

南上座泵站最优补偿功率因数分析

魏恩甲¹, 何文学², 张 宁¹, 李茶青²

(1 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100; 2 浙江水利水电专科学校, 浙江 杭州 310016)

[摘 要] 从提高泵站运行效率的观点, 结合宝鸡峡南上座泵站机组的实际资料, 对该泵站异步电动机组进行补偿分析, 找出了功率因数与无功补偿容量、投资变化率及投资回收年限之间的关系。结果表明, 在南上座泵站, 异步电动机组功率因数补偿到 0.94 时最为经济。

[关键词] 异步电动机; 功率因数; 投资回收年限; 经济效益

[中图分类号] TV 734 21; TM 341 [文献标识码] A [文章编号] 1000-2782(2001)06-112-03

在中、小型泵站广泛采用异步电动机拖动水泵, 这是由于异步电动机结构简单, 价格便宜, 运行维护工作量少, 效率较高。但异步电动机运行时要从电网吸取很大的感性无功电流, 功率因数偏低, 从而严重影响了电力系统和泵站运行的经济效益。机组在较低功率因数下运行, 不仅使电力系统的供、变电损耗增加, 而且限制了电力系统中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的发挥。为了保证供电质量, 提高电网及泵站的运行效益, 在中、小型泵站中采用电容器补偿来提高泵站机组的功率因数, 是行之有效的一种技术措施。但对机组功率因

数不同的泵站, 其功率因数补偿到多少比较合适, 这就应从补偿装置的投资和泵站的运行效益等方面综合考虑。本研究对南上座泵站异步电动机组补偿到不同功率因数下的运行工况进行了分析, 得出该泵站机组的最优补偿功率因数。

1 南上座泵站资料

宝鸡峡南上座泵站的主变压器、机组及线路参数见表 1、表 2、表 3, 网络接线见图 1。泵站机组年运行时数 $T = 4\ 000\ \text{h}$, 年最大利用时数 $T_{\max} = 2\ 500\ \text{h}$, 查曲线^[1]得 $\tau = 2\ 000\ \text{h}$ 。

表 1 南上座泵站主变压器参数

Table 1 Parameters of main transformer in Nanshangzuo pump station

型号 Model	容量/kVA 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	阻抗压降/% Impedance voltage
SL 7	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 the units in Nanshangzuo 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
Y355-6	4	220	988	94.18	27.8	6	0.829

表 3 南上座泵站线路参数

Table 3 Scheme parameters in Nanshangzuo pump station

导线型号 Model	截面积/mm ² Sectional area	长度/km Length	电阻/ (Ω·km ⁻¹) Resistance	总电阻/Ω Total resistance
LJGJ	95	20.66	0.33	6.82

[收稿日期] 2001-06-06
[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(49871040)
[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。

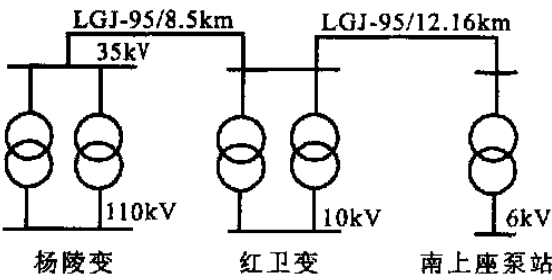


图 1 南上座泵站网络接线图

Fig 1 Network scheme about Nanshangzuo pump station

2 无功补偿效益分析计算

2.1 功率因数与补偿装置投资间的关系

补偿装置投资 A_T 计算公式^[2]如下:

表 4 功率因数与无功补偿容量、投资变化率及投资回收年限之间的关系

Table 4 Relation between power factor and reactive compensating capacity, investment change rate as well as investment payback period

