

航空发动机电磁兼容试验台电气系统设计

刘丹宁 吴海浩 王城麟

中国航发湖南动力机械研究所, 湖南 株洲 412002

[摘要] 电磁兼容是电气系统设计中的一个复杂问题. 本篇文章分析了某电磁兼容试验台的电磁环境及引起电磁干扰的原因, 根据其电气系统的建设需求, 从设备选型、电缆布线、接地等多方面入手, 提高系统的电磁兼容性能。

[关键词] 电磁兼容; 电磁干扰; 电气系统

DOI: 10.33142/aem.v3i3.3899

中图分类号: TN03;V233.3

文献标识码: A

Electrical System Design of Aeroengine EMC Test Bed

LIU Danning, WU Haihao, WANG Chenglin

AECC Hunan Aviation Powerplant Research Institute, Zhuzhou, Hunan, 412002, China

Abstract: Electromagnetic compatibility is a complex problem in the design of electrical system. This paper analyzes the electromagnetic environment of an electromagnetic compatibility test-bed and the causes of electromagnetic interference. According to the construction requirements of its electrical system, it improves the electromagnetic compatibility performance of the system from the aspects of equipment selection, cable wiring, grounding, etc.

Keywords: electromagnetic compatibility; electromagnetic interference; electrical system

随着科技的发展, 电子设备逐渐小型化, 元件密集化, 电磁环境复杂程度日益提高, 电磁兼容性 (Electromagnetic Compatibility, EMC) 成为反映设备性能的重要指标。

EMC 包括电磁干扰和电磁耐受性两个方面, 即设备或系统在其电磁环境中符合运行要求, 且不对其环境中任何设备产生无法忍受的电磁干扰^[1]。

国军标 (GJB151B) 对军用设备和分系统电磁发射和敏感度提出了严格的标准, 某所新建电磁兼容试验车台是测试航空发动机抗干扰能力和对外界产生电磁干扰大小的重要试验平台。电气系统作为试验台用电设备供配电和控制的核心, 其设计也应充分考虑电磁兼容性。

1 电气系统的组成

EMC 试验车台电气系统主要由直流起动电源、交流配电单元、可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller; PLC) 单元、NI 测试设备单元、交流控制单元、直流控制单元、操纵台组合灯、按钮、旋钮、上位机、控制电缆等硬件组成。通过电气控制中心可编程逻辑控制器 (PLC), 可实现发动机控制器指令控制和测功器辅助油泵、燃油系统、滑油系统、引气系统、进气温度调节系统、后驱动装置等辅助设备的控制和发动机保护等功能, 如图 1 所示。

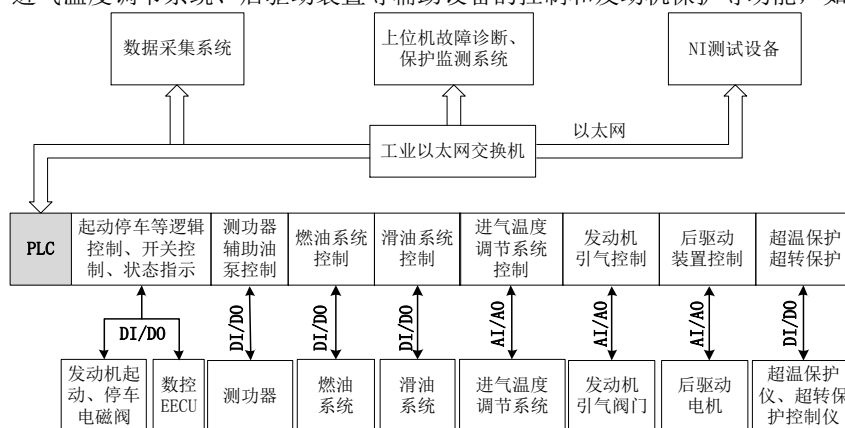


图 1 电气系统控制框图

由以上分析可见,电气系统的设计涉及的设备和子系统多,控制情况复杂,为满足 EMC 试验台的试验需求,应仔细分析其电磁环境并采取相应措施消除,或者部分消除设备与设备间,及设备与发动机间的电磁干扰。

