



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102849625 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 02

(21) 申请号 201210218629. 4

(22) 申请日 2012. 06. 28

(71) 申请人 无锡大力起重机械有限公司
地址 214000 江苏省无锡市华清路 148 号

(72) 发明人 王俊贤

(74) 专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任
公司 32112

代理人 汤志武

(51) Int. Cl.

B66C 13/48 (2006. 01)

B66C 13/16 (2006. 01)

B66C 13/04 (2006. 01)

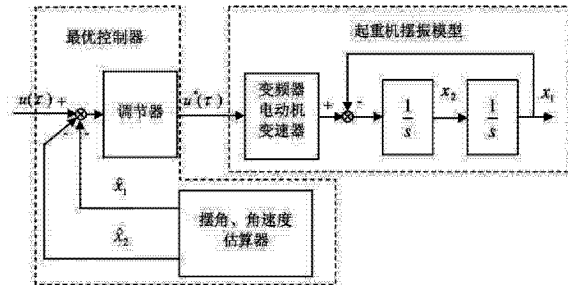
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

桥式起重机的吊具防摇控制方法

(57) 摘要

桥式起重机的吊具防摇控制方法,吊具共有 5 个测量变量:支承吊具的小车位置、吊具绳长、吊具绳的摆角、小车速度和吊具提升速度,这五个测量变量分别由 2 个绝对编码器、摄像系统和增量式编码器测量;小车速度和吊具提升速度作为输入信号通过变频器作用于小车和吊具驱动的交流伺服电机,从而达到整个吊具系统和谐协调地工作;控制策略和采集到的测量信号的处理则由整个 PLC 处理器实现;控制方法和控制策略;摄像系统,通过吊具实时监控,获取吊具的摆角即位置以及绳长,利用编码器获取小车位置信息和绳长信息,用绝对编码器读取信号,利用增量式编码器获取反馈信号;本发明控制精度更高,数据处理更快。



1. 桥式起重机的吊具防摇控制方法,其特征是吊具共有 5 个测量变量:支承吊具的小车位置、吊具绳长、吊具绳的摆角、小车速度和吊具提升速度,这五个测量变量分别由 2 个绝对编码器、摄像系统和增量式编码器测量;小车速度和吊具提升速度作为输入信号通过变频器作用于小车和吊具驱动的交流伺服电机,从而达到整个吊具系统和谐协调地工作;

控制策略和采集到的测量信号的处理则由整个 PLC 处理器实现;

控制方法和控制策略;摄像系统,通过吊具实时监控,获取吊具的摆角即位置以及绳长,利用编码器获取小车位置信息和绳长信息,用绝对编码器读取信号,利用增量式编码器获取反馈信号;

控制策略和控制方法在 PLC 中实现,所以视频信号在 PLC 中进行自动处理,所有的数字量 I/O 控制完全可以由 PLC 来完成;

PLC 处理器高速运算处理,对吊具起升和小车行走的速度控制由变频器加以优化控制,以实现防摇控制,路径规划:吊具由 A 点垂直上升到安全高度 B 点,在 B 点达到最大的吊具提升速度 V_{max} 提升;在路径段 B-C,小车进行加速,C 点小车速度达到最大 V_{cmax} 速度运行;在 C-D 水平段,小车以最大速度 V_{cmax} 运行;在 D-E 下降段,小车由速度 V_{cmax} 下降,在 E 点速度下降至最大;最后,吊具进一步下降至点 F,自动放下吊物;在整个路径规划中,从 B 点到 E 点采用时间最优控制,从点 E 到点 F 采用防摇控制算法。

2. 根据权利要求 1 所述的桥式起重机的吊具防摇控制方法,其特征是采用西门子 VS710 摄像系统获取吊具摆角位置系统。

3. 根据权利要求 1 所述的桥式起重机的吊具防摇控制方法,其特征是控制器采用西门子 Simatic PLC-400 系统,控制策略和控制方法在 PLC(即 SIMATIC S7)中实现,VS710 系统可以通过 Profibus-DP 现场总线直接与 SIMATIC S7 进行通讯,视频信号可以在 PLC 中进行自动处理,所有的数字量 I/O 控制完全可以由 PLC 来完成。

桥式起重机的吊具防摇控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及桥式起重机的一种吊具防摇控制方法。

