



中华人民共和国国家军用标准

FL 6132

GJB 7084-2010

射频固态功率放大模块通用规范

General specification for RF solid state power amplifier model

2010-09-16 发布

2010-12-01 实施



中国人民解放军总装备部 批准

目 次

前言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 要求	1
3.1 总则	1
3.2 分类	1
3.3 功能	1
3.4 技术性能	2
3.5 可靠性	5
3.6 电磁兼容性	5
3.7 设计与制造	5
3.8 安全性	6
3.9 外观质量	6
3.10 外部接口	6
3.11 尺寸与重量	6
3.12 环境适应性	6
4 质量保证规定	7
4.1 检验分类	7
4.2 检验条件	7
4.3 鉴定(或定型)检验	7
4.4 质量一致性检验	9
4.5 可靠性试验	11
4.6 缺陷分类	11
4.7 检验方法	11
5 交货准备	20
5.1 封存和包装	20
5.2 装箱和标志	20
5.3 运输	20
5.4 贮存	20
6 说明事项	20
6.1 预定用途	20
6.2 订货文件应明确的内容	20

前 言

本规范由中国人民解放军空军提出。

本规范起草单位：空军驻广州地区军事代表、空军装备研究院通信导航与指挥自动化研究所、佛山市宽普射频技术开发有限公司。

本规范主要起草人：任 飞、常 戎、胡四章、廖志坚、杨晓峰、文 俊、王晨明。

射频固态功率放大模块通用规范

1 范围

本规范规定了军用通信、导航设备及与之对应的电子对抗设备用射频固态功率放大模块的通用要求。

本规范适用于射频固态功率放大模块(以下简称功放模块)的研制、生产和检验验收。

2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本规范的条款。凡注日期或版次的引用文件,其后的任何修改单(不包括勘误的内容)或修订版本都不适用于本规范,但提倡使用本规范的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件,其最新版本适用于本规范。

GB/T 191	包装储运图示标志	
GJB 150.3—1986	军用设备环境试验方法	高温试验
GJB 150.4—1986	军用设备环境试验方法	低温试验
GJB 150.5—1986	军用设备环境试验方法	温度冲击试验
GJB 150.6—1986	军用设备环境试验方法	温度-高度试验
GJB 150.9—1986	军用设备环境试验方法	湿热试验
GJB 150.10—1986	军用设备环境试验方法	霉菌试验
GJB 150.11—1986	军用设备环境试验方法	盐雾试验
GJB 150.16—1986	军用设备环境试验方法	振动试验
GJB 150.18—1986	军用设备环境试验方法	冲击试验
GJB 151A—1997	军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求	
GJB 179A—1996	计数抽样检验程序及表	
GJB 367A—2001	军用通信设备通用规范	
GJB 663—1989	军用通信设备系统安全要求	
GJB 899—1990	可靠性鉴定和验收试验	
GJB 2082—1994	电子设备可视缺陷和机械缺陷分类	

3 要求

3.1 总则

功放模块应符合本规范和相关详细规范的所有要求,本规范的要求与相关详细规范的要求不一致时,则应以相关详细规范为准。

3.2 分类

根据功放模块的功能,可分为:

- a) I类——单一功能放大模块;
- b) II类——含单段或分段滤波器的放大模块;
- c) III类——含功率检测器、收发开关或兼含有自动功率控制环路等其他功能电路的放大模块。

3.3 功能

3.3.1 功率启动控制

在功率启动控制信号作用下,功放模块从低增益状态转入正常增益状态。

3.3.2 波段转换

具有多波段滤波的功放模块，在波段控制信号作用下，应能选通对应的滤波或匹配电路。

3.3.3 滤波

内部含有专门滤波电路的功放模块，具有对谐波或带外干扰、噪声分量的抑制要求。

3.3.4 功率检测

具有功率检测功能的功放模块，应提供有关检测信号。

3.3.5 调幅

具有调幅功能的功放模块，应能实现对载波的幅度调制。

3.3.6 自动功率控制

具有自动功率控制功能的模块，当输入功率在一定范围内变化时，其输出功率的变化应能控制在规定值内。

3.3.7 温度保护

具有温度保护功能的功放模块，应能实现过温自动保护；有温度检测功能的功放模块，应能输出温度检测信号。

3.3.8 过压保护

具有过压保护功能的功放模块，应能实现过压自动保护。

3.3.9 过流保护

具有过流保护功能的功放模块，应能实现过流自动保护。

3.3.10 开短路(驻波比)保护

具有开、短路(驻波比)保护功能的功放模块，应能实现开、短路(驻波比)自动保护。

3.4 技术性能

3.4.1 频率范围

功放模块的频率范围在 1.5MHz~2 700MHz 内选定，具体要求由相关详细规范规定。

3.4.2 额定输出功率

功放模块作用于 50Ω 标准负载的输出功率：

- a) 功放模块的额定输出功率为 1W~1 200W；推荐的分档系列见表 1。具体要求由相关详细规范规定。

表 1 额定输出功率分档表

名称	输出功率
I 类模块	1W、2W、5W、10W、18W、30W、50W、80W、120W、180W、300W、500W、800W、1 200W
II 类、III 类模块	0.5W、1W、2W、5W、10W、20W、30W、50W、80W、120W、200W、400W、1 000W

- b) 功放模块的额定输出功率类型分别为：连续波功率、脉冲功率、峰包功率。
- c) 在规定的工作条件下，功放模块输出功率应不小于额定输出功率。
- d) 对于具有调幅功能或适用于调幅波放大的功放模块，可在规定载波功率基础上，增加规定峰包功率。

3.4.3 额定输入功率

功放模块的标称输入阻抗是 50Ω，功放模块的输入信号应由 50Ω 的信号源供给，额定输入功率、输入功率动态范围、输入功率的极限最大值，由相关详细规范规定。

3.4.4 增益

3.4.4.1 额定增益值

根据使用要求，功放模块的额定增益为 6dB~65dB，具体要求如下：

- a) 在额定工作条件下, 功放模块的实际增益应不小于额定值;
- b) 在规定的供电电压范围内, 功放模块的增益变化不大于 2dB;
- c) 在规定温度范围内, 功放模块的增益变化不大于 1dB(增益小于等于 20dB 的模块)或 2dB(增益大于 20dB 的模块);
- d) 在规定的连续工作时间内, 功放模块的增益变化不大于 1dB(增益小于等于 20dB 的模块)或 2dB(增益大于 20dB 的模块);

具体要求由相关详细规范规定。

3.4.4.2 增益波动

多级放大构成的功放模块处于开环状态, 其工作频段内最大增益与最小增益之差一般应满足:

- a) 1.5MHz~30MHz 不大于 3dB;
- b) 30MHz~88MHz 不大于 3dB;
- c) 30MHz~400MHz 不大于 6dB;
- d) 30MHz~512MHz 不大于 8dB;
- e) 108MHz~174MHz 不大于 2dB;
- f) 108MHz~400MHz 不大于 4dB;
- g) 225MHz~400MHz 不大于 3dB;
- h) 225MHz~512MHz 不大于 4dB;
- i) 512MHz~960MHz 不大于 3dB;
- j) 610MHz~960MHz 不大于 2dB;
- k) 960MHz~1 850MHz 不大于 3dB;
- l) 1 350MHz~1 850MHz 不大于 2dB;
- m) 1 850MHz~2 700MHz 不大于 3dB。

