

A Comutação do Motor de Tracção de Corrente Contínua Ondulada Alimentado por Talhadores

C. Pereira Cabrita

*Departamento de Engenharia Electromecânica da Universidade da Beira Interior
Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Portalegre*

Abstract

The actual trend in both direct current and single-phase alternating current electric traction in urban as well as in inter-city systems is the substitution of the commutator motor by the squirrel-cage asynchronous motor. However, the commutator motor is yet used in a large scale in the direct-current traction, associated to choppers. Thus, this paper proposes an original analysis concerning the commutation of the inverted direct-current motor fed by choppers.

Resumo

Apesar da tendência actual na tracção eléctrica ferroviária, tanto em corrente contínua como em corrente monofásica, e em sistemas urbanos e de grande tracção, ser a substituição do clássico motor com colectores pelo motor assíncrono de rotor em gaiola, aquele motor é ainda utilizado em grande escala na tracção em corrente contínua, associado ao talhador. Como tal, propõe-se neste artigo um estudo, suposto ser original, sobre a comutação do motor de corrente contínua alimentado por talhadores.

1. Introdução

Como se sabe, a tracção eléctrica ferroviária teve o seu início através da corrente contínua, em 1879, com a locomotiva de 2 kW desenvolvida por Werner von Siemens e apresentada na exposição industrial de Berlim. O motor de corrente contínua com excitação em série era o que melhor se adaptava às funções de motor de tracção, pelos seguintes motivos:

- Desenvolve um elevado binário de arranque.
- Pode funcionar como gerador, o que permite a travagem reostática ou regenerativa.

- Apresenta uma característica mecânica auto-regulável, ou seja, a velocidade diminui quando o binário resistente aumenta e vice-versa.
- Em corrente contínua a sua comutação é praticamente escura, na medida em que a f.e.m. de comutação é neutralizada para todas as cargas e a qualquer velocidade, por meio de pólos auxiliares.
- A sua velocidade é facilmente regulável através da tensão aos seus terminais,

$$N = \frac{V - (R_a + R_r) I}{K\Phi} \quad (1)$$

sendo K a constante construtiva do motor, V a tensão de alimentação, Φ o fluxo indutor dos pólos principais, I a corrente de alimentação, R_a a sua resistência interna, e R_r a resistência variável do reóstato de regulação.

Entre 1900 e 1920 dá-se o desenvolvimento pleno da tracção em corrente contínua, com a sua aplicação à grande tracção, passando a captação da corrente a fazer-se por meio de catenária em vez do terceiro carril. Actualmente, a corrente contínua de baixa tensão (600 V a 750 V) é o sistema de electrificação exclusivo das redes urbanas, enquanto que a grande tracção utiliza a alta tensão (1500 V a 3000 V). Na Tabela 1 mostra-se o estado actual das

Tabela 1 - Electrificação dos caminhos de ferro em corrente contínua, no domínio da grande tracção.

Europa	
País	Tensão
Bélgica	3 kV
ex-Checoslováquia	3 kV
Espanha	3 kV
França	1,5 kV
Grã-Bretanha	750 V
Holanda	1,5 kV
Itália	3 kV
ex-Jugoslávia	3 kV
Polónia	3 kV
Portugal	1,5 kV
Resto do Mundo	
País	Tensão
África do Sul	3 kV
Argélia	3 kV
Austrália	1,5 kV
Brasil	3 kV
Canadá	2,4 kV
Chile	3 kV
Egipto	1,5 kV
EUA	650 V
	1,5 kV
Índia	1,5 kV
	3 kV
Indonésia	1,5 kV
Japão	1,5 kV
Marrocos	3 kV
Nova Zelândia	1,5 kV
ex-URSS	3 kV

electrificações ferroviárias em corrente contínua no domínio da grande tracção [1].

Já na década de 1970, graças aos desenvolvimentos na electrónica de potência, foi possível substituir o clássico reóstato de graduador, com os seus problemas de manutenção e de penalização do rendimento do motor, por conversores estáticos "corrente contínua-corrente contínua", a tiristores, denominados talhadores. O motor com excitação em série, que, antes, era alimentado em corrente contínua pura, passou a ser alimentado em corrente contínua ondulada. Daí a sua designação de motor de corrente contínua ondulada [1].