$\cos \varphi$	$S / \text{kV} \cdot \text{A}$	$\Delta P_{\cos \varphi} / \text{kW}$	$Q_b / \text{kV} \cdot \text{ar}$	$I_{\cos \varphi} / \text{A}$	$A_T / \text{元}$	$K /$	$c / \%$	$B_1 / \text{元}$	$B_2 / \text{元}$	$B / \text{元}$	$T / \text{年}$
0.838	1 897.4	21.2		31.3							
0.84	1 892.6	21.1	8.0	31.2	413.4	2 067.0	-0.5	-4 710	22.4	-4 687.6	
0.85	1 870.6	20.7	42.3	30.9	2 199.1	1 832.6	0.0	0	143.0	143.0	
0.86	1 848.4	20.3	92.2	30.5	4 795.4	2 179.7	0.1	1 494	252.9	1 746.9	2.7
0.87	1 827.6	19.9	133.6	30.2	6 945.1	2 170.3	0.2	2 688	361.4	3 049.4	2.3
0.88	1 806.8	19.6	176.5	29.8	9 177.5	2 185.1	0.3	3 822	465.7	4 287.7	2.1
0.89	1 786.5	19.2	221.0	29.5	11 492.5	2 210.1	0.4	5 016	568.8	5 584.8	2.1
0.90	1 766.7	18.9	265.5	29.1	13 807.6	2 227.0	0.5	6 150	667.8	6 817.8	2.0
0.91	1 747.3	18.5	310.1	28.8	16 122.6	2 239.3	0.65	7 821	762.6	8 583.6	1.9
0.92	1 728.3	18.2	357.8	28.5	18 603.0	2 268.7	0.8	9 432	853.5	10 285.5	1.8
0.93	1 709.7	17.9	407.0	28.2	21 166.1	2 300.7	0.95	11 043	943.4	11 986.4	1.8
0.94	1 691.5	17.6	457.9	27.9	23 811.8	2 334.5	1.1	12 654	1 029.5	13 683.5	1.7
0.95	1 673.7	17.3	512.0	27.6	26 623.0	2 377.1	1.1	12 834	1 111.9	13 945.9	1.9
0.96	1 656.3	17.0	570.8	27.3	29 682.1	2 433.0	1.1	13 014	1 193.4	14 207.4	2.1
0.97	1 639.2	16.7	636.0	27.0	33 072.0	2 505.5	1.1	13 194	1 270.2	14 464.2	2.3
0.98	1 622.4	16.4	712.3	26.8	37 040.6	2 608.5	1.1	13 374	1 345.5	14 719.5	2.5
0.99	1 606.1	16.2	968.3	26.5	50 352.1	3 312.6	1.1	13 494	1 419.1	14 913.1	3.4
1.00	1 590.0	15.9	1 035.0	26.2	53 824.7	3 322.5	1.1	13 674	1 491.9	15 165.9	3.6

2.2 功率因数与投资变化率间的关系

补偿装置的投资变化率 K 按下式计算:

$$K = \frac{A_T}{(\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1) \times 100} \tag{2}$$

式中, A_T 为补偿装置投资, $\cos \varphi$ 为泵站电动机的平均功率因数, $\cos \varphi_2$ 为补偿后的功率因数。

计算结果见表 4。从表 4 可以看出,功率因数为 0.838~0.96 时,投资变化率没有明显的上升,即从投资变化率方面来看,合理的补偿功率因数应小于 0.96。

$$A_T = a(1 + 30\%)Q_b \tag{1}$$

式中, a 为每千乏补偿装置造价($a=40$ 元/ $\text{kV} \cdot \text{ar}$); 30% 为土建附加费用系数; Q_b 为泵站机组在相应功率因数下的无功补偿容量($\text{kV} \cdot \text{ar}$)。

计算结果列于表 4。由表 4 可见,功率因数为 0.838~0.97 时,补偿装置投资随功率因数的提高近似为线性上升关系;功率因数高于 0.97 以后,随着功率因数的提高,所需补偿装置的投资明显增大。这说明从功率因数与补偿装置投资之间的关系来看,本站电动机合理的补偿功率因数应小于 0.97。