具体要求由相关详细规范规定。

3.4.4.3 增益斜率

在局部频率范围内, 增益随频率变化, 以 dB/MHz 或 dB/10MHz 为单位, 具体要求由相关详细规范规定。

3.4.4.4 带外增益

功放模块工作频率范围以外的频点上的增益值应符合:

- a) 在大于等于 1.1 倍上限工作频率的频段, 功放模块的增益应不大于工作频带内的最低增益值, 具体要求由相关详细规范规定;
- b) 在小于等于 0.85 倍下限工作频率的频段, 功放模块的增益应不大于工作频带内的最低增益值, 具体要求由相关详细规范规定。

3.4.4.5 增益长期稳定性

在功放模块使用期内, 其增益变化不大于 1.5dB。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.4.6 增益控制范围

具有增益控制功能的功放模块, 其增益控制范围由相关详细规范规定。

3.4.5 幅度调制

具有调幅功能的功放模块, 其调幅度应不低于 85%。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.6 音频频率调制特性

具有调幅功能的功放模块, 其音频频率调制特性由相关详细规范规定。

3.4.7 放大失真

3.4.7.1 等幅双波三阶互调失真分量

在规定的频率间隔和功率电平下互调失真分量不大于 -25dB。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.7.2 调幅包络失真

3.4.7.2.1 调幅波放大失真

在规定的载波电平和调制深度下，放大后输出信号的包络失真应不大于 10%。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.7.2.2 载波调制后放大失真

在规定的载波电平和调制深度下，调制放大后输出信号的包络失真应不大于 10%。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.8 群时延

功放模块输出信号对输入信号的群时延由相关详细规范规定。

3.4.9 谐波输出

3.4.9.1 I类功放

a) 偶次谐波输出:

- 1) 不大于-25dBc(频率覆盖系数不大于 3 的功放模块);
- 2) 不大于-20dBc(频率覆盖系数大于 3 的功放模块)。

b) 奇次谐波输出:

- 1) 不大于-15dBc(频率覆盖系数不大于 3 的功放模块);
- 2) 不大于-10dBc(频率覆盖系数大于 3 的功放模块)。

具体要求由相关详细规范规定。

3.4.9.2 II、III类功放模块

含有谐波滤波器的功放模块，各次谐波输出不大于-60dBc。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.10 杂散输出

在信道带宽以外的非谐波杂散分量不大于-60dBc。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.11 噪声系数

功放模块的噪声系数不大于 10dB。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.12 输入驻波比

在规定输入电平范围内，不大于 2.5。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.13 负载容限

功放模块在失配负载下的工作状态及安全状态，应明确下列事项:

a) 在规定的正常负载驻波比条件下，能正常工作。

b) 在规定的非正常负载驻波比条件下:

- 1) 不含自动驻波比保护功能的功放模块，在规定工作时间长度内不损坏，负载恢复正常后性能指标符合规范要求，具体时间由相关详细规范规定;
- 2) 含自动驻波比保护功能的功放模块，工作不损坏，负载恢复正常后性能指标符合规范要求。

具体要求由相关详细规范规定。

3.4.14 功率启动、关闭控制

功放模块的功率启动、关闭控制要求由相关详细规范规定。

3.4.15 功率启动上升、功率关断下降时间

3.4.15.1 功率启动上升时间

从启动控制信号开始，输出功率上升到稳态值的 90%，所需要的时间不大于 100 μ s(电子控制)、不大于 100ms(继电器控制)。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.15.2 功率关断下降时间

从关断控制信号开始，输出功率下降到稳态值的 10%，所需要的时间不大于 50 μ s(电子控制)、不大于 50ms(继电器控制)。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.16 波段转换时间

具有波段开关的Ⅱ类、Ⅲ类功放模块，其波段转换时间应符合下列规定：

- a) 电子开关控制：不大于 100 μ s；
- b) 机械开关控制：不大于 100ms。

具体要求由相关详细规范规定。

3.4.17 收发转换时间

具有收发转换开关的Ⅲ类功放模块，其收发通路转换时间应符合下列规定：

- a) 电子开关控制：不大于 100 μ s；
- b) 机械开关控制：不大于 100ms。

具体要求由相关详细规范规定。

3.4.18 连续工作时间

功放模块的连续工作时间由相关详细规范规定。

3.4.19 收通路插损

具有收发开关的Ⅲ类功放模块，其天线端口到接收端口的插损应不大于 1dB。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.20 收发隔离度

具有收发开关的Ⅲ类功放模块，其发射端口对接收端口的隔离应不小于 60dB。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.21 温度检测和保护

内部具有温度检测和保护电路的功放模块，在保护状态下，输出功率下降应不大于 6dB，温度恢复后，功放模块的性能指标符合规范要求；需要时，可输出有关温度数据，具体要求由相关详细规范规定。

3.4.22 功率检测和控制

具有功率检测和控制功放模块，应符合下列要求：

- a) 在标准 50 Ω 负载阻抗状态下，正向功率检测值频响不大于 ± 0.5 dB；反向功率检测值远小于正向功率检测值，两者电平差不小于 20dB。
- b) 全反射状态下，反向功率检测值接近正向功率检测值，两者电平差不大于 3dB。
- c) 功率检测值的极性及检测端等效负载值由相关详细规范规定。
- d) 具有闭环控制功能的功放模块，其输出功率波动应不大于 2dB。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.23 效率

