

as one would like to have. Therefore the application of the synchrotron radiation for ESCA-purposes will be limited in the near future at least, to experiments which cannot be performed by conventional X-ray and ultra-violet-light sources.

The ESCA-technique is still in a state where a great deal of technological developments have to be done. One can expect, though, that it will become quite soon a routine instrument of chemical and solid state research like NMR or electron spin resonance etc..

REFERENCES

- [1] E. BODENSTEDT, J. RADELOFF, N. BUTTLER, P. MEYER, L. SCHÄNZLER, M. FORKER, H. F. WAGNER, K. KRIEN, und K. G. PLINGEN; *Z. f. Physik* **190**, 60 (1966).
- [2] K. SIEGBAHN, and K. EDVARSON; *Nucl. Phys.* **1**, 137 (1956).
- [3] A. FAHLMANN, S. HAGSTRÖM, K. HAMRIN, R. NORDBERG, C. NORDLING, and K. SIEGBAHN; *Arkiv Fysik* **31**, 479 (1966).
- [4] K. SIEGBAHN et al., *Nova Acta Regial Soc. Scient. Upsaliensis*, Ser IV, **20** (1967).

I—Experiências escolares com o osciloscópio de raios catódicos em que não se utiliza a base de tempo

B)—Estudo das relações entre os valores de algumas grandezas físicas

por RÓMULO DE CARVALHO

Sumário das experiências:

7. Queda de tensão ao longo de um circuito em série.
8. Força electromotriz de indução.
 - 8.1. Indução provocada pelo deslocamento de um iman.
 - 8.2. Indução provocada por uma bobina percorrida por uma corrente.
 - 8.2.1. Variação da f. e. m. induzida com a intensidade da corrente indutora.
 - 8.2.2. Variação da f. e. m. induzida com o número de espiras da bobina que sofre a indução.
- 8.2.3. Variação da f. e. m. induzida com o ângulo que fazem entre si os eixos das bobinas indutora e induzida.
- 8.2.4. Variação da f. e. m. induzida com a permeabilidade magnética do núcleo da bobina indutora.
9. Estudo das variações do campo magnético criado por uma bobina.
 - 9.1. Influência do número de espiras da bobina sobre o valor do campo magnético criado por ela.
 - 9.2. Influência da intensidade da corrente que percorre a bobina sobre o valor do campo magnético criado por ela.

- 9.3. Influência do comprimento da bobina sobre o valor do campo magnético criado por ela.
10. Estudo das relações entre os valores das tensões aplicadas nos terminais de uma resistência e os valores das intensidades das correntes que a percorrem (Lei de Ohm).

- 10.1. O condutor em estudo é uma resistência ôhmica e a corrente que a percorre é contínua.
- 10.2. O condutor é uma resistência ôhmica e a corrente que o percorre é alternada.
- 10.3. O condutor possui indutância e a corrente que o percorre é alternada.

11. Estudo dos transformadores estáticos.

- 11.1. Variação da tensão no secundário com o número de espiras da respectiva bobina.
- 11.2. Desfasamento entre os valores da tensão e da intensidade da corrente no primário do transformador.
- 11.3. Desfasamento entre os valores das intensidades das correntes no primário e no secundário.
- 11.4. Desfasamento entre os valores da tensão e da intensidade da corrente no secundário.

7. Queda de tensão ao longo de um circuito em série.

Se num circuito em série instalarmos um voltímetro em derivação, poderemos, por meio desse instrumento, medir os valores das diferenças de potencial entre quaisquer dois pontos do circuito. Recordando que o osciloscópio pode servir de voltímetro (2.1.1 e 4.1.1) torna-se fácil utilizá-lo na observação e medição daquelas diferenças de potencial.

No circuito representado na figura 26 utiliza-se a tensão de 18,9V alternados (12,6 + 6,3) do bloco de alimentação *Phywe* (fig. 7) e faz-se passar a respectiva corrente por um conjunto de cinco

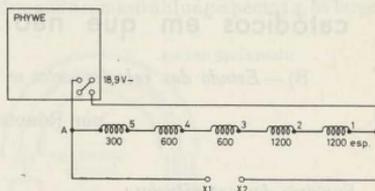


Fig. 26 — Montagem para o estudo da queda de tensão ao longo de um circuito em série.

bobinas, em série, cujos números de espiras são de 300, 600, 600, 1200 e 1200. As bobinas devem estar ligadas entre si por fios de bananas com derivação.

