

发电工程设计项目经理（设总）培训课题

第二部分：专业设计基础知识

第七章： 电气二次线专业设计基础知识

华北电力设计院工程有限公司

2012 年 8 月 北京

编写：孙 茗

校审：马 安

目 录

1. 专业概述	1
1.1 电气二次线定义	1
1.2 专业术语解释	1
2 发电电气二次线设计范围和主要内容	2
2.1 设计范围	2
2.2 在各设计阶段的工作内容	2
2.2.1 初步可行性研究阶段:	2
2.2.2 可行性研究阶段:	2
2.2.3 初步设计阶段:	3
2.2.4 施工图阶段:	3
3 电气二次线专业的设计接口	4
3.1 院外接口	4
3.2 院内接口	4
4 电气二次线专业设计主要相关规程、规定及文件	4
4.1 国家标准	4
4.2 电力行业标准	5
4.3 反措	6
4.4 集团公司导则	6
5. 直流系统	6
5.1 工作内容	6
5.2 直流系统设计原则和典型接线	7
5.2.1 直流系统设计原则	7
5.2.2 直流系统接线设计	7
5.2.3 直流网络设计	8
5.3 设备型式和选型原则	8
5.3.1 蓄电池组	8
5.3.2 充电装置	9
5.3.3 直流系统保护和监控	9

5.3.4 设备选择.....	9
5.4 直流系统设备安装布置原则.....	11
5.4.1 蓄电池室布置.....	11
5.4.2 直流配电间布置.....	11
5.5 直流系统设计需要注意的问题.....	12
6 不间断电源系统（UPS）.....	12
6.1 工作内容.....	12
6.2 UPS 系统设置原则和典型接线.....	12
6.2.1 UPS 系统设置原则.....	12
6.2.2 UPS 系统供电范围.....	13
6.2.3 UPS 系统接线形式：.....	13
6.2.4 UPS 系统选型原则.....	13
6.2.5 UPS 系统设备选择.....	14
6.3 UPS 系统设备安装布置原则.....	14
6.4 UPS 设计应注意的问题.....	15
7 电气控制.....	15
7.1 工作内容.....	15
7.2 控制方式.....	16
7.2.1 机组控制方式.....	16
7.2.2 电力网络控制方式.....	16
7.2.3 辅助车间控制方式.....	16
7.3 电气监控设计原则.....	16
7.3.1 电气监控范围.....	16
7.3.2 机组电气控制特点.....	17
7.3.3 发电厂升压站电气监控特点.....	17
7.3.4 辅助车间电气监控.....	18
7.4 电气监控设备布置.....	18
7.5 工程中需注意的问题.....	19
8 继电保护和自动装置.....	19
8.1 工作内容.....	19

8.2	继电保护分类	19
8.3	继电保护配置原则	20
8.3.1	继电保护性能要求	20
8.3.2	继电保护配置的基本要求	21
8.3.3	继电保护设计	21
8.4	电气安全自动装置	22
8.4.1	安全自动装置	22
8.4.2	操作/调节自动装置	22
8.4.3	故障记录和管理	22
8.4.4	调度自动化	22
9	发电厂同期系统设计	23
9.1	同期点确定	23
9.2	同期方式分类	23
9.3	同期方法	23
9.4	同期基本条件	24
10	发电机励磁系统	24
10.1	励磁系统种类和特点	24
10.1.1	直流励磁机励磁系统	24
10.1.2	交流励磁机励磁系统	24
10.1.3	静止励磁系统	25
10.2	主要技术指标	25
10.2.1	强励倍数	25
10.2.2	响应比	26
10.2.3	强行励磁允许持续时间	26
10.3	励磁系统型式选择	26
10.4	励磁设备布置	27
10.5	励磁变压器容量问题	27
11	全厂火灾报警系统	27
11.1	工作内容	27
11.2	火灾报警系统设计特点	27

12 电气控制电缆 28

12.1 选型原则 28

12.2 敷设要求 28

12.3 设计特点 28

13 需要研究的新技术和新设备 29

13.1 交直流一体化电源 29

13.2 计算机网络通信技术的应用 29

13.3 新工艺系统设计技术 30

1. 专业概述

1.1 电气二次线定义

发电厂电气专业通常划分为电气一次线和电气二次线两个部分。

电气一次设备是指直接用于生产、输送和分配电能的生产过程的高电压/大电流电气设备，如发电机、变压器、SF6 断路器、隔离开关、接触器、空气开关、母线、输电线路、电力电缆、电抗器、电动机等。电气二次设备是指对一次设备的运行进行监测、控制、调节、保护以及为运行、维护人员提供运行工况或生产指挥信号所需的低电压/小电流电气设备，如计算机监控设备、微机保护装置、自动控制装置以及控制开关/按钮、电测量仪表、指示灯、继电器、控制电缆等。

1.2 专业术语解释

1.2.1 元件继电保护：是指在发电厂电气设备，包括发电机、变压器（含升压站机组进线）、并联电抗器、高低压厂用电源和高低压厂用电动机装设的短路故障和异常运行保护装置。

1.2.2 系统继电保护：是指在电力系统（包括送电线路、母线设备等）装设的短路故障和异常运行保护装置。

1.2.3 发电机自动电压调节装置（Automatic Voltage Regulator）简称 AVR：每台发电机均应装设自动电压调节装置，在正常运行情况下实现发电机机端电压恒定运行和并列运行发电机之间分配无功负荷；在电力系统故障情况下，按系统要求提供必要的强励功能。

1.2.4 发电机自动同步系统（Automatic Synchronizing System）简称 ASS：发电厂采用单相同步系统，每台发电机组均设置一套自动准同步装置，同时也可设置一套带闭锁的手动准同期装置；发电厂网络部分采用分散同期，实现捕捉同期或同期闭锁合闸。对于 200MW 及以上机组的高压厂用电源切换采用同步闭锁措施。

1.2.5 不间断电源（Uninterruptable Power Supply）简称 UPS：发电厂采用计算机监控系统控制时，应按计算机系统设置情况配置相应的 UPS。UPS 采用单相输出。

1.2.6 电气监控管理系统（Electrical Control Management System）简称 ECMS，是应用现代电子技术、通讯技术、计算机及网络技术，将发电厂电气系统实时信息、离线信息、系统结构参数进行安全集成，构成完整的自动化运行和管理系统，实现发电厂电气系统正常运行及事故情况下的监测/监控和管理、维护。

1.2.7 升压站网络计算机监控系统(Network Computerized monitoring and control System) 简称 NCS,是采用计算机技术、分层分布式网络结构实现对发电厂电力网络电气设备的安全监控和电气参数的实时监测,满足电网调度自动化要求,以及实现各机组之间功率的经济分配和运行管理功能。

2 发电电气二次线设计范围和主要内容

2.1 设计范围

根据我公司的专业设计分工,发电厂电气二次线的设计范围包括以下主要部分:

- (1) 直流系统和交流不间断电源系统(UPS):包括机组直流系统、机组交流不间断电源系统、网络直流系统、网络交流不间断电源系统等;
- (2) 电气监测及控制:包括单元机组电气监控系统(DCS 电气部分)、厂用电源电气监控管理系统(ECMS)、升压站网络计算机监控系统(NCS)、运煤自动化程控系统、电除尘控制系统等;
- (3) 元件继电保护:包括发电机、变压器、高低压厂用系统、并联电抗器、联络变压器、降压变压器等电气设备和元件的继电保护设计;
- (4) 发电机励磁系统:包括励磁变压器、整流柜、灭磁柜、AVR 柜等
- (5) 电气自动装置:包括同期装置、高压厂用电源快切装置、低压备用电源自投装置、机组故障录波装置、直流微机绝缘监测装置等。
- (6) 全厂火灾报警系统:包括全厂主要建筑物和设备的火灾报警系统、消防联动控制、火灾应急广播、消防专用电话等。

2.2 在各设计阶段的工作内容

2.2.1 初步可行性研究阶段:

由电气一次专业人员负责,电气二次专业没有工作。

2.2.2 可行性研究阶段:

- (1) 参与配合电气主接线方案设计,重点是从二次线角度论证主接线方案的可行性,以及对发电机组的特殊要求。
- (2) 配合相关专业进行总体布置和主厂房布置,提出电气设备的布置方案。
- (3) 根据系统设计情况提出发电机励磁方式,发变组和启/备电源继电保护配置及选型方案、直流系统和 UPS 系统配置方案,电气监控方案等,完成可研报告中工程设想有关电气二次部分的内容编制。