功放模块的效率一般不小于 25%。具体要求由相关详细规范规定。

3.4.24 供电电源

功放模块供电电源包括主电源、辅助电源、增益控制电源等。具体要求由相关详细规范规定。

3.5 可靠性

功放模块的平均故障间隔时间 MTBF(θ_1) 值应符合 I 类、II 类、III 类的要求，具体要求由相关详细规范规定。

功放模块的可靠性要求应符合 GJB 367A-2001 中 3.5 的规定，可靠性鉴定和验收试验应符合 GJB 899-1990 中的规定。

3.6 电磁兼容性

功放模块电磁兼容性应符合 GJB 151A-1997 的相关规定。具体要求由相关详细规范规定。

3.7 设计与制造

3.7.1 材料与零部件

功放模块的元器件、零部件和材料的选用应符合 GJB 367A-2001 中 3.46~3.48 的规定。

3.7.2 印制板

功放模块的印制电路板的设计、制造应符合 GJB 367A-2001 中 3.47 的规定。

3.7.3 焊接

功放模块在焊接过程中要有防静电措施，焊接工艺应符合 GJB 367A-2001 中 3.40 的规定。

3.7.4 封装

功放模块可分为封装和非封装模块，封装模块在灌封前应进行相关的老化，老化合格的产品才可进行封装。

3.7.5 热设计

功放模块热设计应符合 GJB 367A-2001 中 3.29 的要求。

3.7.6 标志与型号

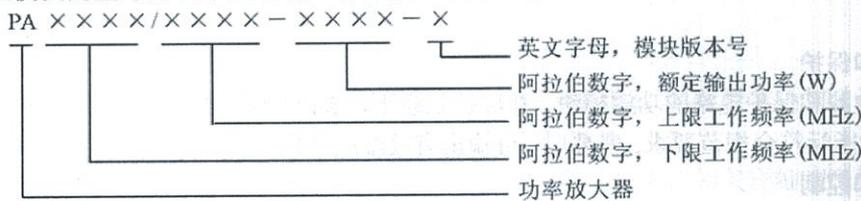
3.7.6.1 标志

除另有规定外，功放模块的标志应至少包括以下内容：

- a) 引出端子识别标志；
- b) 型号；
- c) 制造商名称或商标；
- d) 年份、批号。

3.7.6.2 型号命名

功放模块的型号命名中应含有工作频段、功率等级的基本信息，推荐采用以下命名方法：



3.7.7 可靠性

功放模块的可靠性由相关详细规范规定。

3.7.8 一致性

更换同型号功放模块时，不需对模块进行选配和调整。

3.8 安全性

功放模块的安全性应符合 GJB 663-1989 的要求。

3.9 外观质量

功放模块的外观应整洁，表面应无锈蚀、霉斑、污迹、镀涂层剥落及明显的划痕、毛刺；塑料件应无起泡、开裂、变形；文字、符号和各种显示应清晰；接插件、零部件应紧固无松动。

3.10 外部接口

功放模块应具有以下接口：

- a) 两个以上射频接口；
- b) 低频输入接口；
- c) 控制接口；
- d) 数据检测接口。

具体由详细规范规定。

3.11 尺寸与重量

3.11.1 功放模块的外形尺寸应符合通用化、系列化、组合化要求。具体由详细规范规定。

3.11.2 在满足散热要求和维修使用方便的前提下，功放模块应做到体积小、重量轻，其体积、重量及相关尺寸应由相关详细规范规定。

3.12 环境适应性

3.12.1 低温

功放模块的工作温度通常分为 -10°C 、 -25°C 、 -40°C 、 -55°C 等级。具体由相关详细规范规定。

功放模块的贮存温度通常分为 -40°C 、 -55°C 、 -85°C 等级。具体由相关详细规范规定。

3.12.2 高温

功放模块的工作温度通常分为 50°C 、 55°C 、 60°C 、 70°C 、 80°C 等级。具体由相关详细规范规定。

贮存温度通常分为 60°C 、 65°C 、 70°C 、 85°C 、 105°C 等级。具体由相关详细规范规定。

3.12.3 温度冲击

应符合 GJB 150.5—1986 的规定。具体由相关详细规范规定。

3.12.4 温度—高度

温度—高度要求应符合 GJB 150.6—1986 的规定。具体由相关详细规范规定。

3.12.5 振动

应符合 GJB 150.16—1986 的规定。具体由相关详细规范规定。

3.12.6 冲击

应符合 GJB 150.18—1986 的规定。具体由相关详细规范规定。

3.12.7 湿热

应符合 GJB 150.9—1986 的规定。具体由相关详细规范规定。

3.12.8 霉菌

应符合 GJB 150.10—1986 的规定。具体由相关详细规范规定。

3.12.9 盐雾

应符合 GJB 150.11—1986 的规定。具体由相关详细规范规定。

4 质量保证规定

4.1 检验分类

本规范规定的检验分为：

- a) 鉴定(或定型)检验(见 4.3)；
- b) 质量一致性检验(见 4.4)。

4.2 检验条件

4.2.1 正常测试条件

除另有规定外，电性能测试应在下列条件下进行所有检验：

- a) 温度： 15°C ~ 35°C ；
- b) 气压：室内正常大气压；
- c) 振动：无振动；
- d) 相对湿度： 20% ~ 80% 。

4.2.2 仪表和设备

所用的检测仪表、仪器、设备应按国家有关计量检定规程、有关标准检定或计量合格，并在有效期内，其精度高于被检测指标精度一个数量级或误差小于被测参数容许误差的三分之一。

4.3 鉴定(或定型)检验

4.3.1 检验样品

提交鉴定检验的样品，必须经过承制方质量检验部门检验合格，并有完整检验记录。样品数量不少于两部。

4.3.2 检验方案

除另有规定外，检验项目按表 2，检验方法按 4.7 的有关规定进行。

表2 检验项目表

序号	检验项目	鉴定 检验	质量一致性检验				要求的 章条号	检验方法的 章条号
			A组	B组	C组	D组		
1	标志与型号	●	●	—	—	—	3.7.6	4.7.7
2	外观质量	●	●	—	—	—	3.9	4.7.1.2
3	外部接口	●	●	—	—	—	3.10	4.7.1.1
4	尺寸与重量	●	●	—	—	—	3.11	4.7.1.4
5	内部检查	●	●	—	—	—	3.7.2~3.7.4	4.7.1.3、4.7.1.5
6	频率范围	●	●	—	—	—	3.4.1	4.7.3.1
7	额定输出功率	●	●	—	—	—	3.4.2	4.7.3.2
8	额定输入功率	●	—	●	—	—	3.4.3	4.7.3.3
9	额定增益值	●	●	—	—	—	3.4.4.1	4.7.3.4.1
10	增益波动	▲	▲	—	—	—	3.4.4.2	4.7.3.4.2
11	增益斜率	▲	▲	—	—	—	3.4.4.3	4.7.3.4.3
12	带外增益	▲	—	▲	—	—	3.4.4.4	4.7.3.4.4
13	增益长期稳定性	●	—	○	—	—	3.4.4.5	4.7.3.4.5
14	增益控制范围	▲	—	▲	—	—	3.4.4.6	4.7.3.4.6
15	幅度调制	▲	▲	—	—	—	3.4.5	4.7.3.5
16	音频频率调制特性	▲	—	▲	—	—	3.4.6	4.7.3.6
17	等幅双波三阶互调失真	▲	—	▲	—	—	3.4.7.1	4.7.3.7.1
18	调幅波放大失真	▲	▲	—	—	—	3.4.7.2.1	4.7.3.7.2.1
19	载波调制后放大失真	▲	▲	—	—	—	3.4.7.2.2	4.7.3.7.2.2
20	群时延	▲	—	△	—	—	3.4.8	4.7.3.8
21	谐波输出	●	●	—	—	—	3.4.9	4.7.3.9
22	杂散输出	●	●	—	—	—	3.4.10	4.7.3.10
23	噪声系数	▲	—	▲	—	—	3.4.11	4.7.3.11
24	输入驻波比	●	—	●	—	—	3.4.12	4.7.3.12
25	负载容限	●	—	—	●	—	3.4.13	4.7.3.13
26	功率启动、关闭控制	▲	▲	—	—	—	3.4.14	4.7.3.14
27	功率启动上升、功率关断下降时间	▲	—	▲	—	—	3.4.15	4.7.3.15
28	波段转换时间	▲	—	▲	—	—	3.4.16	4.7.3.16
29	收发转换时间	▲	—	▲	—	—	3.4.17	4.7.3.17
30	收通路插损	▲	—	▲	—	—	3.4.19	4.7.3.18
31	收发隔离度	▲	—	▲	—	—	3.4.20	4.7.3.19
32	温度检测和保护	▲	▲	—	—	—	3.4.21	4.7.3.20
33	功率检测和控制	▲	▲	—	—	—	3.4.22	4.7.3.21
34	效率	●	●	—	—	—	3.4.23	4.7.3.22
35	供电电源	●	—	●	—	—	3.4.24	4.7.3.23

