

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

PROJETO E ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA FORNECIMENTO DE ENERGIA A UM CAMPO MADURO DE PETRÓLEO QUE UTILIZA O SISTEMA DE BOMBEIO CENTRÍFUGO SUBMERSO

AUTORES:

Maria Teresa Targino Macedo Silveira¹, Romênia Gurgel Vieira²

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal Rural do Semi-árido

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 8º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 20 a 22 de outubro de 2015, em Curitiba/PR. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 8º PDPETRO.

PROJETO E ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE PARA FORNECIMENTO DE ENERGIA A UM CAMPO MADURO DE PETRÓLEO QUE UTILIZA O SISTEMA DE BOMBEIO CENTRÍFUGO SUBMERSO

Abstract

The present paper aims the development of a Photovoltaic System on-grid, as a method of energy supply in mature oil fields which uses Centrifugal Pumping Submerged System. The study aims to analyze the viability of using a power generation system from a Renewable and alternative source to complement the traditional electrical grid, ensuring energy security and continuity of production in situations of lack of supply by the power distribution company. In order to carry out this project, it will be analyzed from the characterization and data collection relating to energy demand of an experimental oil well using this type of pump, being dimensioned all components of this system as well as the protection to be used. All aspects of the project will follow Brazilian standards for distributed generation systems, fitting the standards required by the local power distribution company concerning generators connecting to the distribution system.

Introdução

A utilização do petróleo e do gás natural como combustíveis são imprescindíveis para a sociedade moderna. As diversas aplicações destes recursos evidenciam sua relevância no mercado internacional, e no desenvolvimento de economia de países emergentes, o que demonstra a importância destes na geração de energia primária utilizada mundialmente. Portanto, a busca pela segurança de fornecimento destes combustíveis é um fator de extrema importância para o desenvolvimento de pesquisas tecnológicas que possibilitem a manutenção da autossuficiência energética. Dentro desta perspectiva, a utilização de novas tecnologias que possibilitem a recuperação do petróleo em campos maduros tem se aperfeiçoado de modo a permitir a otimização e aumento do volume de combustível recuperado. Com este objetivo, a pesquisa proposta visa a elaboração de um projeto de Sistema Fotovoltaico conectado à rede (SFCR), de modo que este forneça energia a um campo maduro de produção de petróleo que se utiliza o sistema de Bombeio Centrífugo Submerso (BCS), contribuindo com projetos de aumento do fator de recuperação de petróleo através da redução dos gastos com energia elétrica tradicional, se utilizando de uma fonte alternativa e renovável.

Metodologia

A metodologia que será utilizada para o dimensionamento do sistema fotovoltaico é a descrita pelo Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos elaborado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), cujo texto, segundo CRESESB (2014) foi desenvolvido com o objetivo de descrever métodos e critérios de projetos de captação e utilização da energia solar adaptados à realidade brasileira. Também serão descritas as características gerais do Sistema de Bombeio Centrífugo Submerso (BCS) utilizado, de modo a poder dimensionar o sistema de geração mais adequado às demandas energéticas do sistema de elevação. Os demais padrões e características elétricas dos componentes do sistema deverão seguir os parâmetros descritos pela NBR 5410 que dispõe sobre instalações elétricas de baixa tensão, bem como a norma para conexão de micro geradores ao sistema de distribuição de energia da concessionária.

O campo de produção em estudo localiza-se na Unidade Especializada em Bombeio Centrífugo Submerso, localizada na Base-34 da empresa Petróleo Brasil S/A (Petrobras). A Bomba Centrífuga Submersa em questão é utilizada num poço experimental de bombeio de água, que tem a finalidade de realizar testes de peças e equipamentos em manutenção. A Figura 06 mostra o poço experimental em estudo.

Figura 6 - Poço experimental de Bombeio Centrífugo Submerso



Fonte: Soares (2014)

A bomba em questão possui 165 estágios e a água existente no poço é bombeada a uma profundidade de 30 metros da superfície. A bomba existente na oficina é do tipo P12 400 Series. A potência requerida pela bomba (PHP) dependerá da densidade do fluido, profundidade da fluido (que determinará o máximo a ser alcançado), número de estágios e vazão. As características elétricas da bomba são descritas na Tabela 01.

