

电力工程电气设计手册 2

电气二次部分

能源部西北电力设计院 编

水利电力出版社

电力工程电气设计手册

第二册

(电气二次部分)

能源部 西北电力设计院 编

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 57.5印张 1870千字 5插页

1991年8月第一版 1991年8月北京第一次印刷

印数00001—30740册

ISBN 7-120-01314-9/TM·370

定价29.40元

内 容 提 要

本手册系统地介绍了火力发电厂、变电所电气专业的设计内容和设计方法，全书共分两册。第一册包括电气一次专业和厂用一次专业的内容，第二册包括电气二次专业、厂用二次专业、系统二次专业及小型机组的电气部分设计内容。

本书为第二册，每章的具体内容有：强电控制、信号和测量系统；弱电控制、信号和测量系统；发电厂和变电所的自动装置；厂用电动机二次接线；操作电源系统；励磁系统；同步系统；补偿装置二次接线；电网继电保护及安全自动装置；主设备继电保护；电网调度自动化系统；电力系统通信；厂（所）内通信；电气试验与检修设备的配置及小型机组电气部分的设计内容和设计方法。

本手册是电力工程设计人员必备的专业技术工具书，也可供从事电力工业管理、制造、供销、施工、安装、运行、检修等专业人员及大专院校有关专业的师生参考。

前 言

近年来许多20万kW及以上大型机组的相继投产,330kV及以上超高压输变电工程的陆续建成和各地区电力网的不断扩大,标志着我国的电力工业已经进入一个发展的新时期。为顺应这一新形势的要求,我们在总结原《电力工程设计手册》使用经验的基础上,以最近国内大型火力发电厂和变电所的设计经验、技术进步及发展动向为重点,遵循我国新近修订的有关规程规范规定,重新编撰了这套《电力工程电气设计手册》。

在编撰过程中,我们努力采辑精华、体现三性(先进性、实用性和与规程规范的一致性),力求做到:

(1)既要满足量大面广的使用需要,又要反映我国80年代的技术水平。本着实事求是、积极郑重的态度,尽量收入业经鉴定的科技成果,选入一些符合我国国情并拟在设计中推广的国外引进新技术、新设备,使手册具有一定的先进性。

(2)突出重点、照顾一般。机组容量以20万~60万kW为主,中小型也要包括。电压以220~500kV为主,中低压也要涉及。手册中所提供的资料、数据、公式、方案等要准确可靠、使用方便,能够起到提高设计质量和加速设计进度的作用,成为设计人员的良知益友,使手册具有一定的实用性。

(3)认真贯彻执行国家现行的方针政策,符合法规、规范、规程以及专业技术规定的规定,是规程规范的具体体现,并能够起到补充、解释和示范的作用。手册没有规程规范的约束力,但应与现行的技术政策保持良好的一致性。

我们期望这样一本专业技术工具书,能够为设计行业的读者提供一定的专业基本技术知识和实用数据资料,能够对较熟练的设计人员起到备忘、参考的作用;对新参加工作的设计人员起到指导、提示、引据和咨询的作用。

这套手册按专业分为两册。第一册包括电气一次专业和厂用一次专业的设计内容;第二册包括电气二次专业、厂用二次专业、系统二次专业以及小型机组的电气部分设计内容。至于电气设备和电工材料的生产动态、技术数据、外形尺寸等内容,不包括在本手册之中,而准备另行编撰能及时更新的《电力工程电气设备手册》,亦分为两册,以便与本手册配套使用。

鉴于国家标准关于电气技术文字符号的制定正在完善中,本手册仍暂采用汉语拼音字头做为电气技术文字符号。

本手册由水利电力部电力规划设计院组织,李勃同志主持了审稿,在编撰和出版过程中尚得到了各兄弟设计单位及有关专家们的积极支持和热心帮助,在此表示感谢。

由于我们的专业水平有限,难免会出现各种错误,再加上电力技术迅速进步、电气设备不断更新,使手册很难与时代同步。因此,恳切期望读者在使用中将发现的问题和错误,及时提供给我们,以便再版时修正,谢谢!

编 者

1990年9月

目 录

前 言

第二十章 强电控制、信号和

测量系统.....高有权

第20-1节 控制方式..... 1

- 一、发电厂与变电所的控制方式..... 1
- 二、强电控制方式的主要类型..... 2

第20-2节 控制室及其屏(屏台或台)

的布置..... 5

- 一、总的要求..... 5
- 二、主控室及网络控制室的布置..... 5
- 三、单元控制室的布置..... 9
- 四、控制屏(屏台或台)与继电器屏的布置..... 12
- 五、常用屏(屏台或台)的型式及安装..... 14

第20-3节 控制、信号和测量..... 18

- 一、总的要求..... 18
- 二、三相操作断路器控制、信号回路..... 20
- 三、分相操作断路器控制回路..... 31
- 四、空气断路器的控制、信号回路..... 32
- 五、一个半断路器的二次接线..... 39
- 六、发电机变压器线路组的二次接线..... 44
- 七、隔离开关的控制、信号和闭锁回路..... 46

第20-4节 中央信号及其他信号

装置..... 53

- 一、中央信号装置..... 54
- 二、发电机指挥信号..... 60
- 三、全厂事故信号..... 60
- 四、锅炉房联系信号..... 61
- 五、隔离开关的位置指示信号..... 61
- 六、采用闪光报警器的中央信号..... 63

第20-5节 交流电流电压回路及

互感器的选择..... 63

- 一、交流电流回路及电流互感器的选择..... 63
- 二、交流电压回路及电压互感器的选择..... 74

第20-6节 电气专业应用计算机

的设计..... 85

一、监控计算机在发电厂电气部分的应用... 85

二、微处理机监控装置在超高压变电所及电厂开关站的应用..... 89

第20-7节 二次回路设备的选择

及配置..... 91

- 一、二次回路的保护设备..... 91
- 二、熔断器或自动开关的配置..... 91
- 三、熔断器、自动开关的选择..... 91
- 四、控制、信号回路的设备选择..... 93
- 五、跳、合闸回路中的中间继电器及合闸接触器的选择..... 95
- 六、控制回路中“防跳”继电器的选择..... 96
- 七、串接信号继电器及附加电阻的选择..... 97
- 八、端子排..... 100
- 九、控制电缆与信号电缆..... 101
- 十、小母线配置及二次回路标号..... 108

