

## Osciloscópio para o ensino II

### PROVA DA LIVRE SOBREPOSIÇÃO DE CAMPOS MAGNÉTICOS NO VÁCUO

- Sobreposição de campos magnéticos alternados de frequência igual e diferente e observação do deslocamento dos pontos de imagem do tubo.
- Produção de figuras Lissajous fechadas.
- Verificação da frequência da rede

UE3070850

06/16 JöS

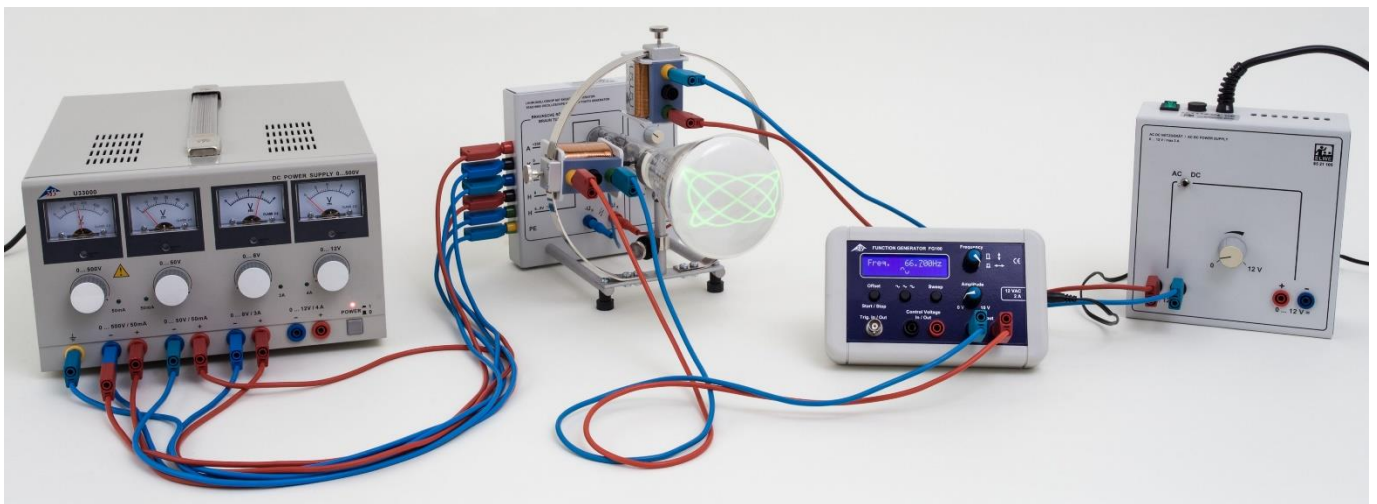


Fig. 1: Dispositivo de medição.

### FUNDAMENTOS GERAIS

**Com o auxílio de um tubo de Braun pode-se demonstrar a livre sobreposição de campos magnéticos no vácuo, no qual se examina o desvio do jato de elétrons do tubo no campo magnético. A verificação também pode ser feita em campos magnéticos, eis que o jato de elétrons da alteração dos campos magnéticos ocorre sem lentidão.**

Nessa experiência são afixadas duas bobinas com fluxo de corrente, de igual teor, na parte externa do tubo de Braun e pode-se observar, assim, o desvio do jato dos elétrons nos campos magnéticos das bobinas como deslocamento na tela do tubo. Enquanto o campo magnético da bobina horizontal reage sobre um deslocamento vertical, a bobina vertical influi sobre um deslocamento horizontal.

Através de um campo magnético alternado por uma frequência de rede nas bobinas, o ponto de imagem se torna um traço repuxado horizontal ou verticalmente. Se houver a conexão simultânea de ambas as bobinas em paralelo, aparecerá um

traço reto abaixo de  $45^\circ$ , em conexões antiparalelas das bobinas abaixo  $-45^\circ$  um traço vertical, porque com o deslocamento do ponto de imagem através de ambos os campos magnéticos, ocorrerá uma sobrecarga dos mesmos.

Essas observações também podem ser estendidas aos campos magnéticos alternados com diferentes frequências. As figuras Lissajous que podem ser observadas agora dependem em grande parte da relação das frequências de ambos os campos magnéticos e de suas condições de fases. Quando as frequências se encontram em valores racionais simples, figuras fechadas são produzidas. Seu formato preciso depende, ainda, da diferença de fases entre os campos magnéticos, como representado no esquema 2 para figuras Lissajous, de relação de frequência 5:1.

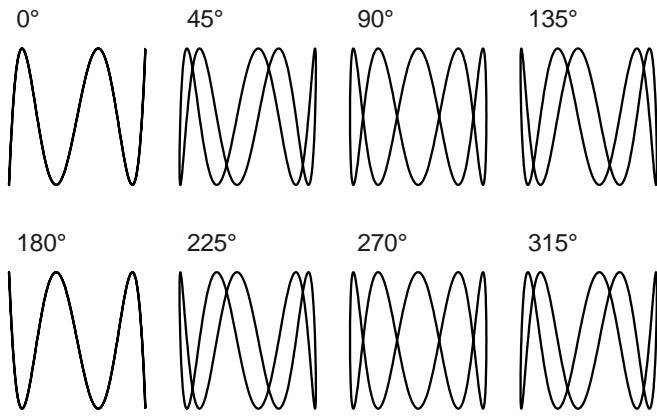


Fig. 2: Figuras Lissajous para diferença de frequência 5:1 com diferenças de fases de 0°, 45°, 90°, ...

