

PEA – 3404

MÁQUINAS ELÉTRICAS E ACIONAMENTOS

Resumo das notas de aula

PROGRAMA:**PARTE 1 – MÁQUINAS DE CORRENTE CONTÍNUA:**

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 – MÁQUINAS ASSÍNCRONAS:

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 –INTRODUÇÃO AOS ACIONAMENTOS:

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**

***ELETROMECAÂNICA* – 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**

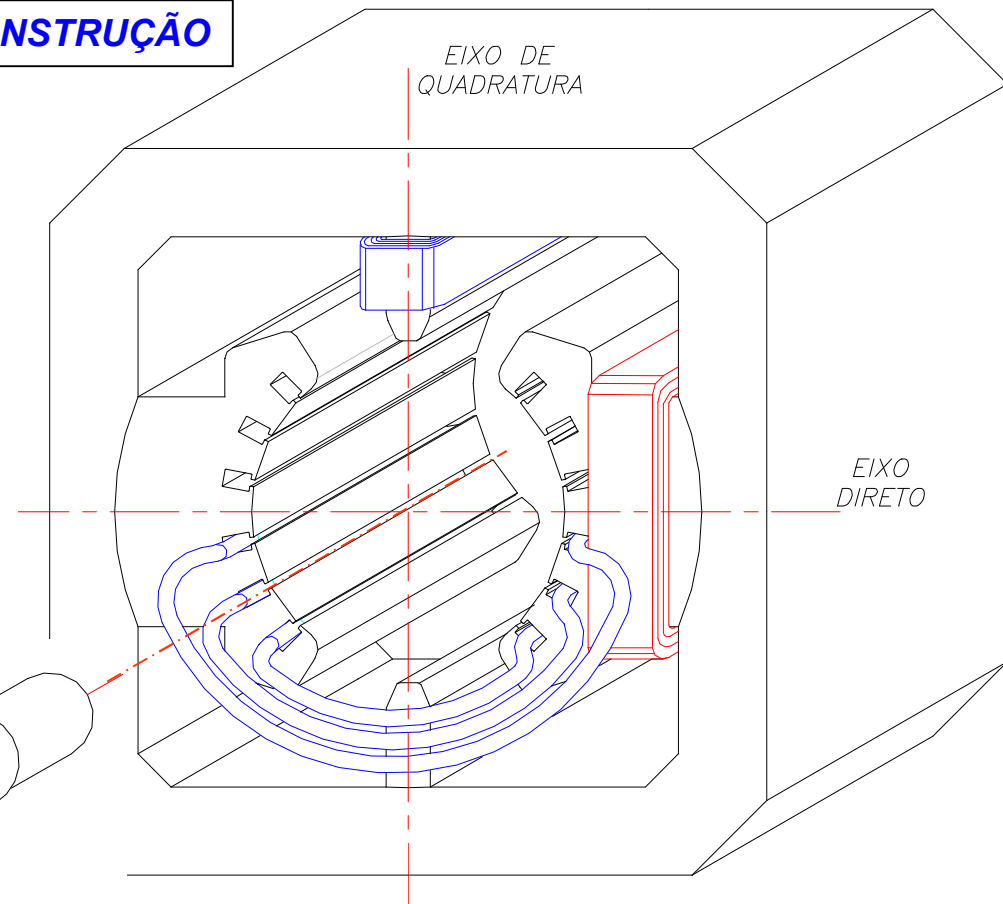
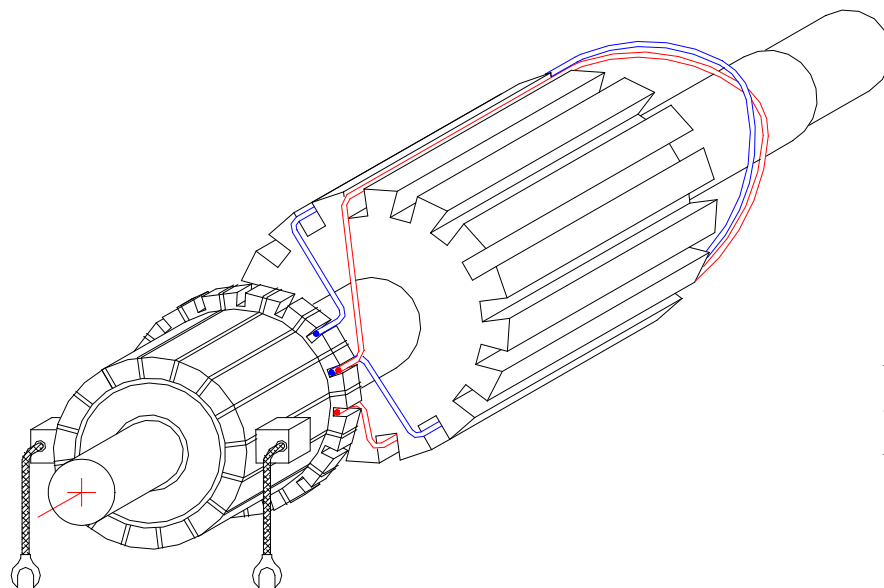
***HANDBOOK OF ELECTRIC MACHINES* – S. A. Nasar – Ed. McGraw-Hill - 1987**

