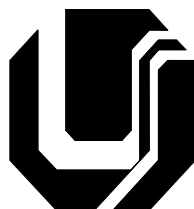


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



ORIENTADOR: LUCIANO MARTINS NETO, DSc

ORIENTANDO: EUDINEI DE OLIVEIRA SILVA

**30 de Julho
2006**

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo sistema bibliotecas da UFU/ setor de catalogação e classificação.

S586a	Silva, Eudinei de Oliveira Avaliação eletromecânica do motor trifásico assimétrico com alimentação monofásica/ Eudinei de Oliveira Silva – Uberlândia, 2006. 94 f.: il. Orientador: Luciano Martins Neto. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Inclui bibliografia. 1.Máquinas elétricas – Teses. 2. Motores elétricos – Teses. I. Martins Neto, Luciano. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em engenharia Elétrica. III. Título. CDU: 621.313
-------	---

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

AVALIAÇÃO ELETROMECÂNICA
DO MOTOR TRIFÁSICO
ASSIMÉTRICO COM
ALIMENTAÇÃO MONOFÁSICA

Dissertação apresentada por Eudinei de Oliveira Silva
à Universidade Federal de Uberlândia para obtenção
do título de Mestra em Engenharia Elétrica aprovada
em 30 de Julho de 2006 pela Banca Examinadora:

Professor Luciano Martins Neto, DSc (Orientador);
Professora Tereza Irene R. C. M. Gomes, DSc – CEFET/MT;
Professor Décio Bispo, DSc-UFU.

Uberlândia, 30 de Julho de 2006.

**AVALIAÇÃO ELETROMECÂNICA
DO MOTOR TRIFÁSICO
ASSIMÉTRICO COM
ALIMENTAÇÃO MONOFÁSICA**

EUDINEI DE OLIVEIRA SILVA.

Dissertação apresentada por Eudinei de Oliveira Silva à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Profº Luciano Martins Neto
Orientador

Profº Alcimar Barbosa Soares
Coordenador do Curso de Pós-Graduação

DEDICATÓRIA

**Aos meus pais, Walter Silva (in
memorian) e Maria de Oliveira Silva.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e em seguida, a todos aqueles que contribuíram para realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia, por intermédio do Departamento de Engenharia Elétrica, pelo interesse demonstrado no convênio do Mestrado Interinstitucional.

Ao meu orientador, Professor Luciano Martins Neto pela amizade, dedicação, paciência e pela competente, segura e valiosa orientação prestada, com as indicações certas e precisas, em todos os momentos da realização deste trabalho.

À Professora Tereza Irene R. C. Malheiro Gomes, pelo apoio e sugestões.

Ao professor Antônio de Pádua Finazzi, pela grande colaboração e sugestões.

A CAPES pela concessão de bolsa de mestrado durante o período de afastamento das minhas atividades acadêmicas.

Aos muitos outros, mestres, amigos, ou simples conhecidos, os quais foram, de modos muito diferentes, fundamentais na minha formação e que prestaram auxílio em muitas ocasiões.

Às empresas TRAEI TRANSFORMADORES ELÉTRICOS, DISMAFE DISTRIBUIDORA DE MÁQUINAS E FERRAMENTAS, ABR MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS E SELCO MATERIAIS ELÉTRICOS E CONSTRUÇÕES, pelo apoio logístico e boa vontade na execução dos trabalhos.

RESUMO

SILVA, Eudinei, Avaliação Eletromecânica do Motor Trifásico Assimétrico com Alimentação Monofásica, Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica - UFU, 2006, 95pp.

O objetivo principal deste trabalho é dimensionar, produzir e avaliar um motor trifásico assimétrico com alimentação monofásica, vislumbrando sua utilização em comunidades rurais. Para o dimensionamento foi utilizada a base teórica já existente anexado ao EXCEL e VISUAL BASIC, por apresentarem domínio público e fácil visualização dos resultados. O protótipo foi construído a partir do motor trifásico convencional alterando-se apenas o número de espiras nas fases e auxiliado por um capacitor. A sua avaliação foi realizada em um sistema de irrigação em condições reais de trabalho. Baseado em leituras do medidor de grandezas elétricas, foi possível concluir que o motor trifásico assimétrico com alimentação monofásica mostrou-se operacional, atingindo o objetivo proposto.

ABSTRACT

SILVA, Eudinei Eletromecanic Evaluation of an asymmetric Three Phase Motor by One Phase Supplied, Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU, 2006, 95pp.

This work has the aim of estimating, producing and evaluating an asymmetric three phase motor by one phase supplied in order to be used in rural communities. It is used an existing theoretical basis with EXCEL and the VISUAL BASIC to it estimations these tools are public domain and present an easy result show. The model was built from a conventional three-phase motor only changing the phase coinding the phase number and the assistance of capacitor. It evaluation was made inside an irrigation system working at real time. Though electrical measurements, this asymmtric three-phase motor model perfomance proved being good, reaching it purpose.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	01
I.1 - Objetivo e Justificativa.....	01
I.2 - Exposição do Trabalho.....	03
 CAPÍTULO II – MODELAGEM DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO ASSI- MÉTRICO..	 04
II.1 – Equações Básicas.....	04
II.2 – Cálculo das Grandezas Elétricas e Mecânicas do Motor.....	16
II.2.1 – Conexão Estrela (Y).....	16
II.2.2 – Conexão Delta (Δ).....	27
II.3 - Conclusão.....	33
 CAPÍTULO III – PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE UM MO- TOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO ASSIMÉTRICO.....	 34
III.1 – Filosofia do Projeto.....	34
III.2 – Ensaio do Motor Trifásico Convencional.....	34
III.2.1 – Ensaio com o Rotor em Vazio.....	37
III.2.2 – Ensaio com o Rotor Bloqueado.....	40
III.2.3 – Medição da Resistência do Estator.....	43
III.2.4 – Cálculo dos Parâmetros do Circuito Equivalente.....	43
III.2.5 – Ensaio em Carga.....	49
III.3 – Protótipo do Motor Assimétrico.....	53
III.3.1 – Implementação Computacional do Modelo e Projeto do Motor Assimétri- co.....	53
III.3.2 – Projeto do Protótipo.....	55
 CAPÍTULO IV – ENSAIO EXPERIMENTAL DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁ- SICO ASSIMÉTRICO.....	 65
IV.1 – Ensaio do Motor Assimétrico em Vazio.....	65
IV.2 – Ensaio do Motor Assimétrico com Carga Nominal.....	72

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES.....	91
V.1 – Conclusões Finais.....	91
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	93

CAPÍTULO I

1 - INTRODUÇÃO.

1.1 - OBJETIVO E JUSTIFICATIVA.

O presente estudo visa beneficiar as localidades rurais, no Brasil, onde o sistema de distribuição de energia elétrica, quase que na sua totalidade, é monofásica. Geralmente os motores elétricos utilizados em propriedades rurais são monofásicos, comercialmente limitados à potência máxima de 12,5 Cv, até alguns anos atrás. Atualmente existem disponíveis no mercado motores monofásicos acima de 12,5 Cv, porém com uma série de desvantagens elétricas e mecânicas, além do custo extremamente alto. O custo de um motor de 50 Cv monofásico gira em torno de US\$ 1.965,00 tendo como agravante o quadro de comando e proteção com o custo médio de US\$ 4.108,00. Com a mecanização da agricultura e a necessidade de melhorar a produtividade, o sistema de irrigação vem se tornando ponto de fundamental importância, desencadeando a necessidade dos motores acima de 12,5 Cv.

Para satisfazer esta condição existem duas possibilidades mais atuais. A primeira, estender uma linha trifásica e a segunda utilizar o motor monofásico citado anteriormente. Ambas as possibilidades são dispendiosas. O custo de uma linha trifásica de 13,8 KV está em torno de US\$ 5.700,00 por Km, enquanto que a monofásica pode chegar a 40% deste valor. O motor monofásico atualmente que existe no mercado custa US\$ 1.965,00 para 50 Cv enquanto que o trifásico de mesma potência custa US\$ 755,00.

Para atender com qualidade e custo compatível esta necessidade do produtor rural, lança-se mão de um motor que concilia a alimentação monofásica, com a robustez, fácil manutenção e disponibilidade de maiores potências com características eletromecânicas e custo próximo ao motor de indução trifásico comercial.

No programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), existe uma linha de pesquisa sobre o motor de indução trifásico assimétrico com alimentação monofásica, onde duas dissertações de mestrado já foram defendidas mostrando a viabilidade técnica do funcionamento de tal motor. A primeira dissertação [1], desenvolveu sua modelagem no domínio da frequência e comparou seu funcionamento com o motor monofásico comercial, concluindo sobre suas vantagens e desvantagens, particularidades nesta comparação. A segunda dissertação [2], apresenta a

modelagem no domínio da frequência e desenvolve a modelagem no domínio do tempo e estuda as oscilações do conjugado em função dos fatores de passo e distribuição dos enrolamentos, baseando-se nos harmônicos espaciais de enrolamento. Esta dissertação apresenta como protótipo um motor de 2 Cv, os resultados dos ensaios experimentais comprovaram a validade da filosofia de projeto obtida a partir das modelagens nos domínios do tempo e da frequência. Esses dois trabalhos formaram uma base bastante segura para se projetar motores assimétricos de potências compatíveis com as aplicações rurais, principalmente na irrigação.

Apenas para maior comodidade de leitura deste trabalho, a seguir será descrito o motor de indução trifásico assimétrico alimentado monofasicamente, desenvolvido nas duas referidas dissertações. Este tipo de motor reúne as condições necessárias para atender as necessidades do produtor rural. A sua alimentação é monofásica e as suas características nominais são iguais ou até melhores que a do motor trifásico comercial. Seu custo não deverá exceder muito (inferior a 50%) ao motor trifásico comercial, uma vez que as únicas modificações que ele apresenta em relação ao trifásico são o número de espiras diferente para fases e um capacitor adicional.

Assim, o objetivo deste trabalho é projetar, construir e ensaiar em campo um motor de indução trifásico assimétrico com alimentação monofásica, tendo como embasamento científico os estudos realizados nas teses anteriores, ficando os critérios de projeto restrito a modelagem no domínio da frequência. Para satisfazer a condição do motor ser ensaiada em campo, a potência do motor deve ser compatível a um serviço rural que exija um motor acima de 12,5 Cv. Foi escolhida a potência de 20 CV para o referido motor com alimentação monofásica em 220 V e ligação Δ .

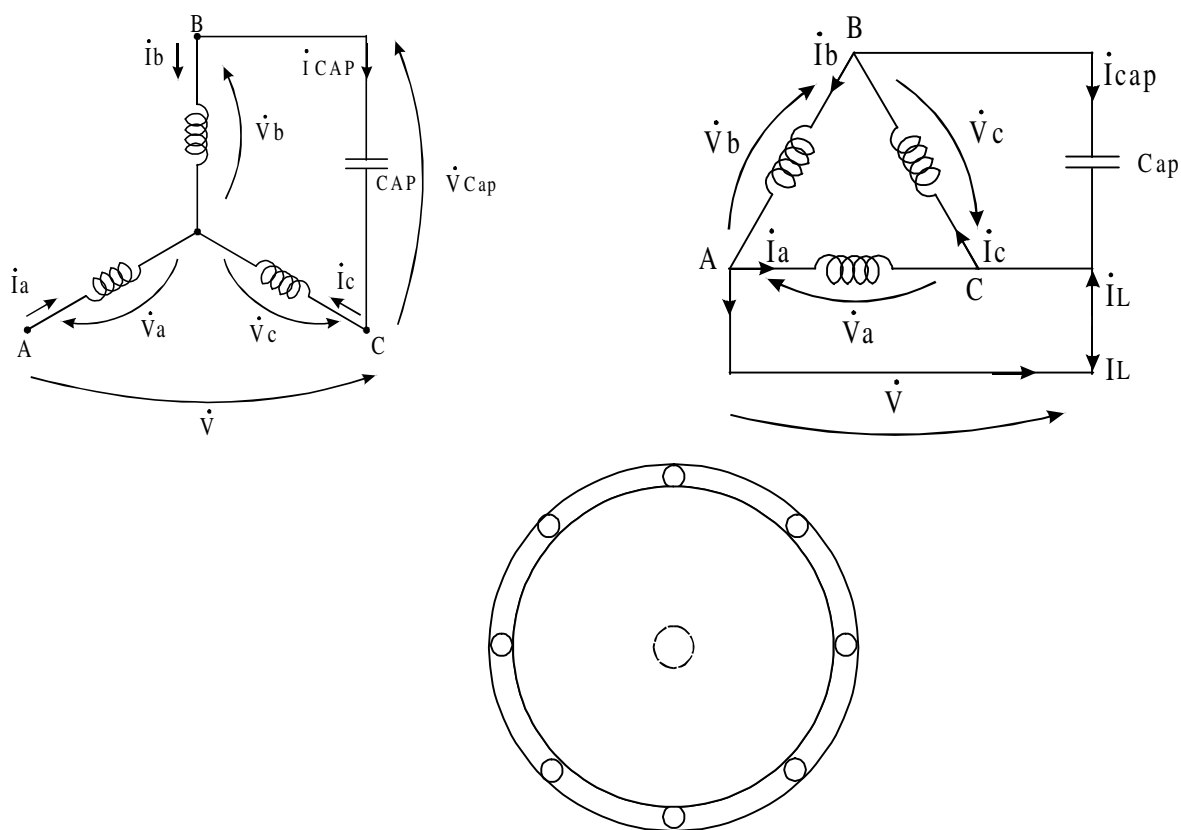


Fig.I – Motor de indução trifásico assimétrico com rotor gaiolo de esquila.

I.2. - EXPOSIÇÃO DO TRABALHO.

O trabalho é desenvolvido aplicando-se uma metodologia apresentada em cinco capítulos.

No capítulo II apresenta-se uma modelagem simétrica, desenvolvida no domínio da frequência e que apenas por comodidade é transcrita.

No capítulo III faz-se o estudo do projeto do motor de indução trifásico assimétrico, apresentando-se os ensaios do motor trifásico comercial que se transformará num motor assimétrico.

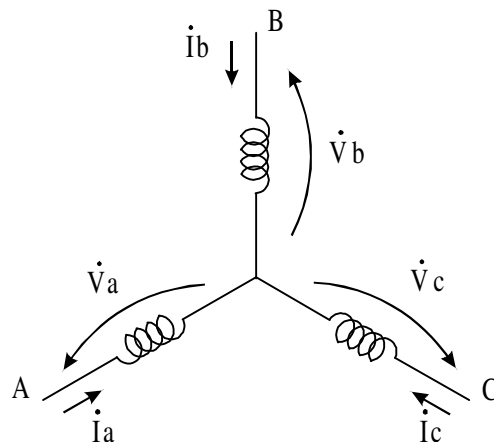
No capítulo IV são apresentados os ensaios experimentais do protótipo. E finalmente o capítulo V refere-se às conclusões finais.

CAPÍTULO II

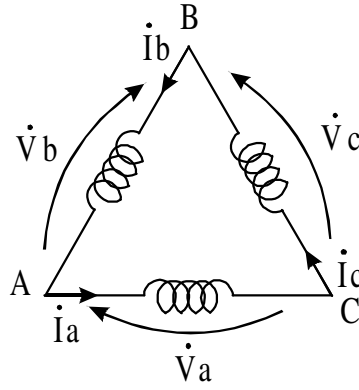
MODELAGEM DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO ASSIMÉTRICO

II.1 – EQUAÇÕES BÁSICAS

As equações básicas a serem desenvolvidas referem-se às relações que existem entre as tensões nos terminais do estator da máquina e certas componentes de correntes a serem posteriormente definidas. Para se chegar a tais equações, inicialmente serão obtidas as relações entre correntes do estator e as mencionadas componentes de correntes. Considere o estator de um motor de indução trifásico em gaiola de esquilo, com N_a , N_b e N_c números de espiras por fase. Alimentando-o por um sistema trifásico de tensões desbalanceadas $\dot{V}_a$, $\dot{V}_b$ e $\dot{V}_c$ e ligado em estrela (Y) ou em (Δ), como indicam as figuras II.1, correntes $\dot{I}_a$, $\dot{I}_b$ e $\dot{I}_c$ circulam nas respectivas fases. Cada corrente produz uma distribuição de força magnetomotriz no entreferro do motor. Estas forças magnetomotrizes estão localizadas espacialmente a 120° elétricos entre si, pois os enrolamentos foram mantidos neste defasamento.



(a)



(b)

*Figura II.1 – O enrolamento do estator (a) em conexão (Y),
(b) em conexão (Δ)*

Em seguida, por questão de comodidade para o leitor transcreve-se uma parte da referência [1] que tem como objetivo equacionar o motor trifásico assimétrico.

No tempo, estas forças magnetomotrizes estão pulsando em fase com as correntes das respectivas fases. Considerando para efeito de análise, apenas a componente fundamental da distribuição espacial de cada força magnetomotriz, o valor máximo de cada uma delas fica proporcional ao produto do número de espiras pela corrente da respectiva fase. Como as correntes podem ser representadas pelos seus fasores, escreve-se:

$$\dot{f} \text{ mm}_a = k \cdot N_a \cdot \dot{I}_a \quad (a)$$

$$\dot{f} \text{ mm}_b = k \cdot N_b \cdot \dot{I}_b \quad (b) \quad (II.1)$$

$$\dot{f} \text{ mm}_c = k \cdot N_c \cdot \dot{I}_c \quad (c)$$

Onde $\dot{f} \text{ mm}_i$ ($i = a, b, c$) é o fasor que representa a força magnetomotriz de cada fase e k é um fator que representa o produto do fator de enrolamento pelo fator de forma do harmônico fundamental e o número de pólos.

O sistema $\dot{f} \text{ mm}_a, \dot{f} \text{ mm}_b$ e $\dot{f} \text{ mm}_c$ é trifásico desbalanceado, pois é gerado pelo sistema desbalanceado de correntes, e então pode-se decompô-lo em componentes simétricas representadas pelas equações (II.2)

$$\dot{f} \text{ mm}_a = \dot{f} \text{ mm}_{a1} + \dot{f} \text{ mm}_{a2} + \dot{f} \text{ mm}_{a0} \quad (\text{a})$$

$$\dot{f} \text{ mm}_b = \dot{f} \text{ mm}_{b1} + \dot{f} \text{ mm}_{b2} + \dot{f} \text{ mm}_{b0} \quad (\text{b}) \quad (\text{II.2})$$

$$\dot{f} \text{ mm}_c = \dot{f} \text{ mm}_{c1} + \dot{f} \text{ mm}_{c2} + \dot{f} \text{ mm}_{c0} \quad (\text{c})$$

Os índices 1, 2 e zero referem-se às componentes simétricas de seqüências positiva, negativa e nula respectivamente. Como as componentes simétricas de uma certa seqüência formam um sistema balanceado, é possível colocá-las na função uma das outras, e desta forma o sistema de equações (II.2) se torna (II.3) em forma matricial.

$$\begin{bmatrix} \dot{f} \text{ mm}_a \\ \dot{f} \text{ mm}_b \\ \dot{f} \text{ mm}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & \alpha & \alpha^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{f} \text{ mm}_{a0} \\ \dot{f} \text{ mm}_{a1} \\ \dot{f} \text{ mm}_{a2} \end{bmatrix} \quad (\text{II.3})$$

As componentes simétricas das forças magnetomotrizes não produzidas por componentes não simétricas de corrente uma vez que “A”, “B” e “C” têm números de espiras diferentes. Chamando $\dot{I}_{ap}$, $\dot{I}_{bp}$ e $\dot{I}_{cp}$ as componentes não-simétricas de correntes que produzem as componentes simétricas de seqüência positiva das forças magnetomotrizes, pode-se escrever as equações:

$$\dot{f} \text{ mm}_{a1} = k \cdot N_a \cdot \dot{I}_{ap} \quad (\text{a})$$

$$\dot{f} \text{ mm}_{b1} = k \cdot N_b \cdot \dot{I}_{bp} \quad (\text{b}) \quad (\text{II.4})$$

$$\dot{f} \text{ mm}_{c1} = k \cdot N_c \cdot \dot{I}_{cp} \quad (\text{c})$$

Da mesma forma, chamando $\dot{I}_{an}$, $\dot{I}_{bn}$ e $\dot{I}_{cn}$ as componentes não-simétricas de correntes que produzem as componentes simétricas de seqüência negativas das forças magnetomotrizes, pode-se:

$$\dot{f} \text{ mm}_{a2} = k \cdot N_a \cdot \dot{I}_{an} \quad (\text{a})$$

$$\dot{f} \text{ mm}_{b2} = k \cdot N_b \cdot \dot{I}_{bn} \quad (\text{b}) \quad (\text{II.5})$$

$$\dot{f} \text{ mm}_{c2} = k \cdot N_c \cdot \dot{I}_{cn} \quad (c)$$

Finalmente, chamando $\dot{I}_{az}$, $\dot{I}_{bz}$ e $\dot{I}_{cz}$ as componentes de correntes que produzem as forças magnetomotrizes de sequência zero, tem-se as equações (II.6):

$$\dot{f} \text{ mm}_{a0} = k \cdot N_a \cdot \dot{I}_{az} \quad (a)$$

$$\dot{f} \text{ mm}_{b0} = k \cdot N_b \cdot \dot{I}_{bz} \quad (b) \quad (II.6)$$

$$\dot{f} \text{ mm}_{c0} = k \cdot N_c \cdot \dot{I}_{cz} \quad (c)$$

Substituindo-se as equações (II.4.a), (II.5.a), (II.6.a) e (II.1) em (II.3), tem-se:

$$\begin{bmatrix} N_a \cdot \dot{I}_a \\ N_b \cdot \dot{I}_b \\ N_c \cdot \dot{I}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & \alpha & \alpha^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} N_a \cdot \dot{I}_{az} \\ N_a \cdot \dot{I}_{ap} \\ N_a \cdot \dot{I}_{an} \end{bmatrix} \quad (II.7)$$

Dividindo a primeira equação do sistema (E) por N_a , a segunda por N_b e a terceira por N_c , tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_a \\ \dot{I}_b \\ \dot{I}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ b & b\alpha^2 & b\alpha \\ c & c\alpha & c\alpha^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{I}_{az} \\ \dot{I}_{ap} \\ \dot{I}_{an} \end{bmatrix} \quad (II.8)$$

Onde:

$$b = \frac{N_a}{N_b}$$

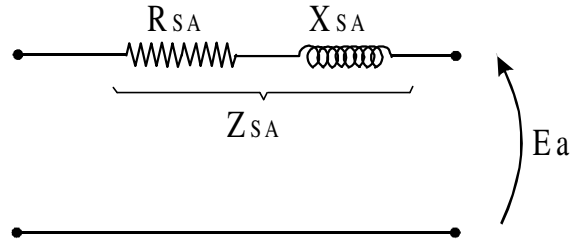
$$c = \frac{N_a}{N_c}$$

Obtidas as relações de corrente (II.8), se faz necessário partir para a obtenção das relações de tensões.

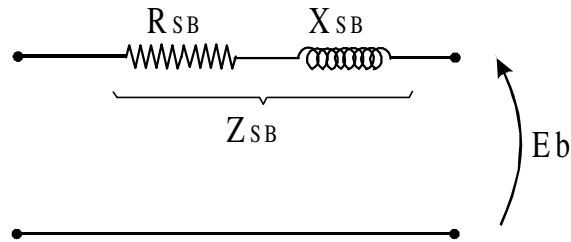
A tensão em cada fase do estator se relaciona com a respectiva corrente e f.e.m. através (II.9).

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_a \\ \dot{V}_b \\ \dot{V}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Z}_{sa} & 0 & 0 \\ 0 & \dot{Z}_{sb} & 0 \\ 0 & 0 & \dot{Z}_{sc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{I}_a \\ \dot{I}_b \\ \dot{I}_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{E}_a \\ \dot{E}_b \\ \dot{E}_c \end{bmatrix} \quad (II.9)$$

$\dot{E}_a$, $\dot{E}_b$ e $\dot{E}_c$ são as tensões induzidas por fase no estator do motor devido aos campos girantes produzidos pela distribuição de força magnetomotriz fmm ($i = a, b, c$), e $\dot{Z}_{sa}$, $\dot{Z}_{sb}$ e $\dot{Z}_{sc}$ as impedâncias que representam a resistência e a reatância de dispersão por fase do estator. Estas impedâncias são mostradas na figura II.3.



(a)



(b)

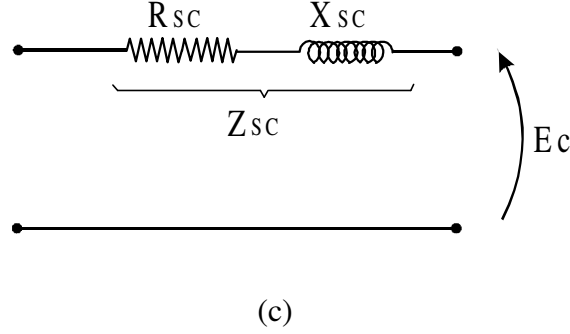


Figura II.2 – Impedância de dispersão do estator do motor assimétrico (a) $\dot{Z}_{sa}$ da fase A, (b) $\dot{Z}_{sb}$ da fase B, (c) $\dot{Z}_{sc}$ da fase C

As tensões $\dot{E}_a$, $\dot{E}_b$ e $\dot{E}_c$, podem ser decompostas nas suas componentes de seqüência positiva $\dot{E}_{ap}$, $\dot{E}_{bp}$ e $\dot{E}_{cp}$ e de seqüência negativa $\dot{E}_{an}$, $\dot{E}_{bn}$ e $\dot{E}_{cn}$. Não existem aqui as componentes de seqüência zero uma vez que as f.e.m.'s têm origem devido à velocidade relativa entre os campos girantes de seqüência positiva e negativa e o estator.

