

毕业设计 (论文)

题 目 ****水电站
电气一二次设计

专 业 电气工程及其自动化（电力）

班 级 电力

学 生 **

指导教师 ** 教授

201* 年

摘 要

电是能量的一种表现形式，电力已成为工农业生产不可缺少的动力，并广泛应用到一切生产部门和日常生活方面。电能有许多优点：首先，它可简便地转变成另一种形式的能量。例如，工厂中的电动机，就是将电能转换成机械能，拖动各种机械；又如我们常用的电灯，是将电能转变为光能，满足照明需要。其次，电能经过高压输电线路，还可输送很长的距离，供给远方用电。另外，许多生产部门用电进行控制，容易实现自动化，提高产品质量和经济效益。由此可见，电力工业在国民经济中占有十分重要的地位，而且电力必须先行，才能满足工农业发展的需要。

发电厂是电力系统的重要组成部分，是电力系统存在的基础，起着生产和分配电能、稳定系统的重要作用，对电力系统的运行产生直接的影响。本文以镇安枣园水电站为例，分别进行水电站电气一次主接线设计、相关设备选型、厂用电的设计、计算机监控系统设计以及发电机变压器保护柜，着重在于锻炼我们对发电厂电气部分、微机保护、继电保护原理、电力系统稳态分析、电力系统暂态分析等课程的熟悉和运用的能力。论文的主要内容包括：电力技术的国内外发展现状及趋势、电气主接线设计、短路电流计算、主要电气设备选择和校验、厂用电设计、升压站设计、计算机监控系统设计及微机保护装置选择等。主要的电气设备选择有：主变压器、高压厂用变压器、高压断路器、高压开关柜、电流互感器、电压互感器、避雷器及母线等的选择。同时我还绘制了电气主接线图、厂用电接线图、LCU 柜、计算机监控系统总体结构图。

关键词：电力，电气设备，电气主接线，微机保护

ABSTRACT

Abstract

Electricity is a form of energy, electricity has become an indispensable power industrial and agricultural production, and is widely applied to all aspects of production and daily life. Electricity has many advantages: first, it can be easily converted to another form of energy. For example, the motor factory, is to convert electrical energy into mechanical energy, drag a variety of machinery; As we often use the lights again, it is the electric energy into light energy, meet the needs of the lighting. Second, electricity through high-voltage transmission lines, can also transport a long distance, supply electricity far away. In addition, many production department to control the use of electricity, easy to realize automation, improve product quality and economic benefit. Therefore, electric power industry occupies an important position in national economy, and electricity must come first, to meet the needs of the development of industry and agriculture.

Key Words: power sector, electrical equipment, electrical connection, the microcomputer protection

目录

1 绪论.....	1
1.1 毕业设计（论文）课题来源、类型.....	1
1.2 选题的目的及意义.....	1
1.3 本课题在国内外的研究状况及发展趋势.....	1
1.3.1 世界电力发展状况.....	1
1.3.2 中国电力发展状况.....	1
1.4 原始资料.....	2
1.4.1 毕业设计内容.....	3
1.4.2 原始资料分析.....	3
2 电气主接线设计.....	4
2.1 电气主接线的设计原则和要求.....	4
2.1.1 基本要求.....	4
2.1.2 一般设计步骤.....	5
2.2 主接线方案的拟定.....	5
2.3 最终方案确定.....	7
3 短路电流的计算.....	8
3.1 短路电流计算的目的.....	8
3.2 短路计算的基本假设.....	8
3.3 短路电流计算步骤.....	9
3.4 发电机和主变压器的选型.....	9
3.5 短路电流的计算.....	10
3.5.1 标么值的计算.....	10
3.5.2 等值网络图的绘制和短路点的选择.....	11
3.5.3 各短路点的短路电流计算.....	11
4 电气一次设备的选择及布置.....	16
4.1 电气一次设备选择的一般原则.....	16
4.1.1 按正常工作条件选择.....	16
4.1.2 按故障条件进行校验.....	17
4.2 电气一次设备的选择.....	18
4.2.1 发电机出口侧设备选择.....	18
4.2.2 变压器 35KV 侧设备选择.....	27
5 厂用电接线的设计.....	29

目录

5.1 厂用电接线应满足的要求与设计原则	29
5.1.1 厂用电接线的基本要求.....	29
5.1.2 厂用电接线的设计原则.....	29
5.2 厂用负荷	29
5.2.1 厂用负荷分类.....	29
5.2.2 本水电站厂用负荷统计.....	30
5.3 厂用电接线设计与关键设备选择	31
5.3.1 厂用电主接线设计.....	31
5.3.2 厂用变压器选择.....	31
5.3.3 厂用变压器高压侧设备选择.....	32
6 继电保护的配置.....	35
6.1 继电保护的基本知识.....	35
6.2 继电保护配置	36
6.2.1 发电机保护.....	36
6.2.2 变压器保护.....	41
6.2.3 输电线路保护.....	44
7 计算机监控系统总体设计.....	48
7.1 计算机监控系统的功能要求.....	48
7.2 系统整体结构简介	50
7.3 水电站监控系统的目的和意义	51
7.4 小型水电站计算机监控系统的特点	51
7.5 计算机监控系统设备清单	51
8 机组的控制与调节.....	53
8.1 机组调控的功能及任务	53
8.2 AGC	54
8.3 AVC	55
8.4 机组控制流程	55
9 水电厂直流系统.....	63
9.1 直流系统功能	63
9.2 直流系统的组成	63
9.3 系统工作原理	64
总结.....	65
参考文献.....	66

1 绪论

1.1 毕业设计（论文）课题来源、类型

本次毕业设计题目来源于生产实际，毕业设计类型是工程设计。

1.2 选题的目的及意义

我国水电资源丰富，但是与发达国家的水电开发程度相比，我国水电开发程度还比较低。水电是可再生、清洁、廉价电源，满足经济和社会的可持续发展，因此我国必须加快水电的开发。电力行业是一切经济活动的支柱。随着国家经济的快速发展，能源需求大幅增长，国家加大了电网建设的投资力度。对于电气工程及其自动化（电力）专业的学生，通过本次毕业设计，对于掌握机电设备及结构有了一定认知。根据给定条件，初步设计出水电厂的电气一次主接线图，高低压配电柜，自动化控制柜及电气设备原理图，并进行了设备选型。达到可以用 PLC 对 LCU 柜进行简单的编程。加深了对发电机，变压器，断路器等认识，尤其将来从事和水电站电力系统有关的工作的同学来说，选择水电站电气一、二次设计作为毕业设计，有助于巩固和增强对本专业主干课程的理解和应用，树立工程观念，培养电力网设计规划的能力。对将来走向工作岗位有很大的实用性。

1.3 本课题在国内外的研究状况及发展趋势

1.3.1 世界电力发展状况

全球发电量增速平缓估计 2013 年全球发电量达 22.97 万亿 kWh，比 2012 年增长 2.1%，增速基本持平。美国 2013 年前 9 个月所有部门净发电量为 3.08 万亿 kWh，较 2012 年同期下降 0.7%，表明美国经济复苏仍低于预期。欧洲受制于天然气的高价格，煤炭和可再生能源在发电中的比例有所提升，煤炭消费 2013 年达到顶峰，但欧洲电网运营商联盟 (Entsoe) 预计，可再生能源发电量

占比将在 2020 年超过化石能源，达到 40% 以上。新兴经济体发电量增长迅猛。中国继 2011 年发电量超过美国后，预计 2013 年底中国发电装机 12.3 亿 kW 左右，发电装机规模有望跃居世界第一，全年发电量将达到 5.3 万亿 kWh，较 2012 年增长 6.0% 左右。印度经济监控中心 (CMIE) 报告显示，2013~2014 财年印度总发电量预计增长 5.7%，发电量有望达 9638 亿 kWh，与 2012-2013 财年相比增长 4.0%。

欧亚主要煤炭消费国火电需求旺盛 欧洲国家一直是美国煤炭的主要消费者。IEA 估计欧洲的煤炭消费量在 2013 年达到顶峰，高盛预计 2014 年欧洲煤炭需求量将比 2013 年下降 3.5%。自德国决定退出核电之后，大部分煤电项目已经启动，2013 年前三季度德国煤炭累计进口量攀升至 3670 万 t，同比激增 13.3%，而累计出口量仅为 10 万 t，基本与 2012 年同期持平，未来德国对煤炭的需求仍将增加。在亚洲，煤电仍居主导地位，尤其是印度煤炭消费不断增长，可能成为决定国际煤炭供求平衡的核心因素，印度可能在 2014 年成为全球最大的电煤进口国。

全球核电发展稳中有进 根据国际原子能机构数据，截至 2013 年底，全球可运行的核电反应堆有 436 个，总装机容量 3.72 亿 kW，比 2012 年略有下降。另有 1 个长期关闭，72 个在建。从地区分布来看，北美、欧洲和远东仍是核电利用的主要地区，非洲、拉美、中东和南亚则相对较少。2013 年的 21 世纪核能部长级大会认为，核能仍是众多国家提高能源安全、保障发展和战胜气候变化的重要选项，世界主要国家 2013 年开始加大核电发展力度。比如，2012 年 5 月日本关闭全部 54 座核电站，安倍政府上台后力主重启核电。欧盟委员会也积极制定计划以免除对核能发电项目获取国家补助方面的限制。英国能源和气候变化部 (DECC) 表示，新建核电站的地方政府将在电站运行头十年内获得其营业税额的 50%；其后 30 年，还将获得每年每兆瓦装机容量 1000 英镑的收入。中东地区近年来对核能越来越感兴趣，主要产油国出于战略和安全的考虑，也有意兴建核电厂。以满足日益增加的电力需求。

水电发展重点因地制宜 北美和欧洲等地区的发达国家的发展重点转移到对已建水电站的更新改造；亚洲、南美等地区多数发展中国家制定了发展规划，计划在 2025 年左右基本完成水电大规模开发任务；非洲等地区的欠发达

国家，因资金、技术等条件限制，水电开发仍面临诸多困难。总体上看，今后 10 到 15 年，水电仍具有较大开发潜力，优先开发水电仍是发展中国家能源建设的重要方针。全球水电开发将集中于亚洲、非洲等资源开发程度不高、能源需求增长快、经济欠发达地区。

欧美风电发展步伐放缓，亚洲各国迅速推进 2013 年，欧盟风力发电装机容量达到了 1 亿 kW 的里程碑，进一步巩固了其作为风力发电世界冠军的地位，所发电量相当于 5700 万户家庭一年的电力消费。相当于 39 座核电厂的一年发电量。相当于燃煤电站燃烧 7200 万 t 煤所产生的电量，为欧盟实现 2020 年可再生能源比重达 20% 的目标做出较大贡献。受补贴减少等因素影响，欧盟主要风能利用国家的风电发展从 2013 年下半年开始放缓。2013 年 6 月德国总理默克尔表示将进一步采取措施使风能发电装机量与风能蕴藏量及输电线路的建设相协调。而西班牙推出的新能源法案将发电税率提高至 7%，风力发电入网享受补贴的时间也被削减，风电企业的收入因此将减少 35%，估计 2013 年当年减少收入约 6 亿欧元。美国国会在 2013 年年初延长了当年动工的风电项目每千瓦时 2.2 美分的补贴，但风电不仅面临低价天然气的竞争，还要应对美国电力需求增速缓慢的挑战，因而 2013 年新项目的规模不太可能赶上 2012 年的创纪录水平。最大的不确定性因素在于美国联邦政府对风电的税收优惠措施能否持续，未来几年能否继续发放补贴还是个未知数，这可能会影响到开发商新上马项目的规模。

1.3.2 中国电力发展状况

电是能量的一种表现形式，电力已成为工农业生产不可缺少的动力，并广泛应用到一切生产部门和日常生活方面。电力工业的发展水平和电气化程度已成为衡量一个国家经济发展水平的一个重要标志。从世界经济的发展进程来看，国民经济每增长 1%，就要求电力工业增长 13%-15%，才能适应生产发展的需要。

水电是电能的重要组成部分，水电整个生产过程不需燃料，基本没有废弃物排放，因而在经济、社会迅速发展、环境问题日益严重的今天，其优势越发明显。改革开放以来，我国水电建设取得了突飞猛进的发展。从 90 年代开始，

随着我国水电设计、建设、制造安装及运行技术的逐步提高，以及对外开放、国际合作交流的发展，我国水电已跨入了世界大电厂、大机组运行的行列，水电生产、运行、管理也迈入了一个稳定提高的新阶段。

水电建设的发展不仅为国民经济的发展提供了廉价的电力，而且为电网的安全、稳定、经济运行发挥了巨大的作用，三峡工程建设和跨区域电网的发展，使水电在电网中的地位与作用更加突出。随着我国电力体制改革的不断深入，原中国国家电力公司所属的发电企业拆分重组形成 5 家发电集团公司，全国绝大部分电厂已经与主电网实施了厂网分开，各发电企业及各发电厂之间的竞争愈加激烈，增强发电厂竞争实力的关键是提高劳动生产率，如何对已建成投产的水电厂实施全面技术改造，采取先进成熟的技术和设备，不断提高水电厂设备自动化水平，提高水电厂整体管理水平，适应我国电力建设发展的需要，是摆在水电生产管理部门面前的一项紧迫而繁重的任务。

中国的经济可开发水电资源 542 万千瓦，相当于 2.47 万亿千瓦时年发电供应，这几乎居世界总量的 1/6。水电是中国能源灵活供应体系的重要组成部分，水电开发可以在国家能源战略中发挥显著作用。到 2009 年，安装了中国的水电装机容量达到 1.97 亿千瓦，也占据了世界第一的位置。水电占总电力装机容量的 21.6%，并提供了大量的清洁电力资源，促进经济和社会发展。但与发达国家如美国，日本，法国等相比，中国的水电利用程度仍然较低。在接下来的三十年，中国将继续发展经济并且社会以极快的速度发展，能源的需求也将继续增长。在此期间，水电是大型的可再生的能源且适用于大规模化利用。中国已全面掌握了水电技术所以水电开发的加速是可行的。水电开发将对我们保证能源安全，优化能源结构，实现减排的目标和保护环境具有极大的战略意义。

1.4 原始资料

镇安枣园水电站，容量 $2 \times 630\text{kW}$ ，发电机出口电压 6.3KV。经过一回 35KV 输电线路与大系统相联，系统容量为无穷大，归算到 35KV 侧阻抗为 0.13。本设计以镇安枣园水电站为对象，进行水电站及升压站电气一、二次设计。

1.4.1 毕业设计内容

1 查阅电站及升压站电气一、二次的相关文献资料，了解国内外发展现状，完成开题报告；

2 在查阅外文资料的同时，翻译与设计内容相关的英文文献一篇；

3 根据镇安枣园水电站特点，给出该水电站电气主接线设计方案，并对设计方案进行论证选择，画出主接线图；

4 根据主接线图，对其设备进行选型，设计高压开关柜，画出开关柜设备布置图；

5 根据电站特点，设计出电站的厂用电系统，绘出厂用电接线图，并计算出各条线路的容量，根据容量进行设备选型；

6 根据电站特点，设计升压站，对其设备进行选型，画出升压站设备布置图；

7 考虑实际机组的情况，设计出电站的计算机监控网络结构图，设计机组 LCU、公用 LCU、发电机保护、变压器保护和线路保护柜，进行机组顺序控制设计，并编制 PLC 程序；

8 撰写毕业论文，准备答辩资料。

1.4.2 原始资料分析

镇安枣园水电站位于陕西省商洛市镇安县永乐镇新城，镇安地处南北气温 0℃分界线和 800 毫米降水线上，南北气候共存，年均日照 1947.4 小时，年平均风速 1.4 米/秒，年均气温 12.2℃，无霜期 206 天，年降水量 800~100 毫米，年平均降雨量 804.8 毫米。本电站总装机容量为 1.26MW，2 台单机容量为 630KW，发电机出口侧电压 6.3KV，属于小型水电站，在系统中的地位较低。因此，在进行设计时，选择主接线方案应主要考虑其经济性，其次考虑可靠性。

2 电气主接线设计

2.1 电气主接线的设计原则和要求

2.1.1 基本要求

现代电力系统是一个巨大的、严密的整体。各类发电厂、变电站分工完成整个电力系统的发电、变电和配电的任务。其主接线的好坏不仅影响到发电厂、变电站和电力系统本身，同时也影响到工农业生产和人民生活。因此，水电厂主接线必须满足以下基本要求。

1 运行的可靠

断路器检修时是否影响供电；设备和线路故障检修时，停电数目的多少和停电时间的长短，以及能否保证对重要用户的供电。

2 具有一定的灵活性

主接线正常运行时可以根据调度的要求灵活的改变运行方式，达到调度的目的，而且在各种事故或设备检修时，能尽快地退出设备。切除故障停电时间最短、影响范围最小，并且再检修在检修时可以保证检修人员的安全。

3 操作应尽可能简单、方便

主接线应简单清晰、操作方便，尽可能使操作步骤简单，便于运行人员掌握。复杂的接线不仅不便于操作，还往往会造成运行人员的误操作而发生事故。但接线过于简单，可能又不能满足运行方式的需要，而且也会给运行造成不便或造成不必要的停电。

4 经济上合理

主接线在保证安全可靠、操作灵活方便的基础上，还应使投资和年运行费用小，占地面积最少，使其尽地发挥经济效益。

5 应具有扩建的可能性

由于我国工农业的高速发展，电力负荷增加很快。因此，在选择主接线时还要考虑到具有扩建的可能性。

水电厂电气主接线的选择，主要决定于水电厂在电力系统中的地位、环境、负荷的性质、出线数目的多少、电网的结构等。

2.1.2 一般设计步骤

电气主接线的一般设计步骤如下：

- (1) 对设计依据和基础资料进行综合分析.
- (2) 选择发电机台数和容量，拟定可能采用的主接线形式.
- (3) 确定主变压器的台数和容量.
- (4) 厂用电源的引接.
- (5) 对选出来的方案进行技术和经济综合比较，确定最佳主接线方案.

