

# 中波广播发射天调网络的设计与调试策略探究

马立华

内蒙古自治区广播电视传输发射中心翁牛特 804 台, 内蒙古 赤峰 024500

**[摘要]**文中从分析天调网络的结构组成与设计方案入手, 针对 10kW 全固态中波发射机在运行过程中存在的邻频干扰、输出网络故障等问题进行调试方案与具体实施步骤的研究。通过分别调整并联谐振、串联谐振, 更换受损元件后重新进行输出网络结构的调整, 最终成功解决信号干扰、网络失谐故障, 为发射机运维工作提供重要参考价值。

**[关键词]**天调网络; 中波发射机; 邻频干扰; 输出网络

DOI: 10.33142/sca.v4i4.4288

中图分类号: TN93

文献标识码: A

## Research on Design and Debugging Strategy of Medium Wave Radio Transmitting Antenna Tuning Network

MA Lihua

Wengniute 804, Radio and Television Transmission Center of Inner Mongolia Autonomous Region, Chifeng, Inner Mongolia, 024500, China

**Abstract:** Starting with the analysis of the structure composition and design scheme of antenna tuning network, this paper studies the debugging scheme and specific implementation steps for the adjacent channel interference and output network failure of 10kW all solid-state medium wave transmitter. By adjusting the parallel resonance and series resonance respectively, and re adjusting the output network structure after replacing the damaged components, the signal interference and network detuning faults are finally successfully solved, which provides important reference value for the operation and maintenance of the transmitter.

**Keywords:** antenna tuning network; medium wave transmitter; adjacent channel interference; output network

### 引言

天调网络位于中波发射机的末端环节, 在优化阻抗匹配效果、抑制高频回馈干扰、泄放设备雷击电流等方面具有重要功能效用, 能够为载波信号与广播节目发射质量提供保障。在实际运行过程中, 还需结合不同发射频率下发射机产生的天线阻抗值进行网络结构的调试, 确保天调网络满足台站发射质量要求。

### 1 天调网络结构设计

#### 1.1 结构组成

以某广播电台中波转播台为例, 该台站邻近范围内设有一个 1098kHz 的中波天线, 台站现有中波发射机的载波频率为 846kHz, 输出网络阻抗、馈线特征阻抗均为  $50\ \Omega$ , 其天调网络结构如图 1 所示。该天调网络结构主要包含以下四个部分: (1) 匹配网络, 包含 2 个电感线圈 L1、L2 和 2 个电容 C1、C2, 用于在天线与馈线间实现阻抗匹配, 保障天线高效运行; (2) 阻抗网络, 将电容、电感线圈组成并联谐振回路, 拦截双频、多频反馈造成的干扰; (3) 泄漏网络, 由电容 C3 和 2 个电感线圈 L3、L4 组成, 用于将高频中波天线产生的信号泄漏至地面, 屏蔽干扰; (4) 避雷系统, 主要在天调网络中安装 MH 防雷线圈, 用于保护天调网络与中波发射机等设备。

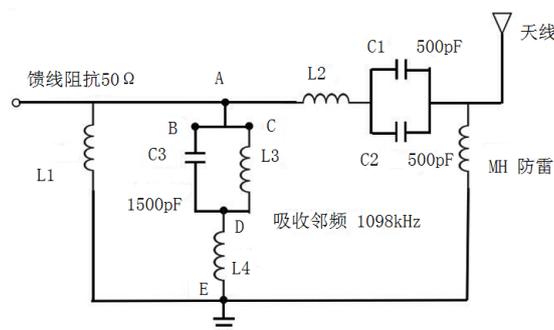


图 1 天调网络结构示意图

## 1.2 结构设计

### 1.2.1 匹配网络

基于电容、电感线圈阻抗匹配特性进行匹配网络的设计, 将天线阻抗  $Z_a = R_a + jR_a$  尽量达到  $50 + j0$ , 保证天线、发射机间的输出阻抗实现良好匹配。该台站中波发射机的输出网络阻抗为  $50 \Omega$ , 经由同等阻抗的馈线传递至天调室, 通过将匹配网络应用于天线、馈线之间, 可将天线实部阻抗控制在  $50 \Omega$ 、抵消虚部电阻, 建立良好的阻抗匹配关系。

