

【兵器与装备】

无功补偿技术在提高电网功率因数中的应用

甄委委¹, 程俊²

(1. 成都晋林工业制造有限责任公司, 成都 611930; 2. 总装驻绵阳地区军代室, 四川 绵阳 621000)

摘要:分析电网功率因数影响要素, 探讨利用无功补偿技术提高电网功率因数, 介绍无功补偿的计算方法. 结合某工厂的实际情况进行应用, 收到了良好的效果.

关键词:电网; 无功补偿; 功率因数; 优化选择

中图分类号: V242.3

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2008)06-0016-02

随着经济的发展, 生产用电规模不断扩大, 用电量的日益增长和用电结构的变化, 使电力供需矛盾越来越突出. 降低传输过程中的无功消耗, 实现降损节能已成为电网的基本原则和迫切任务. 目前, 电网功率因数较低直接影响到电能质量和电网安全, 使传输过程中的消耗较大, 这是影响电网经济运行中的重要问题之一, 必须高度重视, 充分研究, 切实解决.

1 影响电网功率因数的主要因素

1) 若异步电动机长期处于低负载下运行, 既增大功率损耗, 又使功率因数和效率都恶化.

2) 变压器无功消耗的增加, 导致功率因数及电能质量降低.

2 提高功率因数常规对策的应用及效果

提高功率因数的通常对策是通过提高变压器和异步电动机负载率、调整负荷结构等方式提高自然功率因数. 主要手段包括2个方面: 一方面是防止电动机空载, 尽可能提高负载率, 正确、合理地选择电动机容量, 不断提高异步电动机检修质量. 因为异步电动机定子绕组匝数变动和定、转子间的气隙变动对无功功率的大小影响很大. 另一方面是降低变压器的无功损耗, 避免变压器空载运行或长期处于低负载运行状态^[1].

常规对策对使用和检修的要求很高, 实施难度较大, 得到的效果并不理想. 功率因数仅能从0.85提高到0.87, 离国家电网规定的0.95的功率因数差距还很大.

3 利用无功补偿提高功率因数^[2-5]

无功补偿装置按延时时间分动态补偿和静态补偿, 具体选择哪一种补偿方式, 还要依电网的状况而定. 首先对

所补偿的线路要有所了解, 对于负荷较大且变化较快的工况, 电焊机、电动机的线路采用动态补偿方式, 功率因数的改善效果明显; 对于负荷相对平稳的线路应采用静态补偿方式, 也可使用动态补偿装置; 对于一些特殊的工作环境就要慎重选择补偿方式, 尤其线路中含有瞬变高电压、大电流冲击的场合是不能采用动态补偿的. 一般电焊工作时间均在几秒钟以上, 电动机启动也在几秒钟以上, 而动态补偿的响应时间在几十毫秒, 按40 ms考虑则从40 ms到5 s之内是一个相对的稳态过程, 动态补偿装置能完成这个过程. 如果线路中没有出现这么一段相对的稳态过程且能量又有较大的变化, 就称为瞬变或闪变. 对于瞬变或闪变线路, 不能采用动态补偿, 否则可能引发事故.

3.1 电容器补偿容量的计算

功率因数是有功功率与视在功率的比值, 比值越高, 用电设备的利用率就越充分、合理、经济. 说明电力用户的功率因数越高越好, 但不能把功率因数提高到1, 一般应提高到0.9~0.98为宜. 因为当功率因数接近1时, 提高功率因数所需补偿的电容器设备的投资越大.

补偿无功功率容量计算:

$$Q_c = a_n P_{js} (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

式中: Q_c 为所需装设电力电容器组的总容量, kW; P_{js} 为有功计算负荷, kW; $\tan \varphi_2$ 为补偿前自然平均功率因数角的正切值; $\tan \varphi_1$ 为补偿后功率因数角的正切值; a_n 为年平均有功功率负荷系数, 一般取0.7~0.75.

其中, 电力电容器的选择按电压和容量选择; 电容器额定电压为电网实际工作电压; 整个电容器组的实际工作容量为计算补偿容量.

3.2 最优补偿容量的确定

在这里, 用无功经济当量和无功补偿当量来阐述电力电容器的合理补偿容量的大小. 电网运行中的功率关系和有功损耗计算:

$$S_1 = \sqrt{P^2 + Q_1^2} \text{ (kW)}$$

• 收稿日期: 2008-02-21

作者简介: 甄委委(1973—), 女, 河北定县人, 工程师, 主要从事动力供电研究.

$$\Delta P_1 = \frac{P^2 + Q_1^2}{U^2} R \times 10^{-3} (\text{kW})$$

当电网采取无功补偿后的功率关系和有功损耗为

$$S_2 = \sqrt{P^2 + (Q_1 - Q_c)^2} (\text{kW})$$

$$\Delta P_2 = \frac{P^2 + (Q_1 - Q_c)^2}{U^2} R \times 10^{-3} (\text{kW})$$

式中: P 为电网的有功功率, kW; Q_1 为补偿前电网的无功功率, kW; Q_c 为补偿容量, kW; S_1 、 S_2 为补偿前后电网的视在功率, kW; ΔP_1 、 ΔP_2 为补偿前后电网的有功损耗, kW; R 为电网的电阻, Ω ; U 为电网的额定电压, kV.

