PEA – 3404

MÁQUINAS ELÉTRICAS E ACIONAMENTOS

Resumo das notas de aula

PROGRAMA:

PARTE 1 – <u>MÁQUINAS DE CORRENTE CONTÍNUA</u>:

Caracterização, classificação e aspectos construtivos das máquinas C.C. – Funcionamento da máquina C.C. – Enrolamento pseudo-estacionário – Propriedades fundamentais do enrolamento de armadura na máquina de corrente contínua – Tensão induzida – Produção de conjugado na máquina C.C. - Equações fundamentais da máquina de corrente contínua – Características externas das máquinas C.C. – Máquinas de campo independente, série e composto – Partida e variação de velocidade nas máquinas C.C. – Comutação, enrolamentos de interpolos e de compensação – Modos de alimentação e controle de velocidade – Grupos motor-gerador - Conversores CA-CC – Chopper

PARTE 2 – <u>MÁQUINAS ASSÍNCRONAS</u>:

Caracterização e classificação das máquinas assíncronas - Aspectos construtivos – Princípio de funcionamento das máquinas de indução polifásicas – Formação do campo magnético rotativo – Campos harmônicos – Enrolamentos trifásicos – Fluxo por polo – F.E.M. induzida - Interação do campo rotativo com os condutores rotóricos – Conjugado e escorregamento – Modos de operação – Natureza da impedância rotórica – Circuito equivalente – Fluxo de potências ativas – Expressão do conjugado – Características externas – Conformação de curvas – Categorias de conjugado – Métodos de partida – Transitório de partida – Variação de rotação da máquina assíncrona – Alimentação com frequência variável – Topologia dos Inversores de frequência - Efeito das harmônicas sobre as características – Modos de operação especiais da máquinas assíncrona – Motores de indução monofásicos – Modelo de circuito e métodos de partida

PARTE 3 –<u>INTRODUÇÃO AOS ACIONAMENTOS</u>:

Aspectos gerais dos acionamentos industriais – Coordenação do sistema: Carga + Motor + Controlador - Aplicação e caracterização dos principais tipos de cargas mecânicas - Aplicação e caracterização dos principais tipos de motores elétricos – Tipos de acoplamentos entre motor e carga – Tempo de aceleração – Métodos de partida e frenagem – transitório térmico de aquecimento e resfriamento – Regimes de operação – Potência eficaz – Classes térmicas dos materiais isolantes – Efeito da temperatura ambiente e altitude —– Exemplos de aplicação.

BIBLIOGRAFIA:

ELECTRIC MACHINERY FUNDAMENTALS – S. J. Chapman – Ed. McGraw-Hill – 1991

SELEÇÃO E APLICAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS – O. S. Lobosco – Ed. McGraw-Hill – 1988

ELETROMECÂNICA – A.G. Falcone – Ed. Edgard Blucher – 1996

ALTERNATING CURRENT MACHINES - M. G. Say – Pitman Publishing – 1976

ELECTRIC MOTOR HANDBOOK – E. H. Werninck – Ed. McGraw-Hill – 1978

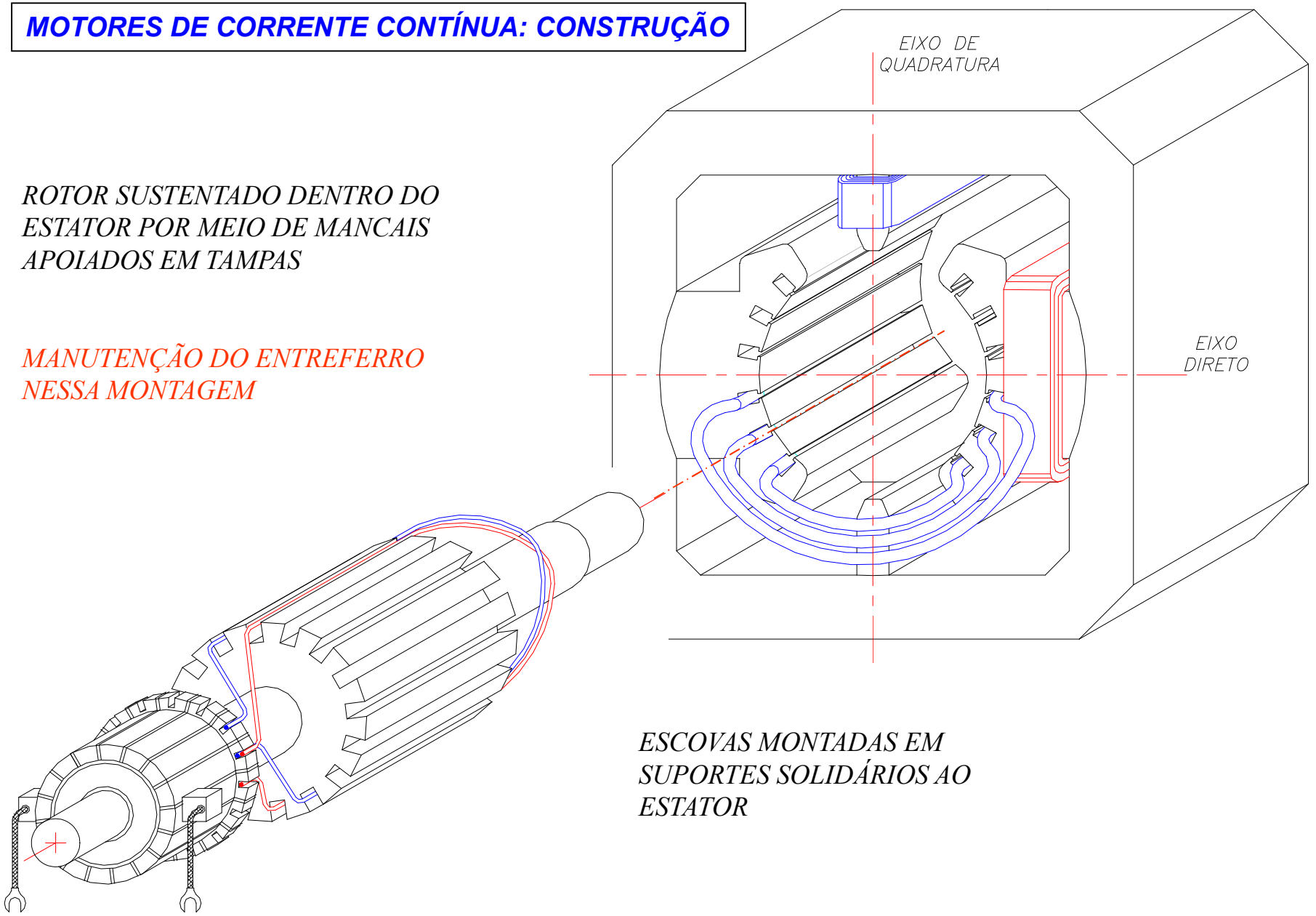
HANDBOOK OF ELECTRIC MACHINES – S. A. Nasar – Ed. McGraw-Hill - 1987

