



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 10 2013 026789-9 A2

(22) Data de Depósito: 17/10/2013

(43) Data da Publicação: 11/11/2014
(RPI 2288)



(51) Int.Cl.:

H02J 3/38

H02J 3/46

H02P 9/04

G05F 1/67

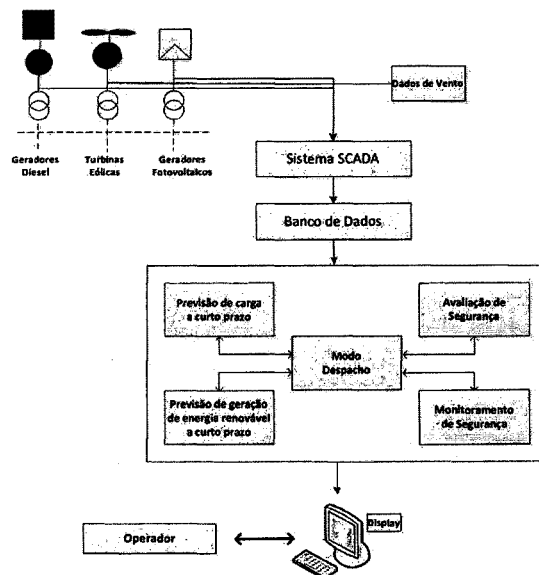
(54) Título: CONTROLE SUPERVISÓRIO PARA SISTEMAS COM ENERGIA RENOVÁVEL

(73) Titular(es): COMPANHIA ENERGETICA DE PERNAMBUCO - CELPE, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PERNAMBUCO

(72) Inventor(es): CARLOS EDUARDO FERREIRA SOARES, PEDRO ANDRÉ CARVALHO ROSAS

(74) Procurador(es): SILVIA & GUIMARÃES MARCAS E PATENTES LTDA

(57) Resumo: CONTROLE SUPERVISÓRIO PARA SISTEMAS COM ENERGIA RENOVÁVEL. Patente de invenção pertencente ao campo dos sistemas de controle remoto de equipamentos de geração eólica e solar fotovoltaica integrados a grupos diesel compreendido por cinco módulos gerenciados pelo módulo de despacho. Os módulos de previsão de carga e geração calculam a carga e a produção de energia das fontes renováveis a cada tempo com base nas condições locais pré-definidas. O módulo de avaliação da segurança e de monitoramento de segurança efetuam a segurança do sistema para os próximos 120 minutos e as condições instantâneas. Esse diagrama não é inédito sendo apresentado em outros sistemas de controle para sistemas elétricos o ineditismo reside na forma como foi implementado e nas técnicas de previsão de carga e geração assim como nas adaptações que o sistema permite.



**“CONTROLE SUPERVISÓRIO PARA SISTEMAS COM ENERGIA
RENOVÁVEL”**

Trata o presente relatório descritivo da patente de invenção de um inédito controle supervisão para sistemas com energia renovável utilizado para operação e indicação de manutenção para o sistema elétrico em locais isolados (remotos) com grande quantidade de geração eólica e solar fotovoltaica com condicionamento em função de geração diesel, de concepção inovadora e dotado de importantes melhoramentos tecnológicos e funcionais, segundo os mais modernos conceitos de engenharia e de acordo com as normas e especificações exigidas, revestindo-se de características próprias e dotadas com requisitos fundamentais de novidade e atividade inventiva, fazendo resultar uma série de reais e extraordinárias vantagens técnicas, práticas e econômicas.

Existem poucas literaturas sobre sistemas de controle supervisórios para geração eólica - solar - fotovoltaico e diesel sem baterias. Em termos de publicações científicas existem muitas propostas de aplicação de inteligência artificial e materiais muito complexos com baixo nível de robustez e não comprovada eficiência operacional.

Assim, não se tem conhecimento de como foram implementadas as técnicas em sistemas de controle apresentados no mercado, não apresentando liberdade de operação como as implementadas no sistema supervisão objeto da presente patente.

