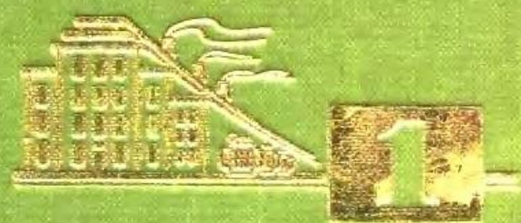


# 电力工程设计手册



上海科学技术出版社

电力工程设计手册

(第一册)

西北电力设计院  
东北电力设计院 编

(原上海人民版)

上海科学技术出版社

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 32.5 插页 4 字数 1,060,000

1980年7月新1版 1980年7月第1次印刷

印数: 1—28,000

书号: 15119·1989 定价:(科四) 4.50元

TM6-62  
1=2  
3:2

# 电力工程设计手册

(第二册)

西北电力设计院  
东北电力设计院 编

1979.5.0

上海科学技术出版社



A875311



## 内 容 提 要

本手册全套共分四册,汇编了发电厂、变电所工程设计电气技术资料。第一册的内容包括电气结线、电气布置、短路电流计算、电气设备选择、导线力学实用计算、防雷保护、接地装置、电缆选择与敷设、照明和空气压缩装置;第二册的内容包括控制、信号、测量、继电保护、同期、励磁、直流、整流与交流操作、通信、电气试验室和小型机组电气部分;第三册的内容包括电气设备的生产动态、技术数据、外形和安装尺寸等;第四册的内容为晶体管电路及其在发电厂、变电所中的应用。可供从事发变电工程电气设计、运行、安装人员和电气专业师生参考。

# 重 印 说 明

本书自 1972 年出版以来,受到有关方面的欢迎。应读者的要求,决定将本书重印一次。

利用这次重印的机会,我们对本书中一些差错作了修改。但由于近年来我国电力工业有了较大发展,出现了很多新的情况,例如:

1. 水利电力部制订和颁发了各种设计技术规程,并正在组织编制各种专业技术规定。这些规程和规定体现了我国当前的技术政策和技术方针,是必须遵循执行的。

2. 随着大机组及高电压的相继出现,增加了很多新的技术内容,需要补充。本书中原有的内容,随着技术革新运动的开展亦有了新的发展,因而有些内容需要删减。

对于以上这些变动,只有在今后全面修订本书时才能加以解决,这次重印就没有包括在内,这是需要提请读者在参阅本书时予以注意的。

在本书出版后,有不少单位及个人给我们来信,指出了本书中的错误及不妥之处,在此特致谢意。

编写组 1978年12月

# 目 录

第一章 电气结线	1	三、短路情况	43
1-1 节 总的要求	1	附录 1-3 二线一地供电的有关问题	44
1-2 节 6~10 kV 发电机电压侧结线	1	一、优点及其应用范围	44
一、发电机额定电压的选择	1	二、电压损失及功率损耗计算	44
二、6~10 kV 发电机电压母线的结线	1	三、接地装置	45
三、有关问题	2	四、防雷措施	45
1-3 节 35~220 kV 电压侧结线	2	附录 1-4 选厂(所)参考资料	46
一、单母线分段结线	2	一、技术数据	46
二、简易结线	3	二、厂(所)区电工构筑物布局	49
三、双母线和多角形结线	3	三、综合经济指标	49
四、设置旁路设施的原则	3	第二章 电气布置	53
五、有关问题	4	2-1 节 总的要求	53
1-4 节 变电所结线	4	2-2 节 屋内配电装置的基本问题	53
一、变电所主结线	4	一、布置的一般要求	53
二、所用结线	5	二、有关布置的若干问题	54
三、同期调相机结线	6	三、土建资料	57
1-5 节 发电厂厂用结线	6	2-3 节 各种屋内配电装置	59
一、基本要求	6	一、6~10 kV 屋内配电装置	59
二、厂用电动机分类	6	二、35 kV 屋内配电装置	59
三、厂用电电压的选择	6	三、混合式屋内配电装置	59
四、厂用母线的结线方式	8	四、110 kV 屋内配电装置	83
五、高低压厂用工作电源的连接	9	2-4 节 屋外配电装置的基本问题	83
六、厂用备用电源	9	一、布置的一般要求	83
七、厂用负荷的连接	10	二、有关布置的若干问题	85
1-6 节 发电厂和变电所结线举例	13	三、土建资料	87
一、发电厂结线举例	13	2-5 节 各种屋外配电装置	88
二、变电所结线举例	15	一、6~10 kV 屋外配电装置	88
1-7 节 主变压器的选择	23	二、35~330 kV 屋外配电装置	88
一、发电厂的主变压器选择	23	2-6 节 洞内配电装置	124
二、变电所的主变压器选择	26	一、外绝缘补偿的若干问题	124
三、三卷变压器的选择	26	二、洞内布置	124
1-8 节 厂用变压器及电抗器选择	27	2-7 节 同期调相机布置	124
一、负荷计算	27	2-8 节 变电所总布置	133
二、容量计算	30	2-9 节 厂用配电装置	137
三、阻抗选择	31	一、布置的一般要求	137
四、自启动容量校验	31	二、有关布置的若干问题	139
五、电压调整	33	三、各种厂用配电装置	140
六、厂用负荷计算示例	36	四、低压厂用变压器小间布置	147
1-9 节 所用变压器选择	39	2-10 节 发电机出线的布置	147
附录 1-1 单相接地电容电流的计算	42	一、发电机出线小室	147
一、6~10 kV 电缆和架空线路单相接地电容电流	42	二、母线桥和组合导线	147
二、汽轮发电机定子线圈单相接地电容电流	42	附录 2-1 屋外基本带电距离 $A$ 和 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 值的确定	178
附录 1-2 两相断路器的试验情况	42	一、空气间隙放电特性	178
一、正常的闭合和开断	42		
二、单相接地	42		

