

# 某水电站发电机进相深度受限的解决方法及应用

钟建, 丁韬, 成科

(四川中鼎科技有限公司, 四川 成都 610046)

**摘要:**某水电站发电机进相深度严重受限,存在不达标情况,介绍了其进相运行深度受限产生的原因及采取的解决方法,可为其他水电站处理类似问题提供借鉴。

**关键词:**发电机;进相深度;电压;变压器

**中图分类号:**TV7;TV737;TV738

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2018)02-0096-03

## 1 概述

水电站发电机进相运行深度易受静稳定、定子端部发热和厂用电压降低等因素限制,但经过采取合理的技术措施可以有效改善发电机的进相深度,以确定其进相能力。某水电站在进行启动投产试验时,其发电机进相运行深度就因受机端电压、厂用电压的限制造成其进相深度不够,达不到相关要求。为此,我们经过对试验数据进行分析,发现该水电站机组均为单机单变接线方式运行,其起始机端电压偏低为主要限制因素。笔者介绍了对该水电站发电机进相深度受限采取的解决方案、处理过程及应用情况。

## 2 进相深度受限及产生原因分析

该水电站发电机额定容量为217.143 MVA、额定有功功率为190 MW、额定定子电压为13.8 kV、额定定子电流为9085 A、额定功率因数为0.875、额定励磁电压为475 V、额定励磁电流为1750 A。2015年1月18日至2015年1月19日,笔者对该水电站1、2号发电机进行了进相运行试验。试验时,主变压器(以下简称“主变”)档位分接头为III档,低厂变分接头为III档。2、4号发电机不带有厂用变,机组均为单机单变接线方式运行。

根据川电调度〔2009〕109号关于印发《四川并网发电厂无功电压及进相运行管理规定》的通知、《同步发电机进相试验导则》Q/GDW746-2012等相关规程规定,进相试验中,定子电压不低于额定电压13.8 kV的90%,定子电流不大于额定电流9085 A。在本次试验中,机组进

相深度最大为-50 Mvar,定子电压已至额定电压的90.55%,定子电流、厂用电压均已达到运行规范所对应的规定要求,但进相效果仍不明显。

该水电站发电机进相运行试验时,非被试机组对试验机组发送无功功率80 MVar,用以支撑系统电压,但发电机定子电流未达到额定值、发电机功角值较小,通过电站监控系统发现机组各部温度在允许范围内等条件参数均未达到极限条件,其进相深度受发电机机端电压较低、厂用电压较低的限制。

## 3 解决方案及应用

### 3.1 解决方案

笔者通过对前期试验数据进行初步分析认为:该电站发电机进相深度主要受机端电压、厂用电压较低的限制,针对该问题试图采用以下两种解决方案予以解决。

方案一:调节相邻机组无功功率以提升系统电压,从而提高机端电压、厂用电压等相关参数,使其达到进相运行深度的相关要求。

方案二:合理调节主变压器档位,在不改变系统电压情况下提高发电机出口母线电压,进而优化相关参数,达到进相运行深度的相关要求。

### 3.2 两种方案的应用分析

方案一:在试验过程中,我们通过调节相邻发电机组向系统发送无功功率80 Mvar以提高系统电压,此时,该水电站220 kV系统母线电压已接近调度下达的上限值233 kV(试验时为231.59 kV,预留1.41 kV安全裕度),故不能再继续增加陪试机组的无功功率。因该水电站发电机组均为单机单变接线方式运行,故单一的通过提高陪试

收稿日期:2017-06-10

机组无功功率来抬升电压的方法效果不好,不能满足电网进相深度的相应要求。

方案二:调整主变档位,从 III 档调至 IV 档时,在现有系统最高电压下机端电压不会超过额定电压,在目前档位下厂用电可达到 395 V。故笔者建议调整主变分接头,抬高机端电压,增加进

相深度。若要满足该电站发电机能够长期进相运行的指标,不能单方面调整厂用电压。笔者根据电网公司对该电站枯期电压曲线要求(226 ~ 233 kV),列出了该系统电压区间内不同主变档位对应的机端电压、厂用电压对应情况(表 1)。

