

专题情报资料

国外三相交流传动高速列车

铁道部株洲电力机车研究所科技信息中心

1998年3月

编 者 的 话

我们当初在编写《国外三相交流传动电力机车总览》时,就萌生了介绍国外三相交流传动电动车组的愿望。现在,这一愿望终于实现了。

鉴于国外采用三相交流传动技术的电动车组型号较多,因此,除具有划时代意义的德国铁路城间试验列车 ICE/V 外,本专题资料仅介绍速度在 250 km/h 以上、且已投入正式运营的三相交流传动电动车组。这样,这份名为《国外三相交流传动高速列车》的专题资料共介绍了 5 个国家的 10 种车型。从某种意义上说,这份专题资料是《国外三相交流传动电力机车总览》的姊妹篇。

本专题资料的编写人员是:

王渤洪——德国铁路 ICE/V 和 ICE 型;

易厚梅——日本新干线 300 系和 500 系;

谭学斌——法国国营铁路 TGV-A、TGV Eurostar 和意大利国家铁路 ETR500 型;

刘旭君——德国铁路 ICE2 型和瑞典国家铁路 X2 型;

彭海霞——法国国营铁路 TGV2N。

我们在资料编写过程中,得到了蒋家久、赵熙雍、丁荣军、刘连根和王挺泽等五位专家的帮助,他们分别审阅了其中的部分内容,并提出了宝贵意见。在此,我们表示衷心感谢。

由于我们掌握的资料不够全面,尤其缺少列车通信等方面的资料,因而对大部分车型的介绍过于简单;更由于我们水平极其有限,尤其是专业知识十分贫乏,故而资料中的错误必有不少。有鉴于此,敬请各位批评指正。

编 者

1998 年 3 月

目 录

德国铁路城间高速试验列车 ICE/V	(1)
德国铁路系列型城间高速列车 ICE	(51)
德国铁路新一代高速列车——ICE2	(113)
日本新干线 300 系高速列车	(127)
日本新干线 500 系高速列车	(173)
法国国营铁路 TGV-A 高速列车	(187)
法国国营铁路双层高速列车 TGV2N	(209)
TGV Eurostar 高速列车	(218)
意大利国家铁路 ETR500 型高速列车	(230)
瑞典国家铁路 X2 型高速列车	(242)

德国铁路城间高速试验列车 ICE/V

1 概述

1.1 开发背景及经过

铁路高速客运是一个庞大的系统工程,各国都是按各自的具体条件,确定本国发展高速运输的模式。

德国铁路(DB)为了能与其它交通工具竞争,在70年代德国政府联邦技术研究部(BMFT)和联邦交通部就确定了发展高速铁路的目标并制定了轮轨技术研究大纲。要求未来高速客运列车的速度是小汽车速度的2倍,是飞机速度的一半。为此需要有合适的高速机车车辆。在新建线路上能按预定的最高速度,至少以250 km/h速度行驶,并能承受新建线路(隧道)的特殊条件。在BMFT大力资助和领导下,DB根据统一规划,组织各有关生产企业、研究单位和高等院校进行了系统的研究、论证和试验,于1981年正式提出研制ICE/V的合同。1985年3月制造了第一台ICE/V动车,同年9月制造了全部试验拖车并组成一列完整试验列车。1985年11月26日是DB成立150周年纪念日,ICE/V在这一天作了示范运行。ICE/V在后来的试运行中突破了300 km/h速度大关,创下了317 km/h的运行纪录;1988年5月1日其最高运行速度突破400 km/h大关,创造了406.9 km/h的新纪录。

ICE/V不仅是以后在新建线路上运行的ICE高速列车的重要里程碑,同时也表明了德国机车车辆工业具有很强的竞争能力和向国内、外销售高速机车车辆的可能性,从而巩固了在今后国际合作设计中的地位。ICE/V也为今后开发欧洲高速铁路网用的动车组起了示范作用。

1.2 从RS-VD到ICE/V列车

自1972年起,在联邦技术研究部的领导下,利用轮轨技术研究中取得的大量知识集中地对铁路基础技术作了系统研究。与此同时提出了德国联邦铁路和有关工业企业发展高速列车的规划。1978年年底DB制定了最高速度为250 km/h的高速列车要求目录。

1979年秋BMFT根据DB及有关工业企业提出的方案,提出了设计最适合当时试验区段EVA(赖讷—施佩伦—弗雷隆)的轮轨系统试验和示范列车RS-VD的任务。DB及有关工业企业提出的方案是T4(用2台六轴电动车的电动车组)、T8(用2台四轴动车和1台四轴辅助动车的电动车组)和W7(用2个动车组单元组成的电动车组)。

对RS-VD列车提出的主要任务是“试验”和“示范”,即:

- ①用350 km/h最高速度来试验动车、拖车、线路、供电、受流、控制技术及其相互作用;
- ②在实际运行条件下对各部件进行试验,以补充在实验室和试验台上进行的试验;
- ③验证按BMFT研究大纲进行的理论研究的结果;
- ④示范今后铁路高速客运的可能性;
- ⑤与有竞争力的运输系统(例如磁悬浮列车)作系统对比;
- ⑥示范德国的工业能力。

花了5个月的时间就列车运行阻力、功率基本参数、粘着值利用、动车和拖车、走行装置、

电气装置、制动设计和车体材料等作了深入论证。最后确定选用如图 1 所示的方案。并对列车的空气动力学、动车和拖车横截面积和拖车内部布置提出了严格要求。

1981 年 3 月提出了技术设计阶段的结果。

BMFT 希望 DB 在 1981 年 7 月~8 月对工业企业提出的开发、研制 RS-VD 列车的建议作出评价。经过长期的投资协商,1982 年 8 月 DB 董事会决定参与 RS-VD 列车的投资,并明确指出,RS-VD 列车是今后高速列车设计的蓝本,今后将用于 DB 的 IC 线路和过境运输。随着对 RS-VD 列车要求的用途增多,于 1982 年 9 月正式将 RS-VD 列车更名为 ICE/V (Inter-city Experimental),从此 ICE 闻名全球。

1982 年还开始了 ICE/V 设计前期工作,此时部分利用了技术设计阶段所作的参数计算结果。并确定:

①动车的机械部分由 Krupp 公司牵头,有 Krauss-Maffei 公司和 Thyssen-Henschel 公司参加的联合集团负责;

②拖车的机械部分、车内布置和空调设备由 MBB 公司负责;

③动车和拖车的电气设备由 Siemens 公司、BBC 公司和 AEG 公司合作生产,由 Siemens 公司负责协调;

④DB 负责协调制动设备和诊断装置等的设计和制造工作。

当时预计至 1985 年交付 ICE/V 为止共需投资 770 万德国马克,其中 BMFT 提供 440 万、机车车辆工业部门提供 160 万和 DB 提供 170 万。

最初 ICE/V 确定为 5 辆车组成为一个单元,即 2 台动车、2 辆为了示范有不同车内装置的座席客车和 1 辆测量车组成。测量车的结构与 2 辆示范座席客车中的 1 辆车相同,它在完成其测量任务后可改装成座席客车。

ICE/V 列车的型号为 410/810。1984 年 2 台动车车体制造好后,在交付安装设备之前由明登联邦试验所按规定作了压力负荷试验。1984 年 10 月安装动车的电气设备。1984 年开始安装拖车的设备,1985 年 9 月动车和拖车交付给 DB。接着投入验收运行。从 1986 年 1 月 1 日起 ICE/V 投入试运,作进一步的试验,以确保今后 ICE 系列车的开发和制造。