二、屋外基本带电距离 $A$ 值的确定	179	3-6 节 计算实例	211
三、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 值的确定	181	附录 3-1 设备、材料的电抗标么值与阻 抗值	222
附录 2-2 线间和相对地电气距离校验	181	附录 3-2 短路电流计算结果图表	230
一、校验计算公式	181	第四章 电气设备选择	255
二、线间距离校验中有关数据的确定	183	4-1 节 设备规范选择的一般条件	255
附录 2-3 软导线和组合导线短路摇摆计算	183	一、短路电流热效应计算	257
一、综合速断短路法	184	二、短路电流电动力计算	258
二、速断、持续短路分别计算法	184	三、高海拔地区电气设备的选择	258
附录 2-4 架构尺寸的确定	185	4-2 节 断路器、隔离开关和熔断器规范 的选择	259
一、架构高度的确定	185	一、断路器、隔离开关和熔断器规范的选择条件	259
二、架构宽度的确定	187	二、断路器自动重合闸断流容量问题	259
附录 2-5 绝缘子串片数选择	187	三、高压电力熔断器保护特性选择	259
一、绝缘子串的抗电强度	187	4-3 节 并联补偿电容器的选择	259
二、选择条件	187	一、按工作电压选择	259
附录 2-6 高海拔地区配电装置外绝缘补 偿问题	188	二、按工作频率选择	259
一、基本关系	188	三、按容量选择	260
二、试验结论	189	四、直接与电容器并联的放电电阻的选择	261
三、暂行措施	189	4-4 节 限流电抗器选择	261
附录 2-7 污秽地区绝缘的加强与防护	190	一、按工作电压选择	261
一、污源及其危害情况	190	二、按工作电流选择	261
二、污秽地区绝缘的加强	190	三、按热稳定校验	261
三、污秽地区绝缘的防护措施	191	四、按动稳定校验	261
附录 2-8 隔离插头技术说明	191	五、普通电抗器和分裂电抗器阻抗百分值选择	261
第三章 短路电流计算	194	4-5 节 调相机起动电抗器选择	262
3-1 节 电路元件参数的计算	194	一、基本数据	262
一、基准值	194	二、电抗值的选择	263
二、各元件参数标么值的计算	195	三、额定电流的决定	263
三、三卷变压器、自耦变压器、分裂线圈变压 器及分裂电抗器的等值电抗计算	195	四、几种调相机的起动电抗器选择特性曲线	263
3-2 节 网络变换	196	4-6 节 矩形、槽形、菱形、管形硬母线选择	265
一、网络变换基本方法的公式	196	一、按持续工作电流选择	265
二、常用网络阻抗变换的简明公式	196	二、按经济电流密度选择	266
三、网络的简化	196	三、按电晕电压校验	266
四、等值电源的归并	202	四、按短路热稳定校验	266
3-3 节 三相短路电流计算	202	五、按短路动稳定校验	267
一、无限大电源供给的短路电流计算	202	六、振动系数的确定	276
二、有限电源供给的短路电流计算	203	4-7 节 绝缘子及穿墙套管选择	279
三、短路冲击电流及全电流最大有效值计算	203	一、按电压选择支持绝缘子与穿墙套管	279
四、异步电动机的反馈短路电流	204	二、按持续容许电流选择穿墙套管	279
3-4 节 不对称短路电流计算	204	三、按短路时热稳定校验穿墙套管	279
一、对称分量法的基本关系	204	四、按短路动稳定校验支持绝缘子和穿墙套管	279
二、序网的构成	205	4-8 节 水内冷母线选择	281
三、不对称短路计算	205	一、截面选择	281
3-5 节 1kV 以下低压电力网中的短路计算	209	二、温升校验	282
一、1kV 以下低压电力网中短路计算的特点	209	三、机械强度校验	283
二、低压元件阻抗	209	四、热稳定校验	283
三、等效网络	209	五、水电绝缘管内径和长度的选择	283
四、短路电流计算	209	4-9 节 软导线及组合导线选择	284

一、按持续工作电流选择	284	三、组合导线计算	344
二、按经济电流密度选择	284	5-5 节 架构土建资料	347
三、按热稳定校验	285	附录 5-1 导线拉力估算公式	348
四、按电晕电压校验	285	附录 5-2 各种导线绝缘子串的技术特性 及荷重表	350
4-10 节 低压电器选择	286	附录 5-3 导线力学实用计算公式推导	367
一、一般原则	286	第六章 防雷保护	370
二、持续工作电流的计算	286	6-1 节 直击雷与感应雷保护	370
三、低压电器选择条件	287	一、建筑物及构筑物的分类	370
四、低压电器的组合原则	287	二、电工装置的防雷措施	370
五、380 V 厂用电动机保护及操作设备选择	300	三、B-I 类建筑物及构筑物的防雷措施	371
4-11 节 电焊起重回路电器及导体选择	300	四、B-II 类建筑物及构筑物的防雷措施	371
一、电焊网络	300	五、B-III 类建筑物及构筑物的防雷措施	372
二、起重回路	301	六、发电厂、变电所范围内必须进行保护的 对象及防雷措施	372
4-12 节 厂用电动机选择	306	七、避雷针保护范围计算	373
一、型式选择	306	八、避雷线保护范围计算	379
二、电压选择	307	九、避雷针和避雷线联合保护范围	379
三、容量选择与校验	307	6-2 节 配电装置对侵入雷电波的保护	379
四、高海拔的影响	309	一、保护措施	379
五、电动机的自起动	310	二、进线保护	380
六、电动机的通风和安装	311	三、变压器及电气设备的保护	380
七、厂用机械的特性	312	6-3 节 旋转电机对侵入雷电波的保护	381
八、电动机容量选择举例	314	一、架空直配线发电机的保护	381
附录 4-1 根据短路动热稳定要求的低压 电器最小规范	321	二、发电机变压器组的保护	383
附录 4-2 熔断器保护的最大电动机容量	323	三、降低母线振荡过电压和感应过电压的措施	383
附录 4-3 熔断器的配合级差	325	6-4 节 避雷器选择	383
附录 4-4 大电流母线选型	330	一、阀型避雷器选择	383
一、菱形与槽形母线	330	二、管型避雷器选择	384
二、离相封闭形母线	330	附录 6-1 磁吹避雷器与变压器之间距离 的模拟试验结果	385
三、水内冷圆管(铝)母线	330	附录 6-2 感应过电压计算	386
第五章 导线力学实用计算	331	一、发电机出口处感应过电压	386
5-1 节 计算条件	331	二、组合导线(或导线)每相对地电容	387
一、基本假定条件	331	三、发电机对地电容	387
二、气象条件	331	第七章 接地装置	388
三、安装检修条件	332	7-1 节 保护接地与工作接地的设计	388
四、计算条件	332	一、一般要求	388
5-2 节 导线、绝缘子串的技术特性及荷 重计算	333	二、应当接地和不需要接地的范围	388
一、导线技术特性及各种状态的单位荷重	333	三、接地电阻的要求值	389
二、绝缘子串机械荷重	333	四、接地短路电流计算值	389
5-3 节 计算方法步骤	334	五、接地网的布置	389
一、求支点反力	334	7-2 节 保护接地的计算	390
二、求各段剪力	334	一、土壤和水的电阻率	390
三、求各点力矩	335	二、自然接地体的扩散电阻	390
四、求荷载因数	335	三、人工接地体的扩散电阻	391
五、用计算尺求解导线状态方程式	335	四、热稳定校验	392
5-4 节 计算实例	335	五、计算举例	393
一、支柱等高	335		
二、支柱不等高	340		



