

Antenas Loop Magnéticas (versão 4 - 21/08/16)

Está pensando em experimentar a antena Loop Magnética (ou Magloop) ? Muito bom. Elas são muito menores do que as dipolos, são ditas serem pouco ruidosas (ainda não estou certo!), mas têm que ser corretamente projetadas e montadas se for esperado um bom desempenho. O maior desafio são as perdas nos condutores e capacitor de sintonia, requerendo cuidados especiais, principalmente no capacitor que, além de terem baixíssimas perdas, devem suportar alta tensão mesmo para potências relativamente baixas (algumas dezenas de watts).

O grande inconveniente da MagLoop é requerer sintonia para transmissão eficiente sempre que se varia a frequência devido ao alto Q das antenas bem construídas, o que a faz pouco prática para instalação remota, salvo se ela tiver controle remoto para a sintonia. Mesmo com o controle remoto, desagrada ter que correr atrás com a sintonia da antena na medida com que se varre a faixa. Ainda assim, pode ser uma opção válida para operação portátil, para quem mora em local ruidoso ou quem não tem espaço para as antenas convencionais.

Esta página não se propõe a detalhar o assunto, que está largamente citado na internet, mas sim de dar algumas indicações úteis a quem quer construir uma antena magloop. Para quem deseja um artigo bastante detalhado sugiro o artigo do Leigh Turner, VK5KLT (<http://www.brisdance.com/vk4amz/files/Download/UnderMagLoop.pdf>).

Outro site que impressiona pela quantidade de informações para quem quer estudar e montar uma loop magnética é o do Frank, N4SPP, (http://www.nonstopsystems.com/radio/frank_radio_antenna_magloop.htm);

Muito útil também é o portal da 66pacific.com (http://www.66pacific.com/calculators/small_tx_loop_calc.aspx) que apresenta um interessante simulador. Nele, o interessado entra com as medidas pretendidas para a circunferência da antena, o diâmetro do condutor, a frequência de operação e a potência de transmissão, e tem de volta a eficiência da antena, a largura de banda, o valor do capacitor de sintonia necessário, a tensão do capacitor (que definirá o isolamento requerido) assim como outros parâmetros (corrente, resistência de radiação etc). O simulador é baseado no Livro sobre antenas da ARRL (que está referenciado no 66pacific.com), assim como neste site você também encontrará um calculador muito útil para você dimensionar e construir o capacitor variável para a sua magloop.

Este simulador é apenas para a antena loop curta, ou seja, cujo comprimento do loop seja limitado entre um décimo e um quarto do comprimento de onda da transmissão. Logo, não é para qualquer tipo de antena loop, cuja variedade é grande.

A vantagem deste simulador é que você pode dimensionar a antena, otimizando-a para a faixa que você deseja. Você pode obter, **teoricamente**, eficiências bastante boas. Dê uma experimentada no simulador!

É importante ter em mente que o diâmetro do condutor é fundamental para se obter baixa perda, já que a resistência de radiação (calculada no simulador) é muito baixa. Deve ser considerada a resistência à corrente de alta frequência, o que indica o emprego de condutores tubulares devido ao efeito pelicular.

A eficiência da antena também depende da perda no capacitor, que deve ser a ar, visto que é a única forma de se reduzir as perdas com altíssimas correntes que poderão passar em antenas de alto Q. Entretanto, conforme explicado pelo Leigh Turner, os cuidados na construção do capacitor e na conexão como o loop são grandes para manter a resistência à corrente RF extremamente baixa. Poucos miliohms impõem perdas consideráveis pois a resistência de radiação da loop é na ordem de miliohms. Veja no simulador.

O site do PY4ZBZ, Roland (<http://www.qsl.net/py4zbz/antenas/magloop.htm>) é outro site bastante completo para quem quer aprender sobre esta antena, e inclui vários endereços na internet de programas de cálculos de magloop.

Por fim, **chamo a atenção para o aspecto de segurança no que toca à choque elétrico e exposição aos campos eletromagnéticos gerados por este tipo de antena**, pois, por suas pequenas dimensões e apelo para o uso como antena portátil, é importante se saber o quão

próximo você pode estar da antena sem ser exposto a níveis superiores aos definidos pela norma internacional de exposição biológica às radiações eletromagnéticas, ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (www.icnirp.de).