第20-8节 变压器的冷却和调压方式

的二次接线..... 112

- 一、主变压器的冷却方式及二次接线..... 112
- 二、变压器有载调压分接开关二次接线..... 117
- 三、变压器无载调压分接开关的位置指示..... 125
- 四、变压器测温装置..... 125

附录20-1 控制屏(屏台)的模拟母线和小

母线色别及二次回路编号... 125

附录20-2 LWX2型强电小开关选

择参考资料..... 132

附录20-3 控制屏台的外形及尺寸..... 136

第二十一章 弱电控制、信号和

测量系统.....卓乐友

第21-1节 总则..... 141

- 一、弱电技术的要求及采用条件..... 141
- 二、弱电参数的选择..... 142

第21-2节 弱电控制方式和接线..... 143

- 一、弱电控制回路的要求及分类..... 143
- 二、弱电控制接线..... 143
- 三、发电机调速、调压的控制方式

及要求	146	四、防止电动机反馈时ZPJH	
第21-3节 弱电信号方式和接线	146	误动作的措施	206
一、弱电信号回路的要求及分类	146	附录22-1 JPH-4型晶体管按频率	
二、弱电中央信号装置的要求与接线	150	减负荷装置	207
三、新型弱电事故信号设备	156	第二十三章 厂用电动机二次	
第21-4节 弱电测量方式和接线	163	接线	张葆林
一、弱电测量方式和要求	163	第23-1节 厂用电机的测量仪表	212
二、弱电常测回路接线	164	第23-2节 厂用电动机保护	213
三、常用变送器的选型	165	一、3~10kV厂用电动机保护	213
第21-5节 弱电电源系统	173	二、380V厂用电动机保护	214
一、弱电电源的分类及要求	173	三、保护的整定计算	215
二、弱电电源系统的接线及供电方式	173	第23-3节 厂用电动机控制信号接线	216
三、弱电电源设备的选择及		一、厂用电动机控制回路的基本接线	216
二次回路接线	174	二、汽机辅机的联锁及自动装置	220
第21-6节 弱电装置屏(屏台)		三、给水系统电动机的联锁及自动装置	225
的型式与布置	175	四、锅炉辅机的联锁及自动装置	229
一、弱电控制室的要求和布置方式	175	五、除灰系统电动机的联锁及自动装置	231
二、弱电控制屏(屏台)的结构和布置	179	六、供水系统电动机的联锁及自动装置	236
三、新型弱电屏(屏台)的选用	181	七、公用设备电动机的联锁及自动装置	238
四、弱电控制屏(屏台)和返回屏		八、输煤系统电动机的联锁及自动装置	247
的屏面布置和要求	181	第23-4节 多台电动机拖动和调速电	
第21-7节 提高弱电回路可靠性		机的控制接线	256
的要求与措施	183	一、一台辅机用两台电动机拖动的	
一、提高可靠性的主要措施	183	控制接线	256
二、提高弱电控制回路的可靠性措施	184	二、双速电动机的控制接线	256
三、降低弱电二次回路干扰电压的措施	185	三、可控硅串级调速装置	261
四、弱电装置的端子排设计	186	四、电磁调速电动机	261
五、晶体管装置的抗干扰试验标准	186	五、电磁振动给料机控制接线	261
第二十二章 发电厂和变电所的		第二十四章 操作电源系统	卓乐友
自动装置	孙桂芬	第24-1节 综述	265
第22-1节 发电厂和变电所备用电源		一、蓄电池直流系统	265
自动投入装置(BZT)	188	二、电容储能直流系统	268
一、备用电源的一次接线	188	三、复式整流直流系统	268
二、备用电源自动投入装置的接线要求	189	第24-2节 直流系统的分类及设计要	
三、主变压器或线路的自动投入装置	191	求	268
四、厂(所)用电源切换	191	一、发电厂的直流系统和直流屏	268
第22-2节 自动按频率减负荷		二、变电所的直流系统和直流屏	270
装置(ZPJH)	203	第24-3节 蓄电池直流系统的设备	
一、概述	203	选择	290
二、保持频率恒定的措施	203	一、直流系统的负荷统计	290
三、自动按频率减负荷(ZPJH)装置		二、蓄电池容量选择	296
接线	203	三、蓄电池的分类	298

四、充电设备的选择	301	二、对励磁系统的要求	363
五、直流系统的馈线熔断器和自动空气开关的选择	309	第25-2节 直流励磁机励磁系统	364
六、直流馈线刀开关和转换开关的选择	310	一、系统接线及设备配套	364
七、蓄电池回路设备的选择	310	二、自动灭磁开关及控制接线	369
八、充电回路设备的选择	311	三、自动调整励磁装置	369
九、蓄电池组端电池调整器的选择	311	四、继电强行励磁装置	374
十、载流导体的选择	312	五、设备参数的选择计算	375
十一、直流系统短路电流计算	314	第25-3节 交流励磁机—静止整流器励磁系统	376
第24-4节 直流馈线回路	314	一、设备配套	376
一、环形供电回路	314	二、励磁整流柜、灭磁柜和过电压保护装置	377
二、辐射形供电回路	315	三、自动和手动调整励磁装置的控制接线	388
第24-5节 直流设备的布置及安装	317	四、测量仪表	390
一、蓄电池室的布置	317	五、中频试验电源	392
二、端电池电动调整器的安装	319	六、设备布置	393
三、充电设备的布置	319	第25-4节 其他励磁系统	394
四、蓄电池室的土建要求	319	一、交流励磁机—静止可控整流器励磁系统	394
第24-6节 直流系统的保护和信号回路	325	二、交流励磁机—旋转整流器励磁系统(无刷励磁系统)	394
一、充电设备的控制和信号回路	325	三、静止励磁系统	395
二、端电池调整器的接线	325	第25-5节 备用励磁系统	396
三、绝缘监察装置和电压监视装置	326	一、备用励磁系统的要求	396
四、闪光装置	327	二、备用励磁系统的设计条件	397
五、事故照明切换装置接线	329	三、备用励磁系统接线	397
第24-7节 电容储能直流系统	329	四、备用励磁系统设备的选择和安装	397
一、储能电容器的容量和电压选择	329	附录25-1 励磁系统的名词术语	399
二、电容储能直流系统	332	附录25-2 SWTA型自动和手动调整励磁装置	401
第24-8节 变电所复式整流直流系统	339	附录25-3 自动调整励磁全控整流桥电力电缆的选择计算	413
一、复式整流系统接线	339	第二十六章 同步系统	卓乐友
二、复式整流装置的计算	342	第26-1节 概述	418
三、电流互感器输出功率计算	342	第26-2节 同步点和同步电压取得方式	418
四、铁磁谐振稳压器	342	一、对同步电压的要求	418
第24-9节 交流操作系统	346	二、同步点及同步方式	419
一、保护回路	346	三、同步闭锁措施	423
二、二次接线	350	第26-3节 手动准同步	423
第24-10节 镉镍电池及其充电设备	352	一、集中同步	423
一、镉镍电池的基本特性	352		
二、镉镍电池直流屏接线	355		
三、镉镍电池直流系统设备选择和布置	360		
第二十五章 励磁系统	赵坤明		
第25-1节 概述	363		
一、励磁系统的分类	363		

