

文章编号: 1671- 251X(2010) 10- 0076- 04

静止型动态无功补偿装置在松河煤矿的应用

董俊, 陈田

(贵州松河煤业发展有限责任公司松河煤矿, 贵州 六盘水 553526)

摘要: 针对传统的固定无功补偿装置只能在一定程度上补偿功率因数, 无法解决煤矿大功率负荷软启动装置造成的电网高次谐波污染问题, 提出采用静止型动态无功补偿装置来提高功率因数、治理谐波污染的方案; 以静止型动态无功补偿装置在松河煤矿的应用为例, 介绍了具体的补偿方案及该装置中滤波器的设计, 并分析了补偿效果和节能效果。应用结果表明, 静止型动态无功补偿装置投运后, 将功率因数补偿到 0.95 以上, 且有效抑制了高次谐波, 每年可为煤矿节约电费达 430 万元。

关键词: 煤矿; 静止型动态无功补偿装置; 软启动; 谐波污染; 无功补偿; 功率因数; 节能

中图分类号: TD609 **文献标识码:** B

Application of Static Var Compensator in Songhe Coal Mine

DONG Jun, CHEN Tian

(Songhe Coal Mine of Guizhou Songhe Mining Development Co., Ltd., Liupanshui 553526, China)

Abstract: In order to solve problems that traditional stationary reactive var compensator only compensates power factor to some extent and cannot eliminate higher harmonic pollution of power network caused by soft starters of high power loads of coal mine, the paper proposed a scheme of using static var compensator to improve power factor and solve harmonic pollution problem. Taking the application of static var compensator in Songhe coal mine as an example, it introduced concrete compensating scheme and design of filter in the compensator, and analyzed compensation and energy saving effects. The application result showed that the compensator can compensate power factor to 0.95 and restrain higher harmonic effectively, which has perfect energy saving effect with 4 300 000 yuan saving for Songhe coal mine each year.

Key words: coal mine, static var compensator, soft starting, harmonic pollution, reactive compensation, power factor, energy-saving

0 引言

贵州松河煤业发展有限责任公司松河煤矿是新建的年产 240 万 t 的大型煤矿, 煤矿的主要负荷有大功率主排水泵、通风机、瓦斯抽放泵、绞车、采煤机等设备。其中功率较大(200 kW 及以上)的设备采用软启动方式。随着煤矿采掘工作面的逐步投产, 采掘设备负荷随工作面延伸而发生变化。为了应对负荷的变化, 需要随时调整主要设备的运行状态(启

动、停止、调速等)。设备运行状态的转换引起无功及母线电压的波动, 软启动装置也会引起高次谐波污染等电能质量问题^[1]。

传统的补偿方式为固定并联电容器(FC)补偿^[1]。该补偿方式存在当需要无功时不能快速补偿、当无功过剩时不能及时将电容器切除的问题。此外, 固定无功补偿装置只能在一定程度上补偿功率因数, 不能解决高次谐波、电压波动等电能质量问题, 反而恶化母线的高次谐波状况, 给电力系统带来危害^[2-4]。静止型动态无功补偿(Static Var Compensator, SVC)装置是全面提高电能质量、治理谐波并兼有节能降耗的综合性高技术产品, 目前在煤矿行业的实际应用效果良好。本文将介绍 SVC 装

收稿日期: 2010- 07- 02

作者简介: 董俊(1966-), 男, 贵州盘县人, 助理工程师, 现主要从事煤矿机电技术管理工作。E-mail: dongjun66@126.com

置在松河煤矿的具体应用情况。

1 SVC装置原理

SVC装置由高次谐波滤波器(FC)和晶闸管相控电抗器(TCR)2个部分组成,如图1所示。

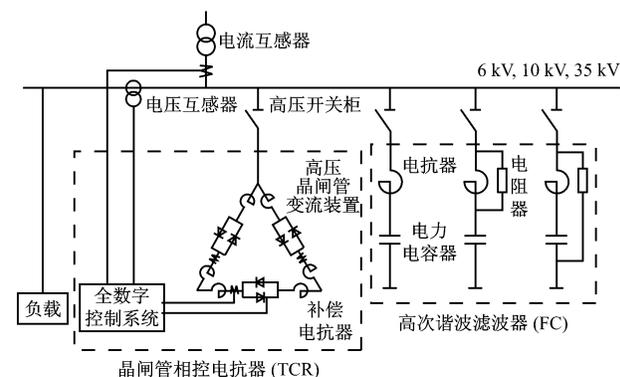


图1 SVC装置组成及原理

SVC装置的最基本原理是恒无功控制。以10kV母线为例,其总无功功率为

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{load}} + Q_{\text{TCR}} - Q_{\text{FC}} \quad (1)$$

