

电气系统高效节能技术的研究与应用

金川集团股份有限公司化工厂 张曦文 彭国华 杨振杰 常培琰 高丽娜

【摘要】 在市场经济体系下,对任何产品来说,成本都是第一竞争力。对于硫酸企业来说,企业管理的第一要务就是要最大限度的降低生产过程的料耗、电耗、水耗等,而电耗是影响硫酸成本的关键。通过对我厂工业电气节能现状的研究,分析电气节能的现状和存在的问题,在供电线路上安装节能设备,对设备进行功率补偿,减少无功损耗,达到节能的目的。

【关键词】 成本 电气节能 节能

对于硫酸企业来说,电耗是影响硫酸成本的关键。我厂针对 48 万吨 kt/a 制酸系统净化工序电网电力品质差,设备运行时间长、类型复杂,存在交直流电源混用的情况,通过对总回路,支路和大功率单台设备的用电补偿(分散补偿)方式,以改善系统用电品质,提高设备的用电效率,达到降低电耗进而降低生产成本的预期目标,并取得了良好的经济效益。

1 480 kt/a 制酸系统净化低压配电室电气主要能耗现状

1.1 测试数据

表 1 480 kt/a 制酸系统净化低压配电室测试数据

测试位置	相序	电压 (V)	电流 (A)	有功 (KW)	无功 (KVAr)	视功 (KVA)	功率因数
II 电源进线	3P	391.3	1413	804	509	952	0.85
I 段电源进线	3P	397.5	446.4	266	148	306	0.87
2AA12-2#填料塔循环泵	3P	388.8	278.2	135.3	130.5	188	0.72
2AA13-2#脱硫塔循环泵	3P	389.9	267.9	157	79.6	177	0.89
2AA15 一吸循环泵电源	3P	390.8	201.5	95.2	85.2	136	0.70
2AA9-2#高效洗涤器循环泵	3P	390.5	287.9	171	97.3	197	0.86
2AA6-2#一吸塔循环泵	3P	391.2	99.4	55.4	38	67.1	0.83

1.2 能耗现状

1.2.1 现场电力质量低,电能品质较差

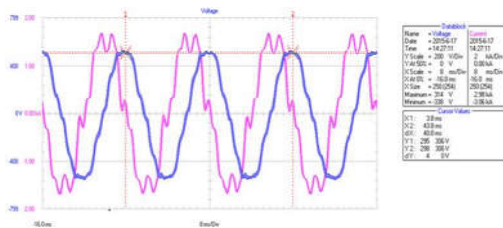


图 1 制酸系统 II 段电压电流分析波形

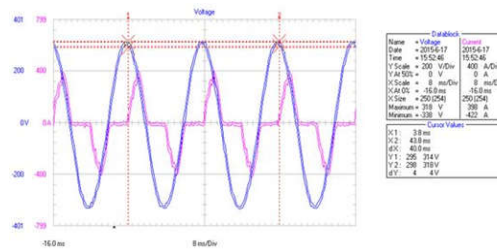


图 2 制酸系统 I 段电压电流分析波形

从图 1、图 2 电压电流分析波形图能清楚看出，变压器输出端负荷电流波形畸变严重，在单个周期波形内呈“骤降”、“尖峰”状,已经严重偏离了标注的正弦波形，属于典型的电能品质较差的用电工况现场。

