

1-2-2019

Modeling and Simulation of the Crosstalk on Aircraft ARINC429 Data Bus

Xudong Shi

1. Aviation Ground Special Equipments Research Base, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China; ;2. College of Electronic Information and Automation, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

Ruowen Wang

2. College of Electronic Information and Automation, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

Jialin Wang

2. College of Electronic Information and Automation, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

Hongxu Zhao

2. College of Electronic Information and Automation, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Modeling and Simulation of the Crosstalk on Aircraft ARINC429 Data Bus

Abstract

Abstract: Based on the theory of multi-conductor transmission line, the crosstalk between a single cable and a UTP (unshielded twisted pairs) cable was studied. The MATLAB and CST were employed to do the theoretical calculation and modeling respectively, and the comparison result proved the validity and accuracy of the proposed model. *Based on the UTP model, the shielding layer was used to build the STP (shielded twisted-wire pairs) model according to the ARINC429 specification, and the crosstalk which caused by a large voltage transient happening on the adjacent power line on the aircraft was further analyzed. The distance and length of the cables were chosen as the main factors for studying the impact on the crosstalk.* The study played an important guiding role for actual ARINC429 data bus installation on the airplane, and paved the way for analyzing the crosstalk effect of complex cable structure in the future.

Keywords

transmission-line, UTP, STP, crosstalk, modeling, simulation

Recommended Citation

Shi Xudong, Wang Ruowen, Wang Jialin, Zhao Hongxu. Modeling and Simulation of the Crosstalk on Aircraft ARINC429 Data Bus[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(2): 482-488.

飞机 ARINC429 数据传输串扰过程建模与仿真

石旭东^{1,2}, 王若文², 王家林², 赵宏旭²

(1.中国民航大学航空地面特种设备民航研究基地, 天津 300300; 2.中国民航大学电子信息与自动化学院, 天津 300300)

摘要: 基于多导体传输线理论, 应用了 MATLAB 和 CST 进行数学建模仿真和实物建模仿真, 对比分析了不同模型下的单根线缆对非屏蔽双绞线的串扰, 验证了 CST 实物仿真模型的有效性和准确性。研究了屏蔽双绞线屏蔽层双端悬空时, 飞机上直流电源接通或断开对飞机 ARINC429 数据传输线产生的串扰; 并分析了单根线缆与 ARINC429 数据传输线在不同间距和不同平行敷设长度情况下的线间串扰。对飞机 ARINC429 数据传输线的实际安装过程有一定的指导作用, 为将来复杂线缆结构串扰分析提供了一定的研究基础。

关键词: 传输线理论; 非屏蔽双绞线; 屏蔽双绞线; 串扰; 建模; 仿真

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2018) 02-0482-07

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201802015

Modeling and Simulation of the Crosstalk on Aircraft ARINC429 Data Bus

Shi Xudong^{1,2}, Wang Ruowen², Wang Jialin², Zhao Hongxu²

(1. Aviation Ground Special Equipments Research Base, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

2. College of Electronic Information and Automation, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: Based on the theory of multi-conductor transmission line, the crosstalk between a single cable and a UTP (unshielded twisted pairs) cable was studied. The MATLAB and CST were employed to do the theoretical calculation and modeling respectively, and the comparison result proved the validity and accuracy of the proposed model. Based on the UTP model, the shielding layer was used to build the STP (shielded twisted-wire pairs) model according to the ARINC429 specification, and the crosstalk which caused by a large voltage transient happening on the adjacent power line on the aircraft was further analyzed. The distance and length of the cables were chosen as the main factors for studying the impact on the crosstalk. The study played an important guiding role for actual ARINC429 data bus installation on the airplane, and paved the way for analyzing the crosstalk effect of complex cable structure in the future.