ICE/V 列车外观特点是车头的造型有很好的空气动力学性能,拖车车窗由透明车窗和盲窗组成贯穿全列车的车窗带。车顶涂刷浅灰色漆、车体下部裙板涂刷石英灰色漆。列车纵向刷紫红色带,突出了 ICE/V 的列车单元及其特色。

ICE/V 的主要参数如表 1 所示。

2 ICE/V410 型动车驱动设备的工作能力

在给定条件下按前期研究的结果,得出高速列车采用动车组编组方式,即列车首尾各 1 台动车,中间是拖车。设计任务书要求驱动设备按以下 2 种使用情况来设计:

1) E.V.A. Fahrzeug



2) Einsatz auf ausgewählten DB-Strecken



图 1 RS-VD 列车的方案

1) 适用于 EVA 试验区段的列车

电流制: 15 kV 16% Hz; 车轮上最大功率: 2×4.2 MW; 变压器持续功率: 2×3.2 MVA; 编组 1a: $V_{\max} = 350$ km/h; 1b: $V_{\max} \approx 340$ km/h

2) 适用于选定 DB 线路的列车

电流制: 15 kV 16% Hz; 车轮上最大功率: 2×4.2 MW; 变压器持续功率: 2×3.2 MVA; 编组 TK+6W+TK; 座位数: 约 400~400 (分别按舒适等级); $V_{\max}$ (5%): 300 km/h; 标准线上的旅行速度: $V_{\max} = 320$ km/h

表 1 ICE/V 列车的主要技术数据

ICE/V 列车		空气制动	克诺尔空气制动
型号	410/810		KE-R-E-Wb(D)el 盘形制动
编组		电力制动	再生制动, 线性涡流制动
• 试验	TK+M(D)+TK	停车制动	弹簧储能制动
• 示范	TK+M+D1+D1+TK	1 台动车的最大功率	
电流制/kV, Hz	15/16%	• 牵引电动机/kW	4 200
机车车辆限界	UIC505	• 主变压器/kVA	5 120
轴式	Bo'Bo'+3·2'2'+Bo'Bo'	• 变流器/kW	7 600
轨距/mm	1 435	1 台动车的持续功率	
最高速度/km·h ⁻¹		• 牵引电动机/kW	3 640
• 试验	350	• 主变压器/kVA	3 480
• 示范	300	• 主流器/kW	7 600
• 运行	250	持续功率时轮周牵引力/kN	120
平均运行加速度/m·s ⁻²	0.6	最大起动牵引力/kN	135
可通过的最小曲线半径/m	120	电制动功率/kN	6 600
列车长度(带 3 辆拖车)/m	约 114	制造厂	
座席数/个		机械部分	Krauss-Mafffer, Krupp, Thyssen-Henschel
• 一等	60	电气部分	AEG, BBC, Siemens
• 二等	27	拖车	
动车		型号	
型号	410	• 示范车 D1	810001-8
轴式	Bo'Bo'	• 示范车 D2	810002-6
自重/kg	78 200	• 测量车 M	810003-4
缓冲器间长度/mm	20 810	轴式	2'2'
车体宽度/mm	3 070	自重/kg	
车顶最大高度/mm	3 820/3 650	• 示范车 D1	46 600
转向架中心距/mm	11 460	• 示范车 D2	45 000
转向架固定轴距/mm	3 000	• 测量车 M	50 540
最大轴重/kg	19 600	缓冲器间长度/mm	24 340
簧下质量/kg		距轨面 1 335 mm~1 800 mm 处车体宽度/mm	2 930
• 一系簧上质量	11 698	距轨面地板高度/mm	1 150
• 二系簧上质量	58 796	距轨面车体最大高度/mm	3 650
轮径/mm		转向架中心距/mm	17 000
• 新的	1 000	转向架固定轴距/mm	2 800
• 磨耗的	950	轮径/mm	
机械传动装置	万向节空心轴传动	• 新的	920
传动比	1.9	• 磨耗的	870

①列车由 1 台动车+测量车+1 台动车组成时,在长约 23 km 的试验区段上列车应达到 350 km/h 的最大速度。列车的起动功率和制动减速度能力应能在较短区段上至少以最大速度运行 30 s。

②列车由 1 台动车+6 辆拖车+1 台动车组成时,在 DB 选定的线路上应达到 300 km/h 的最大速度。

在“试验运行”时要求列车有与规定试验条件相应的工作能力。结合变流设备条件得出的牵引力-速度特性曲线如图 2 所示。起动范围的起动牵引力为 270 kN,至额定点时下降至 240 kN;而恒功范围是 8 400 kW 的功率双曲线。就三相交流传动的动车而言,在起动牵引点上可利用的静态粘着系数 $\mu=0.17$ 是较低的,但对于试验列车(TK+M+TK)来说,应给出的加速度应在 1.2 m/s^2 以上。对编组为 TK+6M+TK 的编组来说,在站间距离很大时在平道上用 0.6 m/s^2 的起动加速度足以达到最大速度。

按技术任务书的要求,8 辆车的列车在速度 300 km/h 时剩余牵引力应有约 5‰坡道上的牵引力。采用图 2 所示的牵引力-速度特性曲线可满足这一要求。

制动运行时的能流方向与牵引运行时的相反,因此网侧变流器和电机侧变流器半导体元件会有不同的负荷状态。制动功率必须按标准运营作合理设计,为此采用 6 600 kW 的电气再生制动功率,它在功率双曲线范围内。当然通过努力还可以提高制动功率,但在这一给定的条件下,制动功率总是小于牵引功率。

在低速范围内希望有的制动力及其变化(图 2)不要求制动运行时的粘着系数利用大于 $\mu=0.12$ 。

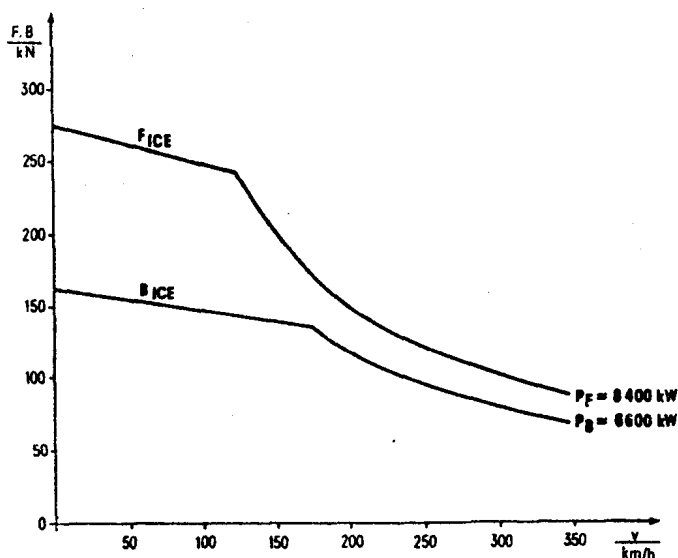


图 2 牵引力和制动力特性曲线

F_{ICE} ——牵引力-速度特性曲线, $P_F=8\,400\text{ kW}$

B_{ICE} ——制动力-速度特性曲线, $P_B=6\,600\text{ kW}$

3 系统设计

ICE/V410 型动车主电路以被证实是可靠的 E120 电力机车主电路为蓝本,这种技术的特点是采用电压中间电路,网侧变流器为四象限变流器(4QS),向中间电路提供恒定的中间直流电压,而电机侧变流器是脉冲逆变器,向牵引电动机提供可变频变压的三相交流电源。

3.1 主电路

受电弓从接触导线上取得的是近似恒频和恒压的单相交流电。异步牵引电动机在所希望的转速-转矩范围内工作要求是电压和频率均可变的三相交流电。因此,这是变流器设备的任务。

