

水电站电气一次设计方案的优化

杨 倩

(大唐雅安电力开发有限公司,四川 雅安 625500)

摘 要:水电站电气一次设计,是水电站设计的重要组成部分。电气设备作为水电站的核心部分,其选型计算是否合理对整个工程有着巨大影响,也会影响配套设施和厂房设计等几乎所有工作,所以,科学合理的设计方案十分重要。本文以锅浪跷水电站电气一次设计为实例,探索水电站电气一次设计优化的方法,可为类似工程提供参考。

关键词:水电站;电气一次;系统接入方式

中图分类号:[TM622];F407.6 ;S219.02 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2023)04-0114-05

Optimization of Electrical Design Scheme of Hydropower Station

YANG Qian

(Datang Ya'an Electric Power Development Co., Ltd., Ya'an Sichuan 625500)

Abstract: The electrical design of hydropower station is an important part of hydropower station design. The electrical equipment is the core part of hydropower station, whether its selection calculation is reasonable has a huge impact on the whole project, and also affects almost all work such as supporting facilities and plant design. Therefore, a scientific and reasonable design scheme is very important. This paper takes the electrical design of Guolangqiao hydropower Station as an example to explore the optimization method, which can provide a reference for similar projects.

Keywords: Hydropower station; Electric; System access method

1 工程概况

随着我国国民经济的迅速发展,能源瓶颈问题已经成为当前制约经济发展的重要问题。水力发电因具有环保、成本低廉、循环利用和综合效益高等突出优点而得到了国家政策的大力扶持。因此,锅浪跷水电站应运而生。

锅浪跷水电站为混合式开发,坝址位于两河口下游约 700 m 处,厂址位于下游约 11 km 处的傍海腔,与在建的脚基坪电站衔接。电站装机 3×70 MW,年发电量 7.785 5 亿 kW·h,年利用小时数 3 707 h,水库正常蓄水位 1 280.00 m,总库容 1.84 亿 m³,具有年调节能力。

2 系统接入方式

根据相关批复文件,锅浪跷电站以一回 220 kV 线路接入下游脚基坪 220 kV 变电站并入四川电网天全变电站,导线型号暂定为 LGJ—400。

2.1 电气主接线

2.1.1 电气主接线方案比较

根据锅浪跷电站的出线电压等级、出线回路数、水能特性和电站枢纽总布置等特点,电气主接线应力求布置清晰、操作过程简单、维护方便、电气设备数量少、一次性投资和运行费用少^[1]。同时,根据 220 kV 输送容量和运行方式,初步拟定了三个接线方案进行比较。

三个主接线方案技术经济比较见表 1,经综合分析,方案一接线简单清晰,运行维护方便灵活,供电可靠性较高。因此,推荐方案一为该电站的电气主接线方案。

2.1.2 厂用电接线和坝区供电

选配两台 1 000 kVA 的厂用变压器分别连接在两段发电机 10.5 kV 母线 I 段和 II 段上,低压侧设有两段低压母线,布置在主厂房设备廊道内,低压母线设有联络开关,并设有自动投入装置。另设置一回外来电源通过一台 1 000 kVA 变压器降压接入厂用母线,3 台变压器互为备用。厂内设置一台柴油发电机作为安保电源。

坝区供电由发电机扩大单元 10 kV 母线通

收稿日期:2023-07-06

表 1 主接线方案比较

名称	方案一	方案二	方案三
方案	两台发电机采用扩大单元接线经一台 SF10—160000/220 型三相双圈变压器由 10 kV 升压至 220 kV,一台发电机采用单元接线经一台 SF10—80000/220 型三相双圈变压器由 10 kV 升压至 220 kV,220 kV 电压等级为单母线接线,出线为一回送至脚基坪 220 kV 变电站,经 220 kV 线路接至四川电网天全变电站。	三台发电机均采用单元接线,分别经三台 SF10—80000/220 三相双圈变压器,由 10 kV 升压至 220 kV,220 kV 电压等级为单母线接线,出线为一回送至脚基坪 220 kV 变电站,经 220 kV 线路接至四川电网天全变电站。	三台发电机母线电压侧为单母线接线,经一台 SF10—240000/220 由 10 kV 升压至 220 kV,变压器与线路组成变压器—线路接线,出线为一回送至脚基坪 220 kV 变电站,经 220 kV 线路接至四川电网天全变电站。
优点	1. 接线简单,运行灵活; 2. 设备布置占地面积比方案二小; 3. 一次性投资及年运行费比方案二、三少; 4. 一台发电机母线事故或检修和主变故障或检修,仍可送出部分电量。	1. 接线简单、清晰; 2. 操作维护方便,运行方便灵活; 3. 任何一台主变故障保证有三分之二的电能送出,因此供电可靠性高; 4. 一次性投资及年运行费比方案三少,比方案一高。	接线简单、清晰,操作维护方便。
缺点	扩大单元主变检修或故障,只能保证三分之一的电能送出,电站受阻容量较大	1. 设备布置占地面积大,布置困难; 2. 一次性投资及年运行费较高	1. 一次性投资及年运行费比方案一高、比方案二低; 2. 发电机回路短路电流大; 3. 10 kV 母线故障须全厂停电,供电可靠性低。

