

给水泵站的节能改造

□ 长沙市自来水公司/邱振华

【摘要】 分析了给水泵站各种节能途径的原理及效果,阐明了泵站节能改造的必要性及可行性。

【关键词】 给水泵站 水泵调速 控制方式

Saving Electricity and Transforming in Water-feed Pump Station

Qiu Zhenhua

ABSTRACT: The writer analyses the principle and the effect of all kinds of saving electricity ways in water-feed pump station and expounds the necessity and the feasibility of pump station in saving electricity and transforming.

KEYWORDS: Water-feed pump station Water pump regulating speed Control mode

1 概述

给水泵站作为自来水企业的耗能大户,其耗电几乎占了制水成本的一半,有的甚至更高。因此,合理的规划设计以及正确的运行管理,对降低制水成本具有重要的经济意义。

给水泵站的设计是在城市发展规划的基础上进行的。

场不均匀,每逢过电压作用后,该处即受到轻微损伤,日久积累可发生击穿。新电机耐压约为 $\sqrt{2}(2U_0+1)\sim\sqrt{2}(2U_0+3)\text{kV}$ 比同级磁吹避雷器的残压稍高一点,运行中的冲击耐压值还有所降低。由此可见,单靠磁吹避雷器来保护是不够完善的,还必须加装防雷吸收电容器、电缆进线段和管型避雷器等联合保护。构成多道防线。

3.2 防真空开关操作过电压

真空开关具有体积小、重量轻、适宜频繁操作、无噪声、无污染、寿命长及运行维护方便等优点,直配电机普遍采用真空开关作为首选控制装置。但当真空开关断开空载电动机时,强烈电弧能力会使励磁电流自然过零前被截断,产生很高的过电压,这种操作过电压对电动机的主绝缘和匝间绝缘都有很大危害。

操作过电压分为截流过电压和重燃过电压,重燃过电压比截流过电压高,且频率达兆赫级,波头很陡,在电机绕组上的电压分布多集中于首端,对匝间绝缘造成严重威胁。真空开关所产生的操作过电压具有随机性,其最大幅值可达电机额定电压的4倍左右,一般发生在电动机的起动过程或者堵转时。正常时出现的几率很小。

防止真空开关操作过电压措施主要是采用R-C保护装置或采用压敏电阻,亦可两种方式并用,如下图所示。

3.3 关于接地保护系统

一般来说,使用10kV直配电机大都与380V/220V共处于一个供电系统。这两种不同电压等级的供电系统的工

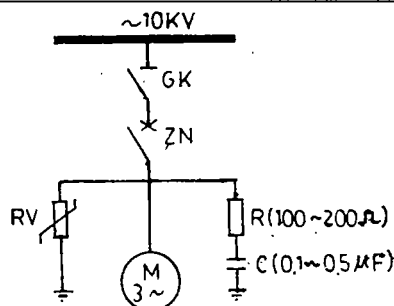
由于规划资料往往与实际发展情况存在偏差,以致许多运行中的泵站均存在机组搭配不尽合理、选型不当等情况,在某些时段水泵工况点偏离了高效区,尤其是用水量小时,常常憋高了系统的水压。造成多余能量损失的增加;抑或为了节流而采用闸阀调节。这些都是导致泵站运行效率低、电耗大的原因。如何应用新技术、新产品来进行泵站节能改造挖潜,已成了自来水企业的一个重要的现实课题。本文试就这一问题做一些讨论。

2 给水泵站的节能途径

2.1 更换止回阀

在80年代及其以前建成的泵站中,为了防止水的倒流,常在水泵出水管上装设了止回阀,且采用的大多是普通的旋启或升降式,水流阻力较大;同时,为减轻水锤的影响,出水管上还设有水锤消除设备,亦存在较大的水头损失。现在,随着微阻缓闭止回阀及液压自闭阀门的不断完善,宜以它们取代普通止回阀,并取消水锤消除设备,以减小泵站内的水头损失、降低电耗。