二、分散同步·····	426	五、保护要求的最小灵敏系数·····	489
三、组合式同步表·····	426	第28-2节 35kV及以上中性点非直接 接地电网中的线路保护配置 原则·····	491
第26-4节 自动准同步装置·····	428	一、概述·····	491
一、ZZQ-3B型自动准同步装置·····	432	二、相间保护·····	492
二、ZZQ-5型自动准同步装置·····	439	三、单相接地保护·····	494
三、自动准同步装置二次回路设计 配合的问题·····	445	第28-3节 110~220kV中性点直接 接地电网的线路保护·····	494
第26-5节 自同步方式·····	452	一、概述·····	494
第26-6节 变电所的同步装置和线路 的同步接线·····	453	二、110~220kV线路继电保护配置的 具体要求·····	497
一、半自动导前相角准同步装置·····	453	三、110~220kV线路接地保护·····	498
二、捕捉同步装置·····	456	四、110~220kV线路相间距离保护·····	500
第二十七章 补偿装置二次接线 ····· 李开明		五、110~220kV线路纵差保护·····	503
第27-1节 串联电容补偿装置·····	462	六、110~220kV线路“四统一”定型保护 屏的组成与使用·····	507
一、概述·····	462	第28-4节 330~500kV中性点直接 接地电网的线路保护·····	513
二、串联补偿装置的保护方式·····	462	一、超高压电网特点及对继电保护的 特殊要求·····	513
三、信号传递和台上操作电源·····	466	二、主保护与后备保护配置原则·····	518
四、控制、信号和测量回路·····	467	三、330~500kV线路保护配置方案·····	520
第27-2节 同步调相机二次回路·····	467	四、双断路器主接线方式的线路继电保护 的若干问题·····	521
一、同步调相机保护·····	467	五、工频过电压保护·····	524
二、控制、信号和测量回路·····	468	第28-5节 母线保护和断路器失灵 保护·····	526
三、调相机励磁系统·····	469	一、母线保护的配置原则·····	526
第27-3节 并联电抗器·····	472	二、母线保护构成原理及其适应性·····	527
一、超高压并联电抗器·····	472	三、各种母线接线及其保护方式·····	531
二、低压并联电抗器·····	475	四、断路器失灵保护·····	538
第27-4节 并联电容器组·····	475	第28-6节 自动重合闸·····	540
一、概述·····	475	一、自动重合闸装置的应用与配置原则·····	540
二、并联电容器组保护·····	475	二、三相一次自动重合闸·····	543
三、串联电抗器保护·····	479	三、综合自动重合闸装置·····	548
四、并联电容器组的控制和信号·····	479	四、自动重合闸与保护的配合·····	554
五、测量仪表·····	485	五、综合自动重合闸的整定计算·····	555
第27-5节 静态无功补偿 装置(SVS)·····	485	第28-7节 电网安全自动装置及故障 录波装置·····	558
第二十八章 电网继电保护及安全 自动装置 ····· 董柏林 何占虎		一、概述·····	558
第28-1节 设计原则和一般规定·····	487	二、电网安全稳定装置的功能与分类·····	559
一、概述·····	487		
二、设计范围与深度要求·····	487		
三、确定电网继电保护配置方案的 主要问题·····	488		
四、电网继电保护对电源的基本要求·····	489		