FC的容性无功 Q_{FC} 是固定的,负荷无功 Q_{load} 是随机变化的。通过控制晶闸管的控制角使TCR产生的感性无功 Q_{TCR} 与 Q_{load} 作相反方向的变化,即 Q_{load} 增大时 Q_{TCR} 减小,并使总无功 Q_{total} 近似为零^[5]。由于 Q_{total} 保持为零,故SVC装置的功率因数接近1,电压波动近似为零。

经验表明,SVC装置技术成熟运行可靠,功率因数可达到0.95~1且不过补,是全方位解决电能质量问题的最佳方案。

2 SVC装置在松河煤矿的应用

松河煤矿有一座新建110kV变电站。该变电站由2台主变压器供电,容量均为20MV·A,一台运行、一台备用。主变压器一次侧电压为110kV,二次侧电压为10kV。10kV母线最小短路容量约为200MV·A。生产设备分布在中央采区、11采区和12采区,由110kV变电站的10kV母线直接供电;11采区与变电站相距2km,12采区与变电站相距4km;中央采区由电缆馈出供电,11采区、12采区分别由LGJ-185和LGJ-240两条架空线导线馈出供电。

2.1 松河煤矿主要设备

松河煤矿有592台主要设备,其中工作设备为498台;设备总容量为46256kW,工作设备容量为38432kW;补偿后功率因数为0.97;有功计算负荷

$P_{\text{js}} = 18659\text{ kW}$,无功计算负荷 $Q_{\text{js}} = 4897\text{ kvar}$,视在计算负荷 $S_{\text{js}} = 19291\text{ kV}\cdot\text{A}$ 。

各采区主要设备台数及容量统计如下。

(1) 中央采区

共384台设备,其中工作设备为345台;设备容量为25218kW,工作容量为21717kW;功率因数为0.81;有功计算负荷 $P_{\text{js}} = 13747\text{ kW}$,无功计算负荷 $Q_{\text{js}} = 9867\text{ kvar}$,视在计算负荷 $S_{\text{js}} = 16922\text{ kV}\cdot\text{A}$ 。

(2) 11采区

共85台设备,其中工作设备为62台;设备容量为8859kW,工作容量为6918kW;功率因数为0.79;有功计算负荷 $P_{\text{js}} = 3770\text{ kW}$,无功计算负荷 $Q_{\text{js}} = 2894\text{ kvar}$,视在计算负荷 $S_{\text{js}} = 4752\text{ kV}\cdot\text{A}$ 。

(3) 12采区

共123台设备,其中工作设备为91台;设备容量为12179kW,工作容量为9798kW;功率因数为0.81;有功计算负荷 $P_{\text{js}} = 4811\text{ kW}$,无功计算负荷 $Q_{\text{js}} = 3537\text{ kvar}$,视在计算负荷 $S_{\text{js}} = 5971\text{ kV}\cdot\text{A}$ 。

2.2 补偿方案

为了解决总变电站的无功波动及治理谐波、补偿功率因数等,在总降压变电站装设一套SVC装置,安装在10kV母线上。SVC装置包括1组TCR装置、2组H3滤波器、1组H5滤波器和1组H7滤波器。其中2组H3滤波器分别安装在11采区和12采区,其余设备安装在靠近中央采区附近的110kV变电站中。所有设备均户内安装。

(1) 无功补偿计算

为了充分发挥11、12采区补偿兼滤波的能效及就地补偿的优势,计算补偿容量时将中央采区和11、12采区的补偿容量分别计算,SVC装置总容量为全部容量的总和。

① 中央采区补偿容量

$$P_{\text{js}} = 13747\text{ kW}; \cos \Phi_1 = 0.81, \tan \Phi_1 = 0.72; \\ \cos \Phi_2 = 0.95, \tan \Phi_2 = 0.329, \text{ 则} \\ Q_{\text{11kvar}} = P_{\text{js}} (\tan \Phi_1 - \tan \Phi_2) =$$

$$13747 \times (0.74 - 0.329) = 5348$$

综合考虑各种可能情况,取补偿容量为5000kvar,安装容量为9300kvar(其中H5为4860kvar,H7为4440kvar)。

② 11采区补偿容量

$$P_{\text{js}} = 3770\text{ kW}; \cos \Phi_1 = 0.79, \tan \Phi_1 = 0.77; \\ \cos \Phi_2 = 0.95, \tan \Phi_2 = 0.329, \text{ 则}$$

$$Q_{2|kvar} = P_{js}(\tan \Phi_1 - \tan \Phi_2) = 3\,770 \times (0.77 - 0.329) = 1\,654$$

