

# 北昌泵站无功补偿容量分析\*

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] 以泵站节能的观点, 对宝鸡峡北昌泵站异步电动机组的无功补偿容量进行了分析计算, 找出了该站无功补偿容量与功率因数、投资变化率及年电费回收率之间的关系。结果认为, 在北昌泵站采用单机补偿方式运行时, 无功补偿容量定为 70 kV 最为合理。

[关键词] 泵站; 无功补偿; 功率因数; 投资变化率

[中图分类号] TV 734 21

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)05-141-03

目前, 在中、小型泵站多数机组采用异步电动机拖动。由于异步电动机运行时功率因数偏低<sup>[1]</sup>, 导致电网能耗增大, 供电质量和运行效益下降。为了保证电网供电质量, 提高泵站及整个电力系统的运行效益, 在中、小型泵站采用了各种不同形式的无功补偿措施, 电容补偿就是行之有效的一种。但对功率因数和机组容量不同的泵站, 无功容量补偿以多少为宜, 这就应从投资和经济效益等方面统筹考虑。本研究对宝鸡峡北昌泵站异步电动机, 在不同无功补偿容

量下的运行工况进行了分析, 确定了该站的最佳单机无功补偿容量。

## 1 基本资料

北昌泵站位于宝鸡峡引渭干渠 158.86 km 处, 设计流量 6 m<sup>3</sup>/s, 灌溉面积 9 000 hm<sup>2</sup>, 泵站平均年运行时数为 2 500 h, 电费按小水电现行上网电价 0.30 元/(kW·h) 计, 泵站电动机、变压器基本参数见表 1, 表 2。

表 1 北昌泵站电动机参数

Table 1 Parameters of machine set about Beichang pump station

电动机型号 Motor model	台数/台 Engine number	功率/kW Power	转速/(r·min <sup>-1</sup> ) Rotation rate	效率/% Efficiency	电压/kV Voltage	功率因数 Power factor
Y400-43-6	6	280	987	93.86	6	0.853
Y350-6	1	200	988	94.43	6	0.829

表 2 北昌泵站主变压器参数

Table 2 Parameters of main transformer about Beichang pump station

型号 Model	额定容量/kV·A Rated capacity	额定电压/kV Rated voltage	铁损/kW Iron loss	铜损/kW Copper loss	空载电流/% No load running	阻抗压降/% Impedance voltage
SL7	2500	35/6.3	4.0	24	0.47	6.56

## 2 分析与计算

### 2.1 功率因数与无功补偿容量之间的关系

不同功率因数下的无功补偿容量  $Q_b$  用下式计算<sup>[2]</sup>:

$$Q_b = P (\operatorname{tg} \varphi_e - \operatorname{tg} \varphi) \quad (\text{kV ar}) \quad (1)$$

式中,  $P$  为电动机的额定有功功率 (kW);  $\operatorname{tg} \varphi_e$  为对应电动机的额定功率因数  $\cos \varphi_e$  的正切值;  $\operatorname{tg} \varphi$  为

对应电动机补偿后功率因数  $\cos \varphi$  的正切值。

计算数值列于表 3, 功率因数与无功补偿容量之间的关系如图 1 曲线所示。由图 1 可以看出, 无功补偿容量为 0~90 kV ar 时, 功率因数随无功补偿容量的增大近似为线性上升关系。无功补偿容量大于 90 kV ar 时, 功率因数每提高 1%, 所需的无功补偿容量明显增大, 为非线性关系。也就是说, 合理的无功补偿容量应小于 90 kV ar。

\* [收稿日期] 2001-03-30

[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。

表 3 功率因数与投资变化率、电费调整率、年电费回收率之间的关系

Table 3 The relation between power factor and rate of investment change, rate of power expenses adjustment, recovery ratio of annual power expenses

