大型电石炉电能质量问题及解决方案

刘　杰，　张　爽，　黄永宁
（宁夏电力公司电力科学研究院，　宁夏　银川　750011）

摘　要：为减小大型电石炉对系统的冲击，对大型电石炉进行电能质量测试，对试验数据进行统计分析。结果表明：大型电石炉在运行过程中会产生较大的不平衡电流及谐波分量，需考虑综合治理。

关键词：电石炉；　谐波；　电能质量
中图分类号：　TM714　　**文献标志码**：　B　　**文章编号**：　1672-3643(2012)02-0029-05

The problem and solution scheme on electric energy quality of large calcium carbide furnace

LIU Jie, ZHANG Shuang, HUANG Yongning
(Ningxia Electric Power Research Institute, Yinchuan Ningxia 750011, China)

Abstract: In order to reduce the impact of large calcium carbide furnace for the electric power system, makes electric energy quality test for the large calcium carbide furnace, takes the statistical analysis data. the result shows that the large calcium carbide furnace will produce larger imbalance current and harmonic component, which need comprehensive treatment.

Key words: calcium carbide furnace; harmonic; electric energy quality

电石炉是一种高能耗的电冶炼炉，具有电阻电弧炉的特性，在生产过程中会产生一定的谐波分量。不仅如此，由于电石炉比其他电冶炼炉的电阻弱，故其功率因数也相应较低。电石炉容量越大，功率因数越低；电石炉群运行时需要吸收大量的无功功率，如不能就地平衡，将对电网造成很大冲击。在运行过程中，其产生的负序电压也会对邻近的发电机组产生影响，为减小电石炉对系统造成的影响，须对电石炉的运行进行电能质量测试分析，提出合理的无功配置及电能质量治理方案。

1　电石炉电能质量存在的问题

1.1　对电网及邻近发电机组的影响

电石炉群运行时需要吸收电网大量的无功功率，如不能就地平衡，会对电网造成极大的冲击。

对于邻近的发电机组的影响，主要集中在负序电压方面。在实际生产中，由于电石炉的工艺原因会产生较大的不平衡电流，导致系统产生一定的负序分量，从而对临近发电机组的安全运行产生一定的影响。

收稿日期：　2011-12-28
作者简介：　刘杰(1981)，男，助理工程师，从事电力系统自动化试验研究工作。

1.2　对电石炉自身工艺的影响

电石炉是将系统的电能转变为炉料的热能，进而转变为化学能的装置。电石炉的供电系统是电炉变压器输出电压，通过短网馈送到电炉电极，然后通过控制电极埋入料层的深度来控制炉内电流的大小，也就是控制了电石炉功率的大小。

电石炉炉料从电网中吸收的有功功率与炉料电阻成正比，与系统电压平方成正比，与变压器及短网的电阻、电抗成反比。

当电炉变压器、短网等已经定型后，认为外电阻、电抗为恒值。

炉料电阻在整个生产过程中变化非常大，是不可控变量，我们可以简化为炉内电阻只与电压与电流比有关。换句话说，在电石炉冶炼过程中，有一个最佳的电压电流比，这个值需要依靠经验选取。

在没有任何补偿的情况下，炉内电流靠升降电极改变电阻，并配合电炉变高压侧有载调压开关改变电压来完成。

因此，工艺操作上要求系统电压尽可能稳定，不稳定的供电电压会给电石炉操作带来非常大的麻烦。

由于电石炉三相供电电压偏差达到了10%左右，对应短网供电电压偏差达到25 V左右，这使电石炉操作变得异常频繁，炉况也变得非常不稳定，电耗直线上升，给企业造成了巨大的成本负担。

