

TPMS汽车抛负载瞬态传导抗扰性试验和分析

黄学军¹, 孙成明¹, 陈赋民², 陶琦²

(1 苏州泰思特电子科技有限公司, 江苏 苏州 215011; 2 河南天海科技有限公司, 河南 郑州 450001)

[摘要] 针对汽车轮胎气压监测系统 (TPMS)抛负载瞬态传导抗扰性试验, 结合《GB/T21437.2 idt ISO7637.2 沿电源线的电瞬态传导》标准, 提出了 TPMS接收模块对脉冲 5a/5b耐受程度试验原理及其方法, 同时分析了自恢复保险管和瞬态抑制二极管电路特性, 据此提出了被测设备电路优化设计方法. 实验结果表明, 采用文中优化电路可提高 TPMS主机接收模块耐受汽车抛负载电瞬态传导脉冲干扰的能力, 从而对汽车电子电磁抗扰度提供理论依据.

[关键词] 汽车电子, 轮胎压力监测系统, 抗干扰

[中图分类号] TN06 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2010) 03-0020-05

Test and Analysis of Transient Conduction Immunity for Automobile Load Dump on the TPMS

Huang Xuejun¹, Sun Chengming¹, Chen Fumin², Tao Qi²

(1 Suzhou 3cTest Co., Ltd. Suzhou 215011, China
2 Henan Tianhai Technology Co., Ltd. Zhengzhou 450001, China)

Abstract According to the standard (GB/T21437.2 idt ISO 7637.2 Electrical transient conduction along supply lines only), the principle of transient conduction immunity test for automobile load dump on TPMS with 5a/5b pulse was proposed. The circuit characterizations of positive temperature coefficient (PTC) resettable fuse and transient voltage suppressor (TVS) were analyzed, and the optimized circuits of equipment under test (EUT) were designed. Experiment results show that the ability to conduct pulse interference tolerance for TPMS could be improved by employing the suggested optimized design.

Key words automotive electronics; tire pressure detection system; electromagnetic immunity

汽车电子产品电磁兼容性 (EMC), 包括电磁干扰 (EMI)和电磁抗扰 (EMS)是强检项目. 其主要标准有: GB/T21437—2008道路车辆—由传导和耦合引起的电骚扰, GB18655—2002保护车辆接收机的无线电骚扰特性的限值和测量方法, GB/T 17619—1998 机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值和测量方法, GB/T19951—2005道路车辆—静电放电产生的电骚扰试验方法等.

在标准《GB/T 21437.2—2008 idt ISO 7637.2 2004 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第2部分: 沿电源线的电瞬态传导》中包含多种瞬态传导抗扰性试验脉冲, 包括 1, 2a, 2b, 3a/3b, 4, 5a/5b等, 其中脉冲 1, 2a, 5a/5b不仅试验电压高 (可达数十或几百 V), 而且脉冲能量大, 可能损害汽车电子产品, 甚至导致汽车故障. 鉴于此, 本文结合汽车 TPMS产品实际情况, 进行了电压瞬态发射试验和抗扰性试验, 介绍脉冲 5a/5b试验结果, 并给出简要分析和结论.

1 试验原理

针对测试汽车抛负载瞬态现象对 TPMS接收模块影响的研究, 即模拟汽车在断开电池 (亏电状态)的同时, 交流发电机正在产生充电电流, 而发电机电路上仍有其它负载时电源线上产生的瞬态脉冲, 抛负载的幅度取决于点开电池连接时, 发电机的转速和励磁场的大小. 抛负载脉冲宽度主要取决于励磁电路的时

间常数 and 脉冲宽度. 测试 TPMS接收模块对这种脉冲的耐受程度, 产生 5a/5b脉冲的电路框图如图 1所示.

具有非集中抛负载抑制 (脉冲 5a)的交流发电机的脉冲形式、参数和具有集中抛负载抑制 (脉冲 5b)的交流发电机的脉冲形式如图 2所示.



