

变流技术

日本 E231系电动车组的逆变器系统

畑 正 等 (日)

【摘要】 介绍日本 E231系通勤、近郊电动车组采用的 SC59A 型逆变器系统的结构、特征以及与牵引电动机的组合试验结果。

关键词： 电动车组 逆变器 IGBT E231 日本

日本的东日本客运公司开发了 E231系通勤、近郊电动车组,它将成为今后日本首都圈电动车组的标准车型。E231系电动车组作为批量生产的通勤、近郊电动车组,首次采用3.3 kV、1 200 A IGBT 模块为主的电路器件,其牵引系统采用二点式 IGBT 逆变器装置。由于主电路采用二点式 IGBT 逆变器,与同等功率的三点式 GTO 逆变器相比,体积减少了33%,重量减轻了54%,构成轻量、紧凑的牵引系统。采用最新的安装技术,将高耐压、大功率的 IGBT 元件与吸收电路、栅极驱动器等一起集中到一个箱体,其冷却使用以纯水作为冷却剂的非压焊型自冷式热管,有利于环境保护,组成了高度可靠的冷却结构。

另外,E231系电动车组具有通勤车与近郊车两方面性能,由于用逆变器控制软件代替控制曲线,不需变更牵引电动机及齿轮等机械装置,就可改变运用路线。电动机的控制以进一步提高再生效率及粘着性能为目标,采用可以高精度、高速度控制转矩的矢量控制,能有效利用 IGBT 的特长,实现高质量的控制。

1 前言

东日本客运公司基于不同于以往通勤电动车组的全新概念“寿命周期成本最低化”,开发了209系通勤电动车组,自1992年起大量配备于以首都圈为中心的运营线上。209系的异步电动机控制采用VVVF逆变器控制方式,由于彻底的轻量化,是有利于节能、省维修的车辆。这次,在209系经过5年运营之后,为评价车体结构并采用更先进技术,先试制了209系第950号车,而且开发了E231系通勤、近郊电

动车组作为其批量生产车。

E231系具有能互换的 SC59A 型与 SC60A 型2种牵引控制系统。下面叙述 SC59A 型 VVVF 逆变器的结构、特征及与牵引电动机组合试验的结果。

2 SC59A 型逆变器系统

2.1 结构与主要规格

SC59A 型逆变器系统由高速断路器、断路器箱、滤波电抗器、VVVF 逆变器装置、牵引电动机等设备组成。图1表示系统的结构。以 M 车(一组)和 M' 车(二组)2辆车为一个单元,将两组逆变器集中到一个装置内,搭载到 M 车上,高速断路器是2组通用,而其后面的设备各组是独立的,具有 M 车单位的冗余度。

E231系电动车组及其系统的主要规格示于表1,采用2点式逆变器方式,确保每组逆变器输出容量最大

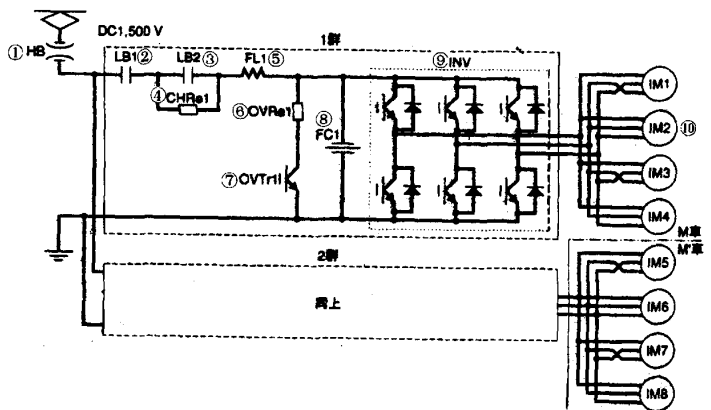


图1 SC59A 型逆变器驱动系统高速断路器以后的设备在各群中独立
①高速断路器;②线路断路器;③线路断路器;④充电电阻;⑤滤波电抗器;⑥过电压电阻;⑦过电压晶体管;⑧滤波电容器;⑨逆变器;⑩异步电动机;⑪一组;⑫二组

为 1 288 kVA, 可实现 4 台 95 kW 的异步电动机的并联运转。

表1 SC59A 型主要规格

E231 系列车为 4M6T 编组, 具有 $0.69 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 的加速度。另外, 由于大量采用信息传输技术, 所有逆变器控制信息都用 TIMS 作通信处理。

