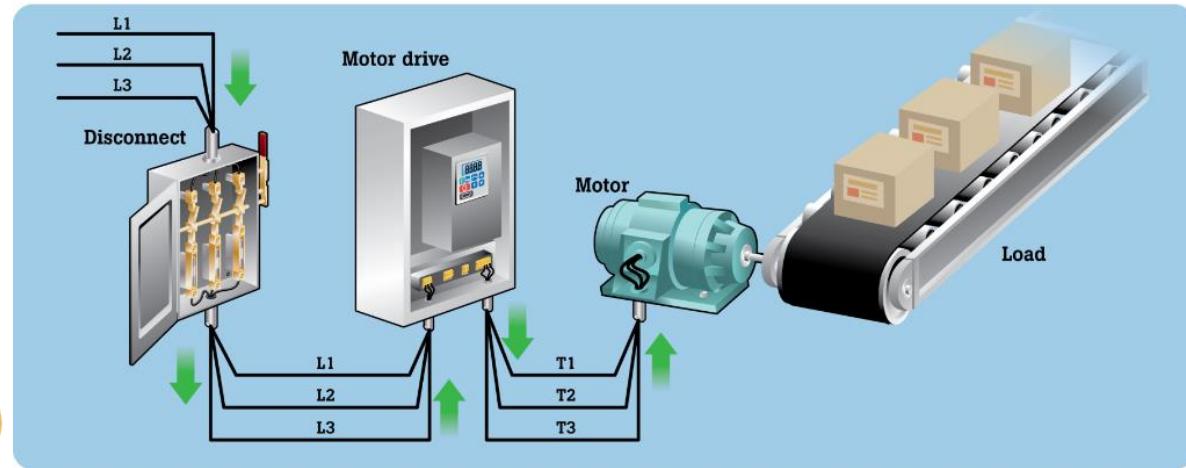


# 如何高效诊断电机及其变频驱动器的故障？

FLUKE®



## Fluke MDA 510 和 Fluke MDA 550 电机驱动分析仪和 ScopeMeter® 测试工具

简化复杂电机驱动系统的端对端测试和分析：

- 为用户提供引导式设置、自动测量和基于上下文的帮助
- 简化触发任务并捕获复杂波形，发现驱动故障
- 提供标准手持式示波器不能提供的新测量数据，无需额外工具或复杂的数据分析

# MDA-550 – 是什么？

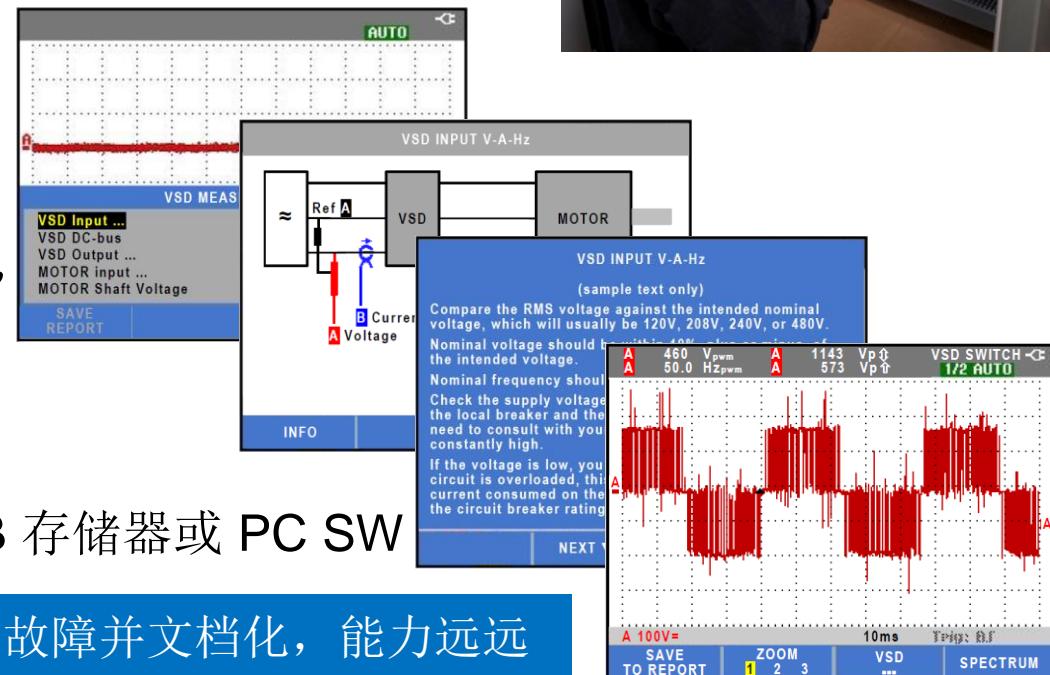
FLUKE®



- 电机驱动分析仪
  - 基于 Fluke 190 II 系列 ScopeMeter 测试工具
  - 特殊功能 — 适用于电机驱动测试
  - 专用菜单 — 适用于电机驱动和电机分析
  - 专用附件 — 随产品标配
  - 外加便携式示波器的完整功能



- 价值
  - 引导式测试步骤，  
用于执行结构化测试
  - 自动配置执行测试的相关选项，  
无需示波器知识
  - 专用测量，  
适合快速诊断电机故障和检查
  - 保存每个测试点的测量数据，  
方便生成报告，并储存到 USB 存储器或 PC SW

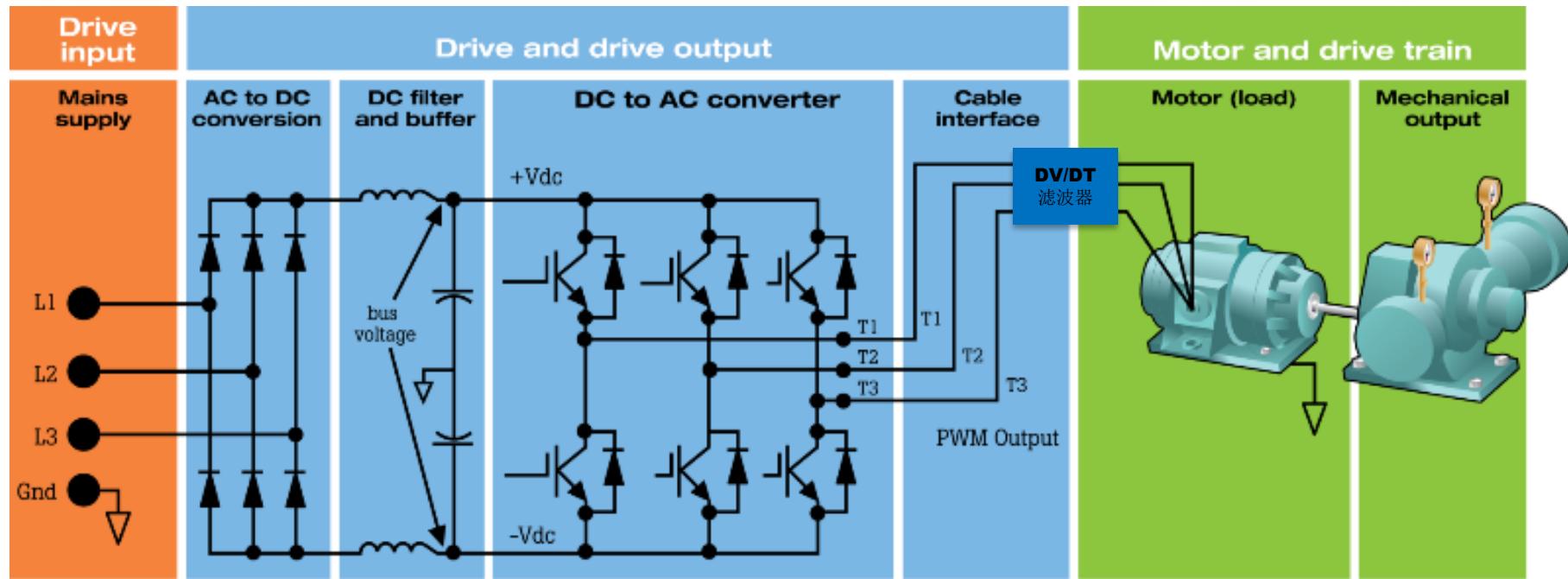


引导式测试允许无经验的用户诊断故障并文档化，能力远远胜于使用示波器

# 目标应用：电机驱动故障诊断



FLUKE®



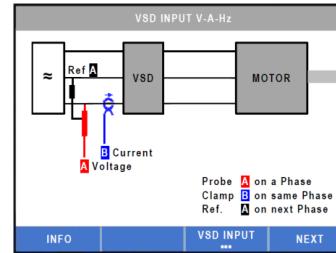
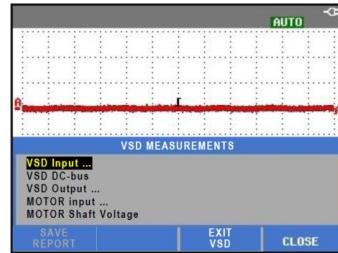
## Problems

- 过热
- 不能启动, 跳闸
- 停止之后不能启动
- 轴承损坏
- 振动

- 输出故障
- 电机温度升高
- 工作不正确或驱动故障
- 损坏轴承, 包括火花电蚀, 会引起震动
- 电机噪声较大
- 驱动输出电压和电流故障

- 电机绕组绝缘击穿
- 过压电路触发, 造成停工
- 损害轴、轴承、驱动、电缆和电机的使用寿命

# 使用福禄克电机驱动分析仪的流程



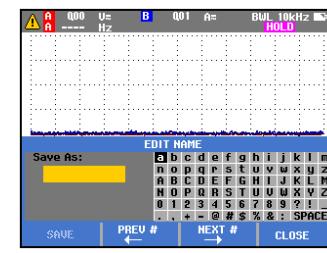
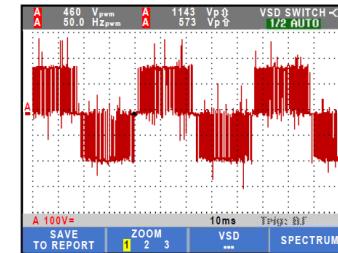
VSD INPUT V-A-Hz  
(sample text only)

Compare the RMS voltage against the intended nominal voltage, which will usually be 120V, 208V, 240V, or 480V. Nominal voltage should be within 10%, plus or minus, of the intended voltage.

