

DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLADOR DE CARGA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE POTÊNCIA

Shigeaki L. de Lima – shigeaki@dee.ufma.br

José Gomes de Matos – gomes@dee.ufma.br

Luiz A. S. Ribeiro – luiz_ribeiro@cefet-ma.br

Oswaldo R. Saavedra Mendez – o.saavedra@ieee.org

Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Engenharia Elétrica, Núcleo de Energias Alternativas.

Resumo. Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um controlador de carga para o sistema fotovoltaico de potência que faz parte do projeto “Sistema Híbrido de Geração Elétrica Sustentável para a Ilha dos Lençóis, município de Cururupu – MA”. O desenvolvimento deste equipamento esta relacionado à dificuldade de encontrar no mercado modelo similar para aplicações em níveis de tensão 240 Vcc e potências superiores a 20 kWp. O controlador de carga possui algumas particularidades como o acionamento via Controlador Lógico Programável (CLP) em modo automático ou através de relé de tensão (RTC) em modo de segurança. A topologia utilizada é de um controlador paralelo devido ao nível de tensão do sistema e foi incluído um supressor de surto de corrente (snubber) para o período de transição entre a abertura e fechamento da chave carga. As dificuldades apresentadas no desenvolvimento do projeto reforçam a condição que os controladores de carga usados em sistemas renováveis isolados, localizados em áreas remotas, devem ser robustos, eficientes e confiáveis para garantir a continuidade no funcionamento do sistema.

Palavras-chave: Energia Solar, Controlador de Carga, Snubber, Sistemas Fotovoltaicos de Potência.

1. INTRODUÇÃO

Em 2004, o Governo Federal lançou o “Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – Luz Para Todos”, cujo principal objetivo é conceder a toda população brasileira o fornecimento de energia elétrica (ANEEL, 2003; MME, 2004), necessidade básica da sociedade contemporânea. Com isso, surgiram várias oportunidades para desenvolvimento de trabalhos nessa área utilizando Fontes Renováveis de Energia em locais em que a expansão da rede elétrica não poderia chegar.

No final do ano de 2006, o Ministério de Minas e Energia aprovou o projeto “Sistema Híbrido de Geração Elétrica Sustentável para a Ilha dos Lençóis, município de Cururupu - MA” através do Núcleo de Energias Alternativas (NEA), laboratório de pesquisas na área de Fontes Renováveis, ligado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Este projeto tem como objetivo principal o desenvolvimento de um sistema híbrido eólico-solar-diesel de energia que será o projeto piloto para a região, visando adquirir experiência para reprodução desse tipo de ação com sistemas híbridos em outras ilhas ou em comunidades isoladas.

O projeto foi concebido para atender uma carga residencial de 90 famílias, dois bares e dois comércios, com base em um crescimento per capita de 1% ao ano (demanda reprimida). Foi dimensionado para esse projeto um sistema formado por três turbinas eólicas de 7.5 kW, um arranjo fotovoltaico formado por 162 painéis de 130 Wp e um grupo-motor-gerador (GMG) de 37 kVA. Todavia, a seleção de equipamentos para o desenvolvimento de um projeto dessa envergadura não é tão trivial como seria para os sistemas individuais instalados em escolas, residências, postos de saúde, entre outros. Uma das inovações foi optar por um nível de tensão de barramento CC da ordem de 240 Vcc. Isto tem um impacto importante, pois permite trabalhar com correntes menores, aumentando a segurança, diminuindo o tamanho dos equipamentos, como o caso dos inversores de tensão e facilita a aquisição de acessórios diversos no mercado brasileiro.

Contudo, o mercado brasileiro não oferece todas as soluções para o tipo de aplicação caracterizada pelo Projeto, não se identificando produtos tais como inversores de tensão e controladores de carga que atendessem as exigências. Dadas estas necessidades, foi necessário projetar soluções, algumas através de parcerias e outras de forma autônoma, para resolver estas demandas, de forma que pudessem atender as características climáticas locais, incluindo os quesitos de robustez, eficiência e confiabilidade.