2.2 主接线方案的拟定

方案一采用扩大单元接线，该接线方式下，在电厂不设升压配电装置，把电能直接送到附近的枢纽变电站或开关站，使电厂的布局更为紧凑，节省占地面积。同时由于该接线方式单元性强，可在机组单元控制室集中控制，不设网控制室，使运行管理较灵活方便。

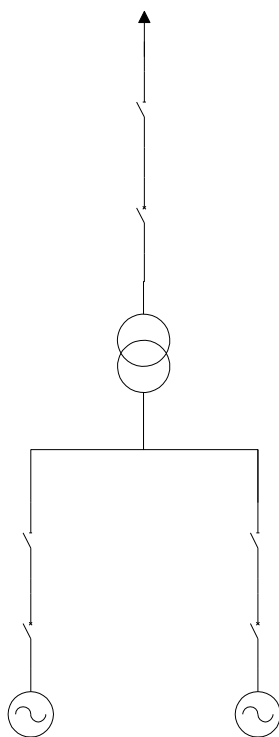


图 2.1 主接线方案一简图

方案二单母线接线，母线可以保证电源独立工作，又能使任一条出线都可以从任一个电源获得电能。单母线接线的优点是：接线简单，操作方便，设备少，经济性好，并且母线便于向两端延伸，扩建方便。缺点是：可靠性差，调度不方便。

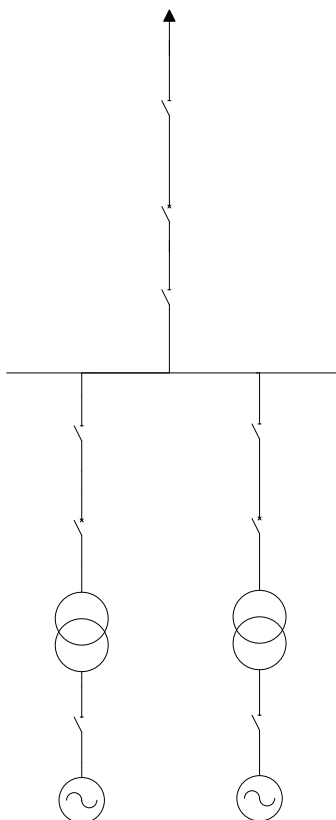


图 2.2 主接线方案二简图

方案三单母分段接线，单母线用分段断路器进行分段，可以提高供电可靠性和灵活性。对重要用户可以从不同段引出两回馈电线路，由两个电源供电；当一段母线发生故障时，分段断路器自动将故障段隔离，保证正常段母线不间断供电，不致使重要用户停电；而两段母线同时故障概率甚小，可以不予考虑。

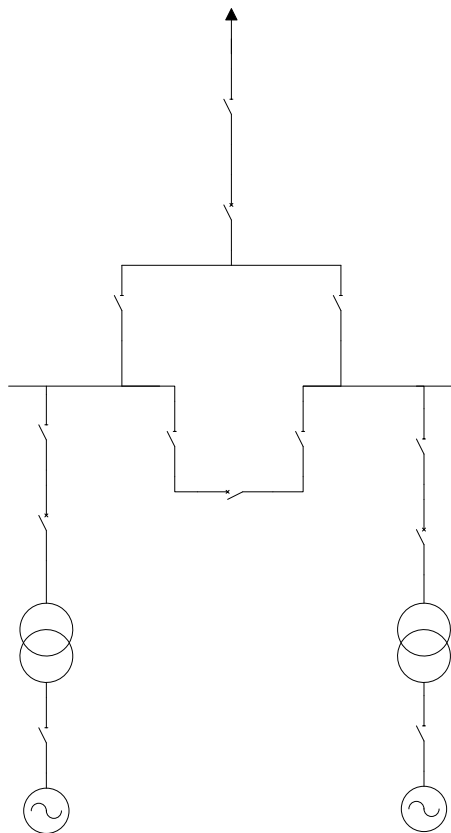


图 2.3 主接线方案三简图

2.3 最终方案确定

考虑到镇安枣园水电站发电机容量比较小，年运行时间比较小，在系统中的地位不重要，故选择经济性较好的方案一为最终设计方案。

3 短路电流的计算

3.1 短路电流计算的目的

短路电流计算是电力系统最常用的计算之一，短路电流计算的具体目的有如下几个方面：

1. 选择电气设备

电气设备(如开关电器、母线、绝缘子、电缆等)必须具有充分的电动力稳定和热稳定性，而电气设备的电动力稳定和热稳定的校验是以短路电流计算结果为依据的。

2. 继电保护的配置和整定

电力系统中应配置哪些继电保护以及保护装置的参数整定，都必须对电力系统各种短路故障进行计算和分析，而且不仅要计算短路点的短路电流，还要计算短路电流在网络各支路中的分布。并要作多种运行方式的短路计算。

3. 电气主接线方案的比较和选择

在发电厂和变电站的主接线设计中往往遇到这样的情况：有的接线方案由于短路电流太大以致要选用贵重的电气设备，使该方案的投资太高，但如果适当改变接线方式或采取某些限制短路电流的措施就可能得到既可靠又经济的方案，因此，在比较和评价主接线方案时，短路电流计算是必不可少的内容。

4. 在设计及以上电压等级的架空输电线路时，要计算短路电流，以确定电力线路对邻近架设的通信线是否存在危险及干扰影响。

5. 其它目的

电力工程中计算短路电流的目的还有很多，如确定中性点的接地方式；验算接地装置的接触电压和跨步电压；计算软导线的短路摇摆；计算输电线路分裂导线间隔棒的间距等等。

3.2 短路计算的基本假设

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 系统中的同步和异步电机均为理想电机，不考虑电机磁饱和、磁滞、涡流及导体肌肤效应等影响，转子结构完全对称；定子三相绕组空间位置相差 120 度电气角度。
- 4 系统按无限大考虑、出线阻抗不考虑。
- 5 短路发生在短路电流为最大的瞬间。
- 6 同步电机都具有自动调整励磁装置（包括强行励磁）。

3.3 短路电流计算步骤

- 1 选择计算短路点。
- 2 绘出等值网络（次暂态网络图），并将各元件电抗统一编号。
- 3 化简等值网络：将等值网络化简为以短路点为中心的辐射形等值网络，并求出各电源与短路点之间的电抗，即转移电抗。
- 4 求计算电抗。
- 5 由运算曲线查出各电源供给的短路电流周期分量的标么值。
- 6 计算无限大容量的电源供给的短路电流周期分量的标么值。
- 7 计算短路电流周期分量有名值和短路容量。
- 8 计算短路电流冲击值。
- 9 绘制短路电流计算结果表。

3.4 发电机和主变压器的选型

1、发电机的选择

根据原始资料，发电机 G1、G2 选择 SF630-8/990 型水轮发电机。

表 G1、G2 的参数

型号	功率	电压	电流	效率	功率因数	次暂态电抗
SF630-8 /990	630KW	6300V	72.2A	94.2%	0.8	0.206

2、主变压器的选择

在发电厂和变电站中，用来向电力系统或用户输送功率的变压器，称为主

变压器；只供本所（厂）用的变压器，称为站（所）用变压器或自用变压器。

1)、主变容量一般按变电所建成后 5—10 年的规划负荷来进行选择，并适当考虑远期 10—20 年的负荷发展。

2)、根据变电所所带负荷的性质和电网结构来确定主变的容量。对于有重要负荷的变电所，应考虑一台主变停运时，其余变压器容量在计及过负荷能力后的允许时间内，保证用户的 I 级和 II 级负荷，对于一般变电所，当一台主变停运时，其他变压器容量应能保证全部负荷的 70%~80%。

3)、为了保证供电可靠性，变电所一般装设两台主变，有条件的应考虑设三台主变的可能性。

结合镇安枣园电站的实际情况，主变压器 T 选 S9-1600/35 型变压器。

表 S9-1600/35 的参数

型号	容量	额定高压	额定低压	连接组别	阻抗电压	空载电流
S9-1600 /35	1600	35KV	6.3KV	Yd11	6.5%	0.8%

3.5 短路电流的计算

3.5.1 标么值的计算

基准容量： $S_B = 1\text{MVA}$

基准电压 U_B 取各级的平均额定电压值

基准电流： $I_B = S_B / \sqrt{3} U_B$

系统当作无穷大系统处理

发电机 G1, G2 的阻抗

$$X_d = x_d^* \times \frac{S_B}{S_N} = 0.206 \times \frac{1}{\frac{0.63}{0.8}} = 0.262$$

变压器 T 的阻抗

$$X_T = U_d \% \times \frac{S_B}{S_N} = 6.5\% \times \frac{1}{1.26/0.8} = 0.041$$

3.5.2 等值网络图的绘制和短路点的选择

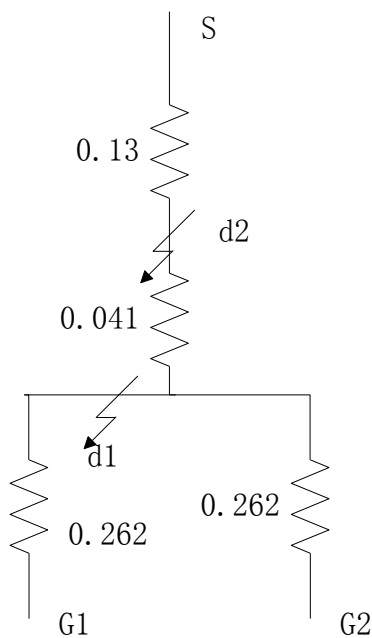


图 3.1 等值网络图

3.5.3 各短路点的短路电流计算

1. 计算 d1 点的短路电流

(1) 对 d1 点进行网络化简

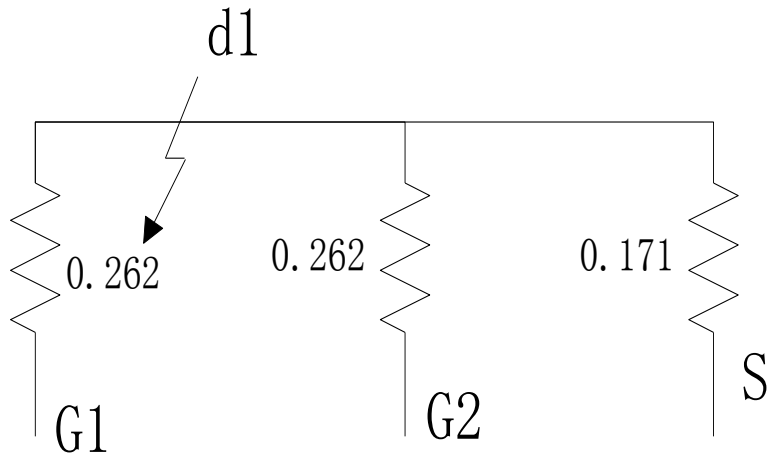


图 3.2 等值网络简化图

计算各自的计算电抗：

$$X_{js} = X_j \times \frac{S_N}{S_j}$$

发电机 G1, G2 的计算电抗：

$$X_{js} = X_j \times \frac{S_N}{S_j} = 0.262 \times \frac{0.7875}{1} = 0.2$$

由以上计算电抗查水轮发电机运算曲线得各时刻的短路电流周期分量标么值如下：

	X_{js}	I''	$I_{0.1*}$	$I_{0.2*}$	$I_{0.6*}$	I_{1*}	I_{2*}	I_{4*}
G1, G2	0.2	5.32	3.94	3.76	3.65	3.54	3.38	3.24

系统次暂态短路电流标么值：

$$I_s^* = \frac{1}{X_s} = \frac{1}{0.171} = 5.84$$

求短路电流周期分量的有效值

基准电流：

$$I_j = \frac{S_j}{\sqrt{3}U_j} = \frac{1}{(\sqrt{3} \times 6.3)} = 0.092 \text{ KA}$$

d1 点短路电流周期分量有名值 (KA)

	X_{js}	I''	$I_{0.1}$	$I_{0.2}$	$I_{0.6}$	I_1	I_2	I_4
G1, G2	0.2	0.49	0.36	0.35	0.34	0.33	0.31	0.3

系统短路电流有效值

$$I_s = I_s^* \times I_j = 5.84 \times 0.092 = 0.54 \text{ KA}$$

计算短路冲击电流和短路全电流

短路冲击电流：

$$i_{ch} = \sqrt{2} K_{ch} I_z'' \text{ 取 } K_{ch} = 1.9$$

发电机 G1, G2 的短路冲击电流：

$$i_{ch} = \sqrt{2} K_{ch} I_z'' = \sqrt{2} \times 1.9 \times 0.49 = 1.32 \text{ KA}$$

无穷大系统的短路冲击电流：

$$i_{ch} = \sqrt{2} K_{ch} I_z'' = \sqrt{2} \times 1.9 \times 0.54 = 1.45 \text{ KA}$$

短路全电流：

$$I_{ch} = I_z'' \sqrt{K_z^2 + 2(K_{ch} - K_z)^2} \text{ 取 } K_z = 0.96$$

发电机 G1, G2 的短路电流全电流有效值：

$$I_{ch} = I_z'' \sqrt{K_z^2 + 2(K_{ch} - K_z)^2} = 0.49 \sqrt{0.96^2 + 2(1.9 - 0.96)^2} = 0.8 \text{ KA}$$

无穷大系统的短路电流全电流有效值：

$$I_{ch} = I_z'' \sqrt{K_z^2 + 2(K_{ch} - K_z)^2} = 0.54 \sqrt{0.96^2 + 2(1.9 - 0.96)^2} = 0.89 \text{ KA}$$

2. 计算 d2 点的短路电流

(1) 对 d2 点进行网络化简

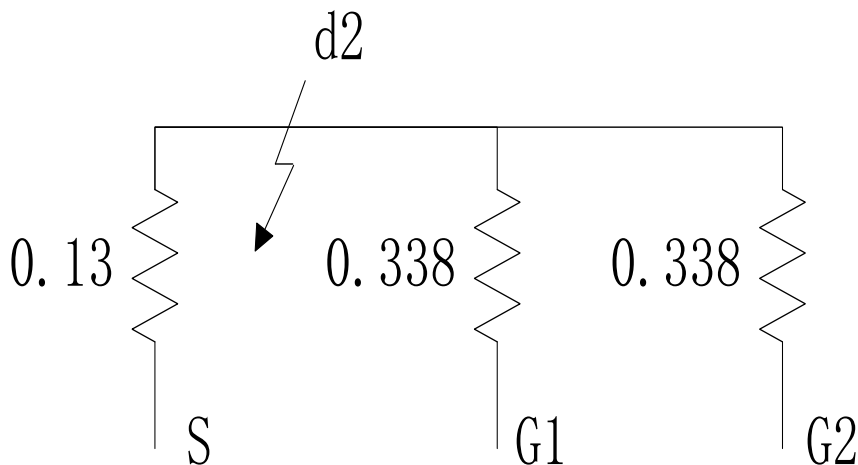


图 3.3 等值网络简化图

求取计算电抗

计算各自的计算电抗:

$$X_{js} = X_j \times \frac{S_N}{S_j}$$

发电机 G1, G2 的计算电抗:

$$X_{js} = X_j \times \frac{S_N}{S_j} = 0.338 \times \frac{0.7875}{1} = 0.27$$

由以上计算电抗查水轮发电机运算曲线得各时刻的短路电流周期分量标么值如下:

