

CONVERSÃO DE ENERGIA 2

Noções Construtivas de um MIT

Prof. Dr. Cesar da Costa

E-mail: ccosta@ifsp.edu.br

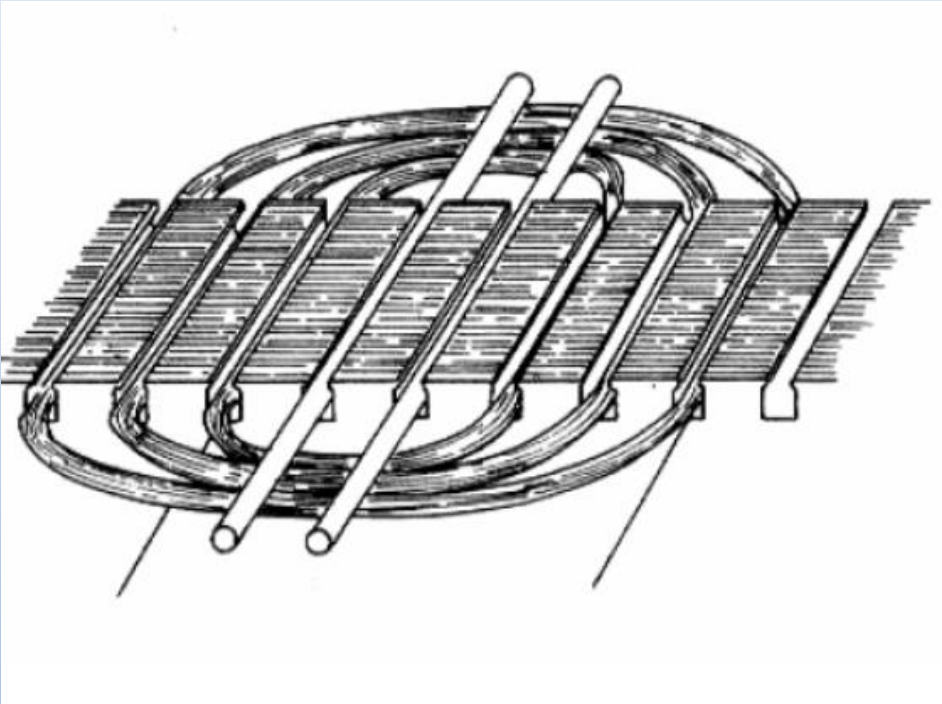
Site: www.professorcesarcosta.com.br

Noções Construtivas

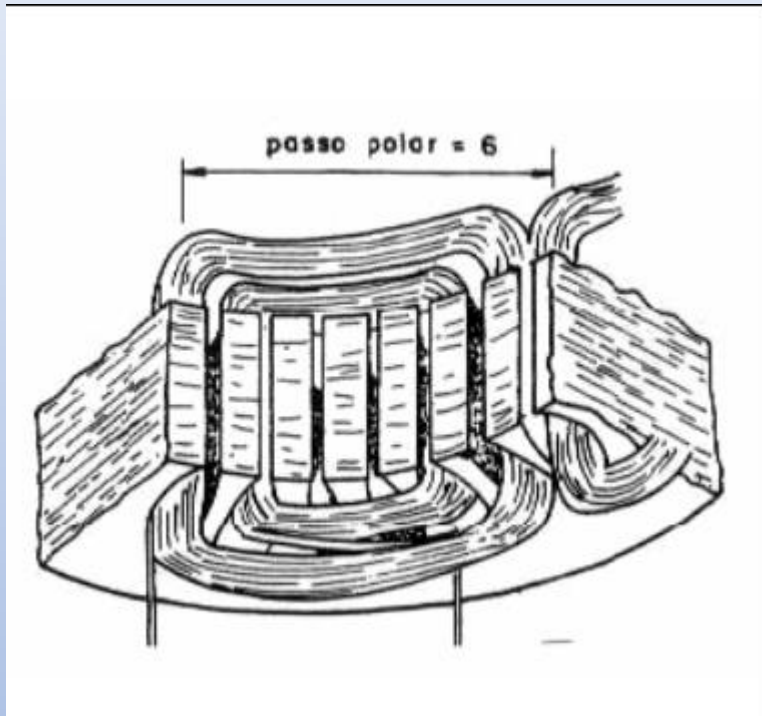


Maquinas Elébricas

- ❑ Terminologia associada ao enrolamento do estator
 - **Espira** – É uma volta de um condutor. Este condutor pode ser composto por um único fio ou por mais de um fio em paralelo. Quando a seção do condutor torna-se muito grande, para reduzir o efeito pelicular e devido à dificuldade de se moldar uma seção muito grande de condutor, são utilizados mais de um fio em paralelo.
 - **Bobina**- É um grupo de espiras que se alojará numa ranhura. O número de espiras depende da tensão e da potência da máquina.



- ❑ Para a confecção, colocação e ligação das bobinas que formam o enrolamento do estator devemos conhecer de antemão suas principais características.
- ❑ Sendo que o **Número de Bobinas** é determinado em função do número de dentes do estator, número de polos e do tipo de enrolamento.



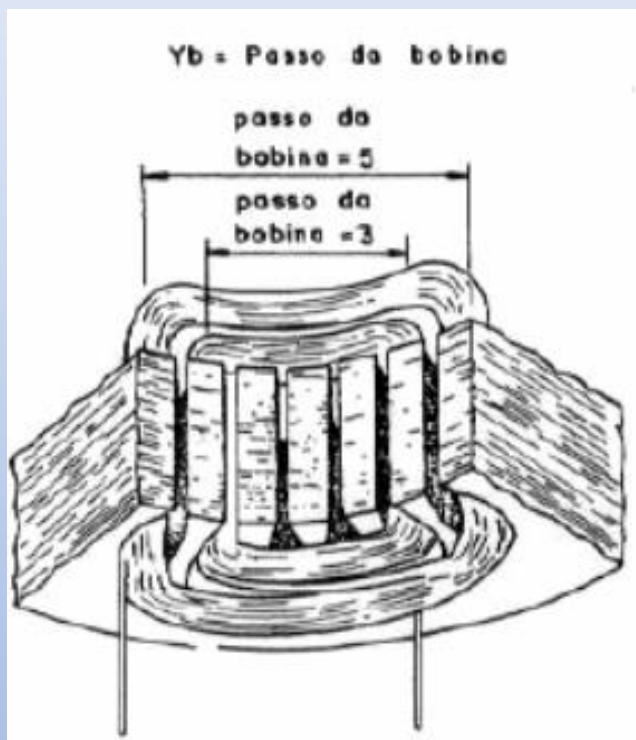
Maquinas Elétricas

- ❑ O **Passo Polar** é determinado pela distância em dentes entre o início de duas bobinas interligadas da mesma fase. O passo polar define a região onde será concentrado um polo magnético formado por esta bobina.
- ❑ O passo polar informa quantas ranhuras estão dispostas sob cada polo.

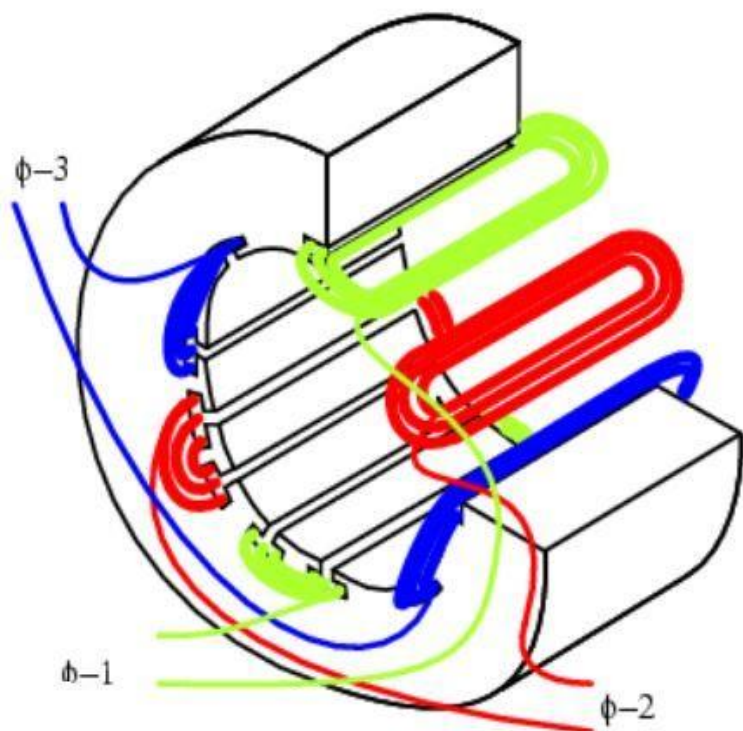
Noções Construtivas

Maquinas Elébricas

- ❑ O **Passo da Bobina** é a distância em dentes compreendida entre os dois lados da mesma bobina.
- ❑ Quando o passo de bobina for igual ao passo polar, este é denominado de passo de bobina inteiro; caso seja menor que o passo polar é denominado de passo de bobina fracionário.
- ❑ No projeto dos motores elétricos o passo ideal é determinado através de ensaios em laboratórios até se obter o melhor rendimento da máquina, não desprezando o custo de produção.



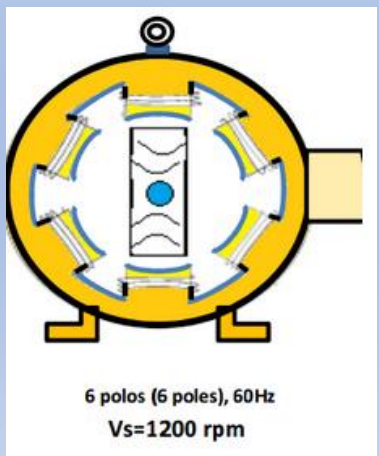
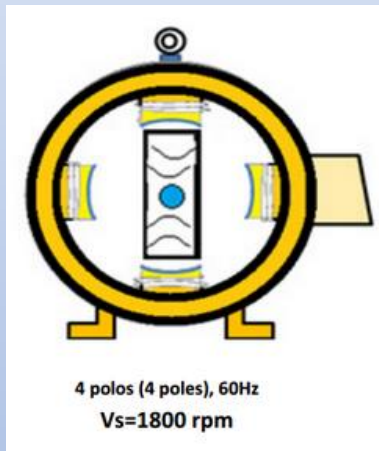
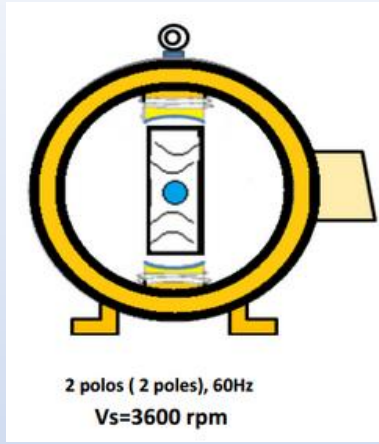
Noções Construtivas



Maquinas Elébricas

- ❑ **Grupo de bobinas-** É o conjunto de uma ou mais bobinas, que forma um polo. O número de bobinas por grupo depende do número de ranhuras do estator, da polaridade do motor e do número de camadas do enrolamento.
- ❑ **Fase-** É o conjunto de grupo de bobinas que irão completar uma fase. A quantidade de grupos de bobinas por fase depende do número de polos e da ligação dos grupos.
- ❑ **Enrolamento:** É o conjunto total de fases para um motor, ou seja, todos os grupos de bobina que compõem o bobinado de um motor.