综合考虑各种因素, 取补偿容量为 1 500 kvar, 安装容量为 2 220 kvar(H3)。

③ 12 采区补偿容量

$$P_{js} = 4\,811 \text{ kW}; \cos \Phi = 0.81, \tan \Phi = 0.74; \cos \Phi_2 = 0.95, \tan \Phi_2 = 0.329. \text{ 则}$$

$$Q_{3|kvar} = P_{js}(\tan \Phi_1 - \tan \Phi_2) = 4\,811 \times (0.74 - 0.329) = 1\,955$$

考虑到 12 采区的不同工作方式, 取补偿容量为 1 500 kvar, 安装容量为 2 220 kvar(H3)。这样最大负荷时的功率因数不小于 0.93, 完全满足要求。

④ 主变压器损耗

主变压器装机容量为 20 MV · A, 负载时的无功损耗为

$$Q_{4|kvar} = 20\,000 \times 5\% = 1\,000$$

⑤ 10 kV 母线所需总的无功补偿量

$$Q_{r|kvar} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 5\,000 + 1\,500 + 1\,500 + 1\,000 = 9\,000$$

综合考虑各种因素, 取 SVC 装置的有效补偿容量为 10 Mvar, 安装容量为 13.74 Mvar。

2.3 滤波器设计

2.3.1 谐波分析

煤矿设备中的绞车、主扇风机、瓦斯排放装置等都是直流或交-直-交变频调速系统。交-直-交变频调速系统将产生以特征谐波(5、7、11、13、17、19、23、25 等)为主的高次谐波。在较大容量的交-直-交变频调速系统中采用 12 相整流, 5、7、17、19 等次数的谐波会有相当程度的减小, 但由于有不平衡等因素的影响, 5、7、17、19 等次数的谐波还将不同程度地存在。

电力变压器、电动机等负荷将产生 3 次、5 次为主的高次谐波, 电网背景的谐波影响也是不可忽视的, 所有这些谐波不仅对电力设备产生附加损耗和谐波过电压, 在某种特定情况下还可能发生谐波放大甚至产生可怕的谐振过电压, 造成灾难性后果。为此, 需要对谐波进行系统分析并综合治理。

根据计算并参考相关工程数据, 松河煤矿达产时 10 kV 母线的总谐波如表 1 所示。

表 1 10 kV 母线的总谐波

谐波次数	5	7	11	13	17	19	23	25
谐波电流/A	89.4	62.9	38.8	30.1	20.1	17.3	11.4	8.2

2.3.2 滤波器参数

根据谐波状况分析, 遵照滤波器的设计原则^[6]

在中央采区 10 kV 母线及 11、12 采区设置 H3- I、H3- II、H5、H7 这 4 个滤波通道, 其中 H3- I、H3- II 两套滤波器参数完全相同。各滤波器主要参数如表 2 所示。

表 2 滤波器的主要参数

滤波通道	H3- I	H3- II	H5	H7	合计
电容器安装容量/kvar	2 220	2 220	4 860	4 440	13 740
每台电容器额定容量/kvar	370	370	270	370	
电容器安装台数/台	6	6	18	12	42
基波补偿容量/kvar	1 509	1 509	3 589	3 399	10 005
电抗器额定电压/kV	10	10	10	10	
滤波电抗器台数/台	3	3	3	3	12

2.3.3 滤波电容器的安全校验

对滤波电容器进行过电压和过电流校验。过电压校验公式为

$$U_{C1} + \sum U_{Cn} \leq 1.1 U_{CN} \quad (2)$$

式中: U_{C1} 为滤波电容器承受的基波电压, $U_{C1} = (U_s/\sqrt{3}) n^2 / (n^2 - 1)$, 其中 U_s 为加在电容器两相间的线路电压, n 为滤波器次数; U_{Cn} 为流过电容器的 n 次谐波电流在电容器两端产生的谐波电压, $\sum U_{Cn} = \sum I_{Cn} / (n\omega C \times 10^{-3})$, 其中 C 为每相电容器的电容值; U_{CN} 为电容器的额定电压。

过电流校验公式为

$$\sqrt{I_{C1}^2 + \sum I_{Cn}^2} \leq 1.3 I_{CN} \quad (3)$$

式中: $I_{C1} = (U_s/\sqrt{3}) \times \omega C \times 10^{-3} \times n^2 / (n^2 - 1)$, 为流过电容器的基波电流; I_{Cn} 为流过电容器的 n 次谐波电流; I_{CN} 为电容器的额定电流。