	X_{js}	I''_*	$I_{0.1*}$	$I_{0.2*}$	$I_{0.6*}$	I_{1*}	I_{2*}	I_{4*}
G1, G2	0.27	4.17	3.3	3.2	3.14	3.12	3.1	3.06

系统次暂态短路电流标么值:

$$I_s^* = \frac{1}{X_s} = \frac{1}{0.13} = 7.69$$

求短路电流周期分量的有效值

基准电流:

$$I_j = \frac{S_j}{\sqrt{3}U_j} = \frac{1}{(\sqrt{3} \times 35)} = 0.016 \text{KA}$$

d2 点短路电流周期分量有名值 (KA)

	X_{js}	I''	$I_{0.1}$	$I_{0.2}$	$I_{0.6}$	I_1	I_2	I_4
G1, G2	0.27	0.07	0.053	0.051	0.05	0.05	0.05	0.049

系统短路电流有效值

$$I_s = I_s^* \times I_j = 7.69 \times 0.016 = 0.12 \text{KA}$$

计算短路冲击电流和短路全电流

短路冲击电流:

$$i_{ch} = \sqrt{2}K_{ch}I''_z \text{ 取 } K_{ch} = 1.85$$

发电机 G1, G2 的短路冲击电流:

$$i_{ch} = \sqrt{2}K_{ch}I''_z = \sqrt{2} \times 1.85 \times 0.07 = 0.18 \text{KA}$$

无穷大系统的短路冲击电流:

$$i_{ch} = \sqrt{2} K_{ch} I_z'' = \sqrt{2} \times 1.85 \times 0.12 = 0.31 \text{ KA}$$

短路全电流:

$$I_{ch} = I_z'' \sqrt{K_z^2 + 2(K_{ch} - K_z)^2} \text{ 取 } K_z = 0.96$$

发电机 G1, G2 的短路电流全电流有效值:

$$I_{ch} = I_z'' \sqrt{K_z^2 + 2(K_{ch} - K_z)^2} = 0.07 \sqrt{0.96^2 + 2(1.85 - 0.96)^2} = 0.11 \text{ KA}$$

无穷大系统的短路电流全电流有效值:

$$I_{ch} = I_z'' \sqrt{K_z^2 + 2(K_{ch} - K_z)^2} = 0.12 \sqrt{0.96^2 + 2(1.85 - 0.96)^2} = 0.19 \text{ KA}$$

短路电流计算结果表

短 路 点	额 定 电 压 KV	支 路 名 称	0s 短 路 电 流 KA	0.1 s 短 路 电 流 KA	0.2 s 短 路 电 流 KA	0.6 s 短 路 电 流 KA	1s 短 路 电 流 KA	2s 短 路 电 流 KA	4s 短 路 电 流 KA	短 路 冲 击 电 流 KA	短 路 全 电 流 KA
d1	6.3	G1	0.4 9	0.3 6	0.3 5	0.3 4	0.3 3	0.3 1	0.3	1.3 2	0.8
		G2	0.4 9	0.3 6	0.3 5	0.3 4	0.3 3	0.3 1	0.3	1.3 2	0.8
		S	0.5 4	0.5 4	0.5 4	0.5 4	0.5 4	0.5 4	0.5 4	1.4 5	0.8 9
d2	35	G1	0.0 7	0.0 53	0.0 51	0.0 5	0.0 5	0.0 5	0.0 49	0.1 8	0.1 1
		G2	0.0 7	0.0 53	0.0 51	0.0 5	0.0 5	0.0 5	0.0 49	0.1 8	0.1 1
		S	0.1 2	0.1 2	0.1 2	0.1 2	0.1 2	0.1 2	0.1 2	0.3 1	0.1 9

4 电气一次设备的选择及布置

4.1 电气一次设备选择的一般原则

由于电气设备和载流导体得用途及工作条件各异, 因此它们的选择校验项目和方法也都完全不相同。但是, 电气设备和载留导体在正常运行和短路时都必须可靠地工作, 为此, 它们的选择都有一个共同的原则。

电气设备选择的一般原则为:

- 1 应满足正常运行检修短路和过电压情况下的要求并考虑远景发展。
- 2 应满足安装地点和当地环境条件校核。
- 3 应力求技术先进和经济合理。
- 4 同类设备应尽量减少品种。
- 5 与整个工程的建设标准协调一致。
- 6 选用的新产品均应具有可靠的试验数据并经正式签订合格的特殊情况下选用未经正式鉴定的新产品应经上级批准。

选择的高压电器, 应能在长期工作条件下和发生过电压、过电流的情况下保持正常运行。

4.1.1 按正常工作条件选择

1. 额定电压

电气设备的额定电压是标示在其铭牌上的线电压。电器可以长期在其额定电压的 110%-115%下安全运行, 这一电压成为最高允许工作电压。当 U_N 在 220KV 及以下时其 U_{NS} 为 $1.15U_N$, 当 U_N 为 330-500KV, 其 U_{NS} 为 $1.1U_N$ 。另外, 电气设备还有一个最高工作电压, 即允许长期运行的最高电压一般不得超过其额定电压的 10%~15%。在选择时, 电气设备的额定电压 U_N 不应低于安装地点的电网额定电压 U_{NS} , 即: $U_N \geq U_{NS}$

2. 额定电流

电气设备的额定电流 I_e 是指在额定环境温度下, 电气设备的长期允许电流。 I_e 应不小于该回路在各种运行方式下的最大持续工作电流 $I_{\max}$ 即 $I_e \geq I_{\max}$

在决定 $I_{\max}$ 时，由于发电机、调相机和变压器在电压降低 5% 时，出力保持不变，故其相应回路的 $I_{\max}$ 应为发电机、调相机和变压器额定电流的 1.05 倍；若变压器有可能过负荷运行时， $I_{\max}$ 应按过负荷确定（1.3~2 倍的额定电流）；母联断路器回路一般可取母线上最大一台发电机或变压器的 $I_{\max}$ ；出线回路的 $I_{\max}$ 除考虑正常负荷电流外，还应考虑事故时由其他回路转移过来的负荷。

3. 环境条件对设备的影响

当电气设备安装地点的环境（尤其注意小环境）条件如温度、风速、污秽等级、海拔高度、地震烈度和覆冰厚度等超过一般电气设备使用条件时，应适当采取措施。

4.1.2 按故障条件进行校验

电气设备按短路故障情况进行校验，就是要按最大可能的短路故障（通常为三相短路故障）时的动、热稳定度进行校验。但有熔断器和有熔断器保护的电器和导体（如电压互感器等），以及架空线路，一般不必考虑动稳定度、热稳定度的校验，对电缆，也不必进行动稳定度的校验。在电力系统中尽管各种电气设备的作用不一样，但选择的要求和条件有诸多是相同的。为保证设备安全、可靠的运行，各种设备均按正常工作的条件下的额定电压和额定电流选择，并按短路故障条件校验其动稳定度和热稳定度。

1. 热稳定校验

校验电气设备的热稳定性，就是校验设备的载流部分在短路电流的作用下，其金属导电部分的温度不应超过最高允许值。如果满足这一条件，则选出的电气设备符合热稳定的要求。

作热稳定校验时，已通过电气设备的三项短路电流为依据，工程计算中常用下式校验所选的电气设备是否满足热稳定的要求，即：

$$Q_k \leq I_t^2 t$$

式中 Q_k — 短路电流产生的热效应；

I_t ， t — 电气设备允许通过的热稳定电流和时间

2. 动稳定校验

当电气设备中有短路电流通过时，将产生很大的电动力，可能对电气设备产生严重的破坏作用。因此，各制造厂所生产的电器，都用最大允许的电流的

幅值 i_{sh} 和有效值 I_{es} 表示其电动力稳定的程度，它表明电器通过上述电流时，不至因电动力的作用而损害。满足动态稳定的条件为

$$i_{sh} \leq i_{es}$$

$$I_{sh} \leq I_{es}$$

式中： i_{sh} ， I_{sh} —三相短路时的冲击电流及最大有效值电流

i_{es} ， I_{es} —电气设备允许通过的动稳定电流幅值及有效值

4.2 电气一次设备的选择

4.2.1 发电机出口侧设备选择

正常情况下，发电机出口侧流过的最大负荷电流为：

$$I_{\max} = 1.05 \times \frac{S_N}{\sqrt{3}U_N} = 1.05 \times \frac{0.63 / 0.8}{\sqrt{3} \times 6.3} = 0.076 \text{ KA}$$

根据额定电流及额定电压发电机出口侧选择天津市德利泰开关有限公司 KYN28A-12 型铠装移开式户内金属封闭开关设备。

主要技术参数

名称		单位	参数
额定电压		KV	7.2
额定绝缘水平	1min 工频耐受电压	KV	42
	雷电冲击耐受电压	KV	75
额定频率		HZ	50
主母线额定电流		A	630
分支母线额定电流		A	630
4s 热稳定电流		KA	16
额定动稳定电流		KA	40
防护等级		外壳为 IP4X，隔室间，断路器室门打开时为 IP2X	

校验：

a. 额定电压： $U_N = 7.2 \text{ kv} \geq 6.3 \text{ kv}$

b. 额定电流: $I_N = 630A > 76A$

c. 热稳定校验:

$$Q_k = \frac{t_k}{12} \left(I''^2 + 10I_{\frac{t_k}{2}}^2 + I_{tk}^2 \right) = \frac{4}{12} \times (0.49^2 + 10 \times 0.31^2 + 0.3^2) = 3.6KA^2 \cdot s$$

$$I_t^2 t = 25^2 \times 4 = 2500KA^2 \cdot s$$

d. 动稳定校验:

冲击电流为 $1.45KA < 63KA$ 满足要求。

产品介绍



图 4.1 6.3KV 开关柜

本开关柜适用于 3~12kV 三相交流电 50HZ 的单母线电力系统中, 作为接受和分配电能之用, 尤其适用于开断重要负荷频繁操作的场所。如需要无油化的、安全可靠性高的发电厂、机场、变电站、石油化工系统、冶金系统、厂矿企事业单位、宾馆、高层建筑等场所。开关柜的外壳和各功能单元的隔板, 采

用进口敷铝锌板和优质冷轧钢板经数控机床加工折弯形成后，用高强度杯型拉丝铆钉和铆螺母栓接组装而成，能保持柜体尺寸统一，手车互换性好，具有很高的机械强度和很强的抗腐蚀能力。柜体面板喷涂工艺采用目前世界上最先进的静电粉末自动喷涂生产线，具有面漆美观、附着力强、耐腐蚀、硬度高、抗老化、保光保色性好等优点。开关柜由接地的金属隔板分隔成断路器室、母线室、电缆室、仪表室等四个独立隔室，它们互不干扰，可有效防止各室的故障的扩大。除仪表室外，其余均有独立的泄压通道。开关柜具有完善、安全可靠的联锁装置，为操作维修人员及开关设备提供安全保障，完全满足 GB3906 标准中规定的“五防”闭锁的要求。

母线

选用交联聚乙烯绝缘单芯电力电缆技术数据及外形尺寸见下表

型号	额定电压 KV	载流量 A	标称截面 mm^2	外径 mm	工作电容 $\mu F / km$
YJV22	10	170	25	22	0.19

校验：

a. 额定电压： $U_N = 10kV \geq 6.3kV$

b. 额定电流： $I_N = 170A > 150A$

c. 热稳定校验： $S_{\min} = \frac{I_{\infty} \sqrt{t}}{C} = \frac{490\sqrt{4}}{65.7} = 15 \leq 25$

断路器

正常工作情况下，断路器处于合闸状态(特殊应用除外)，接通电路。当进行自动控制或保护控制操作时，断路器可以在综保装置控制下进行电路的分断或接通操作。断路器不仅可以通断正常的负荷电流，而且能够承受一定时间的短路电流(数倍甚至几十倍的正常工作电流)，并可以分断短路电流，切除故障线路和设备。所以说，断路器的主要功能就是分断和接通电路(包括分断和接通正常电流、分断短路电流)。由于在分断和接通电路的过程中，断路器的动触头与静触头之间不可避免的要产生电弧。为了保护触头，减少触头材料的损耗和可靠分断电路，必须采取措施来尽快熄灭电弧，其中一种就是采用不同的

灭弧介质填充到断路器的动、静触头间。按灭弧介质的不同断路器可以分为：油断路器（多油、少油）、六氟化硫(SF6)断路器、真空断路器、空气断路器等。我们在工程中经常接触到的高低压开关柜里的主要一次设备就是断路器。由于断路器的动、静触头一般都是被包在充满灭弧介质的容器中，所以断路器的分、合状态不可以直接判断，一般是通过断路器的辅助器件（如分合位指针等）来判断。



图 4.2 6.3KV 室内真空断路器

型号	额定电压 KV	额定电流 A	额定开断电流 KA	额定峰值耐受电流 KA	4s 热稳定电流 KA
VS1-12	12	630	25	63	25

校验：

a. 额定电压： $U_N = 12\text{kv} \geq 6.3\text{kv}$

b. 额定电流： $I_N = 630A > 76A$

c. 额定开断电流： 发电机出口处短路电流为 $I_k = 0.54KA < 25KA$

d. 热稳定校验：

$$Q_k = \frac{t_k}{12} \left(I''^2 + 10I_{\frac{t_k}{2}}^2 + I_{tk}^2 \right) = \frac{4}{12} \times (0.49^2 + 10 \times 0.31^2 + 0.3^2) = 3.6KA^2 \cdot s$$

$$I_t^2 t = 25^2 \times 4 = 2500KA^2 \cdot s$$

e. 动稳定校验：

发电机出口侧冲击电流为 $1.45KA < 63KA$ 满足要求。

电流互感器



图 4.3 电流互感器

型号	额定电压 KV	额定一次电流 A	准确级组合	额定输出 VA	额定短时热电流 KA	额定动稳定电流 KA
LZZBJ9-10A	10	75	0.2/0.2/10P10	10/10/15	21	52.5

校验：

a. 热稳定校验：

$$Q_k = \frac{t_k}{12} \left(I''^2 + 10I_{\frac{t_k}{2}}^2 + I_{tk}^2 \right) = \frac{4}{12} \times (0.49^2 + 10 \times 0.31^2 + 0.3^2) = 3.6 \text{KA}^2 \cdot \text{s}$$

$$I_t^2 t = 25^2 \times 4 = 2500 \text{KA}^2 \cdot \text{s}$$

b. 动稳定校验：

冲击电流为 $1.45 \text{KA} < 63 \text{KA}$ 满足要求。

型号	额定电压 KV	额定一次电流 A	准确级组合	额定输出 VA	额定短时热电流 KA	额定动稳定电流 KA
LZZBJ9-10A	10	150	0.2/0.2 /10P10	10/10/1 5	21	52.5

校验：

a. 热稳定校验：

$$Q_k = \frac{t_k}{12} \left(I''^2 + 10I_{\frac{t_k}{2}}^2 + I_{tk}^2 \right) = \frac{4}{12} \times (0.49^2 + 10 \times 0.31^2 + 0.3^2) = 3.6 \text{KA}^2 \cdot \text{s}$$

$$I_t^2 t = 25^2 \times 4 = 2500 \text{KA}^2 \cdot \text{s}$$

b. 动稳定校验：

冲击电流为 $1.45 \text{KA} < 63 \text{KA}$ 满足要求。

电压互感器



图 4.4 电压互感器

互感器实际上就是一种特殊的变压器,主要用来从电气上隔离一次回路与控制回路,从而扩大二次设备(仪表、综保等)的使用范围。采用 PT/CT 可以避免一次回路的高电压/大电流直接进入二次控制设备(如: 仪表、综保装置等),也可以防止由于控制设备故障影响一次回路的运行。

型号	额定电压 V		额定容量 VA			
	一次绕组	二次绕组	0.2 级	0.5 级	1 级	3 级
JDZ10-10	10000	100	40	120	240	600

型号	额定电压 V			额定容量 VA			
	一次绕组	二次绕组	剩余电压绕组	0.2 级	0.5 级	1 级	3 级
JDZX9-10	$10000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$	30	90	180	500

熔断器

熔断器是一种简单的电路保护电器,其原理是当流经熔断器的电流达到或超过定值一定时间后,本身的熔体熔化,切断电路。其动作原理简单,安装方便,一般不单独使用,主要用来配合其他电器使用。主要动作特点:一是电流要达到一定值,该值在熔断器出厂前已经做好,无法更改;二是电流达到一定值后要经过一定的时间,该时间也是厂家做好的,无法更改,但是类型很多,包括延时动作、快速动作、超快速动作等;三是动作后本体损坏,不能重复使用,必须更换;熔断器是否熔断可以通过熔断指示器判别,也可通过熔体外观上判别;常用的保险丝、保险管都属于该类电器范围。