410 型动车主电路如图 3 所示。接触导线的电能经受电弓、高速空气断路器和网侧滤波器输送到主变压器一次绕组。降弓时用隔离开关保证受电弓与接触导线断开。为了将要求的功率和规定的电压分配给 4 台变流器,主变压器有 4 个相互退耦的二次绕组(牵引绕组)。这样,4QS 也能相互错开脉冲节拍,将电网电流中的高次谐波分量减至最少。为使中间电路直流电压的脉动最小,每 2 台 4QS 共用 1 个 $33\frac{1}{3}\text{ Hz}$ 吸收电路。

脉冲逆变器也分成 4 个功能单元,每 2 个功能单元构成 1 个三相交流母线,1 个转向架的 2 台牵引电动机通过 1 个三相电动机串联电抗器并联在这个三相交流母线上。这种隶属于 1 个转向架的传动系统一直到主变压器为止都是相互独立的,在运行中一般只与 1 个转向架有关,不会干扰另一转向架。因此 2 个转向架的功率是分开调节的。

按技术任务书要求,车列的电能由列车尾部的 1 台动车的受电弓输入,因此列车首尾动车必须用高压电缆相互连接。考虑到空气动力学要求,这根高压连接电缆必须布置在车辆轮廓以内。高压连接电缆接头安装在动车和拖车的端侧,只能在机务段中解开电缆连接。

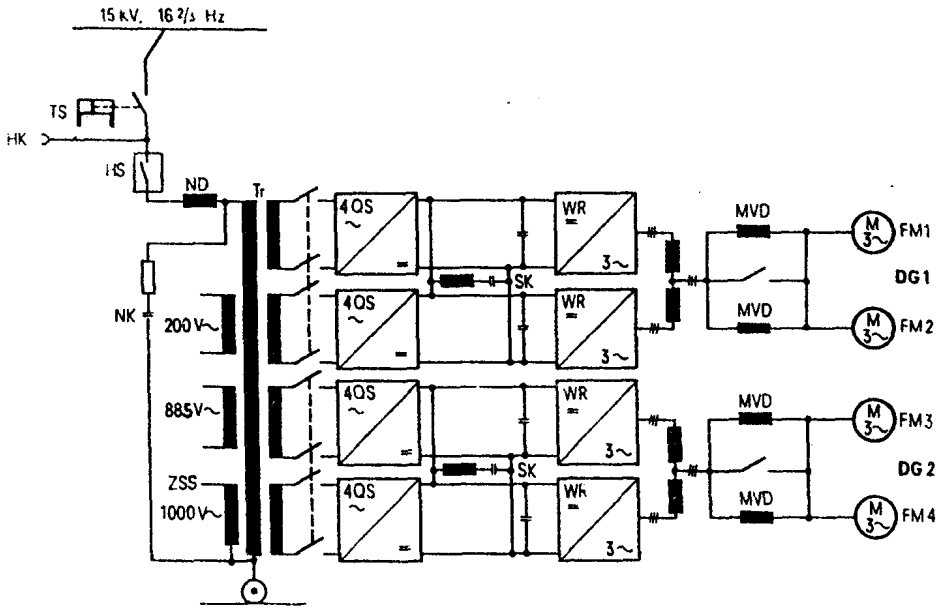


图3 410动车主电路原理框图

TS——隔离开关; HS——高压绕组; HS——主断路器; ND——滤波电抗器; NK——滤波电容器; TR——主变压器; ZSS——列车汇流母线; 4QS——四象限变流器; SK——吸收电路; WR——电机侧逆变器; MV——电动机串联电抗器; FM——牵引电动机; DG1——转向架1; DG2——转向架2

为了克服列车通过曲线时在短车钩连接器端部的相对运动,开发了一种新的特柔软的高压电缆。此外,还开发了一种新的高压连接器——角形插塞连接器。它所需安装的空间小,而且有足够的安全防护距离。

3.2 辅助驱动

410型动车的辅助驱动电路如图4所示。

辅助驱动功率取自主变压器的885 V和200 V辅助绕组。必要时可通过一专用接线端子连接885 V $16\frac{2}{3}$ Hz电源,或通过库用插座连接200 V $16\frac{2}{3}$ Hz电源。

每台动车装了2台功率各为100 kVA的静止式辅助驱动逆变器HBU1和HBU2。HBU1将885 V $16\frac{2}{3}$ Hz单相交流变成可变频率(0 Hz~60 Hz)和可变电压(0 V~440 V)的三相交流电,供给1台动车的2套驱动设备的油冷却器通风机(OKL)和牵引电动机通风机电动机(FML)。为减少能耗和降低通风机噪声,电压和频率(此时U/f不变)根据牵引力或制动力给定值和主变压器、变流器及牵引电动机的实际温度来控制所需的冷却功率。如果机车停车时被冷却部件的实际温度要求通风机频率 $f > 40$ Hz,则自动继续通风,直到被冷却部件足够冷却为止。

HBU2向下列辅助设备供给三相交流电:网侧滤波器油泵电动机(NFOP)、主变压器油泵电动机(TROP)、变流器油泵电动机(STROP)、吸收电路通风机电动机(SKL)、变流器通风机电动机(SRL)、HBU本身通风机电动机(HBUL)、充电器通风机电动机(LADL)、空气压缩机电动机(LUPRE)以及司机室空调设备用压缩机(VDKL)与冷凝器(VVKL)。在接通用电装置时将电压和频率恒定控制为额定值。

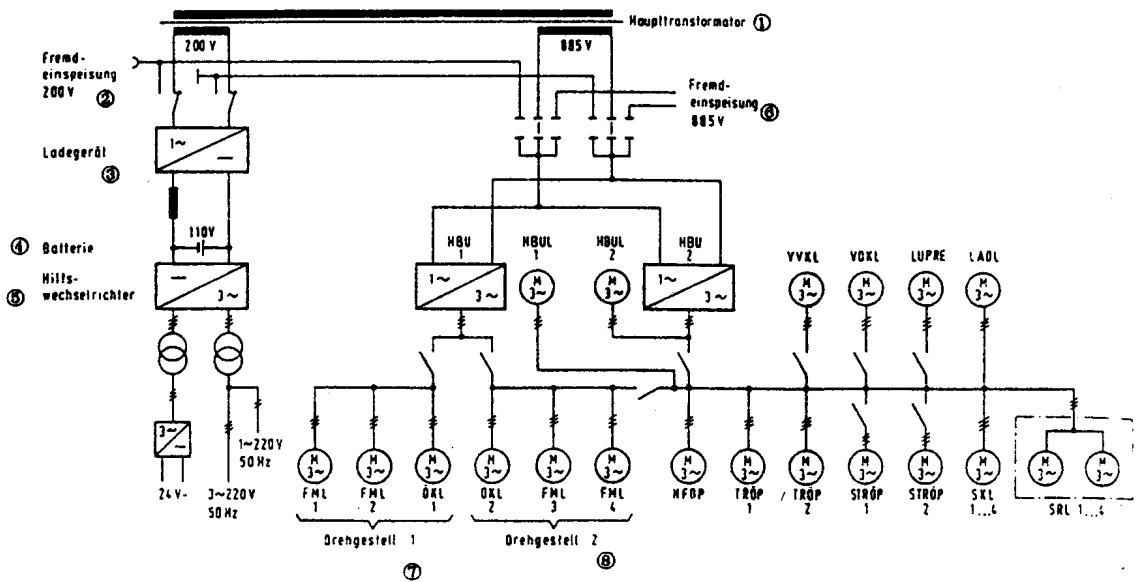


图4 辅助驱动原理电路

①主变压器；②200 V 外接电源；③充电器；④蓄电池；⑤辅助逆变器；⑥885 V 外接电源；⑦转向架1；⑧转向架2

为提高整体可靠性，在1台HBU出现故障时，HBU1的一半用电装置（用于动车一套驱动设备的）和HBU2的用电装置由1台无故障的HBU供电。此时考虑到由HBU2供电的用电装置，HBU用恒定频率和电压运行。