表2(续)

序号	检验项目	鉴定 检验	质量一致性检验				要求的 章条号	检验方法的 章条号
			A组	B组	C组	D组		
36	连续工作时间	●	—	●	—	—	3.4.18	4.7.12
37	热设计	●	—	—	—	—	3.7.5	4.7.9
38	材料与零部件	●	—	—	—	—	3.7.1	4.7.8
39	可靠性	●	—	—	—	●	3.5	4.7.11
40	电磁兼容性	○	—	—	○	—	3.6	4.7.4
41	一致性	▲	—	△	—	—	3.7.8	4.7.5
42	安全性	●	—	○	—	—	3.8	4.7.6
43	低温	●	—	—	●	—	3.12.1	4.7.10.1
44	高温	●	—	—	●	—	3.12.2	4.7.10.2
45	温度冲击	○	—	—	○	—	3.12.3	4.7.10.3
46	温度—高度	△	—	—	△	—	3.12.4	4.7.10.4
47	振动	●	—	—	●	—	3.12.5	4.7.10.5
48	冲击	●	—	—	●	—	3.12.6	4.7.10.6
49	湿热	●	—	—	●	—	3.12.7	4.7.10.7
50	霉菌	○	—	—	○	—	3.12.8	4.7.10.8
51	盐雾	○	—	—	○	—	3.12.9	4.7.10.9

注：符号●、○为所有功放模块共有项目，符号▲、△为部分功放模块专有项目，其中实心符号为必检项目，空心符号为订购方和承制方协商项目；—不检项目。

4.3.3 检验结果评定

根据检验的结果，对照详细规范和设计定型的有关规定，对功放模块性能及有关设计定型的文件、图样和资料等做出全面的评定。

4.4 质量一致性检验

4.4.1 A组检验

4.4.1.1 检验的目的和适用范围

A组检验是为证实产品是否符合规范要求而对一个检验批中的全部产品所进行的非破坏性的检验。A组检验是用来检验那些易受生产工艺或生产技能变化影响的特性，以及对于达到预定要求至关重要的性能。

4.4.1.2 检验项目

检验项目见表2，检验方法按4.7的规定进行。

4.4.1.3 检验方案

对提交批产品应在4.2.1规定的正常测试条件下逐块进行检验。

4.4.1.4 可接收质量水平

A组检验的可接收质量水平用百分不合格品率或每百单位产品缺陷数表示：

- 百分不合格品率 = (不合格品总数/被检验单位产品总数) × 100；
- 每百单位产品缺陷数 = (缺陷总数/被检验单位产品总数) × 100；
- 百分不合格品率和每百单位产品缺陷数可按缺陷的轻重分为百分严重不合格品率、百分轻不合格品率和每百单位产品严重缺陷数、每百单位产品轻缺陷数。

可接收的批百分不合格品率或每百单位产品缺陷数应根据各功放模块的使用要求,由订购方和承制方商定列入详细规范中。其中产品的各种缺陷及不合格品的具体区分应由相关详细规范规定。

4.4.1.5 合格判据

根据检验结果,应对 A 组检验做出如下判定:

- a) 当发现致命缺陷或致命不合格品时,应判该提交批检验不合格;
- b) 若百分严重不合格品率和百分轻不合格品率均小于或等于规定值,则判该提交批 A 组检验合格,否则判该提交批检验不合格,具体要求在相关详细规范中规定;
- c) 若每百单位产品严重缺陷数和每百单位产品轻缺陷数均小于或等于规定值,则判该批 A 组检验合格,否则判该提交批检验不合格,具体要求由相关详细规范规定。

4.4.1.6 判决处理

经 A 组检验合格的批中,对有缺陷的产品,承制方应负责修理,并应达到详细规范中规定的要求。

4.4.2 B 组检验

4.4.2.1 检验的目的和适用范围

B 组检验一般是比 A 组检验更复杂或需要更多试验时间的一种非破坏性试验。B 组检验用来检查那些更多地受零、部件或设备质量影响,而较少地受生产工艺或生产技能变化影响的特性,以及那些要求特殊工装或特殊环境的性能。

4.4.2.2 检验项目

检验项目见表 2,检验方法按 4.7 的有关规定进行。

4.4.2.3 抽样方案

B 组检验应在 4.2.1 规定的正常测试条件下进行抽样检验。检验样品应从 A 组检验合格的批中随机抽取,抽样方案按 GJB 179A-1996 的有关规定进行。

除另有规定外,采用一次(或二次)正常抽样方案和一般检查水平 II,并根据批量数和检查水平确定样本大小。

4.4.2.4 可接收质量水平

根据产品使用要求,结合过程平均质量水平,由订购方和承制方确定可接收质量水平。选用连续批的可接收质量水平(AQL)值和孤立批的极限质量(LQ)值,各种缺陷的区分应由相关详细规范规定。

4.4.2.5 合格判据

根据检验结果,应对 B 组检验做出如下判定:

- a) 当发现致命缺陷或致命不合格品时,应判该提交批检验不合格;
- b) 若每百单位产品严重缺陷数和轻缺陷数均小于或等于规定值,则判该批 B 组检验合格,否则判该提交批检验不合格,具体要求由相关详细规范规定。

4.4.2.6 判决处理

经 B 组检验合格的批中,对有缺陷的产品,承制方应负责修理,达到详细规范中规定的要求后,可按合同订单整批交付或进行 C 组检验。

4.4.3 C 组检验

4.4.3.1 检验的目的和适用范围

C 组检验一般是周期性的破坏性试验,用来定期检查那些与产品设计及材料有关的性能特性。C 组检验比 A、B 组检验更复杂,通常要求模拟工作环境,并通常受到破坏或试验后需作大量整修。受试样品数量比 A、B 组检验的少,而且与生产数量或生产周期有关。

4.4.3.2 检验时机

凡符合下列情况之一的提交批,应进行 C 组检验:

- a) 提交批为孤立批;
- b) 提交批为连续批时,该连续批每一批投产的首次提交批和以后每隔三至四个月的提交批;

- c) 停产二年以上(含二年)又恢复生产的首次提交批;
- d) 上级质量监督部门、合同或订单提出要求检验的提交批。

4.4.3.3 检验项目

检验项目和顺序见表 2, 检验方法按 4.7 的有关规定进行。

4.4.3.4 抽样方案

C 组检验的受试样品应从 A、B 组检验合格的批中随机抽取, 抽样检验方案按 GJB 179A—1996 的有关规定进行, 采用一次正常抽样方案和特殊检查水平 S-2 或 S-1。

