

基于混沌遗传算法的 MVB 周期扫描表优化

沈 强, 林 知 明, 乐 果

(华东交通大学 电气与自动化工程学院, 江西 南昌 330013)

摘 要: 按照国际标准 IEC 61375 的规则所构成的周期扫描表存在周期信息分布不均匀、带宽利用率较差的问题。在明确周期扫描表生成的规则和约束后, 以均匀度为目标函数, 使用混沌遗传算法构建数学模型求解。通过实例仿真构建周期扫描表, 并与逐步填充法建立的周期扫描表的均匀度比较, 显示混沌遗传算法的优越性。

关键词: 混沌遗传算法; 周期扫描表; 多功能车辆总线

中图分类号: U270.38⁺2; TP393; TN919

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2018.01.105

Optimization of the MVB Period Polling Table Based on Chaos-genetic Algorithm

SHEN Qiang, LIN Zhiming, YUE Guo

(School of Electrical and Automation Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang, Jiangxi 330013, China)

Abstract: The periodic polling table introduced by the international standard IEC 61375 has some drawbacks, such as uneven distribution of periodic message and large difference between the utilizations of MVB bandwidth. After analyzing the rules and constraints of setting the periodic polling table, periodic polling table was built based on chaos-genetic algorithm with the evenness degree as objective function. Finally, the simulation results proved that the chaos-genetic algorithm performs better than the step fill method in the IEC 61375.

Keywords: chaos-genetic algorithm; period polling table; MVB

0 引言

国际标准 IEC 61375 定义了多功能车辆总线(MVB)连接一个车厢内的设备。MVB 上的通信数据分为周期性数据和非周期性数据, 其中, 总线主要通过周期扫描表来调度周期数据^[1]。目前, 很多研究人员对周期扫描表进行研究并提出一些较好的优化算法: 文献 [2] 使用蚁群算法进行均匀度优化; 文献 [3] 则针对是否报文定时提出 2 种方案, 报文定时无关时使用逐步填充法, 报文定时相关时使用遗传算法, 达到减少宽度和陡度的目的; 文献 [4] 提出多约束条件快速求解; 文献 [5] 以最长周期相、最短周期相及异化度为优化指标, 利用多目标粒子群优化算法, 达到均衡总体, 差异个体的目标; 文献 [6] 对周期扫描表的配置进行了分析。以上的算法在较好地达到优化周期扫描表均匀度的目的的同时也各自存在着缺点。本文主要研究利用混沌遗

传算法优化周期扫描表。

1 周期扫描表

MVB 由单一的总线主控制, 总线主是唯一发送主帧的设备, 其余设备都是从设备。每个时刻, 总线主都是唯一的, 持续数秒后, 总线主进行轮换。总线主可位于总线的任意位置, 但都按照周期扫描表周期性地轮询各个端口。周期扫描表定义了周期发送的主帧以及在轮回中每一基本周期内留给偶发相的剩余时间。

1.1 基本周期

基本周期是主设备将轮回时间分成的固定时间段, 用 T_{bp} 表示, 其取值范围为 $1.0 \text{ ms} \leq T_{bp} \leq 2.5 \text{ ms}$, 本文中 $T_{bp}=1 \text{ ms}$ 。一个基本周期由周期相、事件相、监视相和保护相构成。其中, 事件相、监视相和保护相构成偶发相。不同的基本周期中偶发相的时间 T_{spo} 可以不同。本文中 $T_{spo}=0.3 \text{ ms}$, 周期相的时间 $T_{bpp}=0.7 \text{ ms}$ 。

收稿日期: 2017-03-17; 修回日期: 2017-05-10

1.2 周期数据

周期报文由主帧和从帧两部分组成, 如图 1 所示。主帧的长度固定为 33 位, 包括 9 位起始分界符, 4 位功能码, 12 位的地址或参量, 8 位校验序列。从帧的长度有 5 种情况: 33, 49, 81, 153 或 297 位, 包括 9 位起始分界符, 16~256 位的数据, 每一个 64 位序列有一个 8 位的校验序列。从帧的数据长度由主帧中的功能码 F 来区分, 如表 1 所示。由于从帧的长度不定, 导致按标准生成的周期扫描表的均匀度以及总线利用率较低。



图 1 MVB 报文

表 1 MVB 的功能码 F

功能码 F	0	1	2	3	4
从帧数据长度	16	32	64	128	256

周期数据的传输时间为

$$T = \frac{33}{V_{mvb}} + \frac{N_{slave}}{V_{mvb}} + T_{ms} + T_{sm} \quad (1)$$