2.3 功率因数与投资回收年限间的关系

泵站机组提高功率因数运行,可以降低输电线路和变压器的能耗,提高泵站的运行效益。但要使机组在比较高的功率因数下运行,就应增大无功补偿容量,引起工程投资的增加。为了既能提高机组运行效益,又不致于使工程造价明显增大,就应从功率因数与无功补偿投资回收年限之间进行分析。

根据电业部门的有关规定^[3],泵站不同功率因数下的实交电费应为功率因数调整电费。本站回收电费 B 及投资回收年限^[4] T 按下式计算:

$$B = B_1 + B_2 \tag{3}$$

$$B_1 = 0.3 \times [P \cdot c\% + (\Delta P_{\cos \varphi_1} - \Delta P_{\cos \varphi_2})] \cdot \tau \quad (4)$$

$$B_2 = 0.3 \cdot R_0 \cdot L [I_{\cos \varphi_1}^2 - I_{\cos \varphi_2}^2] \cdot T_{\max} \times 10^{-3} \quad (5)$$

$$I_{\cos \varphi} = \frac{P}{\sqrt{3} U_e \cos \varphi} \quad (6)$$

$$\Delta P_{\cos \varphi} = P_0 + \left(\frac{S_{\cos \varphi}}{S_e} \right)^2 P_k \quad (7)$$

$$T = \frac{A_r}{B} \quad (8)$$

式中, B_1, B_2 分别为变压器和线路在补偿功率因数下的回收电费; $\Delta P_{\cos \varphi_1}$ 与 $\Delta P_{\cos \varphi_2}$ 分别表示在补偿前后变压器的损耗; $c\%$ 为电费功率因数调整率^[3]; S_e 为泵站主变压器的额定容量(kVA); P_k 为变压器短路损耗(kW); P_0 为变压器空载损耗(kW); $I_{\cos \varphi_1}$ 、 $I_{\cos \varphi_2}$ 分别为泵站供电线路在平均功率因数和补偿后

所对应功率因数下的电流(A)。

计算数据见表 4。从表 4 可知, 南上座泵站功率因数补偿到 0.94 时, 无功补偿装置的投资回收年限最短, 最经济。

3 结论与建议

通过以上 3 个方面对宝鸡峡南上座泵站电容补偿分析计算可知, 从功率因数与无功补偿容量之间的关系来看, 该站机组功率因数补偿值不宜大于 0.97; 而从功率因数与投资变化率的关系来看, 机组的功率因数补偿值小于 0.96 比较适宜; 再从功率因数与投资回收年限方面来看, 当机组功率因数补偿到 0.94 时, 年电费回收率最高, 投资回收年限最短。综合以上几方面的分析可知, 宝鸡峡南上座泵站机组的功率因数补偿到 0.94 时最经济。

[参考文献]

- [1] 航空工业部第四规划设计研究院, 兵器工业部五院, 电子工业部第十一设计研究院等编 工厂配电设计手册[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.
- [2] 肖鸿猷, 徐约珥, 杨贻馨, 等 电工学基本教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [3] 张勋成, 陈前明, 万继武主编 给排水手册(第 8 册)[M]. 北京: 中国建筑出版社, 1986.
- [4] 季一峰主编 水电站(电气部分)[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985.

Analysis of optimum compensation power factor about N anshangzuo pump station

WEI En-jia¹, HE Wen-xue², ZHANG Ning¹, LI Cha-qing²

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

2 Zhejiang Water Conservancy and Hydropower College, Hangzhou, Zhejiang 310016, China)

Abstract: In view of raising the operational efficiency of the pump station and combined with the actual data of the units of N anshangzuo pump station in Baojixia irrigated area, the compensating analysis is completed to the asynchronous motors of the pump station. The relations between power factor and reactive compensating capacity, investment change rate as well as investment payback period have been established, the result illustrates that the operation cost is the cheapest when power factor of the asynchronous motors is compensated and increased to 0.94.

Key words: asynchronous motor; power factor; investment payback period; economic benefit