Nominal frequency should be within 0.5Hz of specification. Check the supply voltage level, current, and frequency at the local breaker and the main service entrance. You may need to coordinate with your power utility if the voltage is consistently high.

If the voltage is low, you should check whether the local circuit is overloaded, this can be done by measuring the current consumed on the circuit and comparing that with the circuit breaker rating.

NEXT ▾ PREV ▾ CLOSE



1

选择测量子部分

2

正确连接测试工具

?

刷新知识

3

自动检查相关测量

4

将全部测量存档在单个文件

## 福禄克电机驱动分析仪优势

- 避免错误，自动设置相关测量
- 避免复杂 PWM 波形的触发问题
- 触手可及的信息能够建立信息和提高声誉
- 涵盖从基础到高级的全部所需测量
- 简单、便捷，一键式捕获和生成“调整前”、“调整后”报告

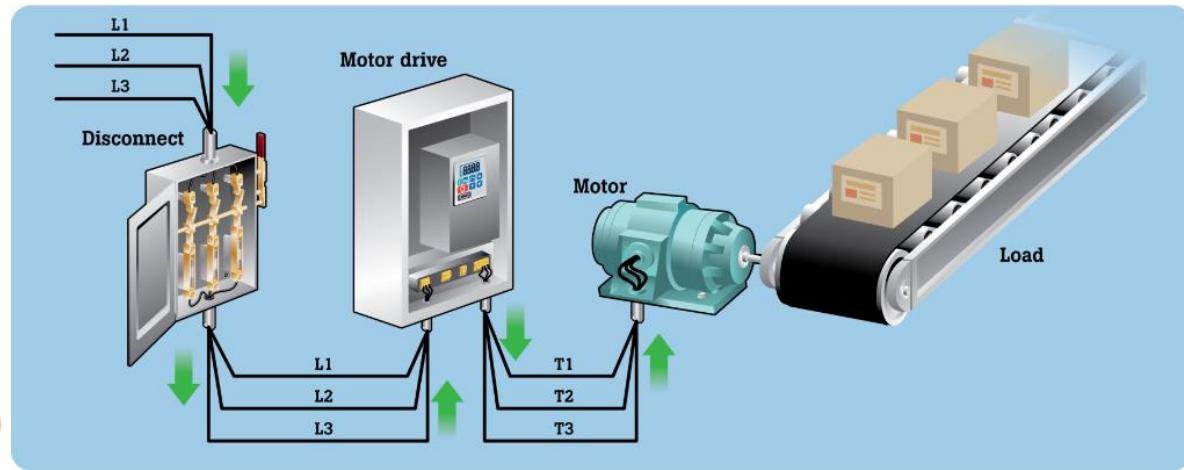


## 结果

- 隔离故障，追根溯源
- 缩短现场服务所需时间
- 获得一致、可靠的数据
- 根据测量高效执行日常工作
- 创建报告，用于存档以及预测性维护



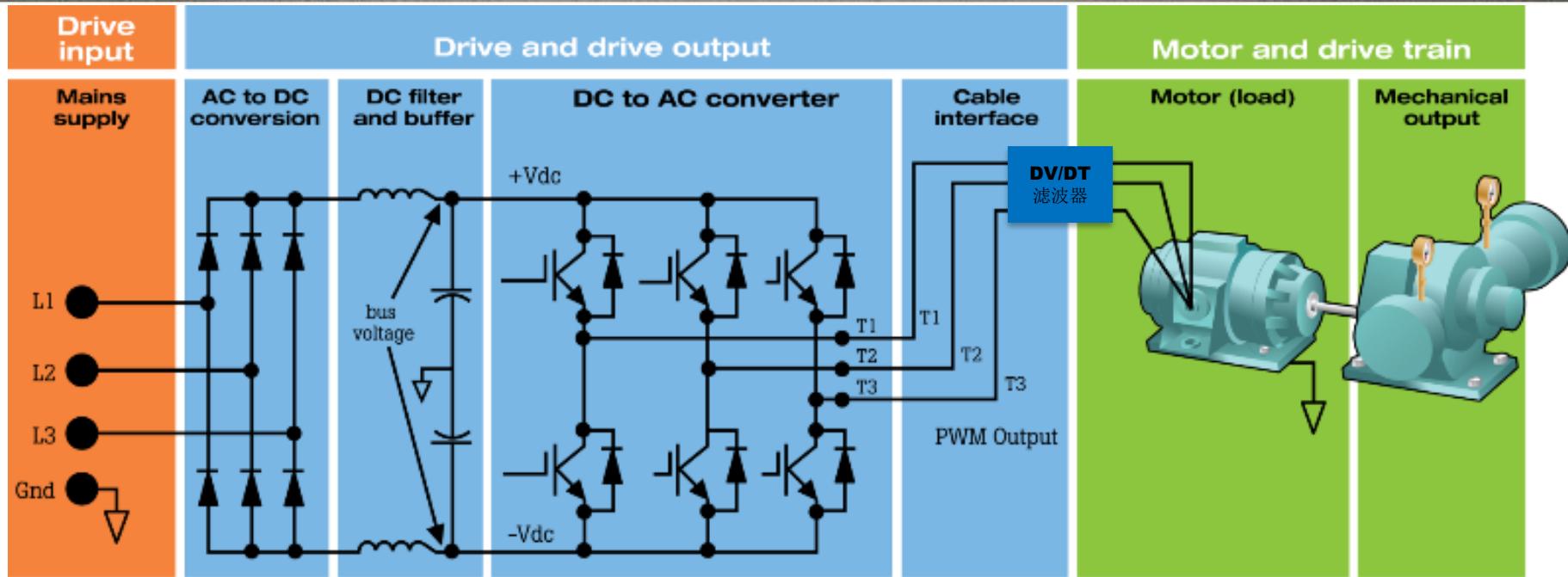
# 测试功能



- 福禄克电机驱动分析仪
  - 技术能力
  - 驱动测量方法和通用故障诊断信息



# 电机驱动故障诊断步骤 — 检查点



## 检查点

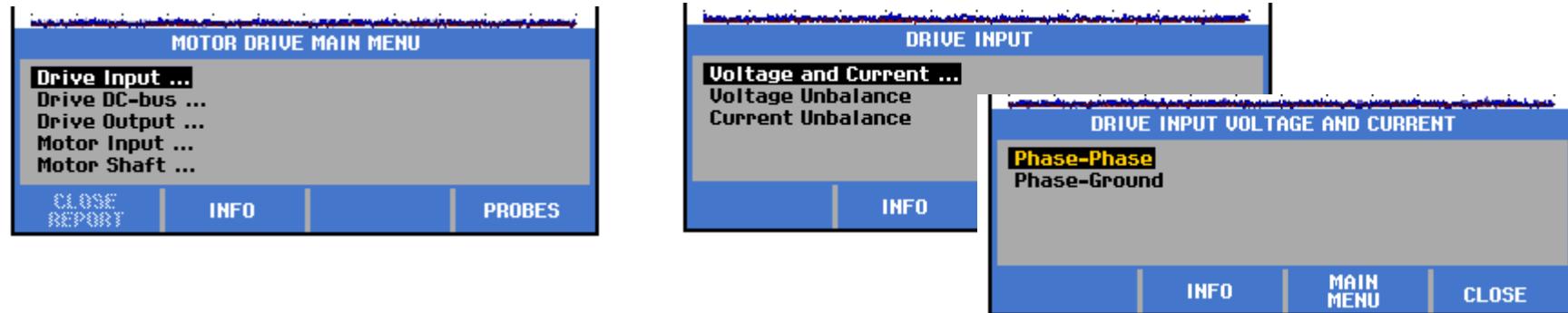
- 标称电源电压、电流和频率
- 电压和电流不平衡
- 瞬态
- 谐波
- 功率因数
- 直流母线
- 电压不平衡
- 电流不平衡
- 电流和 PE 电流
- 输出反射
- 扰动
- 谐波
- V/Hz 比
- 停工诊断
- 接地

