

Outros tipos de máquinas

Embora as máquinas de corrente alternada trifásica (indução e síncronas) sejam as maioritariamente utilizadas nos sectores industrial e comercial, a maioria das casas e dos pequenos negócios não recorrem à potência trifásica. Neste tipo de locais, o abastecimento de energia eléctrica é, tipicamente, monofásico.

Motor universal

Tomando um motor de corrente contínua e ligando-o a uma alimentação alternada, o que acontece ?

O binário induzido (ver máquinas CC) é dado por:

$$T_i = k f I_A$$

Como a alimentação da máquina é alternada, então quer o sentido do fluxo, quer o sentido da corrente da armadura se invertem, continuando o binário induzido a manter o mesmo sentido (como já foi referido nas máquinas de indução, o campo magnético resultante de uma tensão monofásica, é pulsante).

Atingir este fim só é possível com um motor CC série – figura 6.1 –, já que a inversão da corrente da armadura e da corrente de campo se devem processar no mesmo instante de tempo¹.

Com o motor a ser alimentado por uma tensão alternada, a comutação (escovas/segmentos) torna-se muito mais pobre, com faíscamento adicional, que encurta a duração das escovas e são fonte de parasitas de radio-frequência.

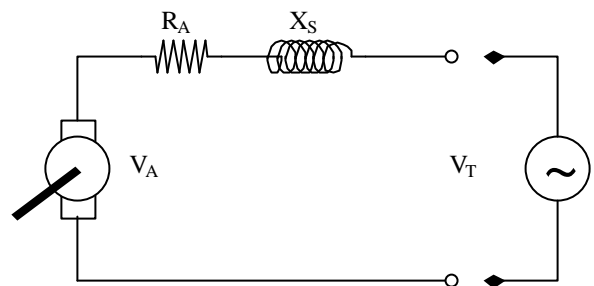


Figura 6.1

A curva de binário é apresentada na figura 6.2, diferindo da curva dos motores CC por duas razões:

- os enrolamentos de campo e de armadura têm uma elevada reactância a frequências de 50 Hz. Uma parte significativa da tensão de alimentação perde-se nessas reactâncias, tornando, por isso, V_A menor. Como $V_A = k \phi \omega$, o motor universal, para uma dada corrente de armadura e um certo binário, é mais lento que o seu equivalente de corrente contínua.
- A tensão de pico de uma corrente alternada é $\sqrt{2}$ superior ao seu valor eficaz, podendo conduzir à saturação magnética em zonas próximas do pico de corrente da máquina. Esta saturação pode reduzir significativamente o valor eficaz do fluxo, para um dado valor de corrente, tendendo a reduzir o binário induzido pela máquina. No entanto, como uma diminuição do fluxo leva a um aumento da velocidade, este efeito pode contrariar, parcialmente, o decréscimo de velocidade obtido em a).

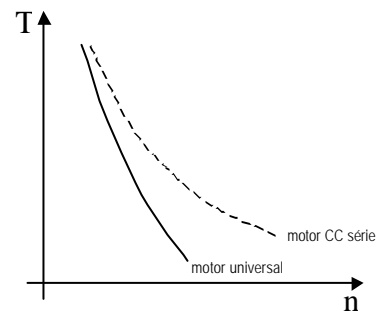


Figura 6.2

¹ Nos motores CC “shunt”, a elevada indutância da bobine de campo tende a atrasar a inversão da corrente de campo, reduzindo, de forma inaceitável, o binário induzido médio.

Os motores universais não são adequados para aplicações que requeiram velocidades constantes, no entanto são compactos e fornecem mais binário por ampère, que qualquer outro tipo de motor monofásico. Assim encontram a sua aplicação em situações em que seja necessário alto binário e baixo peso (aspiradores, berbequins, ferramentas portáteis, ...).

Controle de velocidade

O controle de velocidade é realizado através da variação do valor eficaz da tensão aplicada – quanto maior o valor eficaz, maior a velocidade.