由于ICE/V动车HBU使用了较大功率的半导体元件，所以每台车只用2台HBU（而E120机车上用了3台），从而减轻了动车的重量、减少了安装空间和降低了费用，而又不影响设备的可靠性。

从主变压器200 V 16 $\frac{2}{3}$ Hz来的单相电压经充电器产生动车的110 V辅助电源。此时动车的镍镉蓄电池组用固定的缓冲电路工作。

为了得到与网压无关的辅助电源，每台动车还安装了1台小功率（5 kVA）的静止式辅助逆变器HWR。通过这台HWR将110 V的蓄电池电压逆变成3 $\times$ 220 V 50 Hz的三相交流电压和1个24 V的直流电压。因为HWR可以有不对称负荷，所以用220 V 50 Hz的一般单相用电装置也可由HWR来供电。

3.3 控制和调节

每台动车有2个相互独立的驱动控制装置，用来调节牵引力和电制动力。每台动车除装了再生制动外，还装了线性涡流制动和压缩空气盘形制动。线性涡流制动和压缩空气盘形制动由分散安装在动车和拖车中的制动控制装置控制。

中央列车控制装置是驱动控制装置（ASG）和制动控制装置（BSG）的上一级控制装置。运行中总是本务动车中的列车控制装置进行工作。在控制装置中通过微处理器实现开环和闭环控制。

列车中的数据传输和列车控制计算机与子系统计算机之间的连接使用光缆，同时为了转换传输数据还使用了另一台微计算机。

3.3.1 列车控制装置和光缆数据传输

列车控制装置是 AEG 公司开发和研制的,在硬件和软件方面综合“运行和制动自动控制”(AFB)以及“指令逻辑”功能。图 5 是列车控制装置与外围设备及动车和拖车中下一级子系统的连接框图。在每台动车上有 1 台列车控制计算机、1 台输入/输出计算机(E/A 计算机)。在拖车中只有输入/输出计算机。输入/输出计算机形成到驱动控制装置和制动控制装置以及到动车和拖车中 110 V 级的接口。

列车控制计算机处理运行和制动自动控制装置(AFB)的程序。AFB 的调节结构如图 6 所示。

连续式列车运行自动控制 LZB 或动车司机直接在司机台(FT)上给出给定值或指令。司机给定的总是最小速度给定值 V_{soll} 。速度实际值 V_{ist} 由动车和拖车中所有车轴上的转速传感器信号和与蠕滑无关的测速雷达信号得出。

速度调节器根据速度给定值 V_{soll} 和速度实际值 V_{ist} 求出给定加速度 a_{soll} 。速度调节器下面的加速度调节器(α 调节器)根据速度调节器(V 调节器)算出的给定加速度 a_{soll} 和算出的实际加速度 a_{ist} 求出所需的牵引力。在制动时通过由目标制动调节器算出的控制目标距离的给定减速度来考虑 LZB 和 AFB 对目标制动提出的要求。

由加速度调节器(α 调节器)算出的牵引力或制动力及其指令经串行接口输到各子系统。

在出现故障时由整个列车的子系统向列车控制计算机报告制动失效,然后将其失效影响作为汇总信息又输到各个分散的子系统。在输入这种状态信息后,子系统将所“缺少”的制动力分摊到仍正常工作的制动系统上,此时按制动优先级首先考虑使用无磨损的制动,形成所需的制动力。如果制动失效数超过规定标准,就自动将 LZB 或动车司机给定的速度给定值降低到仍允许的速度(V_{zul})。采用这种系统借助计算机技术来实现为专门任务配置的专家系统。

列车控制计算机和输入/输出计算机通过一数据传输计算机与光缆站相连接。图 7 是这种连接的布置。能最多达 16 位输入/输出与光缆站的数据总线相连接。

数据传输计算机由“输入/输出处理机”(IOP)和“先进/先出中间存储器”(FIFO)组成。IOP 是并行 16 位输入/输出的 8088 微机,计算机/中间存储器的配置用于被连接的计算机与

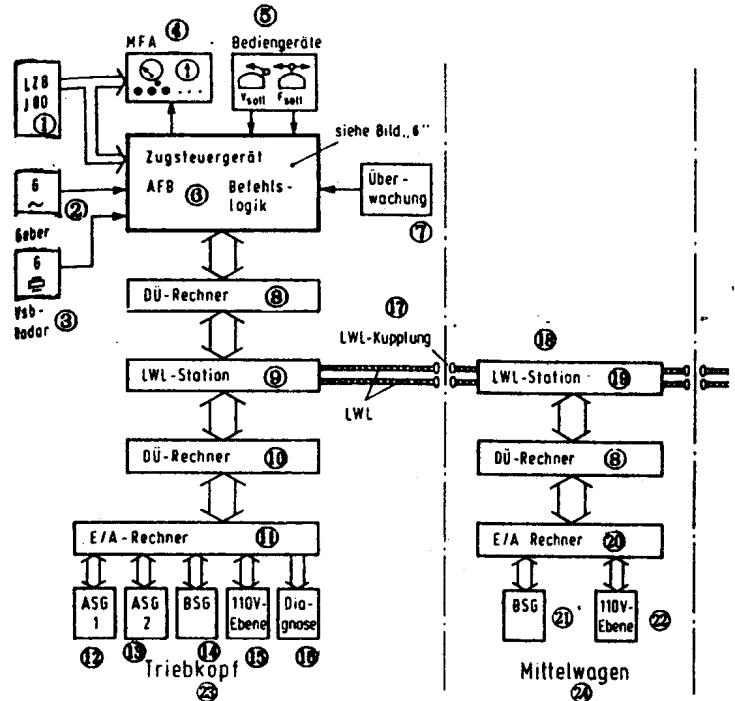


图 5 用光缆传输数据的列车控制原理图

①连续式列车自动运行装置;②速度传感器;③测速雷达;④MFA;⑤操作设备;⑥列车控制装置、运行和制动自动控制装置、指令逻辑(见图 6);⑦监视装置;⑧数据传输计算机;⑨光缆站;⑩数据传输计算机;⑪输入/输出计算机;⑫驱动控制装置 1;⑬驱动控制装置 2;⑭制动控制装置;⑮110 V 级;⑯诊断装置;⑰光缆连接器;⑱光缆站;⑲数据传输计算机;⑳输入/输出计算机;㉑制动控制装置;㉒110 V 级;㉓动车;㉔拖车

光缆总线中高传输速率的数据传输 (2.56 Mbit/s 或 5.12 Mbit/s) 暂时脱开, 能异步处理“列车控制、输入/输出”和“数据传输”程序。

IOP 上有 1 个“双页面存储器”(Dual Access-RAM), 可独立从双页面存取数据。这样, 列车控制计算机的数据传输减少到从双页面存储器读入/读出和写入/写出数据。IOP 负责数据保护和数据整理, 并将发送数据传输给 FIFO 存储器。在 FIFO 存储器由光缆站装满数据后, IOP 从 FIFO 存储器取得数据。

为了同时并行传输数据, 使用了多路转接器和多路分配器。按列车运行方向接通数据发送和数据接收方向。多路转接器从 FIFO 存储器取得 16 位并行生成的数据, 并转换成串行数据, 按程序位置安排到传输电报中。

多路分配器从传输电报中读出按相应站编程的位置, 并以并行格式写入 FIFO 存储器。

除这些主要部件外, 光缆站还包括 1 个自动预置整个车列和光缆站编号的数据的装置。站编号对于拖车中数据的编址具有重要作用, 列车控制装置根据地址识别数据的起始地址, 能将数据地址直接安排给车列中的一辆车。