Noções Construtivas



Maquinas Elétricas

- ❑ **Número de Polos** de um motor CA afeta diretamente sua velocidade, ou seja, se desejamos um motor com elevada rotação este deverá apresentar o mínimo de polos magnéticos.
- ❑ A maneira pela qual os grupos de bobinas são interligados também influi na formação dos polos. A equação a seguir nos fornece a relação entre as grandezas frequência da rede de alimentação, número de polos e velocidade do motor, onde: P = número de polos; f = frequência das correntes que alimentam o enrolamento (Hz) e n = velocidade síncrona (rpm).

$$p = \frac{120 \cdot f}{n}$$

Noções Construtivas

Maquinas Elébricas

□ Tipos de Enrolamentos

❖ Os tipos de enrolamentos das máquinas de corrente alternada classificam-se em dois tipos gerais:

❖ Enrolamento concêntricas ou em espiral;

❖ Enrolamento imbricado.

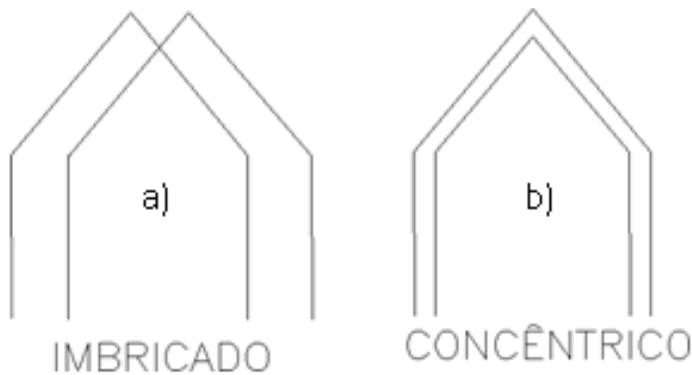
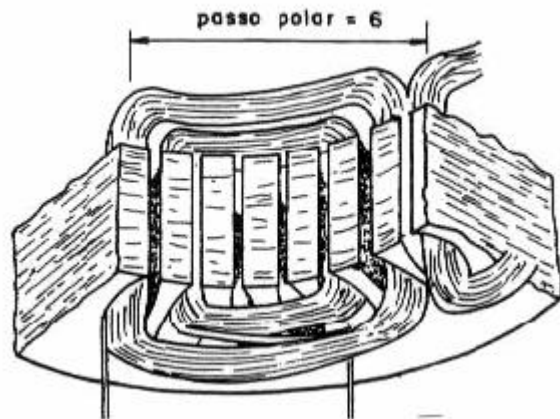


Figura · Diferentes tipos de enrolamentos

Noções Construtivas



Maquinas Elétricas

□ Tipos de Enrolamentos

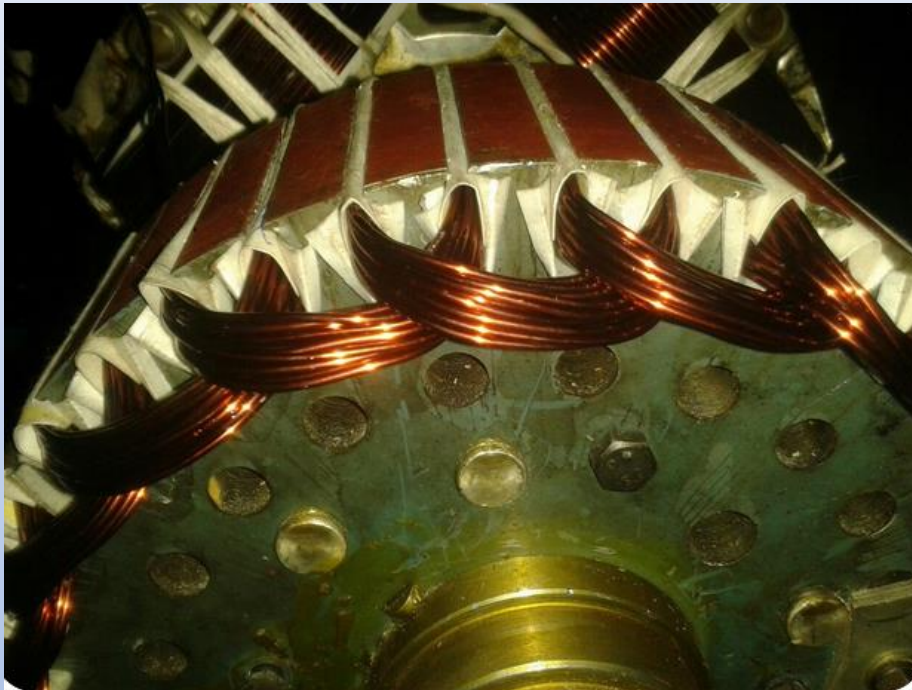
❖ Enrolamento concêntricas ou em espiral

- O nome enrolamento concêntrico (ou espiral) é associado ao de uma corrente, devido a analogia que existe entre os grupos de bobinas (posição relativa entre eles) e os elos das correntes.
- As bobinas de um mesmo grupo têm passos diferentes (uma dentro da outra) e as cabeças de bobina não se cruzam. A Figura mostra um exemplo de enrolamento concêntrico

□ Tipos de Enrolamentos

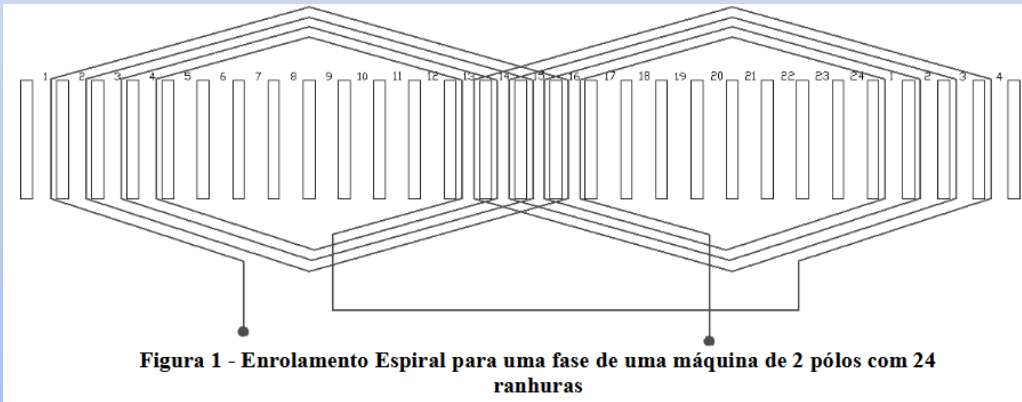
❖ Enrolamento imbricado

- ❖ O enrolamento imbricado, também conhecido como diamante ou coroa, é o que se adota quase exclusivamente e se subdivide em duas classes: **enrolamento imbricado a passo pleno** e enrolamento a passo fracionário (encurtado).

