结构复杂的电网中是难于满足要求的。故需要装设距离保护。它能反映短路故障点离保护安装点的距离。

5.3.2 RCS-941A 高压输电线路保护装置

本次设计采用南瑞继保 RCS-941A 高压输电线路保护装置。本装置可用作 110kV 输电线路的主保护及后备保护。具有三段接地和相间距离保护、四段零序方向过流保护、低周保护、自动重合闸功能。

6 继电保护及自动装置整定原则

6.1 变压器保护

6.1.1 变压器纵差动保护

变压器纵差动保护，是变压器内部及引出线上短路故障的主保护，它能反应变压器内部及引出线上的相间短路、变压器内部匝间短路及大电流系统侧的单相接地短路故障。另外，尚能躲过变压器空充电及外部故障切除后的励磁涌流。

6.1.1.1 整定原则及取值建议

(1) 比率制动系数 K_Z （曲线斜率）

比率制动系数 K_Z 整定原则，按躲过变压器出口三相短路时产生的最大暂态不平衡差流来整定（即过拐点的斜线通过出口区外故障最大差流对应点的上方）。一般取 $0.2 \sim 0.5$

(2) 启动电流 I_q

整定原则：能可靠躲过变压器正常运行时的最大不平衡差流。

$$\text{一般} \quad I_q = (0.1 \sim 1.0) I_e \quad (5.1)$$

(3) 拐点电流 I_g

变压器连接组和变比不同，电力变压器在运行时，各侧电流大小及相位也不相同。现在的数字变压器保护装置，都利用数字的方法对变比与相位进行补偿。因此，现在的数字变压器保护装置拐点电流都是装置自己整定好。

(4) 二次谐波制动比 η

空投变压器时，励磁涌流的大小、二次谐波分量的多少或波形畸变程度，与变压器的容量、结构、所在系统中的位置及合闸角等因素有关。为了使差动保护能可靠地躲过变压器空投时的励磁涌流，又能确保在变压器内部故障时故障电流波形有畸变（含有二次谐波分量）时，差动保护能可靠动作，应根据被保护变压器的容量、结构及在系统中的位置，整定出适当的二次谐波制动比。

一般 取 $0.1 \sim 0.2$

(5) 差动速断倍数 I_s

变压器差动速断动作倍数的整定原则，应按躲过变压器空投时的励磁涌流或外部短路时最大不平衡差流来整定。而变压器励磁涌流的大小与变压器的容量、结构、所在系统中的位置等均有关，对于大容量变压器一般

$$I_s = (3 \sim 6)I_e \text{ (倍)} \quad (5.2)$$

(6) TA 回路异常判别元件

为了变压器在正常运行时判别 TA 回路状况,发现异常情况发告警信号,并可由控制字投退来决定是否闭锁差动保护,建议不投。

(7) 平衡系数 I_{p*L}

TA 二次以星形接线接入。

高压侧进线平衡系数 I_{PHL} , 通常一起为基准, 取 1;

高压侧桥平衡系数 I_{PQL} , 可按下式计算:

$$I_{PQL} = \frac{n_{QLH}U_{He}}{n_{HLH}U_{He}} \quad (5.3)$$

低压侧平衡系数 I_{PLL} , 可按下式计算:

$$I_{PLL} = \frac{\sqrt{3}n_{LLH}U_{Le}}{n_{HLH}U_{He}} \quad (5.4)$$

式中 U_{He} ——高压侧额定线电压;

U_{Le} ——高压侧额定线电压;

n_{HLH} ——高压侧差动 TA 变比;

n_{QLH} ——高压侧桥差动 TA 变比

n_{LLH} ——低压侧差动 TA 变比。

6.1.1.2 灵敏度校验

按有关技术规程,纵差动保护的灵敏度必须满足低压两相金属性短路时,差动保护的灵敏系数

$$K_{lm} \geq 2$$

灵敏系数 K_{lm} 定义为机端两相金属性短路时,短路电流与差动保护动作电流之比值, K_{lm} 越大,保护动作越灵敏,可靠性越高。

6.1.2 变压器复合电压过流保护

变压器复合电压过流保护主要作为变压器安全的最后一级跳闸保护,同时兼作无电源侧母线和出线故障的后备保护。在变压器内部故障时起近后备保护的作用,在外部相间故障是起远后备保护的作用。

6.1.2.1 整定原则及取值建议

(1) 过流定值 I_{dz}

动作电流 I_g 应按躲过正常运行时变压器的额定电流来整定。即

$$I_{dz} = \frac{K_{rel} I_e}{K_f} \quad (5.5)$$

式中： K_{rel} ——可靠系数，取 1.15~1.2；

K_f ——返回系数，取 0.85；

I_e ——变压器额定电流（TA 二次值）。

(2) 低电压定值 U_l

低电压定值 U_l ，按躲过变压器正常运行时可能出现的最低电压来整定。即

$$U_{dz} = \frac{U_{e.min}}{K_{rel} K_f} \quad (5.6)$$

式中： $U_{e.min}$ ——系统最低运行电压，取 0.9 U_e （TV 二次值）；

K_{rel} ——可靠系数，取 1.2~1.25；

K_f ——返回系数，取 1.15~1.2。

(3) 负序电压 U_{2g}

U_{2g} 的整定原则是：按躲过正常运行时最大不平衡电压计算。即

$$U_2 = (6\% \sim 7\%) U_e \quad (5.7)$$

(4) 动作延时 t_{11} 及 t_{12}

保护的動作延时 t_{11} 及 t_{12} ，应按与相邻元件后备保护的動作时间相配合整定。

動作延时 t_{11} ，应与出线保护最大動作时间相配合。即：

$$t_{11} = t_{\text{出线}} + \Delta t \quad (5.8)$$

動作延时 t_{12} ，应与 t_{11} 相配合。即：

$$t_{12} = t_{12} + \Delta t \quad (5.9)$$

6.1.3 变压器零序电流保护

变压器零序电流保护，反映变压器 Y0 侧零序电流的大小，是变压器接地短路的后备保护。

保护的接入电流可取变压器中性点 TA 二次电流。当零序电流大于整定值时，经延时作用于信号及出口。

6.1.3.1 整定原则及取值建议

零序电流定值 I_{dz0}

零序电流定值 I_{dz0} 应按照相邻线路下一级线路接地故障时变压器提供的零序电流来整定，且与相邻线路接地保护的后备段相配合。

动作延时 t_{dzl0} 应与相邻线路接地保护 II 段的动作延时相配合。

$$t_{dzl0} = t'_2 + \Delta t \quad (5.10)$$

式中 t'_2 ——相邻线路接地保护 II 段动作延时。

6.1.4 变压器间隙保护

作为变压器接地后备保护，当系统中发生单相接地故障，有关中性点直接接地变压器均与故障点分离后，而带电源的中性点不直接接地变压器仍保留在故障电网内时，为防止变压器过电压，可采用零序过电压保护或间隙零序电流保护。

6.1.4.1 间隙零序电流保护

(1) 间隙零序电流定值 I_{dzj0}

按《DL/T 584-95 3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程》中的“4.2.5.4 110kV 变压器中性点放电间隙零序电流保护的一次电流一般可整定为 40~100A，保护动作后带 0.3~0.5s。延时跳主变各侧断路器。”规定间隙零序电流定值 I_{dzj0} 可整定为 40~100A。