(4) 按推荐方案提出投资估算资料。

对常规发电厂项目，有时可由电气一次专业人员代为完成。

2.2.3 初步设计阶段：

- (1) 参与主接线方案拟定，确定有关二次设备选择和配置(主要是 PT 和 CT)；
- (2) 确定励磁系统选型及主要技术参数要求；
- (3) 根据电力系统要求、机组特点和一次接线，确定发电机、主变压器高压厂变和启/备变继电保护配置和选型以及厂用系统保护选型；
- (4) 确定控制方式和监控系统型式；辅助生产系统监控方式及设置选型；
- (5) 确定直流系统设计方案，包括系统接线、蓄电池型式、组数、电压等级；充电器型式、套数以及直流负荷统计和蓄电池、充电器容量计算等；
- (6) 确定不间断电源系统（UPS）设计方案，包括系统接线、配置套数及装置容量；
- (7) 确定同期点，同期方式选择及装置配置；
- (8) 确定安全自动装置的配置原则（包括厂用电快切装置、备用自投装置、小电流接地检测装置等）
- (9) 提出各蓄电池、直流配电间的布置资料、网络继电器楼房间布置资料；控制室电气二次盘位布置配合；
- (10) 提出全厂火灾报警控制系统设计方案
- (11) 对扩建工程，应充分利用（老厂）已有系统和设备，对扩建或改造设计方案和系统接口提出意见。
- (12) 按推荐方案提出投资概算资料(电气二次线主要设备材料清册)；

2.2.4 施工图阶段：

电气二次线专业主要工作是根据设计审查文件和设备落实情况，进行施工图图纸设计，施工图内容包括电气控制、保护、测量系统图、电气原理接线、电气设备表、设备和盘面布置图、安装接线图、电缆清册、设计说明书等，满足施工、安装和订货要求。

电气二次线专业还应完成设备和施工招标及评标工作。

3 电气二次线专业的设计接口

3.1 院外接口

- (1) 电厂接入系统报告（包括系统二次）
- (2) 改/扩建电厂与老厂的接口资料：包括起备电源是否从老厂引接；输煤系统是否与老厂运煤系统有连接；升压站网络继电器室备用盘位数量是否满足要求；监控系统是否需要改造等。

3.2 院内接口

- (1) 与系统保护、远动、通信专业接口：CT、PT 精度和配置要求、直流和 UPS 电源要求、GPS 对时要求、远动信息要求（含 AGC\AVC\PMU）、屏位数量要求等。
- (2) 与热控专业接口：热控电负荷资料、集控室和电子设备间屏位布置、电气监控与 DCS 系统接口等
- (3) 与热机专业接口：热机电负荷资料、蓄电池室和直流配电间布置资料、主厂房主要建筑物和设备的布置和外形尺寸
- (4) 与输煤专业接口：输煤集控室、远程站屏位布置、输煤系统程控控制要求
- (5) 与水工工艺和暖通专业接口：火灾报警系统和消防联动设计
- (6) 与总图专业接口：网络继电器楼布置

4 电气二次线专业设计主要相关规程、规定及文件

4.1 国家标准

4.1.1 GB 50229-2006 火力发电厂与变电站设计防火规范

与电气二次专业有关的强制条文内容：

- (1) 7.1.7 机组容量为 200MW 及以上但小于 300MW 的燃煤电厂应按表 7.1.7 的规定设置火灾自动报警系统。
- (2) 7.1.8 机组容量为 300MW 及以上的燃煤电厂应按表 7.1.8 的规定设置火灾自动报警系统、固定灭火系统。
- (3) 7.1.11 机组容量为 300MW 及以下的燃煤电厂，当油浸变压器容量为 9×10^4 kVA 及以上时，应设置火灾探测报警系统、水喷雾灭火系统或其他灭火系统。
- (4) 7.12.4 消防控制室应与单元控制室或主控制室合并设置。

- (5) 7.12.8 点火油罐区的火灾探测器及相关连接件应为防爆型。
- (6) 9.1.4 单机容量为 200MW 及以上燃煤电厂单元控制室、网络控制室及柴油发电机房的应急照明，应采用蓄电池直流系统供电。
- (7) 9.1.5 单机容量为 200MW 以下燃煤电厂的应急照明，应采用蓄电池直流系统供电。应急照明和正常照明看同时运行，正常时由厂用电源供电，事故时应能自动切换到蓄电池直流母线供电。
- (8) 10.6.4 多轴配置的联合循环燃机电厂，除燃气轮发电机组外，燃机电厂的火灾报警装置、固定灭火系统的设置，应按汽轮发电机组容量对应执行本规范第 7.1 节的规定；单轴配置的联合循环燃机电厂，应按单套机组容量对应执行本规范第 7.1 节的规定。

4.1.2 GB 50116-98 火灾自动报警系统设计规范

4.1.3 GB 50166-2007 火灾自动报警系统施工及验收规范

与电气二次专业有关的强制条文内容：

- (1) 2.2.2 火灾自动报警系统的主要设备应是通过国家认证（认可）的产品。产品名称、型号、规格应与检验报告一致。
- (2) 3.2.4 火灾自动报警系统应单独布线，系统内不同电压等级、不同电流类别的线路，不应布在同一管内或线槽的同一槽孔内。

4.1.4 GB 50217-2007 电力工程电缆设计规范

4.1.5 GB/T 14285-2006 继电保护和安全自动装置技术规程

4.1.6 GB/T 50063-2008 电力装置的电测量仪表装置设计规范

4.1.7 GB/T 7409.3-2007 同步电机励磁系统 大、中型同步发电机励磁系统技术要求

4.2 电力行业标准

4.2.1 DL/T5027-2009 火力发电厂初步设计文件内容深度规定

4.2.2 DL5000-2000 火力发电厂设计技术规程

与电气二次专业有关的重点条文内容：

- (1) 13.4.5 选择蓄电池组容量时，与电力系统连接的发电厂，交流厂用电事故停电时间应按 1h 计算；供交流不停电电源用的直流负荷计算时间可按 0.5h 计算。
- (2) 13.10.5 主厂房到网络控制楼或电气主控制楼的电缆应按下述规模进行耐火分隔或敷设在独立的电缆通道中：

1. 三台容量为 100MW 以下的机组；
2. 两台容量为 100MW~125MW 的机组；
3. 一台容量为 200MW 及以上的机组。

4.2.3 DL/T5136-2001 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规定

4.2.4 DL/T 650 -1998 大型汽轮发电机自并励静止励磁系统技术条件

4.2.5 DL/T5153-2002 火力发电厂厂用电设计技术规定

4.2.6 DL/T5044-2004 电力工程直流系统设计技术规程

4.2.7 DL/T 5226-2005 火力发电厂电力网络计算机监控系统设计技术规定

4.2.6 DL/T866-2004 电流互感器和电压互感器选择及计算导则

4.2.9 DL/T 5187.1-2004 火力发电厂运煤设计技术规程 第 1 部分：运煤系统

4.2.10 DL/T 5187.2-2004 火力发电厂运煤设计技术规程 第 2 部分：煤尘防治

4.3 反措

4.3.1 国电发[2000]589 号 防止电力生产重大事故的二十五项重点要求

4.3.2 国家电网生技[2005]400 号 国家电网公司十八项电网重大反事故措施

4.4 集团公司导则

4.4.1 Q/DG 1-D010—2010 1000MW 级机组厂用电设计导则

4.4.2 Q/DG 1-D008—2009 火力发电厂电气监控管理系统设计技术导则

4.4.3 Q/DG 1-D001—2004 火力发电厂运煤系统自动化设计导则

5. 直流系统

火力发电厂直流系统主要由蓄电池组、充电装置以及直流配电柜（含直流分电柜）等组成。

5.1 工作内容

5.1.1 初步设计阶段工作：

5.1.1.1 根据电厂控制系统和电气接线初步方案，规划电厂的直流系统设置。对于单元制工艺系统，直流系统宜按机组配置；对于母管制工艺系统，按多机多炉公用一套直流系统配置。一般蓄电池组容量应控制在 1600Ah 以下。若计算后直流蓄电池容量大于 1600Ah，建议增设一套直流系统，减少直流系统供电的范围，提高供电可靠性。

