

新疆 AK 水利枢纽工程接地电阻计算分析

Calculation and Analysis of Grounding Resistance for AK Water Conservancy Hub Project in Xinjiang

金亮

Liang Jin

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

摘要: 论文主要以新疆 AK 水利枢纽工程某一水电站为例,分析了地网接地电阻的规程计算公式与数值计算方法。近年来,由于电力系统容量的迅速扩大,入地短路电流大幅升高,接地电阻没有达到要求,导致接地电阻增大而诱发意外事故的事件屡见不鲜,这不但会损坏设备、影响电力系统正常运行,还会对现代人们的生产、生活造成巨大的经济损失。为了保证电力系统的安全、可靠运行,更加要求降低接地电阻值,在此基础上提出了降低接地电阻的方法、合理的改善方案。

Abstract: This paper mainly takes a hydropower station of Xinjiang AK water conservancy project as an example, and analyzes the calculation formula and numerical calculation method of the grounding resistance of the ground grid. In recent years, due to the rapid expansion of power system capacity, into the short circuit current, grounding resistance did not meet the requirements, lead to the grounding resistance increases and induced accidents, this will not only to damage the equipment, affect the normal operation of the power system, will also cause huge economic losses to modern people's production and life. In order to ensure the safe and reliable operation of power system, more requirements to reduce the grounding resistance value, on this basis puts forward the method of reducing grounding resistance, reasonable improvement scheme.

关键词: 新疆 AK 水利枢纽; 接地电阻; 计算方法; 降阻; 规范

Keywords: Xinjiang AK water conservancy project; grounding resistance; calculation method; resistance reduction; specification

DOI: 10.12346/edwch.v1i4.8807

1 引言

目前,我们在大、中型水电站接地网接地电阻时,作了相当粗略的简化处理,先是把整个接地网系统分解成若干个散流单体,套用近似简化模型和经验计算公式或模拟实验曲线,分别估算各个单体的接地电阻值,然后简单地把这些单体并联起来,作为整个电站接地网的接地电阻。姑且不论散流单体的简化计算结果的误差如何,整个接地系统简单并联而不考虑互相屏蔽效应的影响,是极其粗糙的。对由各种各样型式接地极(厂房接地网、隧洞接地网、水中接地网、深井接地极等)组成的大型水电站大面积接地网,这个问题更为突出。因此,按照这种方法得到的设计值与实际值的偏差很大,在工程实践中存在很大的问题,设计值往往与接地电阻的测量结果差别较大。大中型水电站接地网面积很大,面积达到数万平方水甚至几十万到百万平方米。大型水电站人

地短路电流的数值很高,往往达到 10kA 甚至更大。大中型水电站接地阻抗设计值往往是零点几欧,其接地阻抗实际上是包含电抗分量的。

若电力系统出现接地短路故障或者出现其他较大电流入地时,接地电阻数值就会变大,就可能引起地网小范围内电压突然升高,这不但会威胁到运行人员的安全,还可能因为反击而破坏二次设备的绝缘性,重则还会出现高压串入控制室,导致监测设备、控制设备发生误动或拒动,扩大事故的影响范围。下面论文以新疆 AK 水利枢纽工程接地电阻计算浅析接地电阻的规程计算。

2 工程概括

AK 水利枢纽工程多年平均年径流量 18.91 亿 m^3 , 多年平均流量 59.92 m^3/s 。水库正常蓄水位 2465m, 相应库容 7.17 亿 m^3 ;

【作者简介】金亮(1991-),男,中国新疆乌鲁木齐人,本科,从事水利水电工程电气一次、二次设计研究。

死水位 2410m, 死库容 0.41 亿 m³; 调节库容 6.77 亿 m³。

新疆托什干河干流采用“2库4级”开发方案。AK水利枢纽为规划第一级, 下游电站分别为 AKTL 水电站(150MW)、BDL 水电站(248MW)、YMS 水电站(244MW)。其中 BDL 水电站和 YMS 水电站已建成发电, AKTL 水电站尚未开始建设。AK 水利枢纽电站装机容量为 100MW, 装机方案为 2×15MW+2×35MW, 多年平均发电量 3.11 亿 kW·h, 年利用小时数 3110h。

如图 1 所示, AK 水利工程 220 千伏侧电气主接线采用双母线接线, 规划出线 2 回, 本期建设 1 回至 220 千伏阿合奇变, 预留 1 回, 发电机电压侧接线为扩大单元接线, 2 台 35kV 发电机组采用扩大单元接线通过 90MVA 升压变接入站 220 千伏母线, 2 台 15MW 发电机采用扩大单元接线通过 40MVA 升压变接入升压站 220 千伏母线。220kV 侧接线采用双母线接线^[1]。

