

Nº5 · 1º semestre de 2010 · ano 3 · ISSN: 1647-5496



NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica [Nº5] Junho de 2010

<http://www.neutroaterra.blogspot.com>

“A revista Neutro à Terra volta novamente à vossa presença, com novos e interessantes artigos na área da Engenharia Electrotécnica em que nos propomos intervir. Nesta edição da revista merecem particular destaque os assuntos relacionados com as instalações eléctricas, a domótica, a utilização eficiente da energia eléctrica, particularmente no caso da força motriz, as telecomunicações e as energias renováveis.

Doutor Beleza Carvalho



**Instalações
Eléctricas**
Pág.7



**Máquinas
Eléctricas**
Pág. 21



Telecomunicações
Pág. 35



Segurança
Pág. 41



**Energias
Renováveis**
Pág. 45



Domótica
Pág.51



**Eficiência
Energética**
Pág. 63

EDITORIAL

Doutor José António Beleza Carvalho
Instituto Superior de Engenharia do Porto

ARTIGOS TÉCNICOS

- 07| Fases de Realização e Tipos de Projectos de Instalações Eléctricas
Engº Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva
Engº António Augusto Araújo Gomes
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 15| Técnicas de Manutenção em Linhas de Transmissão de Energia
Arlindo Francisco
Hugo Sousa
Doutora Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 21| Accionamentos Eficientes de Força Motriz. Nova Classificação
Doutor José António Beleza Carvalho
Engº Roque Filipe Mesquita Brandão
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 29| Detecção de Avarias em Motores Assíncronos de Indução
Engº António Manuel Luzano de Quadros Flores
Doutor José António Beleza Carvalho
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 35| Fibra Óptica: Novas Auto-estradas das Telecomunicações
Engº Sérgio Filipe Carvalho Ramos
Engº Roque Filipe Mesquita Brandão
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 41| Sistemas de Controlo de Acesso
Engº António Augusto Araújo Gomes
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 45| Dimensionamento de Centrais Fotovoltaicas para a Micro Produção
Engº Roque Filipe Mesquita Brandão
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 51| A Criação de Valor no Binómio: “Casa Inteligente / Consumidor”
Engº António Manuel Luzano de Quadros Flores
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 63| Optimização Energética em Novos Ascensores
Engº José Jacinto Ferreira
Engº Miguel Leichsenring Franco
Schmitt - Elevadores, Lda

FICHA TÉCNICA

DIRECTOR:	Doutor José António Beleza Carvalho
SUB-DIRECTORES:	Engº António Augusto Araújo Gomes Engº Roque Filipe Mesquita Brandão Engº Sérgio Filipe Carvalho Ramos
PROPRIEDADE:	Área de Máquinas e Instalações Eléctricas Departamento de Engenharia Electrotécnica Instituto Superior de Engenharia do Porto
CONTACTOS:	jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt
PUBLICAÇÃO SEMESTRAL:	ISSN: 1647-5496

Caros leitores

A revista “Neutro à Terra” volta novamente à vossa presença, com novos e interessantes artigos na área da Engenharia Electrotécnica em que nos propomos intervir. Nesta edição da revista merecem particular destaque os assuntos relacionados com as instalações eléctricas, a domótica, a utilização eficiente da energia eléctrica, particularmente no caso da força motriz, as telecomunicações e as energias renováveis.

A elaboração de um projecto de instalações eléctricas é uma actividade complexa e exigente, não só pela diversidade de áreas que estão envolvidas, mas também pelo número de intervenientes no mesmo. As Instruções para a Elaboração de Projectos de Obras, anexas à portaria no 701-H/2008, de 29 de Julho, ao sistematizarem a sua abordagem introduziram no processo um mecanismo de regulação que constitui uma mais-valia sensível para a actividade de projectista. Nesta publicação, apresenta-se um artigo que faz uma incursão nos aspectos das Instruções para a Elaboração, e revêem-se alguns princípios formais da estruturação do projecto de licenciamento.

