

Application of IEMS Energy Management System in Electrostatic Precipitator

Yuanfeng Fu¹ Dun Hu² Qiyang Hu²

1. Zhejiang Dawei High Tech Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang, 321000, China

2. Chun'an Shun'an Elevator Engineering Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311700, China

Abstract

The energy management system for electrostatic precipitator (IEMS) is a new type of power electronic device that dynamically compensates for reactive power and eliminates harmonics through IGBT devices and inverter circuits, thereby greatly improving the quality of the power grid and saving energy and consumption. At the same time, it realizes automatic optimization of the electrostatic precipitator system and unmanned operation. This paper explains the principle of the IEMS system, and through an application example in a power plant, demonstrates the effectiveness of the IEMS system in improving power factor, harmonic control, and optimizing control while ensuring system safety, stability, and ultra-low smoke emissions. At present, the operation of most power plant electrostatic precipitators is carried out by operators based on experience, and the difference in experience level leads to significant differences in the operating effect of electrostatic precipitators. Many power plants have not adopted scientific methods to determine the reasonable operating parameters of high-voltage equipment for electrostatic precipitators, and some power plants even operate only at their equipment rated values, resulting in great energy waste. After installing the IEMS system on Unit 2 of the power plant, the problem was effectively solved.

Keywords

IEMS system; power factor; Harmonic control; optimize control

IEMS 能量管理系统在电除尘中的应用

傅远峰¹ 胡敦² 胡启扬²

1. 浙江大维高新技术股份有限公司, 中国·浙江 金华 321000

2. 淳安顺安电梯工程有限公司, 中国·浙江 杭州 311700

摘 要

电除尘能量管理系统(以下简称IEMS系统)是一种新型电力电子装置,它通过IGBT器件和逆变电路来动态补偿无功功率、消除谐波,从而大幅提高电网质量并节能降耗,同时实现电除尘系统自动优化,无人值守。论文阐述了IEMS系统的原理,以及通过在某电厂的应用实例,说明IEMS系统在保证系统安全稳定和烟尘超低排放的前提下提高功率因素、治理谐波、优化控制方面的效果。目前,大多数电厂电除尘器的运行都是由运行人员基于经验进行工作,经验水平的差异使得电除尘器的运行效果差异较大,很多电厂没有采用科学的方法确定电除尘器高压设备的合理运行参数,部分电厂甚至仅仅以其设备额定值运行,造成了极大的能耗浪费。电厂2号炉安装IEMS系统后,有效解决了问题。

关键词

IEMS系统; 功率因素; 谐波治理; 优化控制

1 引言

高压电源是电除尘系统的用电大户,高压电源的用电量可占电除尘系统总用电量的一半以上。为满足日益提高的大气污染物排放标准,中国电除尘器越做越大,对于高压电源的容量要求也越来越高,高压电源的用电量的占比也越来越高。

高压电源普遍采用整流、滤波等半导体技术^[1],造成

静电除尘系统的电力功率因数低、电压电流波形畸变大,影响电网的质量,降低了变压器的实际输出,容易造成设备运行不稳定。同时为了达到节能要求,高压电源通常采用脉冲供电方式或运行在二次参数较低的状态。当电源的二次输出小于额定值时,其实际功率因素是小于额定功率因素的。

2 工程概况

2.1 项目现状

某电厂2号炉于2015年投产,每台炉共2台双室5电场除尘器,每个电场均为小分区供电,每台炉共40台高频电源。设计时,电除尘厂用电为0.147%,投产后,电除尘

【作者简介】傅远峰(1976-),男,中国浙江金华人,本科,工程师,从事高压电源、PLC控制系统研究。

月平均厂用电 $\geq 0.270\%$ 。为了降低能耗、提高功率因素^[2]、治理电能质量,某电厂拟安装一套 IEMS 系统。

2.2 改造要求

本项目增设 IEMS 系统,通过能量治理后,2号炉电除尘器在保证脱硫浆液品质的前提下,六个月的电除尘厂用电指标平均值在2019年的基础上下降0.03% (计算方法:2号炉三台电除尘变全月高压侧电度表计量总耗电量除以全月总发电量),同时高压电源运行参数在任何工况下均需保证 ≥ 0.9 。