为满足对 ICE 数据传输的要求, 必须采用全新的技术。因为原有的设备远远不能满足所提出的要求。此外, 还应能传输旅客信息和诊断装置的数据传输和改善成本/性能比。

3.3.2 驱动控制装置(变流器电子控制装置)

图 8 是驱动控制的结构和变压器、四象限变流器、电压中间电路、逆变器与牵引电动机原理电路。图 9 是插件板机箱在电子柜中的布置。

经主变压器输入的接触网单相交流电通过四象限变流器转换成直流电, 再供给逆变器。制动时能量反馈回电网。四象限变流器的调节综合在功能组 F 中, 在牵引运行时从接触网取得电能, 有较高的功率因数以及正弦形电流和正弦形电压。在制动时仅能量方向相反。在这两种

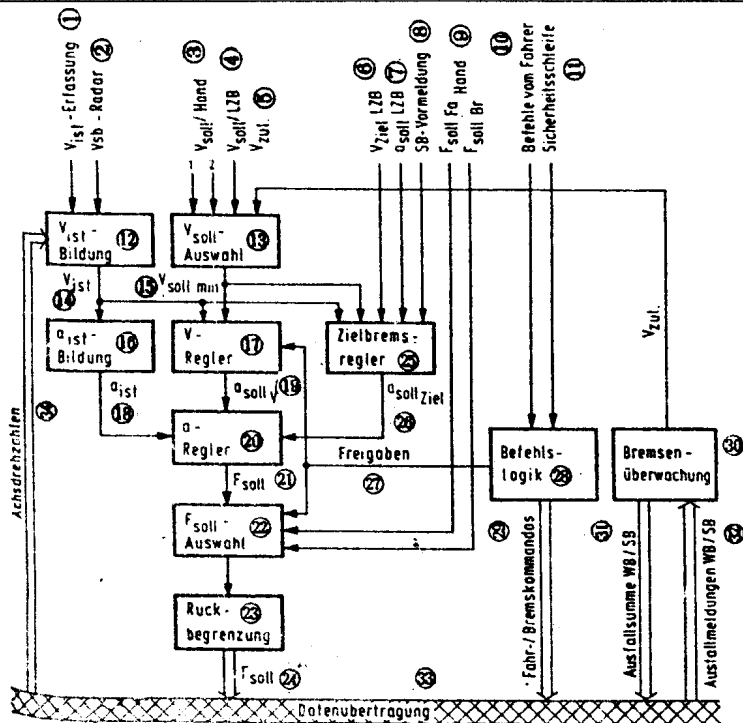


图 6 AFB 的调节器结构

- ①速度实际值 V_{ist} 的采集; ②测速雷达; ③手动给定的速度给定值 V_{soll} ; ④LZB 的速度给定值 V_{soll} ; ⑤允许速度 V_{zul} ; ⑥LZB 目标速度 V_{ziel} ; ⑦LZB 的加速度给定值 a_{soll} ; ⑧盘形制动数据预报; ⑨手动给定牵引力和制动力给定值 F_{soll} ; ⑩司机指令; ⑪安全环线; ⑫速度实际值 V_{ist} 生成; ⑬速度给定值 V_{soll} 选择; ⑭速度实际值 V_{ist} ; ⑮最小速度给定值 $V_{soll\ min}$; ⑯加速度实际值 a_{ist} 生成; ⑰速度调节器; ⑱加速度实际值 a_{ist} ; ⑲加速度给定值 a_{soll} ; ⑳加速度调节器; ㉑牵引力给定值 F_{soll} ; ㉒牵引力给定值选择; ㉓在单位时间内的加速度变化限制; ㉔牵引力给定值 F_{soll} ; ㉕目标制动调节器; ㉖目标加速度给定值 a_{soll} ; ㉗解锁; ㉘指令逻辑; ㉙牵引/制动指令; ㉚制动监视; ㉛涡流制动/盘形制动总故障数; ㉜涡流制动/盘形制动故障显示; ㉝数据传输; ㉞车轴转速

运行方式时,中间电路电压恒定为 2 800 V,对电网的反作用,如对通信和信号装置的影响保持在规定的极限内。

功能组 E 中安装了带三相交流给定值源和给定值限制的逆变器调节装置。输入值是转矩给定值和转矩方向。通过其输出信号产生牵引电动机所需的电压和频率可变的三相交流电。

功能组 E 包括存储器可编程的 MICAS 计算机系统,通过串行接口与诊断装置的接口相连接。这同样适用于功能组 K。通过这两个接口可传输诊断所需的状态信息和实际值。功能组 K 通过另一串行接口与光缆数据传输

的接口相连接。通过这个接口可接收驱动控制装置的给定值和指令,返回实际值和状态信息。

在功能组 E 中吸收了对 E120 型电力机车粘着利用进行优化时所取得的经验,集成了加速度监控和速度差 ΔV 监控。在 ICE 列车上可利用由列车控制装置传送的速度值,因此,不需虚拟速度值。

在 ICE/V 列车上还试验了 Siemens 公司的 SIBAS16 驱动控制装置。试验表明这种驱动控制装置也能很好满足要求,因此 DB 决定以后批量生产车采用 SIBAS16 驱动控制装置。

3.4 诊断系统

由于 ICE/V 列车采用了现代化电子装置,需进行复杂的信息处理,而且由于要求停用时间短,为提高利用率,必须很快识别和排除磨损和故障,因此在 ICE/V 列车上装了“DIAS”诊断系统。

3.4.1 DIAS 系统的任务

DIAS 系统的主要任务是识别、报告、记录、显示整个车组的所有故障,确定故障类型和部位。此外应计值分析所有牵引装置的运行准备和运行安全性。DIAS 系统将各分散的独立诊断系统,如车门控制、空调和制动系统的诊断集中为 1 个中央诊断系统。整个车列只有 1 个中央诊断系统(图 10),能采取措施提高列车的利用率。

诊断系统的另一任务是支持维修人员和提高列车运行安全性。

在 DIAS 系统使用中将 2 种工作方式分为 5 种类型,即:

- ①正常运行工作方式的运行前诊断、运行中诊断和运行后诊断;
- ②维修工作方式的试验运行中的诊断和服务维修时用于排除故障的历史存储器分析。

3.4.2 DIAS 系统的解决办法

为实现所提出的任务,在 DIAS 系统中采用了如下办法:

- ①连续不断地监视整个车列中的设备部件或整个系统部件;

