基于氮化镓的5千瓦C波段雷达发射机

5 kW GaN Transmitter for C-Band Radar

RFHIC公司，韩国Anyang，www.rfhic.com/eng/

RFHIC公司最新推出的5 kW GaN（氮化镓）固态发射机树立了雷达系统的新标准，该发射机在降低运营成本的同时实现了精确控制。该型号(RRT56575K0-67)的工作频率为5.6至5.7 GHz，由四个GaN功率放大器（PA）组合而成，可前所未有地提供5 kW（67 dBm）的输出功率，且谐波性能优于40 dBc。

虽然大多数雷达系统使用磁控管或其他基于电子管的放大器作为发射器的核心部件，但这种系统只能用于低占空比的应用，仅能在0.2%至0.3%的时间上进行发射。而与之相反，固态功率放大器（SSPA）虽然发射的功率较低，但占空比最高可达10%。这使得雷达的流程增益提高大约10倍且检测范围提高2倍，同时功耗更低、发热更少。RRT56575K0-67还可以提升对RF发射脉冲的控制和精度，从而减少杂散发射。

RRT56575K0-67的标称输入功率范围介于-6 dBm和0 dBm之间，且输入驱动为0 dBm时增益至少可达67 dB。当输入功率降低时，RRT56575K0-67可提升增益以保持输出功率接近67 dBm（5 kW）。在输入功率降至-19 dBm以下之前，输出功率都只有很小的下降（见图1）。图2给出了功耗效率、功率增益与输入功率的关系。当输入功率大约为-15至0 dBm之间时，功耗效率为31%。仅考虑电源效率的话，则达到了96%。

成本与可靠性优势

按实际用途的不同，RRT56575K0-67的使用寿命达到了极高的50,000到100,000小时之间。与电子管相比大为延长的使用寿命可显著节省成本。与磁控管或其他基于电子管的系统只使用一个电源的情况不同，RRT56575K0-67配备四个稳定且耐用的GaN功放。即使其中一个功放发生故障，也只是发射机性能退化而不是直接失效。固态功放的另一个成本优势是能够在不需要任何预热的情况下立即从非工作状态转为全功率状态。

RRT56575K0-67还配备嵌入式控制器，用于监控发射机的运行状态。当检测到诸如高温或输出失配的异常情况时，将触发由FPGA逻辑控制的警报并通知用户。如果发生严重状况，则系统将自动关闭。在背板还配有一个DSUB接口，可以与现场控制站或RFHIC的专用图形用户界面进行通信。物理层和协议都可以根据系统要求进行调配。

模块化设计

RRT56575K0-67安装在标准的19英寸机架中，并配有两个主机架，其中一个装发射机，另一个装电源模块（PSU）。发射机高17.78厘米（4U），重40千克，而电源模块高8.89厘米（2U），重20千克。可根据用户需求定制发射机的机架以集成进整个系统。放大器上的标准圆形接头可转接到交流电输入。

相比其它需要昂贵且复杂的水冷装置（例如冷水机组）的电子管发射机，RRT56575K0-67的设计采用强制风冷散热，并且在高温下也能工作。四个GaN功放都安装在由铝基材料制成的散热器上，并且由安装在前面板的四个风扇将系统内的热空气排出。风扇发生故障时，也可以在不中断系统工作的情况下轻松更换。

GaN功放的偏置电压为50 V，且RRT56575K0-67的电源包含了三个整流器模块。设计中采用了负载分配、热插拔和n + 1冗余技术，这意味着即使其中一个整流器模块发生故障，固态功放也不会停止发送RF功率。在不停止发射系统工作的情况下，也可以更换发生故障的模块。这和该型号在微波放大器部分采用了抗软故障冗余设计的思路一样。电源模块采用了110至220 V的单相交流电来产生GaN晶体管所需的偏压，通常为50 V（尽管这些器件也可以在高达53 V的偏压下工作）。

与在较安全的电压下工作的RRT56575K0-67相比，磁控管和其它基于电子管的系统在发射机机架内需要使用高压电源，使得操作环境更加危险。

实实在在的投资回报率

由于升级使用RRT56575K0-67将在SSPA的整个生命周期内节省时间和金钱，因而采用RFHIC的GaN发射机是一项安全且经济高效的投资，非常适合满足高功率C波段雷达的需求。RFHIC还提供从封装过的晶体管到定制的机架式子系统、输出功率高达50 kW的定制GaN功放。■

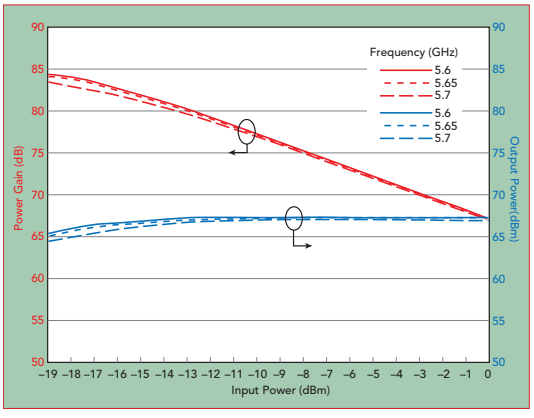

图1：输出功率和功率增益与5.6GHz、5.65GHz和5.7GHz的输入功率的关系。

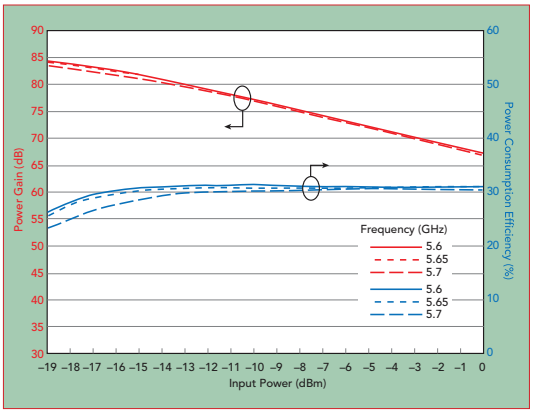

图2：功耗效率和功率增益与5.6GHz、5.65GHz和5.7GHz的输入功率的关系。