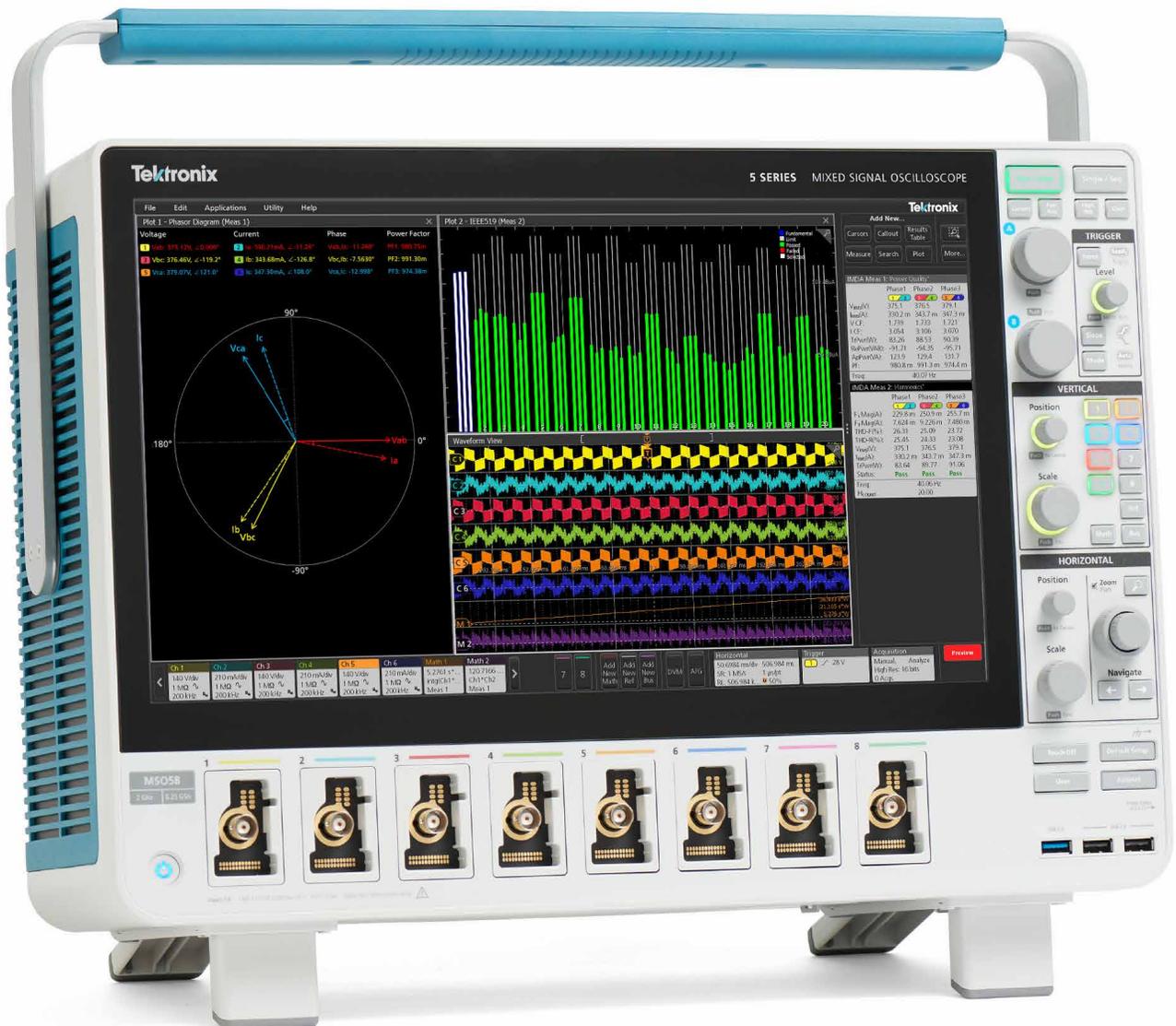


三相逆变器电机驱动器分析

5 系列/5 系列 B/6 系列 B MSO 选配 5-IMDA/6-IMDA 应用产品技术资料

深入了解您的逆变器、电机和驱动系统



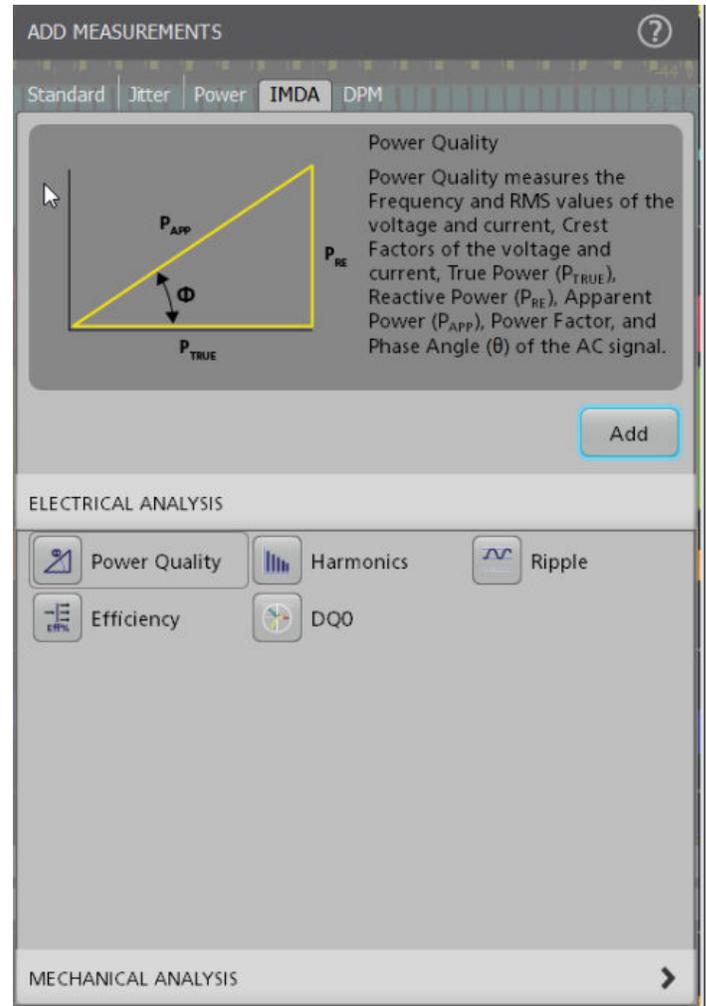
三相电力系统的测量和分析本质上比单相系统更复杂。尽管示波器能够以高采样率捕获电压和电流波形，但需进一步计算才能从数据中产生关键的功率测量值。基于示波器的三相解决方案允许使用高达 16 位的 HiRes 采集模式捕获具有更高采样率、更长记录长度的三相电压和电流波形，并在自动测量的支持下产生关键的功率测试结果。基于脉宽调制 (PWM) 的功率转换器（例如变频电机驱动器）会使测量复杂化，因为提取 PWM 信号的精确零交叉点非常重要，因此对于电机设计师而言，示波器成为推荐的用于验证和故障排除的测试工具。旨在用于对逆变器、电机和驱动器进行自动化功率分析的专用软件，极大地简化了对 PWM 系统的重要三相功率测量，并可以帮助工程师更快地了解他们的设计。借助泰克逆变器-电机驱动器分析 (IMDA) 解决方案，设计师能够充分利用 5 系列/5 系列 B/6 系列 B MSO 上的高级用户界面、六个或八个模拟输入通道和“高分辨率”模式（16 位），设计出更出色和更高效的三相电机驱动器系统。IMDA 解决方案能够针对工业电机以及交流感应电机、永磁同步电机 (PMSM) 和无刷直流 (BLDC) 电机的驱动器系统提供快速、准确和可重复的电气测量结果。它可以配置为测量直流到三相交流转换器，例如电动汽车中使用的转换器。