Atualmente essa tarefa é executada através de um operador real (funcionário) que manualmente a cada 30 minutos verifica as condições de operação do gerador diesel e os ajusta, sem controle automático. Existe disponível um sistema de controle

automático fornecido pelo fabricante que opera fundamentalmente o sistema diesel otimizando a sua operação porem não levando em consideração as particularidades de geração eólica solar e as necessidades de carga ao longo dos tempos (curto prazo – minutos e
5 horas e longo prazo – dias e meses).

O sistema atualmente usado não apresenta confiança e diminui a margem operacional do sistema elétrico, podendo em muitos momentos levar a condições de operação ineficientes ou condições de insegurança quando da operação do
10 sistema com grande quantidade de geração eólica e solar.

Os sistemas apresentados comercialmente que são a solução para esse tipo de problema, não são flexíveis e impedem uma melhor otimização da operação do sistema diesel. Adicionalmente, os sistemas comercialmente disponíveis não são do
15 tipo “abertos”, opção deste projeto e não permitem a customização para atender necessidades específicas.

Não se tem notícia de opções disponíveis no mercado para realizar a previsão de carga e geração renovável com diferentes técnicas (pelo menos duas) e poder ser escolhida para
20 operação.

Em vista disso, ao longo do tempo foram procedidos estudos visando eliminar esses problemas e, como resultado, foi desenvolvido este controle supervisorio para sistemas com energia renovável que possibilita uma concepção remota, através
25 do qual surge a possibilidade do sistema de controle receber as informações de carga e geração a cada minuto e analisar a segurança do sistema ao mesmo tempo que planeja a operação das gerações ao longo das próximas duas horas, obtendo-se então um sistema integrado com reais possibilidades de uma econômica

industrialização, minimizando custos, tempo de montagem e despesas de mão-de-obra, além de um efeito preciso de montagem, com melhores resultados e elevado padrão de segurança.

5 As principais vantagens técnicas residem na flexibilidade e adaptabilidade para as diferentes condições e diferentes tipos de geradores. No mercado não se tem notícias de um sistema supervisorio com as capacidades de prever diferentes gerações (eólica e solar) e carga com diferentes técnicas e possibilidades de previsão.

10 A flexibilidade de operação do despacho também é uma grande vantagem que permite ou não ao operador tomar decisões.

Adicionalmente uma grande vantagem reside em operar o sistema SCADA com software livre permitindo a
15 operação por parte do proprietário ao longo do uso.

O sistema de despacho foi implementado em Matlab, uma ferramenta de uso difundida que permite também grande flexibilidade de atualização e melhorias continuas.

20 Outro ponto de vantagem apresentado por esse sistema reside em ser multi plataforma, podendo se comunicar com diferentes protocolos de comunicação, no caso em particular, os sistema de comunicação dos geradores diesel no momento usam profibus, o sistema de comunicação interna na Companhia Elétrica usa DNP3 e existem varias possibilidades.

25 É, pois, um dos objetivos da presente patente prover um controle supervisorio para sistemas com energia renovável, que será responsável pela operação e indicação de manutenção para o sistema elétrico em locais isolados (remotos) com grande quantidade de geração eólica e solar fotovoltaica com

condicionamento em função de geração diesel.

O supervisor tem a capacidade de controlar sistemas de geração eólica, diesel e solar fotovoltaico, porém é flexível e adaptável para expandir para outras fontes de geração de energia. Nesse sistema não está inclusa a operação de baterias

O sistema de controle receberá as informações de carga e geração a cada minuto e analisa a segurança do sistema ao mesmo tempo que planeja a operação das gerações ao longo das próximas duas horas.

O sistema de controle pode operar diretamente a geração diesel e os sistemas de geração renovável ou delegar para um operador, indicando valores recomendados de operação para os próximos 120 minutos com discretização de 10 minutos.

O sistema supervisor também executa uma análise a cada segundo para verificar a segurança do sistema elétrico, verificando as condições de atendimento da carga assim como as condições de qualidade mínimas, caso encontre algo fora dos padrões, o sistema de controle informa ao operador via alarme que existe uma condição de operação próxima da insegurança. Adicionalmente, o sistema de controle pode automaticamente ajustar as produções de eólica e solar para atender aos requisitos de segurança.