Liga-se um dos terminais da fonte (A) à placa X1 do osciloscópio, e liga-se X2 a pontos sucessivos (1, 2, 3, 4, 5) da série de resistências. Notar-se-á que o traço luminoso do alvo vai diminuindo de comprimento, segundo a ordem indicada.

8. Força electromotriz de indução.

Um trabalho de muito interesse para os alunos do ensino liceal é o estudo da indução electromagnética por meio do osciloscópio.

Se ligarmos os terminais de uma bobina às placas XX do osciloscópio e provocarmos uma variação de fluxo magnético através das espiras dessa bobina, criar-se-á uma tensão entre aquelas placas em consequência da força electromotriz provocada pela indução. As modificações então observadas no sinal luminoso, no alvo do osciloscópio, permitem apreciar, qualitativa e quantitativamente, as variações dos valores dessa força electromotriz.

8.1. Indução provocada pelo deslocamento de um íman.

Liga-se uma bobina de grande número de espiras (por exemplo de 12 000) às placas XX do osciloscópio em cujo alvo se obteve previamente o sinal pontual luminoso, e introduz-se, na bobina, um dos pólos de um íman em barra. Observe-se o deslocamento do sinal num certo sentido que depende do pólo que foi utilizado para a indução e também de ter sido introduzido ou retirado.

Repita-se a introdução do íman mas agora com maior ou menor rapidez. Notar-se-á que o desvio do sinal é tanto maior quanto mais rápido for o movimento do íman ou, por outras palavras, quanto menor for o intervalo de tempo, Δt , durante o qual se provocou a variação de fluxo magnético através da bobina.

Substitua-se a bobina por outra com diferente número de espiras (por exemplo uma de $2 \times 18\,000$ espiras que faz parte do material distribuído aos Liceus). Notar-se-á que os desvios do sinal luminoso são maiores quando o número de espiras da bobina utilizada for maior, supondo constantes todas as outras condições em que a experiência se executa.

Podemos assim estudar experimentalmente as relações expressas pela fórmula

$$E = n \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

em que E , n , $\Delta \phi$ e Δt são, respectivamente, a força electromotriz de indução, o número de espiras da bobina, a variação de fluxo provocada através de cada uma das suas espiras e o intervalo de tempo dessa variação.

8.2. Indução provocada por uma bobina percorrida por uma corrente.

8.2.1. Variação da f. e. m. induzida com a intensidade da corrente indutora.

Monte-se o circuito representado na figura 27 em que se utiliza a tensão alternada de 6,3 V do bloco MAE (ou os 12,6 V do bloco de alimentação do modelo Phytwe pois o 6,3 está ocupado na ligação entre esse bloco e o da base de tempo).

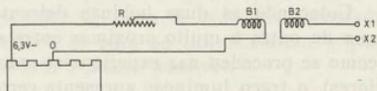


Fig. 27 — Montagem para o estudo da variação da f. e. m. induzida (na bobina B_2) com a intensidade da corrente indutora que percorre a bobina B_1 .

As experiências foram efectuadas com um reóstato, R , de cursor, de $23,5 \Omega$ e 4,3 A e bobinas indutoras, B_1 , de diferentes números de espiras. O circuito induzido consistiu numa bobina, B_2 , de grande número de espiras ($2 \times 18\,000$) cujos terminais se ligam às placas XX.

Usando uma bobina indutora de 300 espiras e introduzindo no circuito a máxima resistência do reóstato, obteve-se um traço luminoso de 6 mm (com o modelo MAE). Diminuindo progressivamente a resistência, o traço aumentou até 90 mm.

Conclui-se que a f. e. m. induzida depende da intensidade da corrente indutora, aumentando ou diminuindo conforme esta aumenta ou diminui.

8.2.2. Variação da f. e. m. induzida com o número de espiras da bobina que sofre a indução.

Substituindo a bobina induzida ($2 \times 18\,000$ espiras) por outra (por exemplo, de 12 000 espiras) verifica-se que os comprimentos dos traços luminosos são menores quando o número de espiras é menor, para as mesmas condições do circuito indutor. Se o traço media 6 mm para o indutor de 300 espiras, com o réostato no máximo da resistência, quando o induzido tinha $2 \times 18\,000$ espiras, mede 2 mm quando o induzido tiver 12 000 espiras.