Se, porém, houver um mínimo desvio da relação de frequência dos valores racionais simples, ocorre uma figura fechada, que por isso se modificará mais lentamente, quanto menor for o desvio dos valores racionais. Na experiência isso é aproveitado para testar a frequência de rede. Para isso, uma bobina é conectada a uma frequência de rede de um transformador em funcionamento, e a segunda é conectada a um gerador de função, cujo sinal de frequência pode ser lido com alta precisão.

**LISTA DE APARELHOS**

- 1 Osciloscópio para o ensino 1000902 (U8481350)
- 1 Fonte de alimentação DC 0 – 500 V @230V 1003308 (U33000-230)
- ou
- 1 Fonte de alimentação DC 0 – 500 V @115V 1003307 (U33000-115)
- 1 Gerador de funções FG 100 @230V 1009957 (U8533600-230)
- ou
- 1 Gerador de funções FG 100 @115V 1009956 (U8533600-115)
- 1 Fonte de alimentação AC/DC 0 – 12 V @230V 1001007 (U8521105-230)
- ou
- 1 Fonte de alimentação AC/DC 0 – 12 V @115V 1001006 (U8521105-115)
- 1 Conjunto de 15 cabos de segurança para experiências, 75 cm 1002843 (U138021)

**MONTAGEM**

**Indicações de segurança**

O osciloscópio didático é alimentado em parte com tensões acima de 60 V.

- Só realizar as conexões com o aparelho de alimentação elétrica desligado.
- Utilizar cabos de segurança.

O tubo de vidro estando evacuado existe o risco de implosão.

- Não exercer nenhum esforço mecânico sobre o tubo.

O osciloscópio de aprendizado funciona, dependendo do tubo inserido, geralmente com tensões de anodo de até cerca de 300 V. A tensão do anodo não pode, entretanto, ultrapassar os 350 V.

Em escolas ou centros de formação a operação do aparelho deve ocorrer sob a responsabilidade de pessoas preparadas para a operação do aparelho.

**Primeira operação**

- Desligar o aparelho de alimentação elétrica.
- Conectar as entradas do osciloscópio didático com as saídas do aparelho de alimentação em rede conforme às tensões correspondentes (Fig. 3).
- Ligar o aparelho de alimentação.
- Ajustar o regulador de tensão de modo que os valores limite não sejam ultrapassados.
- Colocar o gerador de dente de serra em "off".

Após 10-30 s aparece uma mancha verde sobre a tela que marca um feixe de elétrons incidente. Para manter o tubo o mais simples e compreensível possível para fins didáticos, não foi instalado um dispositivo adicional para aceleração posterior e focalização. Por essa razão, em geral o feixe não pode ser tão nítido como num osciloscópio de medição.

- Variar a tensão de Wehnelt até que a mancha apresente a sua extensão mínima.

O feixe de elétrons também é visível no tubo na forma de um fio avermelhado, porém, por causa da luminosidade reduzida, só é visível em espaço escurecido.

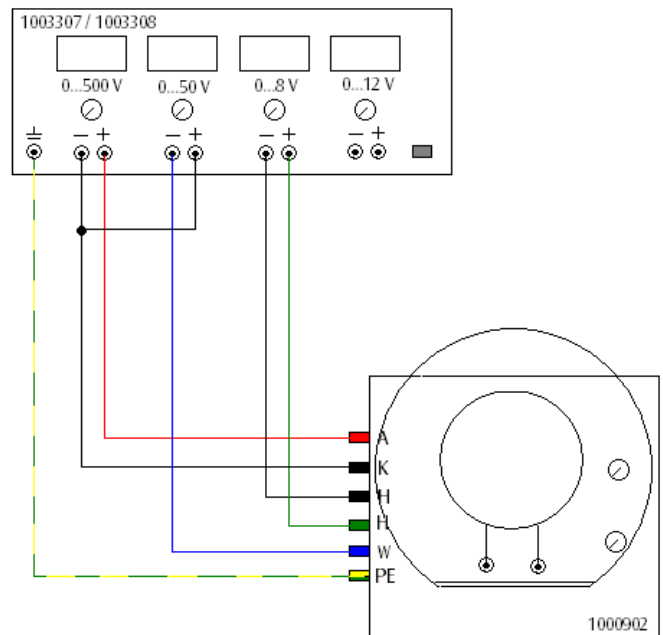


Fig. 3: Conexão do osciloscópio à fonte de alimentação.

