

LMG600系列 新的S模块 v1.0



功率精确——这是我们的准则！

我们的旗舰模块——优化对直流的测量

直流电流使用的增长

虽然乔治·威斯汀豪斯在一个多世纪前的“电流大战”中击败了爱迪生，但直流电近年来却生机勃勃地卷土重来。化石燃料储量的减少和人们对排放对全球气候的影响的认识提高，都导致了可再生能源的激增。能源的清洁生产只是其中的一半；越来越多地采用电力用于运动，确保了消费方面的排放保持低水平。事实证明，光伏与电动汽车的结合是非常有吸引力和可扩展性的。不可否认，在电力存储方面仍有优化的潜力，但混合动力和电动汽车不断增长的市场份额使得对高效电池技术的研究更具吸引力，从而推动了创新。随着电

S模块特征：

- 优越的 AC & DC 精度 & 稳定性
- 专用的 AC/DC 量程
- 自动调零
- 最高到1000 VAC, 测量等级CAT III
- 最高到1500 VDC, 测量等级CAT II

能的生产 and 利用都是直流的，人们很自然地开始考虑直流电网的配电。总而言之，我们看到一系列令人印象深刻的直流电应用正在迅速发展：

- 高压直流输电线路：提高长距离输电效率
- 光伏阵列：直流组串从户用到大型电站级，达到1500 VDC的系统工作电压，以最大限度地降低系统平衡（BoS）成本
- 直流充电桩设施：在直流高功率水平上运行的电动汽车的快速充电站
- 电动汽车：由电力传动系统驱动的乘用车、公共汽车、重型货车和农用车
- 直流储能系统：在直流微电网上使用太阳能的直流储能系统

从仪器的角度来看，从交流到直流的转变也需要在测试和测量方面进行调整。毕竟，追求更环保的能源形式并不意味着我们在损失和效率方面会变得粗心大意。即使我们无视成本，也有其他很好的理由避免浪费能源。由于充电点并不是无处不在，充电时间远远超过经典的燃料补充，电池每增加一英里，都有助于使从燃料到电动汽车的过渡更具吸引力。对于以前的应用来说，仍然有效的是：效率越低，散热越多，产品或组件的可靠性和使用寿命就越差。



为什么使用功率分析仪进行直流测量？

对功率测量需求的增加并不会自动转化为对功率分析仪需求的增加。由于直流功率很容易计算——无需考虑相角，功率因数等——为什么首选使用功率分析仪，而不是选择更便宜的万用表？有几个很好的理由：

- **可用性：** 分别测量和相乘电压和电流可能很麻烦且容易出错。功率分析仪具有出色的易用性。
- **衍生值：** 通常，测量的直流功率需要对应的交流功率（直流转交流，反之亦然）进行设置，以确定效率。在这一点上，无论如何都需要真正的功率分析仪，那么为什么不一举两得呢？
- **带宽：** 要测量的直流信号很少没有交流成分。通常，DC-DC转换器或整流器的开关频率会产生叠加的残余纹波。根据电压和电流之间的相位关系，这种纹波可能会影响整体功率。虽然其的规模可能很小，但当考虑效率>95%时，它可能会变得很大。



图 1: 配备 6 个 S 通道的 LMG671 的后面板

交流和直流测量有何不同

在确定了这种新模式下对使用功率分析仪的持续需求后，我们需要仔细研究具体细节。当今的数字测量仪器都是基于电压和电流采样值的计算。最大信号幅值需要正确映射到模/数转换器的输入范围，否则信号将被削波，从而导致测量无效。

在交流的世界中，人们通常考虑RMS值，因此为了避免削波，需要考虑峰值与RMS值的比值。该比值称为波峰因数，对于通常的正弦波电网电压，可以给出为 $\sqrt{2} \approx 1.414$ 。因此，230V的典型真有效值电网电压映射到325V峰值。然而，一旦信号失真，实际峰值可能会高得多。为了避免用户的不适应，确定使用RMS值作为标称值来标记测量量程档。因此，在测量230V电网电压时，用户只需选择250V量程档位，而无需在相应的400V峰值上浪费任何想法。虽然电压波峰因数通常接近 $\sqrt{2}$ ，但高达4的电流波峰因数并不罕见。测量量程的标称值和峰值之间的差异需要考虑到这些情况。