校验结果表明, 滤波电容器能够安全运行, 且不会与供电系统产生并联谐振。

3 效果分析

3.1 补偿效果

SVC 装置投运后, 电容器承受的综合电压在额定电压范围以内, 滤波器承受的综合电流在额定电流以内, 表明滤波器运行是安全的。另外, 各项电能指标均满足国标要求: 电压总谐波畸变率 $D_{TH} \leq 4.0\%$; 偶次谐波电压含有率 $\leq 1.6\%$, 奇次谐波电压含有率 $\leq 3.2\%$; 流入 PCC 点的谐波电流值满足 GB/T 14549—93《电能质量公共电网谐波》^[7] 的指标要求; 电压波动 $\leq 2\%$; 10 kV 母线月平均功率因数 $0.95 \leq \cos \Phi < 1$ 。

3.2 节能效果

(1) SVC 装置投运后, 松河煤矿近于零无功运

文章编号: 1671- 251X(2010) 10- 0079- 03

浅析 CST 软启动装置的日常维护

曹剑, 赵学刚, 张磊, 刘伟龙

(兖州煤业股份有限公司济宁三号煤矿, 山东 济宁 272100)

摘要:以济三煤矿胶带机所使用的 CST 软启动装置为例, 指出煤矿用 CST 软启动装置发生故障的主要原因 是日常维护不到位; 基于 CST 软启动装置控制系统的液压原理, 结合 CST 厂家对换油、更换滤芯、日常 清洁及紧固方面的维护要求, 分析了对这 3 个方面进行日常维护的重要性; 最后指出, 应根据煤矿自身情况 实现经济的 CST 软启动装置日常维护。

关键词: 矿井; 胶带机; CST 软启动装置; 液压系统; 日常维护

中图分类号: TD614. 5 **文献标识码:** B

Brief Analysis of Routine Maintenance of CST Soft-starting Device

CAO Jian, ZHAO Xuegang, ZHANG Lei, LIU Weirong

(Jining No. 3 Coal Mine of Yanzhou Mining Co., Ltd., Jining 272100, China)

Abstract: Taking CST soft-starting device used for conveyors of Jining No. 3 coal mine as an example,

收稿日期: 2010- 06- 04

作者简介: 曹剑(1982-), 男, 山东济宁人, 工程师, 学士, 现主要 从事煤矿胶带运输系统的管理和维护工作。E-mail: caojian131131 @ 163.com

行, 大大降低了供电线路、主变压器的电能损耗。

(2) 由于功率因数补偿到 0.95 以上, 克服了其它 补偿方式因补偿功率因数不理想(功率因数小于 0.9) 造成的力率罚款, 还得到了大工业电费 0.75% (功率因数大于 0.95) 的力率奖励。

(3) 应用 SVC 装置很好地滤除了高次谐波, 从 而使由于高次谐波引起的损耗降到最低。

(4) SVC 装置可动态跟踪负荷对无功的需求, 响应时间小于 10 ms, 克服了由于负荷波动引起的 电力损耗。

(5) SVC 装置具有分相调节功能, 能平衡三相 有功, 弥补电网和负荷引起的三相不平衡, 从而最大 限度地减少了由于负序电流引起的电动机损耗。

(6) 松河煤矿达产后, 按大工业用电 0.45 元/(kW·h) 的电价计算, 每年可节约电费约 为 430 万元(年用电量按 1.38×10^8 kW·h 计算)。

4 结语

从 SVC 装置在松河煤矿的具体应用可看出, 其 完全适用于煤矿的供电形式和负荷特点, 不仅较好

地补偿了功率因数, 也治理了高次谐波、无功和电压 波动等电能质量问题, 同时每年可为煤矿节约电费 达 430 万元, 有很好的应用前景。

参考文献:

- [1] 梁腾. 矿用 10 kV 变电所高压无功补偿与谐波治理 [J]. 西部大开发: 中旬刊, 2010(1): 76.
- [2] 王兆安, 杨君, 刘进军, 等. 谐波抑制和无功功率补偿 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [3] 吴竟昌. 供电系统谐波[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [4] 罗安. 电网谐波治理和无功补偿技术及装备[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [5] 徐正. 基于晶闸管的柔性交流输电控制装置[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [6] 马庆林, 王锦华. 矿区电网无功功率补偿及谐波治理研 究[C]//第十六届全国煤炭自动化学术年会、中国煤 炭学会自动化专业委员会学术会议论文集, 2006: 188- 193.
- [7] 林海雪. 电压电流频率和电能质量国家标准应用手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.