

双速改造在发电厂循环泵电机节能中的应用

方昌勇, 陈 更

(浙能兰溪发电有限责任公司, 浙江 兰溪 321100)

摘 要: 对火力发电厂循环水泵电机双速改造的节电原理和改造方法进行探讨, 解决电机低速 Δ 接线时的差动保护配置问题, 并对改造后的电机节能效果进行分析。

关键词: 循环水泵; 电动机; 双速; 改造; 差动保护

中图分类号: TM343+.2

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2011)12-0074-04

Dual-speed Transformation of Circulating Water Pump Motor for Energy Saving in Power Plants

FANG Chang-yong, CHEN Geng

(Zhejiang Energy Lanxi Power Generation Co., Ltd., Lanxi Zhejiang 321100, China)

Abstract: The paper discusses the energy saving principles and the implementation method of dual-speed transformation of circulating water pump motor in thermal power plants, solves the problem of differential protection configuration for low speed Δ -connection of motor and analyzes the effect of motor energy saving after the transformation.

Key words: circulating water pump; motor; dual-speed; transformation; differential protection

浙江浙能兰溪发电有限责任公司(以下简称兰电公司)总装机容量为 4×600 MW, 每两台机组共用 4 台循环水泵。由于季节温差大, 水温和蒸发量不尽相同, 循环水用量也大不相同, 夏季高温时需要 3 台泵运行, 春秋季节 2 台泵运行就能满足补水要求, 冬季 2 台泵运行则流量偏大。与循环水泵配套的单速电机转速恒定, 运行方式单一, 循环水流量不能根据运行工况进行调整, 电能浪费严重、设备效率偏低, 因此有必要选择合适的调速方式对循环水泵电机进行节能改造。

1 改造方案的确定

目前, 火力发电厂中的 6 kV 风机、水泵大部分采用异步电机, 国内外异步电机节能改造较为常用的方法有两种, 即变频改造和双速改造。

变频改造是通过加装高压变频器对循环水泵电机转速进行调速控制。这种方法需要增加变频

设备, 变频调速为无级调速, 调速范围广, 适用于各类交流电动机, 节能效果好。但对于电厂的高电压、大功率电机, 变频装置价格昂贵, 技术要求高、维护费用大、故障率高, 因此变频调速节能方法受到一定的限制。

双速改造是将原单速电机改成单绕组双速电机。这种方法是利用电机本身条件, 将电机从单速改为双速, 泵的负载高时用高速, 负载低时用低速, 其改造费用低、改造周期短、维护简单, 在国内应用较多, 经验成熟、性价比高, 但因电机仅有两种速度, 节能效果不如变频装置。

经充分论证和分析, 认为第二种方法比较符合当前需求。对循环水泵电机进行双速改造, 可增加循环水量调节的灵活性, 满足不同季节的供水需要。因此, 结合 2 号机组 B 级检修工作, 对 2A 和 2B 循环水泵电机进行双速改造, 将 2 台 16 极循环水泵电机改造为 16/18 极(高速时 16 极,

低速时 18 极)双速电机。

2 双速电机的节能原理和改造方法

2.1 双速循环泵电机的节能原理

泵类负载调速节能原理如图 1 所示, 根据离心泵相似定律, 小范围改变泵的转速, 其效率近似不变, 性能近似关系为:

$$Q_1/Q_2 = n_1/n_2 \quad (1)$$

$$H_1/H_2 = (n_1/n_2)^2 \quad (2)$$

$$P_1/P_2 = (n_1/n_2)^3 \quad (3)$$

式中: $Q_1, Q_2, H_1, H_2, P_1, P_2$ 分别表示 n_1 和 n_2 转速下泵的流量、扬程和功率。

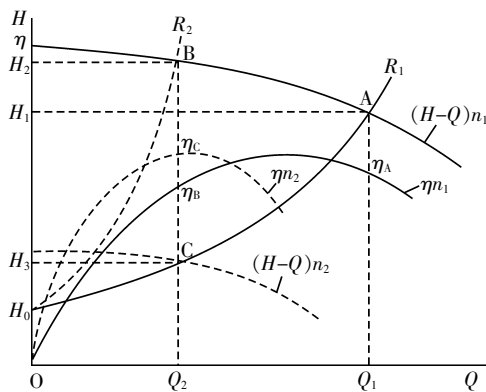


图 1 泵类负载调速节能原理

电机在 16 极时性能参数不变, 18 极运行时, 根据式(1)–(3), 水泵流量为 16 极运行时的 0.89 倍, 扬程为 16 极运行时的 0.79 倍, 轴功率为 16 极运行时的 0.70 倍, 相当于水泵流量减少 11%, 电机输出功率减少 30%, 可以达到节能目的。