PARTE 1 – MÁQUINAS DE CORRENTE CONTÍNUA

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA: CONSTRUÇÃO

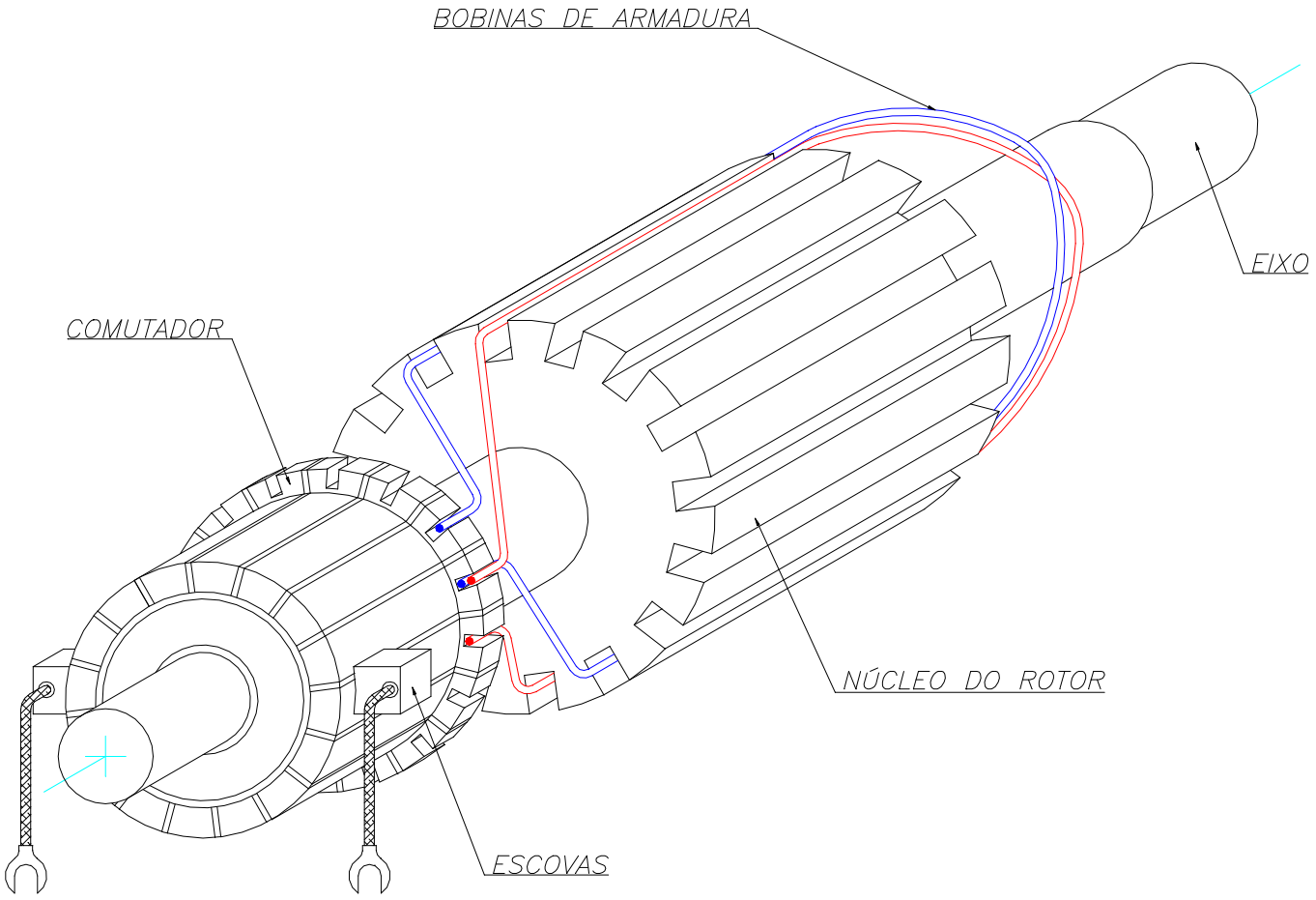
ROTOR SUSTENTADO DENTRO DO ESTATOR POR MEIO DE MANCAIS APOIADOS EM TAMPAS

MANUTENÇÃO DO ENTREFERRO NESSA MONTAGEM



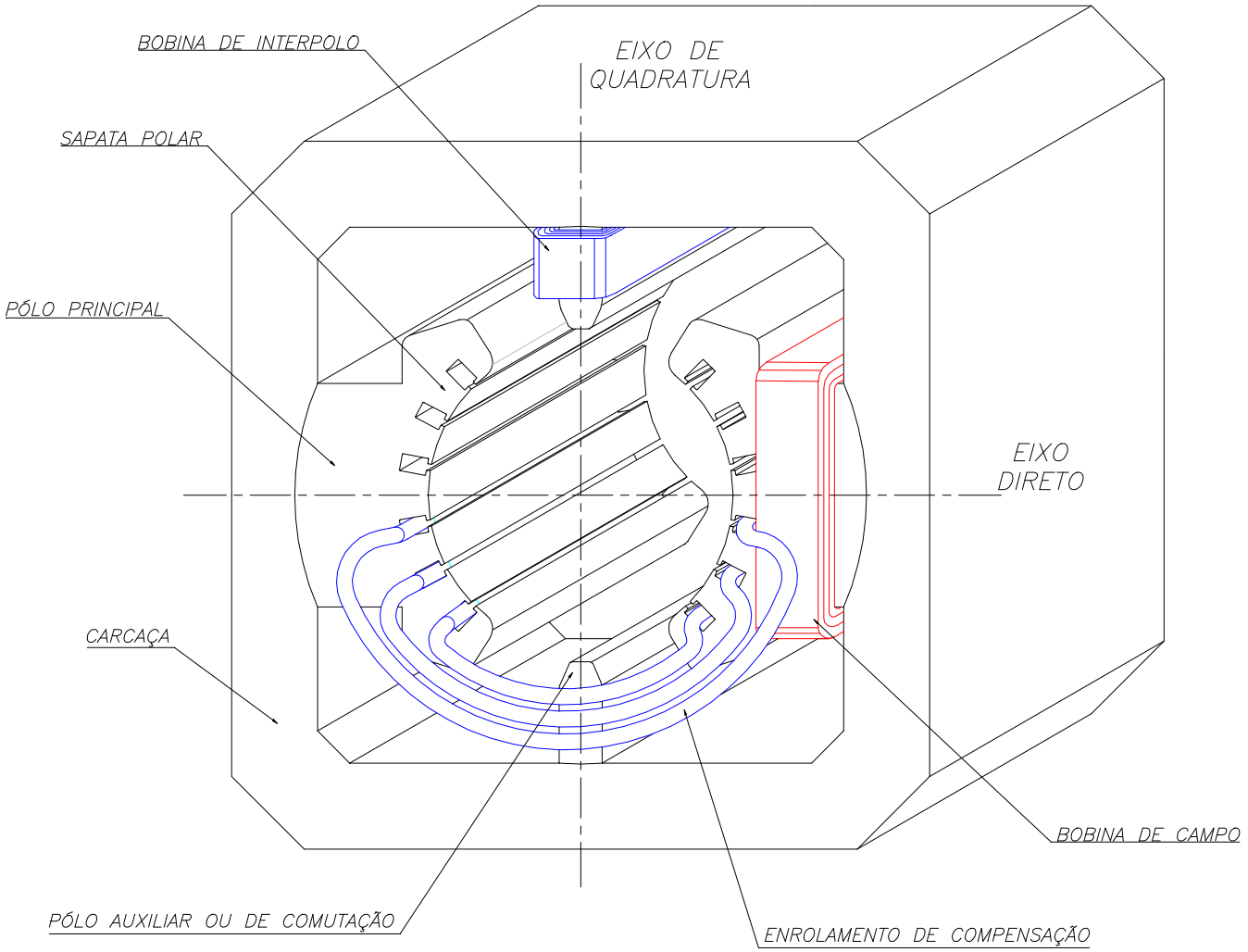
ESCOVAS MONTADAS EM SUPORTES SOLIDÁRIOS AO ESTATOR

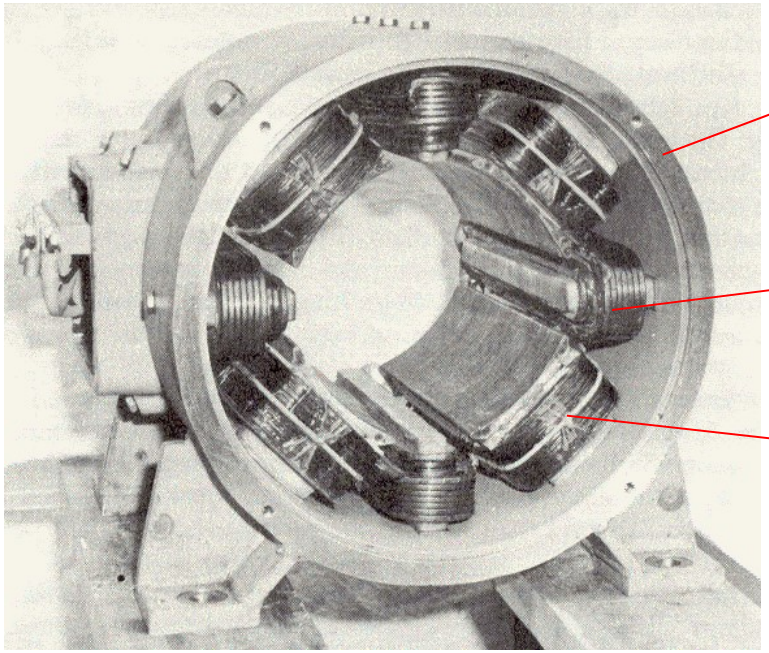