Outro assunto de grande interesse apresentado nesta publicação tem a ver com a manutenção das linhas de transporte e distribuição de energia eléctrica. Indicadores como o tempo e número de intervenções para restabelecer as condições normais de funcionamento são reveladores da qualidade de serviço prestado por essas empresas que, no caso de incumprimento das regras estabelecidas no Regulamento da Qualidade de Serviço, podem implicar em elevados prejuízos. No artigo que é apresentado descreve-se a aplicação de duas técnicas modernas na manutenção das linhas eléctricas que, além de incrementarem a segurança e a fiabilidade do sistema eléctrico, garantem uma melhoria dos dados quantitativos fornecidos às equipas de manutenção.

Nos últimos anos, muitos fabricantes de motores investiram fortemente na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos com o objectivo de colocarem no mercado motores mais eficientes. A União Europeia, através do organismo EU MEPS (*European Minimum Energy Performance Standard*) definiu um novo regime obrigatório para os níveis mínimos de eficiência dos motores eléctricos que sejam introduzidos no mercado europeu. O novo regime abrange motores de indução trifásica até 375 kW, de velocidade simples. Entrará em vigor em três fases a partir de meados de 2011. Nesta publicação, apresenta-se um artigo que aborda a nova classificação que será adoptada para os equipamentos de força motriz.

Outro importante assunto apresentado nesta publicação tem a ver com a automatização das instalações habitacionais ou domésticas. Neste sector, cada vez mais, são colocadas exigências em termos de conforto na utilização dos equipamentos eléctricos e uma utilização cada vez mais eficiente da energia eléctrica, impondo a necessidade de edifícios “inteligentes”. O artigo que é apresentado refere um estudo desenvolvido com o objectivo entender a criação de valor no binómio casa inteligente/consumidor, esperando contribuir para um novo equilíbrio procura/oferta de forma que uma casa inteligente fique acessível a mais lares portugueses.

Nesta publicação da revista “Neutro à Terra”, pode-se ainda encontrar outros artigos relacionados com assuntos reconhecidamente importantes e actuais, como o dimensionamento de centrais fotovoltaicas para microprodução, um artigo sobre sistemas de controlo de acessos e um artigo sobre a importância da fibra óptica nas actuais infra-estruturas de telecomunicações, quer em edifícios, quer nas urbanizações. Também o artigo sobre optimização energética em ascensores, iniciado na publicação anterior, tem aqui a sua continuação.

Nesta publicação dá-se também destaque à terceira edição das Jornadas Electrotécnicas de Máquinas e Instalações Eléctricas, que decorreram nos dias 29 e 30 de Abril de 2010 no Centro de Congressos do ISEP. Este evento contou com a participação de diversas empresas ligadas às áreas das máquinas eléctricas, sistemas electromecânicos, energias renováveis, veículos eléctricos, segurança, domótica, luminotecnica e infra-estruturas de telecomunicações. Foi organizado pelo Departamento de Engenharia Electrotécnica do ISEP, com os habituais colaboradores desta revista a terem um papel preponderante.

Estando certo que esta edição da revista “Neutro à Terra” vai novamente satisfazer as expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos.

Porto, Junho de 2010

José António Beleza Carvalho



JORNADAS ELECTROTÉCNICAS DE MÁQUINAS E INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

O ISEP tem uma longa e positiva tradição na formação superior da Engenharia, constituindo uma marca de prestígio consolidada em Portugal e reconhecimento no âmbito internacional. Com forte tradição na formação de engenheiros electrotécnicos, o Departamento de Engenharia Electrotécnica (DEE) contribui para o desenvolvimento da excelência técnica e científica, através da formação sólida de profissionais que actuam nesta área e na aposta numa forte ligação às indústrias e ao meio empresarial.



No sentido de promover mais um fórum de contacto e motivado pelo sucesso obtido nos eventos anteriores, este ano o DEE repetiu as Jornadas Electrotécnicas de Máquinas e Instalações Eléctricas, na sua terceira edição. O evento ocorreu nos dias 29 e 30 de Abril de 2010 no Centro de Congressos do ISEP e contou com a participação de diversas empresas ligadas às áreas das máquinas eléctricas, sistemas electromecânicos, energias renováveis, veículos eléctricos, segurança, domótica, luminotecnia e infra-estruturas de telecomunicações.

