用户手册

# Tektronix

TPS2PWR1 功率分析应用 071-1459-01

www.tektronix.com

版权所有 © Tektronix, Inc. 保留所有权利。许可软件产品的所有者为 Tektronix 或其提供商,受美国著作权法及国际条约规定的保护。

政府使用、复制或公开应受下列条款限制: DFARS 252.227 - 7013 中的 Rights in Technical Data and Computer Software 条款的 (c) (1) (ii) 分段,或 FAR 52.227 - 19 中的 Commercial Computer Software - Restricted Rights 条 款的 (c) (1) 和 (2) 分段 (如果适用)。

Tektronix 产品受美国和外国专利权(包括已取得的和正在申请的专利权)的保护。本手册中的信息将取代所有以前出版的资料中的信息。保留更改 技术规格和价格的权利。

Tektronix, Inc., P.O. Box 500, Beaverton, OR 97077

TEKTRONIX、 TEK 和 TEKPROBE 是 Tektronix, Inc 的注册商标。

#### 保修声明 TPS2PWR1 应用模块

Tektronix 保证下列产品,从授权的 Tektronix 分销商最初购买之日起一(1)年内, 不会出现材料和工艺缺陷。如果在保修期内任何此类产品证明是有缺陷的, Tektronix 将会按用户要求修复有缺陷的产品并且不收部件和人工费用,或者更换 有缺陷的产品。电池不包括在内。Tektronix 在保修工作中使用的部件、模块和替 代产品可能是全新的,或修理后具有全新性能的。所有更换的部件、模块和产品 均归 Tektronix 所有。

为得到本保修声明承诺的服务,客户必须在保修期内向 Tektronix 通报缺陷并对服务的履行做出适当安排。客户应负责将有缺陷的产品装箱并运送到 Tektronix 指定 维修中心,同时预付运费并提供客户购买证明的副本。如果产品运回 Tektronix 维修中心所在国家的某个位置,Tektronix 将支付向客户送返产品的费用。如果产品 运到任何其它位置,客户将担负所有的运费、关税、税金和其它任何费用。

本保修不适用于任何由于使用不当或维护保养不当所造成的任何缺陷、故障或 损坏。Tektronix 在本保修声明下没有义务提供以下服务: a) 修理由非 Tektronix 服务代表人员对产品进行安装、修理或服务所导致的损坏; b) 修理因使用不当 或与不兼容设备连接造成的损坏; c) 修理由使用非 Tektronix 提供的电源而造 成的任何损坏或故障; d) 维修已改动或与其他产品集成的产品,这种改动或集 成会增加维修产品的时间和难度。

#### 保修声明 (续) TPS2PWR1 应用模块

这项与本产品有关的保修声明由 Tektronix 提供,用于替代任何其它明示或默示 的保证。Tektronix 及其供应商不提供任何对适销性和特殊用途的适用性的默示 保证。Tektronix 对于违反本保修声明所提供的独有和唯一的补救措施是负责为 客户修理或更换缺陷产品。对于任何间接的、特别的、附带的或后果性的损坏, 无论 Tektronix 及其供应商是否曾预先被告知此类损坏的可能性, Tektronix 及 其供应商均对此概不负责。

# 目录

通用安全规则概要	 •			 •			•	•	 		•		•	•	•				ii
Tektronix 联系信息	 •	•		 •					 				•	•				1	vi

# 入门

λľ	].		•••			•		•			•	 •			•	•				 •		•	•	•	•			•	 1-	-1
基本	∑操	作						•		•		 •			•	•				 •		•	•	•	•		•	•	 1-	-2
额觉	Ĕ値	•				•				•		 			•	•			•	 •	•		•		•				 1-	-2
开如	4 1 ·					•		•				 •		•	•	•				 •	•	•	•	•	•			•	 1-	-4
检查	£模	块	安	谋	と	•		•				 •		•	•	•		•		 •	•	•	•	•	•			•	 1-	-8
排隊	}模	块	安	;装	ŧ	的	武	t	漳	÷	•	 •	•			•				 •		•		•	•		•	•	 1-	-9

## 基准

功率分	分析				• •				•	•	•	•	•	 •	•	•	•	•	 	•		•	•	•	•	•		•	. 2	2-1
波形分	分析													 					 										. 2	2-9
相角														 					 										2.	-15
谐波													•	 					 										2.	-21
开关打	员耗																		 										2.	-29
dY/dt	测量	ļ											•	 					 										2.	-41
P5120	)技	杧	耖	见	格	ŕ								 •					 										2.	-43