DETALHES CONSTRUTIVOS DO ROTOR



MÁQUINA DE CORRENTE CONTÍNUA

DETALHES CONSTRUTIVOS DO ESTATOR

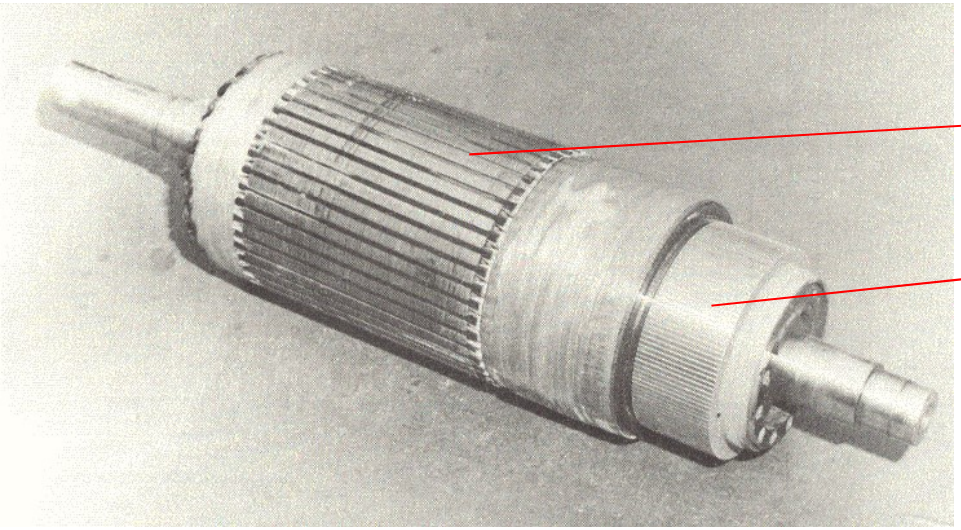




MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA

USO INDUSTRIAL

PORTE MÉDIO



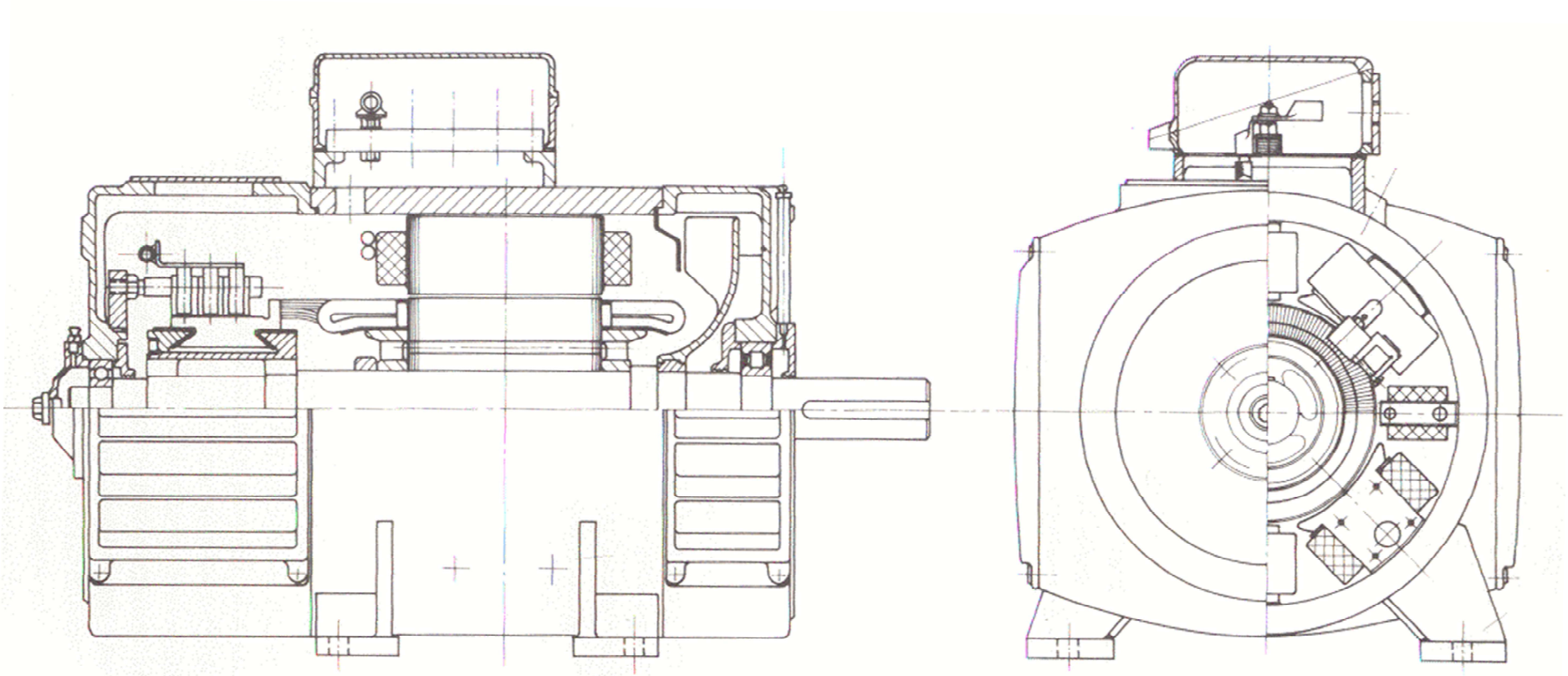
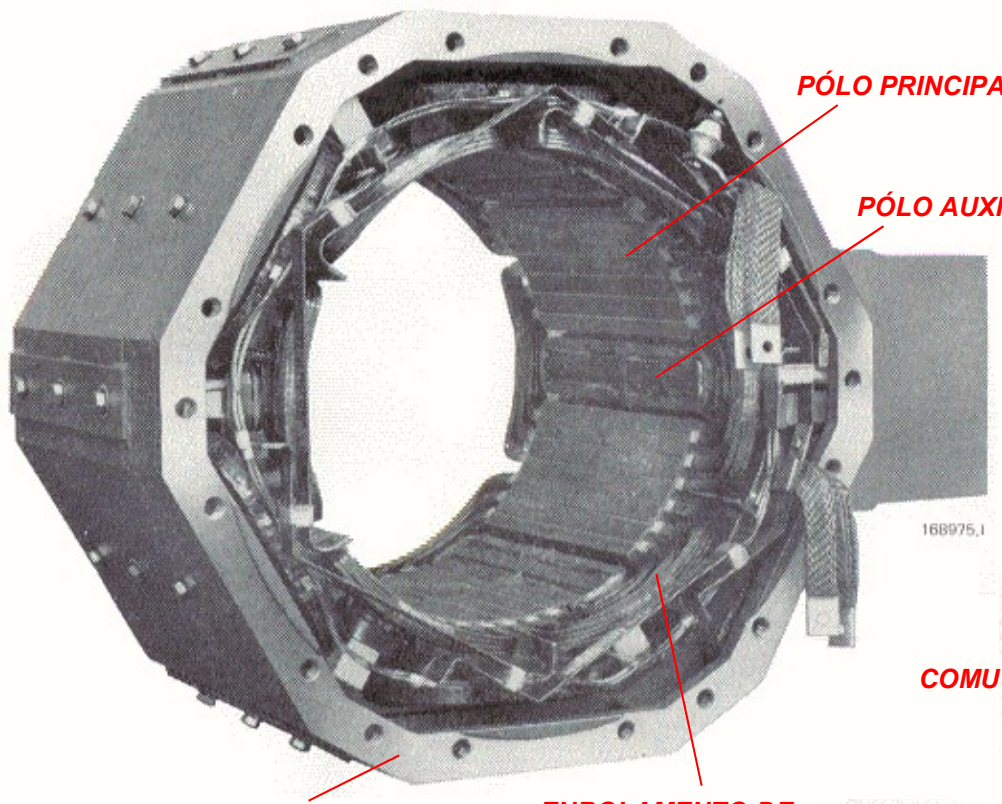


Fig. 3.16 Sectional arrangement of a thyristor drive motor, 56 kW, 1800 rev/ min., 440 volts