PARTE 1 – MÁQUINAS DE CORRENTE CONTÍNUA

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA: CONSTRUÇÃO

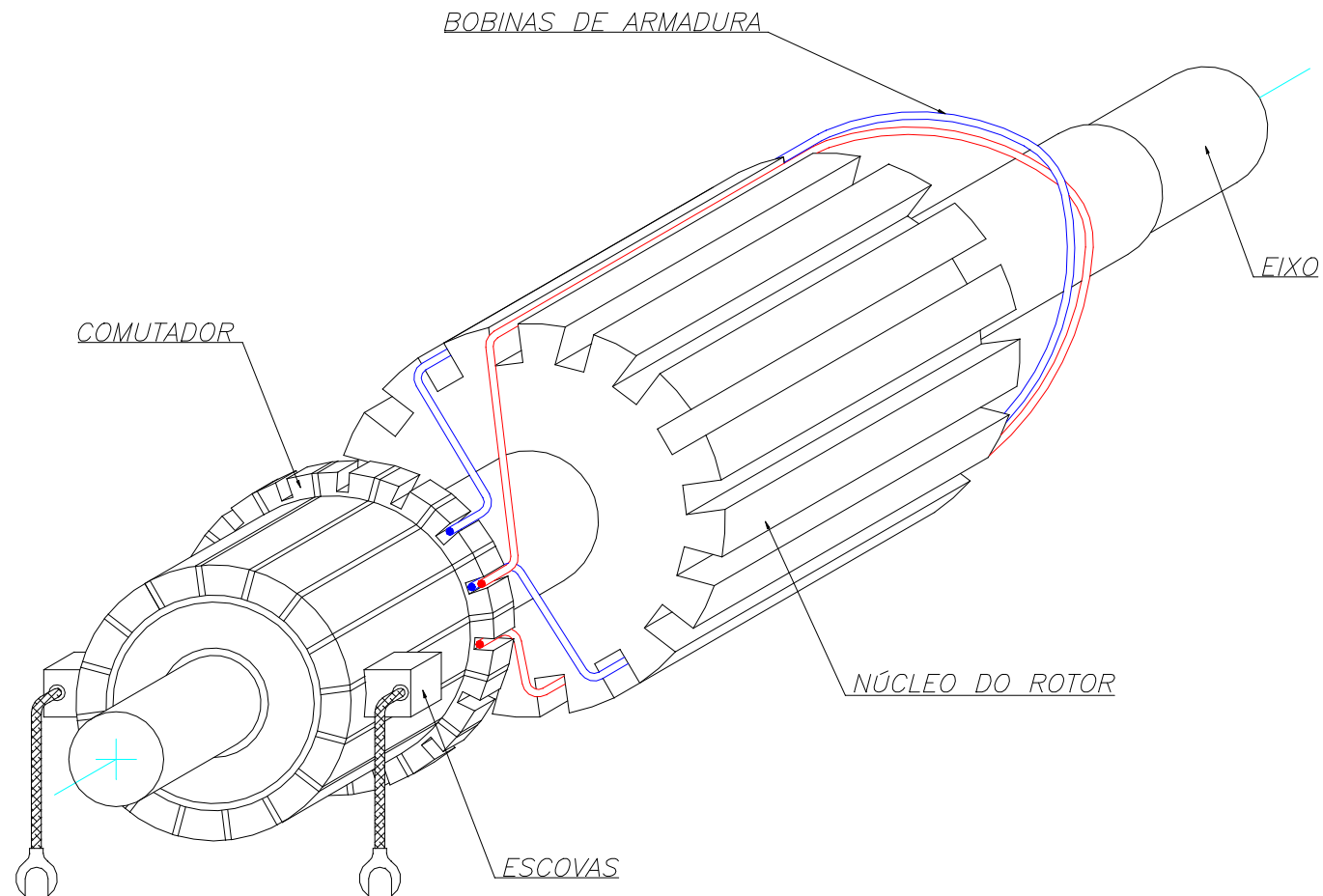
*ROTOR SUSTENTADO DENTRO DO
ESTATOR POR MEIO DE MANCAIS
APOIADOS EM TAMPAS*

*MANUTENÇÃO DO ENTREFERRO
NESSA MONTAGEM*



