



GSI - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.

GSI Nº: ART057-09 - CD 382-09



CÁLCULO DAS PERDAS PARA MOTORES DE INDUÇÃO ATRAVÉS DE QUATRO MÉTODOS DIFERENTES E COMPARAÇÃO COM DADOS ENSAIADOS

João Roberto Cogo
Agnelo Marotta Cassula

Revisão 0 - Emissão Inicial.

Documentos de Referência: ART454-07 - CD 262-07

Páginas: capa+ 11 Nº pág inicial 1 Nº pág final 11

Distribuição Disponível para o Site da GSI

Rev.	Data/Autor	Data/Verificado	Data/Aprovado	Data/Emissão Original	Observações
0	10.01.09 - JRC	10.01.09 - JRC	10.01.09 - JRC	10.01.09 - JRC	Para Informação
a					
b					
c					

1 - INTRODUÇÃO

Vários autores têm proposto métodos para o cálculo das perdas de motores de indução trifásicos a partir de dados de catálogos.

Porém, este trabalho tem como objetivo avaliar os resultados destes métodos, mostrando quais as perdas calculadas podem ser consideradas aceitáveis, dentro de uma certa precisão.

Neste artigo serão utilizados 5 métodos de cálculo de perdas em MIT's, sendo que três deles serão apresentados a seguir e dois são programas comerciais que nos foram fornecidos por uma empresa de consultoria.

A partir dos resultados obtidos, TABELAS serão apresentadas comparando os valores obtidos entre os métodos estudados e os dados ensaiados dos motores.

2 - METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DAS PERDAS EM MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

2.1 - SIMBOLOGIA:

P_{tn}: Perdas Totais

P_o: Perdas a vazio

P_{j1}: Perdas Joule nos enrolamentos do estator

P_{j2}: Perdas Joule nos enrolamentos do rotor

P_{hf}: Perdas por Histerese e Foucault

P_{av}: Perdas por Atrito e Ventilação

P_s: Perdas Suplementares

P_n: Potência Nominal

U_n: Tensão Nominal

I_n: Corrente Nominal

η_n: Rendimento Nominal

n₁: Velocidade Síncrona

n_n: Velocidade Nominal

FP: Fator de Potência Nominal

FP_p: Fator de Potência na partida

M_n: Conjugado Nominal

M_k: Relação do Conjugado Máximo pelo Conjugado Nominal (M_{max} / M_n)

I_p: Relação da corrente de partida pela corrente nominal (I_p / I_n)

s_n: Escorregamento nominal

s_k: Escorregamento para o conjugado máximo

R₁: Resistência do enrolamento do estator por fase

R_{2n}: Resistência do enrolamento do rotor, referida ao estator, por fase

I_{2n}: Corrente nominal do rotor, referida ao estator

I_o: Corrente a vazio

K_o: Relação entre as perdas a vazio e as perdas totais (P_o / P_t) - TABELA 1

K_x: Fator que depende do tipo de motor - TABELA 2

TABELA 1				
Potência [KW]	Ko = Relação entre as perdas a vazio e as perdas totais			
	2 polos	4 polos	6 polos	8 polos
0,06 - 1,50	0,35	0,45	0,50	0,50
2,20 - 15,0	0,25	0,25	0,30	0,30
18,5 - 22,0	0,25	0,30	0,35	0,30
30,0 - 55,0	0,35	0,40	0,35	0,30
75,0 - 160	0,40	0,40	0,35	0,30

TABELA 2	
TIPO DE MOTOR	Kx
Bobinado	2,00
Gaiola - N	2,67
Gaiola - D	2,00
Gaiola - H	1,43

$$s_n = \frac{n_1 - n_n}{n_1}$$

$$s_k = s_n \cdot \left(M_k + \sqrt{M_k^2 - 1} \right)$$

MODELO 1:

Perdas Totais

$$P_{tn1} = P_n \cdot \left(\frac{1}{\eta_n} - 1 \right)$$

Perdas a vazio

$$P_o = K_o \cdot P_{tn1}$$

$$I_o = I_n \cdot \left[\sqrt{1 - FP^2} - \left(\frac{s_n}{s_k} \right) \cdot FP \right]$$