主要特点和技术规格

- 准确分析用于驱动交流感应电机、无刷直流 (BLDC) 电机和永磁同步 (PMSM) 电机的三相 PWM 信号。
- 基于示波器的独特相量图指示已配置布线对的 V_{RMS} 、 I_{RMS} 、 V_{MAG} 、 I_{MAG} 和相位关系，一目了然。
- 通过同时查看时域中的驱动器输入/输出电压和电流信号及相量图，来调试电机驱动器设计。
- 三相自动设置功能配置示波器的最佳水平、垂直、触发和采集参数，以采集三相信号。
- 根据 IEC-61000-3-2、IEEE-519 或自定义限制测量三相谐波。
- 根据选定的接线配置测量系统效率。
- 通过 5 系列/5 系列 B/6 系列 B MSO 上直观的拖放界面，快速添加和配置测量设置。
- 分析逆变器和汽车三相设计中的直流输入和交流输出接线配置。
- 在分析期间显示 PWM 过滤的边沿限定符波形。
- 在特定测量的分析过程中，显示每个记录或每个周期模式的测试结果。
- 支持特定测量的时间趋势图和采集趋势图。
- 支持特定接线的线对线到线对中性线的数学转换。
- 支持使用相量图和 DQ0 合成向量进行 DQ0 测量。
- 支持使用霍尔传感器和 QE1（正交编码器接口）信号进行机械测量，无论是否使用“索引”脉冲。
- 支持扭矩测量。
- 支持通过基频和全频谱对所有测量进行谐波门控。

测量概述

可变频驱动器等三相功率转换器在设计过程中需要进行一系列测量。用于 5 系列/5 系列 B/6 系列 B MSO 的“逆变器、电机和驱动器分析”套件自动执行“电气分析”组别中的关键电气测量。测量设置可配置为测量输入或输出接线配置。



IMDA 在电气分析组下测量

测量可设置为测量 1V1I（1 相 2 线）、2V2I（1 相 3 线）、2V2I（3 相 3 线）、1V1I（1 相 2 线直流）或 3V3I（3 相 3 线）和 3P4W（3 相 4 线）以支持各种电源和电机配置。可进行线对线或线对中性线的测量，以支持 Delta 和 Wye 或 Star 配置。

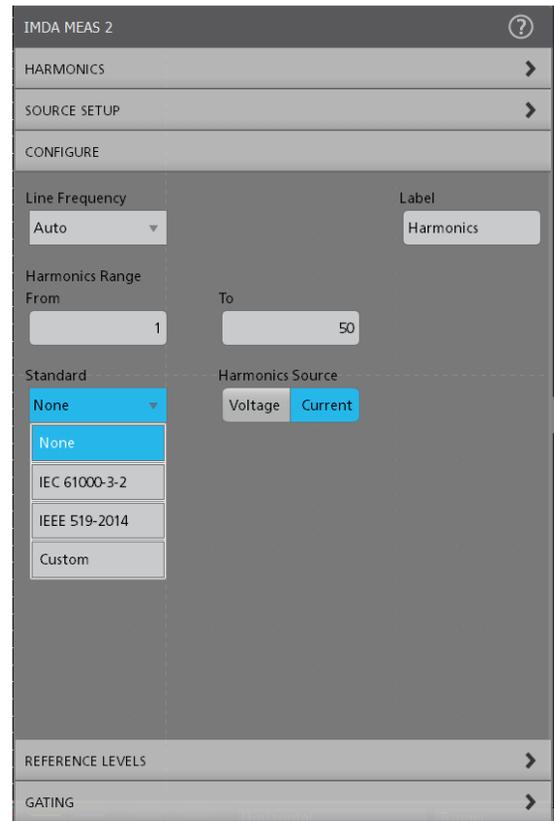


配置输入接线配置的测量

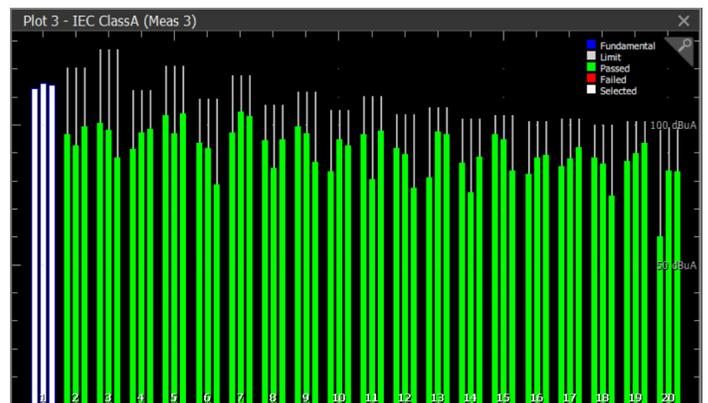
谐波

功率波形很少为教科书式的正弦曲线。谐波测量将非正弦电压或电流波形分解为其正弦分量，指示各分量的频率和幅度。

最多可对 200 次谐波执行谐波分析。可以根据您的需求，在测量配置中指定测量范围来设置最大谐波次数。测量各相位的 THD-F、THD-R 和基波值。可以根据 IEEE-519 或 IEC 61000-3-2 标准或自定义限制对测量进行评估。可以将测试结果记录在详细的报告中，并指示状态（通过/失败）。



将谐波测量与行业标准或自定义限制进行比较



示例谐波图表示合格的谐波测试结果。每组条形图均包含相位 A、B 和 C 的结果，便于相互关联。

谐波图显示的是所有三相的测试汇总结果，因此用户可以关联各相之间的测试结果。该图还直观地显示测试结果。在通过条件下，谐波条以绿色突出显示，并在超过测试限制时以红色突出显示。这便于在调试谐波设计时快速了解情况。