图 4.5 熔断器

型号	额定工作电压 KV	额定工作电流 A	最大开断电流 KA	有效断流容量 MVA
RN2-10	10	0.5	50	1000

接地开关

接地刀(也叫接地开关)主要：一是用来在线路和设备检修时，为确保人员安全进行接地用的；二是可以用来人为地造成系统的接地短路，达到控制保护的目的。第一个作用很好理解，不做介绍。第二个作用是这样的：接地刀通常是接在降压变压器的高压侧，当受电端发生故障或者变压器内部故障时，接地刀开关应自动闭合，造成接地短路故障，迫使送电端(上端)断路器迅速动作，切断故障，所以说这是个人为的接地短路故障，目的就是保证送电端的断路器能够快速动作。

型号	额定工作电压 KV	额定工作电流 A	热稳定电流 KA	动稳定电流 KA
JN2-10	10	630	20	50

a. 额定电压： $U_N = 7.2\text{kV} \geq 6.3\text{kV}$

b. 额定电流： $I_N = 630\text{A} > 76\text{A}$

c. 热稳定校验：

$$Q_k = \frac{t_k}{12} \left(I''^2 + 10I_{tk}^2 + I_{tk}^2 \right) = \frac{4}{12} \times (0.49^2 + 10 \times 0.31^2 + 0.3^2) = 3.6\text{KA}^2 \cdot \text{s}$$

$$I_t^2 t = 20^2 \times 4 = 1600\text{KA}^2 \cdot \text{s}$$

d. 动稳定校验：

冲击电流为 $1.45\text{KA} < 50\text{KA}$ 满足要求。

避雷器

避雷器：用于保护电气设备免受雷击时高瞬态过电压危害，并限制续流时间，也常限制续流赋值的一种电器。避雷器有时也称为过电压保护器，过电压限制器。避雷器分为很多种，有金属氧化物避雷器，线路型金属氧化物避雷器，无间隙线路型金属氧化物避雷器，全绝缘复合外套金属氧化物避雷器，可卸式避雷器。避雷器的主要类型有管型避雷器、阀型避雷器和氧化锌避雷器等。每种类型避雷器的主要工作原理是不同的，但是它们的工作实质是相同的，都是为了保护通信线缆和通信设备不受损害。

型号	避雷器额定电压 KV	系统额定电压 KV	持续运行电压 KV	雷电冲击残压 KV ≤	操作冲击残压 KV ≤
Y5WZ-12.7/45	12.7	10	6.6	45	38.3

产品介绍

交流无间隙金属氧化物避雷器具有优异的非线性伏·安特性，响应特性好、无续流、通流容量大、残压低、抑制过电压能力强、耐污秽、抗老化、不受海拔约束、结构简单、无间隙、密封严、寿命长等特点。本避雷器在正常系统工作电压下，呈现高电阻状态，仅有微安级电流通过。在过电压大电流作用下它

便呈现低电阻，从而限制了避雷器两端的残压。

4.2.2 变压器 35KV 侧设备选择

正常情况下，35 侧流过的最大负荷电流为：

$$I_{\max} = 1.05 \times \frac{S_N}{\sqrt{3}U_N} = 1.05 \times \frac{1.6}{\sqrt{3} \times 35} = 0.028 \text{ KA}$$

根据额定电压，最大负荷电流，及布置条件选择室外型设备。

故选择 ZW50-40.5/1600-25 型户外高压真空断路器，其参数如下表所示：

型号	额定电压 KV	额定电流 A	额定开断 电流 KA	动稳定电 流 KA	4s 热稳定 电流 KA
ZW50-40. 5/1600-2 5	40.5	1600	25	63	25

校验：

a. 额定电压： $U_N = 40.5 \text{ kv} \geq 35 \text{ kv}$

b. 额定电流： $I_N = 1600 \text{ A} > 28 \text{ A}$

c. 额定开断电流：短路电流为 $I_k = 0.12 \text{ KA} < 25 \text{ KA}$

d. 热稳定校验：

$$Q_k = \frac{t_k}{12} \left(I''^2 + 10 I_{\frac{t_k}{2}}^2 + I_{tk}^2 \right) = \frac{4}{12} \times (0.12^2 + 10 \times 0.12^2 + 0.12^2) = 0.52 \text{ KA}^2 \cdot \text{s}$$

$$I_t^2 t = 25^2 \times 4 = 2500 \text{ KA}^2 \cdot \text{s}$$

e. 动稳定校验：

冲击电流为 $0.31 \text{ KA} < 63 \text{ KA}$ 满足要求。

选择 GW14-35 型隔离开关，其参数如下表所示：

型号	额定电压 KV	额定电流 A	额定峰值耐 受电流 KA	2s 短时耐受 电流 KA
----	---------	--------	-----------------	------------------

GW14-35	35	630	40	16
---------	----	-----	----	----

校验:

a. 额定电压: $U_N = 35kV \geq 35kV$

b. 额定电流: $I_N = 630A > 28A$

c. 热稳定校验:

$$Q_k = \frac{t_k}{12} \left(I''^2 + 10I_{\frac{t_k}{2}}^2 + I_{tk}^2 \right) = \frac{4}{12} \times (0.12^2 + 10 \times 0.12^2 + 0.12^2) = 0.52 KA^2 \cdot s$$

$$I_t^2 t = 16^2 \times 4 = 1204 KA^2 \cdot s$$

d. 动稳定校验:

冲击电流为 $0.31KA < 40KA$ 满足要求。

主变 35KV 侧电流互感器选择

型号	额定一次电流 A	额定二次电流 A	准确级次	额定二次负荷 Ω
LB6-35	30	5	0.5/B1/B2	1.6/1.6/1.2

35KV 侧电压互感器

型号	额定电压 V		额定容量 VA		
	一次绕组	二次绕组	0.5 级	1 级	3 级
JDJ-35	35000	100	150	250	600

避雷器

型号	避雷器额定电压 KV	系统额定电压 KV	持续运行电压 KV	雷电冲击残压 KV $\leq$	操作冲击残压 KV $\leq$
Y5W-54/134	54	35	41	134	114

5 厂用电接线的设计

5.1 厂用电接线应满足的要求与设计原则

5.1.1 厂用电接线的基本要求

厂用电接线基本要求要求供电可靠、接线简单、经济合理。

5.1.2 厂用电接线的设计原则

- 1 厂用电接线应保证对厂用负荷可靠和连续供电，使发电厂主机安全运转。
- 2 接线应能灵活地适应正常、事故、检修等各种运行方式的要求。
- 3 厂用电源的对应供电性，本机的厂用负荷由本机组供电，这样故障时可以缩小故障范围，接线简单。
- 4 设计时还应适当注意其经济性和发展的可能性并积极慎重地采用新技术、新设备，使厂用电接线具有可行性和先进性。
- 5 在设计厂用电接线时，还应对厂用电的电压等级、中性点接地方式、厂用电源及其引接和厂用电接线形式等问题进行分析和论证。

5.2 厂用负荷

5.2.1 厂用负荷分类

为了合理正确地确定电站厂用电接线方式及选择厂用变压器的台数和容量，必须对厂用电负荷大小、分布地点、运行方式、用途及其重要程度分类进行统计。

1 按厂用电负荷重要程度分类

厂用负荷都是重要负荷，但是重要程度不一样。根据厂用负荷在发电厂运行中所起的作用及其供电中断对人身，设备和生产所造成的影响程度，将其分为以下三类：

(1) I 类负荷。这类负荷只允许瞬时中断电源，这类负荷除机组轴承润滑系统用电电动机的运行中断时间仅为电源操作切换时间外，一般不超过 10min，超过这个时间会危及人身安全或设备安全，使电站生产停顿或出水降低。例如：主变冷却风扇、可控硅励磁屏的风扇、以防洪为主的闸门启闭机及单元引水方式的电动机或蝶阀等。

(2) II 类负荷。一般允许中断电源几十分钟，他可以再几个配电屏上进行电源的手动切换工作。对此类负荷停止供电不致造成生产混乱及设备损坏。属 II 类负荷的有充电、浮充电装置、厂用吊车、渗漏排水泵，油压装置的空压机及照明等。

(3) III 类负荷。长时间停机不致直接影响正常生产，只会引起生产不便，例如机修厂、油处理室和实验室等处的电动机。

2 按运行方式分类

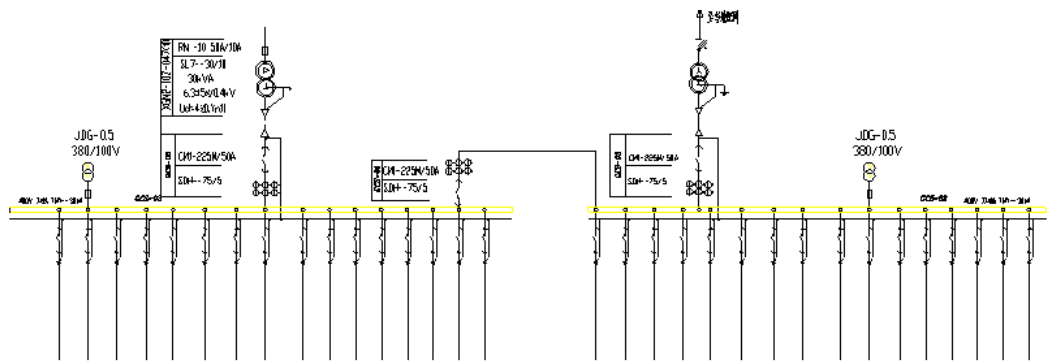
根据每个电动机使用机会的多少，可以分为经常与不经常两大类：经常系指与正常生产过程有关的，几乎每天都会使用的电动机；不经常系指正常不用，只是在检修、事故或机组开停期间使用的电动机。根据每个电动机在每次使用时运转时间长短的不同，可分为连续、短时和断续 3 类。连续指每次时连续带负荷运转在 2h 以上；短时指每次使用时连续带负荷运转在 2h 以内，10min 以上；断续指每次启动后，从带负荷至停止或从带负荷至空转反复周期性地工作，且每个工作周期不超过 10min。

5.2.2 本水电站厂用负荷统计

全厂厂用负荷有：油压装置的油泵、机组轴承润滑油泵、水轮机顶盖的排水泵、漏油泵、蝶阀压油泵和可控硅励磁系统冷却电风扇、压缩空气装置、油处理系统、供排水泵、充电装置、全厂通风设备、电热、照明、厂房吊车、机修间、实验室、检修动力负荷的通讯电源等。在本设计里取厂用电为水电站总容量的 1%。

5.3 厂用电接线设计与关键设备选择

5.3.1 厂用电主接线设计



5.3.2 厂用变压器选择

1 选择原则

厂用变压器容量的选择，应保证在正常情况下满足全厂厂用负荷的供电，不应由于过负荷过热而影响其使用寿命，在一般事故或检修条件下，应有足够的备用容量，以保证发电机组正常运行。

1 额定电压：变压器一、二次额定电压必须与引接电源电压和厂用工作电压相一致。

2 工作变压器的台数和型式：工作变压器的台数和型式主要与厂用高压母线的段数有关。

3 厂用变得容量：厂用电压工作变压器的容量应留有 10%左右的裕度。厂用电容量占总容量的 0.5-1%，因此厂用变压器容量应大于或等于此计算容量，一般不考虑过负荷运行。

高压侧为 6.3KV，低压侧为 0.4KV

中小型水电站的自用电一般只占总容量的 0.5%~1%，选定

$$S_T = 1\% \times \frac{2 \times 630}{0.8} = 15.75 \text{ KVA}$$

选择 SL7-30/10 型变压器

表 SL7-30/10 的参数

型号	容量	额定高	额定低	连接组	阻抗电	空载电
----	----	-----	-----	-----	-----	-----

		压	压	别	压	流
SL7-30 /10	30KVA	6.3KV	0.4KV	Yyn0	4%	2.8%

5.3.3 厂用变压器高压侧设备选择

1. 厂用变压器高压侧断路器的选择

常用高压侧断路器采用 ZN73-12-25 装在 KYN28A-12 型铠装移开式户内金属封闭开关设备。

KYN28A-12 型铠装移开式户内金属封闭开关设备主要技术参数

名称		单位	参数
额定电压		KV	7.2
额 定 绝 缘水平	1min 工频耐受电压	KV	42
	雷电冲击耐受电压	KV	75
额定频率		HZ	50
主母线额定电流		A	630
分支母线额定电流		A	630
4s 热稳定电流		KA	16
额定动稳定电流		KA	40
防护等级		外壳为 IP4X，隔室间，断路器室门打开时为 IP2X	

断路器

型号	额 定 电	额 定 电	额 定 开	额 定 峰	4s 热稳
----	-------	-------	-------	-------	-------

	压 KV	流 A	断 电 流 KA	值 耐 受 电流 KA	定 电 流 KA
VS1-12	12	630	25	63	25

2. 厂用电低压侧电气选择

低压侧开关柜采用 GCS 型低压抽出式开关柜

GCS 型低压抽出式开关柜（以下简称装置）是两部联合设计组根据行业主管部门、广大电力用户及设计单位的要求设计研制出的符合国情、具有较高技术性能指标、能够适应电力市场发展需要并可与现有引进产品竞争的低压抽出式开关柜，该装置目前已被电力用户广泛选用。装置适用于发电厂、石油、化工、冶金、纺织、高层建筑等行业的配电系统。在大型发电厂、石化系统等自动化程度高，要求与计算机接口的场所，作为三相交流频率为 50(60)Hz、额定工作电压为 380V(400)V、(600)V，额定电流为 4000A 及以下的发、供电系统中的配电、电动机集中控制、无功功率补偿使用的低压成套配电装置。

基本技术参数

主回路额定电压 V	380
辅助回路额定电压 V	220
额定频率 Hz	50
额定电流 A	<1000
母线额定短时耐受电流 KA	50
母线峰值耐受电流 KA	105
防护等级	IP30

低压侧断路器选择 CM1-225M/50A

CM1 系列塑料外壳式断路器(以下简称断路器)，是本公司采用国际先进设计、制造技术研制、开发的新型断路器之一。其额定绝缘电压为 800V，适用于交流 50Hz/60Hz，额定工作电压 690V 及以下，(CM1-63 为 400V)，额定电流至 800A 的电路中作不频繁转换及电动机保护(CM1-800 无电动机保护型)之用。断路器具有过载、短路和欠电压保护功能，能保护线路和电源设备不受损坏。断路器按照其额定极限短路分断能力(Icu)的高低、分为 C 型(基本型)、L 型(标

准型)、M 型(较高分断型)、H 型(高分断型)四类。该断路器具有体积小、分断高、飞弧短(部分规格零飞弧)、抗振动等特点,并通过了核工业条件(1E 级)试验和船舶条件的试验,成为国产产品中唯一能用于核工业基地的产品,更是陆地及船舶使用的理想产品。本断路器可垂直安装(即竖装),亦可水平安装(即横装)。

低压电压互感器

JDG-0.5, JDG4-0.5 型电压互感器适用于额定频率为 50Hz 或 60Hz、额定电压为 0.5kV 及以下的电力系统中,作电能、电太坏的测量和继电保护用。

额定电压 V		额定负荷 VA			极限负荷 VA
一次	二次	0.5 级	1 级	2 级	
220	100	25	40	100	200
380	100	25	40	100	200
660	100	25	40	100	200

低压电流互感器 SDH-75/5A

互感器的铁芯为环形和矩形铁芯,二次绕组沿铁芯圆周均匀分布,采用阻燃塑料做互感器的绝缘外壳。互感器的中间留有窗口,供一次母线穿过;产品出线标记:一次进线端用 P1 标记,出线端用 P2 标记;P2 流出时,二次电流由 S1 流出,经过外部回路由 S2 流入,即为减极性;该产品的特点:铁芯由硅钢片卷绕成形,没有气隙,磁性能高。二次绕组均匀绕制,漏磁很小,具有性能稳定、重量轻、安装方便等优点。

6 继电保护的配置

6.1 继电保护的基本知识

电能是一种特殊的商品, 为了远距离传送, 需要提高电压, 实施高压输电, 为了分配和使用, 需要降低电压, 实施低压配电, 供电和用电。发电——输电——配电——用电构成了一个有机系统。通常把由各种类型的发电厂, 输电设施以及用电设备组成的电能生产与消费系统称为电力系统。电力系统在运行中, 各种电气设备可能出现故障和不正常运行状态。不正常运行状态是指电力系统中电气元件的正常工作遭到破坏, 但是没有发生故障的运行状态, 如: 过负荷, 过电压, 频率降低, 系统振荡等。故障主要包括各种类型的短路和断线, 如: 三相短路, 两相短路, 两相接地短路, 单相接地短路, 单相断线和两相断线等。其中最常见且最危险的是各种类型的短路, 电力系统的短路故障会产生如下后果:

- (1) 故障造成的很大的短路电流产生的电弧使设备损坏。
- (2) 从电源到短路点间流过的短路电流引起的发热和电动力将造成在该路径中非故障元件的损坏。
- (3) 靠近故障点的部分地区电压大幅度下降, 使用户的正常工作的遭到破坏或影响产品质量。
- (4) 破坏电力系统并列运行的稳定性, 引起系统振荡, 甚至使该系统瓦解和崩溃。

对继电保护的基本要求:

选择性: 是指电力系统发生故障时, 保护装置仅将故障元件切除, 而使非故障元件仍能正常运行, 以尽量减小停电范围。

速动性: 是指保护快速切除故障的性能, 故障切除的时间包括继电保护动作时间和断路器的跳闸时间。

灵敏性: 是指在规定的保护范围内, 保护对故障情况的反应能力。满足灵敏性要求的保护装置应在区内故障时, 不论短路点的置与短路的类型如何, 都能灵敏地正确地反应出来。

可靠性: 是指发生了属于它该动作的故障, 它能可靠动作, 而在不该动作时,

它能可靠不动。即不发生拒绝动作也不发生错误动作。

6.2 继电保护配置

6.2.1 发电机保护

发电机主保护 RCX-998 发电机差动保护测控装置

保护动作原理

纵联差动速断保护

纵联差动速断保护实质上为反映发电机两侧电流差而快速动作的保护,用以保证在发电机内部发生严重故障或变压器外部两侧 CT 间短路时而快速动作于跳闸。保护动作判据为:

$$I_{cd} > I_{sd}$$

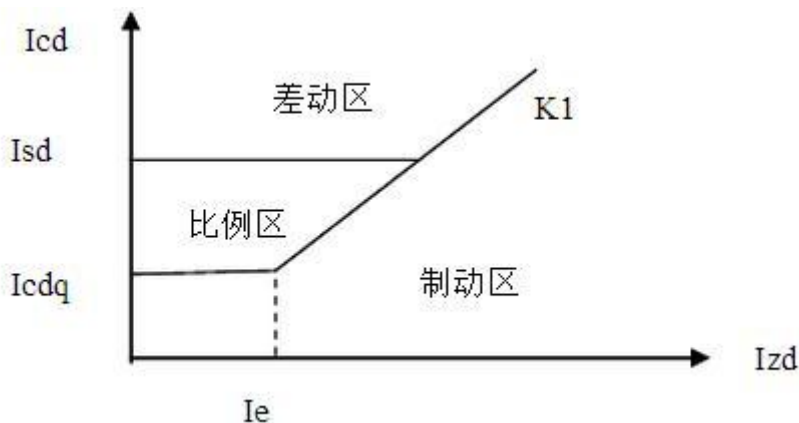
实际运行中 差动电流 = $|I_d + I_{wv}|$

比率差动保护 (带 C T 断线闭锁功能)

该保护采用分相式,即 A、B、C 任一相保护动作均出口,以下判据均以一相为例。 当以下各式同时成立时比率差动元件保护动作

$$I_{cd} > I_{cdqd}$$

$$I_{cd} > K_1 \times I_{zd}$$



比率制动的差动保护:

$$I_{cd} > I_{cdqd}$$

$$I_{cd} > K_1 \times I_{zd}$$

(两者是或门关系)

$$I_{cd} = |I_d + I_w| \quad I_{zd} = |I_d - I_w|/2 \quad \text{调试中的简单计算:}$$

如果比例差动动作, 则 $I_{cd} = |I_d + I_w| > I_{cdqd}$;

同时满足: $I_{cd} = |I_d + I_w| > K1 * I_{zd} = K1 * |I_d - I_w|/2$ 上式是考虑到矢量计算,

如果仅计算数值 则上不等式为: $I_{cd} = |I_d - I_w| > I_{cdqd}$;

$$I_{cd} = |I_d - I_w| > K1 * I_{zd} = K1 * |I_d + I_w|/2$$

方式一: 若 $I_d > I_w$; 则满足: $I_d > I_w + I_{cdqd}$; $I_d > I_w * (2 + K1)/(2 - K1)$ 比率差动才会动作;

方式二: 若 $I_d > I_w$; 则满足: $I_w > I_d + I_{cdqd}$; $I_w > I_d * (2 + K1)/(2 - K1)$ 比率差动才会动作;

发电机差动保护

发电机稳态比率差动

发电机一次额定电流计算

$$I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_{1n} \cos \varphi} = \frac{630}{\sqrt{3} \times 6.3 \times 0.8} = 72.2A$$

发电机二次额定电流计算

$$I_{2n} = \frac{I_{1n}}{n_{LH}} = \frac{72.2}{15} = 4.8A$$

差动电流启动定值 $I_d >$ 的整定

$I_d >$ 为差动保护最小动作电流值, 应按躲过正常发电机额定负载时的最大不平衡电流整定

$$I_d > = K_{rel} \times 2 \times 0.03 I_{2n} = 1.5 \times 2 \times 0.03 \times 4.8 = 0.432A$$

$$\text{或 } I_d > = K_{rel} \times I_{unb.0}$$

比率制动系数的整定

比率差动起始斜率

$$K_1 = K_{cc} \times K_{cr} \times K_{ap} \times K_{rel} = 0.5 \times 0.1 \times 2 \times 1.5 = 0.15$$

最大不平衡电流，不考虑同型系数

$$I_{unb.max} = K_{ap} \times K_{cr} \times I_{k.max} = 3 \times 0.05 \times 19.2 = 2.88A$$

比率差动最大斜率为

$$K_2 = \frac{K_{rel1} \times I_{unb.max}^* - I_d}{I_{k.max}^* - K_{b2} - K_{b1}} > -K_1 \times (K_{b2} - K_{b1}) \times K_{rel2} = 0.5$$

拐点电流的整定

根据前面分析和差动保护工作原理，第一个拐点电流 $K_{b1}I_n$ 通常设在发电机额定左右，即 K_{b1} 在 1 左右。第二个拐点电流 $K_{b2}I_n$ 通常设为 2-6 倍的额定电流，即 K_{b2} 在 2-6 之间。

差动速断保护

差动速断保护是纵差保护的一个补充部分，一般需躲过机组非同期合闸产生的最大不平衡电流。对于大机组，一般可取 3-4 倍额定电流。

发电机后背保护 RCX-988 发电机后备保护测控装置

保护动作原理

I—II 段复合电压闭锁过电流保护

本装置设三段复合电压闭锁过电流保护，三段保护及时间定值可单独整定；根据实际情况可选择本侧复合电压或对侧复合电压来启动过电流保护。为了防止由于 PT 断线或 PT 失压时出现的电压降低，在出现此类电压告警信号时，保护将自动退出负序电压与低电压的闭锁。

定子接地

对于定子绕组中性点不接地的发电机，定子接地保护主要有以下三种

- a. 反应基波零序电流的发电机定子绕组单相接地保护；
- b. 反应基波零序电压的发电机定子绕组单相接地保护；
- c. 双频式 100% 保护范围发电机定子绕组保护；

三种定子接地保护可根据实际情况选用其中一种。

反应零序电流的发电机定子绕组单相接地保护

这种保护方式通常用于直接连在电压母线上运行的发电机，因为这时与发电机有电联系的元器件比较多，外接元器件每相对地电容比较大，从外接元器件流

来的电容电流也较大。因此，其定子接地故障时的接地电流也比较大，当电流大于或者等于允许值时，应装设动作于跳闸的定子单相接地保护。

当发生外部相间短路而动作，可通过引入闭锁信号，使保护可靠闭锁，当无法引入外部相间短路信号时，可以通过延时来避开外部相间短路的影响。当无外部相间短路，零序电流大于整定值，且断路器处于合闸状态时，相应定时器启动定时，当定时器时间大于整定时间时，保护动作（报警或跳闸）。

$$|I_0| \geq I_{0set}$$

$$t \geq t_{set}$$

复合电压过流保护

（1）电流继电器的整定计算

电流继电器的动作电流应按躲过发电机额定电流整定，计算公式如下

$$I_{set} = \frac{K_{rel}}{K_r} I_{2n} = \frac{1.3}{0.85} \times 4.8 = 7.34A$$

电流继电器灵敏系数校验

$$K_{sen} = \frac{I_{k.min}^{(2)}}{I_{set}} = \frac{15.2}{7.34} = 2.07A$$

（2）低电压元件取线电压，动作电压 $U_{l.set}$ 可按下式整定

$$U_{l.set} = 0.7U_n = 0.7 \times 63 = 44.1V$$

灵敏系数按主变高压侧母线三相短路的条件校验

$$K_{sen} = \frac{U_{l.set}}{X_t \times I_{k.max}^{(3)}} = 2.3$$

（3）负序电压继电器整定计算

负序电压继电器应按躲过正常运行时出现的不平衡电压整定，一般可取

$$U_{2.set} = (0.06 - 0.08)U_n = 0.07 \times 63 = 4.41V$$

灵敏系数应按主变高压侧母线两相短路的条件校验

$$K_{sen} = \frac{U_{2.min}}{U_{2.set}} = 1.9$$

（4）时间元件整定

按大于升压变后备保护的动作时间整定，动作于解列或停机。

定子接地保护

零序电流型定子接地保护

此保护取发电机机端零序电流，经滤波得基波，其动作电流为

$$I_{e.set} = 0.05 \times (1 - K_{er}) \frac{1 - \Delta U\%}{1 + \Delta U\%} \times \frac{I_K}{n_a} \times \frac{I_{2n}}{I_{2n} + \Delta I_{er}}$$

$$= 0.05 \times 0.97 \frac{0.9}{1.1} \times 28.3 \frac{4.8}{4.8 + 0.05} = 1.11A$$

基波零序过电压保护

基波零序电压保护；灵敏段取中性点零序电压， $U_{n0.set}$ 应躲过正常运行时中性

点单相电压互感器的最大不平衡电压 $U_{unb.max}$ 整定

$$U_{n0.set} = K_{rel} \times U_{unb.max} = 25V$$

转子接地保护

发电机技术条件规定：对于空冷和氢冷的汽轮发电机，励磁绕组的冷态绝缘电阻不小于 $1M\Omega$ ，直接水冷却的励磁绕组，其冷态绝缘电阻不小于 $2K\Omega$ 。水轮发电机通运技术条件规定：绕组的绝缘电阻在任何情况下多不低于 $0.5K\Omega$ 。
A 转子一点接地保护灵敏段一般整定： $10-20K\Omega$ ，动作与信号。

B 转子一点接地定值：对于水轮发电机，空冷及氢冷汽轮发电机，一般整定 $5-10K\Omega$ ；对于直接水冷的励磁机组，整定 $2.5K\Omega$ 。转子一点接地延时动作于信号或停机。

C 转子两点接地位移值一般整定为 $1\%-10\%$ 。转子一点接地保护动作后延时自动投入。

定子过电压保护

定子过电压保护的整定值，应根据电机制造厂提供的允许过电压能力或定子绕组的绝缘状况整定。

对于采用可控硅励磁的水轮发电机：

$$U_{h.set} = 1.5U_{2n} = 1.5 \times 63 = 94.5V \text{ 延时 } 3s \text{ 动作与解列灭磁。}$$

频率异常运行保护

300MW 及以上的汽轮发电机，运行时允许其频率变化的范围为： $48.5-50.5Hz$

定子绕组过负荷保护

定时限过负荷保护

动作电流按发电机长期允许的负荷电流下能可靠返回的条件整定。

$$I_{set} = K_{rel} \frac{I_{2n}}{K_r} = 1.05 \times \frac{4.8}{0.85} = 5.93A$$

反时限过负荷保护

保护下限启动电流值，按与定时限过负荷保护配合的条件整定。

$$I \geq K_{c0} K_{rel} \frac{I_{2n}}{K_r} = 1.05 \times 1.05 \frac{4.8}{0.85} = 6.23 \text{ A}$$

6.2.2 变压器保护

变压器保护采用 RCS-9000 系列 C 型变压器保护测控装置

变压器主保护 RCS-9671C 变压器差动保护装置

应用范围

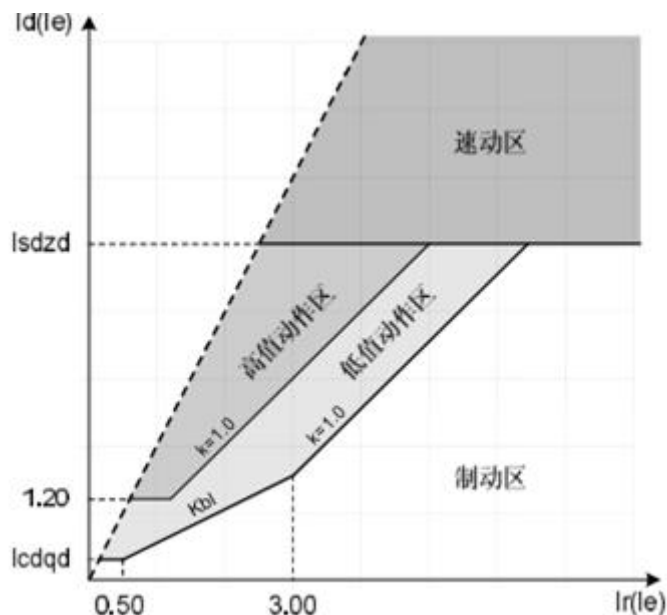
RCS-9671C 装置为由多微机实现的变压器差动保护，适用于 110KV 及以下电压等级

的双圈、三圈变压器，满足四侧差动的要求。

保护配置

- 1) 差动速断保护；
- 2) 比率差动保护（经二次谐波制动）；
- 3) 中、低侧过流保护；
- 4) CT 断线判别。

差动速断保护。差动保护动作特性曲线如下图所示。



变压器保护整定计算

1. 差动保护整定计算

(1)平衡系数的计算，装置通过变压器容量，变压器各侧额定电压和各侧 TA 变比及接线方式的整定，装置自动进行各侧平衡系数的计算，通过软件进行 Y/Δ 转换以及平衡系数调整。平衡系数的内部算法如下

$$\text{对于变压器 Y 侧 } K_{ph1} = \frac{U_{1n} \times CT_{11}}{S}$$

$$\text{对于变压器 } \Delta \text{ 侧 } K_{ph2} = \frac{\sqrt{3} \times U_{2n} \times CT_{21}}{S}$$

$$\text{对应变压器 Y 侧 } I_{e1} = \frac{S \times CT_{12}}{U_{1n} \times CT_{11}}$$

$$\text{对应变压器 } \Delta \text{ 侧 } I_{e1} = \frac{S \times CT_{22}}{\sqrt{3} U_{2n} \times CT_{21}}$$

(2)比率差动保护

a 差动保护启动电流的整定。

I_{edqd} 为差动保护最小动作电流，应按躲过正常变压器额定负载时的最大不平衡

电流整定，即： $I_{edqd} \geq K_{rel}(K_{er} + \Delta U + \Delta m)I_e = 1.92A$

b 比率差动制动系数（斜率）的整定。

普通两绕组变压器差动回路最大不平衡电流 $I_{unb.max}$ （二次侧）

$$I_{unb.max} = (K_{ap}K_{ec}K_{er} + \Delta U + \Delta m)I_{k.max} (1 \times 1 \times 0.1 + 5\% + 0.05) \times 20 = 4A$$

差动门槛电流（二次值）

$$I_{op.max} \geq K_{rel}I_{unb.max} = 1.3 \times 4 = 5.2A$$

最大制动系数

$$K_{res.max} \geq \frac{I_{op.max}}{I_{res.max}} = 0.5$$

c 二次谐波制动比的整定。

在利用二次谐波制动来防止励磁涌流误动的差动保护中，二次谐波制动比表示电流中的二次谐波分量与基波分量的比值。一般二次谐波制动比可整定为 0.1-0.2。

(3)差动速断保护

差动速断保护可以快速切除内部严重故障，防止由于电流互感器饱和引起

的纵差保护延时动作。其整定值应按躲过变压器的励磁涌流，最严重外部故障时的不平衡电流及电流互感器饱和等整定，一般可取：

$$I_{cdsd} = KI_e = 7 \times 4.8 = 33.6A$$

注意装置的差动速断电流值的整定计算是以变压器的二次额定电流为基准。若在实际整定计算中差动速断电流整定值是归算到变压器某一侧的电流有名值，则将这一有名值除以变压器这一侧的变压器二次额定电流，即为保护装置的整定值（标么值）。

变压器后背保护 RCS-9681C 变压器后备保护测控装置应用范围

RCS-9681C 为用于 110KV 电压或以下等级变压器的 110KV 或 35KV 或 10KV 侧后备保护装置。

保护配置

- 1) 五段复合电压闭锁过流保护（可带方向，方向灵敏角 45/225），一段过流保护；
- 2) 接地零序保护（三段零序过流保护，I、II 段各二时限可经方向闭锁，III 段一时限可选跳闸或报警）
- 3) 不接地零序保护（一段定值二段时限的零序过压保护、一段定值二段时限的间隙零序过流保护（跳闸或报警））；可通过控制字选择间隙零序电压过流保护方式。
- 4) 保护出口采用跳闸矩阵方式，可灵活整定；
- 5) 过负荷发信号；
- 6) 启动主变风冷；
- 7) 过载闭锁有载调压；

