
LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁUDIO EM TENSÃO CONSTANTE

Autor: João Yazbek

Neste artigo pretendemos estudar brevemente a teoria das linhas de tensão constante ou linhas de 70V para distribuição de áudio em longas distâncias.

Apesar de serem conhecidas como linhas de 70V, existem linhas de tensão constante com outros valores de tensão que não 70V, como por exemplo, linhas de 100, 140 e 210V. Estas linhas de tensão mais elevada são utilizadas em instalações onde as distâncias de distribuição são muito longas, como em grandes shopping-centers, estádios e autódromos. Como notamos que existe certa desinformação sobre este assunto, vamos tentar nesse artigo esclarecer alguns conceitos e deixar as coisas mais fáceis.

PORQUE LINHAS DE 70V?

Num sistema doméstico com alguns metros de cabo, já se recomenda utilizar cabos de bitola da ordem de 1 a 2,5 mm² em 8 ohms para que não haja perdas no sistema e se obtenha graves consistentes. Isso porque há uma degradação do fator de amortecimento em função da bitola do cabo e da distância do amplificador aos alto-falantes. Há até quem use bitolas maiores, mesmo obtendo retornos decrescentes sobre o custo do cobre utilizado. Para impedâncias menores, a corrente aumenta ainda mais e é necessário aumentar ainda a bitola dos cabos proporcionalmente.

Veamos um exemplo: Para uma carga de 4 ohms, a perda no cabo se torna significativa em grandes comprimentos. Para 50 metros de fio com bitola de 14 AWG, cuja secção transversal é de 2 mm (ou exatamente 2,08 mm), temos uma perda de quase 20% da potência que é injetada pelo amplificador em uma ponta do cabo. Vários fabricantes disponibilizam esse cálculo, e conforme se aumenta a distância, o diâmetro do fio utilizado se torna antieconômico. Veja que para esse exemplo, estamos trabalhando com 4 ohms, um cabo de boa secção transversal e um comprimento de 50 metros apenas, e já temos 20% de perdas.

Mas existe outro problema além desse em sistemas de distribuição de áudio em ambientes maiores. Como fazemos se desejarmos ligar uma série de transdutores (alto-falantes) à saída de áudio desse amplificador cuja impedância mínima de trabalho é geralmente 4 ohms? A solução óbvia é fazer

uma associação série-paralela, que resolve esse problema, mas cria outro: a complexidade das ligações, e a possibilidade de ocorrerem erros na ligação série-paralela que podem fazer com que o amplificador seja submetido a uma condição de sobrecarga que pode levá-lo a entrar em modo de proteção ou à sua destruição, se este amplificador estiver com um defeito de manufatura ou de projeto. A maioria dos amplificadores modernos incorpora algum tipo de circuito de proteção automática que fará com que o estágio de saída seja cortado ou limitado quando ocorrem curtos ou condições de impedância abaixo do que seria suportado em suas saídas, mas muitos possuem proteções mal dimensionadas que não irão funcionar adequadamente e nesse caso o amplificador será destruído.

Além disso, ligações série são conhecidas por, em caso de falha de um link desta ligação série, todos os transdutores conectados ao ramo afetado da ligação param de funcionar. E durante a manutenção, como ficam as coisas? Erros são comuns, e uma ligação série ligada de forma equivocada em paralelo arruína totalmente a instalação.

Como fazer então para se distribuir áudio por um estádio, aeroporto ou shopping center, onde as distâncias são muito maiores? A solução é simples, e foi desenvolvida pelas empresas de distribuição de energia elétrica há quase um século atrás para diminuir as perdas na transmissão. Aumenta-se a tensão e dessa forma a corrente diminui proporcionalmente. Dessa forma, as perdas resistivas no cabo são reduzidas e pode-se utilizar cabos com bitolas menores. Como a necessidade é distribuir potência, e não tensão, aumentando-se a tensão consegue-se distribuir a potência necessária com muito menos perdas. Empréstando esse conceito das distribuidoras de energia elétrica, vem de imediato a idéia de que se precisa aumentar a tensão de saída do amplificador distribuidor para que as perdas diminuam.