背景技术

[0002] 随着社会经济的发展,桥式起重机的“防摇”控制方式,已经经历了人工手动方式、机械分离小车方式、多功能液压方式、带吊具角度监测传感器的电子方式等,它们大多因外围设备太多、造价太高、结构复杂、可靠性差、维护不方便、维修保养工作量大且价格昂贵,已经逐步淘汰。

[0003] 随着社会经济的迅速发展,劳动力成本越来越高,以及货物吞吐量剧增,各港口桥式抓斗卸船机,岸边集装箱起重机所用的小车,其速度达 240m/min,起升额定载荷 60 吨,起升速度 60m/min ~ 80m/min,外伸距达 55 米。对其必须开发防摇技术,以使其能适应正常高速运行,并能降低成本、提高生产效率。

[0004] 目前主要采用的防摇控制方法有:简单的开环防摇控制,前馈防摇控制算法,自适应控制方法,模糊控制方法等;

[0005] ①简单的防摇控制方法为采用变频器防摇通讯卡,由于没有反馈信号,控制精度不是很高,而且整车晃动很大,控制简单方便。

[0006] ②前馈防摇控制算法(图 1)的基本思想为:构造一个最优调节器作为前馈环节获得小车参考速度模式,以实现系统吊具防摇的目的。对于采用吊具单摆动态模型,建立力学模型分析的。

[0007] $M\ddot{X} = f - mg\theta$

[0008] $m \frac{d^2(l\theta)}{dt^2} + mg\theta = m\dot{X}$

[0009] 确定状态变量: $x = [X \dot{X} d \dot{d}]^T$, 从而,可得状态方程: $\frac{d}{dt}x = Ax + Bu$

[0010] 式中: u 为小车参考速度,引入代价函数 J : $J = \int_0^{\infty} (x^T Qx + u^T Ru) dt$

[0011] 根据 LQ 控制理论,得到最佳控制律为: $u = -R^{-1}B^T Px = Kx$, 式中:

[0012] P 为黎卡提方程的解。

[0013] 在此基础上,加入其他约束条件,确定运行吊具运行轨迹。

[0014] ③自适应防摇控制方法的基本思想是:考虑系统为一个时变过程,构建过程状态方程,利用二次型代价函数获取最佳控制律,以实现系统吊具防摇控制的目的。

[0015] ④基于模糊的防摇控制策略的基本思想为:在起重过程中存在许多不确定的因素,利用模糊控制器以解决控制系统中模型失配问题。如有报导:基于模糊控制的桥吊控制系统存在两个模糊控制器,一个为模糊位置控制器,另一个为模糊防摇控制器,以达到对小车位置和负载的摆动同时进行控制,采用此控制比以往的控制方法性能更好。

[0016] “利用 SIMULINK 对桥式起重机防摇进行建模与仿真”,建立了吊具非线性力学模型,在 MATLAB 的 SIMULINK 环境下对此模型进行了动态仿真研究,为吊车防摇控制系统的设

计提供了高效的仿真工具,为研究开发节约时间和成本。

[0017] 现有西门子系统 HIPAC 的核心为 TOUCHMATIC 控制器,其主要功能为进行数据获取,数字 I/O 控制以及视觉信号的转化,在整个控制系统中,是作为西门子 Simatic PLC-417-DP 中的功能模块使用,它通过现场总线 Profibus-DP 与主站 CPU417-DP 通讯处理数据、VS710 和触摸屏进行通讯,从而传递测量信号和控制信号,以完成对整个系统的控制。

[0018] 根据 HIPAC 的系统描述,其控制策略采用步进速度成型模式,整个轨迹分为四个部分,前三个部分采用时间最优控制,最后一个部分采用非线性防摇控制。

发明内容

[0019] 本发明目的是:提出一种吊具防摇闭环电气控制方法、尤其是桥式起重机防摇控制,以往有些采用开环电气控制效果不佳,实现控制精度要求不高等缺点;本发明为以往投入使用的设备方便进行改造,减少工作人员改造工作时间,不会影响造船周期为目的,提高工作效率,节约工人的劳动成本,为企业带来很大的经济效益为宗旨等,改造后比改造前电气控制做了改进和优化处理。

