

ITU-R F.240-7建议书^{**}

在约30 MHz以下频率的固定业务中各类发射的信号/干扰保护比

(ITU-R 第143/9号课题)

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1986-1990-1992-2006年)

范围

本建议书阐述了30 MHz以下固定业务各类发射的最小信号/干扰保护比及频率间隔。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 需要有关于各类发射的信号干扰保护比知识，

建议

1 表1所列稳定条件（在该条件以下会出现有害干扰）的信号干扰保护比的值应被认为适合于所指出的发射；

2 为了提供未在表1中列出的稳定条件的信号干扰保护比的数值和重新研究所列出的数值，应继续进行研究；

3 为了决定所给出的临时的衰落余量值是否可以接受或是应进行修改，应继续开展与ITU-R F.339建议书相关的研究工作；

4 同时，可以将给出的数值看作临时的总衰落余量（合成的衰落安全系数、强度起伏系数）并且和适合于各类发射的信号干扰保护比（对稳定条件）一起可以作为一项指南；

* 本建议书应提请无线电规则委员会和无线电通信第1研究组注意。

** 根据ITU-R第44号决议，无线电通信第9研究组在2000年对本建议做了编辑性修正。

表 1

保护比和频率间隔的最低要求*

有用信号		干扰信号发射类别																											
发射类别		电 报												电 报								电 报							
		A1A 人工				A1B 50 波特 ⁽¹⁾				A1B 100 波特				A2A 人工				A2B 24 波特				F1B 50 波特 2D = 200 Hz ⁽¹⁾				F1B 50 波特 2D = 280 Hz ⁽¹⁾			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz	
A1A电报 音频接收		13				13				13								13				13				13			
A1B电报 50波特印字电报机 B = 500 Hz		13				11	0.36	0.44	1.41	(2) 12	(2) 0.25	(2) 0.35						13				13				13	0.46	0.54	1.24
A1B电报 100和120波特印码 电报机		13				13				13								13				13				13			
A2A 电报 音频接收																													
A2B电报, 24波特																													
F1B电报 ⁽³⁾ 50 波特, 印字电报机 2D = 280 Hz: B = 500 Hz						1.0	0.2	0.28	0.6	3								7				7.0	0.32	0.39	0.67				
F1B 电报 50波特印字电报机 2D = 400 Hz: B = 500 Hz						1.0				(2) 3	(2) 0.35	(2) 0.50						7				7							
F7B 电报 200波特, 印字电报机 ARQ 2D = 400 Hz B = 500 Hz		4				4				4																			
F7B 电报 200波特, 印字电报机 ARQ 2D = 400 Hz: B = 500 Hz		4				4				(4) 4	(4) 0.40	(4) 0.55																	
F7B ⁽²⁾ , 50 波特印字电报机 2D = 1 200 Hz B = 1 200 Hz		通路 1																8				8							
		通路 2																18				18							
R3C 传真电报		16				16				16								16				16				16			
F3C 传真电报 60 rpm, B = 1 000 Hz		15				15				15	1.00	1.20						15				15				15			
A3E 电话双边带	勉强可用	13				13				13				1				1				21				21			
	勉强可商用	29				29				29				17				17				33				33			
	良好的商用	56				56				56				44				44				60				60			
H3E 电话 单边带全 载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	7				7				7				-5				-5				15				15			
	勉强可商用	23				23				23				11				11				27				27			
	良好的商用	50				50				50				38				38				54				54			
R3E 电话 单边带压 缩载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	2				2				2				-10				-10				10				10			
	勉强可商用	18				18				18				6				6				22				22			
	良好的商用	45				45				45				33				33				49				49			
J3E 电话 单边带抑 制载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	1				1				1				-11				-11				9				9			
	勉强可商用	17				17				17				5				5				21				21			
	良好的商用	44				44				44				32				32				48				48			
R8E 电话 两个独立 边带压缩 或抑制载 波 ⁽⁵⁾	勉强可用	7				7				7				-5				-5				15				15			
	勉强可商用	23				23				23				11				11				27				27			
	良好的商用	50				50				50				38				38				54				54			
J7B 多路音频电报 250-3 000 Hz		17.5				17.5				17.5												20.5				20.5			
J7B 多路音频电报 300-3 400 Hz ⁽⁶⁾		17.5				17.5	1.7	1.7	8.0	17.5	1.7	1.8	9.1									20.5	1.9	1.9	2.0	20.5			
R7B 多路音频电报抑制 载波		18.5				18.5				18.5												21.5				21.5			
J2D数据传输单边带抑 制载波PSK/QAM ⁽¹³⁾		9				9				9				9				9				9				9			

表 1 (续)

有用信号			干扰信号发射类别																											
发射类别			电 报								电 报								电 报											
			F7B 200 波特 2 <i>D</i> = 3 000 Hz				A1B 200 波特 2 <i>D</i> = 1 200 Hz				R3C				F3C				A3E DSB ⁽⁷⁾				H3E 全载波				R3E 压缩载波			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
			dB	kHz			dB	kHz			dB	kHz			dB	kHz			dB	kHz			dB	kHz			dB	kHz		
A1A电报 音频接收			3				3										5				5				10					
A1B电报 50波特印字电报机 <i>B</i> = 500 Hz			3				3										5				5				10					
A1B电报 100和120波特印码 电报机 <i>B</i> = 500 Hz			3				3										5				5				10					
A2A 电报 音频接收																	5				11				16					
A2B电报, 24波特																	5				11				16					
F1B电报 ⁽³⁾ 50 波特, 印字电报机 2 <i>D</i> = 280 Hz: <i>B</i> = 500 Hz			2				2										-3				3				8					
F1B 电报 50 波特印字电报机 2 <i>D</i> = 400 Hz: <i>B</i> = 500 Hz			2				2										-3				3				8					
F7B 电报 100波特, 印字电报机 ARQ 2 <i>D</i> = 400 Hz: <i>B</i> = 500 Hz			4				4																							
F7B 电报 200波特, 印字电报机 ARQ 2 <i>D</i> = 400 Hz: <i>B</i> = 500 Hz			4				4																							
F7B ⁽²⁾ , 50 波特, 2 <i>D</i> = 1 200 Hz <i>B</i> = 1 200 Hz	通路 1	8				8	1.24	1.33	2.32																					
	通路 2	18				18	1.33	1.51	3.08																					
R3C 传真电报			16				16																							
F3C 传真电报 60 rpm, <i>B</i> = 1 000 Hz			15				15																							
A3E 电话双边带	勉强可用	17				17				19				20			6				12				17					
	勉强可商用	35				35				34				35			18				24				29					
	良好的商用	66				66				64				65			39				45				50					
H3E 电话 单边带全 载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	11				11				13				14			0				6				11					
	勉强可商用	29				29				28				29			12				18				23					
	良好的商用	60				60				58				59			33				39				44					
R3E 电话 单边带压 缩载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	6				6				8				9			-5				1				6					
	勉强可商用	24				24				23				24			7				13				18					
	良好的商用	55				55				53				54			28				34				39					
J3E 电话 单边带抑 制载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	5				5				7				8			-6				0				5					
	勉强可商用	23				23				22				23			6				12				17					
	良好的商用	54				54				52				53			27				33				38					
R8E 电话 两个独立 边带压缩 或抑制载 波 ⁽⁵⁾	勉强可用	11				11				13				14			0				6				11					
	勉强可商用	29				29				28				29			12				18				23					
	良好的商用	60				60				58				59			33				39				44					
J7B 多路音频电报 250-3 000 Hz			20.5				20.5																							
J7B 多路音频电报 300-3 400 Hz ⁽⁶⁾			20.5	3.2	3.3	5.1	20.5																							
R7B 多路音频电报抑制 载波			21.5				21.5																							
J2D数据传输单边带抑 制载波PSK/QAM ⁽¹³⁾			9				9			9			9			9			9			9			9					