2.2 循环泵电机双速改造的方法

兰电公司原循环水泵电机为上海电机厂生产的 YLKS1250-16 型 16 极 3 800 kW 异步电动机, 定子绕组为 4Y 接法, 144 槽。夏季运行时, 原电机线圈温度最高达到 110℃, 因而要求改造后电机的绕组温度不能升高。对 4Y 接法的循环水泵电机进行双速改造一般有以下几种方法:

(1) 3Y+Y 或极幅调制法。采用 3Y+Y 或极幅调制法等定子绕组变极方式进行改造, 虽然方法简便, 但存在内部绕组复杂、连接方式低效、显著削弱定子绕组利用率的缺点, 电机在相同的输出功率情况下绕组温度显著上升, 输入功率显著增加, 因而该方法不宜采用。

(2) 1Y/1Y 绕组接线法。在原有线圈的基础上, 将线圈的连接方法由 4Y 改成 1Y/1Y (分别对应 16 极和 18 极) 接法, 但在低速 (18 极) 时, 如果定子绕组采用 1Y 接法, 由于电机磁力严重不足, 可能影响循环水泵正常运行。因此, 该方法也不宜采用。

(3) 2Y/Δ 绕组接线法。在原有线圈的基础上, 将定子绕组的连接方法由 4Y 改成 2Y/Δ (分别对应 16 极和 18 极) 接法, 在 16 极时电机性能不变, 18 极时定子绕组为角型接法, 因绕组仍有较高的分布系数, 输出功率能满足低速时水泵所需要的功率, 且电机的温升、振动、噪声也均能符合国家相关标准的规定。

经过对比, 决定采用 2Y/Δ 绕组接线法对电机进行双速改造。改造后, 通过改变装在电机外壳上的变极接线板连接方式来实现高、低速切换。双速节能改造前后的电机技术数据见表 1。

表 1 循环水泵电机双速节能改造前后的技术数据

| 电机性能 | 改造前 (只有高速) | 改造后(低速) (高速性能不变) |
|-----------------------------|---------------|---------------------|
| 输出功率/kW | 3 800 kW | 2 700 |
| 额定电压/kV | 6 kV | 6 |
| 额定电流/A | 458 A | 344 |
| 额定频率/Hz | 50 Hz | 50 |
| 额定转速/(r·min ⁻¹) | 369 | 328 |
| 效率/% | 95.3% | 95.0 |
| 功率因素 | 0.84 | 0.80 |
| 启动电流 | 4.9 倍 | 4.7 倍 |
| 启动力矩 | 0.9 倍 | 0.88 倍 |
| 最大力矩 | 2.4 倍 | 2.3 倍 |
| 空载电流/A | 155 | 140 |
| 发热参数 | 2 100 | 1 580 |

3 差动保护的实现方式

双速改造后, 电机在高速时仍为 Y 形接线方式, 对差动保护没有影响。在低速时, 由于电机定子绕组为 Δ 接线, 导致电流互感器 (以下简称 TA) 二次侧的电流大小和相位发生变化, 给差动保护配置带来影响, 曾有双速改造后的循环水泵电机在低速运行时直接将差动保护退出的情况发生, 所以有必要对双速改造后循环水泵电机的差动保护配置进行研究。

根据 GB/T 14285-2006《继电保护和安

动装置技术规程》要求, 2 MW 及以上, 或 2 MW 以下但电流速断保护灵敏系数不符合要求的电动机, 为防止在电动机自启动过程中误动作, 可装设纵联差动保护。循环水泵电动机在 18 极低速运行方式下, 如果额定有功功率大于 2 MW, 仍有必要配置差动保护。兰电公司循环水泵电机低速时的额定功率为 2 700 kW, 因此有必要配置差动保护。

原循环水泵电机保护配置如图 2 所示。保护采用的电流为 A, C 两相电流, 6 kV 开关侧差动保护 TA 仅为 A, C 两相 TA, 电机侧差动保护 TA 为三相 TA, 但 B 相 TA 二次侧电流回路短接, 没有使用。