[0020] 本发明技术方案是:桥式起重机的吊具防摇控制方法(即吊具防摇闭环电气控制方法),吊具共有 5 个测量变量:支承吊具的小车位置、吊具绳长、吊具绳的摆角、小车速度和吊具提升速度,这五个测量变量分别由 2 个绝对编码器、摄像系统和增量式编码器测量;小车速度和吊具提升速度作为输入信号通过变频器作用于小车和吊具驱动的交流伺服电机,从而达到整个吊具系统和谐协调地工作。

[0021] 控制策略和采集到的测量信号的处理则由整个 PLC 处理器实现。

[0022] 控制方法和控制策略;摄像系统,通过吊具实时监控,获取吊具的摆角(位置)以及绳长,利用编码器获取小车位置信息和绳长信息(用绝对编码器读取信号,利用增量式编码器获取反馈信号)。支承吊具的小车位置(位置测量传感器)、吊具绳长(长度测量传感器)、吊具绳的摆角(角度测量传感器)、小车速度(速度测量传感器)和吊具提升速度(速度测量传感器),

[0023] 控制策略和控制方法在 PLC 中实现,所以视频信号在 PLC 中进行自动处理,所有的数字量 I/O 控制完全可以由 PLC 来完成,

[0024] PLC 处理器高速运算处理,对吊具起升和小车行走的速度控制由变频器加以优化控制,以实现防摇控制,路径规划:吊具由 A 点垂直上升到安全高度 B 点,在 B 点达到最大的吊具提升速度 V_{max} 提升;在路径段 B-C,小车进行加速,C 点小车速度达到最大 V_{cmax} 速度运行;在 C-D 水平段,小车以最大速度 V_{cmax} 运行;在 D-E 下降段,小车由速度 V_{cmax} 下降,在 E 点速度下降至最大值;最后,吊具进一步下降至点 F,自动放下吊物;在整个路径规划中,从 B 点到 E 点采用时间最优控制(Bang-Bang 控制),从点 E 到点 F 采用防摇控制算法(如非线性控制(反馈线性化)+变结构控制等)。

[0025] Bang-Bang 控制、反馈线性化+变结构控制可采用现有方法的组合。在工程技术领域,Bang-Bang 控制是最为常见的一种综合控制形式。变结构控制是一种控制系统的设计方法,适用于线性及非线性系统。包括控制系统的调节,跟踪,自适应及不确定等系统。

[0026] 西门子 Simatic PLC-400,采用硬件(西门子公司摄像系统 VS710,触摸屏,工控机)组建传感系统(吊具位置信息)和过程监控系统,利用编码器获取小车位置信息和绳长

信息(在实验中,用绝对编码器读取信号,利用增量式编码器获取反馈信号),为了实现控制器的通用性,以及节约研发以及成套电气控制成本,整个项目的控制器采用西门子 Simatic PLC-400 系统,控制策略和控制方法在 PLC(即 SIMATIC S7) 中实现,VS710 系统可以通过 Profibus-DP 现场总线直接与 SIMATIC S7 进行通讯,所以视频信号可以在 PLC 中进行自动处理,所有的数字量 I/O 控制完全可以由 PLC 来完成,随着 PLC 技术的发展应用,功能不断的完善和增强,所以采集到的数据都可以通过 PLC 内部处理完成,实现电气优化控制目的,控制精度更高,数据处理更快。

[0027] 本发明的改进是:提供的 VS710 属于 OEM 型视觉系统,需要西门子的 OEM 软件开发包进行支持。其组态系统在 Visual C++ 编程环境下调用西门子提供的 DLL 库文件进行组态。西门子所提供的库文件主要涉及视频函数,图象处理函数和通讯函数。组态完成后,即可与 PLC 和触摸屏,以及上位机等设备进行 Profibus - DP 和 RS232 数据或者 Internet 通讯。

[0028] 本发明的有益效果是:所有的数字量 I/O 控制完全可以由 PLC 来完成,随着 PLC 技术的发展应用,功能不断的完善和增强,所以采集到的数据都可以通过 PLC 内部处理完成,实现电气优化控制目的,可靠性好,控制更加平稳,控制精度更高,数据处理更快。

附图说明:

[0029] 图 1 前馈防摇控制算法。

[0030] 图 2 实验装置。

[0031] 图 3 控制工艺流程图。

[0032] 图 4(a)-(d) 四种在不同约束条件下小车行走运动速度图。

[0033] 图 5 是西门子 HIPAC 的速度控制图。

[0034] 具体实施方法

[0035] 图 1 前馈防摇控制算法是基础。

[0036] 图 2 所示为装置图,小车 1、吊具 2、绳 3、摄像机标记 4、摄像机 5、变频器 6、小车位置检测 7、绳长检测 8、摆角检测 9。采用标准车间行车做实验,轨道长 23.5 米,高 9 米,系统共有 5 个测量变量:小车位置、绳长、摆角、小车速度和提升速度,这五个测量变量分别由 2 个绝对编码器、VS710 摄相系统和增量式编码器测量。小车和提升的参速度控制通过 ABB 的变频器作用于交流伺服电机去驱动整个系统,从而达到整个系统和谐协调地工作。控制策略和采集到的测量信号的处理则由整个 PLC 处理器实现。在该装置上测试各种控制方法,通过实验的基础上,确定一个较为有效的控制方法作为以后整个项目的控制策略,利用编码器获取小车位置信息和绳长信息(在实例中,用绝对编码器读取信号,利用增量式编码器获取反馈信号)。支承吊具的小车位置(位置测量传感器)、吊具绳长(长度测量传感器)、吊具绳的摆角(角度测量传感器)、小车速度(速度测量传感器)和吊具提升速度(速度测量传感器),

[0037] 为了达到控制器的通用性,整个项目的控制器采用西门子 Simatic PLC-400 系统,控制策略和控制方法在 PLC 中实现。

[0038] ①.VS710 系统组成如图 3 所示,它可以通过 Profibus-DP 现场总线直接与 SIMATIC S7 进行通讯,所以视频信号可以在 PLC 中进行自动处理。

[0039] ②. 所有的数字量 I/O 控制完全可以由 PLC 来完成。

[0040] ③. 随着 PLC 技术的发展应用, 功能不断的完善和增强, 所以采集到的数据都可以通过 PLC 内部处理完成, 实现控制目的。

[0041] 图 4 中 : (a) 理想状态下, 小车与吊具行走同步, 都是以一个恒定的加速度加(减)运行, 达到最大(最小)速度过程。(b) 由于吊具运行速度滞后性, 所以采用多段时间加速, 消除吊具的摆动。(c) 由于吊具运行速度滞后性, 所以采用多段时间加速, 由于吊具运行过程与垂直方向产生一个夹角, 产生一个水平分力, 为了消除吊具的摆动, 当摆角大于一定角度时, PLC 采集到得信息处理运算, 控制小车行走速度, 由于水平反向加速存在, 小车瞬间产生减速运行, 当摆角小于一定角度时, PLC 采集到信息处理运算, 再次给小车一个正向的加速度, 小车加速运行, 达到吊具防摇摆功能。(d) 由于吊具运行速度滞后性, 吊具与钢丝绳产生一个角, 当摆角大于一定数值时, 吊具钢丝绳对吊具产生一个水平分力, 方向与小车运行方向一致, 吊具此时加速度大于小车运行的加速度, 要实现防摇, 必须给加大小车的加速度。

[0042] 使整个设备系统能够比较好地运行作为整个项目的工作目标 : 过程监控系统——触摸屏和工控机 (西门子工控组态软件) ;

[0043] 吊具摆角位置获取系统——西门子 VS710 摄像系统 ;

[0044] 工控机以及触摸屏组态有三种方案 :

[0045] 方案一 : 通过西门子提供的触摸屏以及内部的 Wincc 5.0 组态软件进行监控系统的开发。在过程组态中, 调用 Wincc 5.0 附带的脚本函数进行二次开发 (C 语言编程), 以编制出适合本项目系统的监控界面和功能函数。

[0046] 方案二 : 通过西门子 Wincc 6.0, 在触摸屏和平板电脑上进行组态, 充分利用 Visual Basic 进行组态二次开发, 以开发出适合操作和性能优越的人机界面。