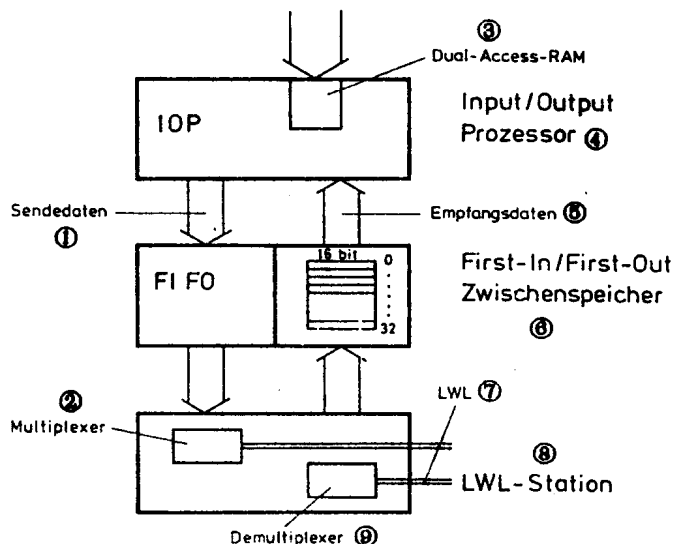


图 7 AFB 计算机与光缆站的连接

①发送数据;②多路转接器;③双页面存取的随机存取存储器;④输入/输出处理器;⑤接收数据;⑥先进/先出中间存储器;⑦光缆;⑧光缆站;⑨多路分配站

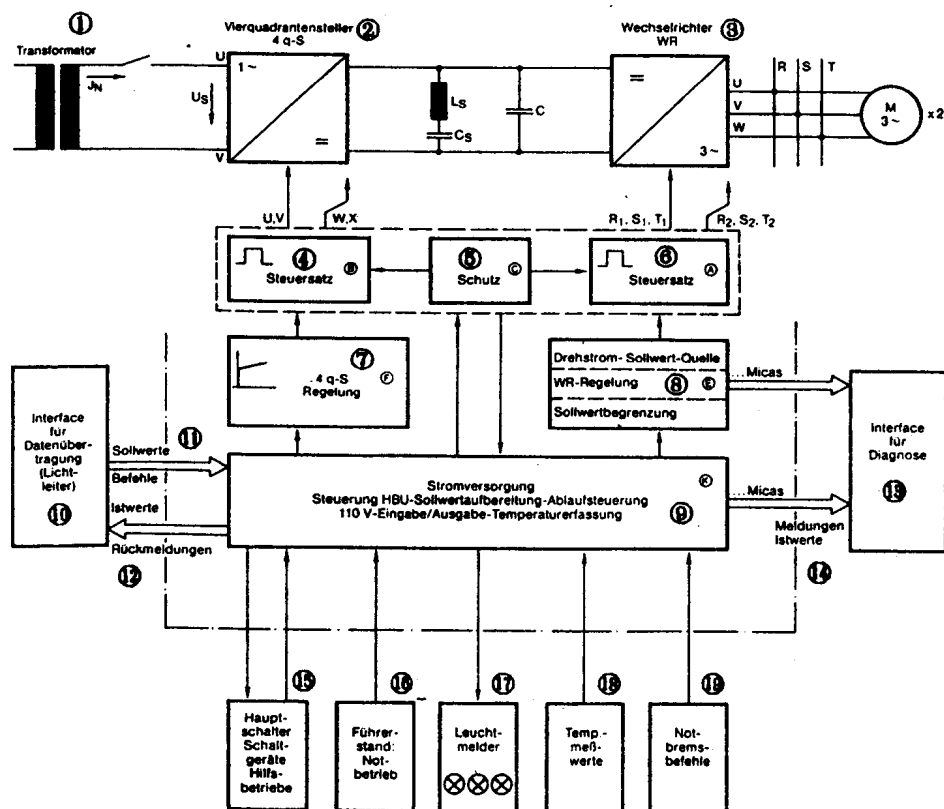


图8 驱动控制装置

①主变压器;②四象限变流器;③电机逆变器;④控制装置(功能组B);⑤保护装置(功能组C);⑥控制装置(功能组A);⑦四象限变流器调节装置(功能组F);⑧三相交流-给定值源、逆变器调节装置、给定值限制(功能组F);⑨电源、辅助驱动变流器HBU控制装置、给定值整理和启动控制以及110V输入/输出-温度采集(功能组K);⑩数据传输(光缆)接口;⑪给定值、指令;⑫返回信息状态;⑬诊断接口;⑭实际值信号;⑮主断路器、开关装置、辅助驱动;⑯司机台,紧急运行;⑰色灯显示;⑱温度测量值;⑲紧急制动指令

②将每次出现的故障存储在不易失历史存储器中,所存储的内容即使在失去电压或更换插件板时也不会丢失;

③在记录故障的同时自动查明故障的原因;

④输出故障诊断的联机报告,作出恢复使用的指示;

⑤为了能识别偶尔出现的故障,通过所谓的 DIAS 计算机长时监视所有系统;

⑥通过所谓的 DIAS 信息支持乘务员和动车司机。

3.4.3 DIAS 系统的特点

为使 DIAS 系统有最大的效果,对整个列车进行诊断。利用分散布置的数据输入/输出装置,即 DIAS 终端对被诊断的信号和系统作数据筛选和综合,并经 DIAS 总线传送给 DIAS 计算机或司机室中的显示/操作单元(ABE)。只有将诊断延伸到拖车才能保证经济地安排维修和经济地组织备品,实现经常性的预防维修。由于将出现的故障存储在历史存储器中和集中存储在软盘上或硬盘上,从而能存储较长运行时间内的故障图,供维修诊断用,例如故障趋势统计、产品质量分析或处理方式。

乘务人员和司机可用 DIAS 系统作为信息系统,例如可以确认列车中哪扇门未关闭。

3.4.4 DIAS 系统的技术设计

MBB 公司的 DIAS 诊断系统是一种准计算机网,因而其软件和硬件可以与任何一个外围设备进行数据交换(数据-I/O 终端)。

这些外围设备中通过电位隔离的每一个分支线与铺设在整个车列上的串行数据母线相连接。在数据技术上这叫作“多点到多点”的系统。I/O 终端布置在各车辆上应做到电缆布线距离尽可能短(3 m~5 m),这样就可减轻电缆重量和减少布线作业,降低电磁干扰和电缆损坏几率。为此在每台动车上装 2 个终端,在各拖车上装 1 个终端就可以了,因为绝大多数子系统是集中在一处的。

DIAS 系统的计算机网的设计以数字设备公司(DEC)在全球广泛使用的 DECNET 多计算机网为蓝本,由 MBB 公司发展成以美国 Zilog 公司的 Z80 微处理器为基础的高智能多微处理器系统。在硬件和软件方面与 DEC 公司标准的数字数据通信协议 DDCMP 相匹配,因此在 DIAS 系统开发、试验和维修阶段,可用 1 台标准过程计算机来模拟外围设备(I/O 终端)的每一软件,能在真实条件下进行试验。在过程计算机上利用模拟程序能模拟每一程序的数字和模拟输入所表示的故障状态,从而可检验整个 DIAS 系统的功能。用 DECNET 计算机网为用户提供调试好的数据交换格式。