5.1.1.2 根据各专业（热机、热控、系统、一次等）提供的直流负荷资料作出直流负荷统计表。在没有提资的情况下，可参考典型的直流负荷统计。

5.1.1.3 根据直流负荷统计表，计算蓄电池个数、容量以及充电装置容量等，并作出直流系统计算书。在完成初步设计后，直流系统计算书应归档保存。

5.1.1.4 向相关专业提供蓄电池室和直流配电间所需的面积（初步），以及对暖通、水工工艺、建筑、结构等专业的要求。

5.1.2 在详细设计阶段的工作

5.1.2.1 根据详细设计阶段各专业提供的直流负荷资料，对初步设计阶段选择的蓄电池和充电器容量进行核实，确定是否满足本工程要求。

5.1.2.2 核实初步设计阶段的蓄电池室和直流配电间面积是否满足要求，完成蓄电池、直流柜设备布置，并给相关专业提直流配电间埋件资料。

5.1.2.3 直流系统采用辐射供电方式和环网供电方式相结合。对于电子设备间的负荷、中压配电装置负荷以及重要低压配电装置负荷推荐采用辐射供电方式；对于其它主厂房以及辅助车间低压配电装置负荷可采用环网供电方式。

5.1.2.4 根据用电负荷和设备布置情况，合理设置直流分电柜。

5.1.2.5 根据直流电缆敷设长度，计算蓄电池进线电缆截面以及每种直流动力负荷馈线和直流分电柜馈线的电缆截面。

5.2 直流系统设计原则和典型接线

5.2.1 直流系统设计原则

5.2.1.1 专供控制负荷的直流系统采用 110V；

5.2.1.2 专供动力负荷的直流系统采用 220V；

5.2.1.3 控制负荷和动力负荷合并供电的直流系统采用 220V 或 110V。

5.2.1.4 容量为 600MW 级及以上的机组的发电厂，每台机组应装设 3 组蓄电池，按控制负荷和动力负荷分别设置直流系统。

5.2.1.5 容量为 300MW 级的机组的发电厂，每台机组宜装设 3 组蓄电池，按控制负荷和动力负荷分别设置直流系统；也可设 2 组蓄电池，控制负荷和动力负荷合并供电。

5.2.1.6 容量为 200MW 级以下的机组的发电厂，每台机组应装设 1 组蓄电池，控制负荷和动力负荷合并供电。

5.2.1.7 220kV 及以上电厂升压站应设置 2 组蓄电池，电压等级与主厂房直流系统（控制负荷）统一。110kV 及以下电厂升压站可设置 1 组蓄电池

5.2.2 直流系统接线设计

5.2.2.1 大中型发电厂单元机组动力、控制等直流系统：

(1) 2 组蓄电池、2 套充电装置的直流系统，采用二段单母线接线。

(2) 2 组蓄电池、3 套充电装置的直流系统，采用二段单母线接线。

5.2.2.2 升压站网络直流系统

(1) 2 组蓄电池、3 套充电装置的直流系统，采用二段单母线接线（220kV 及以上升压站）。

(2) 1 组蓄电池、2 套充电装置的直流系统，采用单母线分段接线（110kV 及以下升压站）。

5.2.2.3 小型发电厂直流系统

1 组蓄电池、2 套充电装置的直流系统，采用单母线分段接线。

5.2.2.4 辅助厂房小型直流系统

1 组蓄电池、1 套充电装置的直流系统，采用单母线分段接线。

5.2.3 直流网络设计

5.2.3.1 直流网络宜采用辐射供电方式，有困难时也可采用环形供电方式。辐射供电方式优点是：网络接线简单、可靠，易于查找接地故障点；缺点是电缆用量增加。

5.2.3.2 当采用辐射供电方式有困难时，也可采用环形供电方式。环形供电网络正常时应开环运行。环形供电方式缺点是不易于查找接地故障点。

5.2.3.3 发电厂 220V/110V 直流系统采用不接地方式。

5.3 设备型式和选型原则

5.3.1 蓄电池组

5.3.1.1 蓄电池型式：采用阀控式密封铅酸蓄电池或防酸隔爆式铅酸蓄电池。蓄电池组采用 2V 的蓄电池串联构成。

5.3.1.2 防酸隔爆式铅酸蓄电池因占地面积大，维护工作量大，在常规火电厂已较少采用：阀控式密封铅酸蓄电池占地面积小，放电性能优良，维护简单已获得广泛应用，

5.3.1.3 蓄电池组数选择

(1) 200MW 级机组的发电厂，每台机组可设 1 组蓄电池（动力控制分开）或 2 组 220V 蓄电池（动力控制合并）。

(2) 300MW 机组每台机组宜设 2 组 110V 蓄电池（控制）和 1 组 220V 蓄电池（动力），也可只设 2 组 220V 蓄电池（动力控制合并）。

(3) 600MW 级以上机组的发电厂，每台机组应设 2 组 110V 蓄电池（控制）和 1 组 220V 蓄电池（动力）。

- (4) 小型燃机、垃圾及供热电厂总容量超过 100MW，宜设置 2 组蓄电池。
- (5) 220kV 及以上升压站设置 2 组蓄电池；110kV 及以下升压站宜设置 1 组蓄电池。
- (6) 脱硫岛宜设置 2 组蓄电池。
- (7) 辅助车间若设有中压开关柜，则宜设置 1 组蓄电池。

5.3.2 充电装置

5.3.2.1 充电装置型式：高频开关充电装置和相控型充电装置两种型式。

5.3.2.2 充电装置主要技术参数表

充电装置类别	稳压精度	稳流精度	纹波系数
相控型 I 型	$\leq \pm 0.5\%$	$\leq \pm 1\%$	$\leq 1\%$
相控型 II 型	$\leq \pm 1\%$	$\leq \pm 2\%$	$\leq 1\%$
高频开关电源型	$\leq \pm 0.5\%$	$\leq \pm 1\%$	$\leq \pm 0.5\%$
效率	$\geq 75\%$	$\geq 75\%$	$\geq 90\%$
注：I、II 表示充电装置的精度分类。			

5.3.2.3 由于阀控式密封铅酸蓄电池对稳压稳流精度要求比较高，充电装置宜采用高频开关充电装置；对防酸隔爆式铅酸蓄电池，充电装置两种充电装置型式均可选用。

5.3.3 直流系统保护和监控

5.3.3.1 直流系统保护电器采用直流断路器或直流熔断器，严禁采用交流断路器。

5.3.3.2 直流断路器分为微型、塑壳及框架式三类，上下级之间应满足级差要求。由于断路器和熔断器混合保护级差配合比较困难，应尽量避免这种组合保护方式。

5.3.3.3 每组蓄电池组设置一套蓄电池巡检仪和微机监控装置；每段直流母线设置一套直流绝缘检测装置。

5.3.4 设备选择

5.3.4.1 蓄电池容量计算

蓄电池容量计算是电气二次专业在初设和施工图设计中的主要计算项目。

对单元制电厂按本机组直流负荷选择；对中小机组采用主控室控制方式时（机务工艺系统为母管制），应按全厂规划容量选择。

蓄电池容量估算参考值(Ah)

机组容量 (MW)	事故放电时间 (h)	直流系统电压 (V)	蓄电池容量 (Ah)	备 注
--------------	---------------	---------------	---------------	-----

机组容量 (MW)	事故放电时间 (h)	直流系统电压 (V)	蓄电池容量 (Ah)	备 注
125~200	1.0	220	800~1200	控制和动力
300	1.0	220	800~1500	动力
		110	400~600	控制
600	1.5~3.0	220	1600	动力
		110	600	控制
1000	1.5~3.0	220	1600~2000	动力
		110	600~800	控制
6B 燃机	1	220	500~600	不含燃机岛
9E 燃机	1	220	1200~1500	含燃机岛负荷
9F 燃机	1	220	1200~1600	含燃机岛负荷
		110	600	
220kV 升压站	1	220	200~300	≤8 回馈线
		110	300~400	
500 kV 升压站	1	220	300~400	≤4 回馈线
		110	400~600	

5.3.4.2 充电装置选择

- (1) 充电装置额定电流应满足浮充电、初充电和均衡充电要求
- (2) 充电装置输出电压=蓄电池组个数×充电末期单体蓄电池电压(阀控式铅酸蓄电池: 2.4V)
- (3) 高频开关充电装置模块选择