No caso em particular dos sistemas fotovoltaicos, no qual trata este artigo, um controlador de carga foi desenvolvido baseado em componentes de fácil substituição, que atendessem os níveis de tensão e potência necessárias, com as proteções adequadas e com um controle realizado através de CLP (modo automático) ou através de relé de tensão (modo de segurança), caso ocorra perda de conexão com o CLP, de forma a não comprometer a operação do sistema.

2. SISTEMA HÍBRIDO DA ILHA DE LENÇÓIS

O diagrama básico do sistema híbrido da Ilha de Lençóis é mostrado na Fig. 1, sendo composta por nove linhas de painéis solares, cada uma com 18 painéis em série com potência total máxima de aproximadamente 20 kWp e três aerogeradores de 7,5 kW por unidade. Estas fontes fornecem energia a um banco de 120 baterias, arranjadas em seis linhas, cada uma com 20 baterias de 150 Ah em série, com tensão nominal de 240 Vcc. Há ainda um grupo gerador de *back-up* que pode ser utilizado eventualmente no caso de falta das fontes primárias de energia e conseqüentemente, caso desejável, recarga do banco de baterias (Saavedra, 2006). O barramento CC alimenta o sistema inversor, que é configurado de tal forma a operar em paralelo, dividindo a carga e mantendo o conceito de redundância, pois se um inversor sair de operação o outro assume toda a carga (CARTACAPITAL, 2008). O controle supervisor do sistema é feito pelo CLP, cuja função básica é coordenar a operação de todas as fontes em paralelo de tal forma a permitir que todo o sistema de geração opere no ponto de maior eficiência possível.

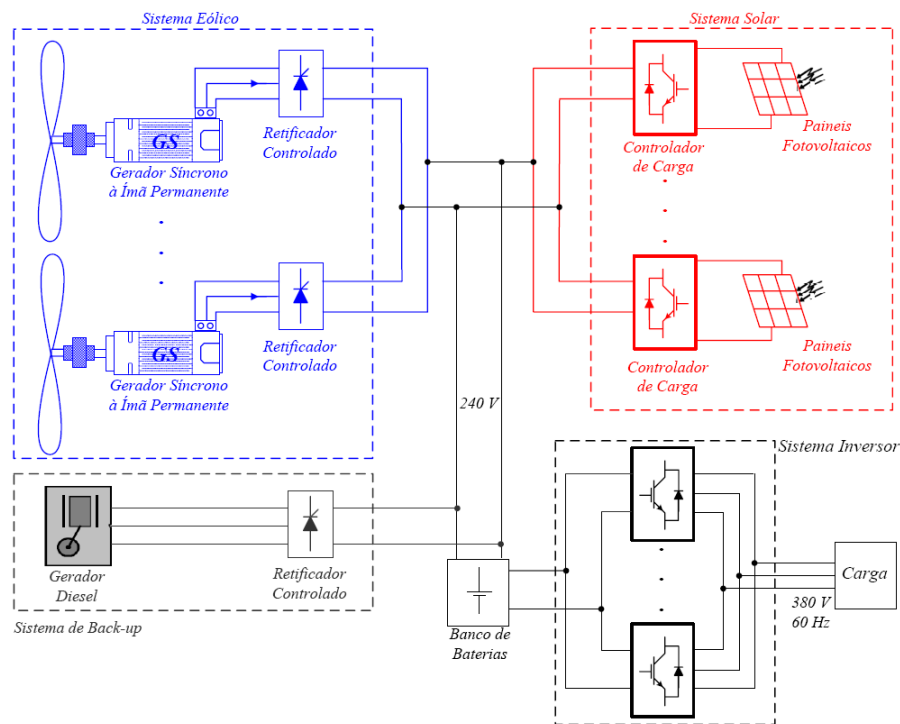


Figura 1. Sistema híbrido da Ilha de Lençóis.

Na Fig. 2 é ilustrada a casa de controle do sistema, onde os painéis fotovoltaicos se encontram instalados, sobre uma laje com 15° de inclinação, de forma a facilitar a instalação direta dos painéis fotovoltaicos e impedir o acúmulo de sujeira.



Figura 2 – Arranjo fotovoltaico de 20 kWp.

O sistema híbrido ainda é composto pelas três turbinas eólicas e o banco de baterias que são apresentados na Fig. 3. Este conjunto de imagens mostra a dimensão do sistema e os desafios naturais que devem ser transpostos e que geralmente implica em desafios técnicos como o caso descrito neste trabalho.



