

工程机械液压系统动力匹配及控制技术设计

韩芳

(沈阳东北电力调节技术有限公司, 辽宁 沈阳 110179)

摘要: 液压技术最早是国外发明的,而且液压技术在国外的势头较好,且取得了丰硕的成果。我国作为液压技术后来的使用者,该项技术我国仍然处于模仿和探索阶段,目前还没有属于我国的专项液压技术。液压技术是当代机械技术的领头羊,它是把当代两大理论(自动控制及液压理论)与两大技术(计算机、发动机技术)综合运用的成果。自液压技术被用到工程机械中后,机器在节能、效率等方面均有大幅度提高,同时机器对环境、工况等适应能力也提高不少,使得机器不管是在运用还是维护方面都颇显人性化。本文将从液压技术在当代的现状 & 模型设计上一一做分析介绍。

关键词: 液压系统; 工程机械; 控制技术; 动力匹配; 设计

引言: 对液压系统构成分析后看出,液压系统由执行、控制、动力三大元件组成,其主要用以控制整机。液压系统逐步变为当代工程机械的主心骨。这是由于液压系统有易安装、可控制、体积小、响应快等优势。但是,液压系统的劣势也明显,其主要表现在性能不可靠、耗能较大等。

1. 液压技术在当代的现状

1.1 定量泵

定量泵在早期或小型机械系统里设计时,往往是用最大工作流量乘以最大工作压力得到最大输出功率,并且最大输出功率必须小于净功率。在当代,液压系统的功率利用与控制功能都较为低下,所以性能也差强人意。当下仅有随车吊、汽车起重机(小吨位)尚在使用。

1.2 单泵恒功率技术

单泵系统对变量泵排量是用变量机构来控制的^[1]。在早期,恒功率控制是改变两根弹簧弹力(变量机构)实现控制。其工作状态用折线表示,变量泵排量从压力等于预设的第一根弹簧力时开始下降,压力等于预设的第二根弹簧力时工作状态的折线出现斜度变化。这种控制的结果在于:不只让功率利用系数明显提高,又可确保过载之后发动机不会因此熄火。恒功率技术开发公司(力士乐公司)充分运用杠杆原理从而改良了变量机构,让功率折线几乎接近反比例曲线,这样功率利用系数再一次提升。

1.3 计算机控制下的功率优化技术

上述功率技术都属于传统办法,尽管都具优势,可是根源问题依然保留。当代,计算机技术与液压系统动力匹配与控制技术融合效果良好^[2]。它是把输出与功率两种模式用电脑先设好,只需对柴油机转速进行分析,控制好油门、主泵排量,就可达到掌控发动机转速的目标。

传统控制在同柴油机匹配时太过保守,要求最大输出扭矩(发动机)必须远远大于油泵扭矩。再者,柴油机假如性能欠佳还易引发熄火。而介入计算机后让这种匹配状况改善不少,液压系统也因此更为简单化。

2. 液压控制系统的具体设计

2.1 系统方案

新型液压系统策划、设计时,第一步是从过往技术的套路里跳出来,把机电、微机技术同液压技术综合,再进行匹配、设计。

2.2 控制系统的硬件设计

2.2.1 控制器设计

控制器是整个系统的关键和核心,控制器不仅能够对模拟量进行逻辑控制,还能对系统中的开关量进行控制,如数据处理、运算等,微处理器处理后输出各种模拟量和开关量对系统中的电机、电磁阀等进行控制,从而实现整个系统中的各个功能。

控制器主要由以下几个模块组成:CPU、存储器、输入/输出、通信以及电源模块。其中CPU模块的作用有检测系统各部位的状态是否良好、存储用户程序、接受数据、运算、逻辑控制、读取程序等,存储器由用户存储区和系统RAM存储区,主要作用是存储数据;输入/输出由各种输入输出模块组成。

