

周红根,柴秀梅,胡帆,等. CINRAD/SA 发射机极限改善因子受干扰的成因分析[J]. 气象,2012,38(8):1029-1032.

CINRAD/SA 发射机极限改善因子 受干扰的成因分析^{*1}

周红根¹ 柴秀梅² 胡帆¹ 汤建国³ 张正¹ 李喆² 张宇尧⁴

1 江苏省气象技术装备中心,南京 210008

2 中国气象局气象探测中心,北京 100081

3 江苏省南通市气象局,南通 226008

4 江苏省吴江市气象局,吴江 215200

提 要: 发射机极限改善因子是新一代天气雷达出厂验收测试的最重要的技术指标之一,它分为发射机输入极限改善因子和输出极限改善因子两项测试内容。参照普来赛-西门子雷达公司提供的测试方法,用频谱仪检测信号功率谱密度分布,从中求取信号和相噪的功率谱密度比值(S/N)。然而在出厂验收测试和巡检中,发现不同频率的干扰毛刺出现在信号功率谱密度分布图上,它们可能会影响发射机极限改善因子的测量指标及发射机相位的稳定性等。文章从 CINRAD/SA 雷达发射机极限改善因子测试信号链路进行分析,查找干扰毛刺的产生原因及检测检修方法,为雷达技术保障人员提供现场维修和维护方面的经验。

关键词: 干扰,发射机,极限改善因子,信噪比

Analysis of Interference Causes for Limit Improvement Factor of CINRAD/SA Transmitter

ZHOU Honggen¹ CHAI Xiumei² HU Fan¹ TANG Jianguo³

ZHANG Zheng¹ LI Zhe² ZHANG Yuyao⁴

1 Jiangsu Meteorological and Technical Equipment Centre, Nanjing 210008

2 Meteorological Observation Centre of China Meteorological Administration, Beijing 100081

3 Nantong Meteorological Office of Jiangsu, Nantong 226008

4 Wujiang Meteorological Office of Jiangsu, Wujiang 215200

Abstract: Transmitter limit improvement factor is one of the most important technological indexes for delivery test of CINRAD and it comprises transmitter input and output limit improvement factors. Based on the testing methods offered by Plessey-Siemens Company, a spectrum analyzer is used to measure the signal power spectrum density distribution, and then the signal-to-noise ratio (S/R) is obtained. However, during the delivery test and patrol examination, the interfering spikes at different frequency are often found on the graph of signal power spectrum density distribution and they may affect measurement indexes of transmitter limit improvement factor and transmitter phase stability and so on. This paper analyzes test signal circuit and examines causes for interfering spikes and repairing methods and hence provides useful field maintenance experience for radar technologists.

Key words: interference, transmitter, limit improvement factor, signal-to-noise ratio (S/R)

* 中国气象局行业专项(2009416054)资助

2011年1月25日收稿; 2012年1月8日收修定稿

第一作者:周红根,从事天气雷达技术保障工作. Email: dpllyg@sina.com

1 极限改善因子测量原理

CINRAD/SA 雷达发射机极限改善因子是新一代天气雷达出厂验收测试中重要的技术指标之一^[1-6],它分为发射机输入极限改善因子和输出极限改善因子两项测试内容。在高重复频率下,S 波段雷达发射机输入极限改善因子要求优于-55 dB,输出极限改善因子要求优于-52 dB;C 波段发射机输出极限改善因子要求优于-49 dB。新一代天气雷达采用脉冲多普勒体制,系统的相干性直接影响了雷达对回波信号谱参数的估计和系统的地物对消能力。雷达系统的相干性指雷达系统内各信号的频率是稳定的,信号的初相位是相同的,或相互之间存在固定的关系。雷达的相干性指标,可用两种方法来反映,一种是在信号的频域上,用极限改善因子 $I = (S/N)$ 来测量;另一种是相噪法,即在信号的时域上,用相位噪声来测量^[7-9]。