- 电机过载
- 单相运行
- 轴承故障
- 失中\*
- 机械不平衡\*
- 松动
- 绝缘击穿
- 轴电压和轴承电流
- 接地

# 电机驱动输入



FLUKE®

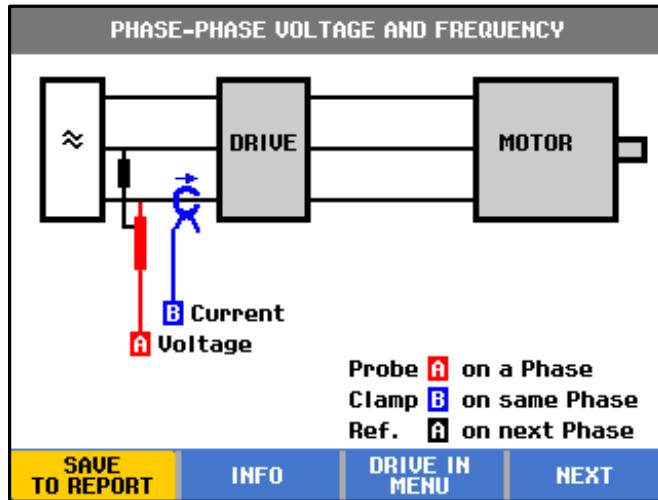


## 自动测量选项

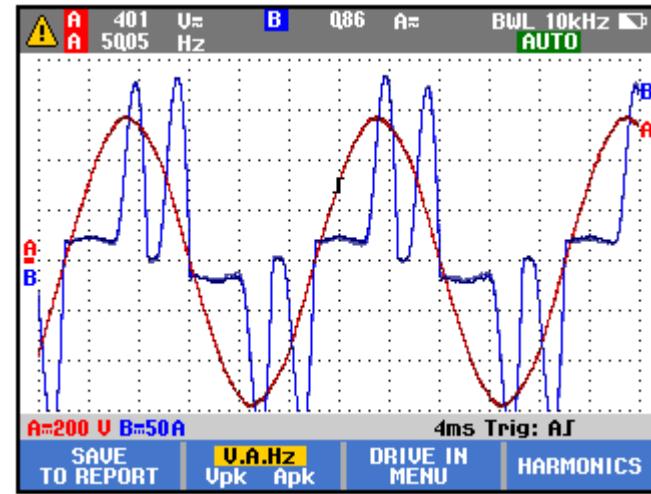
测试点	测量和分析组合				
	子组	读数1	读数2	读数3	读数4
<b>电机驱动输入</b>					
电压和电流 相-相	V-A-Hz	V AC+DC	A AC+DC	Hz	
	V Peak	V Peak max	V Peak min	V pk-to-pk	波峰因子
	A Peak	A Peak max	A Peak min	A pk-to-pk	波峰因子
电压和电流 相-地	V-A-Hz	V AC+DC	A AC+DC	Hz	
	V Peak	V Peak max	V Peak min	V pk-to-pk	波峰因子
	A Peak	A Peak max	A Peak min	A pk-to-pk	波峰因子
电压不平衡	不平衡	V AC+DC	V AC+DC	V AC+DC	不平衡
	峰值	V pk-to-pk	V pk-to-pk	V pk-to-pk	
电流不平衡	不平衡	A AC+DC	A AC+DC	A AC+DC	不平衡
	峰值	A pk-to-pk	A pk-to-pk	A pk-to-pk	



## 连接点



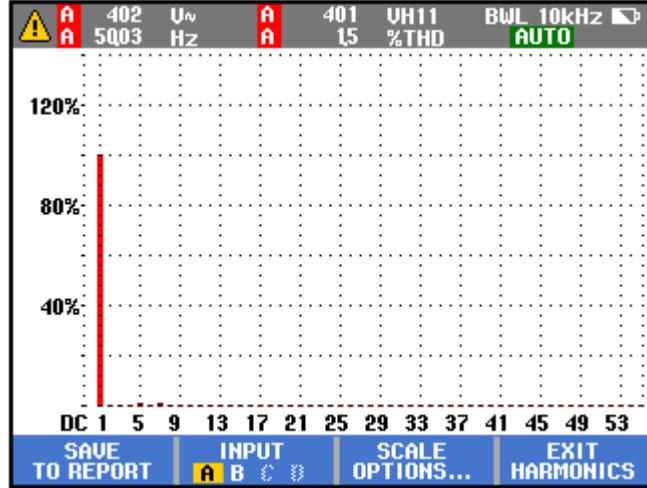
## 标称驱动输入测量



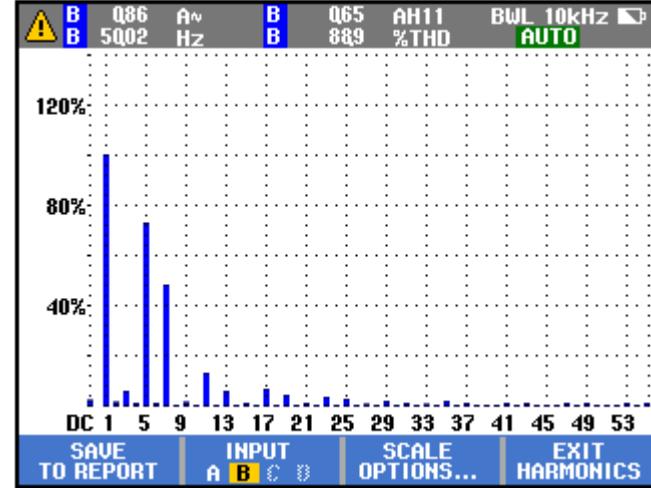
- 将 RMS 电压与标称电压进行比较。
  - 如果超差 10% 以上则表示存在供电电压问题。
  - 如果电压超差:
    - 检查电流是否在负载电流范围之内
    - 检查电感大小是否在对应电流的指标范围之内。
- 将频率与规定频率进行比较。
  - 差异超过 0.5Hz 将引发故障。
- 可对其他相进行重复测量



F4= 谐波, 显示谐波



电流谐波

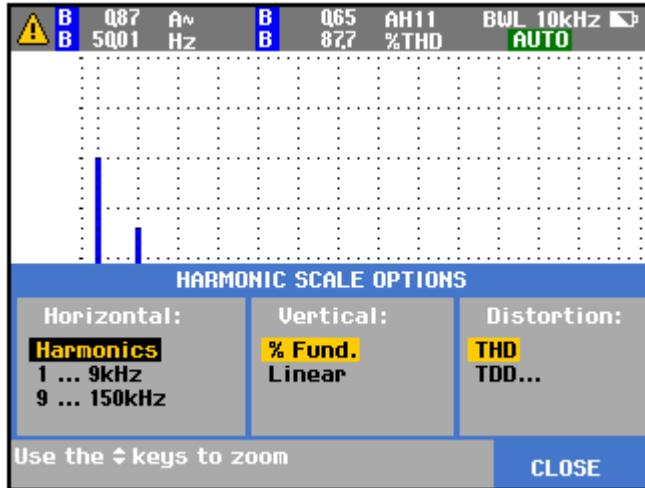


- 选择 F4 并检查谐波
- 如果电压 THD 超过 6%，说明存在潜在问题。识别主要的谐波成分
- 较大的偶次谐波(H2、H4、...)说明整流器可能发生故障
- 利用 F2 键，在电压和电流通道之间切换
- 仅供参考。使用电能质量工具同时对多相进行额外测量，并遵守相关标准。

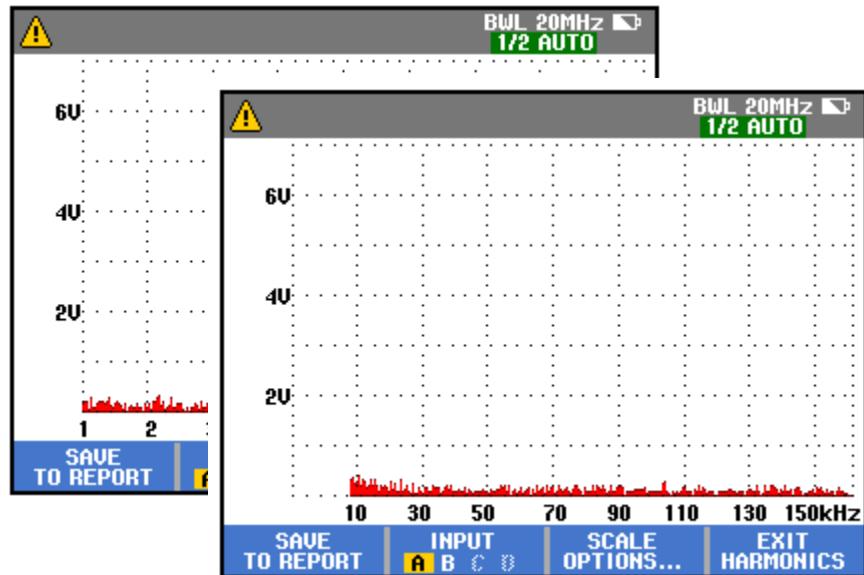


# “超谐波”

F3 = 缩放选项



1-9 kHz 或 9-150 kHz 频带谐波



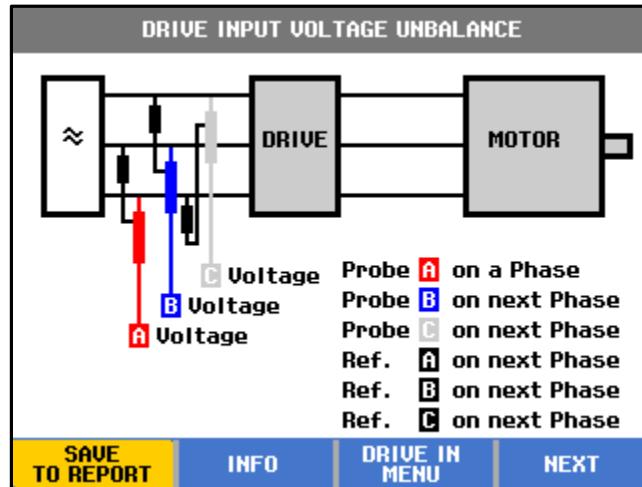
- 1-9kHz 和 9-150kHz 频带的“超谐波”  
可作为 FFT/频谱查看
- 仅供参考！
- 可以显示其他带有有源前端(能量反馈)的电机驱动的开关频率