Figura 3 – Turbinas de 7.5 kW e baterias de 150Ah.

3. CONTROLADOR DE CARGA

O desenvolvimento do controlador dentro dos níveis de tensão (240 Vcc) e potência (20 kWp) visa atender aos seguintes requisitos:

- Reduzir custos de condutores;
- Reduzir perdas elétricas;
- Reduzir o custo dos inversores a serem conectados ao barramento;
- Robustez;
- Segurança de operação;
- Operação em ambiente salino;
- Operação a temperaturas tropicais.

Os estudos foram iniciados com testes em laboratório onde foi identificada uma série de problemas que deveriam ser amenizados ou na pior condição eliminados. Inicialmente foi considerado uso de chaves eletrônicas do tipo IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) para o controle de carga, porém o custo de manutenção e reposição se mostrou oneroso, embora esses equipamentos possuam boas características para aplicações industriais em locais agressivos.

A opção mais adequada foi o uso de relés eletromecânicos para aplicação industrial em ambiente agressivo, porém com custo baixo e facilidade de obtenção no mercado local. O sistema ficou definido como sendo formado por 9 relés eletromecânicos com bobinas de 24 Vcc acionadas por controle do CLP ou pelo relé de tensão. O relé possui 2 terminais reversíveis que foram ligados em série para aumentar a segurança e suportam uma corrente de até 16 A.

Quando os comandos são realizados pelo CLP existe uma rotina que possibilita o controle da corrente de carga, assim, quando energizados, todos os relés de potência podem ser acionados individualmente de forma incremental ou decremental em cascata até atingir a corrente necessária para um carregamento eficiente do banco de baterias. No modo de segurança, quando o CLP por algum motivo deixa de operar, o controle de carga é feito diretamente através do relé de tensão colocado em paralelo com o CLP. Este dispositivo, por se tratar de um sistema simples só permite configurar os níveis mínimos e máximos de tensão que se que se deseja controlar. Assim, quando energizados, todos os relés de potência são acionados simultaneamente (Fig. 4).

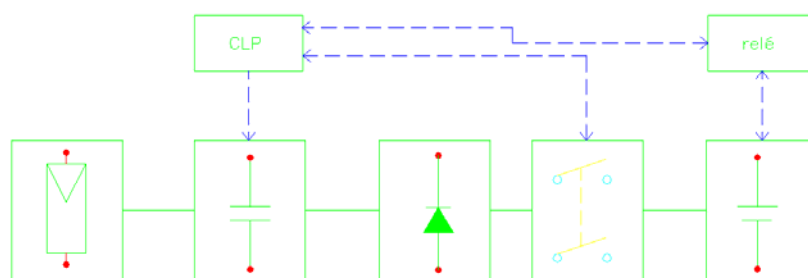


Figura 4 – Diagrama de blocos para acionamento do CLP e relé de tensão.

Como o controlador de carga obedece à topologia de controlador paralelo (Harrington e Dunlop, 1992), em que o painel fotovoltaico é colocado em curto-circuito quando se deseja impedir o carregamento do banco de baterias, logo surgem duas condições intrínsecas a este procedimento. O primeiro é impedir que a corrente da bateria circule no sentido banco de baterias para o painel fotovoltaico e o segundo é assegurar um caminho para a corrente quando o painel fotovoltaico que esta em curto-circuito é aberto, gerando a formação de arcos entre os terminais dos relés de potência, prejudicando a vida útil do equipamento.

Para resolver o problema da circulação da corrente em sentido inverso quando o painel fotovoltaico é colocado em curto-circuito é adicionado um diodo de bloqueio (de potência) em série com cada arranjo fotovoltaico evitando-se a condução no sentido oposto. Os cuidados são para não subdimensionar o diodo ou não proporcionar um bom dissipador de calor. No caso em questão, foi utilizado um único dissipador de calor, onde todos os diodos foram fixados, a fim de formar a barra positiva do sistema (+240 Vcc). Na Fig.5 o circuito parcial do controlador de carga, onde P1 representa o painel fotovoltaico, CH1 a chave de controle de carga, D1 é o diodo de bloqueio e B1 o banco de baterias.