No primeiro dia do evento foram apresentadas as comunicações das empresas: Energaia, Adene, Vestas, TÜV Rheinland, Goosun, Efacec, Sew-Eurodrive, EMEF, ABB, Schmitt–Elevadores, Anacom, Amisfera e a Televés. No segundo dia ocorreram as apresentações das empresas: Only, Schröder, Lutron, Batalhão de Sapadores Bombeiros, Síncrono, Longo Plano, Spectrolux, OHM-E, Astratec, Efacec, Legrand, Schneider Electric, APMI e Casais Energia.

Estiveram presentes personagens com um curriculum relevante na área da engenharia electrotécnica.

O evento contou com a apresentação do Eng.º Vilela Pinto, que entre outras actividades diferenciadas na sociedade, é autor de bibliografia relevante e reconhecida na área das instalações eléctricas. Esteve também presente o Professor Doutor Borges Gouveia, eminente docente da Universidade de Aveiro, reconhecido pelo seu trabalho na área da inovação e das energias renováveis. Maciel Barbosa (Ordem Engenheiros), António Augusto Sequeira Correia (ANET), Paulo Calau (Agência para a Energia), Nuno Francisco Costa (EFACEC) e Jorge Miranda (Autoridade Nacional de Comunicações) foram outros dos nossos oradores convidados.



Para além das usuais comunicações, a 3ª edição das Jornadas Electrotécnicas proporcionou aos convidados a visita a uma vasta exposição e demonstração de equipamento, com oportunidade para apresentação das soluções inovadoras, inseridas nos *coffee-breaks*.



Através da apresentação de comunicações orais e a exposição de equipamentos, o evento proporcionou a troca de conhecimento e experiência de profissionais da engenharia electrotécnica como empresários, técnicos, professores, investigadores e alunos. Com o objectivo de promover a divulgação de temas relacionados com as Máquinas e Instalações Eléctricas, devidamente enquadrados na problemática actual das energias renováveis e a utilização racional de energia, foram discutidos assuntos relacionados com política energética, sistemas electromecânicos, segurança e domótica, luminotecnia, veículos eléctricos e infra-estruturas de telecomunicações.

Deste modo, os dois dias do evento serviram para ajudar a compreender os últimos avanços tecnológicos, mas serviu igualmente para relembrar mais-valias das parcerias académicas-empresariais para o desenvolvimento de soluções inovadoras.



Em virtude do interesse desta temática, alvo de um rápido desenvolvimento e de necessidade de constante inovação, o DEE disponibiliza a informação apresentada no evento em: www.dee.isep.ipp.pt/~see/jornadas2010

Patrocinadores:



TÜVRheinland®
Precisely Right.



Contamos convosco na quarta edição das Jornadas Electrotécnicas.

ThyssenKrupp





O que os profissionais procuram:

mais conhecimento, mais inovação.



DIMENSIONAMENTO DE CENTRAIS FOTOVOLTAICAS PARA A MICROPRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Desde que foi publicado o Decreto-Lei nº 363/2007 de 2 de Novembro, que tem por objecto estabelecer o regime jurídico aplicável à produção de electricidade por intermédio de unidades de microprodução, este tipo de instalações de pequena potência tem aumentado muito em Portugal. Dos diversos tipos de energia renovável previstos no referido Decreto-Lei, tem sido a energia solar a que mais tem motivado os utilizadores a instalarem centrais de microprodução. A este facto não é com certeza alheia a tarifa aplicável à energia produzida através desta fonte de energia, à qual é aplicável 100% da tarifa de referência.

A tabela 1 apresenta as instalações e as diversas potências de centrais de microprodução com origem em fontes renováveis registadas e instaladas desde a saída do Decreto-Lei.

Tabela 1 - Instalações de microprodução [Fonte: www.renovaveisnagora.pt]

Ano	Registos efectuados		Registos Pagos		Instalados	
	Qtd	kW	Qtd	kW	Qtd	kW
2008	5768	19770,84	3245	11322,88	2284	7991,06
2009	7286	25852,44	5259	18703,68	4372	15535,72
2010	3004	10691,68	2267	8057,05	247	875,04

Dos valores apresentados na tabela anterior, mais de 90% são referentes a centrais fotovoltaicas, por esse motivo o elevado número de instalações justifica a importância do correcto dimensionamento das mesmas.

No número anterior da revista Neutro à Terra foi feita uma abordagem aos equipamentos que se devem usar no dimensionamento de uma central fotovoltaica, neste artigo será feito um exemplo prático de aplicação da metodologia de dimensionamento.