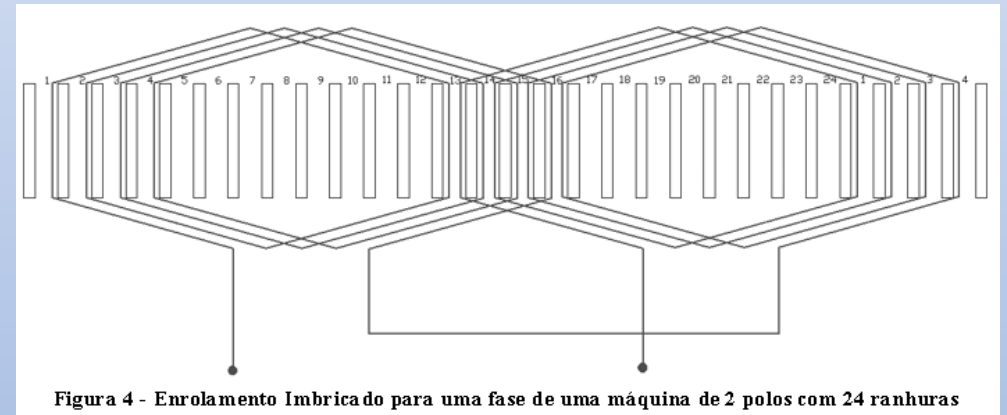


Noções Construtivas

☐ Tipos de Enrolamentos



a) Enrolamento concêntrico

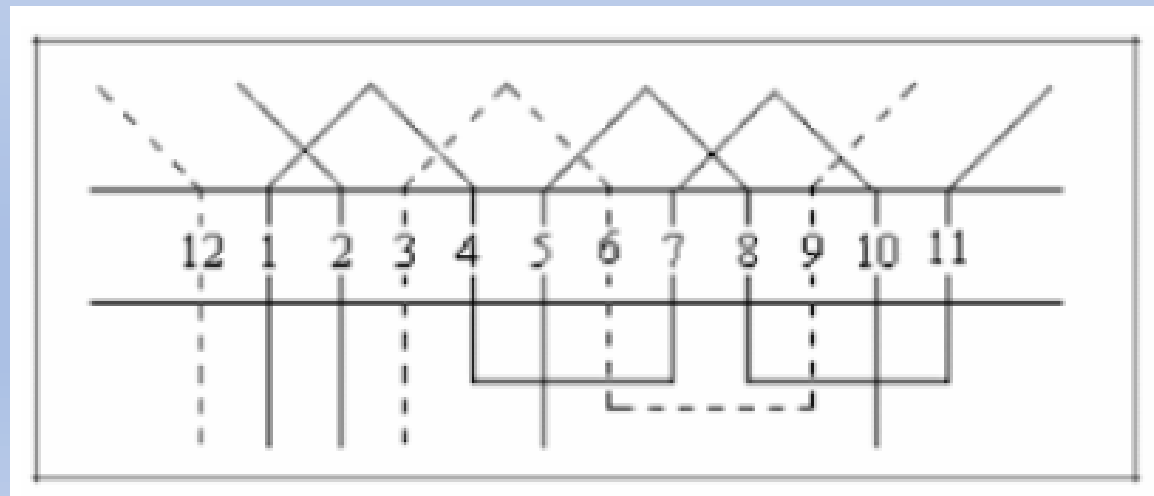


b) Enrolamento imbricado

Noções Construtivas

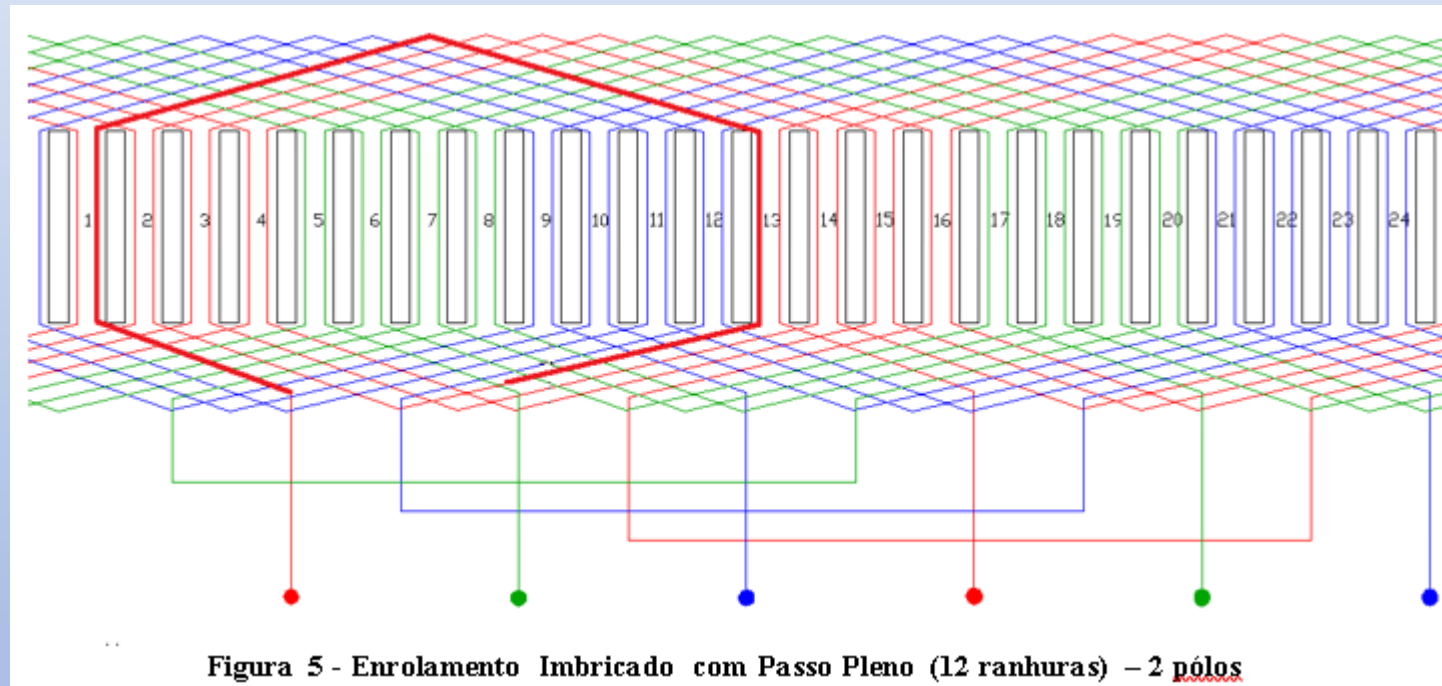
□ Diagrama de motores elétricos bobinado

- ❖ Os desenhos de esquemas de bobinados podem ser: **Planificados**, **Frontal ou circulares** e **Simplificados**.
- ❖ Desenho de esquema planificado: Os esquemas planificados representam um estator como se estivesse cortado e estirado sobre um plano, com todos os grupos de bobinas e conexões. Na figura abaixo está mostrado um esquema planificado de bobinas de um motor.



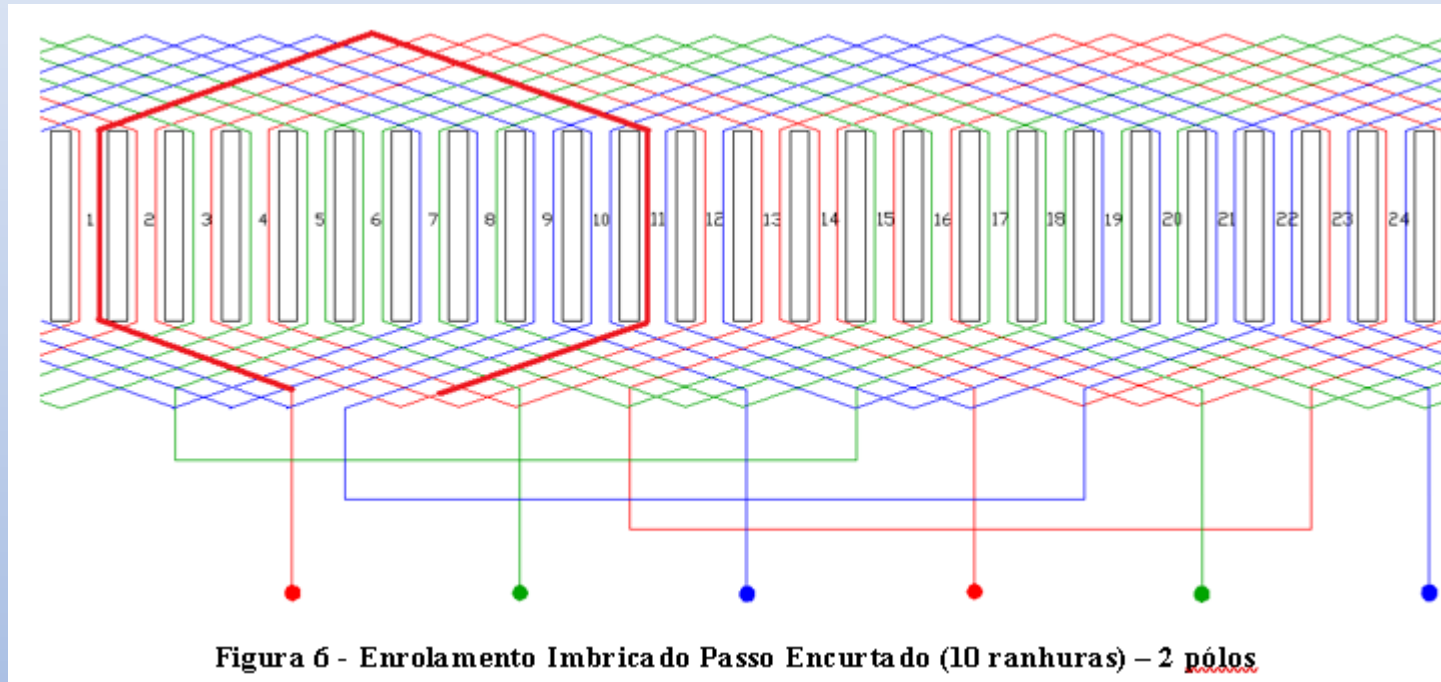
Noções Construtivas

☐ Tipos de Enrolamentos



Noções Construtivas

☐ Tipos de Enrolamentos



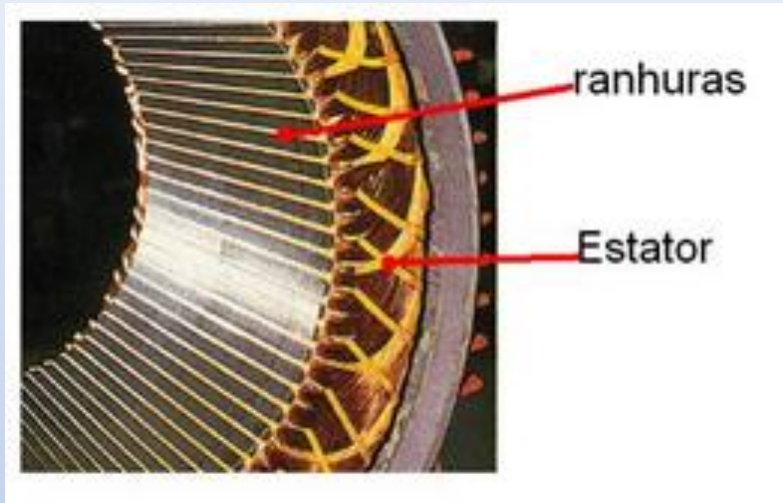
Noções Construtivas

Maquinas Elétricas

□ Ranhuras

❖ As ranhuras podem ser divididas em três classes:

- Ranhuras abertas;
- Ranhuras semi-fechadas;
- Ranhuras fechadas.