[0047] 方案三 : 通过 Wincc 7.0, 在触摸屏和平板电脑上进行组态, 支持之前版本的所有语言, 功能更强大, 最多可以组态 12 个有冗余功能的 WinCC 服务器, 每个服务器最多可以组态 32 个 WinCC 客户机, 增强的 Web 技术 WinCC 客户机上的 Web 服务器用作数据集中器, 安全性更高, 新的开放性标准实现配置自动化的 VBA 简单易用的运行时脚本语言 VBScript 通过 OPC A&E 的消息通过 OPC HDA 访问归档数据通过 OLE-DB 访问 WinCC 数据库, 以开发出适合操作和性能优越的人机界面。

[0048] VS710 摄像系统组态 : VS710 属于 OEM 型视觉系统, 西门子的 OEM 软件开发包进行支持。其组态系统在 Visual C++ 编程环境下调用西门子提供的 DLL 库文件进行组态。西门子所提供的库文件主要涉及视频函数, 图象处理函数和通讯函数。组态完成后, 即可与 PLC 和触摸屏, 以及上位机等设备进行 Profibus - DP 和 RS232 数据或者 Internet 通讯。

[0049] 防摇工艺路径规划描述 : 吊具由 A 点垂直上升到安全高度 B 点, 在 B 点达到最大的提升速度 V_{max} 提升 ; 在路径段 B-C, 小车进行加速, C 点小车速度达到最大 V_{cmax} 提升 ; 在 C-D 段, 小车以最大速度运行 ; 在 D-E 段, 小车由速度 V_{cmax} 提升下降, 在 E 点下降速度达到最大 ; 最后, 吊具进一步下降至点 F, 自动放下吊物。

[0050] 在整个路径规划中, 从 B 点到 E 点采用时间最优控制 (Bang-Bang 控制), 从点 E 到点 F 采用防摇控制算法 (如非线性控制 (反馈线性化) + 变结构控制等)。

[0051] 在不同的约束条件下, 理想的小车速度轨迹有四种模式 : 这四种速度模式特别适

用于速度成型输入控制中：

[0052] 在上述速度模式中，最重要各个速度分段时间的确定，一个合理的速度模式需考虑很多因素，并要在实验中得到验证后才能用于生产中。

[0053] 从西门子HIPAC的速度图上可以看出HIPAC所采用的系统其速度图类似与速度成型模式图4(b)。西门子HIPAC系统所采用的速度图如图5所示。

[0054] 一、为了实现控制器的通用性，以及节约研发以及成套电气控制成本，整个项目的控制器采用西门子Simatic PLC-400系统，控制策略和控制方法在PLC中实现，VS710系统可以通过Profibus-DP现场总线直接与SIMATIC S7进行通讯，所以视频信号可以在PLC中进行自动处理，所有的数字量I/O控制完全可以由PLC来完成，随着PLC技术的发展应用，功能不断的完善和增强，所以采集到的数据都可以通过PLC内部处理完成，实现电气优化控制目的，控制精度更高，数据处理更快。

[0055] 二、VS710属于OEM型视觉系统，需要西门子的OEM软件开发包进行支持。

[0056] 其组态系统在Visual C++编程环境下调用西门子提供的DLL库文件进行组态。西门子所提供的库文件主要涉及视频函数，图象处理函数和通讯函数。组态完成后，即可与PLC和触摸屏，以及上位机等设备进行Profibus - DP和RS232数据或者Internet通讯。

[0057] 三、所有的数字量I/O控制完全可以由PLC来完成，随着PLC技术的发展应用，功能不断的完善和增强，所以采集到的数据都可以通过PLC内部处理完成，实现电气优化控制目的，控制精度更高，数据处理更快。

