

SPARSE

UM PROCESSADOR INTELIGENTE DE ALARMES PARA OS CENTROS DE CONDUÇÃO DA REDE ELÉCTRICA NACIONAL

1. INTRODUÇÃO

Os Sistemas Eléctricos de Energia são actualmente sistemas muito complexos que requerem um controlo muito preciso e eficiente. Este controlo é efectuado remotamente a partir de Centros de Controlo e Condução que cobrem, geralmente, uma área geográfica apreciável. De modo a poderem desempenhar convenientemente as suas funções, estes centros recebem informação em tempo real sobre a rede eléctrica que lhes corresponde. Esta informação é adquirida em pontos de medição instalados ao longo da rede e transmitida para aqueles centros por meio de um sistema de telecomunicações adequado, sendo este sistema designado sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*).

Os actuais Centros de Controlo e Condução dos Sistemas Eléctricos de Energia usam um conjunto apreciável de aplicações computacionais para aplicações diversas, incluindo estudos de fluxos de cargas, estimação de estado, análise de contingências e de curto-circuitos, entre muitas outras.

Contudo, os operadores humanos desempenham o papel principal na condução e controlo dos Sistemas Eléctricos de Energia no que diz respeito às tarefas que envolvem tomada de decisões. Estas tarefas podem ser muito complexas, especialmente em situações de incidente em que podem ser geradas várias centenas de mensagens de alarme por minuto e em que as decisões têm que ser tomadas sob gran-

de pressão nervosa e, grande parte das vezes, na ausência dos operadores mais experientes.

Como o raciocínio envolvido neste tipo de tarefas é essencialmente de natureza simbólica, as técnicas de Inteligência Artificial apareceram como uma solução prometedora para este tipo de situações. As aplicações em causa têm, contudo, que responder a questões muito exigentes dado que devem lidar, em tempo real, com grandes volumes de informação e ser integradas com

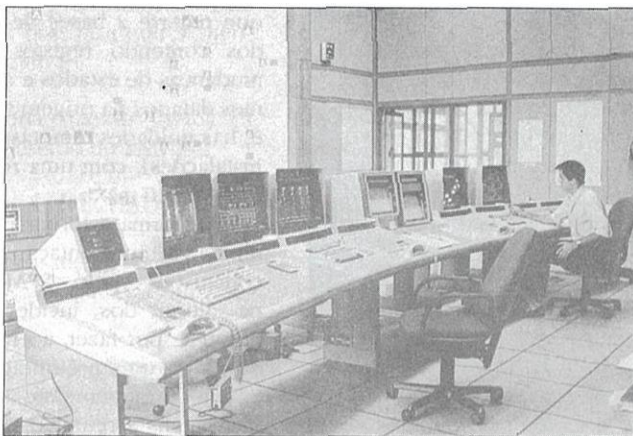
ganização do comando e controlo da Rede Eléctrica Nacional, decorre da complexidade do sistema em causa. No topo da hierarquia deste sistema encontra-se o Despacho Nacional que conduz a Rede e dá directrizes de comando a 2 Centros de Condução de Subestações (CC) e a 4 Centros de Telecomando de Centrais Hidráulicas. Os Centros de Condução de Subestações, através dos seus sistemas SCADA, supervisionam directamente e telecomandam as cer-

criar condições para uma mais rápida reposição manual [5]. Em cada instante, apenas um destes sistemas (CC, SCC ou OPA) se encontra autorizado a comandar a subestação, o que é definido pela selecção do respectivo regime de exploração.

Em situações de emergência, com incidentes envolvendo várias instalações, os alarmes (arranjos e disparos de protecções, defeitos em aparelhagem AT, alarmes de actuação de OPA, etc.) chegam aos Centros de Condução a uma cadência muito elevada e, juntamente com as mudanças de estado de órgãos de manobra, podem atingir algumas centenas de acontecimentos por minuto.