7-3 节 接触电压与跨步电压	394	9-1 节 总则	433
一、接触电压与跨步电压的计算	394	一、照明种类	433
二、减少接触电压和跨步电压的一般措施	394	二、照度标准	433
7-4 节 导泄雷电流的接地装置	395	9-2 节 电光源及照明器	435
一、单独接地体的冲击接地电阻	395	一、电光源	435
二、由 $n$ 个相同的水平射线接地体所组成的 接地装置的冲击接地电阻	395	二、照明器选择	436
三、由水平接地体联结的 $n$ 个垂直接地体组 成的接地装置的冲击接地电阻	395	三、屋内照明器布置	438
四、计算举例	396	四、屋外照明器布置	439
7-5 节 高土壤电阻率( $\rho > 5 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ ) 地区的接地装置	397	9-3 节 照度计算	439
一、利用水和水接触的潮湿混凝土作为散 流介质	397	一、利用系数法	439
二、利用土壤置换与化学处理	397	二、点光源逐点计算法	439
三、接地装置形式	398	三、线光源逐点计算法	442
四、岩石地区接地装置的敷设原则	398	四、发光面逐点计算法	446
五、接地电阻允许值的提高及对人身安全的 防护措施	398	五、发光面按线光源逐点计算法计算	448
第八章 电缆选择与敷设	399	六、单位容量计算法	448
8-1 节 电力电缆的选择	399	七、探照灯照明	449
一、电缆型号的选择	399	9-4 节 照明网络供电	455
二、电缆截面的选择	399	一、照明网络电压	455
8-2 节 电缆敷设方式	408	二、常用照明供电	455
一、一般要求	408	三、事故照明供电	455
二、电缆构筑物的型式及选择	408	四、照明负荷计算	456
三、电缆构筑物的技术要求及土建任务书	409	五、导线截面选择	457
8-3 节 电缆支架及夹头	417	六、屋内照明网络	465
一、对电缆支架的要求	417	七、屋外照明网络	467
二、电缆支架种类及其特点	417	附录 9-1 照明器利用系数及空间等照曲线	469
三、常用电缆支架介绍	417	第十章 空气压缩装置	498
四、电缆夹头	418	10-1 节 空气压缩系统	498
8-4 节 电缆接头盒与封端头	418	一、空气压缩装置的作用	498
一、电缆接头盒	418	二、空气压缩系统	498
二、电缆封端头	419	三、空气压缩装置主要设备的构造及用途	498
8-5 节 电缆敷设施工要求	421	10-2 节 空气压缩装置的设备选择	498
8-6 节 电缆清册及电缆编号	422	一、空气压缩装置主要设备的技术参数	498
一、电缆清册	422	二、高压贮气罐选择	499
二、电缆编号	423	三、空气压缩机选择	502
附录 8-1 电缆敷设的防水措施	425	四、工作压力贮气罐选择	502
附录 8-2 电缆构筑物的通风	425	五、空气管道选择	502
一、电缆散热计算	425	六、空气压缩装置选择计算实例	503
二、电缆沟(隧道)的散热方式	425	10-3 节 空气压缩装置的设备布置和运行	503
附录 8-3 电缆构筑物的交叉处理	426	一、空气压缩机室及室内设备的布置	503
一、电缆沟道与其他管沟或道路的交叉处理	426	二、高压贮气罐的布置	504
二、直埋电缆交叉处理	428	三、工作压力母管连接方式及室外设备的布置	504
附录 8-4 安装单位及安装设备文字符号	430	四、空气管道的布置	504
第九章 照明	433	五、空气压缩机室的允许温度	504
		六、空气压缩系统的运行	506
		10-4 节 空气压缩机室的电气部分	506
		一、空气压缩机室的电源	506
		二、空气压缩装置的控制、保护信号回路	506
		附录 10-1 压缩空气的硅胶干燥法	510
		附录 10-2 空气过滤器的制造	510

# 目 录

第十一章 主设备控制、测量、信号系统 .....	513	二、交流电压回路及电压互感器 .....	580
11-1 节 控制方式 .....	513	11-8 节 调相机的控制、测量、信号系统 .....	587
11-2 节 主控制楼设计 .....	514	一、控制回路 .....	587
11-3 节 主控制室平面布置及屏的配置 .....	518	二、信号回路 .....	591
一、总的要求 .....	518	三、测量回路 .....	591
二、发电厂 .....	519	四、自动调压及调负荷装置 .....	592
三、变电所 .....	519	11-9 节 继电器、自动装置就地布置和选线	
四、控制屏(屏台)与继电器屏的屏面布置 .....	520	技术的采用 .....	592
五、屏的型式及安装 .....	525	一、继电保护、自动装置就地布置 .....	593
六、单元集中控制室的布置 .....	527	二、选控屏台结构 .....	594
11-4 节 控制、信号及测量回路 .....	528	三、弱电参数的选择 .....	594
一、总的要求 .....	528	四、选控方式及接线 .....	594
二、断路器灯光监视控制、信号回路 .....	534	五、选测方式及接线 .....	598
三、断路器音响监视控制、信号回路 .....	539	六、信号系统接线 .....	600
四、空气断路器的控制、信号回路 .....	539	七、中央信号装置 .....	603
五、有自动重合闸装置(ZCH)的控制、信号		八、弱电电源系统 .....	608
回路 .....	545	九、选控系统同期接线 .....	609
六、备用电源自动投入装置(BZT)接线 .....	551	十、发电机指挥信号 .....	612
七、隔离开关和断路器的闭锁接线 .....	552	十一、发电机选调及其他回路 .....	613
八、常用二次设备的代用 .....	553	十二、屏面布置及弱电设备选择 .....	615
11-5 节 中央信号及其他信号装置 .....	554	11-10 节 弱电小开关的采用 .....	619
一、中央事故信号装置 .....	554	11-11 节 电压抽取装置 .....	619
二、隔离开关的位置指示信号 .....	559	11-12 节 变压器冷却和有载调压装置的二	
三、发电机指挥信号 .....	559	次回路 .....	621
四、全厂事故信号 .....	559	附录 11-1 二次回路标号 .....	626
五、锅炉房联系信号 .....	561	附录 11-2 RLW 系列弱电开关的选择方	
六、接地检查音响信号 .....	562	法 .....	628
11-6 节 二次回路的保护及控制、信号回路		附录 11-3 LWX1 系列弱电小开关的选择	
设备的选择 .....	563	方法 .....	632
一、二次回路的保护设备 .....	563	第十二章 厂用电动机接线 .....	636
二、熔断器的配置 .....	563	12-1 节 厂用电机的测量表计 .....	636
三、熔断器的选择 .....	564	12-2 节 厂用电机的保护装置 .....	637
四、控制、信号回路设备选择 .....	565	一、3~6 kV 高压厂用电动机保护 .....	637
五、音响和灯光监视接线中的跳、合闸位置继		二、380 V 低压厂用电动机保护 .....	638
电器的选择 .....	565	三、保护装置的整定计算 .....	641
六、控制、信号回路中继电器选择 .....	565	四、同步电动机保护 .....	641
七、串接信号继电器和附加电阻的选择 .....	566	12-3 节 厂用电动机控制、信号接线 .....	641
八、端子排 .....	567	一、厂用电动机控制回路的基本接线 .....	642
九、控制电缆选择 .....	571	二、汽机辅机的联锁及自动装置 .....	645
十、小母线配置 .....	575	三、给水系统电动机的联锁及自动装置 .....	647
11-7 节 交流电流、电压回路及电流、电压		四、锅炉辅机的联锁及自动装置 .....	649
互感器 .....	576	五、除灰系统电动机的联锁及自动装置 .....	652
一、交流电流回路及电流互感器 .....	576		