(2) 间隙零序电流延时定值 t_{dzj0}

按《DL/T 584-95 3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程》中的 4.2.5.4 的规定间隙零序电流定值 t_{dzj0} 可整定为 0.3~0.5s。

6.1.4.2 零序电压保护

(1) 零序电压定值 U_{dz0}

按《DL/T 584-95 3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程》中的“4.2.5.5 中性点经放电间隙接地的半绝缘的 110kV 变压器的零序电压保护，其 $3U_0$ 定值一般整定为 150~180V（额定值为 300V），保护动作后带 0.3~0.5s。延时跳主变各侧断路器。”规定零序电压定值 U_{dz0} 可整定为 150~180V。

(2) 零序电压延时定值 t_{dzU0}

按《DL/T 584-95 3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程》中的 4.2.5.5 的规定间隙零序电流定值 t_{dzU0} 可整定为 0.3~0.5s。

6.1.5 变压器过负荷保护

6.1.5.1 启动风扇保护

(1) 启动风扇定值

通常情况下按照主变额定电流的 0.6 倍整定。

(2) 关闭风扇定值

通常情况下按照启动风扇定值的 0.8 倍整定，以防负荷电流在启动风扇定值附近时风扇频繁启动。

6.1.5.2 过负荷告警保护

(1) 过负荷告警定值 I_{gh}

由于过负荷信号是预告性质的，故可按变压器正常运行情况下允许过负荷倍数来考虑。即

$$I_{gh} = \frac{K_{rel} I_e}{K_f} \quad (5.11)$$

式中： K_{rel} ——可靠系数，取 1.05；

K_f ——返回系数，取 0.85；

I_e ——发电机额定电流（TA 二次值）。

(2) 过负荷告警时限 t_{gh}

由于过负荷信号是预告性质的，故可按变压器正常运行情况下允许过负荷倍数与连续运行时间来考虑，同时应比同一设备之过电流保护之最长动作时间长。一般区 5~10s。

6.1.5.3 过负荷闭锁有载调压

(1) 过负荷闭锁有载调压定值

由于过负荷闭锁有载调压是为了保护有载调压装置的，故通常情况下其定值可按 I_{gh} 整定。

(2) 过负荷闭锁有载调压时间

由于过负荷闭锁有载调压是为了保护有载调压装置的，故通常情况下其定值应比同一设备之过电流保护之最长动作时间长。

6.2 安全自动装置整定原则

为提高对用户供电的可靠性，可采用备用电源自动投入装置，使系统自动装

置与继电保护装置相结合。

6.2.1 检无压定值

为了避免系统发生短路并在短时间内使工作母线电压降低时误将备用电源投入，必须正确选择低电压元件的电压整定值和自动投入装置的动作时间。为了不使备用电源和自投装置的动作时间过长（因时间过长将使自动投入装置效果降低），应尽可能将电压元件的动作时间整定的低一些，以使其反应短路的范围缩小。同时，还应避免因负荷自起动引起的电压降低而使 BZT 装置误动。其整定值可计算为

$$U_{dz} = \frac{U_e}{K_K}$$

式中 U_e ——母线的额定电压

K_K ——可靠系数，可取 3~4。

6.2.2 检有压定值

过电压继电器用以判断备用母线（备用电源）是否有电压，即确定备用母线正常情况下是否有电压的元件，要求备用母线的电压能处于正常的范围之内。当母线电压低于允许的电压范围时，则不允许自动投入装置动作。其整定值可计算为

$$U_{dz} = \frac{0.9U_e}{K_K K_f}$$

式中 U_e ——母线的额定电压

K_K ——可靠系数，可取 1.1。

K_f ——返回系数，可取 1.2。

6.2.3 时间定值

按系统接线方式不同，有时需要装设时间继电器。其时间整定原则，可按大于在低电压继电器所反应的范围内，系统中其他设备的继电保护切除短路的时间计算，即

$$t_{dz} = t'_{dz} + \Delta t$$

式中 t_{dz} ——备用电源自动投入装置时间元件的动作时间

t'_{dz} ——系统中其他设备继电保护切除短路的最长时间

Δt ——时间级差，取 0.5~0.6。

若要求备用电源自动投入装置与有关的线路自动重合闸配合使用，即由重合

闸重合一次，重合失败，再进行备用电源自动投入，以充分发挥两者的作用。此时 BZT 装置的动作时间应满足上述条件外，还应大于重合周期的时间。

6.2.4 检无流定值

为了避免电压回路突然断线，而非系统真正的失电，备自投装置误动作，故需要在备自投上装设检有流闭锁元件。其整定原则，可按相关设备的最小电流整定。其整定值可计算为

$$I_{dz}=K_K I_N$$

式中 I_N ——电流互感器的二次额定电流；

K_K ——可靠系数，可取 0.02~0.08。

6.2.5 主变额定电流

为了避免主变低压侧分段备自投在动作是主变过载，使备自投动作后主变过载造成更大的负荷损失，故需要在备自投上装设检合流放电。其整定原则，可按相关主变的额定电流整定。其整定值可计算为

$$I_{dz}=I_e$$

式中 I_e ——主变的二次侧电流互感器二次额定电流。

6.2.6 主变系数

主变的二次侧电流互感器可能变比不一样，这就需要检合流时将相应电流折算成对应主变的电流值。其整定值可计算为：

$$n_{小}=I_{e小}/I_{e大}$$

$$n_{大}=1$$

6.3 110kV 线路距离保护整定原则

6.3.1 电流变化量启动

当相间电流变化量大于整定值时该元件动作并展宽 7 秒，去开放出口继电器正电源，按躲正常符合电流波动最大值整定。其整定值可计算为

$$I_{dz}=K_K I_e$$

式中 I_e ——电流互感器的二次额定电流；

K_K ——可靠系数，可取 0.10~0.50。

6.3.2 零序过流元件启动

当外接和自产零序电流均大于整定值时，且无交流电流断线时，该元件动作并展宽 7 秒，去开放出口继电器正电源，按躲最大零序不平衡电流整定。其整定

值可计算为

$$I_{dz} = K_K I_e$$

式中 I_e ——电流互感器的二次额定电流；

K_K ——可靠系数，可取 0.10~0.50。

6.3.3 负序过流元件启动

当负序电流大于整定值时，经 40ms 延时，该元件动作并展宽 7 秒，去开放出口继电器正电源，按躲最大负序不平衡电流整定。其整定值可计算为

$$I_{dz} = K_K I_e$$

式中 I_e ——电流互感器的二次额定电流；

K_K ——可靠系数，可取 0.10~0.50。

6.3.4 零序补偿系数

按零序补偿系数计算，建议采用实测值；如无实测值，则将计算值减去 0.05 作为整定值。即

$$K = \frac{Z_{0L} - Z_{1L}}{3Z_{1L}}$$

6.3.5 相间距离 I 段

(1) 相间距离保护整定阻抗 $Z_{dz, I}$

按躲过本线路末端故障整定，一般可按被保护线路正序阻抗的 80%~85% 计算，即

$$Z_{dz, I} = K_K Z_{x1}$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_K ——可靠系数，可取 0.80~0.85。