Torna-se, assim, extremamente penoso e difícil para o operador do Centro de Condução interpretar, sob forte tensão nervosa, as ocorrências, saber em que instalações poderá contar com o OPA para repor total ou parcialmente o serviço e definir, em consequência, com maior segurança e rapidez, o plano de reposição.

Por estes motivos, foi considerado de grande oportunidade o desenvolvimento de uma aplicação computacional que permitisse auxiliar o operador dos Centros de Condução a levar a bom termo essas tarefas. Dada a natureza da aplicação, em que a experiência empírica e técnica dos melhores operadores tem que ser obtida em detalhe, afigurou-se adequado o recurso à Inteligência Artificial (Sistema Pericial), solução aliás já adoptada por outras empresas congéneres [6].



as aplicações computacionais já existentes.

O presente artigo aborda o desenvolvimento de um Sistema Pericial, designado SPARSE [1-4], para auxílio dos operadores dos Centros de Condução de Subestações da Rede de Transporte de Energia Eléctrica da REN - Rede Eléctrica Nacional (Grupo EDP), que tem vindo a ser levado a cabo pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, desde o início de 1992, em estreita colaboração com o utilizador (REN/EDP).

A necessidade e oportunidade deste desenvolvimento, no contexto da or-

ca de 40 subestações existentes (abrangendo aproximadamente 600 painéis), providas de Sistemas de Comando e Controlo local (SCC), a partir dos quais é possível actuar manualmente os órgãos de manobra de alta tensão (AT).

Existem ainda, em cerca de 75% das instalações, "Operadores Automáticos" (OPA), isto é, sistemas locais de automatização, que vigiam a subestação, detectam incidentes em tempo real e reagem aos mesmos, actuando sobre os disjuntores dos painéis afectados por forma a repor automaticamente o serviço ou, pelo menos,

2. FUNÇÕES DO SPARSE

O Sistema Pericial SPARSE tem por objectivo fundamental auxiliar os operadores do CC em situações de regime de exploração perturbada, em que o CC poderá ser "inundado" por alarmes que o operador terá que interpretar rapidamente, por forma a minimizar os eventuais tempos de interrupção de serviço daí resultantes.

Para atingir este objectivo, exige-se do SPARSE que:

- Tenha conhecimento, em tempo real, da topologia da Rede e em particular do estado dos painéis (em serviço/fora de serviço), bem como do regime de exploração activo em cada instalação.
- Alerta o operador para o início de um regime perturbado (por exemplo: disparo por protecção de uma linha, deslastre por mínimo de frequência, ocorrência de uma falta de tensão parcial ou total numa instalação com OPA que conduzirá à abertura automática de disjuntores).
- Identifique o incidente – as zonas e os elementos afectados – através da apresentação de conclusões sobre o fenómeno ocorrido, por ordem cronológica, combinando, quando necessário, informação proveniente de mais do que uma instalação.
- Permita a visualização, em modo gráfico, das zonas afectadas e das respectivas instalações.
- Forneça indicações sobre as acções a tomar para repor o serviço, nomeadamente:
 - Quais os painéis que serão repostos automaticamente em serviço e os tempos mínimos esperados para essas reposições;
 - Quais os painéis em que será necessária a actuação do operador, para completar a reposição de serviço, tomando em conta o código de manobras em vigor;
 - As acções não aconselháveis (ou proibidas) como, por exemplo, a manobra de fecho dum disjuntor após tentativa anterior mal sucedida de reposição de serviço (provocada por um defeito permanente numa linha, defeitos em barramentos, etc.).
- Reporte as acções de reposição de serviço e os agentes que as executaram, bem como as manobras mal sucedidas e determine o fim do regime perturbado.

3. ARQUITECTURA DO HARDWARE

Considerou-se vantajoso suportar o SPARSE num equipamento autónomo relativa-

mente aos computadores SCADA do CC pois, deste modo, torna-se possível garantir uma interferência mínima da sua operação no desempenho global do controlo da rede eléctrica. Esta opção justifica-se ainda pelo facto de o SCADA se encontrar em exploração desde 1987 e não ter sido preparado de início para o desenvolvimento de aplicações residentes baseadas em técnicas de Inteligência Artificial.