TPS2PWR1 功率分析用户手册

## 通用安全规则概要

详细阅读下列安全性预防措施,以避免受伤,并防止损坏本产品 或与本产品连接的任何产品。

为避免可能的危险,请务必按照规定使用本产品。

只有合格人员才能执行维修过程。

#### 避免起火或人身伤害

使用合适的电源线。只使用所在国家/地区认可的本产品专用电源线。

**正确连接并正确断开连接**。探头或测试导线连接到电压源时请勿对 其连接或断开连接。

正确连接并正确断开连接。在探头连接到测试电路之前,先将探头 输出连接到测量仪器。将探头与测量仪器断开之前,先将探头输 入及探头基准导线与测试电路断开。

查看所有终端额定值。为避免起火或电击的危险,请遵守产品上所 有的额定值和标记说明。在连接产品之前,请首先查阅产品手册, 了解有关额定值的详细信息。

使用合适的探头。为了避免过大电流的冲击,请使用正确的额定探 头进行测量。 浮动。请不要将 P2220 探头基准导线浮动到 30 V<sub>RMS</sub> 之上。当基 准导线浮动到 30 V<sub>RMS</sub> 以上时,请根据高压探头的额定值,使用 P5120 (可浮动到 600 V<sub>RMS</sub> CAT II 或 300 V<sub>RMS</sub> CAT III)、类似 的额定高压无源探头或适当的额定高压差分探头。

关闭电源。通过电源线可以断开主电路。

正确更换电池。只能用具有指定正确类型和额定值的电池来更换。 正确充电。只能采用推荐的充电周期充电。

使用合适的 AC 适配器。只能使用为本产品指定的 AC 适配器。

请勿开盖操作。外盖或面板打开时请勿操作本产品。

避免电路外露。电源接通后请勿接触外露的接头和元件。

**怀疑产品出现故障时切勿操作**。如果您怀疑此产品已损坏,可请合格的维修人员进行检查。

环境。污染度2(如IEC61010-1:2001中的定义)。不得在可能 存在传导性污染物质的环境中操作。有关环境特性,请参阅 《TPS2000示波器用户手册》的附录A。

请勿在潮湿环境下操作。

请勿在易燃易爆的环境下操作。

保持产品表面的清洁和干燥。

保持适当的通风。有关如何安装产品使其保持正常通风的详细信息,请参阅手册中的安装指南。

避免电气过载。为了避免受伤或起火危险,对任何输入(包括基 准输入)施加的对地电压不要超过该输入的最大额定值。

避免电路外露。电源接通后请勿接触外露的接头和元件。

**避免电击**。为了避免受伤或危及生命安全,探头或测试导线连接 到电压源时请勿插拔。

**保持探头表面的清洁和干燥**。为了避免电击和读数错误,请保持探 头表面清洁和干燥。

**正确连接基准导线**。如果使用多个示波器通道,必须将每个通道的 探头基准导线直接连接到测量的电路公共基准点。由于示波器通 道之间是电气隔离的,所以需要进行这些连接。它们不共享公共 底座连接。为保持较好的信号保真度,在每个探头上都要使用尽 可能短的基准导线。

如果显示问号。如果测量显示后跟一个问号,或者本应显示值的位置显示了问号,则表明您遇到了过量程情况或其他错误,读数可能无效,并且可能存在危险电压。重新调整垂直刻度或位置,或者按前面板 AUTOSET (自动设置)按钮。

#### 符号和术语

本手册中的术语。以下术语可能在本手册中出现:

警告:"警告"声明指出可能会造成人身伤害或危及生命安全的 情况和操作。



注意:"注意"声明指出可能对本产品或其他财产造成损坏的 情况和操作。

产品上的术语。以下术语可能在产品上出现: "危险"表示当您阅读该标记时会立即发生的伤害。 "警告"表示当您阅读该标记时不会立即发生的伤害。 "注意"表示可能会对本产品或其它财产造成损害。 产品上的符号。以下符号可能在产品上出现:









底盘接地

# Tektronix 联系信息

地址 Tektronix, Inc. 部门或姓名(如已知) 14200 SW Karl Braun Drive P.O. Box 500 Beaverton, OR 97077 USA

- 网站 www.tektronix.com
- **技术支持** 电子邮件: techsupport@tektronix.com 上午 6:00 - 下午 5:00 美国西部标准时间

# 入门

# 入门

TPS2PWR1 功率分析应用软件在 TPS2000 系列示波器中添加了功率测量。

特定功能包括:

- 功率分析 计算一对电压和电流波形的有效功率、无功功率、 功率因数和相角。
- 波形分析-计算波形的均方根值、波峰因数和频率。
- 相角 计算三个电压或电流波形中每两者之间的相角。
- 谐波 最多可计算 50 个谐波,可以显示每个谐波相对于基频的相角、谐波与基频的百分比和整个波形的 THD/TDD 值。
- 开关损耗-计算一对电压和电流波形的开启开关损耗、关闭 开关损耗、传导损耗和总开关损耗。
- dV/dt 和 di/dt 游标 计算波形中两个游标之间的 dv/dt 或 di/dt。

### 基本操作

有关额定值和基本操作的信息(包括安全、安装、功能检查、探 头衰减和刻度设置以及自校正),请参阅《TPS2000用户手册》、 《P2220说明》和《P5120说明》。

### 额定值

#### **TPS2000**

TPS2000 示波器额定值为,信号对公共端 300 V CAT II (IEC 61010), 浮动基准对地线基准 600 V CAT II。

#### P2220

P2220 无源探头的额定值为:

X10 位置: 300 V<sub>RMS</sub> CAT II (探头端部对地)