六、供水系统电动机的联锁及自动装置 .....	655	五、合闸脉冲控制部分 .....	708
七、公用设备电动机的联锁及自动装置 .....	662	六、调速部分 .....	708
八、输煤系统电动机的联锁及自动装置 .....	665	附录 13-2 半自动恒定导前相角同期装置 .....	708
九、同步电动机的控制接线 .....	668	一、原理 .....	708
十、厂用电动机接线设计中的几个问题 .....	671	二、整定计算 .....	709
12-4 节 调速电动机的控制原理及接线 .....	671	三、算例 .....	709
一、可控硅调压的直流电动机调速系统 .....	672	第十四章 励磁系统 .....	710
二、可控硅串级调速系统 .....	674	14-1 节 概述 .....	710
三、电磁滑差离合器调速系统 .....	676	14-2 节 同轴直流励磁机的励磁系统 .....	711
四、震动给煤机的控制接线 .....	679	一、励磁系统接线 .....	711
附录 12-1 硅整流元件及其保护设备的		二、励磁系统的设备及选择 .....	711
选择 .....	681	14-3 节 自动灭磁开关 .....	716
一、硅元件的选择 .....	681	一、BT9404 型灭磁开关 .....	716
二、隔离变压器选择 .....	683	二、DW10M 型灭磁开关 .....	718
三、硅或可控硅回路保护设备选择 .....	683	三、DM 型灭磁开关 .....	718
附录 12-2 BP1 系列频敏变阻器与绕线型		14-4 节 自动调整励磁装置 .....	719
电动机的配套选择 .....	686	一、Q-F <sub>1</sub> -D <sub>1</sub> 型自动调整励磁装置 .....	719
一、用途及分类 .....	686	二、Q-K <sub>1</sub> 型和 KFD-3 型自动调整励磁装置 .....	722
二、系列表 .....	686	三、KFD-2 型自动调整励磁装置 .....	725
三、技术性能 .....	686	四、ZLT-1 型自动调整励磁装置 .....	727
四、接线方式 .....	690	五、ZLT-2 型可控硅自动调整励磁装置 .....	728
五、调整 .....	690	六、TLG1 型可控硅自动调整励磁装置 .....	729
第十三章 同期系统 .....	691	14-5 节 继电强行励磁装置 .....	732
13-1 节 概述 .....	691	14-6 节 自励静止半导体励磁系统 .....	734
13-2 节 手动准同期装置 .....	695	一、自励装置技术数据 .....	734
一、分散同期 .....	695	二、工作原理 .....	735
二、集中同期 .....	696	14-7 节 它励静止半导体励磁系统 .....	735
13-3 节 自动准同期装置 .....	698	一、励磁系统的组成及原理 .....	735
一、同期电压 .....	698	二、励磁系统组成部分的基本参数 .....	737
二、频率调节部分的直流回路 .....	698	三、KGT-2 型自动调整励磁装置 .....	737
三、防止误合闸的闭锁 .....	699	四、手动调节励磁 .....	741
四、导前时间部分的整定电阻 .....	699	五、硅整流装置 .....	741
五、合闸回路 .....	699	六、DM2 自动灭磁屏 .....	741
六、调速回路 .....	699	七、TLG2-3 和 TLG2-3a 型自动调整励磁装置 .....	741
13-4 节 自同期装置 .....	700	14-8 节 备用励磁系统 .....	743
13-5 节 110kV 及以上线路和旁路断路器		一、备用励磁系统的要求 .....	743
的同期 .....	702	二、备用励磁系统接线 .....	744
一、装设原则 .....	702	三、备用励磁系统设备的选择及安装 .....	744
二、利用单相电磁式电压互感器进行同期 .....	702	第十五章 直流系统 .....	747
13-6 节 多角形和桥形结线的同期 .....	703	15-1 节 直流系统及直流屏 .....	747
一、多角形结线的同期 .....	703	15-2 节 直流馈电网络 .....	751
二、桥形结线的同期 .....	703	15-3 节 直流负荷统计 .....	751
13-7 节 单相准同期装置 .....	703	15-4 节 直流系统的设备选择 .....	763
附录 13-1 ZZQ-1 型自动准同期装置 .....	705	一、蓄电池组的选择 .....	763
一、起动回路 .....	705	二、充电及浮充电设备的选择 .....	764
二、电压差控制部分 .....	705	三、熔断器的选择 .....	764
三、导前时间控制部分 .....	705	四、蓄电池组回路设备的选择 .....	764
四、频率差控制部分 .....	706	五、充电及浮充电回路设备的选择 .....	765

