

Foto de Scott Elkins na Unsplash

Rádio: Sincronismo no uso de transmissores reforçadores para FM

Por João Eduardo Ferreira (Janjão)

Autor apresenta um manual de estudo devido ao aparecimento de “informações” que afirmam que apenas com o uso de certo equipamento a emissora já estaria sincronizada, o que não é certo. Por este motivo, resolveu mostrar a verdadeira face do sincronismo, os cuidados a serem seguidos e a dificuldade em obter um resultado adequado.

Objetivos do sincronismo

Há situações em que a cobertura de uma emissora de FM apresenta, em uma determinada região, dificuldades na cobertura, principalmente devido a topografia e/ou obstáculos, dessa região. Nesses casos verifica-se que uma parte importante da região, sofre com níveis insuficientes de sinal ou ainda, baixa qualidade desse sinal devido a níveis excessivos de *multipath*, interferências e/ou outros fenômenos.

Em determinados casos a emissora poderá ser autorizada a usar um transmissor auxiliar (reforçador) para preencher a região prejudicada, com sinal de qualidade adequado. A simples instalação de um transmissor reforçador na região afetada, não é solução e poderá até prejudicar a cobertura da emissora em áreas em que hoje ela tem um sinal adequado, por interferência do sinal do transmissor reforçador.

O sincronismo tem por objetivo obter o melhor resultado possível na instalação deste tipo de transmissor, que efetivamente melhore a cobertura na região problemática e ainda cause um mínimo de interferências nas áreas onde a cobertura do transmissor principal é boa. Mesmo usando todas as técnicas

corretas de sincronismo, sempre haverá uma região ou pontos específicos, entre os dois transmissores, onde haverá certo nível de interferência.

Lista dos fatos e informações que o usuário precisa saber:

- Receptores: potência/intensidade do sinal recebido;
- Relação de captura dos receptores de FM;
- Sincronismo de transmissores;
- Cabos coaxiais e a velocidade de propagação dos sinais de RF;
- Relação entre potência de dois transmissores e seus níveis de sinal no ar;
- Tipos de antenas de transmissão;
- Decaimento do sinal de RF em função da distância.
- Oscilador de referência disciplinado de 10MHz, “GPSDO”.

Informações importantes

a. Receptores: potência/intensidade do sinal recebido

O nível do sinal recebido por um receptor de FM é um dos parâmetros responsáveis pelo bom desempenho desse receptor. O nível de silenciamento (*Quieting*) de um receptor é o ponto onde, ao se aumentar (a partir do zero) o nível do sinal recebido, há uma abrupta redução do seu nível de ruído. Essa é mais uma das características interessantes do comportamento dos receptores de FM. A partir do ponto de silenciamento, o aumento do nível de sinal recebido tem uma pequena influência na qualidade e no aumento da relação sinal/ruído. Porém, tem uma enorme influência na rejeição de sinais interferentes.

b. Relação de captura

Uma característica que é importante e benéfica para as instalações que usam transmissores reforçadores é a relação de captura dos receptores de FM. Ela é expressa em dB, e quantifica o valor da menor relação entre as amplitudes de dois ou mais sinais de RF, operando na mesma frequência, para que um receptor de FM reproduza apenas o sinal mais forte. Todo receptor de FM, que esteja na área de cobertura de duas emissoras, operando na mesma frequência, tem a característica de rejeitar o sinal mais fraco e reproduzir apenas o mais forte. A relação das intensidades desses sinais, para que isso ocorra é tanto menor quanto maior for a qualidade do receptor utilizado. Receptores de alto desempenho costumam ter relação de captura da ordem de 1,5dB.

c. Sincronismo de portadoras e de áudio

Sincronizar transmissores significa fazer com que todas as características dos sinais por eles emitidos (com exceção da potência), sejam idênticas e relacionadas entre si.

d. Cabos coaxiais e a velocidade de propagação dos sinais de RF

A velocidade de propagação de um sinal de RF é dependente do meio em que ele se propaga. No ar a sua velocidade é de 300.000 km/s (300 mil quilômetros por segundo) e, em meios isolantes como nos cabos coaxiais essa velocidade é menor. Como exemplo, no teflon ela é da ordem de 210.000 km/s. Isso significa que numa linha a ar, o comprimento físico da linha é igual ao comprimento elétrico do sinal de RF. Já em um cabo coaxial com dielétrico, como o teflon, o comprimento físico é aproximadamente 70% do comprimento elétrico.