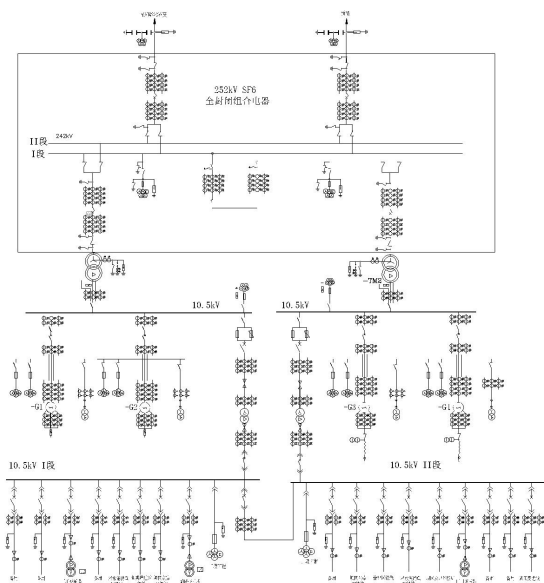


图 1 电气主接线

3 接地电阻的计算

3.1 设计依据

- ①《水电站机电设计手册》(电气一次)。
- ②《电力工程电气设计手册》(电气一次部分)。
- ③ NBT 35050—2015《水力发电厂接地设计技术导则》。
- ④《短路电流计算书》。

新疆 AK 水利枢纽电站接地设计依据规范《水力发电厂接地设计技术导则》^[2] 进行设计。设计中尽量利用自然接地体, 并辅以水平接地体为主的人工均衡电位接地系统, 主副厂房各层接触电势及跨步电势均应满足规程要求。全厂接地网主要分为厂区接地网、尾水渠接地网及坝区接地网。厂区接地网、尾水渠接地网相互连接为一个总接地网。

3.2 单相入地电流

根据 NB/T 35050—2015《水力发电厂接地设计技术导则》, 流经接地装置的入地短路电流计算:

当在接地装置内发生单相接地短路时, 流经接地装置的电流可按下式计算:

$$I = (I_{\max} - I_z)(1 - K_{f1})$$

式中: I_{\max} ——系统最大运行方式下, 最大单相短路电流, A;

I_z ——发生最大接地短路时, 流经发电厂、变电所接地中性点的最大短路电流, A;

K_{f1} ——当接地网内短路时, 避雷线工频分流系数; 根据《电力工程电气设计手册》(电气一次部分 P920), 初步估计时, $K_{f1} = 0.5$ 。

当在接地装置外发生单相接地短路时, 计算入地短路电流取两式中较大的电流值: $I = 6.417\text{kA}$ 。

根据 NBT 35050—2015《水力发电厂接地设计技术导则》4.1.1, 有效接地系统的水力发电厂接地装置的接地电阻值为 $R \leq 0.31 \Omega$ ^[1]。

4 降低接地电阻的方法

接地电阻数值与接地装置对电压: 通过接地体流入地中电流二者之间的比值相同。在规程中没有明确注明的是冲击接地电阻, 一般指的都是工频接地电阻。

在大多数情况下, 接地电阻的数值和土壤电阻率成正比, 和接地体长度成反比。而棒形、角钢形状的金属管形的接地电阻数值会随着长度的增长而快速下降。若长度大于 5m, 接地电阻下降速度缓慢。所以, 使用太长的垂直接地体是十分浪费的。

其一, 如果在水电站附近土壤电阻率很低的位置, 可以外引接地体, 但是连接的干线需要不小于两根, 在设计施工过程中, 需要考虑到连接的地级干线本身对电阻产生的影响, 同时还要控制好外引长度。若水平接地体长度增长, 电感会随之增大, 进而冲击系数变大。此时若接地体达到很长长度时, 再增加其长度, 也不能促使冲击接地电阻下降。

其二, 需要在接地体附近的土壤中添加木炭、石灰、食盐以及电石渣等各种化学物质, 以提高土壤的导电性。例如, 在土壤中加入食盐, 则砂土会减少约 3/5, 这样一来, 就可以降低工程费用, 但是也存在不可避免的缺点, 如会降低接地性能稳定性、提高接地体的腐蚀速度, 进而减少接地体使用年限等。鉴于此, 可以选用更换土壤的办法, 使用电阻率低的土壤代替原来电阻率高的土壤, 交换范围设在接地体附近 0.5m 之内。

其三, 如果地下深处的土壤电阻率很低, 或者有水, 可以用深埋接地极的方法降低接地电阻数值, 这种方法可以显著改善含沙土壤。根据相关文献资料显示, 在 5m 深处土壤电阻系数为 60%, 而在 3m 深处则为 100%, 在 6.5m 深处则是 50%, 在使用这种方法时不必顾及因为土壤冻结与干枯

而引起的电阻系数增加,但是施工较困难,土方量也非常大,尤其是在岩石地区施工存在很大难度。如果经济条件允许的话,可以采用深井接地方法,用钻机开钻孔,将钢管的接地极打入井孔内部,然后再向钢管内灌注泥浆。

其四,使用接地电阻降阻剂,因为降阻剂可显著降低土壤电阻率接地体电阻物质,它是由多种物质配制形成的,具有较好的导电性、强电解质、水分等。其中的强电解质、水分会被网状的胶体包围,而这种胶体、空格又被水分填充,并且其不会随地下水、雨水而流失,可以长时间保持导电功能。通常在接地要求高的设备进行接地时会使用这种方法。如果接地体附近敷设有降阻剂,能够发挥增大接地极外形尺寸,降低其和附件大地介质接触电阻的功用。当把降阻剂用在面积较小的集中接地小型接地网络时,会看到良好的降阻效果。