2.2.2 控制器的功能实现

控制器能够将根据不同占空比脉宽调制信号进行处理后输出到比例电磁铁,也可以利用软件编程将脉宽调制比例电磁铁输出端的频率改变,从而使信息能够符合比例阀的斩波频率,进而提高系统控制的稳定性和性能。此外,控制器还使用了光电隔离器,可以将CPU的输入和输出信号进行隔离,从而保证CPU信号不受到任何干扰,为了进一步的避免外围电路信号串入到微处理器中,系统也在微处理器的输出信号利用光电耦合器进行了隔离。对于模拟量的输入处理采用预处理方式,该方式能够放大模拟

量的输入信号,从而使模拟量的输入模块可以对参数进行处理,从而达到模拟量的控制。

2.3 液压系统软件算法设计

2.3.1 控制软件系统算法

本次实验采用PID控制算法,按照PID的连续系统控制作为基础,将其数字化,并且写成离散形式的PID控制方程,然后再进行控制程序设计。PID控制输入和输出关系如下所示:

$$u(t) = K_p [e(t)dt + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t)dt + T_D \frac{de(t)}{dt}] + u_0$$

式中 K_p 表示比例系数; T_i 表示积分时间常数; T_D 表示微分时间常数; u_0 表示 $e=0$ 时刻调节器的输出。比例环节其作用则是可以及时的反映出控制系统的偏差信号 $e(t)$, 实验过程中如果一旦产生偏差,则控制器会迅速反应,启动控制功能来减少偏差。在系统稳定的状态下,增大 K_p 值,可以减少稳态误差,从而提升系统的控制精度,虽然可以减少但是还是不能够达到消除的效果。在积分环节,其主要作用是消除静差,并且提升系统的无差度, T_i 越小积分强度作用越强,如果积分常数太小则会出现系统不稳定,震荡次数较多。

2.3.2 增量式PID控制算法

采用增量式的PID控制算法可以有效的提升CPU的运行速度,同时还可以减少运算量,以达到避免计算机事故产生的目的。若此次的采样周期为 T ,当系统开始运行时采用矩形积分进行精确积分,并且使用差分近似值进行精确积分,则:

$$u(k) = K_p \{e(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^k e(j) + \frac{T_D}{T} [e(k) - e(k-1)]\} + u_0$$

式中 $u(k)$ 表示第 K 次采样时刻计算机的输出值, $e(k)$ 表示在第 k 时刻输入的偏差值, $e(k-1)$ 表示在第 $(k-1)$ 时刻输入的偏差值, K_D 微积分系数, K_I 积分系数。将式子简化后得到: $u(k) = u(k) + A e(k) - B e(k-1) + C e(k-2)$,

式中的 $A = K_p(1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_D}{T})$, $B = K_p(1 + \frac{2T_D}{T})$, $C = \frac{K_p T_D}{T}$ 。采样的周期事先

会给出,然后给定相应的比例系数 K_p , 积分时间常数 T_i , 以及微积分时间常数 T_D 。

2.4 小结

设计硬件系统中采用专业配套控制器,进行模块设计的时候,由于硬件系统趋于成熟、可靠和便于维护。由于此次研究的系统存在着非常严重的线性问题,因此在系统控制方式和软件设计对整个系统的控制效果影响极大,为了提高系统的控制精度以及响应速度,采用了PID控制算法以及增量式PID控制算法作为理论的算法支持。

3. 液压系统建模

本文中的液压系统是对发动机转速加以采集,然后将其输送至控制器里,然后控制器会把其中设定、存储的信号跟转速信号做相减运算,得出的差再做PID运算。并根据算法输出具有一定占空比的PWM脉冲信号^[3]。脉冲信号针对输出位移(比例电磁铁)加以控制,这时比例电磁铁就会输出压力值,变量泵排量也就跟着改变。

对液压系统动、静态特征来说,一是取决于PLC的系统特征,二是取决于油泵、电液比例阀特征。这样,在对系统动、静态特征做判别分析时,需要把传递函数当成依据来建立。而之所以要分析动、静态特性,目的是在动态需求方面确认系统满足不了得了,也是给系统环节的调整做铺垫。

