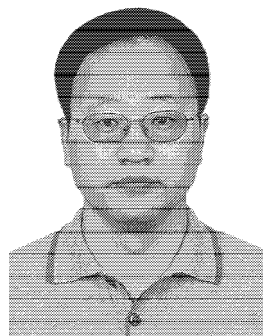


研
究
开
发

HXD2型和HXD2B型电力机车 电传动系统技术比较

董 明¹, 姜悦礼²

(1. 中国北车集团大同电力机车有限责任公司, 山西 大同 037038;
2. 中国北车股份有限公司大连电力牵引研发中心, 辽宁 大连 116022)



作者简介: 董 明(1967-), 男, 高级工程师, 从事机车电气、组装的工艺管理工作。

摘 要:介绍了大同电力机车有限责任公司近年来通过技术引进的2种“和谐”型系列电力机车的基本情况, 对机车的基本技术参数进行了分析, 对电传动系统的基本特点、技术数据、技术平台情况等进行了比较, 可为我国交流传动电力机车的电传动系统技术平台的开发提供借鉴和帮助。

关键词: HXD2型电力机车; HXD2B型电力机车; 电力牵引; 电传动; 牵引传动; 辅助传动; 网络控制; 技术比较

中图分类号: U264.2+23; U264.43 文献标识码: A 文章编号: 1000-128X(2013)05-0045-04

Technology Comparison of HXD2 and HXD2B Locomotive Electric Drive System

DONG Ming¹, JIANG Yue-li²

(1. CNR Datong Electric Locomotive Co., Ltd., Datong, Shanxi 037038, China;

2. Dalian Electric Traction Research & Development Center, Dalian, Liaoning 116022, China)

Abstract: Basic situation of the two harmonic series electric locomotive introduced by Datong Electric Locomotive Co., Ltd. was described. Technology parameter of the locomotives was analyzed, and characteristic, technical data and platform of electric system were compared, which could provide idea and help for domestic AC electric locomotive electric drive system technical platform development.

Key words: HXD2 locomotive; HXD2B locomotive; electrical traction; electric drive; traction driving; auxiliary driving; network control; technology comparison

0 引言

2004年以来,在铁道部的统一部署下,以HXD1、HXD2、HXD3型为代表的新一代大功率交流传动电力机车大规模应用于中国干线铁路货物运输。2006年,铁道部又采购了HXD1B、HXD2B、HXD3B型大功率电力机车。在为满足快速增长的货物运输的需要的同时,我国铁路运输装备技术和产品水平也得到极大提高。

在“和谐”系列电力机车中,180台HXD2型电力机车和500台HXD2B型电力机车由中国北车集团大同电力机车有限责任公司提供。HXD2型电力机车由中国北车集团大同电力机车有限责任公司与法国阿尔斯通公司在PRIMABB43700型电力机车的基础上联合开发。HXD2B型电力机车则基于阿尔斯通PRIMA6000的原型车开发。

这2种机车都是基于阿尔斯通的PRIMA家族机车

技术平台,采用了两大关键技术: ONIX牵引传动系统技术和AGATE微机控制、监控及故障诊断系统技术。机车采用标准化、模块化设计思路,具有恒功范围宽、轴功率大、粘着特性好、适用范围广等优点。本文就这2种机车的电传动系统技术平台进行技术分析。