高频开关模块数量应考虑多个模块并联工作的均流特性, 常用单个模块额定电流为 20A、30A、40A, 高频开关模块配置数量宜控制在 3~8 个之间。

5.3.4.4 直流馈线断路器选择

- (1) 直流电源系统各级保护电器的选择必须保证级差配合合理, 防止越级跳闸。
- (2) 直流断路器设计选择应尽可能选用同一家的产品。

5.2.4.5 直流电缆选择

- (1) 直流电缆截面应按电缆长期允许载流量和回路允许电压降两个条件选择。
- (2) 直流系统电源电缆应选用耐火动力电缆。

(3) 两组蓄电池电缆应分别铺设在独立的通道内, 尽量避免与交流电缆并排铺设

5.4 直流系统设备安装布置原则

5.4.1 蓄电池室布置

5.4.1.1 容量在 200Ah 以上蓄电池组宜设专用蓄电池室, 蓄电池室宜布置在 0m 层。

5.4.1.2 升压站网络直流系统宜布置在网络继电器楼 0m 层。

5.4.1.3 阀控密封铅酸蓄电池组宜采用钢架组合结构, 多层迭放。钢架底层距地面 **150~300mm**, 整体高度不宜超过 **1600mm**。

5.4.1.4 直流蓄电池室在有条件的情况下应装设空调, 并有良好通风措施。室温保持在 15~30℃。相对湿度<70%。

5.4.1.5 直流蓄电池室面积参考值

机组容量	蓄电池容量/组数	蓄电池室房间面积	参考工程
300MW 机组	500Ah/2 组; 2×52 只电池 1200 Ah/1 组; 104 只电池	集控楼 0.0m 6 m×10m	滦河五期
	1400Ah/2 组; 2×104 只电池	集控楼 0.0m 7 m×11m	秦皇岛三期
600 MW 机组	600Ah/2 组; 2×52 只电池 1600 Ah/1 组; 104 只电池	集控楼 0.0m 6 m X14 m 或 7 m X10 m	托克托四期 阳城二期
1000 MW 机组	600~800Ah; 2×52 只电池 1600~2000 Ah/1 组; 104 只电池	集控楼 0.0m 10 m X14m 或 8 m X12 m	天津北疆
3 机 5 炉 2×100MW+1× 82 MW	全厂设 2 组 1500Ah 2×104 只电池	集控楼 3.7m 9mx11m	多伦煤基烯烃 工程
3×440t/h+2× 100M	全厂设 2 组 1600Ah 2×104 只电池	主厂房 0m B-C 列 8mx5m, 共 2 个	神华神东煤制 油
2×60M	800Ah/2 组; 2×104 只电池	主厂房 0m B-C 列 8.5mx4m, 共 2 个	同煤

5.4.2 直流配电间布置

5.4.2.1 直流配电间布置应尽量靠近蓄电池室布置。

5.4.2.2 两台机组直流柜宜布置在一个直流配电间, 房间内应设有空调。

5.4.2.3 充电装置与直流主屏应布置在同一个房间, 直流分电屏布置在相应的负荷中心。

5.4.2.5 由于蓄电池至直流主盘的电缆长度对电缆截面的选择有很大影响，因此直流配电间宜与蓄电池室相邻布置或上下楼布置，电缆应单独敷设。

5.5 直流系统设计需要注意的问题

5.4.1 为保证机组安全，大容量机组蓄电池室应按机组分别设置单独蓄电池室；对小型机组全厂公用的两组蓄电池宜分开房间布置。

5.4.2 蓄电池室内不应布置与其无关的电缆竖井通道。蓄电池正极和负极的引出线不应共用一根电缆。

5.4.3 从直流网络的供电安全考虑，从两段母线引接的直流电源在负荷侧不允许未经隔离（包括仅经二极管隔离方式）并接在一起。

5.4.4 升压站直流系统电压应与主厂房机组直流控制电压一致。

6 不间断电源系统（UPS）

火力发电厂不间断电源系统（简称 UPS）是一种以整流器、逆变器为主要元件，稳压、稳频输出的电源设备，其作用是向负荷提供连续的、高质量的、纯净的正弦波电压，即使主电源中断，仍能为负荷提供不间断的延时供电，且供电质量符合计算机监控系统设备的技术要求。

6.1 工作内容

6.1.1 根据电厂 DCS 系统规划方案以及热控专业和电气二次专业所需 UPS 负荷经汇总后进行选择，确定机组 UPS 系统套数、额定容量和接线方案。如负荷资料不全时，也可参考集团公司颁布的火电工程限额设计中列出的 UPS 容量。单套 UPS 容量（单相输出）不大于 100KVA。

6.1.2 若发电厂设有电力网络计算机监控系统（NCS），应考虑设置网络 UPS。

6.1.3 脱硫岛一般考虑设置单独 UPS。

6.1.4 完成 UPS 系统设备布置，并给相关专业提设备埋件资料和设备荷重。

6.1.5 根据厂家资料和负荷情况，完成 UPS 系统接线设计和网络设计。

6.2 UPS 系统设置原则和典型接线

6.2.1 UPS 系统设置原则

6.2.1.1 机组 UPS 系统应根据机组分散控制系统（DCS）的设计情况配置，对机组 DCS，每台机组设置 1 套 UPS 装置；对两台机组公用 DCS，可单独设置 1 套公用 UPS 装置。

6.2.1.2 升压站电气系统当采用网络计算机监控系统（NCS）时，应设置独立的网络

UPS。典型配置方案：

- (1) 在网络继电器室设 1 套 UPS 装置。
- (2) 在网络继电器室和单元控制室分别设 1 套 UPS 装置（共 2 套）。

6.2.1.3 脱硫系统宜单独设置 UPS 装置，直流电源宜取自脱硫直流系统。

6.2.1.4 运煤控制系统应设置独立在线式 UPS 设备。

6.2.2 UPS 系统供电范围

6.2.2.1 机组 UPS 供电范围包括 DCS 系统电源、热工仪表总电源、电气测量和保护电源、远动计费电源、火灾报警系统主盘等。

6.2.2.2 网络 UPS 供电范围包括 NCS 系统电源、远动计费电源、火灾区域报警盘电源等。

6.2.2.3 脱硫 UPS 供电范围局限在脱硫岛范围内，主要向脱硫控制系统供电。

6.2.2.4 运煤系统供电范围局限在运煤控制室范围内，主要向运煤控制系统供电。

6.2.3 UPS 系统接线形式：

6.2.3.1 单机 UPS 接线方式：工作电源由厂用电供电，旁路电源来自保安电源。当工作电源故障或整流器故障，由蓄电池组经闭锁二极管供电。

6.2.3.2 随着大中型发电厂自动化水平的提高，计算机系统对供电可靠性和连续性要求不断提高，出现冗余配置的 UPS 系统，主要有以下几种：

- (1) 热备用并机 UPS 接线方式：两台 UPS 主机并联+公用旁路接线。特点：可实现无扰动切换，双机互为备用，系统可靠性提高；但并机技术要求高。
- (2) 热备用串联 UPS 接线方式：一台 UPS 主机接入另一台 UPS 主机的旁路回路。特点：控制系统简单，技术成熟，备用容量大；但备机利用率低。
- (3) 一备二 UPS 系统接线方式：两台 UPS+一台备用 UPS 的接线方式。特点：备用 UPS 的逆变器输出端经过手动切换柜接到两台 UPS 的旁路输入端。

6.2.4 UPS 系统选型原则

6.2.4.1 UPS 系统有两种型式：静态逆变工频整流 UPS 装置（简称工频 UPS）和模块化 IGBT 整流 UPS 装置（简称高频 UPS）。

6.2.4.2 发电厂 UPS 采用在线式静态逆变工频整流装置，工业级产品，单相输出。

6.2.4.2 对于向单纯的计算机负荷供电（如 SIS 或 MIS），也可采用高频 UPS。

6.2.4.3 传统工频 UPS 装置的设备整体稳定性好、抗冲击能力强，比较适应电厂的运行环境要求，在发电厂有广泛应用；但其体积和重量较大，价格较高。高频 UPS

装置采用模块化并联方式供电,可提供 N+1 至 N+X 级别的备用组合,供电方式灵活;技术指标先进,重量较轻,扩展维护方便;但对运行环境要求较高,抗冲击能力较低。

6.2.5 UPS 系统设备选择

由于负荷元件众多,UPS 装置负荷统计困难,同时率也难于计算,为保证运行安全,往往提供的负荷容量都偏大,而在实际运行时,UPS 经常处于轻载状态。根据工程经验,可按下表给出的 UPS 装置进行选择。

火力发电厂机组 UPS 装置选择推荐值

装机容量	UPS 配置方案	单机 UPS 容量 (kVA)	总台数	备注
2×300 MW 级燃煤机组	并机方案	40	4	
	单机方案	80	2	限额
2×600MW 级燃煤机组	并机方案	80	4	
	单机方案	100	2	限额
	两用一备方案	80	3	
2×1000MW 级燃煤机组	并机方案	80	4	限额
	并机方案	100	4	
2×200MW 级燃气蒸汽联合循环机组(9E 一拖一)	单机方案	60	2	
2×300MW 级燃气蒸汽联合循环机组(9F 一拖一)	单机方案	80	2	限额
2×350MW 级燃气蒸汽联合循环机组(9F 二拖一)	并机方案	80	4	
公用 UPS	并机方案	30	4	两台机组
网络 UPS	并机方案	10	2	升压站
	单机方案	20	1	
脱硫 UPS	单机方案	30	2	两台机组