Desta forma pode-se escrever:

$$\dot{E}_a = \dot{E}_{ap} + \dot{E}_{an} \quad (a)$$

$$\dot{E}_b = \dot{E}_{bp} + \dot{E}_{bn} \quad (b) \quad (II.10)$$

$$\dot{E}_c = \dot{E}_{cp} + \dot{E}_{cn} \quad (c)$$

As tensões $\dot{E}_{ap}$, $\dot{E}_{bp}$ e $\dot{E}_{cp}$ são geradas pelo efeito do campo girante de seqüência positiva. Portanto, elas são proporcionais aos respectivos números de espiras por fase, e estão defasadas de 120° elétricos entre si. Relacionando estas tensões pode-se escrever:

$$\frac{\dot{E}_{bp}}{\dot{E}_{ap}} = \frac{N_b}{N_a} \cdot \alpha^2 \quad (a)$$

$$(II.11)$$

$$\frac{\dot{E}_{cp}}{\dot{E}_{ap}} = \frac{N_c}{N_a} \cdot \alpha \quad (b)$$

Da mesma forma, as tensões $\dot{E}_{an}$, $\dot{E}_{bn}$ e $\dot{E}_{cn}$ são geradas pelo campo magnético girante de seqüência negativa, são relacionadas entre si segundo as equações (II.12).

$$\frac{\dot{E}_{bn}}{\dot{E}_{an}} = \frac{N_b}{N_a} \cdot \alpha \quad (a)$$

(II.12)

$$\frac{\dot{E}_{cn}}{\dot{E}_{an}} = \frac{N_c}{N_a} \cdot \alpha^2 \quad (b)$$

As relações (II.11) e (II.12) podem também ser escritas:

$$\dot{E}_{bp} = \frac{\alpha^2}{b} \cdot \dot{E}_{ap} \quad (a)$$

(II.13)

$$\dot{E}_{cp} = \frac{\alpha}{b} \cdot \dot{E}_{ap} \quad (b)$$

$$\dot{E}_{bn} = \frac{\alpha}{b} \cdot \dot{E}_{an} \quad (c)$$

$$\dot{E}_{cn} = \frac{\alpha^2}{c} \cdot \dot{E}_{an} \quad (d)$$

Substituindo-se as equações (II.13) em (II.10) vem:

$$\dot{E}_a = \dot{E}_{ap} + \dot{E}_{an} \quad (a)$$

$$\dot{E}_b = \frac{\alpha^2}{b} \cdot \dot{E}_{ap} + \frac{\alpha}{b} \cdot \dot{E}_{an} \quad (b) \quad (II.14)$$

$$\dot{E}_c = \frac{\alpha}{c} \cdot \dot{E}_{ap} + \frac{\alpha^2}{c} \cdot \dot{E}_{an} \quad (c)$$

As relações entre as componentes $\dot{E}_{ap}$ e $\dot{E}_{an}$ com $\dot{I}_{ap}$ e $\dot{I}_{an}$ podem ser escritas:

$$\dot{E}_{ap} = \dot{Z}_{AP'} \cdot \dot{I}_{ap} \quad (a)$$

(II.15)

$$\dot{E}_{an} = \dot{Z}_{AN'} \cdot \dot{I}_{an} \quad (b)$$

onde $\dot{Z}_{AP'}$ a impedância do circuito é mostrada na figura II.3.

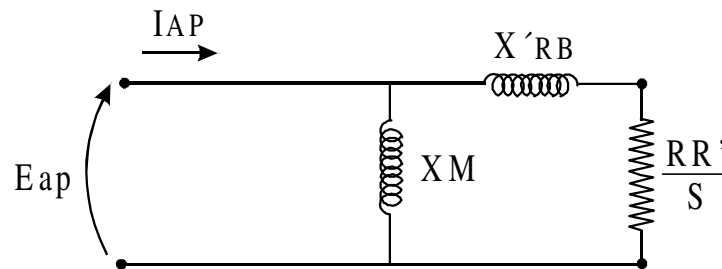


Figura II.3 –Impedância $\dot{Z}_{AP'}$

A impedância $\dot{Z}_{AN'}$ refere-se ao circuito da figura II.4.

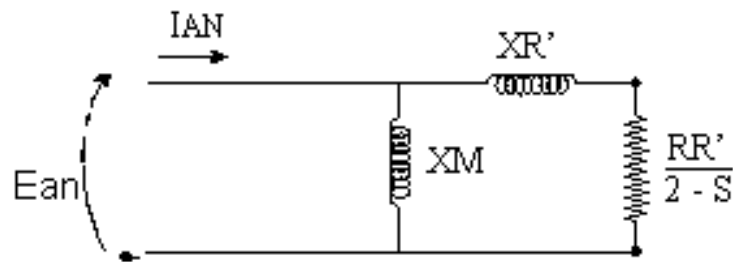


Figura II.4 – impedância $\dot{Z}_{AN'}$

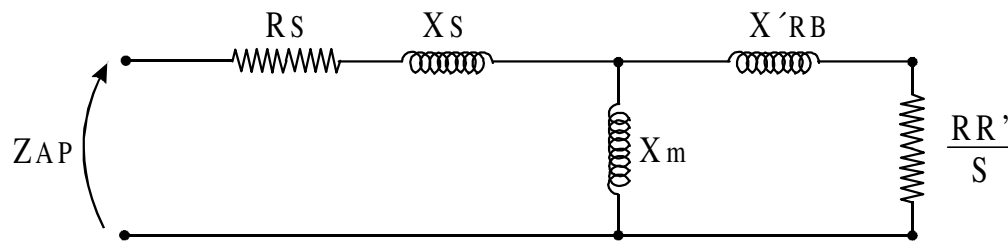
Comparando as impedâncias dos circuitos das figuras II.3 e II.4 com os circuitos equivalentes de seqüências positiva e negativa do motor de indução, podem escrever as expressões (II.16).

$$\dot{Z}_{AP'} = \dot{Z}_{AP} - \dot{Z}_{sa} \quad (a)$$

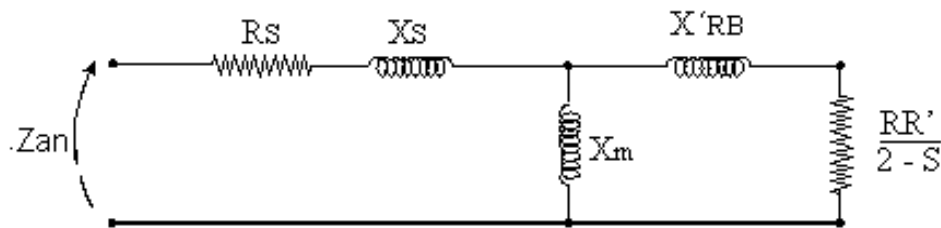
(II.16)

$$\dot{Z}_{AN'} = \dot{Z}_{AN} - \dot{Z}_{sa} \quad (b)$$

$\dot{Z}_{AP'}$ e $\dot{Z}_{AN'}$ são as impedâncias de seqüências positiva e negativa respectivamente (fase A), e que são mostradas na figura II.5. A impedância $\dot{Z}_{sa}$ foi definida anteriormente.



(a)



(b)

Figura II.5 – Impedâncias: (a) $\dot{Z}_{AP}$ (b) $\dot{Z}_{AN}$

X_m - reatância de magnetização da fase A.

X'_{RB} - reatância de dispersão por fase do rotor bloqueado, referido à fase A do estator.

RR' - resistência por fase do rotor, referido à fase A do estator.

S - escorregamento.

R_s - definido anteriormente.

X_s - definido anteriormente.

Substituindo o sistema (II.15) em (II.14) vem:

$$\dot{E}_a = \dot{Z}_{AP'} \cdot \dot{I}_{ap} + \dot{Z}_{AN'} \cdot \dot{I}_{an} \quad (a)$$

$$\dot{E}_b = \frac{\alpha^2}{b} \cdot \dot{Z}_{AP'} \cdot \dot{I}_{ap} + \frac{\alpha}{b} \cdot \dot{Z}_{AN'} \cdot \dot{I}_{an} \quad (b) \quad (II.17)$$

$$\dot{E}_c = \frac{\alpha}{c} \cdot \dot{Z}_{AP'} \cdot \dot{I}_{ap} + \frac{\alpha^2}{c} \cdot \dot{Z}_{AN'} \cdot \dot{I}_{an} \quad (c)$$

Colocando o sistema (II.17) na forma matricial, introduzindo $\dot{I}_{az}$, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_a \\ \dot{E}_b \\ \dot{E}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \dot{Z}_{AP'} & \dot{Z}_{AN'} \\ 0 & \frac{\alpha^2}{b} \cdot \dot{Z}_{AP'} & \frac{\alpha}{b} \cdot \dot{Z}_{AP'} \\ 0 & \frac{\alpha}{c} \cdot \dot{Z}_{AP'} & \frac{\alpha^2}{c} \cdot \dot{Z}_{AP'} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{I}_{az} \\ \dot{I}_{ap} \\ \dot{I}_{an} \end{bmatrix} \quad (II.18)$$

Substituindo o sistema (II.18) em (II.9) vem:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_a \\ \dot{V}_b \\ \dot{V}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Z}_{sa} & \dot{Z}_{sa} + \dot{Z}_{AP'} & \dot{Z}_{sa} + \dot{Z}_{AN'} \\ b \cdot \dot{Z}_{sb} & \alpha^2 \cdot (b \cdot \dot{Z}_{sb} + \frac{\dot{Z}_{AP'}}{b}) & \alpha \cdot (b \cdot \dot{Z}_{sb} + \frac{\dot{Z}_{AN'}}{b}) \\ c \cdot \dot{Z}_{sc} & \alpha \cdot (c \cdot \dot{Z}_{sc} + \frac{\dot{Z}_{AP'}}{c}) & \alpha^2 \cdot (c \cdot \dot{Z}_{sc} + \frac{\dot{Z}_{AN'}}{c}) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{I}_{az} \\ \dot{I}_{ap} \\ \dot{I}_{an} \end{bmatrix} \quad (II.19)$$

Sabendo-se que:

$$\dot{Z}_{sa} = R_{sa} + jX_{sa} \quad (a)$$

$$\dot{Z}_{sb} = R_{sb} + jX_{sb} \quad (b) \quad (II.20)$$

$$\dot{Z}_{sc} = R_{sc} + jX_{sc} \quad (c)$$

onde X_{sa} , X_{sb} e X_{sc} são as reatâncias de dispersão e R_{sa} , R_{sb} e R_{sc} são as resistências, das fases A, B e C do estator, respectivamente.

Como qualquer reatância indutiva é proporcional ao quadrado do número de espiras do enrolamento, pode-se escrever:

$$X_{sa} = k \cdot N_a^2 \quad (a)$$

$$X_{sb} = k \cdot N_b^2 \quad (b) \quad (II.21)$$

$$X_{sc} = k \cdot N_c^2 \quad (c)$$

onde k caracteriza o circuito magnético de dispersão do estator,

Portanto:

$$X_{sb} = \frac{1}{b^2} \cdot X_{sa} \quad (a)$$

(II.22)

$$X_{sc} = \frac{1}{c^2} \cdot X_{sa} \quad (b)$$

Para manter idênticas as relações das reatâncias de dispersão com as resistências, pode-se escolher a seção transversal do fio dos enrolamentos “A”, “B” e “C” de forma adequada. Portanto:

$$R_{sb} = \frac{1}{b^2} \cdot R_{sa} \quad (a)$$

(II.23)

$$R_{sc} = \frac{1}{c^2} \cdot R_{sa} \quad (b)$$

Para tanto, se “da”, “db” e “dc” são os diâmetros dos fios dos enrolamentos “A”, “B” e “C” respectivamente, tem-se:

$$db = \sqrt{b} \cdot da \quad (a)$$

(II.24)

$$dc = \sqrt{c} \cdot da \quad (b)$$

Desta forma, a partir das expressões (II.20), (II.21) e (II.22) obtém-se (II.25).

$$\dot{Z}_{sb} = \frac{1}{b^2} \cdot \dot{Z}_{sa} \quad (a) \quad (II.25)$$

$$\dot{Z}_{sc} = \frac{1}{c^2} \cdot \dot{Z}_{sa} \quad (b)$$

Substituindo-se as equações (II.25) em (II.19) tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_a \\ \dot{V}_b \\ \dot{V}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Z}_{sa} & \dot{Z}_{sa} + \dot{Z}_{AP'} & \dot{Z}_{sa} + \dot{Z}_{AN'} \\ \frac{\dot{Z}_{sa}}{b} & \frac{\alpha^2}{b} \cdot (\dot{Z}_{sa} + \dot{Z}_{AP'}) & \frac{\alpha}{b} \cdot (\dot{Z}_{sa} + \dot{Z}_{AN'}) \\ \frac{\dot{Z}_{sa}}{c} & \frac{\alpha}{c} \cdot (\dot{Z}_{sa} + \dot{Z}_{AP'}) & \frac{\alpha^2}{c} \cdot (\dot{Z}_{sa} + \dot{Z}_{AN'}) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{I}_{az} \\ \dot{I}_{ap} \\ \dot{I}_{an} \end{bmatrix} \quad (II.26)$$

Como:

$$\dot{Z}_{AP} = \dot{Z}_{sa} + \dot{Z}_{AP'} \quad (II.27)$$

$$\dot{Z}_{AN} = \dot{Z}_{sa} + \dot{Z}_{AN'}$$

então a equação (II.26) torna-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_a \\ \dot{V}_b \\ \dot{V}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Z}_{sa} & \dot{Z}_{AP} & \dot{Z}_{AN} \\ \frac{\dot{Z}_{sa}}{b} & \frac{\alpha^2}{b} \cdot \dot{Z}_{AP} & \frac{\alpha}{b} \cdot \dot{Z}_{AN} \\ \frac{\dot{Z}_{sa}}{c} & \frac{\alpha}{c} \cdot \dot{Z}_{AP} & \frac{\alpha^2}{c} \cdot \dot{Z}_{AN} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{I}_{az} \\ \dot{I}_{ap} \\ \dot{I}_{an} \end{bmatrix} \quad (II.28)$$

A expressão (II.28) mostra as relações que existem entre as tensões de alimentação dos enrolamentos e componentes de correntes definidas anteriormente.

II.2 - CÁLCULO DAS GRANDEZAS ELÉTRICAS E MECÂNICAS DO MOTOR

Considerando o motor funcionando na conexão “Y” ou “Δ”, são calculados as seguintes variáveis: fator de desbalanceamento (F), correntes de fase e de linha, tensões de fase e de linha, fator de potência, potência elétrica e mecânica, rendimento e o conjugado por unidade, tomando-se como base o valor do conjugado na condição balanceada.

Independente da conexão, o motor fica submetido a três campos magnéticos fmm_0 , fmm_1 e fmm_2 . Dois destes campos, fmm_2 e fmm_1 são girantes e de sentidos opostos. Desta forma, cada um deles produz conjugado, em sentidos opostos. A título de tornar mais simples o desenvolvimento matemático a seguir, introduz-se um fator chamado fator de desbalanceamento definido como sendo a relação entre as fmm 's de seqüências negativa e positiva.

$$\dot{F} = \frac{\dot{fmm}_{a2}}{\dot{fmm}_{a1}} \quad (II.29)$$

Substituindo-se as equações (II.5a e II.5b) em (II.29) tem-se:

$$\dot{F} = \frac{\dot{I}_{an}}{\dot{I}_{an}} \quad (II.30)$$

Em seguida por comodidade para o leitor, transcreve-se parte das referências [3], [4] e [5], que utilizando o equacionamento anterior obtém-se as equações características do motor trifásico assimétrico com alimentação monofásica nas conexões Y e Δ.

II.2.1. CONEXÃO ESTRELA (Y)

Considere um motor de indução trifásico assimétrico como desenvolvido no item II.2, ligado em Y e alimentado entre as extremidades A e C por um sistema monofásico, auxiliado por um capacitor (cap), ligado entre as extremidades B e C como indica a figura II.6.

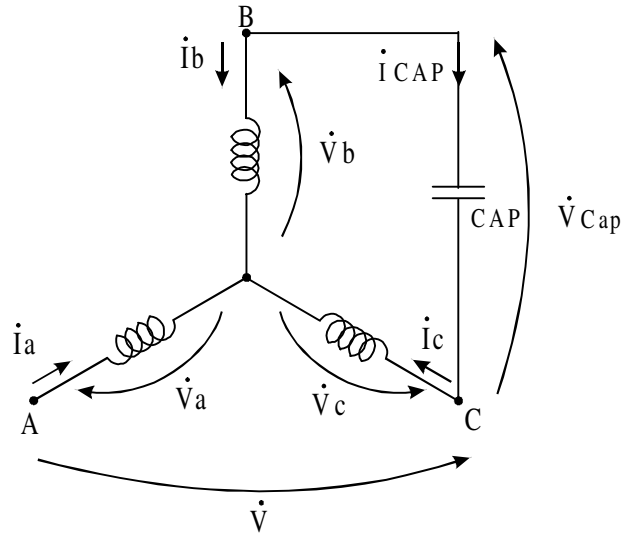


Figura II.6 - Detalhe de ligação em (Y) do estator do motor de indução assimétrico.

No intuito de obter o fator de desbalanceamento $\dot{F}$, analisando a figura II.6, tem-se:

$$\dot{I}_b = -\dot{I}_{cap} \quad (a)$$

(II.31)

$$\dot{V}_b - \dot{V}_c = -jX_{cap} \cdot \dot{I}_{cap} \quad (b)$$

Do sistema de equações (II.31) tem-se:

$$\dot{V}_b - \dot{V}_c = jX_{cap} \cdot \dot{I}_b \quad (II.32)$$

Decompondo-se a corrente $\dot{I}_b$ nas suas componentes $\dot{I}_{bp}$, $\dot{I}_{bn}$ e $\dot{I}_{bz}$ e colocando-as em função das componentes $\dot{I}_{ap}$, $\dot{I}_{an}$, $\dot{I}_{az}$ a expressão (II.32) torna-se:

$$\dot{V}_b - \dot{V}_c = jX_{cap} \cdot (b \cdot \dot{I}_{az} + \alpha^2 \cdot b \cdot \dot{I}_{ap} + \alpha \cdot b \cdot \dot{I}_{an}) \quad (II.33)$$

Da equação matricial (II.28) obtém-se:

$$\dot{V}_b - \dot{V}_c = \dot{Z}_0 \cdot \dot{I}_{az} + \dot{Z}_1 \cdot \dot{I}_{ap} + \dot{Z}_2 \cdot \dot{I}_{an} \quad (II.34)$$

onde $\dot{Z}_0$, $\dot{Z}_1$ e $\dot{Z}_2$ são definidos pelas seguintes equações:

$$\dot{Z}_0 = \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{c} \right) \cdot \dot{Z}_{sa}$$

$$\dot{Z}_1 = \left(\frac{\alpha^2}{b} - \frac{\alpha}{c} \right) \cdot \dot{Z}_{AP}$$

$$\dot{Z}_2 = \left(\frac{\alpha}{b} - \frac{\alpha^2}{c} \right) \cdot \dot{Z}_{AN}$$

Subtraindo (II.33) de (II.34) tem-se:

$$\begin{aligned} & (\dot{Z} - jX_{cap} \cdot b) \cdot \dot{I}_{az} + (\dot{Z}_1 - j\alpha^2 X_{cap} \cdot b) \cdot \dot{I}_{ap} + \dots \\ & \dots + (\dot{Z}_2 - j\alpha X_{cap} \cdot b) \cdot \dot{I}_{an} = 0 \end{aligned} \quad (II.35)$$

De uma conexão estrela sem neutro tem-se:

$$\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 0$$

A partir da equação (II.38) a soma das correntes $\dot{I}_a$, $\dot{I}_b$ e $\dot{I}_c$ acima se transforma em:

$$\dot{I}_{az} = -\gamma_1 \cdot \dot{I}_{ap} - \gamma_2 \cdot \dot{I}_{an} \quad (II.36)$$

onde:

$$\gamma_1 = \frac{1 + b \cdot \alpha^2 + c \cdot \alpha}{1 + b + c}$$

$$\gamma_2 = \frac{1 + b \cdot \alpha + c \cdot \alpha^2}{1 + b + c}$$

Substituindo-se $\dot{I}_{az}$ de (II.36) em (II.35) tem-se:

$$\begin{aligned} & (\dot{Z}1 + jX_{cap} \cdot b \cdot \gamma_1 - j\alpha^2 \cdot jX_{cap} \cdot b - \dot{Z}0 \cdot \gamma_1) \cdot \dot{I}_{cap} + \dots \\ & \dots + (\dot{Z}2 + jX_{cap} \cdot b \cdot \gamma_2 - j\alpha \cdot X_{cap} \cdot b - \dot{Z}0 \cdot \gamma_2) \cdot \dot{I}_{an} = 0 \end{aligned} \quad (II.37)$$

De (II.37) obtém-se o fator de desbalanceamento $\dot{F}$.

$$\dot{F} = \frac{\dot{I}_{an}}{\dot{I}_{ap}} = \frac{\dot{Z}1 + jX_{cap} \cdot b \cdot \gamma_1 - j\alpha^2 \cdot X_{cap} \cdot b - \dot{Z}0 \cdot \gamma_1}{\dot{Z}0 \cdot \gamma_2 - \dot{Z}2 + jX_{cap} \cdot b \cdot (\alpha - \gamma_2)}$$

ou seja:

$$\dot{F} = \frac{\dot{Z}1 - \dot{Z}0 \cdot \gamma_1 + jX_{cap} \cdot b \cdot (\gamma_1 - \alpha^2)}{\dot{Z}0 \cdot \gamma_2 - \dot{Z}2 + jX_{cap} \cdot b \cdot (\alpha - \gamma_2)} \quad (II.38)$$

Para a obtenção das correntes e das tensões, pode-se partir da relação existente entre a tensão de alimentação $\dot{V}$ e as tensões das fases “A” e “C” do motor. Observando a figura II.7, tem-se:

$$\dot{V}_c - \dot{V}_a = \dot{V} \quad (II.39)$$

Das equações (II.28) e (II.39) tem-se:

$$\dot{V} = \dot{Z}3 \cdot \dot{I}_{az} + \dot{Z}4 \cdot \dot{I}_{ap} + \dot{Z}5 \cdot \dot{I}_{an} \quad (\text{II.40})$$

Onde:

$$\dot{Z}3 = \left(\frac{1}{c} - 1 \right) \cdot \dot{Z}_{sa}$$

$$\dot{Z}4 = \left(\frac{\alpha}{c} - 1 \right) \cdot \dot{Z}_{AP}$$

$$\dot{Z}5 = \left(\frac{\alpha^2}{c} - 1 \right) \cdot \dot{Z}_{AN}$$

Substituindo-se $\dot{I}_{az}$ em (II.40) tem-se:

$$\dot{V} = (\dot{Z}4 - \dot{Z}3 \cdot \gamma_1) \cdot \dot{I}_{ap} + (\dot{Z}5 - \dot{Z}3 \cdot \gamma_2) \cdot \dot{I}_{an} \quad (\text{II.41})$$

Substituindo-se $\dot{I}_{an}$ de (II.30) em (II.41) tem-se:

$$\dot{I}_{ap} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \quad (\text{II.42})$$

onde:

$$\dot{Z} = \dot{Z}4 - \dot{Z}3 \cdot \gamma_1 + (\dot{Z}5 - \dot{Z}3 \cdot \gamma_2) \cdot \dot{F}$$

Da definição de $\dot{F}$ e de (II.42) vem:

$$\dot{I}_{an} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot \dot{F} \quad (\text{II.43})$$

Substituindo-se (II.42) e (II.43) em (II.36) tem-se:

$$\dot{I}_{az} = -\frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot (\gamma_1 + \dot{F} \cdot \gamma_2) \quad (\text{II.44})$$

Substituindo-se (II.42) a (II.44) em (II.8) obtêm-se:

$$\dot{I}_a = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot (1 - \dot{\gamma}_1 + \dot{F} \cdot (1 - \dot{\gamma}_2)) \quad (a)$$

$$\dot{I}_b = \frac{b \dot{V}}{\dot{Z}} \cdot (\alpha^2 - \dot{\gamma}_1 + \dot{F} \cdot (\alpha - \dot{\gamma}_2)) \quad (b) \quad (II.45)$$

$$\dot{I}_c = \frac{c \dot{V}}{\dot{Z}} \cdot (\alpha - \dot{\gamma}_1 + \dot{F} \cdot (\alpha^2 - \dot{\gamma}_2)) \quad (c)$$

Observando a figura II.7 pode-se escrever:

$$\dot{I}_L = -\dot{I}_a \quad (II.46)$$

Substituindo-se $\dot{I}_a$ da equação (II.45.a) em (II.46) tem-se:

$$\dot{I}_L = -\frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot [1 - \dot{\gamma}_1 + \dot{F} \cdot (1 - \dot{\gamma}_2)] \quad (II.47)$$

As equações (II.45) e (II.47) permitem obter as correntes no motor e na linha de alimentação monofásica, a partir das suas impedâncias definidas para uma certa rotação de b, c, Cap e da tensão de alimentação.