Assim sendo, a solução para distribuição de áudio em longas distâncias ou em sistemas distribuídos complexos é elevar a tensão de saída através de um transformador elevador colocado imediatamente na saída do amplificador, e utilizar essa tensão mais alta para distribuir a informação de áudio através de cabos mais finos, e no ponto de carga deve-se reduzir novamente a tensão a ser aplicada ao alto-falante através de um transformador abaixador para cada ponto de carga. Esse sistema ficou conhecido como sistema de tensão constante. Aplicações típicas deste sistema são em sistemas de alto-falantes distribuídos para PA, paginação ou música de fundo de baixo volume.

A TENSÃO É CONSTANTE EM LINHAS DE TENSÃO CONSTANTE?

O termo tensão constante é enganador e causa muita confusão até que seja entendido. Em engenharia eletrônica, é comum utilizar-se dois tipos de fontes: fontes de tensão constante e fontes de corrente constante. Uma fonte de

tensão constante ideal é capaz de fornecer tensão constante a uma carga, independente do valor desta carga. Ou seja, a corrente pode variar, mas a tensão não. Em outras palavras, sua impedância de saída é zero ohm. Dessa forma, a potência transmitida se altera por variações na corrente e não na tensão. Já em fontes de corrente constante, ocorre o inverso: o que se mantém constante é a corrente, e a potência transmitida varia de acordo com o valor da tensão. Nessas fontes, a impedância de saída é elevada, e no caso da fonte de corrente ideal, a impedância de saída é infinita.

Nos sistemas de áudio distribuídos, a tensão é constante somente na condição de potência máxima. Nessa situação, temos uma fonte de tensão constante, que é o amplificador, e a corrente varia com a quantidade de terminações (cargas) conectadas à linha. Portanto, fica claro que o comportamento da linha é de tensão constante, mas em condições de uso, a tensão existente não é constante, mas varia de acordo com o programa em reprodução. Um termo mais adequado para o sistema seria transmissão em alta impedância.

Deve-se notar que amplificadores para linhas de tensão constante fornecem uma tensão de 70V RMS a plena potência, independente da potência do amplificador. Logo, um amplificador de 10 W e outro de 100 W para uma linha de tensão constante de 70 V terão em sua saída exatamente 70V na condição de potência máxima. O que muda entre o amplificador de 10W e o de 100W para tensão constante é a corrente. Ela é quem definirá a potência de saída do amplificador.

PORQUE 70V?

Toda linha de 70 V apresenta 70.7 VRMS quando o amplificador que a excita está trabalhando em sua potência nominal e excitado por um sinal senoidal. Como $70.7 \text{ V RMS} \cdot \text{SQRT } 2 = 100\text{V}$, nota-se que chegamos a um valor de pico de 100V. É importante mencionar que o valor tecnicamente correto é 70.7V RMS, e por facilidade adota-se o termo mais simples de 70V. Porque 100 V de pico?

Essa escolha remonta à década de 1940, quando a UL (Underwriters Laboratory), uma empresa norte-americana que normatiza e testa produtos de acordo com essas normas, definiu que todas as tensões acima de 100 V de pico podem criar um risco de choque elétrico e conseqüentemente a fiação não pode ficar exposta e deve ser colocada de forma isolada em um conduíte.

Deve-se lembrar que nos dias de hoje o valor máximo aceito internacionalmente como seguro contra choques elétricos é de 25 V RMS. É importante notar que existem outras tensões que não a padrão de 70V, sendo as mais comuns 100 V, 140V, 200 e 210 V RMS. Na Comunidade Européia e também em partes dos EUA, 25 VRMS é a tensão em que se define como

segura para evitar riscos de choque elétrico. Nesses casos, esta tensão pode ser utilizada para se evitar o uso de conduítes.