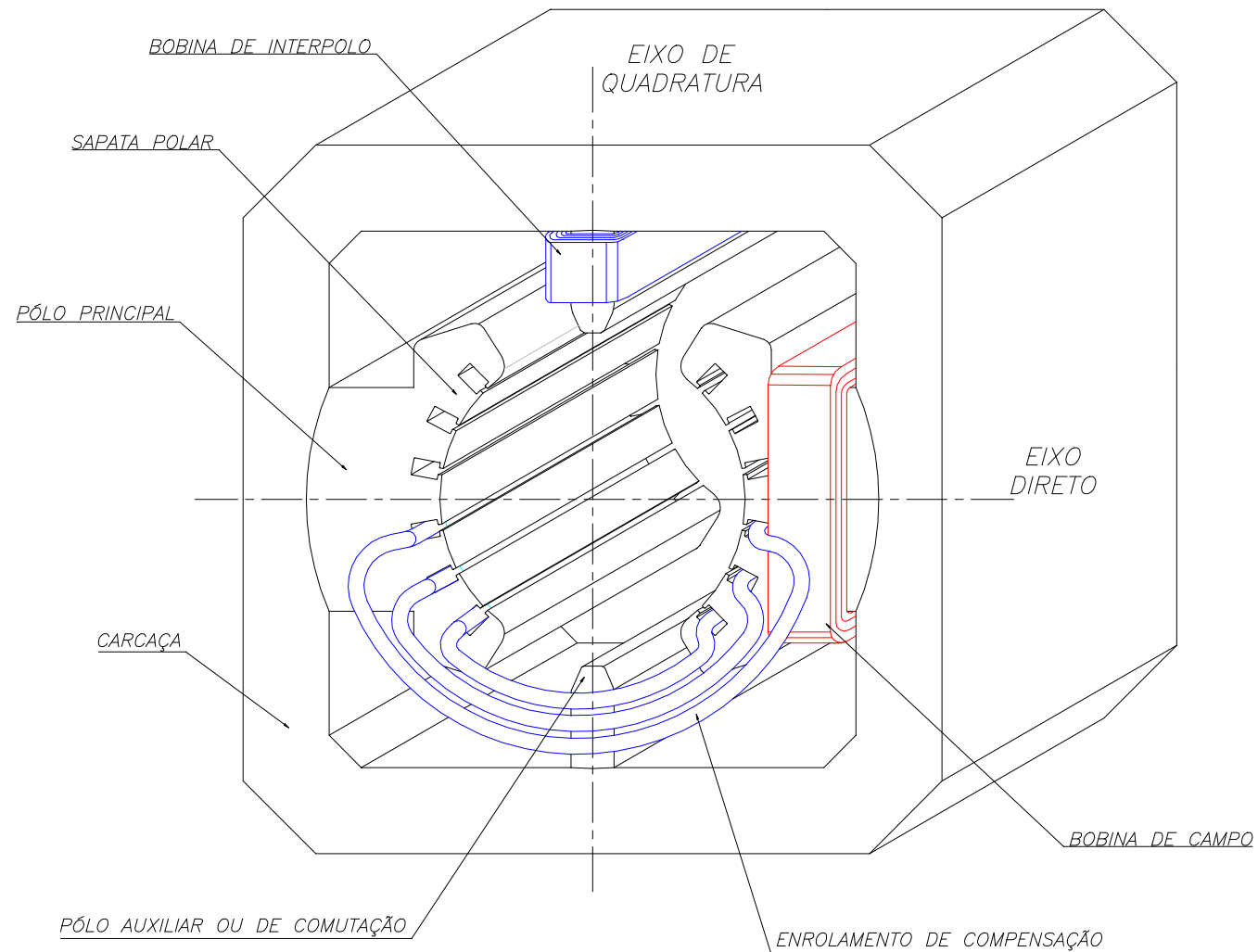
*ESCOVAS MONTADAS EM
SUPORTES SOLIDÁRIOS AO
ESTATOR*

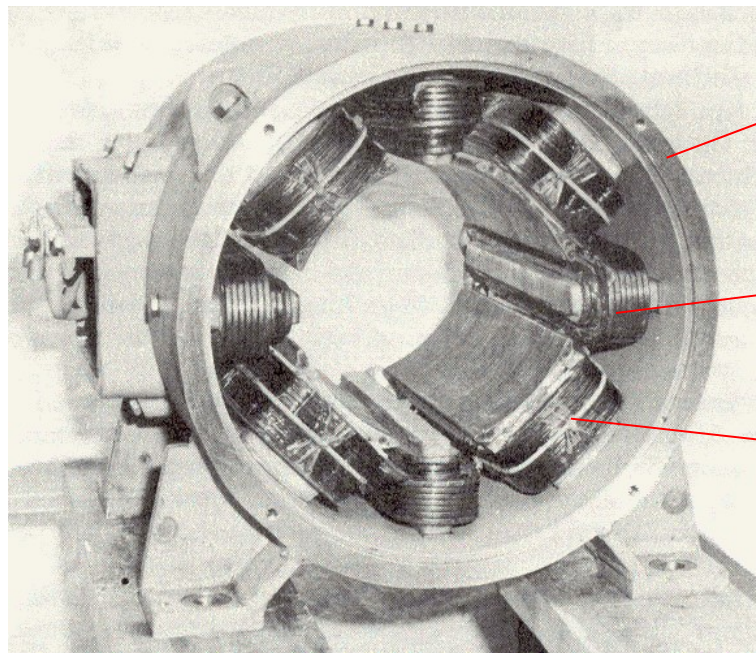
DETALHES CONSTRUTIVOS DO ROTOR



MÁQUINA DE CORRENTE CONTÍNUA

DETALHES CONSTRUTIVOS DO ESTATOR



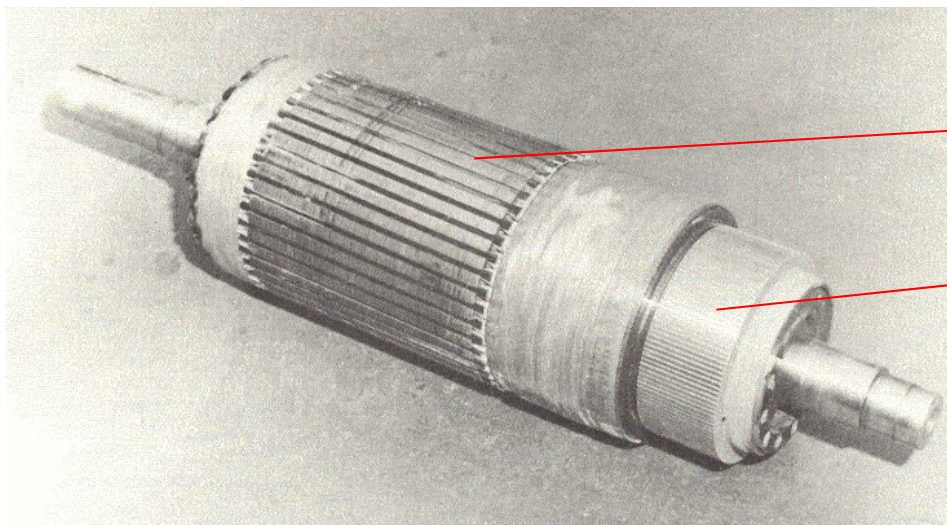