2. Associação motor de corrente ondulada-talhador

Na figura 1 mostra-se o esquema de princípio de um motor de corrente ondulada alimentado a partir de uma rede de corrente contínua através de um talhador, bem como as formas de onda da tensão e da corrente no motor. Como é sabido [2], o valor médio da tensão aos terminais do motor é dado pela expressão

$$V_{av} = k V \quad (2)$$

sendo k a relação cíclica, com um valor compreendido entre zero e a unidade. Quanto à corrente no motor, tem-se [2], respectivamente,

- para $nT < t < (n+k)T$, com $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

$$i = \frac{V - E_a}{R} + \left(I_m - \frac{V - E_a}{R} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3)$$

- para $(n+k)T < t < (n+1)T$, com $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

$$i = -\frac{E_a}{R} + \left(I_m + \frac{E_a}{R} \right) e^{-\frac{t-kT}{\tau}} \quad (4)$$

sendo V a tensão da catenária ou do terceiro carril, E_a a f.e.m. do motor, e $\tau = L/R$ a constante de tempo eléctrica do motor, representando R e L respectivamente a resistência e a indutância dos seus enrolamentos. Por outro lado, os valores mínimo e máximo da corrente são, respectivamente,

$$I_m = \frac{V}{R} \left\{ \frac{(e^{\frac{kT}{\tau}} - 1) e^{-\frac{T}{\tau}} - \frac{E_a}{V}}{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}} \right\} \quad (5)$$

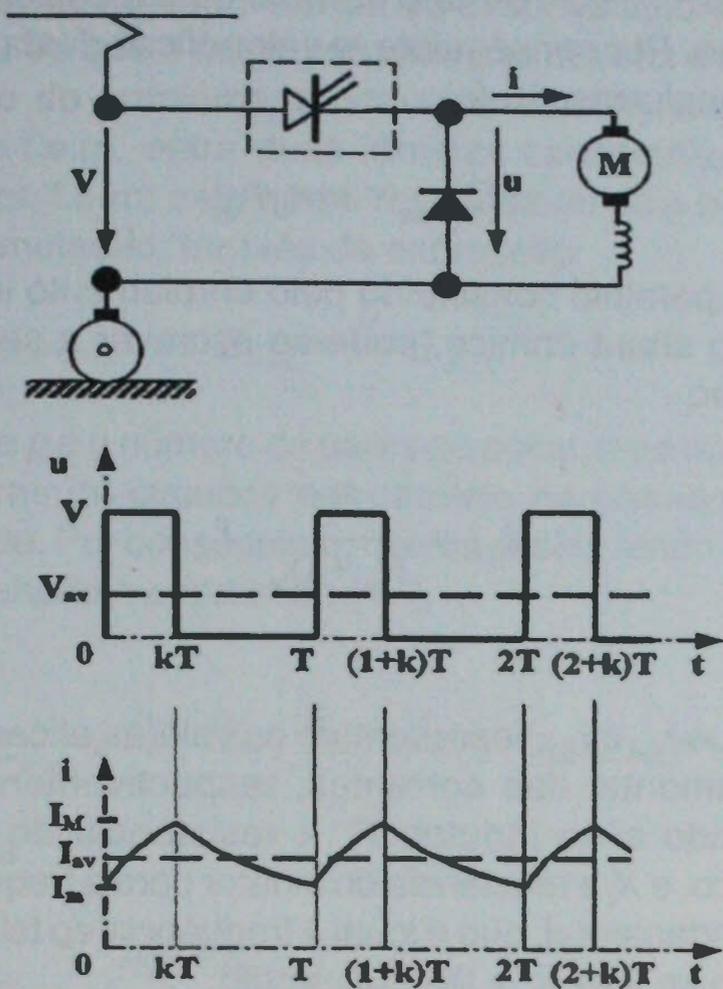


Fig.1 - Esquema de princípio do talhador e formas de onda da tensão e da corrente no motor.

