

4 - No gerador de eletricidade, a tensão máxima é obtida quando o condutor ou condutores assumem a seguinte posição, em relação à direção das linhas de força:

- ☒ a) quando a bobina ou condutores está cortando o maior número de linhas de força
- ☐ b) quando o condutor está se movendo na mesma direção em que circulam as linhas de força
- ☐ c) quando o condutor está se movendo na direção contrária em que circulam as linhas de força

5 - A diferença de potencial estabelecida num condutor, que corta linhas de força, é devida à seguinte condição:

- ☐ a) as linhas de força não se deixam cortar facilmente
- ☐ b) as linhas de força são em si mesmas uma diferença de potencial
- ☒ c) as linhas de força que atuam sobre o condutor ocasionam um desequilíbrio de elétrons entre as extremidades do condutor

6 - A geração de eletricidade, por meios eletromagnéticos, está baseada na aplicação prática do seguinte princípio:

- ☒ a) o corte das linhas de força do campo magnético, produzido por um ímã ou eletroímã, induz uma tensão no condutor que corta as linhas de força
- ☐ b) a passagem de elétrons através de uma bobina produz linhas de força magnética
- ☐ c) as linhas de força vão do pólo norte de um ímã ao pólo sul do mesmo

7 - Para aumentar a tensão gerada mediante o sistema de indução eletromagnética, é necessário:

- ☐ a) aumentar a velocidade do condutor no campo magnético e diminuir o diâmetro do fio.
- ☒ b) aumentar a intensidade do campo magnético, a velocidade com que o condutor se move no campo magnético ou o comprimento do condutor
- ☐ c) aumentar a intensidade do campo magnético, usar bobina de várias espiras ou várias bobinas

8 - A frequência de uma corrente alternada que muda de direção 60 vezes por segundo é de:

- ☐ a) 120 Hertz (ciclos por segundo)
- ☐ b) 60 Hertz (ciclos por segundo)
- ☒ c) 30 Hertz (ciclos por segundo)

9 - Quando o rotor ilustrado na figura 6 estiver em 90° e 270° , respectivamente, a tensão será:

- ☐ a) de zero volt para ambos os casos
- ☐ b) máxima negativa e máxima positiva
- ☒ c) máxima positiva e máxima negativa

10 - Por indução eletromagnética referimo-nos:

- ☒ a) à produção da eletricidade por meio de um campo magnético
- ☐ b) à produção do magnetismo por meio da eletricidade
- ☐ c) à mudança da corrente alternada em corrente contínua

OCCIDENTAL SCHOOLS

ESCOLA DEDICADA EXCLUSIVAMENTE AO ENSINO ESPECIALIZADO DE ELETRÔNICA -
RÁDIO - TELEVISÃO E SUAS RAMIFICAÇÕES

ESTABELECIDO EM 1947



C. Walsh, Diretor

RUA CAPITÃO SALOMÃO 59 - C.E.P. 01034 - SÃO PAULO - S.P. - BRASIL

LIÇÃO E-11

INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Em lição anterior vimos tudo o que se relacionava com a produção do magnetismo por meio da eletricidade. Agora estudaremos os fenômenos que poderíamos considerar como opostos aos anteriores, pois a Indução Eletromagnética se refere à produção de eletricidade por meio de um campo magnético.

Este é um tema de grande importância em eletricidade e em rádio, já que é o sistema utilizado atualmente para produzir eletricidade em grandes quantidades, ou seja, por meio de geradores elétricos que produzem tensões muito altas e correntes de grande intensidade. Além disso, os princípios de indução eletromagnética são utilizados frequentemente em aparelhos de rádio, tais como transformadores e bobinas, razão pela qual todos os conhecimentos adquiridos nesta lição lhe servirão como base para outros temas.

O princípio de indução eletromagnética foi descoberto em 1831 pelo físico inglês Michael Faraday ao observar que, movendo um fio de Cobre dentro de um campo magnético produzido por um ímã, era gerada uma tensão (força eletromotriz) capaz de desviar o ponteiro de um galvanômetro.

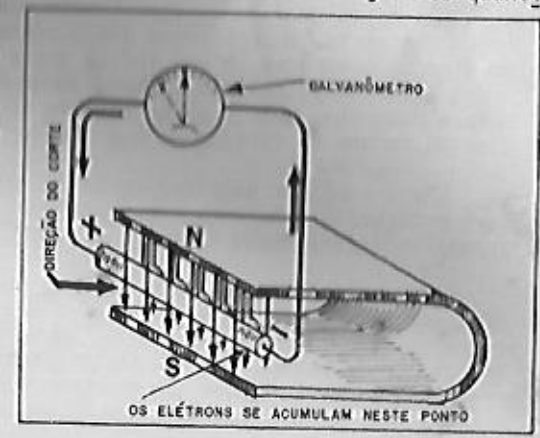


FIGURA 1
DEMONSTRAÇÃO DO PRINCÍPIO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

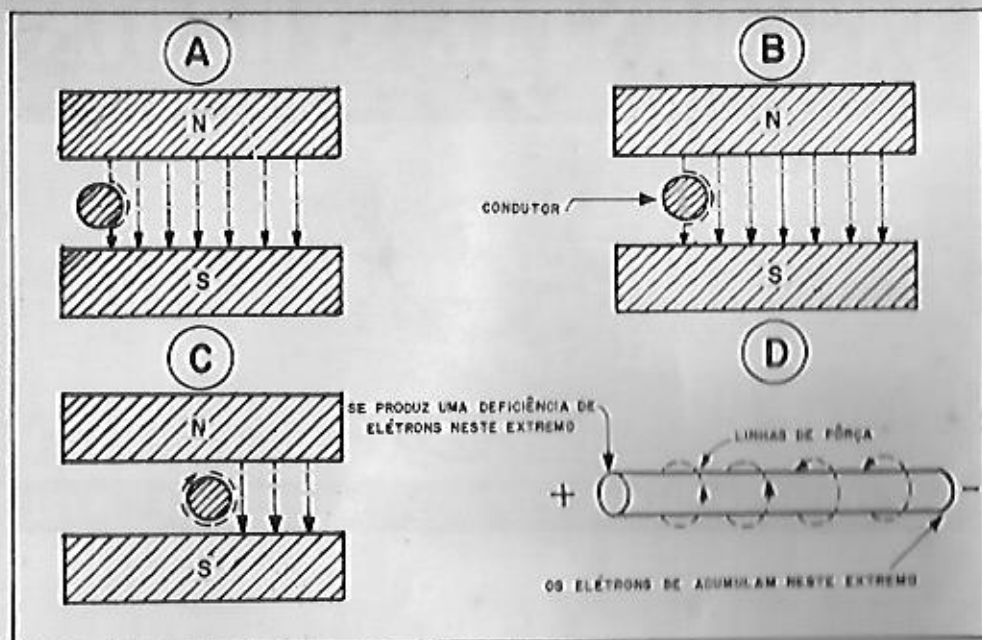


FIGURA 2

EFEITO QUE É PRODUZIDO AO CORTAR AS LINHAS DE FORÇA DE UM ÍMÃ

A figura 1 ilustra graficamente esta experiência, onde fizemos passar rapidamente um fio de Cobre através das linhas de força magnética produzidas por um ímã, ou seja, cortando as linhas de força magnética do ímã. Como mostramos na mesma figura, toda vez que cortamos as linhas de força magnética do ímã introduzimos uma fraca tensão neste fio e é produzida uma circulação de corrente através do galvanômetro; esta circulação de corrente se manifesta em forma de uma pequena deflexão do ponteiro do galvanômetro.