表 1 (续)

有用信号		干扰信号发射类别															
发射类别		电 报								电 报							
		J3E 抑制载波				B8E 压缩或抑制载波				J2B				H2A/H2B			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		dB	kHz			dB	kHz			dB	kHz			dB	kHz		
A1A电报音频接收		11				5				13				7			
A1B电报50波特印字电报机 $B = 500$ Hz		11				5				13				7			
A1B电报100和120波特印码电报机 $B = 500$ Hz		11				5				13				7			
A2A 电报音频接收		17				11											
A2B电报, 24波特		17				11											
F1B电报 ⁽³⁾ 50 波特, 印字电报机 $2D = 280$ Hz; $B = 500$ Hz		9				3				3				-3			
F1B 电报 50波特印字电报机 $2D = 400$ Hz; $B = 500$ Hz		9				3				3				-3			
F7B 电报 100波特, 印字电报机 ARQ $2D = 400$ Hz; $B = 500$ Hz										4				-2			
F7B 电报 200波特, 印字电报机 ARQ $2D = 400$ Hz; $B = 500$ Hz										4				-2			
F7B ⁽³⁾ , 50 波特印字电报机 $2D = 1\,200$ Hz $B = 1\,200$ Hz	通路 1																
	通路 2																
R3C 传真电报										16				10			
F3C 传真电报 60 rpm, $B = 1\,000$ Hz										15				9			
A3E 电话双边带	勉强可用	18				12				13				7			
	勉强可商用	30				24				29				23			
	良好的商用	51				45				56				50			
H3E 电话单边带全载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	12				6				7				1			
	勉强可商用	24				18				23				17			
	良好的商用	45				39				50				44			
R3E 电话单边带压缩载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	7				1				2				-4			
	勉强可商用	19				13				18				12			
	良好的商用	40				34				45				39			
J3E 电话单边带抑制载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	6				0				1				-5			
	勉强可商用	18				12				7				11			
	良好的商用	39				33				44				38			
R8E 电话两个独立边带压缩或抑制载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	12				6				7				1			
	勉强可商用	24				18				23				17			
	良好的商用	45				39				50				44			
J7B 多路音频电报 250-3 000 Hz										17.5				11.5			
J7B 多路音频电报 300-3 400 Hz ⁽⁶⁾										17.5				11.5			
R7B 多路音频电报抑制载波										18.5				12.5			
J2D数据传输单边带抑制载波PSK/QAM ⁽¹³⁾		9				9				9				9			

表 1 (完)

有用信号		干扰信号发射类别																为保护衰落信号不受衰落强度每日均发生波动的干扰信号的影响而制定的临时性总衰落容限（见 ⁽⁹⁾ ）（编号为1的列中加上dB）			
发射类别		多路音频电报												数据传输							
		J7B抑制载波 250-3 000 Hz				J7B抑制载波 300-3 400 Hz				R7B压缩载波				J2D PSK/QAM							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			无分集	分集
A1A电报音频接收															11						
A1B电报50波特印字电报机 <i>B</i> = 500 Hz															11						27 ⁽¹⁰⁾
A1B电报100和120波特印码电报机 <i>B</i> = 500 Hz															11						
A2A 电报音频接收															17						
A2B电报，24波特															17						
F1B电报 ⁽³⁾ 50 波特，印字电报机 <i>2D</i> = 280 Hz: <i>B</i> = 500 Hz															9						
F1B 电报 50波特印字电报机 <i>2D</i> = 400 Hz: <i>B</i> = 500 Hz															9						27 ⁽¹⁰⁾
F7B 电报 100波特，印字电报机 ARQ <i>2D</i> = 400 Hz: <i>B</i> = 500 Hz																					
F7B 电报 200波特，印字电报机 ARQ <i>2D</i> = 400 Hz: <i>B</i> = 500 Hz																					12 ⁽¹¹⁾
F7B ⁽³⁾ ，50 波特印字电报机 <i>2D</i> = 1 200 Hz <i>B</i> = 1 200 Hz	通路 1																				
	通路 2																				
R3C 传真电报																				20	
F3C 传真电报 60 rpm, <i>B</i> = 1 000 Hz																				20	
A3E 电话双边带	勉强可用	20				20				19				18							
	勉强可商用	34				34				33				30							
	良好的商用	56				56				55				51					17 ⁽¹²⁾		
H3E 电话单边带全载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	14				14				13				12							
	勉强可商用	28				28				27				24							
	良好的商用	50				50				49				45							
R3E 电话单边带压缩载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	9				9				8				7							
	勉强可商用	23				23				22				19							
	良好的商用	45				45				44				40					17 ⁽¹²⁾		
J3E 电话单边带抑制载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	8				8				7				6							
	勉强可商用	22				22				21				18							
	良好的商用	44				44				43				39					17 ⁽¹²⁾		
R8E 电话两个独立边带压缩或抑制载波 ⁽⁵⁾	勉强可用	14				14				13				12							
	勉强可商用	28				28				27				24							
	良好的商用	50				50				49				45							
J7B 多路音频电报 250-3 000 Hz																					
J7B 多路音频电报 300-3 400 Hz ⁽⁶⁾																					
R7B 多路音频电报抑制载波																					
J2D数据传输单边带抑制载波PSK/QAM ⁽¹³⁾		9				9				9				9							

表1的说明：

DSB：双边带

ISB：独立边带

SSB：单边带

* 在“发射类型”一列中， B 表示接收机带宽， $2D$ 表示总频率偏移。

(¹) 干扰信号的带宽限制在500Hz以内。

(²) 对应于字符差错概率 $P_c=0.0001$ 。

(³) 对应于字符差错概率 $P_c=0.001$ 。

(⁴) 对应于90%的业务效率。

(⁵) 在稳定条件下，电话的保护比已由附件1和2中所提供的资料导出。A3E电话的数值仅适用于SSB接收机接收时。

(⁶) 由附件3中的资料推导出的数值。

(⁷) 70%的平均调制度；各边带分量扩展到 ± 3 kHz。

(⁸) 对于衰落保护因子和衰落强度起伏因子的组合容限。

(⁹) 利用了两个衰落无关信号的无线电概率分布。对于这两个信号，总的衰落强度起伏容限为7 dB，这是在0 dB和14 dB之间的折衷，0 dB近似地表示两个信号衰落强度起伏明显相关，而14 dB则近似地表示两者互不相关。