1.2.2 变频器、软启动等非线性负载的大量应用，导致谐波污染较重

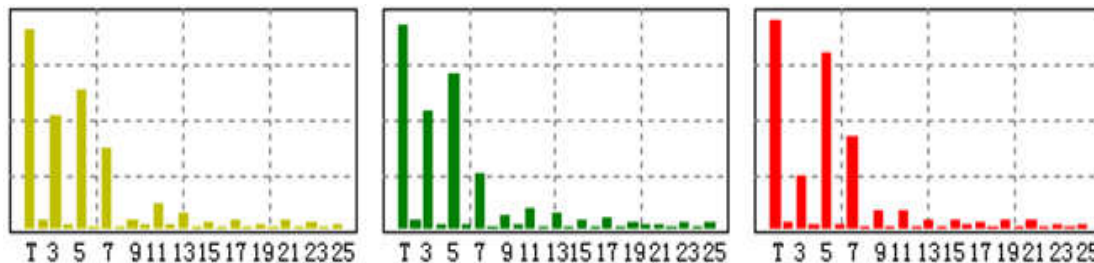


图 3 480 kt/a 制酸系统净化变压器 II 段谐波总畸变率柱状图

严重的畸变电压及高含量谐波电流，将引起变压器铁损、变压器铜损、传输线路损耗、电机的铁损及铜损、介质损耗（电容器损耗）、及其它杂散损耗，其中变压器铁损最大，因为变压器铁心损耗主要与频率有关，基波损耗时的市电频率为 50Hz，电磁场在铁心中每秒交变 50 次，而 480 kt/a 制酸系统配电系统中受 5、7、11、13 次谐波污染为主，电网中 5 次谐波，其频率分别为 250Hz，电磁场在铁心中每秒交变 250 次，其铁心损耗大幅度增加，如果电网中含有频次更高的谐波，其损耗会更大。当绕组导线施加畸变电流时，发生第一次集肤效应；绕组磁化变压器铁心后，产生了畸变磁场，又施加在绕组上，在绕组导线上发生第二次集肤效应，因此变压器铜损铁损都会相应增加。

K 因数 (KF) 表示由于谐波电流的影响造成的变压器损耗，下面的公式是 FLUKE 计算 K 因数的定义：

$$KF = \frac{\sum (h^2 \times I_h^2)}{\sum I_h^2}$$

其中 h=谐波次数，I_h=以基波百分比表示的谐波电流。

谐波附加损耗以基波损耗成倍数增加，当变压器长期受谐波影响，附加损耗以发热、振动形式出现，甚至烧毁。

根据国标 GB/T 17468-2008 变压器相对热老化率 $V=2^{(0h-0c)/0d}$

式中， θ_h —实际热点温度

θ_c —额定热点温度

θ_d —寿命损失加倍率（油变 6℃，干变 10℃）

即在额定热点温度基础上，每增加 6℃（油浸式）或 10℃（干式），变压器热寿命减少一半，反之增加一倍。

同理，谐波电流在电网中的流动会在线路上产生有功功率损失，它是电网线损的一部分。现场能源审计数据来看，谐波电流含量较大，谐波频率非常高，在导线中的集肤效应使得谐波电阻比基波电阻增大，因此谐波引起的附加线损也增大；同时谐波和间谐波的集肤效应使输电线等效截面积变小，线路损耗增加。对于采用电缆的输电系统，谐波除了引起附加损耗外，还可能使电压波形出现尖峰，从而加速电缆绝缘的老化，缩短了电缆的使用寿命。通常电缆的额定电压越高，谐波对电缆的危害也越大。电缆的分布电容对谐波电流有放大作用，会使上述危害更为严重。

1.2.3 负载采用 Y/Δ 降压起动，对马达和电网容易造成冲击

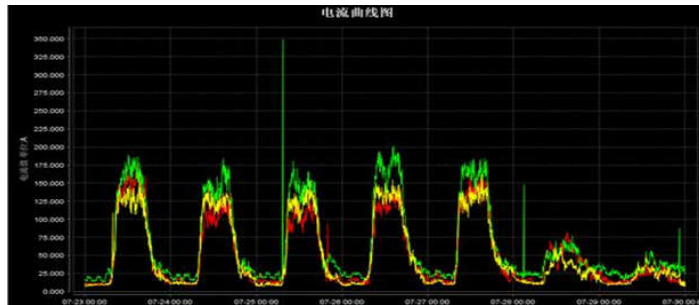


图 4 高效洗涤器循环泵启动电流变化曲线图

制酸系统中的各种循环泵普遍采用降压起动和直启，在起、停的过程中，起动电流是额定电流 3-6 倍，使大量电能都以热的形式被损耗；同时将引起配电网中的电流大幅波动，造成供电系统内部产生大幅度的电流冲击；并且反馈至电网中，影响周围用电设备的正常运行，降低配电系统的安全运行系数，缩短电气设备的使用寿命。

1.2.4 用电设备繁多，启停频繁，瞬变电压、浪涌电流频发

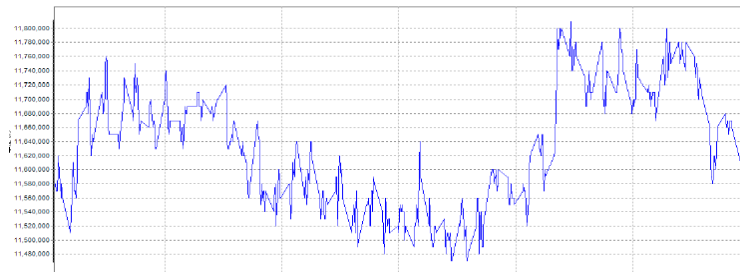


图 5 480 kt/a 制酸系统净化变压器 II 段瞬变、浪涌仿真图

该制酸系统配电网辐射范围非常宽广，系统中电气设备种类繁多，启停频繁，导致末端负荷引发大量的瞬变电压、浪涌电流连续冲击高压电网；通过过能电能品质仿真平台统计高达 11，