Se repetirmos esta experiência cortando agora as linhas de força em direção contrária, observaremos que o ponteiro do galvanômetro se moverá também em direção contrária, o que indica que a polaridade da tensão (força eletromotriz) induzida se inverte também. Este é um ponto importante que devemos ter sempre presente, pois a polaridade da tensão induzida ou gerada por este meio depende sempre da direção em que são cortadas as linhas de força magnética.

Para explicar detalhadamente as razões como este fenômeno é produzido, será necessário retornar aos princípios da teoria eletrônica explicados nas primeiras lições deste Curso.

Pelas lições anteriores sabemos que a força eletromotriz (tensão produzida através dos eletrodos de uma pilha) é devida ao desequilíbrio de elétrons entre os dois eletrodos da pilha. Deduzimos, portanto, que o fenômeno produzido pelo corte das linhas de força eletromagnética é devido ao efeito dos elétrons livres do condutor que produzem uma acumulação de elétrons numa direção e uma deficiência deles na outra direção.

Para investigar o que sucede num condutor, será necessário analisar passo a passo o fenômeno que nele é produzido. A figura 2A mostra a situação que existe quando o condutor começa a cortar uma linha de força. A resis-

tência que ela apresenta ao condutor é semelhante à que apresentaria uma tira fina de borracha sustentada entre os polos do ímã; como a linha de força eletromagnética não se deixa cortar facilmente, será necessário aplicar certa energia mecânica para que a linha de força seja definitivamente cortada pelo condutor.

A figura 2B mostra uma linha de força sendo cortada pelo condutor. A energia mecânica necessária para vencer a resistência que as linhas de força apresentam a seu corte, provém da mão, no caso de experiência da figura 1, ou de uma turbina hidráulica, quando se tratar de grandes geradores. Isto é uma demonstração do princípio que diz que a energia não é criada e nem destruída, pois a energia elétrica produzida por um gerador de eletricidade é o resultado da conversão ou do gasto de energia mecânica para produzi-la.

Continuando com nossas explicações, como a tensão é produzida por meio da indução eletromagnética, analisemos a figura 2C onde vemos que a linha de força foi cortada e se encontra agora ao redor do condutor. Lembremo-nos que as linhas de força magnética representam uma energia que não podemos perceber, e que cada átomo de metal de Cobre é formado por um núcleo central e por uma série de elétrons, um dos quais (elêtron livre) tem a facilidade de sair facilmente de sua órbita exterior.

Tendo presente estes conhecimentos, podemos deduzir que as linhas de força magnética que rodeiam o condutor, na forma que mostramos na figura 2C, devem ter algum efeito sobre os elétrons livres do átomo de Cobre. Na realidade, este efeito é tal que a energia de cada linha de força imprime um movimento definido a cada elêtron livre numa determinada direção. Por esta razão (e como na realidade o condutor não corta somente uma linha de força magnética, mas milhares delas, segundo a densidade do campo e comprimento do condutor), a densidade do campo produzida pelas linhas de força é bem considerável, a tensão gerada é também considerável e depende do número de linhas de força magnética que são cortadas.

Como já dissemos, este fenômeno de indução eletromagnética (produção de eletricidade por meio do magnetismo) é inverso ao obtido quando produzimos magnetismo pela eletricidade pois, neste caso, o movimento dos elétrons através da bobina (corrente elétrica) produz linhas de força, enquanto que no caso da indução eletromagnética as linhas de força que atuam no condutor produzem um movimento de elétrons (corrente eletrônica ou corrente elétrica).

Como sabemos, o corte das linhas de força produz um desequilíbrio (movimento de elétrons no condutor), isto é, uma diferença de potencial (f.e.m.) nas extremidades do condutor, conforme ilustra a figura 2D.

A relação que existe entre o número de linhas de força que são cortadas por segundo e a tensão induzida pelo condutor é tal que, se forem cortadas 100.000.000 de linhas de força por segundo, será produzida (induzida) uma força eletromotriz de 1 volt.

Se em lugar de um só fio fizermos passar pelo campo magnético de um ímã uma bobina composta por várias espiras (figura 3), a tensão gerada será maior que a obtida com um só fio. A razão disso é que agora podemos cortar uma maior número de linhas de força ao mesmo tempo, pois cada espira do fio corta um determinado número delas. Resumindo: para aumentar a tensão gerada pela indução eletromagnética é necessário aumentar um dos fatores seguintes:

1) A intensidade ou densidade do campo magnético, isto é, o número de linhas de força por centímetro quadrado da superfície do campo magnético.

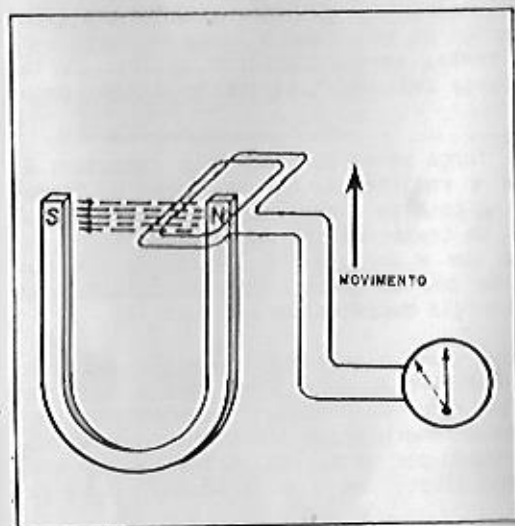


FIGURA 3

QUANDO O CONDUTOR É MAIS COMPRIDO OU TEM MAIOR NÚMERO DE ESPIRAS, A TENSÃO GERADA AUMENTA

2) A velocidade do condutor no campo magnético pois, ao aumentarmos a velocidade, o número de linhas de força cortadas por segundo será muito maior.

3) O comprimento do condutor que corta o campo, fazendo uma bobina com maior número de espiras, pois, ao aumentarmos o comprimento, aumentaremos também o número de linhas de força cortadas ao mesmo tempo.

Outra experiência que podemos fazer com os mesmos dispositivos ilustrados na figura 3 é a seguinte: Se ao invés de movermos o fio movermos o ímã que produz o campo magnético, observaremos também o efeito da geração de tensão pois, ao mover o ímã moveremos o campo, razão pela qual as linhas de força serão também cortadas pelo condutor (fio) que, neste caso, permanecerá estacionário.