CORTE TRANSVERSAL TÍPICO DE MOTOR C.C. INDUSTRIAL

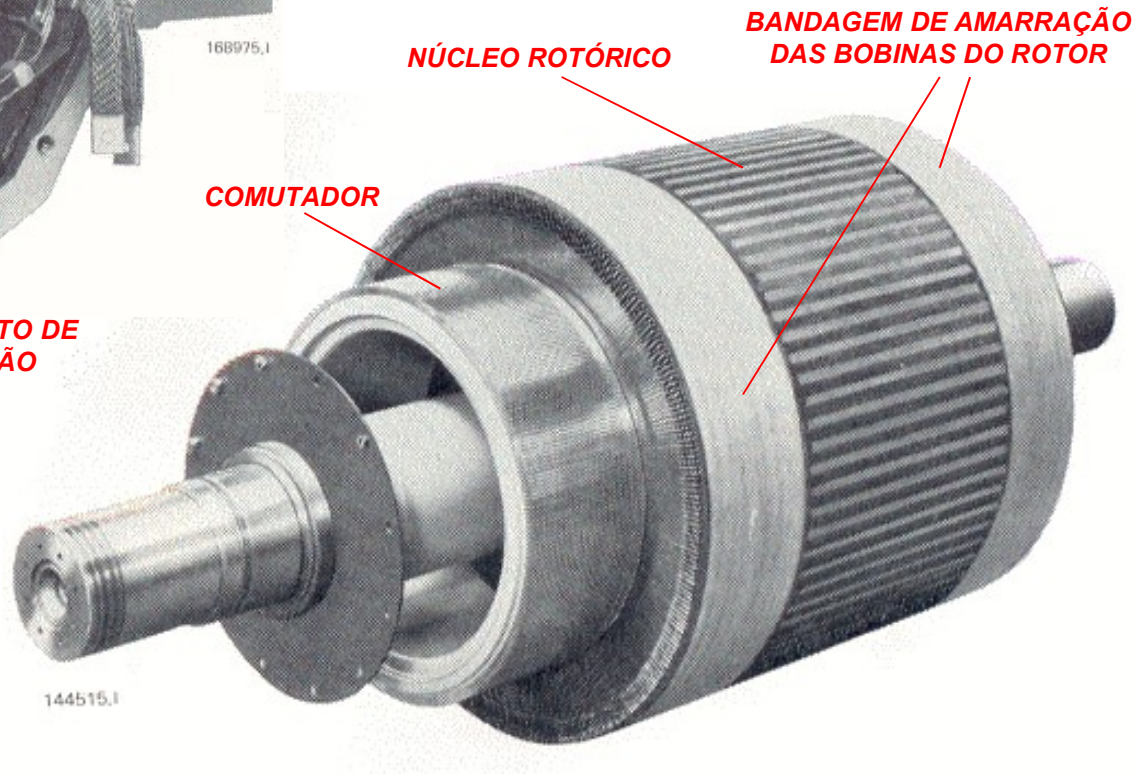


MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA

USO INDUSTRAL

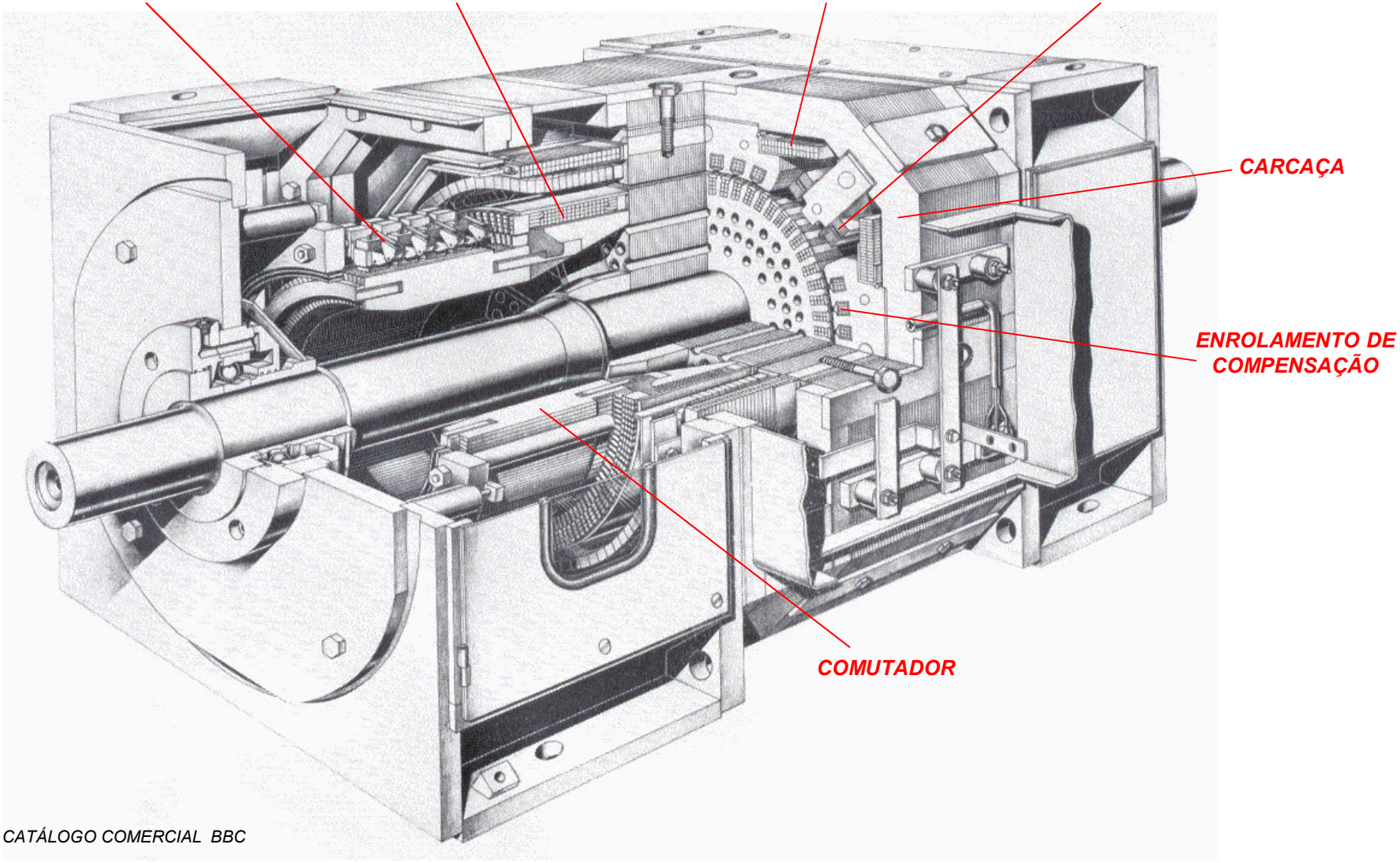
GRANDE PORTE

COM ENROLAMENTO DE COMPENSAÇÃO



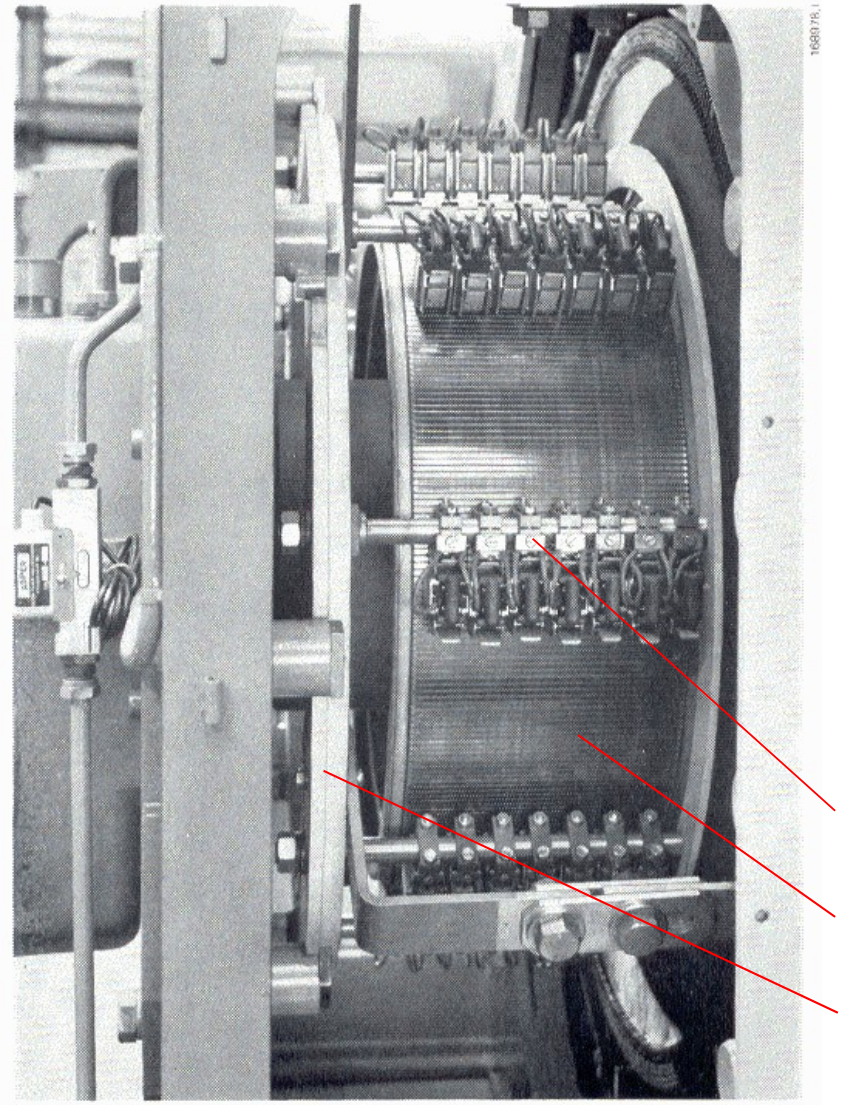
CATÁLOGO COMERCIAL BBC

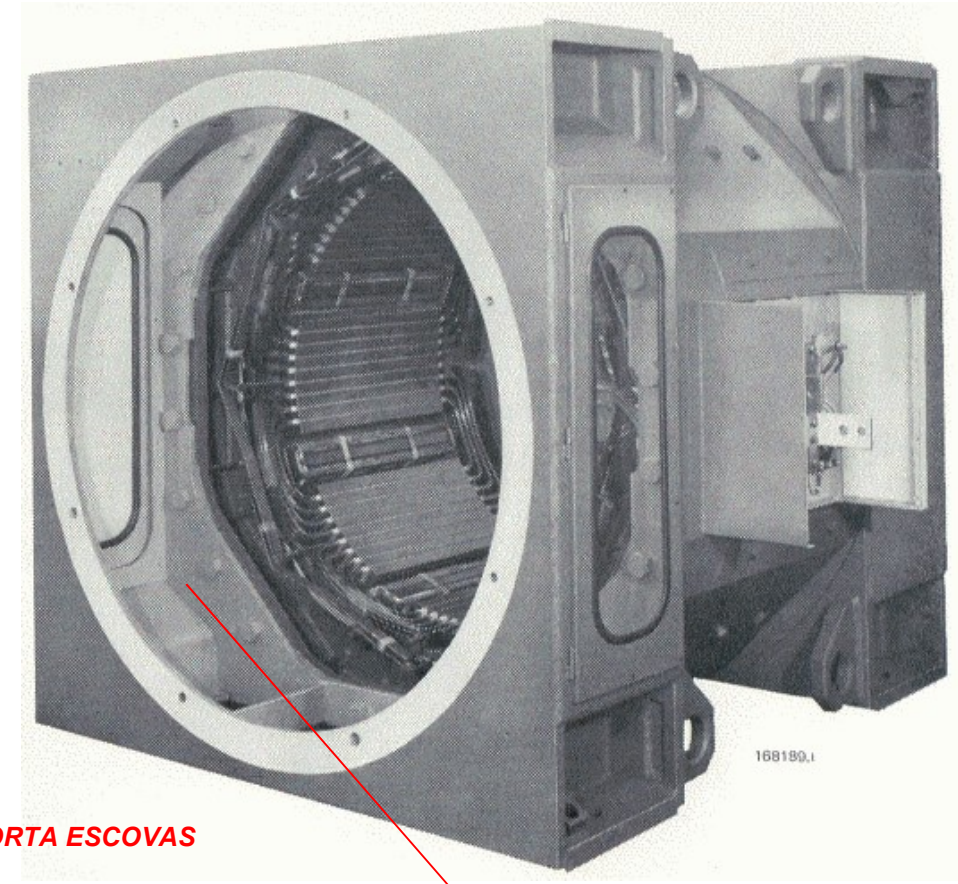
VISTA EM CORTE DE MOTOR C.C. INDUSTRIAL COMPENSADO



CATÁLOGO COMERCIAL BBC

DETALHES CONSTRUTIVOS – COMUTADOR E PORTA ESCOVAS





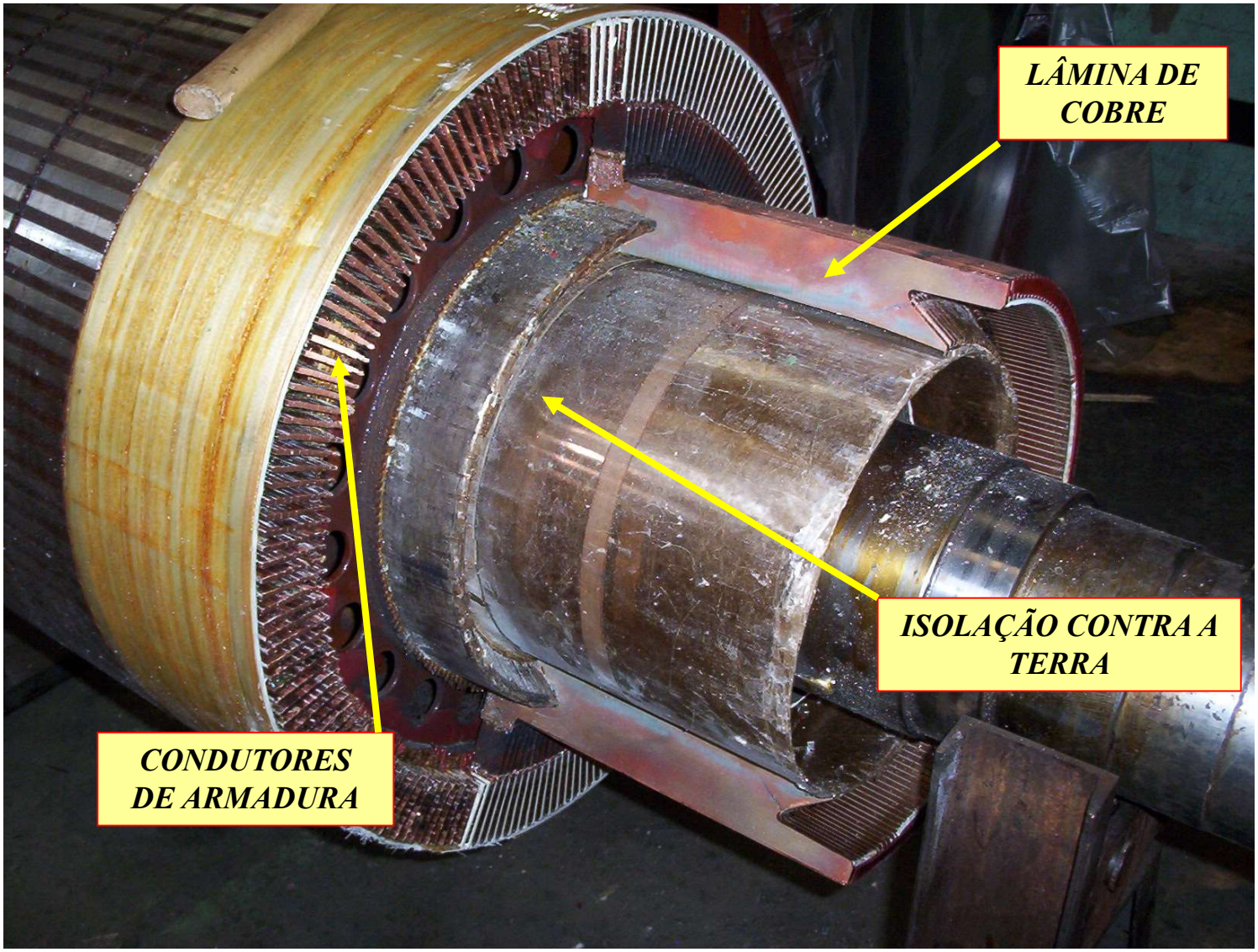
PORTA ESCOVAS

COMUTADOR

ANEL DE FIXAÇÃO E AJUSTE

ALOJAMENTO DO CONJUNTO PORTA ESCOVAS

CATÁLOGO COMERCIAL BBC



