

轴流泵变频发电技术在江都三站的应用

汤建忠 张 宇 孙振华 何小军

(江苏省江都水利工程管理处, 江苏 江都 225200)

摘要:以江都三站为例,根据泵站改造前后采用的不同发电方式,阐述了轴流泵反向发电运行方式选择的依据,重点介绍变频发电机组所需励磁和保护的配置,以及成功试运行的情况。实践结果表明,运用该技术可使电站投资减少、效益提高,对同类型泵站的综合利用有一定的实际指导意义。

关键词:江都三站;变频发电技术;运行方式选择

中图分类号:S277.1;TK733+.3

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2010)S1-0116-03

江都第三抽水站(简称江都三站)是南水北调东线工程源头江都水利枢纽工程的重要组成部分,为国内首座抽水、发电两用的可逆式泵站,可逆式机组除抽水抗旱、排涝外,在淮河来水较丰、有余水下泄时,可反转发电,在抽、排水时,电机作为同步电机使用,转向为顺时针,电机取用电网的有功电能转变为抽水的机械能,同时向电网输出一部分无功电能;在发电时,利用电机作同步发电机运行,转向为逆时针,电机将轴上传来的机械能变为电能,同时向电网输出少部分无功电能^[1]。江都三站自 1969 年建成以来,单机运行时间约 9.5 万 h,共抽水 288.5 亿 m³,发电 4 742 万 kW·h,为抗御自然灾害以及苏北地区工农业生产和人民生活做出了巨大的贡献。2009 年完成加固改造工程后,全站安装 ZLQ13.5-8 液压全调节立式轴流泵 10 台套,配 1600/450 kW 28P 型立式可逆电机,主泵直径为 2 m,扬程为 8.0 m,总流量为 135 m³/s。

1 机组反向发电模式选择

泵站利用上游余水反向发电时应该从水泵在发电时需水量多少、输出功率大小、投资金额等情况综合考虑,选择合理的运行方式,若选择不恰当将造成很大的经济损失。江都三站采用堤后式厂房,进水流道为近似平面蜗壳流道,出水流道为虹吸式,出水流道为真空破坏阀断流,发电时抽真空,使电站出水池的水翻越虹吸管驼峰,上下游水流沟通,形成虹吸倒放水,冲转水泵叶轮(类似水轮发电机),待电机转速接近 50% 额定转速合高压断路器,并网方式为自

同期并网。

1.1 改造前

江都三站在泄水时,利用电机作同步发电机运行,转向为逆时针“反转”,4 m 落差的水位冲击水泵叶轮旋转,使电机轴上传来的机械能切割定子磁场变为电能,向电网输送有功电能,同时向电网输出无功。同步电动机定子绕组和转子绕组中间有抽头,以实现变极调速,在发电运行前定子的接线要实施改接,作发电机时转速是 125 r/min,接线方式为单路星形,磁极数为 48 极;作电动机时转速为 250 r/min,接线方式为双路星形,磁极数为 24 极。该种发电采用变极可逆电机方案,增加电机制造的复杂性和电机体积,降低电机效率约 2%。

1.2 改造方案

针对江都三站的情况,泵站在水轮机工况电机不变极运行时年平均发电量只略小于电机变极和变频 2 种运行方式,但所需投资大幅度减少^[2]。因此江都三站在选择反向发电运行方式时首先考虑采用电机不变极、水泵叶片安放角尽可能小的运行方式,既经济又简单可行。江都三站确定采用 2 种配置模式做设计方案,并进行对比分析,择优使用。2 种模式的方案如下:

方案 1:变极模式(按江都三站原机组模式),发电和抽水 2 种工况变换为同频率倍极变速方案,其抽水工况为:1 600 kW 28P 50 Hz 6 kVcosφ0.9(超前);发电工况为:400 kW 56P 25 Hz 6.3 kVcosφ0.8(滞后)。