Este princípio lhe será de grande utilidade para o estudo do funcionamento de outros aparelhos, nos quais o condutor é que permanece estacionário e o campo magnético é que se move, como no caso dos geradores de eletricidade.

REGRAS DA MÃO ESQUERDA PARA DETERMINAR A POLARIDADE DA TENSÃO GERADA

Na figura 4 ilustramos a aplicação que podemos dar à regra da mão esquerda, para determinar a polaridade da tensão gerada pela indução eletromagnética num condutor (fio).

Em "A" e "B" da figura 4, o condutor está quase para cortar as linhas de

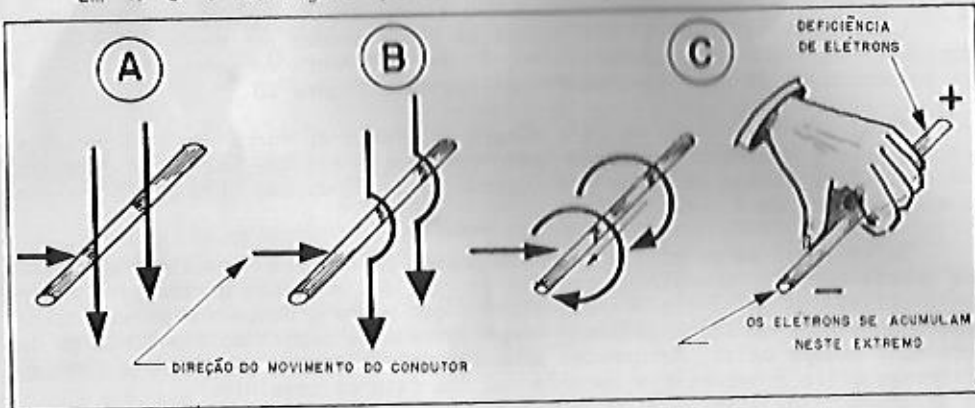


FIGURA 4

REGRAS DA MÃO ESQUERDA PARA DETERMINAR A POLARIDADE DA TENSÃO GERADA

força e, portanto, ainda não há nenhuma circulação de corrente. Contudo, tão logo o condutor corte a linha de força, será produzida uma corrente de elétrons, de tal forma que haverá uma acumulação dos mesmos na direção indicada pelo dedo do polegar; a extremidade do condutor apontada pelo dedo polegar é denominada polo negativo (excesso de elétrons) e a outra extremidade do fio como polo positivo (deficiência ou falta de elétrons). Ilustração da figura 4C.

Devemos ter presente que a mão, em relação ao condutor, deve ser colocada de maneira que os dedos estendidos apontem na direção em que o condutor corta a linha de força; trocando a direção, trocaremos também a polaridade da tensão gerada.

GERADORES DE ELETRICIDADE

De acordo com o que estudamos até aqui, sabemos que, se movermos um condutor formado por uma ou mais espiras através de um campo magnético, induziremos uma força eletromotriz no condutor que, por sua vez, irá produzir uma corrente no circuito exterior.

Na parte superior da figura 5 temos o diagrama esquemático de um gerador elementar de eletricidade e, na parte inferior, a fotografia deste gerador. Neste caso, o campo magnético é produzido por um ímã em forma de ferradura e o condutor está representado por uma bobina enrolada num cilindro central, que pode ser girado manualmente sobre seu eixo. As ligações exteriores da bobina rotativa são feitas por meio de dois anéis colocados sobre uma base isolada, os quais fazem contatos elétricos com duas escovas de carvão.

O cilindro central rotativo, sobre o qual está enrolada a bobina, é formado geralmente de ferro laminado para facilitar a passagem das linhas de força do campo magnético. O conjunto deste cilindro rotativo e da bobina enrolada no mesmo é conhecido pelo nome de *armadura* do gerador de eletricidade.

Vejamos seus princípios de funcionamento analisando as ilustrações da figura 6. Suponhamos que, ao se iniciar a rotação da armadura, ela se encontre na posição mostrada na figura 6A. Nesta condição, os condutores que constituem as espiras da bobina não estão cortando as linhas de força, pois eles estão se deslocando na mesma direção dessas linhas. Consequentemente, não será gerada (produzida) nenhuma tensão.

À medida que a armadura vai girando de A para B (figura 6), as espiras da bobina vão cortando as linhas de força do campo magnético e fazendo, portanto, com que seja gerada tensão. Quanto maior o número de