2 FACTORES QUE INFLUENCIAM O RENDIMENTO DAS CENTRAIS

Quando se pretende dimensionar uma central fotovoltaica é necessário ter em consideração diversos factores que podem influenciar o rendimento das instalações.

Considerando que os painéis fotovoltaicos, por si só, já possuem rendimentos bastante baixos, a optimização do rendimento das instalações é um factor que assume uma importância extrema. Para apoio dos projectistas, existem diversos softwares de simulação que dão uma ajuda importante sobre a viabilidade técnica e económica dos projectos. No entanto é necessário também ter conhecimento sobre dois factores importantes que influenciam o rendimento dos painéis fotovoltaicos, nomeadamente a temperatura e os sombreamentos.

Nos módulos cristalinos o efeito da temperatura faz-se sentir com mais intensidade do que nos módulos de silício amorfo. A temperatura tem um efeito importante sobre a tensão do módulo, não se fazendo sentir muito sobre a corrente. Ao haver redução do valor da tensão continuando o valor da corrente quase inalterado, a potência do módulo diminui.

Como se pode ver na figura 1, a tensão baixa muito com o aumento da temperatura. O factor de variação da tensão com a temperatura é uma das características que deve ser indicada na ficha de características dos painéis fotovoltaicos e que por isso não deve ser descurada.

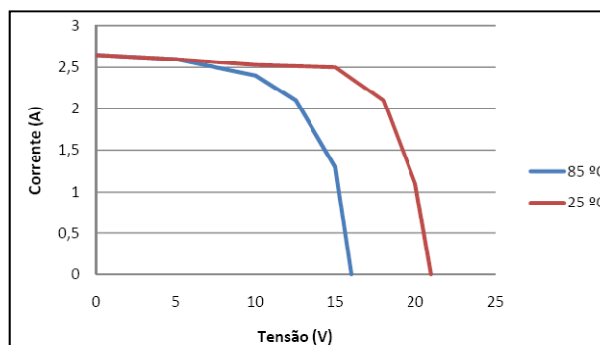


Figura 1 - Efeito da temperatura na curva I-V

O aumento da temperatura pode ser responsável também pelo aparecimento de falhas e degradação dos módulos, devido à dilatação dos materiais.

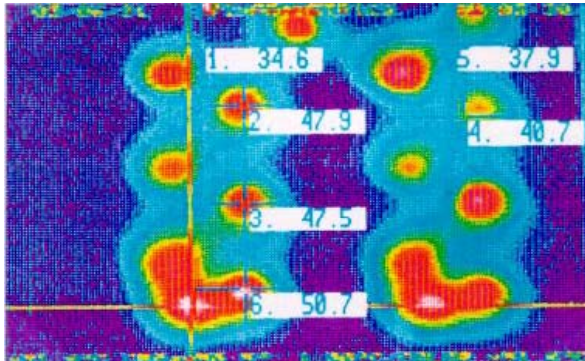


Figura 2 - Termografia de um módulo fotovoltaico

Devido à constituição física dos módulos fotovoltaicos, o sombreamento é também um problema importante. Os módulos fotovoltaicos são constituídos por um certo número de células em série, normalmente 60 ou 72. Como cada célula gera um valor de corrente de cerca de 7 A e uma tensão de 0,5 V, ao serem colocadas em série produzem-se módulos com uma corrente igual à corrente de uma célula e um valor de tensão resultante da soma da tensão de cada célula. Quando uma célula está sombreada, a fonte de corrente extingue-se e comporta-se como uma resistência que é atravessada pela corrente produzida pelas outras células, ficando sujeita a uma tensão inversa e provocando aquecimento que eleva a temperatura para valores que nalguns casos destroem a célula.



Figura 3 - Efeito da sombra nas células

Este fenómeno também acontece na interligação entre painéis, sendo a série de módulos limitada em corrente pelo módulo que tem menor valor de corrente e em tensão pelo menor valor de tensão das "strings" ligadas em paralelo. Se os terminais do módulo estiverem ligados, a potência produzida pelas células sem sombra é dissipada na célula sombreada criando "hot-spots" que podem levar à destruição do módulo.