4.4.3.5 可接收质量水平

根据产品使用要求, 结合过程平均质量水平, 由订购方和承制方商定可接收质量水平。连续批的可接收质量水平(AQL)值, 各类缺陷的区分应由相关详细规范规定。

4.4.3.6 合格判据

根据检验结果, 应对 C 组检验做出如下判定:

- a) 当发现致命缺陷或致命不合格品时, 应判该提交批检验不合格;
- b) 若每百单位产品严重缺陷数和轻缺陷数均小于或等于规定值, 则判该批 C 组检验合格, 否则判该提交批检验不合格, 具体要求由相关详细规范规定。

4.4.4 D 组检验

D 组检验按 4.5 的有关可靠性试验进行。

4.5 可靠性试验

4.5.1 试验要求

可靠性试验分可靠性鉴定试验和可靠性验收试验, 目的是验证功放模块的设计或生产过程中是否满足可靠性要求。凡符合下列情况之一者的提交批应进行可靠性试验:

- a) 鉴定产品。
- b) 功放模块的设计进行重大更改或工艺、关键性的元器件及材料进行重大更改的提交批。
- c) 孤立批。
- d) 连续批。连续批的试验时间间隔由订购方和承制方商定。

4.5.2 试验样品

可靠性验收试验的样品应从 C 组检验合格批中随机抽取, 但不含 C 组检验的样品。数量最少三件, 最多不超过 20 件, 一般按提交批的 10%抽取。

4.5.3 试验方案

可靠性试验方案应符合 GJB 367A—2001 中 3.5 的规定, 由订购方和承制方商定。检验项目见表 2, 检验方法按 4.7 的有关规定进行。

4.5.4 判决处理

根据 GJB 367A—2001 中 4.6 的有关规定执行, 具体规定由相关详细规范规定。

4.6 缺陷分类

按照 GJB 179A—1996 的规定, 产品的缺陷分类分为致命缺陷、严重缺陷和轻缺陷三类。设备的可视缺陷和机械缺陷, 可参照 GJB 2082—1994 规定执行。具体缺陷内容、分类由相关详细规范规定。

4.7 检验方法

4.7.1 产品检验

4.7.1.1 外部接口检查

检查功放模块的外部接口, 其结果应符合 3.10 的要求。

4.7.1.2 外观质量检查

检查功放模块的外观质量及外部的涂覆、标志、识别和机械连接等, 其结果应符合 3.9 的要求。

4.7.1.3 内部检查

检查功放模块的焊接、印制板、元器件和零部件的安装、制造工艺、结构、检测点和标志等，其结果应符合 3.7.2、3.7.3 的要求。

4.7.1.4 尺寸与重量检查

检查功放模块的外形尺寸和重量应符合详细规范 3.11 的要求。

4.7.1.5 封装检查

检查功放模块的封装应符合 3.7.4 的要求。

4.7.1.6 包装检查

功放模块的包装检查，其结果应符合第 5 章的要求。

4.7.2 功能检查

功放模块的功能检查结合电性能测试进行。

4.7.3 电性能测试

4.7.3.1 频率范围

频率范围的测试结合 4.7.3.2 额定输出功率进行，结果应符合 3.4.1 的要求。

4.7.3.2 额定输出功率

按图 1 连接，调整射频信号源¹⁾，使功率计 1²⁾指示为功放模块额定输入功率，记录频段内功率计 2 指示的输出功率(以 dBm 表示)，结果应符合 3.4.2 的要求。



图 1 额定输出功率测试框图

4.7.3.3 额定输入功率

按图 1 连接，调整射频信号源使功率计 2 指示的输出功率达到规定值，记录功率计 1 指示的输入功率，结果应符合 3.4.3 的要求。

4.7.3.4 增益

4.7.3.4.1 额定增益值

根据 4.7.3.2 测试所得输出功率 P_0 ，按计算公式(1)计算额定增益 G_p ，结果应符合 3.4.4.1 的要求。

$$G_p = P_0 - P_i \dots\dots\dots (1)$$

式中：

G_p ——功率增益，dB；

P_0 ——输出功率，dBm；

P_i ——输入功率，dBm。

4.7.3.4.2 增益波动

按图 1 连接，在工作频段内所有测试频点上，调整射频信号源使功率计 2 指示的输出功率达到规定值，记录频段内功率计 1 指示的输入功率最大值 $P_{i\max}$ 与最小值 $P_{i\min}$ ，按计算公式(2)计算增益波动 G_f ，结果应符合 3.4.4.2 的要求。

$$G_f = P_{i\max} - P_{i\min} \dots\dots\dots (2)$$

1) 射频信号源可以是单独的标准射频信号源、功率信号源或标准信号源加外接功放模块，若是标准射频信号源，则输入功率可直接从信号源上读取。
2) 如果射频信号源可精确标定输出功率，则可减省功率计 1，直接由源设置功放模块输入功率。

式中:

G_f ——增益波动, dB;

$P_{i\max}$ ——频段内输入功率最大值, dBm;

$P_{i\min}$ ——频段内输入功率最小值, dBm。

4.7.3.4.3 增益斜率

按图 1 连接, 测试步骤如下:

- 在规定频率范围内, 按 4.7.3.2 操作, 分别检测频率间隔 1MHz 或 10MHz 时的输出功率;
- 按公式(2)计算增益波动 G_f , 结果应符合 3.4.4.3 的要求。

4.7.3.4.4 带外增益

按图 1 连接, 调整射频信号源的频率置于规定的带外频点、幅度置于比额定信号低 20dB 电平上, 记录功率计 2 指示的输出功率 P_0 (以 dBm 表示), 按计算公式(3)计算额定增益 G_d , 结果应符合 3.4.4.4 的要求。

$$G_d = P_0 - P_i \dots \dots \dots (3)$$

式中:

G_d ——带外增益, dB;

P_0 ——输出功率, dBm;

P_i ——输入功率, dBm。

4.7.3.4.5 增益长期稳定性

增益长期稳定性的测试结合可靠性试验进行, 结果符合 3.4.4.5 的规定。

4.7.3.4.6 增益控制范围

按图 1 连接, 在规定的频率点上进行测试:

- 置增益控制电压为最高值, 调整输入功率, 使输出功率达到额定值 P_0 (以 dBm 表示);
- 保持输入功率不变, 置增益控制电压为最小值, 测试并记录输出功率 P_{0X} (以 dBm 表示);
- 按公式(4)计算增益控制范围 G_{PK} , 结果应符合 3.4.4.6 的要求。

$$G_{PK} = P_0 - P_{0X} \dots \dots \dots (4)$$

式中:

G_{PK} ——增益控制范围, dB;

P_0 ——最大增益控制电压时的输出功率, dBm;

P_{0X} ——最小增益控制电压时的输出功率, dBm。

4.7.3.5 幅度调制

按图 2 连接。射频信号源输出等幅波, 将 S 置 2 位, 调节音频信号源输出信号幅度, 在规定的载波输出功率电平和调幅度下, 记录音频信号源的输出幅度, 结果应符合 3.4.5 的要求。

