

# 基于列车控制管理系统的辅助逆变器并网控制策略

荆振文 郑殿科

(中车南京浦镇车辆有限公司, 210031, 南京//第一作者, 工程师)

**摘要** 目前地铁车辆辅助供电系统采用扩展供电或交叉供电方式。此方式一旦发生辅助逆变器设备故障, 则须减载, 从而影响了列车正常运行及乘客舒适性。为此, 设计了一种基于列车控制管理系统的辅助逆变器并网供电方式, 并对并网控制的原理、控制策略进行了详细描述。该供电方式的控制策略经过联调试验平台及地铁车辆现场验证, 效果良好。

**关键词** 地铁; 辅助供电系统; 辅助逆变器; 并网控制; 列车控制管理系统

**中图分类号** U270.38<sup>+1</sup>

**DOI:** 10.16037/j.1007-869x.2021.01.041

## Grid-connected Control Strategy of Auxiliary Inverter Based on TCMS

JING Zhenwen, ZHENG Dianke

**Abstract** At present, metro vehicle auxiliary power supply system adopts extended power supply or cross power supply mode. Under these modes, once the auxiliary reverse equipment failure occurs, load shedding will be required, which will affect the normal operation of the train and passenger comfort. In response, a grid-connected power supply mode of auxiliary inverter based on TCMS is designed. The principle and control strategy of grid-connected control are described in detail. The control strategy of the power supply mode has been verified by joint test platform and on-site verification of metro vehicle, demonstrating satisfying performance.

**Key words** metro; auxiliary power supply system; auxiliary inverter; grid-connected control; train control management system(TCMS)

**Author's address** CRRC Nanjing Puzhen Co., Ltd., 210031, Nanjing, China

辅助供电系统是地铁车辆中最重要系统之一, 主要负责对车载设备的中压及低压供电。辅助供电系统包括辅助逆变器、充电机、DC 1 500 V 高压母线、AC 380 V 中压母线、DC 110 V 低压母线等。其中辅助逆变器最为关键, 其将 DC 1 500 V 高压转换为车载所需要的各级电压, 以保证车辆正常运行。并网供电的电源系统只是列车辅助供电系统的一种形式,

其主要优点是通过与列车控制管理系统(TCMS)使辅助逆变器的使用率达到最大化, 以节约能源。

在地铁中, 通过 TCMS 实现对全列车辅助逆变器启停的控制。如果控制方法设计不当, 控制策略有误, 则会出现部分正常的辅助逆变器不能成功启动, 导致设备减载, 从而影响车辆运行。因此, 设计出一套辅助逆变器的启停策略至关重要。此控制策略可实现当单台辅助逆变器故障时, 所有中压负载正常工作, 使之对乘客及列车运行无影响; 任意 2 台辅助逆变器故障时, 全车空调工作在半冷状态, 其它中压负载正常工作, 对乘客及列车运行也无较大影响。

## 1 辅助供电系统

列车设置有一条跨接整列车的 DC 1 500 V 辅助供电高压列车线, 可通过 1 个受电弓对整车辅助系统电源供电。在 Tc 车(带司机室的拖车)和 M 车(动力车)各设 1 台辅助逆变器。每台辅助逆变器有一组三相四线输出, 全列车 4 台辅助逆变器三相输出并联, 构成一路 AC 380 V 列车母线, 通过并网供电的方式给全列车的交流负载提供 AC 380 V/50 Hz 的电源。当任 1 台辅助逆变器故障时, 通过断开其输出接触器与列车中压母线隔离, 不影响其它辅助逆变器的正常工作。

在每个 Mp 车(带受电弓的动车)设置有一个 DC 1 500 V 的车间电源插座, 集成在牵引高压箱一侧。若不能采用受电弓提供高压 DC 1 500 V 时, 可通过库内的车间电源插头, 将其插入车间电源插座, 实现对全车辅助逆变器的供电。辅助供电系统原理如图 1 所示。

## 2 TCMS 对辅助逆变器的控制结构

TCMS 的控制单元(VCU)与列车各子系统通过多功能车辆总线(MVB)相连。辅助控制单元(ACE)具有 MVB 接口, 能有效地与 VCU 进行控制指令、状态信息和故障信息交换, 实现 TCMS 对

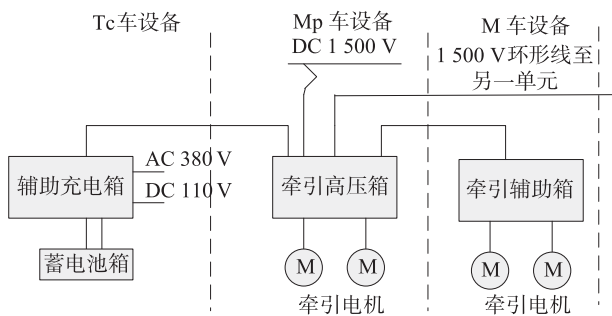


图1 列车辅助供电系统原理图

ACE 的并网启动控制。司机显示单元(DDU)同样具有 MVB 接口,其接入 TCMS 后能实时显示每一个辅助逆变器以及其他辅助设备的状态信息、故障信息。TCMS 对辅助逆变器的控制结构如图 2 所示。