Como as potências para esse tipo de antena são baixas pela limitação da própria isolamento requerida ao capacitor, as distâncias de segurança não invalidam a sua utilização. [O artigo do Leigh cita que distâncias de uma ou duas vezes o diâmetro seriam seguras. Eu imagino que ele se refira a antenas de alto Q, já que a intensidade do campo magnético depende diretamente da corrente, logo do Q da antena. Antenas com baixo Q e eficiência baixa certamente apresentarão campos menores e maiores tolerâncias quanto à distância segura. Mas eu creio ser muito difícil, se não impossível, uma definição sobre a real distância de segurança para uma determinada antena. Na dúvida, prefiro respeitar a distância de dois diâmetros para uma antena de alto Q e com 100 ou mais watts injetados.](#)

Como exemplo da importância da questão, o manual do módulo 935B Loop Tuner da MFJ (que permite se construir antenas loops magnéticas) dedica [as seis primeiras páginas](#) à questão do choque elétrico devido às tensões altas que podem aparecer nos terminais do loop principal, e à exposição aos campos eletromagnéticos, evidentemente baseadas na legislação da FCC sobre a matéria. O manual pode ser baixado no endereço (<http://www.mfjenterprises.com/support.php?productid=MFJ-935B>).

Para você ter logo uma ideia sobre distância segura (apresentada pelo fabricante) operando na máxima potência que o modelo permite (150W), a tabela 2 na pg 6 do referido manual informa que a distância segura seria de 62cm em 7Mhz com a antena no solo. Se você acha pouco, veja que em 28MHz esta distância passa para 2,22 metros. Mas claro que esta distância cai com a potência.

Enfim, o meu propósito neste artigo nunca será o de desestimulá-lo com aspectos facilmente contornáveis, ao contrário. No entanto, como são dados importantes e como você pode avançar nos experimentos e aumentar a potência, o meu propósito é informá-lo para que você possa fazer as suas experiências de forma consciente e segura, repassando o conceito de segurança aos colegas.

Abaixo uma lista de fatos e dados resumidos para dar uma ideia dos aspectos que devem ser considerados nos projetos deste tipo de antena:

- A eficiência do loop no que toca à relação sinal/ruído (o mais importante para ser mais silenciosa) depende da diretividade da antena assim como do ângulo de radiação.
- Teoricamente a loop na vertical é diretiva no espaço livre, tendo nulos nas direções concêntricas ao seu eixo para baixos ângulos de radiação, portanto para sinais distantes ou sinais próximos que se propaguem por ondas terrestres. Para sinais próximos refletidos na ionosfera a antena se comporta como uma vertical (omnidirecional).
- Os nulos para recepção a baixos ângulos são afetados pelos objetos metálicos e fiações próximas, assim como pelo balanceamento da antena (simetria construtiva). É difícil mantê-los, pois requer uma construção muito cuidadosa;
- Os nulos, se mantidos, ajudam à antena a ser mais silenciosa (devido à diretividade) e ajuda no cancelamento de sinais interferentes (distantes), se equipada de rotor. Qto à interferência gerada por dispositivos chaveadores (fontes chaveadas etc), teoricamente poderiam ser reduzidas apontando o nulo para a fonte, mas eu particularmente acho que isso só é possível no caso de concentração da emissão, ou seja, se a fonte estiver a uma razoável distância, fazendo com que a fonte se pareça concentrada. Não será efetivo se a fonte está próxima e usa a fiação elétrica como antena, espalhando a radiação da interferência.
- A blindagem eletrostática assegura um melhor desempenho quanto à diretividade, pois melhora o balanceamento.
- No site (<http://www.brisdance.com/vk4amz/files/Download/UnderMagLoop.pdf>) o autor, Leigh Turner VK5KLT, assegura que a loop a apenas um diâmetro de altura do solo apresenta boa diretividade se bem balanceada (máxima diretividade no plano do loop),

e que trabalha em todos os ângulos de radiação neste plano, conjugando as vantagens da vertical com a dipolo, ou seja, é antena adequada para contatos a qualquer distância, seja local, regional ou DX! Discordo um pouco, pois a vertical é omnidirecional para ângulos baixos, enquanto a loop o é para ângulos altos, e isso pode fazer diferença, dependendo da posição da fonte do sinal que se quer receber.