O Sistema Pericial encontra-se instalado numa DEC station 5000/240, com ambiente ULTRIX, e interliga em rede Ethernet (DECNET) de

configuração duplicada aos dois computadores mVAX II do CC, dos quais um se encontra *on-line* e o outro em *hot stand by* do primeiro.

4. INTERFACE SCADA/SPARSE

A utilização de informação cronológica datada na origem é fundamental para uma correcta interpretação de incidentes na rede eléctrica. Quando a datação é feita ao nível do sistema central (CC), verificam-se inversões cronológicas provocadas, nomeadamente, pelos diferentes tempos de transmissão desde as Unidades Remotas até aos CC.

Tomou-se assim uma atenção especial na selecção da fonte da informação a retirar do SCADA, tendo-se gerado, ao nível dos mVAX II do CC, uma aplicação designada TTLOGW que recorre a bases de dados contendo registos de mudanças de estados e alarmes datados na origem (isto é, nas unidades remotas das instalações), com uma resolução de 10 ms.

Por forma a tornar mais rápida a apresentação de conclusões, pelo SPARSE, na altura dos incidentes, optou-se por fazer, ao nível do mVAX, uma pré-filtragem e um pré-tratamento das mensagens a retirar da lista de mensagens seleccionada, de modo a transmitir apenas, para a DEC station, a informação considerada relevante. Assim:

- Em estado normal (não perturbado) de exploração são apenas enviadas as mensagens correspondentes a mudanças de estado de órgãos de manobra e regime de exploração, possibilitando-se uma actualização, em permanência, da base de conhecimento do SPARSE
- Ao ser detectado o início do regime perturbado, passa a ser enviada toda a informação (alarmes e mudanças de estado) des-

de um tempo pré-fixado (2 minutos), anterior ao INÍCIO da perturbação, e até à recepção de uma indicação de FIM da perturbação (vinda do SPARSE ou do operador do CC).

Foi tida em conta a necessidade de conhecer o estado da Rede Eléctrica nomeadamente no arranque do funcionamento do SPARSE e no arranque do mVAX, situações que provocarão a transmissão, por este último, de um "protocolo de estados" geral (painéis e regime de exploração de todas as subestações vistas pelo CC).

Também ao nível do SCADA, e no âmbito deste projecto, foi necessário proceder a uma revisão dos alarmes existentes por forma a garantir que, independentemente da instalação de origem, a mesma perturbação gere os mesmos alarmes representados segundo a mesma estrutura de informação.

Esta informação, uma vez chegada ao SPARSE, sofre um processamento, em linguagem C, sendo convertida em factos *Prolog* para utilização pelo Sistema Pericial.

5. CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA PERICIAL

5.1. Base de Factos

Para o desenvolvimento deste módulo, foi levada em conta toda a rede eléctrica considerada pelos CC, tendo em atenção as particularidades de cada instalação, nomeadamente:

- Diferentes tipos de arquitectura do parque de Alta Tensão (subestações com 2 barramentos ou com 3 barramentos, subestações com configuração de disjuntor e meio, etc).
- Existência ou não de sistemas locais de automatização (OPA) e quais as funções tipo por eles executadas.

- Ocorrência de alarmes específicos em algumas instalações com SCC mais antigos.
- Problemas de fronteira (por exemplo, linhas para as quais o CC vê apenas um dos extremos).

A Base de Factos do SPARSE inclui, essencialmente, conhecimento relativo a :

- rede eléctrica considerada, respectivos componentes e topologia.
- mensagens de alarme que vão sendo recebidas.