其五,为了促使工频接地电阻符合规程要求标准,就需要适当扩大地网面积,或者在已经建成地网的周围,选取一处电阻率低的位置,如水田、水洼地等,再重新建设一个新地网,将这两种地网连接起来,就会降低地网的接地电阻。若采用这种方法,投资会加大,而在外引接地时还要注意做好安全保护措施,要将接地体深埋,各物体相隔距离适当,以免出现由于跨步电位差而导致人员、牲畜触电事故。

依据 NB/T 35050—2015《水力发电厂接地设计导则》条文说明 413,水力发电厂接地网地电位升高直接与二次系统的安全相关。系统发生接地故障时接地网中流动的电流,将在二次电缆的芯线—屏蔽层之间或二次设备的信号线或电源线与地之间产生电位差。当此电位差超过三次电缆或二次设备绝缘的工频耐受电压时,三次电缆或设备将会发生绝缘破坏^[2]。

因此,必须将极限电位升高控制在二次系统安全值之内。水电站接地电阻的最小值取决于二次系统对接地电阻的要求。

一般的二次电缆 2s 工频耐受电压较高($\geq 5\text{kV}$)。二次设备,如综合自动化设备,其工频绝缘耐受电压为 2kV、1min。从安全出发,二次系统的绝缘耐受电压可取 2kV。二次系统在短路时承受的地电位升高,还决定于二次电缆的接地方式。电缆屏蔽层单端接地时,电缆屏蔽层中没有电流流过,接地故障时二次电缆芯线上的感应电位很小,二次电缆承受的电位差即为地电位升高。该电位差施加在二次电缆的绝缘上,因此地电位升高直接决定于二次电缆绝缘的交流耐压及三次设备绝缘的交流耐压值。当电缆的屏蔽层双端接至接地网时,接地故障电流注入接地网会有部分电流从电缆的屏蔽层中流过,将在二次电缆的芯线上感应较高的电位,从而使作用在二次电缆的芯—屏蔽层电位差减小。对水力发

电厂二次电缆的不同布置方式及不同接地故障点位置,通过大量的计算表明,双端接地电缆上感应的芯—屏蔽层电位通常不到地网电位升的 20%。甚至对于土壤电阻率为 502m 左在实际工程中,如果水电站接地电阻大于 5000 Ω ,必要时,经专门计算,且采取的措施可确保人身和设备安全可靠时,接地网对地电位高可超过 5000V。规程里的意思就是说要有措施保证人身和设备安全可靠。但只是跨步电压和接触电压合格,再加以二次电缆平行安装铜质分流线,把二次电缆接地两端接地显然是不够的。到底该怎么做可以保证二次电缆和二次设备的安全,引出一定长度的二次电缆屏蔽层也只能限制二次电缆的对地电位不超过 2000V。特例是怎样保证二次系统二次装置里面集成电路板和芯片的安全,保证二次系统二次装置里面集成电路板和芯片的安全,这个问题在全国电力系统都是一个科研难题,并且没有技术规程可以达到,笔者在中国相关文献资料中没有发现成功案例,在没有成功案例可以参照情况下,要研究出具体方案来解决这个问题其科研经费和工程实施的造价也可能是一个天文数字。当然,成本高难度大并不意味着一定没有办法解决,起码从理论上讲总是有具体办法限制二次系统二次装置里面集成电路板和芯片的对地电位不超过 5000V。有人说有电站的接地电阻大于 5000 Ω ,电站运行了很多年,但电站二次系统没有发生过与接地有关的故障,所以没有必要投资解决接地电阻偏大的问题。在现代电力系统里面发生单相短路接地故障本来是一个小概率的事件,但没有发生单相短路接地故障并不能保证以后不发生单相短路接地故障。接地电阻设计值不大于 5000 Ω ,本来就保证即使发生单相短路接地故障,并且也假设继电保护保证二次系统的安全稳定^[1]。

5 结语

近几年来,因为接地电阻没有达到要求,或者由于地网腐蚀、断裂导致接地电阻增大而诱发意外事故的事件屡见不鲜,这不但会损坏设备、影响电力系统正常运行,还会对现代人们的生产、生活造成巨大的经济损失。从某地区的当前条件看,完全有条件在水电站内布置好地网,但需要注意不能让整个站的工频接地电阻小于 0.5 Ω 。大型水电站的综合降阻措施研究与降阻方案优化。深孔接地、降阻剂、引外接地和水中扩大地网的降阻作用研究。本工程使用扩大水平网方法,扩大接地网面积方法会降低整个站的接地电阻。

参考文献

- [1] 水利电力部西北电力设计院编.水电站机电设计手册(电气一次)[M].北京:水利电力出版社,1988.
- [2] NBT 35050—2015 水力发电厂接地设计技术导则[S].