(¹⁰) 对应于99.99%时间内的保护。

(¹¹) 基于90%的业务效率。

(¹²) 基于90%的保护。

(¹³) J2D有用信号的保护比为有用信号中用户数据速率为3.2 kbit/s时的值。对于其它数据速率，校正因数（dB）如下所示：

用户数据速率（kbit/s）	3.2或更小	4.8	6.4	8.0	9.6	12.8
校正系数（dB）	0	4	7	10	12	18

5 J3E发射保护比的测量应参考附件1；

6 关于导出保护比的变换因子应该参考附件2；

7 关于保护比的测量和J7B类发射的最小必要频率间隔应参考附件3。

8 应将下述注作为本建议书的一部分。

注1 – 所建议的值的的应用只可能得到一个估计值，对不同长度的无线电电路，可能必须加以调整，这取决于这些无线电电路上所需要的业务等级和具体的传播条件。在计算快速或短期衰落的衰落安全因子时，除高速自动电报业务以外，接收到的衰落信号已经使用了对数—正态振幅分布（对于中值电平与10%或90%时间被超过电平之比使用7 dB）。在高速自动电报业务情况下，已经根据瑞利分布的假设计算保护值。

注2 – 表1对第1列中每一干扰信号提供了保护比，作为有用信号与无用信号之比。当干扰发射的占用频段或者完全落在接收机的通频段以内或完全包括接收机的通带时，这些信号的功率用峰值包络功率（ PX ）来表示。

当一个信号用平均功率（ PY ）或载波功率（ PZ ）表示时，适当地使用ITU-R F.326建议书中给出的变换因子就可以得到相应的保护比的数值。

对于J2D发射的有用信号，保护比用有用和无用信号功率比表示，其中信号功率用平均功率表示。

注3 – 表1中的第2、3和4列表示了干扰信号电平分别比有用信号高0、6和30 dB时，所指配的有用信号频率和干扰信号频率之间必要的频率间隔（根据《无线电规则》的第1.148款，指配的频率为该指配频段的中心）。

注4 – 信号处理技术（如链接压扩器、同步压扩器等）和噪声抑制器及陷波滤波器的使用可能降低无线电话信号对干扰的敏感程度。

附件 1

J3E发射的保护比的测量

1 引言

《无线电规则》第1.170款对保护比的定义如下：

“保护比（R.F.）：接收机输入端有用—无用信号比的最小值，一般以分贝表示。它是在接收机的输出端达到规定的接收质量的特定条件下确定的。”

在话音通信保护比的研究中有两个基本的困难。一是确定采用哪种形式的信号功率比，二是如何严格确定与干扰所引起的业务劣化有关的评价类型。

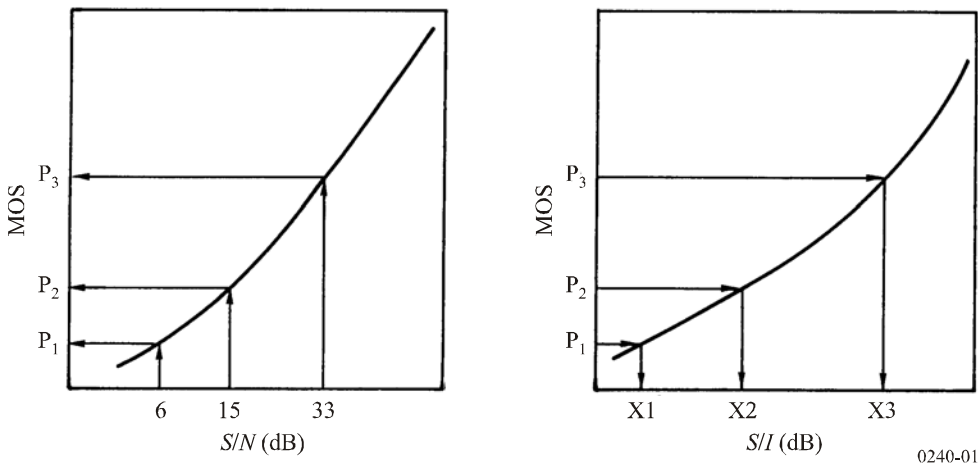
本附件所描述的测量方案以ITU-R F.339建议书为基础，其中，33 dB、15 dB和6 dB的音频信号噪声比（ S/N ）分别对应于良好的商用、勉强可商用和勉强可用三种业务等级。目的是在不同干扰信号条件下，得到那些给出与规定的 S/N 比所对应的意见分相同的意见分的音频信号干扰比（ S/I ）。

2 测量

2.1 测量原理

从评估测试中可以获得平均意见分（MOS）与 S/N 比和MOS与 S/I 比的关系曲线。从这些曲线中，对于和33 dB、15 dB和6 dB的每一 S/N 值所对应的MOS值相同的MOS值（ P_1 、 P_2 和 P_3 ），得到与上述各种业务等级相对应的 S/I 比（ X_1 、 X_2 、 X_3 ）（见ITU-R F.339建议书）。该方法如图1所示。

图 1
通过MOS实现的 S/N 到 S/I 特点



0240-01

2.2 干扰信号

在有用的J3E发射（日本男性和女性的话音信号）中加入如表2所示的A1B、F1B、F3C、F7B、J7B和J3E发射作为干扰信号。除了J7B发射外，所有干扰信号的中心频率均设置为1 400Hz，而J7B发射占据0.3到3.0 kHz的频段。

表 2
干扰信号类别

发射类别	频偏 (Hz)	调制速率 (Bd)
A1B	—	100
F1B	400	200
F3C	800	(60 rpm)
F7B	600	100
J7B	每个通路为85	每个通路为100
J3E	—	—

2.3 测试方法

2.3.1 测试话音样本与发送顺序

如表3所示，将对应于14个不同的*S/N*比和15个不同的*S/I*比的总共29个测试话音样本，随机地提供给听众进行评估。每个话音样本的持续时间为5 s，两个连续样本之间有10 s的无声空隙。这段空隙是供听众在调查表上记录话音质量用的。

表3
测试话音样本随机发送顺序的一例

样本编号	功率比（dB）		发送顺序
1	<i>S/N</i>	0 ⁽¹⁾	14
2		4	4
3		6	25
4		8	27
5		12	23
6		15 ⁽¹⁾	9
7		20	29
8		24	22
9		28 ⁽¹⁾	13
10		33	24
11		36	16
12		40 ⁽¹⁾	1
13		44	8
14		48 ⁽¹⁾	11
15	<i>S/I</i>	8	19
16		4 ⁽¹⁾	10
17		0	26
18		4 ⁽¹⁾	5
19		8 ⁽¹⁾	17
20		12 ⁽¹⁾	7
21		16	12
22		20	15
23		24	20
24		28	3
25		32	21
26		36 ⁽¹⁾	28
27		40	18
28		44 ⁽¹⁾	6
29		48	2