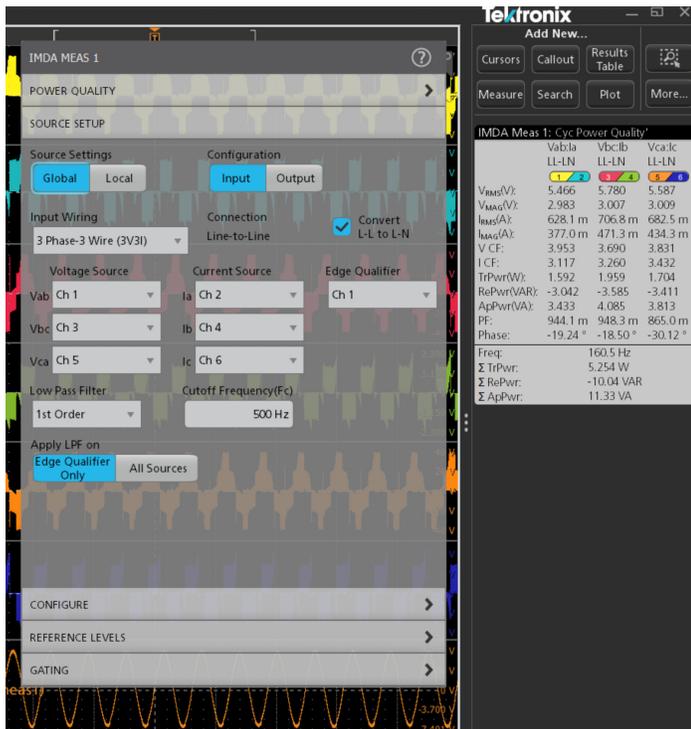
电能质量

该项测量提供关键的三相电力子项测量，包括：电压和电流的频率和 RMS 幅度、电压和电流的波峰因数、PWM 频率以

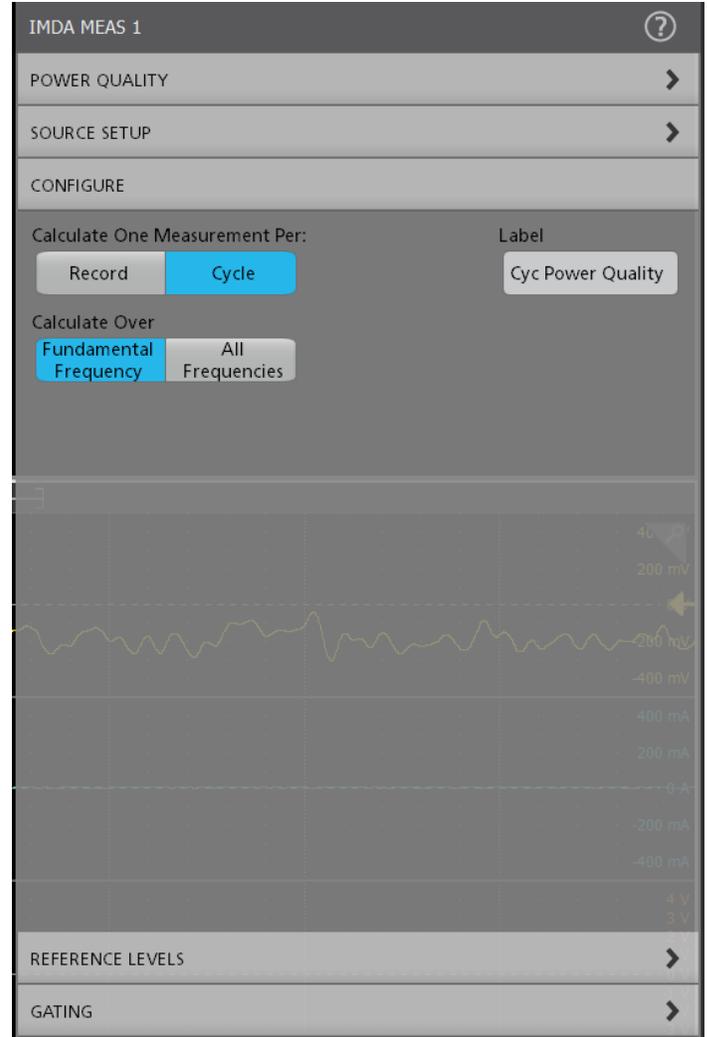
及各相的相角。它还显示有功功率总和、无功功率总和、视在功率分量总和。

此外，在线对中性线配置中，此测量显示所有三相的有功功率、无功功率和视在功率分量。

电压和电流矢量可以显示在相量图上，因此您可以快速判断各相的相移和相间的平衡。每个向量由一个 RMS 值表示，相位通过使用离散傅立叶变换 (DFT) 方法计算。

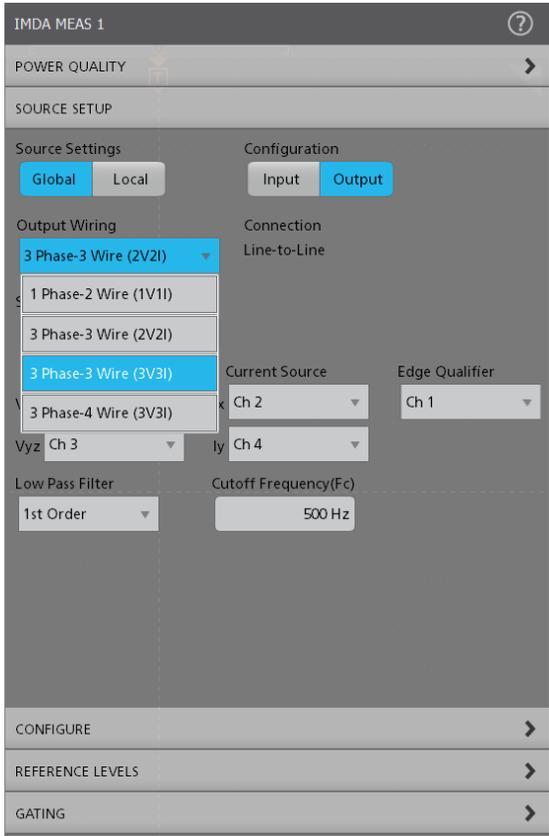


轻松配置设置以深入了解电源质量

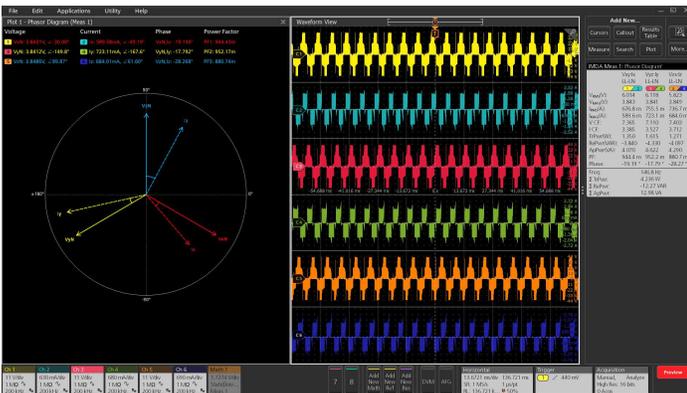


电能质量计算方法

功率质量测量可配置为在输出侧提供关键三相功率测量，包括：电压和电流的频率和 RMS 幅度、电压和电流的波峰因数、PWM 频率、有功功率、无功功率、视在功率、每相的功率因数和相角。



轻松配置电能质量测量中的电压和电流输入以显示相量图



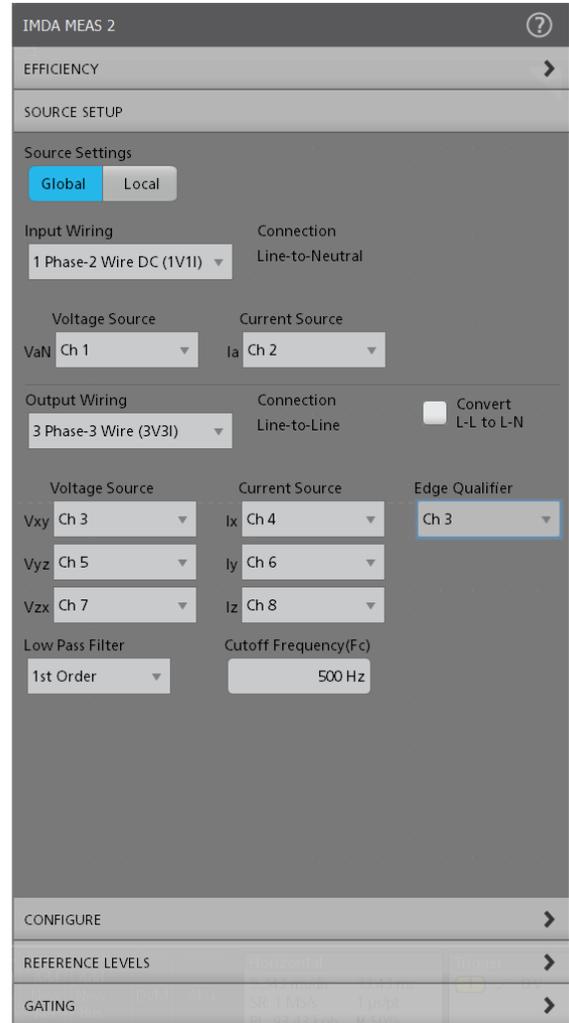
基于示波器的独特相量图功能揭示电压和电流矢量之间的关系

效率

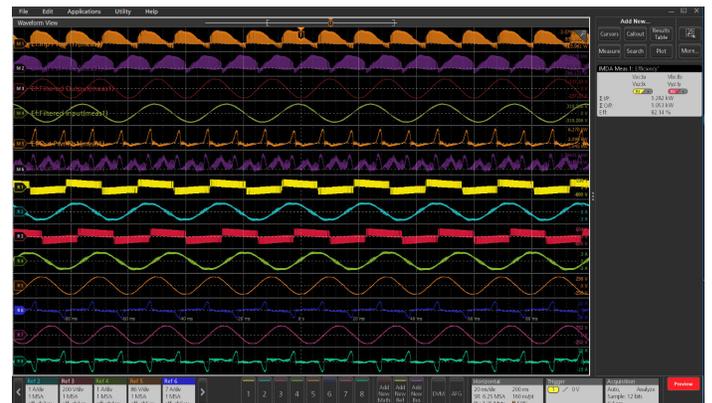
效率测量输出功率与输入功率的比率。IMDA 解决方案支持三相交流和逆变器配置的效率。通过使用 2V2I 方法，可以使用 8 个示波器通道（输入侧有 2 个电压源和 2 个电流源，输出侧有 2 个电压源和 2 个电流源）测量三相效率。该解决方案根据不同的输入和输出接线组合计算各相位的效率（对于 3V3I 配置）和系统的总（平均）效率。