No que diz respeito à consideração das mensagens de alarme, estas são previamente tratadas por um módulo de pré-processamento, desenvolvido em linguagem C. O módulo de pré-processamento é responsável pela conversão das mensagens que recebe em factos Prolog, que transmite ao SPARSE. Para tal, a informação contida nos vários campos das mensagens é uniformizada e a data e a hora são convertidas num elemento numérico, de modo a facilitar o tratamento dos problemas temporais. Este módulo é capaz de tratar mais de 500 mensagens por segundo.

A título de exemplo, consideremos que a aplicação TTLOGW envia para o módulo de pré-processamento a seguinte mensagem:

```
03-OCT-1992 16:08:21:021 SBL 240 INT. BAR 220 PAINEL FECHADO
```

Esta mensagem informa o operador que, na data e hora indicadas, o painel inter-barras de 220 kV (painel com código 240) da subestação da Batalha (SBL) foi fechado. O pré-processador identifica os campos seguintes nesta mensagem:

- data (03-OCT-1992)
- hora (16:08:21:021)

```
regra d8: 'DISPARO TRIFÁSICO COM RELIGAÇÃO - DISJ'
[[
mensagem(Data1,Hora1,[Inst1,Painel1],[Inst2,NL]], '>>>> DISPARO', 'INICIO') at T1
e
mensagem(Data2,Hora2,[Inst1,Painel1],[Inst2,NL,'DISJ']], 'DISJUNTOR','ABERTO' ) at T2
e
painel_em_serviço(Inst1,Painel1)
e
condição(mod_dif_tempos_menor_ou_igual(T2,T1,15))
e
mensagem(Data3,Hora3,[Inst1,Painel1],[Inst2,NL,'DISJ']], 'DISJUNTOR','FECHADO') at T3
e
condição(dif_tempos_menor_ou_igual(T3, T2, 50))
]]
==>
[
retira_facto(disj_fech(_,_,_Inst1, Painel1,Inst 2,NL),_,T2),
cria_facto(disj_aberto(Data2,Hora 2,disparo,Inst1, Painel1,Inst2,NL),T2),
retira_facto(disj_aberto(_,_,_Inst1,Painel1,Inst2, NL), _, T3),
cria_facto(disj_fech(Data3,Hora3,rel_rap_trif,Inst1,Painel1,Inst2,NL),T3)
].
```

- instalação (SBL) de proveniência da mensagem
- código (240) e descrição (INT. BAR 220) do painel que originou a mensagem
- acontecimento (mudança no estado do PAINEL)
- estado (FECHADO).

Esta mensagem é convertida no facto *Prolog* seguinte:

```
facto(501,mensagem('92/10/03',16:08:21:021,['SBL',240,['1.BAR',220],PAINEL', 'FECHADO'],2390450102)
```

Este facto tem como primeiro elemento o número do facto e como segundo elemento a informação acerca da mensa-

gem recebida.

O terceiro elemento indica o instante de tempo em que os acontecimentos relativos à mensagem ocorrem e corresponde ao número de centésimos de segundos (desde 1 de Janeiro de 1992) até à data e hora da mensagem. Este elemento facilita o tratamento das questões temporais.

5.2. Base de Regras

O processo de aquisição progressiva do conhecimento sobre interpretação de incidentes, regras de exploração em vigor e reacções desejáveis do operador para repor o serviço foi conseguido através de sessões de trabalho com os peritos desta área de conhecimento. O SPARSE inclui actualmente cerca de 150 regras.

Consideremos, por exemplo, a regra seguinte: (v. quadro acima).

Quando tal acontece, são tiradas as conclusões expressas no membro direito ou consequente (à direita de ==>).

No caso desta regra, correspondente à situação de disparo trifásico com religação, considera-se que a regra tem sucesso se se verificarem as condições seguintes:

- recepção de uma mensagem de disparo correspondente a um painel de uma dada instalação

O membro esquerdo (antes do operador ==>) contém um conjunto de condições que devem ser verificadas. Neste caso, as

primeiras três condições e a quinta correspondem à necessidade de verificar que os factos correspondentes são verdadeiros. Pelo contrário, a quarta e a sexta condições destinam-se a verificar condições impostas para que a regra tenha sucesso.