Perdas Joule no Rotor

$$P_{j21} = s_n \cdot P_n \cdot \frac{n_1}{n_n}$$

Perdas Joule no Estator

$$P_{j11} = P_{tn1} - P_o - P_{j21}$$

$$R_{11} = \frac{P_{j1}}{3 \cdot I_n^2}$$

MODELO 2:

Utilizamos $K_x = 2$

Perdas Totais

$$P_{tn2} = P_n \cdot \left(\frac{1}{\eta_n} - 1 \right)$$

Perdas no Estator

$$R_{12} = \frac{1}{I_p} \cdot \left[F_{Pp} - \frac{1}{I_p} \cdot M_k \cdot \frac{2 \cdot s_k}{(s_k^2 + 1)} \cdot \frac{\eta_n \cdot FP}{(1 - s_n)} \right] \cdot \frac{U_n^2 \cdot \eta_n \cdot FP}{P_n}$$

$$P_{j12} = 3 \cdot R_{12} \cdot I_n^2$$

Perdas Suplementares

$$P_{s2} = 0.005 \cdot \frac{P_n}{\eta_n}$$

Perdas por Histerese e Foucault

$$P_{hf2} = \frac{2}{3} \cdot K_o \cdot P_{tn2}$$

Perdas por Atrito e Ventilação

$$P_{av2} = \frac{1}{3} \cdot K_o \cdot P_{tn2}$$

Perdas Joule no Rotor

$$P_{j22} = P_{tn2} - P_{j12} - P_{hf2} - P_{s2} - P_{av2}$$

$$I_{2n2} = I_n \cdot FP \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{s_n}{K_x \cdot s_k} \right)^2}$$

$$R_{2n2} = \frac{P_{j22}}{3 \cdot I_{2n2}^2}$$

$$I_o = I_n \cdot \left[\sqrt{1 - FP^2} - \left(\frac{sn}{K_x \cdot sk} \right) \cdot FP \right]$$

MODELO 3:

Perdas no Estator

$$I_{2n3} = I_n \cdot FP \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{sn}{sk} \right)^2}$$

$$R_{2n3} = \frac{sn}{1 - sn} \cdot \left(\frac{P_n}{3 \cdot I_{2n3}^2} \right)$$

$$P_{j23} = 3 \cdot R_{2n3} \cdot I_{2n3}^2$$

Perdas no Estator

$$R_{13} = \sqrt{\frac{180 \cdot R_{2n3} \cdot Un^2}{6 \cdot \pi \cdot sk \cdot n_l \cdot Mk \cdot Mn}} - \left(\frac{R_{2n3}}{sk} \right)^2 - \frac{R_{2n3}}{sk}$$

$$P_{j13} = 3 \cdot R_{13} \cdot I_n^2$$

Perdas a vazio

$$K_{o3} = \frac{P_{j13} + P_{j23}}{P_n \cdot \left(\frac{1}{\eta_n} - 1 \right)}$$

$$P_{o3} = (1 - K_{o3}) \cdot P_n \cdot \left(\frac{1}{\eta_n} - 1 \right)$$

2.1.1 - ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

A seguir serão apresentadas TABELAS contendo os dados nominais dos motores, as perdas destes motores calculadas pelos métodos apresentados anteriormente e mais dois métodos e uma TABELA comparando os resultados obtidos pelos métodos com os dados ensaiados de cada motor.

TABELA DE DADOS								
DADOS NOMINAIS	MOTOR 1	MOTOR 2	MOTOR 3	MOTOR 4	MOTOR 5	MOTOR 6	MOTOR 7	MOTOR 8
Potência Nominal [cv]	450	250	5	100	20	10	75	40
Tensão Nominal [V]	575	440	380	440	440	220	440	440
Corrente Nominal [A]	390	286	7,53	120	26,86	26,77	93,99	51,04
Velocidade Nominal [rpm]	1785	1790	1720	1180	1744	1761	1770	1775
Rendimento 100 % Pot. Nom.	0,9649	0,9454	0,8632	0,9408	0,8550	0,8480	0,9000	0,8710
Rendimento 50 % Pot. Nom.	0,9606	0,9199	0,8520	0,9318	0,8550	0,7953	0,8965	0,8488
cos ϕ 100 % Pot. Nom.	0,880	0,894	0,860	0,870	0,840	0,848	0,855	0,854
cos ϕ 50 % Pot. Nom.	0,879	0,851	0,691	0,755	0,688	0,723	0,763	0,716
Mk / Mn	2,10	2,30	3,57	2,52	2,3	2,9	2,3	3,1
Mp / Mn	1,63	1,91	3,41	2,66	1,5	1,9	1,7	2,6
Ip / In	4,75	6,1	8,7	6,9	8,1	8,1	5,2	9,6
Potência a vazio [KW]	4,740	6,810	0,232	1,896	0,775	0,658	2,229	2,187
cos ϕ na partida	0,3580	0,3458	0,7356	0,4273	0,3940	0,3240	0,2840	0,3760