800,000 次/小时，如此频繁的瞬变电压、浪涌电流对电气设备的危害是巨大的，同时造成大量的电能损失。

2 高效节电技术的工作原理及技术优势

2.1 工作原理

由于目前普遍存在的电网品质较差，浪涌严重等情况，而传统的技术手段又不能满足用户需求，TEK 公司通过核心技术优势，采用最先进的模块化、防冗余设计，运用高科技纳米级器件，并结合丰富的经验，突破了传统技术的瓶颈，完美的实现了改善电网品质、降低线路损耗、抑制瞬间浪涌的功能。

SYS-Saver 内部设有延时模块、净化模块、滤波模块、散热模块，各模块之间通过串联联接，利用半导体器件对高速瞬流浪涌的抑制技术，使用 SYS-Saver 能够抑制浪涌和谐波对供电线路的污染，降低瞬流和谐波带来的畸变功耗及其它大量损耗，减少由此引发的供电故障，有效地节约大量电能、保护用电设备并延长设备使用寿命。

2.2 技术优势

2.2.1 高精度的分析能力

SYS-Saver 内部器件通过独特的阵列分布，可以对供电线路进行高速采样分析，不放过线路中的任何变化。

2.2.2 独特的延时缓冲功能

SYS-Saver 的延时模块通过逐级缓冲放大浪涌信号，可以对瞬流进行高效箝位抑制，最大限度地改善电网质量。

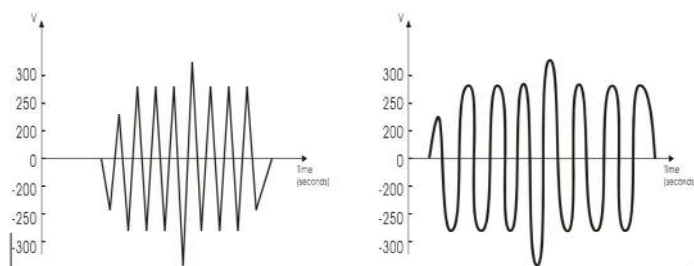


图 6 电网质量改变前后波形图

2.2.3 高速的浪涌抑制能力

SYS-Saver 通过防冗余设计，使用内部器件使用达到最优化，同时模块化的设计也让浪涌信号的处理实现高速化。

2.2.4 稳妥的保护功能

SYS-Saver 内部对各功能模块都设有双重保护，即使有一个模块出现故障也不会影响其它模块的正常使用，既保护了内部器件，更保护了用电设备。

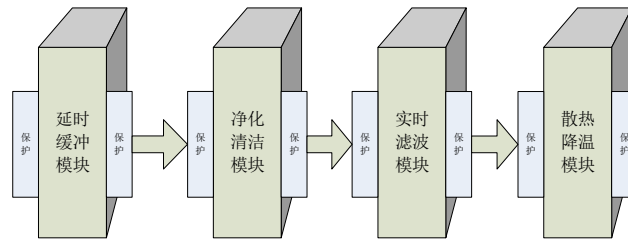


图7 节能设备内部模块运行原理图

3 高效节电技术的创新应用

3.1 应用原理

采取对总回路，支路和大功率单台设备的用电补偿（分散补偿）方式，以改善系统用电品质，提高设备的用电效率。

在各低压配电室变压器出线上各安装一套通用性节电器（SYS-SAVER 电力士）和一套优仕能-工业节能控制系统（UP-4-0100FT），用以滤除电网谐波、抑制浪涌、瞬变等电力污染，改善电网质量；电力士节电器利用半导体器件对高速瞬流浪涌的抑制技术，能够抑制浪涌和谐波对供电线路的污染，降低瞬流和谐波带来的畸变功耗及其它大量损耗；优仕能-工业节能控制系统通过其直流侧能量缓冲装置进行有功功率控制以及其串、并联侧对系统进行无功功率控制，在快速调校功率参数的同时，改善线路的电能的有效率，大幅度动态的降低负荷电流，同样线路的有功损耗就成倍地降低，这样就充分发挥了设备的运行效率，降低了线路的电能损耗。

