

新型控制方法在复卷机运行中的应用

李伟¹, 王友权¹, 董继先², 马超³

(1. 济宁职业技术学院, 济宁 272000; 2. 陕西科技大学, 西安 710021;

3. 特变电工山东鲁能泰山电缆有限公司, 泰安 271200)

摘要: **目的** 研究动态补偿复卷机升降速过程中张力变化行为。**方法** 采用间接控制方式, 对动态过程进行分析, 对复卷机升降速过程采用动态力矩补偿的方法, 实现高效运行。**结果** 2 个被控电机的电流随补偿动态力矩同步变化, 即运行速度同步变化, 纸幅张力在复卷机升降速过程中始终保持恒定。**结论** 通过 Matlab 仿真实验, 复卷机两被控电机速度同步性明显增强, 纸幅张力恒定。

关键词: 复卷机; 动态补偿; 间接控制; 张力控制

中图分类号: TS734 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)15-0162-03

Application of New Control Method in Rewinder

LI Wei¹, WANG You-quan¹, DONG Ji-xian², MA Chao³

(1. Jining Polytechnic, Jining 272000, China; 2. Shaanxi University of Science Technology, Xi'an 710021, China;

3. Te Bian Electric Apparatus Shandong Luneng Taishan Cable Co., Ltd., Taian 271200, China)

ABSTRACT: The work aims to study dynamic compensation for tension change in speeding up or down process of re-winder. The dynamic process was analyzed by indirect control method. Dynamic torque compensation method was applied in the speeding up or down process of the rewinder to realize efficient operation. Current of two controlled motors changed synchronously with the changes of dynamic torque compensation, namely the running speed changed synchronously and the paper tension remained constant in the process of speeding up or down. In conclusion, by Matlab simulation experiment, the two controlled motors witness evidently intensified speed synchronism while their paper tension keeps constant.

KEY WORDS: rewinder; dynamic compensation; indirect control; tension control

复卷机是造纸机械中运行车速最快的机器, 纸幅通过纵切机构切成所需要的宽度, 然后按所需要的紧度和直径卷成纸卷。由于造纸厂的规模逐年扩大, 对复卷机的能力提出了更高的要求。在实际运行过程中, 稳态运行时现代控制系统已经得到很好的控制效果, 动态运行时存在升降速, 实际张力变化具有非线性、大滞后、强干扰等特点, 针对此问

题, 文中提出了采用间接控制进行动态过程补偿控制的方法, 以实现升降速张力稳定控制的目标^[1-2]。

1 工作原理

分析复卷机结构见图 1, 复卷机在复卷过程中, 纸幅张力把纸卷拉向卷纸底辊, 使逐渐增大的纸卷

收稿日期: 2016-01-13

基金项目: 国家星火计划 (2011GA740038, 2012GA740090)

作者简介: 李伟 (1982—), 男, 山东曲阜人, 工学硕士, 济宁职业技术学院助教, 主要研究方向为工业过程控制系统的研发与应用。

得以稳定,并在高速运行时保证纸卷质量。通过调整前后两底辊与放卷辊之间的速度差,控制整个系统的纸幅张力恒定。形成的纸幅张力,要在纸幅承受的张力极限以内,避免出现断纸等现象。设前后两底辊线速度为 v_1 ,放卷辊的线速度为 v_2 ,计算所产生的纸幅张力为:

$$T = \frac{SY}{L} \int_0^t (v_2 - v_1) dt \quad (1)$$

式中: T 为设备中纸张张力; S 和 Y 分别为纸张的截面积、弹性模量; L 为复卷机放卷辊与后底辊传动点间的距离。

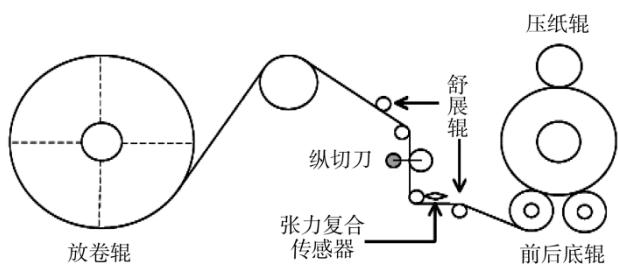


图 1 复卷机的结构

Fig.1 Structure of rewinder

从式(1)分析可知,只有保持 2 个线速度恒定,张力才能恒定。由线速度 $v = \pi dn$ 可知 (d 为直径, n 为电机转速),为确保线速度恒定,应保证 $n \propto 1/d$,也就是 $n \propto 1/M$ (M 为力矩)成正比,运行过程中复卷机可以看作恒功率负载^[3-5]。