TABELA DAS PERDAS							
Motor	Discriminização das Perdas	PERDAS (KW)					
		Medida	Calculada				
			Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
[1]	Vazio	4,740	4,740	-	4,704	7,346	-
	Joule no Estator	3,558	4,839	9,039	4,876	0,883	-
	Joule no Rotor	2,239	2,781	*	2,781	3,768	-
	Suplementares	1,598	-	1,717	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	3,160	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	1,580	-	-	-
	Totais	12,054	12,361	12,361	12,361	11,997	11,048
[2]	Vazio	6,810	6,810	-	4,955	5,946	-
	Joule no Estator	1,909	2,841	11,750	4,696	3,381	-
	Joule no Rotor	1,062	1,034	**	1,034	1,349	-
	Suplementares	0,467	-	0,978	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	4,540	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	2,270	-	-	-
	Totais	10,163	10,684	10,684	10,684	10,675	13,158
[3]	Vazio		0,232	-	0,273	0,279	-
	Joule no Estator		0,182	0,314	0,142	0,141	-
	Joule no Rotor		0,172	0,019	0,172	0,169	-
	Suplementares		-	0,021	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	0,155	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	0,077	-	-	-
	Totais		0,586	0,586	0,586	0,589	0,718
[4]	Vazio	1,896	1,896	-	1,756	1,832	-
	Joule no Estator	1,255	1,552	4,164	1,692	1,207	-
	Joule no Rotor	1,151	1,271	*	1,271	1,696	-
	Suplementares	0,580	-	0,399	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	1,264	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	0,632	-	-	-
	Totais	4,773	4,719	4,719	4,719	4,735	3,715
[5]	Vazio	0,351	0,775	-	1,055	1,054	-
	Joule no Estator	0,771	1,287	0,837	1,008	1,053	-
	Joule no Rotor	0,462	0,482	0,844	0,482	0,411	-
	Suplementares	0,941	-	0,088	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	0,517	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	0,258	-	-	-
	Totais	2,526	2,544	2,544	2,544	2,518	2,917
[6]	Vazio	0,148	0,658	-	0,731	0,645	-
	Joule no Estator	0,380	0,520	0,322	0,448	0,489	-
	Joule no Rotor	0,164	0,166	0,320	0,166	0,182	-
	Suplementares	0,707	-	0,044	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	0,439	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	0,219	-	-	-
	Totais	1,399	1,344	1,344	1,344	1,316	1,874
[7]	Vazio	0,387	2,229	-	2,146	2,472	-
	Joule no Estator	1,435	2,950	2,874	3,033	2,428	-
	Joule no Rotor	0,999	0,932	0,702	0,932	1,240	-
	Suplementares	3,383	-	0,306	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	1,486	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	0,743	-	-	-
	Totais	6,203	6,111	6,111	6,111	6,140	5,740
[8]	Vazio	0,336	2,187	-	2,832	2,274	-
	Joule no Estator	0,800	1,833	1,311	1,189	1,515	-
	Joule no Rotor	0,429	0,412	0,773	0,423	0,500	-
	Suplementares	2,833	-	0,172	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	1,458	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	0,729	-	-	-
	Totais	4,397	4,443	4,443	4,443	4,288	5,528