2.3 无功功率分析

从原理上讲,高频电源运行在额定值时^[3],功率因数接近0.93。但一般来讲,日常运行时高压电源的输出功率都小于其额定值。具体到某电厂2号炉电除尘器,其部分电场运行参数适中,约为额定值的60%~70%,输出电压在40~60kV。由电除尘器的运行参数可知,其相应的功率因数预计为0.8~0.85左右。考虑现场情况,以一、二、三电场运行参数800mA/60kV,四、五电场600mA/50kV作为计算基准来计算补偿的无功功率,2号除尘器的无功功率合计783kVA。以目标功率因数0.90计算,需要补偿的无功功率为约360kVA。

2.4 高次谐波补偿分析

电除尘器高压电源属于整流逆变设备^[4],在运行过程中会产生大量的高次谐波。根据以往的工程经验,高频电源运行过程中产生的谐波电流分量约为30%~90%,谐波电压分量约为2.5%~8%,高次谐波补偿所需的补偿容量接近于无功补偿的量,即360kVA。经过补偿,总体上谐波电压分量可以控制在4%左右,小于国标要求的5%。

2.5 无功功率及谐波的补偿方案

根据前述,2号炉电除尘器若要将功率因数补偿到0.90左右,需要的无功补偿容量为360kV。谐波治理所需的补偿容量接近无功补偿量。考虑到一定的冗余量,最终选择补偿容量为800kVA。包括4台能量管理控制柜和1台电除尘优化控制柜,每台能量管理控制柜容量为200kVA。

3 IEMS 系统介绍

3.1 IEMS 系统的组成

IEMS 系统由能量管理控制柜和电除尘优化控制柜组成。能量管理控制柜包含 APF 有源滤波器,实现无功补偿及谐波治理的功能^[5];电除尘优化控制柜包含嵌入式主机,实现自动优化控制、无人值守的功能。其中能量管理控制柜含有控制器,可独立运行。

3.2 无功补偿及谐波治理原理

控制器由指令电流运算电路和补偿电流发生电路两个主要部分组成。通过外部互感器实时检测电网中无功含量,得到其指令电流,指令电流运算电路实时监控线路中的电流,并将模拟电流信号转换为数字信号,送入高速数字信号处理器(DSP)对信号进行处理,将谐波与基波分离,并以

脉宽调制(PWM)信号形式向补偿电流发生电路送出驱动脉冲,驱动 IGBT 或 IPM 功率模块来控制逆变器产生满足要求的无功电流,达到无功补偿的目的。同理,通过 IGBT 逆变器,提供与系统中谐波大小相等相位相反的补偿电流,反向注入供配电系统中,将相应谐波电流抵消掉。电网中只留有纯粹的基波电流,从而实现滤波的功能。

3.3 电除尘优化运行原理

IEMS 系统依据电除尘器的反馈条件形成闭环控制,反馈条件可以是时间、负荷大小、排放浓度、设备运行情况等各种参数以及它们的逻辑组合。然后按照排放目标自动调节各个电场的输出功率及工作方式,在保证排放达标的情况下大幅降低能耗。用户可以自行设定排放目标及各个电场的输出功率的调节范围,根据情况投入或禁用该功能,或使其在特定的时间段内工作。IEMS 系统运行时不断地判断策略条件是否成立,如果成立则执行相应的动作。因此,IEMS 专家系统可以替代人工执行自动化的任务,从而减轻运行人员的负担,同时也保证了运行效果的一致性。

4 改造效果

4.1 厂用电率指标

IEMS 系统投入运行前,2019年6月1日至2019年6月30日期间电除尘器厂用电率指标平均值为0.256%。IEMS 系统投入运行后,2020年6月1日至2020年6月30日期间电除尘器厂用电率平均值为0.23%,如表1所示。

由表1可见,6月份2#机组电除尘厂用电率由2019年的0.256%下降到2020年的0.230%,同比下降0.026%,同比降幅达10.2%。2号机组电除尘投入 IEMS 智慧能量管理系统,进行闭环控制优化之后,在保证脱硫浆液品质的前提下,2号机组电除尘器厂用电率已降至0.230%。若按照未投入 IEMS 智慧能量管理系统之前2号机组电除尘器厂电率为0.270%核算,投入 IEMS 智慧能量管理系统之后,节能达到了14.8%。