2 动态过程补偿

复卷机正常运行的稳态过程已经得到了很好的控制,动态过程在复卷起始、加减速阶段等情况下张力变化幅度大,所以要根据公式在控制系统中进行补偿,以实现系统稳定控制。对复卷机特有的动态过程分析,可以得出动态过程补偿计算公式^[6-8]。复卷过程中转矩平衡方程如下:

$$T \frac{D}{2i} = M + M_{机} + M_{动态} \quad (2)$$

其中: D 为原纸卷直径; i 为变速比; M 为电动机磁转矩; $M_{机}$ 为设备空载转矩; $M_{动态}$ 为动态力矩。以往复卷机系统控制往往忽略动态转矩,即:

$$M_{动态} = \frac{GD_{纸卷}^2 + GD_{空轴}^2}{375} \frac{dn}{dt} = \frac{\sum GD^2 i}{375\pi D} \left(\frac{dv}{dt} - \frac{v}{D} \cdot \frac{dD}{dt} \right) \quad (3)$$

由于 n 转速变化较大, D 变化缓慢,即 $\frac{dn}{dt} \gg$

$\frac{dD}{dt}$, 也就是 $\frac{dv}{dt} \gg \frac{dD}{dt}$, 进而式(3)可以化简为:

$$M_{动态} \approx \frac{\sum GD^2 i}{375\pi D} \cdot \frac{dv}{dt} \quad (4)$$

从而可得动态补偿电流为:

$$I_{动态} = \frac{M_{动态}}{C_m \phi} = \frac{\sum GD^2 i}{C_m \phi 375\pi D} \cdot \frac{dv}{dt} \quad (5)$$

随着复卷过程进行,放卷辊的动态转矩随即产生,卷径 D 缓慢减小,即 $\frac{dD}{dt}$ 值为负,所以 $I_{动态}$ 为正值,因此,在动态转矩产生之后,要维持转速,张力必然变大,而通过减小电枢电流即可实现张力恒定。即在复卷启动加速过程中保持恒定张力, $I_{动态}$ 应为负值;在复卷减速过程中, $I_{动态}$ 应为正值^[9-11]。

3 复卷机间接控制方法实施

采用间接控制方法,对动力力矩进行补偿,间接地保持张力稳定,通过被控即驱动电机的电流或励磁电流的控制,来间接对张力进行恒定控制,从而使电动机力矩保持不变,保证卷取产品的张力恒定。由于是采用间接控制进行动态过程补偿控制的方法,必须对复卷过程进行监控,根据复卷过程张力的随机变化,及时反馈给控制系统,实时监控张力变化。根据以上叙述,复卷机传动机构采用 SIEMENS 全数字直流可逆直流调速装置,采用 Matlab 仿真软件进行仿真^[12-17]。两电机运行速度仿真结果见图 2。

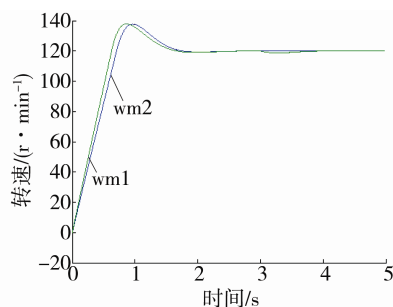


图 2 2 台电机运行速度仿真结果

Fig.2 Simulation of running speed of two motors

图 2 中放卷辊、前后两底辊 2 个电机转速重合度高,动态响应速度快,保证了复卷纸张的张力稳定,使得复卷过程的高速运行得以实现,进而提高了复卷纸张的质量。

4 结语

该控制方法在复卷机补偿张力控制中, 具有较好的鲁棒性, 动态响应快, 在复卷机启动过程、减速过程中具有良好的匹配性。通过实践检验, 该方法不仅控制简单并且具有成本优势, 可以在生产中试用后推广。