虽然现场验收测试大纲中没有规定测量发射机极限改善因子的内容,但随着各省配备频谱仪等省级测试仪表后,在现场验收测试和巡检中,进行发射机极限改善因子的测量成为可能。参照普来赛-西门子雷达公司提供的测量方法来测试发射机极限改善因子,就是用频谱仪检测信号功率谱密度分布,从中求取信号和相噪的功率谱密度比值(S/N),应当注意:相噪测量一般指距主谱线 $F/2$ 处的噪声功率,根据信号的重复频率(F),谱分析带宽($B = 3$ Hz),计算出极限改善因子(I),计算公式如式(1)所示。 I (单位: dB)为极限改善因子, S/N (单位: dB)为信号噪声比, B (单位: Hz)为频谱分析带宽, F (单位: Hz)为发射脉冲重复频率。

$$I = \frac{S}{N} + 10 \lg B - 10 \lg F \quad (1)$$

2 测试流程图

发射机输入极限改善因子一般在可变衰减器(3AT1)输出端直接接频谱仪测量,发射机输出极限改善因子从波导同轴转换接口处,再加 30 dB 衰减器后直接接频谱仪测量(图 1)。来自接收机频综(4A1)的 J_1 端口输出的发射机射频激励信号,经发射机插座 3XS4,送入发射机固态放大器(3A4)、脉冲形成器(3A5)、可变衰减器、速调管放大后,经波导发射出去。因此,雷达射频信号通过此链路中的各级组(部)件、有关的电源各种谐波、高压等均有可

能造成对它的干扰。如果干扰毛刺频率为 50 Hz 的整数倍,则它是受到低压供电的各种谐波干扰;其他频率的干扰毛刺,则可能与发射机高压供电、高压供电布线及链路中的相关组件等有关,成因比较复杂。通过频谱仪测量雷达发射机链路中各级组(部)件的输入或输出信号的功率谱密度分布图,可以测量出干扰毛刺的频率,从而判断是电源的各种谐波干扰,还是高压、组件等其他原因。

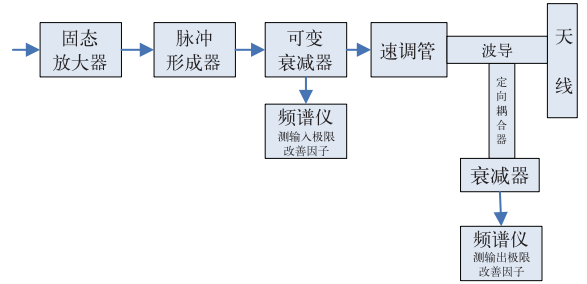


图 1 发射机极限改善因子测试流程图

Fig. 1 The flow chart for the test of transmitter limit improvement factor

3 发射机极限改善因子受干扰成因分析

在江苏省 6 部雷达巡检过程中,用频谱仪测量发射机极限改善因子时,发现仅有 1 部雷达没有干扰毛刺,其他 5 部雷达不同程度存在干扰毛刺现象。在调查其他省雷达巡检时所做的发射机极限改善因子测量图片资料,发现这种现象基本上普遍存在。

3.1 电源的各种谐波产生干扰毛刺,影响发射机输入极限改善因子

在测量某站发射机输入极限改善因子时,发现受到 100 Hz 的干扰(图 2b)。由于干扰是 50 Hz 的整数倍,初步判断是由低压电源的 2 次谐波产生的干扰毛刺造成的。根据图 1 发射机极限改善因子测试流程,首先给可变衰减器加固减震后,用频谱仪测量可变衰减器的输入端极限改善因子,仍存在干扰。分别断开发射机主风机电源、油泵电源、聚焦线圈风机和速调管等风机电源,测试发射机输入极限改善因子,还是存在 100 Hz 的干扰毛刺,说明干扰毛刺不是发射机低压供电引起的。继续分别测试 3A5 和 3A4 输入端极限改善因子,仍存在干扰毛刺。由于 3A4 输入端已经存在干扰毛刺,说明干扰毛刺是由接收机产生的。在接收机机柜中,可能产生低压

