

Sistema de Instrumentação Virtual para Monitorização de Máquinas Eléctricas

Vicente Leite ⁽¹⁾, José Batista ⁽¹⁾, Rui Araújo ⁽²⁾, Diamantino Freitas ⁽²⁾

⁽¹⁾ Escola Superior de Tecnologia e de Gestão
do Instituto Politécnico de Bragança
Campus de Sta. Apolónia - Apartado 134
5301-857 Bragança, Portugal
avtl@ipb.pt, jbatista@ipb.pt@ipb.pt

⁽²⁾ Faculdade de Engenharia
da Universidade do Porto
Rua Dr. Roberto Frias s/n
4200-465 Porto, Portugal
raraujo@fe.up.pt, dfreitas@fe.up.pt

Resumo

Este trabalho pretende apresentar a utilização de um sistema de instrumentação virtual, integrado e flexível, baseado em *LabVIEW*^(*) e um sistema de aquisição de dados, para monitorização e estimação de diversas grandezas associadas às máquinas eléctricas e seu funcionamento. No trabalho referem-se exemplos concretos de aquisição de correntes, tensões, binário e velocidade/posição do motor de indução trifásico, alimentado por conversores de frequência, para estimação e visualização de diversas grandezas eléctricas, magnéticas e mecânicas, associadas ao seu funcionamento.

Pretende-se ainda evidenciar as potencialidades do sistema em desenvolvimento comparativamente com as tecnologias clássicas como por exemplo o osciloscópio e equipamento de medida como o voltímetro, amperímetro, wattímetro, etc., designadamente o seu desempenho laboratorial em termos da realização de objectivos específicos, flexibilidade, custos e utilização *on-line* na rede local de um laboratório ou através da *internet*.

Palavras chave: Instrumentação virtual, *LabVIEW*, monitorização de máquinas eléctricas, motor de indução trifásico, *internet*.

1. Introdução

A utilização de sistemas de instrumentação virtual tem vindo a crescer exponencialmente nos últimos anos, devido ao interesse crescente nos sistemas de monitorização e controlo e ao desenvolvimento das comunicações e a consequente possibilidade da experimentação à distância, onde a *internet* desempenha um papel preponderante como meio de divulgação e partilha de dados, designadamente entre os investigadores, pelo que surgem cada vez mais trabalhos que privilegiam este meio para esse fim, como por exemplo [1]. Por outro lado, são cada vez mais as empresas, como a *National Instruments* e a *Electrostandards*, que desenvolvem aplicações, nas mais diversas vertentes tecnológicas, tendo como base o conceito de laboratório virtual.

No âmbito das máquinas eléctricas, os equipamentos convencionais vocacionados para a medida da amplitude das grandezas em regime permanente, não permitem a medida adequada do valor instantâneo em regime transitório, particularmente no contexto recente do accionamento através de conversores electrónicos, como o caso do motor de indução

^(*) Marca de *software* da *National Instruments*.

alimentado por conversores de frequência em aplicações de velocidade variável. Neste contexto, e para além desta questão, acrescenta-se o facto de se tratar de regime não sinusoidal, sendo a tensão, basicamente, uma sequência de impulsos rectangulares, pelo que é possível descrever o regime de funcionamento como uma sucessão permanente de regimes transitórios para além dos transitórios naturais inerentes à resposta dinâmica do sistema.

O sistema de instrumentação virtual do presente trabalho é desenvolvido em *LabVIEW*, que utiliza uma linguagem de programação gráfica e que permite programar e configurar muito rapidamente a interface gráfica com o utilizador e adquirir, visualizar e registar sinais em simultâneo, em número muito superior a qualquer osciloscópio. Estes sinais podem ser processados com algoritmos especificamente desenvolvidos ou através de uma vasta biblioteca preexistente.

Outra característica importante do sistema é a facilidade com que se podem realizar acções de controlo ou simples actuações sobre o *hardware*. Quanto ao processamento *on-line*, estes sistemas de instrumentação virtual têm óbvias limitações, particularmente na monitorização e controlo de máquinas eléctricas devido às suas constantes de tempo serem relativamente baixas. Para se atingirem maiores velocidades é necessário utilizar versões especialmente compiladas do *software*.

Um aspecto pertinente e cada vez mais actual, é a possibilidade de disponibilizar os resultados de uma experiência ou ensaio na rede local de um laboratório, por exemplo, ou utilização do acesso pela *web* para controlar e realizar esses ensaios, com recursos escassos ou preexistentes.