三、电网稳定控制装置.....	561	七、变压器的过激磁保护.....	614
四、电网解列装置.....	565	八、变压器过负荷保护.....	616
五、低频减载.....	568	九、自耦变压器保护.....	616
六、故障录波装置.....	570	十、三相三柱式全星形接线变压器 保护特点.....	618
第28-8节 电网继电保护的整定计算.....	573	第29-5节 变压器保护整定计算.....	618
一、整定计算的主要问题.....	573	一、电流速断保护的整定计算.....	618
二、相间距离保护整定计算.....	575	二、纵联差动保护的整定计算.....	619
三、中性点直接接地电网的零序电流保护 整定计算.....	575	三、相间后备保护的整定计算.....	633
四、中性点直接接地电网的接地距离保护 整定计算.....	582	四、中性点直接接地电网的零序后备保护 整定计算.....	637
五、高频相差保护整定计算.....	585	五、变压器过负荷保护整定计算.....	639
六、母线保护整定计算.....	588	六、自耦变压器零序差动保护整定计算.....	639
第二十九章 主设备继电保护 陈学庸		七、500/220kV联络自耦变压器零序保护 改进方案(图29-25)的整定计算.....	640
第29-1节 主设备继电保护设计原则.....	589	第29-6节 发电机变压器组保护.....	641
一、设计原则及范围.....	589	一、大型发电机组的特点及其对继电 保护的要求.....	641
二、设备选型.....	589	二、大型发电机变压器组单元接线继电 保护配置.....	641
三、保护出口.....	589	三、保护及其接线.....	662
四、保护电源.....	591	四、其它几种保护简介.....	676
第29-2节 发电机保护.....	591	第29-7节 发电机-变压器组保护 整定计算.....	678
一、100MW以下发电机保护配置.....	591	一、复合电流速断保护整定计算.....	678
二、定子绕组相间短路保护构成.....	591	二、失磁保护整定计算.....	678
三、与母线直接连接的发电机定子绕组 接地保护.....	596	三、过电压保护整定计算.....	680
四、反应定子绕组匝间短路的保护.....	596	四、阻抗保护整定计算.....	680
五、发电机外部相间短路保护.....	598	五、逆功率保护动作值的整定.....	681
六、定子绕组过负荷保护.....	598	六、定子接地保护灵敏系数计算.....	681
七、励磁回路接地保护.....	598	七、发电机匝间短路保护整定计算.....	682
第29-3节 发电机保护整定计算.....	598	八、发电机过负荷保护整定计算.....	683
一、纵联差动保护整定计算.....	598	第29-8节 厂用电源保护.....	683
二、横联差动保护整定计算.....	600	一、厂用工作及备用电抗器保护.....	683
三、定子单相接地保护的整定计算.....	601	二、高压厂用工作、备用(起动)变压器 的保护.....	685
四、反应外部相间短路的后备保护的 整定计算.....	602	三、低压厂用工作及备用变压器保护.....	689
五、定子绕组过负荷保护的整定计算.....	602	四、保护的整定计算.....	693
第29-4节 变压器保护.....	603	第29-9节 6~10kV母线保护及其 整定计算.....	697
一、变压器保护的配置原则.....	603	一、发电机电压母线保护.....	697
二、变压器瓦斯保护装置及整定.....	604	二、变电所6~10kV母线保护.....	703
三、变压器电流速断保护.....	605	三、保护的整定计算.....	703
四、变压器纵联差动保护.....	605		
五、变压器相间后备保护配置原则及接线.....	606		
六、中性点直接接地电网的零序后备保护 配置及接线.....	613		

第29-10节 6~10kV线路保护及其 整定计算..... 707	四、电量变送器..... 744
一、6~10kV线路保护装置原则..... 707	五、发电机组频率与有功功率自动调节 装置..... 745
二、保护整定计算..... 709	第30-5节 规划与设计..... 747
第29-11节 中性点不接地系统的接地 信号检测装置..... 711	一、规划与设计的内容..... 747
一、接地信号装置的分类及要求..... 711	二、设计的技术要求..... 748
二、反应工频电容电流值的接地保护..... 711	第30-6节 电网调度中心设计..... 756
三、反应电容电流方向的接地保护..... 712	一、电网调度中心设计阶段和主要内容..... 756
四、反应零序电流有功分量的接地保护..... 712	二、建筑物型式及布置..... 757
五、反应5次谐波分量的接地保护..... 713	三、机房设计..... 759
六、反应暂态分量首半波的接地保护..... 713	第三十一章 电力系统通信 ·李 顺 唐雪影
七、其他接地检测信号装置..... 713	第31-1节 系统通信的要求和方式..... 760
附录29-1 三绕组变压器制动线圈 的接法..... 714	一、系统通信的重要性和特点..... 760
一、单侧电源的三绕组变压器..... 714	二、电力系统通信的主要内容..... 760
二、双侧电源的三绕组变压器..... 714	三、电力系统通信网的结构..... 760
三、三侧电源的三绕组变压器..... 714	四、电力系统的通信方式..... 760
附录29-2 短线路纵联差动继电器..... 715	第31-2节 电力线载波通信..... 761
附录29-3 非直接接地信号装置..... 719	一、传输信息内容..... 761
一、反应接地电容电流方向的非直接接地 信号装置..... 719	二、基本原理和构成..... 761
二、反应接地电容电流5次谐波分量 的ZD-5型接地信号装置..... 721	三、电力线载波通信的特点..... 761
三、反应接地电容电流暂态分量首半波的 ZD-3C型接地信号装置..... 722	四、电力线载波终端机..... 761
第三十章 电网调度自动化系统 邢若海	五、结合设备..... 767
第30-1节 概述..... 727	六、加工设备..... 769
一、调度自动化的作用..... 727	第31-3节 电力线载波通道的设计 与计算..... 772
二、调度自动化的发展趋势..... 727	一、通道设计的任务..... 772
第30-2节 调度自动化的功能范围..... 728	二、设计依据和条件..... 772
一、电网调度的职责范围..... 728	三、通道的组织..... 772
二、地区电网的厂、所..... 728	四、通道设计与计算..... 773
三、调度自动化的基本内容..... 729	五、电力线载波通道的频率分配..... 780
四、调度自动化的功能与范围..... 730	第31-4节 微波通信..... 785
第30-3节 调度自动化系统..... 731	一、微波通信简介..... 785
一、系统的概念及配置原则..... 731	二、微波接力通信线路的选择..... 785
二、系统配置的基本方式..... 732	三、微波通信电路设计的质量标准..... 792
第30-4节 调度自动化的主要设备..... 735	四、微波传播及其计算..... 794
一、在线实时监控计算机..... 736	五、微波站的平面布置和建筑设计要求..... 803
二、人机联系设备..... 740	六、微波铁塔..... 805
三、远动终端(RTU)及通道..... 742	七、微波站的接地和防雷..... 806
	八、微波通信站的仪表配置..... 807
	第31-5节 光纤通信..... 812
	一、光纤通信的基本原理..... 812
	二、数字光纤通信系统的设计..... 812