(2) 相间距离保护时间定值 t_1

保护动作时间 $t_1=0s$ 整定。

6.3.6 接地距离 I 段

(1) 接地距离保护整定阻抗 $Z_{dz, I}$

按躲过本线路末端故障整定，一般可按被保护线路正序阻抗的 80%~85% 计算，即

$$Z_{dz, I} = K_K Z_{x1}$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_K ——可靠系数，可取 0.80~0.85；

K ——补偿系数。

(2) 接地距离保护时间定值 t_1

保护动作时间同相间距离公用一个定值。

6.3.7 相间距离 II 段

(1) 相间距离保护整定阻抗 $Z_{dz, II}$

按与相邻线路相间距离保护 I 段配合整定，并考虑分支系数对测量阻抗的影响，即

$$Z_{dz, II} = K_K (Z_{x1} + K_b Z_{dz, I}')$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_b ——分支系数；

$Z_{dz, I}'$ ——下一段线路距离 I 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 0.7。

按躲开线路末端变电所变压器低压母线上的短路故障整定，即

$$Z_{dz, II} = K_K (Z_{x1} + K_b Z_T)$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_b ——分支系数；

Z_T ——下一段线路距离 I 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 0.7。

(2) 相间距离保护时间定值 t_2

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

6.3.8 接地距离 II 段

(1) 接地距离保护整定阻抗 $Z_{dz, II}$

按与相邻线路接地距离保护 I 段配合整定，并考虑分支系数对测量阻抗的影响，即

即

$$Z_{dz, II} = K_K (Z_{x1} + K_b Z_{dz, I}') / K$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_b ——分支系数；

$Z_{dz, I}'$ ——下一段线路距离 I 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 0.7；

K ——补偿系数。

(2) 接地距离保护时间定值 t_2

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

6.3.9 相间距离Ⅲ段

(1) 相间距离保护整定阻抗 $Z_{dz.Ⅲ}$

按躲过线路最大负荷时的负荷阻抗整定，即

$$Z_{dz.Ⅲ} = \frac{(0.9 \sim 0.95) U_e \sqrt{3}}{I_{fh.max} K_K K_f \cos(\varphi_{fh} - \varphi_{set})}$$

式中 $I_{fh.max}$ ——被保护线路的最大负荷电流；

K_K ——可靠系数，可取 1.2~1.25；

K_f ——返回系数，可取 1.1~1.15；

φ_{fh} ——负荷阻抗角，可取 25° ；

φ_{set} ——整定阻抗角。

(2) 相间距离保护时间定值 t_3

$$t_3 = t_2 + \Delta t$$

6.3.10 接地距离Ⅲ段

(1) 接地距离保护整定阻抗 $Z_{dz.Ⅲ}$

按与相邻线路接地距离保护Ⅱ段配合整定，并考虑分支系数对测量阻抗的影响，即

$$Z_{dz.Ⅲ} = K_K (Z_{x1} + K_b Z_{dz.Ⅱ}') / K$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_b ——分支系数；

$Z_{dz.Ⅱ}'$ ——下一段线路距离Ⅱ段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 0.7；

K ——补偿系数。

(2) 接地距离保护时间定值 t_3

$$t_3 = t_2 + \Delta t$$

6.3.11 零序过流Ⅰ段

1) 零序过流整定值 $I_{dz.Ⅰ}$

按躲开本线路末端接地短路的最大短路电流整定，即

$$I_{dz.Ⅰ} = K_K 3 I_{0.max}$$

式中 $I_{0.max}$ ——线路末端接地短路时流过保护的最大零序电流；

K_K ——可靠系数，可取 1.25~1.3。

(2)接地距离保护时间定值 t_1

$$t_1 = 0s$$

6.3.12 零序过流 II 段

1) 零序过流整定值 $I_{dz. II}$

按相邻与下一段线路的零序电流保护 I 段配合整定，即

$$I_{dz. II} = K_K K_{fz} I_{dz. I}'$$

式中 $I_{dz. I}'$ ——相邻下一段线路的零序电流保护 I 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 1.15~1.2。

K_{fz} ——分支系数。

(2) 接地距离保护时间定值 t_2

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

6.3.13 零序过流 III 段

1) 零序过流整定值 $I_{dz. III}$

按相邻与下一段线路的零序电流保护 II 段配合整定，即

$$I_{dz. III} = K_K K_{fz} I_{dz. II}'$$

式中 $I_{dz. II}'$ ——相邻下一段线路的零序电流保护 II 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 1.15~1.2。

K_{fz} ——分支系数。

(2) 接地距离保护时间定值 t_3

$$t_3 = t_2 + \Delta t$$

6.3.14 零序过流 IV 段

1) 零序过流整定值 $I_{dz. IV}$

按相邻与下一段线路的零序电流保护 III 段配合整定，即

$$I_{dz. IV} = K_K K_{fz} I_{dz. III}'$$

式中 $I_{dz. III}'$ ——相邻下一段线路的零序电流保护 III 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 1.15~1.2。

K_{fz} ——分支系数。

(2) 接地距离保护时间定值 t_4

$$t_4 = t_3 + \Delta t$$

6.3.15 TV 断线过流 I 段保护

1) TV 断线过流整定值 $I_{dz. I}$

按相邻线路被配合段保护区末端故障时，该保护应具有选择性，其定值应为，即

$$I_{dz. I} = K_K K_{fz} I'_{dz. I}$$

式中 $I'_{dz. I}$ ——相邻下一段线路的电流保护 I 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 1.1~1.2。

K_{fz} ——分支系数。

(2) 接地距离保护时间定值 t_1

$$t_1 = t'_1 + \Delta t$$

6.3.16 TV 断线过流 II 段保护

1) TV 断线过流整定值 $I_{dz. II}$

按躲开本线路最大负荷电流整定，即

$$I_{dz. II} = K_K I_{fh.max} / K_f$$

式中 $I_{fh.max}$ ——；

K_K ——可靠系数，可取 1.15~1.25。

K_f ——返回系数，可取 0.85。

(2) 接地距离保护时间定值 t_2

$$t_2 = t'_2 + \Delta t$$

7 继电保护及自动装置整定计算

7.1 相关参数计算

变压器各主要参数

额定功率： $S_{T3e}=20\text{MVA}$ ， $S_{T4e}=31.5\text{MVA}$

额定电压： $U_{TN}=110\text{kV}$

$$\text{变一侧额定电流： } I_{T3e} = \frac{S_e}{\sqrt{3}U_{TN}} = \frac{20 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 110} = 104.98 \text{ A}$$

$$I_{T4e} = \frac{S_e}{\sqrt{3}U_{TN}} = \frac{31.5 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 110} = 165.3 \text{ A}$$

$$\text{电流互感器变比： } n_{TA1} = \frac{300}{5} = 60$$

$$\text{变二侧电流互感器变比： } n_{TA} = \frac{2500}{5} = 500$$

$$\text{变压器变一侧二次额定电流： } I_{T3e} = \frac{I_{TN}}{n_{TA1}} = \frac{104.98}{60} = 1.75 \text{ A}$$