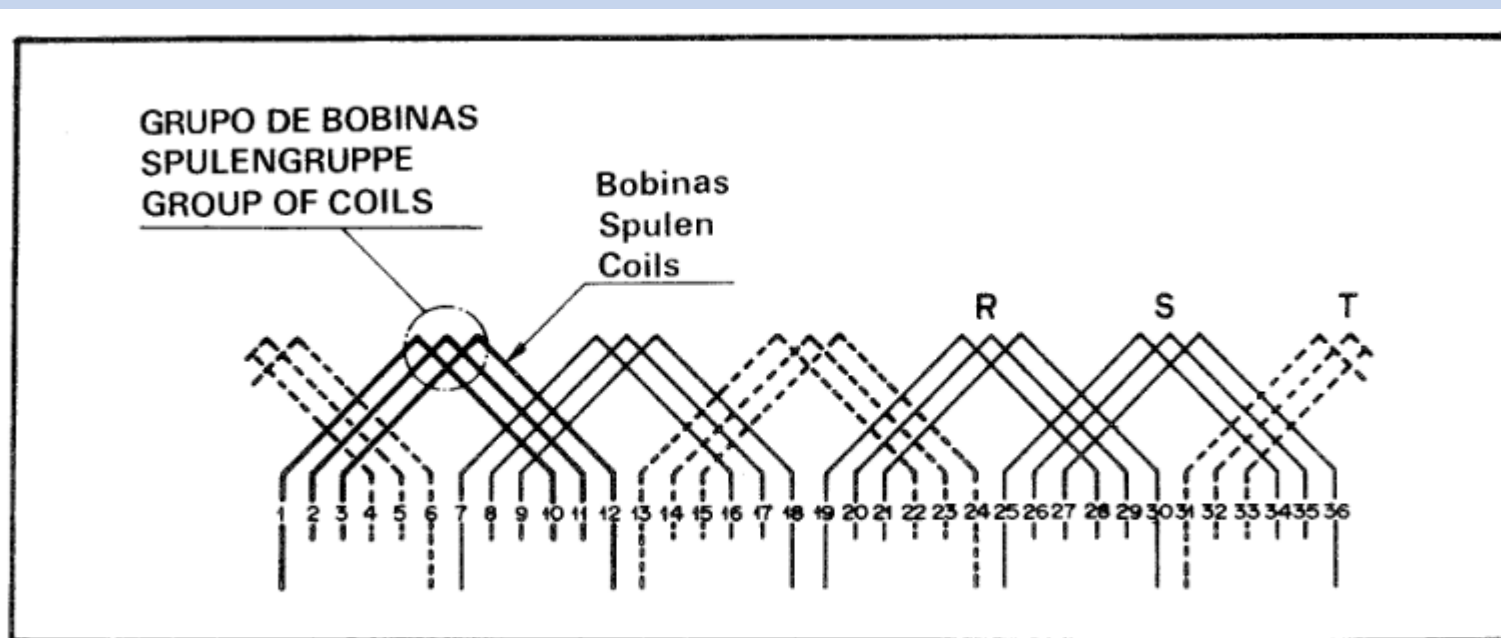


Noções Construtivas

Passo polar

Para se calcular o passo polar de um enrolamento trifásico imbricado aplica-se a fórmula:

$$\text{passo polar} = \frac{\text{número de ranhuras}}{\text{número de pólos}} \text{ ou, de forma abreviada, } Y_p = \frac{Nr}{p}$$



c) Esquema de bobinagem, motor trifásico, 36 ranhuras, 4 polos, enrolamentos imbricado, passo 1: 10 (R – S – T = fases).

Noções Construtivas

□ Passo Polar (Y_p)

❖ Por exemplo, um motor de 4 polos com 48 ranhuras no estator tem um passo polar igual a 12, ou seja:

$$Y_p = \frac{N_r}{p} = \frac{48}{4} = 12$$

❖ Significa que uma bobina que tem o seu primeiro ramo saindo na ranhura 1, tem seu segundo ramo entrando na ranhura 13.

Exercício:

Represente os enrolamentos de uma máquina trifásica de 4 polos do tipo imbricado com $N_r=24$ ranhuras.

Solução:

□ Passo Polar:

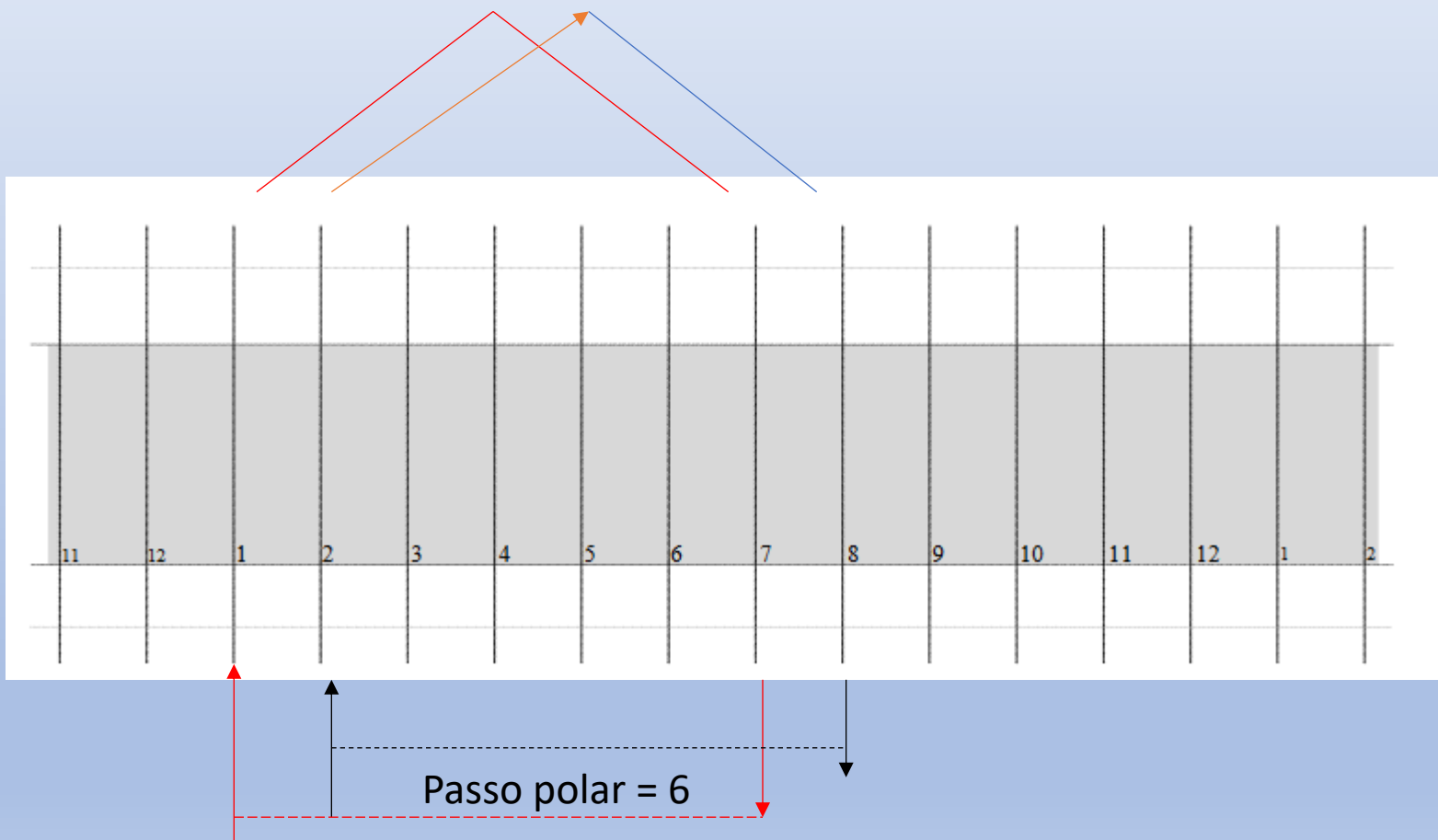
$$Y_R = \frac{N_1}{P} = \frac{24}{4} = 6$$

O passo polar também pode ser expresso como:

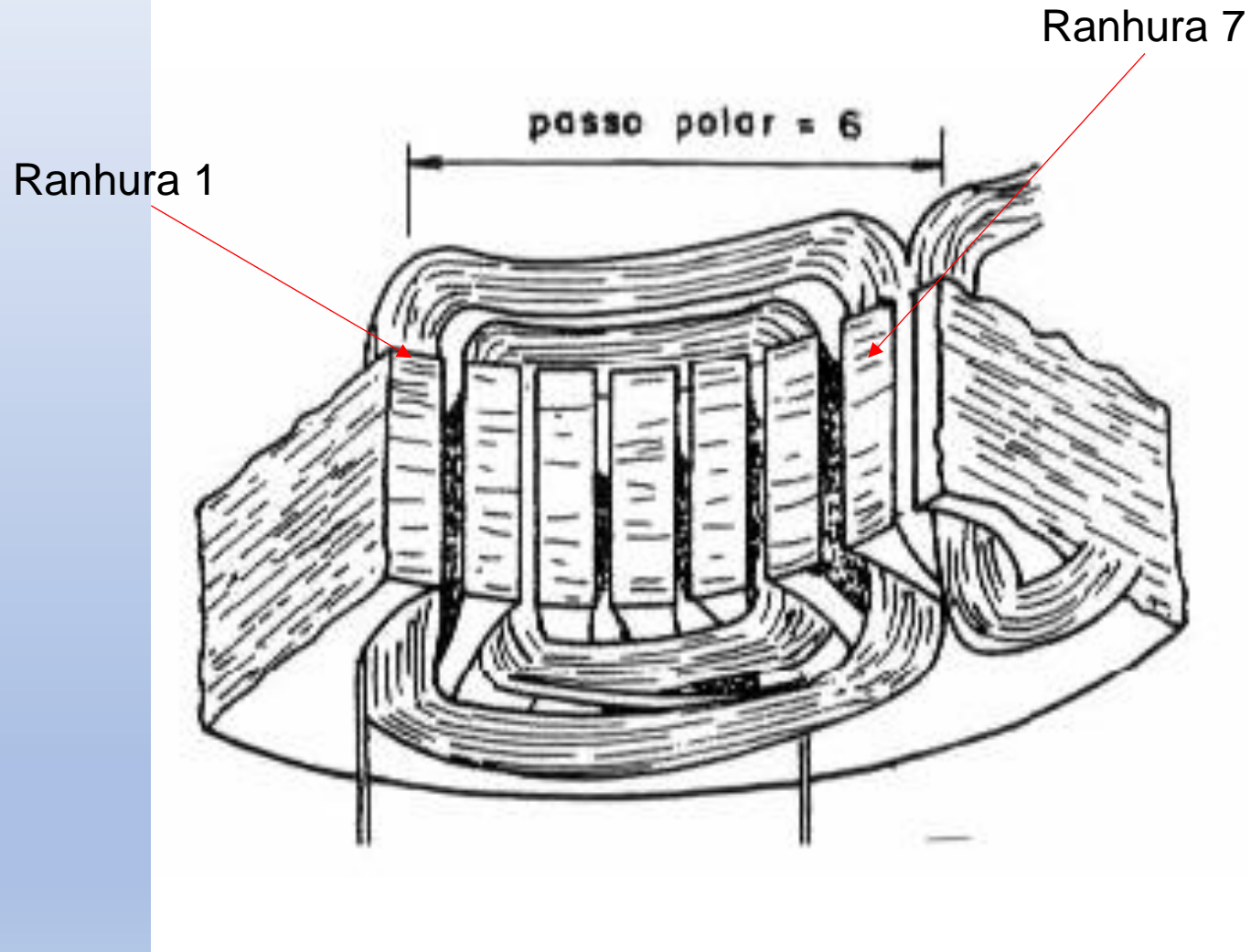
$$\tau_p = 1:7$$

(entra na ranh. 1 e volta na 7)

Representação das Bobinas:



Noções Construtivas



Noções Construtivas

□ Número de Ranhuras por Polo e Fase (q_1)

❖ O número de ranhuras por polo e fase é calculado da seguinte forma:

$$q_1 = \frac{N_r}{P \cdot m} \quad \rightarrow \quad q_1 = \frac{24}{3 \cdot P} = \frac{24}{12} = 2$$

Onde:

m = Número de fases.

