https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2020

Sistema de comando e leitura em inversores bidirecionais na linguagem Python3

A system for command and reading bidirectional inverters using python3 language

Matheus Fortunato Dário
matheusdario@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Eduardo Félix Ribeiro Romaneli
felix@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Jair Urbanetz Junior
urbanetz@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.
Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

RESUMO

No presente trabalho, foi desenvolvido uma solução que realiza a coleta de dados e o controle de descarga de dois inversores bidirecionais com armazenamento de energia. O sistema coleta dados referentes a grandezas elétricas relacionadas a geração de painéis fotovoltaicos e a operação dos inversores, os enviando para um servidor externo. A aplicação também aciona a carga e a descarga da energia armazenada no banco de baterias conectado a cada inversor, com horário e potência de descarga definidos. O dispositivo de coleta e gerenciamento é um microcomputador de hardware e sistema operacional abertos, que realiza o gerenciamento dos inversores a partir da execução de um algorítimo desenvolvido na linguagem de programação Python3. Após o desenvolvimento, foi possível observar que é viável realizar a coleta de dados e envio de comandos utilizando um algorítimo desenvolvido na linguagem Python, recursos de software livre e hardware acessível e de baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Inversores elétricos. Geração distribuída de energia elétrica. Python(linguagem de programação de computador).

ABSTRACT

In the present work, a solution was developed to perform data collection and discharge control of two bidirectional inverters with energy storage. The system collects data about electrical quantities related to the generation of photovoltaic panels and the operation of the inverters, sending them to an external server. The application also triggers the charging and discharging of energy stored in the battery bank connected to each inverter, with a defined discharge time and power. The collection and management device is an open hardware and operating system microcomputer, which manages the inverters by executing an algorithm developed in the Python3 programming language. After development it was possible to observe that it is feasible to carry out data collection and sending commands using an algorithm developed in the Python language, free software resources and accessible and low-cost hardware.

KEYWORDS: Electric inverters. Distributed generation of electricity. Python (computer programming language).

INTRODUÇÃO

São chamados de inversores fotovoltaicos bidirecionais aqueles desenvolvidos com a finalidade de operar conectados à painéis fotovoltaicos, rede elétrica e um banco de bateria. Tais equipamentos operam de forma a carregar e manter o nível de carga do banco de bateria ao qual está conectado, utilizando a energia proveniente dos painéis fotovoltaicos ou da rede elétrica se necessário. O equipamento também é capaz de descarregar o banco de baterias na forma de corrente alternada, podendo suprir a demanda de cargas essenciais e fornecer energia para a rede elétrica. Dessa forma, seria possível realizar a carga do banco de baterias utilizando energia solar e descarregá-lo a qualquer momento que sejam necessários, inclusive durante a noite em horários de pico onde a energia tem um custo financeiro mais elevado.

Essa tecnologia ainda não se encontra regulamentada no Brasil, mas o LABENS (Laboratório de Energia Solar da UTFPR) realizou a instalação de protótipos de inversores bidirecionais em uma planta fotovoltaica em Curitiba. (LABENS, 2019). Essa estação solar foi construída para observar o funcionamento dos inversores bidirecionais em campo. Dessa forma, para acompanhar o funcionamento do equipamento e testá-lo em vários de seus modos de operação, foi desenvolvido um sistema de coleta de dados e envio de comandos de controle. Esse sistema será tratado no presente trabalho.

METODOLOGIA

Primeiramente, foi necessário conhecer mais a respeito dos inversores bidirecionais e da estrutura física instalada na UTFPR campus Curitiba. Os inversores bidirecionais utilizados são equipamentos ainda em desenvolvimento, disponibilizados por uma empresa parceira do LABENS, a NHS Solar. Um par de inversores foi utilizado, cada um deles com potência nominal de 5000W.

Figura 1 – Inversor Bidirecional

Fonte: Autoria própria (2020).

Foram instalados dois desses equipamentos no sistema fotovoltaico composto por 32 módulos fotovoltaicos de silício policristalino, totalizando 10,2kWp. Para cada equipamento, foi instalado um banco de baterias, com tensão média de 240V cada um. Os bancos de baterias foram implementados utilizando 80 baterias estacionárias de chumbo ácido. Cada uma delas tinha tensão de 12V e capacidade de carga de 60Ah, totalizando 57,6kWh em capacidade de armazenamento de energia(SOUZA e URBANETZ, 2019).

Figura 2 – Banco de Baterias aberto para visualização

Fonte: Autoria própria (2020).