TABELA DAS PERDAS							
Motor	Discriminização das Perdas	PERDAS (%)					
		Medida	Calculada				
			Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
[1]	Vazio	39,32	38,35	-	38,06	61,23	-
	Joule no Estator	29,52	39,15	73,13	39,45	7,36	-
	Joule no Rotor	18,57	22,50	*	22,50	31,41	-
	Suplementares	13,26	-	13,89	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	25,56	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	12,78	-	-	-
	Totais (% Pn)	3,64	3,73	3,73	3,73	3,62	3,34
[2]	Vazio	67,01	63,74	-	46,38	55,70	-
	Joule no Estator	18,78	26,59	109,98	43,95	31,67	-
	Joule no Rotor	10,45	9,68	**	9,68	12,64	-
	Suplementares	4,60	-	9,15	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	42,49	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	21,25	-	-	-
	Totais (% Pn)	5,49	5,78	5,78	5,78	5,77	7,11
[3]	Vazio		39,59	-	46,59	47,37	-
	Joule no Estator		31,06	53,58	24,23	23,94	-
	Joule no Rotor		29,35	3,24	29,35	28,69	-
	Suplementares		-	3,58	-	-	-
	Histerese e Foucault		-	26,45	-	-	-
	Atrito e Ventilação		-	13,14	-	-	-
	Totais (% Pn)		15,84	15,84	15,84	15,92	19,41
[4]	Vazio	39,72	40,18	-	37,21	38,69	-
	Joule no Estator	26,29	32,89	88,24	35,86	25,49	-
	Joule no Rotor	24,11	26,93	*	26,93	35,82	-
	Suplementares	12,15	-	8,46	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	26,78	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	13,39	-	-	-
	Totais (% Pn)	6,36	6,29	6,29	6,29	6,31	4,95
[5]	Vazio	13,90	30,46	-	41,47	38,69	-
	Joule no Estator	30,55	50,59	32,90	39,62	25,49	-
	Joule no Rotor	18,31	18,95	33,18	18,95	35,82	-
	Suplementares	37,25	-	3,46	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	20,32	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	10,14	-	-	-
	Totais (% Pn)	16,84	16,96	16,96	16,96	16,79	19,45
[6]	Vazio	10,58	48,96	-	54,39	49,01	-
	Joule no Estator	27,18	38,69	23,96	33,33	37,16	-
	Joule no Rotor	11,72	12,35	23,81	12,35	13,83	-
	Suplementares	50,54	-	3,27	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	32,66	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	16,29	-	-	-
	Totais (% Pn)	18,65	17,92	17,92	17,92	17,55	24,99
[7]	Vazio	6,24	36,48	-	35,12	40,26	-
	Joule no Estator	23,13	48,27	47,03	49,63	39,54	-
	Joule no Rotor	16,10	15,25	11,49	15,25	20,20	-
	Suplementares	54,54	-	5,00	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	24,32	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	12,16	-	-	-
	Totais (% Pn)	11,28	11,11	11,11	11,11	11,16	10,45
[8]	Vazio	7,64	49,22	-	63,74	53,03	-
	Joule no Estator	18,18	41,26	29,51	26,76	35,33	-
	Joule no Rotor	9,76	9,27	17,40	9,52	11,66	-
	Suplementares	64,43	-	3,87	-	-	-
	Histerese e Foucault	-	-	32,82	-	-	-
	Atrito e Ventilação	-	-	16,40	-	-	-
	Totais (% Pn)	14,66	14,81	14,81	14,81	14,29	18,43

* Neste caso a perda no estator foi demasiadamente elevada (73% e 88%), o que impossibilitou o cálculo da perda no rotor.

** Neste caso a perda no estator já ultrapassou o valor das perdas totais.

TABELA DE COMPARAÇÃO DOS VALORES DE R1											
Motor	Resistência do Estator (R1)										
	Medido	Calculado									
		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 5	
		R1 [Ω]	ΔR1 (%)	R1 [Ω]	ΔR1 (%)	R1 [Ω]	ΔR1 (%)	R1 [Ω]	ΔR1 (%)	R1 [Ω]	ΔR1 (%)
[1]	0,0128	0,0106	17,19	0,0198	-54,69	0,0107	16,41	0,0019	85,16	0,0057	55,47
[2]	0,0125	0,0120	4,00	0,0479	-283,20	0,0190	-52,00	0,0137	-9,60	0,0280	- 124,00
[3]	1,9500	1,0700	45,13	1,8480	5,23	0,8320	57,33	0,8197	57,96	2,8437	- 45,83
[4]	0,0476	0,0340	28,57	0,0964	-102,52	0,0392	17,65	0,0275	42,23	***	***
[5]	0,9020	0,5950	34,04	0,3866	57,14	0,4656	48,38	0,4790	46,90	1,0765	- 19,35
[6]	0,4390	0,2420	44,87	0,1497	65,90	0,2082	52,57	0,2265	48,41	0,6522	-48,65
[7]	0,1380	0,1110	19,57	0,1084	21,45	0,1144	17,10	0,0911	33,99	0,1139	17,46
[8]	0,2480	0,2340	5,65	0,1677	32,38	0,1521	38,67	0,1915	22,78	0,5720	- 130,65

