

玻璃工厂供电系统设计中的谐波治理

吴梦杰

(中国凯盛国际工程有限公司蚌埠玻璃工业设计研究院, 安徽 蚌埠 233018)

摘要: 在 400 V 低压配电系统中随着非线性负载的比例逐渐加大,其负载性质发生深刻变化。即使在三相正弦波形的作用下,三相相线电流发生非正弦畸变从而产生高次谐波电流。着重阐述了孟加拉国 NGL250t/d 浮法玻璃生产线工程中采用调谐滤波装置治理高次谐波技术,使出口电压为 400 V 的三台容量为 1370 kW 天然气发电机组和三台 1050 kW 柴油机发电机组主接线得以简化,使之节约电力设备一次性投资 30% 以上,并且在技术上确保供电可靠性和用电质量。

关键词: 谐波源; 谐波电流; 调谐滤波器; 谐波治理

中图分类号: TM714 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2006)19-0083-02

0 引言

优化电气工程设计就是在技术上保证供电可靠性和上乘的用电质量,在进行孟加拉 NGL250t/d 浮法玻璃生产线工程设计中,谐波治理问题是优化设计必要解决的技术问题之一,因为该问题已成为各行各业在电气设计和电气设备选型时关注的重要环节,它是供配电质量的重要指标。

1 工程概况及方案比较

孟加拉国 NGL250t/d 浮法玻璃生产线工程为日熔化量 250 t 的浮法原片玻璃生产线和一座镀膜钢化玻璃深加工生产线。由于孟加拉国 NGL 厂外电系统属于农用三类电网,供电可靠性极差,所以该厂设自备发电机,自给自足,自成一体,不用电网的电源。

浮法玻璃厂按联合厂房设计,负荷分布较为集中,全厂装机容量为 10 000 kW,计算负荷浮法线为 3 000 kW,钢化镀膜玻璃深加工生产线 3 000 kW,发电容量拟选择 7 000 ~ 8 000 kW。按常规国内小型热电站设计,这种容量规模的都是采用发电机出口电压为 6.3 kV 等级,孟加拉国家所建工厂自备发电机组出口电压一般为 6.3 kV 或 400 V,我们在设计中,对供电系统作出二个方案进行分析比较。

方案一:采用三台容量为 1 370 kW 燃气机组,三台 1 050 kW 柴油机组,分两段母线并联运行,发电机电压选 400 V 的直配电系统。

方案二:采用四台容量为 1 300 kW 天然气发电机组,两台 1 000 kW 的柴油机发电机组,分四段并

联运行,发电机选 6.3 kV 高压配电系统。熔化成型工段设置两台容量为 1 600 kW · A 的变压器,退火切裁及公用车间设置两台容量为 1 250 kW · A 的变压器。变比均为 6.3/0.4 kV。

根据供配电设计原则:满足用电设备对供电的可靠性的要求和电能质量的要求;系统主接线方式简单。操作安全可靠,运行灵活,检修方便;

投资少,运行费用低,我们对这两个方案进行了综合性的技术指标与经济指标分析论证。方案一,采用 400 V 发电机直配电系统,在经济指标上占有绝对优势,如不计变压器每年的年运行费用,仅电力设备一次性费用包括:400 V 发电机与 6.3 kV 发电机的差价;降压变压器投资;6.3 kV 配电装置费用;需增加的 400 V 配电屏和控制设备费用;

10 kV 电缆等费用,方案一仅为方案二投资的 60% ~ 70%。再从技术上分析,方案一的发配电系统主接线简单,系统运行可靠性较高。设置三台容量为 1 370 kW 天然气发电机组,三台 1 050 kW 柴油机发电机组,分两段母线并联运行,系统运行非常灵活,既能满足高峰负荷,又能保证低谷负荷,互换性能很好。由于主车间的负荷占全厂负荷的 85%,位于发电机直配电间旁,负荷矩小,电压损失在 5% 以内。只有氮站设有 3X250 kW 大容量电机,距发电机配间约 150 m 左右,采取适当调整发电机电压和放大电缆截面等措施即可解决。就方案一来说技术上存在一个严重的问题,就是来自浮法锡槽硅炭棒电加热的可控硅整流装置产生的高次谐波,对发电机及其他电力设备的影响。如果此问题解决好了,则方案一为最佳方案;如果解决不好,则此方案将因不满