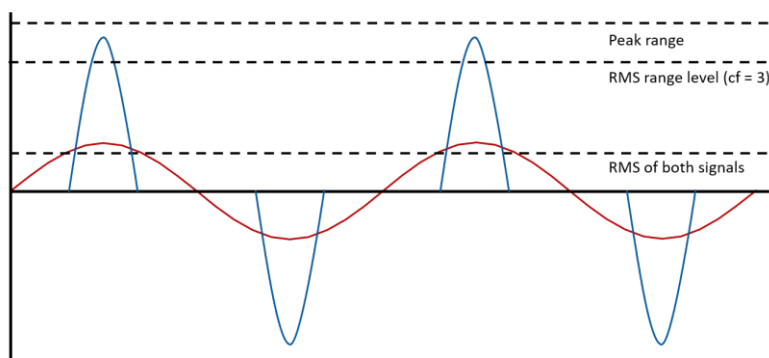


图2: 具有相同RMS值和不同波峰因数的两个信号的比较

在DC领域，情况非常不同。RMS值和峰值通常非常接近，波峰因子接近1。即使对于高达350 V的直流电压，选择400 V峰值测量范围也不会感到不自然。50 V裕量足以覆盖任何预期的纹波电压。选择250 V量程档（如上所述，采用AC量程命名方法）来测量350 V将感觉非常奇怪。直观地说，选择下一个量程——峰值为800 V的400 V量程——将导致非常不理想的利用率，并且不必要地增加测量不确定性。

这个例子表明，在为测量量程选择有意义的名称（数值）时，没有简单的方法来协调交流和直流测量的需求。导致直流信号最佳利用的量程将有削波交流信号峰值的风险，反之，具有交流所需安全裕度的测量量程将导致直流电精度欠佳。

唯一的出路：为交流和直流信号提供不同的范围类型。

Range
0.10 V
6.0 V
12.5 V
25.0 V
60.0 V
130.0 V
250.0 V
400.0 V
600.0 V
1.0 kV

图3: 交流量程选择

Range
0.10 V
10.0 V
20.0 V
45.0 V
90.0 V
180.0 V
360.0 V
720.0 V
1.0 kV
1.5 kV

图4: 直流量程选择

我们的新型 S 通道为交流和直流提供量身定制的测量量程。设置为交流模式时，标称值和峰值之间的差异将考虑实际波峰因素。当设置为直流模式时，标称值将更接近最大值，这表明可以更直观地选择量程，从而提供最佳精度。在上面的示例中，400 V 上限对应于设置为 AC 时的 250 V 量程档位，设置为 DC 时对应于 360 V 的量程档位。

将端子之间的测量范围增加到1500 Vdc

通常需要增加电力系统中的电压电平以减小电流，最小化导体横截面并降低欧姆损耗。一个众所周知的例子是光伏逆变器电压限制从1000 VDC扩展到1500 VDC。因此，尽管BoS成本降低，太阳能光伏电站仍可提高效率。电动汽车领域也出现了类似的发展。对更快充电的需求导致更高的功率水平，并且电流本身受到可用空间和散热可能性的限制。因此，预计在不久的将来，电压水平将上升到1000VDC以上，特别是对于重型车辆。

随着 1500 VDC 成为关键应用的主流，S 通道的输入范围已扩展，以适应这些要求。下表 1 描述了插孔 U* / U 的测量范围。

额定交流量程 / V	3	6	12.5	25	60	130	250	400	600	1000
额定直流量程 / V	5	10	20	45	90	180	360	720	1000	1500
最大有效值 / V	5.5	11	22	47	95	190	370	730	1010*	1510*
最大峰值 / V	6	12	25	50	100	200	400	800	1600	3200
输入阻抗	2.69 MΩ ± 1% 大约 4 pF									
过载能力	U _{AC} = 1000V + 10% 连续 U _{AC} = 1500V for 1s U _{DC} = 1500V + 10% 连续 U = 2500V for 20ms, 瞬态									
对地电容	大约 90 pF									

* 请参阅手册中的过载能力规格、最大可测量 RMS 值、最大隔离电压和相应的警告

表 1: 电压输入插孔 U*/U 的测量范围

精度规格

S模块 精度	± (测量值的 % + 量程峰值的%)
	DC ^e
U* 电压	0.02+0.04
U _{SENSOR} 电压	0.02+0.04 ^d
I* 电流 5mA...5A 交流量程档位 10mA...8A 直流量程档位	0.02+0.04
Current I* 10A...32A 交流量程档位 15A...32A 直流量程档位	0.02+0.1 ^f
I _{SENSOR} 电流	0.02+0.04 ^d
有功功率	$\Delta P_{DC} = \pm(\Delta U_{DC} \cdot I_{DC} + \Delta I_{DC} \cdot U_{DC})$ 使用的公式符号，请见用户手册中的精度规格

表 2: L60-CH-S2: 直流精度

f: 10A...32A 范围交流电或 15A...32A 范围 DC: ±80 μA/A² · I_{rms}²

d: 使用激活的信号滤波器 15 kHz 或 150 kHz 时，精度规格有效:

e: 激活自动调零时精度规格有效，电流测量通道中最后一次更改测量范围后最长 24 小时，测量范围变化后的温度变化最大 ±1 °C，在电压测量通道中持续调零后最多 30 天 (参见手册中的零点调整)

