

电力工程设计手册



1

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

上海人民出版社

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。可供从事变电工程电气设计、运行、安装人员和电气专业师生参考。

电 力 工 程 设 计 手 册

(第 一 册)

西北电力设计院 编
东北电力设计院

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 32.25 插页 4 字数 1,060,000

1972年3月第1版 1972年3月第1次印刷

书号: 15·4·218 定价: 2.50 元

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

备战、备荒、为人民。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

勤俭办工厂，勤俭办商店，勤俭办一切国营事业和合作事业，勤俭办一切其他事业，什么事情都应当执行勤俭的原则。

前 言

在伟大领袖毛主席和以毛主席为首的党中央领导下，我国社会主义革命和社会主义建设沿着毛主席的无产阶级革命路线，从胜利走向更大的胜利。

伟大领袖毛主席制定的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线，突出了无产阶级政治挂帅，强调了党的领导和广大人民群众相结合，是党的群众路线的新发展。这条总路线，确定了农业为基础、工业为主导，发挥中央和地方两个积极性，充分利用沿海工业、加速建设内地工业，工业、农业并举，轻重工业并举，土洋并举，大、中、小并举等一整套“两条腿走路”的方针。在这条总路线的指引下，亿万人民遵循毛主席的“备战、备荒、为人民”的伟大战略思想，坚持“独立自主、自力更生、艰苦奋斗、勤俭建国”，“打破洋框框，走自己工业发展道路”。我们伟大的社会主义祖国欣欣向荣，蒸蒸日上。

电力工业和其他工业一样，近年来有了很大发展。特别是通过无产阶级文化大革命，批判了叛徒、内奸、工贼刘少奇推行的“洋奴哲学”、“爬行主义”、“专家路线”和“物质刺激”等反革命修正主义路线，在水利电力建设中批判了片面追求“大、洋、全”的思想，使地方办电迅速发展。在技术革新运动中出现了许多新事物，如发电设备提高出力，输电系统的自由带电作业，二相一地和一相一地供电以及变电站二相断路器、隔离插头和合闸用液体整流器等。

为了适应地方办电形势的发展，满足设计、施工和建设单位工人、革命干部和工程技术人员三结合现场设计的需要，我们在1965年编写的《电务专业设计手册》初稿的基础上，向设计、安装、运行、制造和科研教学等有关单位进行了调查研究，吸取了先进经验和宝贵意见，力求体现无产阶级文化大革命后电力工业的新面貌，编写了本套手册。

本手册共分四册，包括火力发电厂和变电所电气部分的设计原则、各类接线、布置方案、计算公式、常用数据和设备技术参数、安装尺寸等实用内容，可供广大工人和工程技术人员从事电力设计时参考。

毛主席教导我们：“一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。”因此，本手册涉及的内容，应通过实践不断总结提高。

在手册编写过程中，得到许多单位的大力支持和热情帮助，在此一并致谢。

由于我们水平有限，手册中难免有缺点、错误和不足之处，希望批评指正。

编写组 1971.8

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、所用电结线	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 发电厂厂用电结线	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、利用水和与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

政策和策略是党的生命,各级领导同志務必充分注意,万万不可粗心大意。衡量电气结线好坏的标准,要看其是否符合毛主席的革命路线,是否体现党的各项方针、政策。

世界上的事情是复杂的,是由各方面的因素决定的。看问题要从各方面去看,不能只从单方面看。电气结线是发变电工程电气部分的主体,与电力系统、电气布置、设备选型、继电保护、控制方式以及运行的可靠性和经济性等各个方面有密切的关系。因此,在制定电气结线时,必须全面分析诸有关因素,正确处理它们之间的矛盾。当我们解决这些矛盾的时候,必须遵照毛主席的教导:“矛盾着的对立面又统一,又斗争,由此推动事物的运动和变化。矛盾是普遍存在的,不过按事物的性质不同,矛盾的性质也就不同。对于任何一个具体的事物说来,对立的统一是有条件的、暂时的、过渡的,因而是相对的,对立的斗争则是绝对的。”使矛盾正确地得到解决。

