

泵站机组功率因数提高方法探讨

魏恩甲, 何文学, 张 宁

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 针对中、小型泵站安装异步电动机拖动水泵运行中功率因数低, 给电力系统带来无功损耗较大的缺陷。结合宝鸡峡南上座泵站装设机组的实际资料, 采用配套同步电动机组进行无功补偿分析计算, 对其配套同步机组容量作了探讨。指出在中、小型泵站选型设计时, 采用配套同步电动机组容量与异步电动机组容量比小于0.3是比较经济合理的。

[关键词] 泵站设计; 补偿方法; 功率因数; 联合运行方式

[中图分类号] TV734.21; TM341

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)03-117-03

目前, 在中、小型泵站广泛采用异步电动机拖动水泵运行。异步电动机之所以普遍应用, 是由于异步电动机结构简单, 价格便宜, 坚固耐用, 并且效率较高。但是, 异步电动机运行时要从电网吸取很大的感性无功电流。因此, 异步电动机运行时功率因数一般较低。这对电力系统来说是一个相当沉重的负担, 机组在较低功率因数下运行, 不仅增加了电力系统的供、变电损耗, 又限制了电力系统中运行发电机有功功率的输出能力, 使电站的经济效益得不到充分发挥。而同步电动机在运行过程中, 只要适当的改变励磁电流, 就可以调节其所需无功功率的大小和性质, 使同步电动机在超前功率因数下运行。由于同步电

动机具有这一特点, 在泵站机组选型设计时, 装设一定容量的同步电动机组和一定容量的异步电动机组, 将对提高整个泵站机组的功率因数是一个行之有效的途径。但是, 同步电动机与异步电动机相比, 结构复杂, 价格相对较高。因此, 在泵站选型设计时, 为了既能使泵站功率因数得到有效的提高, 又不致使工程造价明显增大, 就需要对所装设的同步电动机组与异步电动机组容量进行定量分析, 得出一个比较适中的容量配合关系, 为泵站设计提供新思路。

1 泵站基本资料

宝鸡峡南上座泵站主变压器、机组参数如表1, 表2所示。

表1 南上座泵站主变压器参数

Table 1 Parameters of main transformer about Nanshangzo pump station

型号 Model	容量/(kV·A) Capacity	原边电压/kV First voltage	副边电压/kV Secondary voltage	接线方式 Junction mode	空载损耗/kW No load loss	短路损耗/kW Short loss	阻抗电压/% Impedance voltage
SL7	2 000	35	6.3	Y/Δ-11	3.4	19.8	6.5

表2 南上座泵站机组参数

Table 2 Parameters of machine set about Nanshangzo pump station

电动机型号 Motor model	台数 Quantity	功率/kW Power	转速/(r·min ⁻¹) Rotation rate	效率/% Efficiency	定子电流/A Stator current	电压/kV Voltage	功率因数 Power factor
Y400-6	2	355	987	94.75	35.5	6	0.849
1/355-6	4	220	988	94.18	27.8	6	0.829

[收稿日期] 2001-01-12

[作者简介] 魏恩甲(1953—), 男, 陕西扶风人, 副教授, 主要从事热能动力工程研究。

2 计算与分析

2.1 功率因数与机组容量之间的关系

计算方法如下^[1,2]:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}, \quad (1)$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi, \quad (2)$$