Um dos objectivos do sistema de instrumentação virtual do presente trabalho consiste na monitorização de diversas grandezas associadas às máquinas eléctricas, designadamente o motor de indução trifásico, nos diversos PC's do Laboratório de Electrónica e Instrumentação da Escola Superior de Tecnologia e de Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, utilizando como base uma banca de ensaios a qual constitui um recurso único e dispendioso e interessa partilhá-lo e utilizá-lo de modo eficiente.

2. Base de trabalho

A base de desenvolvimento do sistema de instrumentação virtual assenta na utilização de um PC, uma carta de aquisição de dados e o *software LabVIEW*. Como interface entre o sistema de potência e o sistema de aquisição de dados foi utilizada a interface descrita em [2]. A aquisição dos sinais é realizada através da carta de aquisição de dados, PCI-6035E, um acessório SC-2040 com 8 S/H para aquisição simultânea de 8 canais, um cabo, SH68-68-EP e um conector, SCB 68, da *National Instruments*. A carta de aquisição de dados, 6035E, apresenta as seguintes características principais: 16 canais (8 em modo diferencial), resolução de 16 *bits*, frequência de amostragem 200 Ks/S, controlo de ganho, 2 canais para saídas analógicas com resolução de 12 *bits* e 10Ks/S, 8 linhas digitais I/O, 2 *counter/timers* com resolução de 24 bits e 2 *triggers* digitais.

A banca de ensaios, do fabricante *Leroy Somer*, consiste no seguinte equipamento: um motor assíncrono trifásico de 3kW e 1500rpm, LSVMV100, com codificador incremental de 1024 impulsos; uma carga dinâmica programável composta por um freio electromagnético, FP15/30 e módulo de controlo, MODMECA3; um dínamo taquimétrico com resolução 2x0,06V/rot., RE-0444; um sensor de binário, CAPCO.

O motor é alimentado por um conversor de frequência industrial, ACS-601-0006-3 do fabricante *ABB*.

3. Estrutura

Depois de definidas as características e especificações gerais da aplicação, os autores seguiram uma metodologia do tipo *top-down*, no desenvolvimento da estrutura do sistema de instrumentação virtual. Deste modo, no primeiro nível, composto por um menu principal, o utilizador pode aceder a um conjunto de submenus para executar determinadas tarefas como, por exemplo, configurar o sistema de aquisição de dados, visualizar o valor de diversas grandezas em regime permanente, monitorizar e adquirir para ficheiro determinados sinais, quer directos quer estimados, em regime transitório e permanente.

3.1. Interface com o utilizador

A interface com o utilizador consiste em vários níveis de submenus, chamados a partir de outros de nível superior, partindo de um menu principal.

