

矿井供电系统电能质量分析

袁橙艳 (晋能控股集团大斗沟煤业公司电气队, 山西 大同 037003)

摘要: 通过分析矿井供电系统中出现的电能质量问题, 提出设计一种无功功率补偿装置方案, 对装置使用前后的功率因数、电压、电流进行对比测试分析以及效益分析, 结果表明: 在采用无功补偿装置后, 供电系统的电能质量较好, 节能效果显著, 能很好地抑制供电系统中的谐波信号, 增加各级开关设备的有效载荷, 降低供电系统的电压波动, 提高生产效率。

关键词: 电能质量; 无功补偿; 供电系统

0 引言

在矿井开采过程中, 煤矿的供电系统也越来越复杂, 越来越多的采掘设备加大了供电系统的用电负荷, 在多种因素的共同影响下, 设备之间也会出现多种电能质量问题, 降低供电系统的电能质量, 影响用电开采设备的正常运行, 因此, 要提高矿井的供电安全, 采用无功补偿装置, 对供电系统进行动态补偿, 从而稳定供电系统电压。

1 供电系统电能质量问题

供电系统主要存在电压偏差大、电压波动、谐波含量高、功率因数低等问题^[1], 影响设备的启动和停止。

1.1 电压偏差大

在工作面开采集中的地方, 开采面积越大, 供电距离越长, 供电线路上的电压损耗就越大, 就会出现功率不平衡, 造成供电系统的电压偏差增大, 从而偏离标称值, 影响矿井的正常生产。

1.2 电压波动和闪变

在开采过程中, 同一种电磁环境下, 大功率用电开采设备的电源启动和关停会直接导致电压在公共电源连接点处出现电压波动和闪变等剧烈变化, 使电压离标称电压值的范围越来越大, 从而影响其他设备的正常工作。

1.3 谐波含量高

供电传输系统内的电源谐波主要分为来自移动电网和其他用电系统设备两个方面, 其中, 用电系统设备本身会产生大量的谐波, 电网产生的谐波主要来自电源本身和非线性负载。

1.4 功率因数低

在运行过程中, 由于电感负载会产生无功功率, 这样就会导致供电系统出现低功率因数。

2 无功补偿装置设计方案

针对供电系统存在的问题, 设计无功补偿装置, 主要包括控制电路、上位机、散热风机、散热器、软硬件保护设备等。硬件控制系统包括主控制回路和自动控制回路, 无功补偿装置的主控制回路拓扑结构如图1所示, 自动控制回路采用SPWM技术, 对回路电流进行自动检测、分析和即时跟踪, 其中, 电流检测分析是对移动电网的电流特性进行分析, 以实现无功和谐波电流的瞬时检测; 电流跟踪控制是对无功和谐波电流进行

补偿, 保证补偿时的准确性和精度^[2]。通过逆变器反向出SPWM信号, 其幅值和电流脉动大小与开关频率和电感大小的变化呈反比。LC滤波器可以吸收开关频率中产生的纹波电流, 使电流中没有谐波成分, 抑制谐振信号。在使用无功补偿装置时, 其产生的电流与供电系统中电网的幅值和相位不完全匹配, 在两个电源之间存在阻抗, 因此在设计无功补偿装置时要考虑供电系统的抗阻性, 使用电抗器隔离电源, 在三相电压并联结构中, 降低电压间的相互影响, 提高供电系统的控制性能。

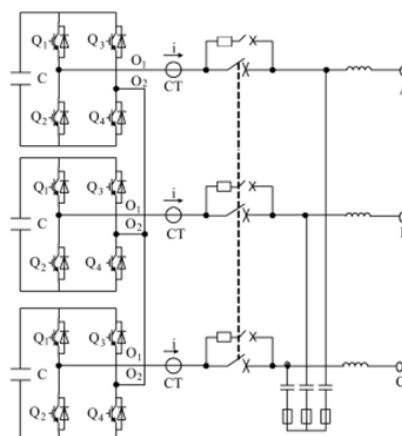


图1 主电路拓扑结构图

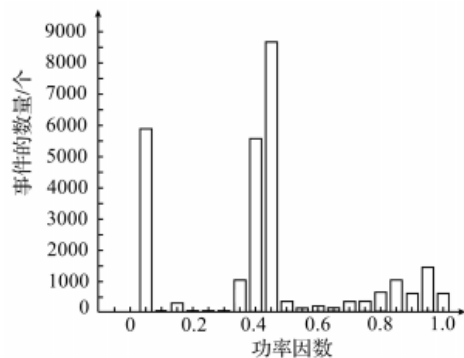
3 现场测试

将无功补偿装置并联到供电接线系统中, 为了更加便于日常维护, 采用外部相序自动识别内部算法, 根据现场移动设备的实际供电接线情况, 将传感器直接串联在移动设备变压器和需要无功补偿设备之间, 对移动设备进行通电, 通过移动设备的换相开关可以随时改变供电冷却风机的风向, 达到设备运行要求。在掘进工作面的运输顺槽外端移动变压器和负载设备之间安装无功发生器, 采用FLUKE435 II型电能质量分析仪进行对比分析, 测试的时间间隔为10s, 通过对比测试, 了解供电系统电能质量情况, 分析产生电能质量的原因, 对比无功补偿装置的补偿效果^[3]。