注1 – 上述样本和发送顺序用于F1B干扰信号条件下作预备测试。

⁽¹⁾ 这些功率比是选择用来进行详细测试的。

2.3.2 平均意见分（MOS）

话音质量是由一套五级听觉评分制（参见ITU-T黄皮书，卷V附录2的第3段）来评定的：

- 4 可以完全放松（无需费力）
- 3 需要注意（有点费力）
- 2 比较费力
- 1 需要很大的努力
- 0 无论如何努力，都无法听懂

MOS是由12个日本听众（5男7女）的打分的平均值得出的。

2.3.3 收听条件

在收听测试中，采用ITU-T P.74建议书和附录2中所描述的标准条件，将其列举如下：

- 电话机：No.601（增加了侧音）
- 室内噪声：+36 dB (A)
- 声压级：75-80 dB

2.3.4 S/N 比与 S/I 比的设定

测试系统构成的方框图如图2所示。用于测量的磁带是这样准备的：

- 分别将话音信号和干扰信号提前录入模拟磁带。将这些信号重放后，由A/D变换器（12比特）进行数字化，并以数字数据的形式录入磁带（MT-A）。A/D变换器的采样频率为8 kHz；
- 在计算机（CPU）中，根据下式来计算有用话音信号、干扰信号和噪声的平均功率以及给出所要求的 S/I 或 S/N 比的系数 α ：

$$S/I \text{ (或 } S/N) = 10 \log \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i)^2}{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (\alpha d_k)^2}$$

式中：

d_i ：有用信号振幅的采样数据

d_k ：干扰信号振幅的采样数据

α ：用于设定 S/N 或 S/I 比的系数

- 将干扰信号振幅的每个采样值（ d_k ）乘以系数 α ，再加上有用信号振幅的采样值（ d_i ），这样就得到了预先确定的测试话样本（ S_i ）的 S/I 或 S/N 比，这两者的和（ S_i ）由D/A变换器转换成模拟信号（ $S_i = \alpha d_k + d_i$ ）。

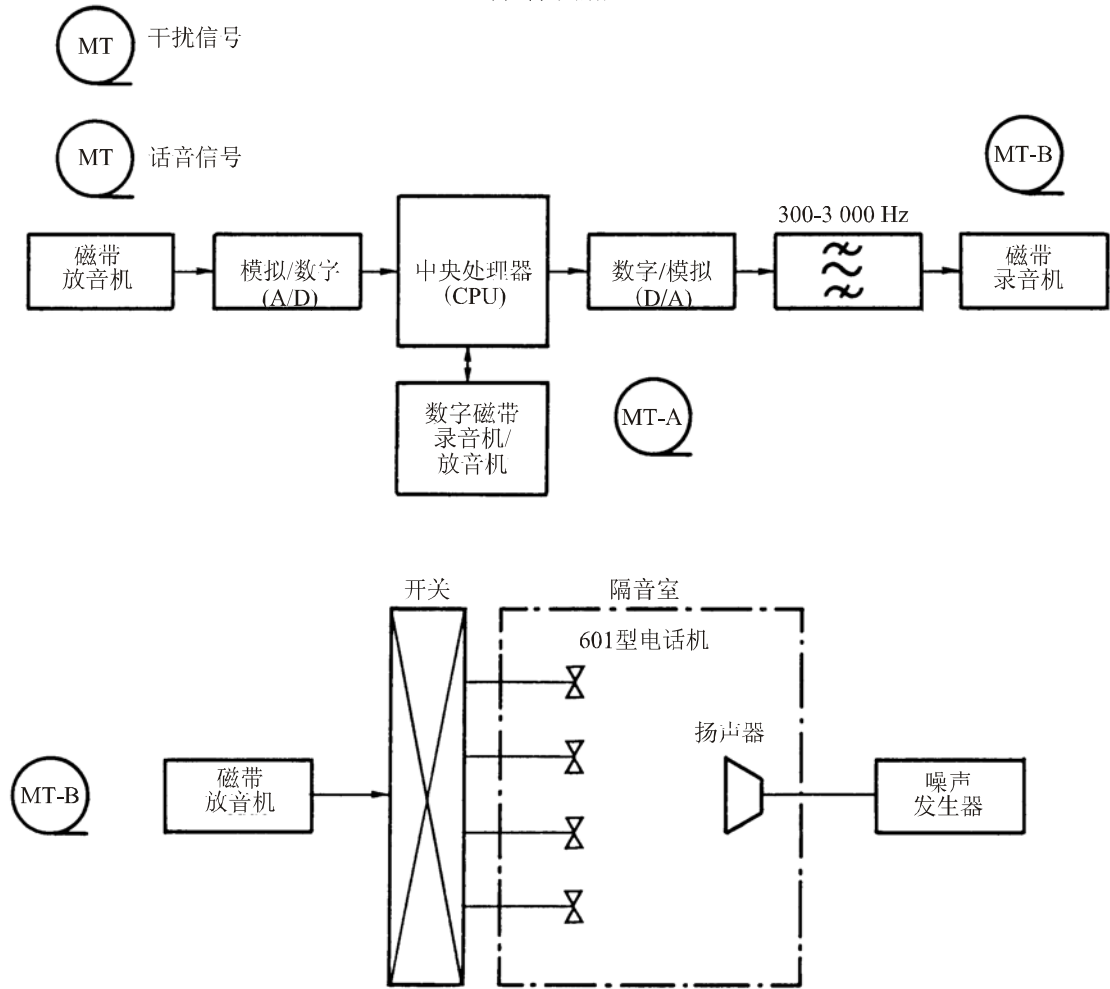
表4列出了测得的该信号的平均功率与峰值包络功率的比值。

2.3.5 话样本发送顺序的确定

作为一个例子，表3给出了29个测试话样本的随机发送顺序。各样本的数字化信号由D/A变换器转换成模拟信号，在通过一带宽为3 kHz的滤波器后，录入磁带B（MT-B）。

以上步骤由计算机自动进行。

图 2
测试系统的配置



MT: 磁带

0240-02

表4
测得的平均功率与峰值包络功率的比值

发射类别	平均功率 ⁽¹⁾ 对峰值包络功率比 (dB)	平均功率 ⁽²⁾ 对峰值包络功率比 (dB)
J3E	-15	-17.5
A1B	0	-3.2
F1B	0	0
J7B	-11	-

(1) 该平均功率是在信号电平高于一个几乎可以忽略的很小门限电平的时间内平均的。

(2) 该平均功率是在所有时间，包括无信号的时间内平均的。

3 测量结果

3.1 MOS与 S/N 比的关系

如表3所示，对29个话音样本的各个分组，测得了对应于各 S/I 和 S/N 比的MOS。再利用MOS与 S/N 的关系数据，推导出分别对应于勉强可用、勉强可商用和良好的商用三种业务等级的 S/I 比。

将对应于14个测试 S/N 比中的每一个 S/N 比的所有480个MOS值平均后，得到一个略带偏差的平均值。计算出的各个 S/N 平均值的95%的置信区间在0.072和0.039之间。

这样得到的14种 S/N 条件下的平均值由图3到图8中的黑圈表示。

3.2 MOS与 S/I 比的关系

同样，对于MOS和 S/I 的关系数据，相对于三种业务等级中的每一种的 S/I 比，其MOS等级可通过对图3到图8中所示的两个 S/I 平均值进行内插或外延来得到。

在图3到图8中，每个值都代表各种 S/I 情况比下，240次MOS测试的平均值， P_1 、 P_2 和 P_3 分别代表勉强可用、勉强可商用和良好的商用三种业务等级。

对于 S/I 的测量，为了提高测试的可靠性，并节省时间，只对有限数目的 S/I 值（图3到图8中6个黑方框内的点）进行了详细测试，指望它们能给出与三种业务等级所对应的 S/N 比非常接近的MOS。