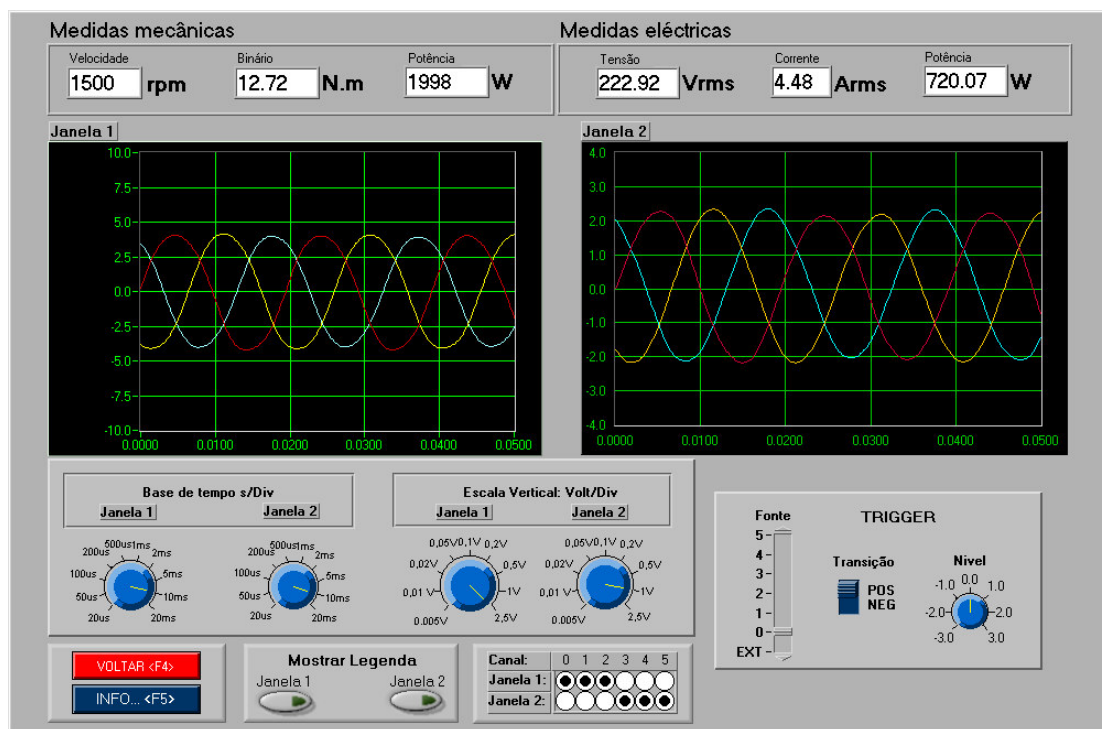


Figura 1. Painel de monitorização.

O utilizador pode chamar menus para: introduzir parâmetros tais como a frequência de amostragem e o nº de amostras; introduzir parâmetros, como por exemplo os do motor; visualizar os valores de diversas grandezas, em regime permanente, como a velocidade, a intensidade de corrente, a tensão, o binário, as potências eléctrica e mecânica e monitorizar diversos sinais, como no caso da figura 1; monitorizar e/ou guardar sinais estimados, tais como velocidade, binário, componentes em quadratura das correntes, tensões e fluxos, em diferentes referenciais – rotor, estator e campo girante; visualizar e/ou guardar sinais em regime transitório, como no caso da figura 2.

Como se pode verificar a interface com o utilizador apresentada na figura 1 é constituída por duas janelas, semelhantes às dos osciloscópios, em termos de apresentação e funcionalidade. Deste modo, é possível programar a fonte, o nível e o tipo de transição (ascendente ou descendente) da função de *trigger*; programar de modo independente quer

as escalas verticais (entre 0.005V/div a 2.5V/div) quer as bases de tempo (entre 20ns e 20µs/div) e escolher qual a janela onde visualizar os diferentes sinais.

Na janela 1 (à esquerda) da figura 1, podemos observar o sistema trifásico de tensões e na janela 2 (à direita), o sistema trifásico de intensidades das correntes que alimentam o motor via conversor, devidamente filtrados.

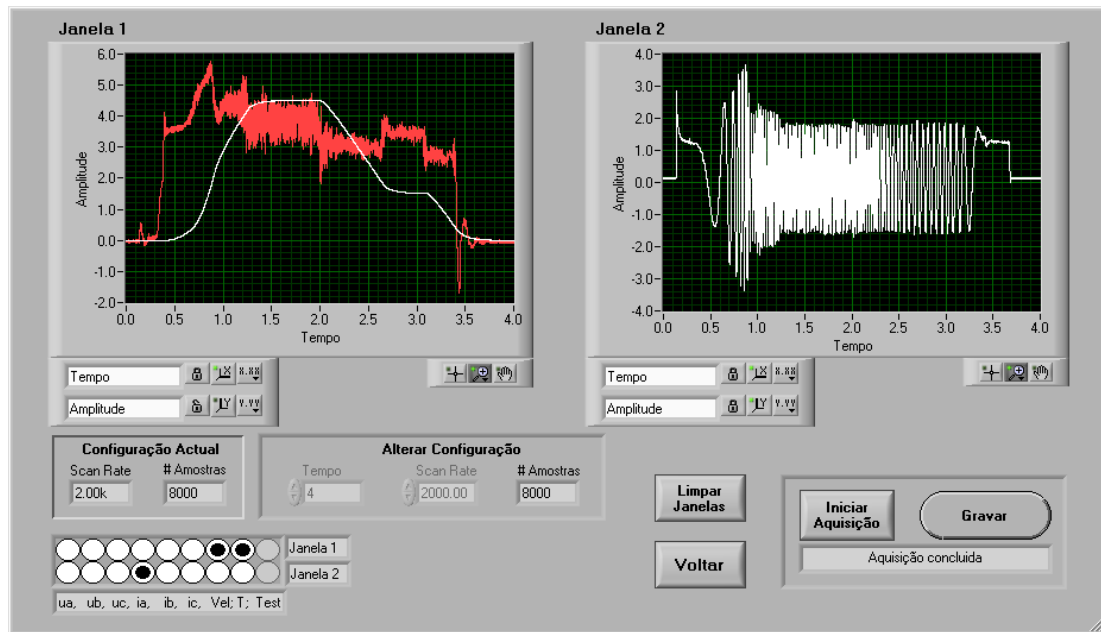


Figura 2. Painel para aquisição de regimes transitórios.