六、刀开关和转换开关的选择 .....	767	五、过负荷保护 .....	832
七、蓄电池组端电池调整器的选择 .....	767	六、算例 .....	832
八、载流导体的选择 .....	767	17-3 节 变压器保护 .....	833
15-5 节 直流系统二次回路设计 .....	770	一、变压器保护装设的一般原则 .....	833
15-6 节 直流屏订货任务书 .....	776	二、纵联差动保护 .....	833
15-7 节 直流设备的布置与安装 .....	780	三、电流速断保护 .....	834
一、蓄电池组的布置与安装 .....	780	四、相间后备保护 .....	834
二、充电机室的布置与安装 .....	784	五、零序后备保护 .....	836
三、KP4 型端电池电动调整器的安装 .....	784	六、过负荷保护 .....	836
第十六章 整流操作和交流操作 .....	788	七、自耦变压器保护 .....	836
16-1 节 概述 .....	788	17-4 节 变压器保护整定计算 .....	854
16-2 节 装补偿电容器的直流系统 .....	789	一、纵联差动保护 .....	854
一、整流交流电源 .....	789	二、防御外部短路的后备保护 .....	858
二、设备选择 .....	790	三、大接地电流电网的零序后备保护 .....	862
三、系统接线 .....	792	四、对称过负荷保护 .....	862
四、断路器直流回路接线 .....	794	五、算例 .....	862
16-3 节 复式整流直流系统 .....	794	17-5 节 发电机-变压器组保护 .....	864
一、系统接线 .....	794	一、发电机-变压器组保护的特点 .....	864
二、复式整流装置计算 .....	794	二、纵联差动保护 .....	864
16-4 节 液体整流器 .....	797	三、发电机-变压器组发电机电压侧的接地保护 .....	865
一、液体整流器的构造、原理及化成 .....	797	17-6 节 发电机-变压器组保护整定计算 .....	869
二、液体整流器的基本特性 .....	799	一、发电机-变压器组保护计算 .....	869
三、调试 .....	799	二、发电机侧的零序电压保护整定计算 .....	869
四、液体整流器的保护 .....	800	17-7 节 同步调相机保护和保护整定计算 .....	871
16-5 节 交流操作 .....	800	一、调相机应装设低电压保护 .....	871
一、二次接线 .....	800	二、调相机不装设防止外部故障的过电流保护 .....	872
二、继电保护装置接线图 .....	802	三、调相机应装设过负荷保护 .....	872
三、继电保护装置计算 .....	811	四、装设有功方向保护 .....	872
附录 16-1 铁磁谐振稳压器简介 .....	819	五、装设防止励磁回路一点接地保护 .....	872
一、工作原理 .....	819	17-8 节 厂用变压器、电抗器保护和保护整定计算 .....	874
二、稳压器各参数的计算 .....	819	一、保护装置 .....	874
三、稳压器的制造参数 .....	822	二、保护的整定计算 .....	882
第十七章 主设备继电保护 .....	823	17-9 节 6~10kV 母线保护和保护整定计算 .....	885
17-1 节 发电机保护 .....	823	一、发电厂发电机电压母线保护 .....	885
一、6MW 及以上的汽轮发电机所装设的保护类型 .....	823	二、变电所 6~10kV 母线保护 .....	886
二、防御定子线圈多相短路的保护 .....	823	三、保护的整定计算 .....	886
三、防御定子线圈单相接地短路的保护 .....	824	四、算例 .....	898
四、防御发电机定子线圈一相匝间短路的保护 .....	825	17-10 节 6~10kV 线路保护和保护整定计算 .....	901
五、防御外部短路的保护 .....	825	一、6~10kV 线路保护 .....	901
六、对称过负荷保护 .....	826	二、保护整定计算 .....	902
七、防御励磁回路发生两点接地的保护 .....	826	17-11 节 自动按频率减负荷装置(ZPJH) .....	904
17-2 节 发电机保护整定计算 .....	826	一、应考虑的问题 .....	904
一、纵联差动保护 .....	826	二、防止电动机反馈时 ZPJH 误动作一般采用的措施 .....	904
二、横联差动保护 .....	829	17-12 节 6~10kV 静电电容器保护 .....	905
三、定子单相接地保护 .....	829		
四、防御外部短路的保护 .....	831		

一、保护装置的一般原则 .....	905	一、传输信号的一般应用数据 .....	1030
二、熔断器额定电流 .....	905	二、主干电缆网设计 .....	1031
三、电流速断装置 .....	905	三、直埋式电缆设计 .....	1032
附录 17-1 由 BCH-4 型差动继电器构成的		四、架空线路 .....	1034
差动保护的整定计算 .....	906	五、配线电缆 .....	1037
一、整定计算 .....	906	19-4 节 输电线载波通信 .....	1039
二、确定 BCH-4 型差动继电器制动线圈匝数		一、通道最高使用频率的计算 .....	1040
的计算运行方式 .....	908	二、通道工作频率的选择 .....	1043
第十八章 运动系统 .....	911	三、输电线高频参数的计算 .....	1047
18-1 节 概述 .....	911	四、输电线载波设备的安装 .....	1050
18-2 节 发电厂、变电所的远动化范围 .....	912	第二十章 电气试验室 .....	1055
一、遥远监视发电厂、变电所的远动化范围 .....	912	20-1 节 试验设备的配置 .....	1055
二、遥控变电所的远动化范围 .....	913	一、电气设备的试验 .....	1055
三、其他厂、所的远动化范围 .....	914	二、测量仪表、继电器及自动装置的调试 .....	1058
18-3 节 远动系统的分类及选型 .....	915	三、电气和热机部分精密机件的修理 .....	1058
一、遥测系统 .....	915	20-2 节 电气试验室布置 .....	1058
二、遥控-遥信系统 .....	922	附表 .....	1060
三、综合远动系统 .....	929	第二十一章 小型机组电气部分 .....	1066
四、远动通道 .....	930	21-1 节 电气结线 .....	1066
18-4 节 运动装置的配套设计 .....	931	一、发电机额定电压选择 .....	1066
一、厂、所端运动装置配套设计 .....	931	二、电气主结线 .....	1066
二、调度所端运动装置配套设计 .....	942	三、厂用电结线 .....	1066
18-5 节 发电厂、变电所的远动化二次接		四、电气结线举例 .....	1068
线设计 .....	943	21-2 节 二次接线 .....	1068
一、执行遥控命令的二次接线 .....	943	一、操作方式 .....	1068
二、发送遥信的二次接线设计 .....	945	二、信号装置 .....	1068
三、接收召唤遥测命令的二次接线设计 .....	951	三、同期装置 .....	1072
四、发送连续遥测的二次接线 .....	952	四、励磁装置 .....	1072
五、接收遥调命令的二次接线 .....	952	21-3 节 继电保护 .....	1073
六、接收撤消瞬时信号命令的二次接线 .....	953	一、电压为 6.3 kV 的发电机的保护装置 .....	1073
七、远动装置的供电接线 .....	953	二、电压为 400 V 的发电机的保护装置 .....	1073
八、远动装置的布置 .....	953	三、厂用变压器的保护装置 .....	1073
18-6 节 调度所设计 .....	955	四、6.3 kV 馈线的保护装置 .....	1074
一、调度组织 .....	955	五、400 V 馈线的保护装置 .....	1074
二、调度所布置设计 .....	958	21-4 节 直流系统 .....	1074
三、调度设备 .....	962	一、蓄电池直流电源 .....	1074
四、调度所电源设计 .....	978	二、采用手动合闸电动跳闸的直流系统 .....	1074
五、调度所远动化二次接线设计 .....	983	三、采用电动跳、合闸的直流系统 .....	1075
第十九章 通信系统 .....	987	21-5 节 电气设备布置 .....	1076
19-1 节 行政通信 .....	987	一、发电机电压配电装置布置 .....	1076
一、JZBQ-1A 型自动电话站 .....	987	二、厂用电气设备布置 .....	1079
二、纵横制自动电话小交换机 .....	1018	三、发电机出线小间布置 .....	1079
19-2 节 厂内生产调度通信 .....	1025	四、二次设备布置 .....	1079
19-3 节 通信线路 .....	1030		