8.2.3. Variação da f. e. m. induzida com o ângulo que fazem entre si os eixos das bobinas indutora e induzida.

Colocando as duas bobinas defronte uma da outra e muito próximas entre si (como se procedeu nas experiências anteriores), o traço luminoso apresenta certo comprimento; rodando uma das bobinas, mas mantendo-a sempre próxima da outra e de modo que os seus eixos façam, entre si, ângulos sucessivamente menores, ver-se-á o traço aumentar de comprimento.

Numa experiência em que se utilizou uma bobina indutora de 600 espiras e uma induzida de $2 \times 18\,000$ espiras colocada defronte e junto da primeira, o traço do alvo media 50 cm. Rodando a bobina indutora de modo a que o seu eixo fizesse ângulos sucessivos de 60°, 45° e 30° com o eixo da induzida, os comprimentos do traço foram, respectivamente, 20 mm, 24 mm e 30 mm.

8.2.4. Variação da f. e. m. induzida com a permeabilidade magnética do núcleo da bobina indutora.

Em todas as experiências anteriores a bobina indutora está mergulhada no ar. Se introduzirmos nela um núcleo de ferro

provocaremos grande aumento no valor da f. e. m. induzida.

Utilizando o mesmo circuito da figura 27, com uma bobina indutora de 300 espiras e o cursor do réostato em certa posição, obteve-se um traço luminoso de 2 cm de comprimento. Introduzindo um núcleo de ferro laminado na bobina, o traço luminoso alongou-se até exceder o alvo.

9. Estudo das variações do campo magnético criado por uma bobina.

Nas experiências dos números anteriores (§ 8) o que se tem estado a apreciar experimentalmente, sem se declarar, é a dependência entre os valores de B do campo magnético indutor e os valores das forças electromotrices induzidas. Como aqueles valores dependem do valor da intensidade da corrente que percorre o circuito indutor, do número de espiras da bobina indutora, etc., o que estivemos a apreciar, por intermédio do osciloscópio, foi a influência das variações destas grandezas sobre a força electromotriz induzida. Podemos, porém, estudar a influência dessas grandezas sobre os valores de H, ou de B, sem recorrer à indução electromagnética mas por acção directa do campo magnético sobre o feixe electrónico do osciloscópio.

Para as experiências que se seguem convém utilizar um suporte (S, fig. 28) onde se instale uma placa horizontal que sirva de mesa (ou qualquer coisa que faça o mesmo efeito como até uma pilha de livros) onde se possa apoiar uma bobina numa altura tal que o seu eixo fique ao nível do eixo longitudinal do tubo catódico. A bobina deverá ficar situada defronte da parte mais estreita do tubo, muito próxima dele, de modo que o eixo da bobina fique normal à trajectória do feixe electrónico. De qualquer modo de-

ver-se-ão marcar referências na superfície em que assenta a bobina para que, quando convier, se possa substituir uma bobina por outra que vá ocupar exactamente o lugar em que a anterior se encontrava.

O circuito utilizado nas experiências poderá ser, conforme mostra o esquema da figura 28, constituído por uma fonte de alimentação (6,3 V - da caixa MAE), um

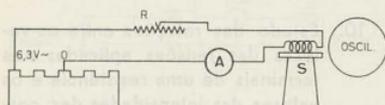


Fig. 28 — Montagem para o estudo das variações do campo magnético criado por uma bobina.

amperímetro com alcance de 1 A -, um reóstato de cursor e a bobina cujo campo magnético vai ser estudado.

9.1. Influência do número de espiras da bobina sobre o valor do campo magnético criado por ela.

Para que o único factor variável a influir no valor do campo seja o número de espiras das bobinas, será necessário que a corrente no circuito tenha sempre a mesma intensidade quando se substitui uma bobina por outra. As bobinas das colecções que existem nos liceus têm todas o mesmo comprimento, o que se traduz numa constante para este estudo.

Coloque-se no circuito uma bobina de 300 espiras, na posição indicada na figura 28, sobre o suporte S, e regule-se o reóstato para que o amperímetro acuse 300 mA. Numa experiência realizada, nestas condições, com o modelo MAE, o comprimento do traço luminoso foi de 10 mm.