$$I_{T4e} = \frac{I_{TN}}{n_{TA1}} = \frac{165.3}{60} = 2.755 \text{ A}$$

7.2 变压器保护

7.2.1 变压器纵差动保护

TA 二次以星形接线接入。

(1) 比率制动系数 K_Z （曲线斜率）取 0.5。

(2) 启动电流 I_q 按式 (4.8) 整定，取 $I_q = 0.5\sqrt{3}I_e$ (I_e 为变压器额定电流二次值)，

所以

$$I_{T3q} = 0.5\sqrt{3}I_{T3e} = 0.5 \times \sqrt{3} \times 1.75 = 1.52 \text{ A}$$

$$I_{T4q} = 0.5\sqrt{3}I_{T4e} = 0.5 \times \sqrt{3} \times 2.755 = 2.385 \text{ A}$$

$$\text{校验灵敏度 } I_{KT3}^{(2)} = 407 / 120 = 3.4 \text{ A}$$

$$I_{zd1.T3} = (I_{T3q} / 2 + 1.5) = 2.26 \text{ A}$$

$$I_{op.T3} = I_{T3q} + (I_{K.T3}^{(2)} + I_{zd1.T3}) * 0.5 = 2.09 A$$

$$K_{lm.T3} = 6.8 / 2.09 = 3.25$$

$$I_{K.T4}^{(2)} = 496 / 120 = 4.13 A$$

$$I_{zd1.T4} = (I_{T4q} / 2 + 1.5) = 2.69 A$$

$$I_{op.T4} = I_{T4q} + (I_{K.T4}^{(2)} + I_{zd1.T4}) * 0.5 = 3.105 A$$

$$K_{lm.T4} = 8.26 / 3.105 = 2.66$$

(3) 二次谐波制动比 η 取 0.15。

(4) 差动速断倍数 I_s 取 6 倍。所以

$$I_{T3S} = 6\sqrt{3}I_{T3e} = 6 \times \sqrt{3} \times 1.75 = 18.186 A$$

$$I_{T4S} = 6\sqrt{3}I_{T4e} = 6 \times \sqrt{3} \times 2.755 = 28.63 A$$

(5) 平衡系数 I_{p*L}

高压侧进线平衡系数 I_{PHL} ，通常一起为基准，取 1；

高压侧桥平衡系数 I_{PQL} ，可按式计算：

$$I_{PQL} = \frac{n_{QLH}U_{He}}{n_{HLH}U_{He}} = 1$$

低压侧平衡系数 I_{PLL} ，可按式计算：

$$I_{PLL} = \frac{\sqrt{3}n_{LLH}U_{Le}}{n_{HLH}U_{He}} = \frac{\sqrt{3} \times 500 \times 10.5}{120 \times 110} = 0.69$$

7.2.2 变压器复合电压过流保护

7.2.2.1 过流定值 I_{dz}

动作电流 I_g 应按躲过正常运行时变压器的额定电流来整定。即

$$I_{T3dz} = \frac{K_{rel}I_{T3e}}{K_f} = \frac{1.2 \times 1.75}{0.85} = 2.47 A$$

$$I_{T4dz} = \frac{K_{rel}I_{T4e}}{K_f} = \frac{1.2 \times 2.755}{0.85} = 3.9 A$$

式中： K_{rel} ——可靠系数，取 1.2；

K_f ——返回系数，取 0.85；

I_e ——变压器额定电流（TA 二次值）。

7.2.2.2 低电压定值 U_{dz}

低电压定值 U_{dz} ，按躲过变压器正常运行时可能出现的最低电压来整定。即

$$U_{dz} = \frac{U_{e.min}}{K_{rel} K_f} = \frac{0.9 \times 100}{1.25 \times 1.2} = 60V$$

式中： $U_{e.min}$ ——系统最低运行电压，取 $0.9U_e$ （TV 二次值）；

K_{rel} ——可靠系数，取 1.25；

K_f ——返回系数，取 1.2。

7.2.2.3 负序电压 U_{2g}

U_{2g} 的整定原则是：按躲过正常运行时最大不平衡电压计算，前面系数取 0.06。

即

$$U_{dz2} = 0.06U_e = 0.06 \times 100 = 6V$$

7.2.2.4 动作延时 t_{11} 及 t_{12}

保护的動作延時 t_{11} 及 t_{12} ，應按與相鄰元件後備保護的動作時間相配合整定。

動作延時 t_{11} ，應與出線保護最大動作時間相配合，通常出線最大動作時間為 1.5s。即：

$$t_{11} = 1.5 + 0.3 = 1.8s$$

動作延時 t_{12} ，應與 t_{11} 相配合。即：

$$t_{12} = 1.8 + 0.3 = 2.1s$$

7.2.3 變壓器零序電流保護

零序電流定值 I_{dz0} 在本地區通常一次值設為 120A。即

$$I_{dz0} = 120 \div 40 = 3A$$

動作延時 t_{dzl0} 應與相鄰線路接地保護 II 段的動作延時相配合。通常整定為 2.5s，

即

$$t_{dzl0} = 2.5s$$

7.2.4 变压器间隙保护

7.2.4.1 零序电流保护

(1) 间隙零序电流定值 I_{dzj0}

按《DL/T 584-95 3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程》中的 4.2.5.4 规定间隙零序电流定值 I_{dzj0} 一次值可整定为 100A。即

$$I_{dzj0} = 100 \div 40 = 2.5\text{A}$$

(2) 间隙零序电流延时定值 t_{dzj0}

按《DL/T 584-95 3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程》中的 4.2.5.4 的规定间隙零序电流定值 t_{dzj0} 可整定为 0.3~0.5s。故取

$$t_{dzj0} = 0.5\text{s}$$

7.2.4.2 零序电压保护

(3) 零序电压定值 U_{dz0}

按《DL/T 584-95 3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程》中的 4.2.5.5 的规定整定为 150V。即

$$U_{dz0} = 150\text{V}$$

(4) 零序电压延时定值 t_{dzU0}

按《DL/T 584-95 3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程》中的 4.2.5.5 的规定间隙零序电流定值 t_{dzU0} 可整定为 0.3~0.5s。故取

$$t_{dzU0} = 0.5\text{s}$$

7.2.5 变压器过负荷保护

7.2.5.1 启动风扇保护

(1) 启动风扇定值

通常情况下按照主变额定电流的 0.6 倍整定。即

$$I_{qdf.T3} = 0.6 I_{T3e} = 0.6 \times 1.75 = 1.05\text{A}$$

$$I_{qdf.T4} = 0.6 I_{T4e} = 0.6 \times 2.755 = 1.653\text{A}$$

(2) 关闭风扇定值

通常情况下按照启动风扇定值的 0.8 倍整定，以防负荷电流在启动风扇定值附近时风扇频繁启动。即

$$I_{gbfs.T3} = 0.8 I_{qdf.T3} = 0.8 \times 1.05 = 0.84\text{A}$$

$$I_{gbfs.T4}=0.8 I_{qdtf.T4}=0.8 \times 1.653=1.324A$$

7.2.5.2 过负荷告警保护

(1) 过负荷告警定值 I_{gfh}

由于过负荷信号是预告性质的，故可按变压器正常运行情况下允许过负荷倍数来考虑。即

$$I_{gfh.T3} = \frac{K_{rel} I_{T3e}}{K_f} = \frac{1.05 \times 1.75}{0.85} = 2.16 A$$

$$I_{gfh.T4} = \frac{K_{rel} I_{T4e}}{K_f} = \frac{1.05 \times 2.755}{0.85} = 3.4 A$$