X1 位置: 150 V<sub>RMS</sub> CAT II (探头端部对地)

探头基准导线额定值为对地最大浮动 30 V。

#### P5120

P5120 无源高压探头的额定值为:

1000 V<sub>RMS</sub> CAT II (探头端部对地)。

探头基准导线额定值为对地浮动 600 V<sub>RMS</sub> CAT II。

#### 过电压类

过电压类定义如下:

- CAT III: 配电电源、固定设备
- CAT II: 本地电源、电器、便携设备
- CAT I: 信号处理元件,特殊设备或设备部件、电信产品、电 子产品

有关更完整的产品技术规格,请参阅 TPS2000 和各种探头的用户 手册。

### 开始

要在 TPS2000 系列示波器上安装 TPS2PWR1 应用模块,请执行 下列步骤:





#### 将探头连接到示波器,然后设置 探头。

按下前面板上的相应 CH 1 Menu (CH 1 菜单)、CH 2 Menu (CH 2 菜单)、CH 3 Menu (CH 3 菜单) 或 CH 4 Menu (CH 4 菜单) 按钮,然后按下相应的 Voltage (电压)或 Current (电流)侧面 菜单选择和 Attenuation (衰减) 侧面菜单选择。

#### 补偿电压探头。

对于 P5120 探头,请将探头连接到 示波器上的通道 1。要进行此操 作,请将探头连接器上的插槽对 准 CH 1 BNC 上的凸键,按下去即 可连接,然后向右转动将探头锁 定到位。

将探头端部和基准导线连接到 "探头补偿"终端上。对于每个探 头,请重复此过程。

如有必要,对电流探头进行消磁。





有关探头与电路连接的示例,请 参阅本手册的"参考"一节中提 供的"应用"示例。

如果在屏幕上看到一个问号,可 以按下前面板的AUTOSET(自 动设置)按钮,或者按如下所述 调整示波器。

要优化 Power Analysis (功率分析)、Waveform Analysis (波形分析)和 Phase Angles (相角)菜单中的自动测量,请调整示波器,以 便得到以下效果:

TPS2000 显示至少一个完整的波 形周期

每个波形的幅度大于两个分度

所有的波形数据点都在屏幕上

每个周期占用至少一个水平分 度



#### 启动应用程序。

按下前面板的 APPLICATION (应用)按钮,以访问功率应用功 能。示波器的右侧菜单中将显示 功率应用菜单。它将提供如下所 示的功率测量选择。

功率应用	说明
功率分析	有效功率、无效功率、有效功率因数、相角
波形分析	周期均方根、波峰因数和频率
相角	CH1 和 CH2 之间 (对于 4 通道机型,则为 CH1、 CH2、 CH3 之间)的相角,以度为单位
谐波	基频均方根、谐波相、频率和均方根
开关损耗	开启损耗、关闭损耗、传导损耗和总损耗

有关示波器一般设置的详细信息,请参阅《TPS2000 用户手册》。

## 检查模块安装

使用下表来检查是否已安装了应用模块。如果示波器未显示应用 模块菜单项,请执行第1-9页上的*排除模块安装的故障*中的步骤。

检查此模块	按下此前面板按钮	检查
TPS2PWR1	APPLICATION (应用)	屏幕右侧出现菜单,其标题为: Power ( <b>功率</b> )

### 排除模块安装的故障

如果在打开电源时示波器不识别应用模块,请执行下列步骤:

- 1. 关闭示波器电源。
- 2. 遵照前面所示的 ESD (静电放电)警告进行操作。
- 3. 拆下应用模块。
- 4. 检查应用模块接触部分是否有损坏。
- 5. 重新将应用模块插入示波器。
- 6. 打开示波器电源。如果示波器仍不显示应用菜单项,说明应 用模块或模块插槽有问题。请与最近的 Tektronix 服务中心联 系来解决此问题。



## 功率分析

您可以使用功率分析菜单功能,检查您所在场所(例如办公室或 工厂)的通用电源的质量。了解您的设备如何有效地使用电源, 或排除有故障设备的故障。

首先,请将 TPS2000 和相应的无源电压探头(如 P5120)和电流 探头(如 A622 或 TCP305)与配电系统的待测部分相连,如下 所示。特定电路的探头要求可能与刚才提到的要求有所不同。





警告:请不要将P2220 探头基准导线浮动到 30  $V_{RMS}$  之上。当基 准导线浮动到 30  $V_{RMS}$  以上时,请根据高压探头的额定值,使用 P5120 (可浮动到 600  $V_{RMS}$  CAT III 或 300  $V_{RMS}$  CAT III)、类似的 额定无源高压探头或适当的额定高压差分探头。 按下 Power Analysis (功率分析)按钮,显示 Power Analysis (功率分析)菜单。示波器将显示电压和电流源波形,并显示相关的测量值。它还将自动设置和显示瞬间功率函数 (V\*A)的数学波形。

这些功率分析功能分析源电流和电压波形的相互作用。这些操作需要使用一个电压探头和一个电流探头。



该菜单包括以下选择和值:

菜单项	说明
信源	选择一个通道对。在一个四通道示波器上,选择: (CH1 和 CH2)或 (CH3 和 CH4)。
	在双通道示波器上,信源固定为 CH1 和 CH2。
	(CH1 和 CH2) 与 (CH3 和 CH4) 应该是成对的 (电 压、电流)波形。数学运算乘法波形始终被设置为 使用选定的信源。
有效功率	显示有效功率。通过求出数学运算 (V*A) 波形的平均 值来计算。
无效功率	显示无功功率。(无功伏安)。它是通过将电压波形 的均方根值乘以电流波形的均方根值,再乘以相角 的正弦来计算的。相角的计算方法在本手册的相角 部分进行了介绍。

菜单项	说明
有效功率因数	显示有效功率与视在功率之比(0到1)。视在功率 是通过将电压波形的均方根值乘以电流波形的均方 根值来计算的。
	通常,功率因数越大意味着能源使用效率越高。
	纯电阻电路的功率因数为 1.0。纯电感电路的功率因 数为 0.0。
相角	显示角度 (-90 <sup>°</sup> 到 +90 <sup>°</sup> ),其余弦是有效功率因数。 对于正弦波形,该值与 Phase Angles (相角)菜单中 所测得的相角值相同。对于非正弦波形,这两个相 角测量值可能不同。
	如果 CH1 波形 (通常为电压)领先于 CH2 波形 (通 常为电流),该角度为正数。如果 CH1 波形滞后于 CH2 波形,该角度为负数。

#### 示例结果

下一步,分析结果。下图显示样式化的示例。



#### 操作提示

- 进入 Power Analysis (功率分析)菜单时,示波器将自动启动选定的信道,作为信源。它还会启动一个数学运算乘法 (V\*A)功率波形。但是不会对设置进行其他任何更改。
- 该菜单中的功率测量值基于电压波形记录中的所有完整周期。
- 下面的示意图进一步解释了在此菜单中使用的值。



如果测量显示后跟一个问号,或者本应显示值的位置显示了 问号,则表明您遇到了过量程情况或其他错误,读数可能无 效,并且可能存在危险电压。重新调整垂直刻度或位置,或 者按前面板 AUTOSET (自动设置)按钮。

注释:进行所有功率应用测量都需要安装 TPS2PWR1 应用钥匙。

功率分析

# 波形分析

您可以使用波形分析菜单功能测量波峰因数,并进一步表征电源 质量情况。这在特定分支上的负载可能变化(影响附加负载的电 源的质量)的办公室或生产厂家中很有用。

下图显示了测量电压或电流波峰因数的设置示例。





警告:请不要将P2220 探头基准导线浮动到 30  $V_{RMS}$  之上。当公 用导线浮动到 30  $V_{RMS}$  以上时,请根据高压探头的额定值,使用 P5120 (可浮动到 600  $V_{RMS}$  CAT II 或 300  $V_{RMS}$  CAT III)、类似的 额定高压无源探头或适当额定高压的差分探头。
按下 Waveform Analysis (波形分析) 按钮,在屏幕的右侧显示 Waveform Analysis (波形分析) 菜单,在菜单的左侧显示源电压 或电流波形。示波器将显示源波形和测量值。

这些波形分析功能提供测量以帮助您分析单独的波形。这些操作需要使用单独的电压或电流探头。



菜单项	说明
信源	选择通道。选择:CH1 或 CH2 或 MATH。
	在 4 通道型号上,还可以选择 CH3 或 CH4。
均方根值	显示选定波形的第一个完整周期的均方根值。
波峰因数	显示整个波形的最大值与第一个完整周期的均方根 值的比例。
	信号的峰值与均方根值的比例。
	对于单一正弦波为 1.414, 对于 50% 占空比方波为 1.0。
	电压波峰因数间接指定 AC 电源的纯度。
	电流波峰因数间接指定负载绘制高 AC 峰值电流的 能力。
频率	显示频率 (第一个完整周期的时间长度的倒数)。

该菜单提供以下选项和值。

### 示例结果

下一步,分析结果。下图显示样式化的示例。



#### 操作提示

- 与 TPS2PWR1 功率应用中的一些其他菜单不同, Waveform Analysis (波形分析)菜单不会开启或关闭任何信道,也不 会更改您的设置。
- 下面的示意图进一步解释了在此菜单中使用的值。



如果测量显示后跟一个问号,或者本应显示值的位置显示了问号,则表明您遇到了过量程情况或其他错误,读数可能无效,并且可能存在危险电压。重新调整垂直刻度或位置,或者按前面板 AUTOSET(自动设置)按钮。