Substituindo as expressões de (II.42) a (II.44) no sistema de equações (II.28) obtêm-se:

$$\dot{V}_a = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot (-\dot{Z}_{sa} \cdot (\dot{\gamma}_1 + \dot{F} \cdot \dot{\gamma}_2) + \dot{Z}_{AP} + \dot{Z}_{AN} \cdot \dot{F}) \quad (a)$$

$$\dot{V}_b = \frac{\dot{V}}{b \dot{Z}} \cdot (-\dot{Z}_{sa} \cdot (\dot{\gamma}_1 + \dot{F} \cdot \dot{\gamma}_2) + \alpha^2 \cdot \dot{Z}_{AP} + \alpha \cdot \dot{Z}_{AN} \cdot \dot{F}) \quad (b) \quad (II.48)$$

$$\dot{V}_c = \frac{\dot{V}}{c \dot{Z}} \cdot (-\dot{Z}_{sa} \cdot (\dot{\gamma}_1 + \dot{F} \cdot \dot{\gamma}_2) + \alpha \cdot \dot{Z}_{AP} + \alpha^2 \cdot \dot{Z}_{AN} \cdot \dot{F}) \quad (c)$$

A partir das equações (II.48) pode-se obter as tensões de linha, ou seja:

$$\dot{V}_{ca} = \dot{V}_c - \dot{V}_a = \dot{V} \quad (a)$$

$$\begin{aligned} \dot{V}_{bc} = \dot{V}_b - \dot{V}_c = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot [-\dot{Z}_{sa} \cdot (\dot{\gamma}_1 + \dot{F} \cdot \dot{\gamma}_2) \cdot (\frac{1}{b} - \frac{1}{c}) + \dots \\ \dots + \dot{Z}_{AP} \cdot (\frac{\alpha^2}{b} - \frac{\alpha}{c}) + \dot{Z}_{AN} \cdot \dot{F} \cdot (\frac{\alpha}{b} - \frac{\alpha^2}{c})] \end{aligned} \quad (b) \quad (II.49)$$

$$\begin{aligned} \dot{V}_{ab} = \dot{V}_a - \dot{V}_b = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot [-\dot{Z}_{sa} \cdot (\dot{\gamma}_1 + \dot{F} \cdot \dot{\gamma}_2) \cdot (1 - \frac{1}{b}) + \dots \\ \dots + \dot{Z}_{AP} \cdot (1 - \frac{\alpha^2}{b}) + \dot{Z}_{AN} \cdot \dot{F} \cdot (1 - \frac{\alpha}{b})] \end{aligned} \quad (c)$$

As equações (II.48) e (II.49) permitem obter as tensões de fase e linha do motor a partir das suas impedâncias, b, c, Cap e da tensão da alimentação.

Para o cálculo do fator de potência, das potências, do rendimento e do conjugado do motor, considera-se a tensão de alimentação como referência.

O fator de potência do motor será dado pela seguinte equação:

$$\cos \phi = \frac{\text{Re} \cdot (\dot{I}_L)}{I_L} \quad (II.50)$$

onde:

$\text{Re}(\dot{I}_L)$ representa a parte real de $\dot{I}_L$.

I_L é o módulo de $\dot{I}_L$.

A equação (II.50) pode ser escrita:

$$\cos\phi = \frac{\text{Re} \cdot \left[-\frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot [1 - \gamma_1 + \dot{F} \cdot (1 - \gamma_2)] \right]}{\left| -\frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot [1 - \gamma_1 + \dot{F} \cdot (1 - \gamma_2)] \right|} \quad (\text{II.51})$$

A potência elétrica fornecida ao motor é dada por:

$$P_e = V \cdot I_L \cdot \cos\phi \quad (\text{II.52})$$

onde V é o módulo de $\dot{V}$ e I_L como definido anteriormente.

Substituindo a equação (II.50) em (II.52) vem:

$$P_e = V \cdot I_L \cdot \frac{(\text{Re} \cdot (\dot{I}_L))}{I_L} \quad (\text{II.53})$$

Ou seja:

$$P_e = V^2 \cdot \text{Re} \cdot \left[\frac{-1}{\dot{Z}} [1 - \gamma_1 + \dot{F} \cdot (1 - \gamma_2)] \right] \quad (\text{II.54})$$

O conjugado do motor é a relação entre a potência fornecida ao rotor (P_{fr}) e a velocidade síncrona W_s . A potência fornecida ao rotor por fase é igual à diferença entre as

potências fornecidas ao rotor, devido as impedâncias dos circuitos de seqüências positiva ($\dot{Z}_{AP'}$) e negativa ($\dot{Z}_{AN'}$).

Na forma matemática essa potência é:

$$P_{fr1\phi} = \left[\text{Re}(\dot{Z}_{AP'}) \right] \cdot I_{ap}^2 - \left[\text{Re}(\dot{Z}_{AN'}) \right] \cdot I_{an}^2 \quad (\text{II.55})$$

Como:

$$\dot{I}_{an} = \dot{F} \cdot \dot{I}_{ap}$$

ou na forma de valor absoluto:

$$I_{an} = F \cdot I_{ap}$$

substituindo-se essa expressão em (II.55) tem-se:

$$P_{fr1\phi} = \left[\text{Re}(\dot{Z}_{AP'}) - \text{Re}(\dot{Z}_{AN'}) \cdot \dot{F}^2 \right] \cdot I_{ap}^2 \quad (\text{II.56})$$

Substituindo-se a equação (II.42) na expressão (II.56) tem-se:

$$P_{fr1\phi} = \left[\text{Re}(\dot{Z}_{AP'}) - \text{Re}(\dot{Z}_{AN'}) \cdot \dot{F}^2 \right] \cdot \frac{V^2}{Z^2} \quad (\text{II.57})$$

Chamando T o conjugado, tem-se então a seguinte expressão:

$$T = \frac{3 \cdot P_{fr1\phi}}{W_s}$$

substituindo-se $P_{fr1\phi}$ por (II.57), tem-se:

$$T = \frac{3V^2}{W_s} \left[\frac{\text{Re}(Z_{AP'}) - \text{Re}(Z_{AN'}) \cdot F^2}{Z^2} \right] \quad (\text{II.58})$$

Para um motor simétrico, com alimentação trifásica balanceada, tem-se:

$$b = c = 1$$

$$F = 0$$

e portanto:

$$\gamma_1 = \gamma_2 = 0$$

$$\dot{Z} = \dot{Z}_4 = (\alpha - 1) \cdot \dot{Z}_{AP}$$

Designando o conjugado balanceado por T_b , atribuindo estes últimos valores à equação (II.58), tem-se:

$$T_b = \frac{3 \cdot V^2 \cdot \text{Re} \cdot (Z_{AP'})}{W_s \cdot \left[(\alpha - 1) \cdot \dot{Z}_{AP} \right]^2} \quad (\text{II.59})$$

Como:

$$|\alpha - 1|^2 = 3$$

a equação (II.59) torna-se então:

$$T_b = \frac{V^2}{Z_{AP}^2} \cdot \frac{\text{Re} \cdot (Z_{AP'})}{W_s} \quad (\text{II.60})$$

Designando por t, o conjugado por unidade (p.u.) ou seja, a relação entre T e T_b tem-se:

$$t = \frac{T}{T_b}$$

Substituindo-se nesta última expressão as equações (II.58) e (II.60), vem:

$$t = 3 \cdot \frac{Z_{AP}^2}{Z^2} \cdot \left[1 - \frac{\text{Re} \cdot (Z_{AN'})}{\text{Re} \cdot (Z_{AP'})} \cdot F^2 \right] \quad (\text{II.61})$$

Para cada rotação, a grandeza t, representa o valor percentual do conjugado do motor assimétrico, com alimentação monofásica, em relação ao conjugado do motor simétrico com alimentação trifásico balanceada.

A potência mecânica é dada pela expressão:

$$P_{\text{mec}} = (1 - S) \cdot \omega_s \cdot T$$

Substituindo-se T pela expressão (II.58) tem-se:

$$P_{\text{mec}} = 3 \cdot V^2 \cdot (1 - S) \cdot \left[\frac{\text{Re} \cdot (Z_{AP'}) - \text{Re} \cdot (Z_{AN'}) \cdot F^2}{Z^2} \right] \quad (\text{II.62})$$

O rendimento é calculado pela expressão:

$$\text{Re nd} = \frac{P_{\text{mec}}}{P_e}$$

Substituindo-se P_e e P_{mec} pelas expressões (II.54) e (II.62) respectivamente tem-se:

$$\text{Re nd} = \frac{3(1-S) \cdot \left[\frac{\text{Re} \cdot (ZAP') - \text{Re} \cdot (ZAN') \cdot F^2}{Z^2} \right]}{\text{Re} \cdot \left[\frac{-1}{\dot{Z}} [1 - \gamma_1 + \dot{F} \cdot (1 - \gamma_2)] \right]} \quad (\text{II.63})$$

II.2.2. – CONEXÃO DELTA (Δ)

Considere um motor de indução trifásico assimétrico ligado em Δ , alimentado entre o terminais A e C por um sistema monofásico e um capacitor em paralelo com a fase C, como indica a figura II.8.

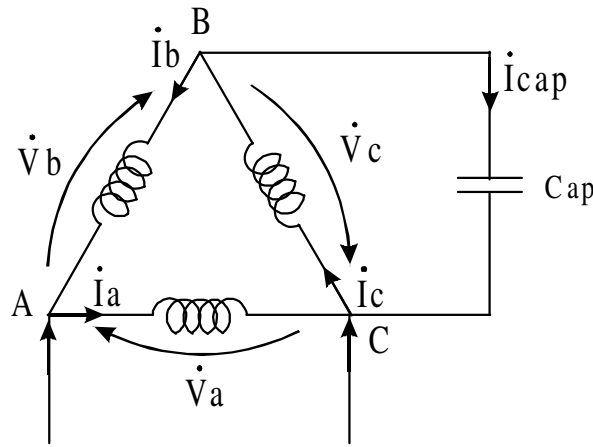


Figura II.7 – Detalhe de ligação em (Δ) do estator do motor de indução assimétrico

Para a obtenção do fator de desbalanceamento ($\dot{F}$), observando a figura II.8, pode-se estabelecer as relações que existem entre a tensão no capacitor e correntes no motor.

$$\dot{V}_c = jX_{\text{cap}} \cdot \dot{I}_{\text{cap}} \quad (\text{a})$$

$$\dot{I}_{\text{cap}} = \dot{I}_c - \dot{I}_b \quad (\text{b}) \quad (\text{II.64})$$

$$\dot{V}_c = jX_{cap} \cdot (\dot{I}_c - \dot{I}_b) \quad (c)$$

Segundo as equações (II.28) tem-se:

$$\dot{V}_c = \frac{\dot{Z}_{sa}}{c} \cdot \dot{I}_{az} + \frac{\alpha}{c} \cdot \dot{Z}_{AP} \cdot \dot{I}_{ap} + \frac{\alpha^2}{c} \cdot \dot{Z}_{AN} \cdot \dot{I}_{an} \quad (II.65)$$

Das duas últimas equações de (II.8) e de (II.64.c) obtém-se uma expressão em $\dot{V}_c$ que igualada com (II.65) resulta em:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{\dot{Z}_{sa}}{c} - jX_{cap} \cdot (c - b) \right] \cdot \dot{I}_{az} + \left[\frac{\alpha}{c} \cdot \dot{Z}_{AP} - jX_{cap} \cdot (c \cdot \alpha - b \cdot \alpha^2) \right] \cdot \dot{I}_{ap} + \dots \\ & \dots + \left[\frac{\alpha^2}{c} \cdot \dot{Z}_{AN} - jX_{cap} \cdot (c \cdot \alpha^2 - b \cdot \alpha) \right] \cdot \dot{I}_{an} = 0 \end{aligned} \quad (II.66)$$

Na conexão delta tem-se:

$$\dot{V}_a + \dot{V}_b + \dot{V}_c = 0 \quad (II.67)$$

Da combinação das equações (II.67) e (II.28) obtém-se:

$$\begin{aligned} & \dot{Z}_{sa} \cdot \left(1 + \frac{1}{b} + \frac{1}{c}\right) \cdot \dot{I}_{az} + \dot{Z}_{AP} \cdot \left(1 + \frac{\alpha^2}{b} + \frac{\alpha}{c}\right) \cdot \dot{I}_{ap} + \dots \\ & \dots + \dot{Z}_{AN} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{b} + \frac{\alpha^2}{c}\right) \cdot \dot{I}_{an} = 0 \end{aligned} \quad (II.68)$$

De (II.68), obtém-se $\dot{I}_{az}$.

$$\dot{I}_{az} = -\lambda_1 \cdot \dot{I}_{ap} - \lambda_2 \cdot \dot{I}_{an} \quad (II.69)$$

onde:

$$\lambda_1 = \frac{Z_{AP} \left(1 + \frac{\alpha^2}{b} + \frac{\alpha}{c}\right)}{\dot{Z}_{sa} \cdot \left(1 + \frac{1}{b} + \frac{1}{c}\right)}$$

$$\lambda_2 = \frac{Z_{AN} \left(1 + \frac{\alpha}{b} + \frac{\alpha^2}{c}\right)}{\dot{Z}_{sa} \cdot \left(1 + \frac{1}{b} + \frac{1}{c}\right)}$$

Substituindo (II.69) em (II.66), obtém-se a relação $\dot{I}_{an} / \dot{I}_{ap}$ que define o fator $\dot{F}$.

$$\dot{F} = \frac{\dot{I}_{an}}{\dot{I}_{ap}} = \frac{\lambda_1 \cdot \dot{Z}_0 - \dot{Z}_1 + jX_{cap} \cdot [c \cdot (\alpha - \lambda_1) + b \cdot (\lambda_1 - \alpha^2)]}{-\lambda_2 \cdot \dot{Z}_0 + \dot{Z}_2 + jX_{cap} \cdot [c \cdot (\lambda_2 - \alpha^2) + b \cdot (\alpha - \lambda_2)]} \quad (II.70)$$

onde:

$$\dot{Z}_0 = \frac{\dot{Z}_{sa}}{c}$$

$$\dot{Z}_1 = \frac{\alpha}{c} \cdot \dot{Z}_{AP}$$

$$\dot{Z}_2 = \frac{\alpha^2}{c} \cdot \dot{Z}_{AN}$$

Para a obtenção das correntes, pode-se a partir da equação (II.28) escrever:

$$\dot{V}_a = \dot{Z}_{sa} \cdot \dot{I}_{az} + \dot{Z}_{AP} \cdot \dot{I}_{ap} + \dot{Z}_{AN} \cdot \dot{I}_{an} \quad (II.71)$$

Substituindo (II.69) em (II.71) tem-se:

$$\dot{V}_a = (\dot{Z}_{AP} - \lambda_1 \cdot \dot{Z}_{sa}) \cdot \dot{I}_{ap} + (\dot{Z}_{AN} - \lambda_2 \cdot \dot{Z}_{sa}) \cdot \dot{I}_{an} \quad (\text{II.72})$$

Substituindo-se $\dot{I}_{an}$ pela expressão calculada a partir da equação (II.30) tem-se:

$$\dot{V}_a = [\dot{Z}_{AP} - \lambda_1 \cdot \dot{Z}_{sa} + (\dot{Z}_{AN} - \lambda_2 \cdot \dot{Z}_{sa}) \cdot \dot{F}] \cdot \dot{I}_{ap} \quad (\text{II.73})$$

calculando-se $\dot{I}_{ap}$ a partir da expressão (II.73) tem-se:

$$\dot{I}_{ap} = \frac{\dot{V}_a}{\dot{Z}_{AP} - \lambda_1 \cdot \dot{Z}_{sa} + (\dot{Z}_{AN} - \lambda_2 \cdot \dot{Z}_{sa}) \cdot \dot{F}} \quad (\text{II.74})$$

Da figura II.8 observa-se que:

$$\dot{V}_a = \dot{V} \quad (\text{II.75})$$

Portanto de (II.30), (II.69), (II.74) e (II.75) vem:

$$\dot{I}_{ap} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \quad (\text{II.76})$$

$$\dot{I}_{an} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot \dot{F} \quad (\text{II.77})$$

$$\dot{I}_{an} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 \cdot \dot{F}) \quad (\text{II.78})$$

Onde:

$$\dot{Z} = \dot{Z}_{AP} - \lambda_1 \cdot \dot{Z}_{sa} + (\dot{Z}_{AN} - \lambda_2 \cdot \dot{Z}_{sa}) \cdot \dot{F} \quad (\text{II.79})$$

Substituindo as equações de (II.76) e (II.78) em (II.8) tem-se:

$$\dot{I}_a = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot [1 - \lambda_1 + (1 - \lambda_2) \cdot \dot{F}] \quad (\text{II.80})$$

$$\dot{I}_a = \frac{b \cdot \dot{V}}{\dot{Z}} \cdot [\alpha^2 - \lambda_1 + (\alpha - \lambda_2) \cdot \dot{F}] \quad (\text{II.81})$$

$$\dot{I}_a = \frac{c \cdot \dot{V}}{\dot{Z}} \cdot [\alpha - \lambda_1 + (\alpha^2 - \lambda_2) \cdot \dot{F}] \quad (\text{II.82})$$

Da figura II.8 observa-se que a corrente de linha I_L é determinada pela equação:

$$\dot{I}_L = \dot{I}_a - \dot{I}_b \quad (\text{II.83})$$

Portanto, substituindo (II.80) e (II.81) em (II.83) resulta:

$$\dot{I}_L = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot [1 - \lambda_1 + b \cdot (\lambda_1 - \alpha^2) + \dot{F} \cdot (1 - \alpha)] \quad (\text{II.84})$$

As equações de (II.80) a (II.82) e (II.84) mostram as correntes do motor a da linha em função da tensão de alimentação, impedâncias do motor, b, c e Cap.

Quanto às tensões, sabe-se que:

$$\dot{V}_a = \dot{V} \quad (\text{II.85})$$

V_b e V_c podem ser obtidas substituindo-se as equações de (II.76) a (II.78) em (II.28).

$$\dot{V}_b = \frac{\dot{V}}{b \cdot \dot{Z}} \cdot [-\dot{Z}_{sa} \cdot (\lambda_1 + \lambda_2 \cdot \dot{F}) + \alpha^2 \cdot \dot{Z}_{AP} + \alpha \cdot \dot{Z}_{AN}] \quad (\text{II.86})$$

$$\dot{V}_c = \frac{\dot{V}}{c \cdot \dot{Z}} \cdot [-\dot{Z}_{sa} \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) + \alpha \cdot \dot{Z}_{AP} + \alpha^2 \cdot \dot{Z}_{AN}] \quad (\text{II.87})$$

As equações de (II.85) a (II.87) determinam as tensões sobre os enrolamentos do motor em função da tensão de alimentação, impedâncias do motor, b, c e Cap.

Para o cálculo do fator de potência, potências, rendimento e do conjugado, escolhendo-se a tensão $\dot{V}$ de alimentação como referência, tem-se:

$$\cos\phi = \frac{\text{Re} \cdot (\dot{I}_L)}{\dot{I}_L} \quad (\text{II.88})$$

ou:

$$\cos\phi = \frac{\text{Re} \cdot \left[\frac{\dot{V}}{\dot{Z}} \cdot [1 - \lambda_1 + b \cdot (\lambda_1 - \alpha^2) + \dot{F} \cdot (1 - \lambda_2 - b \cdot \alpha + b \cdot \lambda_2)] \right]}{\left| \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} [1 - \lambda_1 + b \cdot (\lambda_1 - \alpha^2) + \dot{F} \cdot (1 - \lambda_2 - b \cdot \alpha + b \cdot \lambda_2)] \right|} \quad (\text{II.89})$$

O processo de cálculo das potências, rendimento, conjugados (N.me p.u.) é o mesmo da ligação Y; assim encontra-se:

$$P_e = V^2 \cdot \text{Re} \cdot \left[\frac{1}{\dot{Z}} \cdot [1 - \lambda_1 + b \cdot (\lambda_1 - \alpha^2) + \dot{F} \cdot (1 - \lambda_2 - b \cdot \alpha + b \cdot \lambda_2)] \right] \quad (\text{II.90})$$

$$T = \frac{3 \cdot V^2}{W_s} \cdot \left[\frac{\text{Re} \cdot (ZAP') - \text{Re} \cdot (ZAN') \cdot F^2}{Z^2} \right] \quad (\text{II.91})$$

$$L = \frac{ZAP^2}{Z^2} \cdot \left\{ 1 - \left[\frac{\text{Re} \cdot (ZAN')}{\text{Re} \cdot (ZAP')} \right] \cdot F^2 \right\} \quad (\text{II.92})$$

$$P_{\text{mec}} = 3 \cdot V^2 \cdot (1 - S) \cdot \left[\frac{\text{Re} \cdot (ZAP') - \text{Re} \cdot (ZAN') \cdot F^2}{Z^2} \right] \quad (\text{II.93})$$

$$\text{Re nd} = \frac{3 \cdot (1 - S) \cdot \left[\frac{\text{Re} \cdot (ZAP') - \text{Re} \cdot (ZAN') \cdot F^2}{Z^2} \right]}{\text{Re} \cdot \left[\frac{1}{\dot{Z}} \cdot [1 - \lambda_1 + b \cdot (\lambda_1 - \alpha^2) + \dot{F} \cdot (1 - \lambda_2 - b \cdot \alpha + b \cdot \lambda_2)] \right]} \quad (\text{II.94})$$

II.3 – CONCLUSÃO

Em ambos os casos, Y e Δ, as equações do fator de desbalanceamento, das correntes, tensões, do fator de potência, das potências e do conjugado são funções das impedâncias do motor e da tensão de alimentação $\dot{V}$. Assim, para um determinado motor a uma certa velocidade estas expressões ficam dependentes somente dos fatores “b”, “c” e do capacitor Cap.

CAPÍTULO III

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO ASSIMÉTRICO

III.1 - FILOSOFIA DO PROJETO

Por facilidade construtiva o motor de indução trifásico assimétrico foi concebido a partir de um motor de indução trifásico convencional, apenas substituindo o enrolamento de seu estator. Para se obter os valores dos números de espiras e do capacitor mais adequados ao projeto, o motor convencional foi inicialmente ensaiado, obtendo-se os parâmetros do seu circuito equivalente e aplicando-se os valores destes parâmetros no modelo matemático desenvolvido no capítulo II.

III.2 - ENSAIOS DO MOTOR TRIFÁSICO CONVENCIONAL

Para o levantamento dos parâmetros do circuito equivalente serão realizados os seguintes ensaios:

- 1 - Ensaio com o rotor em vazio.
- 2 - Ensaio com rotor bloqueado.
- 3 - Medição da resistência do estator à temperatura de funcionamento.

Para avaliar os resultados obtidos a partir dos ensaios anteriores mencionados, ensaia-se o motor na sua rotação nominal, comparando os resultados deste ensaio com os teóricos obtidos da aplicação da tensão e escorregamento nominais no circuito equivalente construído com parâmetros obtidos anteriormente.

Os dados de placa do motor de indução trifásico convencional ensaiado são os seguintes:

Modelo	: C 73 A – ARNO
Potência	: 20 CV
Frequência	: 60 Hz/50Hz
Rotação	: 1750 RPM
Conexão Δ :	
tensão	: 220 [V]
corrente	: 50 [A]
Conexão Y :	
tensão	: 380 [V]
corrente	: 28,5 [A]
Proteção IP	: 54
Ip/In	: 4.8
FS	: 1,0
Isol	: B
Cat	: N
Regime contínuo.	
N.º de Pólos	: 4
N.º de Fases	: 3
N.º de Espiras por Fase	: 68
Passo	: 11
Grupo	: 4 (GÊMEAS)
Fiação	: 4 x 19 (AWG)
Ligação Série / Paralela	: 6 Pontas
Diâmetro Interno	: 19,7 cm
N.º de Ranhuras	: 48
N.º de Bobinas por Ranhura	: ½

O aparelho de medição escolhido para os ensaios, tem as seguintes características:

Medidores Saga 4000 Analisador de Energia

O analisador **SAGA4000** é um equipamento portátil multigrandeza e multifunção, que utiliza a mais avançada tecnologia de aquisição digital de sinais e de processamento numérico em tempo real.

Foi desenvolvido pela ESB Electronic Services, para análise, monitoração, planejamento e estudos das grandezas elétricas, visando à qualidade de energia, ampliando o conceito de medição.

Características Gerais:

- ✓ Fornece os valores de potência nos quatro quadrantes e bidirecional.
- ✓ Grandezas elétricas medidas: kW, kWh, kVA, kVAh, kvarc, kvarch, kvari, kvarih, Hz, V, I, cos ϕ , FP, potência harmônica, sendo que as grandezas medidas e apresentadas são trifásicas e monofásicas.
- ✓ Mostrador digital de tecnologia de cristal líquido, de 64 caracteres alfanuméricos em quatro linhas, com “back light”, permitindo indicar as informações de forma clara e precisa.
- ✓ Cada analisador utiliza 03 alicates de corrente, podendo as relações ser 3000 A/1V, 1000 A/1V, 200A/1V ou 10 A/1V.
- ✓ Fonte de alimentação trifásica Registrador Programável com memória de massa de 1Mbyte para até 25 grandezas Gabinete de policarbonato para instalação ao tempo (IPW65)
- ✓ Analisador de 12 e 16 bits, totalmente digital. Entrada de tensão A, B, C e N e entrada de corrente tipo A, B e C.
- ✓ Programas Aplicativos em ambiente Windows.
- ✓ Analisador portátil com bolsa para transporte, cabo de tensão, alicates de corrente e software aplicativo de programação.
- ✓ Alta compactação dos módulos eletrônicos com componentes de montagem de superfície (SMD), assegurando alta imunidade a ruídos.
- ✓ Registrador Programável com memória de massa 1Mbyte para até 25 grandezas.
- ✓ Atende às portarias da ANEEL (Portaria 163).

