

文章编号: 1671-251X(2009)02-0032-04

基于高通滤波器的矿井提升机滤波的设计方案

冯 婧, 王清灵, 曾志勇

(安徽理工大学电气与信息工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘要: 文章分析了高通滤波器的原理与设计方法, 提出了基于高通滤波器的矿井提升机滤波的设计方案。该方案将高通滤波器应用于提升机滤波, 实现了在滤除谐波电流的同时保证系统动态响应的目的。详细的仿真验证了该方案的可行性与可靠性。

关键词: 矿井提升机; 电流谐波; 滤波; 高通滤波器

中图分类号: TD534.6 **文献标识码:** A

0 引言

2007年淮南矿业集团潘北矿引进ABB公司的ACS6000sd交-直-交变频同步电动机直接转矩控制设备, 用于矿井提升机传动。在安装调试过程中发现, 虽采用了双P的交-直-交变频装置, 但在提升机重载时, 网侧谐波电流较大和存在较大的无功, 不仅对提升机本身性能有较大影响, 同时影响矿井其它电力设备的正常运行。为减小谐波电流, 传统方案是通过增加网侧电感来滤除谐波。但矿井提升机作为频繁启动、周期性负荷, 对系统跟随性有较高要求, 增加网侧电感会使系统的动态响应大大降低, 无法准确实时控制提升机速度^[1]。

笔者在分析了高通滤波器的原理之后, 提出了将高通滤波器应用在提升机滤波的方案, 在不影响系统动态响应的情况下, 使网侧谐波电流大大降低。详细的仿真验证了该方案的可行性和可靠性, 为现场设计提供了理论和技术支持。

1 提升机负载特性

提升机单机装机功率大, 在矿井总供电负荷中占的比重较大。伴随着煤矿设计生产规模的扩大、井筒的加深, 要求配套的提升机装置容量也越来越大。此次淮南矿业集团潘北矿引进的主电动机单机容量为4 000 kW, 额定电压为3 150 V, 提升机单斗提升载重达40 t。如此大的负载在提升中产生了较

大的谐波电流, 谐波电流对电网的污染较为严重。

2 高通滤波器的原理与设计

2.1 高通滤波器原理

传统的LC无源滤波器分为单调滤波器和高通滤波器。单调滤波器只对特定次数的谐波电流滤除效果明显, 对于同时存在多次谐波电流时的滤波效果较差。鉴于现场勘测得到潘北矿的提升机网侧存在多次谐波电流, 笔者采用高通滤波器进行滤波。

高通滤波器也称为减幅滤波器, 有多种形式: 一阶、二阶、三阶和C型4种。考虑其各自优缺点, 本方案采用二阶高通滤波器进行滤波。二阶高通滤波器是一个带阻尼的宽频带滤波器, 其阻抗受频率变化的影响很小, 也不灵敏, 但损耗较单调滤波器大。

高通滤波器的阻抗表达式如下:

$$Z_{(n_i)} = \frac{1}{jn_i\omega_s C} + \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{jn_i\omega_s L} \right]^{-1} \quad (1)$$

式中: n_i (i 为自然数) 为 n_i 次谐波; R 为高通滤波器电阻值; L 为高通滤波器电感; C 为高通滤波器电容; ω_s 为基波角频率; $Z_{(n_i)}$ 为 n_i 次谐波阻抗。

二阶高通滤波器的阻抗频率特性如图1所示。

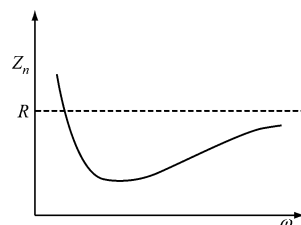


图1 二阶高通滤波器的阻抗频率特性曲线

从图1中的频率特性曲线可看出, 该曲线在某一很宽的频带范围内呈现为低阻抗, 形成对多次谐波电流的低阻抗通路, 使得这些谐波电流大部分

收稿日期: 2008-09-10

作者简介: 冯 婧(1984-), 女, 安徽理工大学电气与信息工程学院在读硕士研究生, 主要研究方向为抑制谐波与无功补偿。

E-mail: fengji0527@163.com

流入高通滤波器。

2.2 高通滤波器的设计

在设计高通滤波器时,首先要确定所抑制的谐波电流的次数,再根据所需要抑制的谐波电流来设计高通滤波器。

在讨论高通滤波器的设计时,先介绍高通滤波器的3个重要参数:

$$\text{截止频率: } f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2)$$

$$\text{调谐锐度: } Q = \frac{R}{X_0} \quad (3)$$

$$\text{与 } Q \text{ 相关的参数 } m: m = \frac{L}{R^2 C} \quad (4)$$

式中: X_0 为基波电抗。在频率 $f = f_0 \sim \infty$ 的频率范围内,滤波器的阻抗是1个小于其电阻 R 的一个低阻抗。 Q 值为反映滤波器的调谐锐度方面的一个参数,在高通滤波器中,因电阻与电感并联,若电阻值越大,调谐曲线形状越尖锐,滤波器滤除谐波频率范围越窄。 m 是一个与 Q 直接有关的参数,一般在 Q 选择为 $0.7 \sim 1.4$ 时,相应的 m 值在 $2 \sim 0.5$ 之间。