2 电磁环境分析

EMC 试验台布置图如图 2 所示,其中,暗室是航空发动机进行辐射发射试验和辐射抗扰度试验的场所,其天线是电磁干扰的主要来源,若暗室屏蔽性受到破坏,试验时通过辐射耦合极有可能影响暗室外设备的运行。

架空层中安装有功放室、测功器油站、进气温度调节装置、后驱动装置控制单元等设备。众多复杂设备工作在一个相对拥挤的空间内,各设备直接产生的电磁波或互调后的杂波,电网地线的噪声经过传导与辐射会成为电磁干扰源,影响设备甚至干扰发动机的运行。

电气间中放置直流起动电源、交流配电单元、PLC 控制单元和交、直流控制单元等电气设备,是试车台电控中心。发动机控制电缆及其他设备的动力电缆和控制电缆最终将汇集在该空间,线缆的分布和走向复杂,电源线、控制线、信号线、地线之间易产生电磁干扰。

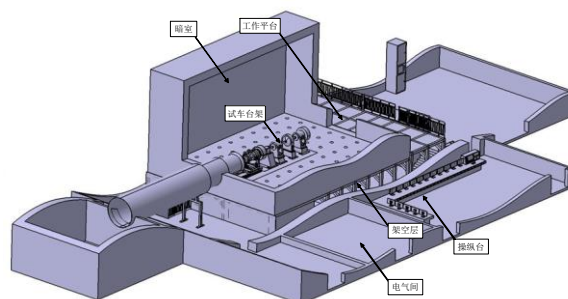


图 2 EMC 试验台布置图

3 电气系统的电磁兼容设计

形成电磁干扰需要三要素,即干扰源、传输通道和敏感单元^[2]。电气系统的主要干扰源包括变频器、起动电源和继电器、接触器等开关器件,其产生的电磁干扰可通过线缆传导或空间辐射对周围测试系统、仪器仪表等敏感设备产生影响。

进行电磁兼容设计需要控制干扰源、抑制电磁干扰、增强敏感设备的抗干扰能力。具体而言,可以采取对设备合理选型与布局,及屏蔽、滤波、合理布线、接地等技术,将干扰予以隔离和抑制。

3.1 设备选型

通过合理的设备选型可以从产品的源头解决电磁兼容问题。

为满足进气温度调节装置中轴流风机变频调速功能,需要为轴流风机配置变频器。采用西门子公司 S120 系列单轴驱动变频器,同时在其输入侧和输出侧分别安装进线滤波器和输出电抗器。进线滤波器可以进行 LC 滤波,限制高次谐波的传导干扰,输出电抗器可以降低电机绕组上的电压应力,降低变频器功率模块的容性充/放电电流。

后驱动装置使用变频电机作为动力,其变频控制系统采用 ABB 公司 ACS800 系列全数字交流变频器,并配置进线滤波器和 du/dt 输出滤波器,抑制电源、电磁、线缆干扰。

起动电源设计时,要求在起动主路电源直流输出回路加 L 滤波,控制电源直流输出回路加 LC 滤波,以提高电磁兼容性能。

电气控制柜内继电器、接触器的电感线圈并联浪涌吸收 RC 电路控制交流噪声,并联反接二极管控制直流噪声。

电气控制器采用西门子 S7-300 系列 PLC,电气测试设备采用 NI 公司 CompactRIO 系统,并独立供电,具有较强的抗干扰能力。

3.2 电缆布线

电缆是传输信号的重要途径,同时也为干扰信号通过耦合进入系统提供了通道。合适的电缆布线(包括线缆选择、敷设和屏蔽连接等)可有效提高系统 EMC 性能^[3]。

EMC 试验台各设备的控制电缆采用具有聚氯乙烯(Polyvinyl chloride, PVC)绝缘和 PVC 外护套的带编织屏蔽层软电缆,即 RVVP 屏蔽电缆,其阻燃性符合 IEC 60332-1-2,具有良好的耐化学性,同时屏蔽层可使电磁干扰在其中经