# 电压不平衡

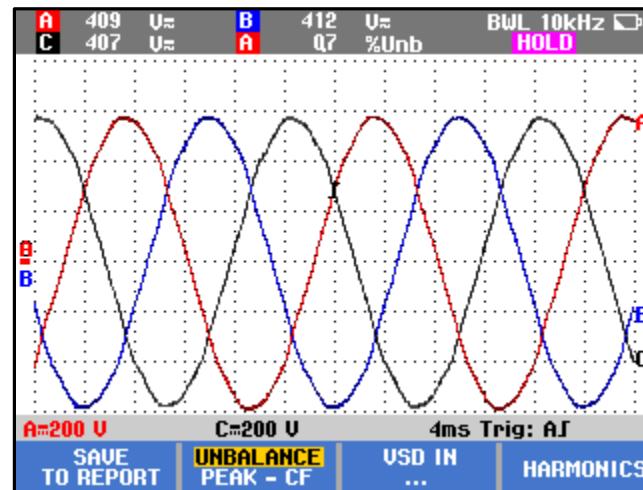


FLUKE®

连接 3 个电压探头



同时显示 3 个波形



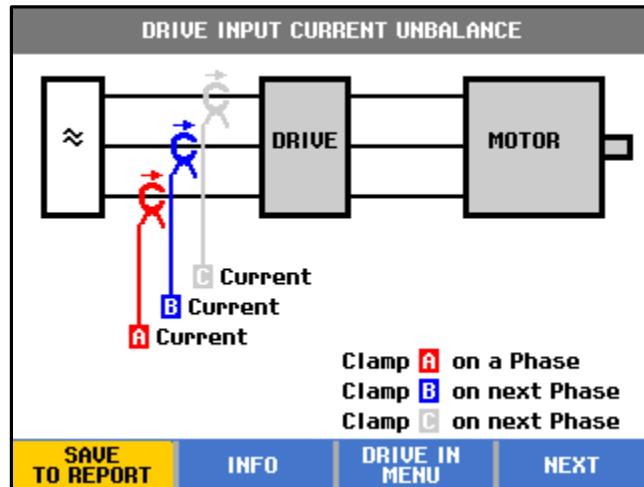
- 不平衡是指各相电压与平均电压之间的最大差异百分比
- 用于检查各相之间是否存在电压差，以及相位角是否为 120 度。
- 较高的电压不平衡读数表示可能存在故障。即使 0.3% 读数也会造成电压缺口，并且触发驱动的过载故障保护或干扰其他设备。

# 电流不平衡

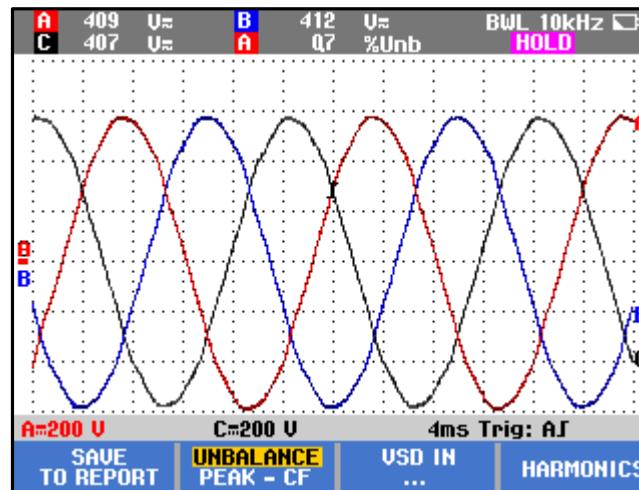


FLUKE®

连接 3 个电流钳



同时显示 3 个波形



- 不平衡是指各相电流与平均电流之间的最大差异百分比
- 电流不平衡用于检查各相之间是否存在电流差，以及相位角是否为 120 度。
- 电流不平衡超过 6% 就可能会造成问题。
- 过大的电流不平衡表示可能存在电压不平衡或电机整流器问题。

# 驱动直流母线



FLUKE®

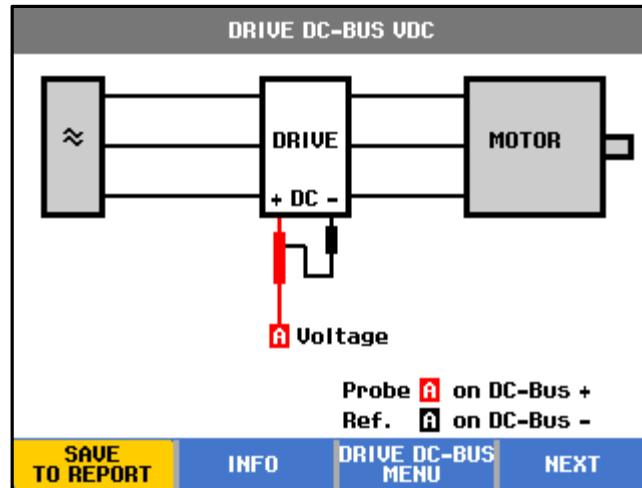


## 自动测量选项

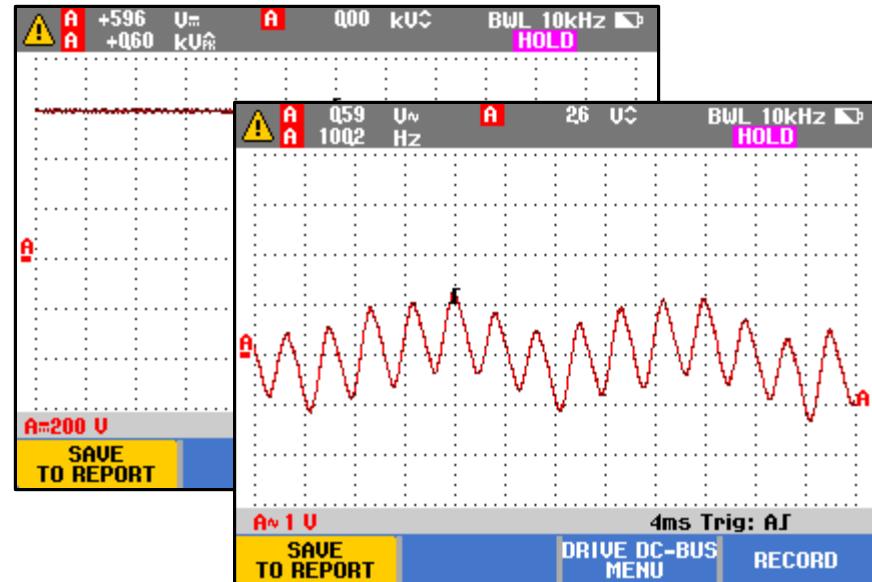
测试点	测量和分析组合				
	子组	读数1	读数2	读数3	读数4
电机驱动直流母线					
DC		V DC	V pk-to-pk	V Peak max	
纹波		V AC	V pk-to-pk	Hz	



## 连接点



## 直流母线测量

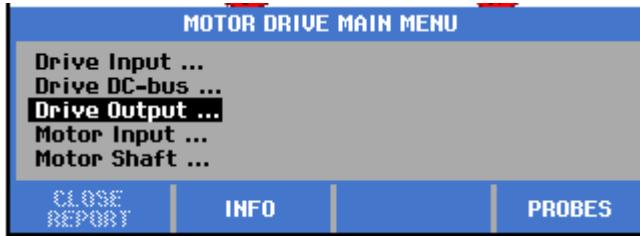


- 直流电平
  - 检查内部直流母线的电平和稳定性，以及电力反馈和制动(如果驱动支持)的影响
  - 除可控整流器(IGBT)输入外，电压应该为 RMS 电源电压的 1.31 至 1.41 倍左右。
  - 较低的直流电压会触发驱动。这可能是电网输入电压较低或者输入电压发生箝位造成的。利用 RECORD (记录)功能检查直流电压随时间的变动。
- 交流纹波
  - 经过交流至直流转换后，直流母线上会保留少量的交流纹波。形状取决于转换原理。
  - 如果纹波峰值具有不同的重复水平，则表示某个整流器可能发生了故障。
  - 如果电容故障，或驱动额定值与电机及负载相比太小，则可能造成纹波电压高于 40V。
  - 利用 RECORD (记录)功能检查纹波电压随时间的变动。

# 电机驱动输出



FLUKE®



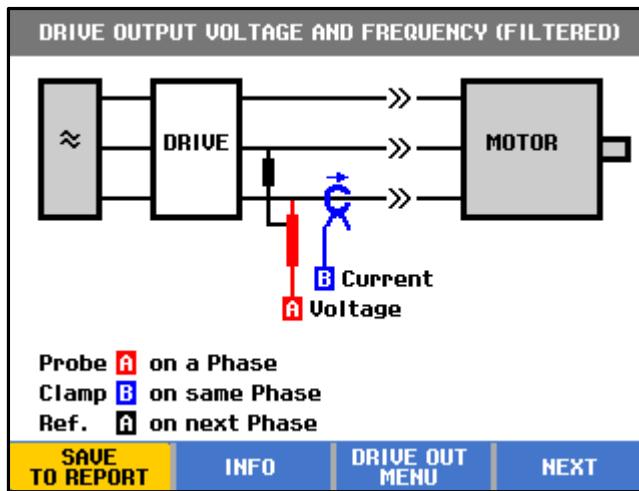
## 自动测量选项

测量和分析组合					
测试点	子组	读数1	读数2	读数3	读数4
<b>电机驱动输出</b>					
电压调制					
相-相	Zoom 1	V PWM	V pk-to-pk	Hz	V/Hz
	Zoom 2	V Peak max	V Peak min	ΔV	
	Zoom 3 PEAK	V Peak max	ΔV/s	上升时间峰值	过冲
	Zoom 3 LEVEL	ΔV	ΔV/s	上升时间电平	过冲
相-地	Zoom 1	V PWM	V pk-to-pk	V Peak max	V Peak min
	Zoom 2	V Peak max	V Peak min	ΔV	Hz
	Zoom 3 PEAK	V Peak max	ΔV/s	上升时间峰值	过冲
	Zoom 3 LEVEL	ΔV	ΔV/s	上升时间电平	过冲
Phase-DC+	Zoom 1	V PWM	V pk-to-pk	V Peak max	V Peak min
	Zoom 2	V Peak max	V Peak min	ΔV	Hz
	Zoom 3 PEAK	V Peak max	ΔV/s	上升时间峰值	过冲
	Zoom 3 LEVEL	ΔV	ΔV/s	上升时间电平	过冲
Phase-DC-	Zoom 1	V PWM	V pk-to-pk	V Peak max	V Peak min
	Zoom 2	V Peak max	V Peak min	ΔV	Hz
	Zoom 3 PEAK	V Peak max	ΔV/s	上升时间峰值	过冲
	Zoom 3 LEVEL	ΔV	ΔV/s	上升时间电平	过冲