对于J7B的测试，对所有测得的MOS与 S/I 比的数值计算出的置信区间在0.06到0.117之间。

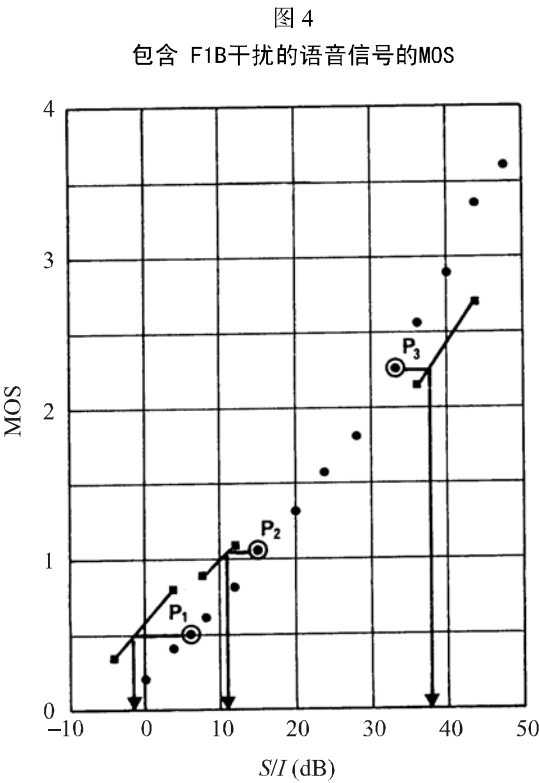
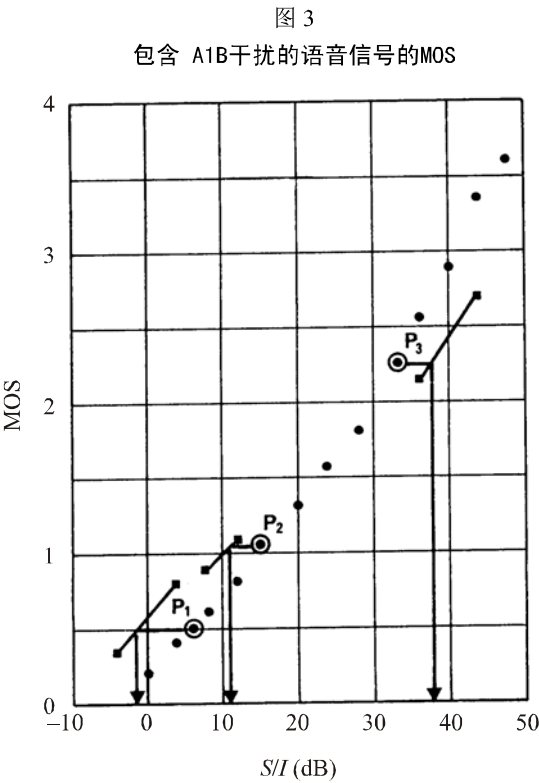
4 各种考虑

4.1 MOS

有意思的是，在图3到图8中，MOS与 S/I 比的关系曲线和MOS与 S/N 比的关系曲线在某些点上相交。这在测试前未曾预料到。例如，当干扰信号是F1B或A1B发射时， S/I 比较小的情况下，噪声比干扰更令人讨厌。另一方面， S/I 比较大的情况下，由于干扰信号容易识别，因而干扰信号比白色高斯噪声更令人讨厌。

4.2 保护比

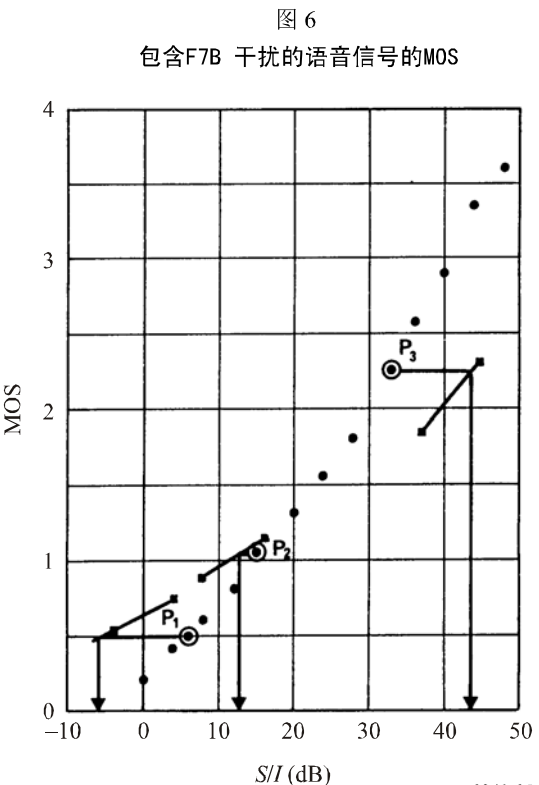
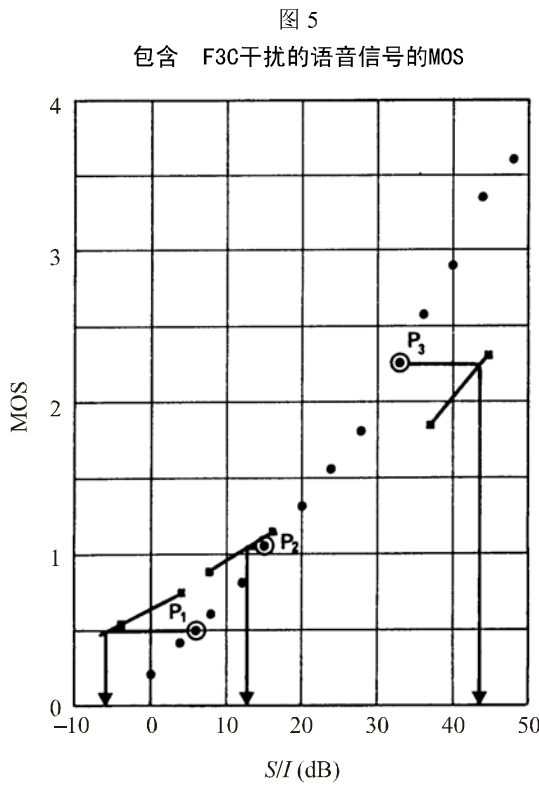
基于上述测量，在各种干扰信号条件下，J3E发射所要求的 S/I 比如表5所示。为了得到J3E发射的射频保护比，必须利用各种干扰发射的功率比之间的关系，对表5中的数值进行转换。附件2讨论了在各种干扰信号条件下，用于获得各类发射的保护比的转换系数。