### 1.2.2 阻塞网络

利用电容、电感线圈组成并联谐振回路, 当回路在某一发射频率下产生谐振时, 可将该回路作为阻塞网络, 用于拦截回馈干扰<sup>[1]</sup>。在实际计算环节, 阻塞网络的电容取值范围如表 1 所示, 根据该电容数值完成电感数值的求解, 阻塞频率间隔不小于 1.25, 并且通过最大限度减小电容 C 值, 使无功功率数值趋近于零, 用于优化对双频共塔、多频共塔天调网络产生回馈干扰的阻塞效果。

表 1 阻塞网络电容 C 值范围

阻塞频率	电容 C 值
531~800kHz	1600~1800
800~1200kHz	1300~1500
1200~1602kHz	1000~1300

### 1.2.3 泄漏网络

在串联谐振回路中, 考虑到回路在靠近谐振频率位置的阻抗值较低, 将其并接在天调网络的并壁上, 可将高频回馈信号泄漏至大地<sup>[2]</sup>。在该 846kHz 天调网络结构中, 利用电容 C3 和电感线圈 L3 组成频率为 846kHz 的并联谐振, 可最大限度增加阻抗数值, 在该频率下使电路呈开路状态, 形成阻塞频率为 846kHz 的阻塞网络; 将电容 C3 与电感线圈 L3 并联后, 在回路中串联接入一个电感线圈 L4 形成串联谐振, 在靠近邻频 1098kHz 处串联谐振产生的阻抗值最小, 可将该邻频的高频信号直接接入大地, 有效消除邻频干扰。

### 1.2.4 避雷系统

在避雷系统设计上, 将天线电感线圈由毫亨级替换为微亨级, 采用串联方式接地, 并安装对地静电放电通路, 用于将雷击电流泄放至大地; 或在相邻电路之间安装一个隔直电容, 在天调室馈线输入端安装一组石墨放电球, 当发射机受到雷击后, 使部分电流流入馈线中, 克服雷击电流的冲击<sup>[3]</sup>。

## 2 天调网络及发射机故障的调试策略

### 2.1 邻频信号干扰调试

在泄漏网络安装调试环节, 为避免受邻频信号干扰影响, 需分别做好并联谐振、串联谐振的安装调试工作。

#### 2.1.1 并联谐振调试

将电容 C3 与电感线圈 L3 组成的并联谐振进行调整, 用于阻塞台站现有中波发射机的载波频率。先分别将 B、C 两点的连接断开, 再将 D 点连接的电感线圈 L4 断开, 使并联谐振转变为串联谐振; 再选用矢量网络分析仪, 将测试频率带宽设为  $846\text{kHz} \pm 10\text{kHz}$ , 经由校准将阻抗圆图设为导纳状态, 随后依次完成 B、C 两点的重新连接, 对串联谐振的阻抗值进行测试; 对接入电路中电感线圈 L3 的圈数进行调整, 待观察到网络分析仪数值趋近于零后, 说明此时阻抗达到最小值, B、C 两点在 846kHz 频率下谐振; 待完成调试后, 将谐振重新接入到天调网络系统中。考虑到在本次调试过程中将 B、C 两点的连接断开, 使其由并联谐振转换为串联谐振, 在中心频带中阻抗值为  $0 \pm j0.04 \Omega$ , 在本频 846kHz 下产生谐振, 待将其重新接回网络中后, 由 B、C 两点组成并联谐振, 在此情况下 D 点的对地阻抗为无穷大, 从而发挥对本频 846kHz 的阻塞作用。

#### 2.1.2 串联谐振调试

在现有电容 C3、电感线圈 L3 组成的并联谐振的基础上, 接入电感线圈 L4 构成串联谐振, 形成泄漏网络, 用于阻塞邻频 1098kHz。在具体调试环节, 先将 A、E 两点分别断开, 形成串联谐振; 再借助矢量网络分析仪进行测试, 将测试中心频率设定为  $1098\text{kHz} \pm 10\text{kHz}$ , 待完成仪器校准、参数调试后, 分别将 A、E 两点重新连接, 对由电容 C3、电感线圈 L3 和 L4 组成的泄漏网络进行阻抗测试; 对接入电路中的电感线圈 L4 的圈数进行调节, 使仪器数值趋近于零、阻抗达到最小值, 此时 A、E 两点在邻频 1098kHz 下产生谐振; 待完成串联谐振的调试后, 将其重新接回主网络中, 借助泄漏网络使邻频产生的感应信号泄放至大地, 用于发挥对邻频 1098kHz 的阻塞作用, 有效消除邻频信号对天调室发射