Keywords: transmission-line; UTP; STP; crosstalk; modeling; simulation

引言

机载数据总线技术是现代飞机电传操作系统和航空电子综合化关键技术之一^[1]。随着当今航空



收稿日期: 2016-01-04 修回日期: 2016-03-14;
基金项目: 国家商用飞机制造工程技术研究中心创新基金(SAMC14-JS-15-054), 天津市科技支撑计划重点项目(15ZCZDZX00350), 民航局重大科技项目(MHRD 20140104), 中央高校基金资助课题(3122015D013);
作者简介: 石旭东(1972-), 男, 辽宁葫芦岛, 博士, 教授, 研究方向为航空地面测试设备与故障诊断技术。

电子系统复杂性的增加, 飞机内部线缆不断增多, 在飞机有限的内部空间中, 这些线缆会通过天线效应不断向周围辐射电磁波, 导致飞机内部电磁环境日渐复杂。复杂的电磁环境使数据传输线与其他线缆产生耦合关系, 从而影响数据传输线中传输信号的质量, 破坏信号的完整性。在航空总线发展过程中, 为了提高其安全性、可靠性, 制定了一系列的标准和规范, 民机机载总线有 ARINC-429/629、

<http://www.china-simulation.com>

CSDB、STAN-AG-3838/3910、LTPB, FDDI 和 AFDX 等, 军机机载数据总线有 MIL-STD-1553B、1773、SCI 和 FC 等。其中 ARINC429 是一种研发较早、规范定义简单实用、维护相对容易、设计成本低、系统兼容性强、工程应用成熟的航空总线, 这些优势使它成为我国自主研发飞机的重要选择。面对日益复杂的机载电磁环境, 需要对 ARINC429 数据传输线的敷设结构进行新的分析和研究, 以确认 ARINC429 数据传输线是否足以应对将来的使用。

飞机 ARINC429 总线为单向传输总线, 采用双极性归零编码形式, 其传输介质为屏蔽双绞线^[2]。为了分析其它线缆的敷设是否会对 ARINC429 数据传输线产生影响, 本文分以下几步进行: (1) 完成单根线缆对非屏蔽双绞线串扰数学建模分析; (2) 利用数学模型结果与 CST Cable Studio 软件仿真所

得结果进行对比, 验证 CST Cable Studio 软件仿真的可靠性; (3) 完成单根线缆对飞机 ARINC429 数据传输线的串扰影响分析。

1 理论分析

在分析单根线缆作为干扰源对非屏蔽双绞线产生串扰影响时, 为了研究串扰影响趋势, 在此将非屏蔽双绞线进行简化拆分处理。首先将非屏蔽双绞线空间扭绞简化为平面扭绞; 然后将非屏蔽双绞线按扭绞进行拆分; 最后在单个扭绞中将非屏蔽双绞线分为非扭绞部分和扭绞部分, 如图 1 所示。其中单一扭绞的 a 部分(非扭绞部分)的长度为 L_s , 输入端在 x_0 处, 输出端在 x_1 处; b 部分(扭绞部分)长度为 $\Delta x = x_2 - x_1$, 输入端在 x_1 处, 输出端在 x_2 处。