TABELA DE COMPARAÇÃO DOS VALORES DE Io											
Motor	Corrente a Vazio (Io)										
	Medida	Calculada									
		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 5	
		Io [A]	ΔIo (%)	Io [A]	ΔIo (%)	Io [A]	ΔIo (%)	Io [A]	ΔIo (%)	Io [A]	ΔIo (%)
[1]	66,50	98,28	- 47,79	141,76	- 113,17	98,28	- 47,79	80,21	- 20,62	74,52	- 12,06
[2]	64,00	69,65	- 8,83	98,90	- 54,53	69,65	- 8,83	63,35	1,02	62,94	1,66
[3]	3,36	2,92	13,10	3,38	- 0,60	2,92	13,10	3,24	3,57	4,03	- 19,94
[4]	35,86	37,57	- 4,77	48,37	- 34,89	37,57	- 4,77	32,29	9,96	36,39	- 1,48
[5]	11,39	9,41	17,38	11,99	- 5,27	9,41	17,38	11,46	- 0,61	13,01	- 14,22
[6]	10,60	10,15	4,25	12,17	- 14,81	10,15	4,25	10,76	- 1,51	13,42	- 26,60
[7]	30,56	30,36	0,65	39,55	- 29,42	30,36	0,65	26,25	14,10	30,16	1,31
[8]	21,24	19,33	8,99	22,94	- 8,00	19,33	8,99	20,03	5,70	22,67	- 6,73

*** O método apresentou valor de R1 negativo.

2.1.2 - COMENTÁRIOS

As fórmulas apresentadas para os modelos anteriores são para valores nominais dos motores, sendo que para valores fora da condição nominal existem outras fórmulas ou deverá ser efetuado um ajuste.

Os valores de catálogo são resultados médios obtidos para um determinado grupo de motores, o que pode não representar especificamente o motor ao qual estamos estudando.

Assim quando estivermos utilizando dados de catálogo introduziremos um erro nos cálculos, pois não correspondem aos valores reais dos motores estudados.

Para os Métodos 1, 3 e 4, as Perdas a vazio engloba as Perdas por Histerese e Foucault, as Perdas por Atrito e Ventilação e as Perdas Suplementares.

Para o cálculo das perdas reais nos motores foi utilizado o Método Direto IEEE 112 (Método B) / NBR 5383 item 12.15.2, onde as Perdas Suplementares engloba as Perdas por Histerese e Foucault e as Perdas por Atrito e Ventilação.

O valor da resistência dos enrolamentos do estator (R1) é fortemente influenciado pelo tipo e características do material que são feitos estes enrolamentos. Também a temperatura é um fator importante para o cálculo de R1, sendo que devemos utilizar a seguinte fórmula para a correção de R1 devido a temperatura:

$$R1_t = R1 \cdot \left(\frac{234.5 + 75}{234.5 + te} \right)$$

onde: R1 - Resistência elétrica medida a frio na temperatura de ensaio;

R1_t - Resistência elétrica a quente corrigida para 75°C;

te - Temperatura de ensaio.

Observamos que quando utilizamos o Modelo 2 para motores de médio porte (acima de 100 [cv]), este apresenta um valor para a Perda no Estator muito elevado, chegando algumas vezes, ocorrer do valor da Perda no Estator ser superior ao das Perdas Totais, o que é incoerente.

Este método utiliza como parâmetro para cálculo das perdas nos motores o valor do fator de potência de partida, como este é um dado que não é fornecido em catálogos o autor do método sugere que utilizemos este valor igual a 0,2.

Porém, quando utilizamos este valor para motores de pequeno porte, verificamos uma grande discrepância entre o valor calculado e o valor medido. Então sugerimos que seja feita uma análise levando em conta a potência do motor a ser estudado, para depois definirmos o valor do fator de potência de partida.

