黄金坪水电站高压电缆设计及布置

杜 颖[1], 俞 鹏[1], 谢 伟[2]
(1. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,四川 成都 610072
2. 国网四川省电力公司,四川 成都 610041)

摘 要:介绍了500 kV及110 kV电缆设计中应重点考虑的几个技术问题,如电缆的选型及截面的选择、电缆护套工频感应过电压计算、500 kV及110 kV电缆布置的配合等,对今后类似水电站建设具有一定的参考价值。

关键词:高压电缆;选择;安装;设计;黄金坪水电站
中图分类号:TV7;TV22;TV734.3 **文献标识码**: B **文章编号**:1001-2184(2016)02-0055-03

1 概 述

黄金坪水电站位于甘孜藏族自治州康定市姑咱镇黄金坪乡境内,为大渡河干流规划调整推荐二十二级方案中的第十一级电站,上游接长河坝水电站,下游接泸定水电站。电站总装机容量850 MW,采用左、右岸两个地下厂房开发布置方式,其中左岸大厂房装机容量为4×200 MW,主要任务为发电,500 kV电力电缆共1回(为A、B、C三相三根电缆),由500 kV GIS经出线洞送至地面500 kV出线场并接入系统;110 kV电力电缆共1回(三相一根电缆),为引进右岸小厂房至左岸大厂房110 kV GIS设备的电缆(由4号三相三绕组变压器将右岸小厂房的发电容量一起送入系统)。右岸小厂房位于坝址附近,装机容量为2×25 MW,从水库右岸引水发电,主要任务为承担电站脱水段(坝址~左岸大厂房电站尾水段间)环保供水,110 kV电力电缆1回,为右岸小厂房出线回路电缆,经小厂房出线洞后送至地面110 kV出线场。

黄金坪水电站全部采用国产高压电力电缆,其中500 kV高压电缆由河北新宝丰电线电缆有限公司生产;110 kV高压电缆由山东阳谷新日辉电缆有限公司生产。仅在500 kV电缆和110 kV电缆在同一通道布置时引入110 kV电缆。

笔者以500 kV电缆为例介绍了电缆设计中应考虑的几个技术问题。

2 高压电力电缆的选型

110~500 kV高压电力电缆分为自容式充油电缆(以下简称充油电缆)和挤包绝缘干式电缆两类。挤包绝缘电缆又分交联聚乙烯电缆(以下简称XLPE电缆)和低密度聚乙烯电缆(以下简称LDPE电缆)两种型式。DL/T 5228-2005《水力发电厂交流110~500 kV电力电缆工程设计规范》中提出:电缆型式应根据工程所在地区的环境和敷设条件、运行维护经验、防火及环保要求等通过技术经济比较选用。地下工程、高落差场所等应优先采用交联聚乙烯电缆。黄金坪水电站的110 kV和500 kV电力电缆均在地下厂房内敷设,因此均优先选用XLPE电缆。

3 高压电力电缆截面的选择

根据IEC 60287《电缆额定持续电流的计算》,标准电缆导体温度及载流量计算公式是依据电缆稳态运行时所形成的热物理温度场建立微分方程求解而得。计算公式:

$$I_1=\sqrt{\frac{(\theta_c-\theta_0)-W_i\left(\frac{1}{2}T_1+T_2+T_3+T_4\right)}{R[T_1+(1+\lambda_1)T_2+(1+\lambda_1+\lambda_2)(T_3+T_4)]}}$$

式中 I_1 为电缆安全运行的载流量;θ_c 为线芯的温度,此处选择90 ℃;θ_0 为环境温度,此处选择40 ℃;$\theta_c-\theta_0$ 为高于环境温度的导体温升(K);W_i 为导体在最高温度时的单位长度介质损耗(W/m);R 为导体在最高运行温度下的单位长度交流电阻(Ω/m);T_1 为导体与金属护套间的单位长度热阻(K·m/W);T_2 为屏蔽层与金属护套间的单位长度热阻(K·m/W);T_3 为电缆外护层的单位长度热阻(K·m/W);T_4 为电缆表面与外部介质的单位长度热阻(K·m/W);λ_1