过一台 630 kVA 隔离变压器引至坝区,通过一台 630 kVA 变压器降压至 400 V 接在坝区厂用电母线,另设置一回外来电源通过一台 630 kVA 变压器降压接入厂用电母线,2 台变压器互为备用。由于闸坝有防洪要求,电源必须可靠,因此,在闸坝母线上也设有一台柴油发电机,作为安保电源。

2.2 短路电流计算及主要电气设备选择

2.2.1 短路电流计算

(1)计算依据。①根据方案比较后推荐的主接线;②由于现无系统归算阻抗值,本电站 220 kV 母线的短路阻抗按无穷大系统考虑,基准容量 100 MVA,基准电压为平均电压,进行短路电流计算^[2]。

(2)为了校验该电站各电压级所选电气设备在三相短路时,各支路电气设备是否满足动、热稳定要求,须选择各电压级短路电流最大点进行短路电流计算。根据设计推荐的电站电气主接线方案,分别在 220 kV 母线上选择 d—1 短路点和 10.5 kV 发电机电压母线上选择的 d—2、d—3 短路点进行三相短路电流计算(图 1),短路电流计算成果见表 2。

2.2.2 电气设备选择

2.2.2.1 电站环境

- 多年平均气温 17℃
- 极端最高气温 36.8℃
- 极端最低气温 -4.2℃

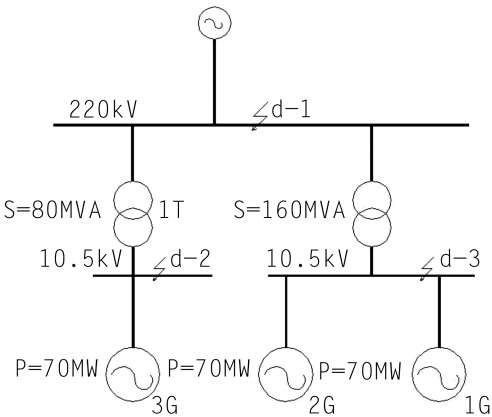


图 1 三相短路电流计算接线图

- 多年平均相对湿度 84%
- 最大风速 17 m/s
- 多年平均雷暴日 31.8 d
- 地震烈度 Ⅷ度

2.2.2.2 主要电气设备

(1)水轮发电机主要技术参数

- 发电机型号 SF70—14/450
- 额定容量 70 MW
- 额定电压 10.5 kV
- 额定电流 4 398 A
- 功率因数 0.875
- 额定频率 50(Hz)
- 额定转速 428.6 r/min
- 纵轴超瞬变电抗 X_d ≈0.18

表 2 短路电流计算结果表

短路点	额定电压 /kV	电源点	I /kA	I0.2 /kA	I4 /kA	ich kA	S MVA
d-1	220	系统	13	13	13	34	5 201
		3F	0.76	0.63	0.65	2	304
		1F、2F	1.53	1.26	1.3	4	608
		合计	15.29	14.89	14.95	40	6 113
d-2	10	系统	30.87	30.87	30.87	83	588
		3F	26.5	18.5	15.5	71.2	505
		1F、2F	3.46	3.46	3.46	9.2	66
		合计	60.83	52.83	49.83	163.4	1 159
d-3	10	系统	58.3	58.3	58.3	157	1 110
		3F	3.2	3.3	3.4	8.6	61
		1F、2F	53	37	31	142	1 010
		合计	114.5	98.6	92.7	307.6	2 181