Para complementar a presente descrição, de modo a obter uma melhor compreensão das características da presente patente, e de acordo com uma preferencial realização prática da mesma, acompanha a descrição, em anexo, um conjunto de desenhos, onde de maneira exemplificada embora não limitativa, se representa o seguinte:

A figura 1 representa a arquitetura geral de

operação do sistema supervisório de controle para locais isolados objeto da presente patente;

A figura 2 representa o diagrama dos procedimentos que acontecem no interior do sistema supervisório objeto da presente patente;

A figura 3 representa a arquitetura do módulo de leitura de dados do sistema supervisório objeto da presente patente;

A figura 4 representa a rotina de verificação de consistência e filtragem do sistema supervisório objeto da presente patente;

A figura 5 representa o sistema de controle que fornece os estados de geração para cada gerador no sistema elétrico realizado o despacho, do sistema supervisório objeto da presente patente.

De acordo com as figuras acima mencionadas, e em seus pormenores, o controle supervisório para sistemas com energia renovável objeto da presente patente é constituído de um sistema Scada que executa a varredura de coleta de dados de todos os componentes de geração do sistema elétrico e carga e entrega banco de dados, que é por sua vez entrega os dados ao módulo de cálculos.

No interior do sistema de controle, existem cinco módulos gerenciados pelo módulo de despacho. Os módulos de previsão de carga e geração calculam a carga e a produção de energia das fontes renováveis a cada tempo com base nas condições locais pré-definidas. O módulo de avaliação da segurança e de monitoramento de segurança efetuam a segurança do sistema para os próximos 120 minutos e as condições instantâneas. Esse diagrama

não é inédito sendo apresentado em outros sistemas de controle para sistemas elétricos o ineditismo reside na forma como foi implementado e nas técnicas de previsão de carga e geração assim como nas adaptações que o sistema permite.

5 O módulo previsor de carga e geração também tem suas particularidades e inovações. Foram implementadas três técnicas de previsão, duas estatísticas e uma probabilística. Uma das técnicas estatísticas prevê que a próxima hora tem a mesma carga atual chamada de persistência. A segunda técnica estatística
10 implementada é uma variação da persistência baseada no histórico de carga e geração onde as próximas cargas e produções usam o valor atualizado e as projeções seguem tendência de aumento e ou queda em função da historia acumulada. E finalmente, a técnica probabilística utiliza redes neurais artificiais treinadas com base nos
15 históricos de vento, sol e cargas para prever a geração e carga para as próximas duas horas. A escolha é feita pelo operador de qual a melhor técnica de previsão.

Os dados de geração para os próximos 120 minutos discretizados a cada 10 minutos de cada unidade geradora
20 são entregues ao Scada BR (software livre) para apresentação ao operador ou para atuação diretamente nas máquinas a depender da opção de operação escolhida.

A solução adotada será extremamente flexível e adaptável para diferentes sistemas de geração de eletricidade. A
25 seguir são apresentadas as variantes do sistema:

A. O sistema apresentado tem a flexibilidade de atender a sistema elétrico somente com geradores diesel onde o principal objetivo será a segurança do sistema elétrico com a minimização do consumo de diesel, nessa variante, o sistema de

previsão de geração estará desabilitado, e o sistema de previsão de carga será muito importante para a escolha dos geradores diesel garantido a segurança e economia de diesel.

5 B. O sistema eólico – diesel sem energia solar, será uma variante simples do sistema híbrido proposto.

C. Sistema eólico – diesel – bateria – nesse caso, uma variante do processo precisará de um módulo de otimização do despacho com baterias.

10 D. Mudanças de técnicas de previsão de carga – ao longo do tempo o uso de diferentes técnicas de previsão de carga podem ser criadas e colocadas em operação, como por exemplo o uso de lógica fuzzy entre outras opções que podem ser realizadas.

15 E. Mudanças nas técnicas de previsão de geração solar e geração eólica similarmente ao tópico anterior, será possível o uso de outras técnicas de previsão de produção eólica e solar.

20 F. Inclusão de outras fontes de geração, como por exemplo, sistema térmico solar, sistema maremotriz entre outros.

G. Módulo de previsão de manutenção das máquinas diesel – módulo que irá proporcionar ao sistema de manutenção dos geradores diesel os momentos de manutenção preventiva e as de manutenção corretivas, podendo no futuro ser
25 integradas em sistemas de manutenção.