Os inversores bidirecionais e os bancos de baterias foram instalados em um abrigo de concreto construído para esse fim e os painéis onde eles estão conectados estão instalados próximos a esse abrigo. Os inversores foram instalados lado a lado na parede ao fundo na estrutura construída para acomodar a eles e ao banco de baterias.

Figura 3 – Estação de pesquisa em energia solar da UTFPR campus Curitiba

Fonte: II seminário de apresentação PD 2866-0464/2017 – UTFPR (2019).

Inicialmente, os inversores bidirecionais operavam com o protocolo DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) habilitado. A partir do uso desse protocolo, os equipamentos executavam configurações de rede básicas automaticamente, como a atribuição de endereço de IP e outros parâmetros necessários.(ALECRIM, 2005). Porém, é necessário desabilitar o protocolo DHCP e configurar manualmente os inversores devido as restrições de acesso relativas a própria rede. A fim de permitir o funcionamento correto dos inversores na rede da Universidade foi necessário definir endereços de IP estáticos para os inversores. Tais endereços foram configurados com permissão de acesso à internet sem autenticação de rede e liberação de acesso para algumas portas.

Tabela 1 – Portas de rede liberadas

Número da Porta	Finalidade
80	Comunicação com servidores externo em nuvem e o funcionamento do servidor web interno de configuração do inversor.
502	Comunicação serial realizada para coleta de dados e controle de carga dos bancos de baterias.
5270	Atualizações internas.

Fonte: Autoria própria (2020).

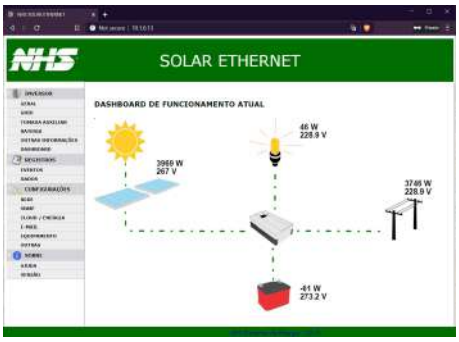
Para realizar as devidas configurações no inversor, foi utilizado o software NHS Ethernet Utility, que é capaz de redefinir as configurações de rede e realizar atualizações no equipamento. O software é mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Interface do software NHS Ethernet Utility

Fonte: Autoria própria (2020).

Após a definição dos endereços de IP estáticos para os inversores, tornou-se possível acessar a interface de configuração web dos inversores. A partir da interface web era possível obter informações básicas e realizar algumas configurações nos inversores, quando conectado a mesma rede local que os equipamentos. Dessa forma, foi possível realizar configurações remotas nos inversores a partir de interface web acessando a rede local onde o inversor está instalado remotamente. A interface é exibida na Figura 5.

Figura 5 – Interface do web de configuração dos Inversores Bidirecionais



Fonte: Autoria própria (2020).

Quando devidamente configurados e instalados na estação solar, passou a ser possível a coleta de dados de operação e geração dos inversores. O inversor coleta dados básicos de geração e envia a um servidor do fabricante, que é possível ser acessado pela internet de qualquer local. Porém, os dados enviados diretamente pelo inversor eram voltados ao usuário final do produto, não sendo suficientes para a pesquisa que o LABENS desejava realizar. Dessa forma, os dados coletados pelo fabricante foram considerados apenas como uma referência e foi desenvolvido uma nova forma de coleta, própria para o uso do LABENS.

Os inversores foram desenvolvidos baseado nos padrões da SunSpec Alliance, uma organização que visa a padronização de sistemas de geração distribuída. Tal entidade fornece parâmetros e protocolos padronizados para o controle e monitoramento de sistemas de geração de energia distribuída

(SUNSPEC ALLIANCE,2020). Assim, o fabricante forneceu a uma tabela contendo as informações a respeito dos registradores dos inversores bidirecionais no padrão Sunspec. Algumas das informações principais contidas na tabela fornecida estão na Tabela 2.

Tabela 2 – Descrição de alguns dos comandos sunspec utilizados

Descrição	Comando Sunspec Utilizado
Tensão do Painel Fotovoltaico.	VTABLE103_DCV
Corrente do Painel Fotovoltaico.	VTABLE103_DCA
Potência Ativa do Painel Fotovoltaico.	VTABLE103_DCW
Tensão da rede elétrica.	VTABLE103_PhVphA
Corrente injetada na rede elétrica.	VTABLE103_A
Potência ativa do painel fotovoltaico injetada na rede elétrica.	VTABLE103_W
Tensão do banco de baterias.	VTABLE2_TenB
Corrente fornecida ao banco de baterias.	VTABLE2_CorrBB
Define se a função de comandos remotos necessária para controle de carregamento.	VTABLE7_HCE
Define limite máximo de tempo (em minutos) para a função de comandos remotos permanecer habilitada.	VTABLE7_TO
Percentual da potência nominal do inversor que será descarregado enquanto a função de comandos remotos estiver habilitada.	VTABLE9_TS

Fonte: Autoria própria (2020).