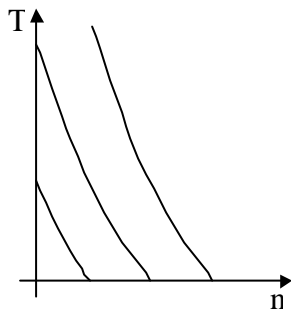


Figura 6.3

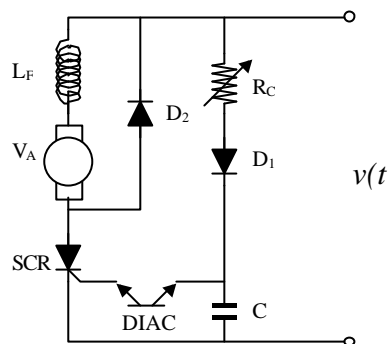


Figura 6.4 - a)

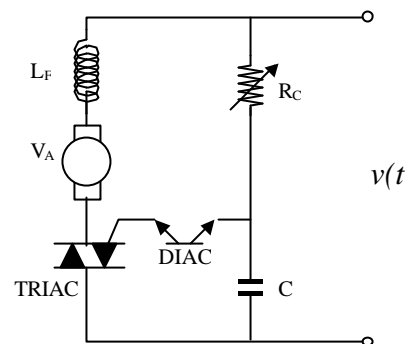


Figura 6.4 - b)

Na figura 6.3 vemos as curvas de binário, para diferentes valores de tensão de alimentação. Na figura 6.4 estão representados dois circuitos de controle da velocidade, de meia onda (a)) e de onda completa (b)), em que o reóstato R_C constitui o controle externo da variação de velocidade.

Motor monofásico

Um motor monofásico é uma versão simplificada de um motor trifásico, com uma gaiola de esquilo como rotor (igual à de um motor trifásico) mas com um único enrolamento estatórico distribuído.

Como já foi referido para os motores de indução, uma única fase produz um campo pulsante. Daí que, não existindo campo girante, os motores monofásicos não têm binário de arranque. Isto é, o campo magnético pulsante tem sempre a mesma direcção (não conseguindo que o rotor comece a rodar para qualquer um dos lados), ou seja, não existindo movimento relativo entre o campo estatórico e as barras da gaiola, não há fem no rotor, logo não há corrente induzida, logo não há binário induzido. Na realidade o estator e o rotor comportam-se como um transformador, existindo, de facto, tensão induzida ($\frac{df}{dt}$) nas barras o que, estando estas curto circuitadas, implica a existência de uma corrente no rotor. No entanto, o campo magnético produzido por esta corrente induzida, está em linha com o campo pulsante estatórico, não produzindo nenhum binário líquido. Quando o rotor não está a rodar, o motor comporta-se como um transformador, com o secundário curto circuitado. Havendo possibilidade de rodar o rotor (por exemplo girando-o manualmente), existirá um binário induzido e o motor passará, daí para a frente, a funcionar normalmente.

A existência de binário induzido com um campo pulsante é explicável, recorrendo à decomposição do campo pulsante em dois campos girantes. Estes dois campos girantes têm igual magnitude, mas giram em sentidos opostos, tal como se pode observar na figura 6.5.