足对供电质量及可靠性的要求而被淘汰。方案二发电机采用 6.3 kV 电压等级,虽然也存在谐波问题,但降压变压器起了一定的隔离作用,减小了谐波对发电机的直接影响和对其他电力设备的干扰。且电压等级不同,谐波干扰的程度也不同,即是说,系统电压越高,允许接入整流设备的容量越大。

2 谐波的潮流分布及对电力设备的影响

浮法联合车间锡槽硅炭棒(约 2 500 kW),电源采用可控硅调功装置,在玻璃厂电站系统中构成谐波源。谐波电流与基波电流分布一样,它有各自频率分量的谐波电流,其中最严重的是 5 次和 7 次谐波。基波的始端是发电机,末端是各种各样的用电设备以及并联补偿设备。其功率则是用于作功的有效功率。与基波不同的是谐波功率的始端是非正弦电流设备,这里是整流设备,末端是发电机和其他用电设备,不论在末端或中间环节,消耗的谐波功率都是无效损耗,即不作功,只会引起设备发热。

谐波对电力设备的影响:

1) 对发电机的影响。当发电机给整流装置供电时,其整流装置产生的高次谐波电流直接反馈给发电机,在发电机的定子绕组,转子绕组和激磁绕组中引起感应电流,使之发热产生损耗,导致输出功率降低。特别是 5 次和 7 次谐波电流严重时,会与基波磁场相互作用引起振荡力矩产生机械振荡。

2) 对电力电容器的影响。由于高次谐波引起电容器并联谐振,有异常电流流入电容器,导致过热从而破坏电容器绝缘以至电容器永久损坏。

3) 对继电保护的影响。由于高次谐波过电压过热引起仪表损坏,导致保护装置误动及动作特性变化。

3 谐波治理

按照国内外谐波治理理论和实际使用,其滤波大致分以下三种: 有源滤波器。有源滤波器可以快速滤除 2~50 各阶次谐波,因造价过高投资较大,目前主要用在电视台、飞机场、计算中心大楼等场所。无源滤波器。有针对性的滤除某次谐波,针对 3 次或 5 次、7 次危害大的谐波电流,每套滤波器只能滤除一种谐波;若全部滤除各次谐波,滤波设备数量多,但滤除谐波效果较好。调谐滤波器。在补偿电容器上串联一定比例的电抗器配合使用,可抑制和削减高次谐波电流,投资较小,保证电容器的无功补偿作用,完全避免由于谐波电流引发的谐振

现象。玻璃生产线电力系统中,谐波是存在但是就其数量及严重程度来讲,比较适合选用调谐滤波器。

玻璃厂自备发电站电力系统条件:

1) 三台容量为 1 300 kW 天然气发电机组,三台 1 000 kW 柴油机发电机组,功率因数 0.8(滞后),电压 400 V,短路阻抗 $X_d = 17.7\%$ 。

2) 发电机最大运行方式是六台发电机并联运行,最小运行方式为两台发电机并联运行。

3) 配电站两段母线上各接 300 kvar 功率因数补偿电容器。

根据谐波理论值的计算和模拟测试结果,5 次和 7 次谐波电流分量最严重,电压 5 次和 7 次畸变率高达 7.47% 和 5.5%,根据总电压畸变率 (THD μ) 等与各次谐波电压有效值的百分比,THD $\mu = 10.5\%$,超过了国家标准规定值。我们专门针对 5 次和 7 次谐波,选择了 5 次 7 次谐波调谐式滤波器,兼顾理论计算和生产运行实际情况,5 次谐波系数(指谐波实际值理论计算的比值)取 0.8,7 次谐波系数取 0.6。在设计中,选用芬兰 NOKA 公司调谐滤波器,调谐滤波器的电压等级为 400 V,其选型根据负载需要的无功补偿量一致来配套,用调谐滤波器代替传统意义上的电容柜,作为该系统治理谐波的主要装置。

4 滤波器的使用效果

由于选用芬兰 NOKA 公司调谐滤波器装置投入运行后,玻璃厂的自备发电系统功率因数电容补偿装置各项指标均可达到国家规定的标准要求。系统电压总畸变率 THD $\mu < 2.8\%$; 5 次谐波电流 < 31 A; 7 次谐波电流 < 22.5 A; 11 次谐波电流 < 20.5 A; 13 次谐波电流 < 15.7 A; 系统功率因数不小于 0.94。谐波治理取得明显效果。