项 目	规 格
供电方式	DC 1 500 V
编组	基本编组 4M6T, 付属编组 2M3T
最高速度/ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	120
加速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	0.694
控制方式	三相电压型 2 点式 PWM 逆变器
牵引电动机	三相异步电动机 95 kW, 4 台并联 $\times 2$
逆变器输出功率	最大 1288 kVA $\times 2$
使用元件	3.3 kV、1 200 A IGBT 模块
元件冷却	热管自冷(水冷却剂)
主要控制功能	(1) 与 TIMS 传输控制指令、控制状态 (2) 恒速控制、限速控制、低恒速控制 (3) 可作通勤、近郊性能切换 (4) 故障车甩挂功能, 任意甩挂功能 (5) 车上检查 (6) 对 TIMS 输送故障监视数据

2.2 系统的特点

这次开发的 SC59A 型逆变器系统有以下特点:

(1) 由于采用耐压 3.3 kV 的车辆用 IGBT 模块, 在 DC 1 500 V 网压下构成 2 点式主电路, 主电路的结构实现了小型、轻量化(比同样功率的 3 点式 GTO 逆变器的尺寸缩小 33% 左右, 重量减轻 54% 左右)。

(2) 由于采用 3.3 kV、1 200 A 的 IGBT 模块(单只并联连接), 其功率可与 GTO 逆变器同样大, 每 1 台逆变器可以同时控制 4 台异步电动机。

(3) 由于采用模块式 IGBT, 确保了元件与箱体间绝缘的耐压为 AC 5 400 V, 因此有可能采用简单而紧凑的非压焊型热管冷却, 组成可靠性高的冷却结构。使用纯水作为热管冷却剂, 利于环保。

(4) 将 IGBT 开关状态反馈到无触点控制装置中, 在发生异常时则进行栅极控制, 以便快速地保护主电路, 由此更提高了可靠性与安全性。

(5) 牵引电动机控制方式采用矢量控制, 这固然使通常的牵引、再生控制性能提高了, 而且空转、滑行时及轻负载再生时的转矩控制精度及响应性能也提高

了。

(6) 将 1 组和 2 组的无触点控制装置做成 1 体结构, 并把各组的独立部分与共同部分汇集在一起, 由于更小型化且各组间的速度信息共用, 提高了粘着控制性能。

(7) 由于采用通信专用微机, 实现了与 TIMS(列车信息管理装置)的高速、大容量通信。另外, 由于控制指令及制动力指令等控制信息全部采用传输技术, 使逆变器控制用信号配线量比以往列车减少了 82% 左右。

3 SC59A 型 VVVF 逆变器装置的结构

逆变器装置要能在车体单侧维护操作, 故其沿前进方向是呈长箱形的结构, 在每组的两端配置功率机组与滤波电容器, 中央分别配置无触点控制装置、电源设备等。在维护时操纵的无触点控制装置或打开控制电路的开关及耐压试验连接器等设备, 配置在车体中部侧面, 使容易接近, 提高了维修性能。

功率机组由 IGBT 模块、吸收电路等主电路部件和冷却 IGBT 元件的散热片、热管构成。由于采用 2 点式主电路, 构成了简单且小型、轻量的三相一体的功率单元。在与热管一体的铝片表面实际安装 IGBT 模块时, 由于元件内部是被绝缘的, 冷却器可在地电位使用。因此, 热管的冷却剂可采用导热性能优良的纯水, 有利于环保。

IGBT 模块采用低热膨胀底座及内部端子结构的优化等高可靠性模块设计, 具备很高的焊接疲劳强度, 电流均匀性好, 与以往车辆用 2 kV IGBT 模块一样, 能确保有足够高的可靠性。

因为冷却器性能老化等会引起元件异常温升, 因此为保护 IGBT 元件, 于铝片表面设置热敏电阻, 将温度信息输入无触点控制装置中。由于采用了热敏电阻, 当运用条件变更时, 只要改变软件即可灵活地改变过热温度检测设定值。

4 与牵引电动机组合试验结果

SC59A 型 VVVF 逆变器与牵引电动机组合, 进行了试验台试验, 图 2 表示试验波形图。牵引电动机的控制方式采用对应全 PWM 的单一控制系矢量控制方式, 车辆牵引逆变器的特点是单脉冲(方波), 无需切换控制模式, 即可实现稳定的转矩控制, 控制精度高, 响应性能好。