注释:进行所有功率应用测量都需要安装 TPS2PWR1 应用钥匙。

# 相角

Phase Angle (相角)菜单功能可以帮助您查看应用程序的效率,例如工业三相应用程序的功率传输。

例如,您可以使用它们调查,是否是由于超出相位电压而导致三 相电机过热。

由于通道是分别隔离的,因此每个探头的基准导线必须单独与待 测电路的基准点连接。

下图说明了一种连接示波器的方式,用以测量进入电机变速驱动 器的电压相角。



▲ **警告:** 请不要将 P2220 探头基准导线浮动到 30 V<sub>RMS</sub> 之上。当公 用导线浮动到 30 V<sub>RMS</sub> 以上时,请根据高压探头的额定值,使用 P5120 (可浮动到 600 V<sub>RMS</sub> CAT Ⅱ 或 300 V<sub>RMS</sub> CAT Ⅲ)、类似的 额定无源高压探头或适当额定高压的差分探头。 按下 Phase Angles (相角)打开 Phase Angle (相角)菜单。该菜单将显示三相电系统中,三个通道内任何两通道之间的相角。通过使用三个电压或电流探头和 4 通道版本的 TPS2000 可以简化

测量。如果需要移动探头来进行测量还可以使用2通道设备。



它显示以下测量:

菜单项	说明
信源	CH1 -> CH2, CH2 -> CH3, CH1 -> CH3
	如果您使用的是2通道示波器,该菜单将只显示通道 1 和2之间的相位差。您需要移动探头进行三相测量。
	相角的度数范围在 -180 <sup>°</sup> 到 +180 <sup>°</sup> 之间。
	如果编号较低的通道的波形领先于编号较高的通道 的波形,则该角度为正数。如果编号较低的通道的 波形滞后而不是领先,则该角度为负数。例如,如 果 CH1 波形领先于 CH2 波形,该角度为正数。如果 CH1 波形滞后于 CH2 波形,该角度为负数。



下图给出了样式化的示例结果,分别为以 120 度均分每相和不平均的分隔。

#### 操作提示

- 该菜单计算相角。要测量相角 (该角度的余弦为有效功率 因数),可以使用 Power Analysis (功率分析)菜单。
- 下面的示意图进一步解释了在此菜单中使用的值。



如果测量显示后面带有一个问号,或者显示一个问号而不显示值,则表明您遇到了过量程情况或其他错误,读数可能无效,并且可能存在危险电压。重新调整垂直刻度或位置,或者按前面板 AUTOSET (自动设置)按钮。

注释:进行所有功率应用测量都需要安装 TPS2PWR1 应用钥匙。

谐波

可以使用 Harmonics (谐波)菜单功能来显示源波形的频谱和相关测量值,并深入解决电源质量问题。

下图显示了对建筑物布线过程中的电压或电流谐波进行测量的设置示例。





**警告:** 请不要将 P2220 探头基准导线浮动到 30  $V_{RMS}$  之上。当公 用导线浮动到 30  $V_{RMS}$  以上时,请根据高压探头的额定值,使用 P5120 (可浮动到 600  $V_{RMS}$  CAT II 或 300  $V_{RMS}$  CAT III)、类似的 额定高压无源探头或适当的额定高压差分探头。 按下 **Harmonics** (谐波) 按钮以显示 Harmonics (谐波) 菜单。 示波器将显示源波形的频谱和相关测量值。



此菜单提供了下列选项和值:

*****	28 00
米里坝	以明
信源	选择要测量的通道。 可用选项有:CH1和CH2 (对于四通道示波器,还 可以选择CH3或CH4)。 使用电压或电流波形。
设置	选择 "Automatic"(自动,这是默认设置)或 "Manual"(手动)。
显示 < 值 >	选择要显示的谐波。
	<值> 为 "All Harmonics"(所有谐波)、"Odd Harmonics" (奇数次谐波)或 "Even Harmonics"(偶数次谐波)。
保存谐波	将谐波数据保存到 CompactFlash 卡上的文件中。
	文件自动使用 HM1234.csv 格式进行命名。此文件将 存储在 CompactFlash 卡上的当前文件夹中。
	此文件包含 50 个谐波中每个谐波的下列参数 (或更 多参数): 幅度、 基本谐波的百分比、 频率以及相角 进行保存将保存谐波波形和基本时域波形。
	在个人计算机上,通常可以查看谐波 .CSV 文件的内容。不能将此文件再调出到示波器。

Automatic (自动)设置控制将指示示波器在您进入谐波菜单时 存储您的设置,并在您离开时恢复它们。

自动设置进行以下操作:

- 将源通道垂直位置设置为零。
- 将源通道垂直耦合设置为 DC,并将带宽限制设置为打开。
- 调整源通道垂直刻度,使信号幅度至少达到两个分度。
- 将触发源设置为源通道。
- 将触发类型设置为边沿,将斜率设置为上升,将耦合设置 为 DC。
- 将触发电平设置为源通道信号的中间电平。
- 将水平刻度调整为捕获三到五个周期的源信道。
- 将取样模式设置为平均,每个取样平均包括16个波形。