1 机车总体主要技术数据

HXD2型电力机车为8轴电力机车,由2节机车组成。轴功率1 200 kW,总功率9 600 kW,轴重按25t/23t设计,通过增减车内配重可实现轴重的转换。

HXD2B型电力机车为6轴电力机车,轴功率1 600 kW,总功率9 600 kW。

2种机车主要技术数据对比见表1。

2 机车电传动系统拓扑结构

HXD2型电力机车和HXD2B型电力机车的电传动系

表1 机车主要技术数据对比

主要技术指标	HXd2	HXd2B
轴式	2(B ₀ -B ₀)	C ₀ -C ₀
轴功率/kW	1 200	1 600
轴重/t	23/25	25
机车总重/t	184/200	150
车钩中心距/mm	19 075	22 960
转向架固定轴距/mm	2 600	2 250+2 000
最高速度/km·h ⁻¹	120	120
23t持续速度/km·h ⁻¹	70	-
25t持续速度/km·h ⁻¹	65	76
轮轴牵引功率/kW	10 000	9 600
轮轴电制动功率/kW	10 000	9 600
23t启动牵引力/kN	700	-
25t启动牵引力/kN	760	584
23t持续牵引力/kN	514	-
25t持续牵引力/kN	554	454
23t牵引恒功速度范围/km·h ⁻¹	70~120	-
25t牵引恒功速度范围/km·h ⁻¹	65~120	76~120
23t最大再生制动力/kN	470	-
25t最大再生制动力/kN	510	400
23t制动恒功速度范围/km·h ⁻¹	76.6~120	-
25t制动恒功速度范围/km·h ⁻¹	70.6~120	86~120
23t最大再生制动力速度范围/km·h ⁻¹	10~76.6	-
25t最大再生制动力速度范围/km·h ⁻¹	10~70.6	5~86

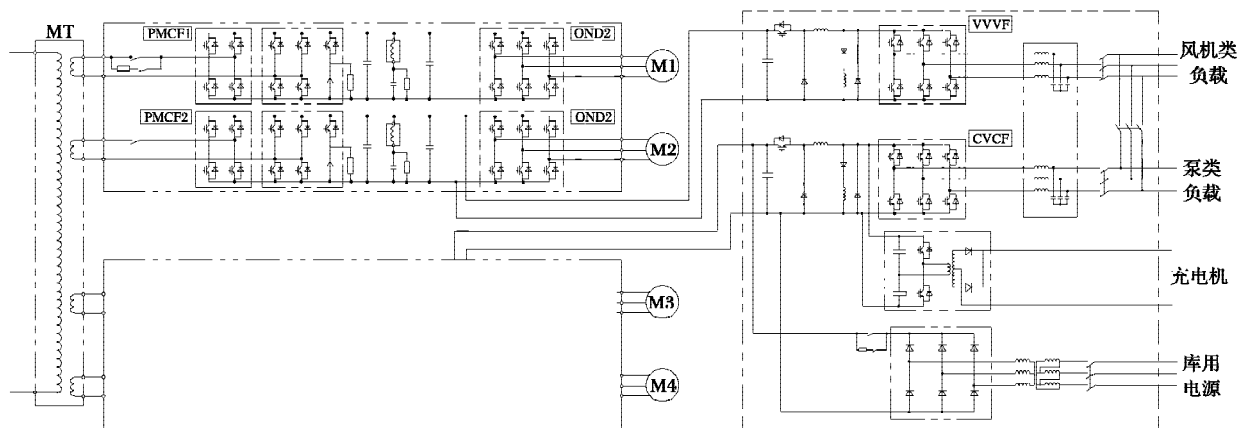


图1 HXd2型机车单节机车电传动系统电路原理简图

充电机供电。在DC 545 V中间直流环节还接有过压抑制电路,由晶闸管功率元件、电抗器和控制电路组成,通过斩波限压将能量消耗在滤波电抗器上。三相辅助逆变器将直流电逆变成三相交流电,再通过三相滤波电抗器的抑制,分别输出变压变频交流电或定压定频交流电,为三相负载电路供电。

充电机电路供电同样来自于斩波后的电路,通过电容器组成的半桥电路和IGBT组成的半桥电路共同组成的单相半控桥逆变电路,将DC 540 V逆变成交流方波电源,开关频率10 kHz,通过高频变压器变压,在经过全波整流、滤波后输出DC 110 V的电压为机车蓄电池充电,以及为整车控制电路供电。

2.2 HXd2B型机车

HXd2B型机车由3个主变流器柜组成,每个主变流器柜的主电路和控制电路相对独立,3个主变流器柜向

统都采用主辅逆变器共用中间直流环节的电路结构,这里分别进行分析。

2.1 HXd2型电力机车

HXd2型电力机车由2节完全相同的机车组成,2节机车的电传动系统完全一致,以下仅以一节进行说明。

机车牵引变压器有4个独立的二次侧绕组,这4个牵引绕组分别为2个主变流器柜供电。每个主变流器柜内有2套主变流器,每套主变流器的1个四象限整流器由独立的牵引变压器供电,每个四象限整流器输出给1个中间直流环节,每个中间直流环节向1个电压型牵引逆变器供电,每个牵引逆变器向1台异步牵引电动机供电。

单节机车主电路由4组互相独立的主变流器组成,每组主变流器通过1台牵引电动机驱动1根传动轴,实现机车的轴控方式。另外,在2个主变流器内中的1套中间直流环节还向辅助逆变器供电。