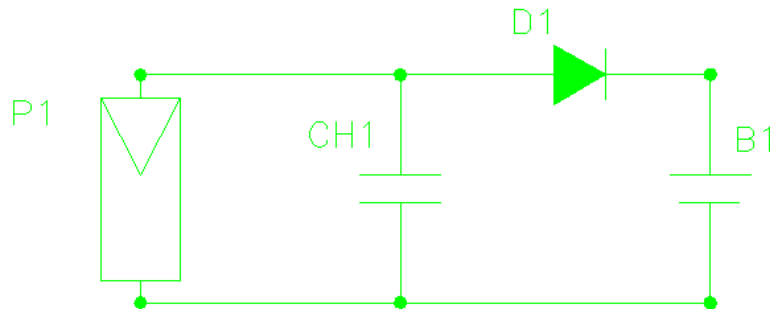


Figura 5 – Circuito parcial do controlador de carga.

Para resolver o problema do arco formado pelo chaveamento do painel fotovoltaico quando os contatos do relé são abertos, foi desenvolvido um supressor de surto de corrente (*SNUBBER*) (Antunes, 2008) do tipo diodo, capacitor e resistor com uma constante de tempo de 10 ms (tempo de abertura e fechamento do relé). Desta forma, quando ocorre à condição de eliminação do curto-circuito (contatos do relé abertos) a corrente de carga I_c retorna, e um caminho para esta corrente é criado pela ação do diodo. Nesta condição o capacitor é carregado até atingir a tensão de circuito aberto do painel fotovoltaico. Quando os terminais do relé estão fechados novamente o capacitor se descarrega através do resistor em série, de forma que ambas as condições aberta e fechada são contempladas com esse dispositivo e o problema do arco é solucionado (Fig. 6).

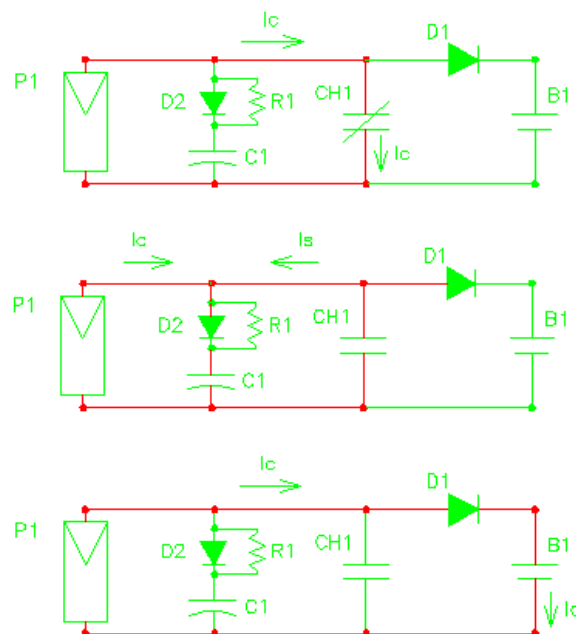


Figura 6 – Proteção de surto de corrente (*snubber*).

Concluída esta etapa de ajustes e proteções no desenvolvimento do controlador de carga o passo seguinte foi realizar a montagem final e fazer os testes com o CLP e com o relé de tensão para verificar a funcionalidade do equipamento.

4. MONTAGEM E TESTES

Na Fig. 7 é apresentado o controlador de carga montado em um quadro de comando com todos os dispositivos necessários para a proteção e operação do equipamento. A montagem foi realizada em um quadro de 800 mm x 1200 mm com bastante espaço para a instalação dos dispositivos e para circulação de ar. Pode-se observar da parte superior para a inferior do quadro, tem-se no primeiro trilho um disjuntor bipolar, termomagnético de 125 A, montado com um acessório que é a bobina de emissão de corrente. Este disjuntor faz a conexão entre o barramento CC do controlador de carga com o banco de baterias, sendo responsável pela proteção de saída do controlador de carga. A bobina de emissão de corrente é um acessório adicional que foi utilizado a fim de proporcionar uma segurança extra, pois caso ocorra à perda do controle de carga pelo CLP ou pelo relé de tensão, um pulso é enviado para desarmar o disjuntor e proteger o sistema. Após acionada a bobina de emissão de corrente, o disjuntor principal só poderá ser armado manualmente.