式中： K_{rel} ——可靠系数，取 1.05；

K_f ——返回系数，取 0.85；

I_e ——发电机额定电流（TA 二次值）。

(2) 过负荷告警时限 t_{gfh}

由于过负荷信号是预告性质的，故可按变压器正常运行情况下允许过负荷倍数与连续运行时间来考虑，同时应比同一设备之过电流保护之最长动作时间长。一般取 5~10s。故

$$t_{gfh}=5s$$

7.2.5.3 过负荷闭锁有载调压

(1) 过负荷闭锁有载调压定值

由于过负荷闭锁有载调压是为了保护有载调压装置的，故通常情况下其定值可按 I_{gfh} 整定。即

$$I_{bsty.T3} = \frac{K_{rel} I_{T3e}}{K_f} = \frac{1.05 \times 1.75}{0.85} = 2.16 A$$

$$I_{bsty.T4} = \frac{K_{rel} I_{T4e}}{K_f} = \frac{1.05 \times 2.755}{0.85} = 3.4 A$$

(2) 过负荷闭锁有载调压时间

通常整定为 5s。故

$$T_{bsty}=5s$$

7.3 备用电源自动投入装置有关元件的整定计算

7.3.1 110kV 备自投

7.3.1.1 检无压定值

其整定值可计算为

$$U_{dz} = \frac{U_e}{K_K} = \frac{100}{4} = 25V$$

规算至相电压为 $U_{dz}' = U_{dz} / \sqrt{3} = 14.43V$

式中 U_e ——母线的额定电压；

K_K ——可靠系数，可取 4。

7.3.1.2 检有压定值

其整定值可计算为

$$U_{dz} = \frac{0.9U_e}{K_K K_f} = \frac{0.9 \times 100}{1.1 \times 1.2} = 68V$$

规算至相电压为 $U_{dz}' = U_{dz} / \sqrt{3} = 39.26V$

式中 U_e ——母线的额定电压

K_K ——可靠系数，可取 1.1。

K_f ——返回系数，可取 1.2。

7.3.1.3 时间定值

其时间整定原则，可按大于在检无压所反应的范围，系统中其他设备的继电保护切除短路的时间计算，即

$$t_{dz} = t_{dz}' + \Delta t = 2.1 + 0.6 = 2.7S$$

式中 t_{dz} ——备用电源自动投入装置时间元件的动作时间

t_{dz}' ——系统中其他设备继电保护切除短路的最长时间，110kV 线路取 2.1s；

Δt ——时间级差，取 0.5~0.6。

7.3.1.4 检无流定值

其整定值可计算为

$$I_{dz} = K_K I_N = 0.04 \times 5 = 0.2A$$

式中 I_N ——电流互感器的二次额定电流，取 5A；

K_K ——可靠系数，可取 0.04。

7.3.2 10kV 备自投

7.3.2.1 检无压定值

其整定值可计算为

$$U_{dz} = \frac{U_e}{K_K} = \frac{100}{4} = 25V$$

规算至相电压为 $U_{dz}' = U_{dz} / \sqrt{3} = 14.43V$

式中 U_e ——母线的额定电压；

K_K ——可靠系数，可取 4。

7.3.2.2 检有压定值

其整定值可计算为

$$U_{dz} = \frac{0.9U_e}{K_K K_f} = \frac{0.9 \times 100}{1.1 \times 1.2} = 68V$$

规算至相电压为 $U_{dz}' = U_{dz} / \sqrt{3} = 39.26V$

式中 U_e ——母线的额定电压

K_K ——可靠系数，可取 1.1。

K_f ——返回系数，可取 1.2。

7.3.2.3 时间定值

其时间整定原则，可按大于在检无压反应的范围，系统中其他设备的继电保护切除短路的时间计算，即

$$t_{dz} = t_{dz}' + \Delta t = 2.7 + 0.6 = 3.3S$$

式中 t_{dz} ——备用电源自动投入装置时间元件的动作时间

t_{dz}' ——系统中其他设备继电保护切除短路的最长时间，110kV 线路取 2.1s；

Δt ——时间级差，取 0.5~0.6。

7.3.2.4 检无流定值

其整定值可计算为

$$I_{dz} = K_K I_N = 0.04 \times 5 = 0.2A$$

式中 I_N ——电流互感器的二次额定电流，取 5A；

K_K ——可靠系数，可取 0.04。

7.3.2.5 I 变额定电流

其整定值可计算为

$$I_{dz}=I_{e3}=2.2A$$

7.3.2.6 II 变额定电流

其整定值可计算为

$$I_{dz}=I_{e4}=3.46A$$

7.3.2.7 I 变系数

其整定值可计算为

$$n=1$$

7.3.2.8 II 变系数

其整定值可计算为

$$n=1$$

7.4 110kV SG 线路保护整定

7.4.1 S 侧距离保护

7.4.1.1 电流变化量启动

其整定值可计算为

$$I_{dz}=K_K I_e=0.2*5=1A$$

式中 I_e ——电流互感器的二次额定电流；

K_K ——可靠系数，取 0.2。

7.4.1.2 零序过流元件启动

其整定值可计算为

$$I_{dz}=K_K I_e=0.3*5=1.5A$$

式中 I_e ——电流互感器的二次额定电流；

K_K ——可靠系数，取 0.3。

7.4.1.3 负序过流元件启动

其整定值可计算为

$$I_{dz}=K_K I_e=0.2*5=1A$$

式中 I_e ——电流互感器的二次额定电流；

K_K ——可靠系数，取 0.2。

7.4.1.4 零序补偿系数

$$K = \frac{Z_{0L} - Z_{1L}}{3Z_{1L}} = (0.099 - 0.028) / (3 * 0.028) = 0.845$$

7.4.1.5 相间距离 I 段

(1) 相间距离保护整定阻抗 $Z_{dz, I}$

$$Z_{dz, I} = K_K Z_{x1} = 0.85 * 9 * 0.416 = 3.18 \Omega$$

最大零敏角为

$$\theta_{x1} = 78^\circ$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_K ——可靠系数，取 0.85。

(2) 相间距离保护时间定值 t_1

保护动作时间 $t_1=0s$ 整定。

7.4.1.6 接地距离 I 段

(1) 接地距离保护整定阻抗 $Z_{dz, I}$

即

$$Z_{dz, I} = K_K Z_{x1} = 0.85 * 9 * 0.416 = 3.18 \Omega$$

最大零敏角为

$$\theta_{x1} = 58^\circ$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_K ——可靠系数，可取 0.80 ~ 0.85。

(2) 接地距离保护时间定值 t_1

保护动作时间同相间距离公用一个定值。

7.4.1.7 相间距离 II 段

(1) 相间距离保护整定阻抗 $Z_{dz, II}$

按与相邻线路相间距离保护 I 段配合整定, 并考虑分支系数对测量阻抗的影响, 即

$$Z_{dz, II} = K_K (Z_{x1} + K_b Z_{dz, I}') = 0.7 * (9 * 0.416 + 1.88 * 0.85 * 19 * 0.416) = 11.46 \Omega$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗;

K_b ——分支系数, $K_b = 1 + (0.8 + 0.028) / (0.416 + 0.525) = 1.88$;

$Z_{dz, I}'$ ——下一段线路距离 I 段整定值;