Características Elétricas e Metrológicas

Topologia de Medição:	➤ 4 fios 3 elementos ou 3 fios 2 elementos.
Alicates de Corrente:	➤ Sensores de corrente tipo alicate de 10 A, 200 A, 1000 A, ou 3000 A / 1V.
Constantes:	➤ RTP e RTC programáveis.
Faixa de Operação:	➤ Tensão de operação 65 a 360 V (F-N). ➤ Frequência de Operação: 50 a 60 Hz. ➤ Temperatura de Operação: -10° a 70°C. ➤ Umidade Relativa: 0 a 95% s/ condensação.
Consumo:	➤ 5 VA.
Dimensões:	➤ L260 x 160 x P130 mm.
Peso:	➤ 5,0 Kg com alicates de corrente.

III.2.1 - ENSAIO COM O ROTOR EM VAZIO

Aplica-se ao estator do motor, ligado em delta, tensões e frequências nominais com o rotor sem carga. Obtêm-se os valores de tensão, corrente e potência. O esquema elétrico encontra-se na figura III.1 e figura III.2.

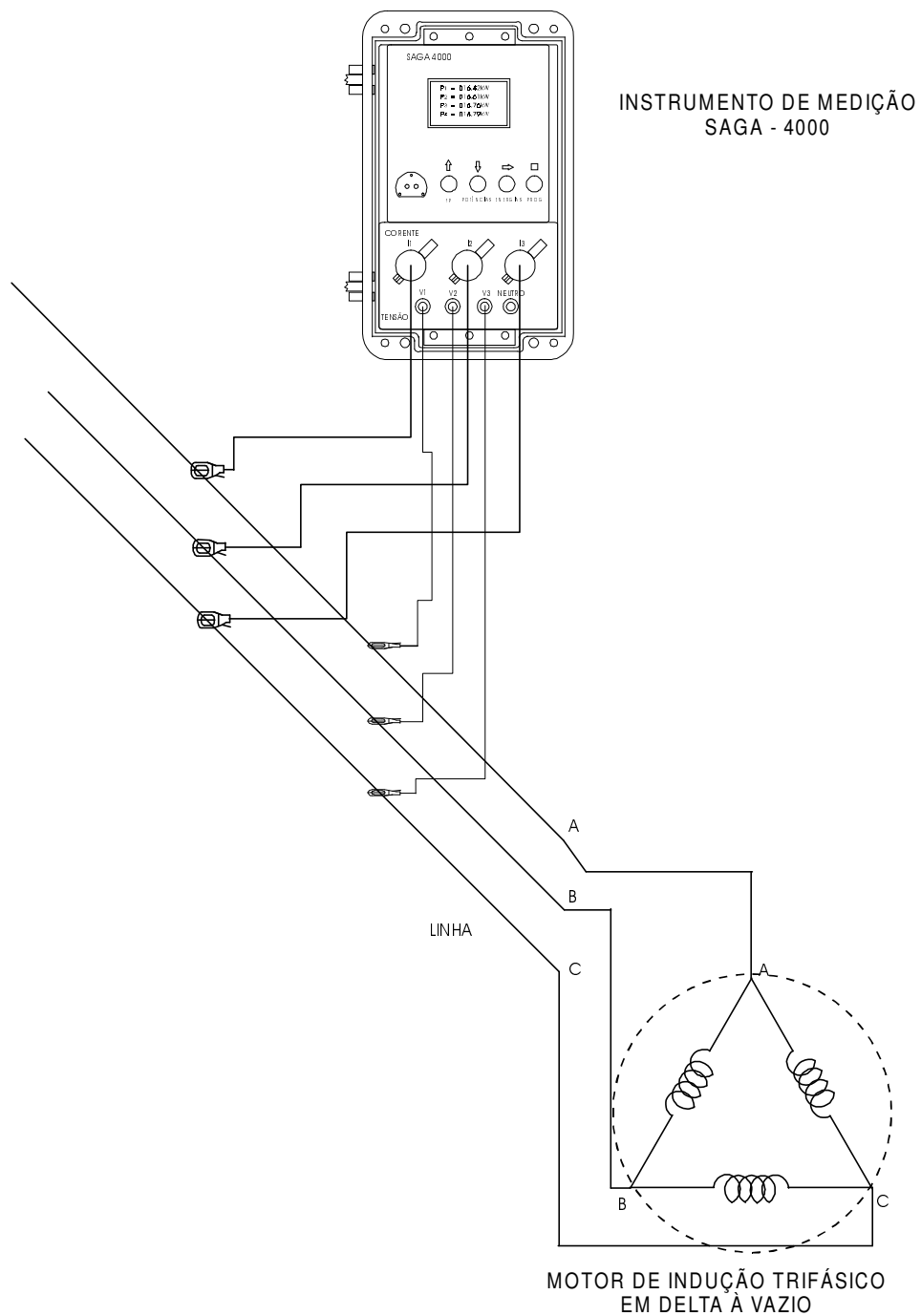


Figura III.1 – Detalhes de ligação do instrumento de medição para o ensaio em vazio

Chamando de W_i , V_i e I_i as potências, tensões e correntes indicadas pelo instrumento de medição.

Os resultados são apresentados na tabela III.1, abaixo:

$P_A = 120 \text{ W} \pm 4.8$	$V_A = 127,62 \text{ V} \pm 6.0$	$I_A = 11,71 \text{ A} \pm 0.01$
$P_B = 160 \text{ W} \pm 4.8$	$V_B = 127,50 \text{ V} \pm 6.0$	$I_B = 11,47 \text{ A} \pm 0.01$
$P_C = 150 \text{ W} \pm 4.8$	$V_C = 127,31 \text{ V} \pm 6.0$	$I_C = 11,96 \text{ A} \pm 0.01$
$P_{3\phi} = 430 \text{ W} \pm 4.8$	$V_0 = 220,80 \text{ V} \pm 6.0$	$I_0 = 6,76 \text{ A} \pm 0.01$
$P_0 = 143,33 \text{ W} \pm 4.8$		

Tabela III.1 – Ensaio do motor em vazio.



Figura III.2 – Ensaio do motor em vazio.

III.2.2 - ENSAIO COM O ROTOR BLOQUEADO

Neste ensaio, o rotor do motor é bloqueado e a tensão aplicada no estator em Δ com frequência nominal, é reduzida para se obter a corrente nominal. Obtêm-se os valores de tensão, corrente e potência através do circuito indicado na figura III.3 e figura III.4.

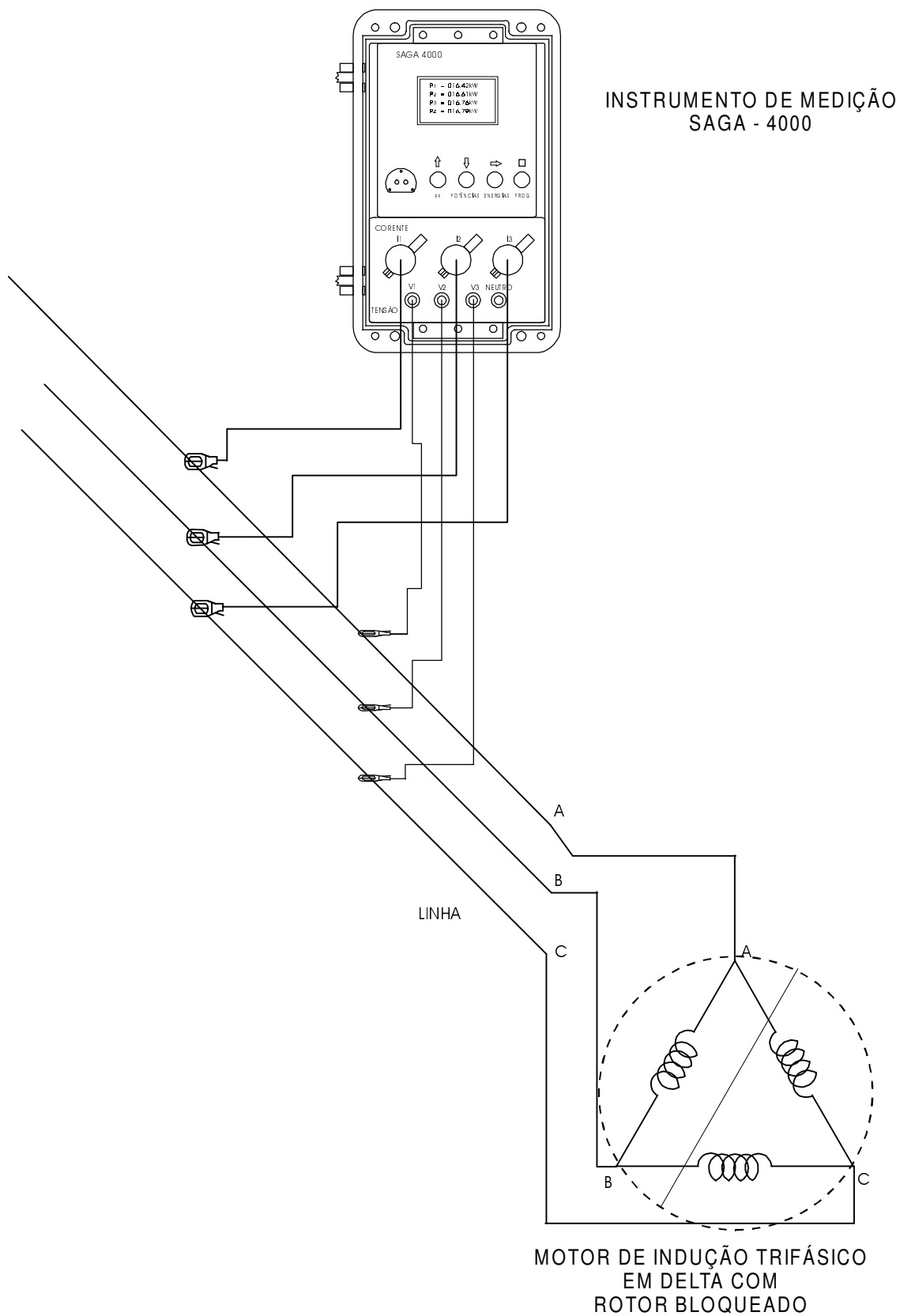


Figura III.3 – Detalhes de ligação do instrumento de medição para o ensaio com rotor bloqueado.

Chamando de W_i , V_i e I_i as potências, tensões e correntes indicadas pelo instrumento de medição.

Os resultados são apresentados na tabela III.2, abaixo:

$P_A = 460 \text{ W} \pm 2.4$	$V_A = 78,62 \text{ V} \pm 3.0$	$I_A = 49,53 \text{ A} \pm 0.01$
$P_B = 470 \text{ W} \pm 2.4$	$V_B = 78,62 \text{ V} \pm 3.0$	$I_B = 49,07 \text{ A} \pm 0.01$
$P_C = 480 \text{ W} \pm 2.4$	$V_C = 78,62 \text{ V} \pm 3.0$	$I_C = 19,07 \text{ A} \pm 0.01$
$P_{3\phi} = 1,410 \text{ W} \pm 2.4$	$V_0 = 136,17 \text{ V} \pm 3.0$	$I_0 = 28,42 \text{ A} \pm 0.01$
$P_b = 463,73 \text{ W} \pm 2.4$		

Tabela III.2 – Ensaio com o rotor bloqueado.



Figura III.4 – Ensaio do motor com rotor bloqueado.

III.2.3 - MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DO ESTATOR

A resistência por fase do estator do motor é medida diretamente nos bornes do motor desligado, através de um multímetro, logo após o ensaio com o rotor bloqueado. O valor encontrado foi:

$$R_S = 0,47 \pm 0.218 [\Omega]$$

III.2.4 - CÁLCULO DOS PARÂMETROS DO CIRCUITO EQUIVALENTE

A partir dos resultados dos testes foram calculados os parâmetros do circuito equivalente.

Do ensaio com o rotor em vazio, pode-se construir o circuito equivalente da figura III.5.

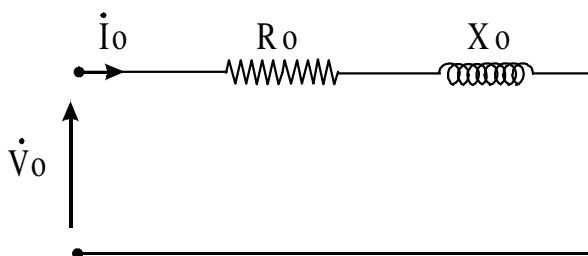


Figura III.5 - Circuito do motor em vazio

Ainda com o rotor em vazio, do circuito equivalente do motor pode-se obter o circuito da figura III.6.

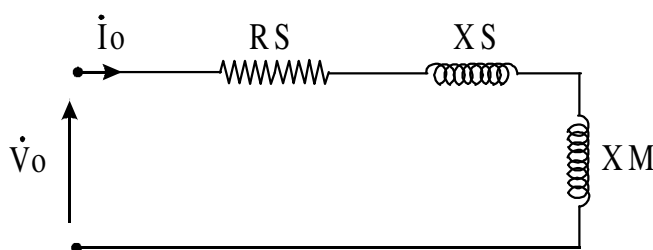


Figura III.6 - Circuito equivalente do motor em vazio

Comparando-se os circuitos das figuras III.5 e III.6 tem-se:

$$X_0 = X_S + X_M$$

Do ensaio com o rotor bloqueado pode-se obter o circuito da figura III.7.

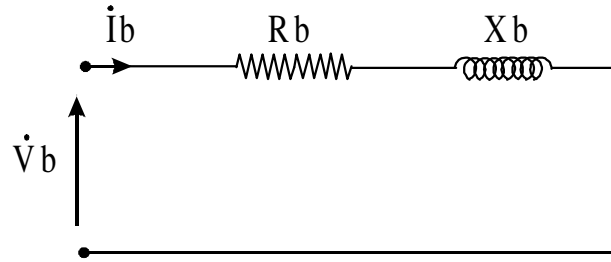


Figura III.7 - Circuito do motor com rotor bloqueado

Do circuito equivalente do motor pode-se obter o circuito da figura III.8 para o rotor bloqueado.

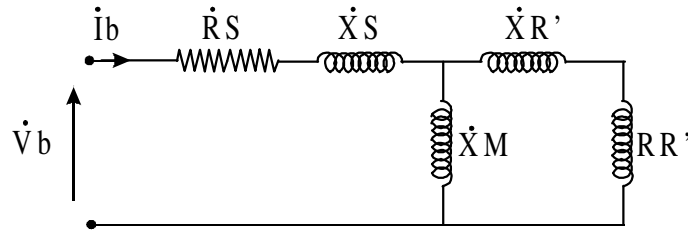


Figura III.8 - Circuito equivalente do motor com rotor bloqueado

Designado-se por $\dot{Z}_R$ a impedância definida pelo paralelismo entre jX_m e $(R_r' + jX_r')$, tem-se:

$$\dot{Z}_R = \frac{jX_m (R_r' + jX_r')}{R_r' + j(X_m + X_r')} \quad (\text{III.8})$$

Ou

$$\dot{Z}_R = \frac{R_r' \cdot X_m^2 + j(X_m \cdot R_r'^2 + X_r' \cdot X_m^2 + X_m \cdot X_r'^2)}{R_r'^2 + (X_m + X_r')^2} \quad (\text{III.9})$$

Como $RR' \ll XM$, a equação (III.9) se aproxima de (III.10).

$$\dot{Z}_R = RR' \cdot \frac{XM^2}{(XM + XR')^2} + jXR' \cdot \frac{XM}{XM + XR'} \quad (III.10)$$

Com o auxílio da equação (III.10) comparando-se os circuitos das figuras (III.7) e (III.8), têm-se as equações (III.11) e (III.12).

$$R_b = RS + RR' \cdot \frac{XM^2}{(XM + XR')^2} \quad (III.11)$$

$$X_b = XS + XR' \cdot \frac{XM}{XM + XR'} \quad (III.12)$$

Definindo:

$$a = \frac{XM}{XM + XR'}$$

Tem-se:

$$R_b = RS + a^2 \cdot RR' \quad (III.13)$$

$$X_b = XS + a \cdot XR' \quad (III.14)$$

Para completar o sistema de equações que permitem obter os parâmetros do circuito equivalente é adotado a relação empírica entre XS , XR' e um fator kc .

O valor do fator kc depende da categoria do motor. Para a categoria do motor em estudo pode-se escolher kc igual à unidade.

Das equações (III.7), (III.13), (III.14) e da definição de pode-se escrever as equações (III.15) a (III.19).

$$XR' = \frac{X_b}{a + kc} \quad (III.15)$$

$$X_M = X_0 - k_c \cdot X_{R'} \quad (III.16)$$

$$a = \frac{X_M}{X_M + X_{R'}} \quad (III.17)$$

$$R_{R'} = \frac{R_b - R_S}{a^2} \quad (III.18)$$

$$X_S = k_c \cdot X_{R'} \quad (III.19)$$

Estas equações permitem o cálculo dos parâmetros do circuito equivalente do motor. A partir dos valores de potência, tensão e corrente de fase dos testes em vazio e bloqueado obtém-se os parâmetros X_0 , X_b , R_b , equações (III.20) a (III.22).

$$X_0 = \sqrt{\left(\frac{V_0}{I_0}\right)^2 + \left(\frac{W_0}{I_0^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{V_0}{I_0}\right)^2 - R_0^2} \quad (III.20)$$

$$X_b = \sqrt{\left(\frac{V_b}{I_b}\right)^2 + \left(\frac{W_b}{I_b^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{V_b}{I_b}\right)^2 - R_b^2} \quad (III.21)$$

$$R_b = \frac{P_b}{I_b^2} \quad (III.22)$$

Conhecendo-se X_0 , X_b , R_b e pela categoria do motor o valor de k_c , pode-se por um processo iterativo obter $X_{R'}$ e X_M , através das equações (III.15) e (III.17). Este processo inicia-se adotando $a = 1$, calculando primeiros valores para X_M e $X_{R'}$. Com estes valores obtém-se o próximo valor para “s” e assim fecha-se o ciclo do sistema iterativo. Com os valores finais de X_M e $X_{R'}$ obtém-se $R_{R'}$ e X_S através das equações (III.18) e (III.19).

Para o motor em questão, das tabelas (III.1) e (III.2) obtém-se os valores de X_0 , X_b , R_b apresentados nas equações abaixo. De posse destes últimos valores e através da

sistemática descrita obtém-se os parâmetros do circuito equivalente indicados na tabela (III.3).

Impedâncias equivalentes calculadas através dos ensaios.

$$R_0 = \frac{P_0}{I_0^2} = 3,1341 [\Omega] \quad X_0 = \sqrt{\left(\frac{V_0}{I_0}\right)^2 - R_0^2} = 32,4983 [\Omega]$$

$$R_b = \frac{P_b}{I_b^2} = 0,5742 [\Omega] \quad X_b = \sqrt{\left(\frac{V_b}{I_b}\right)^2 - R_b^2} = 4,7571 [\Omega]$$

$$\Delta R = R_b - R_s = 0,1051752 [\Omega]$$

$$\Delta X = X_0 - X_b = 27,741243 [\Omega]$$

$$a = 1$$

$$b = \frac{1-k}{k} - \frac{\Delta R + \Delta X^2}{\Delta X} = 0$$

$$c = \frac{X_0 \cdot (\Delta R^2 + \Delta X^2)}{k \cdot \Delta X} = -901,56$$

$$X_m = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot c}}{2} = 30,03 [\Omega]$$

$$X = \frac{(X_0 - X_m)}{k} = 2,47 [\Omega]$$

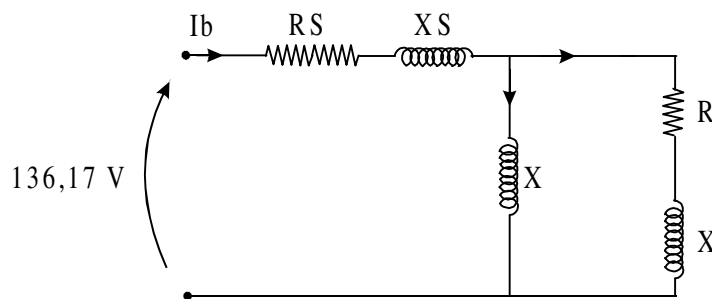
$$R = (X + X_m) \cdot \frac{\Delta R}{\Delta X} = 0,12 [\Omega]$$

$$X_s = k X = 2,47 [\Omega]$$

Tabela III.3 - Parâmetros do circuito equivalente.

Conferindo através do cálculo das potências e correntes esperadas, nos ensaios:

- Rotor Bloqueado



$$\dot{Z}_{eq} = \frac{R \cdot X_m^2}{R^2 + (X + X_m)^2} + j \cdot \frac{(R^2 + X^2 + X_m) \cdot X_m}{R^2 + (X + X_m)^2}$$

$$R_{eq} = 0,105175169 \quad X_{eq} = 2,84704224$$

$$R_b = R_S + R_{eq} \quad X_b = X_S + X_{eq}$$

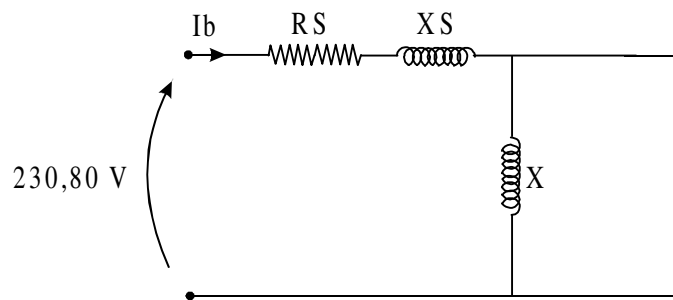
$$R_b = 0,57 \, [\Omega] \quad X_b = 4,75 \, [\Omega]$$

$$\dot{Z}_b = 4,791629986 \, \angle 83,12^\circ$$

$$I_b = \frac{V_b}{Z_b} = \frac{136,17}{4,79163} = 28,42 \, [A]$$

$$P_b = VI \cos \theta_{zb} = 463,73 \, [W]$$

- Rotor em vazio



$$\dot{Z}_0 = R_S + j(X_S + X_m)$$

$$R_0 = 0,47 \, [\Omega]$$

$$X_0 = 32,50 \, [\Omega]$$

$$\dot{Z}_0 = 32,50173098 \, \angle 89,17^\circ$$

$$I_0 = \frac{V_0}{Z_0} = \frac{220,80}{32,501731} = 6,79 \, [A]$$

$$P_0 = VI \cos \theta_{z0} = 21,64 \, [W]$$

III.2.5 - ENSAIO EM CARGA

Neste teste, o rotor do motor foi acoplado a uma carga. A tensão e frequência nominais foram aplicadas ao estator. A carga foi ajustada para obter o escorregamento nominal. Obtêm-se os valores de tensão, corrente e potência através dos esquemas descritos na figura III.9 e figura III.10.

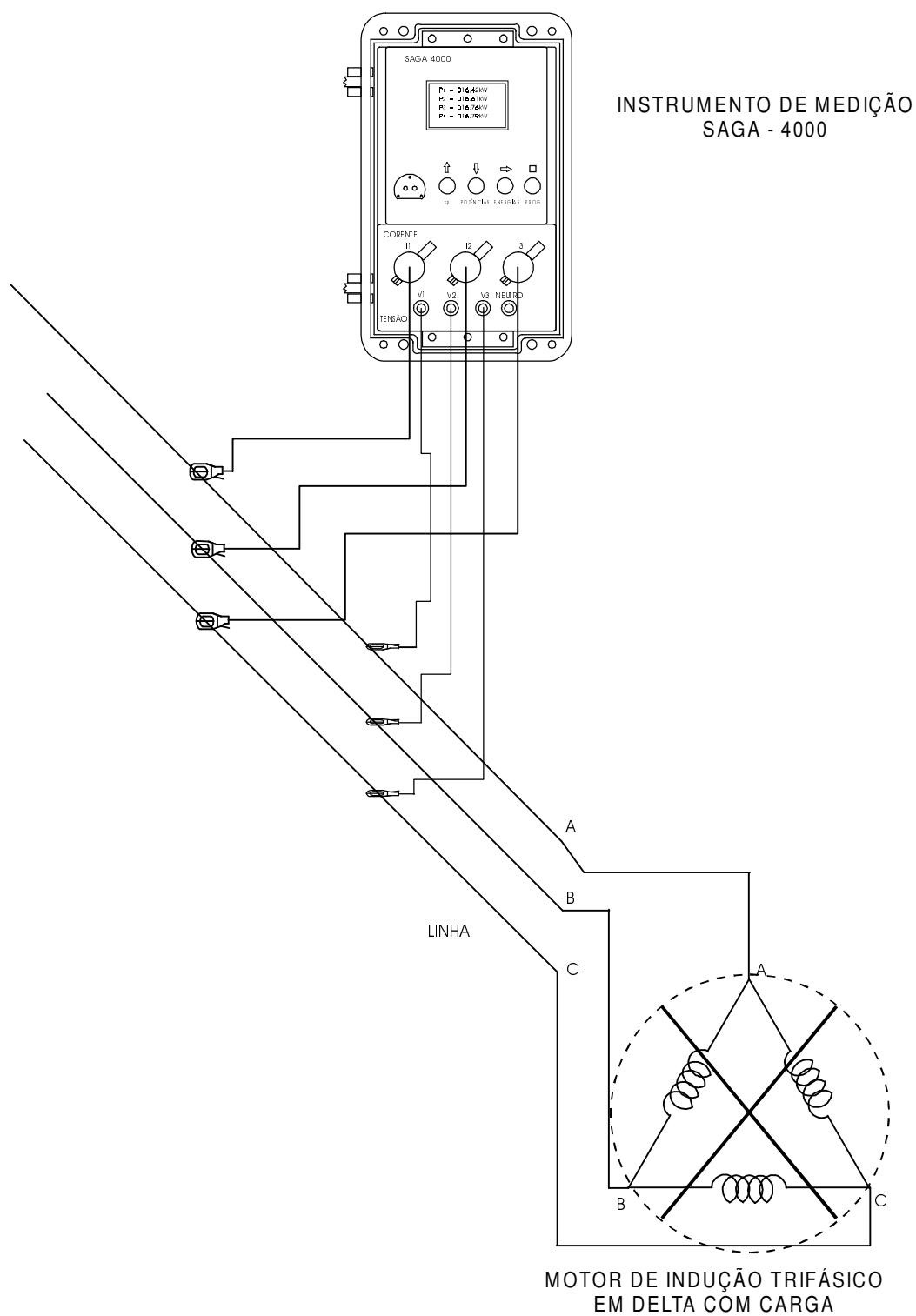


Figura III.9 – Detalhes de ligação do instrumento de medição para o ensaio com carga

Chamando de W_i , V_i e I_i , as potências, tensões e correntes indicadas pelo, instrumento, de medição, em folha anexa segue figura do ensaio com carga.

