

文章编号:1671-251X(2010)03-0051-03

# 基于单周期控制的 Boost 变换器功率因数校正技术的研究

宋书中, 牛 犇, 郭艺丹

(河南科技大学电子信息工程学院, 河南 洛阳 471003)

**摘要:**单周期控制是一种用于功率变换器的新型非线性控制策略。文章介绍了一种基于单周期控制的 Boost 变换器功率因数校正电路的设计,分析了单周期控制的控制原理,详细介绍了该功率因数校正电路的具体实现。仿真结果表明,单周期控制适用于 Boost 变换器的功率因数校正,控制效果良好。

**关键词:**Boost 变换器; 单周期控制; 功率因数; 校正

**中图分类号:**TM46 **文献标识码:**A

## Research of Technology of Power Factor Correction of Boost Converter Based on One-cycle Control

SONG Shu-zhong, NIU Ben, GUO Yi-dan

(College of Electronic and Information Engineering of Henan University of Science and Technology,  
Luoyang 471003, China)

**Abstract:** One-cycle control is a novel nonlinear control strategy for power converter. The paper introduced design of a power factor correction circuit of Boost converter based on one-cycle control, analyzed control principle of one-cycle control and described implementation of power factor correction circuit in details. The simulation result showed that one-cycle control is suitable for power factor correction of Boost converter and gets good control effect.

**Key words:** Boost converter, one-cycle control, power factor, correction

## 0 引言

单周期控制(One-cycle Control, OCC)是美国学者 SMEDLEY K M 和 SLOBODAN Cuk 于 1990 年提出的一种新型大信号、非线性控制方法,它利用开关变换器的脉冲调制和非线性特性,实现了对时变电压和电流平均值的瞬时控制,且动态响应快速,对输入扰动控制能力强。单周期控制与其它现有的 PWM 控制方法相比,结构简单、响应速度快、稳定性好,可适应高精度、高速度和高抗干扰的控制要求<sup>[1]</sup>。单周期控制的功率变换器可在 1 个开

关周期内实现控制目标,本文将单周期控制用于 Boost 变换器功率因数校正电路中,该电路控制简单,能在 1 个周期内消除输入线电压扰动,使每个周期输出电压等于参考电压,动态响应快,达到了较好的功率因数校正效果。

## 1 单周期控制基本原理

单周期控制的基本思想是在每个开关周期内使受控量的平均值恰好等于或正比于控制参考量。单周期控制在控制回路中不需要误差综合,它能在 1 个周期内自动消除稳态、瞬态误差,前一周期的误差不会带到下一周期,同时单周期控制技术还具有减小畸变和抑制电源干扰等优点。单周期控制的 Boost 变换器工作原理如图 1 所示<sup>[2~4]</sup>。

主开关管 V 的输入端为直流电压  $U_i$ , V 的输出电压为二极管 D 上的电压  $U_D$ ,以  $U_D$  为被检测量。设 Boost 变换器工作在电流连续工作模式。在反馈

收稿日期:2009-10-28

基金项目:河南省科技攻关计划项目(082102210015)

作者简介:宋书中(1961-),男,河南济源人,博士,教授,主要研究方向为超音频感应加热电源和直线电机的动态分析及控制算法。  
E-mail: niubenbing @163.com

控制电路中有积分放大器,用以对  $U_D$  进行实时积分。积分电容  $C_1$  并联了一个开关管  $V_1$ ,  $V_1$  的导通和关断与  $V$  互补。当  $0 \leq t < D_u T$  ( $D_u$  为占空比;  $T$  为开关周期) 时,  $V$  导通,  $V_1$  关断, 这时  $U_i$  加在  $D$  上,  $U_D = U_i$ , 积分放大器对该电压进行积分; 当积分值达到给定电压  $U_r$  时,  $V$  关断, 同时控制器发出脉冲, 使  $V_1$  闭合, 积分放大器复位。在  $V$  关断期间,  $D$  导通,  $U_D = 0$ , 这段时间为  $D_u T \leq t < T$ 。  $U_i$  经过  $V$  斩波后得到的  $U_D$  是一个占空比为  $D_u$  的开关变量。该变量再经过 LC 滤波后, 即可得到直流输出电压  $U_o = D_u U_i$ 。

