

研
究
开
发HX_D3 机车制动机操控
保护装置的研究

宋春如, 李平华

(江岸机务段, 湖北 武汉 430012)



摘 要: 阐述了HX_D3机车制动机及其操控设备的工作原理, 分析了由操控设备引起的列车管异常自动减压的原因。采用基于时间戳的迭代算法实时更新闸位判定基准值, 解决了由环境影响导致操控定位器输出产生误差而引起的异常制动问题, 对保证列车运行安全起到了良好效果。

关键词: HX_D3 机车; 制动机; 控制设备; 迭代算法

中图分类号: U260.35

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2012)02-0012-03

作者简介: 宋春如 (1965-), 男, 高级工程师, 从事电力机车质量管理工作。

Research on Protection Device for Control Equipment of HX_D3
Locomotive Brake

SONG Chun-ru, LI Ping-hua

(Jiang'an Electric Locomotive Depot, Wuhan, Hubei 430012, China)

Abstract: Operating principle of HX_D3 locomotive brake and its control equipment was introduced, and reason of train pipe abnormal pressure reducing caused by control equipment was analyzed. Iteration arithmetic based on timestamp to update the position judge value of control equipment was proposed, which solved the abnormal brake problem caused by handle position locator output-value error affected by environment, and ensured the operation security of train well.

Key words: HX_D3 locomotive; brake; control equipment; iteration arithmetic

0 引言

德国克诺尔公司研制的CCBII制动机, 由于其先进的设计思想、现场可替换的特性及较高的可靠性, 在我国HX_D3交流机车上得到了大规模的运用。但是, CCBII制动机在使用过程中时常出现列车管异常自动减压后又自动缓解的问题, 对列车特别是重联状态下的重载列车的安全运行造成了严重威胁, 经分析, 故障主要是由CCBII的操控设备——电子制动阀工作异常引起的。由于电子制动阀的程序和算法是固化在EBV的Lon模块神经元芯片中的, 无法修改, 为增加机车运行的安全性和可靠性, 需要设计一种能够对电子制动阀实现实时状态检测, 并在其异常时提供主动保护的装置^[1]。

1 HX_D3 机车制动系统

HX_D3机车安装的CCBII(Computer Controlled Brake

2nd Generation) 制动机是由克诺尔公司开发的第二代计算机控制电力机车空气制动系统, 其基于工业网络的分布式构架, 使系统具有模块化和现场可替换的特性。这一先进的设计构架提升了系统的响应速度和可靠性, 同时降低了维护成本。

1.1 网络及模块化的CCBII制动机

CCBII制动机由10个在电气和安装上相对独立的现场可替换单元组成。其中7个单元拥有完整的自动控制回路和集成LonWorks网络的智能节点, 各个单元之间通过LonWorks网络互联, 共同协作实现列车的电控制动。

从功能的角度上, CCBII制动机又可分为电子制动阀(EBV)、集成处理器模块(IPM)和电空控制单元(EPCU)3个子系统。其中, 电子制动阀为制动机与乘务员的人机交互设备, 实现对制动机的操作。IPM实现制动机的配置, EPCU作为执行部件, 通过网络接收电子制动阀和IPM的指令直接控制机车各管路压力, 并实时地将控制状态传回网络, 其结构框图和网络拓扑如图1所示。

收稿日期: 2010-05-17; 收修改稿日期: 2011-11-28

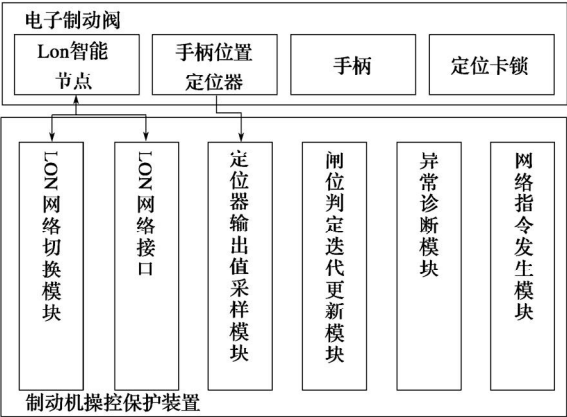


图 1 CCBII 制动机结构框图和网络拓扑

1.2 电子制动阀的工作原理

电子制动阀包括自动制动手柄（俗称大闸）和单独制动手柄（俗称小闸），乘务员通过操作电子制动阀的手柄，向 EPCU 发送 LonWorks 网络指令，控制机车管路压力。结构上，电子制动阀由 LonWorks 智能节点、手柄、手柄位置定位器和机械卡锁装置组成。手柄可在固定轨迹内滑动，当滑动到表 1 中所对应的某一闸位时，机械卡锁装置将手柄固定，LonWorks 智能节点读取手柄定位器的输出值，根据程序初始化阶段获得的参考基准量，判定手柄闸位并将其转换为网络指令发送给 EPCU。

表 1 电子制动阀闸位对应压力

手柄位置	大闸控制均缸压力 /kPa	小闸控制均缸压力 /kPa
运转位	S	0
初制动位	S-50	O2
制动区	S-O1	300
全制动位	S-180	
抑制位	S-180	
重联位	0	
紧急位	0	

