

使用 SiC 功率器件的铁路逆变器的效率评估

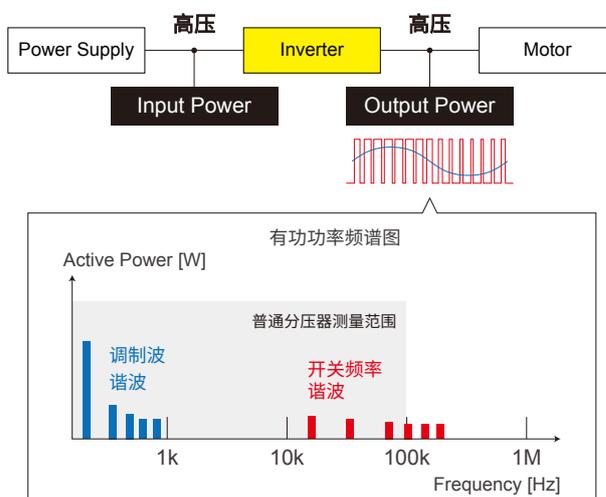
使用功率分析仪 PW8001 和 AC/DC 高压分压器 VT1005，可以测量使用 SiC 功率半导体的逆变器的效率。

测试对象

支持高压输入/输出的高效率逆变器

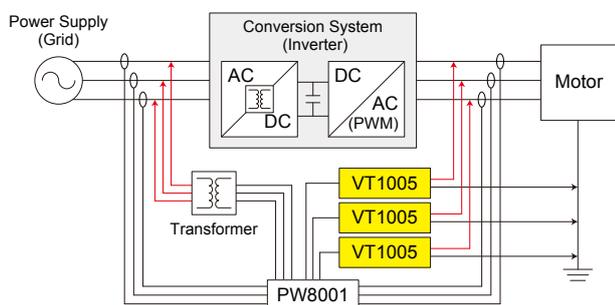
问题

用于铁路等运输设备的逆变器会对高压功率进行转换。测量这种效率需要测量高压。此外，SiC（碳化硅）作为替代传统 Si（硅）的下一代材料备受关注。通过在逆变器中使用 SiC 功率半导体，可以同时实现“高速开关控制”和“高效率转换”。开发商和生产商需要精确到 0.1% 的效率测量，以确认此类逆变器的效率提升效果。在这种情况下，必须测量输出侧功率中包含的高频成分。

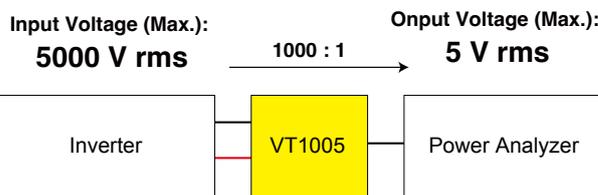


解决方案：高压的测量

使用 VT1005，则能够使用功率分析仪测量高达 5000 V 的电压。



(测量示例) 铁路用逆变器的效率测量



安全等级

- 5000 V rms (± 7100 Vpeak) 无安全等级标定
- 2000 V rms CAT II
- 1500 V rms CAT III

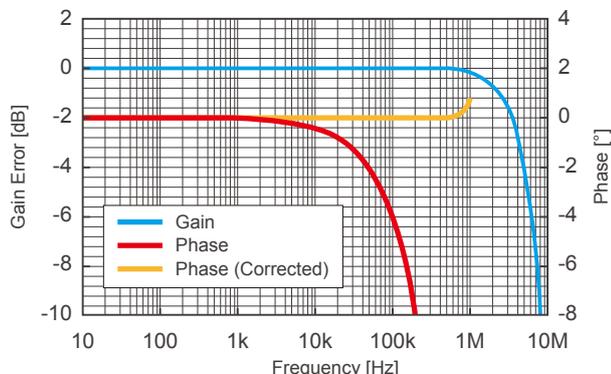
使用仪器

功率分析仪	PW8001	HIOKI 产品
AC/DC 电压分压器	VT1005	HIOKI 产品
AC/DC 电流传感器	CT6877A	HIOKI 产品

Application Note

解决方案：高频的测量

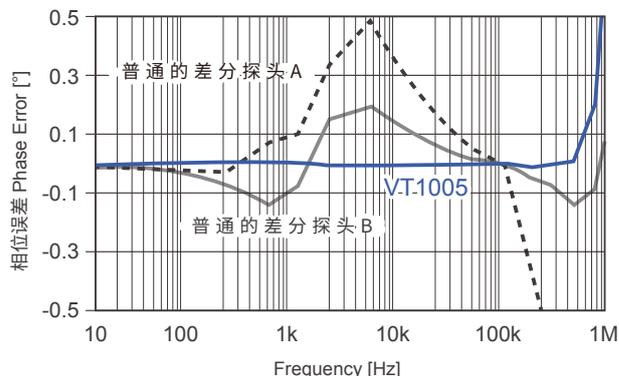
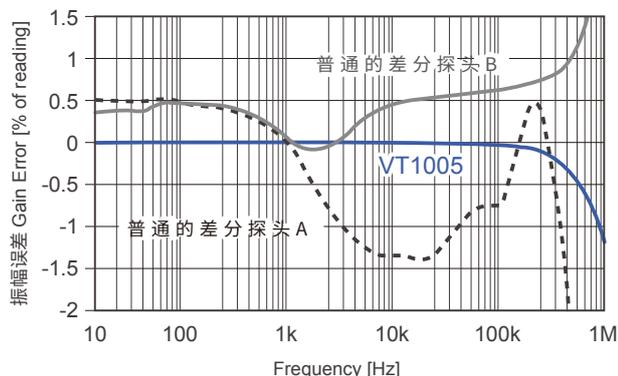
使用 VT1005，可测量从 DC 到 4 MHz 的频带。此外，其在测量频带中振幅特性和相位特性的出色精度可实现高精度的功率测量。