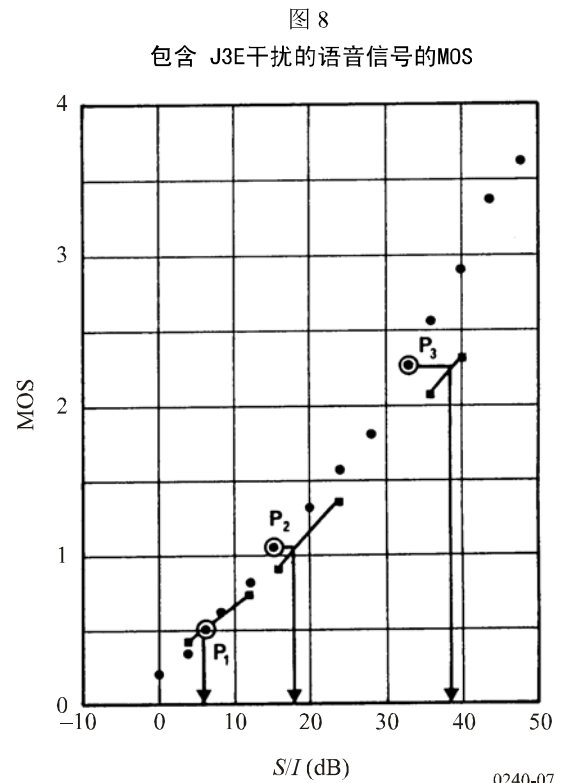
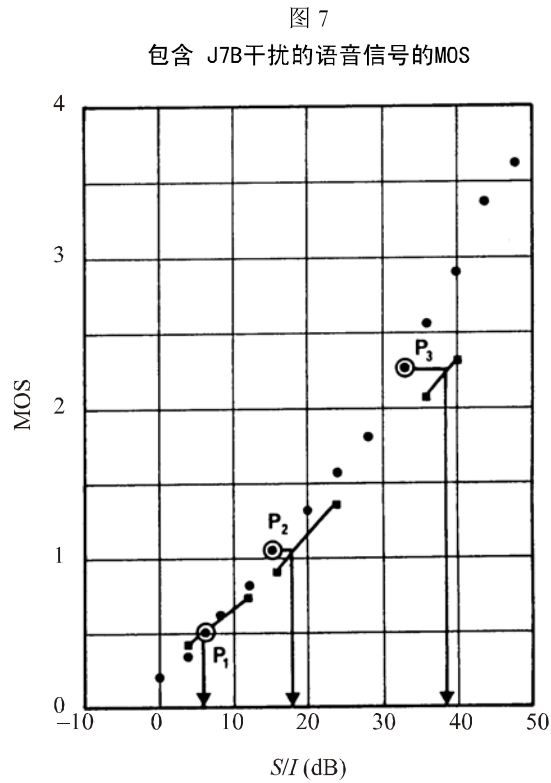
注 1 – 图3到图8中的 • 表示S/N比对应的MOS。

注 2 – P₁、P₂ 和 P₃ 分别代表勉强可用、勉强可商用和良
好的商用三种业务等级。

0240-03



0240-05



0240-07

表 5

各种干扰信号条件下，J3E 发射所要求的 S/I 比

干扰信号类型	要求的 S/I 比 (dB)		
发射类别	勉强可用	勉强可商用	良好的商用
A1B	-9 (-17)	7 (-8)	34 (10)
F1B	-1 (-6)	11 (3)	38 (21)
F3C	-2 —	13 —	43 —
F7B	-5 —	13 —	44 —
J7B	4 —	18 —	40 —
J3E	6 —	18 —	39 —
白色高斯噪声	6 (5)	15 (14)	33 (32)

注1—各栏中括号内的数值为第 1 研究组在第 525 号报告（杜塞尔多夫）中给出的保护比。

注2—A1B 和 T3E 的音频信号功率是在信号电平高于一个特定门限的时间内测得的。

附件 2

用于保护比推导的转换系数

1 引言

表1列出了J3E、R3E、H3E、A3E和B8E发射（无线电电话）的保护比。它们是由附件1中所给出的J3E保护比的测量结果推导出来的。

本附件叙述了由附件1中的平均功率测量值到本建议书所给出的保护比之间的转换。这些保护比是以峰值包络功率（ PX ）的形式来表示的。

诸如A1A、A1B、A2A、F1B、F7B、A2B、R3C、F3C、J7B和R7B发射之类的非话发射，也可利用转换系数这一概念来得到其保护比。

2 保护比的计算

2.1 计算方法

由附件1的表5所列出的J3E发射对抗各种干扰信号所需的 S/T 比和表6所列出的干扰信号为无线电电话信号时的转换系数，可以得到各种无线电电话信号保护比。当干扰信号为无线电电话信号时，应采用下列转换系数：

- F1B、F7B和F3C发射时， PX 等于平均功率（ PY ）：
 - J7B发射的 PX 比 PY 高6 dB；
 - R7B发射的 PX 比 PY 高7 dB；
 - A1B和J2B（载波可忽略）发射的 PX 比 PY 高3 dB；
 - H2A/H2B发射的 PX 比 PY 高6 dB，并与J2B发射的 PX 相同；
 - R3C发射的 PX 比 PY 高1 dB；
 - A1A和A1B（50 Bd）发射的 PX 与A1B（100波特）发射的相同；
 - A2A发射的 PX 与A2B发射的 PX 相同；
 - 无论其通路速率与频偏为多少，来自F1B和F7B发射的干扰是相同的。

2.2 J3E发射

对于勉强可用、勉强可商用和良好的商用三种业务等级，表5中的数值分别为-1、11和38 dB，干扰信号是200 Bd的F1B发射，其频偏为400 Hz。

由于一般将发射功率定义为峰值包络功率（ PX ），为实用起见，保护比应当以峰值包络功率（ PX ）的比来表示。在稳态条件下，以 PX 比形式表示的J3E的保护比为9、21和48 dB，这是因为J3E和F1B发射的 PX 与 PY 的功率比分别为10 dB和0 dB。

表6
转换系数

发射类别	$PX-PZ$ (dB)	$PX-P_{ys}$ (dB)	$P_{xs}-P_{ys}$ (dB)	$PX-P_{xs}$ (dB)
J3E	>40	10	10	0
R3E	20	11	10	1
H3E	6	16	10	6
A3E	6	22	10	12
B8E	>40 或 20	16	10	6

PX : 峰值包络功率

PZ : 载波功率

P_{xs} : 单个话音通路的峰值包络功率即一个参考正弦波的功率

P_{ys} : 单个话音通路的平均功率

2.3 R3E、H3E和A3E发射

当一个边带的 PX 等于参考功率时，R3E、H3E和A3E的峰值包络功率分别比J3E发射的 PX 高1、6和12 dB。因此，对R3E、H3E和A3E发射的保护比应当分别比对J3E发射的保护比高1、6和12 dB。

利用上述转换系数所得到的对A3E发射的保护比，只适用于SSB接收机接收的情况，这是因为已经假定干扰信号的中心频率比A3E发射的载波频率高1.4 kHz。

2.4 B8E发射

多路B8E发射的保护比是在假定其中一路有用发射受到干扰的条件下推导出来的。在这种情况下，干扰信号所占据的频段要么完全落入一个接近3 kHz的话音通道之内，要么完全将其覆盖。利用表6所列出的转换系数就可以得到多路B8E发射的保护比。

当B8E发射中一个话音通路的 PX 等于J3E发射的 PX 时，B8E发射的 PX 比J3E发射的高6 dB。这意味着对2路或4路B8E发射的保护比要比对J3E发射的高6 dB。