2　电石炉电能质量测试分析

对某公司电石炉电炉变压器110 kV侧电流暂态过程测试结果见图1～图6。

图1是某电石炉生产过程中电炉变压器110 kV侧电流暂态情况。由图1看出，平时三相电流波动较大，当电石炉投运时电流波动达200 A以上。

图2是某电石炉生产过程中电炉变压器110 kV侧有功暂态情况。由图2可以看出，当电石炉投运时有功波动最大达12.5 MW。

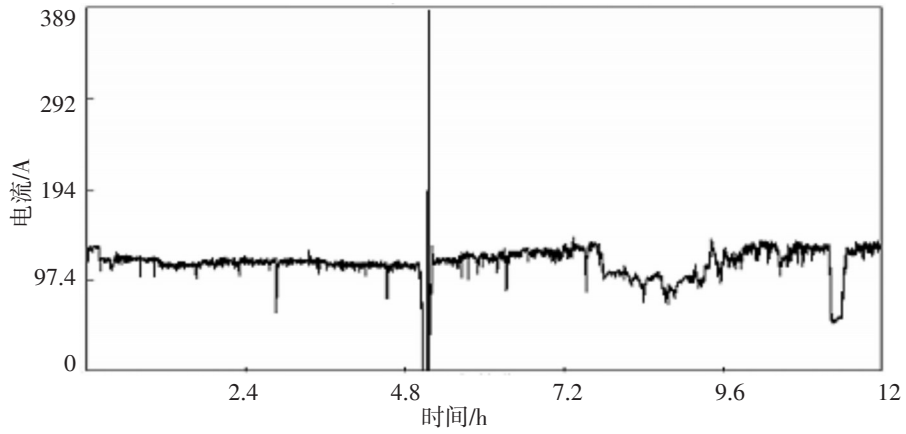

图1　电石炉变压器110 kV侧电流暂态测试

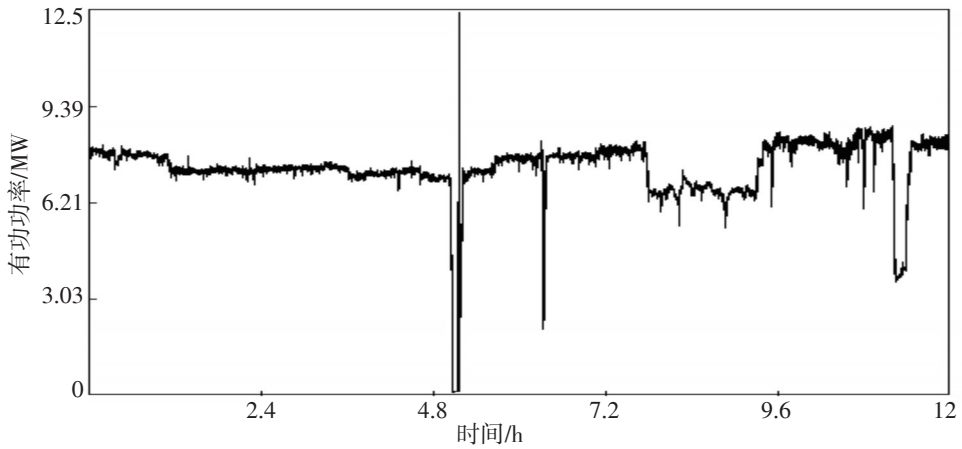

图2　电石炉变压器110 kV侧有功暂态情况

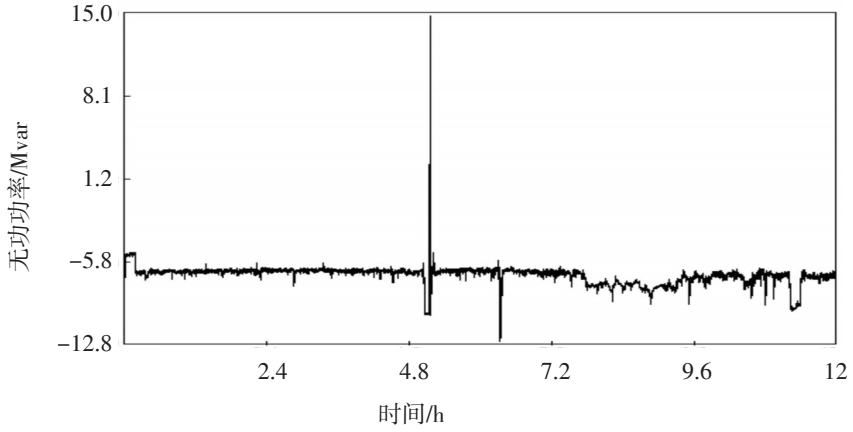

图3　电石炉变压器110 kV侧无功暂态情况

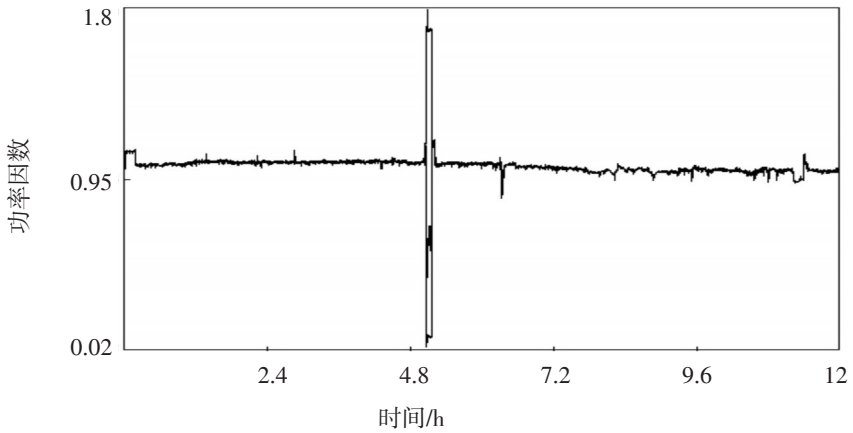