$$I_M = \frac{V}{R} \left\{ 1 - \frac{E_a}{V} - \frac{(e^{-\frac{kT}{\tau}} - e^{-\frac{T}{\tau}})}{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}} \right\} \quad (6)$$

sendo o valor médio

$$I_{av} = \frac{kV - E_a}{R} \quad (7)$$

Como o coeficiente de ondulação da corrente é dado por [3, 4]

$$\mu = \frac{I_M - I_m}{2 I_{av}} \quad (8)$$

atendendo a (5), (6) e (7) obtém-se

$$\mu = \frac{0,5 V}{kV - E_a} \left\{ \frac{1 - e^{-\frac{kT}{\tau}} + (1 - e^{-\frac{kT}{\tau}}) e^{-\frac{T}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}} \right\} \quad (9)$$

Considerando que os troços correspondentes à corrente de alimentação do motor se podem admitir

aproximadamente lineares, as equações (3) e (4) poderão ser escritas numa forma mais simples, como segue:

• para $0 < t < kT$

$$i = \frac{I_M - I_m}{kT} t + I_m \quad (10)$$

• para $kT < t < T$

$$i = I_M - \frac{I_M - I_m}{kT - T} (kT - t) \quad (11)$$

No que respeita à tensão de saída do talhador, ela é igual à soma da componente contínua com as harmónicas de ordem $p = 1, 2, 3, \dots$, ou seja,

$$u = kV + \sum_{p=1}^{\infty} u_p \quad (12)$$

com

$$u_p = A_p \sin p\omega t + B_p \cos p\omega t \quad (13)$$

sendo $\omega = 2\pi/T$ e ainda

$$A_p = \frac{2}{T} \int_0^{kT} V \sin p\omega t dt = \frac{V}{p\pi} (1 - \cos 2pk\pi) \quad (14)$$

$$B_p = \frac{2}{T} \int_0^{kT} V \cos p\omega t dt = \frac{V}{p\pi} \sin 2pk\pi \quad (15)$$

Por conseguinte, resulta assim para a amplitude da harmónica da tensão, de ordem p ,

$$V_p = \frac{\sqrt{2} V}{p\pi} (1 - \cos 2pk\pi)^{1/2} = \frac{2V}{p\pi} \sin pk\pi \quad (16)$$

sendo a fundamental ($p = 1$)

$$V_1 = \frac{\sqrt{2} V}{\pi} (1 - \cos 2k\pi)^{1/2} = \frac{2V}{\pi} \sin k\pi \quad (17)$$

3. Comutação

Nas secções em comutação do enrolamento induzido, curtocircuitadas pelas escovas, são geradas duas f.e.m.'s, de carácter distinto [3, 4, 5]:

- A f.e.m. reactiva ou de comutação, devida à inversão do sentido da corrente de alimentação, e que é neutralizada a qualquer carga e a qualquer velocidade através dos pólos auxiliares.
- A f.e.m. estática ou de transformação, devida ao facto das secções em comutação abraçarem a totalidade do fluxo indutor, que é ondulado devido à corrente, comportando-se essas secções como o secundário em curto-circuito de um transformador.

As possíveis dificuldades de comutação do motor devem-se exclusivamente à f.e.m. de transformação que, por ser uma f.e.m. estática, não pode ser neutralizada parcialmente, na prática, através de uma pequena shuntagem permanente do enrolamento dos pólos principais com uma resistência, cujo valor deverá ser bastante mais elevado que o valor da resistência do enrolamento, de modo a que a componente contínua da corrente I_{av} circule praticamente toda pelo enrolamento. Por outro lado, como a reactância do shunt óhmico é inexistente, as componentes alternadas da corrente são desviadas do enrolamento, conseguindo-se assim um fluxo apenas com uma ondulação residual. Com a finalidade de limitar a ondulação da corrente a valores aceitáveis, entre 20 % a 30 %, deve-se ligar uma bobina de alisamento em série com o motor de tracção.