方案 2:变频模式,发电和抽水 2 种工况变换为同极数变频变速方案,其抽水工况为:1 600 kW 28P,

式可使 3 kV 25 Hz 局部电网在开机建压及正常运行时电压稳定。

10 台同步发电机在正常运转后端电压为 3 000 V 25 Hz,自同期站发电并网,增加变频同步电动机 4 300 kW,电压 3 000 V,频率 25 Hz,同轴变频同步发电机 4 000 kW,电压 6 000 V,频率 50 Hz,通过 WKZ-3 开关合闸开启同步电动机及同轴的发电机旋转至亚同步速投入励磁,很快牵入同步发电与扬州电网并网发电输送有功电力和无功电力,自动跟踪上下游水位,叶轮角度,励磁增减自动跟踪端电压恒定运行。

c. 电网频率设定。增加了“电网频率设定”参数项,允许用户选择定子侧电网频率为 50 Hz 或 25 Hz,改变该参数时主、备用励磁调节器必须同时进行,并同时切断电源后重新上电才能生效。电网频率为 25 Hz $\pm$ 10% 时,定子三相电压、定子电流、有功功率、无功功率及功率因数的测量精度与电网频率为 50 Hz $\pm$ 10% 时相同。“电网频率设定”的应用状态设有明确的指示。“电网频率设定”配置为 25 Hz 时,修正了各类滑差定值,使其能准确对应 25 Hz 下的转差率的百分数定值。

2.2 保护装置用于发电运行

由于同一个电机运行于电动和发电 2 种状态下,它们保护的就不一样,但是如设 2 套相互独立的装置成本过高,江都三站短路电流计算依据江都站变电所短路电流计算成果,其保护整定值供江都三站保护装置调试时使用,具体各种保护整定值最终以现场试运行的情况进行调整。江都三站主机有抽水和发电 2 种工况,保护设有 2 套整定值,通过压板进行切换。江都三站进线保护整定值设 1 套,抽水和发电 2 种工况相同。

a. 正向抽水工况。正向抽水时设电流速断保护、过负荷保护、低电压保护、单相接地保护、主机超速等保护。

b. 反向发电工况。反向发电在正向抽水的基础上增加了过电压保护、超频保护。如图 1 所示,在发电状态下,主电机运行在 3 kV 额定电压下,超过 1.5 倍额定电压下作用于跳闸。因为 $f = np/60$ (f 为频率, n 为转速, p 为极对数),因为电机的极对数一定,即转速与频率成正比,频率高,这就显示转速高,设定当 f 大于 1.2 倍额定频率时,保护作用于跳闸。

3 结 语

充分利用水资源和已建成的泵站在上游有来水

时进行反向发电,或利用现有泵站进行抽水蓄能运行,是一项投资少而效益大的新能源工程。江都三站的改造工作已全部完成,并已投入试运行。2009 年 10 月在发电状态下对全站 10 台机组进行了流量的测量工作,数据经拟合后与同工况下的流量曲线对比,效率提高了 10% 左右,从实际运用上验证了此次改造方案是经济合理的,解决了同步电机用于抽水和发电 2 种工况下运行改造设计中的难题,为大型同类泵站的改造提供了可以借鉴的宝贵经验。

参考文献:

- [1] 汤正军. 江都水利枢纽志[M]. 南京: 河海大学出版社, 2004.
- [2] 莫岳平. 轴流泵站反向发电运行方式选择的研究[J]. 扬州大学学报, 1999, 2(2): 1-6.
- [3] 北京先锋科技有限公司. WKLF-102B 专用型微机控制同步电机励磁装置用户手册[R]. 北京先锋科技有限公司, 2007.

(收稿日期 2010-04-23 编辑 高建群)

(上接第 68 页)水平位移为 58 mm。

为保证施工过程中附近厂房及楼房的安全,在左岸排桩帽梁设置 2 个测点,在右岸排桩帽梁设置 4 个测点,对墙前河道土方开挖过程中桩顶变形进行观测,墙前边坡土方开挖至设计高程后,观测到的桩顶最大位移为 54 ~ 65 mm,与上述理论计算成果基本相符,由此可知支护结构变形满足工程安全要求。

5 结 语

当施工技术或场地条件等受限制时,双排灌注桩结构是代替重力式挡墙结构、桩锚结构的一种较好的支护形式。该结构施工简单、速度快、投资省,特别适用于施工作业面狭窄、紧靠相邻建筑物条件下的河道护坡治理。

将双排灌注桩结构简化成等效抗弯刚度的计算方法,能较好地计算出灌注桩的弯矩,并能按弹性支点法计算桩顶变形,与实际较相符,为工程方案决策提供可靠依据。

参考文献:

- [1] 熊巨华. 一类双排桩支护结构的简化计算方法[J]. 勘察科学技术, 1999(2): 32-33.
- [2] SL/T 191—96 水工混凝土结构设计规范[S].
- [3] 黄强. 建筑基坑支护技术规程应用手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [4] GB 50330—2002 建筑边坡工程技术规范[S].

(收稿日期 2009-04-09 编辑 骆超)