

L6562 实现的无桥 Boost PFC 电路

刘生建¹, 马桂芳¹, 邱晓芬²

(1. 龙岩学院 物理与机电工程学院, 福建 龙岩 364012;
2. 龙净环保有限公司, 福建 龙岩 364000)

摘要:在无桥 Boost 功率因数校正(PFC)电路的基础上,提出了具有高效率、高功率因数的新型无桥 Boost 功率因数校正电路拓扑,在理论分析的基础上应用 Saber 进行仿真验证。设计 1 台 85 ~ 132 V 交流输入,380 V/35 W 输出的实验样机。样机采用 L6562 芯片实现临界导通模式的功率因数校正,进一步验证该无桥变换器的良好电气特性。

关键词:功率因数校正;无桥变换器;L6562;临界模式

中图分类号:TM714.3

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2015)01-0022-06

在常用功率因数校正(PFC)电路中,Boost 变换器因其具有输入电流连续、开关管电流峰值小、驱动控制简单、功率因数高等优点,得到最广泛的应用。传统 Boost PFC 电路由整流桥和 Boost 变换电路组成,适用于 85 ~ 265 V 输入电压范围,结构简单、控制方便^[1]。但由于电路中整流二极管的通态损耗会随着电路电流的增大、功率等级的提高而增大,以及来自 Boost 电路的开关管、续流二极管的开关损耗和通态损耗等,导致电路损耗很大,电路效率不高^[2]。针对这个问题无桥 Boost PFC 的拓扑结构被提出来。

无桥 Boost 变换器取消了输入整流桥,电流流经功率回路中半导体器件减少,能有效减少损耗,适合应用于低压输入和中大功率场合^[3]。有文献在对现有无桥电路进行比较的基础上,指出双 Boost 无桥拓扑具有电流检测电路简单、导通损耗低、EMI 噪声小且两个开关管可以共用 PWM 驱动信号等特点,成为现有无桥 Boost 型拓扑工程应用的最优选择^[4-5]。基于此,本文在分析双 Boost 无桥电路拓扑基础上,提出一种新型无桥 Boost PFC 变换器。该电路采用 ST 公司生产的 L6562 芯片实现 PFC 的临界导通模式(BCM)控制,并对该拓扑进行了仿真和实验验证。

1 双 Boost 无桥 PFC 电路基本原理

双 Boost 无桥 PFC 电路拓扑结构如图 1 所示,由 2 个 boost 电感、两个 MOSFET、4 个二极管(其中 D1、D2 为快恢复二极管,D3、D4 为普通二极管)组成。

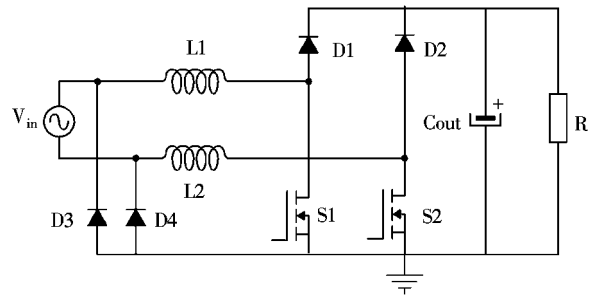


图 1 双 Boost 无桥 PFC 电路

Fig. 1 Dual Boost bridgeless PFC circuit

双 Boost 无桥 PFC 电路工作原理如下:

电源正半周,开关管 S1 导通时,电流流经 L1、S1、D4 和 L1、S1、S2 体二极管、L2 两条路径,此阶段电感 L1 储能;开关管 S1 关断时,电流流经 L1、D1、R、D4 和 L1、D1、R、S2 体二极管、L2 两条路径,此阶段电感 L1 放电;