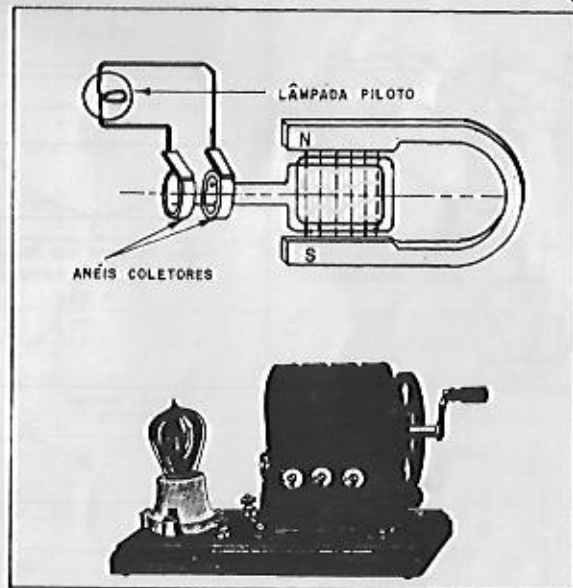


FIGURA 5
DIAGRAMA E FOTOGRAFIA DE UM GERADOR ELEMENTAR DE ELETRICIDADE

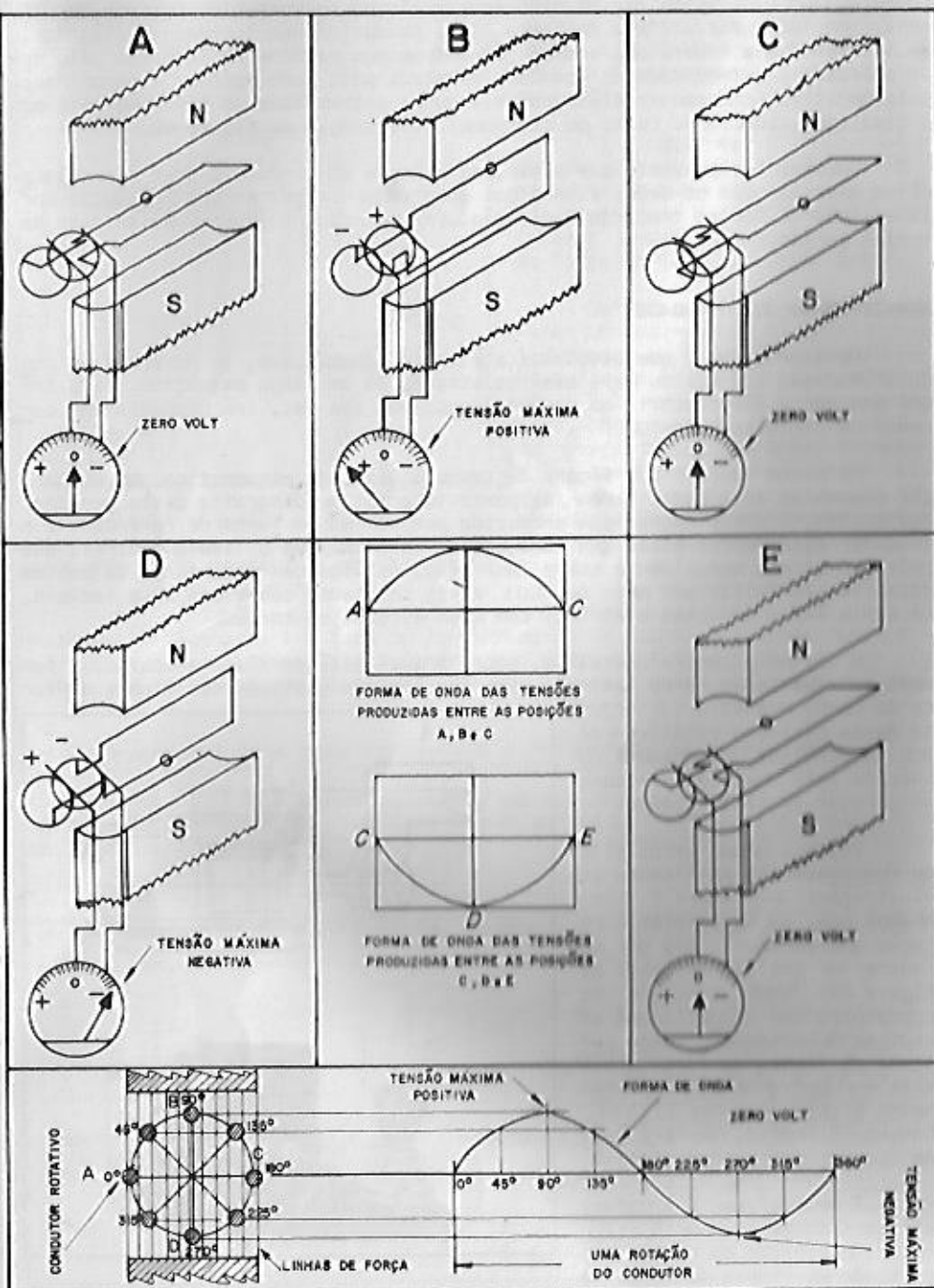


FIGURA 6
DETALHES DO FUNCIONAMENTO DE UM GERADOR DE C.A.

linhas de força cortadas pelas espiras (para um dado ângulo de rotação de armadura), maior será a tensão gerada. Pelo exposto, é fácil compreender-se que, quanto mais o plano formado pelas espiras se aproximar da vertical (direção norte-sul), maior será a tensão gerada.

Prosseguindo em sua rotação para completar a primeira volta, a partir da posição vertical atingida ao se completarem os primeiros 90° , as espiras passam a cortar cada vez menos linhas de força. Como consequência, a tensão gerada também vai diminuindo até atingir zero volt, quando for completada a primeira meia volta (180°), e o plano formado pelas espiras se encontrar na posição horizontal (figura 6C).

Na parte inferior das ilustrações A, B e C da figura 6, estão mostrados, por meio de um galvanômetro, a polaridade e o valor da tensão gerada durante essa meia rotação da armadura. Durante essa primeira meia volta, a armadura girou 180° . Podemos dizer, então, que durante a primeira meia volta da armadura a tensão aumenta de zero até alcançar o seu valor máximo (quando a bobina atinge a posição vertical, cortando, portanto, o maior número de linhas magnéticas), para depois diminuir gradualmente até zero (quando a bobina atinge a posição horizontal, e suas espiras deixam de cortar as linhas de força, uma vez que estão se deslocando na mesma direção dessas linhas). Até este ponto, podemos dizer que foi gerada a primeira alternância da tensão de C.A.

Vejamos, agora, o que sucede durante a outra metade da rotação da armadura. Entre C e E da figura 6 a bobina corta novamente as linhas de força, porém em sentido contrário ao anterior, razão pela qual a polaridade da tensão gerada agora será inversa, o mesmo sucedendo com a corrente. Podemos dizer, então, que, durante a segunda meia volta da armadura, a tensão aumenta de zero volt até alcançar seu valor máximo, para depois diminuir gradualmente até zero. Desta forma foi gerada a segunda alternância da tensão de C.A. Durante esta segunda meia volta a armadura também girou 180° (de 180° a 360°), conforme se ilustra no gráfico inferior da figura 6.

Quando a armadura completar sua rotação, começará de novo o processo descrito anteriormente e será gerada uma tensão, cuja grandeza nos diversos instantes está representada pelo gráfico da figura 7.

Se ligássemos os terminais deste gerador de eletricidade a qualquer circuito exterior (uma lâmpada, por exemplo) e pudéssemos observar o movimento dos elétrons quando a armadura estivesse em rotação contínua, veríamos que, durante a primeira meia volta, a corrente eletrônica cir-

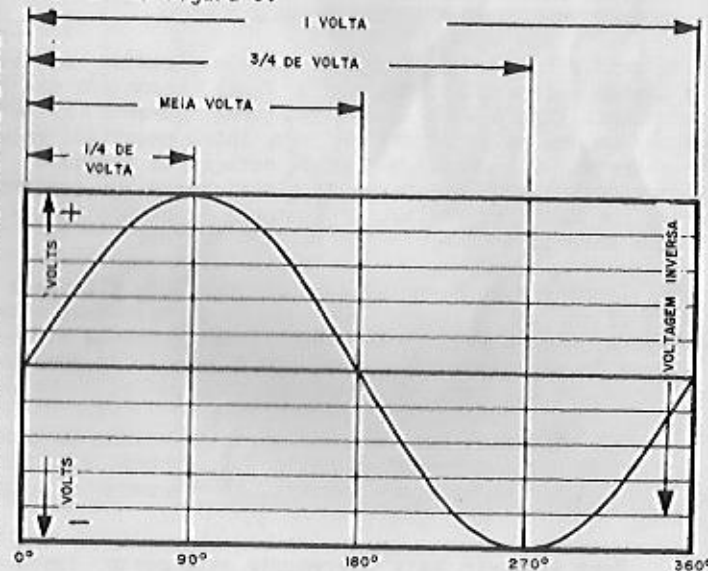


FIGURA 7
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA TENSÃO DE UMA CORRENTE ALTERNADA