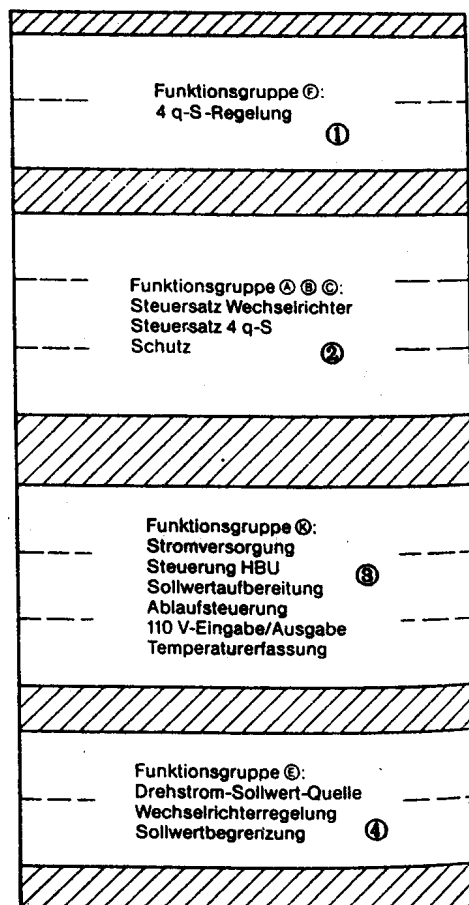


图 9 插件板机箱在电子柜中的布置

①功能组 F;②功能组 A、B、C;③功能组 K;④功能组 E

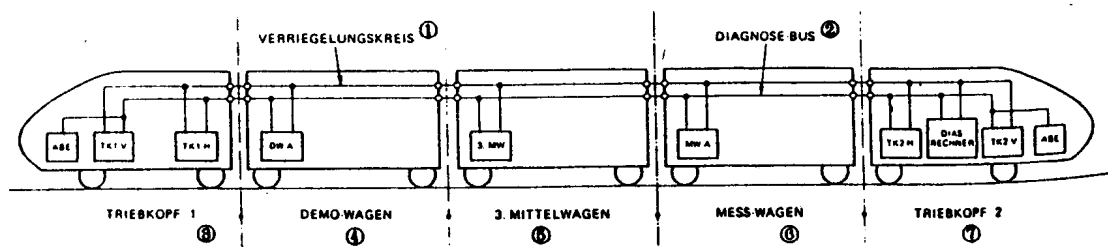


图 10 诊断系统结构

①联锁电路;②诊断母线;③动车 1;④示范车辆;⑤第三辆拖车;⑥测量车;⑦动车 2

另一优点是,数据交换时是直接存储器存取(DMA),也就是说各 I/O 终端之间任意长度的数据成组地交换。DIAS 系统可以选用半双工(2 根传输线)或全双工(4 根传输线)工作。在 ICE/V 列车上首先是调试半双工通信。MBB 公司开发的实时多任务操作系统(MBB-RTOS 系统)用于 DIAS 总线中的“数据调用”和“数据应答”的按序不断变换。这种系统也用于近郊运输列车上的车载集成信息系统“IBIS”(图 11)。

在起动阶段中通过对显示/操作单元的操作确定主、从功能。ICE/V 列车乘务员通过相应的 DIAS 终端进行起动,该终端就执行主功能。至于该终端主功能的保留时间由乘务员决定,只有在“切除”后才能重新确定主、从功能,例如在运行完毕更换司机室操作时。主、从功能不是固定不变的,也就是说所有 DIAS 终端和 DIAS 车载计算机都可成为主功能。形成主功能的 DIAS 终端或计算机利用“周期轮询”查询所有串行总线上的终端,以便从各终端得到所希望的数据。

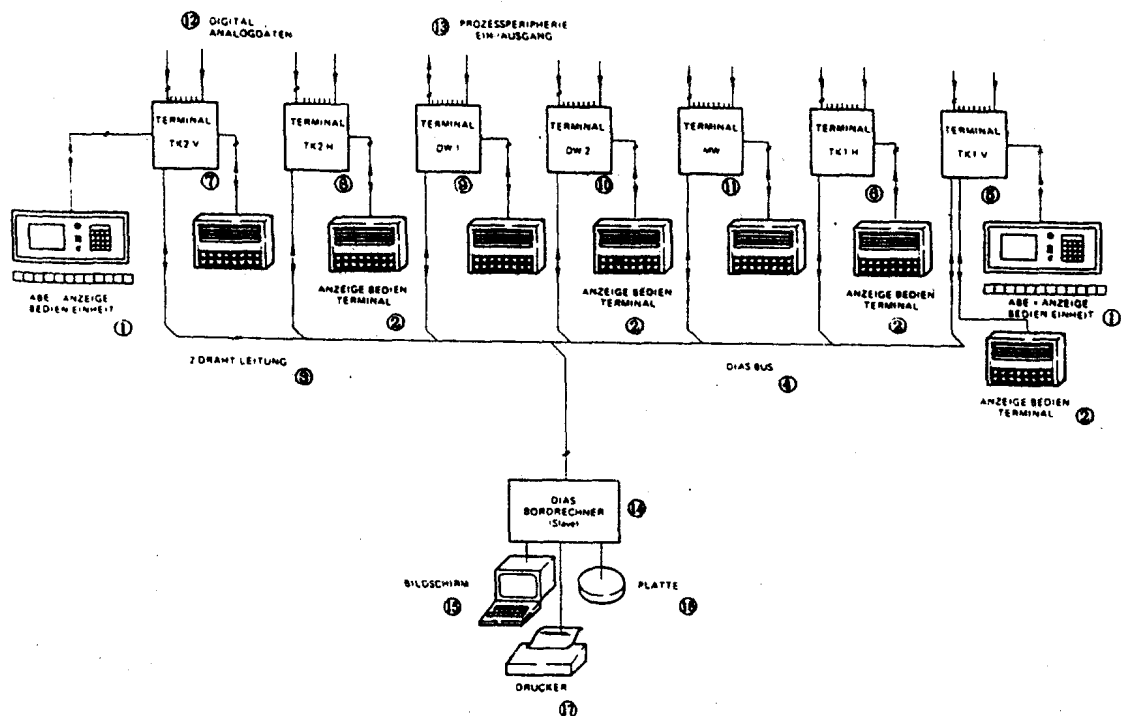


图 11 DIAS 数据流

①显示/操作单元 ABE;②显示/操作终端;③根传输线;④DIAS 总线;⑤动车 1 前面范围中的终端;⑥动车 1 后面范围中的终端;⑦动车 2 前面范围中的终端;⑧动车 2 后面范围中的终端;⑨示范车 1 上的终端;⑩示范车 2 上的终端;⑪测量车上的终端;⑫数字模拟数据;⑬过程输入/输出外围设备;⑭DIAS 车载计算机;⑮显示屏;⑯磁盘;⑰打印机

在这种轮询时有 3 种优先级,它可由软件来确定。分别按选择的轮询优先级,每小时对相应的终端询问 1 800 次、360 次或 60 次,换言之,每 2 秒钟询问 1 次、每 10 秒钟询问 1 次或每分钟询问 1 次。分别按使用情况在规定的优先级发送规定的电报。

整个车列的数据交换速度可通过软件在 56 kbit/s~112 kbit/s 之间调节。

3.4.5 DIAS 系统的硬件

MBB 的 DIAS 系统由带 DIAS 显示/操作部分的 I/O 终端、带功能键的显示/操作单元 (ABE)和 DIAS 车载计算机三大基础部分组成。

3.4.5.1 DIAS I/O 终端

分散布置的 I/O 终端对来自如“车门控制”、“空调设备”、“制动控制”或“连续式列车自动运行装置 LZB”等子系统的各个数据予以汇总,同时对所有分散提供的信号和状态信息进行数据压缩处理。

利用双向串行和电位隔离的异步接口将子系统诊断装置与中央诊断系统连接起来。1 个子系统出故障时,与在 DIAS 总线系统时一样,只封闭有故障的子系统,而不会封闭整个系统。

如图 12 所示,DIAS-I/O 终端机械上是 6 个高度单位的 19 英寸插件板机箱。电源和显示/操作单元装在机箱上面 3 个高度单位中;过程外围设备的输入/输出装在机箱下面 3 个高度单位中。