电源谐波干扰毛刺的器件,分别是 4PS1、4PS2、4PS3 和 4PS4 四个直流稳压电源、接收机机柜风机和频综等。

断开频综 J1 端输出电缆,在频综 J1 输出端,测量极限改善因子,存在干扰毛刺,进一步说明干扰毛刺由接收机产生的。分别更换接收机 4 个直流稳压

电源(4PS1~4PS4),仍然存在干扰毛刺,然后断机柜风机电源线,干扰毛刺消失。

拆下机柜风机进行清洗后,再重新安装到位,接通机柜风机电源,测量极限改善因子,没有出现干扰毛刺现象。说明是由于接收机风机太脏,引起 100 Hz 的电源谐波干扰。

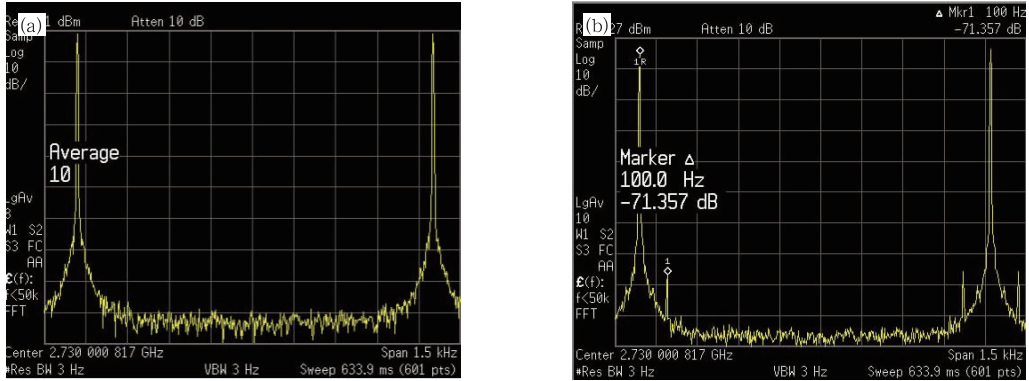


图 2 无干扰情况下的极限改善因子图(a)、有 100 Hz 干扰的极限改善因子图(b)

Fig. 2 Diagram of limit improvement factor without interference (a) and with 100 Hz (b) interference

在排除电源谐波干扰过程中,曾经发现某站,为了给 4PS1 电源加装风机散热,加装的风机直接放在 4PS1 电源上,由于震动产生电源谐波干扰毛刺,去掉加装风机后,干扰毛刺消失。某雷达出厂验收测试中发现存在明显的电源谐波干扰,检测发现是由速调管风机引起的,更换了速调管风机后,解决了干扰毛刺问题。在测量发射机极限改善因子时,如果发现存在电源谐波干扰毛刺,通过发射机极限改善因子测试流程,分别断开相关风机电源、更换稳压电源及给易产生震动的器件加固方式,基本上可以解决电源谐波干扰毛刺问题。

3.2 发射机高压部分产生干扰毛刺,影响输出极限改善因子

在雷达现场验收测试发射机输出极限改善因子,发现存在 100 Hz 等干扰。初步判断是电源的各种谐波等引起。首先要查找、确定有哪些干扰因素。根据雷达调试经验,先检查发射机各风机、油泵电源是否是干扰源,以及发射机的主风机和抽风机是否在工作时的震动对其有干扰。分别断掉发射机主风机、速调管、抽风机和油泵电源等后,用频谱仪测试发射机输出极限改善因子,发现依然有很多毛刺干扰。说明发射机的主风机、抽风机和油泵等对其没有影响。给可变衰减器等器件加固和减震,用频谱仪测试发射机输出极限改善因子,干扰依然存在(见

图 3a)。

测量 3A5 给速调管的输出信号即发射机输入极限改善因子,经过测试发现 3A5 的输出很好,基本无毛刺(见图 3b)。通过以上测试判断毛刺干扰应该是在发射机高压部分,测量各个高压输出均正常。

在台站,由于缺乏仪器设备和备件,通过调节充电校平组件 3A8 内 RP10 和 RP11 等电位器,使发射机输出改善因子的频谱毛刺明显减少(见图 3c 和 3d)。

3.3 3A5 组件造成对输入极限改善因子的干扰

在雷达巡检测试发射机输出极限改善因子中,发现存在非 50 Hz 整数倍的干扰毛刺。可以判定此类干扰毛刺不是由电源谐波引起。首先测试发射机输入极限改善因子,存在干扰毛刺,说明干扰毛刺由可变衰减器 3AT1 及其前端组(部)件等产生的。通过断开发射机各风机电源,并对其进行加固和减震处理后,测试输入极限改善因子仍然存在很多毛刺干扰。说明发射机的主风机和抽风机等没有对其干扰。测量 3A5 输入端极限改善因子,没有干扰毛刺,进一步测试 3A5 输出端极限改善因子,存在干扰毛刺,判断由 3A5 组件造成对发射机输出端极限改善因子的干扰。更换新的 3A5 组件,测试发射机输出和输入极限改善因子,基本上没有干扰毛刺。