No mesmo trilho estão as entradas dos painéis fotovoltaicos formado por 9 pares de condutores de 6 mm² que serão conectados nos interruptores bipolares (20 A) de I1 a I9, cuja função é apenas de chave *ON-OFF*. No segundo trilho, estão localizados os supressores de surto de corrente (*snubber*) que foram montados em caixas plásticas para circuito impresso, de forma que pudessem ser fixados em trilho. A conexão desses *snubbers* é feita em paralelo com os interruptores I1 a I9. Foi adicionada também a este trilho, uma barra de conectores para as ligações dos 9 pares de comandos de controle, vindos do CLP (cabearamento de 1,5 mm²) para facilitar a identificação e ligação as bobinas dos relés.

No terceiro trilho estão fixados os 9 relé de potência com os acessórios (base e *led* indicador), o relé de tensão e duas resistências que formam um divisor de tensão para condicionar o sinal de entrada do relé. A conexão elétrica dos terminais de potência é feita na saída dos interruptores, em que o pólo positivo é conectado nos terminais de cada relé de potência e os pólos negativos são unidos, a fim de formar uma barra negativa. As saídas dos terminais dos relés vão para os diodos de potência que funcionam como diodo de bloqueio, sendo que o pólo positivo dos diodos (ânodos) é fixado diretamente no dissipador de calor para formar a barra de potência positiva.

Tanto da barra positiva quanto da barra negativa é derivado um condutor de 25 mm² que retorna para o disjuntor principal (125 A). Deste ponto em diante a conexão é feita diretamente com o banco de baterias.

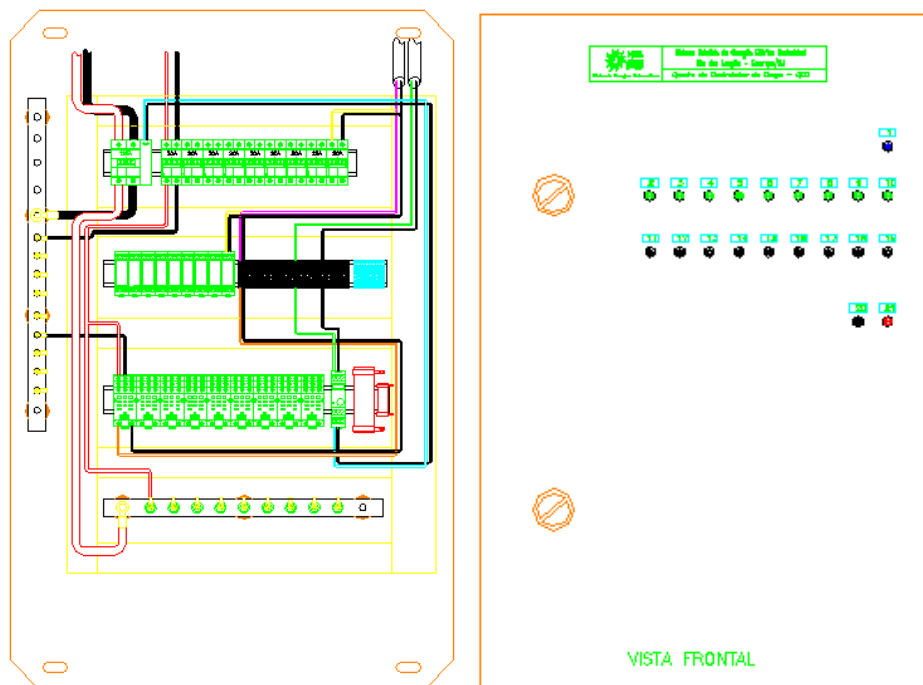


Figura 7 – Montagem do controlador de carga e acessórios.

Para teste de funcionamento, foram colocados no quadro do controlador de carga sinalizadores visuais e chaves para testes, assim é possível colocar o controle no modo manual e testar se cada sinalizador esta acendendo ou se cada relé está comutando. Para testes em laboratório, foi montada uma bancada com um arranjo de 20 painéis fotovoltaicos

de 53 Wp em série e um banco composto de 20 baterias de 45 Ah também em série, de forma a obter os níveis de tensão tanto dos painéis quanto das baterias necessário para realizar as simulações.