POTÊNCIA	7,8 Kw
TENSÃO	1175V
CORRENTE	6,3 A
FREQUÊNCIA	60 Hz

Fonte: Soares (2014)

Os parâmetros descritos na Tabela acima são utilizados como base para o dimensionamento do sistema fotovoltaico adequado as demandas energéticas da bomba. O sistema completo a ser desenvolvido é formado por: Painéis, inversores, cabeamento, proteção, estrutura de base e medidor de consumo e geração.

Conforme descreve o CRESESB (2014), para determinar a potência dos painéis será utilizada a Equação 01.

$$PFV = (E/TD)/HSP$$

Onde: PFV corresponde a potência do painel fotovoltaico em Wp, E representa o consumo médio anual da edificação (ou fração deste) em Wh/dia, HSP são o número de horas de sol pleno e TD é um parâmetro que corresponde a Taxa de desempenho (adimensional).

A Unidade de Bombeio atendida pelo sistema tem uma potência nominal de 7,8 kW, portanto, o seu consumo em diário será de 187,2 kWh/dia. Para a região de Mossoró/RN o número de horas de sol pleno é, segundo Guerra (2013) de 7h à 8 horas diárias, para o caso em estudo, adota-se o estudo para o caso mais crítico, com 7 horas de sol pleno diário. A taxa de desempenho é, segundo o Cresesb (2014), entre 70% e 75%. Adota-se a taxa de desempenho para o pior caso, ou seja, 70%.

Aplicando estes valores à Equação 01, a potência total do conjunto de módulos deve ser de 38,20 kWp. De forma a obter um valor comercial de potência dos módulos, adota-se a potência final sendo 39 kWp.

Para a realização do dimensionamento do inversor a ser utilizado, segundo CRESESB (2014) este deverá estar relacionado com a potência do Gerador Fotovoltaico e tecnologia e características elétricas do módulo escolhido para compor o gerador, características ambientais do local, além da topologia de instalação escolhida. Desta forma, a potência do inversor deve ser aproximadamente igual à potência nominal da geração, neste caso, de 39 kWp. Adequando-o a Norma VR01.01-00.12 (2013), que regulamenta a Conexão de Microgeradores ao Sistema de Distribuição da Cosern, os inversores utilizados em sistemas fotovoltaicos deverão atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR IEC 62116 e devem ter certificação do INMETRO.

O dimensionamento dos cabos utilizados no SFCR deve levar em consideração a corrente nominal a qual irá conduzir e a máxima queda de tensão permitida para o sistema em estudo e o comprimento do ramal. Para o cálculo do condutor a ser utilizado nos trechos de corrente contínua e alternada, utiliza-se os padrões determinados pela NBR 5410 e pelo CRESESB. Considerando as definições de capacidade de condução de corrente descritas pela NBR 5410 e levando em consideração a corrente nominal da bomba que é de 6,3 A, o condutor de cobre a ser utilizado terá uma seção nominal de 6 mm². Para realizar a isolamento dos cabos serão utilizados canos de PVC no trecho compreendido entre os módulos e o inversor.

O sistema de proteção a ser utilizado deve obedecer aos parâmetros normativos da concessionária e estar adequado aos parâmetros do sistema. Sabendo que o sistema utilizado tem a potência instalada menor que 100kW é classificado segundo a Resolução normativa nº 482/2012 como Microgeração distribuída. Segundo a concessionária local, os requisitos mínimos de proteção exigidos para conexão de Microgeradores à rede elétrica são: elemento de desconexão, elemento de interrupção, proteção de sub e sobretensão, proteção de sub e sobrefrequência, proteção de sobrecorrente, relé de sincronismo e anti-ilhamento.