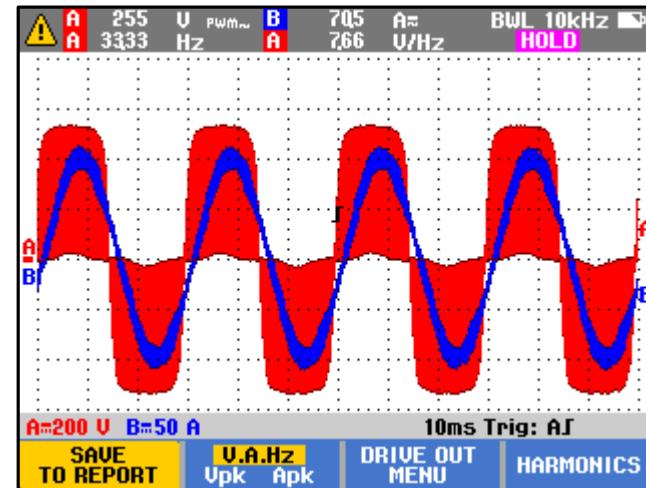
# 电机驱动输出标称电压和电流



## 连接点



## 驱动输出测量

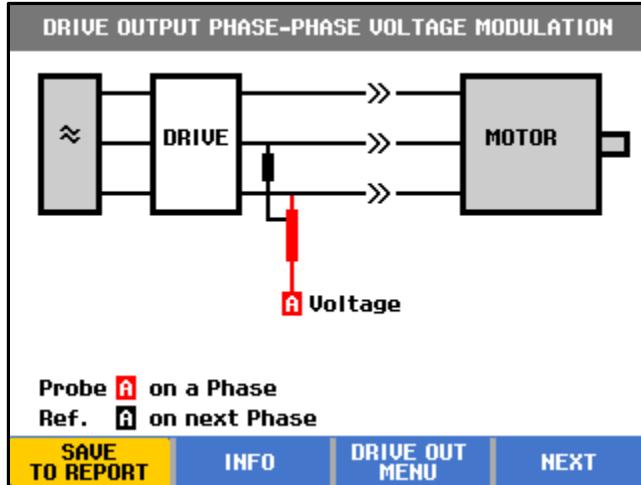


- 测量 2 相之间的电压以及某相上的电流。
- 检查驱动输出电压和电流是否在电机的限值范围之内。如果输出电流太高，电机温度可能较高，并可能缩短定子绝缘的寿命。
- 检查电压/频率比(V/Hz)是否在电机的规定限值范围之内。如果 V/Hz 太高，电机可能过热；如果 V/Hz 太低，电机将损失扭矩。
- 如果 Hz 稳定，V 不稳定，说明直流母线有问题。如果 Hz 不稳定，V 稳定，说明 IGBT 有问题。如果 Hz 和 V 均不稳定，说明速度控制电路有问题。

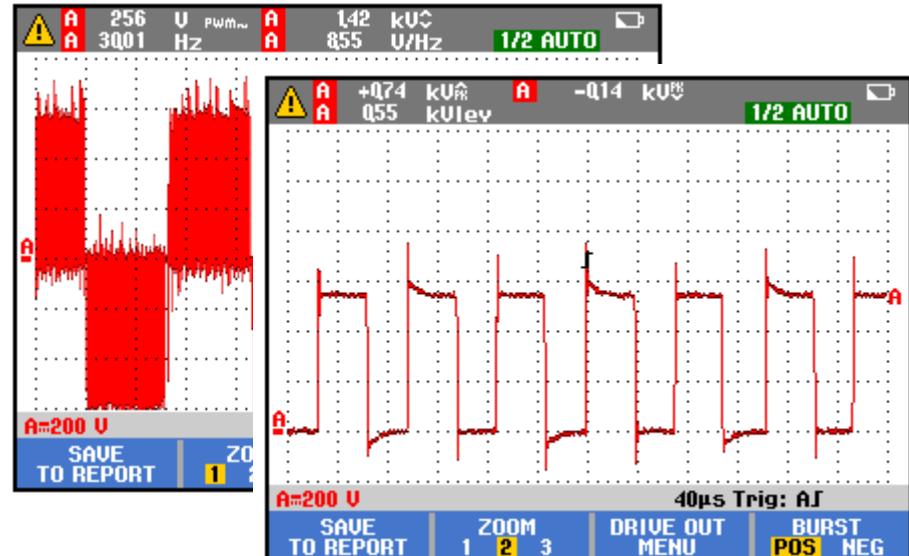
# 电机驱动输出电压调制



## 连接点



## 驱动输出测量

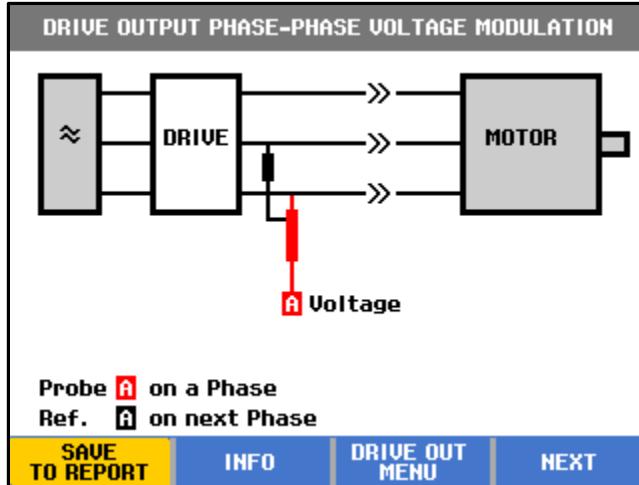


- 相-相电压主要用于检查高电压峰值。这些可能损害电机绝缘和驱动输出电路，造成驱动跳闸。
- 如果电压峰值比标称电压高 50%，往往会造成问题。
- 相-地电压主要用于测量开关频率，以及可能损坏电压绝缘的对地高电压峰值。
- 相线至DC 或 DC+ 电压也用于测量开关频率，识别 IGBT 问题或信号是否上下浮动，该现象可能表示系统接地存在问题。

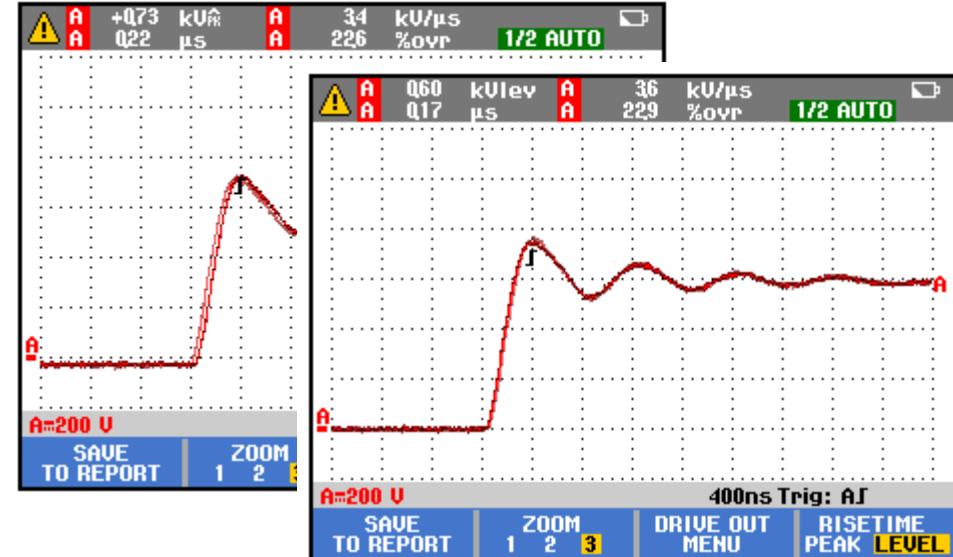
# 电机驱动输出电压调制



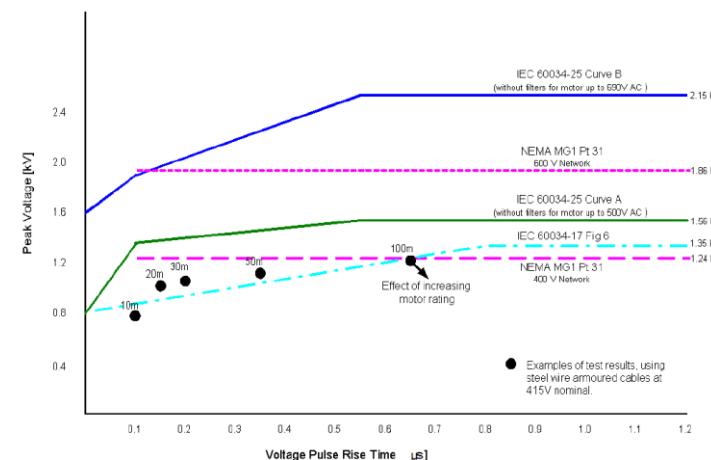
## 连接点



## 驱动输出 $dV/dT$ 测量



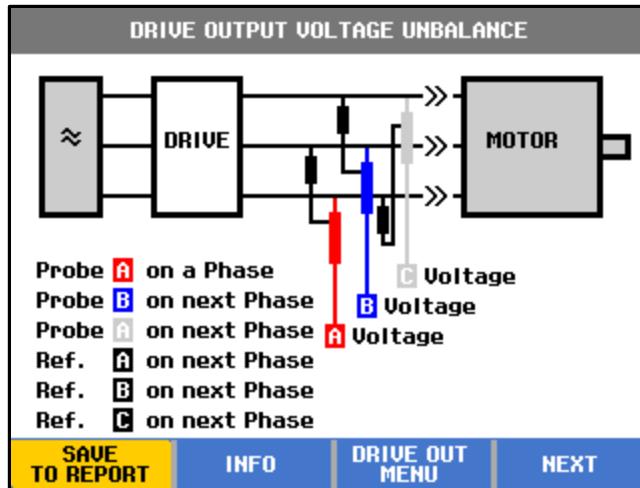
- 检查开关脉冲的陡度是否在电机绝缘指标范围之内，用  $dV/dt$  表示。
- 上升时间可表示为
  - 峰值，符合标准 IEC60034-17
  - 电平，符合标准 NEMA MG1 Part 30.1