4. 装机试验

本文的液压系统有太多既定的参数,这些参数关系的非线性特点又很突出,这样就难以用计算方式来获取,所以系统运行前必须做调试工作。步骤是:

- (1)为防止超速,要先把发动机转速、传感器信号采集到,这样就能预设转速的具体范围,油泵工作便能保证在范围内。
- (2)现场采样发动机转速等,然后做线性化处理,再把结果送至存储器里。
- (3)混凝土实验现实中难实现,本文把上车输送管同料斗出口本身的连接断开,给料斗出口安一个水阀,这样主泵负载完全由水阀开口调节。
- (4)设定PID参数^[4]。
- (5)测试并算出作业的功率处在最大时,发动机转速的预设值合不合理。
- (6)在液压系统节能状况最好的时候,测试节能点的最大值,再次确定发动机预设转速合不合理。
- (7)测试压力超载模式、发动机转速很低时的工作限制。
- (8)针对混凝土进行实打实验,目的是考核系统可靠程度、验证性能优劣。

5、发动机动态模型仿真和验证

根据发动机的油门拉杆位置仿真模型和准线性模型,就可以得到发动机整体控制模型,然后再通过试验数据和阶跃加载仿真结果进行对比,以验证出发动机动态响应特性和转速预测精度,从而验证发动机的模型设计是否完善。

试验的过程如下:先使先使动臂提升到极限位置,然后松开控制手柄让整个系统保持在空载状态,这时的泵负载压力是30bar,然后调节发动机的转速到2030rpm,这时泵减压阀的电流是450mA,液压泵的输出流量是30L/min,计算得到泵扭矩是0.3Nm;随后马上操作动臂提高到极限位置,将压力值保持在340bar,计算得到负载扭矩。测试数据如下图所示:

在进行仿真时,先将模型的发动机转速提高到2030rpm,油门的开度设置为0.85,然后在准线模型中将发动机负载扭矩设置成0N·m。仿真期间,在t为3时加入阶跃负载,使发动机的负载是304N·m,得到了以下的仿真图:

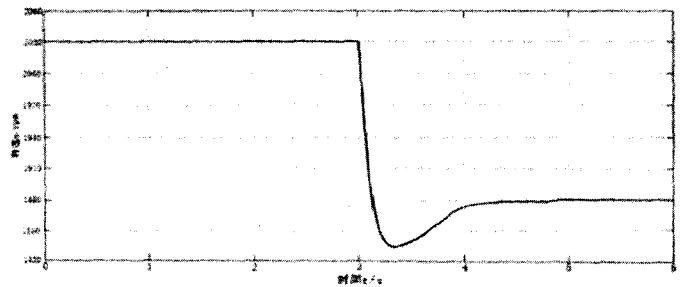


图5-2 阶跃加载发动机转速仿真曲线

从仿真曲线中可以看出发动机转速由空载时的2030rpm降低到了1825rpm,最终定格在1880rpm处,稳定耗费时间1.3s,这个试验时的数据较为接近,说明该模型具有一定的可靠性。

结语:液压系统逐步变为当代工程机械的主心骨,在效率提升跟能源节约上的成效不容小觑。但是,当代工程机械仍陷于被动局面,我国得从市场、生产、开发及科研上打开新局面。一是引进和开发并用,从设计上强化开发能力;二是提升自产的液压元件跟工程机械的匹配能力;三是继续致力于液压技术的提升研发;四是致力于培养智能、自动、控制化三位一体的优秀人才,为国内现有的液压技术改善而奉献力量。■

参考文献

- [1]吴金涛、罗定、刘向阳等.工程机械液压系统动力匹配及控制技术研究现状[J].建筑机械(上半月刊),2013,5(11):23-30.
- [2]贾宗植、刘杰、张建民等.工程机械液压系统动力匹配及控制技术与研究现状[J].工程机械技术研发,2011,4(6):43-54.
- [3]吴金桃、路雨祥等.工程机械液压系统动力匹配及控制技术与研究现状[J].山西建筑机械与装备,2012,6(19):13-26.
- [4]高碧秋、郝鹏、杨碧莹等.工程机械液压系统动力匹配及控制技术与设计及其对节能的作用[J].建筑机械,2013,9(10):43-50.