第三十二章 厂(所)内通信 赵玉琴	一、试验设备的配置原则..... 858
第32-1节 概述..... 817	二、电气试验设备..... 858
一、厂(所)内通信的分类和要求..... 817	三、电测量仪表、继电保护及自动装置的调试..... 862
二、厂(所)内通信组织措施和要求..... 817	四、电气和热机部分精密机件的修理设备... 862
第32-2节 生产管理通信..... 817	第33-2节 检修设备的配置..... 862
一、设计要求..... 817	一、发电厂的电气检修设施..... 862
二、设备选择..... 821	二、变电所的电气检修设施..... 864
三、设计注意事项..... 825	三、超高压配电装置的检修设施..... 865
第32-3节 生产调度通信..... 825	四、油务设施..... 865
一、设计要求..... 825	第33-3节 电气试验室与检修间的布置..... 868
二、设备选择..... 826	一、电气试验室布置的一般原则与参考方案..... 868
第32-4节 其它辅助通信方式..... 827	二、电气检修间布置的一般原则与参考方案..... 868
一、生产扩音通信..... 827	附录33-1 设备参考表..... 870
二、无线电移动通信..... 831	第三十四章 小型机组电气部分 刘尔英
三、电钟系统的设计..... 837	第34-1节 概述..... 885
第32-5节 通信电源..... 837	第34-2节 电气主接线..... 885
一、常用通信设备供电电压及耗电量..... 837	一、电气主接线的重要性..... 885
二、直流系统及设备选择..... 837	二、确定电气主接线所需的资料..... 885
第32-6节 音频通道的中继组合方式..... 842	三、对电气主接线的要求..... 885
一、设计要求..... 842	四、发电机电压的选择..... 885
二、中继方式..... 842	五、发电厂与系统的连接..... 886
三、中继线通信方式的选择..... 847	六、发电机电压侧的接线..... 886
四、去水源地的通信线路..... 847	七、升高电压侧的接线..... 887
五、去火车站的通信线路..... 847	八、发电机电压系统及升高电压系统的中性点接地方式..... 888
第32-7节 通信线路..... 848	九、电气主接线举例..... 890
一、设计要求..... 848	第34-3节 厂用电系统..... 893
二、电缆线路的选择..... 848	一、厂用电电压..... 893
三、敷设方式..... 848	二、厂用电接线..... 893
四、主干电缆与配线电缆的设计..... 848	三、厂用电源的引接..... 894
五、架空杆路设计..... 850	四、孤立电厂的起动电源..... 894
六、沿墙敷设电缆..... 851	第34-4节 二次接线..... 894
七、直埋电缆..... 851	一、操作方式..... 894
八、音频线路网络的传输设计..... 852	二、中央信号..... 894
第32-8节 通信房屋建筑的要求与布置..... 853	三、同步装置..... 895
一、通信建筑物的形式及内容..... 853	四、励磁装置..... 895
二、通信建筑物的设计要求..... 853	五、发电机的二次回路..... 895
三、通信室的平面布置..... 854	第34-5节 继电保护和自动装置..... 897
四、通信设备集中布置方案..... 855	
第三十三章 电气试验与检修设备的配置 李景贵	
第33-1节 试验设备的配置..... 858	

一、发电机的继电保护.....	897	第34-7节 电气设施布置.....	901
二、变压器的继电保护.....	898	一、概述.....	901
三、自动装置.....	899	二、发电机电压配电装置的布置.....	901
第34-6节 直流系统.....	899	三、主控制室的布置.....	901
一、概述.....	899	四、升压配电装置的布置.....	901
二、直流系统的设计原则.....	899	五、发电机出线小室的布置.....	901
三、直流系统接线举例.....	899	六、厂用电气设备的布置.....	901

强电控制、信号和测量系统

编者：高有权 校者：王书兰 审者：丁顺安

第20-1节 控制方式

火力发电厂的控制方式按控制地点可分为主控制室和单元控制室两类，后者又可分为包括网络控制的单元集中控制以及单元集中控制室与网络控制室相互独立的两种类型。

变电所应根据电网的运行要求来决定采用在主控制室值班、驻所值班或无人值班的控制方式。

一、发电厂与变电所的控制方式

(一) 发电厂主控制室控制方式

由于我国当前大多数发电厂实行小分场制，加之单机容量为100MW及以下容量的发电厂自动化水平较低，许多设备需要就地操作，而且一般还担负送配电操作的任务，各单元电气之间以及各单元电气与网络之间的联系比本单元电气与锅炉、汽机的联系更为密切。若采用单元控制室的控制方式，电气运行人员不仅将随单元数的增加而增加，而且在每个单元控制室的运行人员也较多，电气人员感到处理事故不方便。基于上述理由，单机容量为100MW以下的发电厂，宜采用主控制室的控制方式。与上述情况相似的单机容量为100~125MW的发电厂，也可根据具体情况采用主控制室的控制方式。

应在主控制室内控制的设备和元件有：发电机、主变压器、联络变压器、母线分段、电抗器的旁路、母线联络、联络线、旁路，35kV及以上线路、高压厂用电源线，厂用工作与备用变压器(电抗器)，备用励磁装置和全厂公用的消防水泵。

事故照明和直流屏一般装设在主控制室内。当直流屏装设在其他地方(如直流配电室)时，在主控制室内应装设直流系统所必要的仪表、信号和控制设备。

(二) 发电厂单元控制室及网络控制室的控制方式

对于200MW及以上的大容量机组，由于热力系统

和电气主接线都是单元制，因此，各机组之间的横向联系较少；而在进行起动、停机和事故处理时，单元机组内部的纵向联系较多。若采用主控制室控制方式，主控制室一般距离主厂房较远，除给设计带来一些技术问题和增加投资外，也给电气正常运行带来困难。因此，单机容量为200MW及以上的发电厂，应采用单元控制室的控制方式。

采用单元制方式的发电厂，当主接线比较简单且远景规划明确时，电力网的控制部分可设在第一单元控制室内；当主接线比较复杂或配电装置离主厂房较远时，可另设网络控制室。

应在单元控制室内控制的设备和元件有：发电机、发电机双绕组变压器组、高压厂用工作变压器、高压厂用备用或起动/备用变压器、高压厂用电源线、主厂房内采用专用备用电源的低压厂用变压器以及该单元其他必要集中控制的设备和元件。

对全厂共用的设备，应集中在第一单元控制室控制，其他单元控制室应有必要的信号及调节手段。

应在单元控制室网控屏或网络控制室内控制的设备和元件有：三绕组变压器或自耦变压器、高压母线设备、110kV及以上线路、高压或低压并联电抗器等；此外，还应有各单元发电机变压器组以及高压厂用备用或起动/备用变压器高压侧断路器的信号和必要的表计。