注：S 为定压（货车 500 kPa，客车 600 kPa）；O1、O2 为手柄位置转换值

电子制动阀手柄定位器的输出值是一个连续变化的模拟量。智能处理器根据式 (1)、式 (2) 计算自动制动手柄位置参数 PV_A 和单独制动手柄位置参数 PV_1 。

$$PV_A = \begin{cases} 0xa, & T_r - 1.5 < x_A \leq T_r - 1.0 \\ 0xb, & T_r - 2.0 < x_A \leq T_r - 1.5 \\ 0xc, & T_r - 3.0 < x_A \leq T_r - 2.0 \\ 0xd, & T_r - 3.5 < x_A \leq T_r - 3.0 \\ 0xe, & T_r - 4.5 < x_A \leq T_r - 3.5 \\ 0xf, & T_r - 5.0 < x_A \leq T_r - 4.5 \\ 0x10, & x_A \leq T_r - 5.0 \end{cases} \quad (1)$$

$$PV_1 = \begin{cases} 0x12, & S_r - 2.0 < x_1 \leq S_r - 1.0 \\ 0x13, & S_r - 4.0 < x_1 \leq S_r - 2.0 \\ 0x14, & x_1 \leq S_r - 4.0 \end{cases} \quad (2)$$

式中： x_A 和 x_1 分别为自动制动手柄和单独制动手柄定位器输出值； T_r 和 S_r 为闸位判定参考值。

在实际运用中，发现手柄位置定位器的输出值（即 x_A 和 x_1 ）容易受到如温度、装配偏差和环境干扰等因素影响，造成输出误差。当误差较大时，根据式 (1) 和式 (2) 计算所得的电子制动阀手柄位置指令与手柄实际位置不匹配，可能导致列车管非正常自动减压等严重影响列车运行安全的故障。因此，需要设计一种采用动态算法的智能装置，实时监测、记录电子制动阀网络指令和定位器输出值，当发现其异常时实施主动保护，保障行车安全。

2 系统总体设计

电子制动阀保护装置实时监测电子制动阀的状态^[2]，当检测到电子制动阀工作异常时将其 LonWorks 网络中断，同时以后备方式替代电子制动阀维持制动机运行。系统要求具备以下功能：

- ①集成 LonWorks 网络接口。
- ②手柄位置定位器输出值的实时采样及记录。
- ③电子制动阀异常诊断。
- ④位置判定参考值动态更新。
- ⑤电子制动阀网络指令转换发生功能。

系统总体结构如图 2 所示。

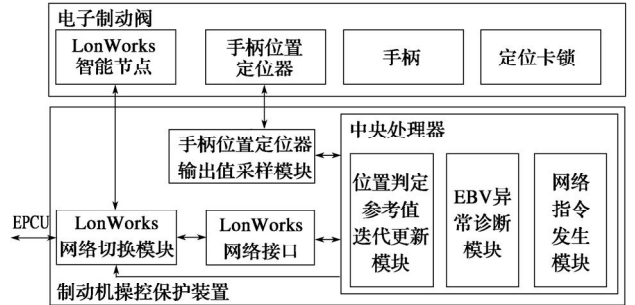


图 2 系统总体设计框图

LonWorks 网络切换模块由中央处理单元控制，当检测到电子制动阀工作异常时，该模块被触发并将 LonWorks 网络从电子制动阀无缝切换到保护装置。此时，出现异常的电子制动阀与制动机完全隔离，其功能由保护装置替代实现。

中央处理软件包括手柄位置判定值迭代更新算法、电子制动阀异常诊断和网络指令发生 3 个功能模块。判定值更新算法根据实时记录的手柄位置定位器输出值和电子制动阀网络指令，动态更新式 (1) 和式 (2) 中的参数 T_r 和 S_r 。

异常诊断模块当检测到电子制动阀网络指令与实际手柄位置不匹配时，产生报警信号，同时控制 LonWorks 网络切换模块中断电子制动阀的网络通信。

网络指令发生模块实现手柄定位器输出值与网络指令的计算转换，并将转换结果封装成 EPCU 能够识别的网络数据包。

3 基于迭代算法的闸位判定值动态更新

电子制动阀受到环境干扰出现网络指令与实际闸位不匹配的故障，其根本原因是式 (1)、式 (2) 中的闸

位判定参考值是一个常量,无法随环境变迁而动态更新。因此,需要在电子制动阀状态监测保护装置中设计相应的算法对 T_r 和 S_r 进行实时更新。常用的方法如补偿法^[3],其针对补偿的对象具有单一性,当影响因素较多时,难以得到较理想的效果。

本文采用基于时间戳的迭代算法实现对闸位判定值的动态更新。中央处理器实时记录电子制动阀在每个闸位的手柄位置定位器输出值及对应的网络指令,并给定长时间段内所有记录的数据标记同样的时间戳。定位器在闸位 i 的输出值 l_i 可用式(3)计算。

$$l_i^{(m+1)} = \left(1 - \sum_{d_j \in D_j} w_{ij} \right) l_i^{(m)} + \sum_{d_j \in D_j} w_{ij} l_j^{(m)} \quad (3)$$