Segundo as especificações técnicas do fabricante do inversor, este apresenta um sistema de anti-ilhamento e as proteções contra sub e sobretensão e sub e sobrefrequência, bem como o relé de sincronismo. Desta forma, será adicionado apenas um disjuntor como proteção de sobrecorrente e um dispositivo de proteção contra surtos (DPS) como dispositivo de desconexão.

Segundo a norma de conexão de Microgeradores à rede de distribuição da COSERN, o sistema de medição de energia utilizado nas unidades consumidoras que possuam conexões de microgerações e que façam adesão ao sistema de compensação de energia deverá ser no mínimo bidirecional, ou seja, medir a energia ativa injetada na rede e a energia ativa consumida da rede. Desta forma, para tal objetivo se utiliza um medidor bidirecional trifásico com tensão de operação 220V/380V.

As estruturas que compõe o projeto devem levar em consideração alguns aspectos, como: o local de instalação e a topografia deste, a dimensão dos módulos utilizados na composição do sistema de geração e o ângulo de inclinação dos módulos para a localidade em estudo. Também devem ser capazes de oferecer uma segurança estrutural de modo a possibilitar a durabilidade do sistema sem causar maiores danos.

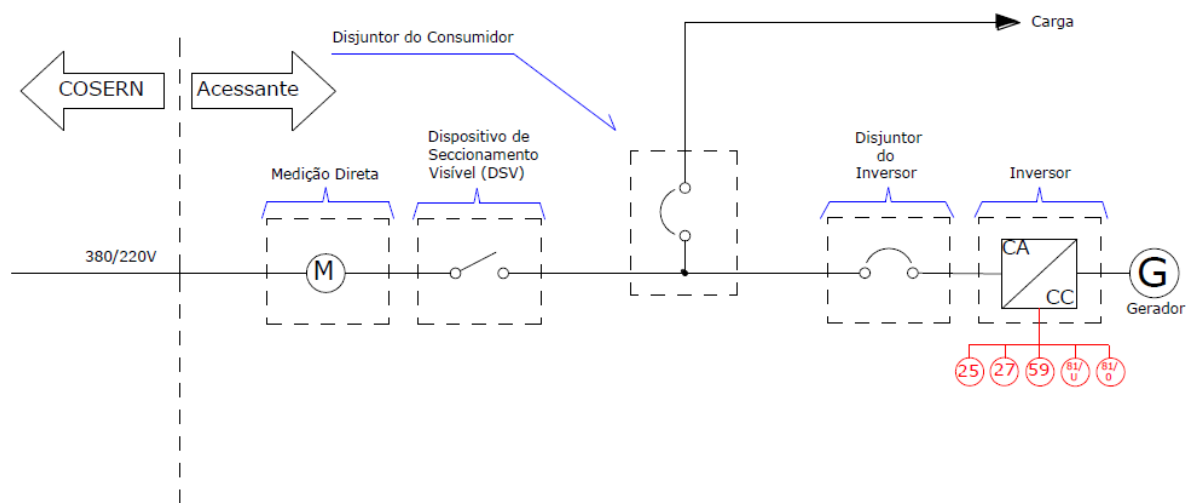
Considerando que as unidades de produção de petróleo estão, em sua grande maioria, inseridos em campos planos e sem cobertura de um telhado devido ao fato de não haver um prédio, a estrutura escolhida deverá ser própria para solo. Também deve-se escolher uma estrutura que possa apresentar uma inclinação de 15°, que é adequada a localidade.

Tendo sido descritos todos os procedimentos de dimensionamento do Sistema Fotovoltaico conectado a rede, o próximo tópico descreverá o sistema completo a ser implementado na unidade de bombeio.

Resultados e Discussão

O sistema fotovoltaico conectado à rede final é representado pela Figura 02

Figura 1 - Sistema final



Fonte: COSERN (2013)

É possível visualizar através da Figura acima os componentes que serão utilizados no sistema, bem como as conexões necessárias. O sistema fotovoltaico apresentado terá, em média, 7 horas de geração plena correspondentes a irradiação local e será suprido pela rede da concessionária nas horas seguintes.