#### 操作提示

- 如果选择"All Harmonics"(所有谐波)则示波器将计算前 50 个谐波,否则将计算前 25 个奇数次或偶数次谐波。
- 示波器将显示:
  - 选定谐波的编号
  - 选定单个谐波的频率
  - 选定谐波的基频幅度和百分比
  - 选定单个谐波相对于基频的相角
- 要查看单个谐波的详细信息,请旋转示波器多功能旋纽。将该 旋纽顺时针旋转可增大选定谐波的编号(例如1、2、3、4...), 将该旋纽逆时针旋转可减小选定谐波的编号。
- 示波器一次显示 13 个连续谐波。要查看当前未显示的谐波, 只须将多功能旋纽顺时针旋转到显示的第一个谐波之外,即 可查看紧随当前显示的最后一个谐波的谐波;或者将多功能 旋纽逆时针旋转到显示的第一个谐波之外,即可查看当前显 示的第一个谐波前的谐波。

- 谐波应用只显示频率为 40 Hz 到 450 Hz 的信号的谐波数据。 要查看基频超出这些范围的信号的谐波,或者查看非基频谐 波的频率的频谱信息,请使用 MATH(数学运算)菜单中的 FFT 功能。FFT 功能不提供与谐波应用相同的显示。
- 如果将谐波菜单设置控制设置为 Automatic (自动),则当您 进入谐波菜单时,示波器将调整各种设置,以优化谐波显示。 当您退出菜单时,示波器将自身恢复至以前的设置。
- 手动设置:如果选择手动设置谐波函数的波形,在退出谐波 菜单时,示波器不会返回到以前的设置。

■ 下面的示意图进一步解释了此菜单中使用的值。



总谐波失真 = 谐波功率与基本功率的比率

如果测量显示后跟一个问号,或者本应显示值的位置显示了 问号,则表明您遇到了过量程情况,读数可能无效并且可能 存在危险电压。请重新调整垂直刻度,或者按下前面板的 AUTOSET(自动设置)按钮。

注释:进行所有功率应用测量都需要安装 TPS2PWR1 应用钥匙。

#### 结果示例

下一步,对结果进行分析。下图显示了某些示例。



# 开关损耗

使用开关损耗功能可以表征 IGBT 开关电源和类似电路在开启和 关闭时的功率损耗。开关损耗操作需要使用一个电压探头和一个 电流探头。

开关损耗测量可以表征可调速驱动器的效率。

下图显示了测量开关损耗的设置示例。横跨设备的集电极和发射极放置隔离的浮动电压探头(如 P5120)或差分电压探头(如带 有 1103 电源的 P5205 探头)。放置一个电流探头(如 A622)测量集电极电流。





警告:请不要将 P2220 探头基准导线浮动到 30  $V_{RMS}$  之上。当公 用导线浮动到 30  $V_{RMS}$  以上时,请根据高压探头的额定值,使用 P5120 (可浮动到 600  $V_{RMS}$  CAT III 或 300  $V_{RMS}$  CAT III)、类似的 额定高压无源探头或适当额定高压的差分探头。



警告:为了避免电击,请不要将需要接地的探头(如 Tektronix P5200 高压差分探头)用于 TPS2000 系列示波器。P5200 高压差分探头要求示波器带有接地输入,而 TPS2000 系列示波器只具有浮动输入(隔离输入)。

按下 Switching Loss (开关损耗) 按钮显示 Switching Loss (开关 损耗) 菜单。示波器将显示电压和电流源波形以及相关的测量值,并将自动设置和显示瞬时功率函数 (V\*A) 的数学运算波形。



菜单项	说明
信源	选择 (CH1 与 CH2) 或 (CH3 与 CH4), 每对都包含 一个电压和一个电流波形。如果使用的是双通道示
	波器,该菜单将仅显示 (CH1 与 CH2)选项。
V SAT	输入开启被测设备 (DUT) 时开关上的饱和电压。 DUT 的数据表可能包含该值。
	使用前面板多功能旋钮输入该值。
使用默认电平	按此按钮可以提示示波器使用默认电平确定是否开 启、传导和关闭区域。
储存测量值	按下此按钮可以将开关损耗测量值保存到 CompactFlash 卡上的 CSV 文件。

Switching Loss (开关损耗) 菜单的第1页提供以下选项:

|--|

菜单项	说明
开启操作开始	按下此按钮,并使用多功能旋钮移动游标,可以选 择除 90% 默认电平以外的电压波形边沿百分比电平
开启操作结束	按下此按钮,并使用多功能旋钮移动游标,可以选 择除 10% 默认电平以外的电压波形边沿百分比电平
关闭操作开始	按下此按钮,并使用多功能旋钮移动游标,可以选 择除 10% 默认电平以外的电压波形边沿百分比电平
关闭操作结束	按下此按钮,并使用多功能旋钮移动游标,可以选 择除 10% 默认电平以外的电流波形边沿百分比电平

Switching Loss	(开关损耗)	菜单的第3	页提供以下选项:

菜单项	说明
连续采集	按下此按钮可以提示示波器连续采集波形、计算测 量值并显示它们。
N次测量后停止	按下此按钮,并使用多功能旋钮可以设置测量值的 个数。此模式下,示波器将对N次不同的采样进行 测量,然后停止。示波器在内部保存这些测量值。 它将在屏幕上显示测量值的平均值。您可以通过按 下 Switching Loss (开关损耗)菜单第1页上的 Save Meas. (储存测量值)来储存N个测量值中每一个的 详细数据。
单位	选择是以瓦特还是焦耳为单位显示测量结果。可以 选择瓦特确定被测设备使用的功率有多大,使用焦 耳将设备与其规范进行比较。