## 1-1 节 总的要求

1. 设计原则必须符合党的各项建设方针和政策。

2. 基本要求:

(1) 满足对用户供电必要的可靠性和电能质量的要求;

(2) 结线简单、清晰、操作简便;

(3) 必要的运行灵活性和检修方便;

(4) 投资少、运行费用低;

(5) 具有扩建的可能性。

3. 发电厂的输配电电压级数一般不应超过三种。

4. 为正确选择结线和设备,必须进行逐年各级电压最大最小有功和无功电力负荷的平衡。当缺乏足够的资料时,可采用下列数据:

(1) 最小负荷为最大负荷的 60~70%,如主要是农业负荷时则宜取 20~30%;

(2) 负荷同时率取 0.85~0.9,当馈线在三回以下且其中有特大负荷时,可取 0.95~1;

(3) 功率因数一般取 0.8;

(4) 线损平均取 5%;

(5) 厂用电率:新建供热电厂 12%,扩建厂 8%;新建凝汽式电厂 10%,扩建厂 7%。

## 1-2 节 6~10kV 发电机电压侧结线

### 一、发电机额定电压的选择

1. 对于单机容量为 25~50 MW 且用发电机电压配电时,采用 6.3 或 10.5 kV,应根据地区网络全面规划的技术经济比较来决定。

2. 12~50 MW 的发电机与变压器成单元连接,

且有厂用分支线引出时,则发电机电压一般采用 6.3 kV<sup>①</sup>。

### 二、6~10kV 发电机电压母线的结线

1. 发电机容量为 6~12 MW 时,一般采用单母线分段。发电机容量为 25 MW 及以上时,除采用分裂电抗器外,一般采用双母线。

2. 发电机容量为 6~12 MW 的电厂,应避免在用户出线上装设电抗器。为了限制短路电流,一般将电抗器装设在分段上或变压器回路中(见图 1-14 和图 1-15b)。

当电抗器装于变压器回路中时,应注意不同潮流方向时的电压水平。

母线分段电抗器的额定电流,可按分段母线上容量最大一台机组停机时可能通过电抗器的电流来选择,一般为相邻两段母线上最大一台机组额定电流的 60~80%,其电抗百分值约为 8~10%。

3. 出线不带电抗器的结线,一般每回出线用一组断路器。

4. 发电机容量为 25~50 MW 且出线回路相当多时(如一台机供 8 回出线以上),一般采用分裂电抗器的结线。即发电机母线按机分段,每段母线上的所有出线集中经由一组或二组分裂电抗器供电。此时,

<sup>①</sup> 对于 50 MW 额定电压为 10.5 kV 的发电机,可以将定子绕组由星形结线改为三角形结线,其额定电压可变为 6.3 kV。上海电机厂试验结果表明,对于 QFS-50-2 型发电机,改为三角形结线时三次谐波电流值仅为额定电流的 9~10%。因该厂制造的 50 MW 机组设计裕度比较大,改为三角形结线后,可以保证 50 MW 的额定出力。但总损耗增加 22 kW,效率降低 0.04%,由于节省了高压厂用变压器还是经济合理的。



根据用户的重要程度选用 GG 或 GFC 型成套开关柜 (见图 1-20)。

经济比较表明,一段母线上经分裂电抗器供 10~12 回出线时,比同规模的双母线且出线各自带电抗器(配电装置为三层三走廊)可降低投资约 20~30%。

电抗器一般来讲很可靠,在其与母线之间可不设断路器,仅装隔离开关。

当采用分裂电抗器时,应尽量将分裂电抗器两臂负荷安排均衡,并对电压波动进行计算(见 4-4 节)。

每组分裂电抗器装差动保护,动作于所有电源开关。为了迅速解除电网中的短路,在 6~10kV 出线上应装设速断保护装置,使电压降低的持续时间很短,不影响其他正常出线回路的运行。

5. 发电机容量为 25~50 MW 但出线回路不多时,也可考虑直接在出线上装设普通电抗器。其中,对不重要用户或具有双回路供电的用户,到不同用户去的两回出线允许共用一组断路器及一组铝芯电抗器,但每回出线应各用一组隔离开关。

### 三、有关问题

1. 对既向高压系统送电又对地区供电的电厂,在既定的发电机台数和容量范围内,接在发电机电压母线上的发电机总容量,应尽可能保证对该电压全部用户的供电。

2. 当具备下列条件,并经论证表明经济合理时,可采用扩大单元制接线。

(1) 所设计的为扩建电厂,且分配到较前期机组容量为小或相同的两台机组;

(2) 所设计的扩大单元机组总容量不大于系统的检修和事故备用容量;

(3) 电厂担负系统的基本负荷;