O fator Ko - relação entre as Perdas a vazio e as Perdas Totais, utilizado para o cálculo das Perdas em vazio no Método 1 e cálculo das Perdas por Histerese e Foucault e Perdas por Atrito e Ventilação no Método 2, pode ser obtido através de uma TABELA (dada anteriormente), porém os valores apresentados na TABELA foram fornecidos por um único fabricante e são limitados para motores com potência nominal de até 160 [KW].

Com isso, não sabemos se os valores de K_o fornecidos por este fabricante também são válidos para os demais fabricantes e, para motores com potência nominal acima de 160 [KW] a TABELA fornecida não dispõe dos valores de K_o . Porém, para efeito de análise deste trabalho, utilizamos o valor real de K_o , calculado pela razão entre a Potência a vazio nominal ensaiada e as Perdas Totais dos motores.

A seguir será apresentada uma TABELA comparando os valores de K_o , fornecidos pelo fabricante, calculado através do Modelo 3 e o valor real de K_o .

Motor	Ko - Relação entre as Perdas a Vazio e as Perdas Totais		
	Fabricante	Real	Modelo 3
1	0,40	0,38	0,62
2	0,40	0,64	0,54
3	0,25	0,40	0,53
4	0,40	0,40	0,63
5	0,25	0,30	0,59
6	0,25	0,49	0,46
7	0,40	0,36	0,65
8	0,40	0,49	0,36

Obs: Para os motores com potência nominal acima de 160 [KW], utilizamos o valor de K_o dado pelo fabricante como sendo os valores de um motor de 160 [KW].

Analisando os valores obtidos anteriormente verificamos que a distribuição das perdas em motores de indução trifásicos pode ser dada, em termos de porcentagem, como segue:

Especificação das Perdas	% em relação as Perdas Totais		
	Real	Métodos 1, 3, 4	Método 2
Perdas a vazio	*	35 - 55	-
Perdas no estator	18 - 30	25 - 50	25 - 50
Perdas no rotor	10 - 25	10 - 30	10 - 30
Perdas por Histerese e Foucault	-	-	25 - 40
Perdas por Atrito e Ventilação	-	-	10 - 15
Perdas Suplementares	*	-	03 - 10

* Neste caso constatamos que deve ser feita uma divisão em relação às Potências dos Motores.

Para motores de pequeno porte (< 100 [cv]) Perdas a vazio: 5 - 15

Perdas Suplementares: 40 - 65

Para motores de médio porte (> 100 [cv]) Perdas a vazio: 40 - 65

Perdas Suplementares: 5 - 15

3 - CONCLUSÃO

Analisando os resultados obtidos através dos métodos e comparando com os valores ensaiados, verificamos que a Perda Total dos motores se aproxima bastante do valor real, em todos os métodos.

Porém, quando tentamos calcular as perdas internas separadamente, constatamos que estas apresentam uma discrepância muito elevada ao serem comparadas com os valores reais.

Esta diferença se deve as aproximações realizadas em cada método para o cálculo dos parâmetros internos dos motores e devido aos dados de catálogo, que como já foi dito, representarem uma média para um determinado grupo de motores.

Assim, concluímos que a única grandeza confiável quando estamos utilizando métodos aproximados para cálculo das perdas em MIT's são as Perdas Totais. Entretanto, para os usuários esta é a grandeza que realmente interessa, pois ela possibilita avaliarmos o desempenho global do motor, sendo que o cálculo das perdas separadamente é importante somente para os projetistas de motores, para que possam avaliar estas perdas e assim saber em que parcela deve agir para melhorar o desempenho do motor.

4 - BIBLIOGRAFIA

- [1] - Arango, Hector; Sá, Jocélio Souza; Especificação de Motores Elétricos, Apostila FUPAI, 1984;
- [2] - Almeida, Antônio Tadeu L.; Especificação de Motores de Indução Trifásicos Controlados pela Variação Combinada da Tensão do Estator e da Resistência do Rotor, Tese de Mestrado, 1986 - EFEI;
- [3] - Sá, Jocélio Souza; Contribuição à Análise do Comportamento Térmico de Motores de Indução Trifásicos com Rotor do Tipo Gaiola, Tese de Doutorado, 1989 - UNICAMP;
- [4] - Cogo, João Roberto e outros; Avaliação do Desempenho dos Motores Elétricos Trifásicos - Relatório Síntese, 1990.