

基于转差分频原理的挖掘机节能控制方法研究*

赵文昌, 刘 强, 陈录根

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 通过对目前广泛应用于液压挖掘机的几种节能控制方法的深入分析, 提出了一种基于转差分频原理的挖掘机联合功率匹配节能控制方法, 研究了负流量控制系统联合功率匹配的机理, 探讨了转差分频原理在液压挖掘机上的工程实现。

关键词: 液压挖掘机; 节能; 转差分频; 联合功率匹配

中图分类号: TU621

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)10-0061-02

Excavator energy-saving control system using differential conversion

Zhao Wenchang, Liu Qiang, Chen Lugen

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: In this paper, a novel excavator energy-saving control system is introduced, named excavator power combination control algorithm, which utilizes rotate speed and differential conversion technique synergistically. A negative flow control system combine power self-adaption has been developed, and the system is also realized in hydraulic excavator.

Key words: hydraulic excavator; energy-saving; differential conversion; power combination

液压挖掘机是一种大功率、高能耗的工程机械, 由于其液压系统中存在各种形式的功率损失, 会不同程度地降低挖掘机液压系统的使用效率。挖掘机工作时, 在不计沿程阻力的条件下, 液压系统的最高效率可达 95% 以上^[1]。但由于挖掘机工况复杂, 负载变化较大, 因此液压系统的效率变化也非常大。液压挖掘机采用节能技术不仅能有效地降低燃油消耗率, 还能减少液压系统功率损失, 提高发动机功率的利用率, 使动力系统与负载所需功率更好地匹配, 从而降低发动机和液压元件的工作强度, 减少系统发热, 提高设备正常使用的可靠性。因此, 国内外挖掘机行业对挖掘机节能技术都十分重视。

我国目前节能控制的研究以产业需要、国内市场为导向, 因此基于负流量控制系统的挖掘机节能控制系统依然占主导地位。本文基于川崎的负流量控制系统, 利用油门控制的滞后性和阀门控制的实时性特点, 提出了一种新的联合功率匹配控制策略, 使转速可以得到实时控制, 达到节能目的。

1 目前国内液压挖掘机转速控制策略

当前, 很多国外知名挖掘机厂家以合资或者独资的

方式大举进入中国市场, 但其核心控制技术却一直处于封锁状态, 相关说明文献也少之又少。因此, 下文就目前国内挖掘机节能控制研究中所提到的控制方法进行分析总结, 其中具有代表性的有以下几种:

(1) 运用全制式调速器和调速曲线共同作用的控制方法是一种比较传统的控制方式^[2], 当外负荷的增加使转速略有下降时, 调速器就使供油量调节拉杆向加油方向移动, 阻止转速下降。当负荷增加到调速器不再起作用, 即供油量已增加到最大值, 转速已然明显下降, 此时柴油机将沿着外特性曲线工作。

(2) 根据工况的变化, 来引起负载压力、起调压力以及泵出口压力的变化, 然后再根据这些压力的变化来调节变量泵的排量或者控制发动机的调速拉杆使得泵的吸功率与柴油机的输出功率尽可能地匹配^[3-6]。

(3) 利用阀门和油门的联合控制方法来控制转速, 使其一直工作在最佳工作点是一种比较流行的控制策略^[7-10]。在外负载较小时, 系统通过调节发动油门去适应负载的需求; 而当外负载很大时, 一方面增加发动机的功率输出, 另一方面则适当地调节变量泵排量的大小降低其功率吸收, 从而避免出现发动机因过载熄火现象。这样可使发动机在整个转速范围内都能适应负荷变

* 基金项目: 福建省高校产学研合作重大项目 (2010H6015)

技术与方法 Technique and Method

化,保持最佳的功率利用率及良好的动力性和经济性,同时使液压系统具有了较高的传动效率,整个负荷驱动系统也具备了较好的自适应能力和综合性能指标。

(4)纪云峰等人提出的控制策略是将柴油机、变量泵、负载作为一个系统,分析该系统各环节的匹配原理和方法,实现柴油机—变量泵—负载三者的一致匹配^[11-13]。该策略以泵出口压力为依据,实现了动力系统与工况的自适应控制;以转速传感控制方式实现了发动机与泵的功率匹配;以变量泵出口流量为依据,由微机控制调节多路阀阀口开度,实现了负载—泵的功率匹配。

2 基于转差分频原理的功率匹配算法

综合上述各种控制方法了解到,目前的转速控制策略的热点在于对油门和阀门的组合控制。由于油门控制的滞后性和阀门控制的实时性,本文提出了一种新的组合控制策略,使转速可以得到实时控制,达到节能的目的。

经过相关文献的分析查找,图1所示是挖掘机在一段时间上的平均液压负载功率,图2是在图1的横坐标上取出一小段所得到的液压挖掘机负载功率。从两图可以发现,发动机功率曲线具有高频和低频部分,并且功率的低频部分明显与高频部分分离。波形与发动机对应功率曲线近似一致。也就说明了发动机的功率可以近似看作是两种信号叠加控制所得到的。