短路比	≥1.05	调压方式	无励磁调压
绝缘等级	F 级	b. 二号变压器参数	
励磁方式	自并激	型式	户外双圈油浸风冷式
(2)主变压器选择		型号	SF ₁₀ —160000/220
①主变压器选择原则		额定容量	160 MVA
a. 无近区负荷,保证本电站三台机组额定负		额定电压	242±2×2.5%/10.5 kV
荷(3×70 MW)全部送出,不因变压器的容量选		阻抗电压	10.5%
小了而受到限制,又不能因变压器的容量选择太		接线组别	YN、d ₁₁
大而造成变压器长期欠载运行而增加空载损耗;		调压方式	无励磁调压
b. 变压器的运输重量(带油或充氮运输)及		③220 kV 电气设备	
运输尺寸,不能超过公路、铁路、桥梁设计的承载		220 kV 电气设备的选型关系到电站运行的	
能力和隧洞尺寸,锅浪跷电站最大一台主变压器		可靠性、经济性以及枢纽布置方案。从设备选型	
不带油运输重量不大于 120 t,按现有的运输公路		上该电站可以选用户外敞开设备,也可以选用	
均能满足设备运输要求;		GIS 设备。为了增加供电可靠性,为了检修和维	
c. 根据上述原则,锅浪跷电站选择标准型号		护的便利,选用 GIS 设备布置比较合适。GIS 设	
SF ₁₀ —160000/220 型变压器一台和 SF ₁₀ —		备主要技术参数如下:	
80000/220 型变压器一台,能把锅浪跷电站的全		额定电压	252 kV
部电能送入系统。		额定电流	2 500 A
②变压器参数		开断电流	40 kA
a. 一号变压器参数		④发电机电压配电装置设备	
型式	户外双圈油浸风冷式	发电机回路和厂用变高压侧回路电气设备均	
型号	SF ₁₀ —80000/220	按其设备的额定电压、额定电流大于或等于回路	
额定容量	80 MVA	的最高工作电压和持续工作电流进行选择,按该	
额定电压	242±2×2.5%/10.5 kV	回路所选断路器、隔离开关的额定开断电流 4 秒	
阻抗电压	10.5%	热稳定电流、断流容量进行校验均满足要求 ^[3] 。	
接线组别	YN、d ₁₁	柜内电气设备参数如下:	

型式 专用发电机出口断路器
型号 —10/6 300 A—100
额定电压 10 kV
最高工作电压 11.5 kV
额定电流 6 300 A
额定开断电流 100 kA
4 s 热稳定电流 100 kA
数量 3 套

发电机出口电压互感器的配电装置,初步选为 XGN2—10 3150A/6300 A 型开关柜,其元件的动、热稳定及熔断器开断容量均满足短路参数要求。并以接入系统报告为依据进行设备选型复核。

⑤导体设计

发电机的出线端子到变压器低压侧回路选用离相封闭母线,单元接线段电流为 5 kA,扩大单元母线至变压器段电流为 10 kA。

⑥厂用变压器及厂用低压屏

厂用变压器选择原则根据该电站装机容量的 1%~2%进行初选,选择一台 630 kVA 干式变压器及两台 1 000 kVA 干式变压器作为该电站厂区厂用变压器,三台变压器互为备用;选择两台 630 kVA 干式变压器作为该电站坝区厂用变压器,两台变压器互为备用。其参数如下:

型式 户内三相干式变压器
型号 SCB10—630/10
额定容量 630 kVA
额定电压比 $10.5\pm2\times2.5\%/0.4\text{ kV}$
阻抗电压 4%
接线组别 D,yn₁₁
型式 户内三相干式变压器
型号 SCB10—1000/10
额定容量 1 000 kVA
额定电压比 $10.5\pm2\times2.5\%/0.4\text{ kV}$
阻抗电压 6%
接线组别 D,yn₁₁
型式 户内三相干式变压器(隔离变压器)
型号 SCB10—630/10
额定容量 630 kVA
额定电压比 $10.5\pm2\times2.5\%/10.5\text{ kV}$

阻抗电压 4%
接线组别 D,yn₁₁
厂用配电屏选用技术性能好,运行可靠,维护方便的 GCS 型配电屏。

2.3 过电压保护及接地

2.3.1 过电压保护

2.3.1.1 压器中性点过电压保护

为了防止变压器中性点的避雷器在断路器非同期合闸时而爆炸,采用保护间隙和配合避雷器保护变压器中性点^[4]。保护间隙距离在 250~350 mm 范围内调节;中性点的运行方式根据系统调度而定。变压器中性点隔离开关,其中性点装有避雷器保护时,其电压等级应与避雷器额定电压配合。

2.3.1.2 直击雷保护

主、副厂房及 GIS 屋顶设置避雷带,并在建筑物每根柱内设引下线,与全厂接地网相连接,以加强避雷带的散流作用。闸门启闭机平台的栏杆全部接地。雷电侵入波的保护措施是:在各电压母线上配置相应的氧化锌避雷器。

为防止真空断路器快速切除发电机时使发电机端引起过电压幅值和电压上升速度,在发电机出口端装设氧化锌避雷器^[5]。另外,要求 220 kV 所有出线上全线架设避雷线。