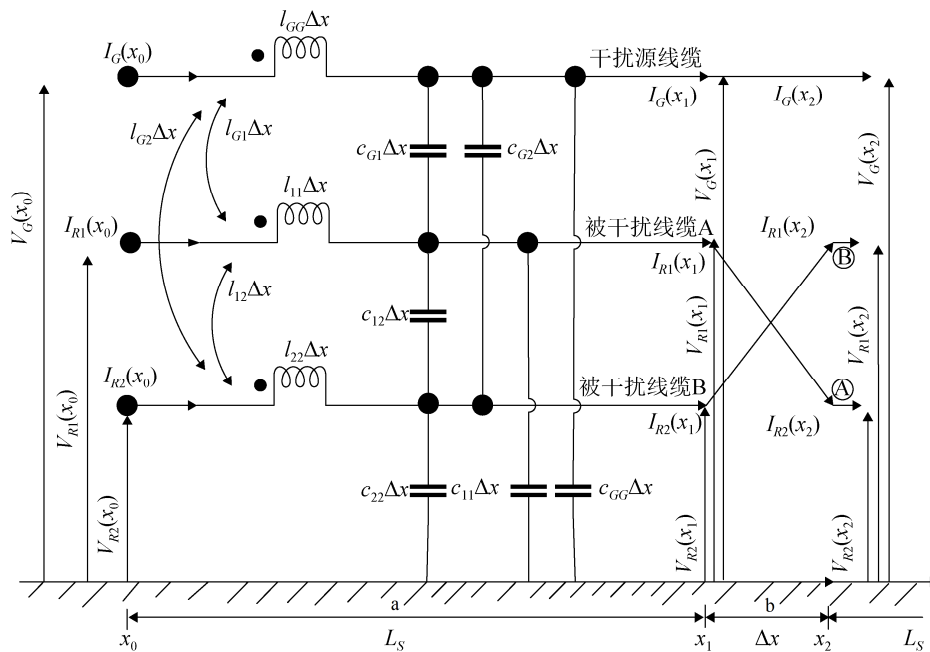


图 1 单根线缆对单个扭绞串扰模型

Fig. 1 Single wire vs. twisted pair crosstalk prediction model

在平行线部分中, l_{GG} 、 l_{11} 和 l_{22} 分别为干扰源线缆、被干扰双平行线缆的 A 线和被干扰双平行线缆的 B 线的寄生电感, l_{G1} 、 l_{G2} 和 l_{12} 分别为干扰源线缆、被干扰双平行线 A 线和 B 线中两两的感应电感。 c_{GG} 、 c_{11} 和 c_{22} 分别为干扰源线缆、被干扰双平行线缆的 A 线和被干扰双平行线缆的 B 线

的寄生电容, c_{G1} 、 c_{G2} 和 c_{12} 分别为干扰源线缆、被干扰双平行线 A 线和 B 线中两两的感应电容。干扰源线缆铜芯半径为 r_G , 被干扰双平行线铜芯半径为 r_R , 干扰源线缆与被干扰双平行线中心的距离为 d , 被干扰双平行线中的 A 线和 B 线与其中心的距离为 Δd , 双绞线中单个扭绞长度为 L_s , 干

扰源线缆离地高度为 h_G ，被干扰双平行线的中心位置离地高度为 h_R 。根据传输线理论推导可知^[3]，单位长度电感传输矩阵如式(1)所示，单位长度电感矩阵与电容矩阵关系如式(2)所示，单位长度电感矩阵内部不同电感取值如式(3)所示。

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} l_{GG} & l_{G1} & l_{G2} \\ l_{G1} & l_{11} & l_{12} \\ l_{G2} & l_{12} & l_{22} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\mathbf{LC} = \frac{1}{v^2} \mathbf{I}_3 \quad (2)$$

$$\begin{cases} l_{GG} = \frac{\mu_v}{2\pi} \ln\left(\frac{2h_G}{r_G}\right) \\ l_{11} = \frac{\mu_v}{2\pi} \ln\left(\frac{2(h_R + \Delta d)}{r_R}\right) \\ l_{22} = \frac{\mu_v}{2\pi} \ln\left(\frac{2(h_R - \Delta d)}{r_R}\right) \\ l_{G1} = \frac{\mu_v}{4\pi} \ln\left(1 + \frac{4h_G(h_R + \Delta d)}{d^2 + \Delta d^2}\right) \\ l_{G2} = \frac{\mu_v}{4\pi} \ln\left(1 + \frac{4h_G(h_R - \Delta d)}{d^2 + \Delta d^2}\right) \\ l_{12} = \frac{\mu_v}{2\pi} \ln\left(\frac{h_R}{\Delta d}\right) \end{cases} \quad (3)$$

结合上述参数可得链传输矩阵如式(4)，其中 \mathbf{I}_3 为 3 阶单位矩阵。

$$\phi_s(L_s) = \begin{bmatrix} \cos(\beta L_s) \mathbf{I}_3 & -jv \sin(\beta L_s) \mathbf{L} \\ -jv \sin(\beta L_s) \mathbf{C} & \cos(\beta L_s) \mathbf{I}_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

式(4)中 $\beta = 2\pi/\lambda = 2\pi f/v$ ， f 为干扰源线缆输入电压频率。

平行线部分输入输出关系如式(5)所示。

$$\begin{bmatrix} \mathbf{V}(x_1) \\ \mathbf{I}(x_1) \end{bmatrix} = \phi_s(L_s) \begin{bmatrix} \mathbf{V}(x_0) \\ \mathbf{I}(x_0) \end{bmatrix} \quad (5)$$

通过扭绞部分以后 A 线与 B 线发生位置互换，此时假设 $\Delta x=0$ ，因此在此处干扰源产生的串扰影响忽略不计，但是输入输出关系随着 A 线与 B 线位置的互换发生改变，位置变换矩阵如式(6)所示。