No caso trifásico, $m = 3$

Noções Construtivas

- Número Total de Grupos de Bobinas para Todas as Fases (K)

$$k = m \cdot \frac{P}{2} \quad \rightarrow \quad k = 3 \cdot \frac{4}{2} = 6$$

Onde:

m = Número de fases.

No caso trifásico, $m = 3$

Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

Passo polar

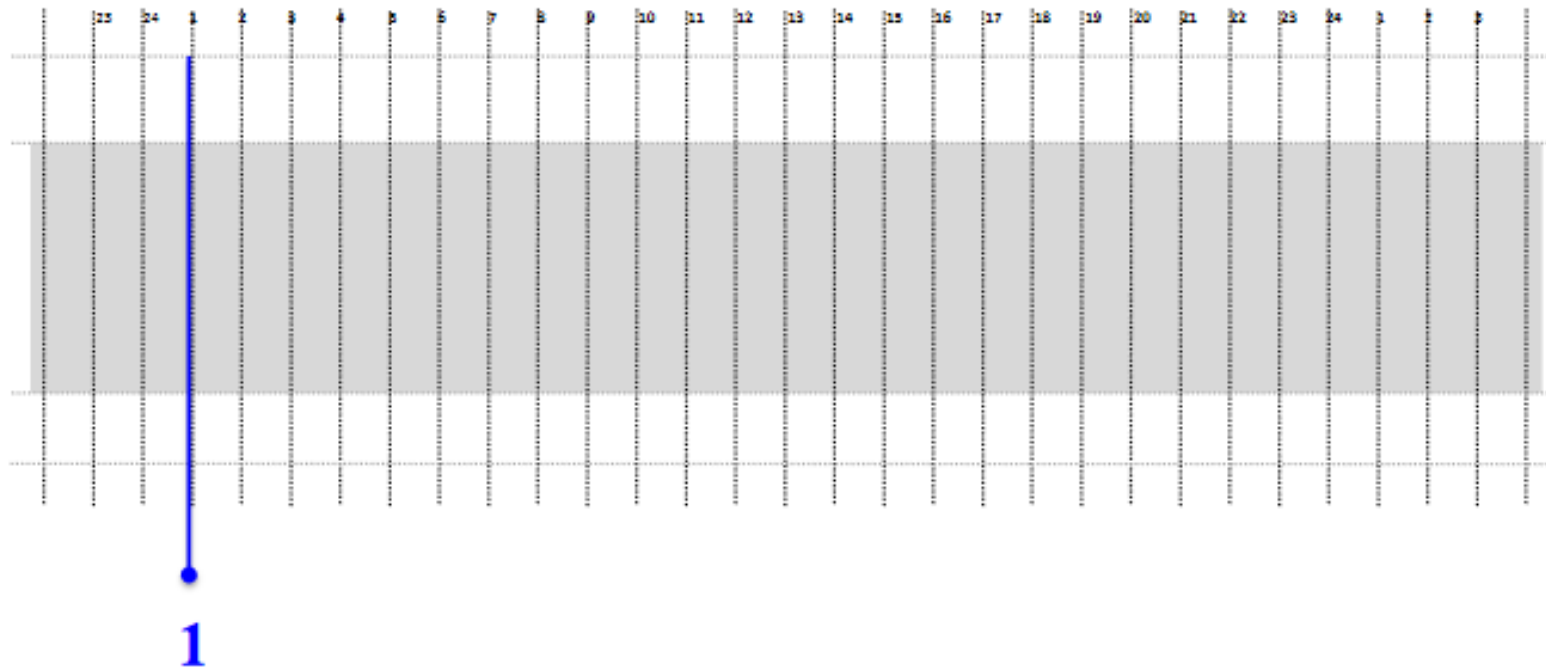
$\tau_p = 6$ ranhuras (1:7)

Ranhuras / polo / fase

$q = 2$

Grupos de bobinas

$k = 6$



Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

Passo polar

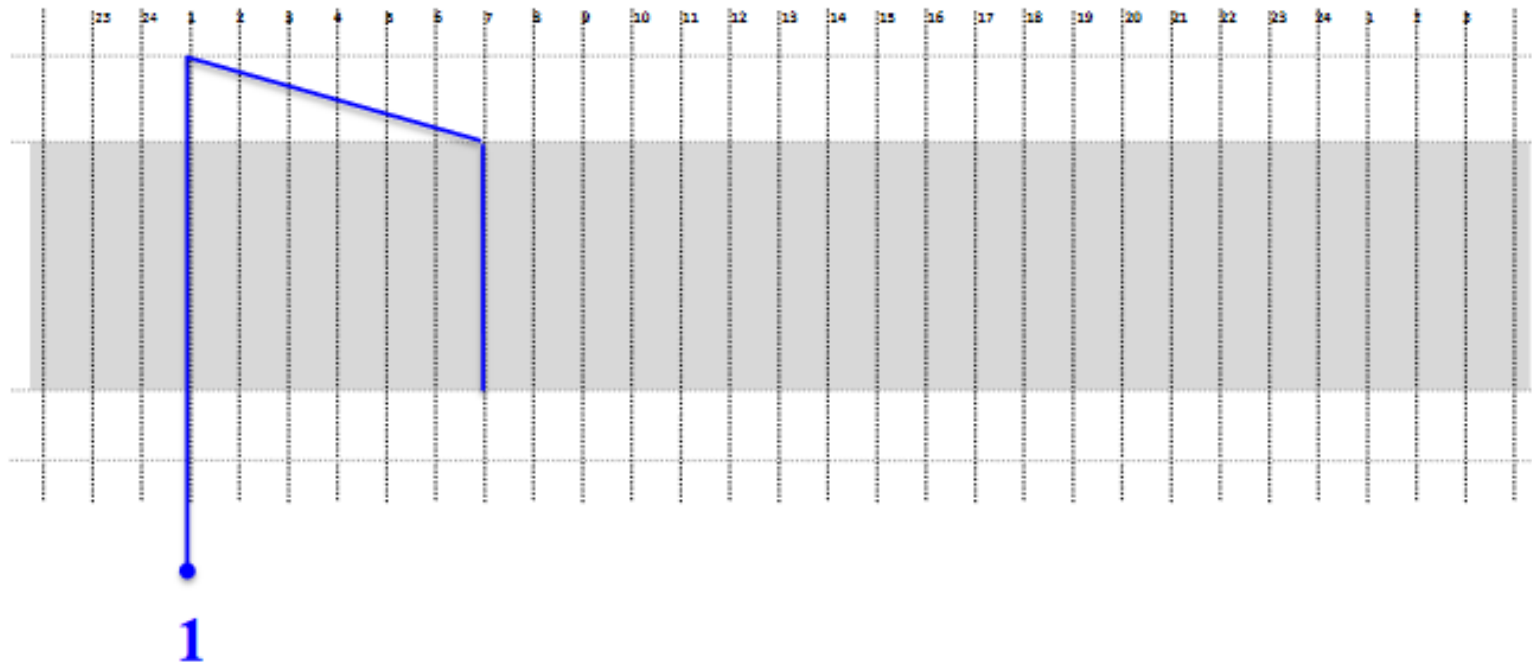
$\tau_p = 6$ ranhuras (1:7)

Ranhuras / polo / fase

$q = 2$

Grupos de bobinas

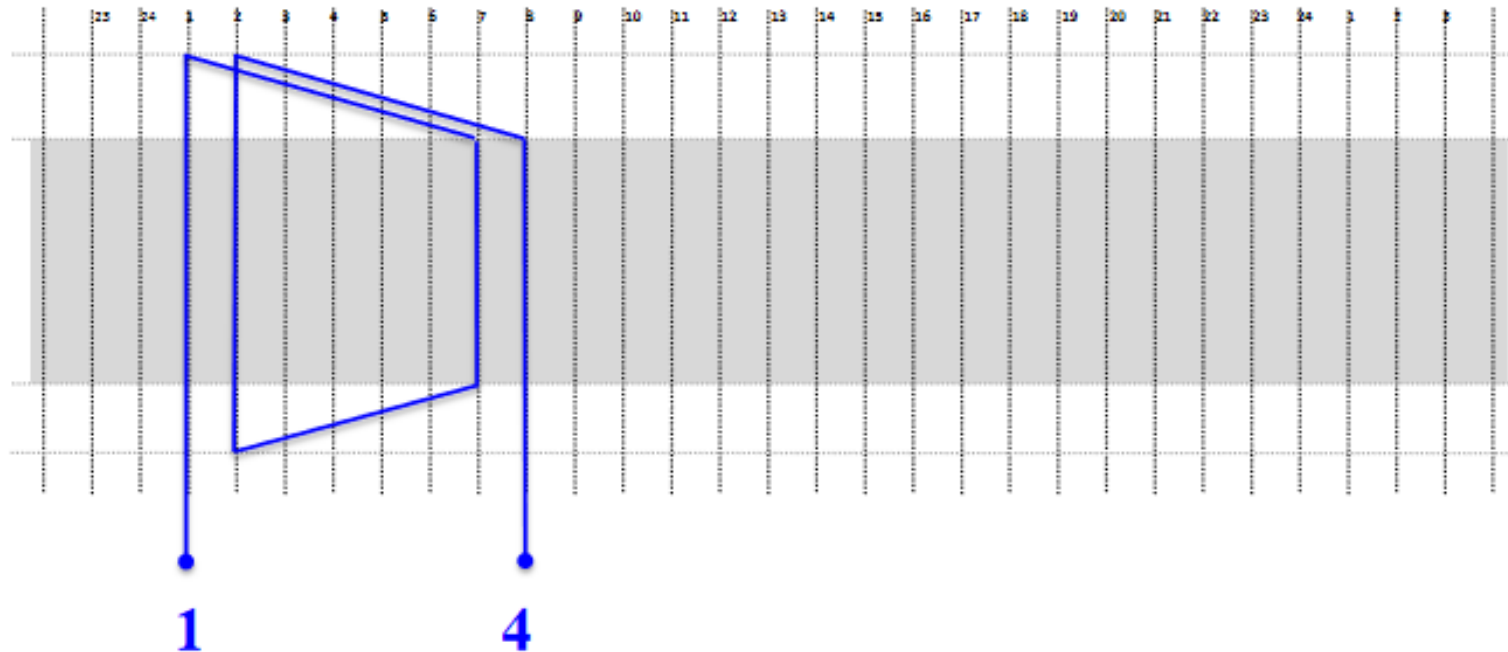
$k = 6$



Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

Passo polar $\tau_p = 6$ ranhuras (1:7)
Ranhuras / polo / fase $q = 2$
Grupos de bobinas $k = 6$



Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

Passo polar

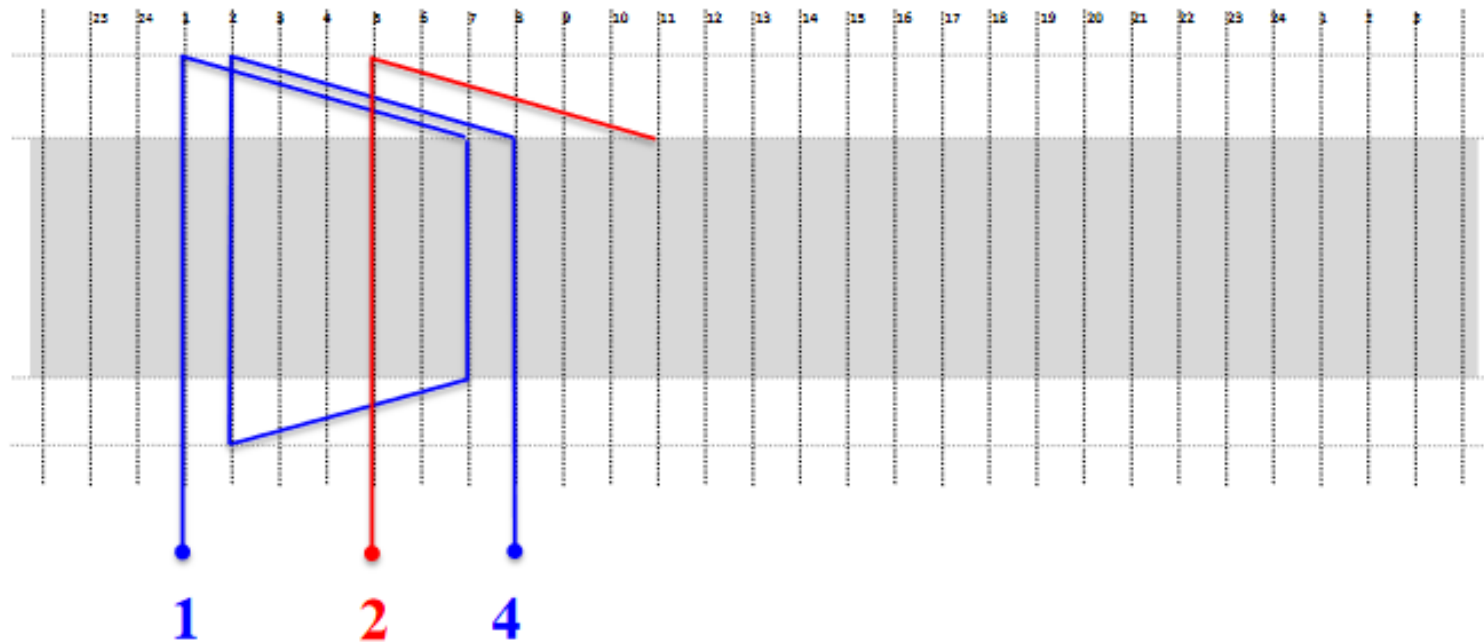
$\tau_p = 6$ ranhuras (1:7)

Ranhuras / polo / fase

$q = 2$

Grupos de bobinas

$k = 6$



Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

Passo polar

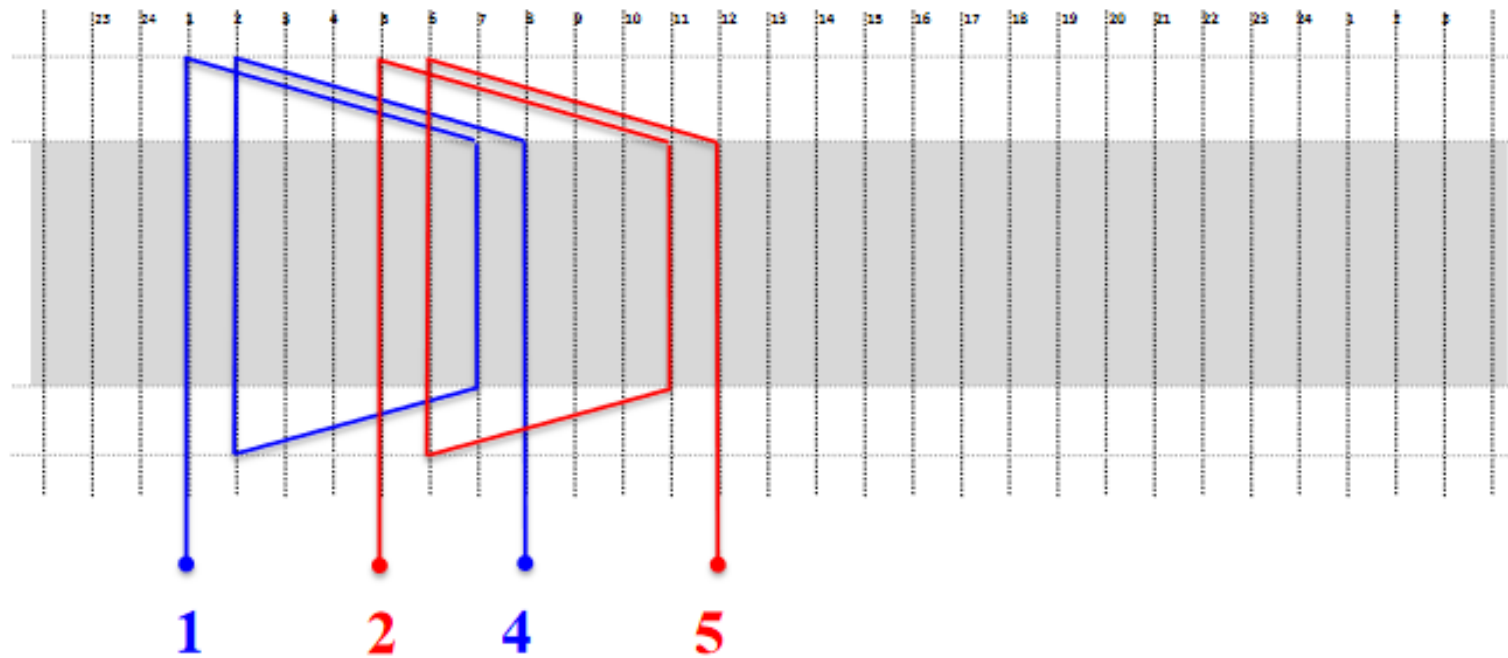
$\tau_p = 6$ ranhuras (1:7)

Ranhuras / polo / fase

$q = 2$

Grupos de bobinas

$k = 6$



Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

Passo polar

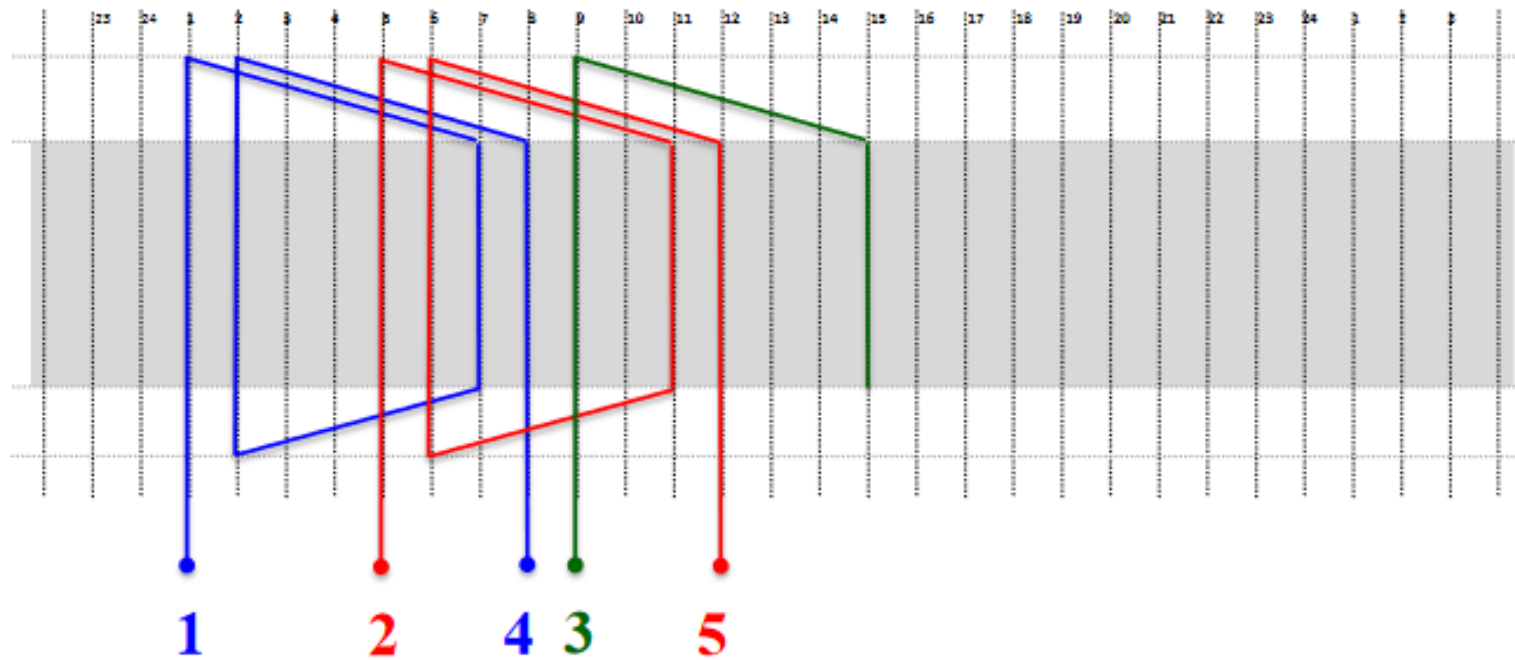
$\tau_p = 6$ ranhuras (1:7)