6.3 UPS 系统设备安装布置原则

6.3.1 机组 UPS 装置宜与直流系统设备布置在机组直流配电间内。

6.3.2 机组 UPS 柜体较大,各厂家柜体尺寸不尽相同,在布置时注意预留足够空间。

6.3.3 根据具体工程情况,网络 UPS 装置可布置在机组直流配电间内;也可布置在网

络继电器楼内。

6.3.4 脱硫 UPS 装置布置在脱硫配电间内。

6.4 UPS 设计应注意的问题

6.4.1 UPS 输出宜采用单相 220V 输出，连接负载不需要考虑三相平衡，相对备用容量较多，承受冲击能力较强。若单个负荷不太大时，也可采用三相输出 UPS，在分配负荷时注意三相平衡。

6.4.2 UPS 逆变器备用电源宜引自厂内 220V 蓄电池组，也可由 UPS 厂家自带蓄电池，放电时间为 0.5h。具体工程可根据实际情况选择 UPS 直流电源的引接方式。

6.4.3 为避免电源和负载对 UPS 电源的影响，在 UPS 旁路和 UPS 输出回路宜装设隔离变压器。

6.4.4 由于 UPS 电源会产生较大谐波，对附近的电子设备会造成一定的干扰，且工业级 UPS 柜的尺寸和重量都是非标的，因此，UPS 柜的布置宜考虑与数字化继电保护等智能装置分开布置。

应按热控专业确定的 DCS 系统设计原则来确定 UPS 配置方案和套数。

影响 UPS 容量最大的因素是机组 DCS 系统控制电源容量，但由于 DCS 系统元件众多，统计困难，同时率也难于计算，为保证运行安全，往往提供的负荷容量都偏大，而在实际运行时，UPS 经常处于轻载状态。

7 电气控制

7.1 工作内容

7.1.1 根据电厂建设规模和机组容量确定机组电气部分和厂用电系统的控制方式和控制模式，说明在 DCS 系统进行监控的电气设备范围、采集方式；以及 ECMS 系统监控/监测方案、系统配置。

7.1.2 根据电厂建设规模和升压站电气主接线，确定电力网络计算机监控系统(NCS)方案、系统配置和设备布置地点。

7.1.3 根据运煤系统、电除尘或布袋除尘系统工艺设计确定控制方式、控制地点。

7.1.4 向热工专业提供在共用的电子设备间内电气二次盘柜数量（初步）

7.1.5 向总图、建筑、结构、系统等专业提供网络继电器楼各层布置图，以及对暖通、水工工艺等专业的要求。

7.2 控制方式

7.2.1 机组控制方式

7.2.1.1 发电厂单元机组集中监控模式采用以计算机监控方式为主，另配置少量测量仪表和急停按钮等硬件设备。就地监控模式则是采用强电一对一控制方式。根据电厂工艺系统特点，采用不同的控制方式。

7.2.1.2 单机容量为 100MW 及以下的发电厂，宜采用主控室的控制方式。即机、炉为就地或就地集中控制，而全厂发电机组、网络部分全部集中于一个主控制室监控；其理由是，热力系统、给水系统为母管制，机组横向联系多。

7.2.1.3 单机容量为 125MW 发电厂，宜采用单元控制室的控制方式；单机容量为 200MW 及以上，应采用单元控制室的控制方式。即炉、机、电按单元分别集中于单元控制室监控，其理由主要是，炉、机、电工艺系统为单元制，机组纵向联系多。

7.2.2 电力网络控制方式

电力网络部分（升压站）设备为全厂共用设备，宜采用网络计算机监控系统（NCS）实现对电力网络部分设备的集中监控（在第一单元控制室）和就地监控（网络继电器室）。

7.2.3 辅助车间控制方式

电气二次线专业负责的辅助车间监控系统包括：运煤程序控制系统、电除尘控制系统、水源地三遥控制系统等。上述监控系统可根据电厂机组容量和自动化程度采用集中或就地集中控制方式。

7.3 电气监控设计原则

7.3.1 电气监控范围

7.3.1.1 大中型火力发电厂单元机组采用分散控制系统（DCS）监控时，电气监控范围包括发电机变压器组、高压厂用变压器、起动/备用变压器、高/低压厂用系统等。

7.3.1.2 当采用电气监控管理系统（ECMS）监控时，监控/监测范围包括高/低压厂用电系统、机组保护和测量系统、机组直流系统、UPS 系统、发电厂在线监测系统以及独立的电气自动装置等。

7.3.1.3 网络计算机监控系统（NCS）的监控范围包括升压站内的断路器、隔离开关、接地开关、网络直流系统等。

7.3.1.4 辅助车间监控系统的监控范围限于辅助车间内部的厂用电动机、厂用电源开关等。

7.3.2 机组电气控制特点

7.3.2.1 火力发电厂在集中控室的电气控制模式主要有二类：

- (1) 常规强电一对一控制方式。虽然目前全部采用强电一对一控制的火力发电厂已经极少，基本上被计算机监控系统所取代。但对重要的部位，即使采用了计算机监控系统，在断路器合、跳闸回路；继电保护出口跳闸回路以及保留的必要的硬手操方式，仍采用强电方式，这主要是因为这种控制方式简单、直接，中间环节少，可靠性高。
- (2) 采用计算机监控方式。这是目前发电厂普遍采用的监控模式。可极大提高电气自动化水平、改善生产管理。电气设备的接入方式有二种：
 - 硬接线方式将电气智能装置内的信息送入 DCS 系统，由操作员键盘操作和计算机屏幕显示实现对电气设备的监控。
 - 采用先进的网络通信方式将电气智能装置内的信息送入计算机监控系统，实现对全厂电气设备的运行管理和监控。

7.3.2.2 机组电气监控采用 DCS 系统实现集中控制时，对涉及系统稳定、机组安全的电气设备，由电气专用装置实现，不由 DCS 系统实现。

7.3.2.3 机组电气监控需要考虑以下几个方面：

- (1) 考虑检修方便，在机炉和 DCS 设备检修时，电气系统不能停，其监控设备应考虑独立性。
- (2) 机组停机时，厂用电源还需要继续运行，因此对高/低压厂用电源应考虑其相应的独立性。
- (3) 根据发电厂运行安全性的考虑，厂用电源系统设计为 A、B 系统，当 A 系统出现问题时，不影响 B 系统。因此在监控系统硬件配置时，要考虑厂用电 A、B 系统分开，从电源、网络、通信、卡件等相互独立。

7.3.2.4 随着计算机技术和通信技术的快速发展，电气监控系统出现了采用现场总线技术和网络通信技术实现现场数据采集、处理、传送和管理等功能。电气监控系统（ECMS）采用分层分布网络结构，底层控制逻辑在现场电气设备中实现，减轻了网络通信的负担，实现彻底的分散控制，更适合电气控制逻辑简单、操作频率低的特点，提高电厂电气控制水平，还可节省大量控制电缆和卡件。

7.3.3 发电厂升压站电气监控特点

7.3.3.1 发电厂升压站网络计算机监控系统（NCS）采用三层设备、二层网络的结构

模式设计，通过高速以太网实现发电厂升压站信息集成。

7.3.3.2 智能设备在功能逻辑上分为站控层、间隔层和过程层。三层设备之间采用分层、分布、开放式二层网络系统实现连接。

7.3.3.3 站控层按升压站最终建设规模一次建成，设备布置在第一单元控制室；间隔层设备按间隔分期设置，则按相对集中方式分散布置于升压站附近(网络继电器室)。

7.3.3.4 目前大部分发电厂系统运动功能是在 NCS 系统中实现，设置远动工作站和远动通信设备，将直接来自间隔层采集的实时数据向调度传送，并执行调度下达的 AGC/AVC 命令。

7.3.3.5 对升压站所有监控对象应设置五防闭锁功能，可在 NCS 系统实现，或设置独立的五防闭锁装置。

7.3.4 辅助车间电气监控

7.3.4.1 电气二次专业负责的运煤程控系统多采用上位机+PLC 程序控制模式，系统还包含运煤皮带保护装置及外围设备信号，工业电视辅助监视系统等。运煤系统的监控相对独立，就地设值班人员，也可进一步优化纳入全厂辅助生产系统监控网络。