后背保护整定计算

（1）复合电压启动式电流保护。

A 电流继电器的整定计算。

$$I_{op} = \frac{K_{rel}}{K_r} I_n = \frac{1.2}{0.95} 4.8 = 6.06A$$

B 低电压继电器的整定计算

$$U_{op} = (0.5 - 0.6) U_n = 54.5V$$

C 负序电压继电器的整定计算

$$U_{op2} = (0.06 - 0.08) U_{\phi n} = 7V$$

D 灵敏度校验

电流继电器灵敏度校验

$$K_{sen} = \frac{I_{k.min}^{(2)}}{I_{op}} = 1.58$$

低电压继电器灵敏度校验

$$K_{sen} = \frac{U_{op}}{U_{c.max}} = 2.1$$

负序电压继电器灵敏度校验

$$K_{sen} = \frac{U_{k.2.min}}{U_{op.2}} = 2.3$$

零序过流

(1) 零序电流继电器整定。

中性点直接接地的普通变压器接地保护可由两段式零序过电流组成。

I 段零序过电流继电器的动作电流应与相邻线路零序过电流保护第 I 段或 II 段或快速主保护配合。

$$I_{0p.0.I} = K_{rel} K_{brI} I_{op.0.II}$$

II 段零序过电流继电器的动作电流应与相邻线路零序过电流的后备段相配合

$$I_{0p.0.II} = K_{rel} K_{brII} I_{op.0.III}$$

零序电流继电器灵敏度校验

$$K_{sen} = \frac{3I_{k.o.min}}{I_{op.o}}$$

6.2.3 输电线路保护

输电线路保护采用 RCX-971 线路型微机保护测控装置

保护动作原理

①. 速断

1. RLP1 速断—“投”；

2. 保护电流 IA (IB) IC 任何一相采样值 $\geq$ 电流速断定值 (Idz0)

保护立即出口 C7/C8，同时驱动事故信号继电器 C1/C3 (10s 后返回)。面板事故灯亮。

②. 限时速断

1. RLP3 限时速断—“投”；

2. 保护电流 IA (IB) IC 任何一相采样值 $\geq$ 限时速断定值 (Idz1)

3. 加入电流时间 $\geq$ 限时速断延时 t_{zd1}

保护立即出口 C7/C8，同时驱动事故信号继电器 C1/C3（10s 后返回）。面板事故灯亮。

③. 过电流

1. RLP6 过电流—“投”；

2. 保护电流 I_A (I_B) I_C 任何一相采样值 $\geq$ 过电流定值 (I_{dz2})3. 加入电流时间 $\geq$ 过电流延时 t_{zd2}

保护立即出口 C7/C8，同时驱动事故信号继电器 C1/C3（10s 后返回）。面板事故灯亮。

说明：以上三段式保护若投入方向，则在此方向内才动作：

相间带方向；（“投”时指向负荷：允许有 $\pm 3^\circ$ 的误差）

$U_{bc} = -90^\circ$ 时， I_a 动作范围： -135° 到 45° ；

$U_{ca} = 150^\circ$ 时， I_b 动作范围： 105° 到 285° ；

$U_{ab} = 30^\circ$ 时， I_c 动作范围 -15° 到 165° ；

④. 重合闸

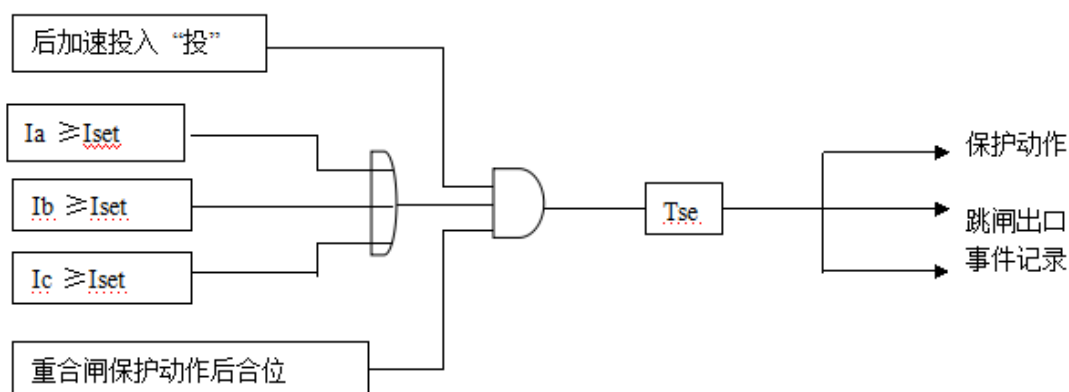
1. RLP12 重合闸—“投”；重合闸检无压—“退”、重合闸检同期—“退”；

2. 开关在合位—经过 15S 后重合闸充电完成，然后液晶上显示—充电

3. 速断/限时速断/过电流中任何一段动作（电流立即撤除或者小于动作值）

3. 经过延时 $\geq$ 第一次重合闸延时 T_{chzd1} 保护立即出口 C9/C10。面板事故灯亮。

⑤. 重合闸后加速



T_{set} ：后加速整定时间 I_{set} ：对应需加速动作的保护定值

⑥. 过负荷

1. RLP9 过负荷—“投”；

2. 保护电流 I_A (I_B) I_C 任何一相采样值 $\geq$ 过负荷定值 (I_{dz3})3. 加入电流时间 $\geq$ 过负荷延时 t_{zd3}

保护立即驱动告警信号继电器 C2/C3（10s 后返回）。面板告警灯亮。

说明：过负荷若需要跳闸，则需要

1. RLP9 过负荷—“投”；
2. RLP10 过负荷跳闸—“投”
3. 保护电流 I_A (I_B) I_C 任何一相采样值 $\geq$ 过负荷定值 (I_{dz3})
4. 加入电流时间 $\geq$ 过负荷延时 t_{zd3}

保护立即出口 C7/C8，同时驱动事故信号继电器 C1/C3 (10s 后返回)。面板事故灯亮。

⑦．零序过流

1. RLP22 零序过流—“投”；
2. 零序电流 $3I_0$ 采样值 $\geq$ 零序过流定值 (I_{odz})
加入电流时间 $\geq$ 零序过流延时

保护立即驱动告警信号继电器 C2/C3 (10s 后返回)。面板告警灯亮。

说明：零序过流若需要跳闸，则需要

1. RLP22 零序过流—“投”；
2. RLP25 零序过流跳闸—“投”；
加入电流时间 $\geq$ 零序过流延时

保护立即出口 C7/C8，同时驱动事故信号继电器 C1/C3 (10s 后返回)。面板事故灯亮。

⑧．低频减载

1. RLP19 低频减载—“投”；
2. 保护装置频率采样值 $\leq$ 低频减载定值 (f_{dz1})
3. (保护装置频率采样值 $\leq$ 低频减载定值 (f_{dz1}) 的时间 $\geq$ 低频减载 I 延时 t_{fzd1})

保护立即出口 C7/C8，同时驱动事故信号继电器 C1/C3 (10s 后返回)。面板事故灯亮。

⑨．母线接地报警

1. RLP26 母线接地报警—“投”；
2. 保护装置零序电压采样值 $\geq$ 母线接地定值 ($3U_{o2}$)；
3. (保护装置零序电压采样值 $\geq$ 母线接地定值 ($3U_{o2}$) 的时间 $\geq$ 母线接地延时 (t_{zd3}))

保护立即驱动告警信号继电器 C2/C3 (10s 后返回)。面板告警灯亮。

⑩．PT 断线报警

1. RLP27 PT 断线报警—“投”；
2. 保护装置零序电压采样值 $\leq$ PT 断线定值 ($3U_{o1}$)；
3. 最大相电压与最小相电压的差值 $\geq$ PT 断线定值，或计算的零序电压值 $\geq 10V$
4. (保护装置零序电压采样值 $\leq$ PT 断线定值 ($3U_{o1}$)) 的时间 $\geq$ PT 断线延时 (T_{zd3})

满足上面四个条件装置延时 10s，PT 断线报警动作，保护立即驱动告警信号继电器 C2/C3（10s 后返回）。面板告警灯亮

⑪．低电压

1. RLP28 低电压—“投”；开关在合位状态下
2. 任何两相线电压采样值 $\leq$ 低电压定值（Udz1）
3. 低电压采样延时时间 $\geq$ 低电压延时（tuzd1）

保护立即出口 C7/C8，同时驱动事故信号继电器 C1/C3（10s 后返回）。面板事故灯亮。

⑫．控制回路断线

1. RLP11 控制回路断线—“投”；
2. 保护装置控制回路断线时间 $\geq$ 控制回路断线延时（Tdz3）；

保护立即驱动告警信号继电器 C2/C3（10s 后返回）。面板告警灯亮。

说明：控制回路断线状况如下：

若开关在合位状态下，发“控制回路断线”信息，则跳闸线圈回路断开；

若开关在分位状态下，发“控制回路断线”信息，则合闸线圈回路断开；

若开关的分合位指示灯都采集到，发“控制回路断线”信息；

若开关的分合位指示灯都没有采集到，也发“控制回路断线”信息；

线路保护整定计算

二次侧额定电流

$$I_{e2} = \frac{p}{\sqrt{3} \times U \times N} = \frac{1260}{\sqrt{3} \times 35 \times 6} = 3.46A$$

电流速断定值

$$I_{dz0} = 6I_{e2} = 6 \times 3.46 = 20.76A$$

限时速断定值

$$I_{dz1} = 4I_{e2} = 4 \times 3.46 = 13.84A$$

过电流定值

$$I_{dz2} = 2.5I_{e2} = 2.5 \times 3.46 = 8.65A$$

过负荷定值

$$I_{dz3} = 1.2I_{e2} = 1.2 \times 3.46 = 4.152A$$

7 计算机监控系统总体设计

7.1 计算机监控系统的功能要求

a 数据采集

现场数据包括模拟量、非电量、温度量、扫查开入量、中断开入量、数字量、脉冲量、串行口通讯量等，基本由 LCU 采集，少量由通讯服务器采集。采样分定周期和变周期两种。预处理包括有效性、合理性判断，软件滤波，输入线路误差补偿，标度变换，越限比较以及格式化，报警或变位时间标记等，开入量还包括输入硬件防抖滤波和软件抗干扰滤波。上述功能一般由现地控制层或电站控制层完成，个别情况下也可由梯级控制层完成。针对巨型机组特大型电站数据量多、实时性要求高的特点，按数据类型采用多 TCP/IP 连接并行工作模式以及多子进程、多线程技术，在同一数据扫描周期内完成多重数据传送请求与处理，满足特大型机组海量数据的高实时性数据采集的要求。

b 综合参数统计、计算与分析

根据实时采集到的数据进行周期、定时或召唤计算分析，形成各种计算数据库与历史数据库，帮助运行人员对有关电厂设备的运行进行全面监视与综合管理，如：运行阻抗计算与监视、机组平均耗水率、平均效率计算、机组温度分析计算、电量分项分时累加，峰谷分项累加、水量累加计算、主要动力设备运行统计计算。

c 安全监视与模糊查询

安全监视是监控系统的重要功能之一。正常运行时，运行人员能通过系统的人机联系手段，对梯级各电站的各类设备运行状况进行监视管理，当发生异常时，能对发生的异常情况进行记录，并发出语音、声光信号报警，根据预定的策略进行处理，并能为运行人员查找原因提供非常方便的手段。必要时，能将报警信号送入电话系统或传呼系统。

监控系统提供模糊查询功能，运行维护人员可根据报警信号类型、信号源的设备、电站以及时间段进行分类、筛选、搜索和查询各类报警信号，便于在众多的报警信号中迅速挖掘出与某一电站、某一设备、某一信号在某一时间段内的运行情况。各模糊查询选项可任意组合。

d 语音报警、电话自动报警及查询

监控系统可对系统数据库进行设置定义，当发生事故时，监控系统可根据定义声光信号，进行语音报警、电话自动报警、传呼报警或手机短信息报警，实现 On-call。根据需要，可将几个电话、手机或传呼机号码按一定的优先级顺序排列，发生事故时，系统根据定义的顺序依次进行呼叫，自动启动电话、手机短信息或传呼系统进行报警。系统还提供电话查询功能，On-call 人员或其它

人员均可通过电话查询有关电站设备的当前运行情况，如有无故障及故障报警信息，重要运行参数等。

On-call 技术已成为水电厂实现“无人值班”（少人值守）的重要设备。

e 模拟光字牌

光字牌是电站运行人员比较熟悉的运行设备。监控系统可提供两种形式的光字牌，一种以硬件的方式设置在 LCU 的盘面上，另一种在上位机工作站以画面的方式模拟光字牌。

f 画面显示

监控系统采用开放的图形硬件平台，人机界面软件基于最新的 GTK 图形标准，具有程序编程代码运行效率高、可在 Unix 和 Windows 两个平台下运行的特点，保持在数据模型及数据代码的兼容的特点，实现平台之间图形系统源代码级的兼容。人机联系软件界面新颖美观大方，显示直观易懂，操作手段简便、灵活，支持国际语言，具有多窗口无级缩放、矢量汉字、细节显示等功能，面向目标编程，全鼠标驱动，图形操作，多级下拉式菜单加多级弹出式菜单操作，人机界面非常友好，具有面向对象操作的特点。全部人机联系工作站具有交互作图功能，并可显示多媒体图形。

系统向用户提供了便利的图形及报表开发工具软件，系统对用户开发的画面数量原则上不做限制。同时，系统的性能指标不会因为画面或图表数量的增加而受影响。

信息可采用图形、数字、信号灯、表格、曲线等表示方式，表现方式灵活多样，并可采用立体三维、实时动画的方式。系统还可方便地采用专业图形表示电站的运行状态，如发电机 P-Q 图、闸门水位图、模拟仪表等。

g 事故追忆与回放 (PDR)

事故追忆功能可记录触发事件发生前后全部断面数据，记录时间长短可定义。用户可定义不同的事故追忆内容。PDR 记录的数据包括预定义的模拟量、状态量等数据。触发方式包括扰动触发、人工触发等。

事件过程记录数据可浏览和重演，并可以单线图、表格等方式重现。

h 点信息查询功能

系统画面中的每一个动态连接点都有一个点信息按钮，可以方便地访问该点在数据库中的全部信息，如点名、输入输出地址等，对于现场调试、数据库 IO 点的管理维护非常方便。

i 自动发电控制 (AGC)

主要根据系统对梯级有关电站的要求，如调功、调频等运行方式，对系统的频率、稳定极限进行监视，自动进行有关电站机组起、停控制，机组有功功率自动调整，低频自起动与高周减出力，减轻运行人员的劳动强度，提高电能生产质量，满足新型的电力市场对电力生产单位的电能质量的要求。

j 自动电压控制 (AVC)

主要根据给定的有关电站高压母线电压控制曲线，监视高压母线电压变化，自

动调节有关电站机组无功功率,使有关电站的母线电压维持在给定的控制曲线范围内。

k 自动电压控制(AVC)

主要根据给定的有关电站高压母线电压控制曲线,监视高压母线电压变化,自动调节有关电站机组无功功率,使有关电站的母线电压维持在给定的控制曲线范围内。

l 数据库管理

系统的 RTDB 实时数据库为网络型分布式数据库,所有数据共享都通过网络服务实现。系统的服务器保留完整的系统实时数据库和历史数据库,其他各点一般只保留完整的实时数据库。数据库的数据具有多种存取方式,即可顺序存取,亦可直接存取,网络透明,用户不必考虑数据的存储地点。

7.2 系统整体结构简介

水电厂计算机监控系统目前均按对象设计,采用分层分布、开放式网络系统结构,具有典型的三层结构:主控层、通信层、现地层。

①主控层

主控层又称上位机管理层或站控层,采用以太网等通信结构,根据需要可设置操作员站、工程师站、数据服务器、通信工作站、打印机、卫星时钟等,形成电气系统的监控、管理中心。

主控层按设备划分为计算机设备(工作站),通讯网络接口设备、打印设备,不间断电源设备,卫星同步对时设备,中文语音报警设备等。计算机设备(工作站)数目随电厂情况而定,都选用高档工控机,实现站内监视,控制操作。网络打印机可选用激光、喷墨或针式打印机。通信工作站上还可配置马赛克返回屏控制软件,实时刷新返回屏信号及数据。