$$Q_b = Q - Q', \quad (3)$$

$$P_T = \frac{Q_b}{\tan \varphi_T}, \quad (4)$$

$$P_Y = P - P_T. \quad (5)$$

表 3 功率因数、机组容量及投资之间的关系

Table 3 The relation between power factor, unit capacity and investment

$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	$\tan \varphi$	$S/(\text{kV} \cdot \text{A})$	P_T/kW	P_Y/kW	P_T/P_Y	$A_T/\text{元}$	Q/kV_{ar}	$Q_b/\text{kV}_{\text{ar}}$	Q'/kV_{ar}
0.84	0.54	0.646	1 892.8		1 590.0			1 022.1		
0.85	0.53		1 870.6	40.9	1 549.1	0.03	2 503	1 000.7	30.7	991.4
0.86	0.51		1 848.4	77.2	1 512.8	0.05	4 724	977.3	57.9	942.8
0.87	0.49		1 827.6	103.0	1 487.0	0.07	6 304	960.6	77.3	895.5
0.88	0.48		1 806.8	124.4	1 465.6	0.08	7 613	946.8	93.3	867.6
0.89	0.46		1 786.5	166.6	1 423.4	0.12	10 196	919.5	125.0	821.8
0.90	0.44		1 767.0	189.4	1 400.6	0.14	11 591	904.8	142.0	777.5
0.91	0.42		1 747.0	228.1	1 361.9	0.17	13 960	879.8	171.1	733.7
0.92	0.40		1 728.0	251.4	1 338.6	0.19	15 386	864.7	188.6	691.2
0.93	0.37		1 710.0	309.3	1 280.7	0.24	18 929	827.3	232.0	632.7
0.94	0.34		1 691.0	336.6	1 253.4	0.27	20 600	809.7	252.4	574.9
0.95	0.31		1 674.0	387.7	1 202.3	0.32	23 727	776.7	290.8	518.9
0.96	0.28		1 656.0	417.3	1 172.7	0.36	25 539	757.6	313.0	463.7
0.97	0.24		1 639.0	485.6	1 104.4	0.44	29 719	713.4	364.2	393.4
0.98	0.20		1 622.0	518.7	1 071.3	0.48	31 744	692.1	389.0	324.4
0.99	0.14		1 606.0	623.0	967.0	0.64	38 128	624.7	467.3	244.8
1.00	0.00		1 590.0	832.9	757.1	1.10	50 973		624.7	

功率因数($\cos \varphi$)与机组容量比(P_T/P_Y)之间的关系如图 1 所示。对表 3 数据进行数学分析,得出图 1 曲线的数学表达式如下:

$$\cos \varphi = f(P_T/P_Y) = \frac{P_T/P_Y}{2.767\ 826\ 931 - 0.897\ 337\ 69(P_T/P_Y)} + 0.85, \quad (6)$$

上式为双曲线型回归,相关系数 $r=0.985\ 064$ 。

在式(6)中,令 $y=\cos \varphi$, $x=P_T/P_Y$, 则有

$$y = \frac{x}{2.767\ 826\ 931 - 0.897\ 337\ 69x} + 0.85, \quad (7)$$

对式(7)求导得:

$$y' = \frac{2.767\ 826\ 931}{(2.767\ 826\ 931 - 0.897\ 337\ 69x)^2}. \quad (8)$$

通过数值分析计算可知,当 $x(P_T/P_Y)$ 大于 0.3 以后, x 值继续增加,功率因数变化率 y' 上升速度明显减小。因而从功率因数与机组容量比之间的关系分析可见,当 P_T/P_Y 大于 0.3 则不合理。

式中, S 为泵站电动机的视在容量($\text{kV} \cdot \text{A}$); P 为泵站电动机的有功功率(kW); P_T 为装设同步电动机的有功功率(kW); P_Y 为装设异步电动机的有功功率(kW); Q 为泵站机组功率因数为 0.84 时从电网吸取的无功功率(kV_{ar}); Q_b 为同步电动机补偿的无功功率(kV_{ar}); Q' 为泵站机组补偿到相应功率因数时从电网吸收的无功功率(kV_{ar}); $\cos \varphi_T$ 为同步电动机的功率因数,按容性 0.8 计算,计算数值见表 3。

2.2 投资与机组容量之间的关系

为了简化计算过程,在分析时只考虑泵站因装设同步电动机而增加的投资费用。由有关资料及市场调查价格统计计算,同步电动机与异步电动机单位千瓦的价格比为 1.36^[3],异步电动机价格约为 170 元/ kW ,计算方法如下^[4]:

$$A_T = 170 \times (1.36 - 1) \cdot P_T, \quad (9)$$

式中, A_T 为泵站因装设同步电动机而增加的投资(元),计算数据列于表 3。

A_T 与 $\cos \varphi(P_T/P_Y)$ 之间的关系如图 2 所示。对表 3 数据进行数学分析,得出图 2 的数学表达式为

$$A_T = \frac{1}{10^{-6} \times 3.839\ 589\ 371} \ln \frac{\cos \varphi}{0.856\ 251\ 251}, \quad (10)$$