7.3.4.2 电除尘控制系统是随电除尘本体成套供货，通过上位机系统实现对电除尘系统的自动监控和软手操控制，也可纳入机组监控网络，就地无人值班。

7.4 电气监控设备布置

7.4.1 单元控制的单元机组采用炉、机、电集中控制方式。每个单元控制室以控制两台机组为宜，单元控制室应在首台机组建设时一并建成。

7.4.2 单控室布置由热控专业负责，电气专业配合。在控制室布置的电气设备包括 ECMS 系统操作员站；NCS 系统操作员站、微机五防工作站；火灾报警系统总盘。电气操作员站、工程师站的布置应与热控专业协调布置。

7.4.3 电气与单元机组有关的保护柜、自动装置柜、故障录波柜、测量柜、测控柜等应布置在电子设备间内。当与热控设备共用电子设备间时，由热控专业负责统一协调布置，电气专业配合。

7.4.4 当主厂房采用物理分散布置方案时，电气电子设备间宜按单元机组在主厂房单独设置。在确定其内部布置时，应综合考虑建筑、结构、暖通、消防、系统保护、远动、通讯等专业的要求，其盘位布置应注意与配电装置布置协调，并应为扩建留有足够的位置。

7.4.5 单控室、电子设备间及其电缆夹层严禁汽水和油管道穿越。

7.5 工程中需注意的问题

7.5.1 接口配合问题：在设计过程中，电气二次专业属于下游专业，需要根据工艺专业提供的电气负荷清单和热控提供的 DCS I/O 清单进行开关柜二次设计，经常由于各专业配合失误，造成电气控制电缆设计有误，影响现场施工进度。

7.5.2 由于经常出现对同一台电动机名称不同专业叫法不一致，造成混乱，应统一厂用系统电动机 KKS 编码，并尽早在提资中提出。

7.5.3 虽然集控楼电子设备间是由热控专业负责总体布置，但电子设备间内电气二次盘柜的接地设计是由电气一次负责设计。

7.5.4 为实现节能减排，降低厂用电率，工艺专业对引风机/一次风机/循环水泵/凝结水泵等负荷变化较大的电动机考虑设置变频调速装置，变频调速装置的控制由电气二次负责，对应的电动机控制由热控负责。

8 继电保护和自动装置

8.1 工作内容

8.1.1 根据专业分工，电气二次专业负责发电厂电气设备的元件保护设计，包括发电机、电力变压器、110kV 以下电压等级线路、并联电抗器、厂用电动机等。

8.1.2 在初步设计阶段，应根据发电厂单元机组容量、升压站网络结构形式、电气主接线形式、变压器接线形式以及运行方式确定继电保护和安全自动装置的配置方案，并符合对可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求。

8.1.3 在施工图设计阶段，应根据已审定的电力系统设计及要求开展继电保护和安全自动装置的系统设计，同时，应满足国网及各网局对继电保护反措要求。

8.1.4 与热控、系统保护、远动专业配合，确定电流互感器、电压互感器二次回路设计，以及保护出口跳闸逻辑设计。

8.1.5 机组保护和自动装置采用单独组柜方式，布置在电子设备间内；厂用系统保护装置分散布置在就地开关柜内。

8.1.6 继电保护和安全自动装置应与一次系统同步投运。

8.2 继电保护分类

8.2.1 电力设备和线路应装设短路故障和异常运行保护，必要时可再增加辅助保护；

8.2.2 短路故障保护应有主保护和后备保护：

(1) 主保护是满足系统稳定和设备安全要求，能以最快速度有选择性地切除

被保护元件故障的保护；

(2) 后备保护是主保护或断路器拒动时，用以切除故障的保护。后备保护又分远后备方式(由相邻元件保护实现后备)和近后备方式(另装一套保护实现后备)；

8.2.3 异常运行保护是反应被保护设备或线路异常运行工况的保护。

8.2.4 辅助保护是当主/后备保护都退出运行时增补的简单保护；

8.3 继电保护配置原则

8.3.1 继电保护性能要求

继电保护和安全自动装置应满足可靠性（可依赖性和安全性）、选择性、灵敏性和速动性的要求。

8.3.1.1 可靠性

可靠性是指保护该动作时应动作，不该动作时不动作。为保证可靠性，宜选用性能满足要求、原理尽可能简单的保护方案，应采用由可靠的硬件和软件构成的装置，并应具有必要的自动检测、闭锁、告警等措施，以及便于整定、调试和运行维护。

继电保护的选型、配置和整定计算都应充分考虑系统可能出现的不利情况，尽量避免在复杂、多重故障的情况下继电保护不正确动作，同时还应考虑系统运行方式变化对继电保护带来的不利影响；当遇到电网结构变化复杂、整定计算不能满足系统运行要求的情况下，应按整定规程进行取舍，侧重防止保护拒动。

8.3.1.2 选择性

选择性是指首先由故障设备或线路本身的保护切除故障，当故障设备或线路本身的保护或断路器拒动时，才允许由相邻设备、线路的保护或断路器失灵保护切除故障。

为保证选择性，对相邻设备和线路有配合要求的保护和同一保护内有配合要求的两元件（如起动与跳闸元件、闭锁与动作元件），其灵敏系数及动作时间应相互配合。

在某些条件下必须加速切除短路时，可使保护无选择动作，但必须采取补救措施，例如采用自动重合闸或备用电源自动投入来补救。

发电机、变压器保护与系统保护有配合要求时，也应满足选择性要求。

8.3.1.3 灵敏性

灵敏性是指在设备或线路的被保护范围内发生故障时，保护装置具有的正确动作能力的裕度，一般以灵敏系数来描述。灵敏系数应根据不利正常（含正常检修）运行方式和不利的故障类型（仅考虑金属性短路和接地故障）计算。

当灵敏性与选择性难以兼顾时，应首先考虑以保灵敏度为主，防止保护拒动。

8.3.1.4 速动性

速动性是指保护装置应能尽快地切除短路故障，其目的是提高系统稳定性，减轻故障设备和线路的损坏程度，缩小故障波及范围。

8.3.2 继电保护配置的基本要求

8.3.2.1 220kV 及以上主变压器微机保护、100MW 及以上容量的发电机变压器微机保护、大型发电机组和重要电厂的启/备变保护应采用双重化原则配置。每套保护均应含有完整的主保护和后备保护，能反应被保护设备的各种故障及异常状态。

8.3.2.2 变压器、电抗器宜配置单套本体保护，应同时作用于断路器的两个跳闸线圈。本体保护应设置独立的电源回路和出口跳闸回路，且必须与电气量保护完全分开。

8.3.2.3 断路器三相位置不一致保护应优先采用断路器本体三相位置不一致保护。

8.3.2.4 对于中压厂用系统，当电动机容量 $\geq 2000\text{kW}$ 或变压器容量 $\geq 2000\text{kVA}$ 时应装设差动保护。

8.3.2.5 中压厂用系统单相接地保护应根据系统接地方式确定。当为不接地系统或高阻接地系统时，接地保护动作于信号；当为低阻抗接地系统时，接地保护动作于跳闸。

8.3.2.6 低压厂用系统 75kW 以上电动机回路应设置单相接地保护；55kW 以上电动机回路宜设置单相接地保护。

8.3.2.7 各类常用保护的灵敏系数：

发电机、变压器、电动机纵联差动保护 2

发电机、变压器、线路和电动机电流速断保护 2（按保护安装处短路计算）

后备保护 1.2~1.5

辅助保护 1.2

8.3.3 继电保护设计

8.3.3.1 双重化保护的设计要求

- (1) 两套保护装置的交流电压、交流电流应分别取自电压互感器和电流互感器互相独立的绕组。其保护范围应交叉重叠，避免死区。
- (2) 两套保护装置的直流电源应取自不同蓄电池组供电的直流母线段。
- (3) 两套保护装置的跳闸回路应分别作用于断路器的两个跳闸线圈。
- (4) 两套保护装置与其他保护、设备配合的回路应遵循相互独立的原则。
- (5) 两套保护装置之间不应有电气联系。

8.3.3.2 采用双重化配置的两套保护装置应安装在各自保护柜内，并应充分考虑运行和检修时的安全性。

8.3.3.4 差动保护用两侧电流互感器的相关特性应一致。

8.3.3.5 非电量保护中开关场部分的中间继电器，应采用强电直流起动且起动功率较大的中间继电器，其动作速度不宜小于 10ms。

8.4 电气安全自动装置

为保障电力生产安全、可靠及稳定运行，电气系统采用以下自动装置：

8.4.1 安全自动装置

8.4.1.1 自动快切装置(ATS)：用于高压厂用系统工作电源和启动/备用电源之间的快速切换。

8.4.1.2 备用自投装置：用于低压厂用系统备用电源和备用设备，在工作电源/设备事故退出时，备用电源/设备自动投入。

8.4.1.3 自动灭磁装置：用于发电机正常/事故停机时，自动将励磁磁场能量消除。一般采用电阻(线性或非线性)、专用灭磁开关(灭弧栅)或逆变灭磁(可控硅励磁时)。