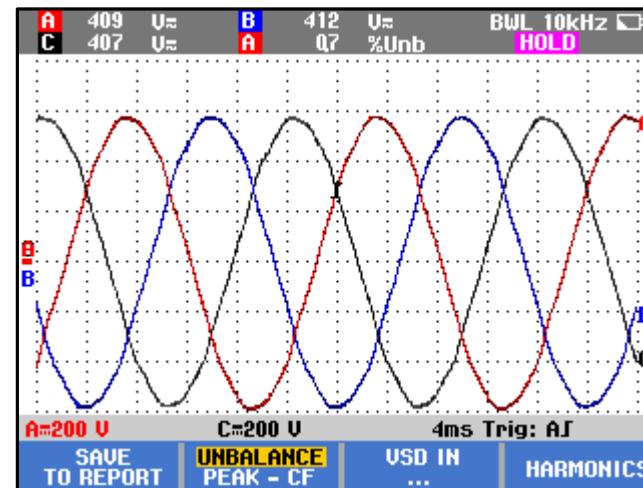


# 电压不平衡

## 连接点



## 输出三相波形

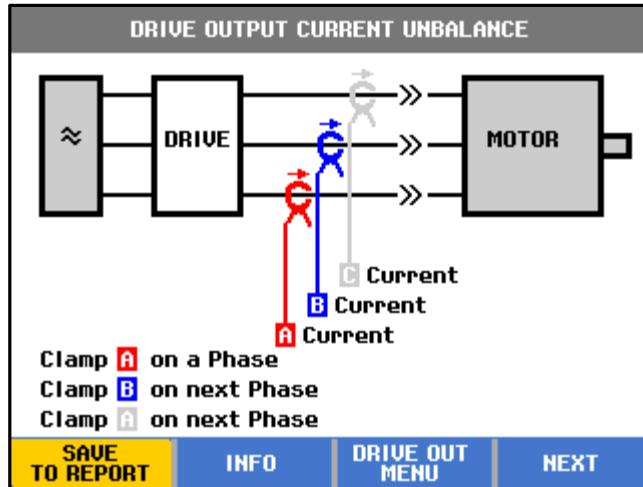


- 最好在满载时执行该项测量。
- 电压不平衡应不超过 2%。
- 电压不平衡会引起电流不平衡，最终造成电机绕组过热。
- 可能的原因有：
  - 某相驱动电路发生故障
  - 某路输出电流非常大，造成驱动输出过载。这说明电机绕组可能短路或相线可能短路至地。
- 如果某相发生故障，被称为“单相运行”，会造成电机工作温度太高、停机后不能启动以及失去效率。某相短路可能是驱动输出故障或驱动和电机之间的连接故障造成的。

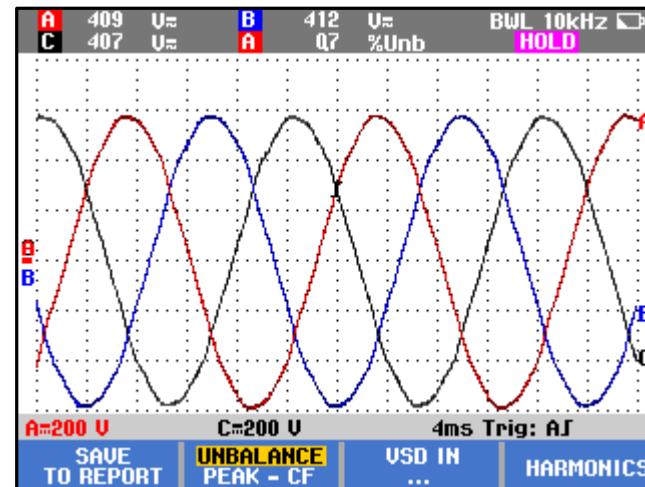


# 电流不平衡

## 连接点



## 输出三相波形



- 一般而言，三相电机的电流不平衡不应超过 10%。
- 在电压不平衡较低时，较大的电流不平衡说明电机绕组可能短路，或者相线可能短路至地。
- 较大的电流不平衡会造成驱动跳闸、电机温度较高以及绕组烧坏。
- 如果某相发生故障，称为“单相运行”，会造成电机工作温度太高、停机后不能启动以及失去效率。某相短路可能是驱动输出故障或驱动和电机之间的连接故障造成的。

# 电机输入



FLUKE®



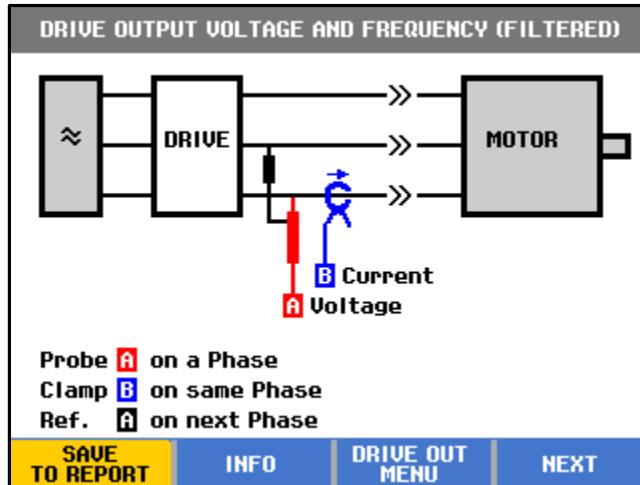
## 自动测量选项

测量和分析组合					
测试点	子组	读数1	读数2	读数3	读数4
<b>电机输入</b>					
电压和电流 (滤波后)	V-A-Hz	V PWM	A AC+DC	Hz	V/Hz
	V Peak	V Peak max	V Peak min	V pk-to-pk	波峰因子
	A Peak	A Peak max	A Peak min	A pk-to-pk	波峰因子
电压不平衡	不平衡	V PWM	V PWM	V PWM	不平衡
	峰值	V pk-to-pk	V pk-to-pk	V pk-to-pk	
电流不平衡	不平衡	A AC+DC	A AC+DC	A AC+DC	不平衡
	峰值	A pk-to-pk	A pk-to-pk	A pk-to-pk	
电压调制 相-相	Zoom 1	V PWM	V pk-to-pk	Hz	V/Hz
	Zoom 2	V Peak max	V Peak min	ΔV	
	Zoom 3 PEAK	V Peak max	ΔV/s	上升时间峰值	过冲
	Zoom 3 LEVEL	ΔV	ΔV/s	上升时间电平	过冲
电压调制 相-地	Zoom 1	V PWM	V pk-to-pk	V Peak max	V Peak min
	Zoom 2	V Peak max	V Peak min	ΔV	Hz
	Zoom 3 PEAK	V Peak max	ΔV/s	上升时间峰值	过冲
	Zoom 3 LEVEL	ΔV	ΔV/s	上升时间电平	过冲

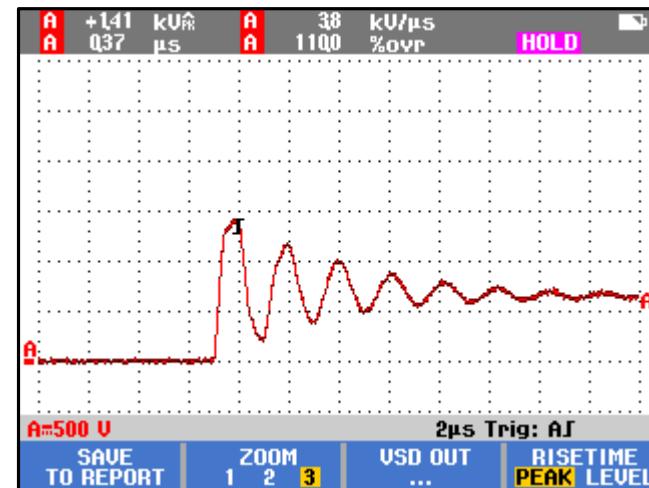
# 电机输入标称电压和电流



## 连接点



## 电机输入测量



- 与电机驱动输出测量相同
- “保存到报告”功能独立储存测量数据
- 测量电机输出显示电缆的影响
- Fluke MDA-550 的试用客户在电机输入处发现了问题
  - 过冲 >100%
  - 原因是所使用的80 m 电缆与相关应用不匹配
  - 导致绕组绝缘击穿



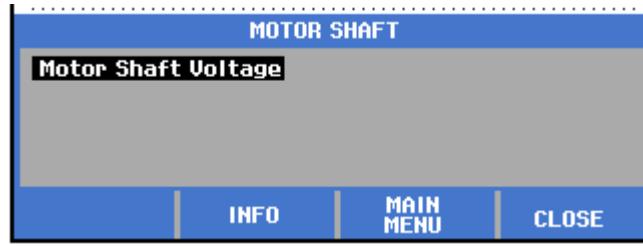
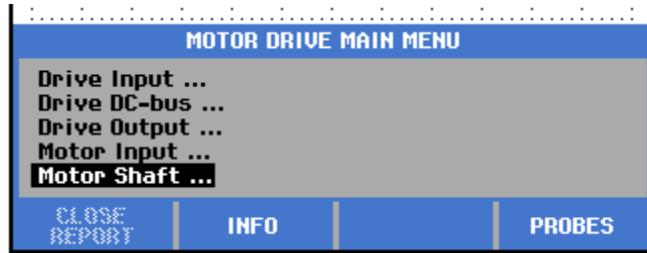
## 电机轴