表 1 不同档位对应主变电压、厂高变电压、厂用电压情况表

| 序号 | 系统电压 /kV | 主变档位<br>变比  | 机端电压 /kV | 电流 /190 MW | 厂高变比<br>13.8/10.5    | 10.5 kV 母线<br>电压 /kV | 厂用变比<br>(10.5/0.4)     | 400 V 母线<br>电压 /V |
|----|----------|-------------|----------|------------|----------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| 1  | 233      | I 档 18.41   | 12.66    | 9 906      | 1-2 1.38             | 9.17                 | 1-2 27.5               | 0.333             |
| 2  |          | II 档 17.94  | 12.99    | 9 653      | 2-3 1.35             | 9.62                 | 2-3 26.88              | 0.359             |
| 3  |          | III 档 17.54 | 13.28    | 9 438      | 3-4 1.31             | 10.14                | 3-4 26.25              | 0.386             |
| 4  |          | IV 档 17.09  | 13.63    | 9 196      | 3-4 1.31<br>4-5 1.28 | 10.4<br>10.64        | 3-4 26.25<br>4-5 26.63 | 0.396<br>0.415    |
| 5  |          | V 档 16.66   | 13.99    | 8 964      | 5-6 1.25             | 11.19                | 5-6 25                 | 0.448             |
| 6  | 230      | I 档 18.41   | 12.49    | 9 906      | 1-2 1.38             | 9.05                 | 1-2 27.5               | 0.329             |
| 7  |          | II 档 17.94  | 12.82    | 9 653      | 2-3 1.35             | 9.5                  | 2-3 26.88              | 0.354             |
| 8  |          | III 档 17.54 | 13.11    | 9 438      | 3-4 1.31             | 10.01                | 3-4 26.25              | 0.381             |
| 9  |          | IV 档 17.09  | 13.45    | 9 196      | 3-4 1.31<br>4-5 1.28 | 10.27<br>10.51       | 3-4 26.25<br>4-5 26.63 | 0.391<br>0.41     |
| 10 |          | V 档 16.66   | 13.8     | 8 964      | 5-6 1.25             | 11.04                | 5-6 25                 | 0.442             |
| 11 | 226      | I 档 18.41   | 12.28    | 9 906      | 1-2 1.38             | 8.9                  | 1-2 27.5               | 0.324             |
| 12 |          | II 档 17.94  | 12.6     | 9 653      | 2-3 1.35             | 9.33                 | 2-3 26.88              | 0.347             |
| 13 |          | III 档 17.54 | 12.88    | 9 438      | 3-4 1.31             | 9.83                 | 3-4 26.25              | 0.374             |
| 14 |          | IV 档 17.09  | 13.22    | 9 196      | 3-4 1.31<br>4-5 1.28 | 10.09<br>10.33       | 3-4 26.25<br>4-5 26.63 | 0.384<br>0.403    |
| 15 |          | V 档 16.66   | 13.56    | 8 964      | 5-6 1.25             | 10.84                | 5-6 25                 | 0.434             |

由表 1 可以看出:以厂用系统目前实际档位(III 档)做为计算数据,系统日常电压运行在 230 kV。主变档位由原有的 III 档调至 IV 档,厂用电压将由 381 V 升至 391 V,机端电压将由 13.11 kV 上升至 13.45 kV,能够满足日常运行要求。若将主变档位从现有的 III 档调至 V 档时,机端电压将从原来的 13.11 kV 调至 13.895 kV,超过额定定子电压 13.8 kV。考虑到机组长期运行情况,若将机组档位调至 V 档,机组将不能保证其额定千伏安出力,不满足过励运行工况要求。在前期进相试验中,厂用电压虽然受限,但调节主变档位过后厂用电压能大幅上升,且可以通过同厂其它机组发送无功功率支撑厂用电压。发电机机端电压降幅为 0.829 kV 时,所吸收的无功功率为 52 302 kvar,故机端电压提升 0.34 kV,预计进相深度将提升 21 450 kvar,发电机进相深度将得到明显地

改善。

由此可见:水轮发电机组既要满足电网运行规程规定的进相运行深度,又要满足机组的长期运行要求。为此,调节机组主变压器档位为解决发电机组进相深度受限的最佳方案,其能够有效提升机组的最大进相深度,使每台发电机组对电力系统的稳定运行均能起到作用,而非需要其他机组配合完成。

### 3.3 处理结果及分析

通过对比分析,我们建议对该水电站发电机主变档位进行调整,具体处理情况为:

发电机满负荷进相试验时,定子电流最大值为 9 090 A(额定值为 9 085 A),功角为 39.76°。相同工况下,在 -50 000 kvar 无功进相深度时,其发电机机端电压值为 12 649 V(比调整前提高了 0.285 kV),厂用电压为 366.5 V(比调整前提高

了3.8 V)。

根据对发电机主变档位调整前后的进相试验数据进行比较得知:在系统电压较主变档位调整前偏低1.09~1.93 kV的情况下,该水电站发电机机端起始电压仍然提升了0.153~0.285 kV,满足预期调压效果。发电机机端电压优化后,机端电压受限深度为-70 000 kvar,符合预估进相深度;且因该发电机功角值较小,通过电站监控系统发现机组各部温度在允许范围内,其进相深度受发电机定子电流接近额定值、机端电压过低、厂用电电压过低多重限制,达到进相运行极限。故通过对该水电站主变档位进行调整,其机端电压得到了很好的优化,发电机组在相同工况下无功进相深度提升了20 000 kvar,达到了预期效果。针对此类问题,在不影响系统电压运行曲线的情况下,调节电站主变压器档位即可有效解决以上问题。

#### 4 结语

水电站发电机在进行进相运行试验时,通常会受到发电机机端电压等限制而达到进相运行深度极限,而通过采取适当的方法,可以有效地改善

(上接第27页)

下游断面的传播时间合成,从而建立上游合成流量与下游站相应流量相关关系来进行下游断面的洪水预报。

金沙水电站水情预报方案的编制是从上游石鼓站至金沙水电站坝上河段。金沙水电站坝址洪水组成主要由上游观音岩水电站的下泄流量与新庄河流量汇流而成。金沙水电站坝上洪峰流量计算公式为:

$$Q_{\text{金沙}t} = Q_{\text{观音岩}t+n} + Q_{\text{石龙坝}t+n}$$

式中  $n$  为各站洪峰流量到金沙水电站坝上的传播时间。

#### 4.3 水位预报方案

金沙水电站坝上水位预报采用2016年底截流后~2017年4月与观音岩水电站坝下、新庄河实时流量数据合成后与金沙水电站坝上水位多次洪峰水位样本,建立金沙水电站坝上水位与观音岩水电站坝下、新庄河合成流量水位流量相关关

发电机端电压,例如:(1)通过调节同厂其它机组向系统发送无功功率;(2)通过相同系统母线相邻电厂向系统发送无功功率;(3)通过调节变压器档位变比进行电压调节;(4)通过电力系统调节被试机组系统母线电压来提高厂内电压,改善机组进相深度效果。

实践结果表明:调节机组主变档位能使水轮发电机组在现有系统最高压下机端电压接近额定值,满足过励运行要求,提高机组长期使用的合理性,达到电网进相深度的相应要求。而随着电力系统的不断扩容、线路的增加和完善,电力系统的线路电压也将不断得到改善,通过这种方法能够更好地确保并入电力系统的机组长期、安全、稳定的运行,也为今后出现类似情况的机组提供参考借鉴。如有不当之处,敬请同行斧正!

#### 作者简介:

钟建(1989-),男,四川成都人,助理工程师,从事水电站性能试验工作;

丁韬(1984-),男,四川成都人,工程师,在读工程硕士研究生,从事水电站性能试验工作;

成科(1990-),男,四川广安人,助理工程师,从事水电站性能试验工作。

(责任编辑:李燕辉)

系(图4)。

坝下水位预报采用坝上与坝下水位落差建立相关关系。在使用中根据坝上、坝下水位的变化进行实时修正。

#### 5 结语

金沙江中游流域梯级水库的建设,改变了金沙江原有的天然河道特性。要做好金沙水电站的水情预报,首先应加强与上游水电站的合作,动态掌握各水电站的调度情况;其次,要不断摸索受水利工程影响后的流域水文特性,进一步完善预报方案;最后,要收集更多的流域水文资料,摸索新的预报方法,不断提高洪水预报精度,延长预报预见期。

#### 作者简介:

何开朝(1981-),男,四川剑阁人,工程师,注册造价工程师,监理工程师,招标师,从事水电工程建设技术与管理工作;

单俊(1971-),男,四川渠县人,工程师,从事水电工程安全管理工作;

杨珂(1992-),男,重庆南川人,助理工程师,二级建造师,学士,从事水电工程招标与合同管理工作。(责任编辑:李燕辉)