DETALHE CONSTRUTIVO DE COMUTADOR CONVENCIONAL

COMUTADOR ➔ PARTE MAIS CRÍTICA DA MÁQUINA DE CORRENTE CONTÍNUA

PARTICULARIDADES CONSTRUTIVAS E DE OPERAÇÃO DO SISTEMA COMUTADOR – ESCOVAS NAS MÁQUINAS DE CORRENTE CONTÍNUA

CONDIÇÃO GEOMÉTRICA DO COMUTADOR *(A QUENTE):*

CIRCULARIDADE NA PISTA DE APOIO DAS ESCOVAS:

→ ***MELHOR QUE 0,025mm (COMUTADORES ATÉ DIÂMETRO DE 600 mm)***

MÁXIMA PROJEÇÃO DE LÂMINAS INDIVIDUAIS FORA DO CÍRCULO IDEAL:

→ ***MÁXIMO ENTRE 0,015 E 0,030mm DEPENDENDO DA ROTAÇÃO E DIÂMETRO***

CONDIÇÕES OPERACIONAIS DAS ESCOVAS:

→ ***DENSIDADE DE CORRENTE: 7,5 – 12,5 A/cm²***

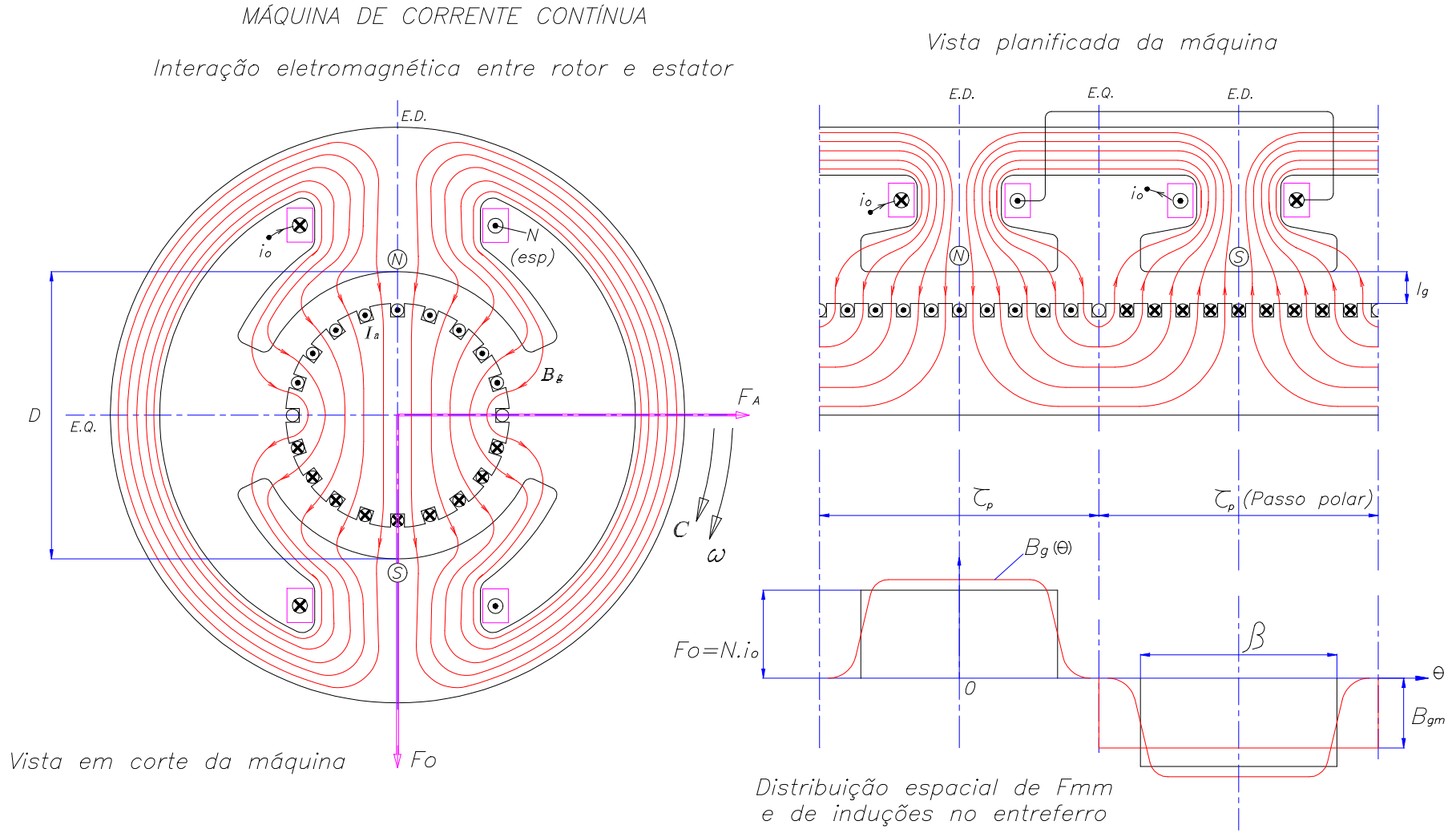
→ ***PRESSÃO SOBRE O COMUTADOR: 180 – 350 g/cm²***