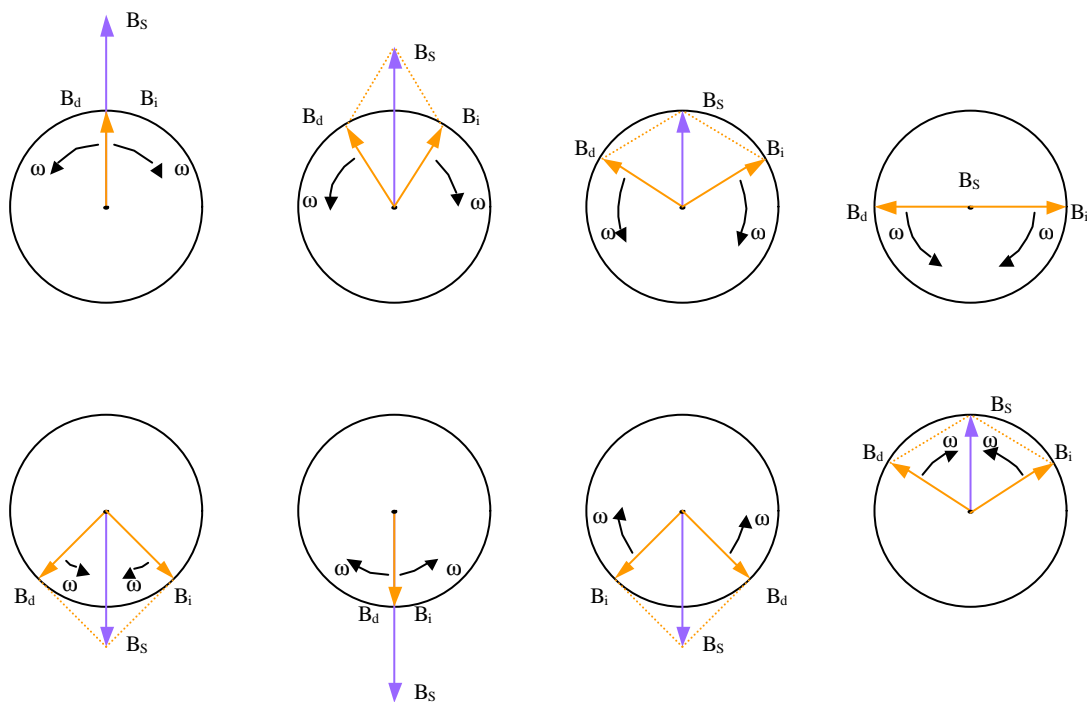


Figura 6.5

O binário líquido será então a soma de dois binários, cada um destes causado por um dos campos girantes. Estes binários individuais, estão representados na figura 6.6.

Note-se que, qualquer uma das curvas de binário (p. ex. a verde) é exactamente a curva de binário típica de um motor de indução, o que é lógico tendo em atenção que decompusemos o campo

pulsante em dois campos girantes, com sentidos de rotação antagónicos. Resultam, assim, duas curvas de binário típicas de motores de indução em que uma delas é a inversa da outra.

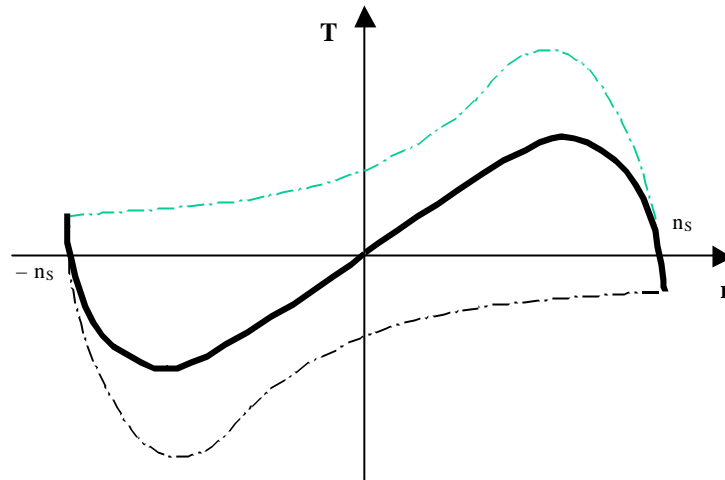


Figura 6.6

O binário líquido obtido (a preto grosso) é, então, a soma dos dois binários. Note-se, também que, para velocidade nula a soma dos binários é nula, resultando num binário de arranque nulo (arranque $\Rightarrow n = 0$).

Para além do binário líquido produzido, existem binários pulsantes, a uma frequência dupla da frequência estatórica. Estes binários pulsantes são causados quando os campos magnéticos “positivo” e “negativo” se cruzam, o que sucede duas vezes em cada ciclo. Embora estes binários pulsantes não produzam qualquer binário médio, causam um aumento da vibração, tornando este tipo de motores mais ruidosos que os trifásicos.