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 ①。

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,

① 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^①。

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:

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

式中: 1.25——储备系数;

I_{ja} ——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甚至母线间故障。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绝电源之用。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至于复杂,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1-2c,以旁路为主时采用图1-2b。

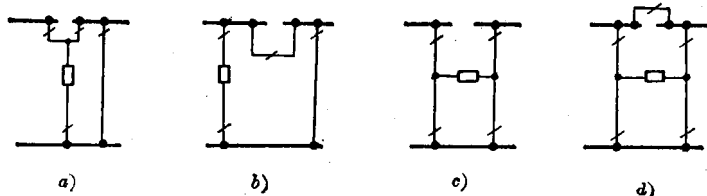


图1-1 分段断路器兼作旁路断路器的接线

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

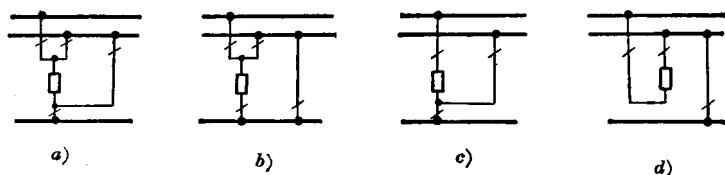


图 1-2 母联断路器兼旁路的结线

- 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 110~220kV 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) 35~110kV 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 110kV 出线隔离开关外,均不必配置接地刀刀。220kV 中型布置是否需要根据具体情况确定。

(2) 110~220kV 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 35~60kV 的电力网,当接地电流大于 10A 时,变压器中性点应经消弧线圈接地。

对于 110kV 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 35~220kV 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 35~110kV 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 10MVA 的空载变压器;RW6-110 可分相开、合 20MVA 的空载变压器(中性点半绝缘时需直接接地)及 50km 长的空载线路。

RW5-35 型可以开、合 5.6MVA 的空载变压器及 20km 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 35kV 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 1-26a、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. 35kV 侧采用双母线时,一般可不设旁路母线。

3. 变电所 6~10kV 侧接线:

(1) 6~10kV 侧通常采用单母线或单母线分段的接线, 并根据网络连接情况和重要用户供电方式等条件来考虑是否设置旁路设施。一般当出线回路较少时, 可采用一台断路器临时带两回出线的简易旁路; 当出线相当多(如 8 回以上)时, 一般装设旁路母线和专用旁路断路器。

(2) 为了限制短路电流, 一般采用变压器分列运行或在变压器回路装设电抗器等措施, 而尽量少采用在出线上装设电抗器的接线。

当 6~10kV 负荷较小且日负荷变化不大电压波动在允许范围以内时, 可以采用普通电抗器。

(3) 对于大型变电所, 一般采用在变压器 6~10kV 侧串接分裂电抗器的接线(见图 1-24a)。其中低压侧为单母线分段, 而不采用复杂的双母线。因为重要用户一般由双回路供电, 负荷可以调整。对于断路器的检修问题, 宁可用 GFC 型小车开关柜组成的单母线分段, 也不用 GSG 型双母线开关柜组成的单母线分段带旁路的方案。因为两种方案投资差不多, 但前者简单方便。

4. 6~35kV 中性点不接地或经消弧线圈接地的电网中, 6~35kV 出线上可以考虑只装二相(A、C 相)断路器, 如图 1-3 所示。B 相可以不装断路器, 而装隔离开关或带简易消弧装置的隔离开关或者负荷开关, 只要能切断 B 相接地电容电流即可(试验结果: 10kV 隔离开关可拉 34A 电容电流; 35kV 隔离开关可拉 14A 电容电流, 当在其消弧杆上套一塑料管时可拉到 30A 电容电流)。A、C 两相的断路器和 B 相的隔离开关合用一个操作机构, 但连动时要求 B 相“先合后跳”, A、C 相“先跳后合”, 时间间隔一般为 2 个周波(0.04s), 相应的行程差为 80mm。