3.1. F.e.m. de transformação

Como no enrolamento dos pólos principais circula uma pequena parte da componente alternada da corrente, o fluxo apresenta uma ondulação residual, não sendo portanto totalmente neutralizada a f.e.m. de transformação. Deste modo, considerando, em primeira aproximação, que o fluxo indutor é dado pela expressão

$$\phi(t) = \Phi_{av} + \sqrt{2}\Phi_{res} \sin \omega t \quad (18)$$

o valor instantâneo da f.e.m. de transformação residual, induzida nas secções em comutação, será

$$E'_{tr\ res}(t) = -n_s \frac{d\phi(t)}{dt} = \sqrt{2} \omega n_s \Phi_{res} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (19)$$

em que n_s representa o número de espiras de cada secção. Por conseguinte, o valor eficaz desta f.e.m. de transformação é

$$E'_{tr\ res} = \omega n_s \Phi_{res} \quad (20)$$

Do paralelo constituído pelo enrolamento indutor e pelo shunt óhmico, pode-se escrever a seguinte relação

$$\bar{I}_{1\ ef} = \frac{R_s}{R_s + jX_f} \bar{I}_{1\ ef} \quad (21)$$

em que $I_{1\ ef}$ e $I_{1\ eff}$ representam os valores eficazes da fundamental das correntes, respectivamente, no induzido e no indutor, R_s a resistência do shunt óhmico, e X_f a reactância do indutor para a frequência da fundamental, que é igual à frequência do talhador. Como se tem $R_s + jX_f \approx jX_f$, então

$$I_{1\ eff} = \frac{R_s}{X_f} I_{1\ ef} \quad (22)$$

Admitindo que a característica magnética é aproximadamente linear, vem

$$\Phi_{res} = k_\phi I_{1\ eff} = k_\phi \frac{R_s}{X_f} I_{1\ ef} \quad (23)$$

mas como, sendo n_f o número de espiras do enrolamento indutor e L_f a sua indutância, vem

$$X_f = \omega L_f = \omega n_f \frac{\Phi_{res}}{I_{1\ eff}} = \omega n_f k_\phi \quad (24)$$

ter-se-á, por substituição em (23) e em (20),

$$E'_{tr\ res} = \frac{n_s}{n_f} R_s I_{1\ ef} \quad (25)$$

Atendendo a que

$$I_{1\ ef} \approx \frac{V_{1\ ef}}{X_m} \quad (26)$$

sendo $V_{1\ ef}$ o valor eficaz da fundamental da tensão aos terminais do motor e X_m a sua reactância relativa à frequência da fundamental, tem-se ainda

$$E'_{tr\ res} = \frac{n_s}{n_f} \cdot \frac{R_s}{X_m} V_{1\ ef} \quad (27)$$

No trabalho de investigação desenvolvido em [5] provou-se que a f.e.m. induzida nas espiras de uma secção do enrolamento induzido está relacionada com a f.e.m. entre duas lâminas consecutivas do colector, f.e.m. esta que é responsável pela boa ou má comutação, através da expressão

$$E_{tr\ res} = \frac{p}{c} E'_{tr\ res} \quad (28)$$

em que p é o número de pares de pólos, e c o número de pares de circuitos em paralelo no enrolamento induzido. Por conseguinte, resulta assim, tendo ainda em atenção a expressão (17),

$$E_{tr\ res} = \frac{p}{c} \cdot \frac{n_s}{n_f} \cdot \frac{R_s}{X_m} \cdot \frac{V}{\pi} (1 - \cos 2k\pi)^{1/2}$$

ou seja

$$E_{tr\ res} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{p}{c} \cdot \frac{n_s}{n_f} \cdot \frac{R_s}{X_m} V \sin k\pi \quad (29)$$

Além das soluções anteriormente apontadas para reduzir o mais possível o valor desta f.e.m., o motor de tracção deverá ser dimensionado com enrolamento imbricado simples ($p/c = 1$) com uma só espira por secção ($n_s = 1$).