O arranque dos motores monofásicos

Não possuindo, os motores monofásicos, um binário de arranque, há que recorrer a técnicas que permitam que este defeito seja ultrapassado:

I. Enrolamentos de divisão de fase

É um motor monofásico com dois enrolamentos estatóricos – um principal (P) e

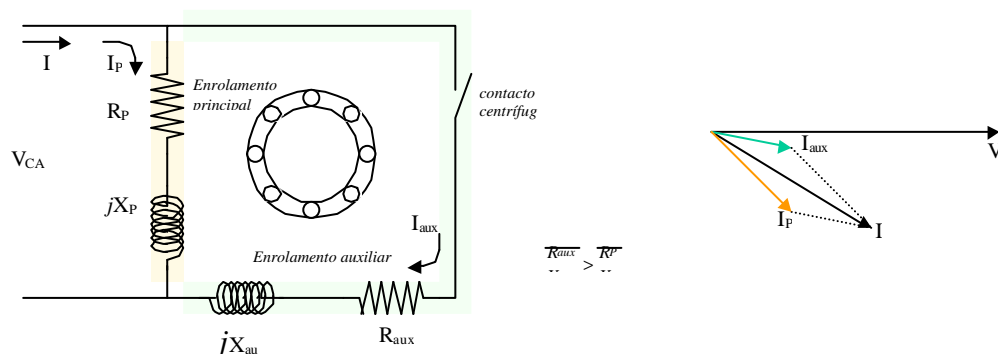


Figura 6.7

um auxiliar (aux) de arranque. Estes dois enrolamentos estão dispostos com uma separação de 90° eléctricos, sendo o auxiliar projectado para sair do circuito, quando for atingida uma determinada velocidade. Este enrolamento (auxiliar) tem um rácio

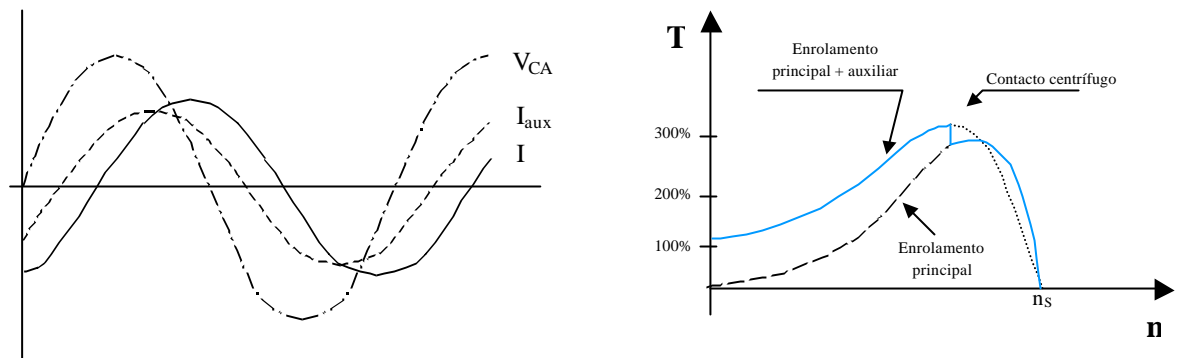


Figura 6.8

resistência/reactância mais elevado que a do enrolamento principal, de forma a que a corrente nele esteja em avanço relativamente à corrente no enrolamento principal², tal como pode ser visto na figura 6.8.

Estando a corrente, no enrolamento auxiliar em avanço, significa que o campo magnético, por ela gerado, tem o seu valor máximo antes do valor máximo do campo magnético criado pelo enrolamento principal – figura 6.9 – o que implica um movimento do primeiro para o segundo (no sentido anti horário, portanto). O mesmo é dizer que o enrolamento auxiliar torna um dos dois campos magnéticos girantes maior que o outro, fornecendo assim um desequilíbrio que possibilita o arranque do motor.

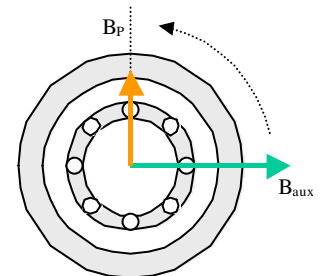


Figura 6.9

O sentido de rotação destes motores pode ser trocado, trocando as ligações do enrolamento auxiliar e deixando as ligações do enrolamento principal como estavam (o que corresponderia a obter um vector B_{aux} a apontar agora para a esquerda, na figura 6.9, sendo o desequilíbrio no sentido horário)

Este tipo de motores monofásicos tem um binário e uma corrente de arranque moderados. Aplicações típicas são ventoinhas, ventiladores e bombas centrífugas.