4.2 电能质量和电功率参数指标

2号机组在负荷550MW工况下,2020年7月30日10时50分至2020年7月30日11时40分时间段,PQ31985电能质量分析仪测得2号机组除尘器配电A段 IEMS 投入前的数据如表2所示(注:表中数值为每间隔10分钟仪表测得数据的平均值)。

从表2数据统计可见,2号机组在550MW负荷工况下,IEMS 系统投入前,功率因数为0.90,电压谐波分量平均值为8.38%,电流谐波分量平均值为31.89%。

2号机组在负荷550MW工况下,2020年7月30日11时45分至2020年7月30日12时35分时间段,PQ31985电能质量分析仪测得2号机组除尘器配电A段 IEMS 投入后的数据如表3所示(注:表中数值为每间隔10分钟仪表测得数据的平均值)。

从表 3 数据统计可见, 2 号机组在 550MW 负荷工况下, IEMS 系统投入后, 功率因数为 0.96, 电压谐波分量平均值为 5.02%, 电流谐波分量平均值为 27.01%。

2 号机组在负荷 450MW 工况下, 2020 年 7 月 30 日 14 时 30 分至 2020 年 7 月 30 日 15 时 20 分时间段, PQ31985 电能质量分析仪测得 2 号机组除尘器配电 A 段 IEMS 投入前的数据如表 4 所示(注: 表中数值为每间隔 10 分钟仪表测得数据的平均值)。

从表 4 数据统计可见, 2 号机组在 450MW 负荷工况下,

IEMS 系统投入前, 功率因数为 0.9028, 电压谐波分量平均值为 7.354%, 电流谐波分量平均值为 35.72%。

2 号机组在负荷 450MW 工况下, 2020 年 7 月 30 日 15 时 20 分至 2020 年 7 月 30 日 16 时 05 分时间段, PQ31985 电能质量分析仪测得 2 号机组除尘器配电 A 段 IEMS 投入后的数据为每间隔 10 分钟仪表测得数据的平均值。

从数据统计可见, 2 号机组在 450MW 负荷工况下, IEMS 系统投入后, 功率因数为 0.9602, 电压谐波分量平均值为 5.06%, 电流谐波分量平均值为 26.794%。

表 1 厂用电率指标

2019 年			2020 年		
2# 机组			2# 机组		
日期	日发电量 (万 kWh)	厂用电 (%)	日期	日发电量 (万 kWh)	厂用电 (%)
6 月 1 日	1103.33	0.264	6 月 1 日	970.99	0.237
6 月 3 日	1096.13	0.263	6 月 3 日	1148.56	0.231
6 月 5 日	998.49	0.261	6 月 5 日	1122.56	0.224
6 月 7 日	832.84	0.268	6 月 7 日	1124.92	0.230
6 月 7 日	832.84	0.268	6 月 7 日	1124.92	0.230
6 月 9 日	1179.71	0.255	6 月 9 日	1273.49	0.227
6 月 11 日	1220.74	0.250	6 月 11 日	1262.42	0.227
6 月 13 日	954.98	0.245	6 月 13 日	1216.34	0.227
6 月 15 日	925.23	0.248	6 月 15 日	1365.01	0.228
6 月 17 日	952.62	0.258	6 月 17 日	1258.45	0.229
6 月 20 日	1011.48	0.259	6 月 20 日	1038.99	0.233
6 月 22 日	929.41	0.257	6 月 22 日	1160.26	0.230
6 月 24 日	996.12	0.260	6 月 24 日	1192.17	0.226
6 月 26 日	1090.33	0.258	6 月 26 日	749.48	0.250
6 月 28 日	1285.30	0.252	6 月 28 日	1048.76	0.231
6 月 30 日	1111.60	0.257	6 月 30 日	1256.94	0.229
平均		0.256	平均		0.230

表 2 2 号机组除尘器配电 A 段 IEMS 投入前的数据

记录时间		10:50:00—11:00:00	11:00:00—11:10:00	11:10:00—11:20:00	11:20:00—11:30:00	11:30:00—11:40:00
550MW 负荷工况						
有功功率	Σ (kW)	693.4	695.2	756	863.1	840.6
无功功率	Σ (kvar)	323	321.8	322.5	358.3	340.6
视在功率	Σ (kVA)	764.9	766.1	821.9	934.5	907.3
功率因素	Σ	0.9064	0.9074	0.9198	0.9235	0.9267
谐波电压 分量	U_{AB} 相	7.96%	7.96%	8.52%	9.18%	8.85%
	U_{BC} 相	7.90%	7.88%	8.43%	9.09%	8.78%
	U_{AC} 相	7.72%	7.72%	8.25%	8.88%	8.58%
谐波电流 分量	I_A	32.74%	32.89%	30.62%	29.21%	28.79%
	I_B	35.52%	35.38%	33.02%	31.34%	30.72%
	I_C	34.12%	33.73%	31.45%	29.80%	29.16%