方格图上显示以下开关损耗测量值:

菜单项	说明
开启损耗	显示设备在转换关闭和开启状态时的功率损耗 (以 瓦特或焦耳为单位)。
	开启损耗是从开启操作开始到开启操作结束的时间 段内伏安波形下的区域。
关闭损耗	显示设备在转换开启和关闭状态时的功率损耗 (以 瓦特或焦耳为单位)。
	关闭损耗是从关闭操作开始到关闭操作结束的时间 段内伏安波形下的区域。
传导损耗	显示设备处于传导状态时的功率损耗 (以瓦特或焦 耳为单位)。
	传导损耗是通过将当前波形与设备的饱和电压相乘, 然后在由边沿电平定义的时间段上进行积分得到的。 该算法使用用户输入的饱和电压,而不是电压波形, 这是因为电压波形的电平通常太小,无法在传导期 间测量。
总损耗	显示开启损耗、关闭损耗和传导损耗之和。

#### 操作提示

- 开关损耗算法测量三个时间段中的功率:开启、传导和关闭。该算法通过找出包围三个时间段的四个时间点来确定这 三个时间段。包括:
  - 开启操作开始是指达到电压波形下降边沿的电平 (默认为 90%)时。
  - 开启操作结束是指达到电压波形下降边沿的电平(默认为10%)时。
  - 关闭操作开始是指达到电压波形第一个上升边沿的电平 (默认为 10%)时。
  - 关闭操作结束是指达到关闭操作开始后的当前波形的第 一个下降边沿的电平(默认为10%)时。此时间点是从 当前波形中确定的,这与其他时间点不同,其他时间点 都是从电压波形确定的。
- 下面的示意图进一步解释了在此菜单中使用的值。



您可以使用该菜单的第2页打开显示波形下降百分比电平的位置的游标。使用多功能旋钮可以移动游标和更改百分比电平。

#### 瓦特和焦耳:

一个开关周期的损耗以焦耳为单位计算。一焦耳相当于一伏安秒。 默认情况下,损耗以瓦特为单位报告。也可以选择以焦耳为单位 报告。瓦特值是通过将焦耳值与触发频率 (假定为开关频率)相 乘计算得来的。

#### 设置序列:

首先将示波器设置为显示一个开关周期。典型的设置序列可能 包括:

- 使用电压探头设置信道 1。使用通道菜单设置电压探头衰减。 将电压探头端部与 IGBT 集电极连接。将基准导线与发射极 连接。
- 使用电流探头设置通道2。使用通道菜单设置电流探头刻度 系数。将电流探头连接到集电极接线脚上。或者,可以将电 流探头连接到发射极接线脚上。但是,发射极电流包括栅极 驱动器电流,该电流可能会很明显。
- 3. 将触发源设置为通道1。
- 4. 按下 AUTOSET (自动设置)按钮获得引导设置。
- 5. 将触发斜率设置为 Falling (下降)。
- 6. 如果任何信号具有噪音,您可能需要按前面板 ACQUIRE (捕获)按钮,然后按侧面菜单 Average (平均)菜单项。
- 7. 按前面板 APPLICATION (应用) 按钮, 然后按侧面菜单 Switching Loss (开关损耗) 菜单项。
- 8. 调整水平刻度和位置,以显示电压波形的一个下降边沿和一 个上升边沿。
- 调整通道1、通道2以及数学垂直刻度和垂直位置,以使各个 波形幅度都大于两个分度,但未剪断。

示波器将在刻度区域的较低部分显示损耗测量值。如果测量所需的波形信息不在屏幕上,示波器将显示一个问号而不是测量值。

#### 测量方法:

对于不同的电源,需要采用不同的测量方法。

如果您的电源有恒定的开关频率和恒定的占空比,并且传导时间相对较短,则使用前面所介绍的设置应当能够得到很准确的结果。

如果您的信号有恒定的开关频率和恒定的占空比,但是相对于开 启和关闭,传导时间较长,就可能无法同时准确地测量所有三个 区域。这种情况下,可以使用水平位置和水平刻度控制来缩放和 平移到开启区域,并测量开启损耗。然后,缩放并平移到关闭区 域,并测量关闭损耗。最后,更改设置来显示完整的周期,并测 量传导损耗。 如果您的信号有恒定的开关频率但是占空比是变化的,您可能能够使用 Stop After N Measurements (N 个测量值后停止)功能来得到准确的测量值。执行以下操作:

- 1. 设置示波器,使得单次捕获能够覆盖具有最长占空比的事件。
- **2.** 转到 Switching Loss (开关损耗) 菜单的第 3 页,选择 Stop After N Measurements (N 个测量值后停止)模式。
- 旋转多功能旋钮将N设置为足够大的值,以收集具有多种占 空比的最佳测量值取样。这可能需要进行实验。
- 4. 按下 RUN (运行) 按钮。
- 5. 在示波器完成指定数量的测量后,检验屏幕上报告的平均值。 要检验各次捕获的结果,请转到开关损耗菜单的第1页,然 后按下 Save Meas (储存测量值)按钮。这将把详细的数据 储存到 CompactFlash 卡上的.CSV 文件中。