II. Condensador

Em determinados casos, o binário fornecido pelos motores com enrolamentos de divisão de fase é insuficiente para arrancar com uma carga. Nestas situações utilizam-se os motores monofásicos com arranque por condensador.

O condensador é colocado em série com o enrolamento auxiliar – figura 6.10. Pela selecção apropriada do valor do condensador, pode ajustar-se a força magnetomotriz da corrente de arranque no enrolamento principal e o ângulo de fase (da corrente, no enrolamento principal) pode ser colocado em avanço de 90° relativamente à corrente no enrolamento principal. Como os dois enrolamentos estão, fisicamente,

² O que é obtido utilizando fio mais fino no enrolamento auxiliar. Isto é admissível já que o enrolamento auxiliar será retirado de serviço após o arranque, não tendo que suportar a corrente total continuamente.

separados de 90° , a diferença de fase de 90° das correntes produzirá um único e uniforme campo magnético girante, comportando-se o motor como se arrancasse a partir de uma alimentação trifásica. Neste caso, o binário de arranque pode atingir quatro vezes o valor do seu binário nominal – figura 6.11.

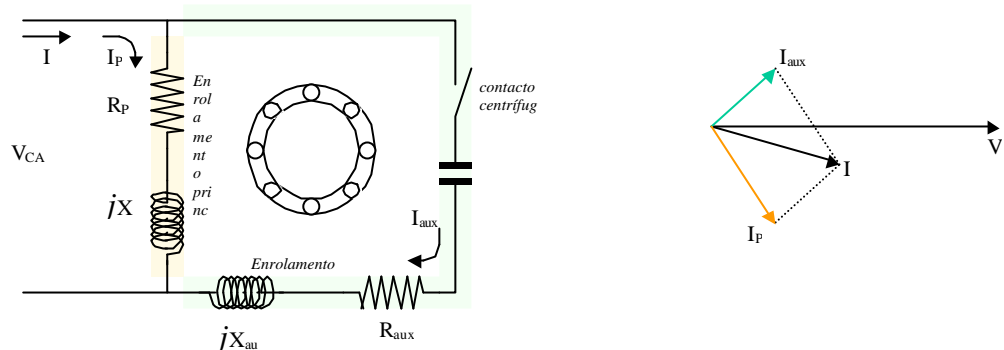


Figura 6.16

Aplicações típicas em compressores, bombas, ar condicionado, etc.

O condensador de arranque realiza uma melhoria tão significativa da característica T/n , que um enrolamento auxiliar, com um condensador de valor mais reduzido é, por vezes, deixado permanentemente no circuito do motor. Esta técnica implica, no entanto, um mais baixo binário de arranque, dado que o condensador tem que ser calculado para balancear as correntes no enrolamento principal e auxiliar nas condições de operação normal – como

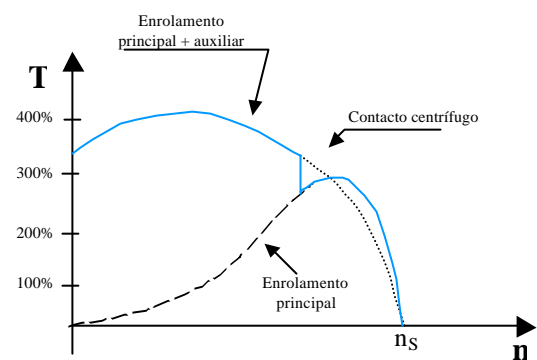


Figura 6.11

a corrente de arranque é muito superior à corrente nominal, um condensador que balanceie as fases em condições normais, deixa-as não balanceadas no arranque. Uma solução que permite contornar este problema, consiste na utilização de dois condensadores – o maior apenas está presente no circuito durante o arranque, sendo retirado de serviço por um contacto centrífugo – figura 6.12 b).