K_K ——可靠系数, 可取 0.7。

校验灵敏度 $K_{lm} = 11.46 / (9 * 0.416) = 3.06$

按躲开线路末端变电所变压器低压母线上的短路故障整定, 即

$$\begin{aligned} Z_{dz, II} &= K_K (Z_{x1} + K_b Z_T) \\ &= 0.7 * (9 * 0.416 + 1 * (0.416 + 0.525) * 100000 / (2 * 110 * 1.732)) = 175.49 \Omega \end{aligned}$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗;

K_b ——分支系数, $K_b = 1$;

Z_T ——下一段线路距离 I 段整定值;

K_K ——可靠系数, 可取 0.7。

校验灵敏度 $K_{lm} = 175.49 / (9 * 0.416) = 46.87$

选取 $Z_{dz, II} = 11.46 \Omega$ $K_{lm} = 3.06$

(2) 相间距离保护时间定值 t_2

$$t_2 = t_1 + \Delta t = 0.3s$$

7.4.1.8 接地距离 II 段

(1) 接地距离保护整定阻抗 $Z_{dz, II}$

按与相邻线路接地距离保护 I 段配合整定, 并考虑分支系数对测量阻抗的影响, 即

即

$$\begin{aligned} Z_{dz, II} &= K_K (Z_{x1} + K_b Z_{dz, I}') \\ &= 0.7 * (9 * 0.416 + 1.88 * 0.85 * 19 * 0.416) = 11.46 \Omega \end{aligned}$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗;

K_b ——分支系数, $K_b = 1 + (0.8 + 0.028) / (0.416 + 0.525) = 1.88$;

$Z_{dz, I}'$ ——下一段线路距离 I 段整定值;

K_K ——可靠系数，可取 0.7。

校验灵敏度 $K_{lm}=11.46/(9*0.416)=3.06$

按躲开线路末端变电所变压器低压母线上的三相短路故障整定，即

$$Z_{dz. II}=K_K(Z_{x1}+K_b Z_T) / K =0.7*(9*0.416+1*(0.416+0.525)*100000/(2*110*1.732)) / 0.845=207.43 \Omega$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_b ——分支系数， $K_b=1$ ；

Z_T ——下一段线路距离 I 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 0.7。

校验灵敏度 $K_{lm}=207.43/(9*0.416)=55.4$

选取 $Z_{dz. II}=11.46 \Omega$ $K_{lm}=3.06$

(2)接地距离保护时间定值 t_2

$$t_2=t_1+\Delta t=0.3s$$

7.4.1.9 相间距离III段

(1) 相间距离保护整定阻抗 $Z_{dz. III}$

按躲过线路最大负荷试的负荷阻抗整定，即

$$Z_{dz. III}=\frac{(0.9 \sim 0.95)U_e / \sqrt{3}}{I_{fh. max} K_K K_f \cos(\varphi_{fh} - \varphi_{set})}$$

$$=0.95*110*110/(91.5*3*1.2*1.1*\cos(78^\circ - 25^\circ))=19.1 \Omega$$

式中 $I_{fh. max}$ ——被保护线路的最大负荷电流；

K_K ——可靠系数，可取 1.2~1.25；

K_f ——返回系数，可取 1.1~1.15；

φ_{fh} ——负荷阻抗角，可取 25° ；

φ_{set} ——整定阻抗角。

校验灵敏度 $K_{lm}=19.1/(9*0.416)=5.1$

(2) 相间距离保护时间定值 t_3

$$t_3=t_2+\Delta t=2+0.5=2.5s$$

7.4.1.10 接地距离III段

(1)接地距离保护整定阻抗 $Z_{dz. III}$

按躲开下一线路末端变电所变压器低压母线上的三相短路故障整定，即

$$Z_{dz. III}=K_K(Z_{x1}+K_b Z_T) / K =0.7*(9*0.416+1.88*(0.06+0.525)*100000/(2*110*1.732))$$

$$/0.845=220.13 \Omega$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗;

K_b ——分支系数, $K_b=1+(0.8+0.028)/(0.416+0.525)=1.88$;

Z_T ——下一段线路末端变压器阻抗;

K_K ——可靠系数, 可取 0.7。

校验灵敏度 $K_{lm}=220.13/(9*0.416)=58.8$

按与相邻线路接地距离保护 II 段配合整定, 并考虑分支系数对测量阻抗的影响, 即

$$Z_{dz.III}=K_K(Z_{x1}+K_bZ_{dz.II}')/K$$

$$=0.7*(9*0.416+1.88*0.7*(19*0.416+0.85*14*0.416)/0.845)/0.845=19.686 \Omega$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗;

K_b ——分支系数, $K_b=1+(0.8+0.028)/(0.416+0.525)=1.88$;

$Z_{dz.II}'$ ——下一段线路距离 II 段整定值;

K_K ——可靠系数, 可取 0.7;

K ——补偿系数。

校验灵敏度 $K_{lm}=19.686/(9*0.416)=5.26$

选取 $Z_{dz.III}=19.686 \Omega$ $K_{lm}=5.26$

(2)保护时间定值 t_3

$$t_3=t_2+\Delta t=2+0.5=2.5s$$

7.4.1.11 零序过流 I 段

1)零序过流整定值 $I_{dz.I}$

按躲开本线路末端接地断路的最大短路电流整定, 即

$$I_{dz.I}=K_K3I_{0.max}=1.25*1872*0.614=1436.76A$$

式中 $I_{0.max}$ ——线路末端接地短路时流过保护的最大零序电流;

K_K ——可靠系数, 可取 1.25~1.3。

(2)保护时间定值 t_1

$$t_1=0s$$

7.4.1.12 零序过流 II 段

1)零序过流整定值 $I_{dz.II}$

按相邻与 AG 线路的零序电流保护 I 段配合整定, 即

$$I_{dz.II}=K_KK_{fz}I_{dz.I}'=1.15*0.614*1.25*1329=1173A$$

式中 $I_{dz.I}$ ——相邻下一段线路的零序电流保护 I 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 1.15~1.2。

K_{fz} ——分支系数， $K_{fz}=0.525/(0.35*0.679/1.029+0.099+0.525)=0.614$ 。

校验灵敏度 $K_{lm}=0.614*1253/1173=0.66$

不满足要求。

可选取 $I_{dz.II}=0.614*1253/1.15=669A$ 来整定

(2)保护时间定值 t_2

$$t_2 = t_1 + \Delta t = 0.3s$$

7.4.1.13 零序过流III段

1)零序过流整定值 $I_{dz.III}$

按躲阿 AG 相间短路的最大不平衡电流整定，即

$$\begin{aligned} I_{dz.III} &= K_{aper} K_{ST} K_{err} I_{K.max} \\ &= 2 * 1 * 0.1 * 1481 = 296.2A \end{aligned}$$