表 3 2 号机组除尘器配电 A 段 IEMS 投入后的数据

记录时间		11:45:00—11:55:00	11:55:00—12:05:00	12:05:00—12:15:00	12:15:00—12:25:00	12:25:00—12:35:00
550MW 负荷工况						
有功功率	Σ (kW)	479.5	491.2	488.2	503.7	496.9
无功功率	Σ (kvar)	154.3	140.5	135.2	150.2	142.5
视在功率	Σ (kVA)	503.9	511	506.6	525.6	517.0
功率因素	Σ	0.9517	0.9614	0.9637	0.9583	0.9612
谐波电压 分量	U _{AB} 相	4.93%	5.02%	5.03%	5.06%	5.06%
	U _{BC} 相	4.96%	5.05%	5.06%	5.09%	5.07%
	U _{AC} 相	4.92%	5.00%	5.01%	5.04%	5.05%
谐波电流 分量	I _A	26.75%	26.09%	25.60%	27.86%	25.94%
	I _B	28.78%	27.62%	27.13%	27.68%	27.36%
	I _C	27.73%	26.63%	26.30%	26.99%	26.64%

表 4 2 号机组除尘器配电 A 段 IEMS 投入前的数据

记录时间		14:30:00—14:40:00	14:40:00—14:50:00	14:50:00—15:00:00	15:00:00—15:10:00	15:10:00—15:20:00
450MW 负荷工况						
有功功率	Σ (kW)	599.7	597.8	594.6	599.1	599.5
无功功率	Σ (kvar)	281.5	286.5	286.5	286.9	281.6
视在功率	Σ (kVA)	662.5	662.9	660	664.4	663.2
功率因素	Σ	0.9052	0.9017	0.9008	0.9019	0.9044
谐波电压 分量	U _{AB} 相	7.50%	7.52%	7.49%	7.46%	7.29%
	U _{BC} 相	7.41%	7.45%	7.43%	7.38%	7.23%
	U _{AC} 相	7.27%	7.30%	7.28%	7.23%	7.07%
谐波电流 分量	I _A	34.10%	34.64%	34.86%	36.39%	34.01%
	I _B	36.49%	37.44%	37.76%	36.64%	36.51%
	I _C	34.89%	35.86%	36.18%	35.03%	35.10%

4.3 优化控制指标

电除尘优化控制柜已投入使用，各电场及振动、加热参数由电除尘优化控制柜自动调整至最能满足排放要求下的最低参数，无需人工值守，便可达到比人工调整参数更优的效果。

5 结论

5.1 节能降耗

投入 IEMS 系统后，厂用电率降低至 0.23%，对比 2019 年同期节能 10.2%，对比 2 号机组未投入 IEMS 系统前平均节能 14.8%。

5.2 功率因素

投入 IEMS 系统后，电除尘器配电 A 段电功率因素均提高至 0.96。

5.3 谐波治理

投入 IEMS 系统后，电除尘器配电 A 段电压谐波分量

减少至 5.06%，电压谐波分量减少至 27%。

综上所述，IEMS 系统无论是对于节能降耗还是提高功率因素，治理电能质量都有很好的效果，同时可实现电除尘系统自动运行，无人值守，运行的参数时刻保持在最优状态。

参考文献

[1] 中国环境保护产业协会电除尘委员会.电除尘器选型设计指导书[M].北京:中国电力出版社.

[2] 郦建国,刘云.中国煤种成分对电除尘器性能影响及电除尘器适应性评价[J].科技导报,2010(7):104-109.

[3] 陈国渠.适应新排放标准的火电厂除尘技术[J].科技导报,2010(3):90-95.

[4] 朱宝山.燃煤锅炉大气污染物净化技术手册[M].中国电力出版社,2006.

[5] 浙江大维高新技术股份有限公司燃煤电厂烟气超低排放技术[Z].2016.