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

经过扭绞部分以后的输入输出关系如式(7)所示，其中。

$$\begin{bmatrix} \mathbf{V}(x_2) \\ \mathbf{I}(x_2) \end{bmatrix} = \mathbf{P} \begin{bmatrix} \mathbf{V}(x_1) \\ \mathbf{I}(x_1) \end{bmatrix} \quad (7)$$

式(5)、(7)中 $\mathbf{V}(x_i)$ 和 $\mathbf{I}(x_i)$ 如式(8)所示，式中 $i=0,1,2$ 。

$$\mathbf{V}(x_i) = \begin{bmatrix} V_G(x_i) \\ V_{R1}(x_i) \\ V_{R2}(x_i) \end{bmatrix} \quad \mathbf{I}(x_i) = \begin{bmatrix} I_G(x_i) \\ I_{R1}(x_i) \\ I_{R2}(x_i) \end{bmatrix} \quad (8)$$

结合双平行线部分和扭绞部分，同时考虑双绞线的扭绞个数为 N 时，整体的输入输出关系如式(9)所示。

$$\begin{cases} \phi_T = \begin{cases} (\mathbf{P}\phi_s)^N & \dots\dots N \text{ 为偶数} \\ \phi_s(\mathbf{P}\phi_s)^{N-1} & \dots\dots N \text{ 为奇数} \end{cases} \\ \begin{bmatrix} \mathbf{V}(L) \\ \mathbf{I}(L) \end{bmatrix} = \phi_T \begin{bmatrix} \mathbf{V}(0) \\ \mathbf{I}(0) \end{bmatrix} \end{cases} \quad (9)$$

干扰线缆近端所设置信号源为 V_s ，内阻为 Z_{0G} ，远端接地电阻为 Z_{LG} 。被扰线缆近端和远端端接电阻分别为 Z_{0R} 和 Z_{LR} 。基于戴维南等效定理可得出传输线端接方程，如式(10)所示。

$$\begin{cases} \mathbf{V}(0) = \mathbf{V} - \mathbf{Z}_0 \mathbf{I}(0) \\ \mathbf{I}(L) = \mathbf{Y}_L \mathbf{V}(L) \end{cases} \quad (10)$$

其中

$$\mathbf{V}(0) = \begin{bmatrix} V_s \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\mathbf{Z}_0 = \begin{bmatrix} Z_{0G} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{0R} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\mathbf{Y}_L = \begin{bmatrix} 1/Z_{LG} & 0 & 0 \\ 0 & 1/Z_{LR} & -1/Z_{LR} \\ 0 & -1/Z_{LR} & 1/Z_{LR} \end{bmatrix} \quad (13)$$

结合式(9)~(13)即可得出单根线缆对非屏蔽双绞线的串扰影响。定义远端串扰耦合电压传输比为 S 来表示非屏蔽双绞线受到的串扰影响, 如式(14)所示。

$$S = 20 \log_{10}(V_{R1}(x_i) - V_{R2}(x_i)) \quad (14)$$

2 模型验证

通过以上数学模型, 可知存在多个单根线缆对双绞线产生串扰影响的因素, 如单个扭绞的长度、扭绞个数、线缆离地的高度、线缆本身的材质、负载电阻以及线缆与线缆之间距离等^[4-6]。本文中选取负载电阻作为参考变量, 对 CST Cable Studio 实物模型有效性进行验证。先基于 MATLAB 进行数学建模, 并计算在不同负载情况下的串扰影响; 后基于 CST Cable Studio 软件搭建实物仿真模型, 分析在不同负载情况下的串扰影响。比较 MATLAB 环境下和 CST Cable Studio 环境下所得结果, 从串扰影响变化趋势及串扰值两个方面验证 CST Cable Studio 所搭建的实物模型的可靠性和准确性。