单节机车牵引系统电路原理简图如图1所示。

来自主变流器中间直流环节的DC 1 800 V电压通过输入熔断器和RC吸收电路,送到斩波电路,通过高频斩波控制和滤波电路将DC 1 800 V电压变换为稳定的DC 545 V中间直流环节电压,为三相辅助逆变器和

6台牵引电动机和整车辅助系统提供交流变频电源。

每个主变流器柜由2个四象限整流器、2个牵引逆变器组成,它们分别独立使用1套中间直流环节。2个主变流器分别向2台牵引电动机供电,牵引电动机可以是同一转向架的,也可以是不同转向架的。

在一个辅助变流器柜内有2套辅助变流器,2套辅助变流器的电源分别取自主变流器柜中2和5位主变流器的中间直流环节,其输出经后续的辅助隔离变压器、滤波环节等向机车辅机供电。

HXd2B型机车牵引系统电路原理简图如图2所示。

来自主变流器中间直流环节的DC 3775 V电压通过三相辅助逆变器逆变为1 465 V三相交流电,再通过三相变压器降压为三相AC 400 V电压,并通过集成在三相变压器内的滤波电抗器的抑制,分别输出变压变频交流电或定压定频交流电,为三相负载电路和充电机

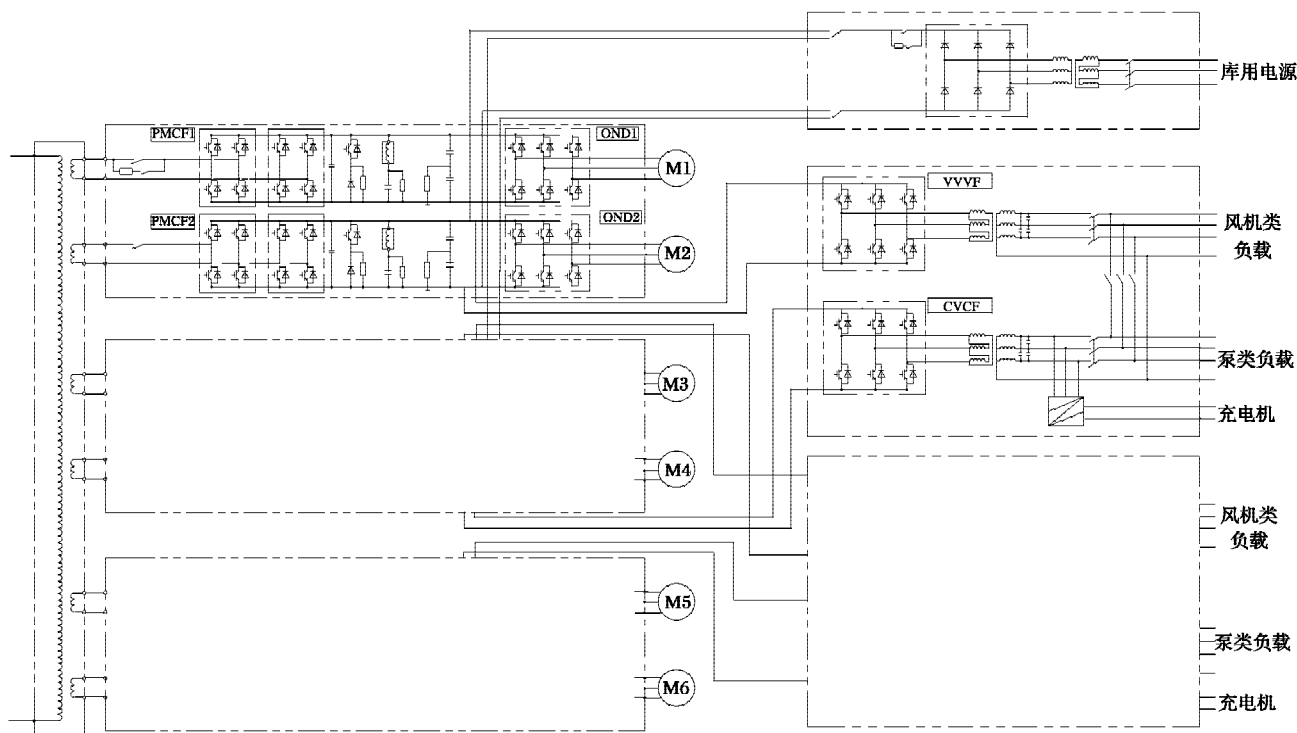


图2 HXd2B型机车电传动系统电路原理简图

电路供电。

充电机电路将AC 400 V电压通过整流、逆变、降压、整流为DC 110 V的电压为机车蓄电池充电,以及为整车控制电路供电。

3 机车电传动系统的主要技术参数

2种电力机车电传动系统的主要技术参数对比如表2。

4 电传动系统的技术平台

4.1 主变流器结构技术平台

在这2种机车的电传动系统电路结构中,每个主变流器都是由四象限脉冲整流器、中间直流环节和三相逆变电路组成。每个中间直流环节由二次滤波环节、储能环节、测量及保护环节构成。二次滤波环节由二次滤波电抗器和二次滤波电容器串联成谐振电路,以过滤四象限脉冲整流器输出电压中的100 Hz交流分量,抑制中间直流环节的电压脉动。储能环节由支撑电容器及放电电阻组成,主要起稳定中间直流环节电压,向牵引电机提供无功功率的作用,同时可对四象限脉冲整流器和电机逆变器产生的高次谐波进行滤波。瞬时过压抑制器电路在中间直流环节电压过高时,利用过压抑制器进行斩波限压。