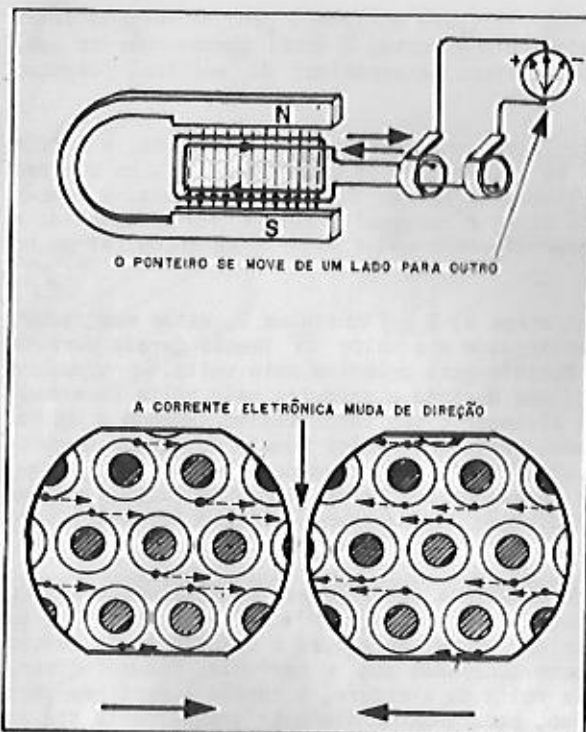


FIGURA 8

A CORRENTE ELETRÔNICA MUDA DE DIREÇÃO PERIODICAMENTE NUM GERADOR DE CORRENTE ALTERNADA

cularia numa direção, enquanto que, durante a segunda meia volta (rotação), a direção da corrente eletrônica seria na direção oposta.

A figura 8 mostra que se ligássemos este gerador a um galvanômetro, o ponteiro do aparelho oscilaria entre zero (centro da escala) e um e outro lado da escala, indicando que a corrente gerada varia de polaridade a cada meia rotação da armadura.

Como ilustramos na parte inferior da figura 8, se recorrêssemos a um microscópio imaginário, que nos permitisse ver os elétrons em movimento, veríamos que, na primeira meia rotação, os elétrons se moveriam numa direção, e na segunda meia rotação, eles se moveriam em direção oposta. Além disso, veríamos que o número de elétrons em movimento varia continuamente, conforme a intensidade da tensão instantânea produzida pelo gerador de eletricidade.

Portanto, como a polaridade produzida por este gerador de eletricidade se alterna (inverte) a cada metade da rotação, dizemos que a *tensão produzida por um gerador de eletricidade deste tipo é alternada*. Desta forma, durante a primeira meia rotação da armadura um dos polos é positivo e o outro negativo, enquanto que as condições se invertem na segunda metade da rotação da armadura. Por esta razão, a tensão produzida por um gerador de eletricidade de construção semelhante ao descrito se denomina *Tensão de Corrente Alternada* (abreviada por C.A.); em inglês a abreviação é A.C. (Alternating Current).

Tenha presente, pois, que uma corrente alternada é aquela corrente elétrica (fluxo de elétrons) que muda de direção duas vezes em cada rotação da armadura. Além disso, a intensidade desta corrente não é estável; ela muda continuamente de intensidade, conforme a posição da armadura ao cortar as linhas de força nos diversos instantes correspondentes a uma rotação completa.

Não obstante, como as condições se repetem em cada nova rotação da armadura, cada rotação produz um ciclo de corrente alternada (duas alternações). A figura 9 mostra as ondas geradas, correspondentes a quatro rotações de armadura.

Para ilustrar mais claramente este ponto, suponhamos que o gerador de eletricidade da figura 5 dê uma rotação completa por segundo. Neste caso, a frequência (ciclagem) da corrente elétrica produzida será de um ciclo por segundo (1 Hertz); se a armadura, ao invés de girar uma volta por segundo girasse

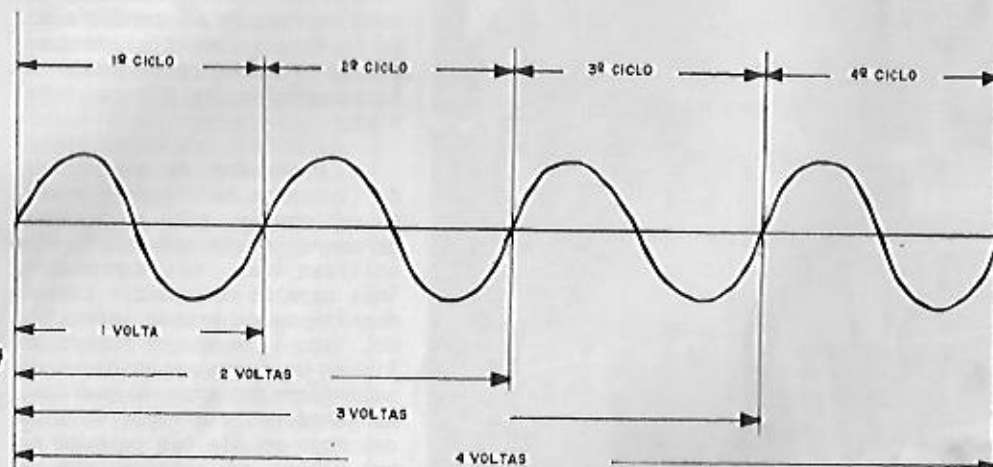


FIGURA 9

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA TENSÃO GERADA EM QUATRO ROTAÇÕES

rasse 60 voltas por segundo, a corrente gerada teria uma frequência de 60 ciclos por segundo (60 Hertz).

Normalmente, as Companhias de Energia Elétrica distribuem esta corrente alternada na frequência de 60 Hertz por segundo (50 Hertz em alguns países), para as cidades e centros industriais. Em algumas cidades e países a frequência utilizada é de 50 ciclos (50 Hertz). Isto quer dizer que a tensão de 60 Hertz muda a direção 120 vezes por segundo e desaparece 120 vezes por segundo pois, no começo e no fim de cada meio ciclo, não há nenhuma tensão. Contudo, se observarmos uma lâmpada acesa, não poderemos distinguir o instante em que a corrente desaparece e torna a circular de novo, já que a vista humana não está capacitada a perceber mudanças tão rápidas de intensidade luminosa.

A frequência das correntes alternadas pode ser baixa, como as utilizadas nas instalações elétricas domiciliares (60 Hertz), ou de frequência sumamente elevada, como no caso das correntes geradas pelos transmissores de rádio.

A figura 10 mostra a forma de uma onda alternada (senoidal) produzida na tela de um osciloscópio, mediante a aplicação de uma tensão de C.A. de 60 Hertz.