2.1 数学模型仿真

结合上述公式完成单根线缆对非屏蔽双绞线串扰影响分析, 本文基于 MATLAB 软件矩阵计算模块来实现数学建模和计算。相关参数设置如表 1 所示。

选择干扰源线缆输入电压频率 f 为研究变量。计算过程为: 先设置干扰源输入电压频率 f 的初始

值为 $f=1\ 000\ \text{Hz}$; 判断当前频率是否大于终止频率 $f_{\max}=100\ \text{MHz}$ 。若不大于终止频率, 则计算当前频率下的链参数矩阵, 完成线缆两端串扰电压输出并保存数据, 同时将频率增加 $100\ \text{kHz}$, 作为下一次计算所需的频率; 若大于终止频率, 则输出不同频率下的串扰电压矩阵, 显示结果。

表 1 MATLAB 计算参数设置

Tab. 1 MATLAB calculation parameters setting

参数	取值
r_G	$4.064 \times 10^{-4}\ \text{m}$
r_R	$4.064 \times 10^{-4}\ \text{m}$
d	$0.02\ \text{m}$
Δd	$8.382 \times 10^{-4}\ \text{m}$
L_s	$0.0202\ \text{m}$
h_G	$0.02\ \text{m}$
h_R	$0.02\ \text{m}$
N	226
μ_v	$4\pi \times 10^{-7}$
v	$3 \times 10^8\ \text{m/s}$

在对分析部分中显示对应不同负载情况下 ($R=1\ \Omega, 50\ \Omega, 1\ \text{k}\Omega$) 被干扰线缆非屏蔽双绞线远端串扰耦合电压传输比的结果。

2.2 实物仿真模型

结合数学模型中的相关参数, 验证 CST Cable Studio 软件搭建的实物仿真模型的可靠性, 完成实物模型仿真, 并利用生成的线缆模块搭建电路仿真模型。CST 实物仿真模型如图 2 所示。

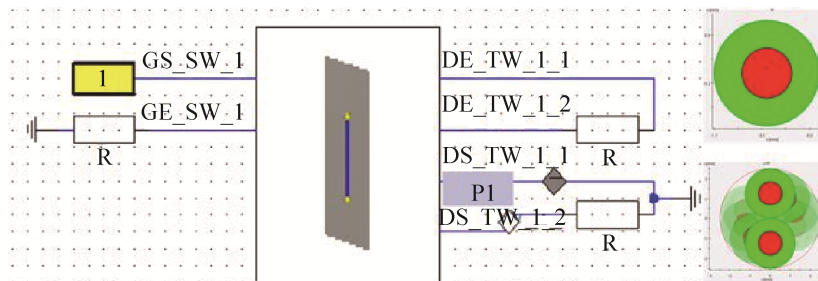


图 2 CST 实物仿真模型

Fig. 2 Simulation model in CST

2.3 对比分析

基于 MATLAB 及 CST Cable Studio 建模仿真结果如图 3 所示。

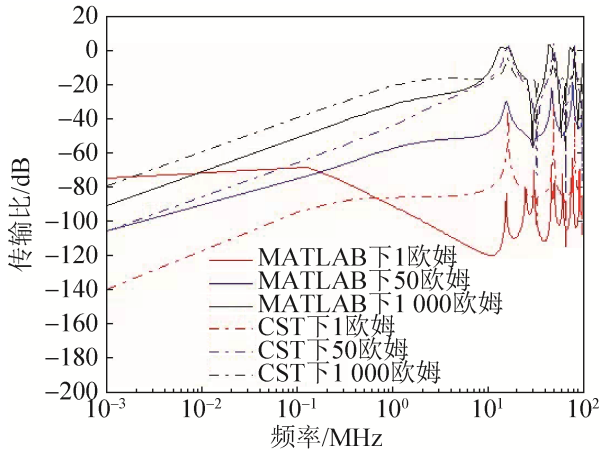


图 3 在 MATLAB 和 CST 中不同负载时串扰耦合影响
Fig. 3 Crosstalk comparison between MATLAB and CST with different loads

图 3 中实线曲线为 MATLAB 环境下所得结果，点划线曲线为 CST 环境下所得结果。由图 3 中可知，CST 环境下的串扰影响与 MATLAB 环境下理论计算值差异，这是因为 MATLAB 采用的是简化模型，在计算过程中存在误差。

当负载电阻 $R=1\ \Omega$ 时，两者曲线重合度较差，这是因为在 MATLAB 理论计算过程被干扰源线缆是以双平行线为基础。假定扭绞距离为零，从图 3 中实线可看出其转折点在 $0.1\ \text{MHz}$ ，这一特征与