A regra só terá sucesso desde que sejam verificadas todas as condições do seu membro esquerdo (antece-

- recepção de uma mensagem de abertura de disjuntor correspondente ao mesmo painel
- o painel encontra-se em serviço
- os instantes correspondentes às mensagens anteriores não devem diferir em mais que 15 centésimos de segundo
- recepção de uma mensagem de fecho do mesmo disjuntor
- o instante correspondente ao fecho do disjuntor deve ser posterior ao instante correspondente à sua abertura e não diferir daquele mais do que 50 centésimos de segundo.

As conclusões correspondentes ao sucesso desta regra actualizam a base de conhecimento do Sistema Pericial. Dado que se pretende conjugar a informação correspondente aos dois extremos das linhas, esta regra não gera automaticamente nenhuma mensagem para o operador.

Assim, o sistema, depois de dispor da informação relativa a um dos extremos de uma linha, aguardará algum tempo pela informação relativa ao extremo oposto. Se essa informação chegar, é gerada uma mensagem correspondente à linha com informação relativa aos seus dois extremos. Caso a informação relativa ao outro extremo não chegue no tempo previsto, é gerada uma mensagem com a informação disponível.

5.3. Motor de Inferência

A aplicação em causa requer um motor de inferência adaptado às suas necessidades, capaz de

efectuar um processamento eficiente em tempo real. Este motivo e a necessidade de considerar raciocínio não monotónico e temporal levaram-nos a desenvolver o motor de inferência do SPARSE em vez de usar uma aplicação de geração de Sistemas Periciais ("Shell").

O motor de inferência do SPARSE usa uma estratégia de encadeamento directo do raciocínio *forward chaining* que dispara as regras adequadas quando um novo facto, externo (mensagem) ou interno (conclusão do SPARSE), tem que ser considerado. O uso de metaconhecimento permite guiar o processo de inferência de modo a torná-lo mais eficiente.

O motor de inferência do SPARSE tem-se revelado bem adaptado ao problema a tratar e muito eficiente, tratando mais de 1200 mensagens por minuto, o que permite a utilização do sistema em tempo real.

5.4. Explicações e Módulo Tutor

A capacidade de fornecer explicações é uma característica muito importante dos Sistemas Periciais. O módulo de explicações do SPARSE foi amplamente utilizado durante o respectivo desenvolvimento, para detecção de erros, e também durante a respectiva fase de validação. O SPARSE fornece ainda aos operadores explicações concisas para as conclusões seleccionadas com o rato.

O SPARSE dispõe de um módulo tutor capaz de explicar como uma determinada conclusão, ou um conjunto de conclusões, foram obtidas, apresentando o raciocínio usado para o efeito. Este módulo destina-se a permitir ao operador, na sequência de um incidente ou *off-line*, tratar informação de incidentes armazenados em suporte magnético, rever as conclusões do SPARSE e solicitar explicações sobre o raciocínio correspondente [7].

5.5. Interface com o Utilizador

Neste tipo de aplicação, a Interface com o Utilizador é uma das chaves do sucesso da sua utilização [8-9].

O SPARSE utiliza uma interface gráfica amigável, baseada em *X-Windows*, possuindo a seguinte estrutura base:

- zona de comandos;
- zona de conclusões de raciocínio (mensagens de texto);
- zona gráfica com a imagem da Rede Nacional de Transporte, abrangida pelo CC, actualizada em tempo real com a informação sobre as instalações e linhas afectadas pelas perturbações, quando estas ocorrem;
- possibilidade de *zoom* sobre a(s) zona(s) e/ou instalações perturbadas.