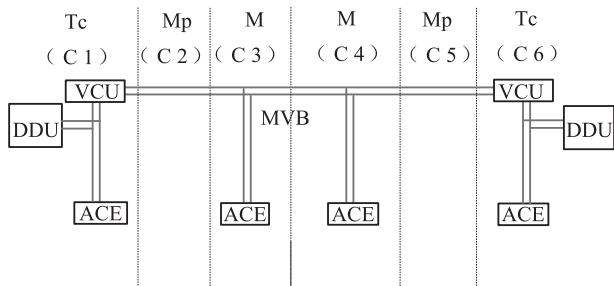


图2 TCMS对辅助逆变器的控制结构

### 3 辅助逆变器分时序控制策略

#### 3.1 辅助逆变器启动前提条件

TCMS 对辅助逆变器分时序控制之前需满足以下条件:列车唤醒,司机室激活,列车蓄电池打开且状态良好;TCMS 工作正常,且与 ACE 通信正常;ACE 检测到 DC 1 500 供电电压及 DC 110 V 控制电压存在,同时三相输出继电器短时闭合,用于检测是否存在内部短路和外部短路。此时,TCMS 需控制列车各负载处于不启动状态。当以上条件均满足时,TCMS 方可进行辅助逆变器并网控制。

#### 3.2 辅助逆变器控制信号

ACE 的控制信号有以下 5 个:

1) DisableIdleAux: 指定此辅助变流器为主设备,低电平有效,由 TCMS 发送至 ACE。

2) DisableStartAux: 启动信号,低电平有效,由 TCMS 发送至 ACE。

3) LineVoltON: 线电压存在,高电平有效,由 TCMS 发送至 ACE。

4) ACMBusActive: ACE 母线激活,高电平有效,由 ACE 发送至 TCMS。

5) ACMActOnBus: ACE 在母线激活,高电平有效,由 ACE 发送至 TCMS。

#### 3.3 分时序的辅助逆变器并网控制启动

当前所提条件满足时,TCMS 将开始整个并网控制过程。TCMS 内部设有一个 28 s 的循环累加计数器(DIS\_usTime\_counter),每秒累计一次,从 0 开始累加,累加值大于 27 时累加值清零,再重新累加。此 28 s 分成 4 个时间片段,每个时间片段为 7 s;每个时间片段,TCMS 指定 1 台辅助变流器启动,具体启动时间片段如表 1 所示:

表1 启动时序表

时间/s	0~7	7~14	14~21	21~0
设备号	ACE1	ACE3	ACE4	ACE6

分时序并网控制过程分为以下三个步骤:

1) 选择主设备、从设备。如果 1 台 ACE 与 TCMS 通信正常,其母线激活变量都未激活(ACMBusActive 和 ACMActOnBus 均为 0),而且其他 3 个通信正常的 ACE 都不是主设备(DisableIdleAux=1),根据累加计数器计数值和启动时序表,设定 ACE 是否为主设备(DisableIdleAux=0),同时将其其他 3 个 ACE 设置为从设备(DisableIdleAux=1)。DIS\_usTime\_counter 默认值为 0,即默认从 C1 车的 ACE 开始选择是否作为主设备。TCMS 发出主设备设定指令后的 7 s,收到相应辅助变流器反馈的母线激活变量未激活(ACMBusActive=0),则复位此变流器为从设备(DisableIdleAux=1),同时 TCMS 根据上述条件选择下一台 ACE 是否作主设备。如轮询完 28 s 之后,车辆 4 个 ACE 作主设备时,车辆辅助逆变器未正常启动,则计数器复位为 0,并将继续按 ACE1—ACE6 的顺序开始重新轮询选定主设备,并在条件满足时发送辅助逆变器启动指令,如此循环,直至有辅助逆变器反馈母线激活信号,实现并网成功。首次轮询过程中,4 台辅助逆变器均未启动成功,则通过司机室 DDU 报 ACE 故障。辅助逆变器主、辅设备选定流程如图 3 所示。

2) 主设备启动。正常情况下,主设备 ACE 与 TCMS 通信正常,且此 ACE 不存在内部和外部短路故障,TCMS 也未诊断出有短路故障,当计数器值满足表 1 时,TCMS 激活主设备并网启动指令(DisableStartAux=0)。主设备接收到主设备并网启动指令后,会闭合其所对应的闭合母线接触器,在 5 s 内完成 ACE 启动。如 TCMS 发出主设备启动指令后,检测短路信号激活或收到降弓指令,则 TCMS 复位