H. Integração no sistema SCADA da empresa elétrica – existe a possibilidade de comunicação com o sistema SCADA do proprietário e/ou de outras empresas.

Não se tem conhecimento de um controle

supervisório para sistemas com energia renovável que reúna conjuntamente, todas as características construtivas e funcionais acima relatadas, e que direta ou indiretamente, é ou foi tão efetivo quanto o controle objeto da presente patente.

5 Tendo sido descrita e ilustrada a presente invenção, é para ser compreendido que a mesma pode sofrer inúmeras modificações e variações em sua forma de realização, desde que tais modificações e variações não se afastem a partir do espírito e escopo da invenção, tal como definido no quadro
10 reivindicatório.

REIVINDICAÇÕES

1 - “CONTROLE SUPERVISÓRIO PARA SISTEMAS COM ENERGIA RENOVÁVEL”, caracterizado pelo fato de ser constituído por um sistema Scada que executa a varredura de coleta de dados de todos os componentes de geração do sistema elétrico e carga e entrega banco de dados, que é por sua vez entrega os dados ao módulo de cálculos.

2 - “CONTROLE SUPERVISÓRIO PARA SISTEMAS COM ENERGIA RENOVÁVEL”, caracterizado pelo fato de no interior do sistema de controle, existir cinco módulos gerenciados pelo módulo de despacho, sendo que os módulos de previsão de carga e geração calculam a carga e a produção de energia das fontes renováveis a cada tempo com base nas condições locais pré-definidas; o módulo de avaliação da segurança e de monitoramento de segurança efetuam a segurança do sistema para os próximos 120 minutos e as condições instantâneas;

3 - “CONTROLE SUPERVISÓRIO PARA SISTEMAS COM ENERGIA RENOVÁVEL”, caracterizado pelo fato do módulo previsor de carga e geração ter três técnicas de previsão, duas estatísticas e uma probabilística, sendo que uma das técnicas estatísticas prevê que a próxima hora tem a mesma carga atual chamada de persistência; a segunda técnica estatística implementada é uma variação da persistência baseada no histórico de carga e geração onde as próximas cargas e produções usam o valor atualizado e as projeções seguem tendência de aumento e ou queda em função da historia acumulada, e finalmente, a técnica probabilística utiliza redes neurais artificiais treinadas com base nos históricos de vento, sol e cargas para prever a geração e carga para as próximas duas horas; a escolha é feita pelo operador de qual a

melhor técnica de previsão;

4 - “CONTROLE SUPERVISÓRIO PARA SISTEMAS COM ENERGIA RENOVÁVEL”, caracterizado pelo fato dos dados de geração para os próximos 120 minutos discretizados a cada 10 minutos de cada unidade geradora são entregues ao Scada BR (software livre) para apresentação ao operador ou para atuação diretamente nas máquinas a depender da opção de operação escolhida.

5 - “CONTROLE SUPERVISÓRIO PARA SISTEMAS COM ENERGIA RENOVÁVEL”, caracterizado pelo fato da solução adotada ser adaptável para diferentes sistemas de geração de eletricidade, tais como:

A. O sistema apresentado tem a flexibilidade de atender a sistema elétrico somente com geradores diesel onde o principal objetivo será a segurança do sistema elétrico com a minimização do consumo de diesel, nessa variante, o sistema de previsão de geração estará desabilitado, e o sistema de previsão de carga será muito importante para a escolha dos geradores diesel garantido a segurança e economia de diesel.

B. O sistema eólico – diesel sem energia solar, será uma variante simples do sistema híbrido proposto.

C. Sistema eólico – diesel – bateria – nesse caso, uma variante do processo precisará de um modulo de otimização do despacho com baterias.