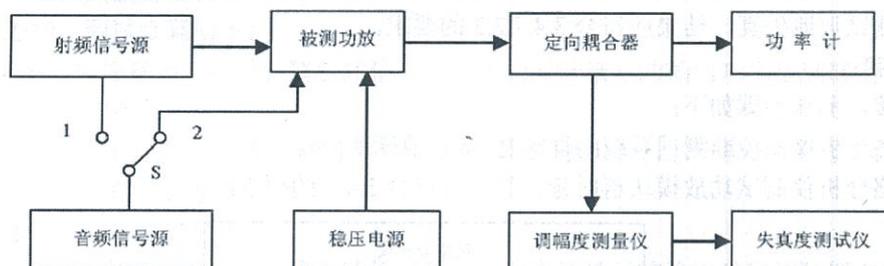


图 2 幅度调制测试框图

4.7.3.6 音频频率调制特性

按图 2 连接, 测试步骤如下:

- a) 调整射频信号源, 使输出功率达到规定值;
- b) 将 S 置 2 位, 调节音频信号源, 使音频频率达到 1kHz、输出调幅度为 85%;
- c) 保持音频信号源的输出幅度不变, 音频频率从 300Hz~3400Hz 连续变化;
- d) 用调幅度测量仪测出调幅度的最大值 M_{max} 和最小值 M_{min} ;
- e) 按公式 (5) 计算音频输出幅度随频率变化量 M_f , 结果应符合 3.4.6 的要求。

$$M_f = 20 \lg \frac{M_{max}}{M_{min}} \dots \dots \dots (5)$$

式中:

- M_f ——音频输出幅度随频率变化量, dB;
- M_{max} ——调幅度测量仪测得的调幅度最大值, %;
- M_{min} ——调幅度测量仪测得的调幅度最小值, %。

4.7.3.7 放大失真

4.7.3.7.1 等幅双波三阶互调失真分量

按图 3 连接, 测试步骤如下:

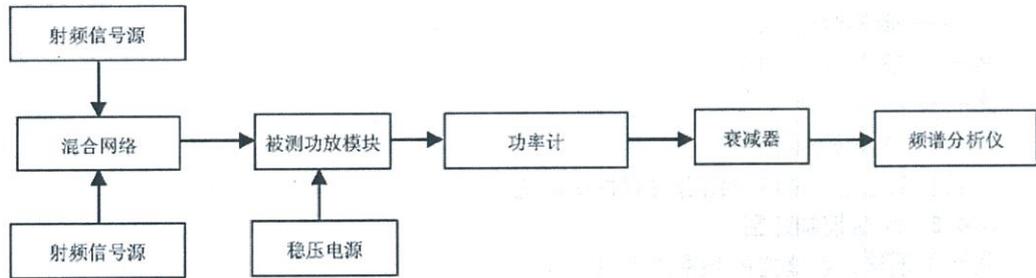


图 3 等幅双波三阶互调失真分量测试框图

- a) 按规定的频率间隔设置两个射频信号源;
- b) 分别调节射频信号源的输出幅度使频谱分析仪上载波信号的幅度分别达到峰包功率值的四分之一;
- c) 从频谱分析仪上读出等幅双波三阶互调失真分量值, 结果应符合 3.4.7.1 的要求。

4.7.3.7.2 调幅包络失真

4.7.3.7.2.1 调幅波放大失真

按图 2 连接。将 S 置 1 位, 射频信号源输出双边带调幅波信号, 在规定的载波输出功率电平和调幅度下, 用失真度测试仪测试双边带调幅包络失真, 结果应符合 3.4.7.2.1 的要求。

4.7.3.7.2.2 载波调制后放大失真

按图 2 连接。射频信号源输出等幅波, 将 S 置 2 位, 在规定的载波输出功率电平和调幅度下, 用失真度测试仪测试调制失真, 结果应符合 3.4.7.2.2 的要求。

4.7.3.8 群时延

按图 4 连接, 测试步骤如下:

- a) 用网络分析仪先校准测试系统的群时延(除功放模块外);
- b) 用网络分析仪测试功放模块群时延, 结果应符合 3.4.8 的要求。

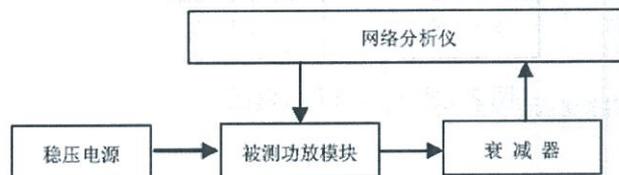


图 4 群时延测试框图

4.7.3.9 谐波输出

按图 1 连接。调整射频信号源，使功率计 2 指示的输出功率达到规定值，用频谱分析仪测输出信号的基波电平与谐波（二次谐波和三次谐波等）电平值之差，即为谐波输出值，结果应符合 3.4.9 的要求。

4.7.3.10 杂散输出

按图 1 连接。调整射频信号源使功率计 2 指示的输出功率达到规定值，用频谱分析仪测出基波与最大杂散电平值之差，即为杂散输出值，结果应符合 3.4.10 的要求。

4.7.3.11 噪声系数

按图 5 连接，测试步骤如下：

- a) 先断开功放模块，然后对噪声系数测试仪进行校准；
- b) 接上功放模块，用噪声系数测试仪测试功放模块的噪声系数，结果应符合 3.4.11 的要求。



图 5 噪声系数测试框图

4.7.3.12 输入驻波比

按图 6 连接，测试步骤如下：

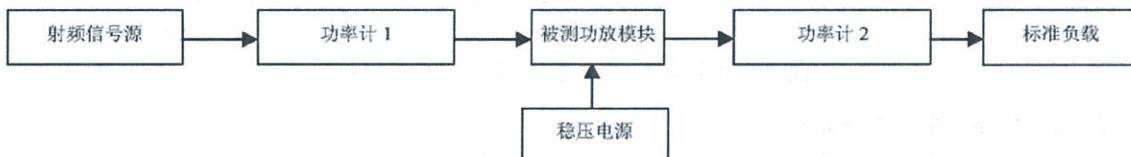


图 6 输入驻波比测试框图

- a) 调整射频信号源，使功率计 2 指示的输出功率达到规定值，记录功率计 1 的入射功率 P_i 和反射功率 P_r ；
- b) 按公式(6)计算输入驻波比，结果应符合 3.4.12 的要求。

$$VSWR = \frac{1 + \sqrt{P_r/P_i}}{1 - \sqrt{P_r/P_i}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$VSWR$ ——电压驻波比；

P_r ——反射功率，W；

P_i ——入射功率，W。

4.7.3.13 负载容限

4.7.3.13.1 正常负载驻波比

按图 7 连接，测试步骤如下：

- a) S_1 、 S_2 、 S_3 均置于 1 位，调整射频信号源，使功率计指示的输出功率达到规定值，记录输出功率、谐波和杂散；
- b) S_3 置 2 位，记录输出功率、谐波和杂散与 a) 条测试结果对比，结果应符合 3.4.13 a) 的要求。