Substituindo a bobina por outra de 600 espiras, e depois por outra de 1200 espiras, e regulando o reóstato em cada caso para manter a corrente de 300 mA,

observaram-se traços com os comprimentos de 21 mm e 40 mm. Concluiremos que os valores de B são proporcionais a n (número de espiras) quando a intensidade (I) da corrente e o comprimento (l) das bobinas se mantêm constante.

A experiência pode ser realizada doutro modo que permite evitar a regulação do reóstato para que a intensidade da corrente seja a mesma ao substituírem-se as bobinas. Para isso instalam-se logo de início, em série, no circuito, as bobinas cujos efeitos magnéticos vão ser apreciados (três, no caso da experiência citada). Assim já fica assegurado que a intensidade da corrente que as percorre tem o mesmo valor em todas elas. As ligações entre as bobinas deverão ser feitas com fios bastante compridos para que qualquer delas se possa colocar, à vontade, sobre o suporte S, uma de cada vez, e afastadas entre si para se influenciarem mutuamente o menos possível.

9.2. Influência da intensidade da corrente que percorre a bobina, sobre o valor do campo magnético criado por ela.

Para a execução desta experiência utiliza-se uma só bobina, variando o valor da resistência introduzida no reóstato para que a intensidade, no circuito, tenha valores diferentes. Assim, para uma bobina de 300 espiras, regulou-se o reóstato de modo que a intensidade da corrente apresentasse os seguintes valores: 300 mA, 600 mA e 900 mA. Os comprimentos do traço luminoso no alvo, no modelo MAE, foram, respectivamente, 10 mm, 21 mm e 31 mm, o que permite admitir que os valores de B sejam directamente proporcionais às intensidades das correntes que percorrem a bobina.

A experiência repetida com uma bobina de 600 espiras, percorrida por correntes de 300 mA, 600 mA e 900 mA sucessiva-

mente, deu, para comprimento dos traços no alvo, os valores de 29 mm, 58 mm e 88 mm, o que concorda com a conclusão anterior.

9.3. Influência do comprimento da bobina sobre o valor do campo magnético criado por ela.

Para este estudo será necessário utilizar bobinas de comprimentos diferentes mas com o mesmo número de espiras, percorridas por correntes da mesma intensidade. Poderemos, para isso, instalar, em série, no circuito, duas bobinas de 300 espiras e uma de 600, ligando-se entre si as duas primeiras com fios curtos, e a segunda à terceira com fios compridos. Como estão em série a intensidade da corrente que as percorre terá o mesmo valor em qualquer delas. Colocando as duas bobinas de 300 espiras (total 600) sobre o suporte *S*, encostadas uma à outra como se fossem uma só bobina, mede-se o comprimento do traço no alvo. Substituindo-as pela bobina única de 600 espiras, que tem metade do comprimento das outras duas associadas, o traço terá o dobro do comprimento, aproximadamente.

Numa experiência realizada com duas bobinas de 300 espiras, associadas, percorridas por 300 mA, obteve-se, no modelo *MAE*, um traço luminoso de 18 mm de comprimento; com uma bobina, única, de 600 espiras, percorrida por uma corrente da mesma intensidade, obteve-se um traço de 32 mm de comprimento.

Os valores obtidos não permitem concluir seguramente que os valores de *B* sejam inversamente proporcionais aos comprimentos das bobinas quando o número das suas espiras é o mesmo e a corrente que as percorre tem igual intensidade. Trabalhando com duas bobinas de 600 espiras que depois se substituem

por uma só de 1200 espiras, os resultados obtidos são ainda menos concludentes, o que deve ser consequência dos valores diferentes das indutâncias das bobinas.

O conjunto das experiências citadas em 9.1., 9.2. e 9.3. permitirá ilustrar, experimentalmente, as relações traduzidas na expressão $B = k \frac{nI}{l}$.

10. Estudo das relações entre os valores das tensões aplicadas nos terminais de uma resistência e os valores das intensidades das correntes que a percorrem (Lei de Ohm).

Colocada certa resistência num circuito, e fazendo-a percorrer por correntes eléctricas, pretende-se estudar a relação numérica entre os valores das tensões nos terminais da resistência e os respectivos valores das intensidades das correntes que a percorrem. O estudo experimental consistirá, portanto, em efectuar medidas de tensões e de intensidades de corrente.