Figura 4 - Módulo destruído

Fazendo uma simulação do efeito do sombreamento nas curvas I-V e P-V e determinando o ponto de máxima potência é possível ter uma ideia do efeito que sombreamento tem nos módulos. A figura 5 mostra as referidas curvas num painel sem sombras e a figura 6 mostra o desempenho do mesmo painel com cerca de 60% de área sombreada.

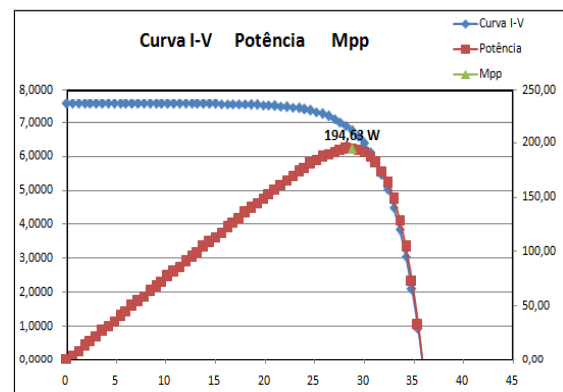


Figura 5 - Curva IV e P-V num módulo sem sombra

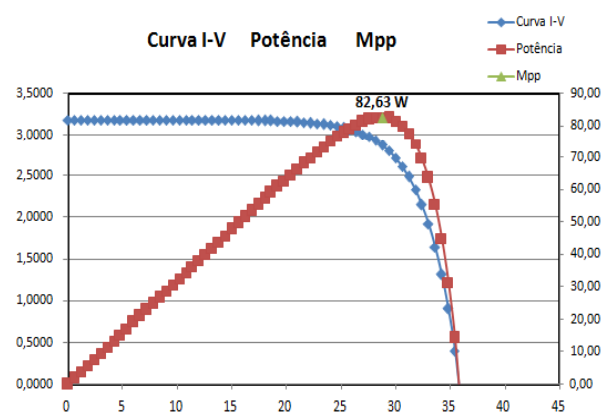


Figura 6 - Curva IV e P-V num módulo sem sombreado

3 EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO

Para se fazer um correcto dimensionamento de uma central de microprodução fotovoltaica com ligação à rede eléctrica, é necessário seguir uma série de etapas, enumeradas de seguida:

- 1- Análise das condições de terreno e de instalação;
- 2- Escolha do inversor;
- 3- Escolha dos painéis;
- 4- Determinar o número de módulos e a potência dos painéis;
- 5- Determinar o número de módulos por fileira;
- 6- Determinar o número mínimo de módulos por fileira;
- 7- Definir o número de fileiras em paralelo;
- 8- Apresentar a configuração do sistema;

A potência da central será de 3,68 kWp.

1- Análise das condições de terreno e de instalação

A visita ao local de instalação é um factor preponderante para uma correcta instalação da central. Uma análise cuidada do local de instalação permite verificar se poderão existir sombreamentos aos painéis, permite definir a estrutura de suporte mais adequada e também a configuração da central, nomeadamente em termos de número de fileiras de painéis e a sua orientação. Aquando da simulação do sistema, alguns dados necessários introduzir no simulador, são obtidos pela visita ao local, por isso é imprescindível a correcta avaliação das condições de instalação.

2- Escolha do inversor

O inversor é o equipamento que converte a energia contínua produzida pelos painéis, em energia alternada com características similares à da rede eléctrica. É um equipamento que possui, geralmente, um rendimento elevado e que desempenha um papel fundamental em todo o sistema.

Se o inversor não funcionar, a energia não é injectada na

rede e por isso o sistema fica isolado e sem possibilidade de ser utilizado.

Para instalações ligadas à rede, é necessária a instalação de um inversor de rede que esteja certificado.

No site www.renovaveisnagora.pt está disponível uma lista com mais de 160 inversores certificados, por isso aconselha-se a utilização de um desses equipamentos.

Para este exemplo vai ser usado o inversor da marca SMA, modelo SB 3800/V, com uma potência de saída AC de 3680 W e um rendimento de 95,6%.

3- Escolha dos painéis

Existem inúmeros fabricantes de painéis fotovoltaicos disponíveis no mercado, o que levou a um considerável abaixamento do preço dos mesmos. No entanto o preço não deve ser o factor principal de escolha dos painéis pois, factores que têm a ver com a qualidade de fabricação, as garantias de potência e a certificação dos painéis por entidades reconhecidas são aspectos mais importantes que o preço por Wp.