配置接线和滤波器以执行工业电机的效率测量



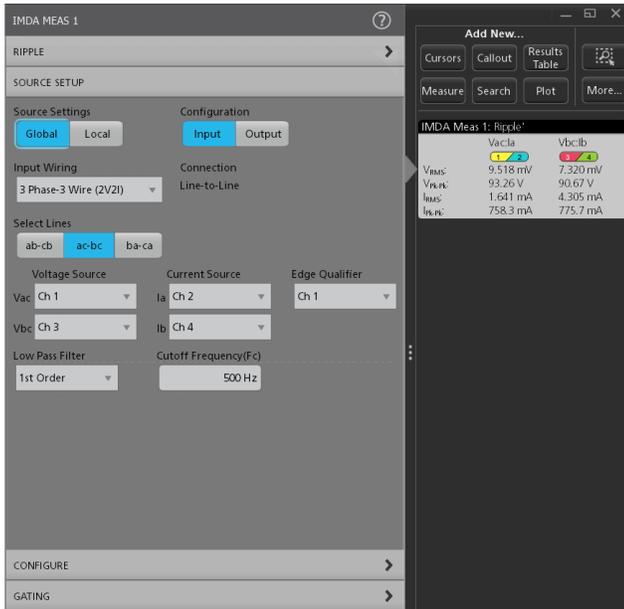
配置接线和滤波器，以针对逆变器测试最适用的 DC-AC 拓扑执行效率测量



全面了解整个系统的效率

纹波分析

纹波被定义为恒定直流分量上的残余或多余交流电压。通常在直流总线上测量纹波。此测量有助于了解信号在输入端从 AC 转换为 DC 的效率，以及多余分量对输出端的 PWM 信号的影响。



可以设置纹波分析配置以查看工频和开关纹波



测试逆变器时，对直流输入信号进行纹波测量

直接正交零点 (DQ0) 分析

三相交流电机的行为可通过如下旋转电压和电流方程进行描述。

$$V_A = V_g \times \cos (w(t))$$

$$V_B = V_g \times \cos \left(\frac{w(t)-2\pi}{3} \right)$$

$$V_C = V_g \times \cos \left(\frac{w(t)-4\pi}{3} \right)$$

其中：

A、B、C 是三相交流信号。

“Vg”是相应的增益。

“w(t)”是 $2\pi f t$ 。

AC 接口处的电压 (V) 和电流 (I) 通常分开，一般相差 120 度。这些 V 和 I 分量是时变的，这意味着没有稳态工作点的表示。

通常，交流信号是真实世界的信号，但将它们转换为直流信号有助于获得直接正交变换的抽象表示。DQ0 有助于模拟控制器。这些信息有助于更多地了解控制器正在做什么，并允许调整控制器设计。

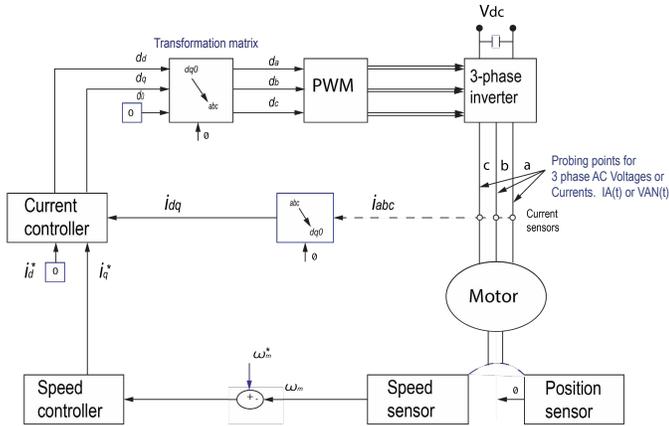
DQ0 变换通常会旋转 AC 波形的参考系，以将其转换为 DC 信号。这样便可在执行逆变换以恢复实际三相交流结果之前对直流信号进行简化计算。

为测量和监控控制系统的输出，设计人员依靠 FPGA 和基于 ASIC 的硬件处理传感器数据以获取 DQ0 信息，然后通过多次迭代检查控制信息。该解决方案涉及复杂且耗时的过程。

测量或探测 D-Q-0 信号实际上具有挑战性。典型的解决方案为控制器提供外部激励，以将控制器输入信号和模数控制器 (ADC) 输出复制为 DQ0 信号。

为应对这一挑战，用户依靠软件应用程序 DQ0 解决方案了解电源控制系统中的复杂动态现象。

IMDA 解决方案采用 DQ0 变换，旋转三相波形的参考系，使其成为直流信号。这些直流量的计算可以简化，然后将其逆变，得到实际的三相交流结果。基本控制方案如下图所示。



A basic control scheme for a permanent magnet synchronous motor

进行DQ0测量的典型连接设置和探测点

泰克在电气分析测量类别下提供一种名为DQ0的专利示波器测量，作为使用Clarke和Park变换矩阵的附加选项。在5系列、5系列B和6系列B MSO上，DQ0功能作为选项5-IMDA-DQ0/6-IMDA-DQ0提供。

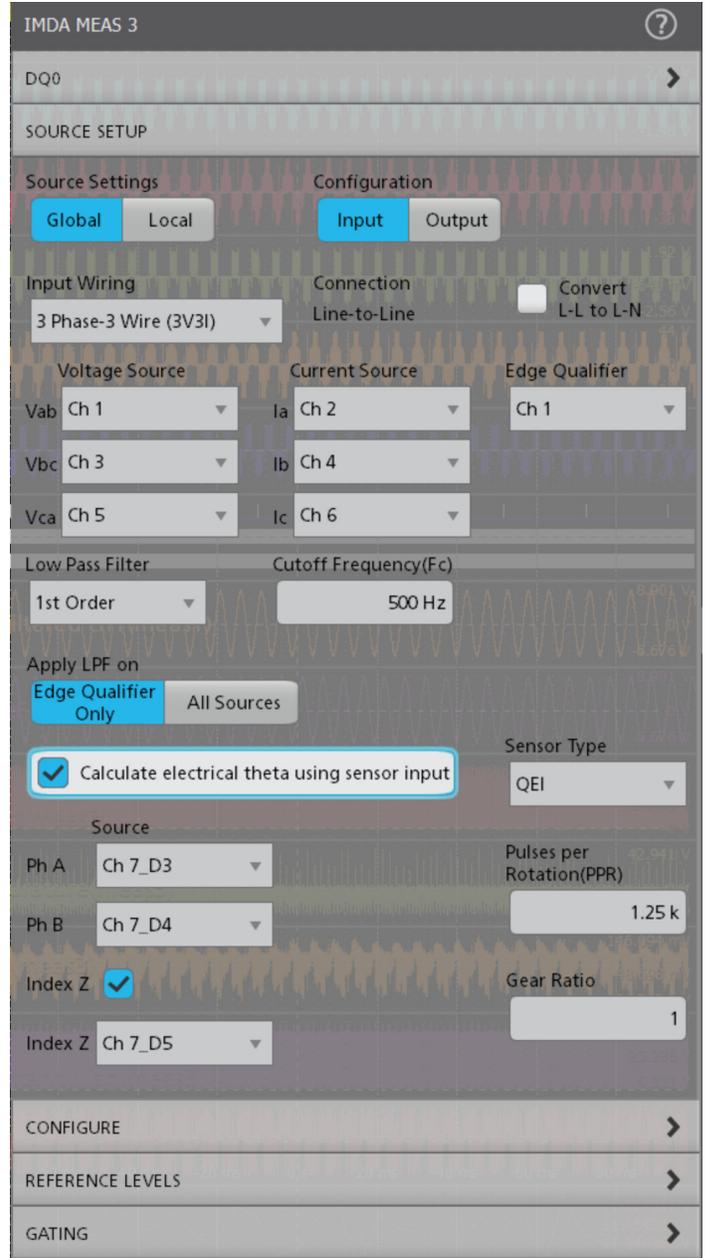
DQ0方法将角度(θ)计算为 $2\pi f t$ ，并根据我们预期的时变信号所在位置来外推参考系。DQ0帧(相量图)以正确的速度和频率旋转，不一定与转子同相，这有助于理解电机的瞬时状态。