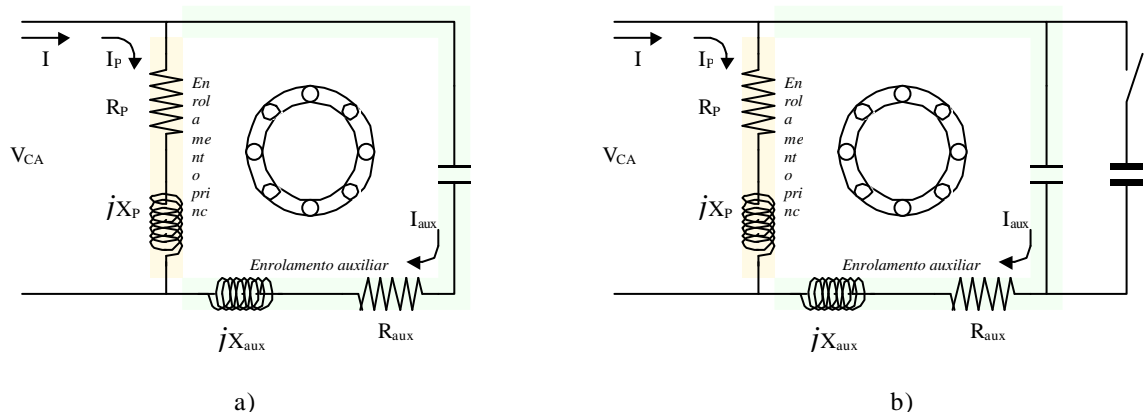


Figura 6.10

O sentido de rotação, do motor, pode ser invertido, invertendo as ligações do enrolamento auxiliar.

III. Pólos sombreados

É um motor de indução com um único enrolamento principal. Em vez de possuir enrolamento auxiliar, tem pólos salientes – figura 6.11 – em que uma porção do pólo é envolvido por um enrolamento curto circuitado – figura 6.12

Quando o enrolamento principal (não representado nas figuras) cria o fluxo, este passa pelos pólos, dividindo-se por cada semi-pólo. Como um dos semi-pólos está envolvido por um enrolamento curto circuitado, vai-se gerar neste uma fem e, portanto, uma corrente que se opõe à causa que a criou (variação de fluxo). Esta oposição *retarda* a variação de fluxo, da parte que passa no semi-pólo com o enrolamento, criando um desbalanceamento entre os dois campos magnéticos girantes. A rotação líquida faz-se na direcção do não sombreado para o sombreado (na mesma face do pólo).

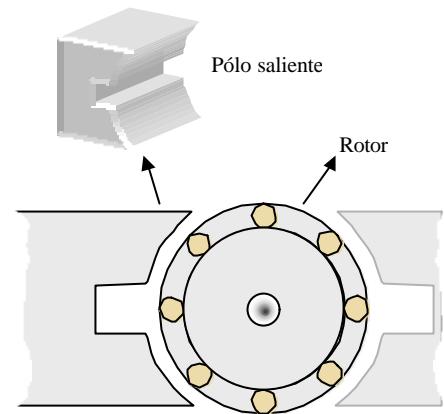


Figura 6.11

Este tipo de motor produz um binário de arranque inferior, são muito menos eficientes e têm um maior escorregamento que os outros dois tipos de motor monofásico. São utilizados para pequenas potências ($< 35 \text{ W}$), onde os requisitos de binário de arranque são baixos. Paralelamente são dos mais baratos.

A inversão do sentido de rotação, não é obtida directamente, obrigando a instalar dois enrolamentos em cada face do pólo e curto circuitando um ou outro consoante o sentido de rotação que se deseje.

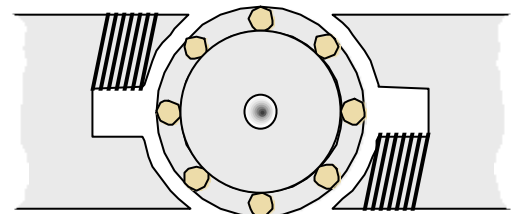


Figura 6.12

Motor passo a passo

É um tipo particular de motor síncrono. Recorre a uma alimentação particular dos enrolamentos estatóricos – alimentação digital – o que lhe permite orientar o campo magnético estatórico numa direcção definida – figura 6.12.