作者简介:

韩芳(1982-),女,汉族,辽宁省沈阳人,沈阳东北电力调节技术有限公司主要从事工作机械设计及制造工作,职称:工程师,本科学历,研究方向:机械工程及自动化专业。

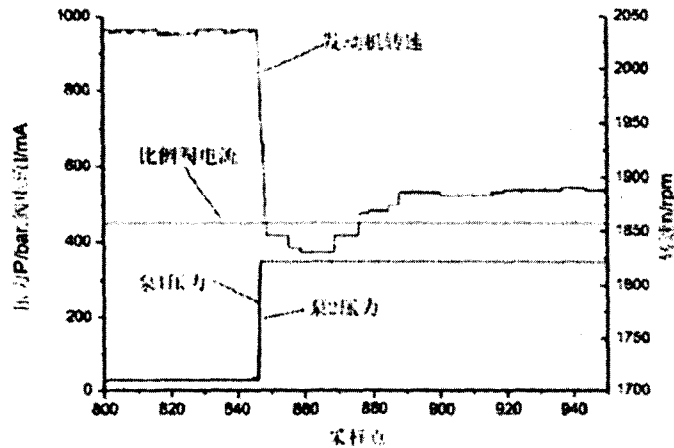


图5-1 发动机阶跃加载试验曲线

(接下页)

种不足之处,从杭州地铁二号线开始,在下列区域采用吸气式感烟火灾探测器:

- (1)所有车站的站厅站台层公共区:解决了吊顶装饰方案及地铁活寒风的影响,点式烟雾探测器安装、维护困难且报警迟缓等问题。做到早期报警,早期疏散,又可以方便安装和维护,与装修没有冲突。
 - (2)车辆段及停车场的大库房:解决了传统对射式烟雾探测器灵敏度低,受环境气候影响产生误报,受建筑变形和车辆震动需要经常进行调节校准的问题。
 - (3)主变电站的变压器室:解决了传统对射式烟雾探测器灵敏度低,易误报,不便于维护的问题。
- 下一步,从杭州地铁五号线开始,在车站的设备区走廊也开始使用吸气式感烟火灾探测器。以解决设备区走廊吊顶上方空间狭小,检修不便的问题。从而实现火灾的早期预警,防患于未然。

4. 结束语

吸气式感烟火灾探测器在杭州地铁某些特殊应用场所,能提供及时准确地早期报警,为人员的疏散及火灾处置提供了充足的时间,从而有效地

避免或减少由于恐慌所导致的人员伤亡。且由于该探测器的维护可以在地面进行,对于采用镂空装修方式的公共区、设备区走廊及车库、变压器室等高大空间区域在使用该系统后,消防报警系统的可维护性方面获得大大的提升。基于这些优点及特性,相信随着各地地铁建设的蓬勃发展,吸气式感烟火灾探测器将在地铁环境中大大的普及。■

参考文献

- [1]公安部消防局.关于推广应用独立式火灾探测报警器等消防技术的通知.北京:中国消防在线
- [2]DBJ 01-622-2005 吸气式烟雾探测火灾报警系统设计、施工及验收规范[S].北京:北京市建筑设计标准化办公室,2005
- [3]吸气式烟雾探测火灾报警系统设计、施工及验收规范 (DBJ 01-622-2005).北京:北京市建筑设计标准化办公室,2005
- [4]澳大利亚维信防火及保安有限公司.空气采样烟雾探测系统之高大空间应用.北京:消防技术与产品信息,2007,05
- [5]空气采样早期烟雾探测系统国家建筑标准设计图集 (03X502).北京:中国建筑标准设计研究院,2006