VANTAGENS DA OPERAÇÃO EM 70V

A grande vantagem da operação em linha de 70 V é a redução das perdas resistivas nos cabos de transmissão. Isso o sinal de áudio nessas linhas de tensão constante tem baixa corrente. Conseqüentemente, podemos reduzir a bitola dos cabos sem perder potência na forma de calor. Outra vantagem da operação de 70V é que fica muito fácil casar muitos alto-falantes à saída do amplificador. Não se torna mais necessário utilizar ligações série-paralela e irão ocorrer menos erros na ligação. Também não existirão partes da linha com ligação em série, que podem se comportar como as lampadinas da árvore de Natal: se uma abrir, todo o ramo onde essa unidade estava ligada deixa de funcionar. Se isso ocorrer, naturalmente seu sistema ficará arruinado, pois parte do sistema será perdido e, além disso, a impedância na saída do amplificador será aumentada. Isso diminui a potência disponível no sistema. No caso de um sistema de tensão constante você pode ligar dezenas ou até centenas de alto-falantes em paralelo conectados a um amplificador único.

DESVANTAGENS DA OPERAÇÃO EM 70V

A grande desvantagem de um sistema de tensão constante é que os transformadores custam caro e são pesados. E bons transformadores custam mais caro ainda. Para obter uma resposta em baixas frequências estendida, será necessário utilizar transformadores que respondam a essas frequências, que necessitam de bastante núcleo para não saturar. E o aço-silício em quantidade faz com que se usem mais metros lineares de cobre nos enrolamentos, que para manter as perdas em um valor aceitável, precisam ter as bitolas aumentadas. Logo o custo de um bom transformador cresce de forma rápida por uma necessidade adicional de aço-silício e de cobre, itens bastante caros. Por isso, bons transformadores custam dinheiro e o custo sobe significativamente.

Outra desvantagem é que os transformadores aumentam a distorção harmônica do sistema, principalmente nos extremos do espectro de frequências. Como resultado, ao se usar transformadores de baixa qualidade, o som será perceptivelmente deteriorado pelos transformadores. Também há uma piora significativa da resposta em frequência nos extremos da banda audível, que é função do transformador. Transformadores de boa qualidade, como já dito, nos graves precisam de bastante núcleo para não saturar e isso aumenta o custo. No extremo dos agudos, o arranjo dos enrolamentos é crucial para se obter uma boa resposta em frequência e isso também aumenta o

custo, por meio do aumento do uso de materiais e de mão de obra para se obter uma resposta em frequência adequada.

O PROJETO DE UMA LINHA DE 70 V

Para se projetar e implementar uma linha de 70 V, precisa-se saber de antemão algumas informações básicas sobre o projeto. A primeira dessas informações será a finalidade de uso do sistema. Deve-se definir se o sistema será usado para música ambiente, música em volume moderado ou volume elevado ou para a transmissão de informações faladas. Após isso, deve-se, com base na área a ser coberta, definir qual será o número e tipo de alto-falantes necessários para essa aplicação. Com base nesses dados, define-se a potência total do sistema e qual a potência necessária para o amplificador.

O cálculo do número de alto-falantes e da potência necessária para a cobertura da área necessária está fora do escopo deste artigo e, portanto não serão abordados aqui.

Os alto-falantes que serão ligados na linha de 70 volts devem possuir ou serem conectados a um transformador adaptador de impedância de linha para reduzir a tensão a um nível que o alto-falante possa utilizar. Este transformador é parte integrante de um alto-falante ou caixa montada especificamente para linhas de 70 Volts. Este transformador deve possuir várias derivações em seu primário e usualmente também em seu secundário. As derivações do primário permitem se escolher o volume que será necessário no ponto onde o falante será instalado. No lado primário o transformador tem marcações com os valores de potência de entrada. A potência necessária depende da sensibilidade do sistema e do volume necessário no ponto de audição. No secundário, as derivações podem existir para serem utilizadas para casar o transformador ao alto-falante de 4 ou 8 ohms.

A conexão de todos os transformadores deve ser feita em paralelo, de forma que para calcular a potência total do sistema basta somar a potência de todos os alto-falantes conectados ao amplificador através da indicação da potência necessária no transformador abaixador do alto-falante. Um amplificador dedicado para linhas de 70V fornece 70V RMS quando excitado à potência máxima, independente de sua potência de saída. Logo, a impedância de uma derivação de 1W é de 4.900 Ohms, como a matemática básica nos mostra. Na prática, este valor é arredondado para 5.000 ohms para facilitar as contas. Se a derivação de 2W foi utilizada, o valor da impedância do transformador é de 2500 ohms e assim por diante.