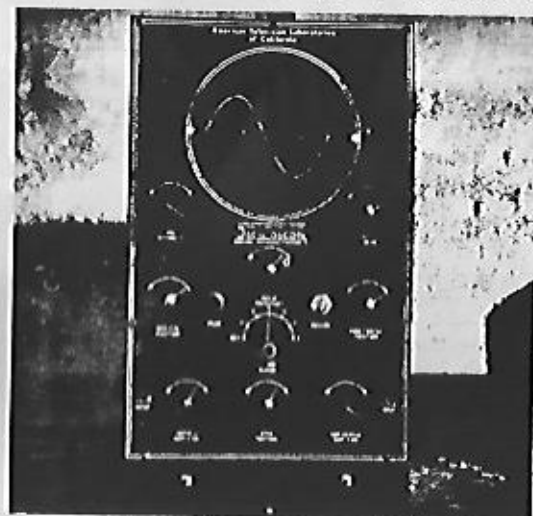


FIGURA 10

REPRESENTAÇÃO DE UMA ONDA DE CORRENTE ALTERNADA (ONDA SENOIDAL) NA TELA DE UM OSCILOSCÓPIO

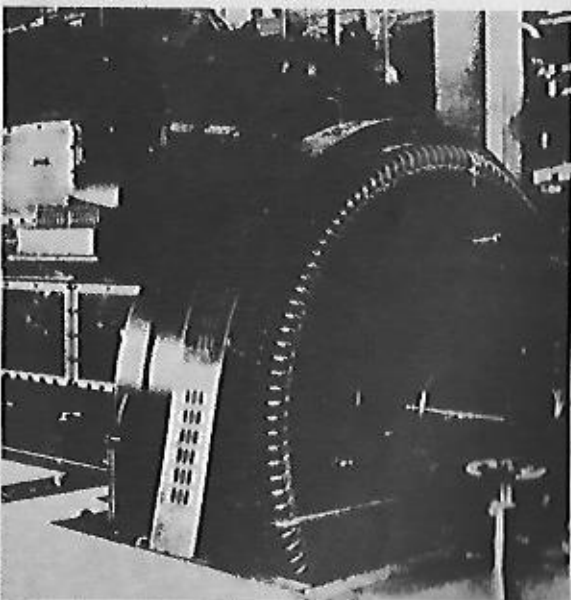


FIGURA 11
GERADOR DE ELETRICIDADE DE ALTA POTÊNCIA

5. A figura 11 mostra um desses grandes geradores de eletricidade que fornece energia elétrica às grandes cidades.

A figura 12 mostra um gerador de eletricidade rudimentar, que é utilizado em laboratórios para demonstrar os princípios da geração de eletricidade por meio da indução eletromagnética.

GERADORES DE CORRENTES CONTÍNUAS

Julgando pelo parágrafo anterior, o aluno poderá pensar que um gerador de eletricidade, que funcione mediante o princípio de indução eletromagnética (corte das linhas de força por um condutor), somente pode produzir corrente elétrica alternada e não uma corrente que não muda de direção, como a que é fornecida por pilhas ou baterias. Contudo, mediante um dispositivo especial adaptado a estes geradores de C.A., podemos obter corrente elétrica contínua.

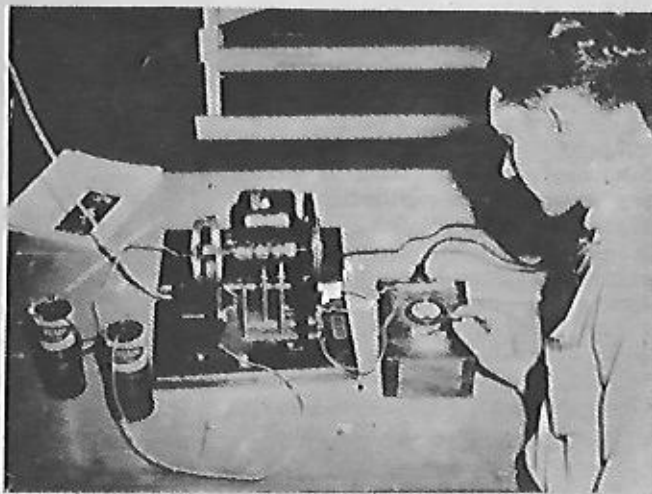


FIGURA 12
REALIZANDO EXPERIÊNCIAS COM UM GERADOR DE ELETRICIDADE ELEMENTAR

As formas de onda das figuras 10 e 7 são iguais: a crista da onda corresponde à tensão máxima na direção positiva, enquanto que o fundo corresponde à tensão máxima na direção negativa.

O gerador de eletricidade de ilustrado na figura 5 é muito rudimentar, pois os grandes geradores elétricos de C.A. não utilizam ímãs, mas sim eletroímãs capazes de produzir campos magnéticos de grande intensidade, isto é, um enorme número de linhas de força por unidades de superfície do campo. Além disso, os geradores elétricos utilizados hoje em dia não possuem só uma bobina na armadura mas várias delas, a fim de aumentar a força eletromotriz. Apesar de todos esses melhoramentos, o princípio de funcionamento dos grandes geradores é o mesmo que explicamos com relação à figura

A figura 13 mostra a forma para obter corrente elétrica contínua, por meio de um gerador de eletricidade que utiliza princípios eletromagnéticos. Observe que, neste caso, os anéis coletores que fazem contato com as escovas (os carvões) foram substituídos por dois segmentos, eletricamente isolados um do outro.

Vejamos como funcionam estes geradores. A figura 13A mostra a posição dos segmentos quando a armadura completa a primeira metade da rotação. Os segmentos fazem contato com as escovas, quase ao final de sua superfície; tão logo a armadura continue sua rotação, cada escova já não fará contato com o mesmo segmento, mas sim com o segmento oposto, isto é, inverte a ligação do circuito exterior ao gerador de eletricidade.

Portanto, se a polaridade da armadura for agora invertida ao cortar as linhas de força, a inversão das ligações dos segmentos fará com que a corrente gerada flua pelo

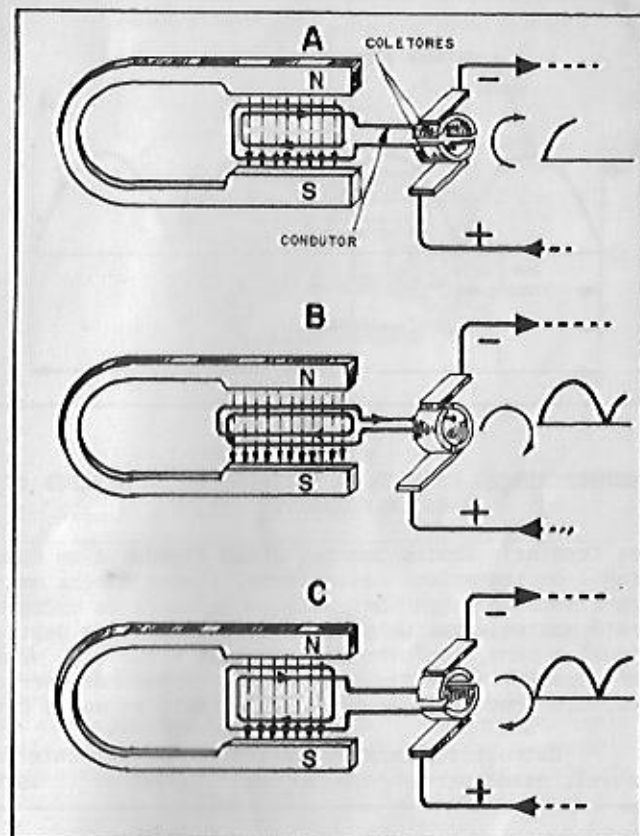


FIGURA 13
DETALHES DE FUNCIONAMENTO E DE CONSTRUÇÃO DE UM GERADOR DE CORRENTE CONTÍNUA



FIGURA 14
UM GERADOR EXPERIMENTAL DE CORRENTE CONTÍNUA

circuito exterior, na mesma direção anterior (figura 13B); isto é, a polaridade da corrente e da tensão não será invertida no circuito exterior durante esta segunda metade de rotação, como sucedia nos geradores de corrente alternada.