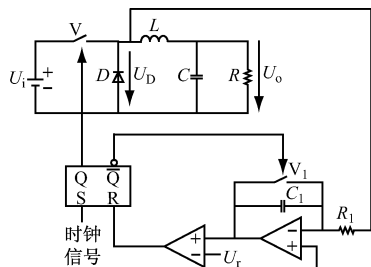


图1 单周期控制的 Boost 变换器工作原理  
 $U_D$  的平均值为

$$\bar{U}_D = \frac{1}{T} \int_0^T U_D dt = \frac{1}{T} \int_0^{D_u T} U_i dt = \frac{A}{T} \quad (1)$$

积分值  $A$  与  $\bar{U}_D$  成正比, 它反应了输入电压的大小, 并实时跟随给定电压  $U_r$ 。单周期控制的 Boost 变换器工作波形如图 2 所示。

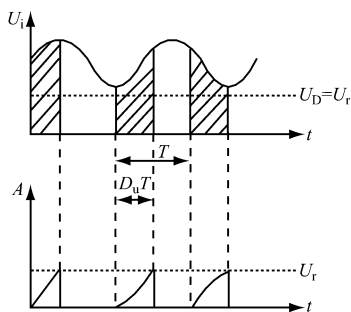


图2 单周期控制的 Boost 变换器工作波形

$V$  导通时,  $A$  上升, 当其峰值等于  $U_r$  时,  $V$  关断, 与此同时  $V_1$  闭合, 积分放大器立即复位, 为下一个周期的积分做好准备。占空比  $D_u$  由式 (2) 决定:

$$\frac{1}{T} \int_0^{D_u T} U_i dt = U_r \quad (2)$$

从式 (2) 可看出, 当前开关周期的占空比  $D_u$  与前一个周期的状态无关, 只取决于该开关周期的  $U_i$  和  $U_r$ , 即当输入电压或给定电压变化时, 占空比  $D_u$  或输出电压的瞬态响应过程可以在 1 个开关周期内结束。

## 2 Boost 变换器功率因数校正的实现方法

图 3 为基于单周期控制的 Boost 变换器功率因数校正电路原理,  $A_v(s)$  为电压反馈误差放大器参数。

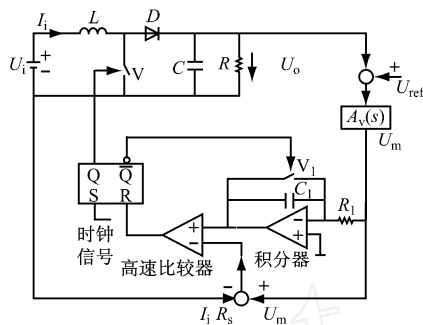


图3 基于单周期控制的 Boost 变换器功率因数校正电路原理

根据功率因数的定义, 要实现功率因数的校正需要满足<sup>[5-6]</sup>:

$$U_i = R_e I_i \quad (3)$$

式中:  $R_e$  为输入端阻抗;  $I_i$  为输入电流。

如果在任何一个开关周期之内,  $R_e$  可以等效为一个纯电阻, 则功率因数  $\cos \phi = 1$ 。在 1 个开关周期内, Boost 变换器输入和输出的关系可表示为

$$U_o = \frac{U_i}{1 - D} \quad (4)$$

式中:  $D$  为占空比。

令:

$$U_m = \frac{U_o R_s}{R_e} \quad (5)$$

式中:  $R_s$  为等效采样电阻。

将式 (3) ~ (5) 合并可得:

$$R_s I_i = \frac{U_m}{U_o} U_i \quad (6)$$

当输出滤波电容  $C$  足够大时, 输出电压  $U_o$  可以看作是常数。在 1 个开关周期之内, 由式 (5) 可知,  $U_m$  可以看作是恒定的。因此, 输入电流  $I_i$  总是跟随输入电压  $U_i$  变化, 则 Boost 变换器的输入阻抗可以等效为一个电阻, 实现功率因数校正功能。将式 (4) 带入式 (6), 可得到如下控制目标:

$$U_m - I_i R_s = D U_m \quad (7)$$

将式 (5) 带入式 (7) 可得:

$$\frac{R_s}{R_e} U_o - R_s I_i = D U_o \frac{R_s}{R_e} \quad (8)$$

## 3 仿真分析

运用 Orcad 10.5/ Pspice 仿真软件对该电路进

文章编号:1671-251X(2010)03-0053-05

## 改进的 $p-q$ 检测法在 D-STATCOM 电流检测中的应用

史丽萍, 樊丽丽, 卜令臣, 张建伟, 王太续

(中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221008)