Para realizar o estudo de viabilidade econômica, será realizado inicialmente o orçamento final do sistema, levando em consideração o sistema de geração, cabeamento, medição, proteção e a estrutura.

A Tabela 01 contém os dados quantitativos do sistema e o levantamento final do custo final do projeto.

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

COMPONENTE	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Gerador Solar Fotovoltaico FRONIUS 19,5 kWp	2	89.270,40	178.540,80
Fios de cobre (6mm ²)	600 metros	2,74	1.644,00
Eletroduto de PVC	100	5,90	590,00
Disjuntor	1	34,90	34,90
Dispositivo de proteção contra surtos (DPS)	1	127,90	127,90
Medidor bidirecional	1	330,00	330,00
Estrutura	4	13.496,82	53.987,28
Total			235.254,88

Fonte: Autoria própria

Tendo sido calculado o valor do sistema final, procura-se determinar a capacidade de redução dos gastos com a rede elétrica tradicional. Para tal objetivo, é necessário ser determinada, separadamente, a redução total de gastos de consumo e demanda do consumidor em estudo. Sabendo que o consumidor pertence ao Grupo Horo-sazonal azul A3 e que a tarifa da concessionária local para o consumo deste é de R\$0,32/kWh e considerando que o sistema final gera uma redução de até 5.480kWh/mês no consumo de energia elétrica, a redução total mensal no consumo será de R\$1.753,60. Desta forma, considerando os valores determinados anteriormente, o tempo de retorno de investimento será de 135 meses, tempo equivalente a 11 anos e 3 meses. Nestes cálculos são desconsiderados a progressão de valores do custo da energia da concessionária e a redução do custo com o sistema de tarifação Bandeira Vermelha, o que poderia representar uma economia maior e tempo de retorno de investimento menor.

Conclusões

No desenvolvimento do estudo de viabilidade técnica foi possível observar conclusivamente que o sistema desenvolvido apresentou a capacidade de gerar a potência requerida pela bomba, bem como possibilita o fornecimento de tensão e corrente adequada a uma boa operação. Percebe-se também que este também consegue atender aos parâmetros de proteção exigidos pela concessionária, possibilitando uma conexão segura e estável, contribuindo com a eficiência energética do sistema e permitindo a aplicação do sistema de compensação no setor produtivo de petróleo. Faz-se necessário a conexão do sistema de geração com o inversor de potência que permita o ajuste da tensão de saída do inversor do sistema fotovoltaico para a tensão de operação da bomba. Também podem ser adicionados ao sistema bancos de bateria que possibilitem o suprimento energético em caso de falha do sistema elétrico.

Com base nos resultados obtidos, percebe-se que o alto investimento inicial do sistema torna o tempo de retorno a longo prazo, porém, é viável economicamente já que o sistema tem vida útil de 25 anos em operação contínua. Sob o ponto de visto técnico, o sistema se apresenta viável pois consegue

fornecer a demanda energética do sistema e contribui para a eficiência energética da unidade de bombeio. Entretanto, um fator que se configura como um limitante técnico é a necessidade de uma grande área de pátio destinada apenas à geração, já que o sistema é formado por 156 painéis de 1,63m² de área cada, o que resulta numa área total de 260m². Apesar deste fator, esta limitação técnica não inviabiliza o sistema pois os campos de produção de petróleo, em sua grande maioria, dispõem de uma grande área útil que pode ser utilizada para tal finalidade.

Agradecimentos

À Deus, pela graça e amor incondicional. À Romênia Vieira, minha orientadora, pela total disponibilidade e ajuda.

Referências Bibliográficas

COSERN: **Conexão de Microgeradores ao sistema de distribuição da Cosern**. 2013. Disponível em: http://servicos.cosern.com.br/residencial-rural/Documents/Baixa%20Tensao/Normas%20e%20Padroes/VR01.01-00.12-Conexao_de_Microgeradores_ao_Sistema_de_Distribuicao_da_Cosern_2_edicao.pdf> Acesso em: 05. fev. 2015.

CRESESB: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. Rio de Janeiro: 2014. 530f.

Normas ABNT

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 209 p.