8.4.1.4 自动重合闸装置：多用于线路，在故障切除后自动合闸。

8.4.2 操作/调节自动装置

8.4.2.1 自动同期装置(ASS)：用于发电机并列的自动化。

8.4.2.2 自动励磁调节装置(AVR)：用于发电机励磁自动调节，维持机端电压恒定。实际上是无功功率的自动调节。

8.4.3 故障记录和管理

8.4.3.1 机组故障录波装置：

用于单机容量在 200MW 及以上的发电机或发电机变压器组。

8.4.3.2 直流系统微机监控装置：

用于监视单元机组直流系统和网络直流系统的母线电压、绝缘和接地。

发电厂根据规程要求，上述几种自动装置均需装设，其中自动励磁调节器和自动灭磁装置为发电机制造厂配套供应。

8.4.4 调度自动化

随着计算机及网络技术的不断发展，为提高电力系统调度自动化水平，已普遍实现系统调度对发电机组有功功率和无功功率的调节和分配。

8.4.4.1 自动发电控制(AGC)：发电机组在规定的出力调整范围内，DCS 跟踪电力调

度下发的指令，按照一定调节速率实时调整发电出力，以满足电力系统频率和联络线功率控制要求。

8.4.4.2 自动电压控制(AVC)：在自动装置的作用和给定电压约束条件下，按调度指令对发电机励磁系统(AVR)、变电站的无功补偿以及变压器的分接头进行自动闭环调整，使电网有接近最优的无功电压潮流。

9 发电厂同期系统设计

“同期”(或称“同步”、“并列”、“并网”)是指电力系统之间、或电力系统内二个部分之间或电力设备与电力网之间相互联接的操作。

9.1 同期点确定

发电厂需要进行同步操作的同期点为：

9.1.1 发电机断路器或发变组各电源侧断路器

9.1.2 高压厂用电源低压侧断路：工作与备用电源并列

9.1.3 母线分段、母联，旁路断路器；

9.1.4 $1\frac{1}{2}$ 断路器接线的全部断路器；

9.1.5 发电厂 35kV 以上系统联络线(据需要，视对端情况而定)。

9.2 同期方式分类

按同期两侧系统(设备)间的关联参数的特点分类：

9.2.1 差频并网：并列点两侧电源的电压、频率都不相同，致使两电源间的相角不断变化。差频并网要求在两侧电压和频率相近时捕获相角差为零的时机并列(如发电机与电网并列，发电机可调)，以减少对设备的冲击。

9.2.2 同频并网：电气上存在联系的二个系统的并列。其主要特征为并列之前二侧电源电压可能不同，但频率相同，且存在一个与电网结构(电抗值)和潮流分布(有功功率)对应的固定的相角差。同频并网无法按准同期的三个条件，因相角差(功角)已客观存在，只能在一对应的相角差的条件下并列，因而会由电压差引起无功功率的冲击，相角差(功角)引起有功功率的冲击，均在并列后重新分配。

9.3 同期方法

9.3.1 手动准同期：采用组合式同期表监视同期的三个条件，手动合闸。

9.3.2 自动准同期：采用独立的自动同期装置完成同步条件的判别，并进行电压和转速的调节，按导前时间(断路器合闸时间)发出合闸脉冲指令。

9.3.3 同期闭锁：利用同期闭锁继电器，在不满足设定的同期条件时禁止合闸。

9.3.4 各同期装置之间应有闭锁，每次只允许一个同期点进行同步操作。

9.4 同期基本条件

发电机与系统之间在并列点处的电压差、频率差和相角差为零时完成同期是理想状况，但实际工程难以实现，只能尽可能将上述差值控制在允许值内。

9.4.1 对于发电机组的自动同期/手动同期，国内无典型标准，参考国外 BVI 工程公司标准：

电压差： $\pm 5\%$ 之内

频率差： $\leq 0.067\text{Hz}$

相角差： $\pm 10^\circ$ 之内

不满足条件的并列即为误并列，将引起对发电机轴系的冲击。

9.4.2 对于 200MW 及以上发电机组的高压厂用系统电源断路器，在进行切换时需要设置同步闭锁措施，保证合闸时残余电压和投入的电源电压相位差在 30° 之内。

9.4.3 对两个电力系统之间的同频并网，当两个电源电气距离很远时，会造成两个电源之间相角差过大，在变压器内形成大的环流，因此备用电源的取得应使两个电源系统的相角差在 30° 之内。

10 发电机励磁系统

10.1 励磁系统种类和特点

10.1.1 直流励磁机励磁系统

直流励磁机励磁系统是由直流发电机供给发电机励磁。此类系统最大缺点是发电机轴上需设置励磁输入用的换向片及炭刷，维护工作量极大，可靠性差；同时，励磁容量也不能做大。因而仅用于小型机组（如 50MW 及以下）。

10.1.2 交流励磁机励磁系统

交流励磁机励磁系统可分为三类：

10.1.2.1 交流励磁机 — 静止整流器励磁系统

采用与发电机同轴交流励磁机，其输出经不可控的静止整流器整流后向发电机提供励磁电流。该类系统不需换向片，但仍需引入励磁的滑环和炭刷，维护工作量较大。此类系统需要付励磁机和主励磁机，系统复杂，反应速度慢，俗称“三机励磁系统”。过去在国内 300MW 及以下机组使用，目前已较少采用。

10.1.2.2 交流励磁机 — 静止可控整流励磁系统

采用与发电机同轴交流励磁机，其输出经静止可控硅整流器整流后向发电机提供可调节的励磁电流。此类系统仅需主励磁机，系统已较简单，反应速度提高，可以达到快速励磁的性能，俗称“二机励磁系统”。

10.1.2.3 交流励磁机 — 旋转整流器励磁系统

采用与发电机同轴交流励磁机，但整流器直接安装在发电机转子上随轴旋转。其特点是不必再装设引入励磁的滑环及炭刷，系统简单，可靠性高；但对制造要求水平高，励磁的监视不便。俗称“旋转励磁系统”或“无刷励磁系统”。

10.1.3 静止励磁系统

静止励磁系统可分为二类：

10.1.3.1 电压源—可控硅整流励磁系统(又称“自并励静止励磁系统”)

系统特点是：励磁系统电源取自并接于发电机出线的励磁变压器，即由发电机自身供电，经可控硅整流后供给发电机励磁绕组。系统均为静止元件，结构简单；反应速度快，可靠性高；而且，大大减少了轴系长度，有利于减少轴系振动。但仍需要设置滑环。由于励磁变压器并接于发电机出线端，在参数选择、起励方式及试验和继电保护设计上均需特殊考虑。目前该类励磁系统使用广泛，大中型机组均有使用。

10.1.3.2 复励—可控硅整流器励磁系统(又称“复励静止励磁系统”)

系统结构与 10.1.3.1 基本相同，只是又增加了由发电机电流供电的励磁电流源，使励磁更加可靠。前苏联首先使用此类系统。但在国内应用不多。

此外，国外公司发电机还有其他类型的励磁系统，但也可归于上述分类。如 GE 公司的 Generrex-PPS 静止可控硅励磁系统，励磁变压器安装于发电机定子外壳内，由装于定子内的专用定子绕组(称 P 棒)供电。这相当于“他励静止励磁系统”(如上海安电厂、南通电厂安装的 GE350MW 机组)。

10.2 主要技术指标

10.2.1 强励倍数

国家标准 GB/T 7409.3-2007 “大、中型同步发电机励磁系统技术要求”规定：强励倍数应根据电网情况及发电机在电网中的地位确定，100MW 及以上汽轮发电机一般为 1.8，对于励磁电源取自发电机端的电势源静止励磁系统，其励磁顶值电压倍数应按 80%发电机额定电压计。

电力行业标准 DL/T 650-1998 “大型汽轮发电机自并励静止励磁系统技术条件”

规定：励磁系统强励电压倍数一般等于 2。当所在电力系统的暂态稳定对励磁系统强励电压倍数有更高要求时，由计算确定。强励电压倍数在发电机电压为额定值时确定。

电力行业标准 DL/T 843-2003 “大型汽轮发电机交流励磁机励磁系统技术条件”规定：励磁系统强励电压倍数一般为 2 倍。如需方有特殊要求时，可与供方协商，提高强励电压倍数。