高通滤波器的设计思路:首先确定需要滤除谐波电流的次数,而后设计确定滤波器中 R 、 L 、 C 三个参数。

若需滤除的谐波电流次数为 $k \sim n$ 次,按照滤波电容器的最小安装容量要求,可确定电容量^[2]:

$$C^* = C_{\min}^* \approx \sqrt{\sum_{i=k}^n \frac{I_{f(n_i)}^*}{n_i}} \quad (5)$$

式中: $n_i (k, \dots, n)$ 为应滤除的谐波电流次数。

C 值确定之后,可确定滤波器的 R 、 L 值。由参考文献[2]可知,为减少滤波器的损耗, m 值越小越好,因此,应选择 $m = 0.5$ 。

$$\text{令: } n_k = \frac{f_0}{f_{(1)}} = \frac{1}{2\pi f_{(1)} RC} = \frac{1}{\omega_s RC} \quad (6)$$

$$\text{则: } R = \frac{1}{n_k \omega_s C} \quad (7)$$

再由式(2)、(4)得:

$$L = m R^2 C = \frac{m}{\omega_{(k)}^2 C} \quad (8)$$

式中: $\omega_{(k)}$ 为第 k 谐波电流的角频率; $f_{(1)}$ 为基波电流频率。

在确定需要滤除的谐波电流次数后,根据上述各式进行高通滤波器设计,计算出高通滤波器的 R 、 L 、 C 值。

3 滤波方案

根据以上对高通滤波器的原理与设计分析,拟采用高通滤波器对提升机调速系统网侧整流器进行谐波滤除,其设计方案如图2所示。

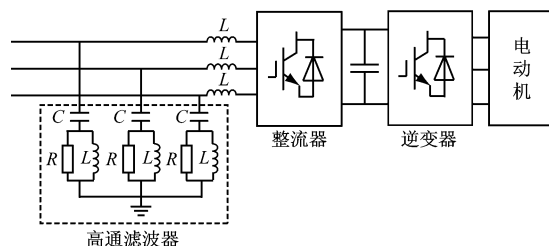


图2 提升机调速系统滤波方案框图

将高通滤波器与调速系统网侧整流器相并联,连接点位于整流器进线电感之前。高通滤波器除滤除谐波后还兼顾补偿无功,因此,将高通滤波器应用于矿井提升机滤波是可行的。

4 系统仿真

ACS6000sd 传动系统采用交-直-交变频装置,由2个PWM整流器串联组成(如图2所示),通过中间大容量的电解电容连接^[3]。网侧整流器的主要功能是实现网侧单位功率因数运行,由于中间环节电容的存在,网侧整流器的功能相对独立,可以不考虑逆变器的影响而独立设计网侧整流器的滤波器。因此,为验证二阶高通滤波器的滤波效果,可将逆变器与同步电动机等效为电阻性负载,进行系统滤波环节的设计。

根据图2的方案,建立基于Matlab的系统仿真模型图,如图3所示。

4.1 未加高通滤波器的系统仿真

为更接近实际,系统网侧整流器按ACS6000sd传动系统要求,建立双闭环控制系统,外环为直流电压环,内环为电流环。

仿真参数:交流电压为220 V、电感 $L = 5 \text{ mH}$ 、电容 $C = 2000 \mu\text{F}$ 、电压期望值 $V_{\text{dc}}^* = 800 \text{ V}$ 、负载等效电阻 R 在 $t = 0.17 \text{ s}$ 时,由 $R = 50 \Omega$ 跳变至 $R = 100 \Omega$ 、整流器开关频率为 5.5 kHz 。仿真结果如图4、5所示。

由图4、5可知,网侧电流谐波含量较大,网侧电流畸变率 $THD = 5.7\%$,谐波电流较大。谐波电流主要为2次、4次、5次、7次,因此,滤波器的设计应着眼于滤除2次、4次、5次、7次谐波电流。