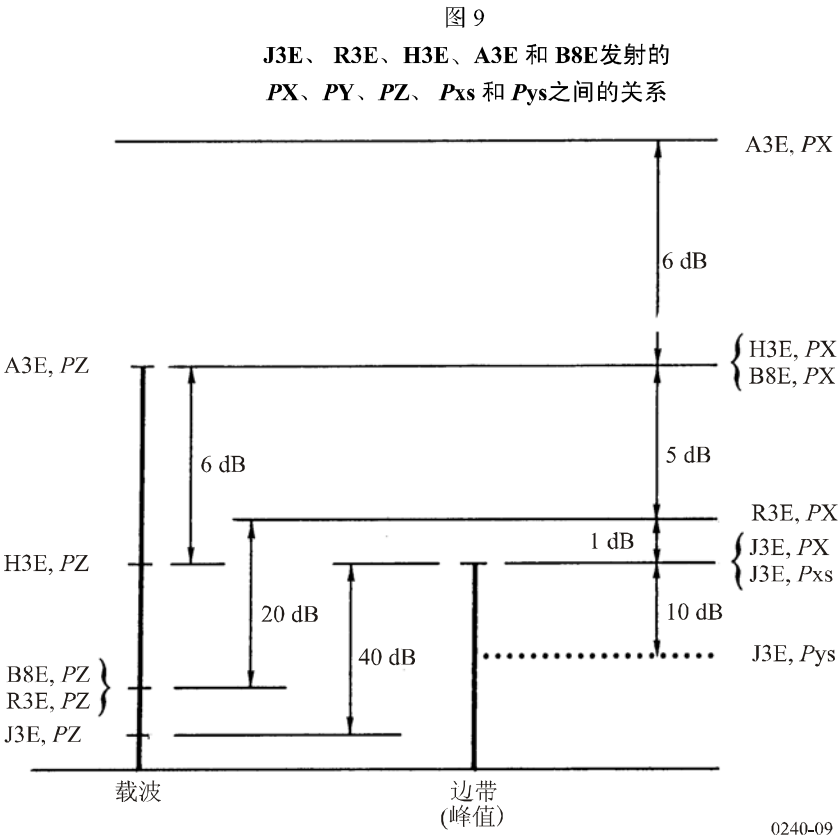
当干扰信号为R3E、B8E或J3E发射时，假定有用信号与无用信号的载波频率相同，并可以忽略有用信号和无用信号载波的影响，则利用表6中的转换系数就可以得到多路B8E发射的保护比。

3 有关转换系数的假设

在准备表6和图9时，作出了以下假设。

3.1 J3E发射

对于J3E发射，100%调制时的边带信号功率等于其峰值包络功率。



3.2 R3E发射

对于R3E发射，加入了一个功率比峰值包络功率低20 dB的导频，因而100%调制时的边带信号功率比其峰值包络功率低1 dB（见ITU-R F.339建议书中表1的注24）。

3.3 H3E发射

对于H3E发射，100%调制时的边带功率与导频功率都比峰值包络功率低6 dB。接收采用SSB接收机（见339建议书中表1的注23）。

3.4 A3E发射

对于A3E发射，加入了一个功率比峰值包络功率低6 dB的载波，100%调制时的边带信号功率比载波功率低6 dB。接收采用SSB接收机。

3.5 B8E发射

对于多路B8E发射，参考值为一个正弦振荡的功率，该振荡将发信机调制到其峰值包络功率的1/4（-6dB）。

对于3路或4路B8E发射，假定在各通路中都加上不同的调制信号（见ITU-T F.326建议书中表1的注2和注3）。

3.6 话音信号的平均功率

为了通顺地阅读电文，话音信号的平均功率比参考正弦波信号的功率低10 dB（见ITU-T F.326建议书中表1的注2）。

附件3

J7B发射类别的保护比与最小必需频率间隔的测量

1 引言

ITU-R F.240建议书（日内瓦，1982）将必需频率间隔定义为“当干扰信号电平分别比有用信号功率高0、6和30 dB时，指配给有用信号和干扰信号的频率之间的间隔”（在《无线电规则》第S1.148款中，指配的频率定义为“指配给一个台站的频段的中心频率”）。

HF频段数字通信中最有希望的方法之一是在一个单工无线信道的话音频段中，以副载波调频（FM）方式传输独立比特序列。在《无线电规则》中，其工作方式对应于J7B和R7B发射。为了计算保护比，所有可能的利用话音频段内频率的操作都应被看作是干扰信号。

干扰信号对多路电报信号的影响的理论估算通常构成一个在非稳定信道条件下进行分析的复杂非线性问题，这个问题只有在进行相当大程度的简化之后才能求解。

本附件给出了在稳定条件下，A1B、F1B和F7B发射干扰信号对J7B有用信号的影响的实验数据。A1B、F1B和F7B发射广泛应用于HF频段内的数字信息的发送。

2 实验

2.1 保护比的测量

实际上, 保护比可由图10所示电路得到。

有用信号为J7B发射。频率范围为300-3 400 Hz的基带信号由6个独立的子通路构成, 各子通路的频率由下式确定:

$$f_n = 600 + (n - 1) 480 \text{ (Hz)}$$

其中 n 为子通路序数, 如600 Hz、1 080 Hz、1 560 Hz、2 040 Hz、2 520 Hz和3 000 Hz。这些频率符合ITU-T R.38A建议书。通路滤波器通带宽度为270 Hz。

在各个子通路内, 对副载波 f_n 进行窄带调频, 其调制指数为0.6, 并以200 bit/s的速率传输数字信息。实验中, 数字信息源为6个独立的伪随机序列发生器产生的511比特的循环脉冲序列。

因此在调制解调器发信机的输出端, 有用信号的有效频段为300-3 400 Hz (符合ITU-T R.38A建议书), 而且具有恒定的平均功率。该信号用于以单边带抑制载波方式对无线电发信机进行调制。