功率因数 Power factor	变压器容量/kV·A Capacity	有功损耗/kW Power loss	无功补偿容量/kVar Reactive compensating capacity	补偿电容投资/元 Investment of compensation device	投资变化率 Investment change	电费调整率 Rate of power expenses adjustment	回收电费/元 Power expenses adjustment	电费回收率 Recovery ratio of annual power expenses
0.853	2 210.8	3.25				0.0		
0.86	2 186.0	3.19	5.32	276.6	349.3	0.1	255	364.3
0.87	2 161.0	3.13	12.60	655.2	385.4	0.2	465	273.5
0.88	2 136.4	3.07	20.16	1048.3	388.3	0.3	675	250.0
0.89	2 112.4	3.02	28.00	1456.0	393.5	0.4	878	237.2
0.90	2 089.0	2.96	35.84	1863.7	396.5	0.5	1095	233.0
0.91	2 066.0	2.91	43.68	2271.4	398.5	0.65	1403	246.1
0.92	2 043.5	2.86	50.96	2649.9	395.5	0.8	1718	256.3
0.93	2 021.5	2.81	60.76	3159.5	410.3	0.91	2033	264.0
0.94	2 000.0	2.77	69.72	3625.4	416.7	1.1	2340	269.0
0.95	1 979.0	2.72	79.24	4120.5	424.8	1.1	2348	242.0
0.96	1 958.0	2.67	89.60	4659.2	435.4	1.1	2348	219.4
0.97	1 938.0	2.63	101.08	5256.2	449.2	1.1	2340	200.0
0.98	1 918.4	2.59	114.52	5955.0	468.9	1.1	2340	184.3
0.99	1 898.0	2.55	131.60	6843.2	499.5	1.1	2340	170.8
1.00	1 880.0	2.51	171.36	8910.7	606.2	1.1	2340	159.2

2.2 无功补偿容量的投资变化率分析

补偿电容投资  $A_T$  用下式计算<sup>[3]</sup>:

$$A_T = a(1 + 30\%)Q_b \quad (2)$$

式中,  $a$  为每千乏补偿电容造价(40 元/kVar); 30% 为土建附加费用系数。

投资变化率  $K_1$  用下式表示:

$$K_1 = \frac{A_T}{(\cos \varphi - \cos \varphi_e) \times 100} \quad (3)$$

计算结果见表 3。投资变化率与功率因数之间关系如图 2 所示。

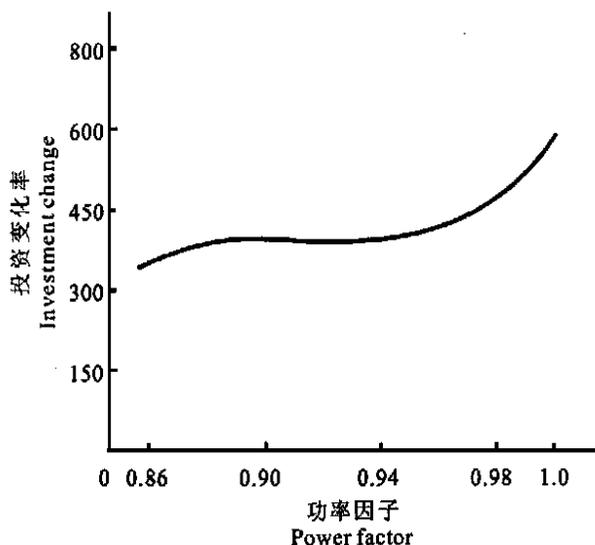


图 1 功率因数  $\cos \varphi$  与无功补偿容量  $Q_b$  之间的关系

Fig. 1 Relation between power factor  $\cos \varphi$  and reactive compensating capacity  $Q_b$

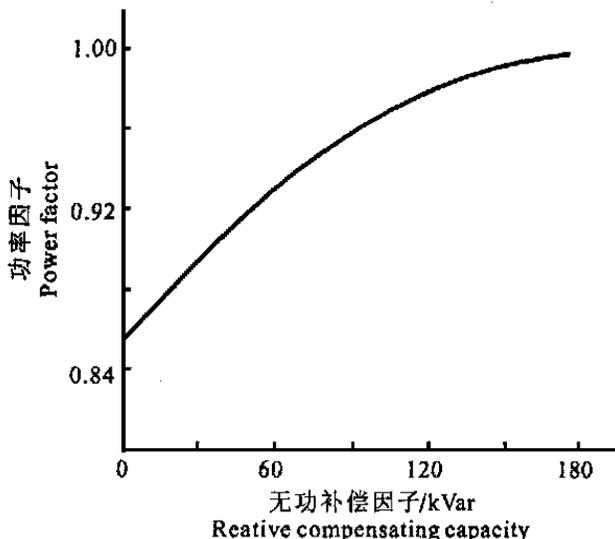


图 2 投资变化率  $K_1$  与功率因数  $\cos \varphi$  之间的关系

Fig. 2 Relation between rate of investment change  $K_1$  and power factor  $\cos \varphi$