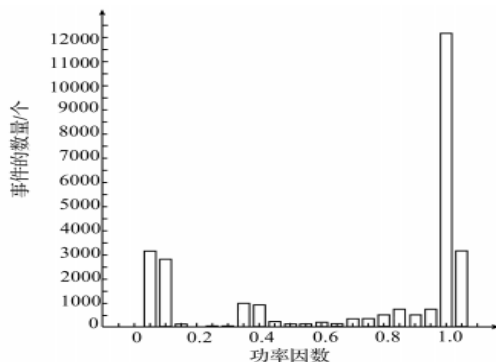
3.1 功率因数测试

对比无功补偿装置未开始运行和正常运行时的功率因数, 取多次测试的功率平均值作为最终判定值, 判断值的依据是谐波以95%概率大值^[4], 测试直方图如图2所示, 从图2(a)中可以看出, 无功补偿装置在未开始

运行时的平均功率因数为 0.66, 此时对变压器和供电系统线路上的热损耗量较大, 长期使用会大大降低供电设备的实际使用寿命; 从图 2 (b) 中可以看出, 无功补偿装置在正常运行时的平均功率因数为 0.98, 功率因数有大幅度的增长, 大大提高了变压器的带负载能力, 降低了变压器和供电系统线路上的热损耗量。



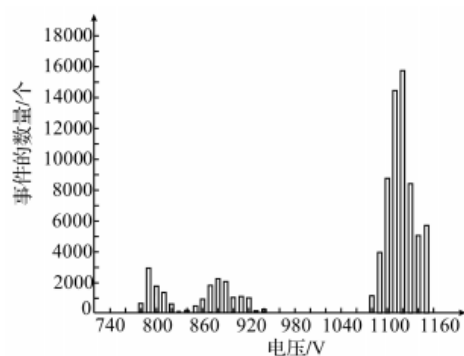
(a) 未开始运行



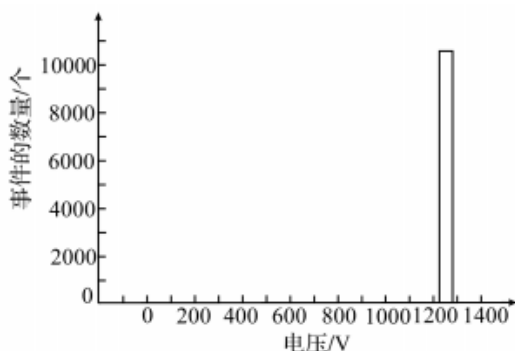
(b) 正常运行

图 2 功率因数测试直方图

3.2 电压测试



(a) 未开始运行



(b) 正常运行

图 3 电压因数测试直方图

对比无功补偿装置未开始运行和正常运行时的电压, 测试直方图如图 3 所示, 从图 3 (a) 中可以看出, 无功补偿装置在未开始运行时的工作面的电压波动较大, 从图 3 (b) 中可以看出, 无功补偿装置在正常运行时的工作面电压稳定, 随着掘进距离的增大, 将控制模式调整成以电压为支撑, 可以很好地解决因输电距离长而出现的电压降低, 设备无法正常启动的现象。

3.3 电流测试

对比无功补偿装置未开始运行和正常运行时的平均工作电流, 无功补偿装置在未开始运行且驱动负载运行时的平均工作电流为 28A, 无功补偿装置在正常运行且驱动负载运行时的平均工作电流为 23A, 平均工作电流约下降了 5A, 达到了节约用电的要求。

4 经济效益

在矿井的供电系统中投入 1kVar 的无功功率, 则可以节约的有功功率在 0.1~0.15kW 之间。当计算矿井供电系统中无功补偿装置的最大经济效益时, 通常以最低功率 0.1kW 来计算。假设矿井供电系统中的无功补偿装置的最大补偿功率容量为 500kVar, 则该装置可以节约的最大有功补偿功率为 432000kWh。由于矿井供电系统中的无功补偿装置自身也存在损耗容量, 按照最高 0.8% 的损耗容量来计算, 则该装置的损耗有功补偿功率约 64560kWh, 按市价 0.55 元 /kWh 的电费来计算, 矿井供电系统中的无功补偿装置大约可以节约 21.9 万元 /a 电费。可见, 在采用无功补偿装置后, 供电系统的节能效果显著, 而且使用无功补偿装置能很好地抑制供电系统中的谐波信号, 增加各级开关设备的有效载荷, 降低供电系统的电压波动, 提高生产效率。

5 结论

通过分析矿井供电系统中出现的电能质量问题, 提出设计一种无功功率补偿装置方案, 对装置使用前后的功率因数、电压、电流进行对比测试分析以及效益分析, 结果如下: ①无功补偿装置在未运行时的平均功率因数为 0.66, 且电压波动较大, 平均电流为 28A, 在运行时的平均功率因数为 0.98, 且电压比较平稳, 平均电流为 23A; ②在采用无功补偿装置后, 供电系统的节能效果显著, 而且使用无功补偿装置能很好地抑制供电系统中的谐波信号, 增加各级开关设备的有效载荷, 降低供电系统的电压波动, 提高生产效率。

参考文献:

- [1] 李忠奎. 煤矿井下静止无功补偿装置的应用研究 [J]. 煤炭技术, 2017(2):236-238.
- [2] 焦萍. 矿用电网电能质量分析系统的开发 [D]. 太原: 太原理工大学, 2015.
- [3] 张毅. 煤矿电能质量在线监测评估系统研究 [J]. 中州煤炭, 2013(12):17-18.
- [4] 杜治宇, 康志国. MCR 型动态无功补偿装置在斜沟煤矿供电系统中的实践应用 [J]. 同煤科技, 2016, 10(5):23-25+28.