式中: V_{mvb} 为 MVB 总线通信速率; N_{slave} 为周期报文从帧的长度; T_{ms} 为主帧发送后到发送响应该主帧的从帧的时间; T_{sm} 为报文从帧发送结束后到发送下一报文主帧的时间。

其中, V_{mvb} 、 T_{ms} 和 T_{sm} 均为固定值, 明确从帧的长度即可知道该周期报文的传输时间。因此, 一个周期报文主帧的功能码决定了该周期报文的传输时间。

1.3 周期扫描表构建规则

周期数据通过特征周期 T_{ip} 进行分类。

$$T_{ip} = T_{bp} \times 2^n \quad (2)$$

式中: n 为其特征周期级别, n 为 1, ..., 10。

周期扫描表中的最长特征周期称为宏周期, 用 T_{macro} 表示, 不超过 1 024 ms。

一个宏循环中包含的基本周期个数为

$$N = \frac{T_{macro}}{T_{bp}} \quad (3)$$

式中: 基本周期的编号为 $BP(j)$, 其中 j 为 0, ..., $macro-1$, $j=0$ 时为宏循环的第一个基本周期, $j=macro-1$ 时为宏循环的最后一个周期。

2 优化算法

遗传算法是现代优化算法的一种, 其主要特点是对非线性极值问题能以概率 1 跳出局部最优解, 找到全局最优解。混沌与遗传操作相关联, 保证了算法收敛精度, 削弱和避免寻优抖动问题, 同时, 避免算法早熟^[7]。

2.1 编码

假设 MVB 总线上有 m 个周期数据, 每个周期数据可表示为

$$V_i = \{F_i, n_i, P_i\} \quad i \text{ 为 } 1, \dots, m \quad (4)$$

式中: F_i 为周期数据的功能码, 根据表 1 及式 (1) 可以计算出该周期数据的报文长度以及传输时间; n_i 为该周期数据的特征周期级别; P_i 为该周期数据在周期扫描表中第一次出现的位置。

在建立周期扫描表时, 采用十进制编码, 用随机数列 $P=[P_i]$ (其中 i 为 1, 2, ..., n) 作为染色体。 P_i 表示第 i 个周期变量在周期扫描表中第一次出现的位置, 且 P_i 满足以下条件:

$$P_i \leq 2^{n-1} \quad (5)$$

2.2 种群初始化及适应度函数

对于初始种群, 本文采取随机生成的方法获得。

目标函数为周期扫描表的均匀度, 适应度函数就取为目标函数。定义适应度为

$$\Omega = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^m L_i - \sum_{i=1}^{k_j} L_{ij} \right)^2 \quad (6)$$

式中: $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^m L_i$ 为宏循环每个基本周期的平均周期数据

传输时间; $\sum_{i=1}^{k_j} L_{ij}$ 为第 j 个基本周期的周期数据传输时间, 同时满足

$$\max \left(\sum_{i=1}^{k_j} L_{ij} \right) \leq T_{bpp} \quad (7)$$

通过不断匹配周期数据第一次出现的位置, 得到最小的目标函数值, 即周期扫描表的均匀度最优。

2.3 遗传操作

遗传操作就是对初始种群进行交叉变异后选择特性更为优良的种群作为下一代, 经过多次迭代后, 得到最优解。

2.3.1 选择

本文选择轮盘赌与跨时代精英相结合的策略选择下一次迭代的父代。在经过父代交叉变异后, 将父代与交叉变异后的子代作为一个种群, 去除不满足式 (7) 的个体, 选择种群中对目标函数更优的部分解进入下一次迭代。

2.3.2 交叉

交叉操作采用改进型交叉。首先计算出初始种群的适应度函数值, 函数值小的与小的配对, 函数值大的与大的配对, 然后将混沌序列 $x(n+1)=4x(n)(1-x(n))$ 用来确定交叉点的位置, 最后对确定的交叉相进行交叉。

2.3.3 变异

首先根据给定的变异率, 随机地选择变异的位置, 具体变异以交叉后的基因值为初值利用混沌序列 $x(n+1)=4x(n)(1-x(n))$ 进行适当次数的迭代, 得到变异后新的基因值, 从而得到新的染色体。

算法流程图如图 2 所示。

刷上耦合机油，以轴中心孔为中心，将扫查器定位于车轴端面，自动旋转 360°（一周），记录缺陷回波幅值、检测灵敏度及信噪比。检测数据显示，HXD3C 型机车车轴齿端各部位 6 个人工缺陷均能被可靠检测，缺陷回波幅值基本上都大于 70%。除 4 号人工缺陷外，其他人工缺陷的信噪比均大于 20 dB。说明此探伤方法检测能力强。