Um mesmo sinal de RF introduzido simultaneamente numa das extremidades de dois cabos coaxiais iguais (porém de comprimentos diferentes), aparecerão nas outras extremidades com rigorosamente a mesma frequência, mas, como chegam primeiro na extremidade

do cabo mais curto e logo depois na do mais longo, suas fases relativas serão diferentes.

Os sinais de RF podem ser algebricamente somados - não considerando as perdas nos cabos ou no percurso, a soma desses sinais poderá ser desde zero, quando a diferença de fases for 180°, até o dobro do valor desses sinais, quando a diferença de fases for igual a 0°.

Um receptor de FM fará essa operação, em seus circuitos. Ao receber sinais provenientes de dois ou mais transmissores operando na mesma frequência e com o mesmo áudio, a fase com que o sinal de cada transmissor chega ao receptor, é uma das determinantes da qualidade do áudio reproduzido.



Foto de Will Francis na Unsplash

e. Relação entre potência de dois transmissores e seus níveis de sinal no ar

A relação de níveis de sinal de RF no ar é dependente das potências dos transmissores utilizados, é expressa como: $R = \sqrt{P2/P1}$.

O que indica que, se o usuário dobra a potência de seu transmissor, o nível de RF no ar não dobra, ele aumenta em $\sqrt{2}$ ou 40%. Medidores de campo, não medem potência, medem nível do sinal de RF no local da medição.

f. Antenas

Em FM são usadas basicamente, os seguintes tipos de antenas: **Omnidirecionais ou Direcionais** que podem ser de **polarização horizontal** (pouco usada) - apresenta sinal apenas no campo horizontal; **polarização vertical** - apresenta sinal apenas no campo vertical; ou **polarização circular** - apresenta sinal simultaneamente nos campos - vertical e horizontal.

g. Decaimento do sinal de RF com a distância

O sinal da emissora decai em razão do inverso do quadrado da distância: $S = 1/D^2$. Isso significa que se medir o nível de sinal da emissora a certa distância da emissora e em seguida medir novamente no dobro dessa distância, (não considerando as perdas e o terreno), poderá ver que o sinal aparecerá reduzido por um fator de quatro. Exemplo: Um receptor localizado em um ponto distante 1 km de uma emissora de 1kW, e a 4km de outra de 16kW, receberá essas duas emissoras

com o mesmo nível de sinal.

h. Oscilador de referência de 10 MHz, disciplinado (GPSDO)

A forma fácil e precisa de sincronizar portadoras de transmissores de FM é usar em seus **PLLs** ou **DDSs** uma mesma referência de "clock", como aqueles gerados por osciladores "GPSDO", que usam o sinal de referência, de satélites GPS.

Critérios impositivos do sistema

Primeiro, os transmissores deverão operar exatamente na mesma frequência; segundo, as portadoras deverão estar sincronizadas. Em terceiro lugar, deverão transmitir exatamente o mesmo conteúdo de programa; em

quarto e último, as características da modulação dos transmissores deverão ser idênticas obedecendo aos mesmos níveis de modulação, processamento e as mesmas respostas de frequência, fase e etc.



Foto: Geraldo Magela/Agência Senado

Detalhes que fazem a diferença

- Os transmissores devem operar rigorosamente na mesma frequência, devem ter as suas portadoras referenciadas por uma mesma base de tempo. Por exemplo: 10 MHz provenientes do GPS *clock* ou GPS *disciplined oscillator* (GPSDO) por satélite GPS. Este método é o mais adequado por garantir uma grande precisão e estabilidade das portadoras, que deverão estar sempre na mesma frequência e em sincronismo.
- Preferencialmente, os moduladores dos transmissores deverão ser iguais.
- Terceiro, os comprimentos dos cabos da saída dos "GPSDO" para os excitadores dos transmissores deverão, preferencialmente, ser iguais e ter o mesmo comprimento.