3V3I配置支持此测量，将来自电机的三相电压或电流信号作为输入，并将其转换为D-Q-0系数，作为电机设计人员调整其PWM控制器电路设计的强大调试工具。

该测量通过转换三相驱动器输出电压或电流波形计算实时DQ0转换。变换矩阵将时变交流信号转换为非时变直流分量。这有助于重现控制系统对瞬时电机扭矩和速度的理解。通过使用DQ0变换，电机设计人员能够将三相电源部分的性能与控制系统的硬件算法和设计相关联。重叠的DQ0和三相ABC矢量作为一项很好的调试特征，设计人员可以在同一绘图上同时观察两个向量轴。

此测量具有不同的输出，例如具有D和Q幅度的标量值、具有统计数据的RMS值、导出的数学波形和相量图。数学波形提供直流变换后的波形。这在单个视图中提供控制系统输出的不同视图。

通过观察DQ0结果，可以得出一些重要的推论，如表示RMS纹波、峰峰值和高次谐波的变化。这些参数与理解控制系统中算法的操作直接相关。若无这些信息，则难以理解电机控制系统的性能。

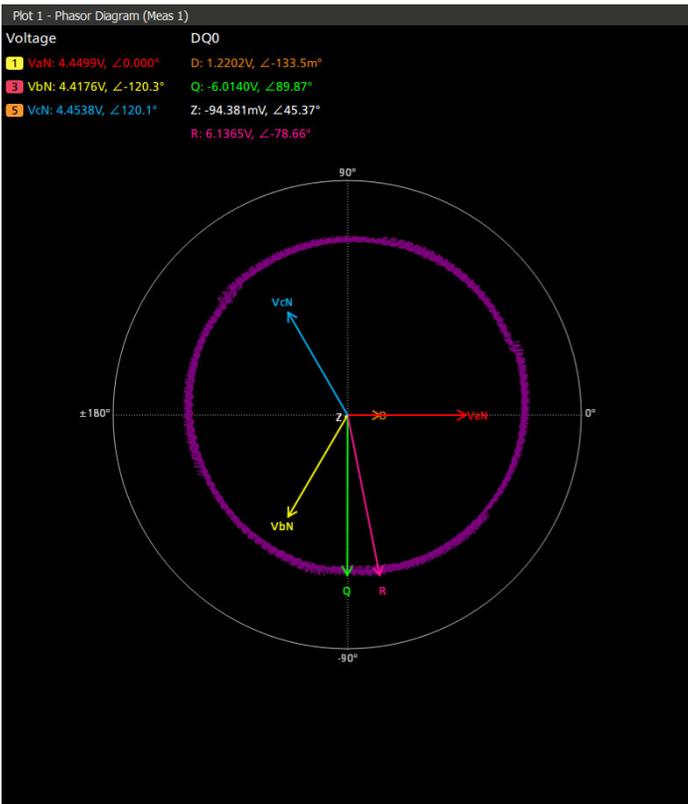


具有QE1配置的DQ0



在 5 系列 MSO 上运行 DQ0 测量。它们在相量图上表示为 Q (绿色)、D (橙色) 和 Z (白色) 向量，并在右侧的结果标记中提供其标量值。DQ0 波形显示为数学 M1、直接 (紫色)、正交 (红色) 和零点 (绿色)。

增强的 DQ0 算法通过 D 和 Q 分量计算合成向量，并将合成向量显示为重叠的电机旋转，并与瞬时电机角度 (theta) 合并。



DQ0 图将结果显示为旋转持久性图。

使用趋势分析进行动态测量

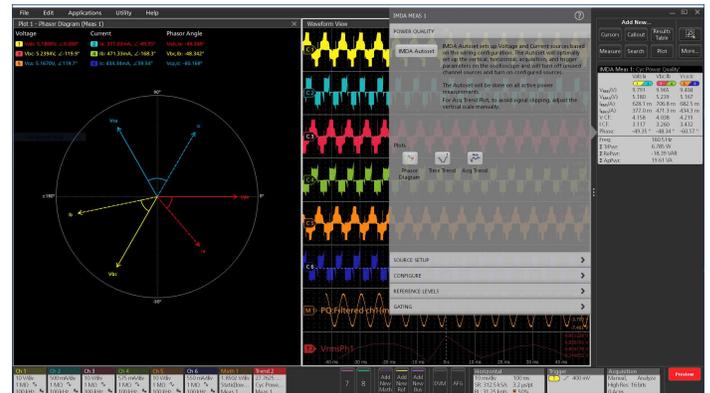
电机驱动器分析的一项常见要求是，能够在更长的测试时间、记录和大量采集中查看电机响应，以监控不同负载条件下的 DUT 行为。这种动态测量有助于了解最佳设计和电压、电流、功率、频率等不同参数间的相互依赖性及其基于

负载条件的变化。您可以手动缩放并获取感兴趣的特定区域，以查看波形特定区域的测试结果。

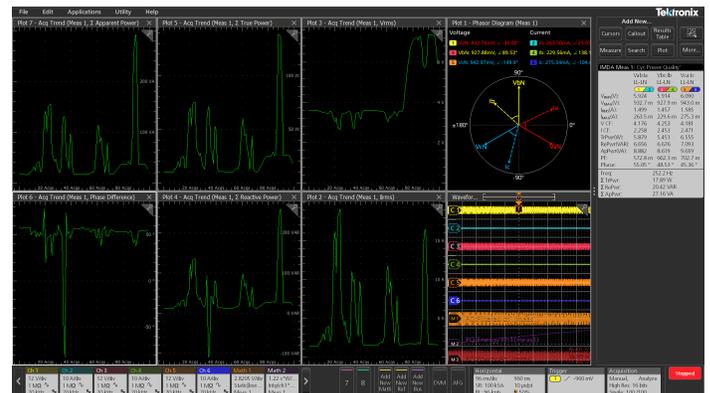
IMDA 解决方案提供两种独特的电能质量测量趋势图，以支持此类要求：

- 时间趋势图
- 采集趋势图

每幅绘图均有其优点，可用于绘制电能质量测量下支持的子测量。时间趋势图显示的是各周期或采集波形 (记录) 的测量值，而采集趋势图显示的是每次采集中各记录的测量值平均值。可在测试配置期间设置采集计数。这使您能够捕获大数据记录以执行深入的记录分析并了解运动响应的动态行为。绘图可另存为 CSV 文件以进行后处理。



通过时间趋势图，您能够在在一个采集记录中以图形方式分析功率测量。采集趋势图可以绘制多次采集的功率测量结果，以进行长期测试。



此示例显示 100 次采集的平均功率测量的采集趋势图，包括 - Vrms、Irms、相位差、有功功率之和、视在功率和无功功率。



添加并配置功率质量测量不同子测量的时间趋势图。该图显示的是监控 Vrms 和频率参数的两个时间趋势图。

机械分析

IMDA 机械分析组别（选件 IMDA-MECH）支持使用霍尔传感器和 QEI 输出信号来计算速度、加速度和方向信息。除了这些测量外，QEI 方法还支持角度测量并以度或弧度显示。加速度结果在报告中作为速度测量的一部分。测量需要极对数和相应的齿轮比测量关键的电机参数。方向测量需要在操作前配置一系列霍尔传感器上升边沿，并在操作期间对其进行验证。对于 QEI 方法，测量需要用到 QEI 输出信息 - 相位 A、相位 B、可选 Z 索引脉冲和每转脉冲数 (PPR)。

TPP1000 无源探头或高压差分 THDP0200/100 探头可根据电机输出功率和噪声水平捕获传感器输出。建议使用带有 TLP 逻辑探头的数字通道代替模拟通道，因为噪声较小，有助于为其他测试操作保留模拟通道，并使用单个灵活通道进行测量。

ADD MEASUREMENTS

Standard | Jitter | Power | **IMDA** | DPM

Speed(RPM)

Speed

Speed defines the number of revolutions per minute of the motor. Probe sensor outputs to acquire electrical signals. If the number of rotor pole pairs and gear ratio are known, then speed & acceleration are calculated from these. Time Trend plot can be added for this.