5 结论

由于玻璃厂电力系统高次谐波的存在,在设计中考虑了谐波治理,一套滤波装置价格为 10.5 万元,而使用发电机容量在 6 000 kW 左右的系统规模能采用发电机出口电压为 400 V 的直配电系统,这不仅节约了投资又保证了系统供配电质量。在工程设计中,考虑方案时经济指标是十分重要的,但更重要的是首先满足技术指标,经济和技术指标并进。精心设计,才能使设计优化。

(下转第 88 页 continued on page 88)

8 结论

本文针对过载保护继电器的工作特点和失效模式,确定了过载保护继电器可靠性验证试验的可靠性指标;根据过载保护继电器的可靠性要求、抽样理论和产品的实际应用情况,选取了定时或定数截尾试验方案,制订了抽样检查方案,确定了可靠性验证试验的试验内容、失效判据以及试验程序;利用自行研制的过载保护继电器可靠性试验装置,对典型产品进行了可靠性验证试验。

过载保护继电器可靠性验证试验的研究对切实保证和提高产品质量和可靠性具有重要意义。

参考文献:

- [1] 陆俭国,王景芹. 低压保护电器可靠性理论及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
LU Jian-guo, WANG Jing-qin Reliability Theory and Its Application of Low-voltage Protective Apparatus [M]. Beijing: China Machine Press, 2004.

- [2] LI Kui, YAO Fang, LU Jian-guo, et al Test and Analysis of Reliability for Electromagnetic Relay Electrical Contacts[A]. Proceedings of the Annual Home Conference on Electrical Contacts, IEEE Piscataway: 2000 79-82
[3] LUO Yan-yan, LU Jian-guo, LI Zhi-gang Study on Methods of Reliability Test for Switches[A]. The Proceedings of International Relay Conference 1999.
[4] GB14048.6-1998 低压开关设备和控制设备:接触器和电动机起动器[M]. 北京:中国标准出版社,2001.
GB14048.6-1998 Low-voltage Switchgear and Controlgear Contactors and Motor-starters[M]. Beijing: China Standard Press, 2001.

收稿日期: 2006-02-16

作者简介:

赵靖英(1974-),女,博士研究生,讲师,目前主要从事智能电器及电器可靠性和教学工作;E-mail: zhaojy931@eyou.com

刘帼巾(1972-),女,博士研究生,副教授,目前主要从事电器可靠性和教学工作。

Reliability compliance test of over-load protective relay

ZHAO Jing-ying^{1,2}, LU Guo-jin^{1,2}, WANG Hai-tao¹, ZHANG Zhe³

(1. Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China; 2. Postdoctoral Research Work Station of Delixi Group Co., Ltd, Wenzhou 325604, China; 3. Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Over-load protective relay is widely applied in electric control system. Its reliability directly affects running of system. Reliability compliance test is an important approach for improving reliability of products. On the basis of adopting protective success ratio as reliability characteristic value, limited timing or limited number truncated test is chosen. Sampling and checking plan is designed. The test contents, the failure criterion and test program of reliability compliance test are determined. In addition, the reliability compliance test for typical products is carried out.

Key words: over-load protective relay; reliability compliance test; protective success ratio; time or failure curtailed test plan

(上接第 84 页 continued from page 84)

吴梦杰(1949-),男,本科,工程师,研究方向为玻璃生产企业配电系统中谐波问题及谐波治理。E-mail: wmjctec@163.com

收稿日期: 2005-11-30; 修回日期: 2006-06-30

作者简介:

Harmonic wave control technology and optimized design of power supply system for glass plant

WU Meng-jie

(Bengbu Glass Design & Research Institute, China Triumph International Engineering Co., Ltd, Bengbu 233018, China)

Abstract: With non-linear load proportion increasing gradually in low voltage power distribution system, its load property changes a lot. Even under the action of 3-phase sine wave, 3-phase conductor current generates non-sinusoidal distortion, resulting in generating higher harmonic current. This paper describes the technology of control higher harmonic wave by adopting single-tuned wave filter in Bangladesh MG 250t/d float glass production line project. With this technology, it makes main wiring reduced concerning 3 sets of 1370 kW natural gas generating units with outlet voltage of 400 V and 3 sets of 1050 kW diesel generating units, which saves more than 30% of the investment for power equipment and at the same time ensures reliability and quality of power supply.

Key words: harmonic source; harmonic current; tuning filters; harmonic wave control