在大功率运转设备供电线路上并联安装一台节电器，对设备进行功率补偿，减少无功损耗，达到节能的目的。

3.2 设备安装

设备全是以并联方式并供电系统中，接入方式简单，节能设备故障也不会影响到系统的正常运行。

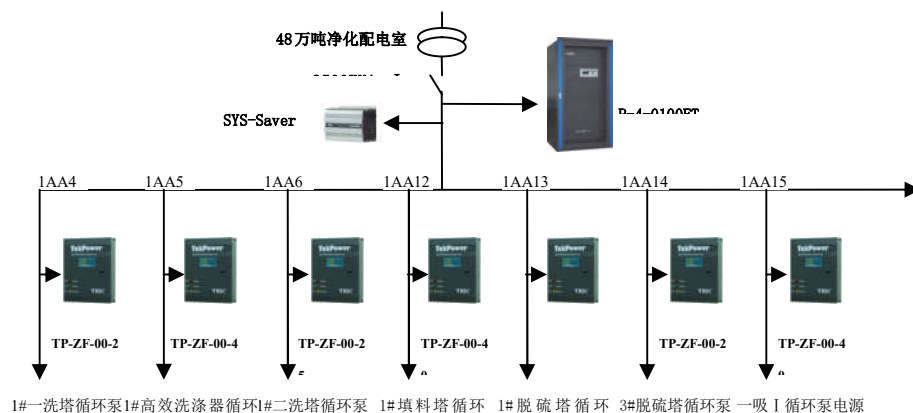


图8 480 kt/a 制酸系统节能设备 I 段安装图

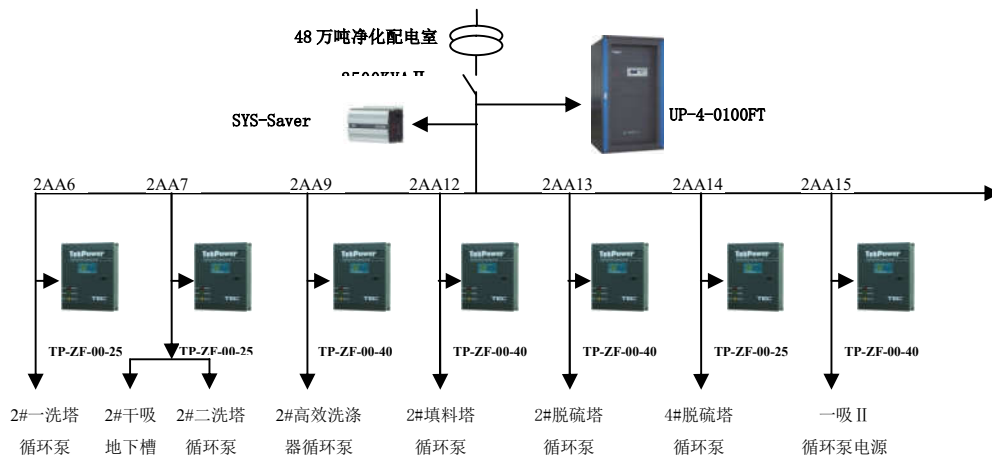


图 9 480 kt/a 制酸系统节能设备 II 段安装图

4 高效节电技术的应用成果

低压配电室安装高效节能设备后，有效地滤除电网中的谐波，降低谐波对用电设备的影响，提升用电设备的功率因数，消除电压波动和闪变、有效过滤电网电路中的瞬变、浪涌，保护末端用电设备不受其影响。补偿各相电压不对称、降低总电流、减少电力能量损失，降低线路上的热损耗，为整个用电网络提供高可靠性、优质的电能，从而提高供电的安全性和可靠性，延长设备的使用寿命，具有节电和保护设备的双重功效。

Research and Application of Energy Efficient Technology Electrical System

Zhang xiwen, Peng guohua, Yang zhenjie, Chang peilong, Gao lina
(Jinchuan Group corporation limited ,Jinchang Gansu 737100)

Abstract: In a market economy, for any product, the cost is the first competition. For sulfuric acid business, corporate management priority is to maximize the reduction of the production process material consumption, electricity consumption, water consumption, etc. Yet the power consumption is the key to affect the cost of sulfuric acid. Through the energy saving in our factory industrial electrical research, analysis of electrical energy status quo and problems in the supply line of energy-saving equipment, the equipment for power compensation, reduce reactive loss, to save energy.

Key words: Cost; Electrical energy conservation; Energy-saving