式中: m 为迭代次数; D_j 为其他闸位的集合(包括大闸和小闸); w_{ij} 表示 l_j 对当前闸位 l_i 的更新的权重,其值与对应闸位定位器输出值范围成反比,具体数值需要根据试验结果调整。

当式(4)成立时,迭代收敛。

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (1 - \sum_{d_j \in D_j} w_{ij})^{k+1} = 0 \quad (4)$$

将闸位 i 第一次采样记录的定位器输出值定义为闸位基准输出值 L_i ,则实时更新的大小闸闸位判定值可由式(5)、式(6)计算得到。

$$t_r = T_r - \frac{\sum_{i=1}^N l_i - L_i}{N} \quad (5)$$

$$s_r = S_r - \frac{\sum_{i=1}^N l_i - L_i}{N} \quad (6)$$

式中: N 为闸位数。

将式(4)和式(5)的计算结果替换式(1)和式(2)中的 T_r 和 S_r ,得到判定值可动态更新的闸位判定算法式(7)、式(8)。

$$DPV_A = \begin{cases} 0xa, & t_r - 1.5 < x_A \leq t_r - 1.0 \\ 0xb, & t_r - 2.0 < x_A \leq t_r - 1.5 \\ 0xc, & t_r - 3.0 < x_A \leq t_r - 2.0 \\ 0xd, & t_r - 3.5 < x_A \leq t_r - 3.0 \\ 0xe, & t_r - 4.5 < x_A \leq t_r - 3.5 \\ 0xf, & t_r - 5.0 < x_A \leq t_r - 4.5 \\ 0x10, & x_A \leq t_r - 5.0 \end{cases} \quad (7)$$

$$DPV_I = \begin{cases} 0x12, & s_r - 2.0 < x_1 \leq s_r - 1.0 \\ 0x13, & s_r - 4.0 < x_1 \leq s_r - 2.0 \\ 0x14, & x_1 \leq s_r - 4.0 \end{cases} \quad (8)$$

4 仿真

定义影响因子以反映环境对定位器输出的影响,同时假定定位器输出值对影响因子单调递减。在Matlab中分别对基于式(1)、式(2)的固定判定值算法

和基于时间戳迭代的判定值动态更新算法进行仿真,结果如图3、图4所示^[4]。

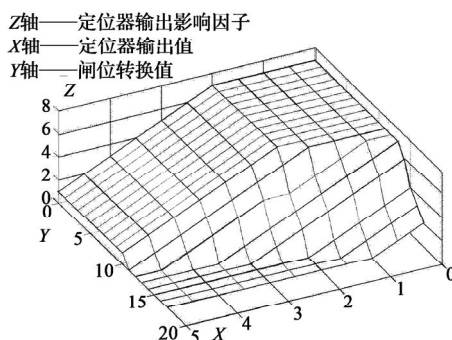


图3 判定值动态更新算法仿真结果

分析图3的仿真结果,闸位的转换值跟随手柄定位器输出影响因子而变化,即在环境改变而导致定位器输出产生误差时,采用判定值动态更新算法能保证对电子制动阀手柄实际闸位与LonWorks网络指令之间的正确对应关系。当影响因子很大(即电子制动阀运行环境极为恶劣,定位器输出值严重偏离正常值)时迭代算法效果有限,而这种情况在实际工作环境中几乎不存在。对于固定判定值算法,由图4可见,其无法感知并适应环境变化,在定位器输出误差较大时,必然导致电子制动阀对闸位的误判。

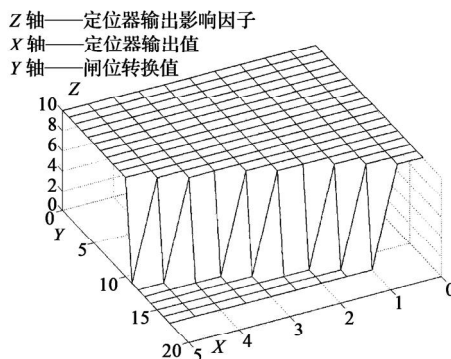


图4 固定判定值算法仿真结果

5 结语

基于时间戳迭代的判定值动态更新算法有效解决了由环境影响导致电子制动阀手柄定位器输出产生误差而引起的列车管异常自动减压故障,对保证列车的运行安全起到了良好的效果。

参考文献:

- [1] KNORR-BREMSE. CCBII locomotive brake system [R]. Germany: Aknorr-Bremse Group, 2006: 203-214.
- [2] 杨迎泽, 张涛, 李烁. 机车EBV工作原理分析及检修应用[J]. 机车电传动, 2011(6): 79-82.
- [3] Tao Y X, Huang J X, Xiao J, et al. The study for the monitor of the working status of locomotive braking system [J]. Proceedings of the International Symposium on Test and Measurement, 2003(6): 4537-4540.
- [4] 胡永建. 一种硅压力传感器的高精度宽温度补偿设计[J]. 传感器世界, 2010, 4(1): 17-19.
- [5] 钟麟, 王峰. MATLAB仿真技术与应用教程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.