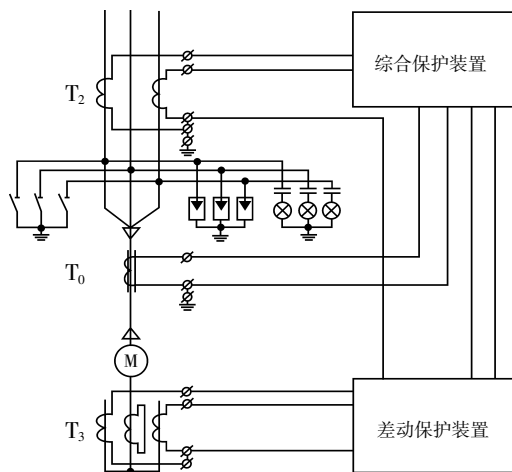


图 2 原循环泵电机保护配置

改造后, 电机高、低速时的定子绕组接线如图 3 所示, 高速时定子绕组接线方式没有变化, 低速时为 Δ 接线, 电机侧和开关侧 TA 固定安装, 如果不改变原来的差动保护接线方式, 显然有 $i_A \neq i'_A, i_C \neq i'_C$, 势必导致差动保护动作, 使电机无法正常运行。因此, 在低速时可以改变电机侧 TA 的二次接线, 使送入保护装置的两侧二次电流保持一致。按照图 3 中的电流方向, 根据基尔霍夫电流定律, 可以得到如下的关系式:

$$i_A = i'_A - i'_C \quad (4)$$

$$i_B = i'_B - i'_A \quad (5)$$

$$i_C = i'_C - i'_B \quad (6)$$

对此, 当电机低速运行时, 可将电机侧 TA 的二次接线同样以 Δ 方式连接, 如图 4 所示, 同样可以根据基尔霍夫电流定律得到如下的关系式:

$$i_{A2} = i'_{A2} - i'_{C2} \quad (7)$$

$$i_{B2} = i'_{B2} - i'_{A2} \quad (8)$$

$$i_{C2} = i'_{C2} - i'_{B2} \quad (9)$$

由上述关系表达式可知, 将 TA 的二次接线以同样的 Δ 方式连接, 可以使送入保护装置的两侧电流保持一致, 实现差动保护功能。

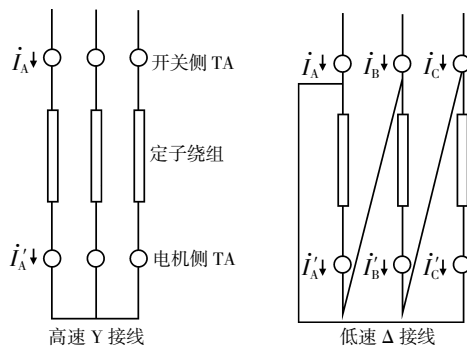


图 3 电机高、低速时的定子绕组接线

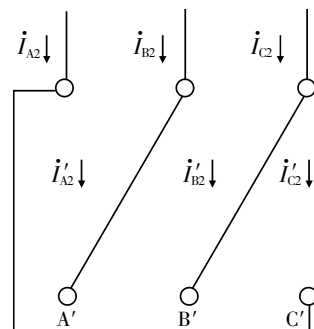


图 4 电机低速时的 TA 二次接线

改造时需在循环水泵电机开关柜内增加 B 相 TA 及其二次线。当电机高/低速运行切换时, 电机侧 TA 二次接线需做相应的改变。

4 经济性估算

4.1 循环水泵的运行方式

循环水泵应用双速电机的经济性取决于其运行方式。改造前具有代表性的运行方式为春秋和冬季两泵运行, 夏季三泵运行。经过计算, 双速改造后采用以下运行方式:

- (1) 春、秋季节循环水温度低于 22.5℃时, 采用两高一低并列方式, 但其稳定性还需试验确认。
- (2) 当春、秋季节循环水温度低于 21.6℃时, 采用两高并列方式。
- (3) 当春、秋、冬季循环水温度低于 18.5℃时,

采用一高一低并列方式。

(4)当冬季循环水温度低于 17℃时,采用两低并列方式。

4.2 循环水泵电机双速改造的经济效益

循环水泵电机进行双速改造后,可以根据循环水温度、机组负荷等情况,灵活地选择运行方式,将有助于降低厂用电率,因此带来可观的经济效益。

例如:当电机在一高一低的运行方式下运行 1 个月,按 720 h 计算,电价以 0.36 元/kWh 计算,则 1 个月可带来的直接效益为:(3 800-2 700) × 720 × 0.36 = 28.51 万元。

目前,由于电机的双速改造技术已经比较成熟,每台电机双速改造的费用一般不超过 30 万元,因此只要循环水泵电机在低速状态下运行 1 个月,即可收回其双速改造的费用,经济效益相当可观。

5 结语

火力发电厂是节能减排的重点生产企业,节约厂用电是长期而艰苦的工作。对循环水泵电机进行双速改造,不仅可以增加循环水泵系统调节方式的灵活性,而且还能取得相当显著的节能效果,是节能降耗的有效途径。

参考文献:

- [1] 王毓东.电机学[M].杭州:浙江大学出版社,1990.
- [2] 凌勇坚.三相笼型异步电动机单速改双速[J].电世界,2003,44(4):44-45.

