

# PSM100KW短波发射机中非线性失真的定义及产生的原因

王欣悦

国家广播电视总局四九一台 北京 100024

**摘要:** PSM100KW短波发射机是一种具有高功率、高效率、大功率的多功能型短波发射机,在我国广电台已经广泛应用。其工作原理是把直流电经过整流和滤波后,变为可调直流电压,再经过整流变换成高电压,然后通过音频功放对输出的高压进行放大。由于这种放大过程中存在着非线性失真现象,会使输出功率下降,甚至不能工作。本文详细阐述了PSM100KW短波发射机中非线性失真的定义、产生的原因以及对发射机的危害等方面进行了详细地阐述。

**关键词:** PSM100KW短波发射机;非线性失真;定义;产生的原因

## 引言

PSM100KW短波发射机是我国广播电视事业中应用较为广泛的一种广播电视发射机,其具有可靠性高、性能稳定等特点,在实际工作中得到了较为广泛的应用。在实际的发射机使用过程中,由于各种因素的影响,会导致发射机产生非线性失真,影响其正常的运行。发射机的非线性失真,是指功放的输出信号不是线性的,即有一定程度的失真。一般用二阶和三阶失真来描述这种失真。三阶失真是指功放的输出信号有3 dB以上的失真。由于非线性失真有很强的累积性,因此,这种失真在功放输出信号中,会引起信号畸变,即影响其他信号的工作。PSM100KW短波发射机在工作时,由于功放管的非线性而产生三阶和四阶失真性失真。

### 1 非线性失真的定义

非线性失真是指由于频率变换等原因造成的输出功率与输入功率不一致,从而导致输出信号的频谱发生改变,严重影响发射机正常工作,甚至会造成严重的危害。在发射机的使用过程中,非线性失真指的是信号在经过放大器后,由于放大器本身的非线性特性而导致输出信号存在着非线性失真,也就是信号的波形会发生畸变,影响到其正常的应用。通常情况下,放大器中存在着非线性元件,即PN结,这些PN结会产生严重的非线性效应,并最终导致放大器输出信号出现失真现象。同时,非线性失真也是由多个因素共同作用而形成的。主要有两个因素:第一,由于PN结自身的非线性特性导致输出信号存在着严重的非线性失真;第二,由于放大器在工作过程中其自身具有一定的幅度特性及相位特性。因此,在实际工作中会导致放大器出现一定程度上的失真现象。此外,在实际工作过程中还可能会因为外界因

素以及人为因素等而导致发射机出现非线性失真现象。因此,要想实现发射机的正常运行,就需要对其进行有效地检测与分析。

#### 1.1 功放管的非线性

1.1.1 功率管的非线性,是指在功放电路中,由于功放管的非线性特性,而导致输出信号在放大过程中出现严重的失真现象。三阶和四阶失真量定义为:式中:C为三阶失真度;D为四阶失真度; $f$ 为功率放大倍数;U为输入信号功率;S为功放管的Q值。

#### 1.1.2 功放管非线性产生的原因

造成功放管失真的主要原因是功放管本身的非线性特性。功率放大器作为发射机的重要组成部分,其质量的好坏对发射机的稳定运行起着决定性作用。在工作时,功率放大器本身就是一个非线性放大电路,因此它与发射机中其他电路一样具有非线性特性。功率放大器在工作时,由于自身非线性特性,就会产生一系列的非线性失真现象。

#### 1.2 晶体管的自热效应

由于晶体管是个高频率的开关器件,当晶体管工作在放大区时,由于栅极电流 $I_g$ 太大,而使晶体管的基极电流 $I_b$ 太小,从而使晶体管内部产生自热现象。当晶体管内部的自热效应积累到一定程度时,就会使晶体管发生截止,从而产生三阶失真。由于三阶失真性失真是累积的,因此只要放大器中有三阶失真性失真存在,那么这种失真就不可能被消除。为了防止自热效应造成三阶失真和四阶失真,必须使放大管的工作在放大区时,尽可能增大晶体管的基极电流 $I_b$ ;当放大管的工作在放大区时,尽量减小晶体管的基极电流 $I_b$ 。当工作在放大区时,为防止自热效应造成三阶失真和四阶失真性失真,

