

运用检修

HXD1C型电力机车逆变过流故障分析

罗铁军, 徐培刚, 丁培义, 彭军华

(株洲南车时代电气股份有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘要: 介绍HXD1C型电力机车主变流器逆变电流检测及保护控制原理, 对逆变过流保护故障从电源异常(中间直流电压异常)、负载异常、控制失调三方面进行原因分析, 结合故障案例总结了各类故障参数波形特点, 提出了故障处理方法, 可为同类故障处理提供参考。

关键词: HXD1C型电力机车; TCU; 逆变器; 过流保护; 故障波形; 电机角速度; 定子磁链

中图分类号: U269.6; U264.3+72

文献标识码: B

文章编号: 1000-128X(2014)06-0104-007

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2014.06.105

HXD1C型电力机车于2009年开始陆续投入运用, 目前已经有1 000余台在我国铁路运输领域发挥着重要作用。HXD1C型电力机车作为高度国产化的交流传动重载货运电力机车, 其牵引电传动系统的平稳运用至关重要, 对该系统主要故障进行分析研究, 有助于系统优化及产品维护。

在实际运用中, 主变流器逆变电路过流保护(简称逆变过流)故障是电传动系统的主要故障之一, 该故障涉及的原因较多, 故障处理有一定难度。本文通过分析历年来的逆变过流故障案例, 对逆变过流故障的原因进行系统的分类, 研究各类故障记录数据中的特征量变化情况及其原理, 总结TCU记录的故障参数波形的特点和分析方法, 从而指导现场检修人员利用故障参数波形分析, 结合有效的故障处理方法快速定位故障范围, 缩短故障处理时间。

1 逆变电流控制原理

HXD1C型电力机车采用 C_0-C_0 轴式, 每个转向架3台电机由相应的主变流器控制, 逆变电路采用轴控方式, 其中1个转向架的逆变电路见图1。以第1轴为例, 逆变器输出的U、V相逆变电流分别由电流传感器LH4、LH5检测, 然后将检测信号送入对应转向架主变流器内的传动控制单元(TCU)。W相电流由TCU根据U、V相电流计算得出。TCU1的1~3轴对应控制牵引电机M1~M3, TCU2的1~3轴对应控制牵引电机M6~M4^[1]。