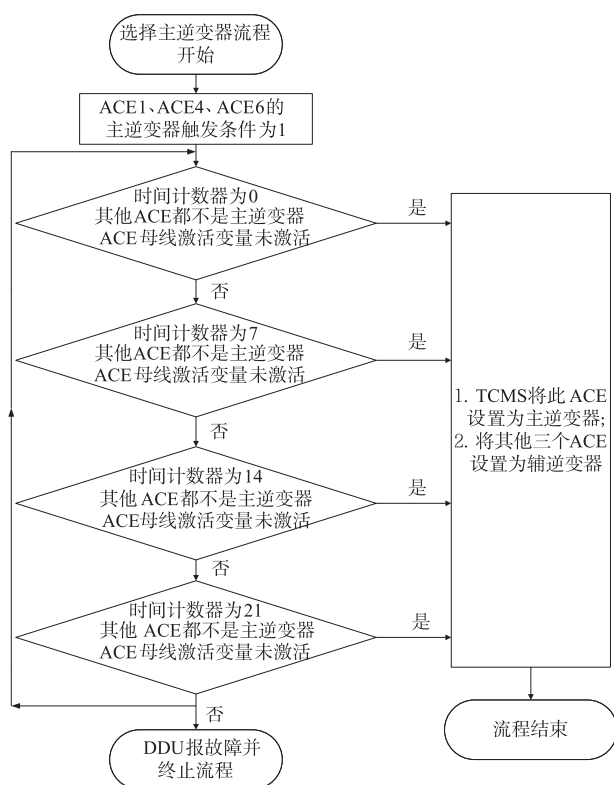


图3 选择辅助逆变器主、从设备流程图

启动指令(DisableStartAux=1)。启动主设备后,母线上存在电压,车辆AC 380 V的相位和频率由首先并网启动的主辅助逆变器决定。

3) 从设备并网启动。按照时间顺序,TCMS按车辆顺序间隔7 s判断其他车ACE是否具备启动条件。如条件满足,则按时间逐一发送从设备启动指令(DisableStartAux=0)至ACE3—ACE6,ACE3—ACE6接收到TCMS发送的指令后,检测母线情况后,即闭合各自母线接触器,单台ACE启动时间大约3 s。整列车4台ACE的启动在25 s内完成,满足整列车并网时间要求。从设备启动流程如图4所示。

### 3.4 紧急启动控制

在列车存在DC 1 500 V的条件下,当检测到ACE控制电压低于91 V时,DC 1 500 V/DC 110 V紧急变换器自动将接触网上DC 1 500 V电压变换为DC 110 V,为辅助逆变器内部的控制电路供电。当检测到ACE发送的逆变器低压启动指令(Low-BatVoltStart=1)激活时,TCMS发送启动信号至此ACE;ACE收到此信号后启动。低压工况下,4台ACE单独控制启动。第1台辅助逆变器成功启动

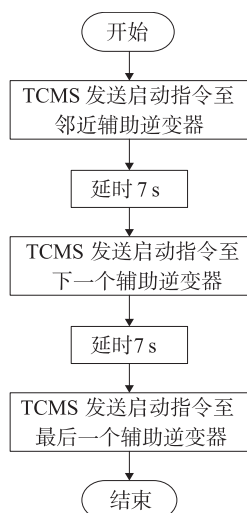


图4 辅助逆变器从设备启动流程

后,其他3台辅助逆变器启动时,自动与主辅助逆变器同步电压及频率,完成整车辅助逆变器启动。

辅助逆变器并网启动成功后,TCMS控制各负载设备启动。TCMS正常的情况下,当任意1台辅助逆变器故障时,所有中压负载正常工作,因此对乘客及列车运行无影响;任意2台辅助逆变器故障时,全车空调工作在半冷状态,其它中压负载正常工作,因此对乘客及列车运行无较大影响;任意3台辅助逆变器故障时,所有客室空调只保留通风,对司机室空调无影响。

## 4 结语

本文在传统的地铁车辆辅助逆变器并网控制的基础上,进行了部分控制策略优化,论述了地铁车辆上辅助逆变器并网供电控制逻辑和相关控制时序,详细说明了正常及紧急工况下并网启动控制策略。此控制策略经过联调试验平台及现场验证表明,设备稳定、运行良好。

## 参考文献

- [1] 许杰.基于TCMS的列车辅助变流器启动及复位方法研究[J].北京:铁路计算机应用,2018(2):11.
- [2] 张小龙.乌鲁木齐1号线辅助逆变器并网控制分析[J].科技创新与应用,2018(12):64.
- [3] 程永谊.城轨车辆辅助电源系统供电方式与电路拓扑结构分析[J].机车电传动,2013(2):49.

(收稿日期:2019-04-01)