电源负半周,开关管 S2 导通时,电流流经 L2、S2、D3 和 L2、S2、S1 体二极管、L1 两条路径,

此阶段电感 L2 充电;开关管 S2 关断时,电流流经 L2、D2、R、D3 和 L2、D2、R、S1 体二极管、L1 两条路径,此阶段电感 L2 放电。

由上述分析可知,双 Boost 无桥 PFC 电路增加了两个低频二极管 D3 和 D4,这两个二极管的阴极与电源侧直接相连,确保在输入电源全周期内,不管开关管导通还是关断,在工作过程中输出端通过 D3 或 D4 与输入电源建立联系,因此该电路结构能有效降低共模干扰。又因为在该电路中两个开关管的源极都与主电路输入地相连,可以采用同一个驱动信号,驱动电路简单,同时它具有通态损耗低、电磁干扰小的优点^[2]。但在该电路结构中,每个电感只在半个周期内起作用,因此其不足之处是电感的利用率不高。

2 临界状态下的无桥 Boost PFC 电路分析

PFC 电路的控制模式有三种:连续导通模式 (CCM)、断续导通模式 (DCM)、临界导通模式 (BCM)。其中 BCM 模式是一种变频控制,开关管导通时间恒定,开关周期随输入电压变化而改变,保证 Boost 电感电流始终处于临界导电状态。相比于其它两种模式,BCM 模式变换器的 PF 值较高,适合于中小功率应用场合^[6]。

L6562 芯片是 ST 公司生产的一种性能改进的低成本经济型功率因数校正控制器,适合应用于中小功率临界模式控制的 Boost PFC 电路,图 2 是其内部结构图,图 3 是 BCM 模式下 Boost 电感电流波形图,图 4 为了给出的无桥 Boost PFC 电路原理框图,其中 D1、D2 为快管,D3~D8 为慢管。

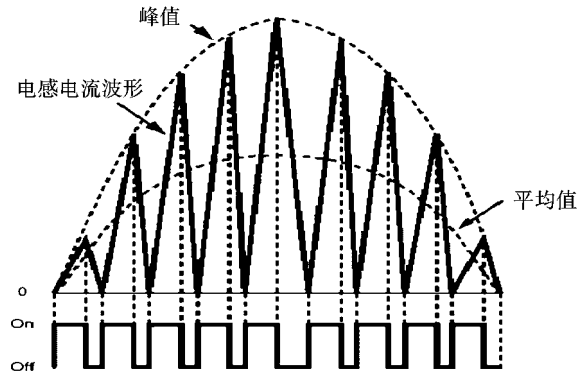


图 3 Boost 电感电流波形图

Fig. 3 The waveforms of inductor current

L6562 工作原理:

(1)开关管开通原理:开关管的开通由 ZCD 引脚决定。5 脚 ZCD 和芯片内的零电流检测电路连接,ZCD 脚通过一个限流电阻和升压电感的辅助绕组连接。

ZCD 触发开关管导通条件:首先 ZCD 脚在开关管关断期间要经历一个电压从低于 1.6 V 到高于 2.1 V 的上升沿 满足该条件后 当 ZCD 脚端电压有一个从高于 2.1 V 到低于 1.6 V 的下降沿时,L6562 芯片将会在电压降至 1.6 V 的时刻将 PWM 锁存器置位,GD 输出高电平开关管导通。

(2)开关管关断原理:开关管的关断由 INV、COMP、MULT、CS 4 个引脚共同决定

输出电压经过采样电阻分压后,接到 1 脚 INV,作为误差放大器的反相输入端,同相端输入则为内部的 2.5 V 参考电压,两者差值经过误差放大器放大一定的倍数,从放大器的输出端输出。

放大器的输出信号传送给乘法器模块,和整流后的线电压通过电阻分压后的电压信号相乘,产生一个正弦波校正信号,信号的峰值幅度由输入峰值电压和差分放大器的输出信号共同决定。乘法器的输出作为电流比较器同相输入端,于是电流比较器产生一个正弦信号,此信号用来作为 PWM 控制的参考信号。当电流检测脚上的电压 V_{cs} 和电流比较器的同相输入端电压相等时,GD 脚输出低电平使开关管关断。如果芯片在欠电压状态下工作,其内部下拉电路将把输出电压拉低,以确保外部 MOSFET 不会意外导通。