6. EXEMPLO

Consideremos as mensagens mais significativas referentes a um incidente ocorrido na linha Valdigem-Recarei 1 (VG-RR1)

20-APR-1993	18:51:59.774	SRR	201	VALDIGEM I	OUTROS ALARMES	INICIO
20-APR-1993	18:51:59.804	SRR	201	VALDIGEM I	>>>> DISPARO	INICIO
20-APR-1993	18:51:59.834	SRR	201	VALDIGEM 1 -DISJ	DISJUNTOR	MOVIM.
20-APR-1993	18:51:59.894	SRR	201	VALDIGEM I	>>>> DISPARO	FIM
20-APR-1993	18:51:59.901	SVG	203	RECAREI I	OUTROS ALARMES	INICIO
20-APR-1993	18:52:00.081	SVG	203	RECAREI I	>>>> DISPARO	INICIO
20-APR-1993	18:52:00.131	SVG	203	RECAREI I -DISJ	DISJUNTOR	MOVIM.
20-APR-1993	18:52:00.284	SRR	201	VALDIGEM 1 -DISJ	DISJUNTOR	FECHADO
20-APR-1993	18:52:00.734	SRR	201	VALDIGEM I	OUTROS ALARMES	FIM
20-APR-1993	18:52:00.801	SVG	203	RECAREI I	>>>> DISPARO	FIM
20-APR-1993	18:52:01.731	SVG	203	RECAREI I -DISJ	DISJUNTOR	FECHADO
20-APR-1993	18:52:01.801	SVG	203	RECAREI I	OUTROS ALARMES	FIM
20-APR-1993	18:52:01.874	SRR	201	VALDIGEM I	ALARME URGENTE	INICIO
20-APR-1993	18:52:01.904	SRR	201	VALDIGEM I	>>>> DISPARO	INICIO
20-APR-1993	18:52:01.944	SRR	201	VALDIGEM 1 -DISJ	DISJUNTOR	MOVIM.
20-APR-1993	18:52:02.333	SRR	201	VALDIGEM 1 -DISJ	DISJUNTOR	ABERTO
20-APR-1993	18:52:02.394	SVG	203	RECAREI I	ALARME URGENTE	INICIO
20-APR-1993	18:52:02.441	SVG	203	RECAREI I	>>>> DISPARO	INICIO
20-APR-1993	18:52:03.001	SRR	201	VALDIGEM I	>>>> DISPARO	FIM
20-APR-1993	18:52:03.099	SRR	201	VALDIGEM I	ALARME URGENTE	FIM
20-APR-1993	18:52:03.141	SVG	203	RECAREI I -DISJ	DISJUNTOR	MOVIM.
20-APR-1993	18:52:03.246	SVG	203	RECAREI I	>>>> DISPARO	FIM
20-APR-1993	18:52:03.256	SVG	203	RECAREI I -DISJ	DISJUNTOR	ABERTO
20-APR-1993	18:52:05.767	SVG	OPA	OPERADOR AUTOM	OPA EM MARCHA	INICIO
20-APR-1993	18:55:08.547	SVG	203	RECAREI I -DISJ	DISJUNTOR	MOVIM.
20-APR-1993	18:55:08.555	SVG	203	RECAREI I -DISJ	DISJUNTOR	FECHADO
20-APR-1993	18:55:08.767	SVG	OPA	OPERADOR AUTOM	OPA EM MARCHA	FIM

Relativamente a este incidente, o SPARSE apresenta as conclusões seguintes

20-APR-1993	18:52:00		
20-APR-1993	18:52:03		
SEGUIDO			
20-APR-1993	18:52:05	SVG	203
20-APR-1993	18:55:08	SVG	203
20-APR-1993	18:55:08	SRR	201

INÍCIO DE INCIDENTE
 LINHA VG-RR 1 - DISPARO MONOFÁSICO COM RELIÇÃO
 DE DISPARO DEFINITIVO NOS DOIS EXTREMOS
 >> AGUARDE REPOSIÇÃO OPA (3 MINUTOS)
 FECHO DE DISJUNTOR PELO OPA
 >> FECHÉ DISJUNTOR

7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O uso de técnicas de Inteligência Artificial na análise de incidentes em tempo real e como auxiliar da reposição de serviço na Rede de Transmissão Nacional tem-se revelado adequado e eficiente.