收稿日期:2015-12-31

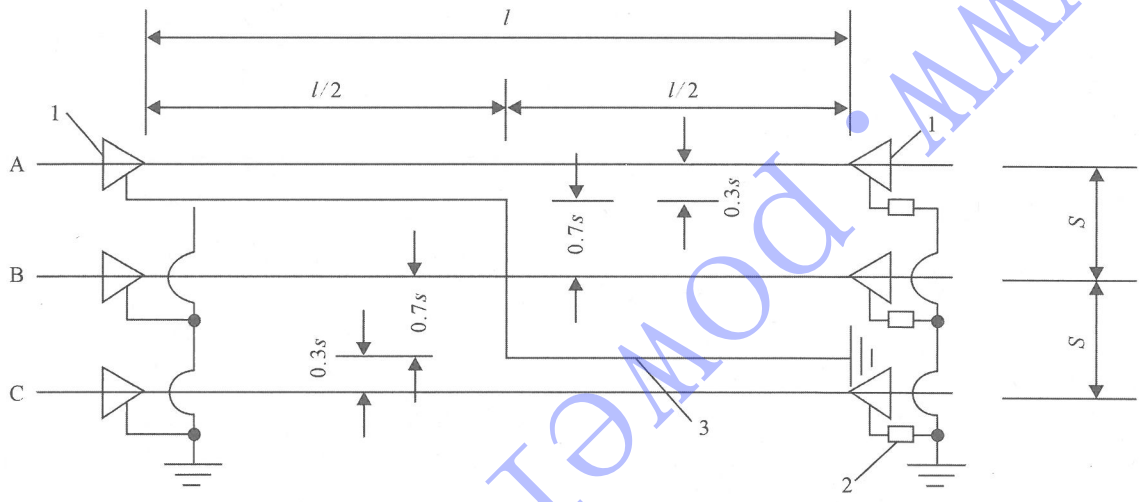
www.sjtanqi.com

为金属护套损耗相对于所有导体总损耗的比例 ;λ_2 为金属铠装损耗相对于所有导体总损耗的比率。

根据以上公式最终计算出高压电缆的载流量为 1 270 A,满足黄金坪水电站额定载流量选择截面积为 1 000 mm^2。110 kV 高压电缆的载流量为 1 091 A,截面积为 630 mm^2。

4　500 kV 电缆系统的接地设计及护套工频感应过电压计算

由于黄金坪水电站 500 kV 采用单根电缆,中间不断开,故每相仅有一段电缆。根据 DL/T 5228—2005《水力水电厂交流 110 ~ 500 kV 电缆工程设计规范》中关于电缆金属护套接地原则采用一端直接接地,一端通过金属护层保护器接地。直接接地端放在与架空线连接的开关端,护层保护器接地端放在与 GIS 连接处。同时,敷设系统中必须敷设回流线,以降低电缆系统出现短路故障时金属护层感应电压。回流线按三、七开布置(图 1)。



1 – 终端;2 – 绝缘保护器;3 – 回流线

图 1　交叉互联接地示意图

该工程电缆的金属护套采用一端直接接地 ,另一端经保护器接地的方式 ,并对护套感应电压进行了计算 。采用由郑肇骥、王焜明编著的《高压电缆线路》一书中的方法计算。护套的感应电压按下述公式进行计算 :

A 相金属护套上的感应电势:

$$E_{SA} = 2\omega I \times {}^{-4}\left[\frac{\sqrt{3}}{2}\text{in}n + j\frac{1}{2}\text{in}\frac{nS^2}{GMR_s^2}\right]l$$

B 相金属护套上的感应电势:

$$E_{SB} = 2\omega I \times {}^{-4}\left[\frac{\sqrt{3}}{2}\text{in}\frac{mS}{GMR_s} - j\frac{1}{2}\text{in}\frac{S}{m \times GMR_s}\right]l$$

C 相金属护套上的感应电势:

$$E_{SC} = 2\omega I \times {}^{-4}\left[-\frac{\sqrt{3}}{2}\text{in}\frac{mS}{GMR_s} - j\frac{1}{2}\text{in}\frac{m^2S}{m \times GMR_s}\right]l$$

其中　S 为两电缆中心距,mm;l 为线路长度,km;GMR_S 为电缆金属护套的几何平均半径,mm;I 为额定电流或者短路电流,A;ω 为电源频率,$\omega = 2\pi f$。

根据黄金坪水电站 500 kV 高压电缆运行的不同状态得出以下结论:

在正常运行状态下 ,全电缆外护套最大感应电压约为 73 V;在三相接地故障电流 63 kA 状态下 ,全电缆外护层最大感应电压约 为 4.4 kV;在三相接地故障电流 50 kA 状态下 ,全电缆外护层最大感应电压约 为 2.7 kV。

根据 GB 50217 – 2007《电力工程电缆设计规范》中 4.1.10 条规定,未采取能有效防止人员任意接触金属层的安全措施时,不得大于 50 V;除上述情况外,不得大于 300 V。故该工程只要在保护接地端采取防护措施,就能满足标准要求。

5　500 kV 电缆与 110 kV 电缆的布置

黄金坪水电站左岸大厂房处 500 kV 电缆与 110 kV 电缆的敷设路径为:GIS 层→出线洞→开关站出线层。其涉及到两个电压等级的电缆敷设配合问题,因此既充分利用空间,又使各种电压等级的电缆不互相干扰成为设计中的主要问题。

左岸大厂房 GIS 层处采用将 110 kV 电缆布置在 GIS 楼下游墙的上层,500 kV 高压电缆布置

www.powerfoo.com

在下层。从GIS楼至出线洞有一段约69 m长的水平通道，在水平段电缆采用水平蛇形敷设，蛇形弧幅宽240 mm，蛇形长度为8 m，相间距为400 mm，每隔约4 m设一个电缆夹具，其中部分为活动夹具，以便电缆在热胀冷缩时移动，充分利用GIS楼的楼梯间位置设置了长约3 m的预留段。