Ranhuras / polo / fase

$q = 2$

Grupos de bobinas

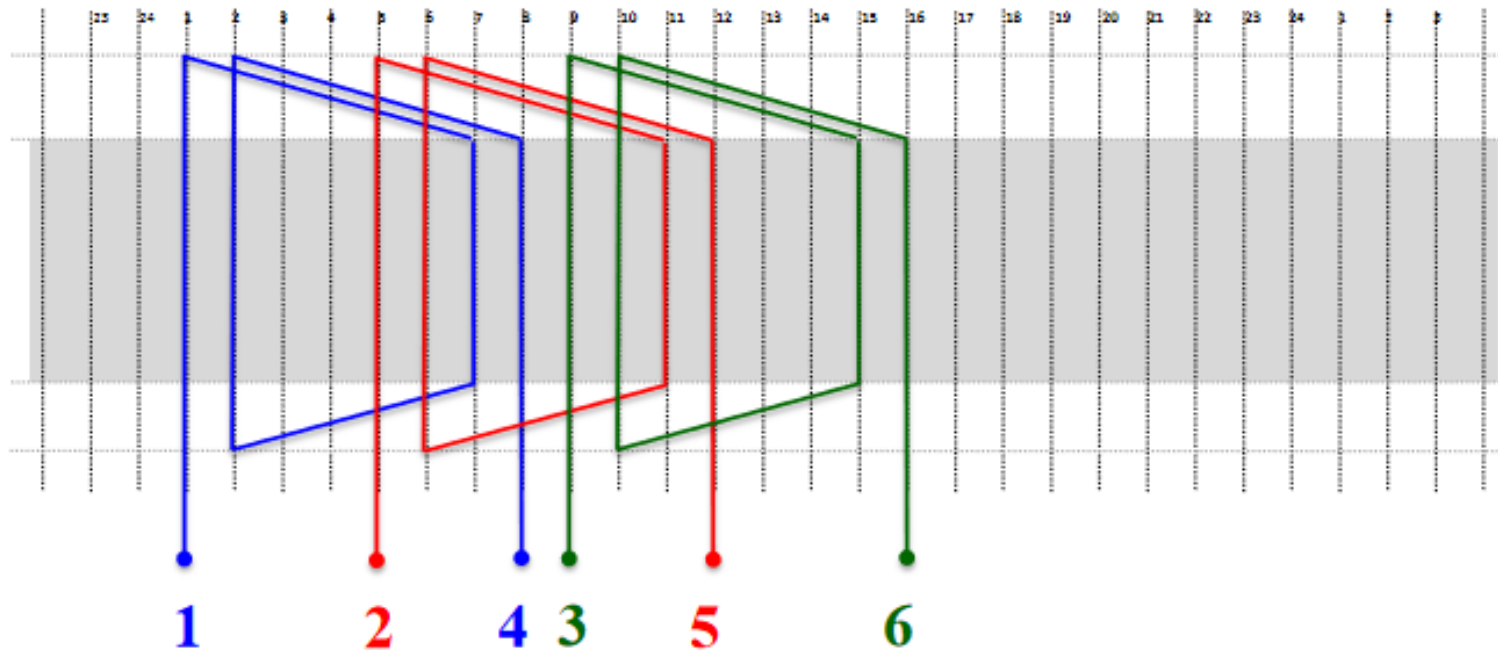
$k = 6$



Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

Passo polar $\tau_p = 6$ ranhuras (1:7)
Ranhuras / polo / fase $q = 2$
Grupos de bobinas $k = 6$



Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

Passo polar

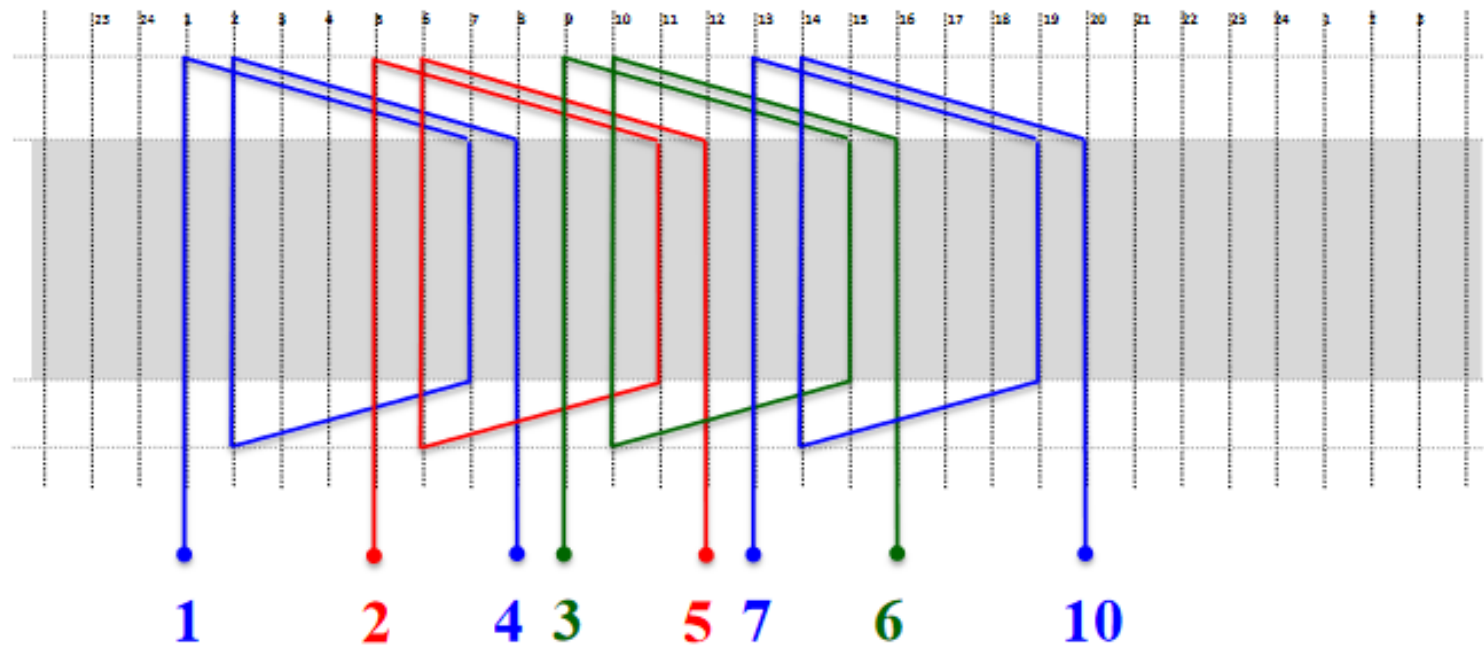
$$\tau_p = 6 \text{ ranhuras (1:7)}$$

Ranhuras / polo / fase

$$q = 2$$

Grupos de bobinas

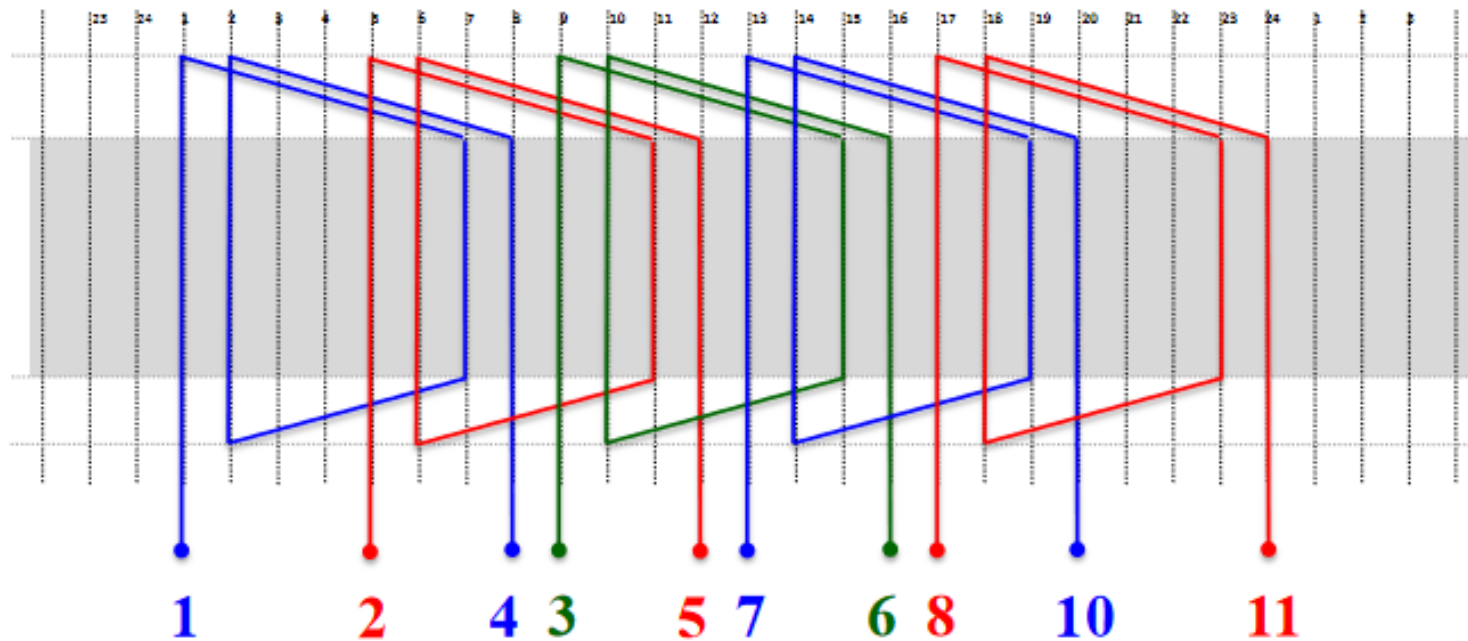
$$k = 6$$



Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

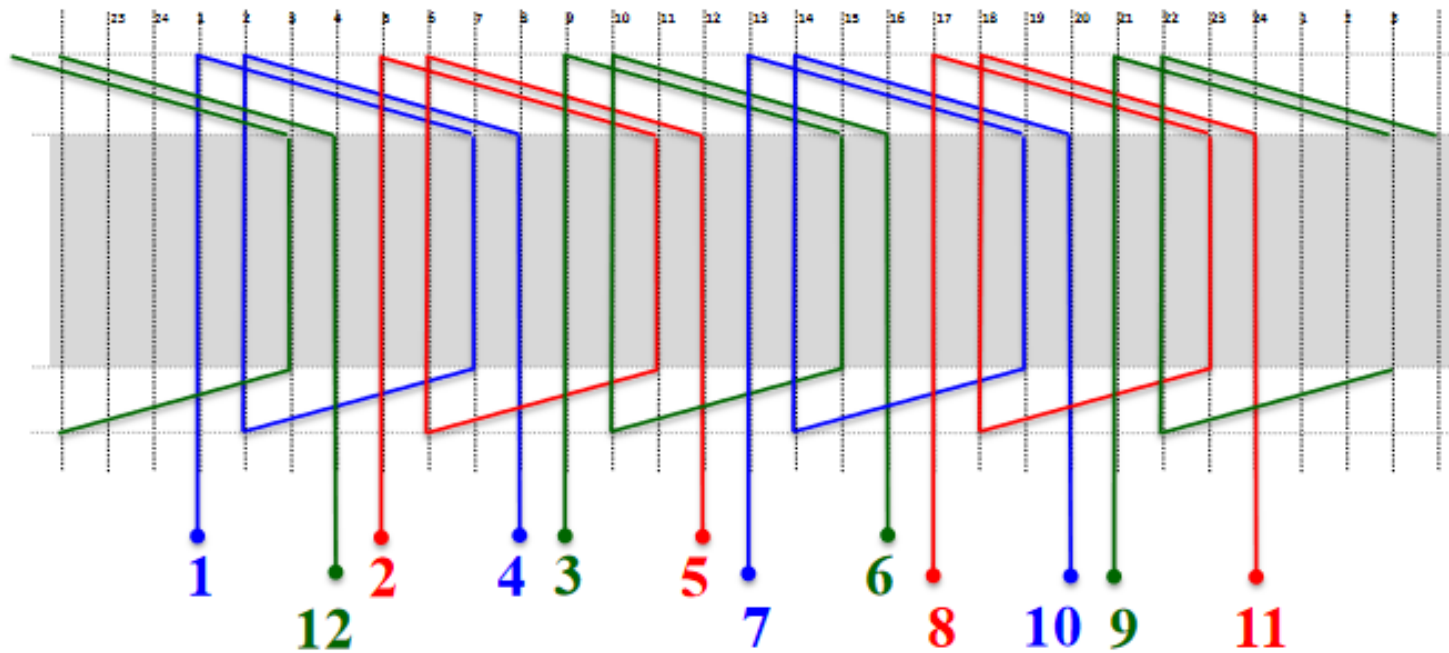
Passo polar $\tau_p = 6$ ranhuras (1:7)
Ranhuras / polo / fase $q = 2$
Grupos de bobinas $k = 6$



Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

Passo polar $\tau_p = 6$ ranhuras (1:7)
Ranhuras / polo / fase $q = 2$
Grupos de bobinas $k = 6$



Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

Passo polar

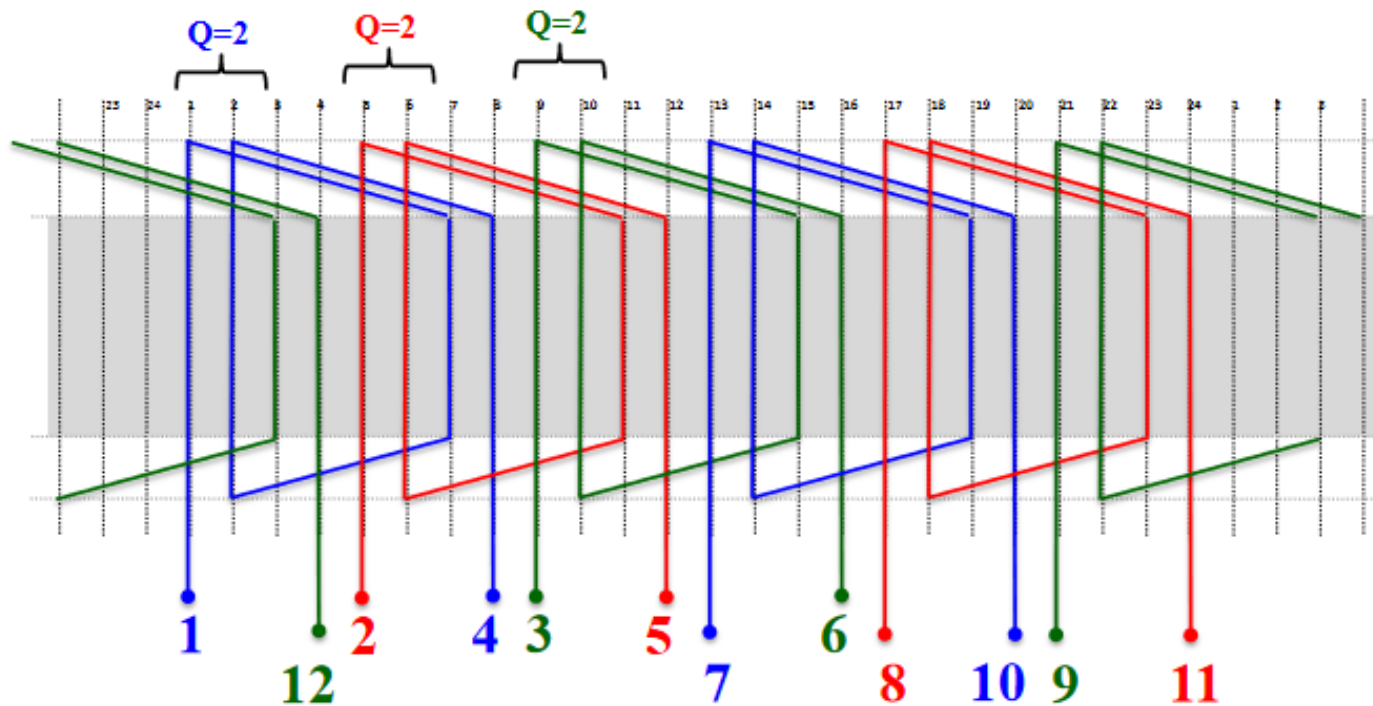
$\tau_p = 6$ ranhuras (1:7)

Ranhuras / polo / fase

$q = 2$

Grupos de bobinas

$k = 6$



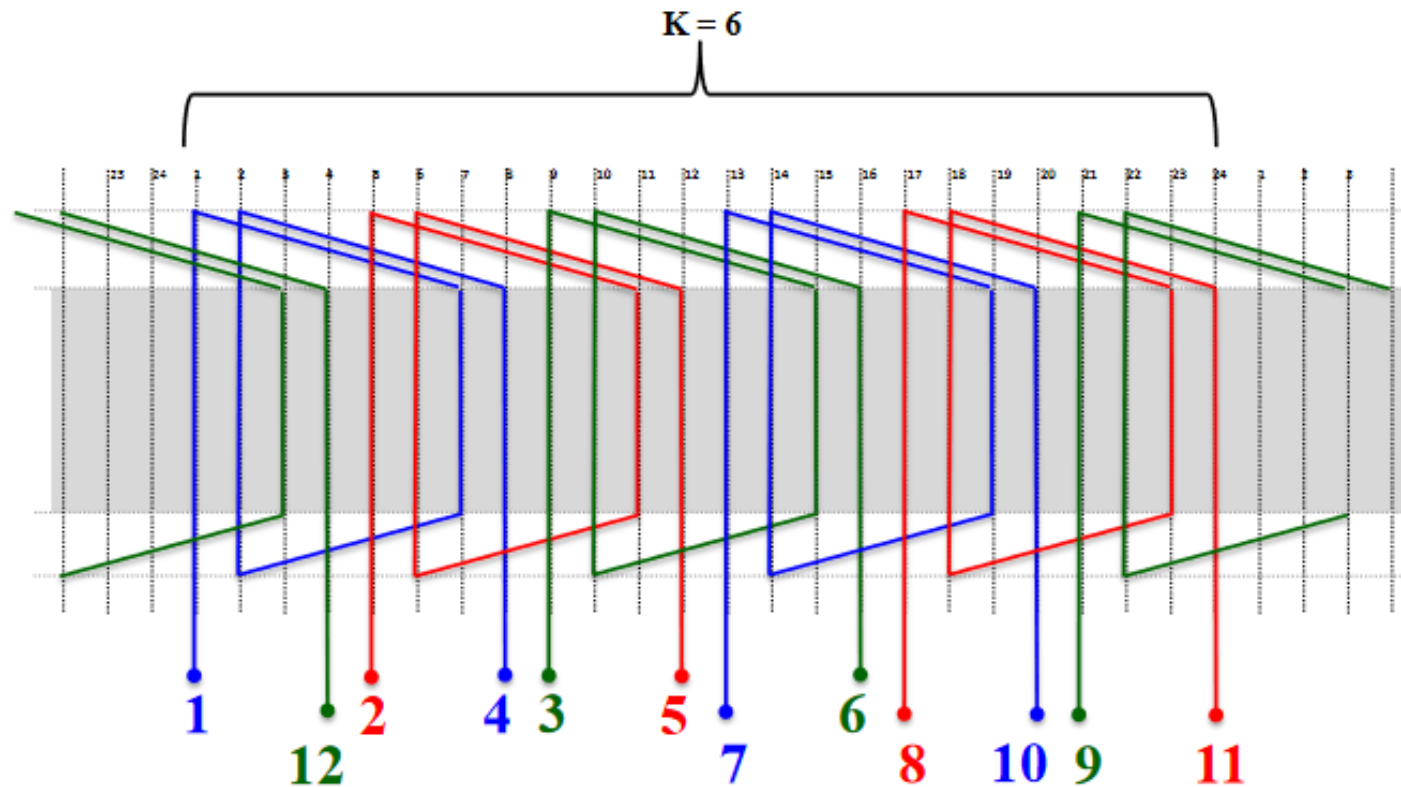
Bobinagem do Estator

Enrolamento de camada única - 4 polos , 24 ranhuras

Passo polar $\tau_p = 6$ ranhuras (1:7)

Ranhuras / polo / fase $q = 2$

Grupos de bobinas $k = 6$



Conclusões



Referência

<https://www.youtube.com/watch?v=ha7hqcZj7bw>

<https://www.youtube.com/watch?v=4qNreWijG-Q>

<http://professorcesarcosta.com.br/disciplinas/t6cv2n6cv2conv2>

http://professorcesarcosta.com.br/upload/imagens_upload/Apostila_Maquinas%20Eletricas_UNESP.pdf

http://professorcesarcosta.com.br/upload/imagens_upload/maquinas%20eletricas%20senai.pdf