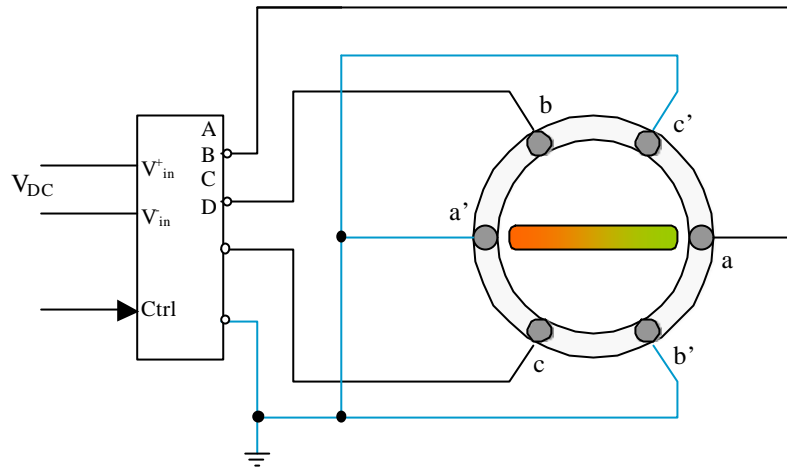


Figura 6.12

Vejam os o que sucede quando se aplica uma tensão aos terminais do enrolamento aa' – figura 6.13 a). Neste caso a corrente eléctrica, que passa no enrolamento, cria um campo magnético no plano do papel e apontando para o topo da página³. O campo magnético rotórico vai alinhar-se por ele, isto é, o rotor vai rodar. Anulando a tensão aplicada ao enrolamento aa' e aplicando uma tensão ao enrolamento cc' – figura 6.13 b) – vai criar-se um novo campo magnético que aponta -60° do que o anterior. Assim, a aplicação faseada de tensão aos vários enrolamentos ($+V_a, -V_c, +V_b$), permite um posicionamento que, no caso da figura 6.13, tem uma precisão (ou um passo) de 60° . Refira-se ainda que, se se aplicar, ciclicamente, uma tensão aos enrolamentos, percorrendo-os a todos em cada ciclo ($+V_a, -V_c, +V_b, -V_a, +V_c, -V_b, \dots$), teremos uma velocidade de rotação praticamente constante, tal como um motor normal.

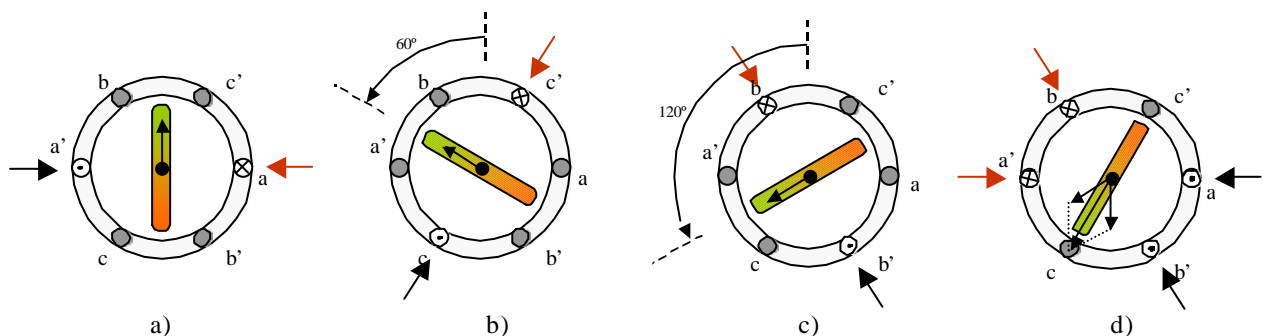


Figura 6.13

Na figura 6.13 d) temos um caso particular da aplicação de uma tensão, simultânea, aos enrolamentos aa' e bb' . Cada uma das correntes, no seu enrolamento respectivo, vai criar um campo

³ Regra da mão direita

magnético. O campo magnético líquido resulta da soma vectorial dos dois, obtendo-se, desta forma um ângulo de rotação que é metade dos anteriores, isto é, um passo que é, agora, de 30° .

Para se aumentar a precisão do motor de passo (isto é, para se diminuir o passo), recorre-se ao aumento do número de pólos.