- Detalhe é que os conteúdos dos áudios contidos na modulação dos transmissores deverão ser necessariamente idênticos, não somente o programa, mas também todas as suas características tais como: fase, índice de modulação, níveis de processamento, características do processamento, resposta de frequência e fase, níveis de limitação, de picos e etc.
 - Os enlaces do estúdio à cada um dos transmissores deverão ser feitos, preferencialmente, usando equipamentos iguais, ou que tenham respostas de áudio com características idênticas, garantindo assim a melhor coerência de resposta de frequência e de fase.
 - É importante assegurar que as fases do áudio dos dois transmissores estejam coerentes;
 - As antenas utilizadas, nos transmissores, deverão ser do mesmo tipo de polarização, para se manter níveis de sinal corretos, tanto no campo vertical como no horizontal.
 - As antenas direcionais poderão ser utilizadas com vantagens, pois permitem mais facilmente evitar a sobreposição dos sinais dos dois transmissores.
 - Escolha corretamente a localização dos transmissores e ainda verifique o correto ajuste das suas potências, direção das antenas e fases relativas.
 - Por outro lado, saiba que as localizações deverão ser feitas, aproveitando-se a topografia e a posição dos obstáculos existentes.
 - Se existir um bloqueio do sinal do transmissor principal para a região onde se quer reforçar o sinal, (um morro, por ex.) ele poderá ser usado ao seu favor simplificando ou facilitando a obtenção de um bom resultado.
 - Isso ocorrerá porque os sinais dos dois transmissores tenderão a não se sobrepor.
 - Use no transmissor reforçador um nível de potência adequado para cobrir a região afetada, não ultrapasse esse valor.
 - Como um sistema sincronizado normal, trabalha com dois transmissores, operando na mesma frequência, aparecerá uma zona de interferência, entre esses dois transmissores.
 - Se os transmissores não estiverem sincronizados em RF, essa zona se moverá continuamente de forma cíclica, varrendo uma região considerável, onde a audição da Emissora estará fortemente prejudicada.
 - Com o sincronismo, essa zona de interferência se torna fixa e dentro de certos limites e é possível localizá-la numa posição de menor interesse para a emissora.
 - O ajuste da fase relativa dos transmissores pode, dentro de certos limites, resolver alguns problemas pontuais.
 - A variação da fase de RF dos transmissores poderá ser feita, facilmente, ajustando os comprimentos dos cabos que levam os sinais dos excitadores, aos transmissores.
 - Em 100 MHz, a cada 2,92mm de alteração no comprimento de um cabo de teflon, a fase do sinal de RF, varia aproximadamente 0,5 graus.
 - Depois dos testes e ajustes, as fases relativas dos transmissores poderão apresentar algum grau de deslocamento, mas o sincronismo deverá estar mantido.
- Em um sistema sincronizado, receptores com níveis diferentes de qualidade, terão desempenhos diferentes e também receberão níveis diferentes de interferência!



João Eduardo Ferreira (Janjão)

é técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Getúlio Vargas (1964); engenheiro Eletricista modalidade Eletrônica pela Escola de engenharia da Universidade Mackenzie (1971). Professor na Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie nas cadeiras de Física Aplicada I, Circuitos II e Rádio desde 1974; Proprietário da fábrica de equipamentos de som Unimack nos anos 1970; Proprietário da fábrica de equipamentos de som Greynolds nos anos 1980; sócio da fábrica de equipamentos para radiodifusão Scala, anos 1990. Durante 4 décadas, de 1980 até 2010 diretor da Rádio Eldorado; e proprietário da MTA Eletrônica, desde 1980.

Contato: jeferreira@mtaeletronica.com.br