A expressão (29) pode igualmente ser deduzida por outro método, que se apresenta seguidamente. Como as secções em comutação abraçam a totalidade do fluxo indutor, está-se em presença de um transformador com um só primário, que é uma bobina do enrolamento dos pólos principais, com $n_f/2p$ espiras, sendo o secundário, como se mostra na figura 2, a secção em comutação, com n_s espiras [3, 4]. Por conseguinte, a relação de transformação será

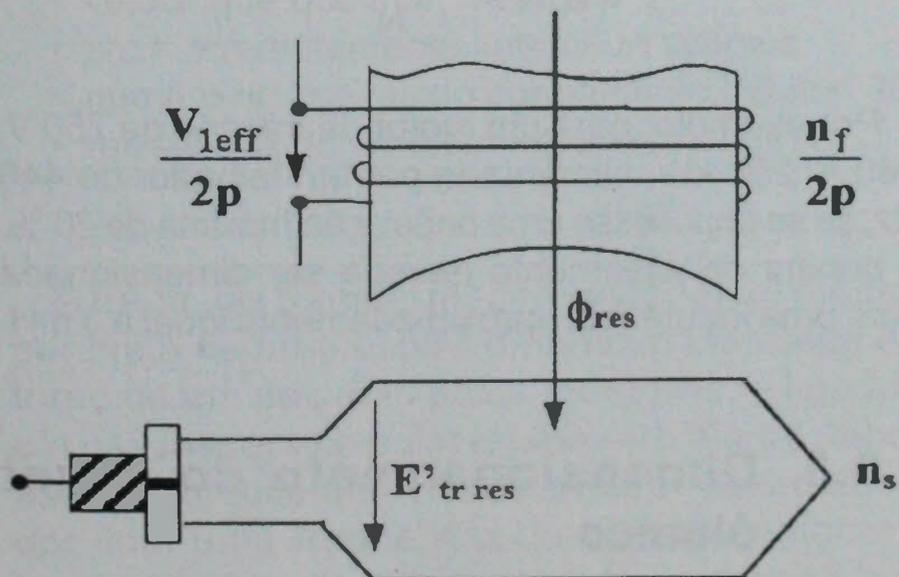


Fig. 2 - Ligação magnética pólo principal - secção em comutação.

$$\frac{\frac{V_{1\ eff}}{2p}}{E'_{tr\ res}} = \frac{\frac{n_f}{2p}}{n_s} \quad (30)$$

sendo $V_{1\ eff}$ o valor eficaz da fundamental da tensão aos terminais do paralelo indutor-shunt óhmico.

Contudo, como se pode considerar

$$V_{1\ eff} \approx R_s I_{1\ eff} \quad (31)$$

se se atender às expressões (26), (28) e (17), por substituição obtém-se (29).

Na figura 3 mostra-se o andamento da f.e.m. de transformação residual em função da relação cíclica, em termos qualitativos. Evidentemente que a expressão (29) é uma expressão aproximada, na medida em que não se considera a corrente definida rigorosamente através das expressões (3), (4), (5) e (6), mas sim proporcional ao desenvolvimento em série de Fourier da tensão e, dentro deste modelo de análise que se propõe, apenas se considera a fundamental. No entanto, a expressão de $E_{tr\ res}$ permite aferir com segurança a comutação do motor de tracção. Como se constata da figura 3, o período mais desfavorável para a comutação acontece aproximadamente em torno de $k = 0,5$, ou seja, para $V_{av} = 0,5 V$ (velocidade sensivelmente igual a metade da velocidade nominal). No arranque, bem como nas gamas das baixas e das altas velocidades, o motor comporta-se como um motor de corrente contínua pura.