当采用一个半断路器接线时，由于发电机变压器组设备的重要，为防止误操作，与发电机变压器组有关的两台断路器应在单元控制室控制。在单元控制室的网控屏或网络控制室内，应有上述断路器的信号，以便网控人员掌握发电机变压器组的运行状态，尤其是中间断路器的运行状态。

在发电厂中，6~10kV屋内配电装置到各用户去的线路、互为备用(即暗备用)的低压厂用变压器、供辅助车间用的厂用变压器、交流事故保安电源、交流不停电电源和直流设备等，宜采用就地控制。

各设备和元件的继电保护装置和电度表，宜装设

在控制该设备和元件的地方。

当35kV及以上的配电装置离控制室较远时,其母线设备、线路等的继电保护装置和电度表,可装设在屋内配电装置室或屋外配电装置的继电器室内。顺便指出,屋外配电装置的继电器室的环境条件,应满足继电保护装置安全可靠运行的要求。

(三) 变电所的控制方式

变电所的控制方式分为有人值班、驻所值班和无人值班三种方式。有人值班的变电所应设主控制室。驻所值班和无人值班的变电所一般设控制小室。35kV及以下的变电所宜为驻所值班或无人值班方式。

1. 330kV及以下电压的变电所

变电所应在控制室控制的元件有:主变压器、调相机、串联补偿电容器组、母线联络、线路并联电抗器、母线分段、旁路、联络线、35kV及以上线路。

6~10kV屋内配电装置到用户的线路一般采用就地控制。

变电所内各元件的继电保护装置和电度表,一般装设在控制该元件的地方。

当35kV及以上配电装置离控制室较远时,其母线设备和线路的继电保护及电度表,可装设在屋内配电装置室内或屋外配电装置的继电器室内。

2. 500kV变电所

对500kV变电所可选择的控制方式有集中控制和分散控制两种。分散控制是在各高压配电装置处设若干分控制室,将继电保护装置和部分控制设备下放到分控制室;此外,还设有主控制室。在主控制室和分控制室之间,采用近距离远动装置实现遥控、遥信、遥测,即“所内远动形式”。分散控制方式具有节省控制电缆、减少高压电磁场对二次回路的干扰、降低电流互感器二次负担、减少控制室面积等优点。由于目前国内对主控制室和分控制室之间的信息传输问题还没有适合的信息传输装置可供选择,因此,对500kV变电所推荐采用集中控制方式。在配电装置处设分控制室的方式,今后在一些工程中可选择试点,取得经验后再推广采用。

500kV变电所在主控制室内集中控制的设备应为:主变压器、线路并联电抗器、35kV及以上线路及相应的母联断路器、分段断路器、旁路断路器等。相应的控制、保护设备也应布置在主控制室内。500kV变电所的无功补偿设备,如同步调相机、电力电容器、电抗器、静止补偿装置等,一般也应在主控制室内集中控制。如果由于总体布置上的要求,当无功补偿设备离主控制室较远,无功补偿设备本身又是户内式或者部分设备布置在户内,在这种情况下,若采用就地控制

在技术上和经济上更加合理并征得运行单位同意时,也可以采用就地控制。

500kV变电所的500kV和220kV断路器宜采用弱电或强电一对一控制。弱电一对一控制适用于控制对象多,需要缩小监视面的场合,并可与以微处理机为控制部件核心的可编程序数字信息处理系统配合使用,运行人员对这种控制方式很满意。目前,南京电力自动化设备厂等仿制出高质量的弱电控制开关,为这种控制方式的推广提供了一定的条件。

对规模较小的500kV变电所,在控制对象不多,监视面不大的情况下,采用强电一对一控制比较合适。

因500kV系统比较重要,断路器的数量一般较少,故不推荐采用选线控制。

二、强电控制方式的主要类型

1. 强电一对一控制

采用LW2、LW5等系列控制开关对操作对象实行强电一对一控制,是我国长期以来采用的为广大运行人员所熟悉的方式,实践证明这种方式安全可靠。发电厂和变电所中常用的控制开关:一种是跳、合闸操作都分两步进行,手柄有两个固定位置和两个操作位置的LW2系列控制开关,由它构成的控制、信号接线能直接反映运行、事故和操作过程各种状态,便于分析各种工况,多用于主设备的断路器控制回路;另一种是操作只需一步进行,手柄有一个固定位置和两个操作位置的LW5系列控制开关,由它构成的控制、信号接线也能反映运行和事故的各种工况,虽然没有LW2那样清晰,但操作较简单,多用于厂用电动机系统的断路器控制回路。

LW2系列控制开关面板有方形和圆形两种,手柄有9种型式,根据接线是否需定位、自动复归、取出手柄和内附信号灯等要求任意选择。LW2系列控制开关图表示例见表20-1。

LW5系列控制开关有旋钮和普通手柄两种,操作方式有自复式和定位式两种。其开关触点系统档数分1~16等16种。LW5-15、B4813/4控制开关图表示例见表20-2。

2. 强电小型开关控制

强电小型开关控制兼有一般强电控制以及弱电控制两种方式的一些优点。强电小型开关控制接线常采用控制台一信号返回屏型式,它是以强电小开关为主要操作元件的直接操作方式。它具有弱电控制方式缩小监视面、操作集中、模拟性强等优点,又可取消采用弱电控制时的强弱电之间的转换环节,安装单位和一般强电开关控制一样也能分得清楚,克服了弱电控

表 20-1 LW2-Z-1a .4.6a.40.20.6a/F8控制开关接线图表

在“跳闸后”位置的手柄（正面的） 样式和触点盒（背面）接线图							
手柄和触点盒型式	F8	1a	4	6a	40	20	6a
位置 \ 触点号	—	1-3 2-4	5-8 6-7	9-10 9-12 10-11	13-14 14-15 13-16	17-18 17-18 18-20	21-22 21-24 22-23
跳 闸 后		—	×	—	—	×	—
预 备 合 闸		×	—	—	×	—	×
合 闸		—	×	—	×	—	×
合 闸 后		×	—	—	×	—	×
预 备 跳 闸		—	×	—	—	×	—
跳 闸		—	—	×	—	×	—