ONIX(ONline Information eXchange)是主变流器技术平台。ONIX系统由PALIX模块、滤波电容器、汇流母线及其控制和调节元件组成,其中PALIX模块是由固定在一起的几个IGBT模块集合而成的插入式模块。在ONIX系统中,PALIX模块主要有:三相输出逆变器用

PALIX模块(6个IGBT模块);输入四象限变流器一侧用的PALIX模块;输入四象限变流器另一侧用的PALIX模块;电阻制动用制动调节器(1个IGBT模块与1个二极管模块相连接)。对于主变流器还包含了2个水冷回路,每一水冷回路有1台循环泵、1个强迫风冷空气冷却器和3个并联的PALIX模块。为抑制2次谐波,每一传动支路上有1台二次滤波器连接在网侧变流器的输出端上。

4.2 主变流器控制技术平台

在这2种机车中,都采用了阿尔斯通AGATE(Advanced General Aviation Transport Experiments)技术平台的牵引控制装置。该装置是一种先进的电子控制装置,专门用于控制四象限变流器及电压源逆变器。基于大规模集成电路和双32位微处理器的使用使之在可靠性及控制性能等方面获得大大提高。高性能的主处理器提供信号处理、快速计算和功率监视功能。其中,Intel I960CA微处理器用于主变流器的总体监控,Texas IMS320C31信号处理器用于快速计算和精确的功率控制。

主要的控制功能有:采用了矢量控制算法的异步电机的牵引及制动控制;先进的防空转、防滑行控制;用于电力电子控制的信号监测。

主要的通信功能有:通过与Windows相兼容软件实现友好的用户界面;通过用于增强监视能力的各种与所有的AGATE产品通信;在同功率机车之间或不同机车车辆之间进行通信。