CARCAÇA

INTERPOLO

PÓLO PRINCIPAL

***MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA
USO INDUSTRIAL
PORTE MÉDIO***



NÚCLEO DO ROTOR

COMUTADOR

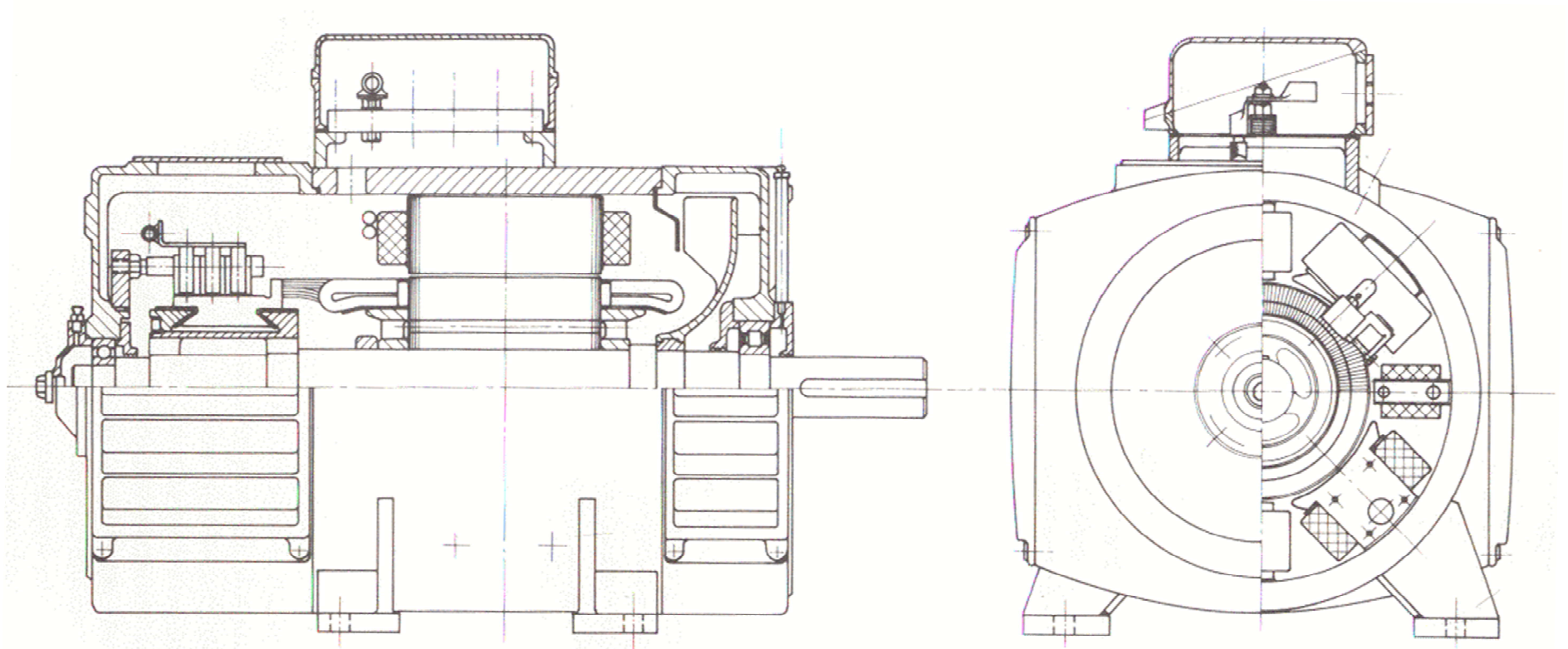
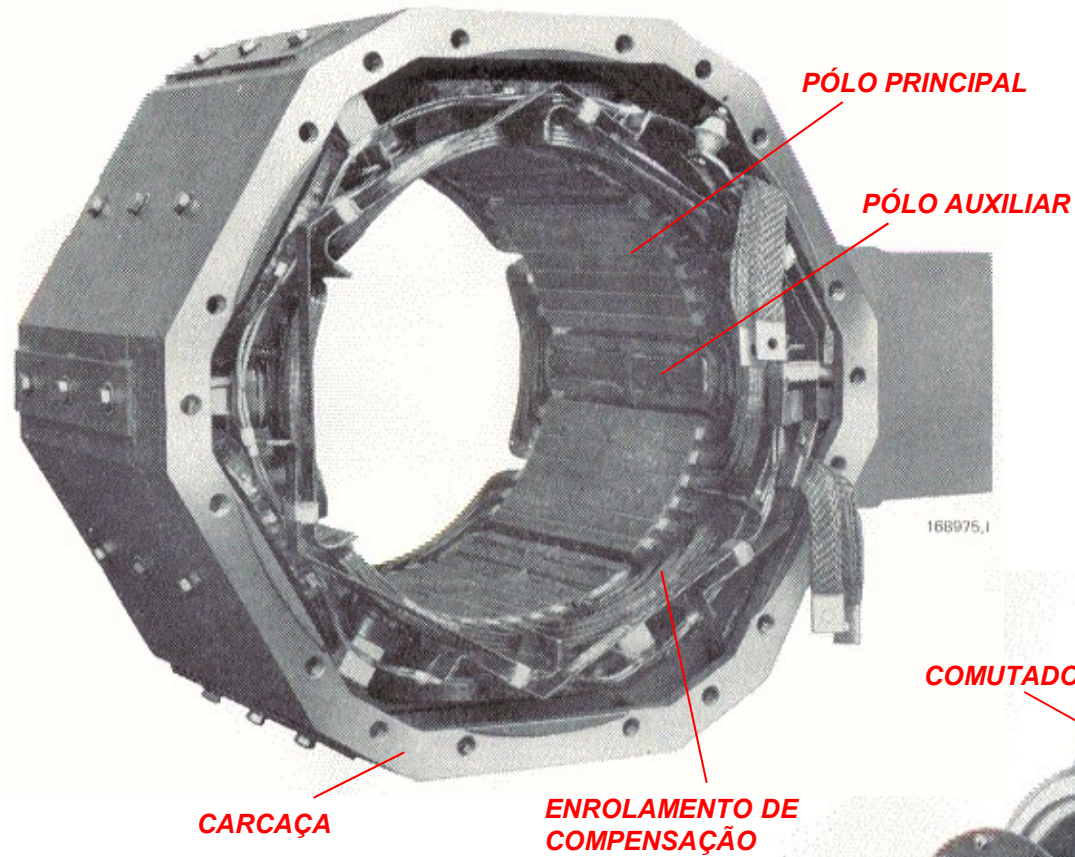
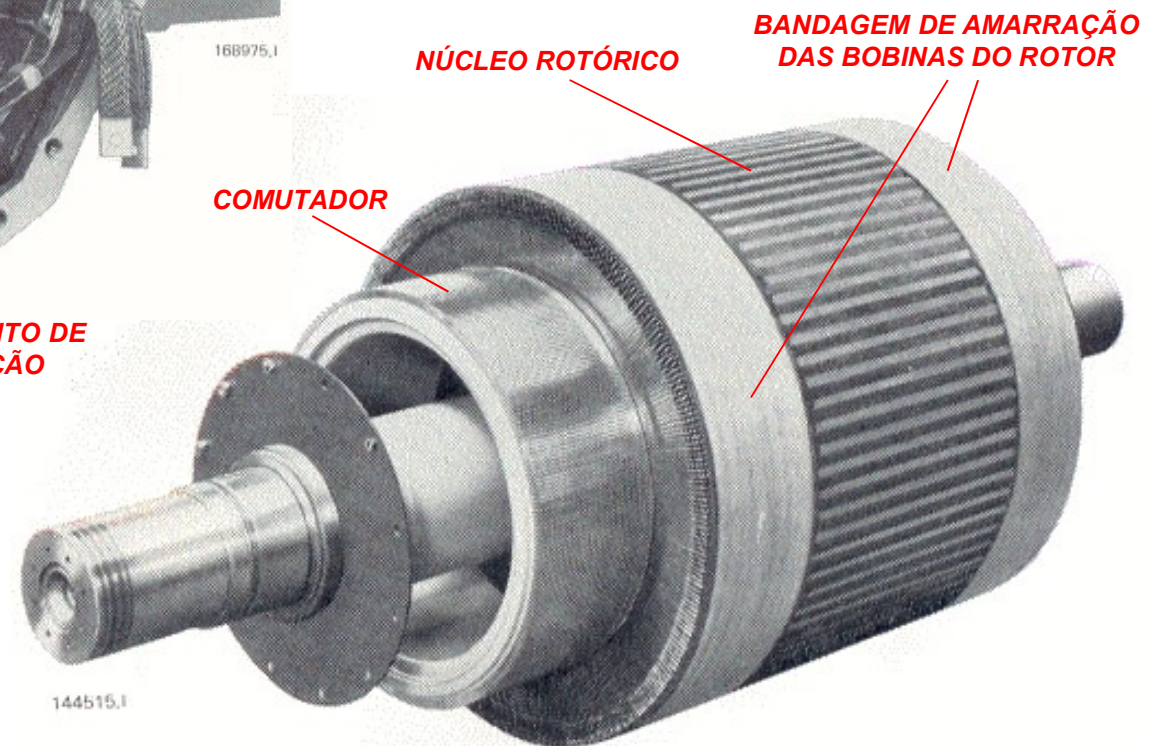