如果测量显示后跟一个问号,或者本应显示值的位置显示了 问号,则表明您遇到了过量程情况或其他错误,读数可能无 效,并且可能存在危险电压。重新调整垂直刻度或位置,或 者按前面板 AUTOSET (自动设置)按钮。

注释:进行所有功率应用测量都需要安装 TPS2PWR1 应用钥匙。

## dY/dt 测量

使用此菜单可以测量信号的斜率 (变化率)。

Y可以指电压、电流,也可以指电压和/或电流的乘积。

下图显示了测量 dY/dt 结果的设置示例。





**警告:** 请不要将 P2220 探头基准导线浮动到 30  $V_{RMS}$  之上。当公 用导线浮动到 30  $V_{RMS}$  以上时,请根据高压探头的额定值,使用 P5120 (可浮动到 600  $V_{RMS}$  CAT II 或 300  $V_{RMS}$  CAT III)、类似的 额定高压无源探头或适当额定高压的差分探头。 按下 **Cursor** (游标)前面板按钮,然后在出现的 Cursor (游标)侧面菜单中按下 **Type** (类型)按钮,以便选择 dY/dt 测量。该测量将出现在左下方的方格图区域。

调整游标可以改变要测量的波形部分。仅当安装了功率应用钥匙时,才能进行 dY/dt 测量。



## P5120 技术规格

表 2-1: 中以粗体显示的 P5120 保证技术规格是在 《P5120 高压 无源探头说明》(Tektronix 部件号 071-1463-00)的性能验证一节 中进行了检查的技术规格。对于典型技术规格 (表 2-2 和 2-3) 未做保证,而是作为一般信息提供以方便您的使用。

这些技术规格适用于 Tektronix TPS2000 系列示波器上安装的 P5120 探头。该仪器必须至少有 20 分钟的暖机时间,且所在的环境不能超出表 2-4 中所述的限制。

衰减 (直流耦合系统)	20X, ±2%	
<b>带宽</b> (-3 dB,直流耦合系统)	<b>直流到 200 MHz</b> (TPS2024) 直流到 100 MHz (TPS2012、 TPS2014)	
最大额定输入电压	IEC 1010-1 安装类型	
	11 111	
在探头端部与探头基准之间 或在探头端部与地之间 (请参阅图 2-1)	1000 600	
在探头基准与地之间 〔请参阅图 2-2〕	600 300	
安全性	UL61010B-2-031; 2003 CSA22.2 No. 1010.2-031, 1994 EN61010-031 2002	
IEC 安装类型	类型Ⅱ	
IEC 污染度	污染度2	

#### 表 2-1:保证的电气技术规格



图 2-1:最大电压额定值下降曲线 (V<sub>RMS</sub>,直流耦合),探头端部对基准或 对地



图 2-2:最大电压额定值下降曲线 (V<sub>RMS</sub>,直流耦合),探头基准对地

#### 表 2-2: 典型电气特性

上升时间 (系统) 使用可选 BNC 适配器检查	< 3.6 ns (TPS2012、 2014) < 2.2 ns (TPS2024) 典型
输入阻抗 (系统) 请参见图 2-3	5 ΜΩ
输入相位 (系统)	(请参见图 2-4)
补偿范围	15 pF 至 25 pF
输入电容 (系统) 连接到仪器且正确补偿的探头。在1MHz	11.2 pF

进行检查。

P5120 阻抗 10 MΩ 5 MΩ 1 MΩ ### 100 kΩ 10 kΩ OHMS 1 kΩ 100 **Ω** Ш Ш Ш -----10 Ω 1Ω. 1 MHz 100 MHz 200 MHz 10 Hz 100 Hz 10 KHz 100 KHz 10 MHz KHz 频率 (Hz)

### 图 2-3:典型输入阻抗


图 2-4:典型输入相位

## 表 2-3:典型机械特性

净重 (包括附件)	0.26千克 (0.57磅)
电缆长度	3米 (±3厘米) (9.84 英尺)

## 表 2-4:环境技术规格

温度	工作状态: 0	)℃至 +50 ℃ 〔+32 ℉至 +122 ℉〕
	非工作状态:	-40 ℃ 至 +71 ℃ 〔-40 ℉ 至 +159 ℉〕
湿度	工作状态: 高: 50 ℃ (122 °F)/60% RH 低: 30 ℃ (86 °F)/60% RH	
	非工作状态: 高:55 ℃ 至 71℃ 60% RH	(131℉至160℉),
	低: 0 ℃ 至 30 ℃ (32 ℉ 至 86 ℉), ≤ 90% RH	
运输	Tektronix 标准 062-0937-00 修订版 C	
海拔高度	工作状态: 4 非工作状态: 1	,600 米(15,092 英尺) 2,192 米 (40,000 英尺)