4.7.3.13.2 非正常驻波比负载

按图 7 连接，测试步骤如下：

- a) S_1 、 S_2 、 S_3 均置于 1 位，调整射频信号源，使功率计指示的输出功率达到规定值，记录输出功率、谐波和杂散；
- b) 将 S_1 、 S_2 均置 2 位， S_3 置 3 位，输入一次规定时间长度的单脉冲方波信号，再次按 a) 测试输出功率、谐波和杂散与初次测试对比，结果应符合 3.4.13 b) 的要求。

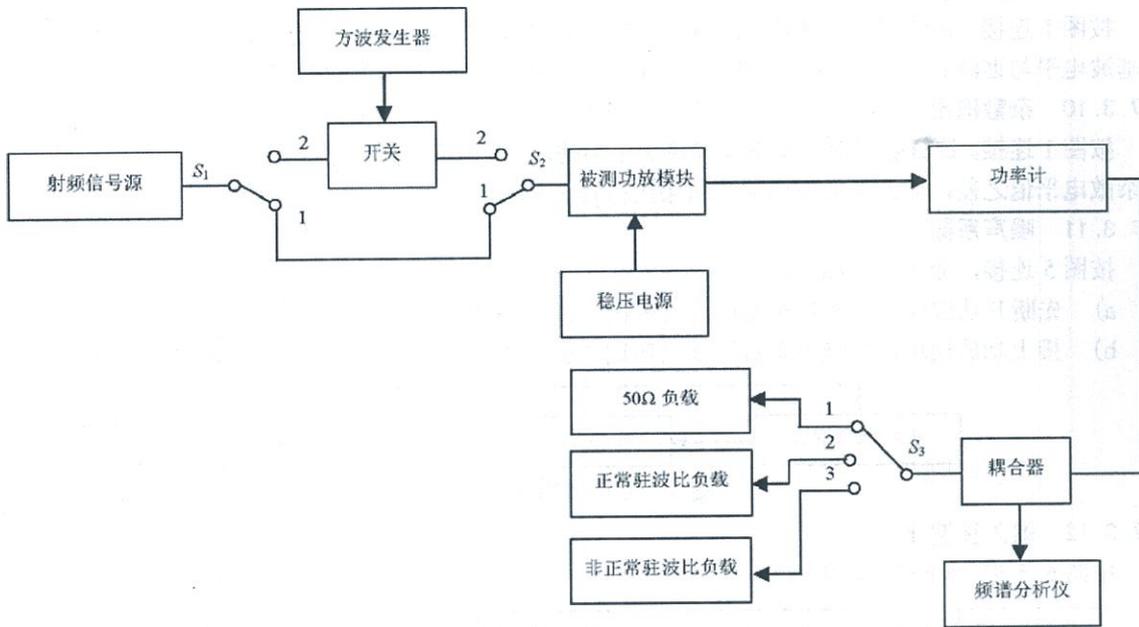


图7 负载容限、功率检测和控制测试框图

4.7.3.14 功率启动、关闭控制

功放模块的功率启动、关闭控制测试结合 4.7.3.15 进行，结果应符合 3.4.14 的要求。

4.7.3.15 功率启动上升、功率关断下降时间

按图 8 连接。功放模块的功率启动上升、功率关断下降时间使用示波器进行检测，结果应符合 3.4.15 的要求。

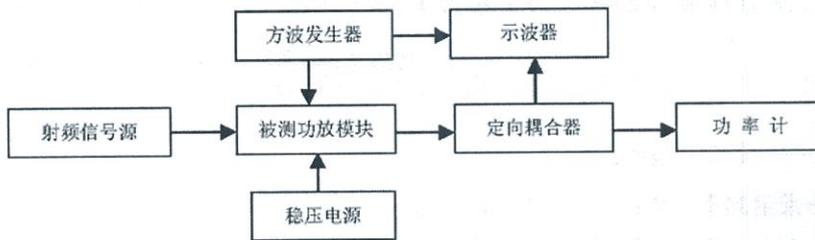


图8 功率启动上升、功率关断下降时间测试框图

4.7.3.16 波段转换时间

按图 9 连接，测试步骤如下：

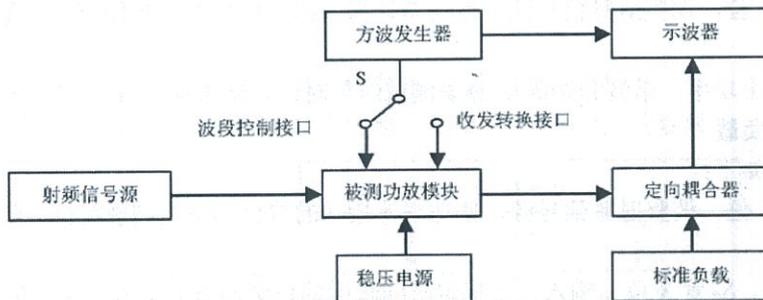


图9 波段转换时间测试框图

- a) 选择两个波段, 波段 a 和波段 b;
- b) 先不接方波发生器, 选通 a 波段, 使功放模块固定输出较小功率, 一般输出 20dBm~30dBm;
- c) S 置波段控制接口, 使方波发生器控制波段开关在此两个波段之间转换, 观察示波器, 分别记录 a 波段转换到 b 波段的时间 T_a 和 b 波段转换到 a 波段的时间 T_b ;
- d) 选择其他频段, 按 c) 的方法重复测试, 结果应符合 3.4.16 的要求。

4.7.3.17 收发转换时间

按图 9 连接, 测试步骤如下:

- a) 先断开方波发生器, 收发开关设置为发射, 使功放模块固定输出较小功率, 一般输出 20dBm~30dBm;
- b) 功放模块保持功率输出, S 置收发转换接口, 使收发开关在收、发之间转换, 用示波器分别测试收转发时间 T_1 和发转收时间 T_2 , 结果应符合 3.4.17 的要求。

4.7.3.18 收通路插损

按图 10 连接, 测试步骤如下:



图 10 收通路插损测试框图

- a) 用网络分析仪连接到功放模块的二根电缆对网络分析仪的传输测试进行校准;
- b) 功放模块设置到收状态, 用网络分析仪的传输测试功能测出收通路插损, 结果应符合 3.4.19 的要求。

4.7.3.19 收发隔离度

按图 11 连接, 测试步骤如下:

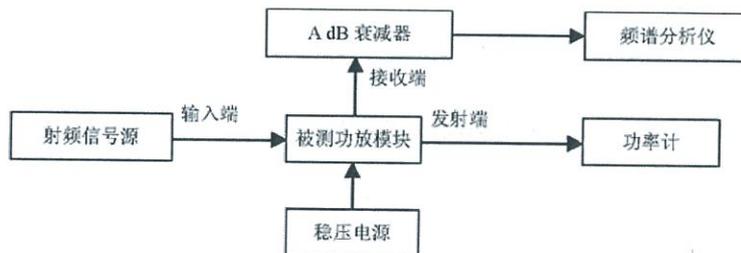


图 11 收发隔离度测试框图

- a) 功放发射端输出额定功率 P_0 , 频谱分析仪上测得接收功率为 P'_S ;
- b) 按公式(7)计算收发隔离度 L_{AH} , 结果应符合 3.4.20 的要求。

$$L_{AH} = P_0 - (P'_S + A) \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- L_{AH} ——收发隔离度, dB;
- P_0 ——发射端输出功率, dBm;
- P'_S ——经衰减后的接收功率, dBm;