- A eficiência da loop depende fundamentalmente do seu Q (deve ser alto para evitar que a potência se dissipe fundamentalmente em calor nas partes metálicas por onde a alta corrente do loop passa (condutores e capacitor) ao invés de se irradiar (ou no solo e/ou objetos metálicos próximos, dependendo da posição da antena).
- O Q é afetado pelas perdas ôhmicas.
- Fórmula do Q: $Q = Fr/BW$ onde Fr é a frequência de ressonância, e o BW é a banda passante; BW pode ser achado, na prática, pelo intervalo entre as frequências onde a estacionária é 2,62 (desde que a ressonância seja com zero de estacionária, ou seja SWR 1:1)
- O ajuste de estacionária é facilmente obtido ajustando-se o diâmetro do loop secundário (o loop pequeno ligado ao cabo coaxial). Este diâmetro costuma ser em torno de 20% do diâmetro do loop principal para cabos de 50ohm. Outras impedâncias poderão ser ajustadas através do diâmetro do loop pequeno.
- $Q = X_L / 2(R_R + R_L)$ onde X_L = reatância indutiva do loop, R_R é a resistência de radiação e R_L é a perda, incluindo todas as perdas ôhmicas do loop principal, e as perdas devido ao solo e/ou de objetos metálicos próximos do loop (duas vezes o seu diâmetro, pelo menos). O fator 2 no denominador considera a reflexão da linha de transmissão perfeitamente acoplada, ou seja, com zero de estacionária (1:1).
- A eficiência aumenta com o aumento do R_R , que aumenta com o diâmetro do loop principal (proporcionalmente à quarta potência! ou seja, 20% a mais no diâmetro duplica o R_R , duplicando a potência efetivamente radiada).
- O diâmetro ótimo é aquele onde o comprimento do loop primário equivale a um quarto de onda. Acima, o loop deixa de ser curto, não valendo as suas características e equações, abaixo o R_R cai, caindo a sua eficiência, o que pode ser compensado com menores perdas no loop (condutor tubular mais largo, capacitor variável de menor perda e conexões melhores, soldadas). Ou seja, você pode fazer um loop menor, mas será menos eficiente ou você terá de caprichar na construção. A escolha é sua!
- Um capacitor com baixíssima perda necessário para o alto Q exigido para o desempenho esperado não pode ter contato deslizante e deve ter as suas partes (placas, separadores, contatos) soldadas. **Esse é o grande desafio da antena!** O variável de duplo estator, tipo borboleta ou não, é o mais indicado pela ausência do contato deslizante do rotor, mas, idealmente, todas as peças e subpartes fixas entre si do capacitor deveriam ser soldadas. O contato físico entre as partes metálicas, mesmo apertadas, não bastaria para garantir alto Q. Porém, lembremo-nos: o ótimo é inimigo do bom! O Leigh Turner, VK5KLT, dá exemplos de construções menos críticas de capacitores de baixa perda e controle de sintonia motorizado. Muito interessante!
- A impedância da linha 50 ohm, evidentemente influencia o Q (por isso o fator "2" na equação do Q acima). Porém é uma influência aceitável. Cálculo: se o loop interno for 20% do diâmetro (1/5), a relação entre as áreas é $1/5^2 = 1/25$. A reflexão dos 50 ohm é proporcional ao quadrado da relação das áreas ($1/25^2 = 1/625$), logo a impedância resistiva refletida para o loop é $50 \text{ ohm} / 625 = 0,08 \text{ ohm}$ (80 miliohm), que deverá valer o total das perdas resistivas da antena na frequência de sintonia.
- A altura do loop também afeta a eficiência. Altura inferior a um diâmetro do loop principal proporcionará importantes perdas no solo. Acima de duas vezes o diâmetro do loop principal é praticamente indiferente.
- Exemplo de cálculo teórico que pode ser verificada no simulador: Uma loop para 7.100 KHz, com comprimento de 6,9 m de tubo metálico de 1 polegada exibirá a espetacular eficiência de 68% (com um excelente capacitor variável!) e um $Q = 732$. Se o diâmetro for de 1cm (tubo de cobre para gás) a eficiência será de 46%, ainda assim uma queda de 3,4dB, imperceptível num essímetro. Agora, se o capacitor e as conexões não forem excelentes, se o loop estiver muito perto do solo e de partes metálicas, o rendimento pode cair drasticamente.

Sites recomendados

<http://www.qsl.net/py4zbz/antenas/magloop.htm>
http://www.66pacific.com/calculators/small_tx_loop_calc.aspx
<http://www.mfjenterprises.com/support.php?productid=MFJ-935B>
<http://www.brisdance.com/vk4amz/files/Download/UnderMagLoop.pdf>
http://www.nonstopsystems.com/radio/frank_radio_antenna_magloop.htm

Espero que o texto tenha sido útil se você pretende experimentar a magloop. Em breve escreverei sobre os resultados de minhas experimentações.

73!

João Saad