Fig. 3.16 Sectional arrangement of a thyristor drive motor, 56 kW, 1800 rev/ min., 440 volts

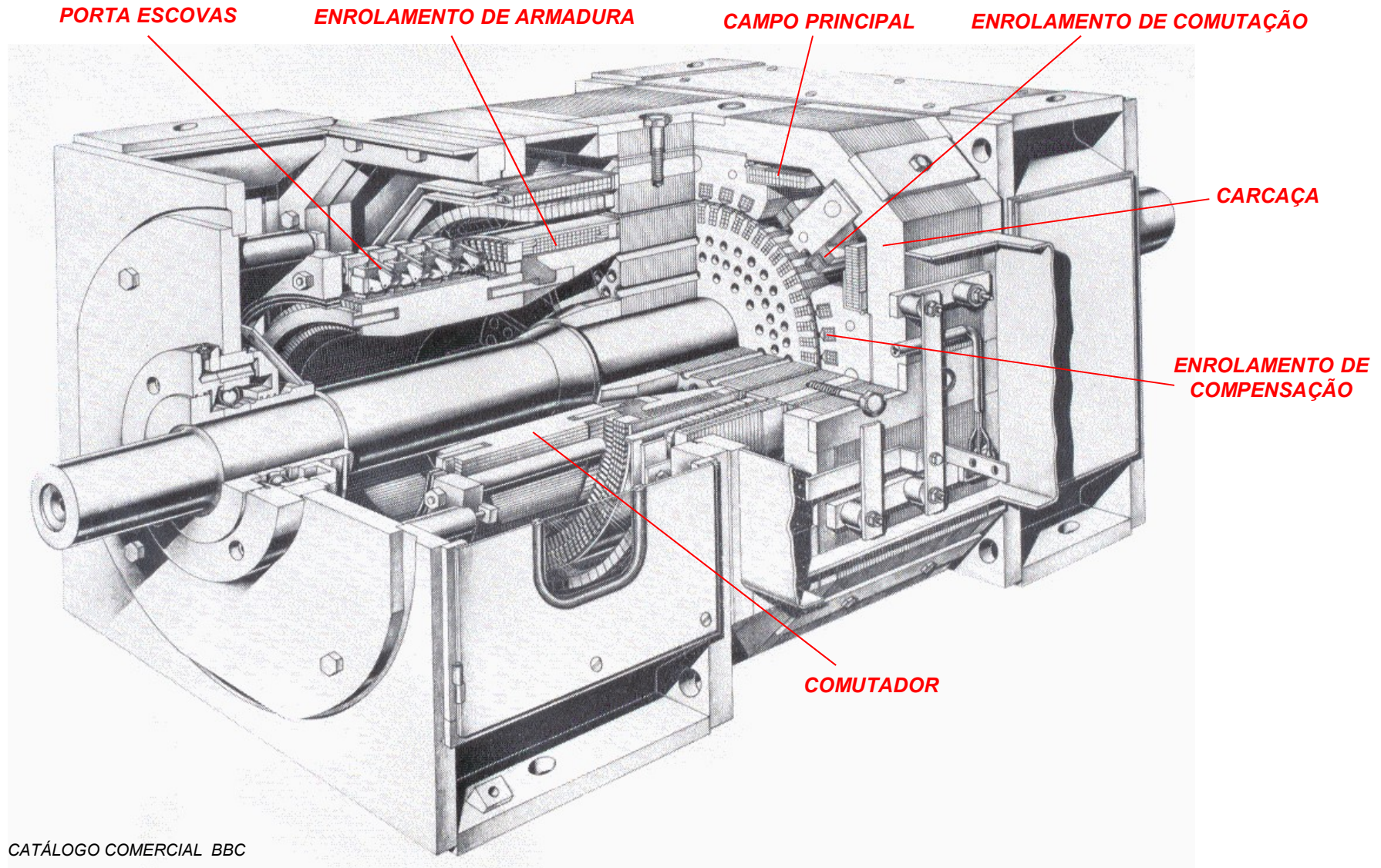
CORTE TRANSVERSAL TÍPICO DE MOTOR C.C. INDUSTRIAL



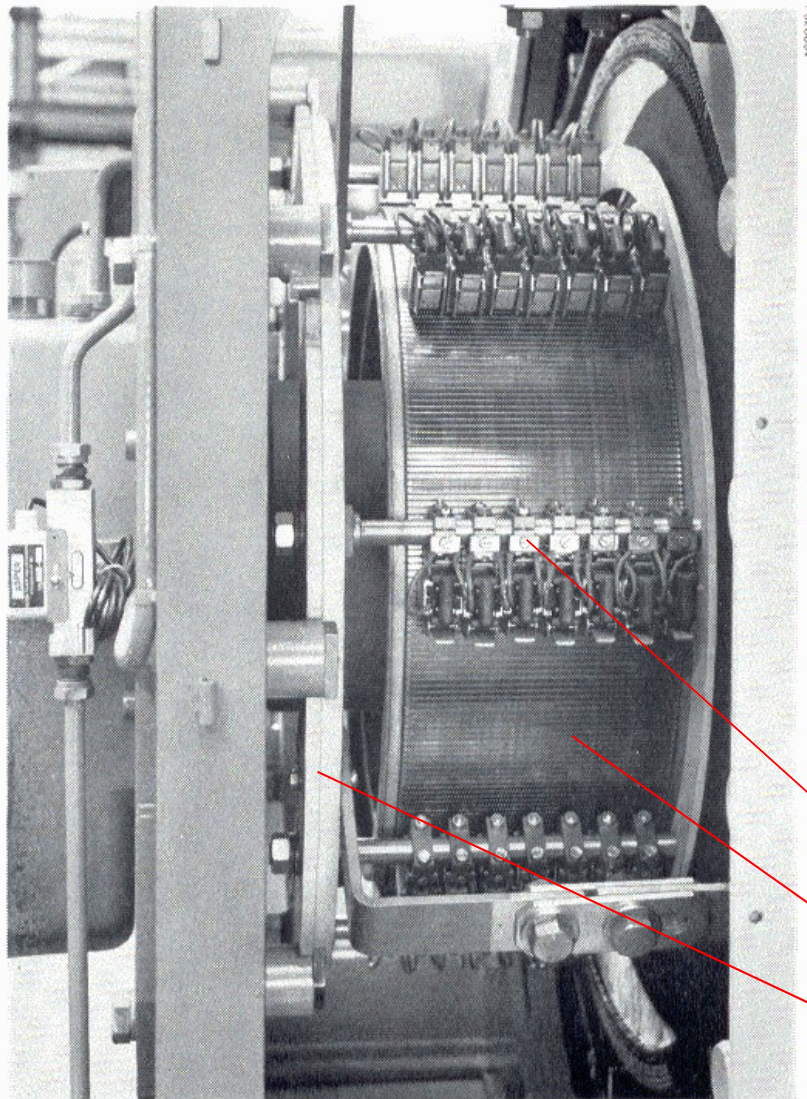
MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA
USO INDUSTRIAL
GRANDE PORTE
COM ENROLAMENTO DE
COMPENSAÇÃO



VISTA EM CORTE DE MOTOR C.C. INDUSTRIAL COMPENSADO



DETALHES CONSTRUTIVOS – COMUTADOR E PORTA ESCOVAS



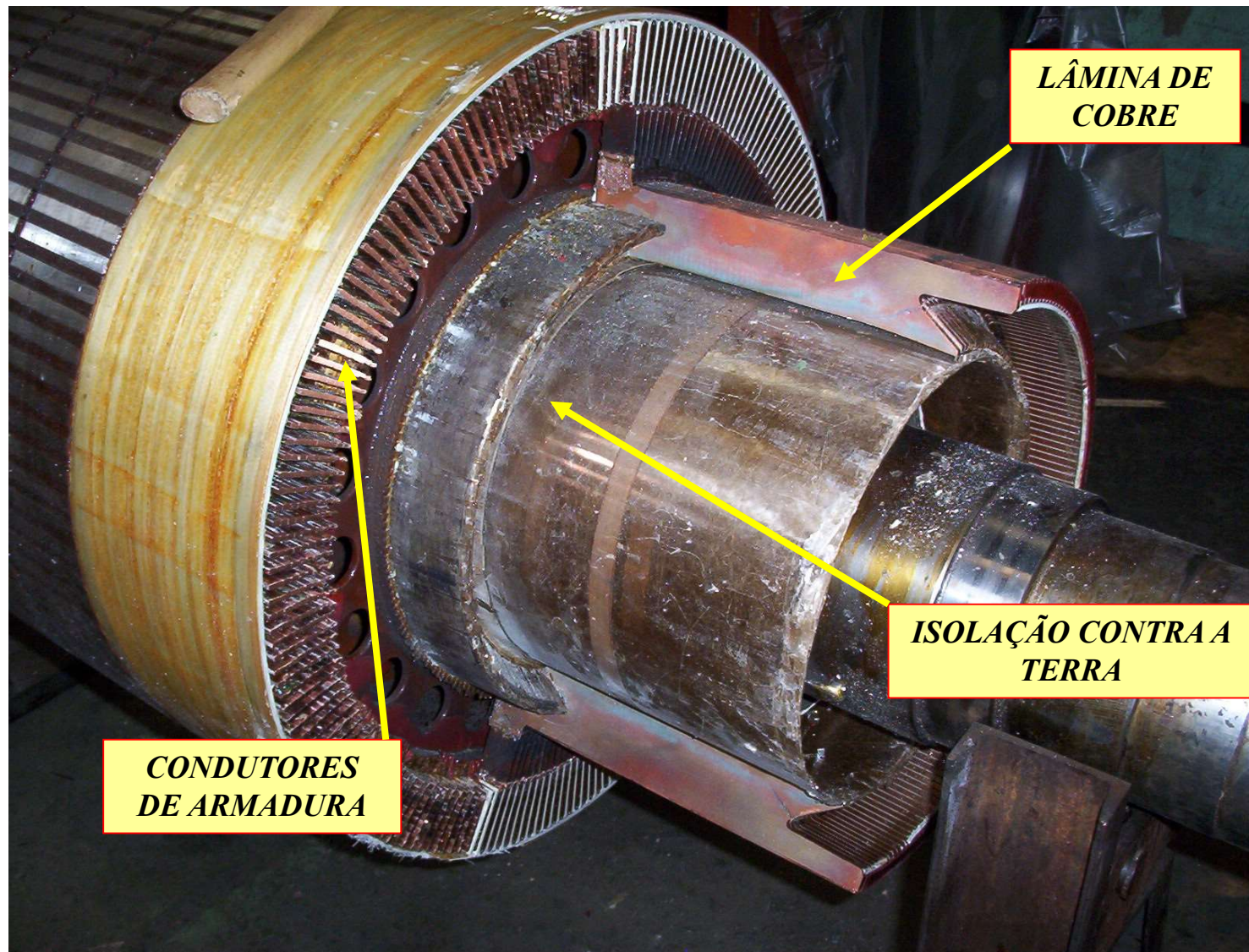
PORTA ESCOVAS

COMUTADOR

ANEL DE FIXAÇÃO E AJUSTE



**ALOJAMENTO DO CONJUNTO
PORTA ESCOVAS**



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:

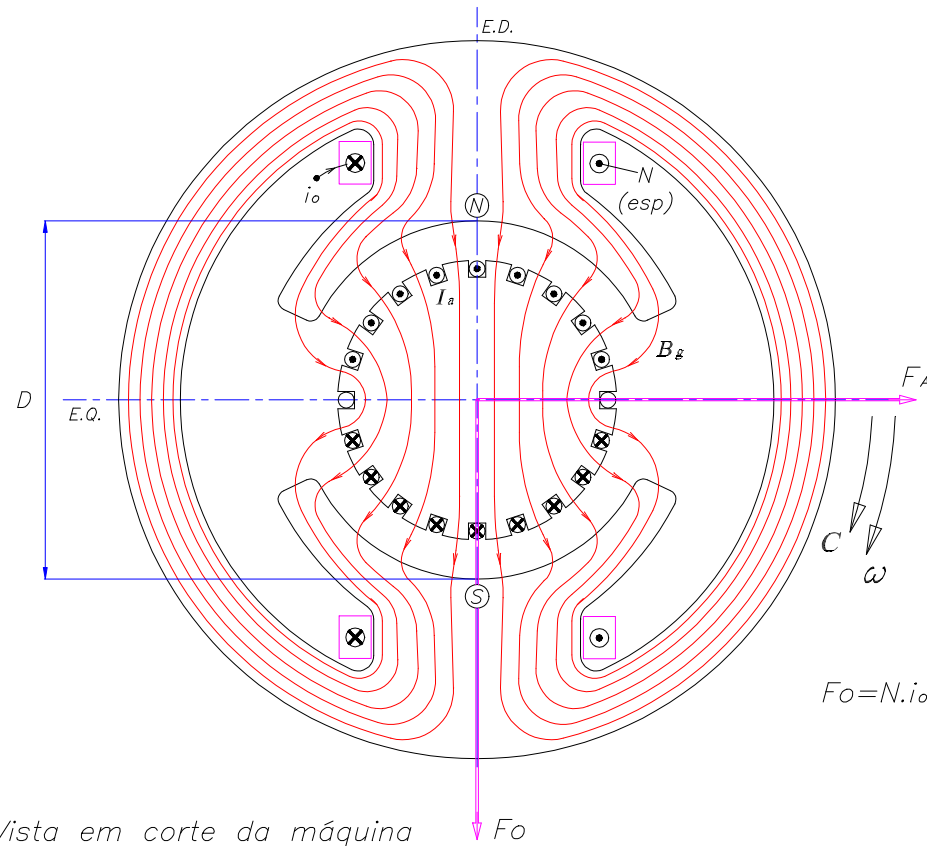
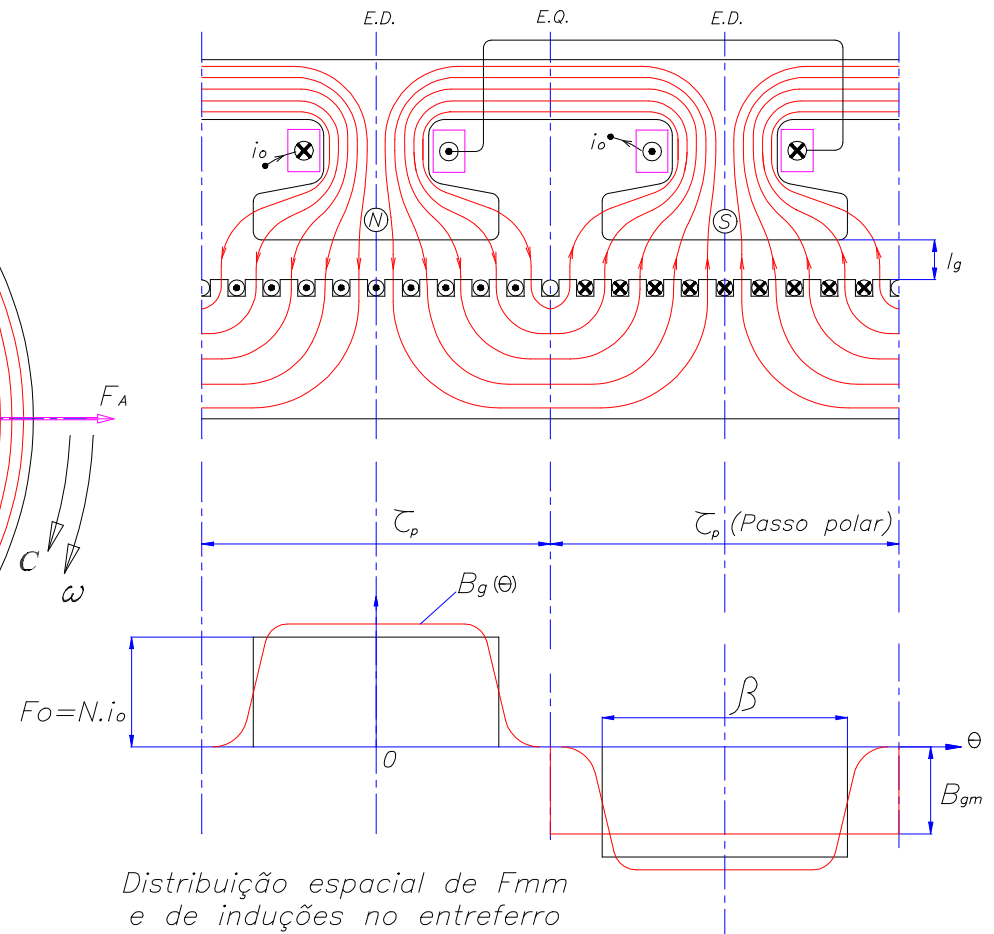
→ DENSIDADE DE CORRENTE: 7,5 – 12,5 A/cm²

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

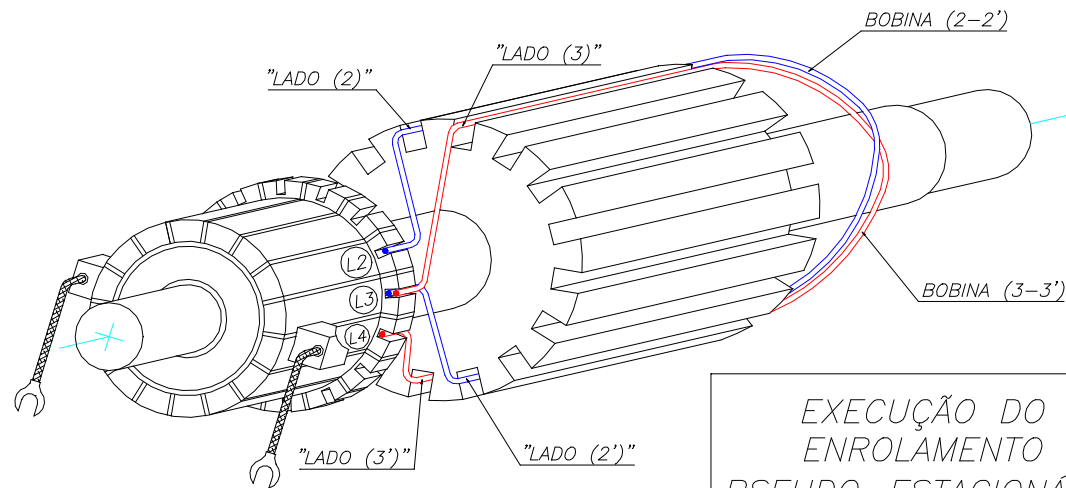
→ COEFICIENTE DE ATRITO TÍPICO: 0,10 – 0,35

→ 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*MÁQUINA DE CORRENTE CONTÍNUA**Interação eletromagnética entre rotor e estator**Vista planificada da máquina*

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

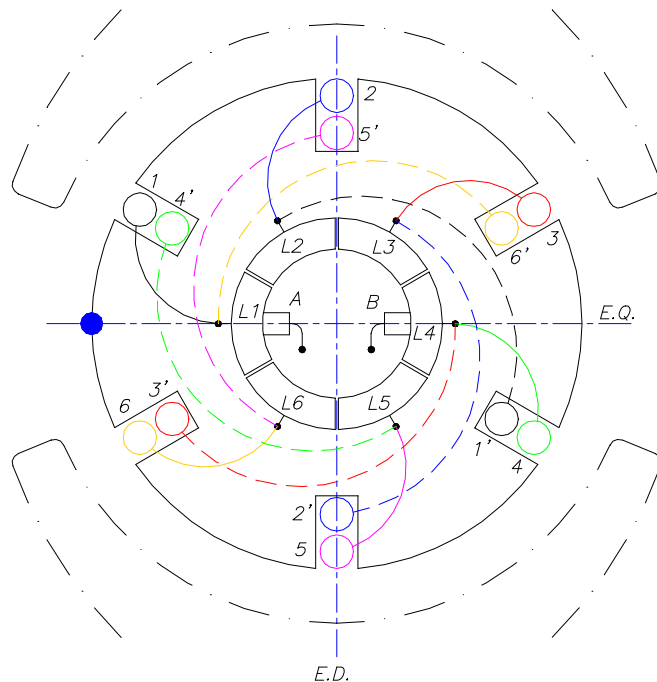
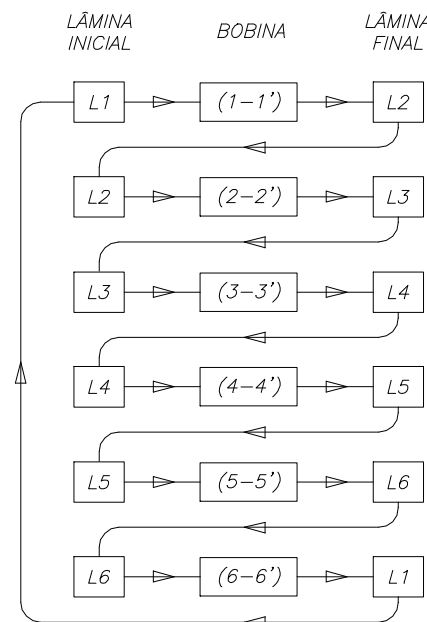