CST 环境下得到的图 3 中点划线的转折点位置相近。

当负载电阻 $R=50\ \Omega$ ， $1\ \text{k}\Omega$ 时，通过对比图 3 中的实线和点划线，可以发现 MATLAB 结果与 CST 结果在数值上存在一定偏差，但其结果曲线的变化趋势几乎相同。综上可知 CST 建立的实物仿真模型是可靠的，在遇到相似的需要进行建模分析时，可直接使用 CST 进行建模仿真，完成对相应线缆串扰影响的计算。在 CST 建模过程中结合上述结果，同时考虑到线缆阻抗匹配的问题，在后续的串扰分析过程中选取负载电阻 $R=50\ \Omega$ 。

3 飞机 ARINC429 总线应用分析

飞机 ARINC429 数据传输线采用的是屏蔽双绞线，在 ARINC429 协议中明确规定屏蔽层必须双端接地，此时屏蔽层与电源地成为等电势体，有效阻挡了外界可能对双绞线产生串扰影响的电磁波的进入，从而达到保护双绞线上所传输信号完整性的目的^[7-8]。然而在实际安装和使用过程中，可能会因为端接头的测试或故障，导致在接线端口屏蔽层接触不良，甚至可能发生屏蔽层两端悬空的情况，此时 ARINC429 数据传输线近似与非屏蔽双绞线相同。在单根线缆对非屏蔽双绞线串扰建模分析的基础上，完成对飞机 ARINC429 数据传输线进行建模分析，所得实物仿真模型如图 4 所示。

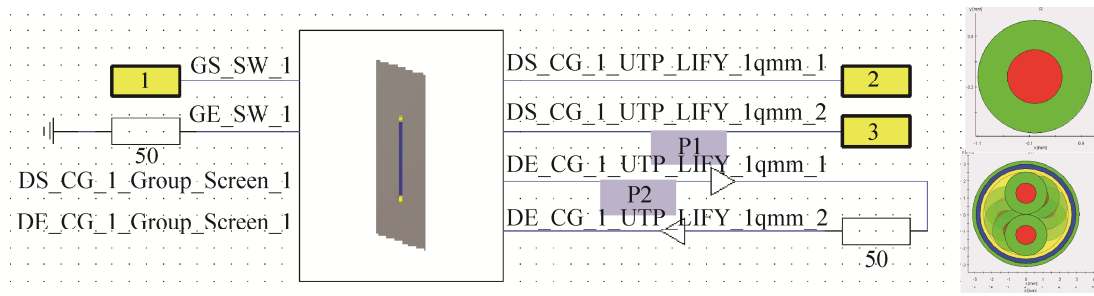


图 4 CST 屏蔽双绞线屏蔽悬空实物仿真模型
Fig. 4 Simulation model for STP in CST

在分析单根线缆对屏蔽双绞线产生的串扰影响时，需要考虑干扰源线缆上传输的信号。干扰源信号的频率和幅值是单根线缆对 ARINC429 数据

传输线产生的串扰影响的重要因素。飞机 ARINC429 数据传输线采用的是屏蔽双绞线，定义它们分别为 A 线和 B 线。在进行信号传输时，A

线和 B 线均有输入信号, 在接收端将 A 线上的信号与 B 线上的信号求差值得到输出信号波形。差分的形式很好的排除了共模电压的影响, 但是在 A 线或者 B 线的接收端, 当收到的信号波形的幅值超过一定幅值时, 可能会击穿接收端的保护电容, 导致信号接收设备故障。

在飞机气象雷达系统、全向信标系统以及空中交通管制系统中除了使用了机载交流电源以外, 还存在直流电源。直流电源接通和断开时, 会产生高频分量, 这将会对其它线缆产生串扰影响, 因此选择直流电源作为干扰源线缆的输入信号完成单根线缆对飞机 ARINC429 数据传输线的串扰分析。电路仿真 CST 模型如图 4 所示, 图中 P1 和 P2 为被干扰屏蔽双绞线远端电压探针。定义信号源 1 为 28 V 直流电源, 每 10 μs 直流电源进行一次接通和断开, 按照飞机 ARINC429 数据传输时的标准信号字格式, 定义信号源 2 电压为 5 V, 周期为 10 μs , 上升和下降时间为 1.5 μs , 保持时间为 3.5 μs 。定义信号源 3 设定电压为 -5 V, 周期为 10 μs , 上升和下降时间为 1.5 μs , 保持时间为 3.5 μs 。此时线缆平行敷设长度设置为 4.572 m, 每米 50 个扭绞, 线缆间距为 2 cm, 屏蔽层采用双端悬空方式。仿真结果如图 5 所示。