在上述电网中, 对于联络线, 三相均需装断路器。

由于在装两相断路器的 35kV 电网中, 曾发现有过电压的情况, 加之重合闸成功率有所降低, 因此目前只宜试点采用, 以便进一步积累经验(详见附录 1-2)。

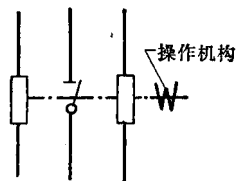


图 1-3 6~35kV 出线装两相断路器

5. 农村和城郊的 10~35kV 电网, 一般应采用“二线一地”制(详见附录 1-3)。

二、所用电源接线

1. 所用变压器的台数:

(1) 枢纽变电所中一般装设两台所用变压器, 其他变电所中一般只装设一台所用变压器, 但变电所容量在 60MVA 及以上时, 应装设两台所用变压器。

(2) 变电所中装有强迫油循环变压器或调相机时, 均装设两台所用变压器。

(3) 当能从变电所外引入可靠的 380V 备用电源时, 需要装设两台所用变压器的变电所, 可只装一台所用变压器。

2. 对于采用交流操作的变电所及取消蓄电池而采用硅整流或复式整流装置取得直流电源的变电所, 要求交流所用电源可靠、连续和电压稳定, 而且在全所停电时能继续供电, 因此要求从所外引接可靠的第二电源。当引接有困难或投资很高时, 则采用接于高压电源线路(断路器外侧)的所用变压器来供电, 此时, 以接于低压母线上的所用变压器作为所用备用电源, 如图 1-4 所示。设计时应注意两台所用变的相位问题。

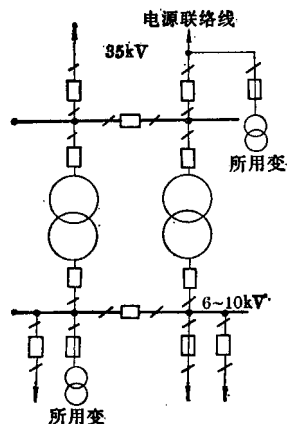


图 1-4 采用硅整流或复式整流装置的所用电源接线

上述变电所的所用电通常不许外引供邻近负荷。

3. 为了提高所用电的可靠性, 可采用下列措施:

(1) 3~10kV 有旁路母线时, 所用变压器与旁路断路器分别接在两段母线上, 所用变压器回路也能利用旁路母线。

(2) 3~10kV 无旁路母线时, 为了停母线不停所用变压器, 可自 3~10kV 两段母线上引接所用变压器。

4. 所用变压器高压侧尽量采用熔断器。

5. 鉴于目前有些变电所为满足 6~10kV 用户侧电压质量要求, 使所用电运行电压偏高, 故宜采用高压侧为 6.3 或 10.5kV 的所用变压器。

6. 所用变压器的低压侧采用 380/220V 中性点直接接地的三相四线制, 动力与照明合用一个电源, 变电所内一般设置检修电源。

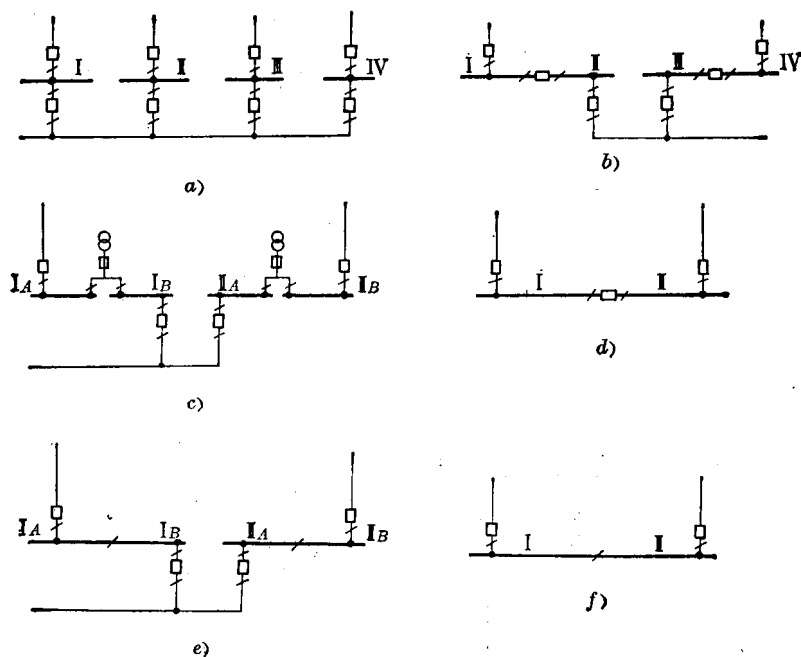


图 1-6 高压厂用电母线各种结线方式

a—按炉分段,有专用备用电源; b—利用断路器分成二个半段,有专用备用电源;
c—同 b,但用二组隔离开关分段; d—两段经断路器连接,互为备用; e—同 c,用
一组隔离开关分段; f—两段经隔离开关连接,互为备用

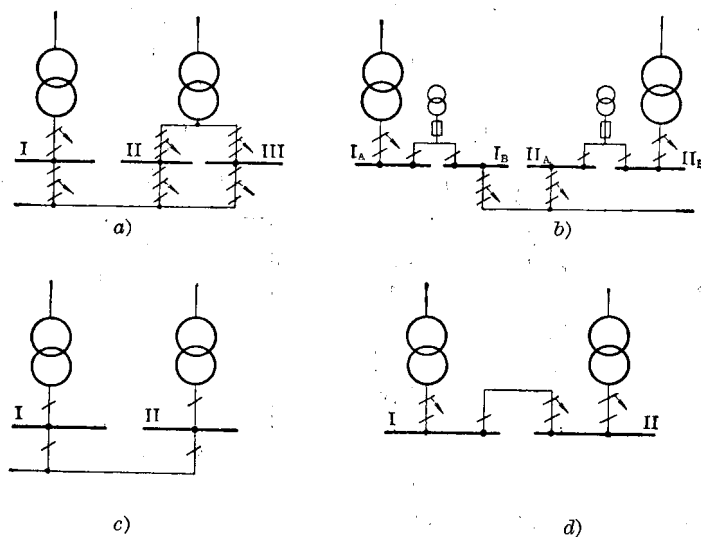


图 1-7 低压厂用电母线各种结线方式

a—备用电源能自动投入; b—同 a,并利用刀开关把母线分成两个半段;
c—备用电源手动投入; d—两段间经断路器连接,互为备用

(4) 发电机的电压和容量不同时, 应优先采用统一的 3kV 或 6kV。只有在经济上有显著优越性时, 才可采用 3kV 和 6kV 并存的厂用电系统。

四、厂用母线的结线方式

1. 高压厂用母线采用单母线, 当接有锅炉的 I 类电动机时, 应按炉分段。高压厂用电母线各种结线方式如图 1-6 所示。容量为 240 T/h 及以下的锅炉, 一般每炉设立一段母线; 容量为 410 T/h 及以上的锅炉,

一般每炉设立两个独立的母线段。

2. 低压厂用母线采用单母线。当接有锅炉的 I 类电动机时, 应按炉分段, 每炉一段。为便于车间配电箱的引接和提高双套设备供电的可靠性, 可用刀开关把母线分成两个半段。此时, 应将工作和备用变压器分别接于两个半段上。当无锅炉的 I 类电动机时, 两台锅炉可合用一段母线, 用刀开关分成两个半段, 以提高供电可靠性。低压厂用电母线各种结线方式如图 1-7