DIAGRAMA SIMPLIFICADO

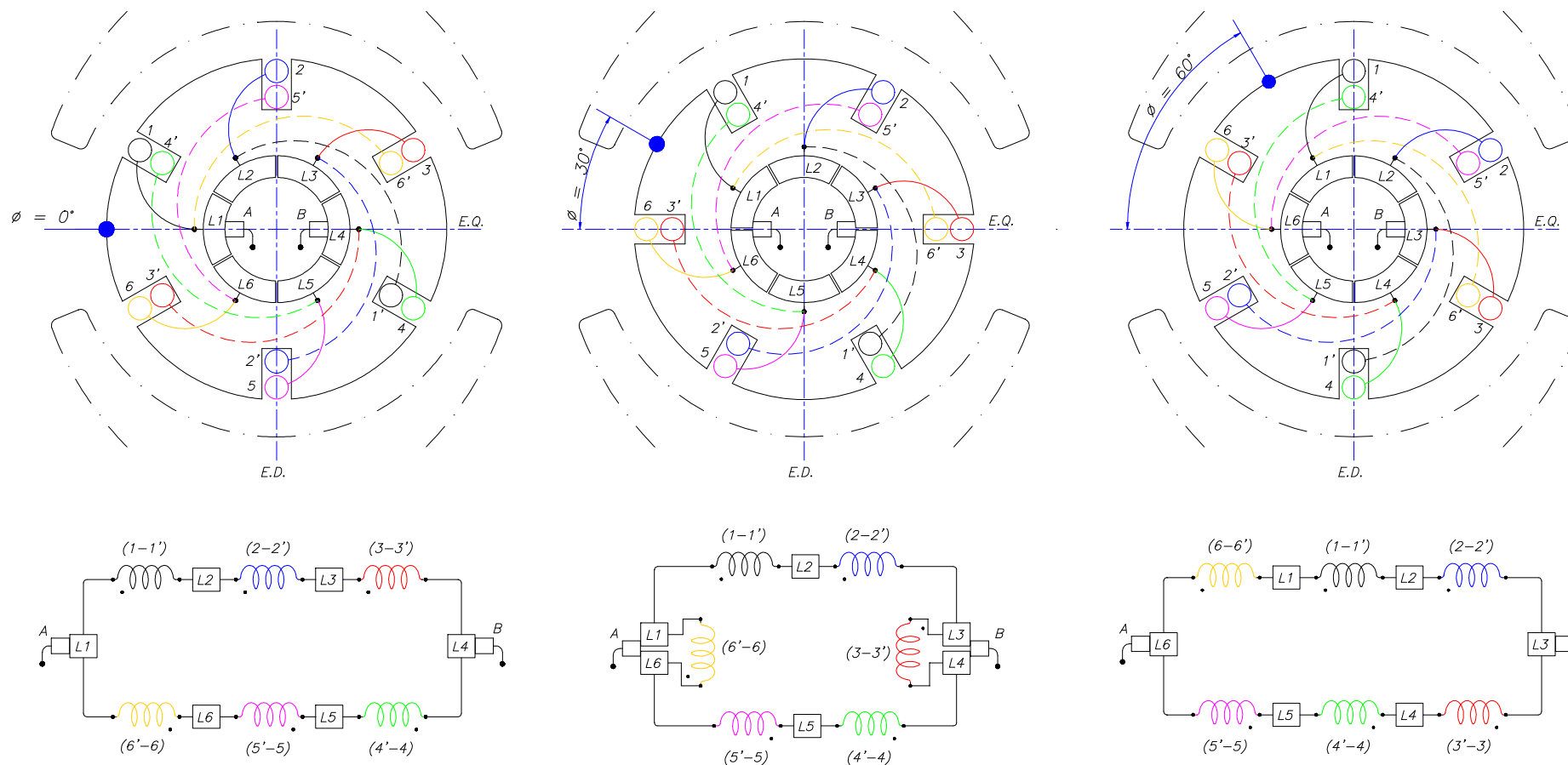


SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

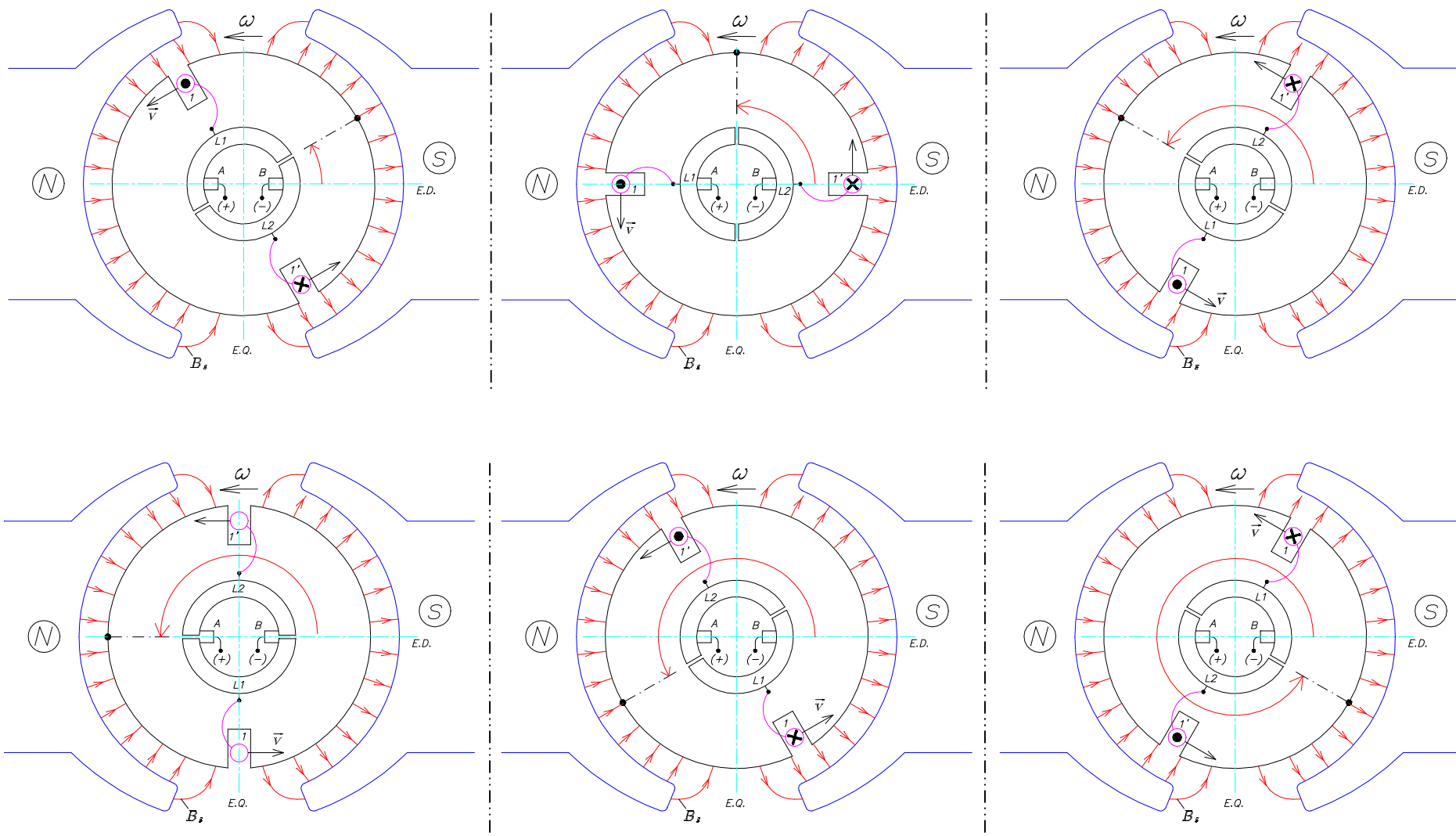
**VISTA
ESQUEMÁTICA DO
ENROLAMENTO
MONTADO**

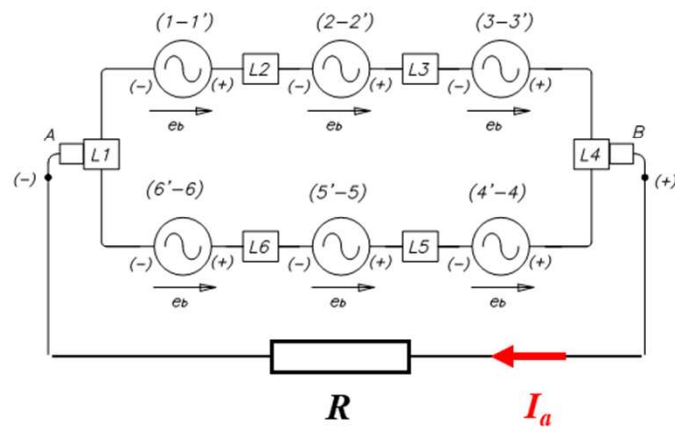
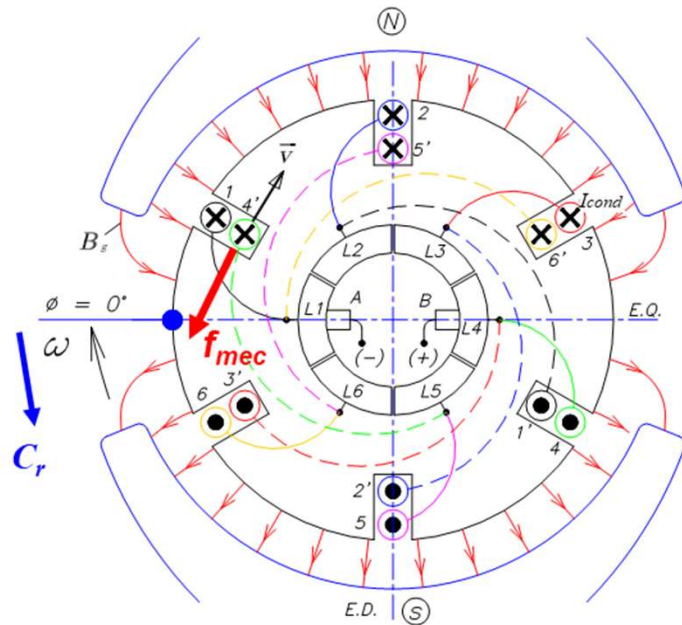
**ROTOR
SIMPLIFICADO**

EXECUÇÃO E PROPRIEDADES DO ENROLAMENTO PSEUDO-ESTACIONÁRIO

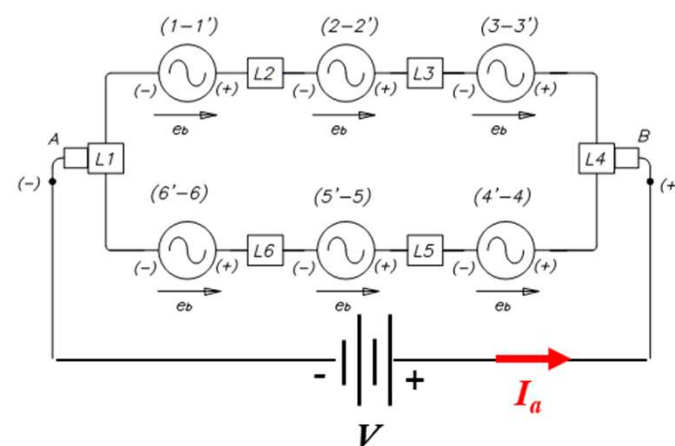
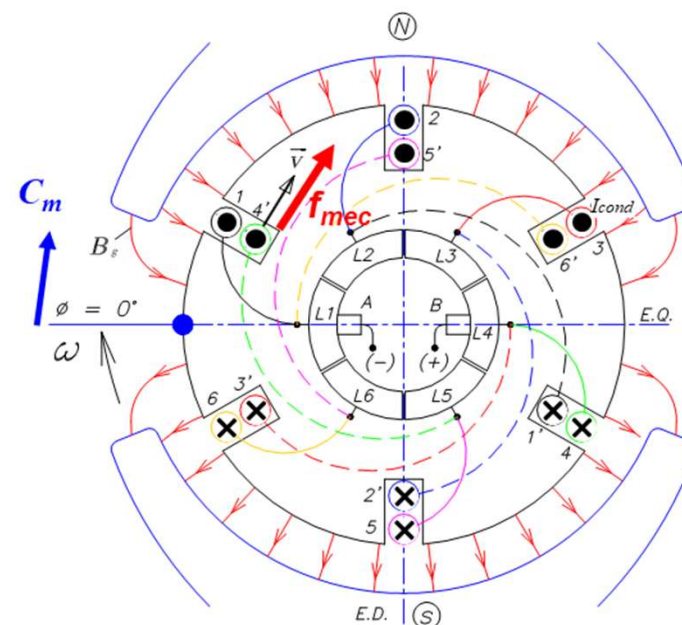


CIRCUITO ELÉTRICO RESULTANTE ENTRE ESCOVAS PARA DIFERENTES POSIÇÕES DO ROTOR

TENSÕES INDUZIDAS NA ARMADURA ELEMENTAR DE MÁQUINA C.C.