2.3.2 接地

电站最高电压为 220 kV,主变中性点为直接接地或不接地方式运行,属于大接地短路电流系统。电站的接地电阻需满足设计规范要求。

电站的接地包括主厂房、副厂房、GIS 室和闸坝等处。为了充分利用自然接地体的散流作用,将各处水工建筑物内的主钢筋和金属结构互相焊接,形成电气通路的 5 m×5 m 网孔。主、副厂房各层均敷设接地干线并与闸门、尾水门和压力钢管等自然接地体相连牢固焊接形成一个主接地网与自然接地体相连的总接地网。避雷针到被保护设备的空气和地中距离均符合规范要求。在深化设计时,将根据实测的土壤电阻率估算接地电阻值,当计算的接地电阻值不能满足要求时,可在尾水渠中设置人工接地装置或在尾水渠中敷设接地模块的方法降低接地电阻。

2.4 电气设备布置

2.4.1 枢纽总布置

电气设备布置分四部分,即主厂房、变压器场、GIS 和闸坝用电配电房。

2.4.2 主厂房电气设备布置

发电机层(993.30 m 高程)下游侧布置机旁屏 36 面,分机组段呈“一”字形布置。

发电机层下游侧电气廊道(993.30 m 高程)布置有 1F、2F、3F 机组段相对应的 10 kV 高压 GCB 断路器 3 套,还布置有 0.4 kV 低压配电屏 GCS 型 30 面。水轮机层下游侧电气廊道(987.30 m 高程)布置有母线 PT 两套,FURV 限流熔断器 3 套,发电机出口 PT3 套。励磁变压器 3 套,右侧布置有厂用变压器 3 台,隔离变压器 1 台。

紧靠电气廊道下游侧为母线廊道(993.30 m 高程),水轮机层下游侧为母线电缆廊道(987.30 m 高程),母线电缆廊道布置有电缆桥架,10 kV 离相封闭母线。

离相封闭母线从发电机风罩壁上引出,经 GCB 及其他电气设备后通过母线电缆廊道引至变压器。

2.4.3 副厂房电气设备布置

副厂房设在主厂房安装间下游侧,紧靠主厂房安装间布置。

副厂房为一层建筑,布置在电气廊道上方。

高程为 999.30 m,设有计算机室、中控室、通讯室和办公室等。

=====

(上接第 108 页)

需要评估所有投标人的报价和能力,根据评标办法选择最合适的投标人。

3 结 语

在建设工程项目中,招投标工作是开始,好的开始决定了整个项目的成功,它直接关系到项目的质量、进度、成本及运营期的经济效益。工程建设单位在编制招标文件时,须按照相关管理部门制定的规范标准,做到招投标双方权责分配公平公正。同时,对于工程施工建设中涉及到的相关技术参数和技术标准,招标方需

2.4.4 升压变电站电气设备布置

变压器场布置在副厂房下游侧,并设置事故排油坑。

开关站为 GIS 布置,220 kVGIS 布置在变压器场下方,因其布置清晰,运行、检修和巡视安全、方便。

3 结 语

锅浪跷水电站结合工程实际情况,对相关的电气设备的选型和设计合理。水电站进行试运行后,所有设备工作正常,其各项指标均满足设计要求。电气主接线的方案选择,接线简单,运行维护方便灵活,供电可靠性高,经济性强。同时,电气设备作为水电站的核心部分,其选型计算是否合理对整个工程有着巨大影响,也会影响配套设施、厂房设计等几乎所有工作,作为技术人员,应当给予高度重视。

参考文献:

[1] 戈东方. 电气工程设计手册[M]. 北京:中国电力出版社, 2003.

[2] GB 270689,交流高压电器动热稳定试验方法[S].

[3] 卢冬颖. 浅谈发电机出口电压互感器高压侧熔断器额定电流的选择[J]. 电力设备,2019,(18):50-52.

[4] 李永康. 电力变压器中性点过电压一次和二次保护的措施探讨[J]. 科技风,2014,(5):23-25.

[5] 黄福勇,赵世华,王成,等. 220 kV 变电站雷电侵入波特性及防雷保护措施研究[J]. 中国电业技术应用,2013,(3): 65-67.

作者简介:

杨 倩(1996-),女,四川雅安人,助理工程师,学士,主要研究水电站电气管理.

(责任编辑:卓政昌)

结合工程图纸在合同文件中明确标准与说明,便于投标方了解工程具体情况,避免出现歧义。此外,在编制招投标文件过程中,还需重点考虑在工程建设过程中可能会出现事故、索赔和条款变更等问题。招标方可综合考虑各种影响因素并制定出科学可行的预案,以保证工程施工建设的顺利与按期开展。

作者简介:

鄢 渝(1987-),女,四川邻水人,经济师,管理学学士,主要研究工程造价、合同管理等.

(责任编辑:卓政昌)