图4　电石炉变压器110 kV侧功率因数暂态情况

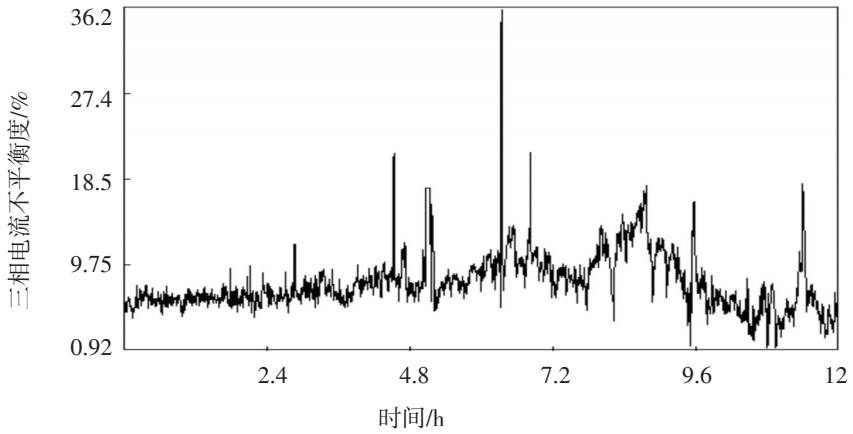

图5　电石炉变压器110 kV侧A、B、C三相电流不平衡暂态情况

图3是某电石炉生产过程中电炉变压器110 kV侧无功暂态情况。由图3可以看出，当电石炉投运时无功波动最大达15 Mvar。

图4是某电石炉生产过程中炉电变压器110 kV侧功率因数暂态情况。由图4可以看出，当电石炉投运时功率因数从0.95跌到0.02。

图5是某电石炉生产过程中电炉变压器110 kV侧三相电流不平衡暂态情况测试。由图5可以看出，投入过程的最大的电流不平衡达到了36.1%，平时三相电流不平衡基本在7.0%以上。

图6是某电石炉生产过程中暂态谐波测试情况，正常过程中三相电压谐波比较平稳，但有些点的值也达到2.36%，当电石炉投运时电压谐波总畸变率达到了2.93%，超过国标的规定值。