从图 2 可以看出, 无功补偿容量为 0~ 80 kVar (即功率因数为 0.85~ 0.95) 时, 投资变化率  $K_1$  上升不明显, 即无功补偿容量 < 80 kVar 比较合适。

2.3 年电费回收率分析

泵站电动机在不同功率因数下运行时, 引起的电网能耗不同。根据电业部门有关规定<sup>[4]</sup>, 用户在

同功率因数下的实交电费,应为功率因数调整电费。回收电费 $B$ 可按下式计算<sup>[5]</sup>。

$$B = 0.3 \times 250 [P \cdot c\% + (\Delta P_{\cos \varphi_k} - \Delta P_{\cos \varphi})] \quad (4)$$

$$\Delta P_{\cos \varphi_k} = [P_0 + \left(\frac{S_{\cos \varphi_k}}{S_e}\right)^2 P_k] / 7 \quad (5)$$

$$\Delta P_{\cos \varphi} = [P_0 + \left(\frac{S_{\cos \varphi}}{S_e}\right)^2 P_k] / 7 \quad (6)$$

式中,  $\Delta P_{\cos \varphi_k}$ ,  $\Delta P_{\cos \varphi}$  分别表示在补偿前功率因数为  $\cos \varphi_k$  和补偿后功率因数为  $\cos \varphi$  情况下, 每台电动机所占变压器的损耗(为简化计算, 将变压器损耗平均分配给 7 台电动机);  $c\%$  为电费功率因数调整率;  $S_e$  为泵站主变压器额定容量( $\text{kV} \cdot \text{A}$ );  $S$  为泵站主变压器的实际工作容量( $\text{kV} \cdot \text{A}$ );  $P_k$  为变压器短路损耗( $\text{kW}$ );  $P_0$  为变压器空载损耗( $\text{kW}$ )。

年电费回收率  $K_2$  按下式计算:

$$K_2 = \frac{B}{(\cos \varphi_k - \cos \varphi) \times 100} \quad (7)$$

计算结果见表 3。从表 3 可知, 功率因数为 0.94 (对应无功补偿容量为 70  $\text{kV ar}$ ) 时, 年电费回收率

最高。也就是说, 从年电费回收率方面看, 该站无功补偿容量定为 70  $\text{kV ar}$  比较适宜。

### 3 结论

1) 通过以上几个方面对宝鸡峡北昌泵站无功补偿分析计算可知, 从无功补偿容量与功率因数之间的关系看, 该站单机运行无功补偿容量不宜大于 90  $\text{kV ar}$ ; 而从无功补偿容量与投资变化率关系方面探讨, 单机运行无功补偿容量小于 80  $\text{kV ar}$  比较合适; 再由无功补偿容量与年电费回收率方面分析, 该站单机运行无功补偿容量定为 70  $\text{kV ar}$  更为合理。综合以上 3 个方面的分析, 北昌泵站单机补偿容量定为 70  $\text{kV ar}$  为最佳。

2) 当北昌泵站采用单机补偿方式运行, 且单机补偿容量定为 70  $\text{kV ar}$  时, 由表 3 可以看出, 所需主变压器容量为 2 000  $\text{kV} \cdot \text{A}$ , 降低了一个容量等级。采取这样的设计方案, 既能减少泵站主变压器投资, 节省工程造价; 又能降低主变压器空载损耗, 节省运行费用。

### [参考文献]

- [1] 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
- [2] 肖鸿猷, 徐约琪, 杨贻馨, 等. 电工学基本教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [3] 季一峰. 水电站(电气部分)[M]. 北京: 水利电力出版社, 1990
- [4] 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
- [5] 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. 工厂配电设计手册[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.

## A nalysis of reactive compensating capacity in Beichang pumping station

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

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

**Abstract:** In view of energy saving in the pumping station, the reactive compensating capacity of asynchronous motors in Beichang station of Baojixia is analysed and calculated in the paper, the relation between reactive compensating capacity and power factor, rate of investment adjustment and recovery ratio of annual power expenses is found out. The result shows that the reactive compensating capacity is very reasonable with operation mode of single machine compensating. Its capacity is 70  $\text{kV ar}$ .

**Key words:** pumping station; reactive compensation; power factor; rate of investment adjustment