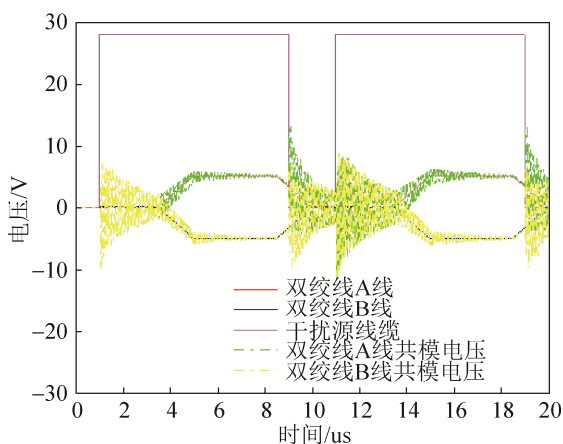


图 5 特定干扰源产生的串扰影响

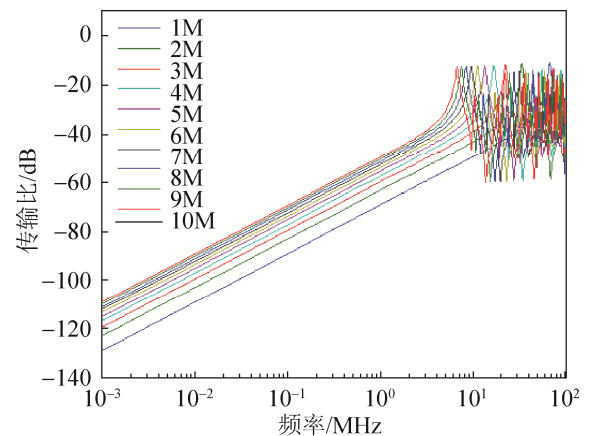
Fig. 5 Crosstalk induced by specific interference source

根据 ARINC429 总线协议规定, 接收端的电压波动范围应该在标准值的左右 2.5 V 内。在图 5

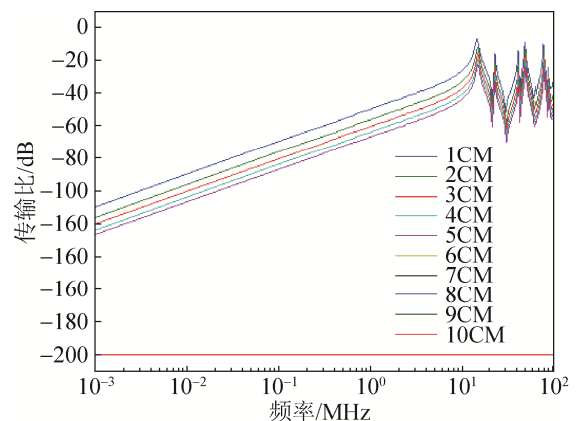
中, 浅黄色和浅绿色线条分别为屏蔽双绞线的共模串扰影响曲线, 通过曲线可以得出共模干扰电压的绝对值最大可以达到 12.26 V。ARINC429 数据接收端若长期处于过载工作状态, 将会降低数据接收端的使用寿命, 对飞机的正常安全飞行造成影响。

面对飞机上复杂的电磁环境, 除了上述指定直流电压源对屏蔽双绞线产生串扰影响以外, 飞机上还存在传输其它不同频率信号的线缆, 因此需要对整个模型进行扫频分析。

首先设置线缆长度初始值为 $L=1\text{ m}$, 每次增加 1 m, 最终值为 10 m。在仿真过程中设定负载电阻 $R=50\ \Omega$ (当负载电阻 $50\ \Omega$ 时线缆两端阻抗匹配), 设置线缆间距为 2 cm, 扫频范围为 1 kHz~100 MHz。所得远端串扰电压传输比如图 6(a)所示。