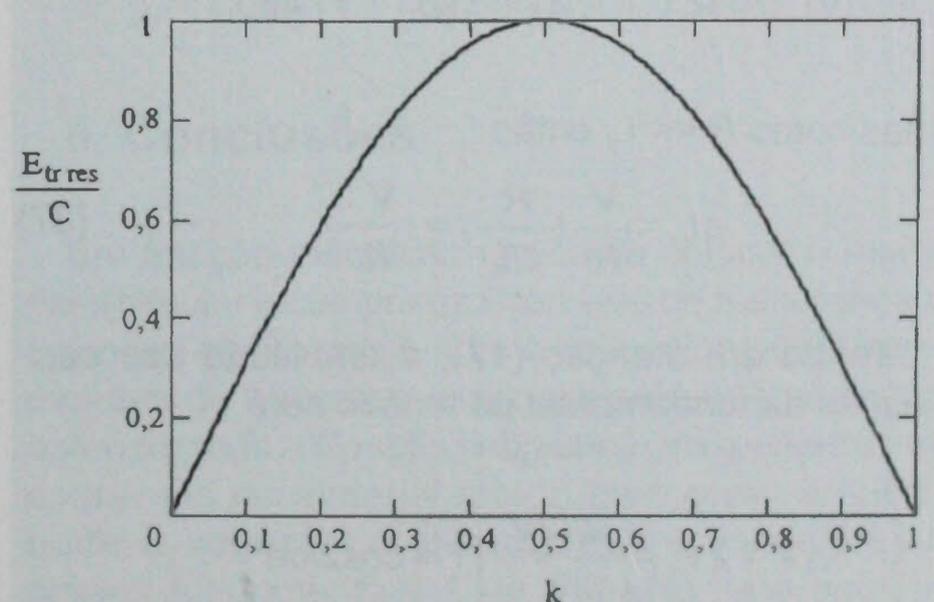


Fig. 3 - Andamento da f.e.m. de transformação em função da relação cíclica.

$$C = \frac{p}{c} \cdot \frac{n_s}{n_f} \cdot \frac{R_s}{X_m} \cdot \frac{\sqrt{2}V}{\pi}$$

Derivando (29) em ordem a k e igualando a zero,

$$\frac{dE_{tr\ res}}{dk} = 0 \quad (32)$$

obtém-se a condição para se ter $E_{tr\ res} = E_{tr\ res\ M}$

$$k = 0,5 \quad (33)$$

ou seja,

$$E_{tr\ res\ M} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{p}{c} \cdot \frac{n_s}{n_f} \cdot \frac{R_s}{X_m} V \quad (34)$$

3.2. Dimensionamento da bobina de alisamento

Tendo em atenção (5) e (6), a amplitude das oscilações da corrente será dada pela expressão

$$\Delta I = I_M - I_m = \frac{V}{R} \left\{ \frac{1 - e^{-\frac{kT}{\tau}} + (1 - e^{-\frac{kT}{\tau}}) e^{-\frac{T}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}} \right\} \quad (35)$$

Derivando ΔI em ordem a k e igualando a zero, obtém-se a condição para a qual a ondulação da corrente é máxima, e que é $k = 0,5$, valor este para o qual a f.e.m. de transformação residual é máxima, como não poderia deixar de ser. Assim, para este valor de k vem

$$\Delta I_M = \frac{V}{R} \tanh \frac{T}{4\tau} = \frac{V}{R} \tanh \frac{R}{4fL} \quad (36)$$

mas como $R \ll L$, então

$$\Delta I_M = \frac{V}{R} \left(\frac{R}{4fL} \right) = \frac{V}{4fL} \quad (37)$$

Tendo em atenção (17), a amplitude das oscilações da fundamental da tensão será

$$\Delta V = 2V_1 = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi} (1 - \cos 2k\pi)^{1/2}$$

ou

$$\Delta V = \frac{4V}{\pi} \sin k\pi \quad (38)$$

obtendo-se assim

$$\Delta I = \frac{\Delta V}{X_m} = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi X_m} (1 - \cos 2k\pi)^{1/2}$$

donde

$$\Delta I = \frac{4V}{\pi X_m} \sin k\pi \quad (39)$$

Derivando em ordem a k e igualando a zero obtém-se $k = 0,5$ e

$$\Delta I_M = \frac{4V}{\pi X_m} \quad (40)$$

mas, atendendo a que $X_m = \omega L = 2\pi fL$, virá ainda

$$\Delta I_M = \frac{2V}{\pi^2 fL} \approx \frac{V}{4fL} \quad (41)$$

expressão esta idêntica a (37).

Tomando com base a corrente nominal do motor $I_{av\ N}$, a ondulação máxima da corrente poderá ser definida pela expressão

$$\mu_M = \frac{\Delta I_M}{2I_{av\ N}} \quad (42)$$

Como a indutância do motor é bastante inferior à indutância da bobina de alisamento, em (41) L representará, em primeira aproximação, a indutância dessa bobina. Deste modo, combinando (41) e (42) obtém-se finalmente

$$L = 0,125 \frac{V}{I_{av\ N}} \cdot \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{\mu_M} \quad (43)$$

Por exemplo, para um motor de tracção de 750 V, 360 A, 254 kW, alimentado por um talhador de 440 Hz, se se impusesse uma ondulação máxima de 20 %, a bobina de alisamento deveria ser dimensionada com uma indutância aproximadamente igual a 3 mH.