图 1 产生脉冲 5a/5b 原理示意图
Fig.1 Generation principle of 5a/5b pulse

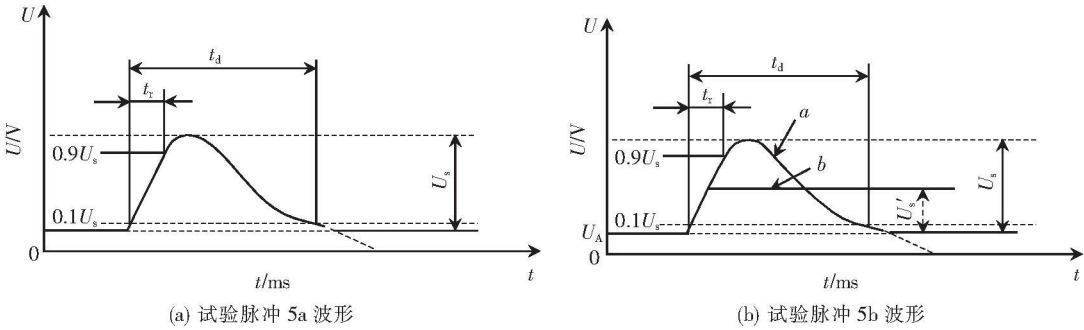


图 2 试验脉冲 5a/5b 波形示意图
Fig.2 Voltage of test pulse 5a/5b in time domaize

呈指数规律分布的脉冲曲线的递减部分在理论上应减至 0 V, 但实际情况中一般只减至 U_A . 在应用抛负载时, 对发动机性能的基本要求如下所示:

- (1) 在抛负载的情况下, 交流发电机的内阻主要取决于发电机的转速和励磁电流.
- (2) 抛负载实验脉冲发生器的内阻 R_i 由如下关系式计算得出:

$$R_i = \frac{10 \times U_{nom} \times N_{act}}{0.8 \times I_{rated} \times 12\,000\, \text{m in}^{-1}},$$

其中, U_{nom} 为发电机的额定电压; I_{rated} 为交流发电机 6 000 r/m in 时的规定电流; N_{act} 为交流发电机的实际转速.

(3) 峰值电压 U_s , 钳位电压 U_s^* ; 内阻 R_i ; 脉冲宽度 t_d 等因素确定脉冲的大小. 在任何情况下, 峰值电压的值越小, 与之相对应的内阻和脉冲宽度的值也越小.

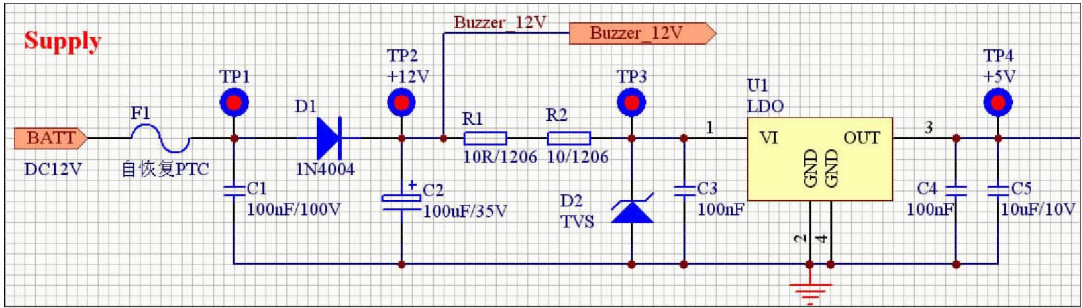


图 3 TPMS 主机瞬态脉冲输入电路原理图 (V1.0 版本)
Fig.3 The principle transient pulse input circuit of TPMS host (V1.0 edition)

2 TPM S主机瞬态脉冲输入试验

2.1 V1.0版本

该实验所采用的 TPM S主机瞬态脉冲输入电路图如图 3所示. 其中自恢复 PTC (F1) 选择 1812L050 ($I_{hold} = 0.5\text{ A}$), TVS管 (D2) 选择 SM CJ24A (1 500W), TPM S电源电压为 13.5 V. 根据试验脉冲波形设置脉冲发生器瞬态干扰脉冲 5a 参数, $U_s = 87\text{ V}$, $t_d = 40\text{ ms}$ 运行脉冲发生器, 测得 TP1、TP3 点波形如图 4 所示.