Um exemplo bastante simples nos ajuda a esclarecer o conceito: numa sala com 10 alto-falantes conectados no tap de 10W temos então: 100W de potência na linha de 70V. Uma conta simples nos mostra que o valor de

corrente nessa linha é de 1.42 A e a impedância dela é de 49 ohms (ou através do raciocínio acima, 50 ohms). Nota-se como a impedância é bem maior que a encontrada em sistemas domésticos, de 4 ou 8 ohms, assim como há uma redução significativa na corrente, que atinge um valor que não chega a 1,5 A.

Para se medir essa impedância na linha de tensão constante pode-se utilizar um medidor de impedância específico para linhas de 70V. Devemos lembrar que os transformadores reais possuem perda por inserção, que nada mais é do que a perda de potência devida principalmente à resistência interna dos enrolamentos do transformador. Esta perda deve ser incluída nos cálculos ou devemos incluir uma margem de segurança na potência a ser utilizada no sistema, se não soubermos qual é a perda por inserção. Importante notar que alguns fabricantes de transformador compensam a perda por inserção de seus trafos e nesse caso, a potência entregue ao alto-falante é o valor nominal encontrado na conexão. Outros fabricantes de transformadores/ caixas não compensam a perda por inserção e neste caso, a potência entregue ao alto-falante é menor do que a potência aplicada.

O AMPLIFICADOR DE POTÊNCIA

Existem três opções de amplificador de potência para a operação de 70V: O amplificador pode utilizar um transformador externo, pode ter o transformador integrado internamente ao produto ou o amplificador pode ser do tipo que não usa transformador, por reunir características de tensão e corrente na saída que permitam essa configuração.

Se você usar um transformador externo, selecione um transformador com capacidade acima daquela do seu amplificador de potência. Lembre-se de levar em conta também a perda por inserção desse transformador no cálculo do sistema. Se o transformador já está incorporado ao amplificador de potência, simplesmente procure a saída rotulada 70V. Os amplificadores para linhas de 70V sem transformador geram a alta tensão necessária para a operação, e eliminam as desvantagens dos transformadores do amplificador que são: maior custo, aumento de peso, resposta em frequência limitada e distorção por saturação do núcleo em baixas frequências, mas somente no lado do amplificador, pois esses problemas continuam a existir nos transformadores dos alto-falantes.

Outra alternativa quando o sistema a ser instalado é de pequenas dimensões (como pequenos escritórios e consultórios, além de sistemas residenciais de home-theater como amplificadores de segunda zona de áudio) é fazer a distribuição em nível de linha, com um amplificador instalado junto de cada alto-falante ou grupo de alto-falantes, sendo que nesse caso as perdas são também reduzidas, pois não ocorrem os problemas citados nesse artigo que originaram a necessidade da distribuição em linhas de 70 V. Utiliza-se nesse



sistema vários amplificadores interligados em nível de linha, sendo que cada um deles tem uma saída by-pass ativa que funciona como um repetidor, que mantém o nível de sinal constante e ajuda a manter a baixa impedância no cabo, essencial para que não haja perdas e indução de ruídos no sistema. Além disso, cada aparelho é ligado e desligado pelo próprio sinal de áudio, o que permite que o produto possa ser instalado muito próximo ao alto-falante, e não precise de intervenção para ser ligado. Um produto indicado para essa aplicação é o AAT (Advanced Audio Technologies) PA-200, que pode ser visto no seguinte link deste site: [Advanced Audio Technologies - PA-200](#).

Os amplificadores AAT foram projetados para trabalhar perfeitamente tendo como carga um transformador e como tal também podem ser utilizados com transformadores externos para linhas de tensão constante.

Copyright 2010 J. Yazbek Indústria Eletrônica Ltda.

Não pode ser reproduzido sem a permissão por escrito, nos termos da Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.