仅限  
MDA-  
550

FLUKE®

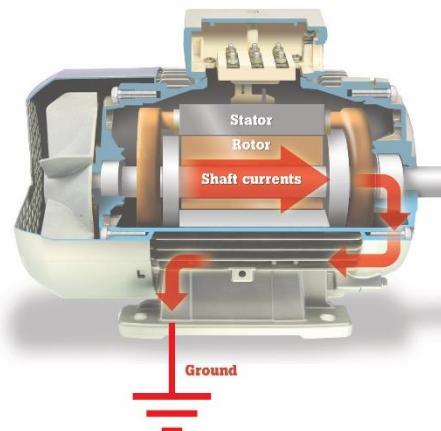


## 自动测量选项



测量和分析组合					
测试点	子组	读数1	读数2	读数3	读数4
<b>仅限 MDA 550</b>					
电机轴	事件关闭	V pk-to-pk			
轴电压	事件打开	$\Delta V$	上升/下降时间	$\Delta V/s$	事件/s

- 定子绕组和转子条之间的空隙就像电容，PWM载波频率较高时允许电流流通。
- 较小的电子电荷积聚在转子中，直到最终越过轴承表面，对地进行放电，引起闪络。
- 轴承润滑脂逐渐失效，表面呈现所谓的“电点蚀”现象。



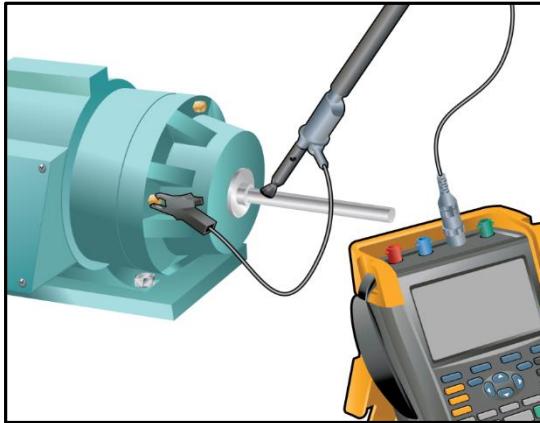
# 电机轴

仅限  
MDA-  
550

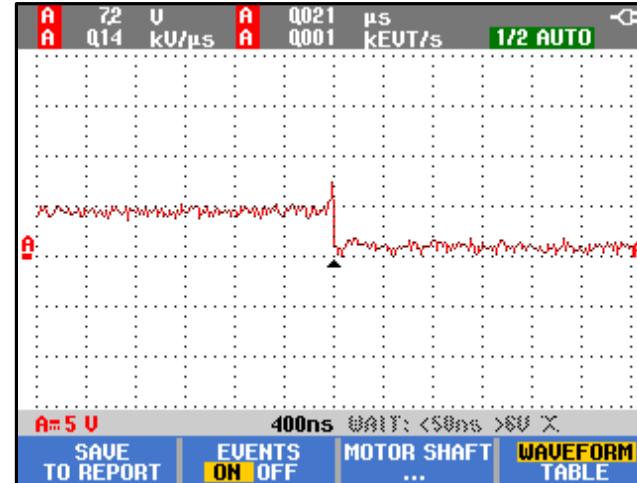


FLUKE®

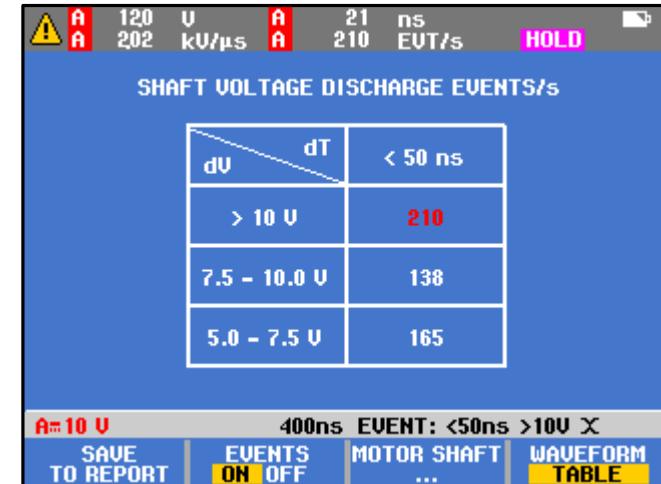
## 连接点



## 电机轴测量



- 使用碳刷探头测量电机外壳和驱动轴之间的电压。
- 检测可能损坏电机轴承的轴承闪络电流。
- 驱动产生的开关电压快沿可能引起轴电压。
- MDA-550 检测到放电问题
  - 超过 100 事件/秒
  - 高于 15V，快于 50 ns



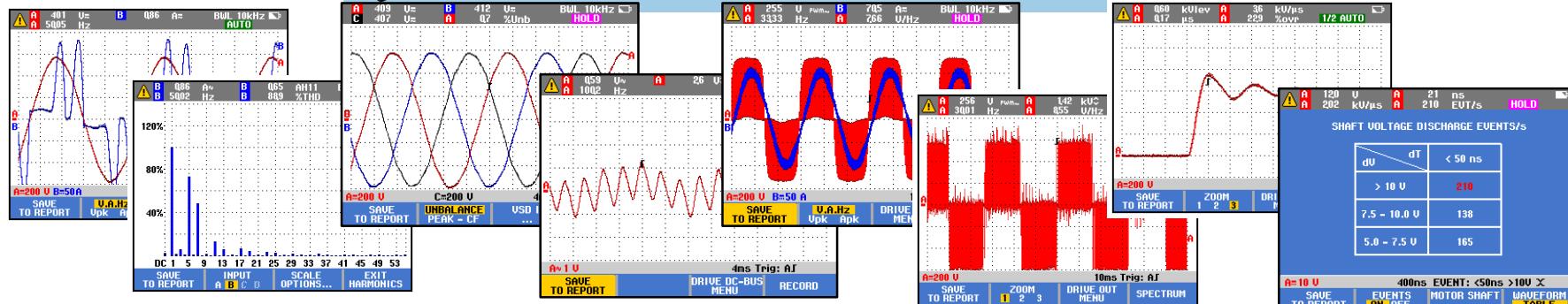
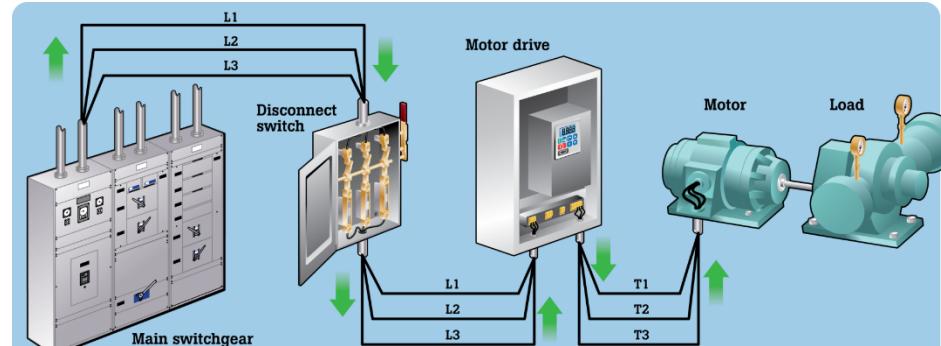
## 报告



按 F1 启动或关闭报表



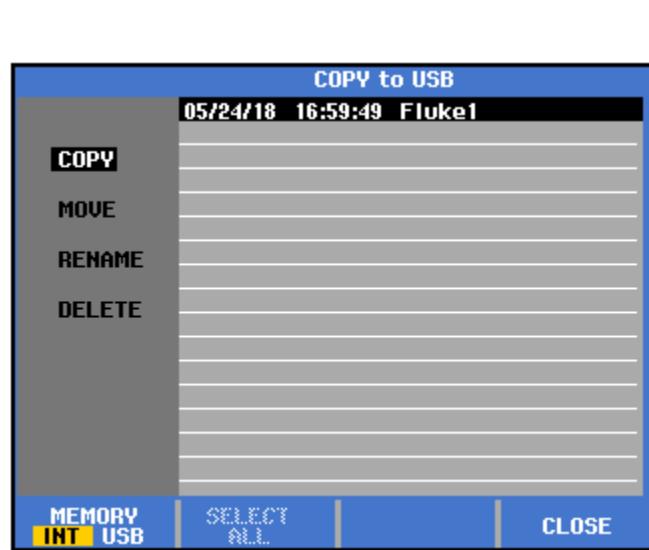
创建一个文件，包含全部截屏



在每个测试点按 F1 键，在单个文件中收集所有报告数据

# 将报告复制到 USB 存储器

FLUKE®



(D:) > FLUKE > STORE > FLUKE1

Name	Date modified	Type	Size
DCVDC01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
DCVRPL01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
FLUKE_FV	24-May-18 5:15 PM	File	1 KB
INCUND01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
INVCFG01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
INVCFP01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	4 KB
INVCFP02.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
INVUNB01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
MIVCF01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
MIVMDN01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
MIVMDP01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	4 KB
MIVMPG01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
MIVMPP01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
OUAUNB01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
OUVCF01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
OUVMDN01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
OUVMDP01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
OUVMPG01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
OUVMPP01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB
OUVUNB01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	4 KB
SHFTV01.PNG	24-May-18 5:15 PM	PNG image	3 KB

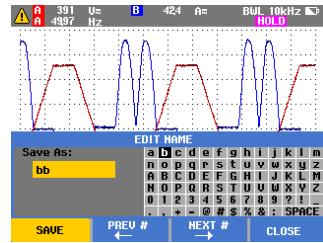
- 为电机驱动存档全部测量数据，并在 PC 上创建报告
- 复制到 USB 存储器将形成一系列 PNG 文件
  - 目录名称为报告名称
  - 自动创建文件名
  - PNG 文件可直接打开，或者包含在 Word 等文件中
  - USB 存储器最大容量为 2GB，随 MDA-550 提供
- FlukeView 2 可打开 USB 存储器上的报告
  - 一次打开全部 PNG 文件
  - 可一次全部打印