实验发现, 当第 3 次施加脉冲时, R1 将会烧断. 将 R1 改为 $20\ \Omega / 1206$ 施加瞬态干扰脉冲 5a 参数改为 $U_s = 65\text{ V}$, $t_d = 40\text{ ms}$ 时, 在 TP1 和 TP3 处测得波形如图 4 (电压值低) 所示. 当干扰脉冲加至 $t_d = 200\text{ ms}$

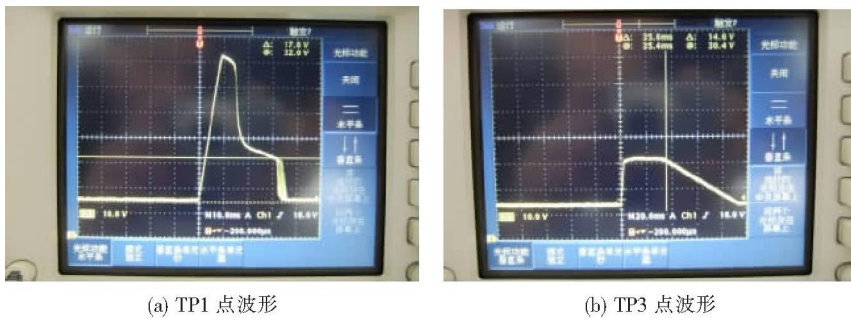


图 4 V1.0 版本测试波形图
Fig.4 Test results of V1.0 edition

时, R1 将会冒烟; 而 $t_d = 300\text{ ms}$ 时, R1 则会冒火花烧毁。
干扰脉冲经过 PTC, 约 10 ms 上升到脉冲最大值, 20 ms 后降到 TVS 管最大箝位电压 (TVS 管参数 $V_{\text{max}} \leq 38.9\text{ V}$)。显然, C2 R1 R2 TVS 决定了充/放电过程; 在 $20 \sim 40\text{ ms}$ 期间, 试验脉冲被 TVS 管箝位在 V_{BR} ; 40 ms 后, 将会恢复到 TPMS 电源电压。施加干扰脉冲期间, 大部分脉冲能量 (电压和电流) 消耗在 PTC 和 R1、R2 上, 由于 PTC 功率容量 \gg R1 的功率容量, 随试验次数增加, R1 累积热能过高而烧毁, 因此不能增加 R1 值或增大 R1 功率容量。

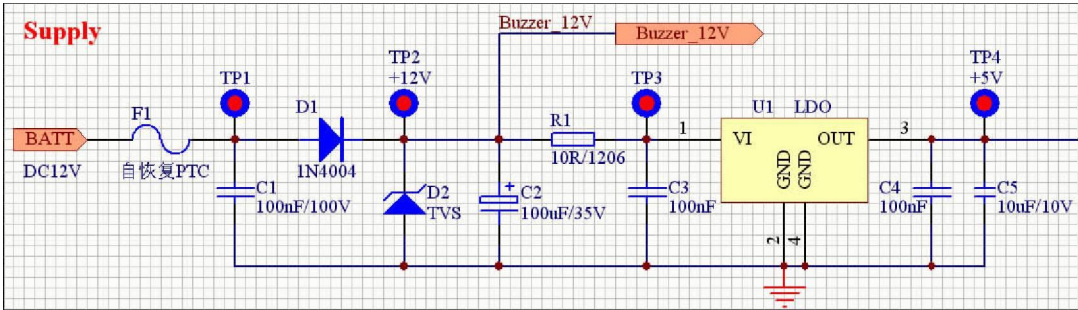


图 5 TPMS 主机瞬态脉冲输入电路原理图 (V2.0 版本)
Fig.5 The priciple of transient pulse input circuit of TPMS host (V2.0 edition)

2.2 V2.0版本

V2.0 版本的 TPMS 主机瞬态脉冲输入电路原理图如图 5 所示。自恢复 PTC (F1) 选择 1812L050 ($I_{\text{hold}} = 0.5\text{ A}$); TVS 管 (D2) 选择 SMCJ24A (1500 W); TPMS 电源电压为 13.5 V 进行试验。测量 PTC 两端直流电压降约为 $0.1 \sim 0.3\text{ V}$ (蜂鸣器响时)。根据图 2 和图 3 设置脉冲发生器瞬态干扰脉冲 5 a 参数, $U_s = 65\text{ V}$; $t_d = 40\text{ ms}$; 运行脉冲发生器 (间隔 1 s 重复 10 次), 测得 F1 输入端、TP1 点、TP2/TP3 点波形如图 6 所示。