→ ***COEFICIENTE DE ATRITO TÍPICO: 0,10 – 0,35***

→ ***QUEDA DE TENSÃO NO CONTATO COM AS LÂMINAS: 1,5 – 2,5 V/par*** *(POSITIVAS + NEGATIVAS)*

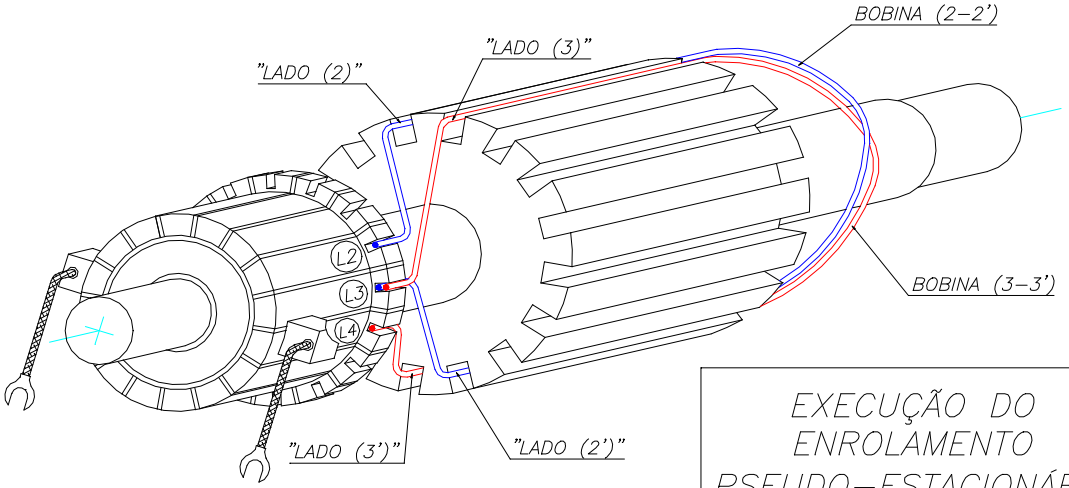
→ ***TAXA DE DESGASTE EM CONDIÇÕES NORMAIS: $5x10^{-9}$ – $25x10^{-9}$ mm/m***

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA: FUNCIONAMENTO



BASE DE FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA DE CORRENTE CONTÍNUA

ENROLAMENTO PSEUDO-ESTACIONÁRIO



ALOJAMENTO DAS BOBINAS NO NÚCLEO E CONEXÃO AO COMUTADOR

EXECUÇÃO DO ENROLAMENTO PSEUDO–ESTACIONÁRIO

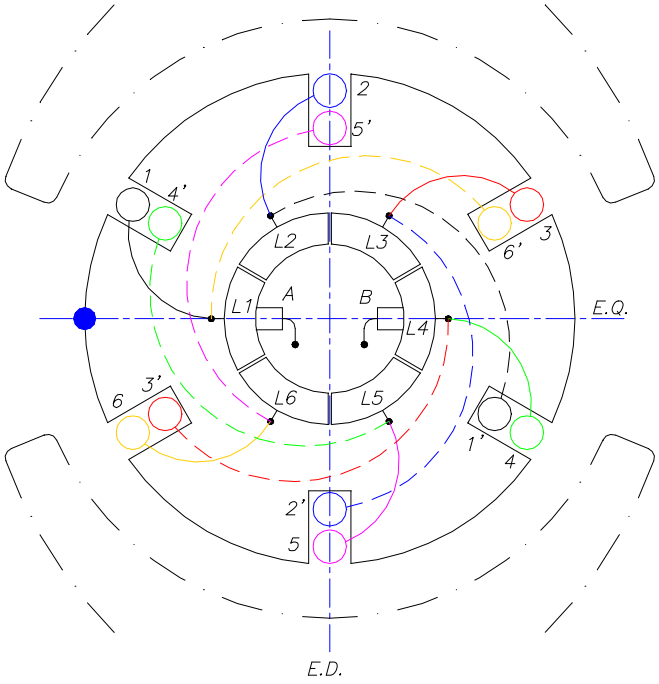
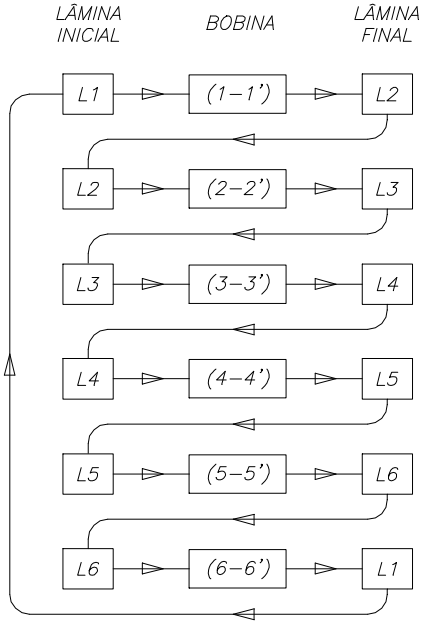


DIAGRAMA SIMPLIFICADO

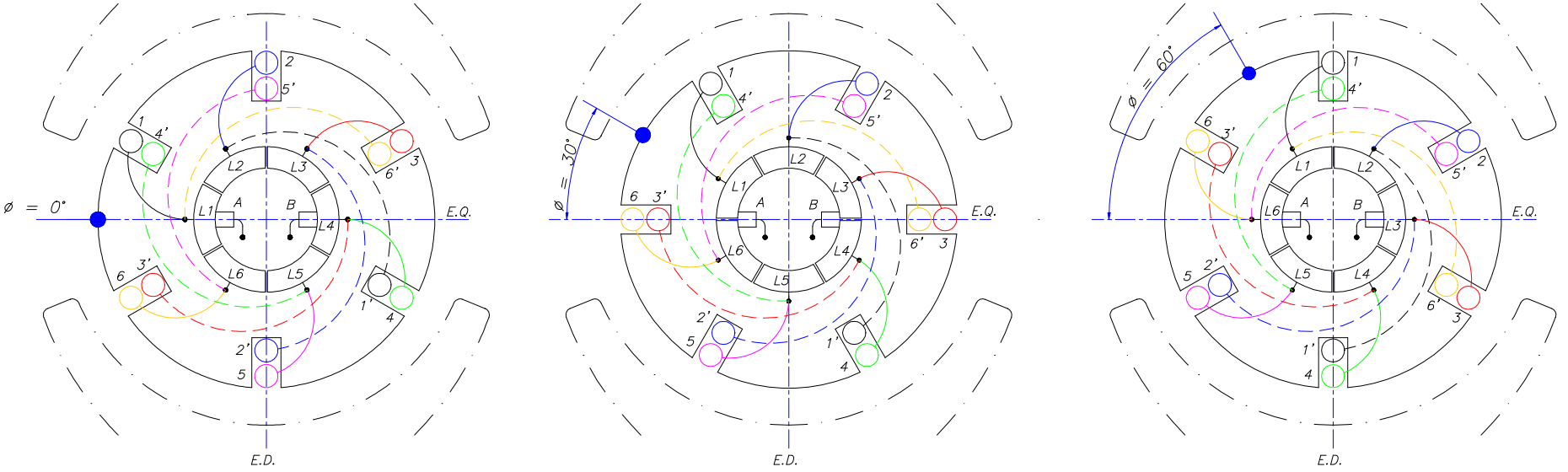


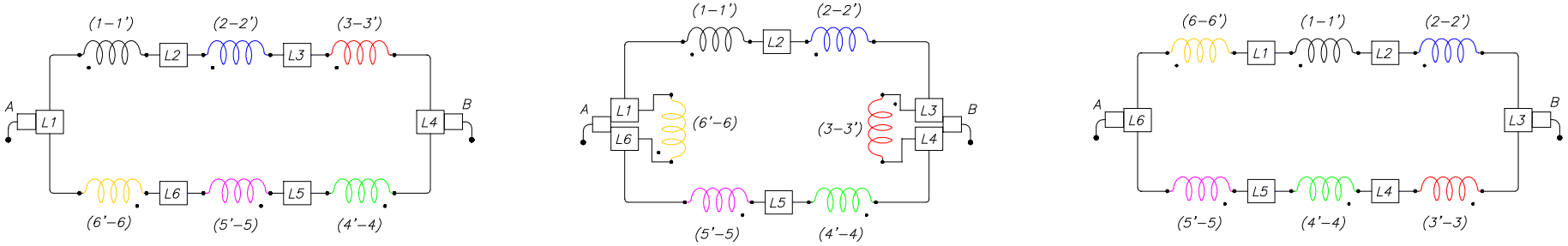
SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