表 20-2 LW5-15、B4813/4控制开关接线图表

段号	分段接线图	位置		跳闸	跳闸后	合闸后	合闸
		触点号	触点号				
I		Z 1	Y 2	—	—	×	×
II		3	4	—	—	×	×
III		5	6	×	×	—	—
IV		7	8	—	×	×	—
V		9	10	—	—	—	×
VI		11	12	—	—	—	×
VII		13	14	×	×	—	—
VIII		15	16	×	×	—	—

制方式在这方面的不足。

过去我国设计的强电小型开关控制电路多采用LWX1（或LW10）系列强电小开关，由于这种开关在

结构、性能和产品质量等方面存在一些问题，运行可靠性较差，为此，阿城继电器厂在总结LWX1及LW2等系列开关的设计、制造及使用经验的基础上，研制出了LWX2系列强电小型万能转换开关。它可使用交流380V及直流220V以下控制电压，主要用于电气控制回路、测量仪表回路的转换、测试及配电设备的遥远控制和电动机的换向、变速等；该产品已通过鉴定，但还需进一步提高质量。

LWX2型强电小开关由手柄面板、限位机构、触点盒、端盖、方轴等部分组成。触点盒内由动与静触点、滑块、弹簧和各种不同类型的凸轮来实现触点的通断，以满足各种接线的要求。LWX2系列开关与LW2及LW4系列开关的型号对照见表20-3。LWX2系列开关的详细技术数据见附录20-2。

表 20-3 LWX2系列与LW2及LW4系列开关型号对照表

序号	LWX2系列开关型号	可取代LW2及LW4系列开关型号
1	LWX2-Z-1a.4.6a.40.20.6a/F4-8	LW2-Z-1a.4.6a.40.20.6a/F8
2	LWX2-W-10.30.9d.2.30.10/F8-X	LW4-10/A275
3	LWX2-6.6a/F4-8X	LW2-6.6a/F4-8X
4	LWX2-Z-1a.4.6a.40.20/F4-8	LW2-Z-1a.4.6a.40.20/F8
5	LWX2-Z-1a.4.6a.40.20.4/F4-8	LW2-Z-1a.4.6a.40.20.4/F8
6	LWX2-Z-1a.4.6a.40.20.20/F4-8	LW2-Z-1a.4.6a.40.20.20/F8
7	LWX2-1a.1a/F4-X	LW2-1.1/F4-X
8	LWX2-1a.1a.1a.1a/F4-X	LW2-1.1.1.1/F4-X
9	LWX2-2.2/F4-8X	LW2-2.2/F4-X
10	LWX2-2.2.2.2.2/F4-X	LW2-2.2.2.2.2/F4-8X
11	LWX2-6a.6a.6a.6a.6.6/F4-8X	LW2-6a.60.6a.6a.6.6/F4-8X
12	LWX2-6a.6a.6a.6a.6a.6.6/F4-8X	LW2-6a.6a.6a.6a.6a.6.6/F4-8X
13	LWX2-H-1a.1a.1a.1a/F4-X	LW2-H-1.1.1.1/F7-X
14	LWX2-H-1a.1a.1a.1a.1a.1a.1a/F4-X	LW2-H-1.1.1.1.1.1.1/F7-X
15	LWX2-2.2.2.2.2.2.2.2/F4-8X	LW2-H-2.2.2.2.2.2.2.2/F7-8X
16	LWX2-W-1.1.1.1.1.1/F8-X	LW2-W-1.1.1.1.1.1/F6

续表

序号	LWX2系列开关型号	可取代LW2及LW4系列开关型号
17	LWX2-W-6a.6a.6a.6a/F8-X	LW2-W-6a.6a.6a.6a/F5
18	LWX2-1a.1a.1a.1a.1a/F4-X	LW2-1.1.1.1.1/F4-X
19	LWX2-1a.1a.1a.1a.1a.1a/F4-X	LW2-1.1.1.1.1.1/F4-X
20	LWX2-1a.1a.1a.1a.1a.1a.1a/F4-X	LW2-1.1.1.1.1.1.1/F4-X
21	LWX2-2.2.2.2/F4-8X	LW2-2.2.2.2/F4-8X
22	LWX2-2.2.2.2.2.2/F4-8X	LW2-2.2.2.2.2.2/F4-8X
23	LWX2-7.7/F4-X	LW2-7.7/F4-X
24	LWX2-7.7.7/F4-X	LW2-7.7.7/F4-X
25	LWX2-7.7.7.7.7/F4-X	LW2-7.7.7.7.7/F4-X
26	LWX2-1a.7.7.7/F4-X	LW2-1.7.7.7/F4-X
27	LWX2-2.1.1.1/F4-8X	LW2-2.1.1.1/F4-8X
28	LWX2-H-1a.1a/F4-X	LW2-H-11/F7-X
29	LWX2-H-1a.1a.1a.1a.1a.1a/F4-X	LW2-H-1.1.1.1.1.1.1/F7-X
30	LWX2-H-1a.1a.1a.1a.1a.1a.1a.1a/F4-X	LW2-H-1.1.1.1.1.1.1.1.1/F7-X
31	LWX2-H-2.2.2.5.5.5/F4-8	LW2-H-2.2.2.5.5.5/F7-8
32	LWX2-W-6a.1.6/F8-X	LW2-W-6a.1.6/F6
33	LWX2-W-1a.1a.2.2.2/F8-X	LW2-W-1a.1a.2.2.2/F6
34	LWX2-W-6a.6a.6a.6a.6a.6a/F8-X	LW2-6a.6a.6a.6a.6a.6a/F5
35	LWX2-W-7.7.7.7.7/F8-X	LW2-W-7.7.7.7.7/F5
36	LWX2-H-1a.1a.1a.1a.1a/F4-X	LW2-H-1.1.1.1.1/F7-X
37	LWX2-W-10.30.9d.2.10/F8-X	LW4-10/A274
38	LWX2-W-10.30.9d.9d.10/F8-X	LW4-8/A275
39	LWX2-W-10.30.9d.9d.9d/F8-X	LW4-8/A301
40	LWX2-9c.9d/F4	LW4-2/E73
41	LWX2-W-2/F8-X	LW4-2/A23
42	LWX2-9d.9c/F4	LW4-4/E124
43	LWX2-6.9d.2/F4-8X	LW4-4/C202
44	LWX2-9x.9x.9c/F4	LW4-6/E123
45	LWX2-W-10.2.30/F8-X	LW4-6/A200
46	LWX2-6.6a.6.6a.9d/F4-8X	LW4-6/C330
47	LWX2-9c.9d.9d.9d/F4	LW4-8/E270
48	LWX2-9c.9c.9c/Fc	LWA-6/E21
49	LWX2-9c.9c.9c.9d.9d/F4	LW4-10/E100
50	LWX2-Z-1a.4.6a.40.20.20.4/F4-8	LW2-Z-1a.4.6a.40.20.20.4/F8
51	LWX2-8.8.8.8.8/F4-8X-A	三相电流互感器、电流测量开关
52	LWX2-9d.9d.9d.9d.9d.9d.9d.9d/F4-X	联锁开关
53	LWX2-9d.9d.9d.9d.9d.9c.9c.9c.9c/F4-X	联锁开关
54	LWX2-H-3a.3a.3a.3a.3a.3a.3a/F4-8X	同期开关
55	LWX2-W-2.6/F8-X	LW4-2/A36