式中 $I_{K.max}$ ——相邻 AG 线路的三相最大短路电流整定；

K_{aper} ——非周期分量系数，可取 1~2。

K_{ST} ——同型系数，同型号取 0.5，否则取 1。

K_{err} ——流互误差，取 0.1。

校验灵敏度 $K_{lm}=0.614*1253/296.2=2.6$

(2)保护时间定值 t_3

$$t_3 = t_2 + \Delta t = 0.3 + 0.3 = 0.6s$$

7.4.1.14 零序过流IV段

(1)零序过流整定值 $I_{dz.IV}$

按本线路末端高阻接地故障有足够的灵敏度整定，即

$$I_{dz.IV} = 51500 / (110 * 1.732) = 270.3A$$

(2)保护时间定值 t_4

$$t_4 = t_3 + \Delta t = 0.6 + 0.4 = 1s$$

7.4.1.15 TV 断线过流 I 段保护

1)TV 断线过流整定值 $I_{dz.I}$

按相邻线路被配合段保护区末端故障时，该保护应具有选择性，其定值应为，
即

$$I_{dz. I} = K_K K_{fz} I_{dz. I}' = 1.1 * 0.614 * 0.85 * 1481 = 850.22A$$

式中 $I_{dz. I}'$ ——相邻下一段线路的电流保护 I 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 1.1~1.2。

K_{fz} ——分支系数。

(2) 保护时间定值 t_1

$$t_1 = t_1' + \Delta t = 0.3s$$

7.4.1.16 TV 断线过流 II 段保护

1) TV 断线过流整定值 $I_{dz. II}$

按躲开本线路最大负荷电流整定，即

$$I_{dz. II} = K_K I_{fh.max} / K_f = 1.15 * 71500 / (110 * 1.732) / 0.85 = 507.7A$$

式中 $I_{fh.max}$ ——本线路最大负荷电流；

K_K ——可靠系数，可取 1.15~1.25。

K_f ——返回系数，可取 0.85。

(2) 保护时间定值 t_2

$$t_2 = t_2' + \Delta t = 1.2 + 0.3 = 1.5s$$

7.4.2 G 侧距离保护

7.4.2.1 电流变化量启动

其整定值可计算为

$$I_{dz} = K_K I_e = 0.2 * 5 = 1A$$

式中 I_e ——电流互感器的二次额定电流；

K_K ——可靠系数，取 0.2。

7.4.2.2 零序过流元件启动

其整定值可计算为

$$I_{dz} = K_K I_e = 0.3 * 5 = 1.5A$$

式中 I_e ——电流互感器的二次额定电流；

K_K ——可靠系数，取 0.3。

7.4.2.3 负序过流元件启动

其整定值可计算为

$$I_{dz}=K_K I_e=0.2*5=1A$$

式中 I_e ——电流互感器的二次额定电流；

K_K ——可靠系数，取 0.2。

7.4.2.4 零序补偿系数

$$K = \frac{Z_{0L} - Z_{1L}}{3Z_{1L}} = (0.099 - 0.028) / (3 * 0.028) = 0.845$$

7.4.2.5 相间距离 I 段

(1) 相间距离保护整定阻抗 $Z_{dz.I}$

$$Z_{dz.I} = K_K Z_{x1} = 0.85 * 9 * 0.416 = 3.18 \Omega$$

最大零敏角为

$$\theta_{x1} = 78^\circ$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_K ——可靠系数，取 0.85。

(2) 相间距离保护时间定值 t_1

保护动作时间 $t_1 = 0s$ 整定。

7.4.2.6 接地距离 I 段

(1) 接地距离保护整定阻抗 $Z_{dz.I}$

即

$$Z_{dz.I} = K_K Z_{x1} / K = 0.85 * 9 * 0.416 / 0.845 = 3.76 \Omega$$

最大零敏角为

$$\theta_{x1} = 58^\circ$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_K ——可靠系数，可取 0.80 ~ 0.85。

(2) 接地距离保护时间定值 t_1

保护动作时间同相间距离公用一个定值。

7.4.2.7 相间距离 II 段

(1) 相间距离保护整定阻抗 $Z_{dz.II}$

按与相邻线路相间距离保护 I 段配合整定，并考虑分支系数对测量阻抗的影响，即

$$Z_{dz. II} = K_K (Z_{x1} + K_b Z_{dz. I}') = 0.7 * (9 * 0.416 + 2.21 * 0.85 * 14 * 0.416) = 10.28 \Omega$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗;

K_b ——分支系数, $K_b = 1 + (0.416 + 0.525 + 0.028) / 0.8 = 2.21$;

$Z_{dz. I}'$ ——下一段线路距离 I 段整定值;

K_K ——可靠系数, 可取 0.7。

校验灵敏度 $K_{lm} = 10.28 / (9 * 0.416) = 2.75$

(2) 相间距离保护时间定值 t_2

$$t_2 = t_1 + \Delta t = 0.3s$$

7.4.2.8 接地距离 II 段

(1) 接地距离保护整定阻抗 $Z_{dz. II}$

按与相邻线路接地距离保护 I 段配合整定, 并考虑分支系数对测量阻抗的影响, 即

$$\begin{aligned} Z_{dz. II} &= K_K (Z_{x1} + K_b Z_{dz. I}') / K \\ &= 0.7 * (9 * 0.416 + 2.21 * 0.85 * 19 * 0.416) / 0.845 = 12.17 \Omega \end{aligned}$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗;

K_b ——分支系数, $K_b = 1 + (0.416 + 0.525 + 0.028) / 0.8 = 2.21$;

$Z_{dz. I}'$ ——下一段线路距离 I 段整定值;

K_K ——可靠系数, 可取 0.7;

K ——补偿系数。

校验灵敏度 $K_{lm} = 12.17 / (9 * 0.416) = 3.25$

(2) 接地距离保护时间定值 t_2

$$t_2 = t_1 + \Delta t = 0.3s$$

7.4.2.9 相间距离 III 段

(1) 相间距离保护整定阻抗 $Z_{dz. III}$

按躲过线路最大负荷试的负荷阻抗整定, 即

$$\begin{aligned} Z_{dz. III} &= \frac{(0.9 \sim 0.95) U_e / \sqrt{3}}{I_{fh. max} K_K K_f \cos(\varphi_{fh} - \varphi_{set})} \\ &= 0.95 * 110 * 110 / (51.5 * 3 * 1.2 * 1.1 * \cos(78^\circ - 25^\circ)) = 33.93 \Omega \end{aligned}$$

式中 $I_{fh. max}$ ——被保护线路的最大负荷电流;

K_K ——可靠系数, 可取 1.2~1.25;

K_f ——返回系数, 可取 1.1~1.15;

φ_{fh} ——负荷阻抗角，可取 25° ；

φ_{set} ——整定阻抗角。

校验灵敏度 $K_{lm}=33.93/(9*0.416)=9.06$

(2) 相间距离保护时间定值 t_3

$$t_3 = t_2 + \Delta t = 2 + 0.5 = 2.5s$$

7.4.2.10 接地距离III段

(1) 接地距离保护整定阻抗 $Z_{dz.III}$

按躲开下一线路末端变电所变压器低压母线上的三相短路故障整定，即

$$Z_{dz.III} = K_K (Z_{x1} + K_b Z_T) / K = 0.7 * (9 * 0.416 + 2.21 * (0.044 + 0.525) * 100000 / (2 * 110 * 1.732)) / 0.845 = 281.29 \Omega$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_b ——分支系数， $K_b = 1 + (0.416 + 0.525 + 0.028) / 0.8 = 2.21$ ；