3.3. Dimensionamento do shunt óhmico

O shunt óhmico permanente a ligar em paralelo com o enrolamento dos pólos principais deverá ser

dimensionado a partir de (34). Assim, como $X_m = 2\pi fL$, ter-se-á

$$R_s = 14 \frac{c}{p} \cdot \frac{n_f}{n_s} \cdot fL \frac{E_{tr\ res\ M}}{V} \quad (44)$$

mas como se tem usualmente $n_s = 1$ e $c/p = 1$ nos motores de tracção, pode-se ainda escrever

$$R_s = 14 n_f fL \frac{E_{tr\ res\ M}}{V} \quad (45)$$

Para o motor do exemplo apresentado, tendo em atenção que $n_f = 40$, e considerando $L = 3$ mH, se se impuser para a f.e.m. de transformação residual máxima o valor de 0,5 V, como sucede normalmente na tracção em corrente monofásica, com o motor a ser alimentado através de rectificadores, obtém-se $R_s \approx 0,5 \Omega$. Como a resistência do enrolamento dos pólos principais do motor é $R_f = 0,05 \Omega$, tem-se a relação $R_s/R_f \approx 10$, ou seja no shunt óhmico circularia apenas 9 % da componente contínua da corrente no induzido.

4. Resultados Experimentais

Na impossibilidade de se ter ensaiado um motor de tracção associado a um talhador, uma vez que as potências em jogo são bastante elevadas e não se dispõe de banco de ensaios que o permita fazer, ensaiou-se um pequeno motor de corrente contínua com excitação em série, com as seguintes características:

- potência nominal 0,750 kW
- tensão nominal 220 V
- corrente nominal 4 A
- velocidade nominal 1770 rpm
- $p/c = 1$ (enrolamento imbricado simples)
- número de espiras do enrolamento indutor: 800
- resistência do enrolamento indutor 3,5 Ω

A f.e.m. de transformação residual foi medida por meio de uma espira de ensaio instalada em torno de um dos dois pólos indutores, e ligada a um osciloscópio e a um multimetro digital, tendo este motor sido alimentado a partir de um talhador com uma frequência de saída constante e igual a 250 Hz. Tendo-se imposto uma ondulação máxima de 25 %, a partir de (43) obteve-se para a indutância da bobina de alisamento o valor de

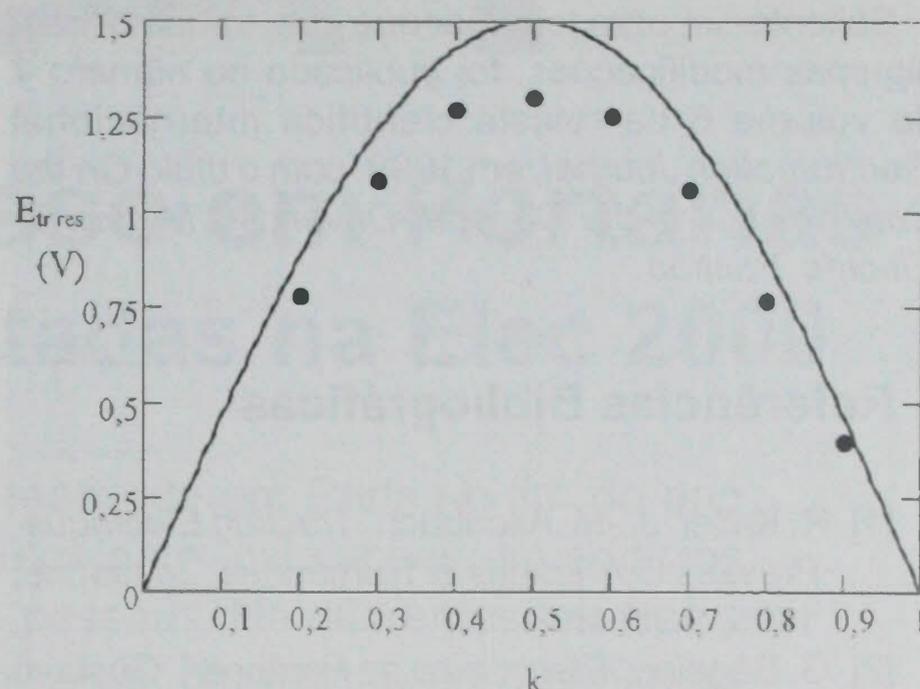


Fig. 4 - Andamento dos valores teóricos (—) e experimentais (●) da f.e.m. de transformação em função da relação cíclica.