Add

ELECTRICAL ANALYSIS

MECHANICAL ANALYSIS

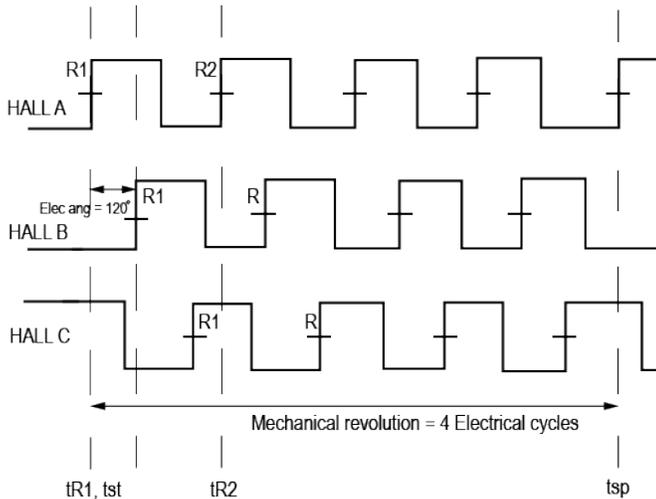
Speed | Direction | Angle

Torque

IMDA 机械分析支持速度（与加速度）和方向测量

速度测量

霍尔传感器信号转换如下图所示。



使用三个霍尔传感器转换进行速度测量计算

速度由以下等式定义，

$$Speed\ in\ RPM = \left(\left(\frac{1}{T_{SP} - T_{ST}} \right) * 60 \right) * G$$

其中：

T_{SP} 和 T_{ST} 之间的差异由极对数量定义。

T_{ST} 是电脉冲的开始

T_{SP} 是电脉冲的结束

60 是 RPM（每分钟转数）

G 是齿轮比。

加速度

加速度是单位时间内速度的变化率。定义为

$$Acclr = \frac{Speed(t_{n+1}) - Speed(t_n)}{((t_{n+1}) - t_n)}$$

速度和方向支持以下各图：

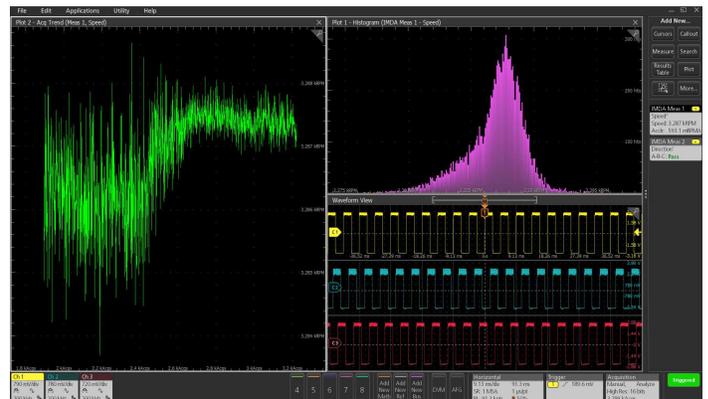
- 直方图
- 时间趋势图
- 采集趋势图



使用 QEI 方法测量电机转速和方向。通过连接模拟 (TPP1000) 和数字 (TLP058) 探头，来显示 QEI 信号（相位 A、B 和 Z 索引）以供参考。

速度采集趋势图的重要性

采集趋势图和直方图显示电机速度的抖动，否则需要使用颤振仪等专用仪器进行测量。该抖动信息（边缘时序的变化）测量电机速度的一致性。



ACQ 趋势图显示电机速度的抖动（左）以及指示速度分布的直方图（右）

电机启动配置文件

电机设计人员有兴趣在设计阶段研究电机启动配置文件。时间趋势给出电机的瞬时速度信息，否则很难测量。

下面是显示电机启动顺序的时间趋势图，其中电机从 OFF（关闭）状态切换到 ON（开启）状态所需的启动时间为 2.3s。同样，可以执行 ON（开启）切换到 OFF（关闭）状态并深入了解减速过程，如显示电机减速进入停止状态的时间趋势图所示。



显示电机启动顺序的时间趋势图

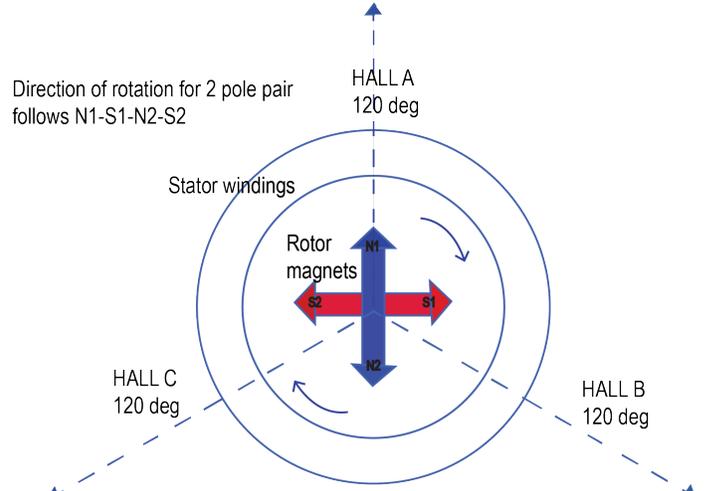


显示电机减速进入停止状态的时间趋势图

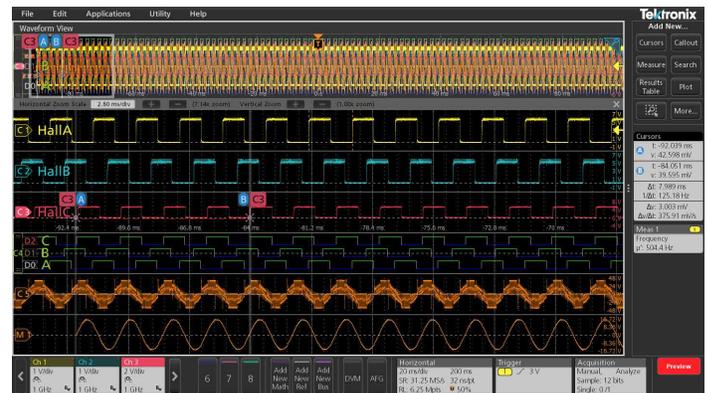
方向

钻机、洗衣机和电动泵等一些应用需要电机快速运行和变向。方向测量有助于此分析。霍尔传感器输出的上升边沿或下降边沿的顺序决定旋转方向。方向测量需要所有三个霍尔信号。它们可用作方向测量的可配置参数，并在电机运行期间进行验证。通常，A-B-C序列被解释为顺时针(CW)，而A-C-B序列被解释为逆时针(CCW)。

例如，如果第一个上升沿来自霍尔传感器A，而霍尔传感器B的上升沿存在于120度处，则转子旋转顺序为A-B-C。否则，如果霍尔传感器C的第二个上升沿出现在120度处，则顺序为A-C-B。



根据霍尔传感器的输出解译的方向信息



示波器上捕获的方向信息显示的是霍尔传感器A、B、C上升边沿序列（顺时针旋转）

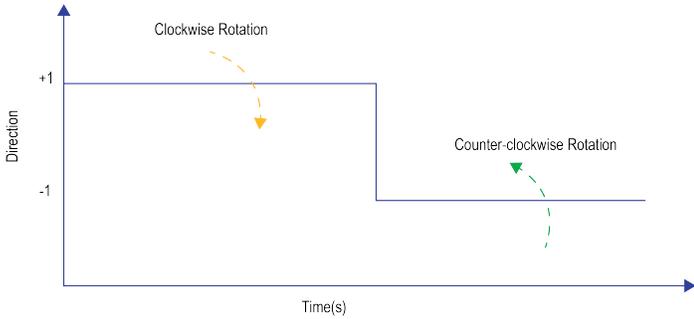
以下是计算方向信息的公式。

$$\text{顺序 (顺时针)} = (A-B-C)$$

$$\text{顺序 (逆时针)} = (A-C-B)$$

其中，顺序功能检查所有三个霍尔传感器信号的上升边沿顺序。

方向可以显示为ACQ趋势图，以便在调试期间使电机反转方向时给出准确的可视化时戳指示。这在下图中显示为示例图。



ACQ 趋势图根据 CW 和 CCW 电机旋转显示+1 和-1。

扭矩测量

电机的扭矩是其输出轴上产生的旋转力，它是一种以牛顿米 (Nm) 为单位的扭转力。

IMDA 支持两种扭矩测量方法：

1. 传感器法：

这是最常见的扭矩测量方法，它使用扭矩传感器或测力传感器输出。通过将旋转扭矩传感器与电机轴连接在一起，可以测量电机产生的扭矩。用户可以使用无源电压探头捕获扭矩波形。电压波形与扭矩测量值成正比。