逆变输出电流的检测及控制流程见图2。

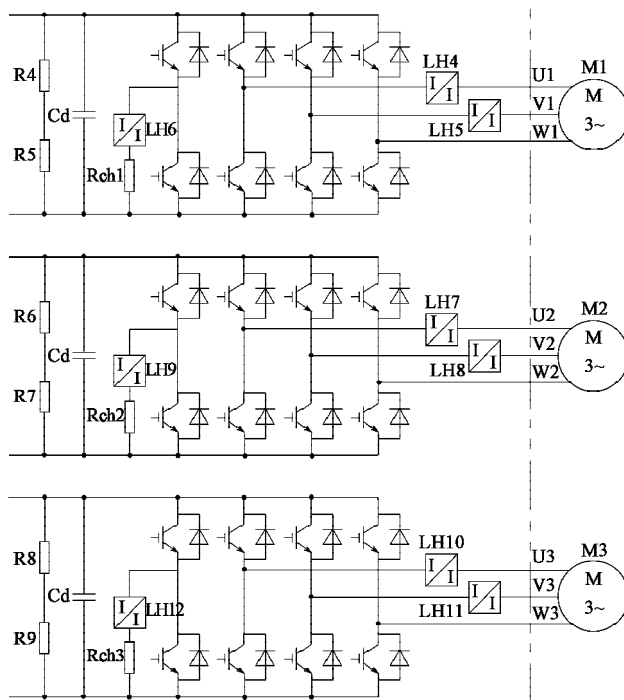


图1 HXD1C 机车逆变电路

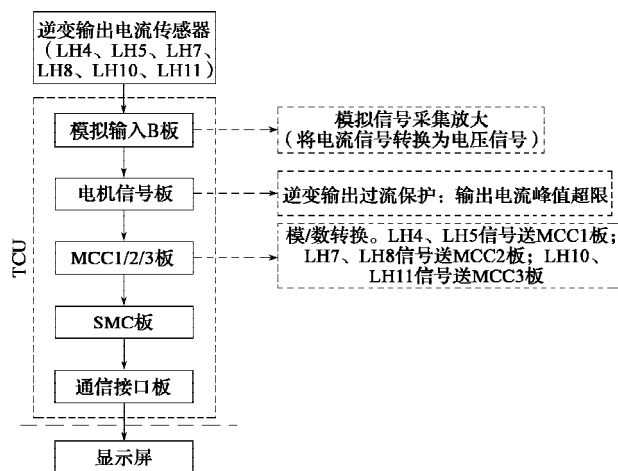


图2 逆变电流信号检测及控制流程

如图2所示, 输出电流传感器检测逆变输出电流, 输出电流感应信号给TCU, TCU中的模拟输入B板负责采集信号, 将电流感应信号转换为电压信号送给电机信号板; 电机信号板负责监测、保护, 当逆变输出电流峰值超限时, 报逆变过流故障, 同时封锁相应轴逆变脉冲进行保护; 电机控制板(MCC)负责进行模-数转换, 之后由系统通信控制板(SMC)与通信接口板将逆变过流故障信息传到网络, 最后将逆变过流的故障信息在显示屏上显示出来^[1]。

逆变触发脉冲信号流程见图3, 由MCC板产生逆变控制PWM信号, 经电机信号板保护环节传送给脉冲转换板, 脉冲转换板放大后传送给变流器模块中的脉冲分配板。脉冲分配板具有封锁脉冲的保护功能, 同时将电信号转换为光信号传给门极驱动板, 门极驱动板将光信号转换为电信号, 并将其用于驱动IGBT元件的开通与关断^[1]。

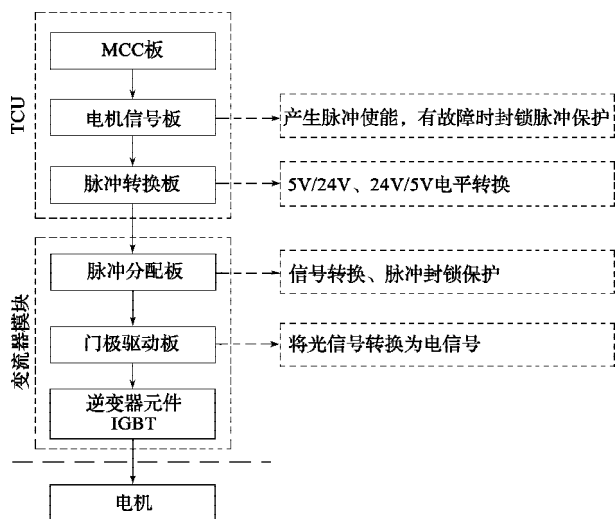


图3 逆变触发脉冲信号流程

2 逆变过流案例分析

根据逆变电流控制原理及逆变过流故障案例分析, 逆变过流的原因可分为3类:

①电源异常(中间直流电压异常): 对于电压型交直交变流系统, 前端交直变流器+中间直流环节可以等效为一个电压源, 构成逆变器输入电源。中间直流电压如果大幅度波动可能导致逆变过流。

②负载异常: 鼠笼式三相异步牵引电动机是逆变器的负载。电动机的电气方面问题例如缺相、匝间短路等, 以及机械方面问题例如卡滞、堵转等, 都可能造成逆变过流。

③控制异常: 与逆变控制有关的电机速度、逆变电流、中间直流电压等信号异常, 以及TCU中进行信号处理及逆变控制的插件及电路板故障, 都可能造成逆变控制失调, 导致逆变过流。

参数辨识是故障诊断的重要手段, TCU中记录有逆变过流故障数据, 通过地面分析软件可解析出包含中间直流电压、电机角速度、转差、定子磁链、逆变电流等多个特征量的波形, 对波形特征的识别和分析可作为故障诊断的重要依据。