VT1005 频率特性 (典型值)

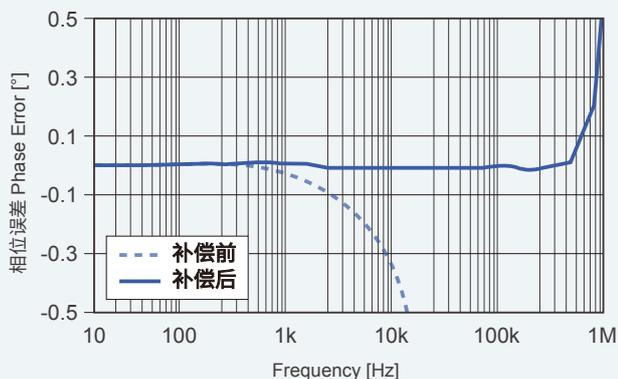
“振幅特性和相位特性的精度”对于测量效率和损耗很重要

即使测量频带较宽，如果频带内的振幅误差或相位误差较大，也无法准确测量高效率逆变器的效率和电抗器损耗。VT1005 的振幅误差为 $\pm 0.1\%$ 以内 (DC 至 200 kHz)，相位误差为 $\pm 0.1^\circ$ 以内 (*1) (DC 至 500 kHz)。测量频带中振幅特性和相位特性的出色精度可以准确测量逆变器效率。此外，还可以测量电压和电流之间 88° 相位差的电抗器损耗，误差为 $\pm 5\%$ 。(*1: 通过功率分析仪相位补偿后)

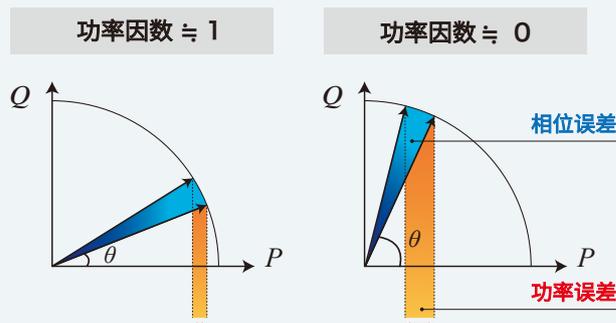


功率分析仪的相位补偿

VT1005 定义相位补偿值。通过将补偿值输入 HIOKI 日置的功率分析仪，可以补偿相位误差。相位误差补偿可在高频段实现准确的电压测量。



在低功率因数下，相位误差对功率误差有很大影响

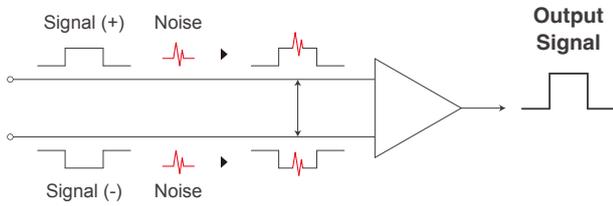


Application Note

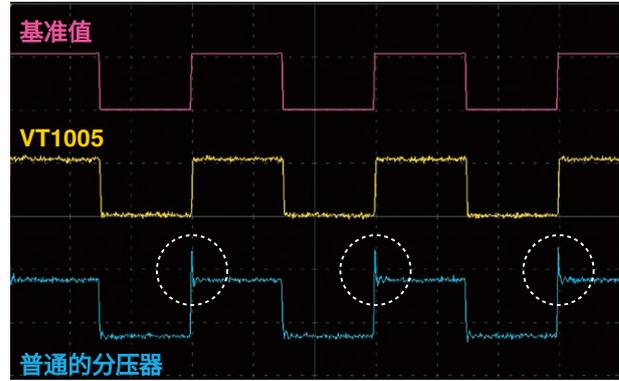
抗干扰性

VT1005 不受共模和低频噪声的影响，即使在有干扰的环境中也能准确测量电压。由于逆变器转换器会成为干扰源，因此抗干扰性在效率评估中尤为重要。

差分输入方式：输出(+)信号和(-)信号的电位差，消除共模噪声



使用 SiC 功率半导体的逆变器
在 50 kHz 开关时的输出电压波形



观测到不存在的电压，测量误差变大

测量逆变器的次级侧 比较抗干扰性能

SiC功率半导体具有快速的电压上升/下降响应，其输出波形包含许多高频成分。其他公司的分压器容易受到频带外的高频干扰影响。使用这样的分压器可能会错误地观察到实际上并未发生的大振铃，使测量误差变大。