Para que fosse possível realizar a coleta dados mesmo em ocasiões de falha de rede, foi definido que um Raspberry Pi 3 seria instalado ao lado dos inversores. O dispositivo foi escolhido pois tem um custo acessível, pode ser configurado com um sistema operacional aberto baseado em Linux e por poder operar ininterruptamente. Para que o dispositivo de controle e coleta pudesse operar continuamente e com segurança, ele foi colocado em uma case visando protegê-lo de fatores climáticos que pudessem vir a danificá-lo. Para evitar superaquecimento, foram instalados dissipadores de calor nos processadores do dispositivo e a case foi equipada com um pequeno ventilador.

Figura 6 – Raspberry Pi 3 com case

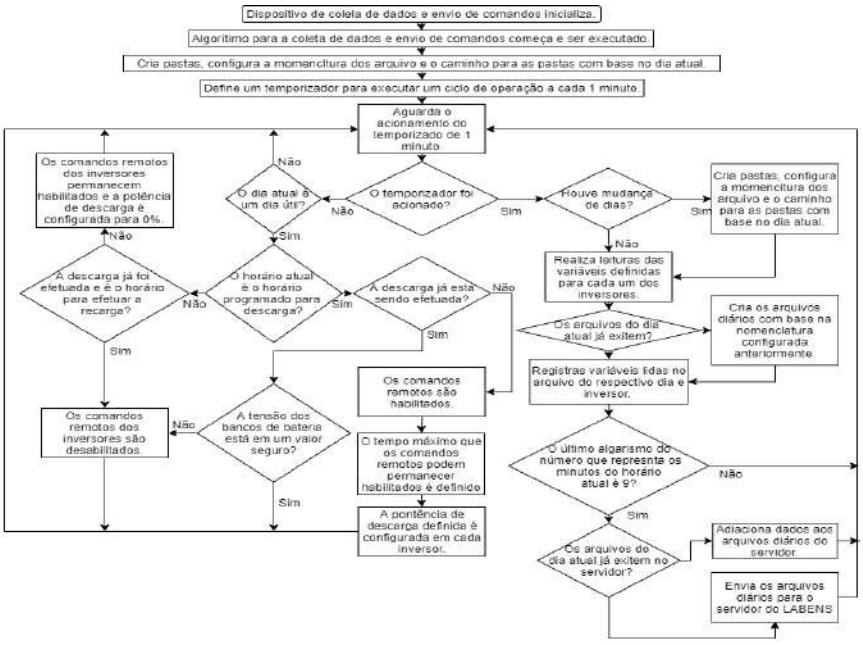
Fonte: Autoria própria (2020).

Visando obter uma temporização mais precisa, foi instalado um módulo RTC (*Real Time Clock*) junto a case para que o equipamento de coleta mantivesse o

horário correto, mesmo em ocasiões de falha de internet. O microcomputador também configurado com um endereço de IP estático(RASPBERRY PI FONTATION, 2019).

A coleta de dados e o envio de comandos é efetuada partir da leitura e escrita dos valores contidos nos registradores dos inversores, por meio do protocolo Modbus TCP/IP. A fim de auxiliar na comunicação com os inversores, o fabricante sugeriu a utilização de uma biblioteca na linguagem de programação Python3, chamada Pysunspec. Essa biblioteca gera uma camada de abstração em relação a comunicação com os inversores, pois elimina a necessidade que lidar diretamente com o protocolo de comunicação serial Modbus TCP/IP. (PYSUNSPEC,2014). Assim, foi desenvolvido um algoritmo que realizava a coleta de dados e envio de comandos na mesma linguagem da biblioteca sugerida. O diagrama contido na Figura 7 ilustra o funcionamento do algorítimo de forma geral, contemplando suas funcionalidades mais fundamentais.

Figura 7 – Fluxograma de operação do algorítimo desenvolvido.