MOSFET 关断后,电感释放储存在它身上的能量直到电流为零,漏极电压迅速下降到低于当

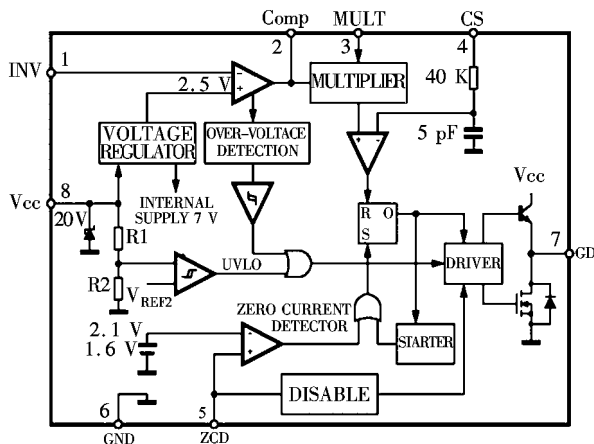


图 2 L6562 内部模块图

Fig. 2 Internal model diagram of L6562

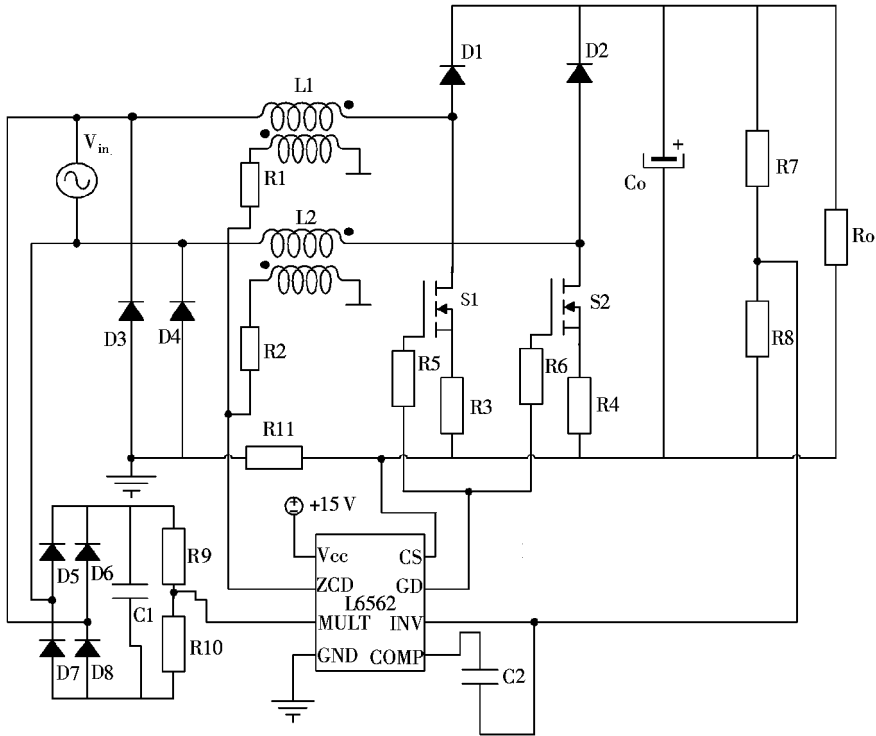


图 4 基于 L6562 无桥 Boost PFC 电路原理框图

Fig. 4 The principle diagram of bridgeless Boost PFC circuit based on L6562

时的输入线电压, ZCD 检测到信号并且驱动 MOSFET 导通, 一个新的周期又开始。MOSFET 导通时, 导通电压降低有助于减少开关损耗和导通损耗。Boost 电感电流波形如图 3 所示。

BCM 模式是一种在性能、成本、复杂度等各方面都适中的控制模式, 正因为如此, 基于 BCM 模式控制 PFC 芯片 L6562 近几年来在照明电源、小功率电源等领域广泛使用。