[0058] 四、通过PLC处理器高速运算处理，对吊具起升和行走的ABB变频器速度加以优化控制，以实现防摇控制的目的。

[0059] 五、通过控制吊具合理的速度，从而达到防摇电气控制，为企业提高工作效率，节约劳动力成本，提高企业的竞争力，更能够适应当今社会发展的需要。

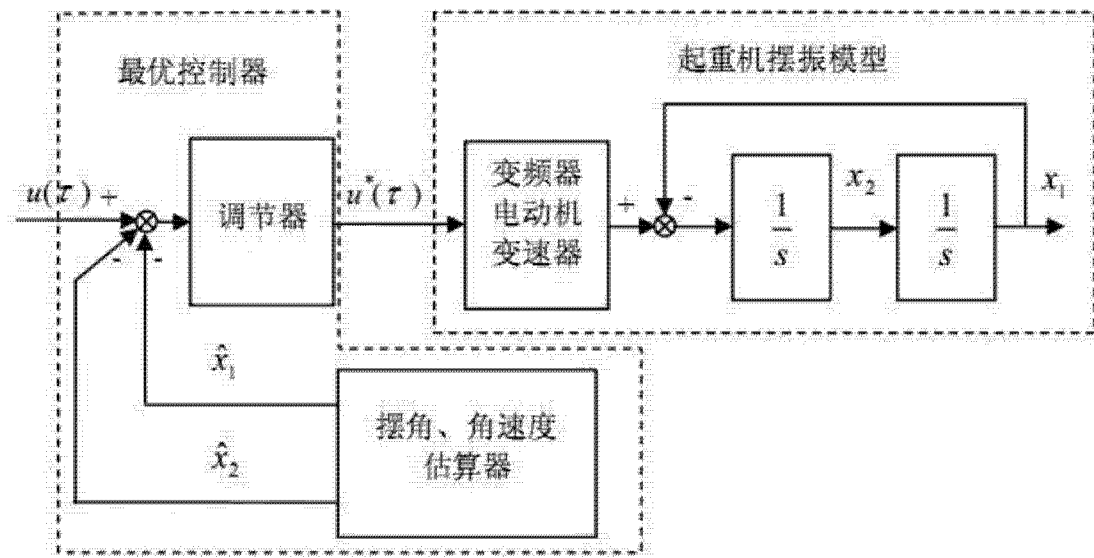


图 1