Fonte: Autoria própria (2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A princípio, os inversores apresentaram problemas de funcionamento quando configurado com números de IP fixos. Apenas após uma atualização, foi possível configurá-los corretamente. Depois de atualizados pelo fabricante, eles foram instalados novamente na UTFPR campus Curitiba. A instalação do dispositivo de leitura foi realizada no início do ano de 2020, junto com a instalação dos inversores após a atualização.

Inicialmente, o algorítimo era capaz apenas de executar a leitura da potência de entrada e potência de saída de cada inversor e realizar o envio desses dados para um servidor de armazenamento em nuvem, utilizado pelo LABENS. O dispositivo foi configurado, antes de sua instalação, para ser acessado

remotamente e reiniciar em caso de falha, visando que fosse possível realizar atualizações remotas e que ele permanecesse ligado, mesmo após sofrer avarias.

Durante os meses de desenvolvimento, após a instalação, foram realizadas melhorias no algorítimo de coleta de dado. O algorítimo passou a coletar vários outros dados, tanto relativos a grandezas elétricas quanto a variáveis relativas ao funcionamento de cada um dos inversores. Foi implementada uma função de controle de carga e descarga do banco de baterias no algorítimo, utilizando o comando Sunspec relativo aos comandos remotos. De acordo com orientações recebidas do fabricante, o algorítimo foi desenvolvido de forma a evitar que a função de comandos remotos do inversor permanecessem ativa por períodos prolongados. Dessa forma, sempre que a função de comandos remotos é acionada, é definido um tempo máximo que ela pode permanecer ativada.

Essa função passou a realizar a descarga e a recarga do banco de baterias em horários específicos e de forma a controlar a potência a ser descarregada. Visando realizar a descarga nos horários de pico, onde a energia é mais valorizada, os inversores bidirecionais realizam descarga das 18h às 21h.

Figura 8 – Inversores bidirecionais e Raspberry Pi 3 instalados

Fonte: Autoria própria (2020).

CONCLUSÃO

Com base dos dados colhidos e recebidos das estações solares, é possível afirmar que a coleta de dados dos inversores bidirecionais fornecidos pela NHS Solar, utilizando um microcomputador Raspberry Pi 3, é viável. O dispositivo de leitura e controle e todos os periféricos necessários para o seu funcionamento tem um custo de aquisição e montagem baixo e podem ser replicados facilmente. O sistema de coleta de dados se mostrou confiável e possível de ser replicado em outras localidades onde inversores do mesmo modelo fossem instalados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UTFPR pelo apoio e infraestrutura disponibilizada para o desenvolvimento desta pesquisa, NHS Solar pelo fornecimento e suporte dos equipamentos utilizados e a COPEL-Distribuição pelo apoio e financiamento dos recursos para realização deste projeto de P&D "ANEEL PD 2866-0464/2017 - Metodologia Para Análise, Monitoramento e Gerenciamento da GD por Fontes Incentivadas".

REFERÊNCIAS

ALECRIM, Emerson. **Protocolo DHCP**. Infowester, 2005. Disponível em: https://www.infowester.com/dhcp.php/. Acesso em: 2 set. 2020

LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR. **Projeto P&D ANEEL/COPEL Distribuição – PD 2866-0464/2017 – Metodologia para Análise, Monitoramento e Gerenciamento da Geração Distribuída por Fontes Incentivadas**. LABENS, 2019. Disponível em: https://labens.ct.utfpr.edu.br/projetos/projeto-pd-aneel-copel-distribuicao-pd-2866-0464-2017-metodologia-para-analise-monitoramento-e-gerenciamento-da-geracao-distribuida-por-fontes-incentivadas/. Acesso em: 2 set. 2020.

SUNSPEC ALLIANCE REVISION. **Welcome to pySunSpec's documentation.** Github, 2014. Disponível em: https://pysunspec.readthedocs.io/en/latest/. Acesso em 1 de setembro de 2020.

RASPBERRY PI FONTATION. **TCP/IP networking**. Raspberry Pi, 2019. Disponível em: https://www.raspberrypi.org/documentation/configuration/tcpip/. Acesso em: 2 set. 2020.

SOUZA, A. S.; URBANETZ JR, J. **The Implantation Grid Tied Photovoltaic Solar System with Backup**. Smart Energy CI&Expo 2019, LABENS, 2019. Disponível em: https://labens.ct.utfpr.edu.br/producao-cientifica/. Acesso em: 3 set. 2020.

SUNSPEC ALLIANCE. **SUNSPEC MODBUS**. SUNSPEC, 2020. Disponível em: https://sunspec.org/sunspec-modbus-home/. Acesso em: 2 set. 2020.