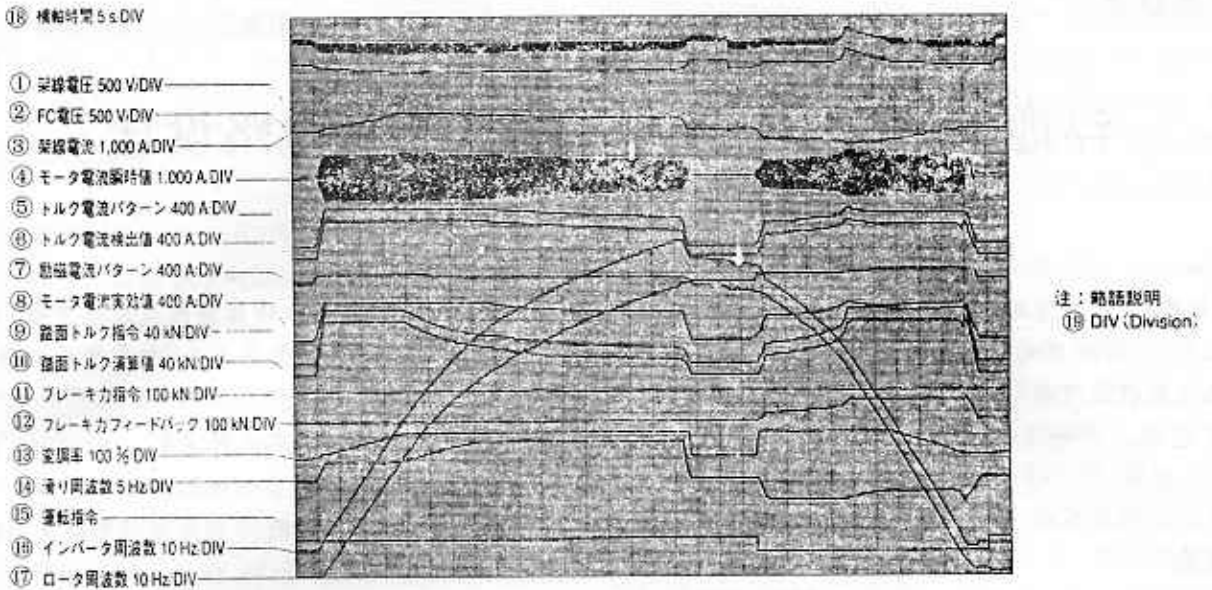


图2 牵引电动机组合试验的波形图(牵引运行5级,再生制动8级)

① 电网电压500 V/DIV; ② FC 电压500 V/DIV; ③ 电网电流1 000 A/DIV; ④ 电动机电流瞬时值1 000 A/DIV; ⑤ 转矩电流曲线400 A/DIV; ⑥ 转矩电流检测值400 A/DIV; ⑦ 激磁电流曲线400 A/DIV; ⑧ 电动机电流有效值400 A/DIV; ⑨ 踏面转矩指令40 kN/DIV; ⑩ 踏面转矩运算值40 kW/DIV; ⑪ 制动力指令100 kN/DIV; ⑫ 制动力反馈100 kN/DIV; ⑬ 调制度100%/DIV; ⑭ 滑行频率5 Hz/DIV; ⑮ 运转指令; ⑯ 逆变器频率10 Hz/DIV; ⑰ 转子频率10 Hz/DIV; ⑱ 横轴时间5 s/DIV; ⑲ DIV——每格 (division)

5 结语

以上简要介绍了 E231系通勤、近郊电动车组的 SC59A 型逆变器系统。今后拟在近郊车辆上对其进行性能试验,以便在现车上确认其粘着性能、轻负载再生控制等,之后预计将在东北干线投入应用。

东日本旅客铁道公司,计划将 E231作为通勤、近郊电动车组的标准型式,以首都圈为中心,逐步扩大其

应用。然后在研制第2代电动车组时,力求使该逆变器使用方便,利于环保,可靠性高并且进一步提高性能。

(参考文献3篇略)

译自《日立评论》2000, No4
译者:彭惠民
校者:江 慧

ADtranz 公司为瑞典研制 Regina 电动车组

在瑞典斯德哥尔摩——厄勒布鲁线上运营的 X2000摆式列车,将从2001年夏天起被新的2辆编组列车取代。专家们认为,在有許多中间站的运输线上运营 X2000列车是不合算的。为此,ADtranz 公司开发了一种新的名为 Regina 的电动车组。该电动车组由2辆动车编组,但2辆动车之间可以编入1辆拖车。还可以由3个这样的单元编组成1列车,以重联方式运行。Regina 电动车组与 Crusaris 电动车组相比的特点是,车体更

宽,通过台处采用低地板。由于加大了车体限界,用于城际运营时座位可按2+3布置,而用于城郊和地区运输时,座位则可按3+3布置,且舒适性并不会因此降低。由于适当减小了座位之间的距离,所以两动车上的坐席数可增加到100~120个。Regina 电动车组采用异步牵引电动机,最高速度达200 km/h。车体用不锈钢制造。

谭学斌译自《Ж. -д. трансп. 》2000, No11