2.1 电源异常

逆变器输入电源(中间直流电压)出现较大幅度的变化会引起逆变控制失调。造成中间直流波动的原因很多, 有四象限整流电路、中间直流电路及二次谐振电路异常等因素。

典型案例1(谐振电容): 2013年6月4日, HXD1C 0472机车报TCU2第4轴逆变过流和TCU2充电超时故障, 经查故障原因为二次谐振电容C7鼓包。下载故障数据分析(见图4), 发现由于谐振电容容量减少, 中间直流电压波形上叠加有100 Hz的脉动波形, 故障时刻谐振电容击穿放电, 中间直流电压有一个大幅度的“挖坑”现象, 引起逆变控制失调, 出现逆变过流故障。充电超时故障属于后续的从属故障: 当系统复位重启时, 由于

谐振电容已损坏, 阻值较低, 中间直流电压在规定时间内充不上去, 即报出充电超时。

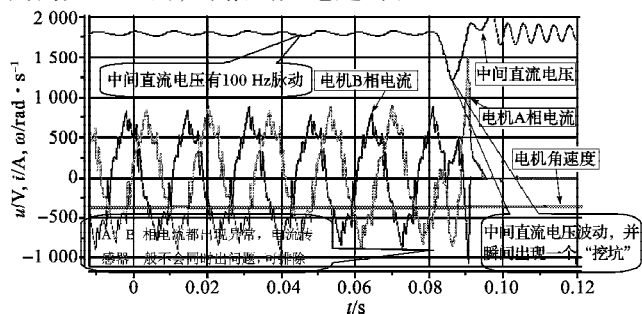
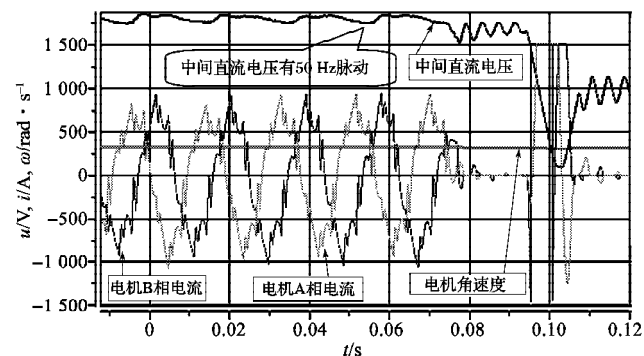


图4 HXD1C 0472机车第4轴电机逆变过流故障波形

故障时刻中间直流电压瞬间低于1 650 V, 但由于时间只有约10 ms, 没有触发中间直流电压欠压保护。

典型案例2(支撑电容): 2013年8月24日, HXD1C 0703机车报TCU1主电路接地及第1、2、3轴电机逆变过流、充电超时故障。经查原因为第3轴电机整流、逆变模块上的支撑电容鼓包。分析故障数据(图5)发现, 由于支撑电容容量减少, 中间直流电压波形上有50 Hz的脉动波形; 故障时中间直流电压在5 ms内迅速降低到100 V左右, 由于电压过低, 电机剩磁通过逆变模块IGBT内的二极管反灌回中间直流环节, 电流传感器检测到相应电流, 3个轴同时报出逆变过流, 同时报主接地故障。充电超时为从属故障。

图5 HXD1C 0703机车第1轴逆变过流故障波形
(2、3轴波形相同)

典型案例3(整流模块): 2010年4月6日, HXD1C 0155机车报TCU1的第1、2、3轴电机逆变过流, 故障原因为第1轴整流模块IGBT烧损。分析故障数据(图6), 发现故障时刻中间直流电压在10 ms内迅速降低到100 V左右, 导致电机剩磁反灌过流。

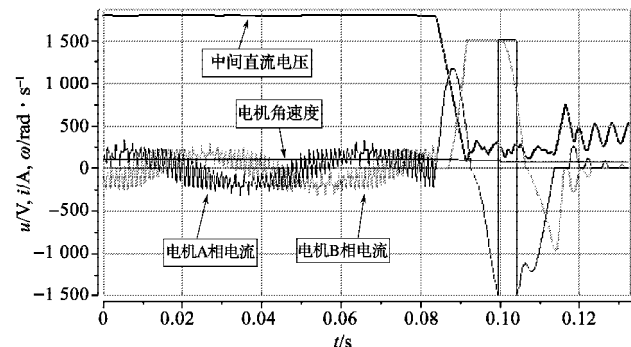


图6 HXD1C 0155机车第1轴电机逆变过流故障波形