VISTA ESQUEMÁTICA DO ENROLAMENTO MONTADO

ROTOR SIMPLIFICADO

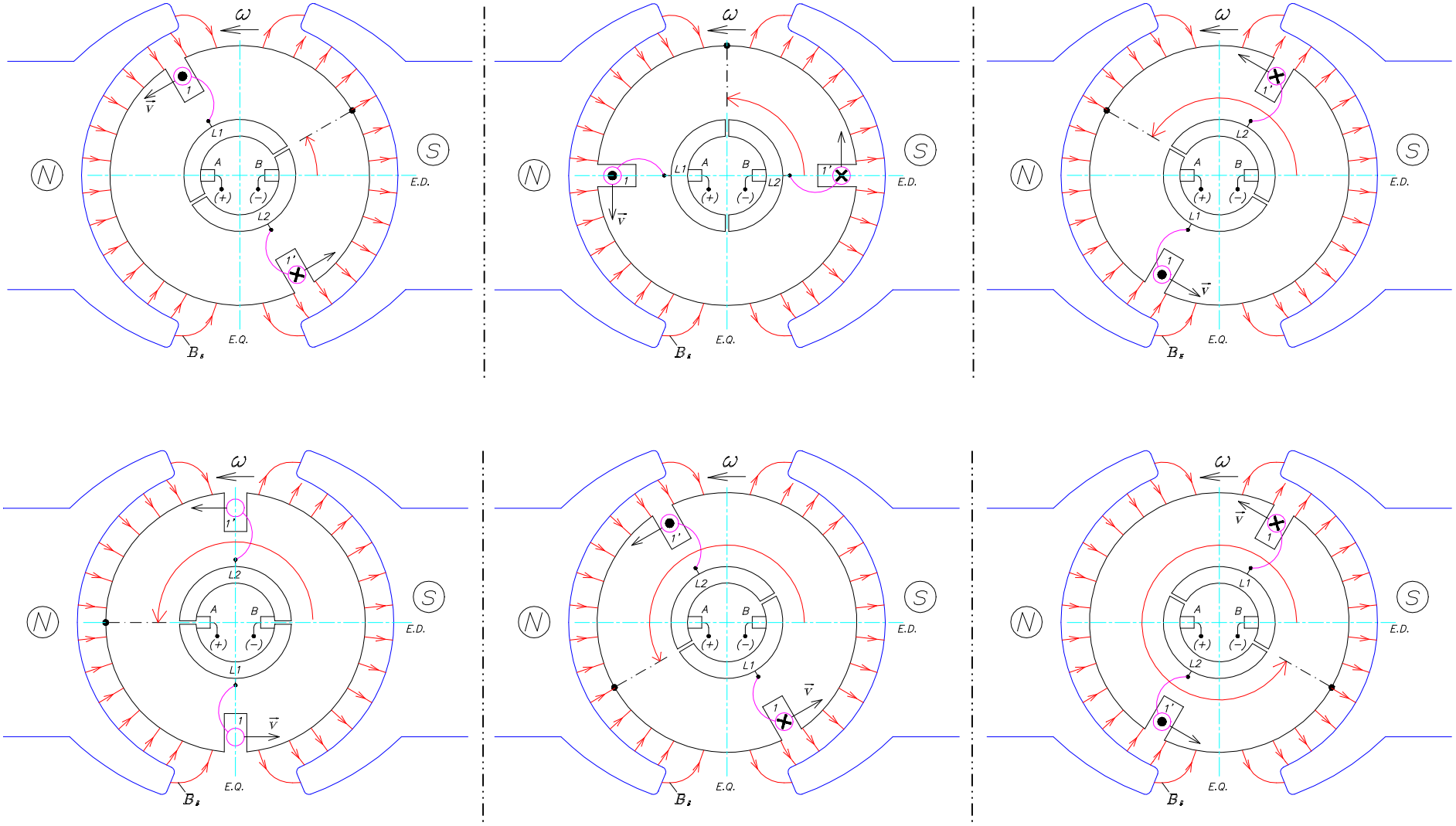
EXECUÇÃO E PROPRIEDADES DO ENROLAMENTO PSEUDO–ESTACIONÁRIO



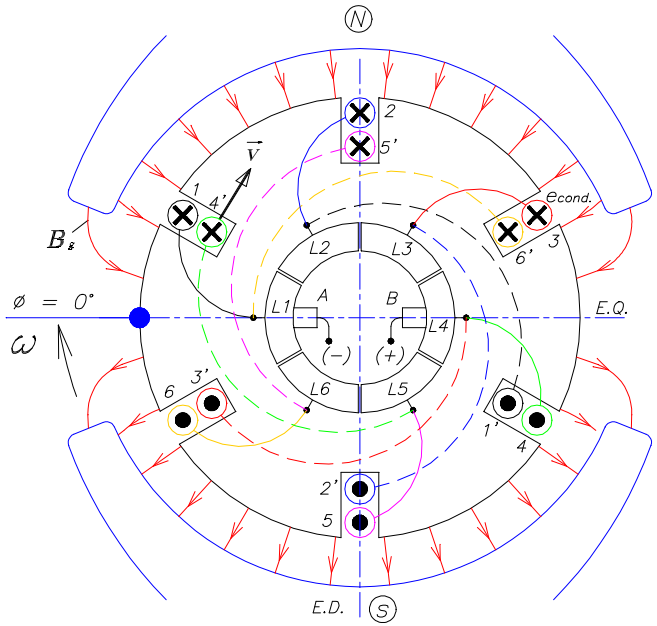


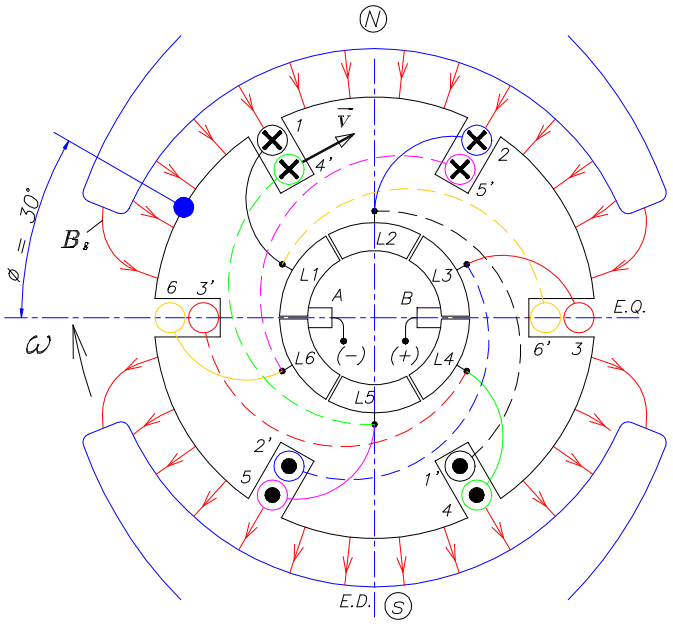
CIRCUITO ELÉTRICO RESULTANTE ENTRE ESCOVAS PARA DIFERENTES POSIÇÕES DO ROTOR

TENSÕES INDUZIDAS NA ARMADURA ELEMENTAR DE MÁQUINA C.C.