参考文献:

- [1] 陈克复. 制浆造纸机械与设备[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013.
CHEN Ke-fu. Pulp and Paper Machinery and Equipment[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013.
- [2] 景兵辉, 孟彦京. 复卷机传动控制系统方案选择与分析比较[J]. 中国造纸, 2012, 31(10): 54—57.
JING Bing-hui, MENG Yan-jing. Rewinding Machine Drive Control System Scheme Selection and Comparative Analysis[J]. China Pulp, 2012, 31(10): 54—57.
- [3] 石辛民. 模糊控制及其 MATLAB 仿真[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
SHI Xin-min. Fuzzy Control and MATLAB Simulation [M]. Beijing: Tsinghua university press, 2008.
- [4] 诸静. 模糊控制理论与系统理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
ZHU Jing. Fuzzy Control Theory and System Principle [M]. Beijing: Mechanical industry press, 2005.
- [5] 马小亮. 高性能变频调速及其典型控制系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
MA Xiao-liang. High Performance Frequency Control of Motor Speed and Its Typical Control System[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2010.
- [6] 张池, 杨琳. 基于 PLC 与变频器的造纸机张力控制系统[J]. 中国造纸, 2010, 29(9): 53—55.
ZHANG Chi, YANG Lin. The Paper Machine Tension Control System Based on PLC and Frequency Converter[J]. China Pulp & Paper, 2010, 29(9): 53—55.
- [7] 陆烨, 袁梦, 余勃. 基于模糊 PID 控制在混合自动定量给料器中应用的研究[J]. 包装工程, 2008, 29(6): 14—16.
LU Ye, YUAN Meng, YU Bo. Application of Mixed Auto Doser Based on Fuzzy PID Control [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6): 14—16.
- [8] 丁毅, 龚宇. 模糊专家系统在包装机械故障诊断中的应用[J]. 包装工程, 2008, 29(8): 69—70.
DING Yi, GONG Yu. Fuzzy Expert System Application in Packaging Machinery Fault Diagnosis[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(8): 69—70.
- [9] 余勃, 宋迎法, 袁梦, 等. 包装机混合式自动定量控制系统的设计[J]. 包装工程, 2008, 29(8): 74—76.
YU Bo, SONG Ying-fa, YUAN Meng, et al. The Design of the Control System of Packaging Machine of Automatic Quantifying[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(8): 74—76.
- [10] 王孟效, 孙瑜, 汤伟, 等. 制浆造纸过程测控系统及工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
WANG Meng-xiao, SUN Yu, TANG Wei. Pulping and Papermaking Process Measurement and Control System and Engineering[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.
- [11] 孙珺如, 刘惠康, 吴远航. 卷取系统的张力模糊控制优化研究[J]. 机械设计与制造, 2013(12): 192—194.
SUN Jun-ru, LIU Hui-kang, WU Yuan-hang. The Winding System of Tension Fuzzy Control Optimization Study[J]. Machinery Design & Manufacture, 2013 (12): 192—194.
- [12] 薛定宇. 反馈控制系统设计与分析——MATLAB 语言应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
XUE Ding-yu. Feedback Control Systems Design and Analysis-MATLAB Language Application[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2000.
- [13] 席裕庚. 预测控制[M]. 北京: 国防工业出版社, 1993.
XI Yu-geng. Predictive Control[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1993.
- [14] 刘哲, 杨建成, 汪伟, 等. 基于模糊 PID 的多功能卷绕机张力控制仿真[J]. 天津工业大学学报, 2008, 27(6): 54—57.
Liu Zhe, Yang Jian-cheng, Wang Wei, et al. Simulation of Tension Control of Multi-function Winding Machine Based on Fuzzy-PID[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2008, 27(6): 54—57.
- [15] 田卫华. 现代控制理论[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
TIAN Wei-hua. Modern Control Theory[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2012.
- [16] 王广雄, 何朕. 控制系统设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
WANG Guang-xiong, HE Zhen. Control System Design[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
- [17] 陈晓平. 线性系统理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
CHEN Xiao-ping. Linear System Theory[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2011.