3 仿真与实验分析

为验证上述无桥电路硬件实现的可行性, 采用 BCM 控制芯片 L6562 设计 1 台 35 W 小功率实验样机进行验证^[7]。实验参数如下: 额定输出功率 35 W; 交流输入电压 85 ~ 132 V; 输入电压频率为 50 Hz; 输出电压 380 V; 效率 $\eta > 95\%$, PF > 0.98, THD $\leq 15\%$, 最小开关频率 $f_{sw} = 25$ kHz。

3.1 仿真分析

用 Saber 仿真软件对图 4 给出的无桥 Boost PFC 电路拓扑进行闭环仿真, 部分仿真波形如图 5、图 6 所示。由图 5 上图可知, 两开关管各导通半个周期, 输入电流波形跟随输入电压波形变换。图 5 中图为电感电流波谷时的电流与驱动波形图, 可以看出 L6562 工作在临界模式下。图 5 下

图为 L6562 在某时间内的 CS 脚、ZCD 脚和 GD 脚的工作波形图, 可以看出, ZCD 在开关管关断期间有一从低于 1.6 V 到高于 2.1 V 的上升沿, 之后当 ZCD 脚端电压从高于 2.1 V 到低于 1.6 V 的下降沿时, GD 脚输出高电平, 导通开关管; 当 CS 脚上升到最大值时, GD 脚输出低电平, 关断开关管。图 6 为输出电压与输出电流波形图, 可以看出电压输出稳定 380 V 左右 纹波小于 5 V, 功率约为 35 W。

仿真验证了理论分析的可行性。

3.2 实验结果

图 7 示出 100 V 输入、满载输出时样机输入电压 U_{in} 、电流 I_{in} 波形图。由图可知, 两个驱动信号交替控制两个 MOS 管分别在正负半周工作, 输入电流跟随输入电压变化, 经试验测得功率因数和输入功率分别为 0.991 和 36.1 W。图 8 示出输入电压在 85 ~ 132 V 时功率因数 PF、效率和 THD 的变化曲线。由图可知, 满载时, 在全电压范围内, PF 大于 0.98, 效率保持在 95% 以上, THD 低于 15%, 符合预期设计效果。