主控层采用开放的 Windows2003 Professional(专业版)或 server(服务器)操作系统,数据库采用分布式数据库结构,根据节点的不同功能配置相应的数据库,应用软件采用模块化、对象化、结构化设计,具有一定的完整性和独立性,软件另有维护诊断工具,可对人机界面进行维护以满足不同用户对显示画面、打印图表的不同格式的要求。

②通信层

通信层又称通信管理层或通信网络层,采用通信管理机、交换机等实现规约转换和装置通信。由于现场保护测控装置等智能设备数量多,一般机组、主变、线路、厂用电、公用子系统和和其他智能设备可分别组网,保证了系统的实时性和稳定性。

各子系统可分别设置通信管理机,根据需要可为双机冗余设计。各通信管理机接于上位机层以太网,同时可以经以太网/CAN/RS-485/232 通信口直接与相应机组 LCU 的电气控制器 PLC 相联,实现数据交换。

通讯网络结构采用以太网、CAN、RS-485 总线,可配置成双网冗余结构方式,

网络介质可为同轴电缆线，屏蔽双绞线，光纤等。

③现地层

现地层又称现地控制单元，现地控制单元(LCU)具备保护、测量及控制等所有功能,并遵循保护相对独立和动作可靠性的原则,现地控制单元不依赖于通讯网络和上位机管理层,能独立完成监控和保护的功能,符合部分标准要求。

现地控制单元由控制器、测控单元、保护单元及自动准同期装置等其它装置组成,具备数据采集和处理、安全监视、控制与调节、同期并网、测量、顺序控制、数据通信、自诊断等功能。现地层通过以太网等通信层接入主控层。

7.3 水电站监控系统的目的和意义

- A 减员增效，改革水电站值班方式
- B 优化运行，提高水电站发电效益
- C 安全稳定，保证水电站电能质量
- D 竞价上网，争取水电站上网机会
- F 简化设计，改变水电站设计模式

7.4 小型水电站计算机监控系统的特点

小型水电站实现自动化，是改善电站运行条件，提高电站综合经济效益的重要措施。与大型水电站相比，小型水电站的自动化设计有以下特点：

- 1 建设资金不充足。这类电站多为地方投资或者集资兴建，资金有限。因此兴建过程中往往力求设备简单，价格低廉，以节省投资。
- 2 运行方式变化大。小型水电站一般水库容量很小，运行方式受降雨量影响较大，而用电规律受生产季节与生活用电的影响极大，因而运行方式变化大，机组启停频繁。
- 3 电压变化极大。农村电站往往为独立供电，农村用户分散，输送距离远，负荷变化幅度极大，因而电压变化幅度大。为了照顾首末端用户的使用电压，电压的设定和调节频繁。
- 4 无特殊用户。农村电站供电对象一般为乡镇加工企业和生活照明用电。没有要求不停电、高电能质量的特殊企业及单位。
- 5 技术力量薄弱。农村电站的运行维护人员一般均为非专业院校的技术人员，不可能去面对复杂、繁多的自动化装置和应付复杂的运行方式。
- 6 技术更新费用少。农村小型水电站的年维护更新费用非常有限，不可能像大中型水电站那样有计划地进行更新和完善。

7.5 计算机监控系统设备清单

发电机 LCU

****:** 镇安枣园水电站电气一二次设计

升压站及公用 LCU 屏

计量屏

高频开关直流电源

直流馈电屏

蓄电池屏

8 机组的控制与调节

8.1 机组调控的功能及任务

机组 LCU 屏主要实现对机组主辅设备的监视、控制。机组 LCU 有如下功能：

1) 数据采集与处理功能

机组 LCU 能实现对机组主辅设备的运行状态,运行参数及测量值进行实时采集、处理,并存入实时数据库,作为实时监视、告警、控制、制表,计算和处理的依据。数据采集的对象包括模拟量、开关量、温度量、电度量等。

a) 模拟量

模拟量分为电气模拟量、非电气模拟量及温度量。

电气模拟量采用交流采样的方式采集,定时采集 CT、PT 的电流、电压信号,计算得出电流、电压、功率、频率等相关数值。非电气模拟量和部分电气模拟量采用 4-20mA 模拟量采集方式实现,对模拟量信号的处理包括回路断线检测、数字滤波、误差补偿、数据有效性合理性判断、标度换算、梯度计算、越复限判断及越限报警等。非电气模拟量输入采用 WS 系列隔离器,以保证较好的效果。模拟量经工程及格式化处理后存入实时数据库。

b) 开关量

开关量包括事件顺序记录(SOE)开关量和普通开关量两种。开关量信号的处理包括光电隔离、硬件及软件滤波、基准时间补偿、数据有效性合理性判断、启动相关量处理功能(如启动事件顺序记录、事故报警、自动推出画面以及自动停机等),最后经格式化处理后存入实时数据库。

SOE 开关量指事故、断路器分合及重要电气、水机保护的动作信号。监控系统采用快速扫查方式检测这些动作信号并以毫秒级的时间分辨率进行记录。

普通开关量是指除 SOE 开关量以外的各类故障信号、报警信号、隔离开关位置、设备状态等。监控系统对普通开关量的采集为定时扫查方式。

c) 综合量

综合量包括综合开关量和综合模拟量,是对上述采集的量进行四则逻辑运算得到的量,如机组状态,母线状态,断路器,保护动作次数等。

2) 安全运行监视功能

a) 状态监视和事件报警、事件顺序记录。

b) 越复限检查和梯度越限检查和报警。

c) 设备的状态监视变化趋势和参数显示。

d) 系统事故或运行设备工作异常时,监控系统能自动输出音响报警。

3) 控制和调节功能

a) 机组 LCU 设置必要的现地监控设备完成现地监控功能,可以接收主控级

的命令完成远方操作控制功能

b) 机组开、停机顺序控制功能

c) 机组 LCU 具有在开、停机过程中，中断顺控程序后能直接进行停机的功能。

d) 机组事故停机及紧急停机控制功能

e) 机组 LCU 接到机组事故停机或紧急停机命令后，启动事故停机或紧急停机程序，进行事故停机或紧急停机控制。

4) 机组辅助设备的控制功能

机组 LCU 接到机组辅助设备启停控制命令后，启动辅助设备启停程序，进行机组辅助设备控制。

5) 控制操作安全性功能

a) 机组 LCU 接收到控制命令后，对该项操作闭锁条件进行检查，只有在符合闭锁条件时才允许操作。

b) 当机组 LCU 在线自诊断到有关模块故障时，将自动禁止相应的控制功能。

c) 机组 LCU 在接受来上级控制命令时，将通过返送校核等步骤保证控制命令传送的正确性。

6) 数据通信功能

机组 LCU 的通信包括以下内容：

a) 作为监控系统中的节点与主控级进行通信，通过 PLC 直接与以太网连接，向上位机发送数据采集和事件信息，接受其下行的控制命令并将执行结果回送主控级。

b) 作为现地控制单元实现和各种智能采集装置等设备的通信。

c) 机组 LCU 通过以太网、串口通信服务器与微机励磁、微机保护、多功能电度表等装置的通信。

7) 自诊断功能

机组 LCU 能在线和离线进行硬件和软件的诊断，硬件诊断到板级，在线诊断到故障后将立即报警，并自动进行冗余切换（如有冗余系统），相关闭锁控制等处理。

8.2 AGC

AGC 即为水电站自动发电控制，是指按预定条件和要求，以迅速、经济的方式自动控制水电厂有功功率来满足系统需要的技术，它是在水轮发电机自动控制的基础上，实现全厂自动化的一种方式。AGC 要根据系统运行情况及机组运行工况等因素，以安全经济运行原则，确定全厂机组开停机台数、机组组合、负荷分配等。电站主设备运行稳定，自动控制装置动作可靠是 AGC 正常投入运行的前提条件。从目前 AGC 在国内水电站的投运情况来看，基本上都处在探索和逐步成熟阶段，加之 AGC 技术本身又和各电网及电厂实际情况的关系极为密

切，因此，有关的技术要求和规范很难进行统一。

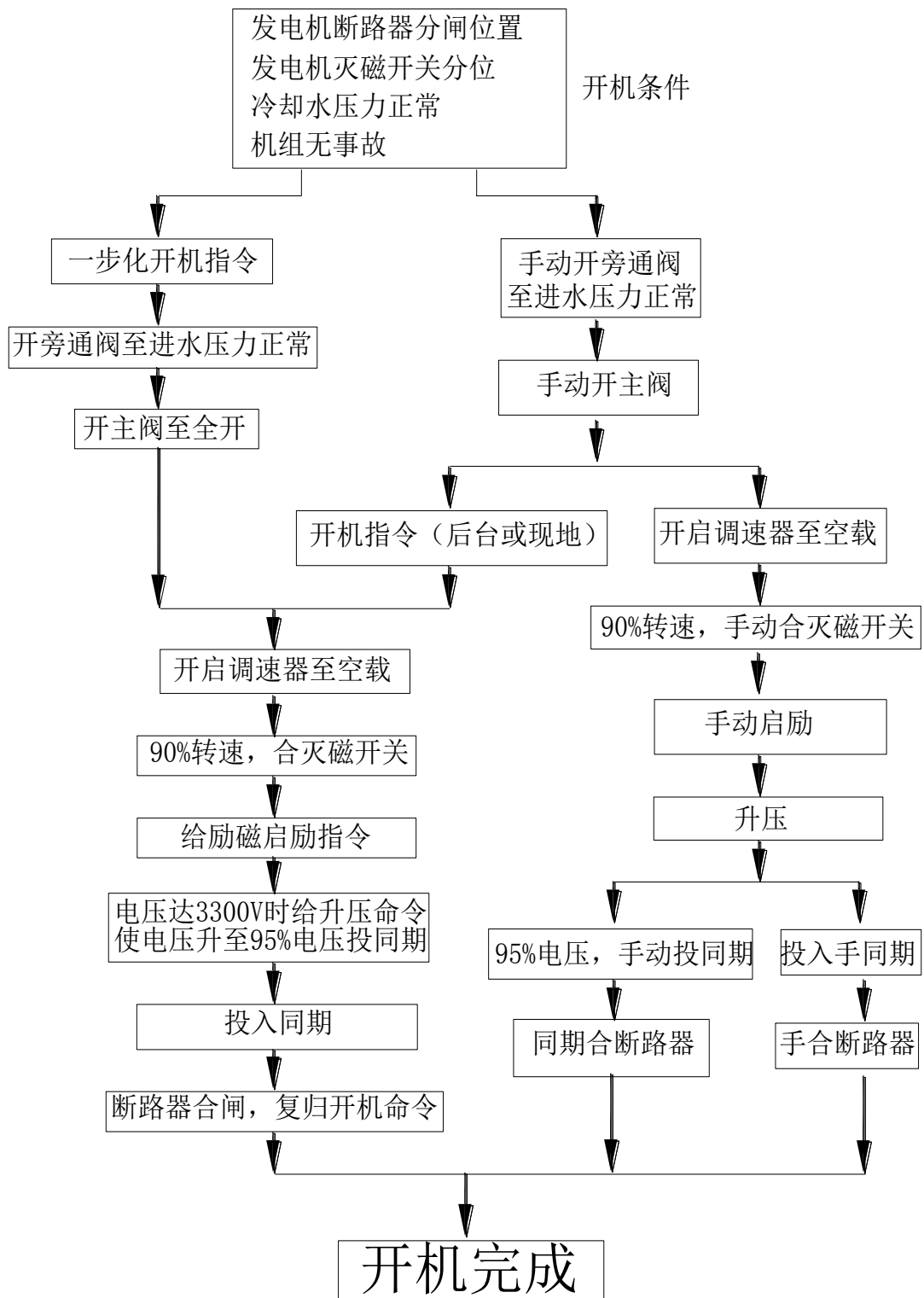
8.3 AVC

根据电网 AVC 系统的不同要求，可以实现电压/无功的当地、遥调和人工优化三种控制模式控制。根据发电机组不同情况，可按平均、比例和等功率因数方式为参与调压的不同机组分配无功目标。在当地方式下可分时段设定电压目标，以模糊控制技术确定动作上下限，达到逆调压的目的。

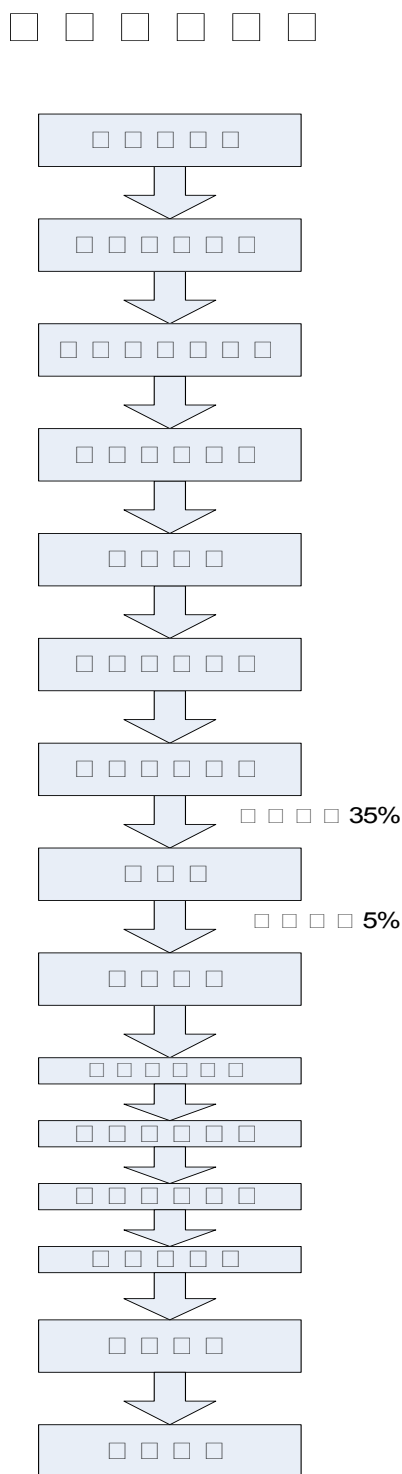
8.4 机组控制流程

开机流程

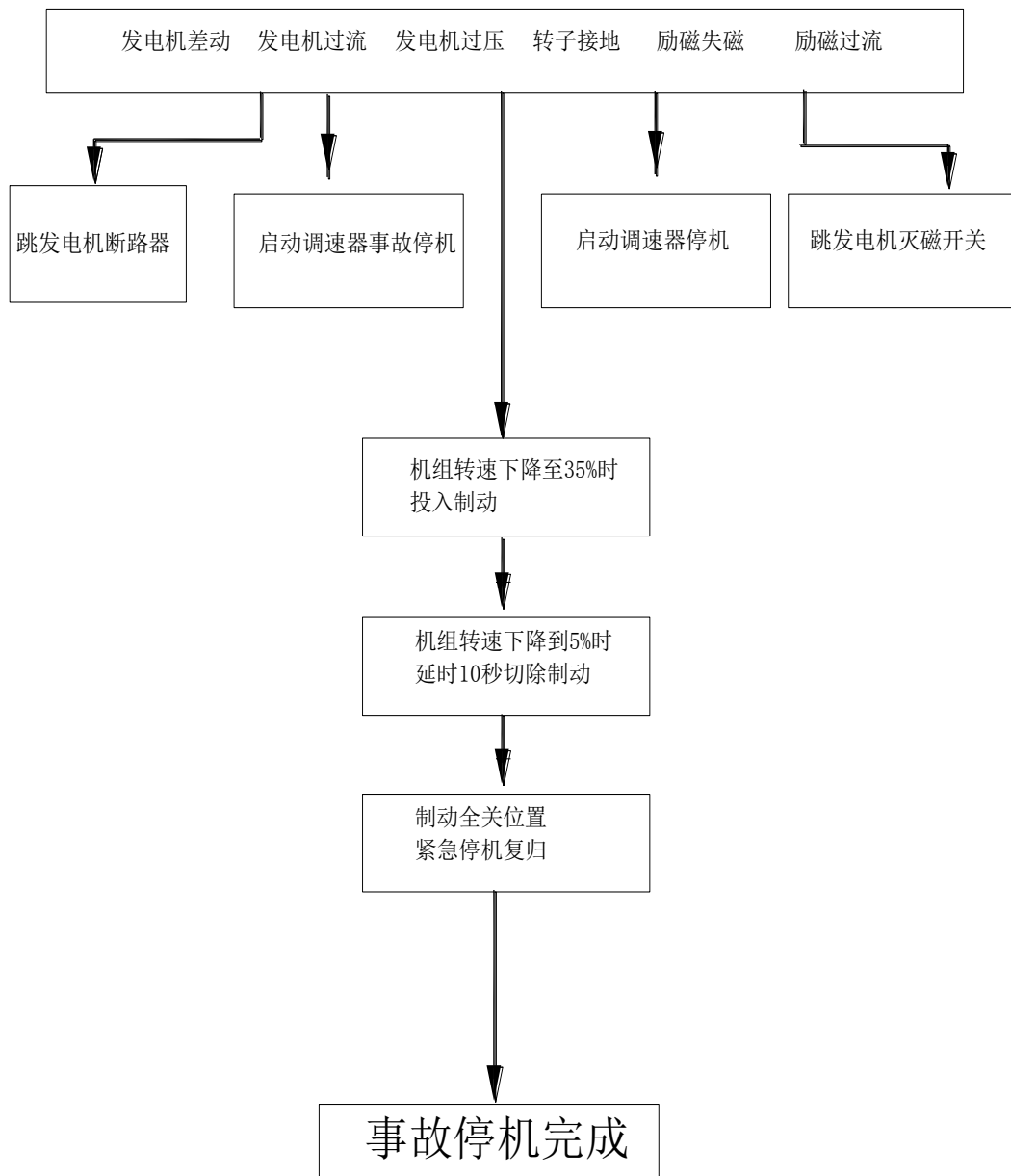
机组处于启动准备状态时，应具备下列条件：蝴蝶阀全开、机组无事故、机组制动系统无压力、接力器锁处于拔出位置、发电机断路器处于断开位置。上述条件具备时，机组启动准备励磁，并通过其接点点亮中控室开机准备灯。此时操作开停机开关发出开机命令机组启动继电器启动，并自保持，同时作用于下列各处：1 开启冷却水电磁配压阀 2 投入发电机灭磁开关 3 接入准同期装置的调整回路，为投入自动准同期装置做好准备 4 接通开限机构的开启回路 5 接通转速调整机构的增速回路 6 启动开、停机过程监视继电器。当机组转速达到额定转速的 90%时，自动投入准同期装置，条件满足时发电机以准同期方式并入系统。