110 mH. Por outro lado, (44) permitiu dimensionar a resistência do shunt óhmico, impondo-se qual for o valor máximo de $E_{tr\ res}$. Assim, para $E_{tr\ res} = 1,5$ V obteve-se o valor de $R_s = 20 \Omega$. Na figura 4 mostra-se o andamento teórico e os valores obtidos experimentalmente para a f.e.m. de transformação residual, constatando-se haver uma boa aproximação entre eles. A curva teórica foi obtida a partir de (29), por substituição dos valores correspondentes aos parâmetros constantes tendo-se obtido

$$E_{tr\ res} = 1,064 (1 - \cos 2k\pi)^{1/2} = 1,5 \sin k\pi \quad [V] \quad (46)$$

5. Conclusões

Em tracção eléctrica, não basta colocar o material a circular e cumprir os intervalos de manutenção: o conhecimento aprofundado do funcionamento dos motores de tracção é essencial para que se possa entender toda a filosofia subjacente, respeitante aos esquemas do material motor, bem como à fiabilidade e segurança electromecânicas daqueles órgãos fundamentais. Este trabalho, que aqui se apresenta, vem a propósito da adopção deste tipo de tracção, isto é, o motor de corrente ondulada associado a talhadores, pelos caminhos de ferro portugueses, ao transformar as antigas unidades de 1,5 kV com controlo reostático da Linha do Estoril para um controlo por meio de talhador.

Saliente-se, para terminar que este trabalho, com algumas modificações, foi publicado no número 4 do volume 6 da revista científica internacional *Electromotion Journal*, em 1999, com o título *On the Commutation of the Chopper-Driven DC Motors for Electric Traction*.

Referências Bibliográficas

- [1] R. Kaller, J. -M. Allenbach, *Traction Électrique*, Presses Universitaires Romandes, Lausanne, 1995, 2 volumes.
- [2] G. Séguier, "*Electrónica de Potência*", Gustavo Gili, Barcelona, 1982.

- [3] C. P. Cabrita, *Análise comparativa do funcionamento do motor de corrente ondulada alimentado por rectificadores com comando de amplitude e com comando de fase*, *Electricidade* 189, Julho de 1983, p. 306-316.
- [4] C. P. Cabrita, *Commutation in dc series motor fed by single-phase ac/dc power converters*, 1st Brazilian Power Electronics Conference, COBEP'91, Dezembro de 1991, Florianópolis, Brasil, Proceedings da Conferência, p. 179-182.
- [5] C. P. Cabrita, *A comutação nos motores monofásicos com colector e causas do seu abandono à frequência industrial*, *Electricidade* 149, Março de 1980, p. 122-130.



ENPIEL

AEP **EXPONOR** **ANIMEE** **agefe**

ANIMEE - AV. GUERRA JUNQUEIRO 11, 2º ESQ. 1000-166 LISBOA - PORTUGAL
TEL. + 351.21 843 71 10 - FAX + 351.21 840 75 25 E-MAIL: animee@mail.telepac.pt Internet: www.animee.pt

AGEFE - AV. JOÃO CRISÓSTOMO 79, 3º 1050-126 LISBOA - PORTUGAL
TEL + 351.21 315 66 08 - FAX + 351.21 314 63 67 E-MAIL: agefe@agefe.pt

EXPONOR - FEIRA INTERNACIONAL DO PORTO 4450-617 LEÇA DA PALMEIRA - PORTUGAL
TEL + 351.22 998 14 00 - FAX + 351.22 998 14 82 E-MAIL: info@exponor.pt - Internet: www.exponor.pt