Os resultados deste ensaio são apresentados na tabela III.4, abaixo:

Ensaio do motor com carga:

$P_A = 5.540 \text{ W} \pm 4.8$	$V_A = 123,37 \text{ V} \pm 6.0$	$I_A = 49,56 \text{ A} \pm 0.01$
$P_B = 5.670 \text{ W} \pm 4.8$	$V_B = 123,68 \text{ V} \pm 6.0$	$I_B = 50,63 \text{ A} \pm 0.01$
$P_C = 5.590 \text{ W} \pm 4.8$	$V_C = 123,00 \text{ V} \pm 6.0$	$I_C = 49,80 \text{ A} \pm 0.01$
$P_{3\phi} = 16.800 \text{ W} \pm 4.8$	$V_C = 213,65 \text{ V} \pm 6.0$	$I_C = 28,85 \text{ A} \pm 0.01$
$P_C = 5.800,00 \text{ W} \pm 4.8$		
$RS = 0,47 [\Omega]$		
$k = 1,00 [\Omega]$		

$N_s = 1800 \text{ rpm}$
$N_r = 1758 \text{ rpm}$
$S = 2,33\%$

Tabela III.3 – Ensaio do motor com carga.



Figura III.10 – Ensaio do motor em carga.

O valor da velocidade mecânica n_m do rotor, medido com um tacômetro digital, é:

$$n_m = 1758 \text{ rpm}$$

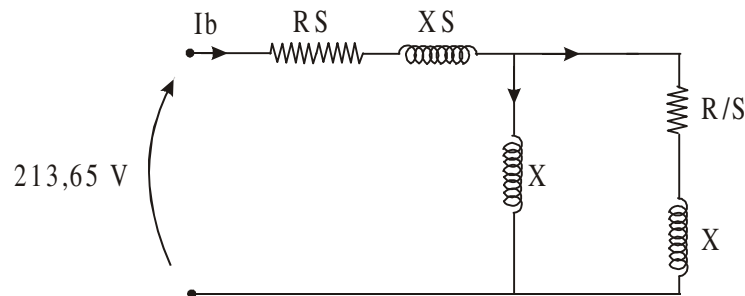
Assim o escorregamento para essa carga é:

$$s = \frac{1800 - 1758}{1800}$$

Ou seja:

$$s = 0,0233 \text{ ou } 2,33\%$$

Como foi mencionado o ensaio em carga foi realizado para verificar a precisão dos parâmetros do circuito equivalente obtidos anteriormente. Para este intuito aplica-se ao circuito equivalente a tensão e o escorregamento nas condições de ensaio em carga, e obtém-se a corrente, potência por fase o fator de potência.



$$Z_{eq} = \frac{R/s \cdot X_m^2}{(R/s)^2 + (X + X_m)^2} + j \cdot \frac{((R/s)^2 + X^2 + X_m) \cdot X_m}{(R/s)^2 + (X + X_m)^2}$$

$$R_{eq} = 4,3916 \quad X_{eq} = 2,8287$$

$$R_T = R_S + R_{eq} \quad X_T = X_S + X_{eq}$$

$$R_T = 4,86 [\Omega] \quad X_T = 5,30 [\Omega]$$

$$Z_T = 7,1921 \angle 47,48^\circ$$

$$I_b = \frac{V_b}{Z_T} = \frac{213,65}{7,1921} = 29,71 \text{ [A]}$$

$$I_b = VI \cos \theta_{zb} = 4.289,20 \text{ [W]}$$

III.3 - PROTÓTIPO DO MOTOR ASSIMÉTRICO

III.3.1 - IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DO MODELO E PROJETO DO MOTOR ASSIMÉTRICO.

Os modelos matemáticos descritos no capítulo II foram implementados num programa computacional de aplicação de planilhas de cálculo, o MICROSOFT[®] EXCEL. O fato de o Microsoft Excel ser acessível a uma variedade de sistemas operacionais de computadores pessoais, além de sua participação dominante no mercado, fez dele uma escolha apropriada para esta simulação que não requer cálculos diferenciais e integrais, já que o tratamento é fasorial (domínio da frequência).

Recursos da caixa de ferramentas de controle do Microsoft Visual Basic foram utilizados para darem maior dinâmica às simulações.

Para que o modelo no domínio da frequência fosse simulado, foi necessário basicamente, realizar operações matemáticas entre números complexos na forma polar e retangular. A seguir é exemplificada a transformação de um número complexo na forma polar para a retangular e vice-versa, utilizando os recursos da planilha de cálculo com formulações baseadas em endereçamento matricial (linhas, colunas e células). Tais transformações são necessárias para facilitar as operações matemáticas básicas entre números complexos.

Coluna	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Linha									
59				4,78E+00	-36,26	=>	3,85E+00	+j	-2,83E+00
Fórmula para a parte real: =D59*COS(E59*PI()/180) Fórmula para a parte imaginária: =D59*SEN(E59*PI()/180) Onde, por exemplo, “D59” corresponde à coluna “D” e à linha “59”.									

A transformação de retangular para polar segue raciocínio análogo ao anterior. Portanto tem-se:

Coluna	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Linha									
61				1,71E+01	116,27	<=	-7,56E+00	+j	1,53E+01
Fórmula para o módulo: =RAIZ(G61^2+I61^2) Fórmula para o ângulo: =SE(D61;SE(I61;ACOS(G61/D61)*180/PI()*SINAL(I61);ACOS(G61/D61)*180/PI();0). Onde, por exemplo, “I61” corresponde à coluna “I” e à linha “61”.									

Nome do Recurso

Características

Utilizado

Scrolbar

Barra de rolagem: Utilizado para produzir variações rápidas e contínuas nos parâmetros ou variáveis a ele associado; dando dinamismo às simulações.

ComandButton

Botão de comando: Utilizado, neste caso, para levar os valores das variáveis e/ou parâmetros para uma condição pré-estabelecida.

Tabela III.4 – Recursos do MICROSOFT BASIC utilizado.

III.3.2 - PROJETO DO PROTÓTIPO

O projeto do protótipo é desenvolvido a partir das equações do motor assimétrico e dos resultados dos ensaios realizados.

Inicialmente aplicando-se os resultados referentes aos parâmetros do circuito equivalente do motor de indução trifásico convencional, sendo possível obter resultados para o fator “t” com diversos valores de “b”, “c” e capacitor.

Com estes resultados pode-se escolher uma solução que apresenta o fator “t” próximo da unidade, com um pequeno valor de capacitância e alterações nos números de espiras que possam ser realizadas na prática.

Dentre às inúmeras simulações optou-se para $b = 0,95$ e $c = 1$, pois apresenta um razoável torque de partida (ordem de 40%) com alterações mínimas no número de espiras e com um valor de capacitância de $700\mu\text{F}$, proporcionando torque nominal (1PU) para regime permanente.

Com relação as correntes de fases, apresentaram valores acima da suportabilidade para as bitolas antigas, podendo proporcionar aquecimento e uma possível queima. No intuito de contornar o problema, aumenta-se o número de fiação em paralelo por fase, como também se compatibiliza a densidade de corrente.

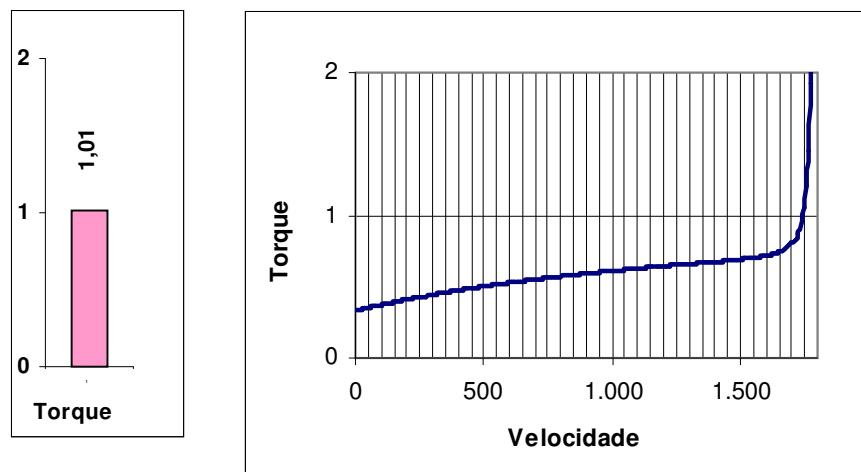


Figura III.11 – Variação da Velocidade(rpm) x Torque(pu).

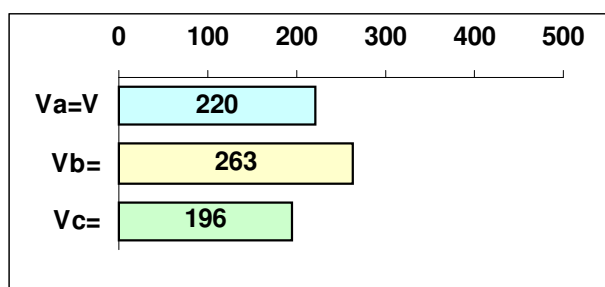


Figura III.12 – Tensões de Fase do Motor(volt).

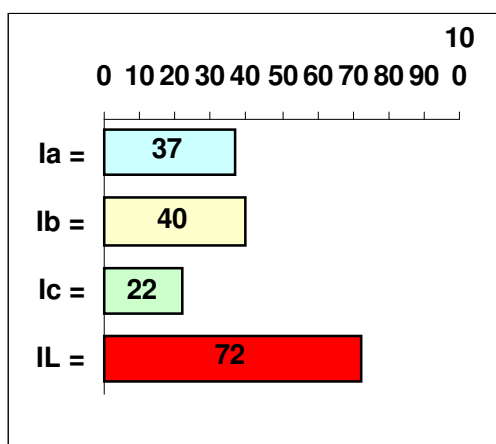


Figura III.13 – Correntes de Fase e Linha(amper).

O programa desenvolvido fornece várias soluções, dentre elas muitas são impraticáveis pelos limites físicos do motor, tanto com relação ao desbalanceamento das bobinas como pela sobretensão e sobrecorrente. Procurou-se a menor alteração no número de espiras das fases como também um valor de capacitância existente no mercado, produzindo valores de corrente e tensão nas fases dentro da suportabilidade da máquina com um torque conveniente. O dinamismo nas alterações dos parâmetros do projeto e a facilidade de visualização são características principais do programa desenvolvido em EXCEL e VISUAL BASIC, produzindo uma escolha rápida e eficaz dos parâmetros para o motor trifásico assimétrico.

Na figura III.11, visualiza-se o torque versus a rotação do motor desde o instante da partida até a rotação nominal com as condições de $b = 0,95$, $c = 1$ e $Cap = 700 \mu F$. No instante de partida o motor irá produzir 0,46 p.u. de torque sendo suficiente para vencer sua inércia e entrar em movimento. A rotação nominal produzirá 1 p.u. de torque, alcançando o objetivo do projeto.

Na figura III.12, observa-se às tensões internas do motor, onde os valores obtidos nas condições descritas anteriormente não acarretarão problemas de sobretensão. A sobretensão de 20% em uma das fases é absorvida pela própria robustez do motor.

Na figura III.13, identifica-se as correntes de fase e a de linha do protótipo do motor trifásico assimétrico. Duas fases ficam sujeitas a aproximadamente 35% de sobrecorrente obrigando a um reforço na bitola do novo enrolamento para evitar-se um aquecimento excessivo e uma possível queima.

A seguir é mostrado o memorial de cálculo produzido pelo programa computacional com as características elétricas do motor com as condições de b , c e Cap escolhidos.

X =	2,4724				
R =	0,1232				
Xm =	30,0259				
Rc =	#####				
Xs =	2,4724				
Rs =	0,4690				
K =	1,0000				
V =	220,0 0,00				
f =	60,0Hz				
W_{SINC} =	1800,0rpm				
Cap =	7,00E-04F				
Xc =	3,79E+00	90,00			
s =	0,0278				
2-s =	1,9722				
Zsa =	2,5165	79,26	<=	0,4690 + j	2,4724
Zap =	6,7256	51,51	<=	4,1861 + j	5,2640
Zan =	4,7854	83,73	<=	0,5223 + j	4,7568
α =	1,0000	120,00	=>	-0,5000 + j	0,8660
α^2 =	1,0000	-120,00	=>	-0,5000 + j	-0,8660
$1 + \alpha^2/b + \alpha/c$ =	0,0526	120,00	<=	-0,0263 + j	0,0456
Z_{ap} ($1 + \alpha^2/b + \alpha/c$) =	0,3540	171,51			
Z_{sa} ($1 + 1/b + 1/c$) =	7,6819	79,26			
$1 + \alpha/b + \alpha^2/c$ =	0,0526	-120,00	<=	-0,0263 + j	-0,0456
Z_{an} ($1 + \alpha/b + \alpha^2/c$) =	0,2519	-36,27			
λ_1 =	0,0461	92,25	=>	-0,0018 + j	0,0460
λ_2 =	0,0328	-115,53	=>	-0,0141 + j	-0,0296
$\alpha - \lambda_1$ =	0,9595	121,28	<=	-0,4982 + j	0,8200
$\alpha - \lambda_2$ =	1,0189	118,48	<=	-0,4859 + j	0,8956
$(\lambda_1 - \alpha^2)$ =	1,0393	61,36	<=	0,4982 + j	0,9121
$(\lambda_2 - \alpha^2)$ =	0,9673	59,85	<=	0,4859 + j	0,8364
$c (\alpha - \lambda_1) + b(\lambda_1 - \alpha^2)$ =	1,6912	89,16	<=	0,0249 + j	1,6911
$c (\lambda_2 - \alpha^2) + b(\alpha - \lambda_2)$ =	1,6904	90,82	<=	-0,0243 + j	1,6902
$jX_{cap}[c (\alpha - \lambda_1) + b(\lambda_1 - \alpha^2)]$ =	6,4088	179,16	=>	-6,41E+00 + j	9,44E-02
$jX_{cap}[c (\lambda_2 - \alpha^2) + b(\alpha - \lambda_2)]$ =	6,4056	180,82	=>	-6,4050E+00 + j	-9,21E-02
Z _o =	2,6489	79,26	=>	0,4937 + j	2,6025
Z ₁ =	7,0796	171,51	=>	-7,0019 + j	1,0455
Z ₂ =	5,0373	-36,27	=>	4,0614 + j	-2,9797
$\lambda_1 Z_o$ =	0,1221	171,51	=>	-0,1207 + j	0,0180
$\lambda_2 Z_o$ =	0,0868	-36,27	=>	0,0700 + j	-0,0514

Numerador =	1,0462	-63,11	<=	4,73E-01 + j	-9,33E-01
Denominador =	3,8663	-128,63	<=	-2,41E+00 + j	-3,02E+00
F =	0,2706	65,52			
$\lambda_1 Z_{sa} =$	0,1160	171,51	=>	-0,1147 + j	0,0171
$\lambda_2 Z_{sa} =$	0,0825	-36,27	=>	0,0665 + j	-0,0488
$(Z_{AN} - \lambda_2 Z_{sa}) =$	4,8272	84,58	<=	0,4558 + j	4,8056
$(Z_{AN} - \lambda_2 Z_{sa}) F =$	1,3062	150,10	=>	-1,1323 + j	0,6512
Z =	6,6953	61,76	<=	3,1685 + j	5,8981
$\lambda_2 F =$	0,0089	-50,01	=>	0,0057 + j	-0,0068
$\lambda_1 + \lambda_2 F =$	0,0394	84,33	<=	0,0039 + j	0,0392
I_{AZ} =	1,2959	-157,42	=>	-1,1966 + j	-0,4976
I_{AP} =	32,8589	-61,76	=>	15,5501 + j	-28,9466
I_{AN} =	8,8917	3,76	=>	8,8725 + j	0,5831
$\lambda_1 =$	0,0461	92,25	=>	-0,0018 + j	0,0460
$\lambda_2 =$	0,0328	-115,53	=>	-0,0141 + j	-0,0296
$1 - \lambda_2 =$	1,0146	1,67	<=	1,0141 + j	0,0296
$\alpha - \lambda_2 =$	1,0189	118,48	<=	-0,4859 + j	0,8956
$\alpha^2 - \lambda_2 =$	0,9673	-120,15	<=	-0,4859 + j	-0,8364
$F(1 - \lambda_2) =$	0,2745	67,19	=>	0,1064 + j	0,2531
$F(\alpha - \lambda_2) =$	0,2757	184,00	=>	-0,2750 + j	-0,0192
$F(\alpha^2 - \lambda_2) =$	0,2618	-54,64	=>	0,1515 + j	-0,2135
$1 - \lambda_1 + F(1 - \lambda_2) =$	1,1274	10,58	<=	1,1083 + j	0,2070
$\alpha^2 - \lambda_1 + F(\alpha - \lambda_2) =$	1,2104	-129,70	<=	-0,7732 + j	-0,9313
$\alpha - \lambda_1 + F(\alpha^2 - \lambda_2) =$	0,6986	119,75	<=	-0,3467 + j	0,6065
I_a =	37,0460	-51,17	=>	23,2260 + j	-28,8610
I_b =	39,7740	-191,46	=>	-38,9813 + j	7,9012
I_c =	21,8080	58,00	=>	11,5573 + j	18,4937
I_L =	72,2580	-30,58	<=	62,2073 + j	-36,7623
$1 - \lambda_2 - b\alpha + b\lambda_2 =$	1,7321	-30,00	<=	1,5000 + j	-0,8660
$F(1 - \lambda_2 - b\alpha + b\lambda_2) =$	0,4687	35,52	=>	0,3815 + j	0,2723
$1 - \lambda_1 + b(\lambda_1 - \alpha^2) =$	1,7321	30,00	<=	1,5000 + j	0,8660
Soma =	2,1990	31,17	<=	1,8815 + j	1,1383
I_L =	72,2580	-30,58			
$\lambda_1 + \lambda_2 F =$	0,0394	84,33	<=	0,0039 + j	0,0392
$Z_{sa} (\lambda_1 + \lambda_2 F) =$	0,0992	163,59	=>	-0,0952 + j	0,0280
$\alpha^2 Z_{ap} =$	6,7256	-68,49	=>	2,4657 + j	-6,2573
$\alpha Z_{an} F =$	1,2949	269,25	=>	-0,0170 + j	-1,2948
Soma =	7,9957	-71,45	<=	2,5440 + j	-7,5802

$\lambda_1 + \lambda_2 F =$	0,0394	84,33	<=	0,0039 + j	0,0392
Zsa ($\lambda_1 + \lambda_2 F$) =	0,0992	163,59	=>	-0,0952 + j	0,0280
α Zap =	6,7256	171,51	=>	-6,6519 + j	0,9933
α^2 Zan F =	1,2949	29,25	=>	1,1298 + j	0,6327
Soma=	5,6572	163,59	<=	-5,4268 + j	1,5979
Va=V	220,0000	0,00	=>	220,0000 + j	0,0000
Vb=	262,7288	-133,20	=>	-179,8608 + j	-191,5112
Vc=	195,6725	101,84	=>	-40,1392 + j	191,5112
COS Φ =	0,8609				
Pe=	13685,6089				
$I_L / V =$	0,3284	-30,58	=>	0,2828 + j	-0,1671
$V^2 =$	4,8400E+04				
Pe=	13685,6089				
Zap' =	4,6487	36,91	<=	3,7171 + j	2,7916
Zan' =	2,2850	88,66	<=	0,0533 + j	2,2844
t=	1,0080			6,8729	
T=	6,8729			1,0080	
Pmec=	1715,0251				
Rend=	0,1253				
α I _{AP} =	32,8589	58,24	=>	17,2934 + j	27,9400
α^2 I _{AP} =	32,8589	-181,76	=>	-32,8435 + j	1,0065
α I _{AN} =	8,8917	123,76	=>	-4,9412 + j	7,3923
α^2 I _{AN} =	8,8917	-116,24	=>	-3,9313 + j	-7,9754
I_a =	37,0460	-51,17	<=	23,2260 + j	-28,8610
I_b =	39,7740	168,54	<=	-38,9813 + j	7,9012
I_c =	21,8080	58,00	<=	11,5573 + j	18,4937
Z _{sa} I _{AZ} =	3,2612	-78,16	=>	0,6690 + j	-3,1919
Z _{sa} I _{AZ} / b =	3,2612	-78,16	=>	0,6690 + j	-3,1919
Z _{sa} I _{AZ} / c =	3,4329	-78,16	=>	0,7042 + j	-3,3598
Z _{ap} I _{AP} =	220,9960	-10,25	=>	217,4703 + j	-39,3176
Z _{ap} I _{AP} α^2 / b =	220,9960	-130,25	=>	-142,7852 + j	-168,6761
Z _{ap} I _{AP} α / c =	232,6273	109,75	=>	-78,6160 + j	218,9407
Z _{an} I _{AN} =	42,5501	87,49	=>	1,8607 + j	42,5094
Z _{an} I _{AN} α / b =	42,5501	207,49	=>	-37,7446 + j	-19,6433
Z _{an} I _{AN} α^2 / c =	44,7896	-32,51	=>	37,7725 + j	-24,0696
Va =	220,0000	0,00	<=	220,0000 + j	0,0000
Vb =	262,7288	-133,20	<=	-179,8608 + j	-191,5112
Vc =	195,6725	101,84	<=	-40,1392 + j	191,5112

Como o enrolamento original do motor possuía 68 espiras por fase e no novo enrolamento a fase A mantém o mesmo número de espiras, concluiu-se que $N_A = 68$ espiras.

Como:

$$b = \frac{N_A}{N_B}, N_A = 68 \text{ e } b = 0,95, \text{ vem:}$$

$$N_B = \frac{N_A}{b} = \frac{68}{0,95} \cong 72 \text{ espiras}$$

Como

$$c = \frac{N_A}{N_C}$$

$$N_A = 68 \text{ e } c = 1$$

$$N_C = 68 \text{ espiras.}$$

Como não haverá um aumento significativo no número de espiras em uma das fases, não compromete o limite físico das ranhuras. O enrolamento original do motor é formado por 4 fios #19 ligados em paralelo por fase. Como a corrente nominal por fase era de aproximadamente 30 A, conclui-se que a corrente admissível é de 7,5 A para fio #19.

No desenvolvimento teórico, foi imposta a condição de se aumentar o número de condutores em uma das fases em função dos novos valores superiores de corrente. Na construção do protótipo foi satisfeita tal condição, uma vez que o objetivo era colocar nas ranhuras de uma das fases, 5% a mais de espiras.

Nas fases “A” e “C” permanece o mesmo número de espiras e um aumento no número de condutores em paralelo para 6 #19 em função da elevada corrente. A pequena diferença de temperatura entre as fases se torna desprezível com o aumento de condutores em paralelo e pelo equilíbrio térmico sofrido no material ferromagnético.

Finalmente conclui-se que o motor trifásico assimétrico, a ser construído, terá o enrolamento indicado na figura III.14 auxiliado por um banco de capacitores de 700 μ F. Este protótipo construído foi testado e os resultados obtidos estão no próximo capítulo.

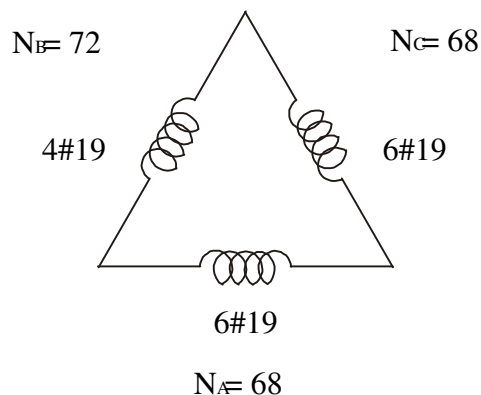


Figura III.14 – Enrolamentos no motor assimétrico.