正常停机时，操作开停机控制开关发出停机命令，机组停机继电器励磁，并由其自动接点闭合而保持，不会因自动复归而失磁。然后按预先规定的顺序完成全部停机操作，其操作程序如下：1 启动开停机监视继电器，监视停机过程。2 使转速调整机构反转，卸去全部负载至空载。3 当导叶至空载位置时，发电机断路器跳闸，机组与系统解列。4 导叶关至空载位置和机组与系统解列后，调速器停机导叶关至全关位置；开限自动全关。5 机组转速下降到 35% 时转速信号器动作，使制动系统电磁空气阀励磁而打开，压缩空气进入制动闸对机组进行制动，监视制动时间。6 延时 2min 后延时断开的动断接点断开，使停机继电器复归，制动电磁空气阀励磁，压缩空气自风闸排除解除制动，停机过程结束。

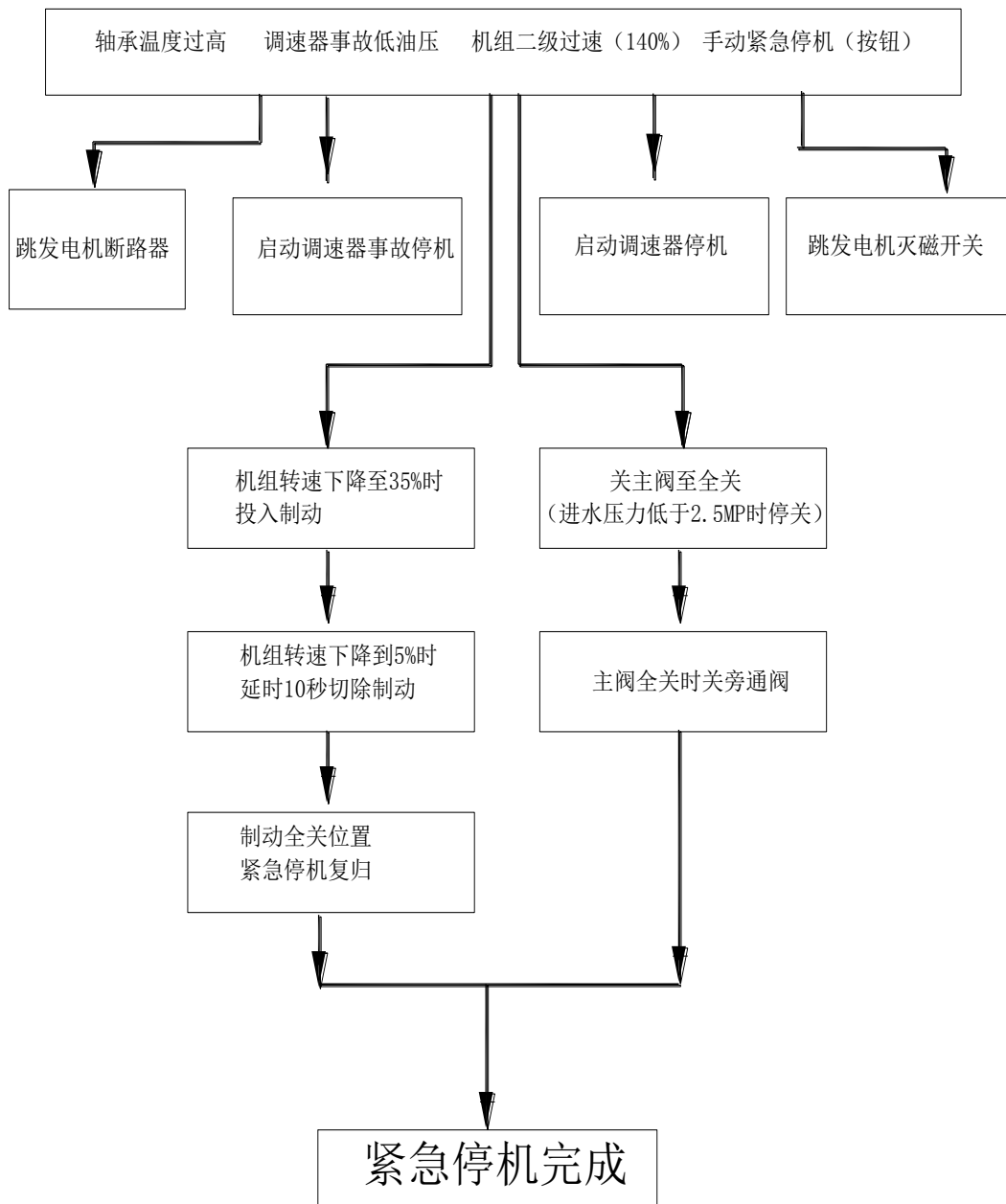


事故停机流程



事故停机与正常停机不同之处，在于前者不等负载减至零，同时使调速器停机电磁阀和停机继电器动作，从而大大缩减停机过程。

紧急停机流程



紧急停机与事故停机的区别，事故停机时不关闭蝴蝶阀，而紧急停机时关闭蝴蝶

8.5 机组 LCU 设计

彩色液晶触摸屏 TPC7062

TPC7062Hi，是一套以嵌入式低功耗 CPU 为核心（主频 600MHz）的高性能嵌入式一体化触摸屏。该产品设计采用了 7 英寸高亮度 TFT 液晶显示屏（分辨率 800×480），四线电阻式触摸屏（分辨率 1024×1024）。

正视图



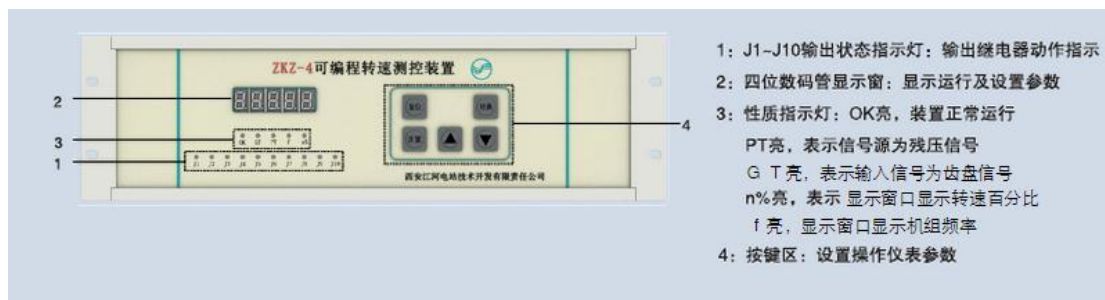
背视图



PLC 控制 CPU 模块 S7-300 S7-300 是德国西门子公司生产的可编程序控制器 (PLC) 系列产品之一。其模块化结构、易于实现分布式的配置以及性价比高、电磁兼容性强、抗震动冲击性能好，使其在广泛的工业控制领域中，成为一种既经济又切合实际的解决方案。



发电机转速表 ZKZ-4 PLC 转速监控装置外接转速脉冲传感器、电压互感器信号实时监测水轮发电机组的转速，并在机组各转速点输出开关量信号和与机组转速对应的模拟量信号，为自动开、停机及电厂监控系统服务。



智能电量采集仪 PZ 系列交流检测仪表

该系列仪表采用交流采样技术，能分别测量电网中的电流、电压、功率、功率因数和电能等参数，可通过面板薄膜开关设置倍率。带 RS-485 通讯接口，采用 Modbus 或 Profibus 协议；也可将电量信号转换成标准的直流模拟信号输出；或带开关量输入/输出，继电器报警输出等功能。



DZZB-6 微机自动准同期装置

发电机准同期并列是发电厂一项很频繁的日常操作，为了保证安全快速地将发电机组并入电网，必须使用准同期装置。

DZZB-6 微机自动准同期装置是新一代微机型数字式全自动并网装置，它采用 80C196 单片机为核心，以高精度的时标计算频差、相位差，以毫秒级的精度确定合闸提前时间，可实现快速全智能调频、调压。由于不仅考虑了并网时的频差，还考虑了其变化率（通常说的加速度），同时还采用了合闸角的预测技术，因此可以保证在频差压差合格的第一个滑差周期将待并侧在无相差的情况下并入电网。不仅节约发电机并网前的空转能耗，更关键的是对于保证电力系统事故时快速投入备用机组，保证电力系统事故解列后快速再并网，确保系统安全稳定运行具有重大意义。是所有发电厂和需要对联络线路进行并列操作的变电站的理想准同期设备。

本装置具有极好的人机界面，参数设置简单、方便、直观。装置特性稳定，毋需调试。所具有的微机通讯的接口，为实现机组的实时控制和全自动化奠定了

**：镇安枣园水电站电气一二次设计

基础。



9 水电厂直流系统

9.1 直流系统功能

“直流系统”是应用于水力、火力发电厂，各类变电站和其它使用直流设备的用户，为给信号设备、保护、自动装置、事故照明、应急电源及断路器分、合闸操作提供直流电源的电源设备。直流系统是一个独立的电源，它不受发电机、厂用电及系统运行方式的影响，并在外部交流电中断的情况下，保证由后备电源—蓄电池继续提供直流电源的重要设备。

9.2 直流系统的组成

整流模块系统

电力整流模块就是把交流电整流成直流电的单机模块，通常是以通过电流大小来标称（如 2A 模块、5A 模块、10A 模块、20A 模块等等），按设计理念的不同也可以分为：风冷模块、独立风道模块、自冷模块、自能风冷模块和自能自冷模块。它可以多台并联使用，实现了 N+1 冗余。模块输出是 110V、220V 稳定可调的直流电压。模块自身有较为完善的各种保护功能如：输入过压保护、输出过压保护、输出限流保护和输出短路保护等。

监控系统

监控系统是整个直流系统的控制、管理核心，其主要任务是：对系统中各功能单元和蓄电池进行长期自动监测，获取系统中的各种运行参数和状态，根据测量数据及运行状态及时进行处理，并以此为依据对系统进行控制，实现电源系统的全自动管理，保证其工作的连续性、可靠性和安全性。监控系统分为两种：一种是按键型还有一种是触摸屏型。：监控系统提供人机界面操作，实现系统运行参数显示，系统控制操作和系统参数设置。

绝缘监测单元

直流系统绝缘监测单元是监视直流系统绝缘情况的一种装置，可实时监测线路对地漏电阻，此数值可根据具体情况设定。当线路对地绝缘降低到设定值时，就会发出告警信号。直流系统绝缘监测单元目前有母线绝缘监测、支路绝缘监测。

电池巡检单元

电池巡检单元就是对蓄电池在线电压情况巡环检测的一种设备。可以实时检测到每节蓄电池电压的多少，当哪一节蓄电池电压高过或低过设定时，就会发出告警信号，并能通过监控系统显示出是哪一节蓄电池发生故障。电池巡检单元一般能检测 2V-12V 的蓄电池和巡环检测 1-108 节蓄电池。

开关量检测单元

开关量检测单元是对开关量在线检测及告警干节点输出的一种设备。比如在整套系统中哪一路断路器发生故障跳闸或者是哪路熔断器熔断后开关量检测单元就会发出告警信号，并能通过监控系统显示出是哪一路断路器发生故障跳闸或者是哪路熔断器熔断。开关量检测单元可以采集到 1-108 路开关量和多路无源干节点告警输出。

降压单元

降压单元就是降压稳压设备，是合母电压输入降压单元，降压单元再输出到控母，调节控母电压在设定范围内（110V 或 220V）。当合母电压变化时，降压单元自动调节，保证输出电压稳定。降压单元也是以输出电流的大小来标称的。降压单元目前有两种，一种是有级降压硅链，一种是无级降压斩波。有级降压硅链有 5 级降压和七级降压，电压调节点都是 3.5V，也就是说合母电压升高或下降 3.5V 时降压硅链就自动调节稳定控母电压。无级降压斩波就是一个降压模块，它比降压硅链体积小，它没有电压调节点所以输出电压也比降压硅链要稳定，还有过压、过流、和电池过放电等功能。不过无级降压斩波技术还不是很成熟常发生故障，所以还是降压硅链使用效广泛。

配电单元

配电单元主要是直流屏中为实现交流输入、直流输出、电压显示、电流显示等功能所使用的器件如：电源线、接线端子、交流断路器、直流断路器、接触器、防雷器、分流器、熔断器、转换开关、按钮开关、指示灯以及电流、电压表等等。

9.3 系统工作原理

两路市电经过交流切换输入一路交流，给各个充电模块供电。充电模块将输入三相交流电转换为直流电，给蓄电池充电，同时给合闸母线负载供电，另外合闸母线通过降压装置给控制母线供电。

系统中的各监控单元受主监控的管理和控制，通过通讯将各监控单元采集的信息送给主监控统一管理。主监控显示直流系统各种信息，用户也可触摸显示屏查询信息及操作，系统信息还可以接入到远程监控系统。

系统除交流监控、直流监控、开关量监控等基础单元外，还可以配置绝缘监测、电池巡检等功能单元，用来对直流系统进行全面监控。

总结

经过一学期的时间，我顺利的完成了这次毕业设计。本次毕业设计的题目是镇安枣园水电站电气一二次设计。首先，在对原始资料分析的基础上，选择了该电站电气主接线方案，对主要电气设备进行选型、厂用电设计、高低压柜设计；然后，对计算机监控系统进行设计和微机保护。计算机监控系统设计主要针对 LCU 柜中设备选型，机组顺序控制设计，同时对发电机、变压器、线路微机保护进行设计及整定计算，完成了本次设计任务。通过镇安枣园水电站一次、二次设计，本人对所学的专业课程（电力系统稳态分析、发电厂电气部分、继电保护原理、微机保护等）有了更深的认识，把课本上的知识有生产实际有了联系，通过毕业设计对水电站的整体设计有了一个更全面的认识，提高了分析问题、解决问题的能力，培养了独立工作能力，为今后顺利的开展工作打下良好的基础。

这次毕业设计在**教授的指导下完成，老师和几位研究生学长都对本次毕业设计提出了大量宝贵意见，在此向指导老师和学长表示真诚的感谢！同时感谢****电气技术公司提供技术资料。

参考文献

- [1] 熊信银，朱永利等编著.《发电厂电气部分》. 北京：中国电力出版社
- [2] 李光琦编著.《电力系统暂态分析》. 北京：中国电力出版社
- [3] 陈珩编著.《电力系统稳态分析》. 北京：中国电力出版社
- [4] 杨虹，李万平，贾彦博等编著.《水电厂自动化元件与状态检测及故障诊断技术》. 中国水利水电出版社
- [5] 贺家李，李永丽，董新洲，李斌编著.《电力系统继电保护原理》. 北京：中国电力出版社
- [6] 徐金寿，张仁贡等编著.《水电厂计算机监控技术与应用》. 浙江大学出版社
- [7] 《常用供配电设备选型手册》. 煤炭工业出版社
- [8] 《电力设备选型手册》. 中国水利水电出版社
- [9] 王子午，徐泽植编著《常用供配电设备选型手册》. 煤炭工业出版社
- [10] 朱铁生，刘瑞玲，张涛，曹新伟编著《电力工程电气设备手册》. 中国电力出版社