多次反射而被衰减。变频器等易成为干扰源的设备动力电缆采用带 PVC 绝缘和护套的屏蔽电力电缆,即 VVRP 屏蔽电缆。通讯电缆采用 Profibus-DP 总线和工业以太网总线专用电缆, EMC 性能优异。

电缆敷设时应注意将动力电缆、控制电缆和通讯电缆分开布置并尽量保持安全距离。导线穿过金属板孔时,在板上装有绝缘护套。电缆屏蔽层与设备机箱接地母排连接或通过连接器外壳接至机箱箱体。

考虑到 EMC 试验台的特殊性,发动机控制器与试验台间的控制信号需要通过信号滤波器进行隔离。为适应多种型号发动机试验的需求,设计电缆转接箱,将发动机控制器与试验台间的控制电缆信号分为直流电源信号、交流电源信号、有源离散量信号、无源离散量信号、数据采集信号、通讯信号等几类连接至电缆转接箱,如图 3 所示。若后续需要更换发动机,只需设计发动机控制器至转接箱的电缆,而无需改造转接箱至试验台的电缆,从而减少发动机更换时的操作时间并避免线路改造时对电缆布线格局的破坏。

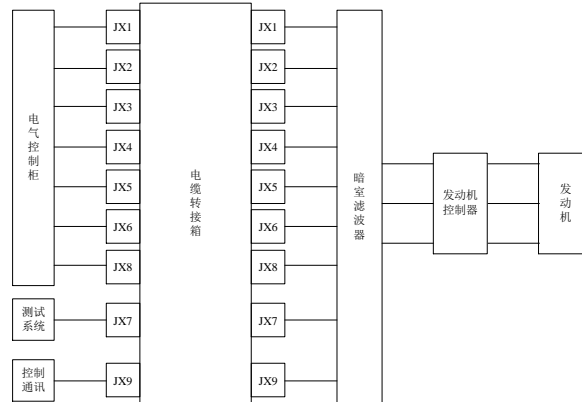


图 3 电缆转接箱示意图

3.3 接地与搭接

接地是在电气元件与参考点或接地板之间建立导电通路,是设备或系统正常工作的基本环节,也是决定系统电磁兼容性高低的关键因素之一。

试验台包含多种电子设备和电气部件,应设置系统安全地(PE)、信号地两类接地系统,确保设备、电气系统、数据采集系统安全可靠运行。接地面应是零电位,作为设备或系统中所有信号的公共电位参考点。接地线、接地面应采用低阻抗材料制成,并有足够的宽度和厚度,以保证在所有频率上呈现低阻抗。数字信号地与模拟信号地分开设计,大电流信号地与小电流信号地分开设计。

搭接是将设备的外壳或构架用机械手段连接在一起,形成电气上连续的整体,以避免不同金属外壳或架构间出现电位差,产生电磁干扰。

为保证良好搭接,被搭接表面的接触区应光滑、清洁、无绝缘物质,应有足够的压力将搭接处压紧。搭接片和被搭接金属应防腐、防潮,有良好的电气稳定性,保证能承受可能出现的最大电流,以免过载带来的危害。搭接片应尽量短而粗,以保证搭接的低阻抗。

4 结论

电磁兼容在电气系统的设计中是一个较为复杂的问题,涉及到众多设备、器件的电磁敏感度,同时 EMC 试验台本身就是一个复杂的电磁体。在进行 EMC 试验台电气系统设计时,应充分考虑电磁兼容性,从设备选型、电缆布线、接地等多方面入手,提高系统的性能。

[参考文献]

- [1]何宏.电磁兼容原理与技术[M].西安:西安电子科技大学出版社,2008.
- [2]周旭.电子设备防干扰原理与技术[M].北京:国防工业出版社,2005.
- [3]路宏敏.工程电磁兼容[M].西安:西安电子科技大学出版社,2003.

作者简介:刘丹宁(1989,12-),女,大连理工大学,电工理论与新技术,中国航发湖南动力机械研究所,主管设计师,工程师;吴海浩(1979,2-),男,湖南工业大学,电气自动化,中国航发湖南动力机械研究所,主任设计师,高级工程师;王城麟,男,(1991,11-),杭州电子科技大学,自动化,中国航发湖南动力机械研究所,设计师,助理工程师。