Z_T ——下一段线路末端变压器阻抗；

K_K ——可靠系数，可取 0.7。

校验灵敏度 $K_{lm} = 281.29 / (9 * 0.416) = 75.1$

按与相邻线路接地距离保护 II 段配合整定，并考虑分支系数对测量阻抗的影响，即

$$Z_{dz.III} = K_K (Z_{x1} + K_b Z'_{dz.II}) / K = 0.7 * (9 * 0.416 + 2.21 * 0.7 * 14 * 0.416 * 1.5 / 0.845) / 0.845 = 16.35 \Omega$$

式中 Z_{x1} ——被保护线路的正序阻抗；

K_b ——分支系数， $K_b = 1 + (0.416 + 0.525 + 0.028) / 0.8 = 2.21$ ；

$Z'_{dz.II}$ ——下一段线路距离 II 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 0.7；

K ——补偿系数。

校验灵敏度 $K_{lm} = 16.35 / (9 * 0.416) = 11.35$

选取 $Z_{dz.III} = 16.35 \Omega$ $K_{lm} = 11.35$

(2) 保护时间定值 t_3

$$t_3 = t_2 + \Delta t = 2 + 0.5 = 2.5s$$

7.4.2.11 零序过流 I 段

1) 零序过流整定值 $I_{dz.I}$

按躲开本线路末端接地断路的最大短路电流整定，即

$$I_{dz.I} = K_K 3 I_{0.max} = 1.25 * 1638 * 0.359 = 735A$$

式中 $I_{0.max}$ ——线路末端接地短路时流过保护的最大零序电流；

K_K ——可靠系数，可取 1.25~1.3。

(2) 保护时间定值 t_1

$$t_1 = 0s$$

7.4.2.12 零序过流 II 段

1) 零序过流整定值 $I_{dz.II}$

按相邻与 SA 线路的零序电流保护 I 段配合整定，即

$$I_{dz.II} = K_K K_{fz} I_{dz.I}' = 1.15 * 0.359 * 1.25 * 1525 = 787A$$

式中 $I_{dz.I}'$ ——相邻下一段线路的零序电流保护 I 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 1.15~1.2。

K_{fz} ——分支系数， $K_{fz} = 0.35 / (0.35 + 0.099 + 0.525) = 0.359$ 。

校验灵敏度 $K_{lm} = 0.359 * 1267 / 787 = 0.58$

不满足要求。

(2) 保护时间定值 t_2

$$t_2 = t_1 + \Delta t = 0.3s$$

7.4.2.13 零序过流 III 段

1) 零序过流整定值 $I_{dz.III}$

按躲 AS 相间短路的最大不平衡电流整定，即

$$\begin{aligned} I_{dz.III} &= K_{aper} K_{ST} K_{err} I_{K.max} \\ &= 2 * 1 * 0.1 * 3849 * 0.359 = 276.3 A \end{aligned}$$

式中 $I_{K.max}$ ——相邻 AG 线路的三相最大短路电流整定；

K_{aper} ——非周期分量系数，可取 1~2。

K_{ST} ——同型系数，同型号取 0.5，否则取 1。

K_{err} ——流互误差，取 0.1。

校验灵敏度 $K_{lm} = 0.359 * 1267 / 276.3 = 1.65$

(2) 保护时间定值 t_3

$$t_3 = t_2 + \Delta t = 0.3 + 0.3 = 0.6s$$

7.4.2.14 零序过流 IV 段

(1) 零序过流整定值 $I_{dz.IV}$

按本线路末端高阻接地故障有足够的灵敏度整定，即

$$I_{dz.IV} = 51500 / (110 * 1.732) = 270.3A'$$

(2)保护时间定值 t_4

$$t_4 = t_3 + \Delta t = 0.6 + 0.4 = 1s$$

7.4.2.15 TV 断线过流 I 段保护

1)TV 断线过流整定值 $I_{dz.I}$

按相邻线路被配合段保护区末端故障时，该保护应具有选择性，其定值应为，即

$$I_{dz.I} = K_K K_{fz} I_{dz.I}' = 1.1 * 0.359 * 0.85 * 1525 = 511.9A$$

式中 $I_{dz.I}'$ ——相邻下一段线路的电流保护 I 段整定值；

K_K ——可靠系数，可取 1.1~1.2。

K_{fz} ——分支系数。

(2)保护时间定值 t_1

$$t_1 = t_1' + \Delta t = 0.3s$$

7.4.2.16 TV 断线过流 II 段保护

1)TV 断线过流整定值 $I_{dz.II}$

按躲开本线路最大负荷电流整定，即

$$I_{dz.II} = K_K I_{fh.max} / K_f = 1.15 * 71500 / (110 * 1.732) / 0.85 = 507.7A$$

式中 $I_{fh.max}$ ——本线路最大负荷电流；

K_K ——可靠系数，可取 1.15~1.25。

K_f ——返回系数，可取 0.85。

(2)保护时间定值 t_2

$$t_2 = t_2' + \Delta t = 1.2 + 0.3 = 1.5s$$

7.5 本章结论

所有整定计算结果汇总表见附表

结 论

安全自动装置与继电保护装置属二次系统,但是它是电力系统中的一个重要组成部分,它对电力系统安全稳定地运行起着极为重要的作用,特别是在现代的超高压、大容量的电力系统中,对继电保护及安全自动装置提出了更高的要求。本文对实际应用的保护装置,通过整定计算,确定其运行参数(给出定值),以求在配置和整定值上满足大机组对保护选择性、灵敏性和可靠可靠性要求,使继电保护装置正确地发挥作用,保障电气设备的安全,才能有效地维持电力系统的稳定运行。

本次设计作者利用三年所学的继电保护原理、故障分析等知识,同时参阅了大量有关自动装置方面的书籍。对变电站装配置以合适的主保护、后备保护、备用电源自动投入装置等。本文对这些数字式保护都做了详细的整定计算,给出了准确的定值清单。

通过定值清单表,可以很直观的得出,变压器差动保护、变压器零序电流保护、复压起动的过电流保护与短路电流有关,其他的保护与变压器的额定电流或额定电压有关。

自动装置的安全可靠性对变电站运行的安全、可靠性有着非常重要的影响,而备用电源自动投入则是整个变电站的一个重要环节。而利用 DSA2361、DSA2364 就可使这些问题得到很好的解决。

谢 辞

参考文献

- [1] 崔家佩 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算[M]. 北京:中国电力出版社, 1995
- [2] 韩 笑 电力工程专业毕业设计指南—继电保护分册. 北京:中国水利水电出版社, 2003
- [3] 许正亚 电力系统继电保护. 上册. 北京:中国电力出版社, 1997
- [4] 许正亚 电力系统继电保护. 下册. 北京:中国电力出版社, 1997
- [5] 许正亚 电力系统自动装置. 北京:中国电力出版社, 1997
- [6] 陈 跃 电力工程专业毕业设计指南—电力系统分册. 北京:中国水利水电出版社, 2003
- [7] 仇新宏 DSA保护监控一体化技术说明书-1分册. 南京
- [8] 仇新宏 DSA保护监控一体化技术说明书-4分册. 南京
- [9] 仇新宏 DSA保护监控一体化技术说明书-5分册. 南京
- [10] 仇新宏 DSA保护监控一体化技术说明书-5分册. 南京
- [11] 继电保护及安全自动装置规程及反事故技术措施等文件汇编. 上册. 江苏省电力工业局电网调度所, 1996