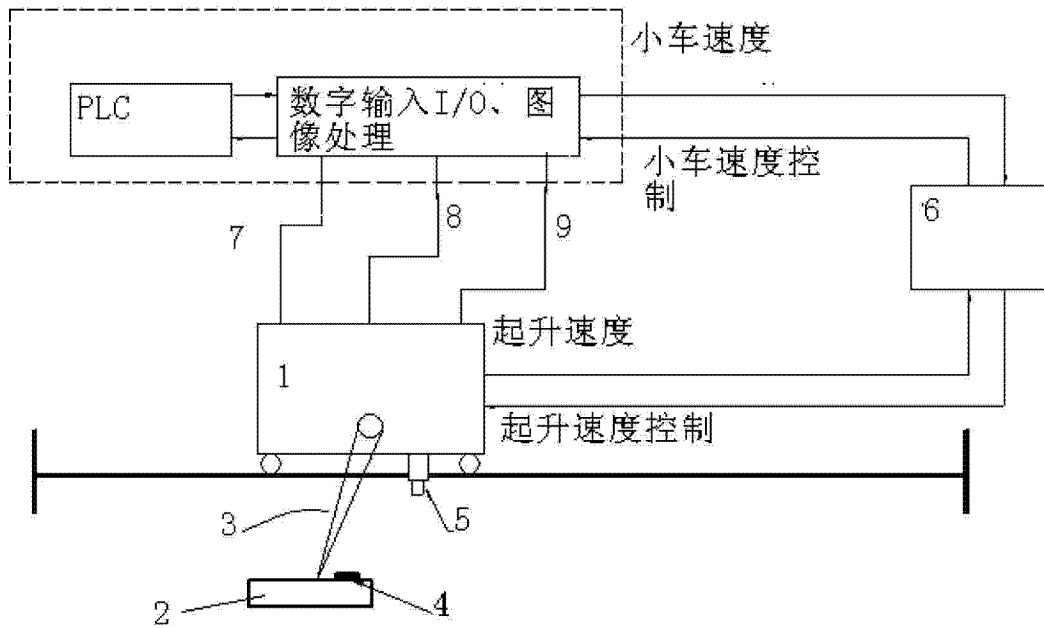


图 2

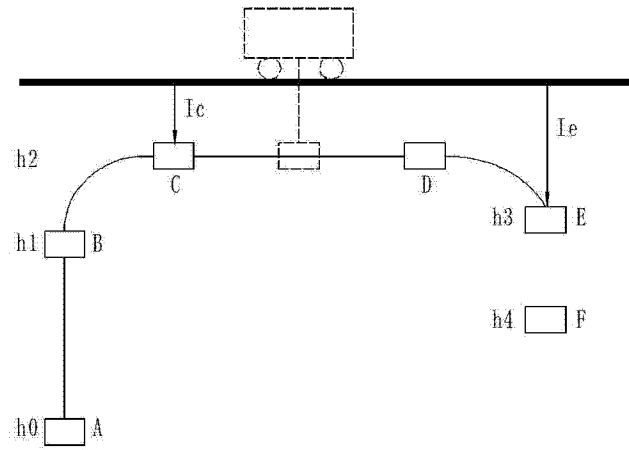


图 3

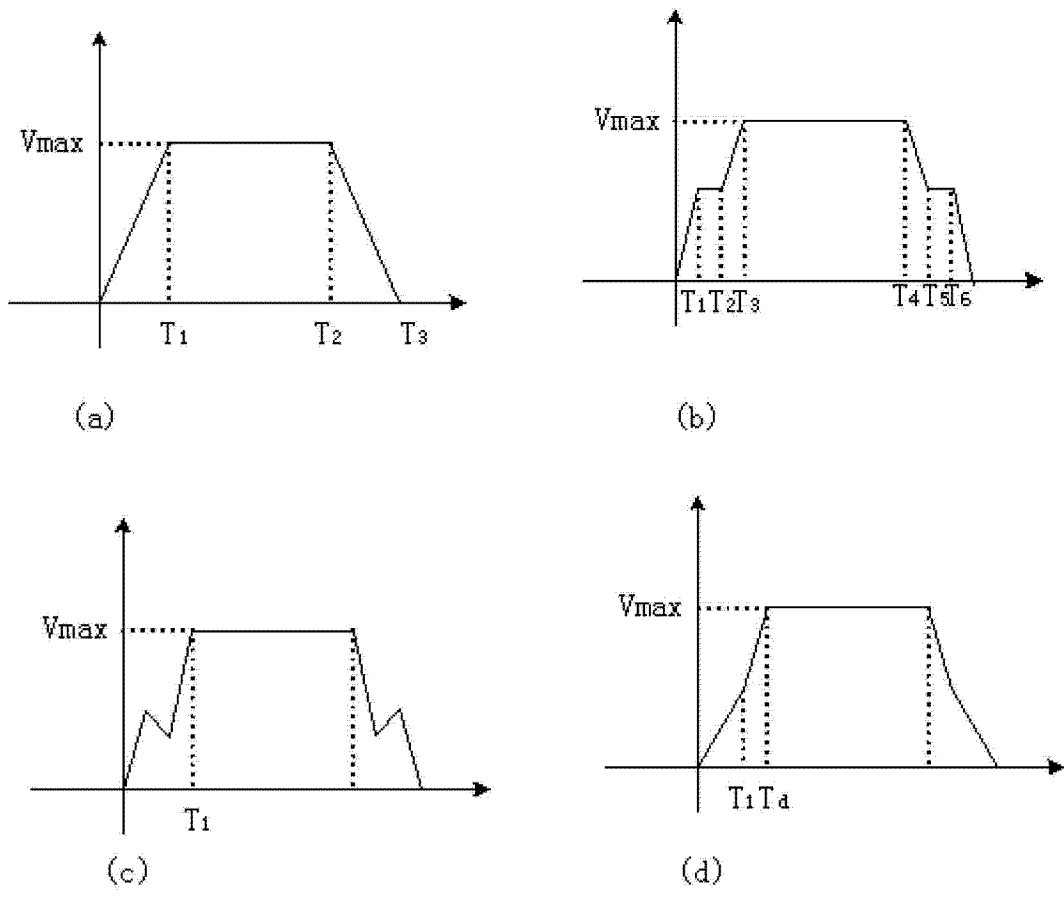


图 4

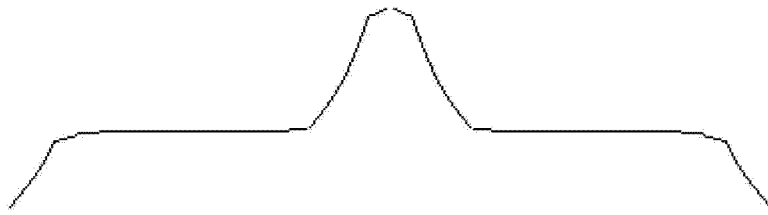


图 5