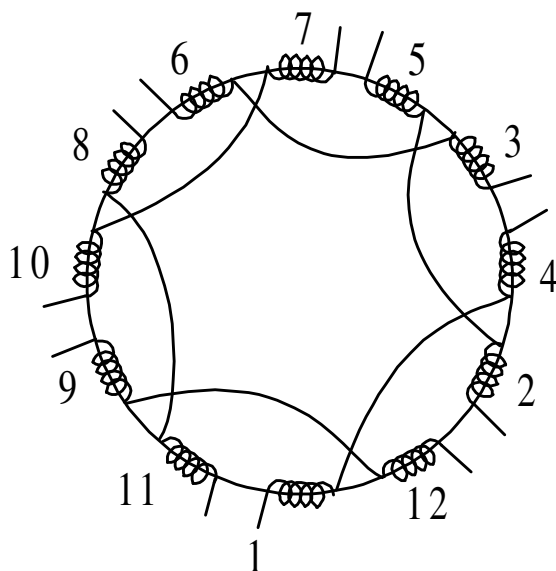


Figura III.15 – Distribuição das bobinas do motor assimétrico.

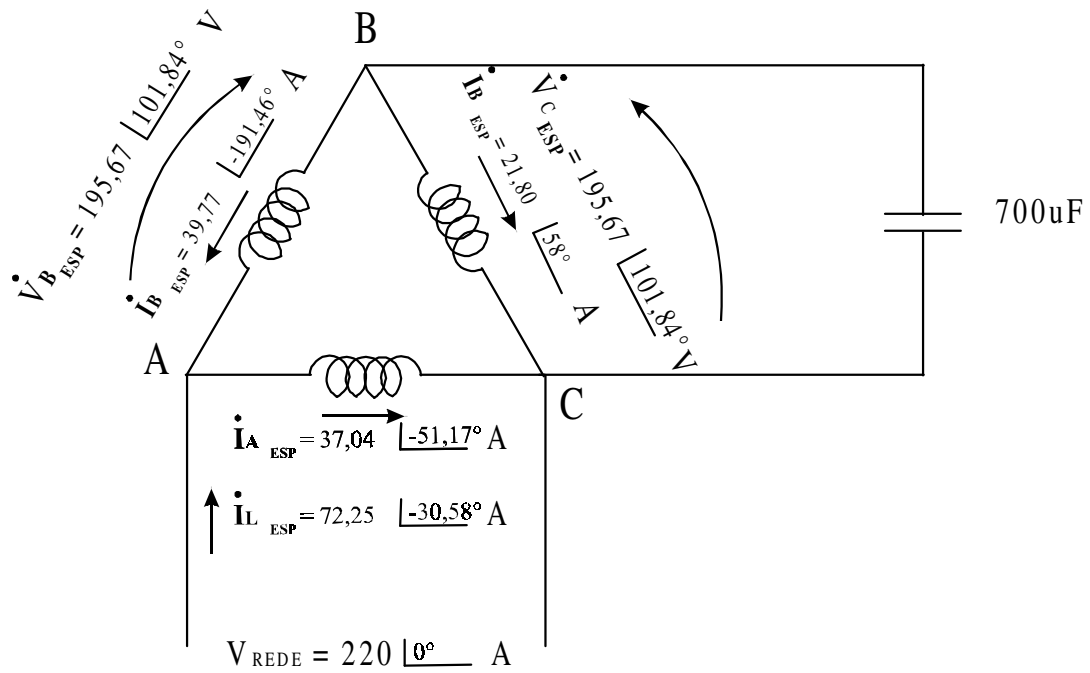


Figura III.16 – Valores esperados de tensão e correntes.

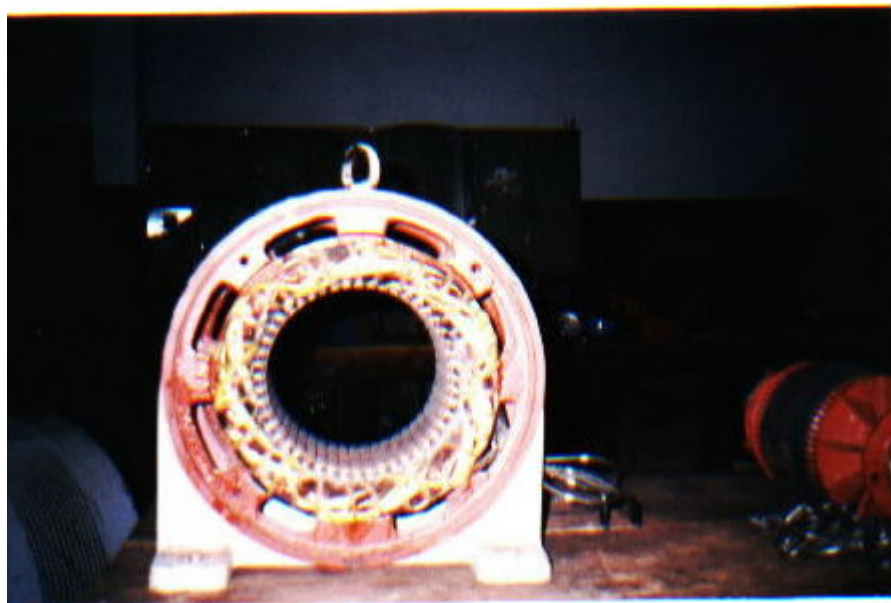


Figura III.17 – Estator do motor assimétrico.

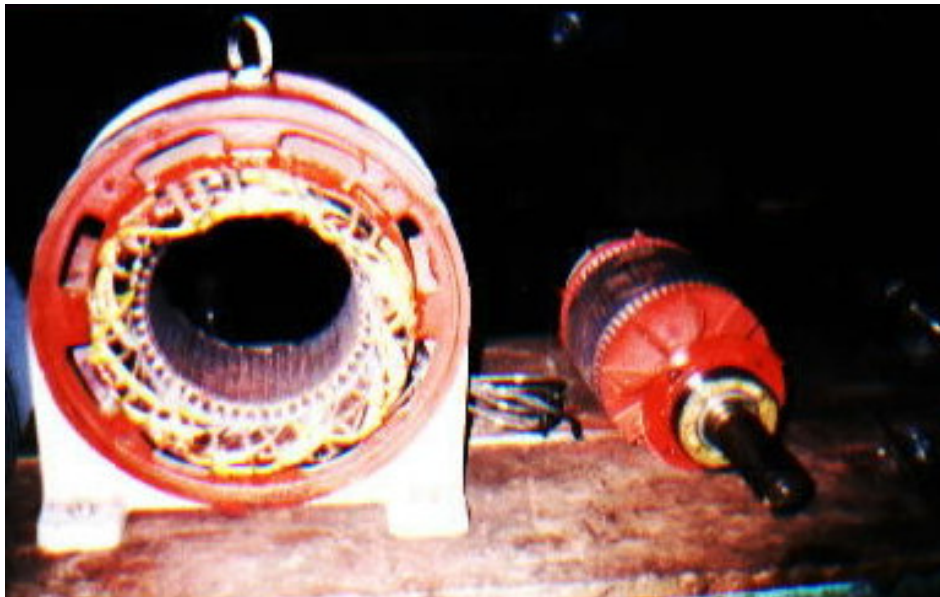


Figura III.18 – Estator e Rotor do motor assimétrico.

CAPÍTULO IV

ENSAIO EXPERIMENTAL DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO ASSIMÉTRICO

IV.1 – Ensaio do Motor Assimétrico em Vazio

O motor assimétrico funcionando em vazio é monitorado pelo SAGA 4000, com medições em intervalos de integração de 900 segundos durante um período de 13 horas.

Durante o período de monitoramento foram observadas grandezas: tensão mínima, tensão média, tensões máximas, correntes e potência, com indica o esquema de ligação da figura IV.1. Os dados coletados estão indicados na tabela IV.1 e nas figuras de IV.1 a IV.4.

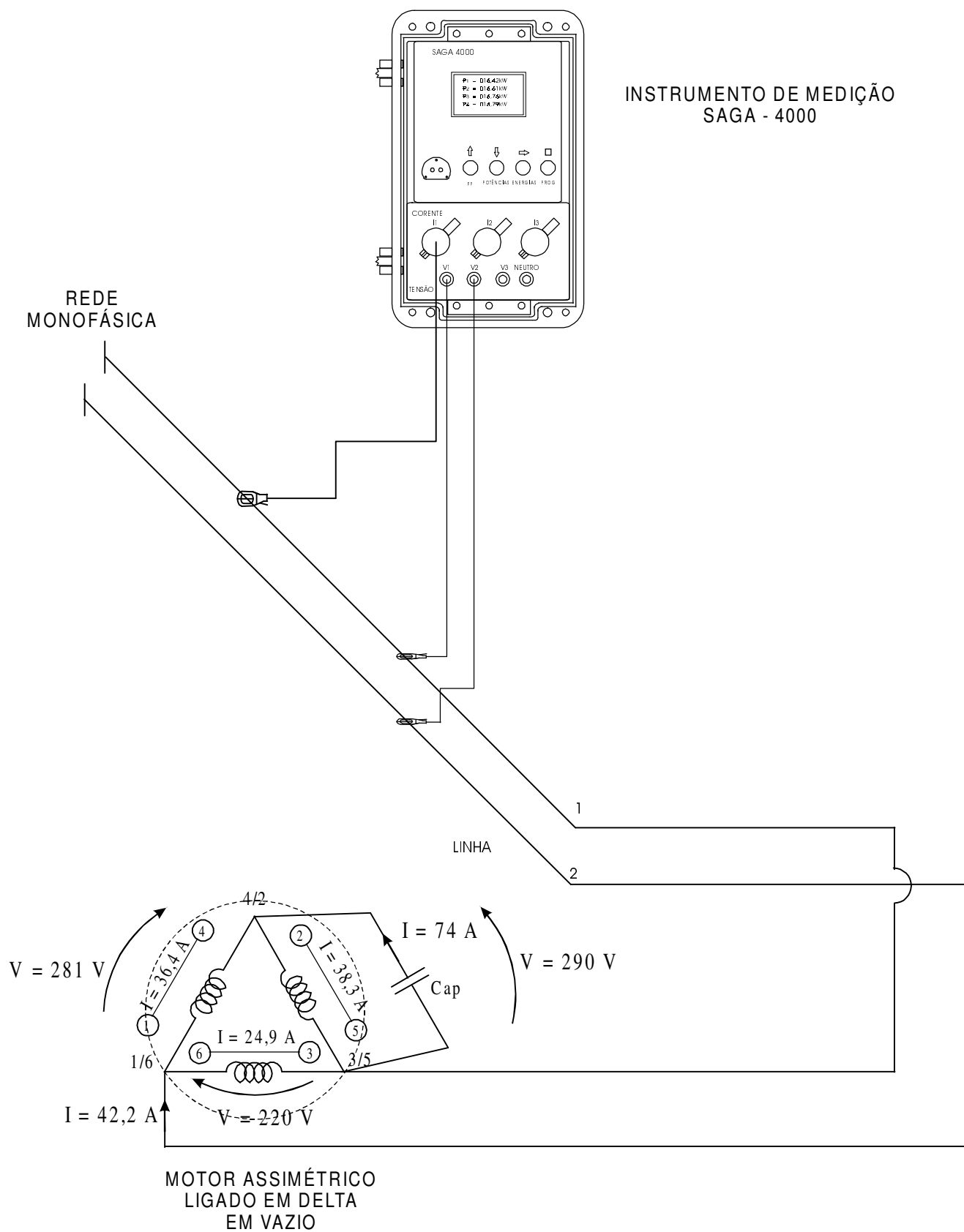


Figura IV.1 – Motor Assimétrico Ligado em Delta em Vazio.

Tabela IV.1 - Resultados do Ensaio em Vazio.

SAGA 4000 – ESB										
Parâmetros do medidor					Configuração dos Canais					
Hora da Leitura: 07:15 Data da Leitura: 6/9/2002 Relação de TP: 1 Relação de TC: 1000 Intervalo de Integração: 900 (s) Versão: 15.64					8 Canais Ativos:					
					Canal 1 – Tensão Mínima V1					
					Canal 2 – Tensão V1					
					Canal 3 – Tensão Máxima V1					
					Canal 4 – Corrente I1					
					Canal 5 – Potência Ativa P1					
					Canal 6 – Potência Ativa Pt					
Canal 7 – Potência Reativa com Harmônica Qch1										
Canal 8 – Potência Total Aparente St										
Resultados Obitdos										
SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(Var)	(Va)
1	06/09/2002	07:15	218,4	218,8	219,4	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
2	06/09/2002	07:30	218,7	218,8	218,9	42,2	5078,9	5078,9	7664,5	9194,5
3	06/09/2002	07:45	218,9	218,9	218,9	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
4	06/09/2002	08:00	218,9	219,0	219,1	42,2	5084,7	5084,7	7673,3	9205,1
5	06/09/2002	08:15	218,9	218,9	218,9	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
6	06/09/2002	08:30	218,8	218,8	218,8	42,2	5078,9	5078,9	7664,5	9194,5
7	06/09/2002	08:45	218,7	218,7	218,8	42,2	5077,4	5077,4	7662,3	9191,9
8	06/09/2002	09:00	218,7	218,8	219,1	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
9	06/09/2002	09:15	219,0	219,0	219,1	42,2	5084,7	5084,7	7673,3	9205,1
10	06/09/2002	09:30	218,8	218,9	219,1	42,2	5083,2	5083,2	7671,1	9202,4
11	06/09/2002	09:45	218,7	218,8	218,8	42,2	5078,9	5078,9	7664,5	9194,5
12	06/09/2002	10:00	218,6	218,8	218,9	42,2	5078,9	5078,9	7664,5	9194,5
13	06/09/2002	10:15	218,9	218,9	218,9	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
14	06/09/2002	10:30	218,9	218,9	218,9	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
15	06/09/2002	10:45	218,8	218,8	218,9	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
16	06/09/2002	11:00	218,8	218,8	218,9	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
17	06/09/2002	11:15	218,8	218,8	218,9	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
18	06/09/2002	11:30	218,9	219,0	219,1	42,2	5084,7	5084,7	7673,3	9205,1
19	06/09/2002	11:45	218,9	218,9	219,0	42,2	5083,2	5083,2	7671,1	9202,4
20	06/09/2002	12:00	218,6	218,8	218,9	42,2	5078,9	5078,9	7664,5	9194,5
21	06/09/2002	12:15	218,8	218,8	218,9	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
22	06/09/2002	12:30	218,7	218,9	219,1	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
23	06/09/2002	12:45	218,8	218,9	218,9	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
24	06/09/2002	13:00	218,8	219,0	219,2	42,2	5084,7	5084,7	7673,3	9205,1
25	06/09/2002	13:15	218,9	219,0	219,1	42,2	5084,7	5084,7	7673,3	9205,1
26	06/09/2002	13:30	218,9	218,9	219,1	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
27	06/09/2002	13:45	218,8	218,9	219,1	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(Var)	(Va)
28	06/09/2002	14:00	218,7	218,8	219,0	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
29	06/09/2002	14:15	218,6	218,8	219,0	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
30	06/09/2002	14:30	218,8	218,8	218,8	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
31	06/09/2002	14:45	218,8	218,8	218,9	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
32	06/09/2002	15:00	218,7	218,8	218,9	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
33	06/09/2002	15:15	218,6	218,8	218,9	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
34	06/09/2002	15:30	218,6	218,8	218,9	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
35	06/09/2002	15:45	218,7	218,8	218,9	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
36	06/09/2002	16:00	218,8	218,8	218,9	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
37	06/09/2002	16:15	219,0	219,0	219,0	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
38	06/09/2002	16:30	218,8	218,8	218,9	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
39	06/09/2002	16:45	218,6	218,8	219,5	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
40	06/09/2002	17:00	219,1	219,3	219,5	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
41	06/09/2002	17:15	218,8	218,9	219,1	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
42	06/09/2002	17:30	218,6	218,7	218,8	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
43	06/09/2002	17:45	218,8	218,9	219,0	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
44	06/09/2002	18:00	218,8	218,9	219,0	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
45	06/09/2002	18:15	218,6	218,6	218,7	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
46	06/09/2002	18:30	218,8	218,8	218,8	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
47	06/09/2002	18:45	218,8	218,9	219,0	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
48	06/09/2002	19:00	218,8	219,0	219,3	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
49	06/09/2002	19:15	218,8	218,9	219,3	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
50	06/09/2002	19:30	218,9	218,9	219,0	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
51	06/09/2002	19:45	218,7	218,8	219,0	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8
52	06/09/2002	20:00	218,6	218,6	218,8	42,2	5080,3	5080,3	7666,7	9197,2
53	06/09/2002	20:15	218,5	218,6	218,9	42,2	5081,8	5081,8	7668,9	9199,8

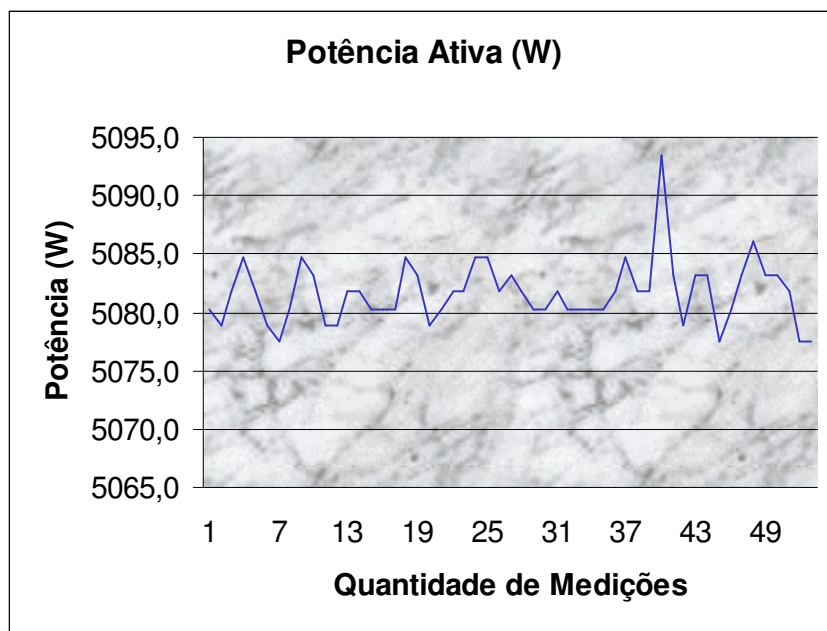


Figura IV.2 – Potência Ativa em vazio.

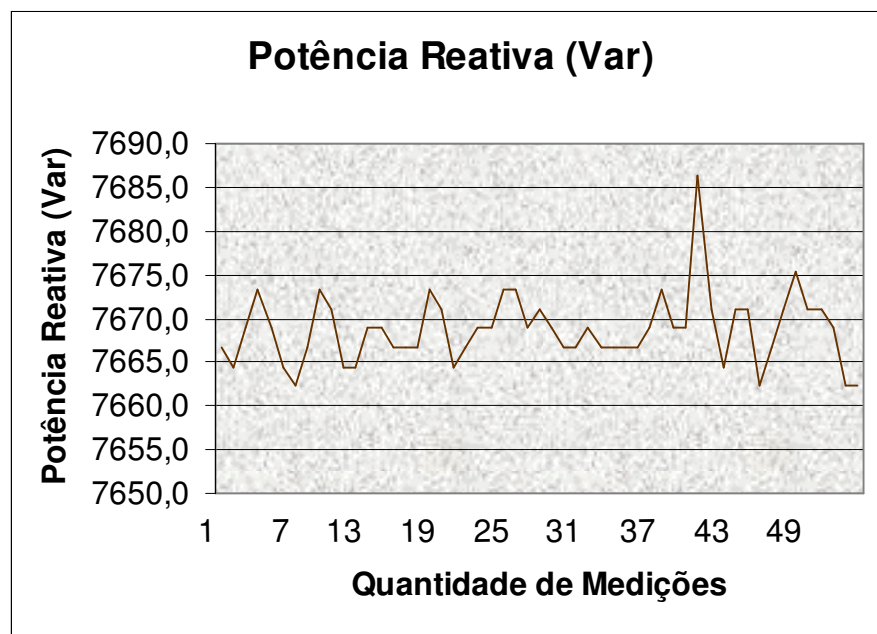


Figura IV.3 – Potência Reativa em vazio.

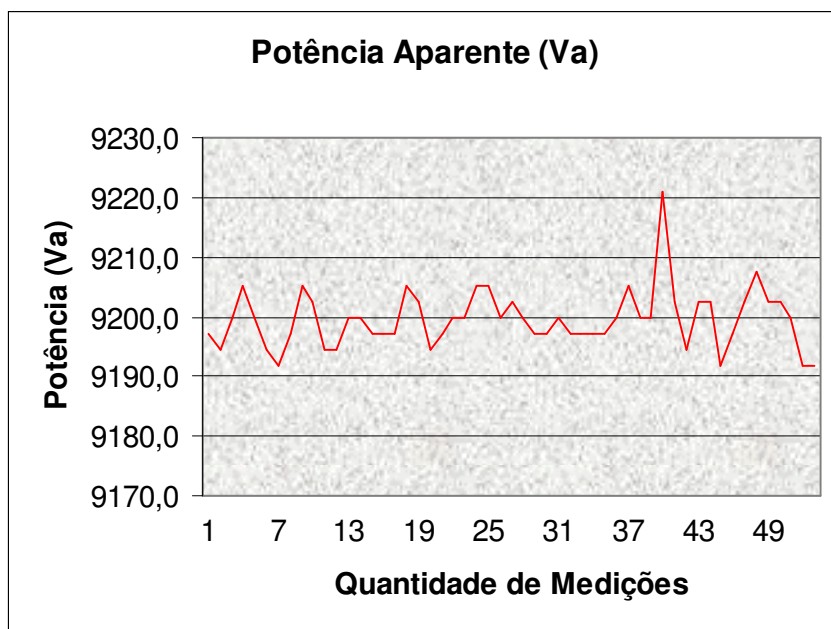


Figura IV.4 – Potência Aparente em Vazio.

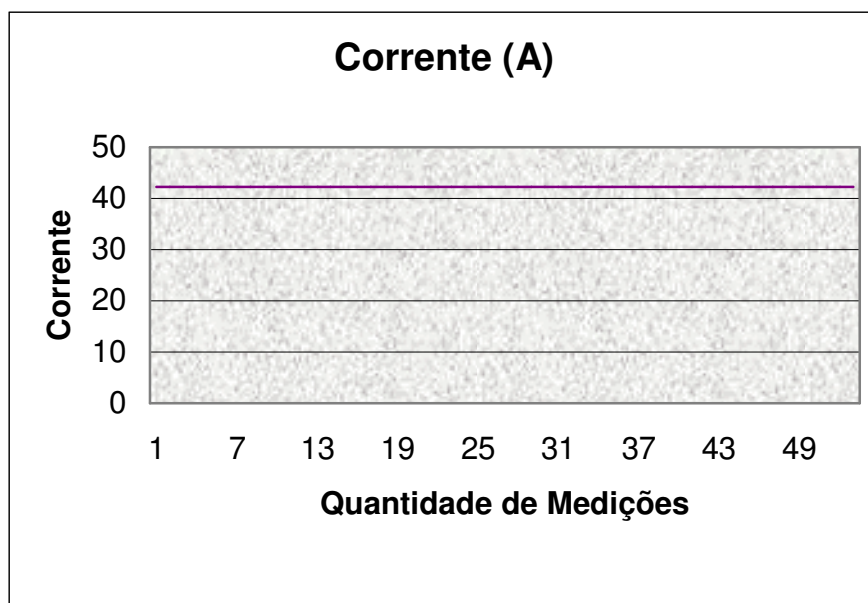


Figura IV.5 – Corrente de linha em vazio.

Através das figuras, ficou observado que tanto a rede alimentadora como a carga apresentaram estabilidade elétrica, produzindo valores próximos de uma constância durante todo o ensaio.

É necessário salientar que durante este ensaio a motor trifásico assimétrico produziu um elevado zunido e valores elevados de corrente de fase e linha, mas dentro da suportabilidade

do sistema. O fator de potência do motor foi melhorado pela presença constante do capacitor adquirindo um valor médio de 0,55.

Este ensaio demonstrou a baixa eficiência do motor assimétrico com alimentação monofásica, operando em vazio, semelhante ao motor trifásico convencional, ambos com baixo fator de potência.

IV.2 – Ensaio do Motor Assimétrico com Carga Nominal

O motor assimétrico foi acoplado a uma bomba d'água para irrigação em uma comunidade rural. Esse sistema tem como objetivo retirar água de uma represa e mandar para um conjunto de aspersores.

Na partida a bomba foi regulada para ficar com o mínimo de carga possível. Com o motor acionando a bomba, procedem-se às medidas elétricas utilizando-se novamente o SAGA 4000. O analisador de grandezas elétrico monitora a rede e o motor em intervalos de integração de 900 segundos, durante um período de 144 horas.

Segue o esquema de ligação para o ensaio com carga, Figura IV.6 e os dados coletados pelo SAGA 4000, tanto tabela IV.2 como nas Figuras IV.7 a IV.10.