Durante os testes foi elaborada uma rotina de chaveamento contínuo dos relés de potência para verificar a condição de arco. Foram executados testes de carga e descarga do banco de baterias com o CLP e via relé de tensão, testou-se a condição em que o CLP pode estar desligado e o relé de tensão deve atuar como segurança e finalmente foram feitos testes com o acionamento da bobina de emissão de corrente que deve ocorrer quando houver perda total do controle de carga e a tensão do banco de baterias subir acima dos níveis desejados.

Com todos os itens testados o sistema foi instalado no projeto “Sistema Híbrido de Geração Elétrica Sustentável para a Ilha dos Lençóis, município de Cururupu - MA” como pode ser observado na Fig. 8 e até o momento está operando a contento. Como todos os elementos são fabricados para aplicação industrial em ambiente agressivo, espera-se que a manutenção ocorra apenas de forma preventiva, mas em casos de substituição de equipamento, os mesmos são encontrados no mercado local, o que torna o sistema bastante atrativo. Outra facilidade está no aumento da matriz fotovoltaica, pois caso isto seja necessário o controlador de carga também pode ser expandido apenas com a inclusão dos relés de potência e redimensionamento do disjuntor de saída.



Figura 8 – Controlador de carga em operação.

5. CONCLUSÃO

Os sistemas envolvendo fontes renováveis de energia são sempre um desafio bastante motivador aos profissionais que trabalham nesta área, principalmente quando se trata de geração distribuída, localizado em áreas remotas e que exige certa habilidade para contornar todas as situações de origem técnica (adaptação de tecnologias) e humana (população, mão-de-obra, capacitação) que venham a ocorrer.

O projeto híbrido da ilha de Lençóis tem gerado a novas demandas tecnológicas para atingir os objetivos. Neste artigo foi descrito o desenvolvimento de um controlador de carga que atendesse as especificidades de tensão e de potência do projeto. O nível de potência envolvido levou à decisão de operar com um barramento de 240 Vcc, permitindo diminuir custos de condutores assim como dos inversores ligados ao barramento. O comportamento tipo fonte de corrente do arranjo fotovoltaico demandou a inclusão de soluções para evitar arcos no chaveamento e outras medidas para dar ao sistema controlador robustez e segurança de operação.

6. REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. 2004. Portaria 38/2004.
- Antunes, F.; 2008, Circuitos de auxílio a comutação. Universidade Federal do Ceará (UFC). Disponível em: www.dee.ufc.br/~fantunes/Elet_Potencia/snubber.doc.
- Harrington, S. and Dunlop, J.; 1992, Battery Charge Controller Characteristics in Photovoltaic Systems. IEEE AES/MAGAZINE.
- Ministério de Minas e Energia – MME. 2003. Resolução 223/2003.
- Revista Cartacapital. 2008, Luz para os filhos da lua. São Paulo: Confiança Ltda.
- Saavedra, O. R.; Oliveira, S. H. de; Matos, J. G. de. 2006, Energia Solar e Eólica como vetor de desenvolvimento de comunidades isoladas no Maranhão: O Projeto da Ilha dos Lençóis. Revista Inovação, São Luís, v. 02, p. 32 – 34.

DEVOLVEMENT OF A CHARGE CONTROLLER FOR PHOTOVOLTAICO POWER SYSTEMS

Abstract. *This work presents the development of a charge controller for the photovoltaic power systems used in the project “Renewable Energy Hybrid System for Lençóis’s Island, city of Cururupu – MA”. The development of this system was motivated by the difficulty to find related models to applications at 240 V voltage levels, and power above 20 kWp. The charge controller has some especial features such as: it is driven by a Programmable Logic controller (PLC) in automated mode or by a voltage relay (RTC) in security mode. A shunt topology was used for the controller due to the voltage level of the system, and a current surge suppressor (snubber) was used to the turn-on and turn-off. The charge controller used in renewable system located in isolated, remote areas, must be robust, efficient and reliable.*

Key words: solar energy, charge controller, snubber, photovoltaic power systems.