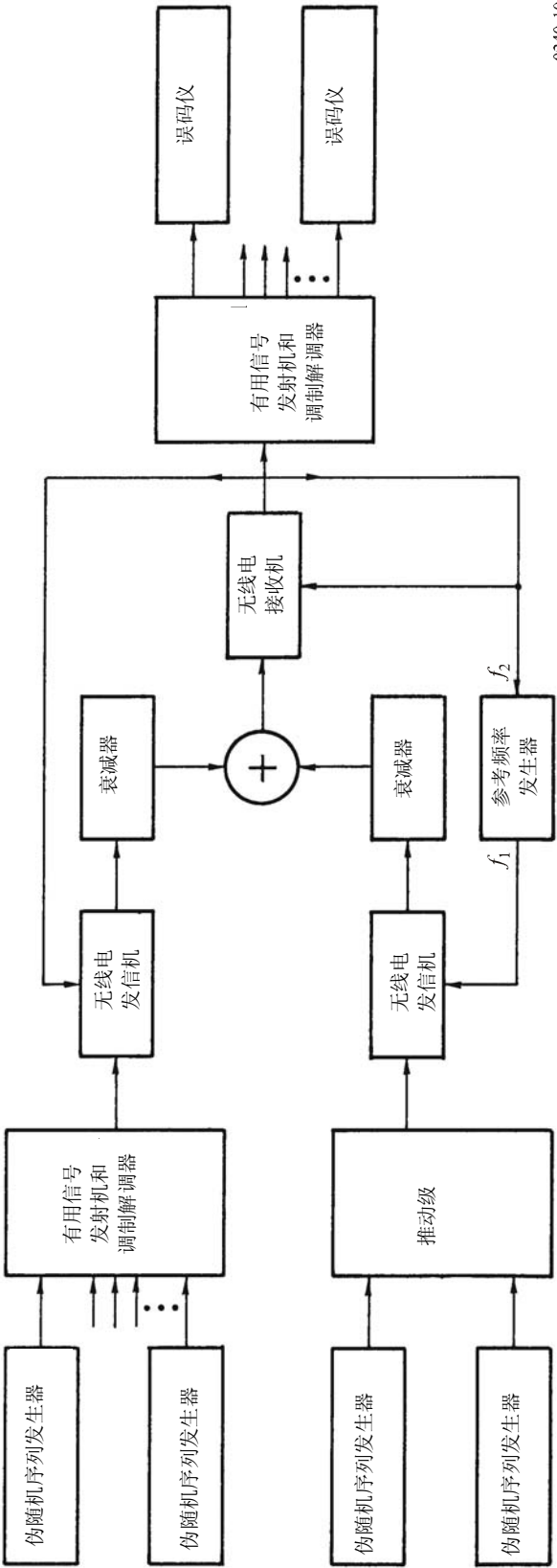
表7列出了干扰信号的主要特性。

干扰信号直接由无线电发信机的推动级获得, 该推动级是设计用来产生所研究的各类发射的 (表7)。

来自伪随机序列发生器 (与用于有用信号调制解调器的类似) 的数字信号, 被以50、100和200 bit/s的速率送至推动级输入端。通过改变推动级的工作方式, 可分别计算出各类干扰信号发射时, 干扰对有用信号的影响。

由于本研究的目的是为了确定稳定条件下的保护比, 所以无线电发信机可与接收机的输入端直接相连。

图 10
保护比的测量电路



0240-10

表 7
干扰信号的主要特性

干扰信号	总频偏, 2D (Hz)	调制速率 (bit/s)
A1B, 电报		50
		100
F1B, 电报 (一路)	200	50
	400	
	400	100
	500	100
		200
F7B, 电报 (在 300-3 400 Hz 频段内两个 子通路)	1 500	2×100
	3 000	2×200

由于在保护比的确定中还包括获得使各个子通路满足一定线路质量的最低信号干扰比，加上干扰信号频谱比多路信号频谱窄，通过使用参考频率发生器，实验电路可按照单边带接收机的频率 f_2 ，以100 Hz的步长来改变产生干扰信号的无线电发信机的工作频率 f_1 。因此，按照100 Hz的步长和600、1 080、1 560、2 040、2 520和3 000 Hz的子通路中心频率，可将干扰的中心频率相对于子通路中心频率分别偏移20、40、60、80和100 Hz。

这样就有可能将子通路内干扰影响最大的频率点确定下来，其频率准确度可达20 Hz。

干扰信号对有用信号的影响，是由接收机调制解调器中，任何一个子通路的有用信号的最大差错概率来确定的。

在实验条件下，任何一个子通路的最大比特差错概率不应大于 10^{-4} ，这对应于一般可以接受的HF数字信息传输质量。因此，当干扰频谱发生相对于SSB接收机的工作频段的偏移时，就选出了在有用信号调制解调器接收机中的任何一个子通路中出现最大差错概率的那个频率点。利用衰耗器来确定最小干扰电平，该干扰电平使得受影响最大的那个子通路的二进制符号差错概率不大于 10^{-4} 。这一点表征了可容许的干扰电平，因而也表征了多路信号的保护比。

在接收机的输入端，利用均方根电压表测量干扰信号和有用信号的功率。

表8的第1列里，列出了对不同干扰信号的测量结果。

2.2 最小频率间隔的确定

为了有效地利用无线电频谱（除了在有用信号与干扰信号频谱重叠时的最大干扰保护比那种情况之外），明确在干扰信号功率大于有用信号功率0 dB、6 dB和30 dB时，指配给有用信号和干扰信号的频率之间的最小间隔是很重要的。

表8

保护比和频率间隔的测量结果

有用信号		干扰信号：F1B发射类别																			
		50 Bd 2D = 200 Hz				50 Bd 2D = 400 Hz				100 Bd 2D = 400 Hz				100 Bd 2D = 500 Hz				200 Bd 2D = 500 Hz			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz	
J7B发射的多路电报 B = 3 100 Hz	FT ⁽¹⁾ 2D = 120 Hz	14.5	1.9	1.9	2.0	14.5	1.9	1.9	2.1	14.5	1.9	1.9	2.8	14.5	2.0	2.0	2.9	14.5	1.9	2.0	3.1
	2AT ⁽²⁾ 2D = 1 440 Hz	9.5	1.7	1.8	2.5	9.5	1.8	1.9	2.6	9.5	1.6	1.9	2.7	9.5	1.9	2.0	2.8	9.5	1.9	2.0	2.8

(续)

有用信号		干扰信号： 发射类别A1B								干扰信号： 发射类别F7B							
		50 Bd				100 Bd				100 Bd 2D = 1 500 Hz				200 Bd 2D = 3 000 Hz			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz	
J7B发射的多路 电报 B = 3 100 Hz	FT ⁽¹⁾ 2D = 120 Hz	14.5	1.7	1.7	8.0	14.5	1.7	1.8	9.1	14.5	2.4	2.5	3.5	14.5	3.2	3.3	5.1
	2AT ⁽²⁾ 2D = 1 440 Hz	10.5	1.7	1.7	8.0	10.5	1.7	1.7	8.1	10.5	2.4	2.5	3.5	10.5	2.8	2.9	4.7

⁽¹⁾ 6×200 Bd通路。⁽²⁾ 3×200 Bd通路。

《无线电规则》第1.148和1.149款将所涉及到各类发射的指配频率定义为这些发射所需频段的中心频率。因此，对于J7B有用信号，其指配频率对应于300-3 400 Hz频段的中心频率，该频段由基带信号占用，在ITU-T R.38A建议书中给出了基带信号的副载波间隔。

图10所示电路用于测量最小频率间隔。

实验中，频率差($f_2 - f_1$)的测量精度为100 Hz，而且在有用信号调制解调器接收机的所有的子通路中，差错概率都不超过 10^{-4} 。

表8的第2、3和4列中，分别列出了信号干扰比为0 dB、-6 dB和-30 dB时的测量结果。

2.3 多工模式2AT的测量

第2.1和2.2中所描述的测量也可用于多工模式2AT。

对于2AT模式的测量，选择在300-3 400 Hz频段内的有用多工信号由三个独立的子通路构成，在各个子通路中，以频移为1 440 Hz的双音键控方式传输信息。

表9列出了在300-3 400 Hz频率范围内，三个子通路中每一个的传号频率和空号频率。

表9

2AT通路序号	传号（Hz）	空号（Hz）
1	600	2 040
2	1 080	2 520
3	1 560	3 000

测量结果也在表8的相应栏目中列出。

3 结论

对于在稳定条件下比特差错概率不大于 10^{-4} 的利用话音频段副载波调频方式来实现的HF无线电信道中的数字信息传输，就所研究的各种干扰信号而言，其最小保护比不得低于14.5 dB。

通过实验也确定了所要求的最小频率间隔。

对于J7B型发射的有用信号和9种干扰信号，利用上述测量结果对表1进行了修订。