投入补偿容量后 Q_c , 电网的有功损耗由 ΔP_1 降为 ΔP_2 , 减少量为

$$\Delta P_c = \Delta P_1 - \Delta P_2 = \frac{2Q_1 Q_c - Q_c^2}{U^2} R \times 10^{-3} (\text{kW})$$

3.3 无功经济当量的计算

无功经济当量是指在电网某处, 每增加或减少 1 kW 无功功率所造成的有功功率损耗的增加量或减少量. 据此, 电网在采取无功补偿前和无功补偿后的无功经济当量分别为:

$$c_1 = \left. \frac{d\Delta P}{dQ} \right|_{Q=Q_1} = \frac{2Q_1}{U^2} R \times 10^{-3}$$

$$c_2 = \left. \frac{d\Delta P}{dQ} \right|_{Q=Q_2-Q_c} = \frac{2(Q_1 - Q_c)}{U^2} R \times 10^{-3}$$

式中: c_1 为补偿前无功经济当量; c_2 为补偿后无功经济当量.

由上式可知某点的无功经济当量与该点的无功功率、电网电阻成正比, 且随着补偿容量 Q_c 的增加而降低, 也就是说补偿效益随补偿容量的增加而降低, 在实施无功补偿时应注意到这一点.

3.4 无功补偿当量的计算

无功补偿当量是指在电网某处, 装设无功补偿容量 Q_c 后, 平均每 1 kW 补偿容量所造成的有功损耗的减少量. 则

$$c = \frac{\Delta P_c}{Q_c} = \frac{2Q_1 - Q_c}{U^2} R \times 10^{-3}$$

装设无功补偿容量后, 可使电网减少的有功损耗为

$$\Delta P_c = \Delta P_1 - \Delta P_2 = Q_c c$$

3.5 无功经济当量与无功补偿当量的整体计算

如图 1 所示, 设第 n 段通过的无功功率为 Q_{n1} , 第 n 段的电阻为 R_n , 那么, 在第 n 段末端补偿前后的无功经济当量和无功补偿当量为

$$c_{n1} = \frac{2Q_{n1}}{U_n^2} R_n \times 10^{-3}$$

$$c_{n2} = \frac{2(Q_{n1} - Q_c)}{U_n^2} R_n \times 10^{-3}$$

$$c_n = \frac{2Q_{n1} - Q_c}{U_n^2} R_n \times 10^{-3}$$

需要指出, 计算 C_{n1} 、 C_{n2} 、 C_n 时, 电压取值应取其对应段上的额定电压 U_n , 若使用某一基准电压计算时, 应将各段的额定电压对基准电压进行折算, 即 $U_n = k_n U_d$.

每段上的 C_{n1} 、 C_{n2} 、 C_n 求出后, 那么每个节点上的无功经济当量和无功补偿当量等于该节点前无功功率所流经的所有各段 C_{n1} 、 C_{n2} 、 C_n 之和,

$$C_{N1} = \sum_1^n c_{n1}$$

$$C_{N2} = \sum_1^n c_{n2}$$

$$C_N = \sum_1^n c_n$$

当电网某处实施无功补偿后, 使电网减少的有功损耗为该点之前无功功率所流经的各段有功损耗减少量之和, 即

$$\sum \Delta P_c = Q_c C_N = Q_c \sum_1^n c_n$$

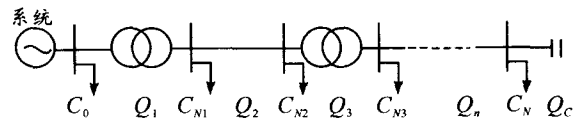


图 1 无功经济当量整体计算

3.6 补偿位置的确定

上面介绍了不同目的的补偿方法各不相同, 但补偿位置在哪里最合理呢? 一般把无功补偿装置安置在负荷较集中的地方或无功消耗严重的设备周围.

4 效果

按照上述原理和方法, 在某机械制造厂进行了无功补偿技术提高电网功率因数的实际应用. 通过向电网提供可阶梯调节的容性无功, 补偿多余的感性无功, 使功率因数从 0.87 提高到 0.95, 使该厂由年电费罚 2.5 万元, 到奖 2.337 5 万元, 赢利 4.837 5 万元. 该厂年用电量为 700 万千瓦时, 补偿前线损率约为 5%, 补偿后每年可减低线损约为 3 万千瓦时, 按每度电 0.8 元计算, 可节约电费开支 2.4 万元, 加上电力系统功率因数奖的赢利, 每年共计节约电费开支 7.237 5 万元; 设备利用率提高 11.8%; 末端电压由 9.92 kV 提高到 9.94 kV, 减少了电压损失, 降低了电压波动, 有效地改善了供电质量. 补偿效果明显.

5 结束语

无功补偿技术方便可行, 不仅能改善电网功率因数和电压质量, 而且可以使无功负荷就地平衡. 能提高电网经济运行水平, 降低电费支出, 减轻生产负担, 是降损节能的有效技术. 该技术的广泛应用, 必将带来明显的经济效益和社会效益.

参考文献:

- [1] 李云海, 徐进义. 电网的无功经济当量与无功补偿效益[J]. 中国电力, 1996(11): 17.
- [2] 董云龙, 吴杰, 王念春, 等. 无功补偿技术综述[J]. 节能, 2003(9): 13.
- [3] 何一浩, 王树民. TSC 动态无功补偿技术述评[J]. 中国电力, 2004(10): 22.
- [4] 蔡敏. 电网无功补偿方式的探讨[J]. 华中电力, 2004(2): 23.
- [5] 陈作兵, 容亮, 林尚庆, 等. 0.4 kV 低压网的无功补偿方式及现状研究[J]. 大众科技, 2006(2): 112.