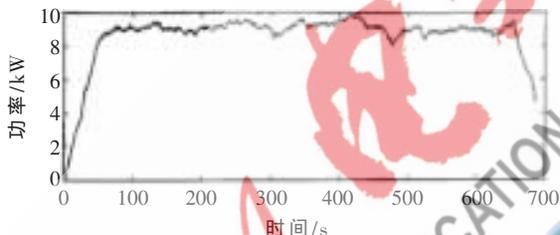


图1 平均液压负载功率

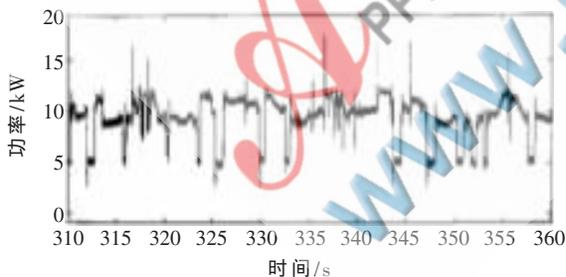


图2 液压挖掘机负载功率

在挖掘机节能控制方面,可以通过控制油门来调节发动机的输出功率,也可以通过改变变量泵的排量来调节系统的吸收功率。通常由发动机实时动态地适应载荷变化比较困难,这也是目前节能控制上的一个难题。所以,根据曲线波形特征分析,提出低频部分通过改变发动机输入功率来控制,高频部分通过调节液压泵吸收功率来控制的控制策略。对于转差信号的分频处理,可以用小波分析、滤波处理和傅里叶变换三种方式来实现。图3

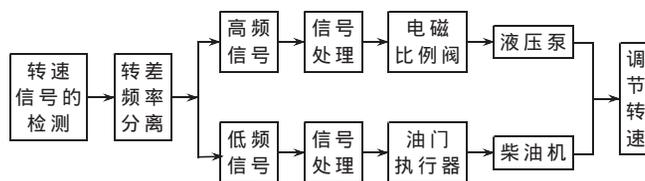


图3 转差分频控制策略结构框图

所示为转差分频控制策略结构框图。

3 研究中所要解决的关键问题

3.1 转差分频节能控制方法的完善

本文所研究的转差分频控制策略是在频率范畴内提出的,没有考虑到节能控制点的位置。后期的研究主要是如何在节能控制点的基础上进行转差的分频控制,来达到节能的目的。

3.2 节能控制算法实时性问题

对于挖掘机转差信号的分频处理有傅里叶变换、小波分析和滤波处理3种方法。后期的研究要综合分析各种方法的整体性能,找出一种既能满足信号处理的准确性,又能满足系统控制的实时性的处理方案。

本文首先说明了液压挖掘机在工程领域的重要性,阐述了其节能控制的必要性。其次,总结了目前国内挖掘机研究所提到的各种节能控制策略,并提出了基于转差分频原理的挖掘机节能控制算法。最后,说明了完善该控制策略,后期所需要解决的两个关键问题。该控制算法在实时性方面有了很大的提高,为以后发动机转速的实时控制打下了坚实的基础。

参考文献

- [1] 王爽,李志远,余新暘.液压挖掘机负流量控制系统的节能分析与实现[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2006,29(2):213-216.
- [2] 孙延伟.液压挖掘机节能控制系统研究[D].长春:吉林大学,2004.
- [3] 张栋.基于功率匹配的挖掘机节能控制技术的研究[D].长春:吉林大学,2005.
- [4] 高峰,冯培恩,潘双夏,等.液压挖掘机节能控制技术的研究[D].杭州:浙江大学,2001.
- [5] 苏秀平,李威,杨雪峰.挖掘机电子节能控制技术及其控制新方法[J].工程机械,2009,40(8):22-24.
- [6] 郝鹏.液压挖掘机动力系统匹配及节能控制研究[D].长沙:中南大学,2008.
- [7] 吴晓健.液压挖掘机功率控制节能技术研究[D].长沙:中南大学,2005.
- [8] 何清华,常毅华,郝鹏.液压挖掘机恒功率与变功率协调控制节能系统研究[J].建筑机械,2006(5):55-58.
- [9] 汤振周.液压挖掘机发动机与液压泵的合理匹配的研究[J].长春工程学院学报(自然科学版),2008,9(4):35-38.
- [10] 黄新磊,胡军科,陈鹤梅,等.匹配发动机的液压泵复合式控制特性研究[J].计算机仿真,2011,28(9):386-389.

(收稿日期:2013-02-26)

- [11] 纪云峰. 液压挖掘机动力系统的节能控制研究[D]. 长沙: 中南大学, 2004.
- [12] 尚涛, 赵丁选, 肖英奎, 等. 液压挖掘机功率匹配节能控制系统[J]. 吉林大学学报(工学版), 2004, 34(4): 592-596.
- [13] 王冬云, 潘双夏, 林潇. 液压挖掘机功率匹配与动力源优化综合控制策略[J]. 农业机械学报, 2009, 40(4): 91-95.

作者简介:

赵文昌, 男, 1987 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能测控仪器与测控方法。

刘强, 男, 1972 年生, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 机械电子。

陈录根, 男, 1989 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 机电一体化。