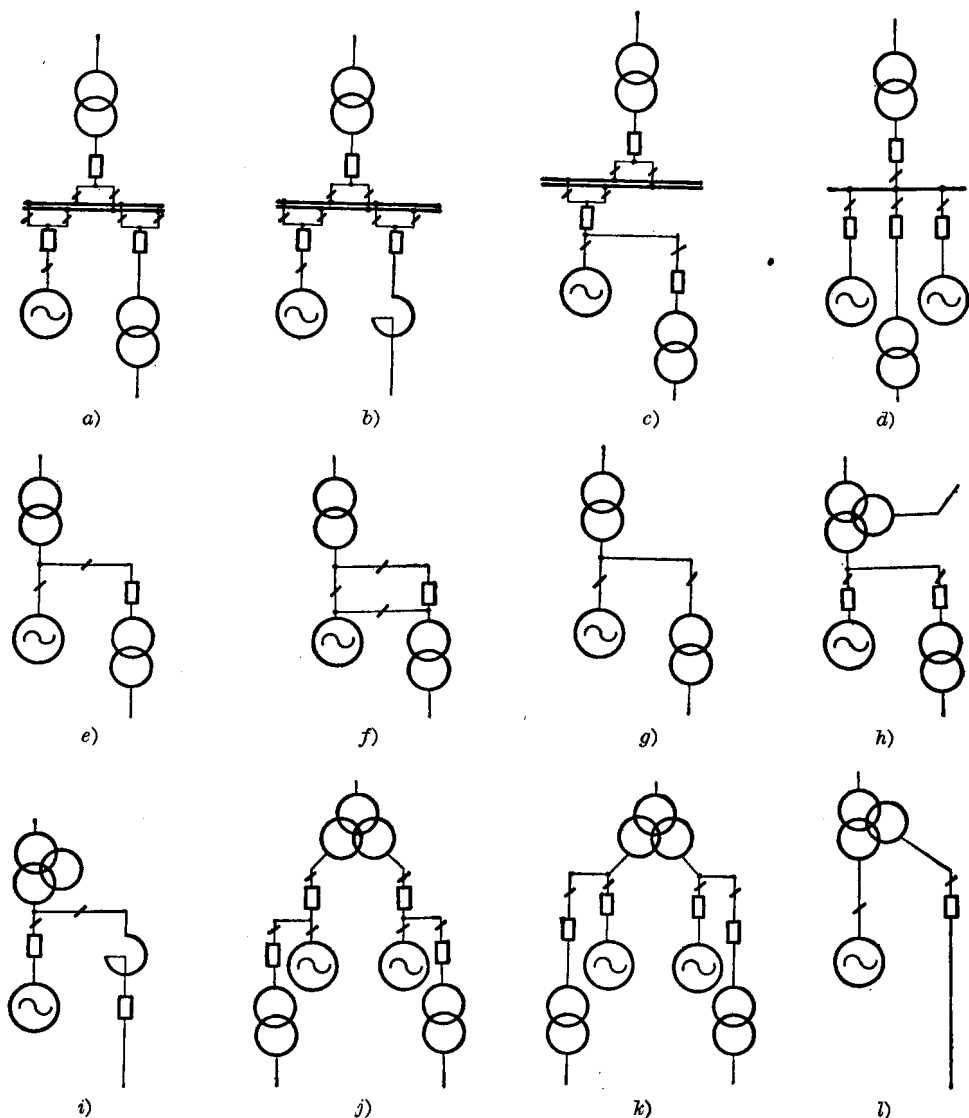


图 1-8 厂用工作电源各种引出方式

a—从发电机电压母线引出; b—同 a; c—从相应发电机出口引出; d—同 a, 但主母线为单母线; e—从相应单元的发电机出口引出; f—从相应单元的发电机出口引出, 但断路器只能供切换厂用变压器用; g—厂用分支只装隔离开关; h—从相应单元的主变压器低压侧引出; i—同 h, 为减小短路容量厂用分支另装设电抗器; j—从扩大单元的相应发电机出口引出; k—从扩大单元的主变压器的低压侧引出; l—主变压器另加一卷, 专供厂用