(4) 当采用三卷变压器时,高、中压侧无显著功率交换。

3. 对特大用户的供电,在技术上可能、经济上有显著利益时,可采用大遮断容量的断路器而不用轻型断路器带电抗器方案。但此时应使用户端可采用轻型断路器。对于大遮断容量断路器的重合闸问题,使用时应与制造厂落实。

4. 电抗器布置于断路器前或后,经济上差不多,技术上各有优缺点。一般认为,当回路数少时,电抗器以布置在母线侧为宜<sup>①</sup>。

5. 当发电机与双卷变压器作单元连接时,在发电机与主变压器之间一般不装设断路器。当发电机与三卷或自耦变压器作单元连接时,头两组单元在发电机与变压器之间应装设断路器,此时,厂用分支线一般接在主变压器与发电机断路器之间。

当发电机出线小室内无断路器时,在出线小室内主回路上可装设隔离开关,仅当无合适隔离开关时,再考虑采用连接片。

6. 6~10kV 的电力网中,接地电流大于 30A 时,变压器中性点应经消弧线圈接地。

与发电机有电气联系的 3~10kV 的电路中,如接地电流大于 5A 时,若要求发电机能带单相接地故障运行(一般运行 1~2h,以便进行适当的切换和消除故障),可装设消弧线圈以补偿电容电流。必要时消弧线圈可以装在发电机的中性点上。

消弧线圈的额定容量  $Q_c$  (kVA) 一般可按式(1-1)选择:

$$Q_c \geq 1.25 I_{jd} U_x \quad (\text{kVA}), \quad (1-1)$$

式中: 1.25——储备系数;

$I_{jd}$ ——电力网单相接地电容电流总计算值(A),发电机和送电线路的电容电流值见附录 1-1;

$U_x$ ——电力网额定相电压(kV)。

## 1-3 节 35~220kV 电压侧接线

### 一、单母线分段接线

以往设计中,为了断路器检修时不致影响对用户的供电,通常采用简易旁路设施、旁路母线以至设专用旁路断路器等办法。由于 35~110kV 手车式少油断路器的出现和运行成功,断路器的检修问题就可不用复杂的旁路设施来解决,而用备用的手车断路器来替代需要检修的工作的手车断路器。

运行实践证明,35~110kV 手车式少油断路器投入和退出运行的操作是很轻便的。

采用手车式少油断路器的另一显著优点是手车上的拐臂鸭嘴触头(其额定电流目前可做到 400A)可以取代隔离开关。

同时,由于自由带电作业技术的成功与发展,母线检修(包括更换绝缘子串、线夹和修补母线)及母线隔离开关的检修均可带电进行,母线故障的或然率本来

① 电抗器布置于断路器前后位置问题:从国内外的运行情况来看,电抗器是很可靠的,但也发生过为数甚少的电抗器内部或其至母线间故障。事故是由换位不当、继电保护失灵、避雷器拒绝动作、电抗器受潮和污秽等原因造成的。电抗器布置在断路器后,断路器则有可能切除电抗器故障而损坏;电抗器布置在断路器前也有些缺点:如(1)当母线和断路器之间发生单相接地时,寻找接地点需大量的倒闸操作;(2)馈线电流互感器前电气距离一般较长,增加了母线故障切除电源的机会;(3)部分运行人员认为用隔离开关拉合空载电抗器不安全。

很小,因此,从母线本身来讲,用不着再考虑备用,即可不用双母线。

即使采用双母线接线,通常也是按单母线分段运行的。

当不用双母线时,隔离开关不再是倒闸操作电器,仅作为检修断路器时隔离电源之用。这就避免了双母线接线中往往因用隔离开关进行大量倒闸操作时误操作所引起的事故。

基于上述理由,对于 35~110kV,当出线回路数较多时一般可采用手车式少油断路器的单母线分段的接线或采用单母线分段带旁路的接线(对于 35~220kV,当不用手车式少油断路器时)。

## 二、简易接线

1. 为了节省断路器,在条件允许时,投入运行初期可以采用断路器数目较少的过渡接线。例如:

(1) 当只有一组变压器和一回线路时,可以采用“变压器-线路组”的单元接线。此时,线路和变压器的高压侧共用一个断路器。

(2) 当有两组变压器和两回线路时,可以采用桥形接线。当连接桥上有穿越功率或线路很短,或由于经济运行需要经常断开变压器时,一般将断路器装在变压器侧和连接桥上(外桥接线)。当线路很长及其他情况下,一般将断路器装在线路侧和连接桥上(内桥接线),此时,如为提高供电的可靠性和运行灵活性,可在线路断路器外侧增设带两组隔离开关的跨条,安装两组隔离开关是为了能轮流停电检修任一组隔离开关,当考虑能带电检修时,装一组即可。

(3) 接线过渡应与布置和控制保护统一考虑,当上述接线过渡困难时,宜采用单母线。

2. 若最终接线在设计时已很明确,与系统的连接又较少,则最终也可采用变压器-线路组、桥形和单母线等断路器数目较少的接线方式。

3. 对于 35~110kV 电压,当采用上述简易接线以至单母线分段接线时,由于不用隔离开关进行倒闸

操作,一般应采用能带电拆卸的“隔离插头”来代替隔离开关。“隔离插头”经运行证明是成功的(见附录 2-8)。目前在双母线接线中,也有采用“隔离插头”的(见图 2-47)。

## 三、双母线和多角形接线

1. 在下列情况下,可以考虑采用双母线带旁路的接线:

(1) 出线回路数较多,系统运行方式有此要求时;

(2) 当不用手车式少油断路器,出线回路数较多且当地带电作业尚未推广时。

2. 进出线回路数不多而且最终规模比较明确时,可以采用多角形接线。为了减少开环解列的可能性和减少不同开环的运行方式而使继电保护选择不过于复杂,一般只采用四角形或五角形接线;为了提高可靠性,线路(或变压器)按对角原则连接。

## 四、设置旁路设施的原则

当不采用手车式断路器时,旁路设施一般可按下述原则考虑:

1. 35~60kV 出线回路虽较多,但重要用户为双回路供电,一般不能停电检修的回路并不多,且断路器的大修时间通常为 2~3 天,故可不设固定旁路设施。个别不能停电检修的回路可考虑以母线联络断路器(简称母联,下同)代替(用屋外搭弓子,屋内用移动式旁路隔离开关等办法)。当出线回路数很多(例如 6 回以上)时,根据需要可以考虑设置简易旁路,如经旁路隔离开关通过旁路母线临时由一台断路器带两回出线。