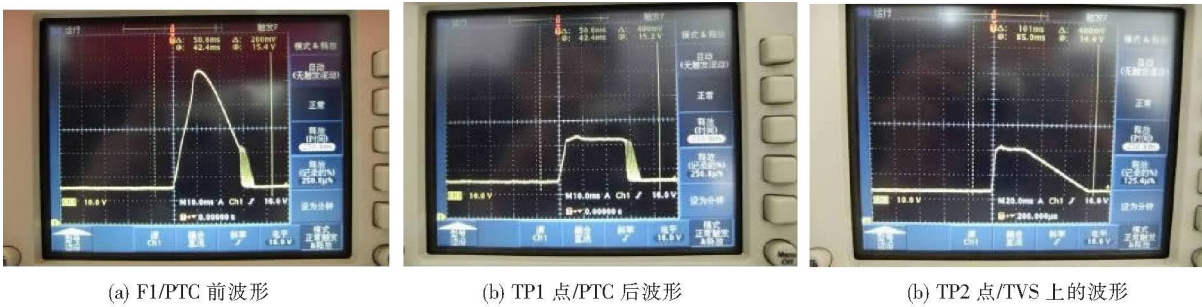


图 6 V2.0 版本测试波形图 (SMCJ24A, $U_s=65\text{ V}$, $t_d=40\text{ ms}$)
Fig.6 Test results of V2.0 edition (SMCJ24A, $U_s=65\text{ V}$, $t_d=40\text{ ms}$)

输入瞬态干扰脉冲上升时间约 10 ms 在 5 ms 时达到约 40 V , 经 F1 输出即被 D1 和 TVS 箝位在 V_{BR} (TVS 管脉冲响应时间在 ns 级)。U1 输入端电压 (要求范围 $5 \sim 45\text{ V}$) 被 TVS 箝位 $\leq V_{\text{BR}}$; 满足要求。

2.3 优化试验

2.3.1 自恢复保险管(PTC)特性

自恢复保险管(PTC)型号为 181202Q, 工作支持电流 $I_{\text{hold}} = 0.2\text{ A}$, 是 I_{max} 的 5 倍; $V_{\text{max}} = 30\text{ Vdc}$; $I_{\text{max}} = 100\text{ A}$, PTC 内阻 $R_{\text{ptcin}} = 0.8\ \Omega$; 脉冲发生器内阻 $R_i \geq 2\ \Omega$ 时, 最严酷状态 (R_v 开路) 时, TVS 管最大电流为 $(87 - 30) / 2.8 \approx 21\text{ A}$, 小于 TVS 管脉冲峰值电流 38.6 A , 电路工作稳定, 能够满足要求。当脉冲发生器内阻 $R_i = 0.5\ \Omega$ 时, 应取 $R_v = 0.7\ \Omega$, 使 $R_v^* \approx 0.5\ \Omega$, 则 R_i 实际输出瞬态干扰脉冲电压峰值 $V_{\text{pp}} \approx 43.5\text{ V}$, 则 PTC/TVS 管最大电流为 $[(43.5 - 26.7) / 0.8] = 21\text{ A}$, 小于 TVS 管 $I_{\text{pp}} = 38.6\text{ A}$, 远小于 PTC 管 $I_{\text{max}} = 100\text{ A}$, 因此 PTC 不会断开。

1812014 型号的 PTC 工作支持电流 $I_{\text{hold}} = 0.14\text{ A}$, 是 I_{max} 的 3.5 倍, 满足要求; $V_{\text{max}} = 60\text{ Vdc} \geq 57\text{ V}$, $R_{\text{ptcin}} = 1.5\ \Omega$; 当脉冲发生器内阻 $R_i = 0.5\ \Omega$ 时, 取 $R_v = 0.7\ \Omega$, 使 $R_v^* \approx 0.5\ \Omega$, 则 PTC/TVS 管最大电流等于 $(43.5 - 26.7) / (1.5) \approx 11\text{ A}$, 小于 TVS 管脉冲峰值电流 15.5 A , 大于 PTC 管 $I_{\text{max}} = 10\text{ A}$, PTC 管可能瞬时断开, 同时造成 TMS 断电。