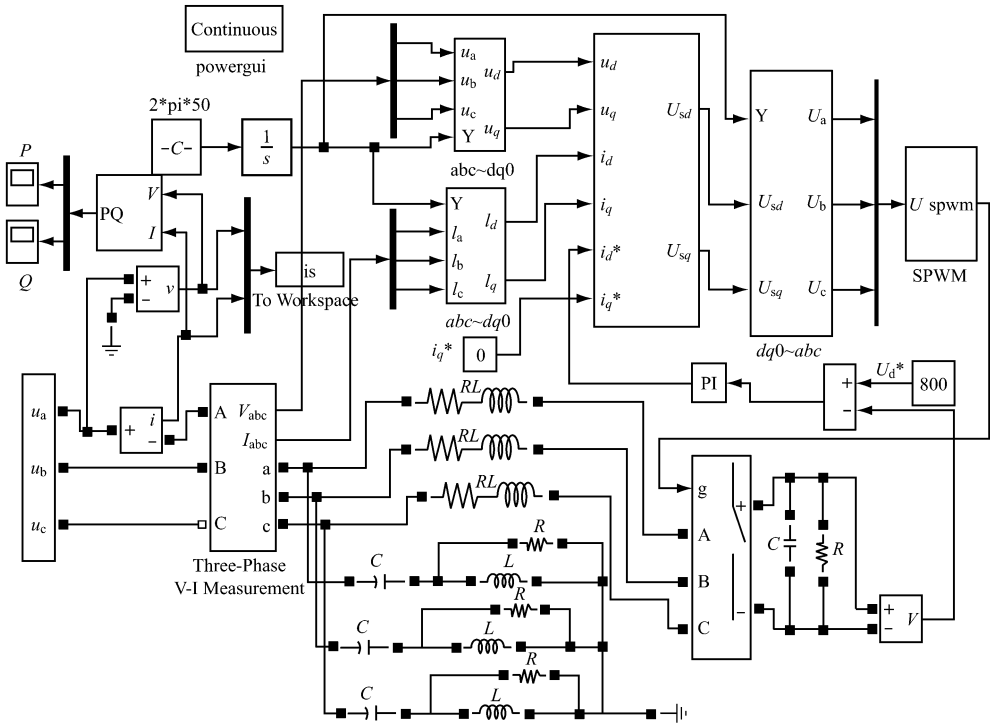


图 3 并联高通滤波器的系统仿真模型图

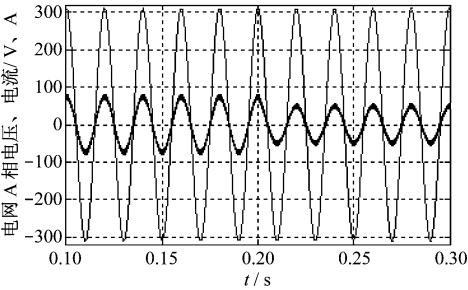


图 4 未加高通滤波器的网侧 A 相电压与电流波形

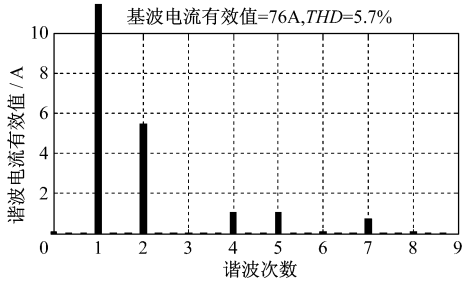


图 5 未加高通滤波器的网侧电流谐波分析图

4.2 并联高通滤波器的系统仿真

据上节分析可知: 确定了所需要滤除的谐波次数为 2 次、4 次、5 次、7 次后, 根据式 (5) ~ (7) 确定高通滤波器的各个参数。

经计算得出高通滤波器各个参数: $L = 0.8 \text{ mH}$ 、 $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$ 、 $R = 0.5$ 。

仿真参数设置: 网侧整流器参数设置与前相同, 负载等效电阻 R 在 $t = 0.17 \text{ s}$ 时, 由 $R = 50 \text{ }\Omega$ 跳变至 $R = 100 \text{ }\Omega$ 。仿真结果如图 6、7 所示。

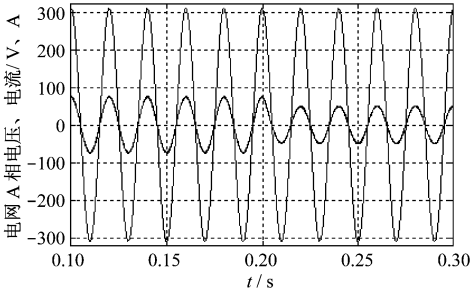


图 6 并联高通滤波器的网侧 A 相电压与电流波形

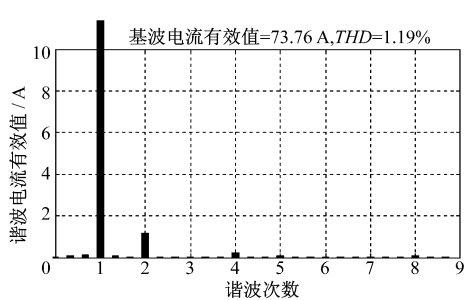


图 7 并联高通滤波器的网侧电流谐波分析图

从图 6、7 中可看出, 网侧电压与电流依然同相位, 网侧谐波电流减小明显, 畸变率 THD 从 5.7% 下降为 1.19%。高通滤波器滤波效果明显。

对比图 5 与图 7 也可以看出二阶高通滤波器的缺点, 即其对基波损耗较大。

图 8 为在负载突变时直流电压的动态响应图。从图 8 中可看出负载突变 (R 由 $50 \text{ }\Omega$ 突变到 $100 \text{ }\Omega$) 时直流电压的动态响应。图 8 中, V_{dc1} 为未并联高通滤波器时的直流电压, V_{dc2} 为并联高通滤波器