出线洞：洞内电缆众多，既存在500 kV和110 kV高压电缆，又要敷设400 V动力电缆，还有控制电缆和信号电缆等。针对这种情况，黄金坪水电站采用分两侧、分层布置的方式。一侧布置500 kV高压电缆和部分400 V动力电缆和控制电缆，另一侧布置110 kV高压电缆和另一部分400 V动力电缆和控制或信号电缆。具体布置情况见图2。

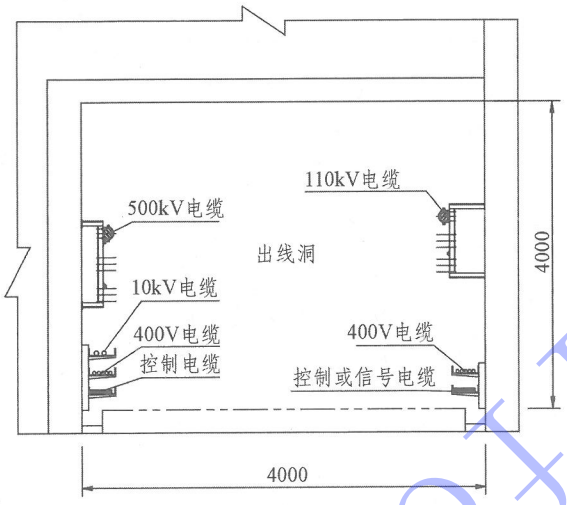


图2　出线洞电缆布置示意图

出线场处：500 kV和110 kV高压电缆分别在此处设置预留段，长度为两次大修的长度。

6　结　语

高压电缆的选择需要注意以下几点：

（1）根据电站所在地区和相关要求选择合适的电缆型式；

（2）根据电缆的结构和敷设方式，对电缆的载流量进行校核；

（3）选择合适的电缆接地系统并应对电缆外护层的感应过电压进行计算，确定是否需要采取相应的安全措施；

（4）如果工程中存在多个电压等级的电缆同时进行敷设，应充分考虑各型电缆间的影响。

参考文献：

[1]　郑肇骥，王琨明．高压电缆线路[M]．北京：水利电力出版社，1983．

[2]　GB50217－1994，电力工程电缆设计规范[S]．

[3]　GB50217－1994，电力工程电缆设计规范[S]．

作者简介：

杜　颖（1976-），女，辽宁沈阳人，高级工程师，学士，从事电气一次设计工作；

俞　鹏（1976-），男，陕西西安人，高级工程师，学士，从事电气一次设计工作；

谢　伟（1977-），男，四川宜宾人，高级工程师，硕士，从事电网建设技术工作．

（责任编辑：李燕辉）

黄河湖口至尔多段规划建十级梯级电站

日前，国家发改委以发改办能源发文对黄河上游河段（湖口至尔多）水电规划报告进行了批复。根据该《规划报告》审查意见并综合各方意见和自然保护区调整情况，国家发改委同意黄河上游河段（湖口至尔多）的十一级梯级布局及资源规划方案，即塔塔尔、官仓赛纳、门堂、塔吉哥一级、塔吉柯二级、首曲、宁木特、玛尔挡、尔多水电站，规划总装机容量485.1万千瓦，年均发电量186亿千瓦时；同意玛尔挡水电站为近期开发梯级，首曲、宁木特、尔多水电站作为后续研究梯级。黄河上游河段水量丰富，落差集中，水能蕴藏量丰富，尤其是龙羊峡至青铜峡河段，全长918千米，天然落差1 324米，水能资源理论蕴藏量1 133万千瓦，具有工程投资相对较小和水库移民相对较少，对外交通方便，经济指标好等优点，被誉为我国水电建设中的“富矿”，是我国规划开发的重要水电基地。据了解，黄河上游湖口至尔多河段全长1 256 km，总落差1 277米，其中玛曲至尔多河段长264 km，落差430米。2015年9月21日至22日，国家发改委、国家能源局在北京主持召开了黄河上游河段（湖口至尔多）水电规划报告审查会议，由水电水利规划设计总院组织并成立了审查专家组，对黄河上游河段（湖口至尔多）水电规划报告进行了审查。目前，环保部已经受理了玛尔挡水电站的项目环境影响评价文件并予以公示。玛尔挡水电站位于青海省海南藏族自治州同德县与果洛藏族自治州玛沁县交界处的黄河干流上，海拔在3 200米以上，建成后将成为黄河流域海拔最高的水电站。玛尔挡水电站总装机容量220万千瓦，电站多年平均年发电量70.54亿千瓦时，年利用小时数为3 206小时。该水电站建成运行后，将在一定程度上缓解地方电力供需矛盾，促进社会经济的发展，预计每年可实现发电效益约18.55亿元。

www.powerjoo.com