# 将报告传输至 PC

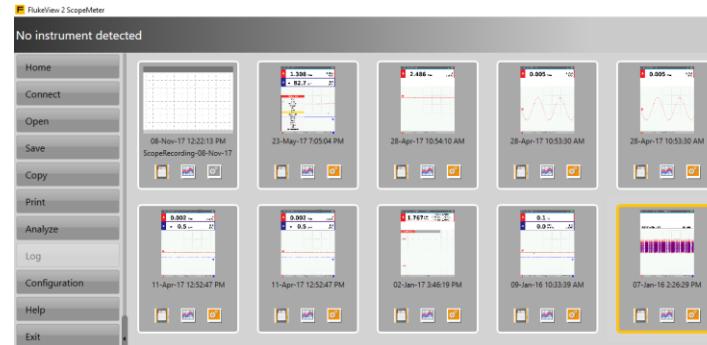
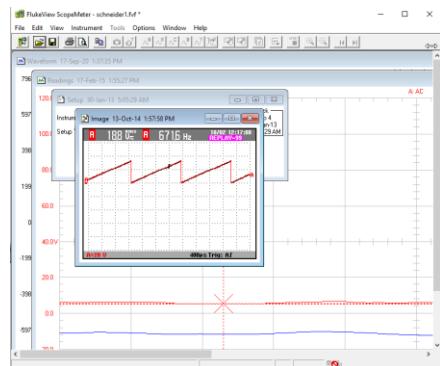


FLUKE

- 为电机驱动存档全部测量数据，并在 PC 上创建报告



- FlukeView 2:
  - 支持 190 II 系列 (120B 除外)
  - 从 MDA 直接导入报告，或者从 USB 存储器打开



FV1

FV2

# MDA-550 有效防止美国大型汽车厂的重复性故障和停机

FLUKE



该汽车厂的年产量为 64 万辆

- 每周工作 5 天，2 班倒，每小时 150+
- 可靠性团队与工厂工程师合作，致力于减少停机、提高效率
- 分秒必争
- 几乎没有使用示波表的经验



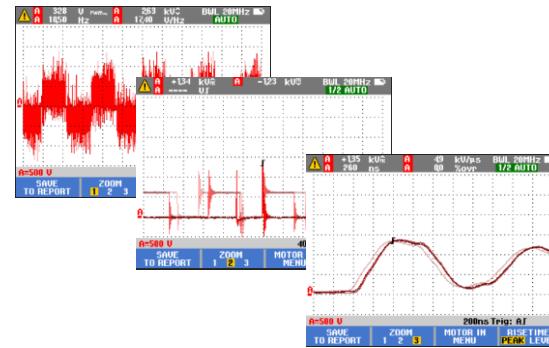
## 问题报告

- 第三方维修机构发现涂装车间 3 个制备泵电机中的一个电机的轴承上有凹槽
- 涂装车间工程师怀疑其他 2 个制备泵电机也会发生故障

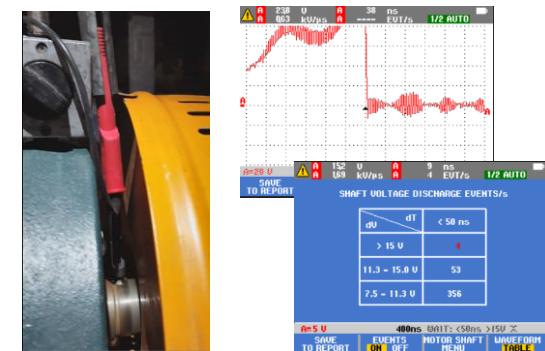
### VFD 输出



### 电机输入



### 轴电压放电



- 将输出与电机输入进行比较，发现了造成轴承闪络的高频反射 —— 全部 3 个电机上都有
- 将电缆更换为较短的逆变器级电缆或安装滤波器可防止重复性故障



# MDA帮助繁忙的电梯技术服务人员节省宝贵时间

**对象：**主要电梯制造商的服务工程师和技术人员

**工具：**Fluke MDA-550 电机驱动分析仪

**挑战：**使用通用示波器，快速进行设置，并诊断和排除变速驱动故障。

**解决方案：**Fluke MDA-550 电机驱动分析仪提供清晰的正确接线示意图、预定义测试程序和引导式步骤说明，可节省时间并有助于简化电梯电机驱动的故障诊断和排除。

本次案例分析的对象是世界最著名的电梯公司之一，其在德国西部拥有 5,000 多台设备。所有

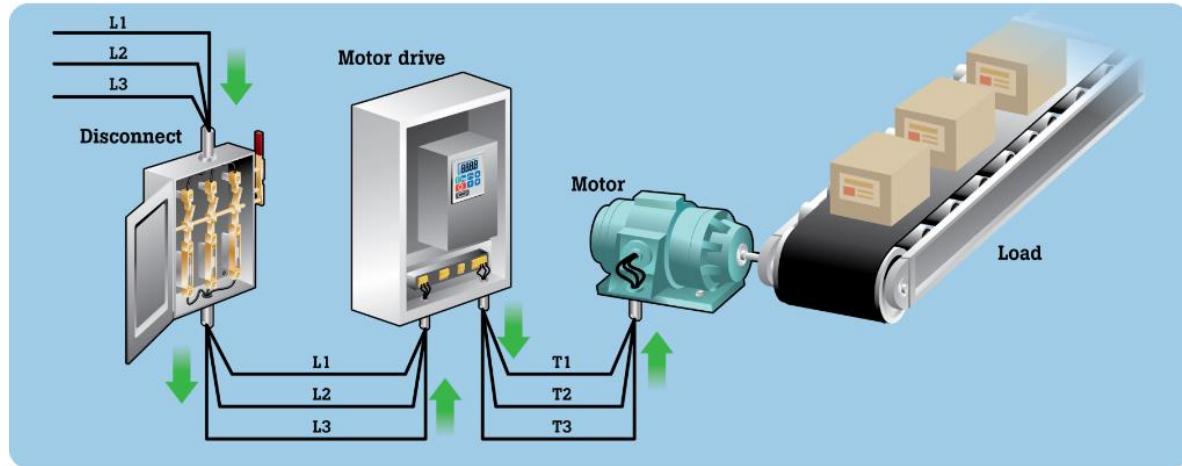
成的小组负责整个地区。他们主要负责对日益复杂的控制系统、称重装置和用于保持电梯平稳运行的变速驱动器进行故障诊断和排除。

## 电梯维护中的挑战

电梯中的电机驱动器也称为变频驱动器 (VFD)、变频器或调速驱动器 (ASD)。它们将来自主交流电源的恒定电压转换为可控制电机扭矩和速度的电压，非常适合用于电梯电机，这种电机负责驱动传动带系统以使电梯上下移动。

该电梯公司的一位资深电子技术人员表示，他通常使用 Fluke ScopeMeter® 测试工具 (125B 和 190) 对驱动器进行故障诊断和排除。然而，最近他改用了新的





## Fluke MDA 510 和 Fluke MDA 550 电机驱动分析仪和 ScopeMeter ® 测试工具

简化复杂电机驱动系统的端对端测试和分析

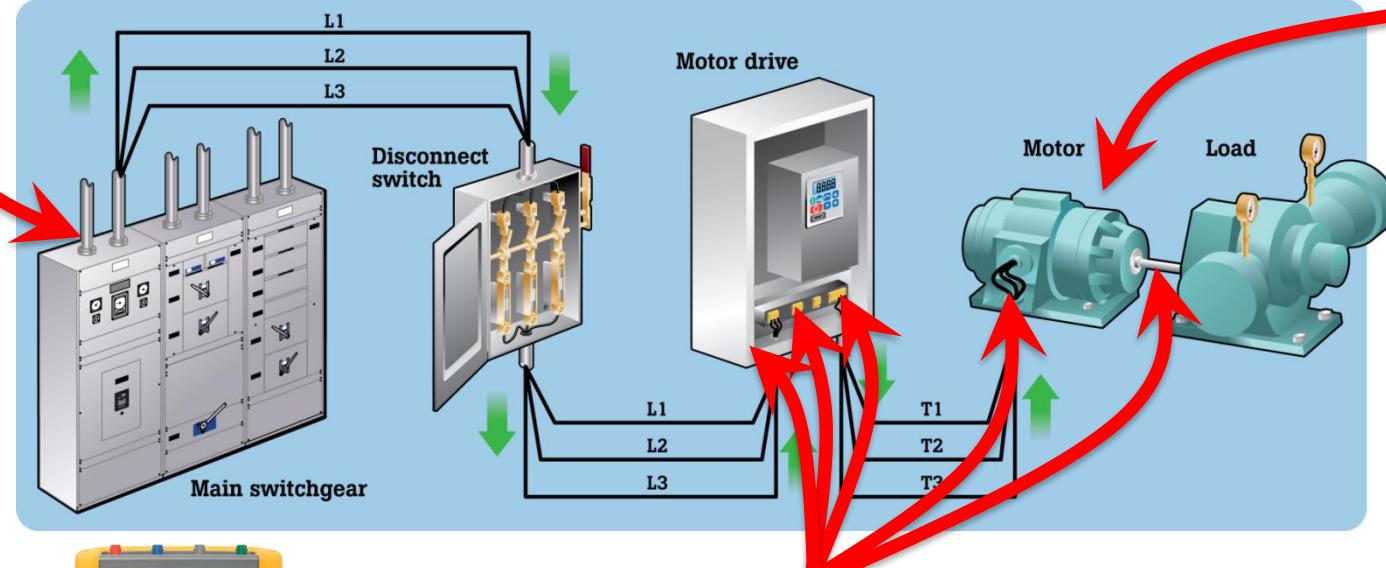


## Fluke-435-II 电能质量分析仪

电气工程师使用，用于测试电能质量问题或检测能耗浪费

## Fluke-438-II 电能质量和电机分析仪

工厂或设施电气工程师使用，用于测试电能质量、电能，以及检查电机的机械性能和效率



## Fluke MDA-550 电机驱动分析仪

现场服务工程师和工厂设备维护工程师使用，用于诊断和维护电机驱动系统。全面、引导式驱动维护，端对端覆盖系统。