发电厂和变电所设计采用强电小开关时,其控制、信号、测量和调节系统的基本原则如下:

1) 断路器的控制一般是按对象分别操作的,即一对一控制方式,其二次回路与强电系统的控制接线相同,只需要将控制开关改为强电小开关即可。

2) 其信号系统可以和强电系统的信号系统相同;也可以采用第二十一章介绍的弱电信号系统。

3) 其测量和调节系统可以和一般强电系统的相同,按对象分别测量和调节;也可以按第二十一章介绍的选测、选调接线。

本章不介绍由强电小开关构成的二次回路的具体接线,在设计时可按上述原则,根据具体工程情况,选用合适的控制、信号及测量、调节接线。

第20-2节 控制室及其屏 (屏台或台)的布置

一、总的要求

中、小型发电厂或变电所的主控制室或大型发电厂在靠近高压配电装置设置的网络控制室,均应按照设计规划容量在第一期工程中一次建成,以免在工程扩建时对电气及其他有关专业施工及运行造成困难。单元控制室按两机一控制室设计时,必须在一期工程建成。确定主控制室的布置时,应与建筑、照明、暖通、系统保护和远动通信等专业相互配合,使之建成的控制室既便于运行管理又经济实用、美观大方。同时,设计控制室时应注意其朝向及与配电装置的相对位置,以便于巡视和有良好的运行环境。

初期工程对屏(屏台或台)的布置应结合远景规划,充分考虑分期扩建的便利,尽量紧凑成组,避免由于初期缺乏周密细致的统筹规划而使形成的排列零乱无章。控制室的布置应注意留有适当的备用屏(屏台)位置,避免给正常的工程扩建造造成困难。但是,也不应无根据地多留空位,使最终形成的控制室显得空荡松散。

屏(屏台或台)的布置应尽量使屏(屏台或台)间以及与其他设备间连接的控制电缆根数最少、长度最短、敷设时交叉最少。

控制屏(屏台或台)面上的模拟母线应当清晰、连贯。电气主控制室及网络控制室和单元控制室的屏间距离和通道宽度可参考表20-4。当控制室的某壁有凸出物或柱子时,应按屏和这些凸出部分的实际距离校验。

控制屏(屏台或台)和继电器屏应按国家定型屏系列的统一规定,选用工程所需要的型式和规格。屏

表 20-4 主控制室及网络控制室和单元控制室的屏间距离和通道宽度 (mm)

距 离 名 称	采 用 尺 寸	
	一 般	最 小
屏正面——屏正面	1800	1400
屏正面——屏背面	1500	1200
屏背面——屏背面	800	800
屏正面——墙	1500	1200
屏背面——墙	1200	800
边 屏——墙	1200	800
主要通道	1600~2000	1400

- 注 1. 复杂保护或继电器凸出屏面时,不宜采用最小尺寸。
2. 直流屏、事故照明屏等动力屏的背面间距不得小于1000mm。
3. 屏背面——屏背面之间地坪上设有电缆沟盖板时,可按1000mm布置。
4. 屏后开门时,屏背面与屏背面之间的通道尺寸,宜增加至1000mm。

(柜)一般选宽800mm(或者选600mm)、深600mm、高2200mm的屏(柜)。当设计规划容量明确时,可参考表20-5所列指标估计控制室所需屏、台数量,并结合表20-4来规划主控制室的面积。对大型发电厂的网络控制室,可根据工程的具体情况,参考表20-5所选用屏(屏台、台)的型式及数量进行设计。设计单元控制室时,应与热控专业密切配合,共同决定单元控制室的布置。控制屏与继电器屏在主要通道处都应根据所选用屏(屏台或台)的型式、规格配用边屏。为了确保发电厂和变电所的运行安全可靠,在离控制屏(屏台或台)800mm处的地面上一般绘有警戒线。

二、主控制室及网络控制室的布置

主控制室及网络控制室(网控室)的控制屏和保护屏可采用合在一室布置或将控制屏与继电器屏分室布置的形式。中小型发电厂或变电所一般采用前者;大型发电厂,220~500kV枢纽变电所则两种形式均有采用。

1. 发电厂主控制室的布置

发电厂主控制室一般采用U型布置,当主环正面屏(屏台)的数量超过7块时,一般采用弧形布置,以便运行监视。主环正面为弧形布置时,按目前标准可以有曲率半径为8m或12m两种型式的屏供选用。当屏(屏台)的数量在7块及以下时,一般采用直列式布置。发电机、发电机变压器组、主变压器、联络变压器、母线联络、母线分段、电抗器的旁路,中央信号装置等主要元件的控制屏(屏台或台),应布置在主环的正面。主环正面屏(屏台或台)的排列顺序,一般与主厂房机组的安装位置相对应。在进行主环的