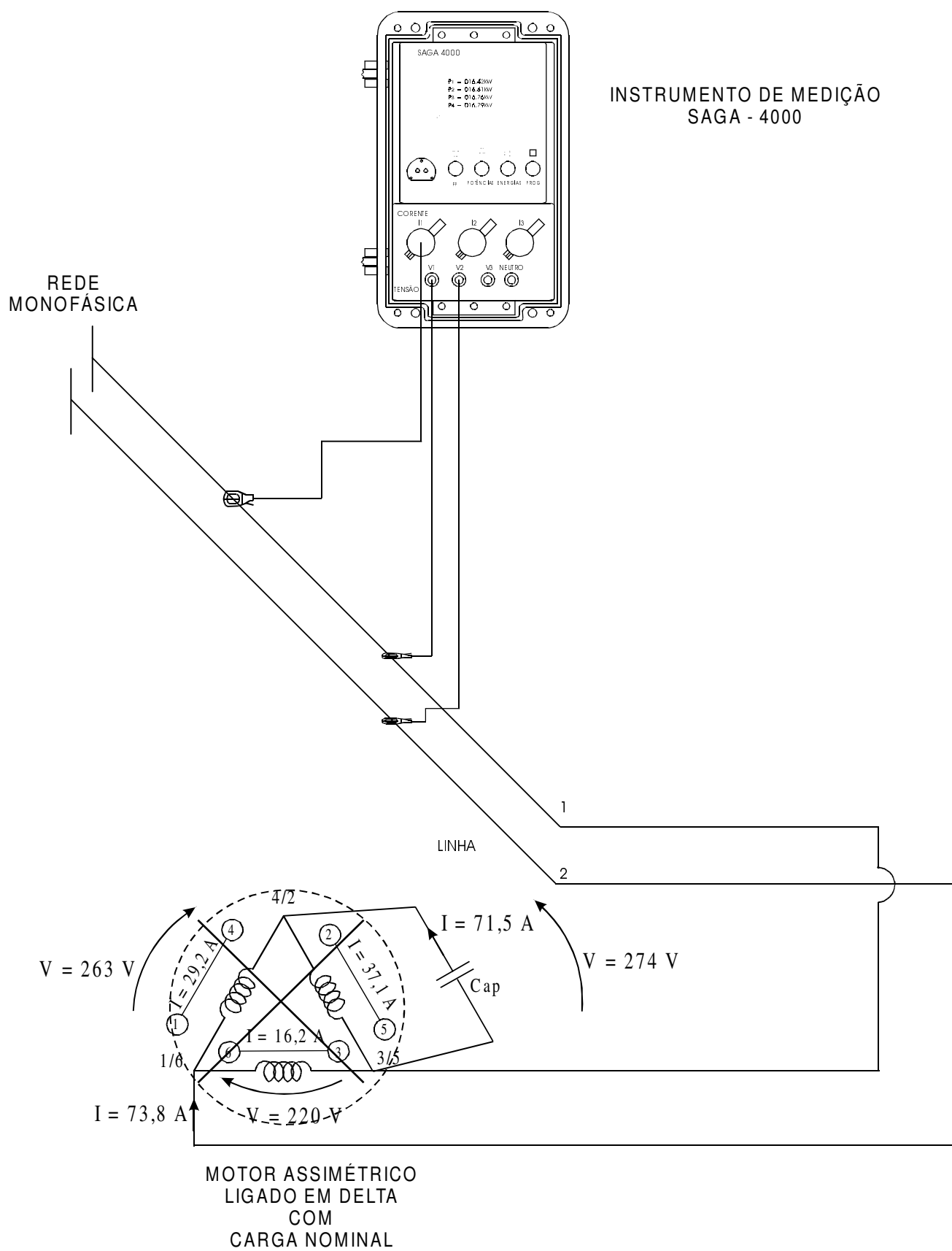


Figura IV.6 – Motor Assimétrico Ligado em Delta com Carga.

Tabela IV.2 - Resultados do Ensaio em Carga Nominal.

SAGA 4000 – ESB										
Parâmetros do medidor						Configuração dos Canais				
Hora da Leitura: 09:15 Data da Leitura: 8/9/2002 Relação de TP: 1 Relação de TC: 1000 Intervalo de Integração: 900 (s) Versão: 15.64						8 Canais Ativos:				
						Canal 1 – Tensão Mínima V1				
						Canal 2 – Tensão V1				
						Canal 3 – Tensão Máxima V1				
						Canal 4 – Corrente I1				
						Canal 5 – Potência Ativa P1				
						Canal 6 – Potência Ativa Pt				
Canal 7 – Potência Reativa com Harmônica Qch1										
Canal 8 – Potência Total Aparente St										
Resultados Obtidos										
SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
1	8/9/2002	09:15	217,9	218,6	219,6	73,8	14682,4	14682,4	-6615,2	16134,5
2	8/9/2002	09:30	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
3	8/9/2002	09:45	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
4	8/9/2002	10:00	219,2	219,3	219,4	73,8	14724,4	14724,4	-6634,1	16180,7
5	8/9/2002	10:15	219,2	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
6	8/9/2002	10:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
7	8/9/2002	10:45	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
8	8/9/2002	11:00	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
9	8/9/2002	11:15	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
10	8/9/2002	11:30	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
11	8/9/2002	11:45	219,3	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
12	8/9/2002	12:00	219,2	219,3	219,5	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
13	8/9/2002	12:15	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
14	8/9/2002	12:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
15	8/9/2002	12:45	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
16	8/9/2002	13:00	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
17	8/9/2002	13:15	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
18	8/9/2002	13:30	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
19	8/9/2002	13:45	219,2	219,3	219,5	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
20	8/9/2002	14:00	219,2	219,3	219,6	73,8	14724,4	14724,4	-6634,1	16180,7
21	8/9/2002	14:15	219,4	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
22	8/9/2002	14:30	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
23	8/9/2002	14:45	219,2	219,2	219,3	73,8	14720,2	14720,2	-6632,2	16176,0
24	8/9/2002	15:00	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
25	8/9/2002	15:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
26	8/9/2002	15:30	219,2	219,3	219,5	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
27	8/9/2002	15:45	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
28	8/9/2002	16:00	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
29	8/9/2002	16:15	219,7	219,8	219,9	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
30	8/9/2002	16:30	219,4	219,5	219,9	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
31	8/9/2002	16:45	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
32	8/9/2002	17:00	219,3	219,3	219,3	73,8	14724,4	14724,4	-6634,1	16180,7
33	8/9/2002	17:15	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
34	8/9/2002	17:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
35	8/9/2002	17:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
36	8/9/2002	18:00	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
37	8/9/2002	18:15	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
38	8/9/2002	18:30	219,2	219,3	219,5	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
39	8/9/2002	18:45	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
40	8/9/2002	19:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
41	8/9/2002	19:15	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
42	8/9/2002	19:30	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
43	8/9/2002	19:45	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
44	8/9/2002	20:00	219,4	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
45	8/9/2002	20:15	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
46	8/9/2002	20:30	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
47	9/9/2002	20:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
48	8/9/2002	21:00	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
49	8/9/2002	21:15	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
50	8/9/2002	21:30	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
51	8/9/2002	21:45	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
52	8/9/2002	22:00	219,1	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
53	8/9/2002	22:15	219,1	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
54	8/9/2002	22:30	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
55	8/9/2002	22:45	219,3	219,4	219,7	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
56	8/9/2002	23:00	219,3	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
57	8/9/2002	23:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
58	8/9/2002	23:30	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
59	8/9/2002	23:45	219,3	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
60	9/9/2002	00:00	219,3	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
61	9/9/2002	00:15	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
62	9/9/2002	00:30	219,3	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
63	9/9/2002	00:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
64	9/9/2002	01:00	219,5	219,5	219,5	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
65	9/9/2002	01:15	219,4	219,4	219,4	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
66	9/9/2002	01:30	219,3	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
67	9/9/2002	01:45	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
68	9/9/2002	02:00	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
69	9/9/2002	02:15	219,3	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
70	9/9/2002	02:30	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
71	9/9/2002	02:45	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
72	9/9/2002	03:00	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
73	9/9/2002	03:15	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
74	9/9/2002	03:30	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
75	9/9/2002	03:45	219,3	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
76	9/9/2002	04:00	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
77	9/9/2002	04:15	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
78	9/9/2002	04:30	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
79	9/9/2002	04:45	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
80	9/9/2002	05:00	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
81	9/9/2002	05:15	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
82	9/9/2002	05:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
83	9/9/2002	05:45	219,4	219,4	219,4	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
84	9/9/2002	06:00	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
85	9/9/2002	06:15	219,2	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
86	9/9/2002	06:30	219,2	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
87	9/9/2002	06:45	219,3	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
88	9/9/2002	07:00	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
89	9/9/2002	07:15	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
90	9/9/2002	07:30	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
91	9/9/2002	07:45	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
92	9/9/2002	08:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
93	9/9/2002	08:15	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
94	9/9/2002	08:30	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
95	9/9/2002	08:45	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
96	9/9/2002	09:00	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
97	9/9/2002	09:15	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
98	9/9/2002	09:30	219,4	219,4	219,4	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
99	9/9/2002	09:45	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
100	9/9/2002	10:00	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
101	9/9/2002	10:15	219,4	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
102	9/9/2002	10:30	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
103	9/9/2002	10:45	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
104	9/9/2002	11:00	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
105	9/9/2002	10:45	219,3	219,3	219,3	73,8	14724,4	14724,4	-6634,1	16180,7
106	9/9/2002	11:00	219,3	219,3	219,3	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
107	9/9/2002	11:15	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
108	9/9/2002	11:30	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
109	9/9/2002	11:45	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
110	9/9/2002	12:00	219,4	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
111	9/9/2002	12:15	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
112	9/9/2002	12:30	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
113	9/9/2002	12:45	219,3	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
114	9/9/2002	13:00	219,3	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
115	9/9/2002	13:15	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
116	9/9/2002	13:30	218,9	219,2	219,5	73,8	14720,2	14720,2	-6632,2	16176,0
117	9/9/2002	13:45	219,5	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
118	9/9/2002	14:00	219,4	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
119	9/9/2002	14:15	218,9	219,0	219,4	73,8	14707,6	14707,6	-6626,5	16162,2
120	9/9/2002	14:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
121	9/9/2002	14:45	219,1	219,3	219,6	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
122	9/9/2002	15:00	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
123	9/9/2002	15:15	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
124	9/9/2002	15:30	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
125	9/9/2002	15:45	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
126	9/9/2002	16:00	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
127	9/9/2002	16:15	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
128	9/9/2002	16:30	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
129	9/9/2002	16:45	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
130	9/9/2002	17:00	219,3	219,3	219,3	73,8	14724,4	14724,4	-6634,1	16180,7
131	9/9/2002	17:15	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
132	9/9/2002	17:30	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
133	9/9/2002	17:45	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
134	9/9/2002	18:00	219,3	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
135	9/9/2002	18:15	218,9	219,1	219,5	73,8	14711,8	14711,8	-6628,4	16166,8
136	9/9/2002	18:30	219,4	219,4	219,4	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
137	9/9/2002	18:45	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
138	9/9/2002	19:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
139	9/9/2002	19:15	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
140	9/9/2002	19:30	219,3	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
141	9/9/2002	19:45	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
142	9/9/2002	20:00	219,3	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
143	9/9/2002	20:15	219,3	219,3	219,3	73,8	14724,4	14724,4	-6634,1	16180,7
144	9/9/2002	20:30	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
145	9/9/2002	20:45	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
146	9/9/2002	21:00	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
147	9/9/2002	21:15	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
148	9/9/2002	21:30	219,3	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
149	9/9/2002	21:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
150	9/9/2002	22:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
151	9/9/2002	22:15	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
152	9/9/2002	22:30	219,3	219,3	219,3	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
153	9/9/2002	22:45	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
154	9/9/2002	23:00	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
155	9/9/2002	23:15	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
156	9/9/2002	23:30	219,3	219,3	219,4	73,8	14724,4	14724,4	-6634,1	16180,7
157	9/9/2002	23:45	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
158	10/9/2002	00:00	219,3	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
159	10/9/2002	00:15	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
160	10/9/2002	00:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
161	10/9/2002	00:15	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
162	10/9/2002	00:30	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
163	10/9/2002	00:45	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
164	10/9/2002	01:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
165	10/9/2002	01:15	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
166	10/9/2002	01:30	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
167	10/9/2002	01:45	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
168	10/9/2002	02:00	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
169	10/9/2002	02:15	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
170	10/9/2002	02:30	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
171	10/9/2002	02:45	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
172	10/9/2002	03:00	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
173	10/9/2002	03:15	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
174	10/9/2002	03:30	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
175	10/9/2002	03:45	219,5	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
176	10/9/2002	04:00	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
177	10/9/2002	04:15	219,3	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
178	10/9/2002	04:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
179	10/9/2002	04:45	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
180	10/9/2002	05:00	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
181	10/9/2002	05:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
182	10/9/2002	05:30	219,5	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
183	10/9/2002	05:45	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
184	10/9/2002	06:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
185	10/9/2002	06:15	219,4	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
186	10/9/2002	06:30	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
187	10/9/2002	06:45	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
188	10/9/2002	07:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
189	10/9/2002	07:15	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
190	10/9/2002	07:30	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
191	10/9/2002	07:45	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
192	10/9/2002	08:00	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
193	10/9/2002	08:15	219,4	219,4	219,4	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
194	10/9/2002	08:30	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
195	10/9/2002	08:45	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
196	10/9/2002	09:00	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
197	10/9/2002	09:15	219,2	219,5	219,8	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
198	10/9/2002	09:30	219,2	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
199	10/9/2002	09:45	219,5	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
200	10/9/2002	10:00	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
201	10/9/2002	10:15	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
202	10/9/2002	10:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
203	10/9/2002	10:45	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
204	10/9/2002	11:00	219,3	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
205	10/9/2002	11:15	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
206	10/9/2002	11:30	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
207	10/9/2002	11:45	219,4	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
208	10/9/2002	12:00	219,4	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
209	10/9/2002	12:15	219,5	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
210	10/9/2002	12:30	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
211	10/9/2002	12:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
212	10/9/2002	13:00	219,4	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
213	10/9/2002	13:15	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
214	10/9/2002	13:30	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
215	10/9/2002	13:15	219,3	219,5	219,8	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
216	10/9/2002	13:30	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
217	10/9/2002	13:45	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
218	10/9/2002	14:00	219,4	219,5	219,8	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
219	10/9/2002	14:15	219,4	219,5	219,8	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
220	10/9/2002	14:30	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
221	10/9/2002	14:45	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
222	10/9/2002	15:00	219,3	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
223	10/9/2002	15:15	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
224	10/9/2002	15:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
225	10/9/2002	15:45	219,4	219,6	219,9	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
226	10/9/2002	16:00	219,6	219,7	219,9	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
227	10/9/2002	16:15	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
228	10/9/2002	16:30	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
229	10/9/2002	16:45	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
230	10/9/2002	17:00	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
231	10/9/2002	17:15	219,8	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
232	10/9/2002	17:30	219,4	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
233	10/9/2002	17:45	219,3	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
234	10/9/2002	18:00	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
235	10/9/2002	18:15	219,3	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
236	10/9/2002	18:30	219,3	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
237	10/9/2002	18:45	219,5	219,5	219,5	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
238	10/9/2002	19:00	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
239	10/9/2002	19:15	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
240	10/9/2002	19:30	219,8	219,8	219,9	73,8	14762,2	14762,2	-6651,1	16222,2
241	10/9/2002	19:45	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
242	10/9/2002	20:00	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
243	10/9/2002	20:15	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
244	10/9/2002	20:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
245	10/9/2002	20:45	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
246	10/9/2002	21:00	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
247	10/9/2002	21:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
248	10/9/2002	21:30	219,7	219,7	219,7	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
249	10/9/2002	21:45	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
250	10/9/2002	22:00	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
251	10/9/2002	22:15	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
252	10/9/2002	22:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
253	10/9/2002	22:45	219,4	219,4	219,4	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
254	10/9/2002	23:00	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
255	10/9/2002	23:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
256	10/9/2002	23:30	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
257	10/9/2002	23:45	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
258	11/9/2002	00:00	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
259	11/9/2002	00:00	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
260	11/9/2002	00:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
261	11/9/2002	00:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
262	11/9/2002	00:15	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
263	11/9/2002	00:30	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
264	11/9/2002	00:45	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
265	11/9/2002	01:00	219,4	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
266	11/9/2002	01:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
267	11/9/2002	01:30	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
268	11/9/2002	01:45	219,4	219,6	219,9	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
269	11/9/2002	02:00	219,4	219,7	219,9	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
270	11/9/2002	02:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
271	11/9/2002	02:30	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
272	11/9/2002	02:45	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
273	11/9/2002	03:00	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
274	11/9/2002	03:15	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
275	11/9/2002	03:30	219,4	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
276	11/9/2002	03:45	219,3	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
277	11/9/2002	04:00	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
278	11/9/2002	04:15	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
279	11/9/2002	04:30	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
280	11/9/2002	04:45	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
281	11/9/2002	05:00	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
282	11/9/2002	05:15	219,3	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
283	11/9/2002	05:30	219,3	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
284	11/9/2002	05:45	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
285	11/9/2002	06:00	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
286	11/9/2002	06:15	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
287	11/9/2002	06:30	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
288	11/9/2002	06:45	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
289	11/9/2002	07:00	219,5	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
290	11/9/2002	07:15	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
291	11/9/2002	07:30	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
292	11/9/2002	07:45	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
293	11/9/2002	08:00	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
294	11/9/2002	08:15	219,5	219,5	219,5	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
295	11/9/2002	08:30	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
296	11/9/2002	08:45	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
297	11/9/2002	09:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
298	11/9/2002	09:15	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
299	11/9/2002	09:30	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
300	11/9/2002	09:45	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
301	11/9/2002	10:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
302	11/9/2002	10:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
303	11/9/2002	10:30	219,7	219,7	219,7	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
304	11/9/2002	10:45	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
305	11/9/2002	11:00	219,6	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
306	11/9/2002	11:15	219,4	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
307	11/9/2002	11:30	219,3	219,5	219,8	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
308	11/9/2002	11:45	219,4	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
309	11/9/2002	12:00	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
310	11/9/2002	12:15	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
311	11/9/2002	12:30	219,7	219,7	219,7	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
312	11/9/2002	12:45	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
313	11/9/2002	13:00	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
314	11/9/2002	13:15	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
315	11/9/2002	13:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
316	11/9/2002	13:15	219,4	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
317	11/9/2002	13:30	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
318	11/9/2002	13:45	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
319	11/9/2002	14:00	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
320	11/9/2002	14:15	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
321	11/9/2002	14:30	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
322	11/9/2002	14:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
323	11/9/2002	15:00	219,4	219,4	219,4	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
324	11/9/2002	15:15	219,4	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
325	11/9/2002	15:30	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
326	11/9/2002	15:45	219,4	219,4	219,4	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
327	11/9/2002	16:00	219,4	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
328	11/9/2002	16:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
329	11/9/2002	16:30	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
330	11/9/2002	16:45	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
331	11/9/2002	17:00	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
332	11/9/2002	17:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
333	11/9/2002	17:30	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
334	11/9/2002	17:45	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
335	11/9/2002	18:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
336	11/9/2002	18:15	219,5	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
337	11/9/2002	18:30	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
338	11/9/2002	18:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
339	11/9/2002	19:00	219,4	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
340	11/9/2002	19:15	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
341	11/9/2002	19:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
342	11/9/2002	19:45	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
343	11/9/2002	20:00	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
344	11/9/2002	20:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
345	11/9/2002	20:30	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
346	11/9/2002	20:45	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
347	11/9/2002	21:00	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
348	11/9/2002	21:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
349	11/9/2002	21:30	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
350	11/9/2002	21:45	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
351	11/9/2002	22:00	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
352	11/9/2002	22:15	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
353	11/9/2002	22:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
354	11/9/2002	22:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
355	11/9/2002	23:00	219,4	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
356	11/9/2002	23:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
357	11/9/2002	23:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
358	12/9/2002	00:00	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
359	12/9/2002	00:15	219,1	219,1	219,2	73,8	14716,0	14716,0	-6630,3	16171,4
360	12/9/2002	00:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
361	12/9/2002	00:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
362	12/9/2002	00:30	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
363	12/9/2002	00:45	219,5	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
364	12/9/2002	01:00	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
365	12/9/2002	01:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
366	12/9/2002	01:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
367	12/9/2002	01:45	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
368	12/9/2002	02:00	219,4	219,4	219,4	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
369	12/9/2002	02:15	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
370	12/9/2002	02:30	219,3	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
371	12/9/2002	02:45	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
372	12/9/2002	03:00	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
373	12/9/2002	03:15	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
374	12/9/2002	03:30	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
375	12/9/2002	03:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
376	12/9/2002	04:00	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
377	12/9/2002	04:15	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
378	12/9/2002	04:30	219,4	219,8	219,9	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
379	12/9/2002	04:45	219,4	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
380	12/9/2002	05:00	219,4	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
381	12/9/2002	05:15	219,4	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
382	12/9/2002	05:30	219,5	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
383	12/9/2002	05:45	219,3	219,4	219,5	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
384	12/9/2002	06:00	219,2	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
385	12/9/2002	06:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
386	12/9/2002	06:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
387	12/9/2002	06:45	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
388	12/9/2002	07:00	219,4	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
389	12/9/2002	07:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
390	12/9/2002	07:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
391	12/9/2002	07:45	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
392	12/9/2002	08:00	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
393	12/9/2002	08:15	219,4	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
394	12/9/2002	08:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
395	12/9/2002	08:45	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
396	12/9/2002	09:00	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
397	12/9/2002	09:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
398	12/9/2002	09:30	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
399	12/9/2002	09:45	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
400	12/9/2002	10:00	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
401	12/9/2002	10:15	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
402	12/9/2002	10:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
403	12/9/2002	10:45	219,4	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
404	12/9/2002	11:00	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
405	12/9/2002	11:15	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
406	12/9/2002	11:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
407	12/9/2002	11:45	219,5	219,5	219,5	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
408	12/9/2002	12:00	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
409	12/9/2002	12:15	219,5	219,5	219,5	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
410	12/9/2002	12:30	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
411	12/9/2002	12:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
412	12/9/2002	13:00	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
414	12/9/2002	13:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
415	12/9/2002	13:15	219,7	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
416	12/9/2002	13:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
417	12/9/2002	13:45	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
418	12/9/2002	14:00	219,3	219,3	219,5	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
419	12/9/2002	14:15	219,5	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
420	12/9/2002	14:30	219,5	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
421	12/9/2002	14:45	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
422	12/9/2002	15:00	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
423	12/9/2002	15:15	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
424	12/9/2002	15:30	219,2	219,4	219,6	73,8	14732,8	14732,8	-6637,8	16189,9
425	12/9/2002	15:45	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
426	12/9/2002	16:00	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
427	12/9/2002	16:15	219,3	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
428	12/9/2002	16:30	219,3	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
429	12/9/2002	16:45	219,4	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
430	12/9/2002	17:00	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
431	12/9/2002	17:15	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
432	12/9/2002	17:30	219,5	219,5	219,5	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
433	12/9/2002	17:45	219,4	219,4	219,5	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
434	12/9/2002	18:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
435	12/9/2002	18:15	219,4	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
436	12/9/2002	18:30	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
437	12/9/2002	18:45	219,5	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
438	12/9/2002	19:00	219,6	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
439	12/9/2002	19:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
440	12/9/2002	19:30	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
441	12/9/2002	19:45	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
442	12/9/2002	20:00	219,3	219,3	219,6	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
443	12/9/2002	20:15	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
444	12/9/2002	20:30	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
445	12/9/2002	20:45	219,4	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
446	12/9/2002	21:00	219,6	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
447	12/9/2002	21:15	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
448	12/9/2002	21:30	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
449	12/9/2002	21:45	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
450	12/9/2002	22:00	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
451	12/9/2002	22:15	219,4	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
452	12/9/2002	22:30	219,6	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
453	12/9/2002	22:45	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
454	12/9/2002	23:00	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
455	12/9/2002	23:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
456	12/9/2002	23:30	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
457	12/9/2002	23:45	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
458	13/9/2002	00:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
459	13/9/2002	00:15	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
460	13/9/2002	00:00	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
461	13/9/2002	00:15	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
462	13/9/2002	00:30	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
463	13/9/2002	00:45	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
464	13/9/2002	01:00	219,4	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
465	13/9/2002	01:15	219,8	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
466	13/9/2002	01:30	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
467	13/9/2002	01:45	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
468	13/9/2002	02:00	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
469	13/9/2002	02:15	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
470	13/9/2002	02:30	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
471	13/9/2002	02:45	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
472	13/9/2002	03:00	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
473	13/9/2002	03:15	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
474	13/9/2002	03:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
475	13/9/2002	03:45	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
476	13/9/2002	04:00	219,3	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
477	13/9/2002	04:15	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
478	13/9/2002	04:30	219,4	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
479	13/9/2002	04:45	219,7	219,7	219,7	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
480	13/9/2002	05:00	219,4	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
481	13/9/2002	05:15	219,7	219,7	219,7	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
482	13/9/2002	05:30	219,7	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
483	13/9/2002	05:45	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
484	13/9/2002	06:00	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
485	13/9/2002	06:15	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
486	13/9/2002	06:30	219,7	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
487	13/9/2002	06:45	219,7	219,8	219,9	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
488	13/9/2002	07:00	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
489	13/9/2002	07:15	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
490	13/9/2002	07:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
491	13/9/2002	07:45	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
492	13/9/2002	08:00	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
493	13/9/2002	08:15	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
494	13/9/2002	08:30	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
495	13/9/2002	08:45	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
496	13/9/2002	09:00	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
497	13/9/2002	09:15	219,3	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
498	13/9/2002	09:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
499	13/9/2002	09:45	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
500	13/9/2002	10:00	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
501	13/9/2002	10:15	219,7	219,7	219,7	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
502	13/9/2002	10:30	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
503	13/9/2002	10:45	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
504	13/9/2002	11:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
505	13/9/2002	11:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
506	13/9/2002	11:30	219,8	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
507	13/9/2002	11:45	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
508	13/9/2002	12:00	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
509	13/9/2002	12:15	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
510	13/9/2002	12:30	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
511	13/9/2002	12:45	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
512	13/9/2002	13:00	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
513	13/9/2002	13:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
514	13/9/2002	13:30	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
515	13/9/2002	13:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
516	13/9/2002	13:30	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
517	13/9/2002	13:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
518	13/9/2002	14:00	219,4	219,4	219,7	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
519	13/9/2002	14:15	219,3	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
520	13/9/2002	14:30	219,3	219,3	219,4	73,8	14728,6	14728,6	-6636,0	16185,3
521	13/9/2002	14:45	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
522	13/9/2002	15:00	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
523	13/9/2002	15:15	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
524	13/9/2002	15:30	219,3	219,5	219,8	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
525	13/9/2002	15:45	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
526	13/9/2002	16:00	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
527	13/9/2002	16:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
528	13/9/2002	16:30	219,3	219,6	219,9	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
529	13/9/2002	16:45	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
530	13/9/2002	17:00	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
531	13/9/2002	17:15	219,5	219,5	219,5	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
532	13/9/2002	17:30	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
533	13/9/2002	17:45	219,5	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
534	13/9/2002	18:00	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
535	13/9/2002	18:15	219,7	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
536	13/9/2002	18:30	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
537	13/9/2002	18:45	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
538	13/9/2002	19:00	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
539	13/9/2002	19:15	219,4	219,5	219,7	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
540	13/9/2002	19:30	219,7	219,7	219,7	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
541	13/9/2002	19:45	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
542	13/9/2002	20:00	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
543	13/9/2002	20:15	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
544	13/9/2002	20:30	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
545	13/9/2002	20:45	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
546	13/9/2002	21:00	219,6	219,6	219,6	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
547	13/9/2002	21:15	219,2	219,3	219,6	73,8	14724,4	14724,4	-6634,1	16180,7
548	13/9/2002	21:30	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
549	13/9/2002	21:45	219,7	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
550	13/9/2002	22:00	219,4	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
551	13/9/2002	22:15	219,3	219,3	219,4	73,8	14724,4	14724,4	-6634,1	16180,7
552	13/9/2002	22:30	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
553	13/9/2002	22:45	219,8	219,8	219,9	73,8	14762,2	14762,2	-6651,1	16222,2
554	13/9/2002	23:00	219,7	219,8	219,9	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
555	13/9/2002	23:15	219,7	219,7	219,7	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
556	14/9/2002	00:00	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
557	14/9/2002	00:15	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3