O tipo de interface apresentado na figura 2 destina-se à aquisição de regimes transitórios na qual se pode ver a velocidade escalada e o binário à esquerda e uma das correntes à direita, durante um arranque do motor até às 1500rpm, seguido de uma desaceleração para as 500rpm e depois uma paragem, num período de teste que durou 4 segundos.

3.2. Monitorização e estimação

O sistema permite, ao utilizador, adquirir directamente as tensões e intensidades das correntes que alimentam o motor, o binário e a velocidade de rotação, a partir da interface [2], uma sonda de medição de binário dinâmico e de um dínamo taquimétrico ou codificador incremental, respectivamente.

A partir dos sinais adquiridos directamente, ou de parte deles, são determinadas as componentes em quadratura das tensões e intensidades das correntes, num referencial geral, e são estimadas diversas grandezas, designadamente, os fluxos do estator e do rotor, o fluxo de magnetização, a própria velocidade e o binário, as potências instantâneas, o deslizamento, etc., utilizando modelos de estimação como, por exemplo, os sugeridos e apresentados em [3].

Um outro aspecto importante resulta da possibilidade de substituir o equipamento tradicional (como o amperímetro, voltímetro, osciloscópio, etc.), na generalidade das situações, na medida de grandezas em regime permanente: valores eficazes, valores médios, amplitude da tensão e intensidade de corrente, potência, binário, etc., como se pode ver na figura 1 para as principais grandezas mecânicas e eléctricas.

3.3. Potencialidades do sistema de instrumentação virtual na presente aplicação

Uma vez identificados os sinais físicos que são adquiridos e os principais sinais de actuação no sistema em causa, podemos evidenciar um conjunto de importantes funcionalidades, nomeadamente:

- A possibilidade de executar um procedimento preestabelecido para determinação automática dos parâmetros do motor de indução, baseado nos ensaios clássicos, designadamente, o ensaio em vazio ou à velocidade de sincronismo e o ensaio em curto circuito. Alternativamente, os parâmetros poderão ser introduzidos directamente, quando conhecidos previamente.
- A partir dos sinais adquiridos são calculadas as componentes directa e em quadratura dos fasores espaciais das tensões e intensidades das correntes num determinado referencial, designadamente, fixo em relação ao estator, solidário com o rotor ou síncrono com o campo girante e estimadas as componentes do fluxo do estator, do rotor e de magnetização, num dos referenciais anteriores. A própria estimação da velocidade e do binário com base nos procedimentos anteriores, é particularmente importante quando não se dispõe de sensores para o efeito, nomeadamente, a sonda de binário que é bastante dispendiosa.
- Torna-se possível monitorizar e guardar em ficheiro os sinais adquiridos em regime permanente ou transitório e inspeccionar os mesmos com técnicas avançadas de *zoom* e outras disponíveis e de fácil utilização.
- É também possível simular processos através da programação das entradas e saídas analógicas e digitais da carta de aquisição de dados e ligação conveniente às entradas e saídas analógicas e digitais disponíveis no conversor de frequência, para assim gerar e controlar sinais de comando como por exemplo, *start*, *stop*, inversão do sentido de marcha, etc..
- É ainda possível controlar a referência de velocidade e/ou de binário, dos tipos e tempos de aceleração e desaceleração, etc., e programar diferentes tipos de cargas como por exemplo degraus, rampas, exponenciais, etc., com a utilização de um menu de geração e controlo do sinal eléctrico que controla o freio da banca.
- Por fim, é possível generalizar estas funções a outras máquinas eléctricas.
- Sendo um sistema de desenvolvimento aberto, permite implementar novos procedimentos e alterar os já implementados, em qualquer momento e de forma interactiva, com grandes potencialidades de utilização *on-line* na rede local do laboratório ou de forma universal na *web*, pelas próprias características do *LabVIEW 6i*, designadamente, através da utilização da nova tecnologia de programação na *internet dstp* – *data socket transfer protocol*, desenvolvida pela *National Instruments*, que simplifica a partilha de dados entre computadores e aplicações permitindo transferir directamente dados experimentais através da *internet* de modo eficiente e responder a diferentes utilizadores sem ter de recorrer à complexidade da programação em TCP/IP. Por outro lado, começa a existir bibliografia especializada, como por exemplo [4], que contribui para uma utilização mais rápida e facilitada da instrumentação virtual na monitorização e controlo de sistemas de medida baseados em *LabVIEW*, utilizando a nova tecnologia de programação na *internet*, nomeadamente para aplicações remotas.