2.3.2 瞬态抑制二极管(TVS)特性

瞬态抑制二极管(TVS)为 SMCJ24A (1 500W) 时, 最低击穿电压 $V_{\text{BRmin}} = 26.7\text{ V}$, $I_T = 1\text{ mA}$, 最大箝位电压 $V_c = 38.9\text{ V}$, 最大峰值脉冲电流 $I_{\text{pp}} = 38.6\text{ A}$, 可以满足图 2 中 $R_i = 0.5\ \Omega$ 时的试验要求。TVS 为 SMBJ24A (600W) 时, 最低击穿电压 $V_{\text{BRmin}} = 26.7\text{ V}$, $I_T = 1\text{ mA}$, 最大箝位电压 $V_c = 38.9\text{ V}$, 最大峰值脉冲电流 $I_{\text{pp}} = 15.5\text{ A} < 21\text{ A}$, 不能满足源内阻 $R_i = 0.5\ \Omega$ 试验要求, 但可以满足源内阻 $R_i \geq 2\ \Omega$ 的试验要求。若选用 TVS 管 SMCJ30A (1 500W), 最大箝位电压 $V_c = 48.4\text{ V} \geq 45\text{ V}$, 超出了 U1(LDO) 的输入电压要求范围。

2.3.3 优化试验

电源和瞬态脉冲输入电路仍采用 V2.0 版本的电路, 根据 PTC 和 TVS 的特性, F1/自恢复 PTC 选用 1812L020 ($I_{\text{hold}} = 0.2\text{ A}$); D2/TVS 选用 SMBJ24A (600W) 进行试验; 设置瞬态干扰脉冲 5a 参数为 $U_s = 87\text{ V}$, $t_d = 40\text{ ms}/400\text{ ms}$ 运行脉冲发生器 (间隔 1 s 重复 10 次), 测得 TP1 点、TP2 点波形如图 7 所示。更换 D2/TVS 选用 SMCJ30A (1 500W) 再次进行试验, 测得波形如图 8 所示。

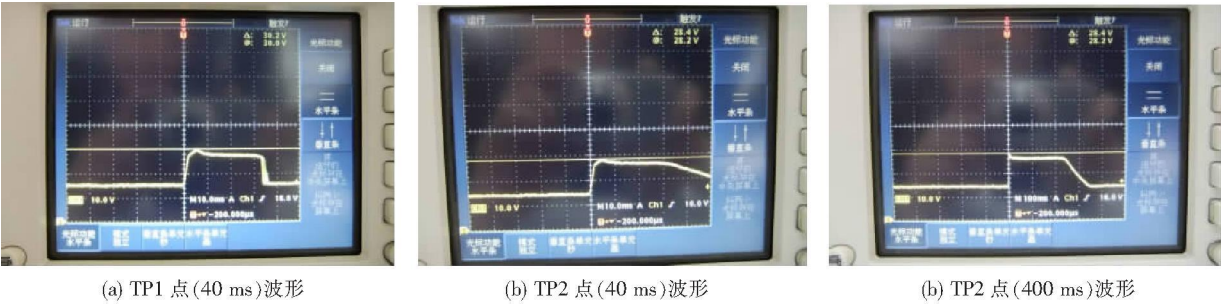


图 7 V2.0 版本测试波形图(SMBJ24A, $U_s=87\text{ V}$, $t_d=40\text{ ms}/400\text{ ms}$)
Fig.7 Test results of V2.0 edition (SMBJ24A, $U_s=87\text{ V}$, $t_d=40\text{ ms}/400\text{ ms}$)