4 结论

本文分析了改进无桥 Boost PFC 电路工作原

理,在此基础上搭建模型,采用 Saber 软件进行了电路仿真,并采用控制芯片 L6562 设计实验样机。仿真和实验均证明了理论分析的正确性,达到预

期的高效、高功率、低谐波效果,硬件实验结果表明此新型拓扑具有良好电气特性。

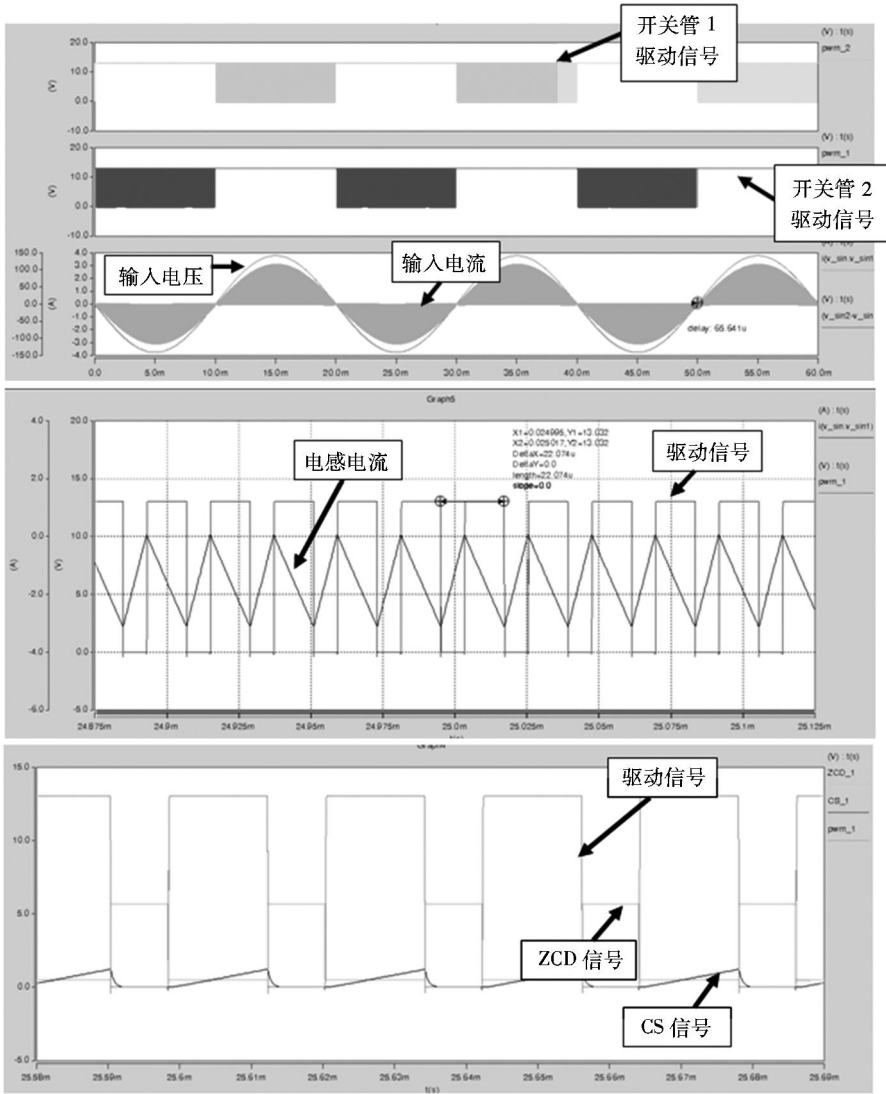


图 5 输入部分仿真分析图

Fig. 5 The simulation waveforms of input section

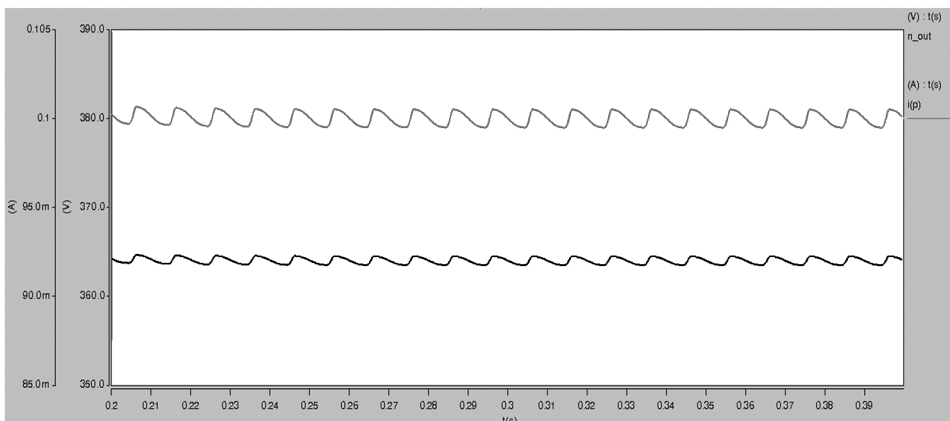


图 6 输出电压波形图

Fig. 6 The simulation waveforms of output voltage

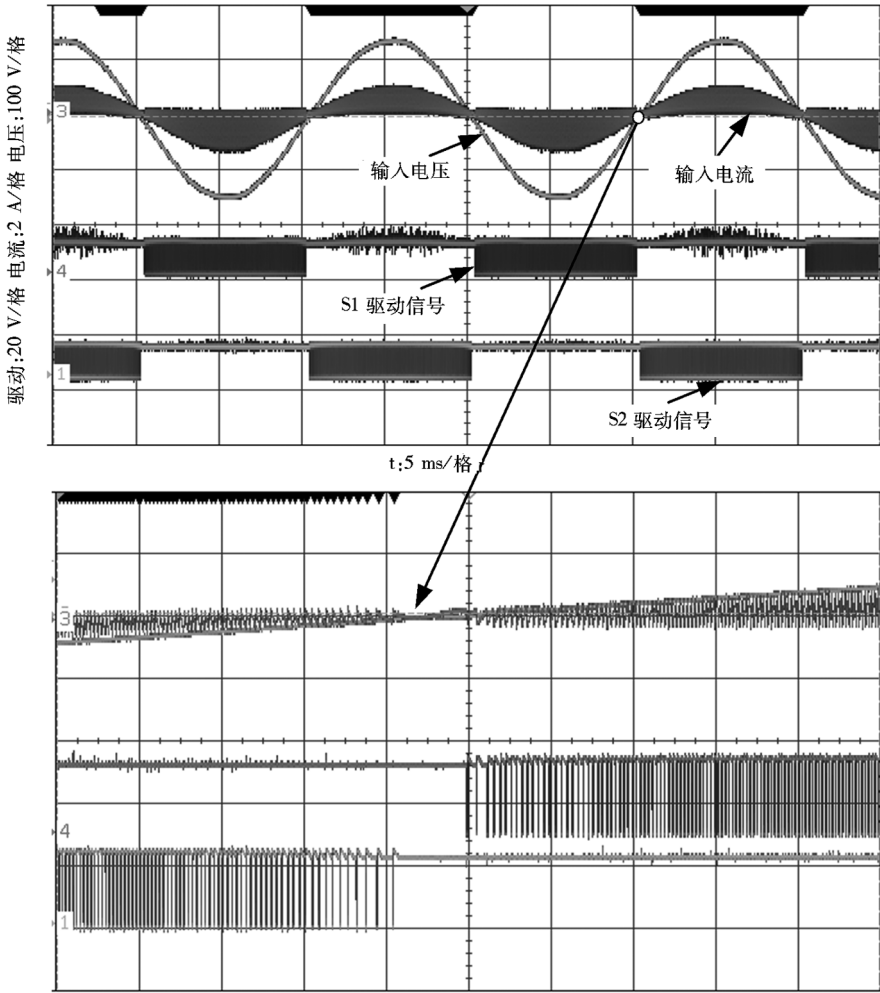


图7 输入100 V时样机输入电压、电流波形及驱动波形图

Fig. 7 The waveforms of input voltage, input current & gate signal at 100 Vrms

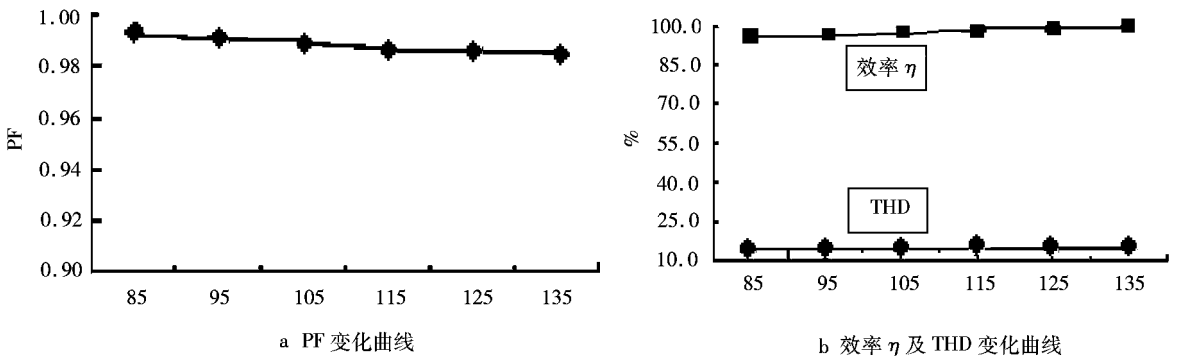


图8 功率因数 PF、效率 η 和 THD 变化曲线

Fig. 8 The curves of PF, efficiency & THD

参考文献:

- [1] 贾洪奇,张继红,刘桂花,等. 开关电源中的有源功率因数校正技术[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [2] 刘桂花. 无桥 PFC 拓扑结构及控制策略研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2009.
- [3] 温向宇,赵丽平,李健华,等. 新型单周期控制的无桥 Boost + PFC 变换器[J]. 电源学报,2014(1):89-95.
- [4] 曾怡达,杨岳毅,王寅浩. 改进型无桥 Boost PFC 软开关技术的研究[J]. 电子器件,2012,35(4):421-426.
- [5] JIANG S G, LIU G H, WANG W, et al. Research on Bridgeless Boost PFC with Soft-switching[C]. Vehicle Power and Comproulsion Conference. 2009:1 461-1 464.
- [6] 董硕,陈苏广. 基于 L6562 的单级 PFC 反激 LED 电源的研究[J]. 电子技术应用,2012,38(3):63-67.
- [7] 乔琳君. 基于 Matlab 的无桥 PFC 电路仿真[J]. 电子设计工程,2014,22(2):82-85.