Como já vimos, pode-se utilizar o osciloscópio como voltímetro (2.1.1 e 4.1.1) e como amperímetro (2.1.2), o que, em princípio, permitiria realizar facilmente o trabalho proposto mas, recordando o modo como dissemos poder o osciloscópio servir de amperímetro, notaremos que o processo se baseia no conhecimento prévio da lei de Ohm, ou seja da própria relação numérica que se procura. O caminho a seguir terá, portanto, que ser outro.

Consideremos então um circuito, como o da figura 29, onde se encontrem uma resistência (*R*) e uma bobina (*B*) em série. A bobina está colocada muito perto do tubo catódico, numa posição em que o seu eixo é normal à direcção do feixe electrónico (análogamente à disposição

indicada nas experiências do n.º 9). Fazendo passar uma corrente no circuito, o campo magnético criado pela bobina irá provocar um movimento do sinal luminoso segundo a vertical (Experiência 1.2). Como a intensidade do campo magnético é directamente proporcional à intensidade da corrente que percorre

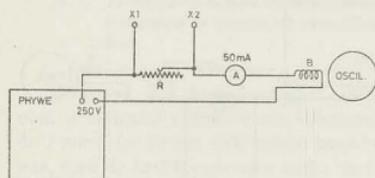


Fig. 29 — Montagem para o estudo da lei de Ohm.

a bobina (Experiência 9.2), o desvio sofrido pelo ponto luminoso (se a corrente for contínua) ou o comprimento do traço no alvo (se a corrente for alternada) serão função do valor da intensidade dessa corrente.

Se afastássemos a bobina das proximidades do tubo catódico e ligássemos os terminais da resistência R às placas XX do osciloscópio, veríamos o ponto luminoso deslocar-se segundo uma linha horizontal, ou então formar-se um traço luminoso horizontal, conforme a corrente fosse contínua ou alternada.

Procedendo simultaneamente dos dois modos, isto é, colocando a bobina perto do tubo catódico na posição indicada e ligando a resistência R às placas XX do osciloscópio, o sinal luminoso ficará sujeito à acção de duas forças rectangulares que o colocarão, no alvo, numa posição que depende, simultaneamente, dos valores de V e de I relativos à resistência em estudo. Variando os valores de V , para a mesma resistência, variarão também os valores de I , e da comparação dessas variações poderemos estabelecer a lei de Ohm.

- 10.1. O condutor em estudo é uma resistência óhmica e a corrente que o percorre é contínua.

A experiência pode ser feita de acordo com o esquema já referido, representado na figura 29, em que figuram, como fonte de tensão, os terminais de 250 V contínuos do bloco de alimentação *Phywe*; um amperímetro com alcance de 50 mA; uma resistência variável (caixa de resistência) R ; e uma bobina de indução B . Dos terminais de R partem dois fios para as placas $X1$ e $X2$.

Usando o modelo *MAE* a bobina utilizada nesta experiência será uma das três a que já nos referimos na experiência 1.2 cujas resistência e indutância já têm valores apropriados para o que se pretende. Qualquer das três bobinas se pode retirar da posição em que está instalada, fazendo ângulos de 120° entre si, e ser colocada de modo a ficar com o seu eixo horizontal. O modelo *Phywe* não tem bobinas para este efeito.

Obtido o ponto central, luminoso, no alvo, introduzida uma resistência na caixa (por exemplo 500Ω) e fechado o circuito, roda-se o botão do potenciômetro do bloco para se ir aumentando o valor da tensão aplicada a R , dando atenção ao amperímetro porque o bloco não admite uma intensidade superior a 50 mA. No alvo do osciloscópio o sinal desloca-se numa direcção oblíqua em relação aos eixos coordenados e caminha ao longo dessa direcção à medida que se aumenta o valor da tensão. Desse deslocamento em linha recta se conclui que há proporcionalidade directa entre os valores das tensões aplicadas aos terminais de R e os valores das intensidades respectivas.

Para uma resistência de 500Ω a obliquidade da recta descrita pelo ponto luminoso tem certo valor; para uma resistência maior, por exemplo de 1000Ω , a recta é mais inclinada sobre o eixo horizontal.

- 10.2. O condutor é uma resistência ôhmica e a corrente que o percorre é alternada.

Aproveitando o circuito anterior, utiliza-se a corrente alternada de 4 V do bloco *Phywe*, retirando o amperímetro por não ser agora necessário acautelar o bloco contra os excessos de intensidade de corrente.