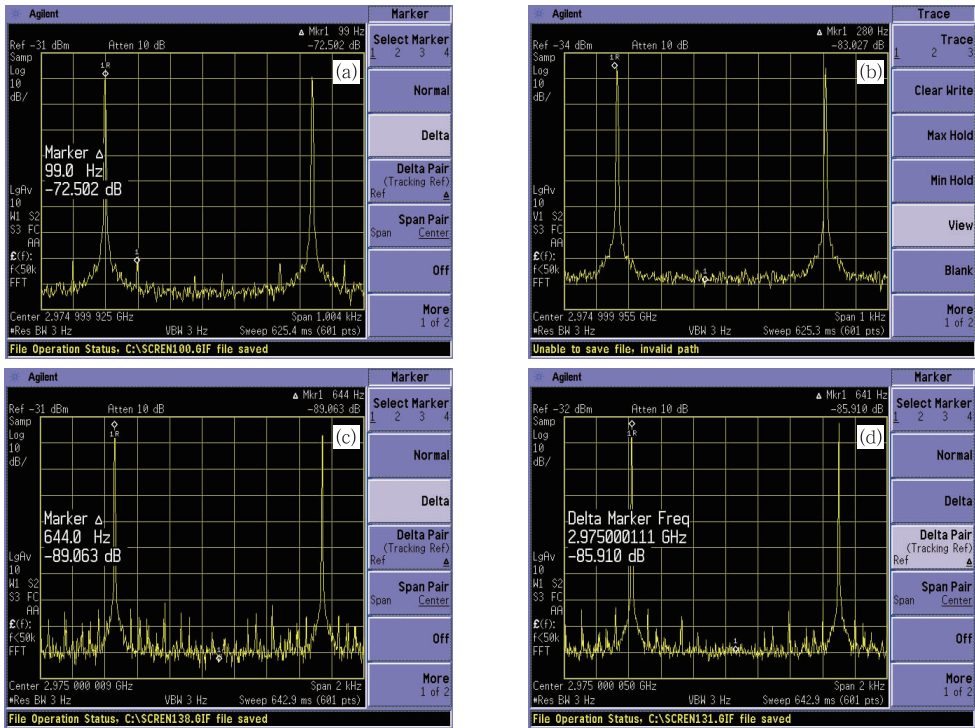


图 3 (a)发射机高压部分造成干扰的输出极限改善因子图,(b)3A5 输出极限改善因子图,
(c)未调节 3A8 前输出极限改善因子图,(d)调节 3A8 后输出极限改善因子图
Fig. 3 (a) Diagram of output limit improvement factor interfered by transmitter high voltage,
(b) Diagram of 3A5 output limit improvement factor, (c) Diagram of output limit
improvement factor without 3A8 an adjusted, (d) Diagram of output limit
improvement factor with 3A8 adjusted

3.4 发射机高压与信号线的布设不合理造成对极限改善因子的干扰

发射机柜的高压线与信号线距离太近,当高压接通负载工作时会产生大电流,大电流激发强磁场,对信号线和地线造成干扰,此干扰致使发射机输出极限改善产生了毛刺。

因此,必须要观察高低压线是否已分开,有无明显的乱走线,电线是否太长等,并对发射机总接地线、发射机各处接地线进行检查,以消除走线布设不合理造成对极限改善因子的干扰。

4 小结

CINRAD/SA 雷达发射机极限改善因子是新一代天气雷达巡检、验收测试中重要的技术指标。当干扰毛刺出现在信号功率谱密度分布图上,它们会影响发射机极限改善因子的测量指标及发射机相位的稳定性等。必须从发射机极限改善因子测试信号链路进行分析和排查干扰毛刺的产生原因。根据雷达调试经验,如果先检查发射机各风机、油泵电源是

否是干扰源以及发射机的主风机和抽风机是否在工作时的震动对其有干扰,然后检查接收机风机及稳压电源等,再次检查发射机高压部分及调试或更换信号链路中的组件等。

参考文献

- [1] 周红根,柴秀梅,胡帆,等.新一代天气雷达回波异常情况分析[J].气象,2008,34(6):112-115.
- [2] 王志武,周红根,林忠南,等.新一代天气雷达 SA&B 的故障分析[J].现代雷达,2005,27(1):16-18.
- [3] 柴秀梅,潘新民,汤志亚,等.新一代天气雷达回波强度异常分析与处理方法[J].气象,2011,37(3):379-384.
- [4] 蔡勤,柴秀梅,周红根,等. CINRAD/SA 雷达闪码故障的诊断分析[J].气象,2011,37(8):1045-1048.
- [5] 胡东明,伍志方. CINRAD/SA 雷达日常维护及故障诊断方法[J].气象,2003,29(10):26-28.
- [6] 周红根,朱敏华,段素莲,等. CINRAD/SA 雷达故障分析[J].气象,2005,31(10):39-42.
- [7] 黄晓,熊毅.脉冲多普勒气象雷达发射机相位稳定性分析[J].气象科技,2006,34(3):332-335.
- [8] 强伯涵,魏智.现代雷达发射机的理论设计与实践[M].北京:国防工业出版社,1985.
- [9] 向敬成,张明友.雷达系统[M].北京:电子工业出版社,2001.