Quando a armadura em sua rotação chegar à posição indicada pela figura 13C, os segmentos inverterão novamente as ligações com o circuito exterior, razão pela qual a corrente circulará pelo circuito exterior na mesma direção anterior.

Como estes segmentos trocam (comutam) a ligação do gerador com o circuito exterior, este tipo de gerador de eletricidade é chamado de *comutador*. A figura 14 mostra um gerador experimental de C.C. (corrente contínua) deste tipo; em inglês a abreviação é D.C. (Direct

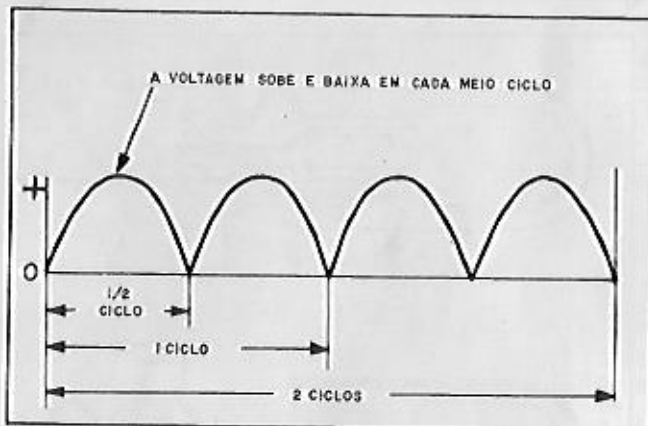


FIGURA 15

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA TENSÃO DE UM GERADOR SIMPLES DE CORRENTE CONTÍNUA

os terminais destas bobinas estão ligados a um comutador de um número considerável de segmentos. Desta forma, sempre haverá uma bobina que estará cortando as linhas de força em qualquer instante da rotação do rotor (armadura). Por este motivo, com um gerador de eletricidade deste tipo, a tensão nunca será igual a zero, conforme mostramos na figura 16. Além disso, mediante um sistema especial de filtragem, podemos obter uma corrente contínua quase constante, conforme explicaremos mais adiante em nosso Curso.

Outro tipo comum de geradores de corrente contínua é o gerador de automóvel, usado para fornecer uma tensão de 12 volts de C.C. para carregar a

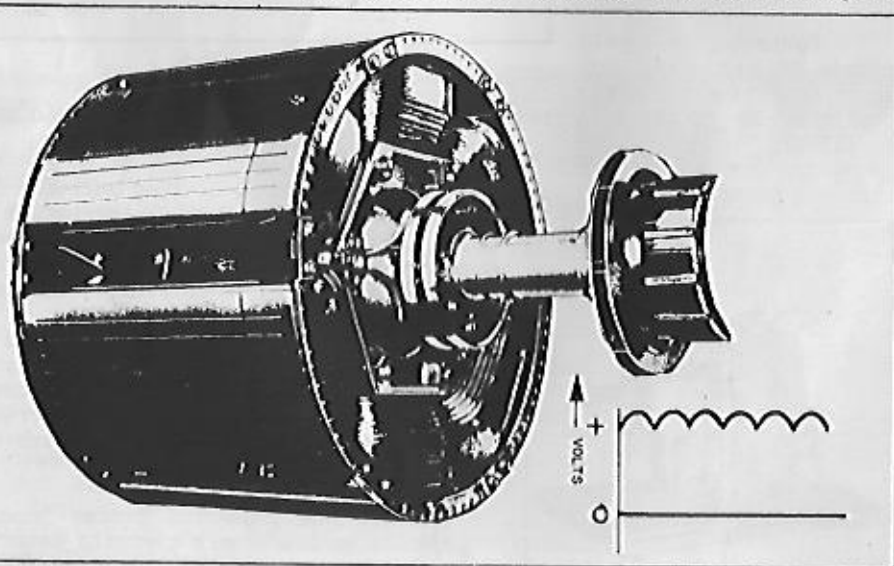


FIGURA 16

ROTOR (ARMADURA) DE UM GERADOR DE CORRENTE CONTÍNUA PARA TENSÃO ESTÁVEL

Current).

O gráfico da tensão presente no circuito exterior do comutador está ilustrado na figura 15. Vemos que esta tensão não é de amplitude constante, pois ela sobe e desce a cada meio ciclo. Contudo, isto pode ser remediado utilizando geradores com maior número de bobinas e com mais comutadores na armadura, assim como vários campos magnéticos ao invés de um só, como a armadura do gerador que mostramos na figura 16. A armadura (rotor) deste gerador está formada por várias bobinas, e

bateria. Este gerador possui um rotor com várias bobinas, cada uma delas ligada a um par de comutadores. Estes comutadores são colocados na extremidade do rotor, e consistem de cunhas de cobre isoladas entre si por lâminas de mica e montadas sobre uma base de baquelite.

A figura 17 mostra a construção interna de um gerador de automóvel, indicando a colocação dos segmentos do comutador das duas bobinas que constituem os eletroímãs para a formação do campo magnético e da armadura; a armadura, neste caso, está formada por várias bobinas enroladas no eixo central rotativo ou rotor.