Introduzam-se 500 Ω na caixa de resistências. Se esta não estiver ligada às placas XX, vê-se no alvo um traço luminoso vertical. Ligando *R* às placas, o traço dispõe-se obliquamente. Passando de 4 V para os 12,6 V do mesmo bloco, e mantendo a resistência com o mesmo valor, o traço luminoso conserva a mesma obliquidade mas aumenta de comprimento.

Repetindo as experiências com resistências mais elevadas (600 Ω , 700 Ω , etc.) vê-se o traço luminoso diminuir de comprimento e inclinar-se cada vez mais sobre o eixo das tensões.

Como os traços luminosos são rectilíneos concluiremos ser constante, para cada valor da resistência, a razão entre os valores das tensões que lhe são aplicados e as intensidades das correntes que a percorrem (Lei de Ohm).

- 10.3. O condutor possui indutância e a corrente que o percorre é alternada.

A experiência pode ser efectuada utilizando a montagem da figura 30, que inclui a bobina de indução, *B*, uma resistência de 500 Ω e uma outra bobina, *B1*, relativamente à qual se vão estudar as relações entre os valores das tensões que lhe são aplicadas e os valores das intensidades das correntes respectivas. A tensão que utilizaremos em primeiro lugar é a de 4 V- do bloco *Phywe*.

Começemos por colocar no circuito uma bobina (*B1*) de 2×18000 espiras

(150 Ω , 0,3 H). Fechando o circuito, e antes de ligar a bobina às placas XX, vê-se no alvo um traço luminoso, vertical de 14 mm de comprimento. Fazendo a ligação às placas, a figura do alvo inclina-se um pouco e toma a forma de um anel bastante fechado, em vez do traço que era antes.

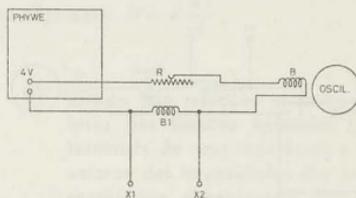


Fig. 30 — Montagem que permite verificar que as tensões aplicadas nos terminais de uma bobina (*B1*), não estão em fase com as respectivas intensidades das correntes que a percorrem.

Usando sucessivamente as tensões 6,3 V e 12,6 V alternados, da caixa *Phywe*, o anel aumenta de comprimento (45 mm e 88 mm) e apresenta-se mais aberto.

A formação do anel significa que os valores das tensões nos terminais da bobina não estão em fase com os respectivos valores das intensidades das correntes que a percorrem. As diferenças de fase são pequenas visto que as aberturas dos anéis observados também são pequenos (para um desfasamento de $\frac{T}{4}$ o anel seria circular).

A experiência repetida com uma bobina de indutância maior (12000 espiras, 3000 Ω , 2,6 H) produz, para as mesmas tensões da fonte (4 V-, 6,3 V-, 12,6 V-), anéis de comprimentos muito menores (respectivamente 12 mm, 18 mm, e 30 mm) e muito mais inclinados sobre o eixo horizontal.

Concluiremos que no caso de uma resistência com indutância não há propor-

cionalidade entre os valores das tensões que lhe são aplicadas e os das respectivas intensidades de corrente.

11. Estudo dos transformadores estáticos.

11.1. Variação da tensão no secundário com o número de espiras da respectiva bobina.

Monte-se um transformador estático com o material corrente nos laboratórios de Física dos liceus, utilizando duas bobinas, uma de 12000 espiras e outra de 1200, instaladas num núcleo de ferro em U, fechado pela respectiva armadura. As duas bobinas servem, respectivamente, de primário e secundário.

Ligue-se o primário à tomada da corrente da rede pública (220V~), e o secundário às placas XX do osciloscópio. Obter-se-á no alvo um traço luminoso, horizontal (de 6 cm de comprimento, na experiência efectuada), que permitirá conhecer o valor da tensão no secundário (cerca de 10 vezes menor do que a do primário).

Usando como secundário, sucessivamente, bobinas de 600 e de 300 espiras, o traço luminoso terá comprimentos que serão metade (3 cm) e um quarto (1,5 cm) do comprimento anterior.

Conclui-se que as tensões nos diferentes secundários (conservando-se o mesmo primário) são proporcionais aos números de espiras das respectivas bobinas.