式(10)为指数型回归,相关系数 $r=0.959\ 757\ 401$ 。

由图 2 分析可见,当 $\cos \varphi$ 大于 0.96 后,投资的变化明显增大,即从投资与功率因数之间的关系可

见,当 P_T/P_Y 大于 0.36 后不合适。

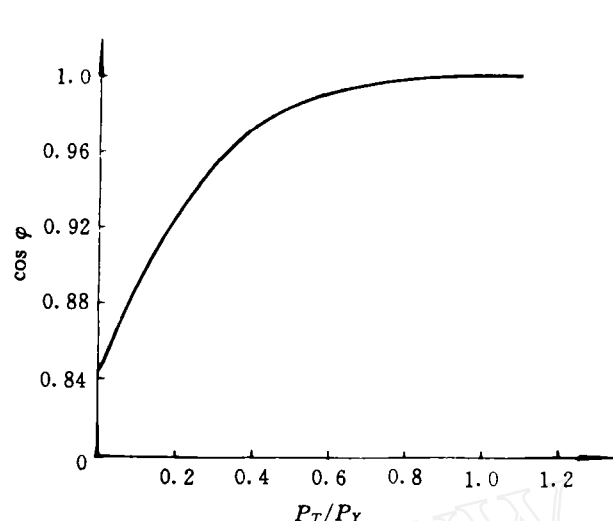


图1 功率因数与机组容量比间的关系

Fig. 1 Relation between power factor and unit capacity ratio

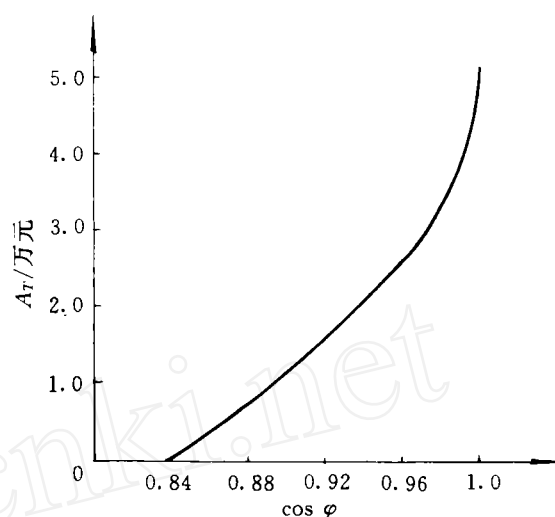


图2 投资与功率因数间的关系

Fig. 2 Relation between investment and power factor

3 结论与建议

通过上述分析计算可知:

(1)在泵站设计中,为了提高功率因数,降低抽水能耗,增加电力系统和泵站的运行效益,可在泵站

装设部分同步电动机组,利用同步电动机功率因数超前的特性进行补偿。

(2)在提高功率因数的同时,又不致于使工程造价明显增大,所装同步电动机组容量与异步电动机组容量之比(P_T/P_Y)以小于 0.3 为宜。

[参考文献]

- [1] 湖南大学,武汉水利电力学院. 电工学基本教程[M]. 北京:高等教育出版社,1983.
- [2] 季一峰. 水电站电气部分[M]. 北京:水利电力出版社,1985.
- [3] 张勳成,陈前明,万继武. 给排水手册(第8册)[M]. 北京:中国建筑出版社,1986.
- [4] 王庆玺,魏恩甲,李 新. 泵站主变压器容量选择方法探讨[J]. 西北农业大学学报,1995,23(3):187—190.

Research on raising power factor of electric equipment in pumping station

WEI En-jia, HE Wen-xue, ZHANG Ning

(College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The instalation of pumps towed by asynchronous motors in middle and small size pumping stations causes great reactive-load consumption to the electric power pool with lower power factors. In this article, based on analysis of data collected from the pumping stations in Baoji Gorge Irrigation District, the author put forward the ideal of compensating reactive-load consumption by installing some synchronous motors in the same pumping station. And make a further calculation on the installed capacity. Draw a conclusion, it is more economical to make the ratio of synchronous motor installed capacity to asynchronous motor installed capacity less than 0.3 in the pumping station designing.

Key words: pumping station designing; compensating method; power factor; combining operation mode