可以增大放大管的基极电流  $I_b$ 。如果放大管是三极管，可将其基极电流调整到50 mA。

## 2 功放管的非线性失真产生的原因

由于发射机的内部元器件都有一定的非线性，因此，功放管的非线性失真也就不可避免，其具体原因有以下几个方面：

2.1 由于功放管本身的非线性特性，当功放管处于饱和状态时，输出功率达到最大值，此时功放管处于饱和状态，功放管输出的信号也是最大值。但是由于输出信号是非线性的，其输出信号的峰值与原信号的峰值不一定相同。也就是说在某一特定的时刻，功放管的放大倍数是一定的，当信号电压达到一定值时，功放管也就处于饱和状态。如果此时电源电压突然增大（超过了饱和电压）或者音频功率加得太快（超过了饱和电流），这时都会使功放管导通时间缩短，使非线性失真产生。

2.2 当发射机中有负载时，由于负载阻抗随频率变化而变化，而负载阻抗与功放管导通时间之间也存在一个关系曲线。当负载阻抗较大时（例如电源电压达到10V），由于负载阻抗很大（例如50Ω），输入功率就很小（例如1W）。此时放大器就处于饱和状态。此时功放管输出的信号也是非线性的。由于音频功率是非线性的，所以当音频功率加得太快时（超过了饱和电流）也会产生非线性失真。

2.3 当发射机中有一个负载阻抗很小或为无穷大时，此时功放管输出的信号就不是线性的。若此时输入信号功率足够大时（超过了饱和电流），就会使功放管导通时间缩短而导致非线性失真。

2.4 由于高频干扰信号进入放大器时会引起非线性失真。当射频信号干扰较强时，功放管导通时间也会缩短而导致非线性失真。

## 3 PSM100KW 发射机功放管工作原理及故障诊断

PSM100KW发射机功率放大器采用了固态功率放大器，工作原理如下：

PSM100KW发射机的功放系统由功放管、功率管、激励器、滤波器、功率控制单元、低压电源等组成。功放管采用了单片全固态功放电路，它的输入输出端口分别是：VR1+、VR2+、VR3+和VR4+。在功放管的输入端，有一个高频电压，这个高频电压从音频信号中获取，它进入到了放大器的内部。在功放管内部，有一个开关元件（SETP）和一个缓冲电路（CUP）。当发射机出现故障时，开关元件会使功率放大器的内部开关元件断开，输出的信号就会进入到缓冲电路中。此时，缓冲电路中的CUP也会被断开，输出的信号就会进入到功放

管的内部。在功放管输出端有一个偏置电压  $U_B$  和一个偏置电流  $I$ 。偏置电压  $U_B$  为功放管的非线性失真提供了一个很好的条件；而偏置电流  $I$  则是由功率放大器来产生的。当功率放大器出现故障时，发射机就会出现非线性失真现象，这时发射机将无法正常工作。因此，为了防止发射机出现非线性失真现象，我们在维修中要重点检查功放管、功率放大器的性能和参数。

### 3.1 功率放大管的非线性失真

功率放大管的非线性失真是由其自身的非线性特性和外加的各种因素所决定的，一般来讲，功率放大管的非线性失真主要由以下三个方面来产生：

3.1.1 管子自身的非线性特性。由于管子自身的非线性特性，导致输出信号不是正弦波，而是正弦波外加上一个或多个频率分量。由于功率放大器的输出端不是理想的正弦波，因而会产生相应的谐波失真。

3.1.2 管子外加的各种因素。如：负载阻抗、输入信号频率、功放管基极电位等等。

### 3.1.3 管子的工作状态。

一般来讲，功率放大管在其工作过程中都是处于非线性状态，即工作于非线性区，并且具有很高的输出功率。随着发射机功率的不断增大，功率放大器对电路输入信号输出特性改变也在不断增加。在输入信号大时，由于功放管本身非线性特性，其输出信号会出现非线性失真；在输入信号小时，由于功放管本身非线性特性，其输出信号也会出现非线性失真现象。一般情况下，功率放大管自身性能良好、工作正常时不会出现非线性失真现象。

### 3.2 功率放大器的调谐和输出特性

在实际工作中，很多发射机都是以基频作为振荡频率的，在这个频率下，其功率放大器的输出特性也是基频的线性放大，输出特性与基频的线性放大有很大的关系。所谓的功率放大器，它就是一个有多个相互串联或并联的晶体管组成的放大器，其内部具有许多个开关元件。我们在检查功率放大器时，就要看它的调谐范围是否满足要求。调谐范围是指在功率放大器工作时，在一定频率和电压下，能工作在最大输出功率点和最小输出功率点之间的范围。调谐范围过大，则会出现不能正常工作；调谐范围过小，则会出现“死”机现象。