11.2. Desfasamento entre os valores de tensão e da intensidade da corrente no primário do transformador.

Monte-se o circuito representado no esquema da figura 31 em que se utiliza apenas uma bobina de 1200 espiras ligada aos terminais de 12,6V~ da caixa de alimentação *Phywe*. Os terminais da bobina

ligam-se, por um lado, às placas XX para assinalarem no alvo o valor da respectiva tensão; por outro lado a uma resistência variável e à bobina anexa ao tubo electrónico do modelo *MAE* conforme se procedeu no § 10.

Fechando os circuitos obter-se-á no alvo um anel luminoso, com certa incli-

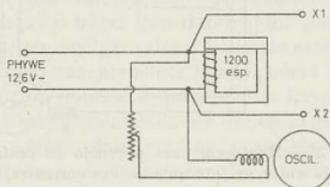


Fig. 31 — Montagem para o estudo do desfasamento entre a tensão e a intensidade da corrente no primário de um transformador.

nação sobre o eixo das tensões, certo comprimento e certa abertura, o que depende do valor da resistência introduzida e da indutância da bobina utilizada.

Com 500 Ω obteve-se um anel inclinado, de 52 cm de comprimento. Diminuindo o valor da resistência o anel aumenta de comprimento e de largura, aproximando-se da vertical.

A intensidade da corrente encontra-se atrasada em relação à tensão de um valor compreendido entre 0° e 90°, e o atraso é tanto maior quanto maior for a indutância da bobina em relação à resistência do circuito. O sinal luminoso aproxima-se tanto mais da vertical quanto maior for o atraso.

11.3. Desfasamento entre os valores das intensidades das correntes no primário e no secundário.

Monte-se o circuito representado na figura 32, utilizando duas bobinas, uma de 1200 espiras (primário) e outra de 600 espiras (secundário). A tensão de ali-

mentação é a mesma da experiência anterior.

Como se pretende comparar os efeitos das intensidades das correntes em ambos os circuitos, teremos que utilizar duas

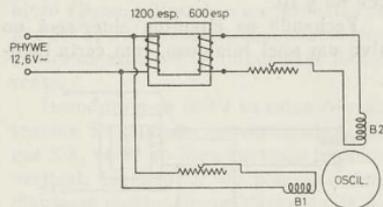


Fig. 32 — Montagem para o estudo do desfaseamento entre as intensidades das correntes, primária e secundária, num transformador.

bobinas, $B1$ e $B2$, uma de eixo horizontal e outra de eixo vertical cujos campos magnéticos irão influenciar o feixe segundo direcções normais entre si. As resistências intercaladas nos circuitos permitem obter um sinal luminoso dentro dos limites do alvo.

Dando a devida atenção aos terminais das bobinas onde se deverão fazer as li-

gações, obtem-se um anel luminoso orientado segundo os quadrantes 2 e 4 do alvo. A intensidade da corrente no secundário está atrasada em relação à intensidade no primário, de um valor compreendido entre 90° e 180° .

11.4. Desfaseamento entre os valores da tensão e da intensidade da corrente no secundário.

A experiência, análoga às anteriores, consiste em ligar os terminais do primário (bobina de 1200 espiras) aos 12,6 V ~ da caixa *Phywe*, e os terminais do secundário às placas XX , por um lado, e por outro à bobina indutora cujo campo magnético irá influenciar o feixe electrónico, introduzindo neste circuito uma resistência de 500Ω .

Obtem-se um anel luminoso orientado segundo os quadrantes 1 e 3 do alvo.

A intensidade da corrente no secundário está atrasada, em relação à tensão, de um valor compreendido entre 0° e 90° . O atraso depende do valor da resistência de carga no circuito.

O uso do laser em Telecomunicações

MODULADORES ELECTROÓPTICOS

por M. A. R. P. DE BARROS

(Laboratório de Física da Faculdade de Ciências do Porto)

O uso do laser em telecomunicações vai gradualmente deixando o campo da ficção científica para se tornar realidade. Parece portanto oportuno este pequeno artigo onde se apresentam aos leitores de «Gazeta de Física» algumas considerações sobre moduladores. Maior relevo é inevitavelmente dado pelo autor ao modulador no desenvolvimento do qual trabalhou.

1. Introdução

Desde sempre que um dos objectivos procurados em telecomunicações é uma grande capacidade de transmissão de informação⁽¹⁾. Usando uma outra designa-

⁽¹⁾ Espera-se que uma ideia intuitiva do significado destes termos seja suficiente para compreensão do texto.