4. Conclusões

Com o desenvolvimento deste sistema, os autores identificaram as potencialidades da instrumentação virtual, na aplicação em causa, com a plataforma em *LabVIEW*.

Desde logo se conclui que, os sistemas de instrumentação virtual permitem definir a interface com o utilizador, adaptar e configurar o sistema genérico de medida de modo personalizado e programar o seu desempenho à índole e aos objectivos do utilizador.

Outro aspecto importante é o facto de se tratar de sistemas abertos, sendo possível reconfigurar e readaptar, ou desenvolver novas funcionalidades de modo integrado, bastando para isso conhecer a ferramenta de programação, que consiste na utilização de uma linguagem de programação gráfica, relativamente simples e intuitiva. Acresce ainda o facto, que do ponto de vista didáctico, da adopção desta metodologia visual resultam vantagens significativas. Com efeito, todo o processamento de sinal é organizado em diagramas de blocos o que permite aos alunos absorverem mais rapidamente os conceitos principais envolvidos no processamento.

Outra vantagem consiste na sua flexibilidade, que através de uma estrutura conveniente e modular da aplicação, torna muito simples a readaptação de funções já desenvolvidas e desenvolvimentos de novas funcionalidades. Torna muito fácil o armazenamento de dados em ficheiro, de ensaios e testes realizados, para posterior processamento.

A aplicação a que se refere o presente trabalho, permite ainda concluir que é possível integrar todo o sistema desde a aquisição de sinal até ao controlo do conversor de frequência que alimenta o motor e a respectiva carga programável.

Com os desenvolvimentos recentes do *LabVIEW*, nomeadamente a versão 6i, é possível rentabilizar ao máximo os recursos únicos e dispendiosos, como a banca de ensaios no caso presente, através da monitorização *on-line* em todos os PC's do laboratório, o que traduz uma enorme vantagem, em termos de redução de custos, relativamente à solução clássica de multiplicação de equipamentos de desempenho de funções específicas.

Com o desenvolvimento da presente aplicação, os autores pretendem levar a cabo a sua utilização universal através da rede *internet*, tornando possível a realização de monitorização e experimentação remotas.

Pelas razões anteriormente apontadas e pelo desenvolvimento da aplicação em causa, mostra-se que a instrumentação virtual é uma ferramenta adequada às funções pretendidas e o sistema assim obtido revela-se de enorme interesse didáctico e científico.

A principal desvantagem consiste na monitorização e controlo em tempo real, onde existem limitações de velocidade, que podem ser atenuadas através de uma programação adequada ou, em último caso, utilizando uma plataforma de tempo real.

Referências

- [1] Manuel Gonçalves, Nuno Viegas, Luís Brito Palma, *Sistema de Instrumentação Virtual Concorrente e Distribuído*, Actas das 6.^{as} Jornadas Luso-Espanholas de Engenharia Electrotécnica, EDINOVA, vol. 4, pp. 243-250, Lisboa, 7- 9 de Julho de 1999.
- [2] Vicente Leite, Henrique Teixeira, Rui Araújo e Diamantino Freitas, *Interface para Condicionamento das Tensões e Correntes à Saída de Conversores de Frequência*, Actas das 6.^{as} Jornadas Luso-Espanholas de Engenharia Electrotécnica, EDINOVA, vol. 4, pp. 195-202, Lisboa, 7- 9 de Julho de 1999.
- [3] Peter Vas, *Parameter Estimation, Condition Monitoring, and Diagnosis of Electrical Machines*, Oxford Science Publications, 1993.
- [4] Jeffrey Travis, *Internet Applications in LabVIEW*, Prentice Hall, 2000.