功率放大器的调谐特性与其内部开关元件有着很大关系，一般来讲，我们可以通过测量功放管的静态输出电压  $U_1$  和静态输出电流  $I_1$  来判断功放管是否存在问题。在维修中，我们要检查功放管和功放放大器的内部开关元件是否存在故障。如果检查结果显示功放管有问题，

那么就必须要更换新管子。当我们在测量功放管时发现其工作频率为516 MHz时,说明这是一个正常工作状态;但当测量结果显示它在515 MHz时出现非线性失真时,就说明这是一个不正常工作状态。这时我们就要更换新管子进行修理。在检测过程中要注意:不要轻易更换功率放大器的内部开关元件和缓冲器;要注意检测功放管和功率放大器的内部开关元件、缓冲器、输入输出电容等是否正常;要注意检测功率放大器的输入输出电感、电容等是否正常。

#### 4 导致发射机出现非线性失真的原因分析

在对发射机进行工作的过程中,其会受到多种因素的影响,从而导致发射机出现非线性失真现象,其中包括了发射机本身的非线性、负载的非线性以及电源的非线性等。首先,由于PSM100KW短波发射机本身具有一定的非线性特性,因此在实际使用过程中,会出现较大的电压波动现象。如果在电源电压发生波动的过程中,由于输出电压的不稳定而导致输出功率出现不稳定,进而产生较大的波形失真现象。其次,由于PSM100KW短波发射机具有一定的负载特性,其会在进行工作过程中受到负载影响而产生相应的变化。如果在实际工作过程中,发射机本身存在较大的电压波动现象,其会导致负载端出现较大的电压波动,进而导致输出功率出现较大值变化。最后,在实际工作过程中,由于电源本身具有一定的非线性特性,而在实际使用过程中会将电源自身产生的非线性作用引入到信号失真现象当中。

#### 5 功率放大器的线性化

功率放大器是发射机系统中的重要组成部分,其主要负责将高频信号进行转换和放大,再通过对功率进行分配,最终将其转换为稳定的交流电。在发射机系统中,功率放大器具有较强的非线性特征,因此,在实际工作中要对其进行线性化处理,从而降低其非线性失真的产生。功率放大器的线性化处理主要包括以下两个方面:

5.1 改变功率放大器的结构。因此,在实际工作中要对其进行线性化处理,通过改变功放结构的方式降低非线性失真。

5.2 在实际工作中对功放进行线性化处理时,通常情况下需要应用非线性补偿技术来对功放的线性化处理。

非线性补偿技术主要包括预失真技术和记忆失真技术两种方式。其中预失真技术主要指的是在功放电路中引入一定的增益来使替换,使功放电路保持原有状态。在实际工作中要根据实际情况来选择合适的非线性补偿方式,从而实现功放线性化处理。在实际工作中可以采用以下几种方法来对功放进行线性化处理:加入增益控制模块、使用自动增益控制、使用预失真技术等。

#### 6 降低发射机非线性失真的有效措施

为了降低发射机非线性失真的产生,应该在实际的工作过程中,采取有效的措施对其进行控制,从而保证发射机能够正常的运行。具体来说,主要可以从以下几个方面进行:首先,应将滤波器的阻值适当调大,并选择合适的频率;其次,在选择滤波器时,应优先考虑谐波抑制效果较好、输出信号失真度较小的滤波器;最后,应根据实际工作情况适当增加调谐单元的个数,并减少谐波抑制单元、功率放大单元、辅助单元等部件的数量。除此之外,还应采用开关式调谐方式。在实际的工作过程中,工作人员可以根据实际情况采取不同的方法来降低非线性失真对发射机产生的影响。比如:设置限幅、限幅滤波、限幅限幅器等。

#### 结语

综上所述,PSM100KW短波发射机是一种可以实现对功率进行无级调节的发射机,它能够同时满足各类短波信号的发射要求。在PSM100KW短波发射机中,非线性失真是一种非常常见的现象,它是由多种原因导致的信号失真,会对广播信号的质量产生严重影响。

#### 参考文献

- [1]高景辉.关于全固态大功率广播发射机线性失真问题的探讨[J].广播电视学报,2004(3):65-68.
- [2]秦文静.PSM100KW短波发射机中非线性失真的定义及产生的原因[J].新闻研究导刊,2016,7(9):318-318.
- [3]崔宇航.跳频发射机非线性失真及其补偿方法研究[D].四川:电子科技大学,2022.
- [4]崔玉姣,黄海,孙冠伦.发射机中非线性失真补偿系统的设计与实现[J].电子元器件应用,2010,12(4):57-59.
- [5]唐可正.短波发射机线性化技术研究[D].四川:电子科技大学,2023.