机产生的干扰,维护中波发射机的正常运行。

## 2.2 发射机输出网络故障调试

针对中波发射机的输出网络结构特征进行分析,主要由电感线圈 L11、L12 和电容 C11、C12、C13 组成带通滤波器,由电感线圈 L3、L4、L5 和电容 C4 组成 T 型阻抗微调网络。在发射机运行过程中出现电容断裂的故障,待重新更换电容、启动发射机后,其开机功率降至 10kW 以下,说明存在中波调配网络失谐的问题。为解决此类故障问题,需重新进行输出网络的调试,其具体操作步骤如下:

### 2.2.1 测量阻抗

在发射机输出网络中电感线圈 L11 位于串联谐振的输入端、与输出铜棒连接,先将该 L11 的连接点 A 断开,完成网络分析仪的校准与参数设置,利用分析仪将测试线与 A 点相连,测得复数阻抗数值为  $3.3-j6\Omega$ ,不符合实部、虚部的标准范围要求。

### 2.2.2 冷调

将虚部电感线圈 L11 冷调至  $0\Omega$ ,调整与线圈连接的 A 点部位的固定夹头位置,采用经由校准后的网络分析仪进行 A 点部位阻抗值的测试;当观察到虚部阻抗值偏高时,需沿反向进行固定夹头位置的移动,直至虚部线圈阻抗值最大限度接近零,测得最优值为  $-0.6\Omega$ 。

### 2.2.3 热调

待完成虚部阻抗数值的调节后,重新连接 A 点,使电感线圈 L11 与输出铜棒连接,随后通过调试确定使电流达到最大值的点位。在高压条件下运行发射机,观察到电流示数为 40A;待将发射机关闭后,重复冷调操作流程进行 A 点固定夹头位置的移动,并重新开高压,倘若观察到电流数值小于 40A 则沿反向控制固定夹头的位移距离,倘若观察到电流数值逐渐增大后则继续沿该方向进行夹头的移动,直至电流数值呈现出减小趋势后,将上一位置的电流值进行记录,即可确定电流最大值的具体点位,并完成夹头的固定;在确认电流最大值位置后,再次开机,测得电流值为 45A,由此有效滤除发射机输出高次谐波干扰。

### 2.2.4 并联谐振网络调试

当发射机在满载条件下运行时,测得电流数值为 50A,此时需通过调整并联谐振网络提高复数阻抗实部数值。利用网络分析仪针对由电感线圈 L12、电容 C13 组成的并联谐振进行调试,将测试线接入电感线圈 L11 输入端的 A 点处,测得实部阻抗数值为  $3.2\Omega$ ;此时调整电感线圈 L12 的抽头位置,使得实部阻抗数值提高至  $4\Omega$ ;待重新连接 A 点后,开高压运行,观察测试结果可发现电流、功率数值分别提高至 47A 和 10kW,由此完成谐振网络的调试,保证发射机在工作状态下正常运行。

## 2.3 其他注意事项

在天调网络实际调试过程中,需重点把握以下调试要点:(1)在串联谐振、并联谐振相互转换过程中,应严格基于实部、虚部间的对应原则进行阻抗值的计算,避免因计算失误影响到调试效果,为发射机正常运行提供保障;(2)在网络阻抗值计算环节,需分别计算出电容、电感线圈的容抗值、感抗值,将计算结果汇总后生成阻抗值;(3)真空电容调试范围存在局限,因此推荐采用 LC 串联替代法进行调试,保证收获良好调试效果。

## 3 结束语

总体来看,在中波发射机工作过程中,诸如输出网络阻抗数值、天调网络阻抗匹配情况均可能引发网络失谐故障,因此在优化天调网络结构设计的基础上,还需面向常见故障类型进行发射机输出网络和信号干扰情况下的调试工作,保证各项指标符合运行要求。

### [参考文献]

[1]林锦朋.中波发射机天调网络的组成与设计原则[J].科技创新与应用,2019(35):70-71.

[2]鲜卫东.小功率中波发射机双频共塔天调网络的设计与调整[J].数字化用户,2019(6):136.

[3]洪田荣.基于计算机编程的中波天调网络设计与调试[J].电视技术,2019(1):106-110.

作者简介:马立华(1971.2-)女,内蒙古赤峰市翁牛特旗人,汉族,大学学历,内蒙古自治区广播电视传输发射中心翁牛特 804 台副高级工程师,从事无线广播电视信号转播发射工作。