## EXECUÇÃO

### Sobreposição de campos magnéticos alternados

- Fixar uma bobina conforme a Fig. 4 apontando para dentro com eixo disposto horizontalmente no anel de metal.
- Conectar as entradas da bobina (verde, amarelo) ao gerador de funções (ajustado para uma tensão senoidal de 50Hz) conforme Fig. 4. Selecionar a amplitude de forma que o traço que aparece na tela tenha cerca de metade do comprimento do diâmetro da tela.
- Com o ímã anelar no suporte do tubo, ajustar o traço central e verticalmente.
- Montar outra bobina apontando para dentro com eixo disposto verticalmente no anel de metal.
- Conectar as entradas da bobina (verde, amarelo) à fonte AC/DC.
- Ligar a fonte AC/DC e ajustar a corrente alternada (AC) de forma que surja uma elipse.
- Ajustar a frequência do gerador de funções para múltiplos da frequência de 50 Hz e observar a imagem.

### Geração de figuras Lissajous fechadas

- No prosseguimento da sobreposição de campos magnéticos alternados (vide acima), ajustar o gerador de funções novamente para 50 Hz, até que volte a surgir uma elipse.

Dependendo de da precisão da sintonização das frequências dos sinais de entrada, a elipse se deformará mais lenta ou mais rapidamente. Sendo admitida a forma de reta inclinada duas vezes por ciclo.

- Adaptar a amplitude do gerador de funções de forma que a inclinação da reta seja de 45° e que um círculo se forme durante a transição.
- Ajustar a frequência do gerador de funções para múltiplos da frequência de 50 Hz.

### Verificação da frequência da rede

Se a relação da frequência apresentar apenas desvios reduzidos de uma relação racional simples, forma-se uma figura fechada que se altera mais lentamente quanto menor o desvio da relação racional. Isto é utilizado para verificação da frequência de rede. Para tanto, uma bobina é conectada a um transformador trabalhando com a frequência da rede e uma segunda bobina é conectada ao gerador de funções, cuja frequência de sinal pode ser lida com grande precisão.

Adequada à frequência de rede  $\nu$ , é procurada a frequência do gerador  $\nu_5$ , em que a figura de Lissajous atribuível à relação de frequência 5:1 se altera mais lentamente.

## AValiação

### Sobreposição de campos magnéticos alternados

Dois campos magnéticos alternados se sobrepõem sem distúrbios. O feixe de elétrons é desviado vertical e horizontalmente pelas duas bobinas.

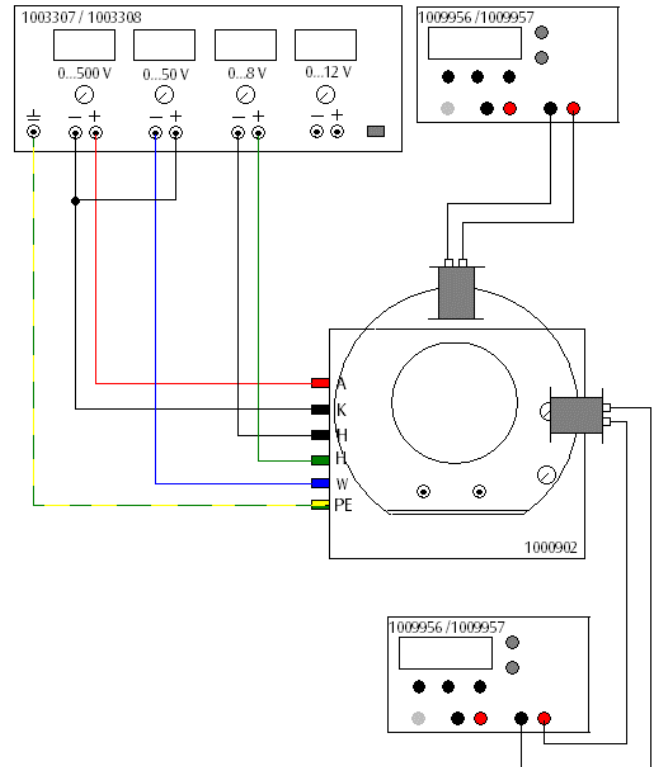


Fig. 4: Posicionamento e ligação das bobinas.

### Geração de figuras Lissajous fechadas

Já são observadas as figuras Lissajous mais simples. As formas dependem da relação das frequências e do deslocamento das fases. Por meio de um desvio reduzido da frequência nominal exata no gerador de funções (por via de regra, já basta a margem de erro dos aparelhos), o deslocamento de fase ocorre automaticamente e todas as figuras de uma relação de frequências podem ser observadas sucessivamente.

Se a frequência do primeiro gerador de funções for ajustada para múltiplos da frequência horizontal (50 Hz), as figuras Lissajous podem ser observadas para as relações de frequências 2:1, 3:1, 4:1, ...

Outras figuras Lissajous se formam com múltiplos quebrados da frequência horizontal (por exemplo, 3:2 (75 Hz), 4:3 (66,7 Hz)).

### Verificação da frequência da rede

A frequência de rede  $\nu$  no momento de observação calcula-se como se segue:

$$(1) \quad \nu = \frac{\nu_5}{5} = \frac{249,95 \text{ Hz}}{5} = 49,99 \text{ Hz} .$$

Essa determinação ocorre com uma precisão de 0,01 Hz, porque  $\nu_5$  pode ser ajustado com uma precisão de 0,05 Hz.