文章编号: 1671- 251X(2009) 02- 0035- 04

高炉炉底侵蚀模型的建立及实现

张 亮

(浙江万里学院智能控制研究所, 浙江 宁波 315101)

摘要: 结合炼铁企业生产实际情况, 文章设计了高炉炉底侵蚀模型, 以传热为基础推导出了高炉炉底侵蚀模型的计算依据, 给出了该模型实现的软硬件环境。该模型使用热电偶作为一次检测元件采集各测点温度, 利用计算机处理数据, 在 CRT 上实时显示高炉炉底侵蚀情况, 为操作者及时掌握高炉的生产状况提供了一种有效的手段。

关键词: 炼铁; 高炉; 炉底侵蚀; 传热模型; 计算机监测; 在线显示

中图分类号: TP273; TF065 **文献标识码:** A

0 引言

实现高炉生产的高效与延长高炉的寿命一直是炼铁企业关注的课题, 延长高炉寿命可以节约大修费用和减少大修期间的产量损失。高炉寿命受炉型设计、耐火材料质量等诸多因素影响。高炉投产后, 炉缸炉底的工作条件特别恶劣, 侵蚀和破坏的速度

快, 且不能像高炉其它部位那样在生产过程中修补, 可以说炉龄长短主要取决于炉缸、炉底耐材的侵蚀状况。目前, 国内钢铁企业对炉缸炉底检测的主要方法有 3 种:

(1) 超声波检测法, 即在高炉大修过程中, 在炉缸某些部位埋设陶瓷或金属棒, 与耐火材料同步侵蚀, 定期或不定期用超声波检测一次元件残余厚度来反映出耐火材料剩余厚度。由于炉缸部位温度高、条件恶劣, 超声波往往失真, 同时埋设陶瓷或金属棒数量有限, 不能全面反映出炉缸的全部状态和侵蚀程度。

(2) 铂电阻检测法, 铂电阻虽然检测精度高, 但

收稿日期: 2008- 09- 25

作者简介: 张 亮(1964-) 男, 湖北大冶人, 硕士, 副教授, 1990 年毕业于东北大学, 现在浙江万里学院智能控制研究所从事教学和科研方面的工作, 研究方向为自动化控制, 已发表文章数篇。Tel: 0574- 88357716, 88222633; E-mail: zhangliang6767@126.com

时的直流电压。由波形可知, 并联高通滤波器时, 系统的动态响应并未明显改变。

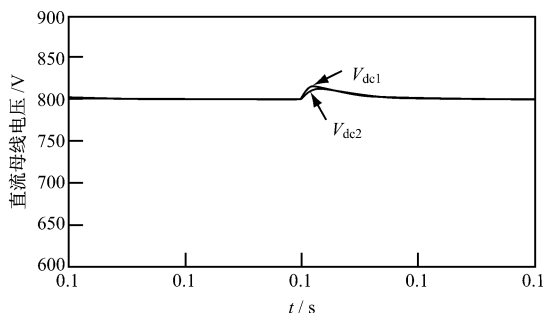


图 8 在负载突变时直流电压的动态响应波形

从仿真结果可知: 采用并联高通滤波器进行滤波, 在不影响系统动态响应的前提下, 滤波效果非常明显, 达到了滤除谐波但不影响系统动态响应的目的。

5 结语

本文提出将高通滤波器应用于矿井提升机网侧

整流器滤波的方案, 将高通滤波器与整流器相并联。高通滤波器结构简单, 运行可靠性较强, 所用电容电感容量都较小, 投资费用较小, 是一种经济可行的理想滤波方案。仿真结果表明: 该方案滤波效果明显, 且对系统的动态性能无明显影响, 完全适用于矿井提升机滤波。该方案的缺点为滤波器对基波幅值有一定的损耗。

参考文献:

- [1] 王清灵, 龚幼民. 现代矿井提升机电控系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [2] 王兆安. 谐波抑制和无功功率补偿[M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [3] 王清灵. 基于矢量控制技术的 PWM 整流器理论与仿真[J]. 安徽理工大学学报: 自然科学版, 2006, 26 (4): 60~ 66.