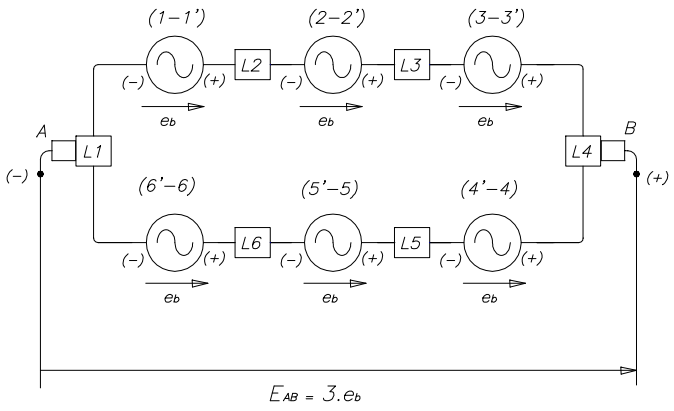


TENSÕES INDUZIDAS NO ENROLAMENTO PSEUDO–ESTACIONÁRIO



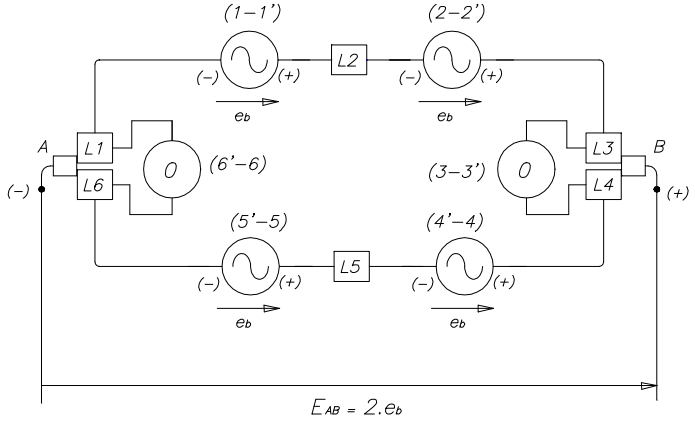


EFEITO MOCIONAL NOS CONDUTORES DE ARMADURA



CIRCUITO ELÉTRICO E TENSÃO ENTRE ESCOVAS

Todas as bobinas ativas

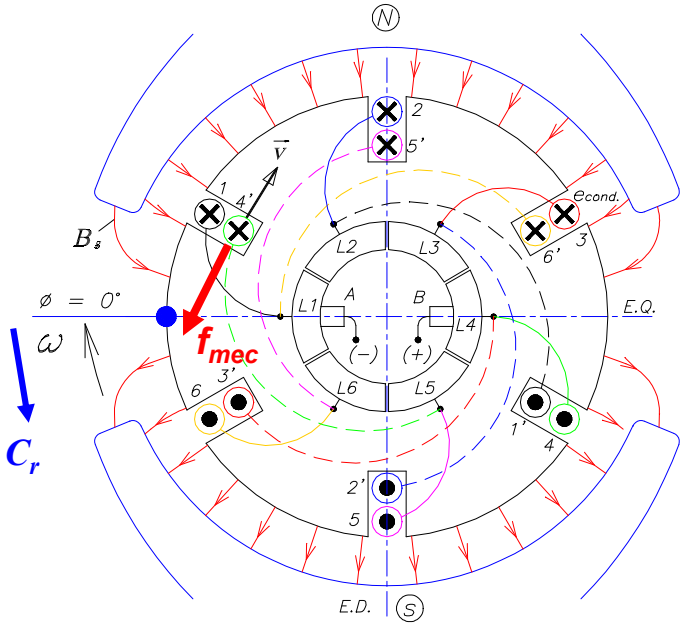


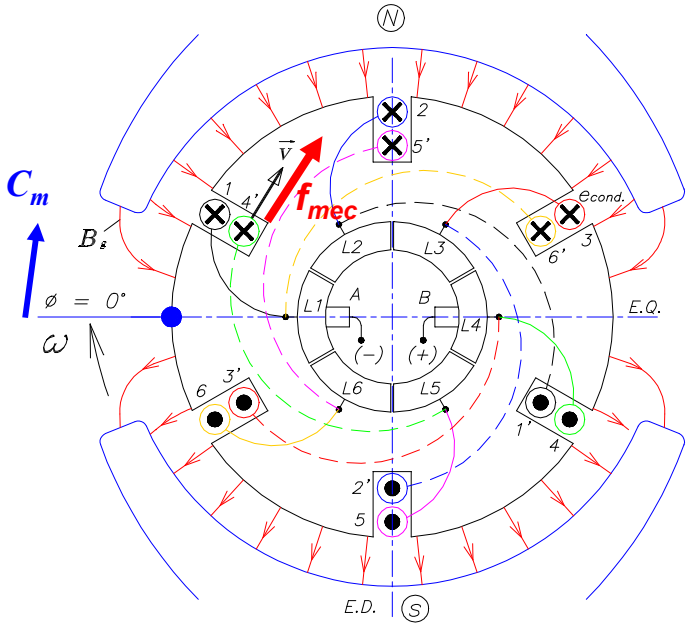
CIRCUITO ELÉTRICO E TENSÃO ENTRE ESCOVAS

Duas bobinas em comutação

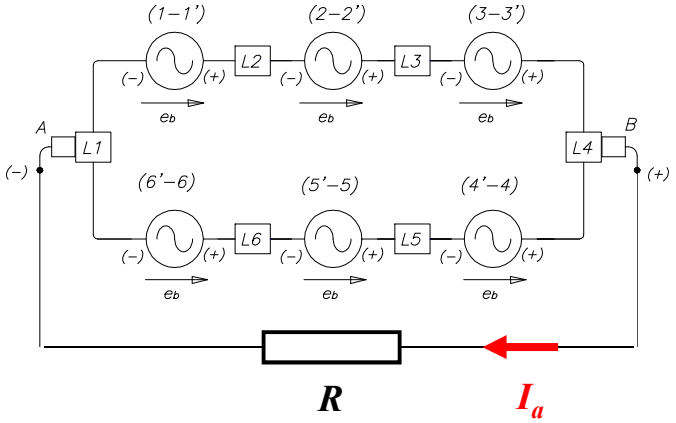
1ª EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA MÁQUINA C.C.

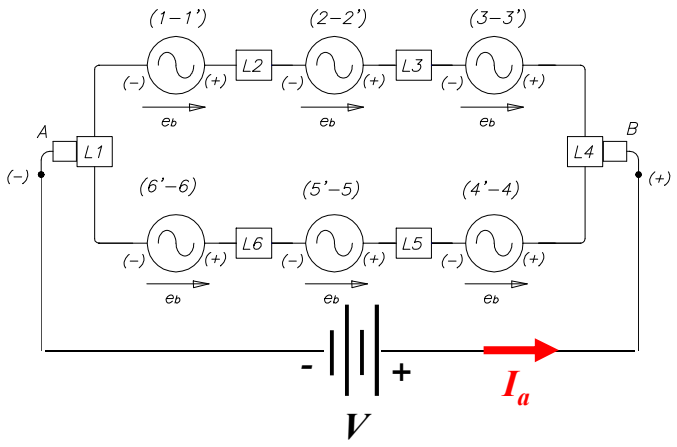
$$E = k \cdot \phi \cdot \omega$$





EFEITO DA CORRENTE NOS CONDUTORES DE ARMADURA





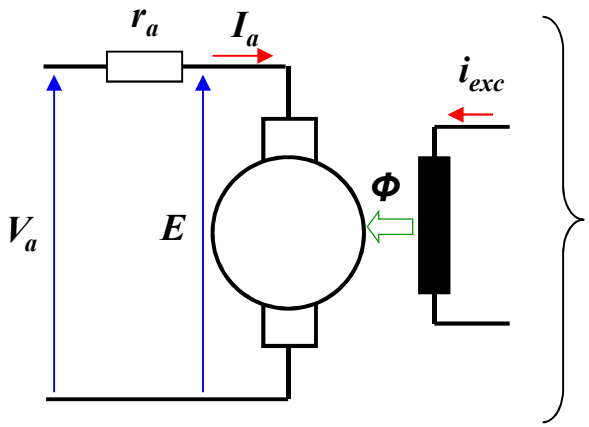
2ª EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA MÁQUINA C.C.

$$C = k \cdot \phi \cdot I_a$$

GERADOR DE CORRENTE CONTÍNUA

MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA: CARACTERÍSTICAS EXTERNAS



EQUAÇÕES FUNDAMENTAIS DA MÁQUINA C.C.

→ F.E.M. INDUZIDA NA ARMADURA : $E = k \cdot \phi \cdot \omega$

→ CONJUGADO DESENVOLVIDO : $C = k \cdot \phi \cdot I_a$

→ EQUAÇÃO DO CIRCUITO ELÉTRICO : $V_a = E + r_a \cdot I_a$

r_a : RESISTÊNCIA TOTAL DO CIRCUITO DE ARMADURA

$\Phi = f(i_{exc})$: FLUXO IMPOSTO PELA EXCITAÇÃO

$$k = \frac{Z_a}{2.\pi} . \frac{p}{a}$$

- Z_a : CONDUTORES TOTAIS DA ARMADURA
- p: NÚMERO DE PARES DE PÓLOS
- a: NÚMERO DE PARES DE DERIVAÇÕES

CARACTERÍSTICA EXTERNA ➔ $\omega = f(C)$

→ CURVAS DISTINTAS DEPENDENDO DO TIPO DE CONEXÃO DE CAMPO ADOTADA:

➔ LIGAÇÃO DE CAMPO INDEPENDENTE

➔ LIGAÇÃO DE CAMPO SÉRIE

➔ LIGAÇÃO DE CAMPO COMPOSTA (“COMPOUND”)