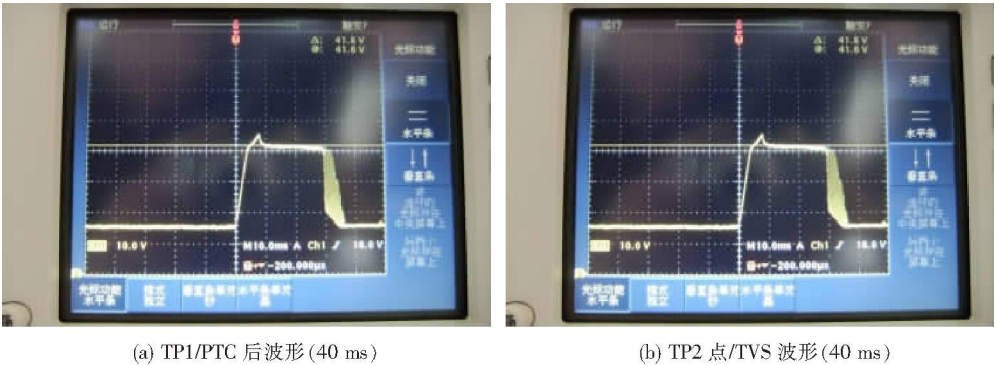


图 8 V2.0 版本测试波形图(SMCJ30A, $U_s=87\text{ V}$, $t_d=40\text{ ms}$)
Fig.8 Test results of V2.0 edition (SMCJ30A, $U_s=87\text{ V}$, $t_d=40\text{ ms}$)

TPMS 电源电压为 12 V (8~16 V), 测得 TPMS 正常工作电流 20 mA, 最大工作电流 $I_{\max} \leq 40$ mA; U1 (LDO) 工作电压范围 5~45 V. 瞬态干扰脉冲 5a 峰值电压 $V_{PP} = 87$ V; 鉴定试验脉冲 1 次, 耐久性试验脉冲 5 000 次, 脉冲间隔时间 1 min. 要求 TPMS 功能状态达到 GB/T 21437.1 规定的 A 级. 实验结果表明, D2/TVS 选用 SMBJ24A、SMCJ30A 时的波形都可满足脉冲 5a 试验要求, 而 D2/TVS 选用 SMBJ24A 时的波形要选用 SMCJ30A 时的波形. 采用 V1.0 版本的电路不能满足汽车抛负载瞬态传导抗扰性 (脉冲 5a/5b) 试验要求; 而采用 V2.0 版本的电路, 同时 PTC 选用 181202Q, TVS 选用 SMCJ24A, 可以满足各种车型汽车抛负载瞬态传导抗扰性 (脉冲 5a/5b) 试验要求.

因此, 针对不同车型、不同的汽车电子组件 (DUT), 要依据电源供电电压和汽车抛负载瞬态传导脉冲试验电压要求, 以满足 DUT 工作电流、内部工作电压范围. 选择 PTC 和 TVS 时, 不仅要保障汽车电子产品顺利通过汽车抛负载瞬态传导脉冲 5a/5b 试验, 而且还要保障产品功能、性能稳定和环境耐久性.

3 结论

模拟汽车实际环境条件, 确定合理的试验参数是汽车电子部件通过汽车抛负载瞬态传导抗扰性试验的重要环节和依据. 试验结果说明, 按产品和整车 EMC 要求, 优化电路, 采用自恢复保险管 (PTC) 与瞬态抑制二极管 (TVS) 相结合的电路设计, 可以提高 TPMS 主机 (接收模块) 耐汽车抛负载电瞬态传导脉冲干扰的能力.

[参考文献] (References)

- [1] 中国汽车技术研究中心. GB/T 21437.1-2008 IDT ISO 7637-1:2004 道路车辆——由传导和耦合引起的电骚扰 第 1 部分: 定义和一般描述 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008
China Automotive Technology Research Center. GB/T 21437.1-2008 IDT ISO 7637-1:2004 Road vehicles-caused by the electrical conduction and coupling harassment Part I Definition and general description [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008 (in Chinese)
- [2] 中国汽车技术研究中心. GB/T 21437.2-2008 IDT ISO 7637-2:2004 道路车辆——由传导和耦合引起的电骚扰 第 2 部分: 沿电源线的电瞬态传导 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008
China Automotive Technology Research Center. GB/T 21437.2-2008 IDT ISO 7637-2:2004 Road vehicles-caused by the electrical conduction and coupling harassment Part II Along the power line transient electrical conduction [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008 (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]