2. 对于 110~220kV,因输送容量较大,断路器大修日期目前都在 5 天以上,一般均设旁路母线。此时,如果是单母线分段,则用分段断路器兼作旁路断路器,通常采用图 1-1c 或 d 的接线方式;如果是双母线,则用母联断路器兼作旁路断路器,通常以母联为主时采用图 1-2a,以旁路为主时采用图 1-2b。

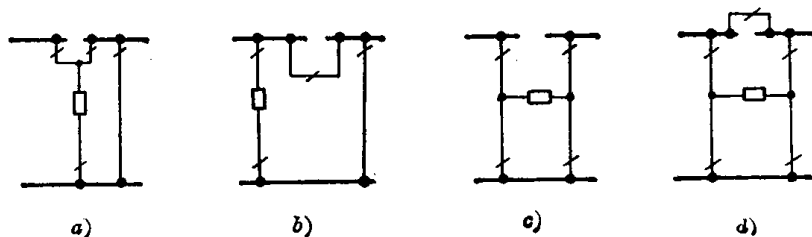


图 1-1 分段断路器兼作旁路断路器的接线

- a—初期出线回路少时先用隔离开关分断,作旁路运行时,两段母线可并列;
- b—布置清晰,工作母线与旁路母线可分期建设,作旁路运行时,两段母线可并列;
- c—旁路母线可接在任一母线,正常旁路不带电,缺点是作旁路运行时,两段母线分列;
- d—加了分段隔离开关使图 c 可并列运行,但连锁复杂

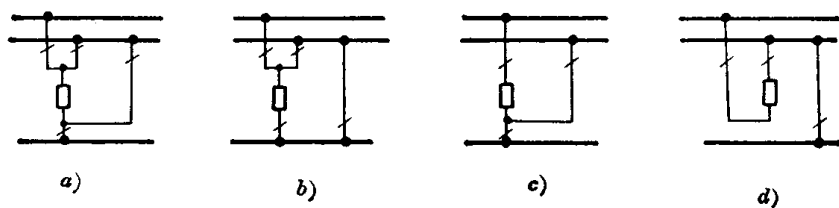


图 1-2 母联断路器兼旁路的结线

- a—旁路回路可接至任一母线,单双列布置均可用双层架构实现,但需要增设一门型架,单列时母线侧隔离开关有时要增大纵向尺寸。因本结线须在双层导线布置中实现,宜用于单列布置;
- b—旁路母线投入后才能作母联用。单双列均可布置,但需两个间隔,一为旁路断路器,另一旁路隔离开关可与电压互感器、避雷器间隔合并;
- c—旁路断路器只能接一组母线,单列布置同图 a 需双层架构,结构复杂,双列中结构简单,推荐用于双列布置;
- d—旁路回路只能接一组母线,双列中可将断路器、旁路隔离开关、电压互感器布置于同一间隔,单列中旁路隔离开关可与电压互感器、避雷器合用一个间隔,但仍需双层导线的复杂结构,推荐用于双列布置

专用旁路断路器的设置可视具体情况而定,一般在出线回路相当多(对于 110~220 kV 如在 5 回以上)时,可以考虑。

#### 五、有关问题

##### 1. 隔离开关接地刀刀的配置:

(1) 35~110 kV 中型布置时,设备和架构比较低,除母线电压互感器前的隔离开关以及 110 kV 出线隔离开关外,均不必配置接地刀刀。220 kV 中型布置是否需要根据具体情况确定。

(2) 110~220 kV 高型布置时,架构较高,挂地线比较困难,在断路器前后的隔离开关,一般应配置接地刀刀。

2. 接母线的阀型避雷器和电压互感器可合用一组隔离开关。当避雷器退出或投入运行时,可在电压互感器二次侧切换或避雷器引线采用带电拆卸线夹。

3. 对于 35~60 kV 的电力网,当接地电流大于 10 A 时,变压器中性点应经消弧线圈接地。

对于 110 kV 及以上的电力网,中性点一般均直接接地。除自耦变压器的中性点需经常接地运行外,对于普通变压器,其中性点直接接地与不接地两种运行方式都可能出现,中性点设备的配置须考虑这个情况。中性点设备的选择原则详见 6-2 节。

### 1-4 节 变电所结线

#### 一、变电所主结线

1. 变电所 35~220 kV 侧的结线可参照 1-3 节。在满足运行安全的条件下,应采用断路器最少或无断路器的结线:

(1) 对系统短路容量较小的 35~110 kV 不太重要的中、小型变电所,应优先考虑采用高压熔断器的结

线(见图 1-26b、c)。熔丝安秒特性见第三册。

国产新型 RW6-60~110 户外高压跌落式熔断器与 CS4-TX 型操动机构配合,可实现电动分闸。因此,除可作为线路和变压器的短路、过负荷保护、开断负荷电流和切合空载线路、空载变压器外,还可以实现变压器的瓦斯保护和差动保护。

RW6-60 型可以开、合 10 MVA 的空载变压器;RW6-110 可分相开、合 20 MVA 的空载变压器(中性点半绝缘时需直接接地)及 50 km 长的空载线路。

RW5-35 型可以开、合 5.6 MVA 的空载变压器及 20 km 长的空载线路。RW5-35 目前尚未配操动机构,变压器无法用瓦斯保护,当用以保护变压器时需要与人工接地刀闸相配合(图 1-26a)。因此,往往用 RW6-60 来保护 35 kV 变压器(图 1-26b)。

高压熔断器具有三次遮断额定断流容量须更换熔管,运行 3~6 个月须更换熔丝,不能带负荷合闸和带负荷分闸操作较麻烦的缺点。

(2) 终端变电所或从线路上支接的变电所,当用熔断器参数(额定电流、遮断容量)不能满足要求时可用人工接地刀闸的结线方案。当变压器高压侧中性点直接接地时,可在变压器高压侧装设单相人工接地刀闸,当变压器中性点不直接接地时,在变压器高压侧应装设两相或三相人工接地刀闸。但当变电所离电源较近且电源侧断路器切断近区故障的特性较差(例如断路器不带并联电阻)时,则一般不采用人工接地刀闸。

接地刀闸应与快分隔离开关配套使用(见图 1-26 a、d)。当变压器的电流、差动或瓦斯保护动作时,自动合上人工接地刀闸,使电源侧断路器跳闸,随后快分隔离开关打开。

2. 35 kV 侧采用双母线时,一般可不设旁路母线,