主要的维护方式有:用于诊断和参数设置的人机界面;高等级的自测能力;使用便携式电脑与之通信,

表2 电传动系统的主要技术参数

部件	主要技术指标	HXd2	HXd2B
系统结构	牵引变压器数量	1 × 2	1
系统结构	主变流器柜数量	2 × 2	3
系统结构	辅助变流柜数量	1 × 2	2
牵引变压器	高压绕组额定容量 /kVA	6 456	12 600
牵引变压器	高压绕组额定电压 /V	25 000	25 000
牵引变压器	高压绕组额定电流 /A	258	504
牵引变压器	牵引绕组额定容量 /kVA	904 × 4	2 100 × 6
牵引变压器	牵引绕组额定电压 /V	950 × 4	2 100 × 6
牵引变压器	牵引绕组额定电流 /A	1 699	1 000
牵引变压器	二次滤波电抗器 /mH	0.500 × 4	0.633 × 4
牵引变压器	辅助电抗器 /mH	4.5 × 2	—
主变流器	额定输入电压 /V	950	2 100
主变流器	额定输入电流 /A	1 699	1 000
主变流器	最大输出电压 /V	DC 2 100	DC 4 200
主变流器	中间直流环节电压 /V	DC 1 800	DC 3 775
主变流器	中间支撑电容 /mF	1 × 3	1 × 3
主变流器	二次滤波电容 /mF	2.540 × 2	1.333 × 3
主变流器	输出电压 /V	0~1 390	0~2 945
主变流器	输出电流 /A	620	376
主变流器	输出频率 /Hz	0~141	1~140
主变流器	IGBT 功率元件	3 300 V/1 200 A	6 500 V/600 A
主变流器	开关频率 /Hz	800	500
牵引电动机	额定功率 /kW	1 275	1 650
牵引电动机	额定电压 /V	1 391	2 945
牵引电动机	额定电流 /A	620	376
牵引电动机	额定转速 /r · min ⁻¹	1 499	1 753
牵引电动机	最高转速 /r · min ⁻¹	2 768	2 768
牵引电动机	额定转矩 /Nm	7 555	8 900
牵引电动机	最大启动转矩 /Nm	11 148	11 422
牵引电动机	恒功转速范围 /r · min ⁻¹	1 499~2 768	1 753~2 768
辅助变流器	电路结构型式	单管斩波器降压	三相逆变器
		+ 三相逆变器	+ 降压隔离变压器
		+ 三相 LC 滤波	+ 三相 C 滤波
辅助变流器	额定输出容量 /kVA	135	160
辅助变流器	最大输出容量 /kVA	200	170
辅助变流器	变频输出模式(V/Hz)	380/50、304/40 和 190/25	400/50、324/44、256/40 和 100/25
辅助变流器	定频输出模式(V/Hz)	380/50	380/50
辅助变流器	IGBT 功率元件	3 300 V/1 200 A	6 500 V/400 A
辅助变流器	开关频率 /Hz	750	500
充电机	输入电压 /V	DC 540	AC 400
充电机	输出电压 /V	110	110
充电机	额定输出功率 /kW	14	12.5

下载事件及错误记录及以前的维护数据。

4.3 技术平台的技术经济优势

一方面,采用单轴独立控制,即轴控方式可以很方便地进行轴重转移补偿,最大限度地实现粘着利用;另一方面,当一组主变流器或牵引电动机发生故障时,可以方便地实施故障隔离运行,牵引力只损失 1/8 或 1/6,有利于机车在故障情况下的运用。

采用牵引传动系统和辅助传动系统共直流电路的技术方案,一个突出的好处是,在机车过分相时,可以通过对牵引逆变器的逆变控制使直流侧不断电,实现辅助系统的不间断供电。不足之处在于,当中间位主变流器的整流部分或中间直流环节发生故障时,一个

辅助变流器柜内有 2 套辅助变流器无法工作,影响较大。另外,在正常再生制动时将再生的能量用在辅助系统中,可提高机车再生制动时的能量利用率,提高机车的整体效率。

5 结语

通过以上对机车电传动技术平台的技术分析,可以得到如下基本结论。

①电力机车牵引传动系统采用轴控技术,不仅有利于牵引力的发挥和防空转、防滑行等,而且还有利于在机车实施牵引启动或重载运行时,有针对性地将机车的牵引力在牵引电动机上再分配,进行轴重转移和补偿,最大限度地发挥牵引电动机的牵引力和轮轨粘着系数,实现机车运输货物能力的提高。

②两轴主变流器结构集中是该 2 种机车主变流器柜的突出优点,表现在结构紧凑、维护简单,又便于灵活应用于各种轴式的机车,是该电传动平台的一个突出特点。

③牵引传动系统在控制上以机车的牵引、制动控制特性要求为目标,完成机车逻辑控制、牵引制动特性和功率控制等,其核心是主变流器。该主变流器的特点主要是结构型式的集约化、模块化。

④辅助传动系统的电源来自于主变流器的中间直流环节,采用直交型辅助变流器,直接利用辅助逆变器进行逆变,然后再经降压变压器降压滤波获得辅助交流电。可以

在正常再生制动时将再生的能量用在辅助系统中,提高机车再生制动时的能量利用率及整体效率,符合节能的发展方向。

参考文献:

- [1] 宁如斌,杨俊杰,赵明元. HXd2 型交流传动重载货运电力机车[J]. 机车电传动, 2008(1): 7-11.
- [2] 任广慧,杨桂彬. HXd2B 型机车牵引电传动系统[J]. 内燃机车, 2010(11): 21-23.
- [3] 于明东. HXd2B 型电力机车微机网络控制系统[J]. 电力牵引与控制, 2012(1): 30-35.
- [4] 张曙光. HXd2 型电力机车[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.