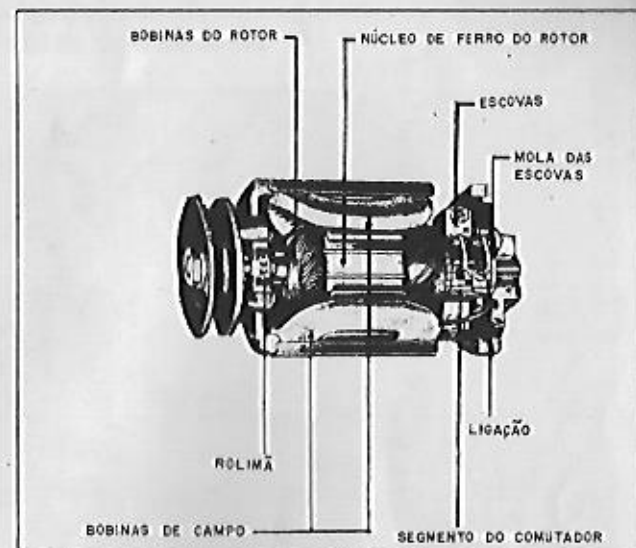


FIGURA 17

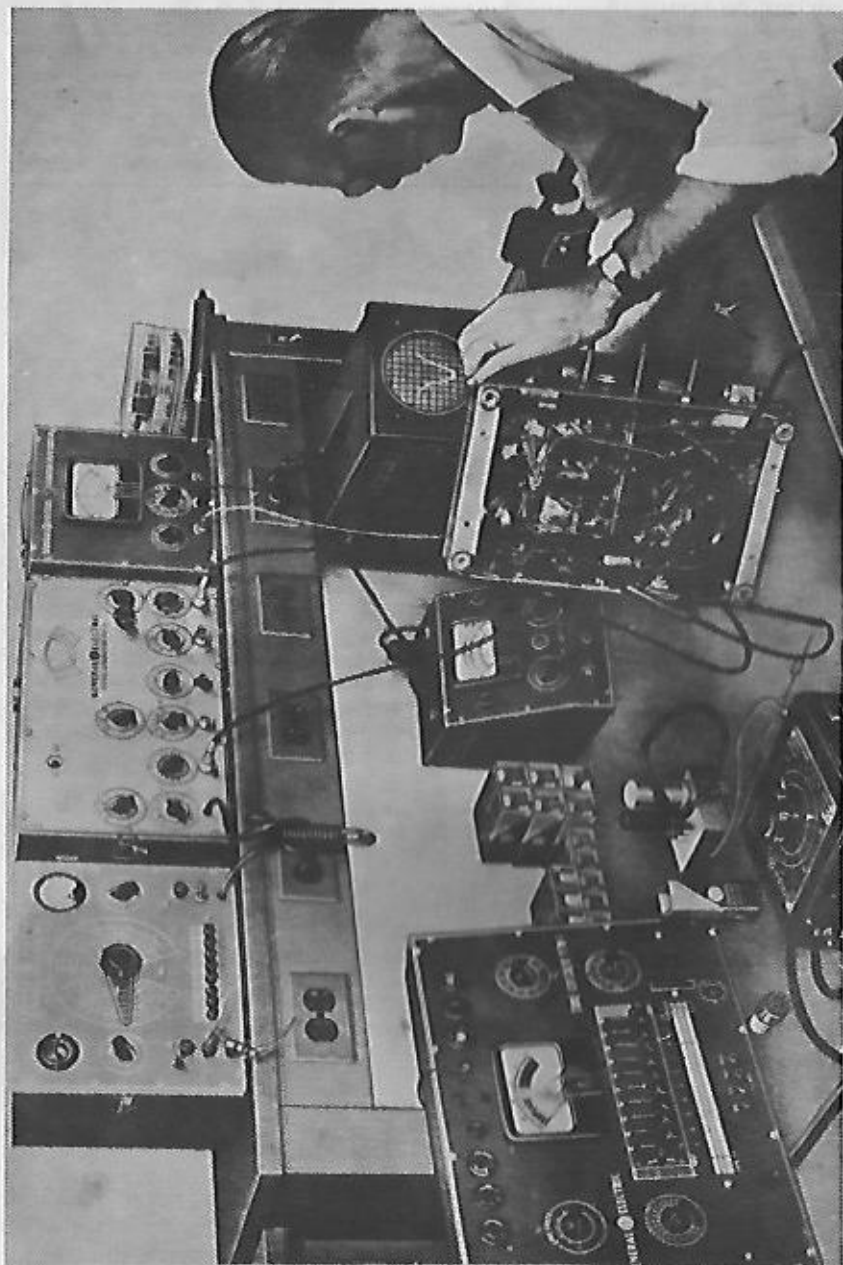
CONSTRUÇÃO DE UM GERADOR DE CORRENTE CONTÍNUA PARA AUTOMÓVEL

Como já vimos, na maioria dos modernos geradores de eletricidade, o campo magnético para o funcionamento da armadura não é obtido por meio de ímãs, mas por eletroímãs colocados nos lados da caixa do gerador. Nos pequenos geradores, como os de um automóvel, a corrente necessária para seu funcionamento é retirada diretamente da mesma corrente fornecida pela armadura, enquanto que nos grandes geradores, a corrente para o campo magnético dos eletroímãs é fornecida por uma fonte exterior conhecida pelo nome de *excitadora*.

Quando um gerador depende do campo magnético produzido por um eletroímã alimentado pela mesma tensão da armadura, ao iniciar seu funcionamento o único campo magnético existente é o produzido pelo magnetismo remanescente das peças polares. Contudo, tão logo é gerada alguma tensão na armadura, esta será suficiente para que os eletroímãs produzam um campo magnético adicional, fazendo com que a armadura alcance rapidamente a tensão normal.

Em lição mais avançada do Curso, o aluno encontrará mais explicações referentes aos geradores de eletricidade utilizados atualmente. No momento, só lhe quisemos dar uma idéia geral das principais características destes geradores.

**
*



OS PRINCÍPIOS QUE VOCÊ ESTÁ APRENDENDO, SÃO A BASE DO FUNCIONAMENTO DE APARELHOS MAIS COMPLEXOS COM OS QUAIS IRÁ LIDAR NO FUTURO



EXAME DA LIÇÃO E-11

sl

- CADA QUESTÃO APRESENTA TRÊS OU MAIS ALTERNATIVAS.
- SOMENTE UMA DELAS ESTÁ CORRETA.
- MARQUE A QUE JULGAR CORRETA.
- TRANSCREVA AS RESPOSTAS CORRETAS PARA A FOLHA DE EXAME ANEXA.

- 1 - Nos modernos geradores de eletricidade de alta potência, o campo magnético para seu funcionamento é obtido da seguinte forma:
 - a) por meio de poderosos ímãs de liga especial
 - b) por meio de ímãs naturais
 - ☒ c) mediante a passagem de correntes elétricas por uma bobina ou bobinas
- 2 - É possível obter corrente contínua de um gerador de eletricidade porque os comutadores produzem a seguinte condição:
 - ☒ a) os segmentos do comutador mudam automaticamente as ligações do gerador do circuito exterior, toda vez que a tensão gerada trocar de polaridade, devido à rotação da armadura
 - b) mudam a direção no comutador que corta as linhas de força
 - c) os comutadores também mudam a direção em que circulam as linhas de força
- 3 - A forma de onda que indica a intensidade da tensão nos diversos instantes do ciclo de uma corrente alternada, tem a seguinte explicação:
 - ☒ a) a rotação da armadura faz variar continuamente o número de linhas de força que estão sendo cortadas, e a direção em que estas estão sendo cortadas.
 - b) a intensidade do campo magnético é variável e, portanto, a tensão induzida é variável
 - c) a resistência do condutor varia conforme a posição deste em relação ao campo magnético