S模块 精度	± (测量值的 % + 量程峰值的 %)								
	0.05 Hz ... 45 Hz 65 Hz ... 3 kHz	45 Hz ... 65 Hz	3 kHz ... 10 kHz	10 kHz ... 50 kHz	50 kHz ... 100 kHz	100 kHz ... 500 kHz	500 kHz ... 1 MHz	1 MHz ... 2 MHz	2 MHz ... 10 MHz
电压直接输入 U*	0.015+0.03	0.01+0.02	0.03+0.06	0.2+0.4		0.5+1.0	0.5+1.0	f/1 MHz*1.5 + f/1 MHz*1.5	
电压传感器输入 U _{SENSOR}	0.015+0.03	0.01+0.02	0.03+0.06	0.2+0.4		0.4+0.8	0.4+0.8	f/1 MHz*0.7 + f/1 MHz*1.5	
电流直接输入 I* 5 mA...5 A range AC, 10 mA...8 A range DC	0.015+0.03	0.01+0.02	0.03+0.06	0.2+0.4		0.5+1.0	0.5+1.0	f/1 MHz*1.0 + f/1 MHz*2.0	-
电流直接输入 I* 10 A...32 A range AC, 15 A...32 A range DC	0.015+0.03 ^f	0.01+0.02 ^f	0.1+0.2 ^f	0.3+0.6 ^f	f/100 kHz*0.8 + f/100 kHz*1.2 ^f		-		
电流传感器输入 I _{SENSOR}	0.015+0.03	0.01+0.02	0.03+0.06	0.2+0.4		0.4+0.8	0.4+0.8	f/1 MHz*0.7 + f/1 MHz*1.5	
功率 U*/I* 5 mA...5 A range AC, 10 mA...8 A range DC	0.024+0.03	0.015+0.01	0.048+0.06	0.32+0.4		0.8+1.0	0.8+1.0	f/1 MHz*2.0 + f/1 MHz*1.8	-
功率 U*/I* 10 A...32 A range AC, 15 A...32 A range DC	0.024+0.03 ^g	0.015+0.01 ^g	0.104+0.13 ^g	0.4+0.5 ^g	f/100 kHz*0.8 + f/100 kHz*0.8 ^g	f/100 kHz*1.0 + f/100 kHz*1.1 ^g	-		
功率 U*/I _{SENSOR}	0.024+0.03	0.015+0.01	0.048+0.06	0.32+0.4		0.72+0.9	0.72+0.9	f/1 MHz*1.8 + f/1 MHz*1.5	
功率 U _{SENSOR} /I* 5 mA...5 A range AC, 10 mA...8 A range DC	0.024+0.03	0.015+0.01	0.048+0.06	0.32+0.4		0.72+0.9	0.72+0.9	f/1 MHz*1.4 + f/1 MHz*1.8	-
功率 U _{SENSOR} /I* 10 A...32 A range AC, 15 A...32 A range DC	0.024+0.03 ^g	0.015+0.01 ^g	0.104+0.13 ^g	0.4+0.5 ^g	f/100 kHz*0.8 + f/100 kHz*0.8 ^g	f/100 kHz*1.0 + f/100 kHz*1.1 ^g	-		
功率 U _{SENSOR} /I _{SENSOR}	0.024+0.03	0.015+0.01	0.048+0.06	0.32+0.4		0.64+0.8	0.64+0.8	f/1 MHz*1.1 + f/1 MHz*1.5	

表 3: L60-CH-S2: 交流精度 0.05 Hz ... 10MHz

f: 10 A ...32 A 范围交流电或 15 A ...32 A 范围 DC: ±80 μA/A² ·It_{rms}²

g: 10 A ...32 A 范围交流电或 15 A ...32 A 范围 DC: ±80 μA/A² ·It_{rms}²·U_{rms}



德国GMC-Instruments集团

高美测仪(天津)科技有限公司 / GMC-Instruments(Tianjin)Co.,Ltd.

天津: 西青海泰华科一路11号C座201

Tel: 022-83726250

Fax: 022-83726253

上海: 松江漕河泾研展路455号B座703

Tel: 021-63801098

Fax: 021-63801098

官网: www.gmci-china.cn

邮箱: info@gmci-china.cn

公众号: 德国GMCI高美测仪

北京: 15022645325

南京: 13818528464

沈阳: 13811173544

西安: 15122157247

苏州: 15022001227

武汉: 15222504576

成都: 15802232389

深圳: 15022707409

济南: 15022707409

杭州: 13818258447

上海: 13701804606

天津: 15022645325