10.2.2 响应比

响应比(强励上升速度)指单位时间励磁电压的上升值(以标么值表示)。

国家标准 GB/T 7409.3-2007 规定：100MW 及以上汽轮发电机励磁系统标称响应不低于每秒 2 倍额定励磁电压。

电力行业标准 DL/T 650-1998 规定：励磁系统电压响应时间不大于 0.1s。

电力行业标准 DL/T 650-1998 规定：励磁系统电压标称响应比不小于 2 倍/s，高起始励磁系统的励磁电压响应时间：上升值不大于 0.1s，下降值不大于 0.15s

10.2.3 强行励磁允许持续时间

励磁系统允许强行励磁持续的时间应不低于 10s。

10.3 励磁系统型式选择

10.3.1 目前火力发电厂大容量汽轮发电机组主要采用两种类型的励磁系统：自并励静止励磁系统(或称“静止励磁”)；和无刷励磁系统(或称“旋转励磁”)。

10.3.2 无刷旋转励磁系统由于有主、辅励磁机和旋转整流轮、熔断器等安装在轴上的设备，使发电机整个轴系较长，对机组轴系稳定不太有利；由于励磁回路没有灭磁开关，系统灭磁时间较长，检测发电机转子绕组绝缘、电流比较困难。但无刷系统没有滑环、碳刷等磨损部件，可控整流元件参数较低，维护及更换设备的费用低。无刷励磁系统可按响应比的不同分为标准型和高起始响应型两种。

10.3.3 静态励磁系统机组轴系较短，对机组轴系稳定有利；但它有滑环、碳刷等磨损部件；有大电流高耐压的可控整流元件，维护更换费用较高；还需要容量很大的励磁变压器。该系统响应速度快，灭磁时间短，是一种自然的高起始响应系统。适应于长距离输电时对励磁系统的快速响应要求。

10.3.4 因励磁系统属于发电机附属设备，在选型时既要满足电力系统的要求，也要考虑与发电机的匹配和业绩。励磁设备一般是由电机厂配套供货，选用其成熟配套产品。

10.4. 励磁设备布置

10.4.1 励磁系统 AVR 柜、整流装置柜、灭磁开关柜是根据工程具体情况布置在汽机房运转层或中间层，设计中应注意与暖通专业配合，在励磁小间采取通风降温措施，保证设备的安全运行。

10.4.2 励磁变压器采用干式变时一般布置在汽机房 0m 或中间层，应注意采取通风降温措施。励磁变压器采用油浸变时应布置在汽机房 A 列外。

10.5 励磁变压器容量问题

10.5.1 励磁变压器应采用 Yd11 接线方式，以利于抑制低压侧三次谐波及三次倍数的谐波电流和谐波电压)。励磁变压器的容量应满足 1.1 倍发电机额定励磁电流下长期运行的要求；同时应满足发电机空载实验时 130%额定机端电压的要求。

10.5.2 励磁变压器的运行工况与一般的电力变压器有很大的差异，需要考虑谐波的影响，尤其要考虑谐波电流引起的损耗增加对励磁变压器的发热和温升的影响；励磁变压器二次电流中含有大量的非正弦电流分量以及直流分量，使铁心很容易进入饱和状态，因此励磁变压器容量应适当放大，使变压器的参数留有足够的裕量。

11 全厂火灾报警系统

11.1 工作内容

11.1.1 根据公司专业分工：发电厂火灾报警及控制系统由电气二次专业负责设计，消防部分由水工工艺专业负责。

11.1.2 在初步设计阶段，根据规划的机组容量，按 GB50229-2006 “火力发电厂与变电站设计防火规范”的规定设置火灾报警系统，完成火灾报警及消防控制系统功能说明，确定火灾报警探测区域设置及各区域火灾探测器型式和种类。

11.1.3 在施工图设计阶段，根据热机、水工工艺、暖通、运煤、电气一次、建筑结构等专业提供的设备布置、电缆桥架布置、消防和暖通设施的联动要求、以及建筑房间布置资料，并根据火灾报警系统供货商提供的资料，完成电厂火灾报警系统图、火灾探测器布置图、消防控制系统接口、以及火灾报警系统设备材料汇总。

11.2 火灾报警系统设计特点

11.2.1 火灾报警系统的设计关系到整个电厂的安全运行问题，是电厂防止火灾发生的重要手段。其设计专业性很强，且部分规范条文属于强制条款，因此，在设计中应严格遵循国家标准。

11.2.2 火灾报警系统属于电厂消防系统的一个组成部分，需要接受当地消防部门的消防审查，设计院需要提供审查所需的工程设计图纸和资料，参加消防审查会并按审查意见修改设计图纸。

11.2.3 火灾报警系统主要设备应采用通过国家认证（认可）的产品。产品名称、型号、规格应与检验报告一致。强制认证（认可）产品还应有认证（认可）证书和认证（认可）标识。在设计招标中应注意投标商的设计和施工资质等级。

11.2.4 火灾报警系统在交付使用前必须经过当地消防部门的验收。

11.2.5 火灾报警系统涉及的专业较多，接口复杂，除局部特殊情况外，火灾报警系统设计一般在工程设计后期才能开展工作。

12 电气控制电缆

12.1 选型原则

12.1.1 电气二次专业设计电缆包括阻燃控制电缆、阻燃计算机屏蔽电缆、直流耐火动力电缆等。

12.1.2 控制电缆应选用铜导体，控制电缆电压一般应选用 450/750V 级。控制电缆（铜芯）截面应不小于 1.5 mm^2 ，计算机电缆截面应不小于 1.0 mm^2 。

12.1.3 直流系统电缆应选用 1kV 级、二芯耐火动力电缆。电缆导体长期允许工作温度为 70°C 。

12.1.4 高温场所（ 60°C 以上）和低温场所（ -15°C 以下）不宜选用普通聚氯乙烯绝缘电缆，宜选用交联聚乙烯、耐热或耐寒橡皮绝缘电缆。

12.2 敷设要求

12.2.1 控制电缆敷设有架空敷设（上出线），或电缆隧道敷设（下出线）二种方式。

12.2.2 需要分开或分隔敷设的电缆：

1. 不同机组的电缆
2. 同一机组的双套控制、双重化保护、双电源电缆
3. 工作与备用电源的电缆
4. 动力与控制电缆

12.3 设计特点

12.3.1 根据专业分工，控制电缆两端设备有一端是电气设备的，该电缆由电气二次负责设计。

12.3.2 电气二次专业负责设计控制电缆清册，电气一次专业负责进行电缆敷设。

13 需要研究的新技术和新设备

13.1 交直流一体化电源

13.1.1 交直流一体化电源是以直流电源为核心，将直流电源、交流不间断电源系统(UPS)和电力用逆变电源(INV)、通信用直流变换电源(DC/DC)等组合为一体，统一设计、监控、生产、调试、服务，通过网络通信、设计优化、系统联动方法，实现厂用电源安全化、网络智能化设计。目前在部分变电站已有应用。

13.1.2 交直流一体化电源根据负荷特点和用电要求，可分成以下几类：

1. DC、UPS 一体化电源装置；
2. DC、DC/AC 一体化电源装置；
3. DC、DC/DC 一体化电源装置；
4. DC、UPS、DC/AC 或 DC、UPS、DC/DC 一体化电源装置；
5. DC、UPS、DC/AC、DC/DC 一体化电源装置。

以上五种类型，设计人员根据实际工程情况可以选择其中一类或几类一体化电源装置。

13.2 计算机网络通信技术的应用

13.2.1 对发电厂升压站、厂用电系统电气监控系统进行整合，协调与其他计算机系统的功能划分，避免设备重复设置，实现信息共享，使电气监控系统进一步优化和简化。

13.2.2 研究智能变电站中的新技术、新设备在发电厂中的应用（如电子式互感器、合并单元(MU)、智能电子设备(IED)、智能开关、智能变压器等），依照 IEC61850 标准建立电气监控系统网络结构，统一设置发电厂电气站控层网络，过程层网络按电压等级分设独立的网段，通过高速以太网完成发电厂电气信息集成。

13.2.3 随着智能电网的建设，电气设备检修由定期预防性试验维修转向状态检修成为趋势，今后重点研究在线监测装置的种类、功能、需要监测的范围和参量，以及在线监测系统结构特点，运行部门的实际需求，力求同时满足经济性，且不影响主设备的运行可靠性。

13.3 新工艺系统设计技术

13.3.1 研究 IGCC 工程、核电常规岛工程、1000kV 电压等级配电装置等对电气监控、继电保护、自动装置、直流系统的设计要求，针对其工艺系统特点，提出满足要求的技术方案。

13.3.2 研究变频调速系统的设计接线，抗干扰措施，以及谐波治理和谐波检测。

13.3.3 研究快关汽门、自备电厂黑启动等对电气接线和继电保护等设计的影响，提出研究策略或解决思路。