收稿日期:2011-05-06

作者简介:方昌勇(1984-),男,浙江开化人,助理工程师,从事火电厂电气设备检修工作。

(本文编辑:徐 晗)



·书讯·



浙江電力科技圖書公司

欢迎访问网上书店 www.zjbooks.com

| | | | |
|--|--------|------------------------------------|--------|
| 国家电网公司输变电工程标准工艺(四) 典型施工方法(第一辑) | 190.00 | 国家电网公司输变电工程工艺标准库 送电线路工程部分(含光盘) | 60.00 |
| 国家电网公司输变电工程标准工艺(一) 施工工艺示范手册 | 165.00 | 国家电网公司输变电工程施工工艺示范手册 变电工程分册(电气部分) | 58.00 |
| 输变电工程工程量清单计价规范第 1 部分:变电工程 (1、2册)(含 1CD-ROM)Q/GDW593.1-2011 | 510.00 | 国家电网公司输变电工程施工工艺示范手册 变电工程分册(土建部分) | 60.00 |
| 输变电工程工程量清单计价规范第 2 部分:输电工程 (含 1CD-ROM)Q/GDW593.2-2011 | 92.00 | 国家电网公司输变电工程施工工艺示范手册 送电工程分册 | 56.00 |
| 输变电工程工程量清单计价规范使用指南 变电工程(1、2册) | 370.00 | 国家电网公司输变电工程标准化施工作业手册 变电工程分册 | 25.00 |
| 输变电工程工程量清单计价规范使用指南 输电工程 | 161.00 | 国家电网公司输变电工程标准化施工作业手册 送电工程分册 | 22.00 |
| 国家电网公司输变电工程达标投产考核办法 | 11.00 | 输变电工程验收标准化作业指导书 | 85.00 |
| 国家电网公司输变电工程典型施工方法(第一辑) | 195.00 | 输变电工程监理工作实务手册 | 60.00 |
| 国家电网公司施工现场安全管理条文汇编 (输变电工程类) | 22.00 | 输变电工程建设 典型质量问题对照图集 | 20.00 |
| 国家电网公司输变电工程工艺标准库 变电工程部分(含光盘) | 95.00 | 输变电工程建设标准强制性条文实施管理规程 Q/GDW248-2008 | 150.00 |

地址:杭州市体育场路 538 号

邮 编:310007

传 真:0571-85116959 85117939

电话:0571-85119095 85118853

系统电话:955122552 955122642

联系人:祝爱清

3 结论

信息安全风险评估是发现安全问题和缺陷、弥补安全漏洞、确保系统稳定运行的有效手段, 建议电力企业要定期进行信息安全风险评估。

通过风险评估实践发现以下方面有待改进:

(1) 缺乏有效的管控手段对评估流程进行管控, 特别是对评估中产生的大量过程文档的控制。应考虑引入自动化风险评估管理工具, 实现流程管控、文档管理、风险计算和分析及评估报告模板自动生成等功能。

(2) 信息安全的专业知识和技能水平有待提高。风险评估的核心是找出系统的弱点, 需要的不仅是方法、工具, 更多的是评估者自身的信息安全专业能力, 这直接关系到风险评估的效果。

参考文献:

- [1] 范红, 冯登国. 信息安全风险评估实施教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [2] 王英梅, 王胜开. 信息安全风险评估[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [3] 黄成哲. 信息安全风险评估工具综述[J]. 黑龙江工程学院学报, 2006(1):46-47.
- [4] 郭曙光. 信息安全评估标准研究与比较[J]. 信息技术与标准化, 2007(11):28-29.

收稿日期: 2011-08-12

作者简介: 张 闻(1967-), 女, 浙江杭州人, 工程师, 从事网络安全管理工作。

孙 歆(1981-), 男, 浙江杭州人, 工程师, 从事网络安全管理工作。
(本文编辑: 龚 皓)