(a) 线缆长度对串扰电压的影响



(b) 线缆间距对串扰电压的影响

图 6 不同变量对串扰电压的影响(a)长度(b)距离
Fig. 6 Crosstalk with different length (a) and different distance (b)

然后设置线缆间距 d 的初始值为 1 cm, 每次增加 1 cm, 最终值为 10 cm。在仿真过程中设定负载电阻 $R=50 \Omega$, 设定干扰源线缆与被干扰线缆的线缆长度 $L=4.5 \text{ cm}$, 扫频范围为 1 kHz~100 MHz。通过仿真所得远端串扰电压传输比如图 6(b)。

在图 6(a)中, 当频率小于 1 MHz 时任意频率时, 可以发现随着线缆长度的增加, 远端串扰电压传输比均在不断增加。但是由于线缆长度的不断增加, 线缆本身相应参数变化的比例将会不断缩小, 导致串扰电压传输比增加的幅值不断减小。

在图 6(b)中, 当频率小于 1 MHz 时任意频率时, 可以发现随着线缆间距的不断增大, 远端串扰电压传输比均在不断减小, 当线缆间距超过 5 cm 以后串扰电压近乎为 0, 这导致串扰电压传输比逼近于理想最小值。

4 结论

本文基于 MATLAB 和 CST 构建单根线缆对非屏蔽双绞线串扰影响的数学模型和实物仿真模型, 并对比两种环境下的串扰影响结果, 验证了 CST 实物仿真模型的有效性和准确性。在此基础上完成了 CST 环境下飞机 ARINC429 数据传输线(屏蔽双绞线)实物仿真模型。分析了屏蔽层两端悬空状态下, 单根线缆对屏蔽双绞线的串扰影响。通过实验数据分析可得: (1)飞机 ARINC429 数据传输线应尽量远离高电压、高频率的电源信号, 从而保证 ARINC429 数据接收端的正常工作; (2)当线缆间距大于 5 cm 时, 干扰源线缆对被干扰线缆的串扰影响可忽略不计; (3)尽量避免飞机 ARINC429 数据传输线与可能对它产生串扰影响的线缆进行平行敷设, 有效降低干扰源对被干扰线缆产生的串扰影响。以上结论可以在飞机 ARINC429 总线敷设过程中有一定的指导作用, 为将来复杂线缆结构串扰

分析提供了一定的研究基础。

参考文献:

- [1] 支超有. 机载数据总线技术及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.
Zhi Chaoyou. Avionics data bus technology and its applications[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2009.
- [2] Perez-Mato J, Perez-Jimenez R, Tristancho J. Optical wireless interface for the ARINC 429 avionics bus: Design and implementation[J]. Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE (S0885-8985), 2013, 28(6): 15-21.
- [3] Paul C, McKnight J. Prediction of Crosstalk Involving Twisted Pairs of Wires-Part I: A Transmission-Line Model for Twisted-Wire Pairs[J]. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility (S0018-9375), 1979, 2(EMC-21): 92-105.
- [4] Bradley A T, Yavoich B J, Hodson S M, et al. Comparison of analysis, simulation, and measurement of wire-to-wire crosstalk, Part 1[C]// Electromagnetic Compatibility (APEMC), 2010 Asia-Pacific Symposium on. IEEE, 2010: 672-675.
- [5] Jullien C, Besnier P, Dunand M, et al. Advanced modeling of crosstalk between an unshielded twisted pair cable and an unshielded wire above a ground plane[J]. Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on (S0018-9375), 2013, 55(1): 183-194.
- [6] Grassi F, Pignari S. Bulk current injection in twisted wire pairs with not perfectly balanced terminations[J]. Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on (S0018-9375), 2013, 55(6): 1293-1301.
- [7] Watanabe Y, Uchida T, Sasaki Y, et al. Study on grounding condition of shield sheath in shielded twisted pair cable[C]// Electromagnetic Compatibility, Tokyo (EMC'14/Tokyo), 2014 International Symposium on. IEEE, 2014: 753-756.
- [8] Schuet S, Timucin D, Wheeler K. Physics- Based Precursor Wiring Diagnostics for Shielded-Twisted-Pair Cable[J]. Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on (S0018-9456), 2015, 64(2): 378-391.