用户必须配置扭矩传感器的高值、低值以及相应输出电压的高值、低值。该测量方法将采集到的电压波形重新计算为扭矩值。

测力传感器提供作用力。扭矩值以力和臂长（距离）的乘积计算得出。

$$Torque\ Output = Voltage\ Input \times \frac{High\ Torque - Low\ Torque}{High\ Voltage - Low\ Voltage}$$

2. 电流法：

许多电机都有数据规格，可以根据这些规格，通过使用扭矩常数，按照与施加的 RMS 电流所成的比例推断出扭矩。这是扭矩的估计值。

通常，任何直流电机中产生的扭矩都与扭矩常数和电枢电流的乘积成正比。在串联电机中，磁场电流与电枢电流成正比。

据估计，转子产生的扭矩与电枢电流成正比。用户必须配置电机的扭矩常数。

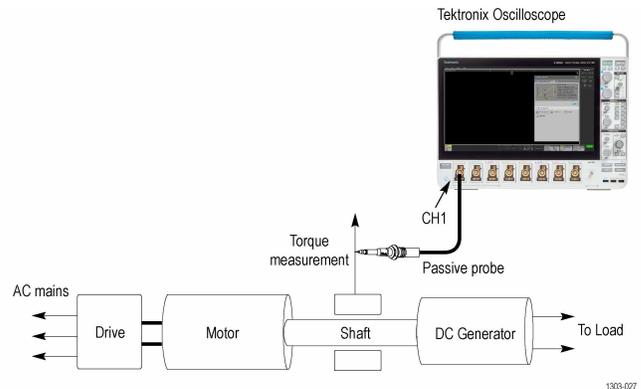
$$扭矩 = 扭矩常数 \times I_{rms}$$

扭矩测量支持以下图解：

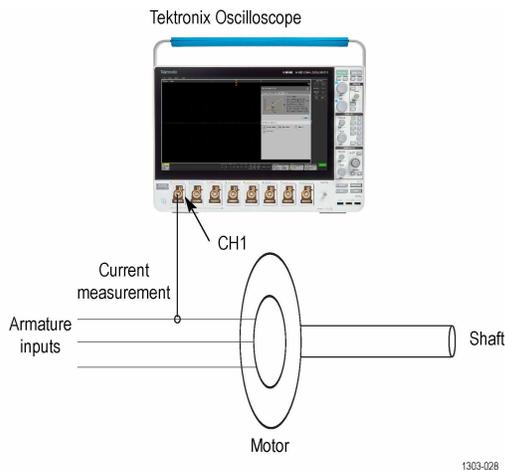
- 直方图
- 时间趋势图
- 采集趋势图

以下扭矩单位需要配置：

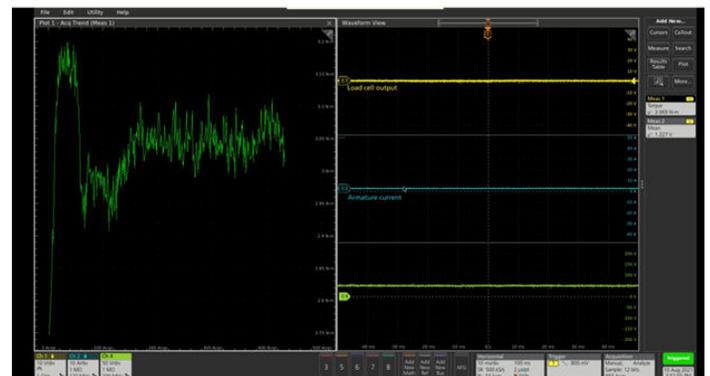
- 牛顿米 (N·m)
- 英尺磅 (ft·lb)
- 英寸盎司 (in·oz)
- 英寸磅 (in·lb)。



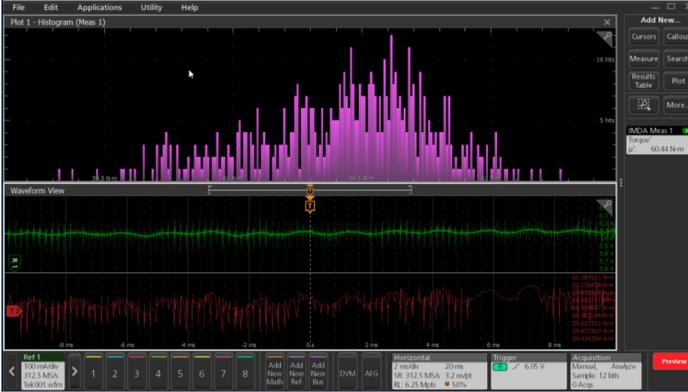
使用扭矩传感器法时的扭矩测量设置



使用电枢电流法时的扭矩测量设置



该图片将扭矩结果显示为使用测力传感器输出时的 ACQ 趋势图。



该图片将扭矩结果显示为使用扭矩常数和电机电流输出时的直方图

报告生成

IMDA 软件简化了设计和开发过程的数据收集、归档和文档编制。它支持生成 MHT 或 PDF 格式的报告，并带有通过/失败结果，以便于分析。

Measurement Report

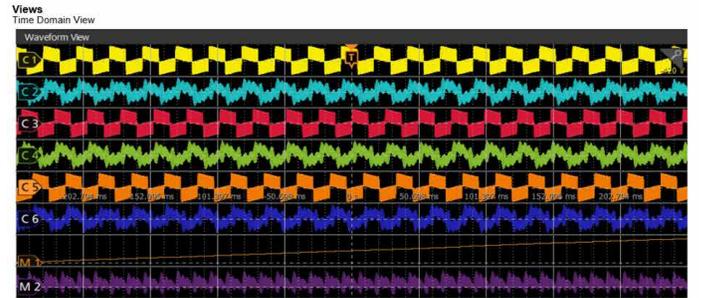
Tektronix

Monday February 3 2020 10:54:56

Setup Configuration			
Scope Details	Scope Serial Number	TekScope Version	Scope Calibration Status
MSOS8	Q10118	1.24.6	Pass

IMDA High Level Configuration			
Measurement Type	Wiring	Connection	L-L to L-N
Industrial	3 Phase-3 Wire (3V3)	Line-to-Line	False

Name	Measurement Src(s)	Max*	Min*	Max'	Pk-Pk'	Std Dev'	Population	Accum Mean	Accum Min	Accum Max	Accum Pk-Pk'	Accum Std Dev'	Accum Pop
IMDA Meas 1 - Power Quality	Ch 1, Ch 2 Phase 1 (Vab, Ia)	375.12 V	375.12 V	375.12 V	0.0000 V	0.0000 V	1	375.12 V	375.12 V	375.12 V	0.0000 V	0.0000 V	1
rRMS		330.21 mA	330.21 mA	330.21 mA	0.0000 A	0.0000 A	1	330.21 mA	330.21 mA	330.21 mA	0.0000 A	0.0000 A	1
Voltage		1.7386	1.7386	1.7386	0.0000	0.0000	1	1.7386	1.7386	1.7386	0.0000	0.0000	1
Current		3.0543	3.0543	3.0543	0.0000	0.0000	1	3.0543	3.0543	3.0543	0.0000	0.0000	1
True Power		83.258 W	83.258 W	83.258 W	0.0000 W	0.0000 W	1	83.258 W	83.258 W	83.258 W	0.0000 W	0.0000 W	1
Reactive Power		-91.713 VAR	-91.713 VAR	-91.713 VAR	0.0000 VAR	0.0000 VAR	1	-91.713 VAR	-91.713 VAR	-91.713 VAR	0.0000 VAR	0.0000 VAR	1
Apparent Power		123.87 VA	123.87 VA	123.87 VA	0.0000 VA	0.0000 VA	1	123.87 VA	123.87 VA	123.87 VA	0.0000 VA	0.0000 VA	1
Power Factor		980.75 m	980.75 m	980.75 m	0.0000	0.0000	1	980.75 m	980.75 m	980.75 m	0.0000	0.0000	1
Phase Angle		-11.260	-11.260	-11.260	0.0000	0.0000	1	-11.260	-11.260	-11.260	0.0000	0.0000	1
V Phase		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
I Phase		-11.260	-11.260	-11.260	0.0000	0.0000	1	-11.260	-11.260	-11.260	0.0000	0.0000	1