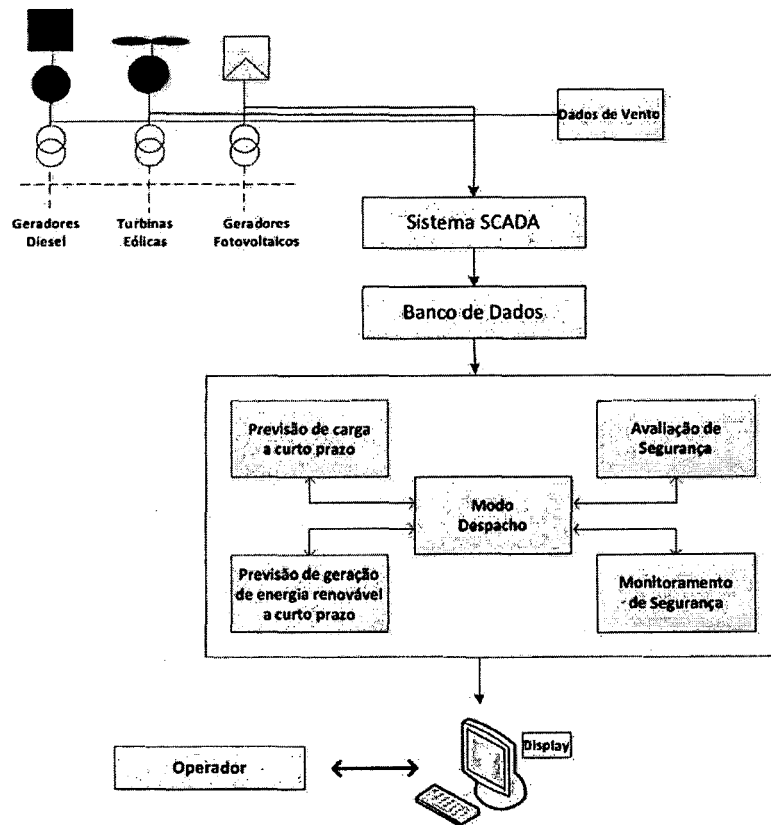
D. Mudanças de técnicas de previsão de carga – ao longo do tempo o uso de diferentes técnicas de previsão de carga podem ser criadas e colocadas em operação, como por exemplo o uso de lógica fuzzy entre outras opções que podem ser realizadas.

E. Mudanças nas técnicas de previsão de geração solar e geração eólica similarmente ao tópico anterior, será possível o uso de outras técnicas de previsão de produção eólica e solar.

5 F. Inclusão de outras fontes de geração, como por exemplo, sistema térmico solar, sistema maremotriz entre outros.

10 G. Modulo de previsão de manutenção das máquinas diesel – modulo que irá proporcionar ao sistema de manutenção dos geradores diesel os momentos de manutenção preventiva e as de manutenção corretivas, podendo no futuro ser integradas em sistemas de manutenção.

15 H. Integração no sistema SCADA da empresa elétrica – existe a possibilidade de comunicação com o sistema SCADA do proprietário e/ou de outras empresas.