A ——衰减器衰减量, dB。

4.7.3.20 温度检测和保护

在功放模块温度达到确定值后, 加电测试温度检测电压, 结果应符合 3.4.21 的要求。

4.7.3.21 功率检测和控制

按图 7 连接, 测试步骤如下:

- a) S_1 、 S_2 、 S_3 均置于 1 位, 具有功率检测 and 控制的功放模块输出额定功率, 测试并记录正、反向检测电压。
- b) 根据 a) 测得的正向功率检测电压的最大值 V_{+max} 和最小值 V_{+min} , 按公式 (8) 计算正向功率检测值频响。根据 a) 对正、反向功率检测电压进行比较, 结果应符合 3.4.22 a) 的要求。

$$V_{+f} = 20 \lg \frac{V_{+max}}{V_{+min}} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- V_{+f} ——正向功率检测值频响, dB;
- V_{+max} ——正向检测电压最大值, V;
- V_{+min} ——正向检测电压最小值, V。

- c) S_1 、 S_2 均置于 1 位, S_3 置于 3 位 (∞ 失配负载), 固定正向功率检测电压值 (一般取匹配状态下, 额定输出功率时, 正向检测电压平均值的二分之一或更小), 测试反向功率检测电压, 并进行比较, 结果应符合 3.4.22 b) 的要求。

d) 3.4.22 c) 由设计保证。

- e) 具有闭环控制功能的功放模块, 根据 4.7.3.4.2 测得的输出功率最大值 P_{0max} 和最小值 P_{0min} , 并按公式 (9) 计算输出功率波动 P_{of} , 结果应符合 3.4.22 d) 的要求。

$$P_{of} = P_{0max} - P_{0min} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- P_{of} ——输出功率波动, dB;
- P_{0max} ——输出功率最大值, dBm;
- P_{0min} ——输出功率最小值, dBm。

4.7.3.22 效率

按图 1 连接, 测试步骤如下:

- a) 调整射频信号源, 使功率计 2 指示的输出功率达到额定值, 记录电流、输出功率和功率计 1 指示的输入功率;
- b) 按公式 (10) 计算效率, 结果应符合 3.4.23 的要求。

$$\eta = \frac{P_0 - P_i}{E \times I} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- η ——效率, %;
- P_0 ——输出功率, W;
- P_i ——输入功率, W;
- E ——额定电源电压, V;
- I ——功放模块电流, A。

4.7.3.23 供电电源

功放模块的供电电源检查, 结果应符合 3.4.24 的要求。

4.7.4 电磁兼容性

功放模块的电磁兼容性试验应按 GJB 151A-1997 规定进行, 结果应符合 3.6 的要求。

4.7.5 一致性

功放模块的一致性试验应符合 3.7.8 的要求。

4.7.6 安全性

功放模块的安全性验证试验应符合 3.8 的要求。

4.7.7 标志和型号

功放模块的标志和型号可采用目视法检查, 结果应符合 3.7.6 的要求。

4.7.8 材料与零部件

检查功放模块所用的材料与零部件的供应商是否有合格资质, 检查结果应符合 3.7.1 的要求。

4.7.9 热设计

功放模块的热设计检查可以结合高温试验一起进行, 检查结果应符合 3.7.5 的要求。

4.7.10 环境适应性

4.7.10.1 低温

功放模块的低温试验按 GJB 150.4-1986 附录 A01 进行试验, 试验的严酷等级和要求由相关详细规范规定。

4.7.10.2 高温

功放模块的高温试验按 GJB 150.3-1986 附录 A02 进行试验, 试验的严酷等级和要求由相关详细规范规定。

4.7.10.3 温度冲击

温度冲击试验按 GJB 150.5-1986 的有关规定进行试验, 试验的严酷等级和要求由相关详细规范规定。

4.7.10.4 温度-高度

温度-高度试验按 GJB 150.6-1986 的有关规定进行试验, 试验的严酷等级和要求由相关详细规范规定。

4.7.10.5 振动

功放模块的振动试验按 GJB 150.16-1986 中的有关规定进行试验, 试验的严酷等级和要求由相关详细规范规定。

4.7.10.6 冲击

功放模块的冲击试验按 GJB 150.18-1986 中的有关规定进行试验, 试验的严酷等级和要求由相关详细规范规定。

4.7.10.7 湿热

功放模块的湿热试验按 GJB 150.9-1986 附录 A07 进行试验, 试验的严酷等级和要求由相关详细规范规定。

4.7.10.8 霉菌

功放模块的霉菌试验按 GJB 150.10-1986 中的有关规定进行试验, 试验的严酷等级和要求由相关详细规范规定。

4.7.10.9 盐雾

功放模块的盐雾试验按 GJB 150.11-1986 中的有关规定进行试验, 试验的严酷等级和要求由相关详细规范规定。

4.7.11 可靠性

功放模块的可靠性试验按 GJB 367A-2001 进行, 结果应符合 3.5 的要求。

4.7.12 连续工作时间

功放模块的连续工作时间按相关详细规范进行, 结果应符合 3.4.18 的要求。

5 交货准备

5.1 封存和包装

功放模块的包装应符合 GJB 367A-2001 中第 5 章的有关要求。经验收检验合格的功放模块连同产品质量证明、出厂技术文件、备用附件等按详细规范的规定包装。

5.2 装箱和标志

功放模块的装箱应符合 GJB 367A-2001 中第 5.4 的有关规定。

功放模块包装外壁的标志、包装储运图示标志应文字清楚、整齐、耐久，并符合 GJB 367A-2001 中第 5.5~5.8 和 GB/T 191 的要求。

5.3 运输

包装完好的功放模块可采用正常的陆、海、空交通工具运输。运输过程中应有防雨、防尘、防日晒、防撞冲的措施。运输要求应符合 GJB 367A-2001 中 5.9 的规定。

5.4 贮存

功放模块的贮存应符合 GJB 367A-2001 中 5.10 的规定。

6 说明事项

6.1 预定用途

符合本规范要求的模块用于构成通信、导航设备及与之对应的电子对抗设备用发射机的功率放大器、功率放大器组件或发射单元。

6.2 订货文件应明确的内容

根据需要，在合同或订货单中规定下列内容：

- a) 本规范的编号、名称；
- b) 功放模块的名称、等级；
- c) 数量；
- d) 包装等级；
- e) 特殊要求。

中华人民共和国
国家军用标准
射频固态功率放大模块通用规范
GJB 7084-2010

*

总装备部军标出版发行部出版
(北京东外京顺路7号)
总装备部军标出版发行部印刷车间印刷
总装备部军标出版发行部发行
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 $\frac{3}{4}$ 字数 51千字
2010年12月第1版 2010年12月第1次印刷
印数 1-500

*

军标出字第 8129 号 定价 48.00 元

军标出版

军标出版

军标出版

版权所有

翻印无效

版权所有

翻印无效