**摘要:**分析了传统的  $p-q$  检测法检测负载电流中的谐波、无功和负序电流量时产生误差的原因,提出了一种改进的  $p-q$  检测法。改进的  $p-q$  检测法利用电网中的一相电压构造虚拟的对称三相系统以代替实际电网的三相电压,可在电网电压不对称时仍能准确地检测出负载电流中的谐波、无功和负序电流,从而消除不对称因素造成的补偿电流检测的误差。仿真结果证实了该检测法的正确性。

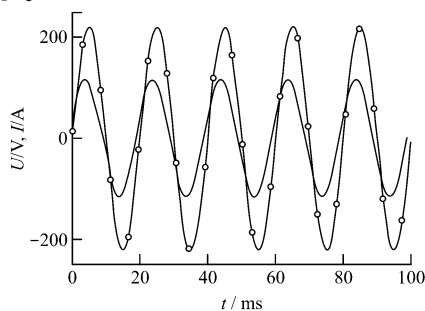
**关键词:**电网;三相电压;电流补偿;不对称; $p-q$ 检测法;D-STATCOM;Matlab 仿真

**中图分类号:**TD611;TM71 **文献标识码:**A

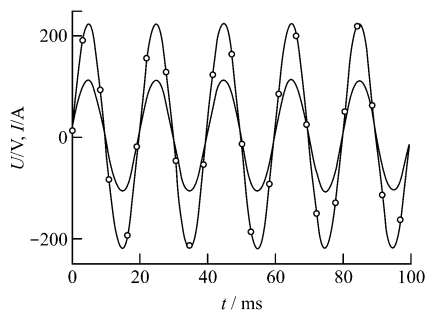
收稿日期:2009-11-15

**作者简介:**史丽萍(1964-),女,江苏溧阳人,教授,主要研究方向为电力系统自动化。E-mail:slpbbb@263.net

行仿真验证,仿真参数:输入电压为 220 V,升压电感为 0.8 mH,输出滤波电容为 680  $\mu$ F,仿真结果如图 4 所示。



(a) 未加功率因数校正电路的输入电压和电流波形



(b) 加入基于单周期控制的 Boost 变换器功率因数校正电路的输入电压和电流波形

图 4 仿真波形

从图 4 可看出,没有引入功率因数校正电路时,输入电流产生畸变,造成电路功率因数下降;而引入

基于单周期控制的 Boost 变换器功率因数校正电路后,输入电流能够很好地跟踪输入电压,大大提高了电路的功率因数。

### 4 结语

文章详细介绍了基于单周期控制的单相 Boost 变换器功率因数校正电路的设计和具体实现方法。仿真结果表明,单周期控制适用于 Boost 变换器的功率因数校正,取得了良好的控制效果,大大提高了电路的功率因数。

### 参考文献:

- [1] 万蕴杰,周林,张海,等.单周控制的发展及其应用[J].高压电技术,2007(4):163-169.
- [2] 刘凤君.现代高频开关电源技术及应用[M].北京:电子工业出版社,2008:465-466.
- [3] 朱锋,龚春英.单周期控制 Boost PFC 变换器分析与设计[J].电力电子技术,2007(1):100-102.
- [4] 武志贤,蔡丽娟,王素飞.电力电子笔唤起的单周控制方法的探讨[J].电气传动,2005(1):22-24.
- [5] 胡宗波,张波,胡少甫,等.Boost 功率因数校正变换器单周期控制适用性的理论分析和实验验证[J].中国电机工程学报,2005,25(21):19-23.
- [6] 张厚生.单周期控制的单相高功率因数整流器研究[J].电力电子技术,2007(2):43-44.