SAGA4000 - ESB Electronic Services										
			Canal 01	Canal 02	Canal 03	Canal 04	Canal 05	Canal 06	Canal 07	Canal 08
Registro	Data	Hora	V1min	V1	V1max	I1	P1	Pt	Qch1	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(W)	(W)	(var)	(Va)
558	14/9/2002	00:30	219,3	219,5	219,9	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
559	14/9/2002	00:45	219,8	219,8	219,9	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
560	14/9/2002	01:00	219,4	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
561	14/9/2002	01:15	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
562	14/9/2002	01:30	219,4	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
563	14/9/2002	01:45	219,4	219,4	219,6	73,8	14737,0	14737,0	-6639,7	16194,5
564	14/9/2002	02:00	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
565	14/9/2002	02:15	219,3	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
566	14/9/2002	02:30	219,3	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
567	14/9/2002	02:45	219,8	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
568	14/9/2002	03:00	219,7	219,8	219,9	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
569	14/9/2002	03:15	219,7	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
570	14/9/2002	03:30	219,4	219,6	219,8	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
571	14/9/2002	03:45	219,6	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
572	14/9/2002	04:00	219,6	219,7	219,9	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
573	14/9/2002	04:15	219,6	219,7	219,9	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
574	14/9/2002	04:30	219,8	219,8	219,9	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
575	14/9/2002	04:45	219,8	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
576	14/9/2002	05:00	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
577	14/9/2002	05:15	219,5	219,7	219,9	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
578	14/9/2002	05:30	219,6	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
579	14/9/2002	05:45	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
580	14/9/2002	06:00	219,7	219,8	219,9	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
581	14/9/2002	06:15	219,7	219,8	219,9	73,8	14762,2	14762,2	-6651,1	16222,2
582	14/9/2002	06:30	219,6	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
583	14/9/2002	06:45	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
584	14/9/2002	07:00	219,7	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
585	14/9/2002	07:15	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
586	14/9/2002	07:30	219,5	219,5	219,6	73,8	14741,2	14741,2	-6641,6	16199,1
587	14/9/2002	07:45	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
588	14/9/2002	08:00	219,5	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
589	14/9/2002	08:15	219,5	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
590	14/9/2002	08:30	219,6	219,6	219,7	73,8	14745,4	14745,4	-6643,5	16203,7
591	14/9/2002	08:45	219,6	219,6	219,7	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
592	14/9/2002	09:00	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
593	14/9/2002	09:15	219,8	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
594	14/9/2002	09:30	219,7	219,8	219,8	73,8	14758,0	14758,0	-6649,2	16217,6
595	14/9/2002	09:45	219,8	219,8	219,8	73,8	14762,2	14762,2	-6651,1	16222,2
596	14/9/2002	10:00	219,8	219,9	219,9	73,8	14766,4	14766,4	-6653,0	16226,8
597	14/9/2002	10:15	219,9	219,9	220,0	73,8	14766,4	14766,4	-6653,0	16226,8
598	14/9/2002	10:30	219,6	219,8	220,0	73,8	14762,2	14762,2	-6651,1	16222,2
599	14/9/2002	10:45	219,6	219,7	219,8	73,8	14753,8	14753,8	-6647,3	16212,9
600	14/9/2002	11:00	219,5	219,6	219,8	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3
601	14/9/2002	11:15	219,6	219,6	219,6	73,8	14749,6	14749,6	-6645,4	16208,3

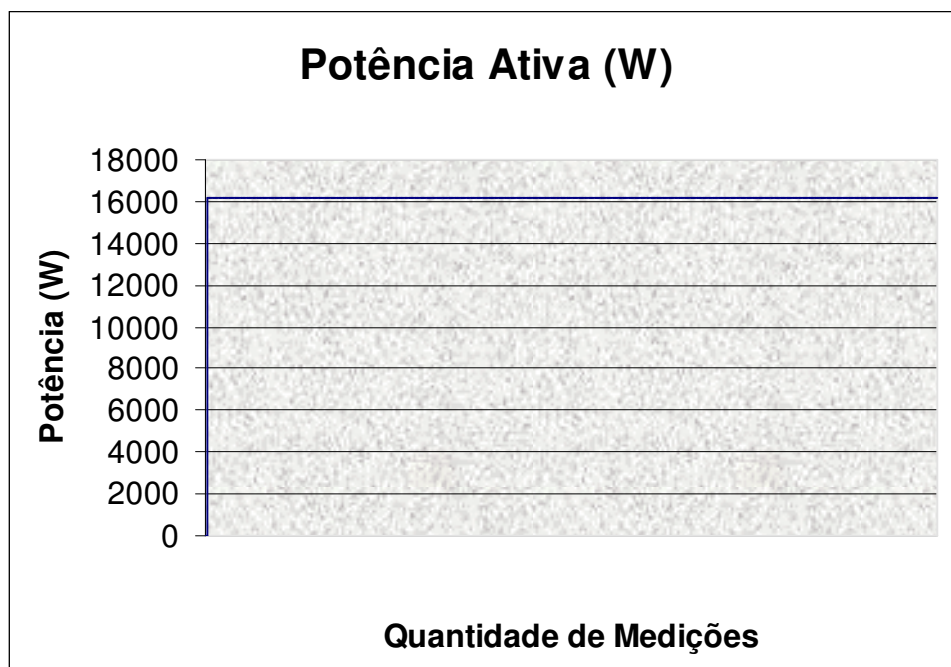


Gráfico IV.7 – Potência Ativa com Carga Nominal.

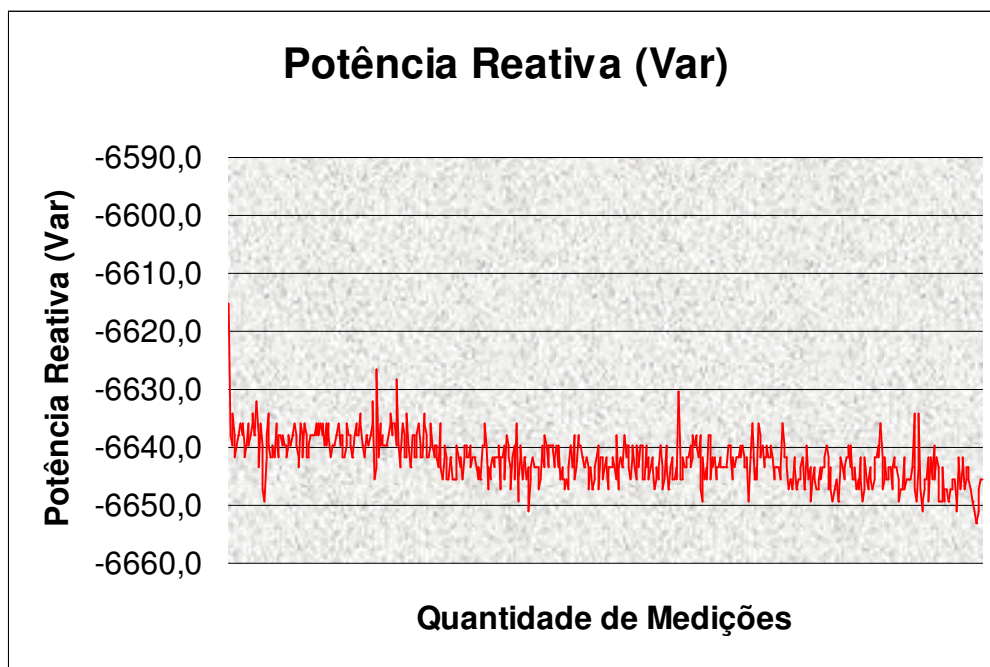


Figura VI.8 – Potência Reativa com Carga Nominal.

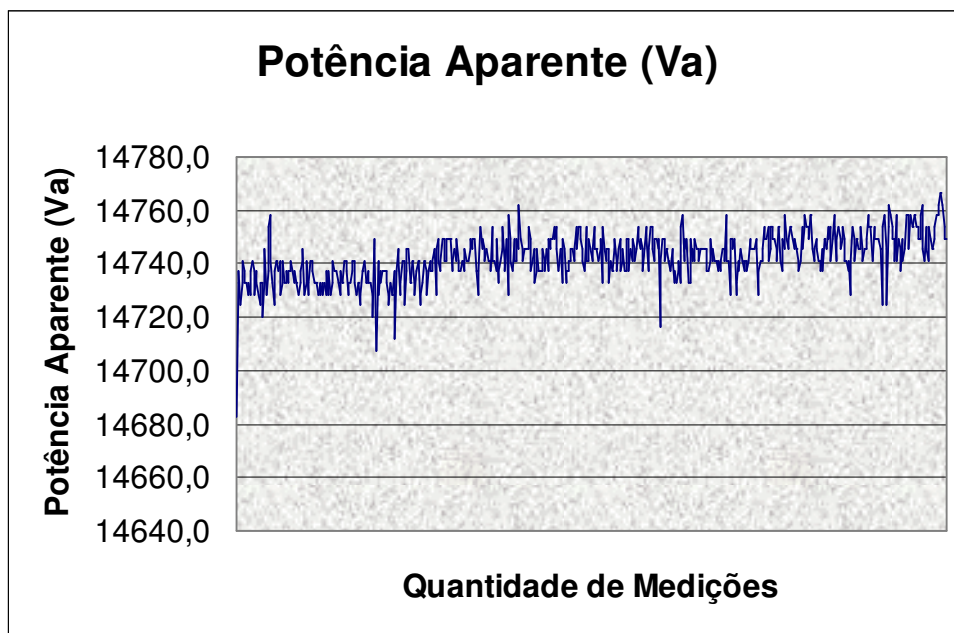


Figura VI.9 – Potência Aparente com Carga Nominal.

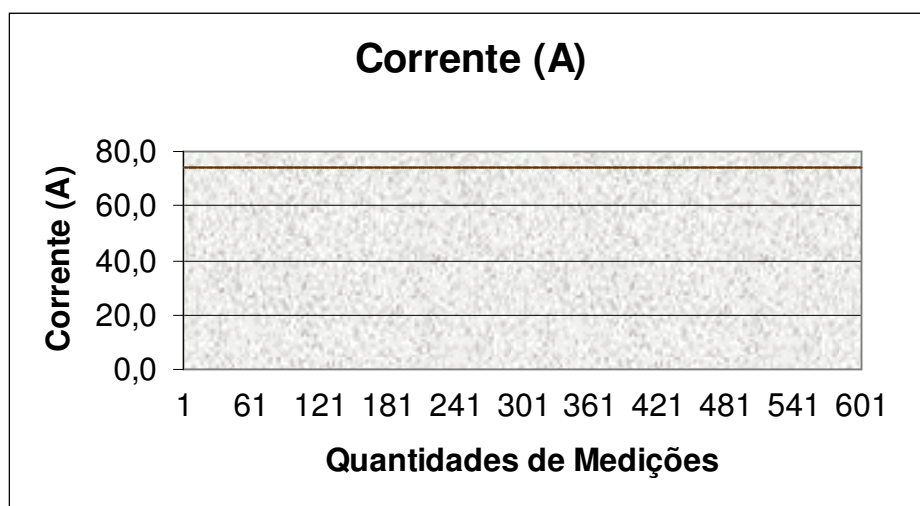


Figura VI.10 – Corrente de linha com Carga Nominal.

À medida que o motor assimétrico começou a assumir carga com a liberação do registro, o zunido até então presente foi diminuindo de intensidade até chegar à sua quase extinção na carga nominal e os valores de correntes e tensões ficaram muito próximos dos valores calculados. O fator de potência apresentou um valor médio de 0,91 valor este superior ao fator de potência do motor trifásico convencional e o aquecimento do motor se tornou menor pela diminuição das correntes de fase. Este ensaio caracterizou as boas condições de operação e eficiência do motor assimétrico em carga ao contrário da sua operação em vazio.



Figura IV.11 – Filtro de Areia do Sistema de Irrigação.



Figura IV.12 – Plantação Atendida pelo Sistema de Irrigação.



Figura IV.13 – Casa de Bombas de Captação D'água.



Figura IV.14 – Reservatório D'água.

CAPÍTULO V.

CONCLUSÕES.

V.1 - Conclusões Finais.

Pode-se concluir que:

- Conforme os ensaios realizados e os resultados teóricos obtidos pelo programa, mostra a validade e a boa precisão do desenvolvimento teórico.
- O escorregamento do motor de indução trifásico assimétrico em vazio e em carga nominal apresentou-se praticamente inalterado em comparação com o motor trifásico convencional.
- Quanto ao fator de potência da máquina em vazio é de 0,55 em função do capacitor permanente. Em condições de carga nominal, o fator de potência apresenta um valor médio de 0,91 superior ao fator de potência do motor trifásico convencional.
- Para a partida do motor é necessário aplicar a tensão nominal para obter-se o mínimo de torque necessário para vencer sua inércia.
- Como o motor trifásico assimétrico deve partir com tensão nominal, o quadro de comando e proteção possui partida direta implicando em um menor custo.
- O Motor Trifásico Assimétrico quando em vazio produz um grande zunido. À medida que se coloca carga no mesmo, o zunido diminui chegando à extinção em condições nominais de carga, ocasionado pelo fator de desbalanceamento.
- Em nenhum momento houve trepidação no eixo da máquina ou qualquer distúrbio mecânico.
- Mesmo com correntes diferenciadas nas fases do Motor Trifásico Assimétrico, o aquecimento da máquina se torna homogêneo, em função do equilíbrio térmico proporcionado pelo material ferromagnético. Tanto em vazio ou em carga o Motor Trifásico Assimétrico possui um aquecimento superior ao Motor Trifásico convencional.
- Em função das poucas modificações nos enrolamentos o motor trifásico assimétrico pode possuir tanto alimentação monofásica, conforme abordado, como alimentação trifásica sem os capacitores. A robustez do motor suporta por um longo período de tempo as correntes de fase e linha desequilibradas.

- A partida do motor trifásico assimétrico com tensão nominal se dá de forma suave compatível com o acionamento eletrônico (SOFT-START) apenas com a desvantagem da impossibilidade de programação.
- Durante a partida mesmo aplicando a tensão nominal a corrente de linha circulante não foi tão elevada, assumindo o valor de 1,97 do valor nominal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Richard, Jean-Claude. “Um Estudo Comparativo Entre os Motores de Indução Trifásico Assimétrico e Monofásico”. Dissertação de Mestrado, UFU – 1993.
- [2] Gonçalves de Mendonça, Roberlan. “Estudo dos Conjugados Oscilantes do Motor de Indução Trifásico Assimétrico Com Alimentação Monofásica – Para Efeito de Projeto”. Dissertação de Mestrado, UFU – 1997.
- [3] Martins Neto, Luciano. Estudo de um motor de indução trifásico convencional operando como conversor de número de fases com o objetivo de obter elementos para o projeto de um conversor mono-trifásico. Dissertação de mestrado, USP-1976.
- [4] Martins Neto, Luciano. Motor de indução assimétrico funcionando como conversor de número de fases. Tese de doutorado, USP-1980.
- [5] Martins Neto, Luciano. Motor de indução trifásico assimétrico com alimentação monofásico. Projeto de Pesquisa, Relatório MIC/STI, 1988.
- [6] Martins Neto, Luciano. Motor de Indução Trifásico Assimétrico com alimentação monofásico. I Seminário Internacional de distribuição de Energia Elétrica – Belo Horizonte-MG – Outubro de 1990.
- [7] A. Tozune, DEng. Balance operation of three-phase induction motor with asymmetrical stator windings connected to single-phase supply system. IEE PROCEEDINGS-B, Vol. 138, N.º 4, July 1991.
- [8] Fuchs, E.F., Vandenput, J.H. e White, J.C. Design Analysis of Capacitor-Start, Capacitor-Run Single Phase Induction Motor. IEEE TRANS. ON ENERGY CONVERSION. JUNE 1990, vol. 5, #2 pp. 327-336.

- [9] de Oliveira Sebastião E. M. Operation of Three-Phase Induction Motors Connected to One-Phase Supply. IEEE Transaction on Energy Conversion, vol. 5, N.º 4, Dec. 1990.
- [10] Huang, H., Fuchs, E. F. e White, J. C. Optimal Placement of the Run-Capacitor in Single-Phase Motor Design. IEEE TRANS. ON CONVERSION ENERGY, September 1988. vol. 3, #3, pp. 647-652.
- [11] Jha, R. S. and Jha, C. S. Operation of a Three-Phase Induction Motor Connected to a Single-Phase Supply System. IE (I) Journal-EL vol. 58, June 1978.
- [12] Ensign, R. L. e Marchbank, E. F. Performance and Efficiency Characteristics of Small Single-Phase Induction Motor of Standard High Efficiency and Wansless Design. IEEE PES SUMMER MEETING, LOS ANGELES, CA., JULY 16-21, 1978, paper #A 78613-2.
- [13] Williamson, S. Comparison Between a Shade-Pole Motor and a Permanent Split Capacitor Motor for Reversible fan Drives. IEEE CONFERENCE PUBLICATION NUMBER 202, SMALL AND SPECIAL ELECTRICAL MACHINES.
- [14] Veinott C.G. Performance Calculations on The Two Speed Shunted Capacitor Motor. IEEE TRNAS. ON PAS, vol.pas-96, pp. 1132-1136 JULY/AUGUST 1977.
- [15] Veinott C.G. Performance Calculations on L- and T-Connected Tapped-Wiring Capacitor Motors. IEEE TRANS. ON PAS, vol.pas-96, pp. 1137-1144 JULY/AUGUST 1977.
- [16] Fitzgerald, A. E., Kingsley, C. Jr. e Kusko, A. Máquinas Elétricas. McGraw-Hill.
- [17] Matsch, L.W. and Morgan, J.d. Electromagnetic and Electromechanical Machines. John Wiley & Sons.
- [18] Nasar, S.A. and Unnewehr, L.E. Electromechanics and Electric Machines. John Wiley & Sons.
- [19] Ediminister, J. A. Theorie et Application des Circuits Electriques. Série Schaum.

APÊNDICE



Figura A-1 – Montagem do Motor Trifásico Convencional para o Ensaio a Vazio



Figura A-2 – Montagem do Motor Trifásico Convencional para o Ensaio com o Rotor Bloqueado



Figura A-3 – Montagem do Motor Trifásico Convencional para Medida do Escorregamento

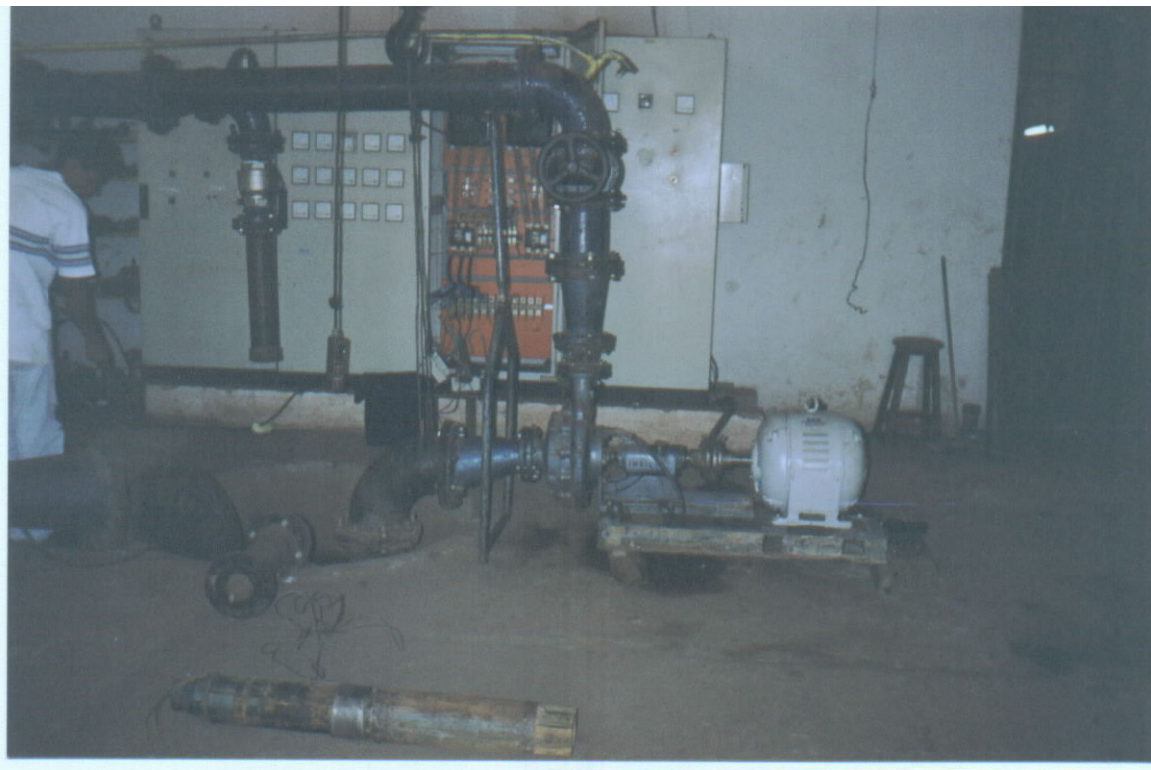


Figura A-4 – Montagem do Motor Trifásico Convencional para Ensaio com Carga



Figura A-5 – Painel de Controle para Variação de Tensão para os Ensaaios a Vazio e Rotor Bloqueado



Figura A-6 – Visão Geral do Laboratório de Ensaios

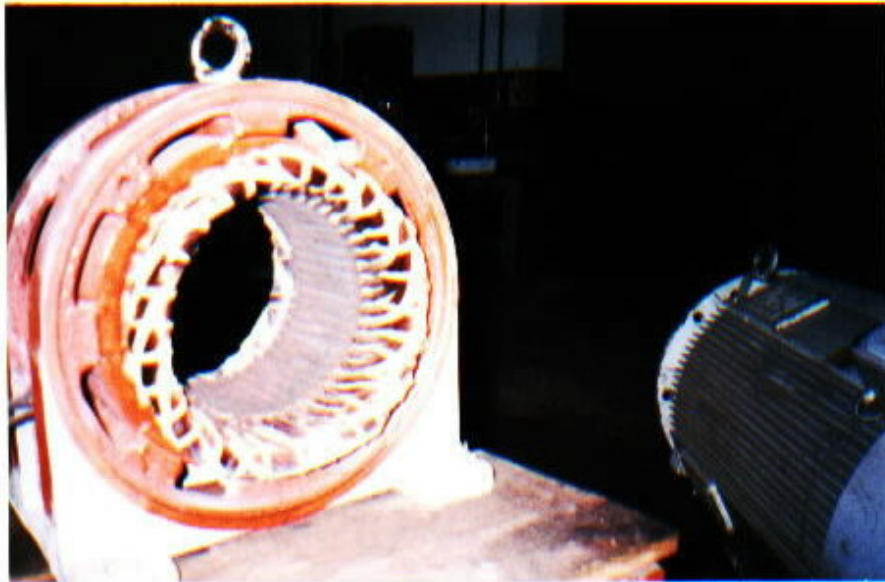


Figura A-7 – Motor Trifásico Convencional desmontado



Figura A-8 – Motor Trifásico após Rebobinamento