Global Configuration						
Gating	Jitter Separation Model	Dual Dirac Model	Display Unit Type	Standard Reference Levels	Jitter Reference Levels	Lock RJ
None	SpectralOnly	PCIExpress	Seconds	Every Acquisition	First Acquisition	false

Reference Levels Configuration		
Ref Levels		Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, Ch5, Ch6
Ref Level Type		Global
Base Top Method		MinMax
RiseHigh		90%
RiseMid		50%
RiseLow		10%
FallHigh		90%
FallMid		50%
FallLow		10%
Hysteresis		10%

包含摘要、详情和相应图片的IMDA 测试报告文件示例

技术规格

接线配置	1V1I (1相2线), 2V2I (1相3线), 2V2I (3相3线), 2V2I (直流输入交流输出), 3V3I (直流输入交流输出) 或 3V3I (3相3线) 和 3P4W (3相4线)
L-L (线对线) 转换为 L-N (线对中性线)	适用于 3 相 3 线 (3V3I) ¹
电气分析	电能质量, 谐波 ² 、纹波、DQ0 ³ 、效率 ⁴
支持的传感器	霍尔传感器和 QEI (正交编码器接口)
机械分析	速度、加速度、角度 (QEI 法)、方向和扭矩
谐波门控	基频和全频谱
三相自动设置	适用于所有测量
绘图	时间趋势图、ACQ 趋势图、相量图、谐波条形图 ⁵ 、DQ0 图和直方图 (速度分布)
报告	MHT 和 PDF 格式, 数据导出到 CSV 格式
消磁/时延校正 (静态)	自动检测探头, 自动调零。用户可以对电压和电流探头进行相位校正, 从每个通道的菜单中对电流探头进行消磁
源信号支持	实时模拟信号, 基准波形, 数学波形

¹ 对于 3 相 4 线 (3V3I), 连接方式始终为线对中性线, 而对于 3 相 3 线 (2V2I), 则为线对线。

² 支持自定义限制。

³ 仅适用于 3V3I 布线。

⁴ 仅适用于 2V2I 布线。

⁵ 范围滤波器属于测量配置的一部分。

订货信息

型号

产品	选件 ⁶	支持的仪器	可用带宽
新仪器订购选项	5-IMDA	5 系列/5 系列 B MSO (MSO56、MSO58、MSO56B、MSO58B)	<ul style="list-style-type: none"> • 350 MHz • 500 MHz • 1 GHz • 2 GHz
产品升级选项	SUP5-IMDA		
浮动许可证	SUP5-IMDA-FL		
新仪器订购选项	5-IMDA-DQ0		
产品升级选项	SUP5-IMDA-DQ0		
浮动许可证	SUP5-IMDA-DQ0-FL		
新仪器订购选项	5-IMDA-MECH		
产品升级选项	SUP5-IMDA-MECH		
浮动许可证	SUP5-IMDA-MECH-FL		
新仪器订购选项	6-IMDA	6 系列 B MSO (MSO66B, MSO68B)	<ul style="list-style-type: none"> • 1 GHz • 2.5 GHz • 4 GHz • 6 GHz • 8 GHz • 10 GHz
产品升级选项	SUP6B-IMDA		
浮动许可证	SUP6B-IMDA-FL		
新仪器订购选项	6-IMDA-DQ0		
产品升级选项	SUP6B-IMDA-DQ0		
浮动许可证	SUP6B-IMDA-DQ0-FL		
新仪器订购选项	6-IMDA-MECH		
产品升级选项	SUP6B-IMDA-MECH		
浮动许可证	SUP6B-IMDA-MECH-FL		

⁶ 作为前提条件，选件 IMDA-DQ0 和 IMDA-MECH 需要用到选件 IMDA

软件套件

支持的仪器	套件选项	说明
5 系列/5 系列 B MSO	5-PRO-POWER-1Y	专业版电能套件 1 年期许可证
	5-PRO-POWER-PER	专业版电能套件永久许可证
	5-ULTIMATE-1Y	旗舰版套件 1 年期许可证
	5-ULTIMATE-PER	旗舰版套件永久许可证
	5-PRO-AUTO-1Y	专业版汽车套件 1 年期许可证
	5-PRO-AUTO-PER	专业版汽车套件永久许可证
6 系列 B MSO	6-PRO-POWER-1Y	专业版电能套件 1 年期许可证
	6-PRO-POWER-PER	专业版电能套件永久许可证
	6-ULTIMATE-1Y	旗舰版套件 1 年期许可证
	6-ULTIMATE-PER	旗舰版套件永久许可证
	6-PRO-AUTO-1Y	专业版汽车套件 1 年期许可证
	6-PRO-AUTO-PER	专业版汽车套件永久许可证

推荐探头

探头型号	说明	数量
TCP0030A 或 TCP0150	电流探头	3 用于 3V3I 接线 ⁷
THDP0200 或 TMDP0200	高压差分探头	3 用于 3V3I 接线 ⁷



当社は SRI Quality System Registrar により ISO 9001 および ISO 14001 に登録されています。



製品は、IEEE 規格 488.1-1987、RS-232-C および当社標準コード&フォーマットに適合しています。



評価対象の製品領域：電子テストおよび測定器の計画、設計 / 開発および製造。

⁷ 为执行效率测量，需要用到四个量。

东盟/澳大拉西亚 (65) 6356 3900

比利时 00800 2255 4835*
 中东欧和波罗的海 +41 52 675 3777
 芬兰 +41 52 675 3777
 香港 400 820 5835
 日本 81 (120) 441 046
 中东、亚洲和北非 +41 52 675 3777
 中华人民共和国 400 820 5835
 韩国 +822 6917 5084, 822 6917 5080
 西班牙 00800 2255 4835*
 台湾 886 (2) 2656 6688

澳大利亚 00800 2255 4835*

巴西 +55 (11) 3759 7627
 中欧和希腊 +41 52 675 3777
 法国 00800 2255 4835*
 印度 000 800 650 1835
 卢森堡 +41 52 675 3777
 荷兰 00800 2255 4835*
 波兰 +41 52 675 3777
 俄罗斯和独联体 +7 (495) 6647564
 瑞典 00800 2255 4835*
 英国和爱尔兰 00800 2255 4835*

巴尔干、以色列、南非和其他国际电化学学会成员国 +41 52 675 3777

加拿大 1 800 833 9200
 丹麦 +45 80 88 1401
 德国 00800 2255 4835*
 意大利 00800 2255 4835*
 墨西哥、中南美洲和加勒比海 52 (55) 56 04 50 90
 挪威 800 16098
 葡萄牙 80 08 12370
 南非 +41 52 675 3777
 瑞士 00800 2255 4835*
 美国 1 800 833 9200

* 欧洲免费电话号码。如果打不通，请拨打+41 52 675 3777

了解详细信息。泰克拥有并维护着一个由大量的应用说明、技术简介和其他资源构成的知识库，同时会不断向知识库添加新的内容，帮助工程师解决各种尖端的技术难题。敬请访问 www.tek.com。

版权所有 © Tektronix, Inc. 保留所有权利。泰克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。本文中的信息将取代所有以前出版的资料中的信息。保留更改产品规格和价格的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc. 的注册商标。所有提及的其他商标为其各自公司的服务标志、商标或注册商标。

21 Feb 2022 48C-61649-4
www.tek.com