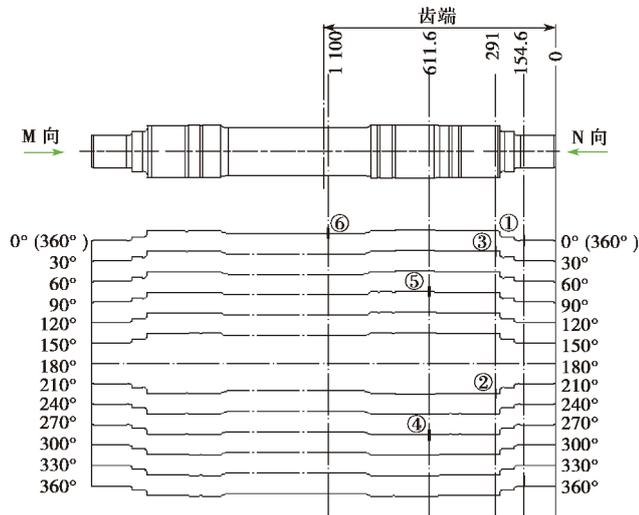


图 6 HXD3C 型机车样板车轴人工缺陷分布

3.2 探伤稳定性测试验证

对 HXD3C 型机车车轴上 6 例人工缺陷进行 10 次

表 2 HXD3C 型机车样板车轴重复性检测信息

缺陷 编号	缺陷深 度/mm	各次测试缺陷回波幅值/%										最大幅值 差值/%	最大差 值/dB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
①	1.5	74	77	80	82	78	76	81	77	82	76	8	0.89
②	1.5	67	75	69	72	77	77	78	72	74	77	12	1.32
③	2.0	80	76	72	71	78	81	75	71	82	79	11	1.25
④	1.5	67	73	67	78	70	76	71	81	72	79	14	1.65
⑤	2.0	69	74	79	79	67	75	69	82	70	80	15	1.75
⑥	3.0	71	75	73	76	80	77	64	76	64	77	16	1.94

重复性检测以测试稳定性，检测信息见表 2。检测数据显示，样板车轴上各缺陷最大回波幅值差值在 16% 以内，换算成 dB 值后不超过 2 dB，说明此探伤方法稳定性很好。

4 结语

本文介绍了一种采用先进成熟的相控阵超声探伤技术，基于轴端耦合的实心车轴超声波探伤方法。该方法具有超声覆盖全、检测效率高、检测能力强、检测效果稳定等特性，可以代替既有实心车轴手工探伤工艺；该方法能够有效检出车轴缺陷，确保轮对安全，避免因车轴故障导致运行事故发生。

参考文献：

- [1] 司万强, 马兰童, 余海军. 机车车轴超声波探伤工艺浅析 [J]. 装备制造技术, 2009(10): 158-159.
- [2] 刘宪. 内燃、电力机车在役车轴超声波探伤 [J]. 无损检测, 2006(12): 662-667.
- [3] 张闯, 陈晓冬. 基于合成孔径技术的内镜超声相控阵成像算法 [J]. 光学学报, 2014(12): 98-102.
- [4] Zhang Jie, Bruce W Drinkwater, Paul D Wilcox, et al. Defect detection using ultrasonic arrays: The multi-mode total focusing method [J]. NDT and E International, 2010, 43(2): 15-20.
- [5] 涂春磊. 多自由度超声自动检测系统若干检测问题的研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2011.

作者简介: 刘志勇 (1967-), 男, 高级工程师, 主要从事车辆开发及检修工艺工作。

(上接第 78 页)

- [2] 朱俊, 李芳, 王丽芳. 基于蚁群算法的多功能车辆周期扫描表的优化设计 [J]. 铁道学报, 2013(7): 57-62.
- [3] 王永翔, 王立德. 多功能车辆总线周期扫描表的最优化设计 [J]. 铁道学报, 2009(6): 46-52.
- [4] 郭超勇, 刘建强, 郑琼林. 350 km/h 动车组 TCN 网络周期轮询优化算法研究 [J]. 铁道学报, 2011(12): 46-50.
- [5] 陈佳凯, 韦巍. 基于多目标粒子群优化的多功能车辆总线周期性扫描表的优化 [J]. 铁道学报, 2012(11): 60-66.

- [6] 蒋瑾, 王长林. 多功能车辆总线 MVB 周期扫描表配置分析 [J]. 铁道机车车辆, 2011(3): 34-36.
- [7] 苏翔, 刘洋君, 杨健, 等. 基于混沌遗传算法的网格工作流调度应用 [J]. 计算机应用研究, 2013(9): 2645-2647.

作者简介: 沈强 (1992-), 男, 硕士, 研究方向为列车网络控制。