The Implementation of Bridgeless Boost PFC Circuit Based on L6562

LIU Shengjian¹, MA Guifang¹, QIU Xiaofen²

(1. Institute of Physics and Mechanical & Electrical Engineering, Longyan University, Longyan Fujian 364012, China;
2. LongKing Environmental Protection Co., Ltd, Longyan Fujian 364000, China)

Abstract: Based on the traditional bridgeless Boost PFC converter, a novel bridgeless Boost power factor correction converter with high efficiency and high power factor is presented. The principle is analyzed and verified by the simulation tool of Saber. A prototype of 85~132V V alternating current input, 380 V/35 W output is designed and set up. The experimental results of the circuit by utilizing L6562 IC verify the effectiveness of the proposed topology.

Keywords: power factor correction; bridgeless converter; L6562; BCM

(责任编辑:李华云)

(上接第4页)

- [4] 陈亮. 基于带外控制的虚拟存储系统实现与应用研究[D]. 上海:上海交通大学,2011:17.
- [5] 卢朝霞,习捷,王剑. 基于数据库分区的海量数据存储技术的研究[C]//张嗣瀛,王福利. 2006 中国控制与决策学术年会论文集. 沈阳:东北大学出版社,2006:29-30.
- [6] Melnik S, Raghavan S, Yang B. Building a Distributed Full-Text Index for the Web[C/OL]. [2014-11-10]. <http://www10.org/cdrom/papers/275/>.
- [7] 胡学庆. 集群环境下海量数据存储管理技术的研究[D]. 大庆:东北石油大学,2010:26.

Application of Massive Data Management Technology in Bridge Structure Monitoring

ZHOU Bing¹, ZHOU Feng²

(1. Bridge Structure Safety and Monitoring Department, CCCC Highway Consultants Co., Ltd., Beijing 100088, China;
2. Henan Central Plains Water Conservancy Water and Electricity Project Corp., Puyang Henan 457000, China)

Abstract: This article introduces the current situation of massive data management in the monitoring of bridge structure, the application of large data storage technology in the bridge structure monitoring. It emphatically discusses the overall scheme of massive data storage and management system, puts forward the overall architecture of data management platform, and constructs a set of advanced architecture, high performance of the massive data storage and management platform. Database cluster technology based on the ORACLE platform, effectively achieve the use of large data management and provide data basis for state assessment, future state predicting and past state tracking for large bridge.

Keywords: Structural health monitoring; Massive data management; ORACLE; Database cluster

(责任编辑:张英健)

L6562实现的无桥 Boost PFC 电路

作者: [刘生建](#), [马桂芳](#), [邱晓芬](#), [LIU Shengjian](#), [MA Guifang](#), [QIU Xiaofen](#)
作者单位: [刘生建,马桂芳,LIU Shengjian,MA Guifang\(龙岩学院物理与机电工程学院,福建龙岩,364012\)](#), [邱晓芬,QIU Xiaofen\(龙净环保有限公司,福建龙岩,364000\)](#)
刊名: [盐城工学院学报\(自然科学版\)](#)
英文刊名: [Journal of Yancheng Institute of Technology \(Natural Science Edition\)](#)
年, 卷(期): 2015(1)

引用本文格式: [刘生建.马桂芳.邱晓芬.LIU Shengjian.MA Guifang.QIU Xiaofen L6562实现的无桥 Boost PFC 电路\[期刊论文\]-盐城工学院学报\(自然科学版\) 2015\(1\)](#)