2.2 合理确定泵站出水压力



操作过电压保护配置图

作制式并不相同,对于10kV直配电机供电系统,采用变压器中性点不接地工作制,即IT系统;对于380V/220V供电的设备,采用变压器中心点直接接地,三相四线制即TN-C系统。这两种方式的保护实施,应在各自独立的系统中完成。除了这些接地以外,还有防雷接地、工作接地、直流接地、弱电接地等。通常使用一个总的接地体,应满足其中最小接地电阻要求。如果条件许可,将其10kV保护接地、防雷接地与其它接地分离开来设置为宜。

参考文献

- [1] 周鸿昌编著. 工厂供电. 同济大学出版社
- [2] 湘潭电机厂. Y, YR系列10kV电动机资料汇总. 1992年
- [3] 电世界. 1997. 3
- [4] 电气工程应用. 1991. 2
- [5] 电气时代. 1990. 8

目前,大多数送水泵站均以泵站出水压力来控制水泵的运行,即泵站出水压力保持在 $P_{\min} + \Delta P$ 的范围内,压力下限 $P_{\min}$ 应保证用水高峰期,管网控制点的水压要求。显然,随着城市规模的发展,用水量日益增加,供水区域扩大,控制点离泵站也越来越远,对 $P_{\min}$ 的要求就越来越高,泵站出水压力的增大,将导致泵站附近地区的管网水压大大高于所需压力,造成不必要的能量浪费,同时还会增大管网的渗漏。此时应在适当地段增设加压泵站,采用串联分区供水。诸如上海、武汉、长沙等大中城市均增设了加压泵站,大大改善了供水条件,节电效果明显,漏耗也减小了。

泵站出水压力应根据用户的要求、管道材料及当地的经济条件来确定。实践证明,出厂压力在 $3.5 \sim 5.5 \text{ kg/cm}^2$ 的范围内节能效果较好。

2.3 应用水泵调速技术

目前,我国部分城市的给水泵站已采用了水泵调速技术,其节能效果各地存在一些差异,这主要取决于下述的三个因素:其一,泵站设计时的规划资料与运行后的实际情况相吻合的程度。两者偏差愈大,则据前者设计出来的泵站就难以保证长期在高效区内工作,此时若采取,水泵调速技术,其节能效果是明显的。其二,用水量的变化大小。对送水泵站而言,供水日变化系数(或时变化系数)越大,采用调速技术的节能效果就越好;对取水泵站来说,水源水位的变幅越大、调速的节能效果越明显。其三,调速的控制方式。水泵调速的依据是流量(Q_p)和扬程(H_p),如何来确定(Q_p)和(H_p)就构成了不同的控制方式,因而就会产生不同的节能效果。

2.3.1 取水泵站的控制方式

取水泵站的水泵机组,其流量(Q)一般是恒定均匀的,调节流量储存于清水池中,而其扬程(出水压力 H_p)随水源水位的变化而变化。因此,取水泵站宜采用恒流量变扬程的调速控制方式,以充分利用水源的位能。

此种方式下,泵站出水量(Q_p)可按最大日平均时流量确定,而出水压力(H_p)由下式计算:

$$H_p = H_{ST} + h_s \quad (1)$$

式中, H_{ST} 为静扬程(水厂第一个净水构筑物内的水位与水源水位的高差); h_s 为输水管的水头损失。

根据(Q_p, H_p)和调速优化模型来确定调速泵的转速。

如果在一年当中泵站的供水量 Q_p 变化较大而调节容量又不足时,可以根据供水量划分几个具有代表意义的时间段,在每个时间段内按取水量不变、恒流量调速运行。

2.3.2 送水泵站的控制方式

目前,送水泵站调速的控制方式有下面两种:

方式一 保持泵站出水压力恒定,水泵机组随用水量的变化调速运行,即恒压变流调节。出口压力 H_p 按最大用水工况时泵站的出水压力设定,一旦每个送水泵站的 H_p 设定以后,那么任一时刻的出水量 Q_p 就可经过管网平差被唯一地确定。据(Q_p, H_p)就可按调速优化模型确定调速泵的转速。由于 H_p 是按最大用水工况确定的,当在其它工况时,泵站出口所需要的压力 H_{pc} 均较 H_p 为小,差值 $\Delta H =$

$H_p - H_{pc}$ 便是多余的扬程,因此这种方式并非最节能的方式。

方式二 保持配水管网控制点的压力恒定,水泵机组随用水量的变化而调速运行。对于单水源系统,泵站的出水量 Q_p 就等于管网的用水量,出水压力 H_p 亦可通过管网平差后得出;对于多水源系统,每个泵站的出水量就存在一个流量最优分配的问题。因此,这种控制方式适用于已建立了城市输配水工程优化调度系统的送水泵站。输配水工程一般采用两级优化:一级优化由中心调度室确定各送水泵站的最优供水量 Q_{pi} 和出水压力 H_{pi} ,然后由各送水泵站再进行二级优化来满足(Q_{pi}, H_{pi})。

上述两种方式中,方式二的节能效果显然优于方式一。但由于一级优化模型的建立存在一定的困难,或因影响因素太多无法求解已建立的模型,所以大多数送水泵站仍以方式一来进行水泵的调速控制。

3 水泵调整的优化模型

已知泵站总出水量为 Q_p 、出水压力为 H_p 。一般来说,泵站内是由调速泵与定速泵并联供水的。当 H_p 一定时,定速泵的供水量也是已知的,设为 Q_{pd} ,那么调速泵的供水量便为 $Q_{pc} = Q_p - Q_{pd}$ 。假设泵站内共有 m 台调速泵,第 i 台调速泵在额定转速 n_{oi} 时的特性曲线方程为:

$$H = H_{xi} - S_{xi} Q^2 \quad (2)$$

则转速为 n_i 时的特性曲线方程为:

$$H = (n_i/n_{oi})^2 \cdot H_{xi} - S_{xi} Q^2 \quad (3)$$

相应的出水量为:

$$Q_i = \sqrt{(\lambda_i^2 H_{xi} + Z_i - H_p) / (S_{xi} + S_i)} \quad (4)$$

式中, $\lambda_i = n_{oi}/n_i$ 为转速比, Z_i 为第 i 台水泵的吸水井水位, S_i 为第 i 台水泵的吸压管路的阻耗系数。现在的问题是求 $\lambda = [\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_m]^T$ 使得:

$$\sum_{i=1}^m Q_i = Q_{pt} \quad (5)$$

由于 λ_i 是有一定范围的(设为 $a_i \leq \lambda_i \leq b_i$),因此数学模型为:

$$\begin{cases} \min [(\sum_{i=1}^m Q_i - Q_{pt})^2] \\ s.t. \\ a_i \leq \lambda_i \leq b_i \end{cases} \quad (6)$$

(6)式是一个非线性有约束的优化问题,可以用简约梯度法求解得 $\lambda = [\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_m]^T$ 。调速范围必须保证水泵调速后的工况点仍在高效区。工况点是否落在高效区,可用下式计算

$$\sqrt{\frac{H_p}{H_{Ai}}} \leq \lambda_i \leq \sqrt{\frac{H_p}{H_{Bi}}} \quad (7)$$

式中 H_{Ai}, H_{Bi} 分别为第 i 台水泵在转速为额定转速 n_{oi} 时,其高效段的两个端点的扬程,且 $H_{Ai} \geq H_{Bi}$ 。

4 结论

水泵调速是一种有效的节能措施,但由于各个泵站的工况变化情况、控制方式不同,其节能效果便存在差异;由于水泵调速一次性投资较大,因此必须根据工程具体情况进行节能计算和经济比较,才能确定最佳的调速方案。