O desenvolvimento do SPARSE teve ainda o mérito de potenciar uma reflexão cuidada sobre o processo de Condução da Rede em múltiplas situações de regime perturbado e permitiu a sua sistematização sobre a forma de uma "Base de Conhecimento", cujo crescimento incremental é viabilizado. As características explicativas do SPARSE, através do seu módulo tutor, abrem perspectivas interessantes na área da formação e treino de operadores dos Centros de Condução.

Como perspectivas futuras de trabalho neste campo, o leque de possibilidades aberto pelo desenvolvimento deste sistema é enorme. Assim, encontra-se presentemente em estudo a automatização da actualização da Base de Conhecimento do sistema, nos casos em que tal se revelar possível,

o desenvolvimento do seu módulo tutor e ainda o melhoramento da respectiva interface com o utilizador. Por outro lado, foi adquirido conhecimento e experiência de grande importância para facilitar o prosseguimento de outros projectos que envolvam a aplicação de Sistemas Periciais em aplicações com necessidades tão exigentes como as que o SPARSE considera.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Zita A. Vale, A. Machado e Moura, M. Fernanda Fernandes, Albino Marques, "SPARSE - Um Sistema Pericial para Auxílio à Análise de Incidentes e à Reposição de Serviço na Rede Eléctrica Portuguesa", 3.^{as} Jornadas Hispano-Lusas de Ingeniería Eléctrica, Barcelona, Espanha, 1 a 3 de Julho de 1993.
- [2] Zita A. Vale, A. Machado e Moura, "An Expert System with Temporal Reasoning for Alarm Processing in Power System Control Centers", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 8, n.º 3, Agosto de 1993.
- [3] Zita A. Vale, A. Machado e Moura, M. Fernanda

Fernandes, Albino Marques, "SPARSE - An Intelligent Alarm Processor for Portuguese Substation for Portuguese Substation Control Centers", International Journal of Engineering Intelligent Systems for Electrical Engineering and Communications, vol. 2, n.º 1, CRL Publishing Ltd, Março de 1994.

- [4] Zita A. Vale, A. Machado e Moura, M. Fernanda Fernandes, Couto Rosado, "Knowledge-Based Applications in Control Centers: Key Issues in Development and Integration", International Conference on Intelligent System Application to Power Systems '94 (ISAP'94), Montpellier, França, 5 a 9 de Setembro de 1994.
- [5] A. P. Abreu, M. F. Fernandes, "Automation in Portuguese Transmission Substations: a Pragmatic Approach", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, n.º 3, Julho de 1993.
- [6] CIGRE - Grupo de Acção 38.06.03, "Expert Systems: Development Experience and User Requirements", Electra, n. 146, pp. 29-67, Fevereiro de 1993.

- [7] Zita A. Vale, "Intelligent Tutoring Systems for Power System Control Centers", 1994 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, San Antonio, E.U.A., 2 a 5 de Outubro de 1994.

- [8] A. Almeida do Vale, M. J. Dias Gonçalves, Zita A. Vale, "Improving Man-Machine Interaction in Control Centers: The Importance of a Full-Graphics Interface", 11th Power Systems Computation Conference (PSCC), Avignon, França, 30 de Agosto a 3 de Setembro de 1993.

- [9] Zita A. Vale, M. J. Dias Gonçalves, A. Almeida do Vale, M. Fernanda Fernandes, Albino Marques, "Man-Machine Interaction in Power System Control Centers", 1994 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, San Antonio, E.U.A., 2 a 5 de Outubro de 1994.

* Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto/DEEC

** REN - Rede Eléctrica Nacional (Grupo EDP)

agora
a revista Robótica e Automatização
está disponível nas Livrarias Notícias

PORTO: Rua Sá da Bandeira, 5 • LISBOA: Rossio, 11 e 23 - Av. Almirante Gago Coutinho, 28
 ALMADA: Rua de Olivença, 9 • ÉVORA: Rua do Eborim, 18