*Fig. 1*

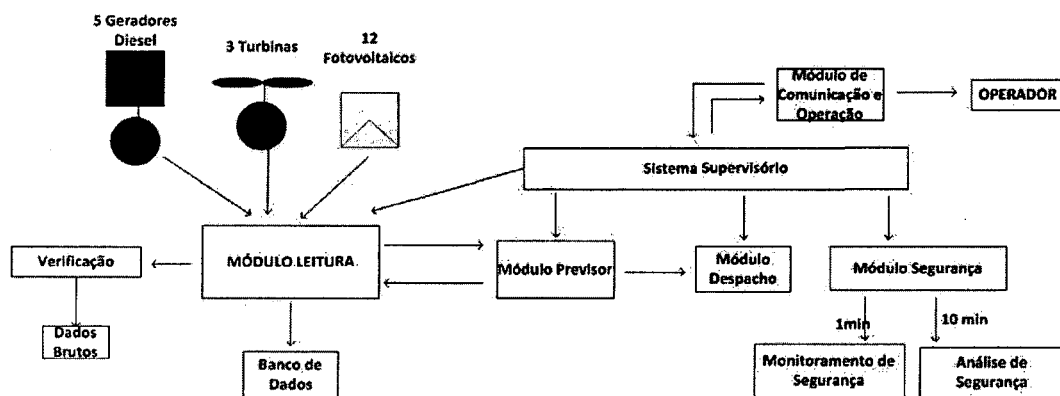


Fig. 2

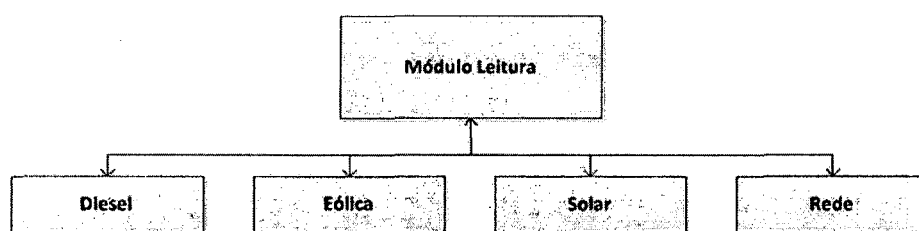


Fig. 3

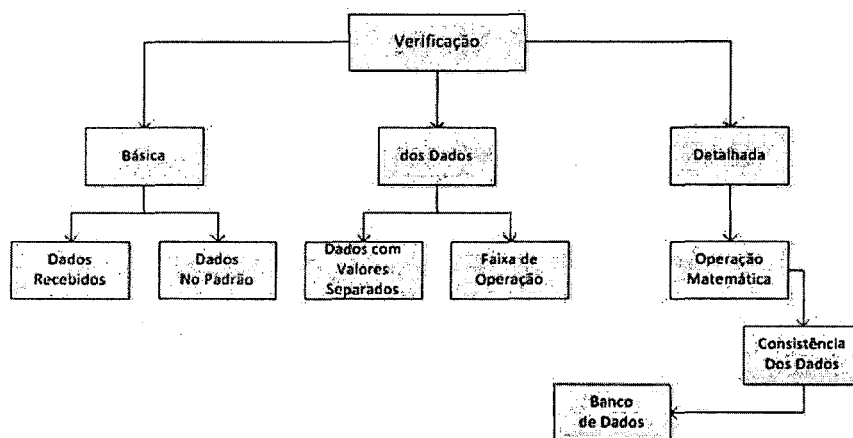


Fig. 4

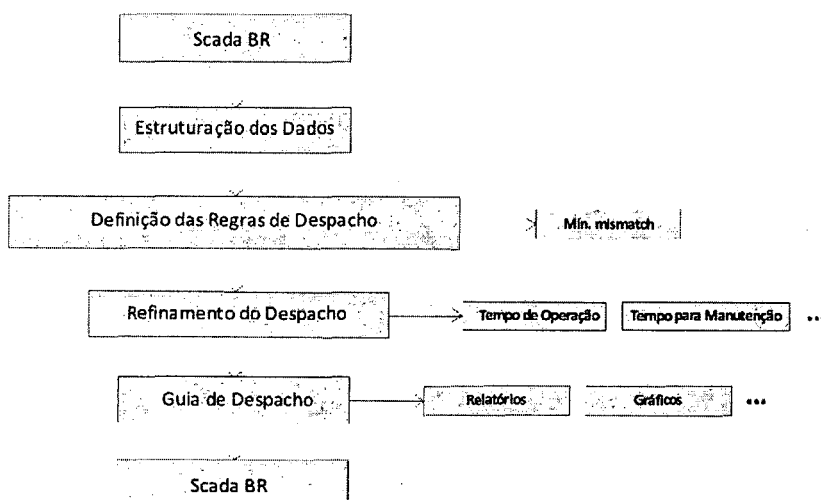


Fig. 5

RESUMO

“CONTROLE SUPERVISÓRIO PARA SISTEMAS COM ENERGIA RENOVÁVEL”.

Patente de invenção pertencente ao campo dos sistemas de controle remoto de equipamentos de geração eólica e solar fotovoltaica integrados a grupos diesel compreendido por cinco módulos gerenciados pelo módulo de despacho. Os módulos de previsão de carga e geração calculam a carga e a produção de energia das fontes renováveis a cada tempo com base nas condições locais pré-definidas. O módulo de avaliação da segurança e de monitoramento de segurança efetuam a segurança do sistema para os próximos 120 minutos e as condições instantâneas. Esse diagrama não é inédito sendo apresentado em outros sistemas de controle para sistemas elétricos o ineditismo reside na forma como foi implementado e nas técnicas de previsão de carga e geração assim como nas adaptações que o sistema permite.