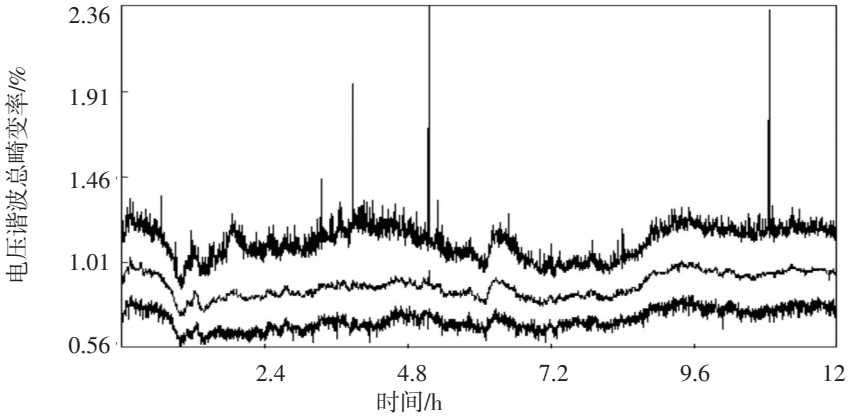

图6　电炉变压器110 kV侧电压谐波暂态情况

3　国内常见的无功补偿方案

3.1　真空开关投切电容器组

3.1.1　原理

利用对系统无功功率的取样，自动控制开关分组投切电容器，其调节方式是离散式的，容易过补和欠补。

3.1.2　技术特点

（1）开关投切时产生的涌流约在10倍以上，威胁设备的安全。

（2）为离散式调节，容易产生过补和欠补，同时引起电压波动。

（3）需要对滤波支路进行自动投切，虽然能调节无功功率的补偿容量，但必然影响滤波效果。

（4）响应时间为0.8 s，难以跟踪负载变化，影响补偿效果。

（5）在投切的过程中，电容器频繁充、放电，极大影响电容器的使用寿命。

3.2　调压式补偿装置

3.2.1　原理

采用电压调节器来改变电容器端部输出电压，从而改变电容器端电压来调节无功输出，调节系统功率因数。

3.2.2　技术特点

（1）该装置为分级补偿方式，容易产生过补、欠补。

（2）调压式补偿的调节范围仅36%～100%，当需要的补偿容量较小时会出现明显过补，造成电压波动。

（3）调压变压器分接头容易产生弧光而烧毁，可靠性差。

（4）由于调压变压器的分接头开关为机械动作过程，响应时间慢（4 s），无法及时跟踪系统无功变化和电压闪变，补偿效果差。

（5）在调压过程中，电容器频繁充、放电，极大影响电容器的使用寿命。

（6）由于有载调压变压器的阻抗，滤波效果差，且不能实现分相调节。

3.3　磁控式静态无功补偿装置（Magnetic Control StaticVar Compensator，MSVC）

3.3.1　原理

磁控电抗器采用直流助磁原理，利用附加直流励磁磁化铁心，改变铁心磁导率，实现电抗值的连续可调，其内部为全静态结构，无运动部件，工作可靠性高。

3.3.2　技术特点

（1）通过控制可控硅的控制角进行自动控制，可实现连续可调，并且从最小容量到最大容量的过渡时间很短，因此可以真正实现柔性补偿。

（2）控制元件为低压晶闸管，其端电压仅为系统电压的1%～2%。

（3）无需串并联，运行时不需要承受高电压、大电流，安全可靠，发热量很小，自然冷却即可，无需辅助冷却设备。

（4）可控硅动作，整流控制产生的谐波不流入外交流系统。

（5）即使可控硅或二极管损坏，磁控电抗器也仅相当于1台空载变压器，不影响系统其他装置的运行。

（6）经济优势明显，后期免维护。磁控电抗器结构简单，占地面积小，基础投资大大压缩。

(7)MSVC系统组成的滤波补偿设备无需投切补偿滤波支路,保证每一个支路都工作在系统电网之内,时时有效滤除系统中存在的特征谐波,效果显著。当系统所需补偿无功功率较小时,由磁控电抗器来吸收电容器过补偿的容性无功,保证整个系统无功功率不过补,且响应时间很短,非常适合负载波动的电力工况使用。

但MSVC自身有功损耗比其他补偿方案要略高一些。

3.4 相控式动态无功补偿装置TCR(Thyristor Controlled Reactor)

3.4.1 原理

通过对可控硅导通时间进行控制,电流基波分量随控制角的增大而减小。

3.4.2 技术特点

电感平衡部分的结构一般是可控硅、平衡电抗器、控制设备及相应的辅助设备组成,其优缺点大致表现在以下几方面。

(1)晶闸管要长期运行在高电压和大电流工况下,容易被击穿。

(2)晶闸管发热量大,一般情况采用空调冷却,辅助设备耗电量大,增加运行费用。

(3)由于调整主电抗电感量只能靠控制可控硅器件的导通角,关闭则需要靠交流电的过零特性,所以必然会产生不同程度的谐波电压污染电网。

(4)需要较大的设备安装和运行工作位置,即占地面积很大。

(5)晶闸管控制部分和冷却系统需室内布置,加大基建投资。

(6)TCR电抗容量大,磁辐射大。

3.5 静止无功补偿发生器(Static Var Generator,SVG)的技术特点

(1)SVG的功率模块不能工作在高压环境下,需要通过变压器降低电压(如35 kV)。

(2)功率模块的发热量较大,除了自身的发热损耗外,还需要配套额外的散热设备(比如空调)。

(3)控制计算复杂,针对不同的工况需要不同的计算方式,程序容易出现死机现象,或输出不稳定,无法实现理想的补偿效果。

(4)设备对环境要求较严格,SVG部分要求户内布置。

(5)35 kV系统中采用加装变压器的方式挂网,另需配备50%的电容器组,整个占地面积较大,需建造专门的房间,用于布置SVG部分,加大了基建投资。由于散热大,需要配备大功率的空调或风机对SVG部分进行冷却,运行维护费用很高。

4 解决方案

基于以上分析,在解决电石炉电能质量问题时,需兼顾各方面的影响,综合考虑治理。

(1)为更好地解决电石炉在生产过程中的快速变化问题,减少对系统的冲击,补偿装置应具备自动平滑连续调节无功的能力,且应具备快速响应能力,保证接入点电压的波动与闪变满足文献[1]之要求;

(2)补偿装置需具备分相调节能力,补偿装置投运后,应保证接入点三相供电电压不平衡度满足文献[2]之要求;

(3)补偿装置应具备稳定的滤波功率,投运后,应保证注入公网谐波满足文献[3]之要求,且不发生谐振。

经各方案分析比较,建议在电石炉变压器的高压测采用静止无功补偿器(SVC)进行整体治理。

5 结论

(1)经测试分析,电石炉在实际运行中会产生较大的不平衡电流,暂态谐波分量及有功、无功波动,会对系统及自身运行产生较大影响。

(2)电石炉在运行过程中的电能质量问题不容忽视,做为运行单位,应结合自身的运行水平,结合实际运行的测试结果综合治理,治理后应满足各项国标要求。

参考文献:

[1] GB/T 12326—2008,电能质量 电压波动和闪变[S].
[2] GB/T 15543—2008,电能质量 三相电压不平衡[S].
[3] GB/T 14549—93,电能质量公用电网谐波[S].