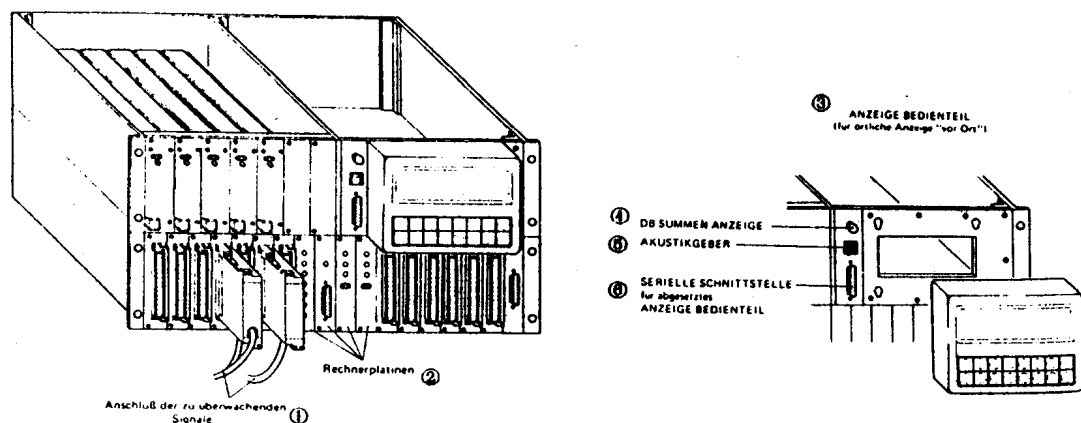


图 12 DIAS 终端

①到监控信号的接头;②计算机插件板;③显示/操作部分;④编号显示;⑤扬声器;⑥被使用的显示/操作部分的串行接口

在 ICE/V 列车上使用了下列几种外围设备插件:

①用于测取逻辑状态的有 32 个输入端的并行 I/O 插件。电压电平可在直流或单相交流 5 V~400 V 之间变化。所有输入端用输入电流极小的光耦合器与机箱电位隔离。通过附加电压也可查询继电器触头的逻辑状态。

②ISO 插件板。它有 4 个测量模拟量的测点。它适合于测量精度约 0.5% 的模拟值的测量。为便于无电位测量,输入端装了隔离放大器。通过各种不同的布线,输入端的灵敏度在几 mV~400 mV 范围内与测量值相匹配。输入端放大器使用隔离电源,这样就可以使用接地测量的配置。模拟多路转接器按序把 1 个输入端转接到 1 个模/数变换器上。

③串行插件板。它有 4 个独立的异步串行信道,既能单向又能双向工作。用软件可调节应传输数据的格式和传输速率。

④轴箱温度采集插件板。它处理来自 8 个温度传感器的信号。通过 PT100 测量传感器利用测量电桥测取轴箱温度,在 $-50^{\circ}\text{C} \sim +250^{\circ}\text{C}$ 温度范围内每 2°C 为一档。高线性和无漂移的仪用放大器将桥式电路接收的信号变成可测量的电平。8 通道多路转接器依次将所有输入端连接到模/数变换器上。

⑤母线插件板。用它实现与 DIAS 总线的连接。母线插件板有自己的处理器,用该处理器实现与其它 DIAS I/O 终端的半双工或全双工直接存储器存取(DMA 通信)。用“DEC-DD-CMP”作为通信协议,传输速率为 56 kbit/s~112 kbit/s。

⑥DIAS 显示/操作部分。它是与 DIAS 系统用户的直接接口。显示/操作部分有自己的处理器,这作为人-机接口和控制用户专用输入/输出菜单的过程外围计算机。因此用户可以在 DIAS I/O 终端上定义所希望的输入/输出过程,也就是说借助软件完全透明编制使用指南。显示格式或是 4×40 位字母,或是在 $132 \times 39 \text{ mm}$ 面积上 240×64 点的全图形,同样可按说明

书由用户编制或变更。这同样适用于键的使用。最多可使用 16 个功能键,每一功能键可附加双重或三重功能(这样最多有 48 个功能键)。例如调用指示时输入方法就很简便,对操作人员的要求较少(图 13)。

3.4.5.2 显示/操作单元(ABE)

显示/操作单元带有功能键,该单元是动车司机与诊断系统的自身接口。它用串行接口与相应动车的主诊断终端相连接。所有的对司机来说是很重要的诊断结果全部以图表形式显示在显示屏上。告诉司机应采取相应措施的重要状态信息闪光显示,并附加振铃告警。为了强调还可用一般的指示灯作为总故障显示灯。

显示/操作单元除用作纯故障诊断外,司机可用它作为 DIAS 信息系统的输入单元。司机可用智能的树枝状菜单起动“过程查询”、“辅助程序”或“故障分析”。例如显示车门控制出现故障时,司机就可确认哪辆车的车门出现了故障及故障的原因。除这种非直接装在司机操作区域内的显示/操作单元外,在司机台上还装有功能键盘,用它可遥控显示/操作单元,或显示非常重要的故障状态信息。此时司机必须操作按钮确认闪光显示的故障,通知 DIAS 系统已确认了哪些故障(参见图 14)。

3.4.5.3 DIAS 计算机

DIAS 系统的设计是,在“正常运行”时不需诊断计算机,因为各

DIAS 终端的故障当时就存储历史存储器中。仅在检验和汇总时以及后来“维护修理”时才附加安装 1 台诊断计算机。与 DIAS 终端类似,诊断计算机也是电位隔离的与所谓串行 DIAS 总线相连接。DIAS 车载计算机在试验运行时能联机统计,或在 1~6 个月期间内进行长期监控。因此能容易发现这个期间内出现的和零散出现的故障,即非动态故障,因为 DIAS 系统准确记录了每一故障的产生时间和部位。DIAS 车载计算机与带标准键盘的显示屏、2 个软件盘和 1 个温彻斯特硬盘(作为长期存储器)和 1 台字母纸带打印机相连接。整个硬件是 19 英寸的 6 个高度单位的插件层。DIAS 计算机与标准的计算机系统 CPM 一道工作,具有如下优点:

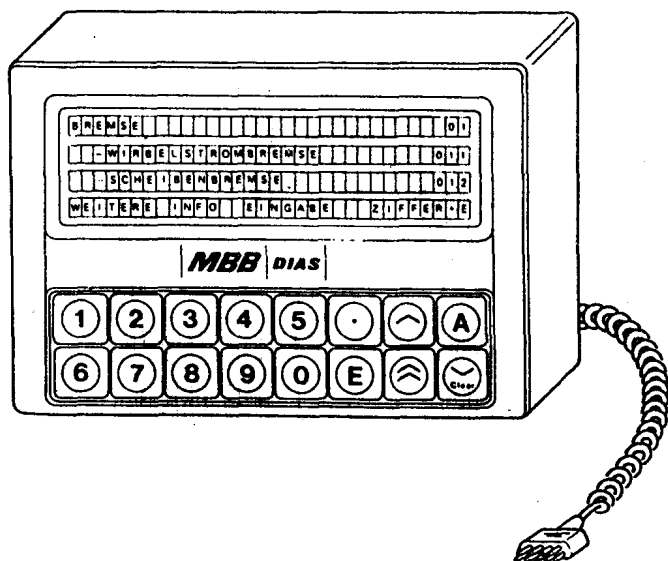


图 13 DIAS I/O 终端

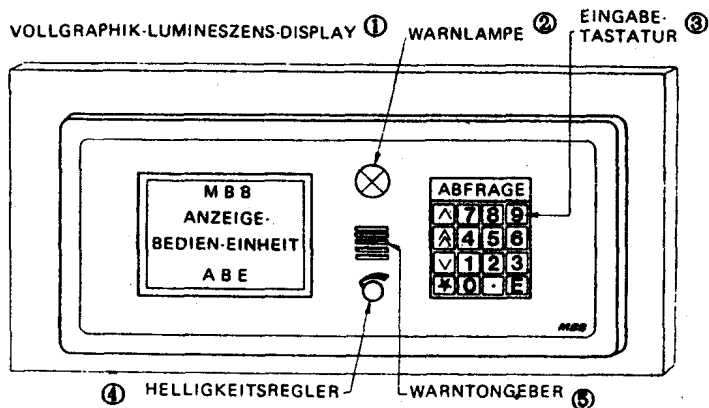


图 14 显示/操作单元(ABE)

①全图形显示器;②报警灯;③输入键;④警告振铃;⑤亮度调节旋钮;
⑥显示/操作单元