GERADOR DE CORRENTE CONTÍNUA

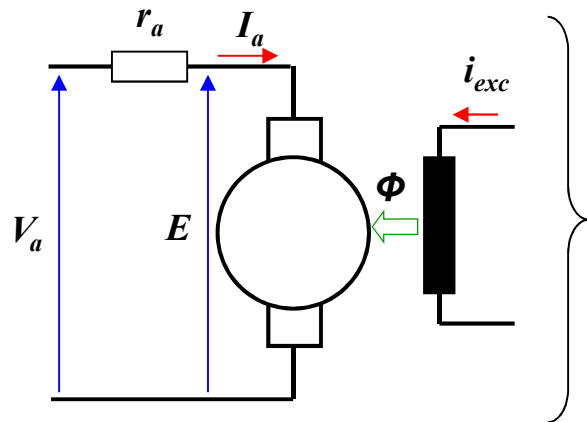


MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA

EFEITO DA
CORRENTE NOS
CONDUTORES
DE ARMADURA

2ª EQUAÇÃO
FUNDAMENTAL
DA MÁQUINA C.C.

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

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

$$k = \frac{Z_a}{2\pi} \cdot \frac{p}{a} \quad \left\{ \begin{array}{l} Z_a : \text{CONDUTORES TOTAIS DA ARMADURA} \\ p : \text{NÚMERO DE PARES DE PÓLOS} \\ a : \text{NÚMERO DE PARES DE DERIVAÇÕES} \end{array} \right.$$

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")**