Neste caso serão usados painéis de silício monocristalino de 220 Wp ou de 230 Wp, fabricados pela empresa Goosun, que estão certificados segundo as normas europeias e internacionais IEC/EN 61215 e cumprem os requisitos da classe de protecção II.

Estes módulos garantem uma potência nominal mínima de 90% a 10 anos e 80% a 25 anos.

Se os módulos estiverem colocados num local com as condições ideais é possível obter deles a sua máxima potência, no entanto como na realidade isso não se verifica e porque também existem perdas nos equipamentos, nomeadamente no inversor (4,4%) e nos próprios painéis que têm uma tolerância de $\pm 3\%$, é aconselhável instalar uma potência superior a 3680 kW. No entanto é preciso verificar qual a máxima potência DC suportada pelo inversor. Consultando as características do inversor escolhido, o valor indicado é de 4040 W.

Entrada (DC)	
Potência DC máx.	4040 W
Tensão DC máx.	500 V
Domínio de tensão fotovoltaica, MPPT	200 V – 400 V
Corrente máx. de entrada	20 A
Número de seguidores MPP	1
Número máximo de strings (paralelo)	3

Figura 7 - Características do inversor SMA

Este é um valor a ter em atenção pois com valores de potência de entrada superiores, o inversor desligar-se-á.

4- Determinar o número de módulos e a potência dos painéis

No ponto 2 indicou-se que se iriam utilizar painéis com 220Wp ou 230Wp.

Considerando a potência máxima DC do inversor (4040 W) e fazendo a divisão dessa potência pela potência dos painéis conclui-se:

Tabela 2 - Cálculo do número de módulos

P max inv. DC (W)	4040	4040
P módulo (W)	220	230
Nº de módulos	18	17

Como se pode verificar, o número de módulos de 230Wp é 17 que é um número que não se pode distribuir equilibradamente pelas fileiras.

Como o inversor não permite ligação de fileiras com número de painéis diferentes, ou seja com valor de tensão diferentes nas fileiras, é necessário reduzir para 16 o número de painéis de 230Wp, dado que 18 painéis de 230Wp levariam a uma potência DC de entrada superior a 4040W.

Tabela 3 - Comparação entre o número de módulos

Nº de módulos	18	16
P módulo (W)	220	230
P inst DC (W)	3960	3680

Como é possível concluir a instalação de 18 módulos de 220 Wp cada é a melhor solução.

5- Determinar o número de módulos por fileira

O número de módulos fotovoltaicos a colocar em cada fileira é limitado pela tensão DC máxima admissível para a ligação de módulos em série e pela tensão máxima à entrada do inversor.

O limite máximo da tensão de circuito aberto do módulo é atingido quando a temperatura é muito baixa (-10 °C).

Nessa situação se o inversor sair de serviço, a tensão de circuito aberto será demasiado elevada para se poder voltar a ligar o sistema sem que daí advenham danos para o inversor. Esta tensão deve ser menor do que a tensão DC máxima admissível do inversor. Limitando o número de módulos por fileira consegue-se obter um valor de tensão de circuito aberto calculado pela associação em série dos diversos módulos, que não seja demasiado elevada.

A fórmula seguinte permite calcular a tensão de circuito aberto para uma temperatura de -10 °C, a partir da tensão do circuito aberto do módulo obtida nas condições de referência *STC*.

$$V_{ca(-10\text{ }^{\circ}\text{C})} = \left(1 - \frac{35\text{ }^{\circ}\text{C} \times \Delta U}{100}\right) \times V_{ca(STC)} \quad (1)$$

Verificando as especificações técnicas dos módulos escolhidos para este projecto, verifica-se que o coeficiente térmico dado pelo fabricante (ΔU) é -0,33%/°C e que $V_{ca(STC)}$ vale 35,8 V. Aplicando a equação anterior obtém-se,

$$V_{ca(-10\text{ }^{\circ}\text{C})} = \left(1 - \frac{35\text{ }^{\circ}\text{C} \times -0,33}{100}\right) \times 35,8 = 39,93\text{ V} \quad (2)$$

O número máximo de módulos por fileira (N_{Mm}) é então obtido através da relação entre a tensão máxima admitida pelo inversor (V_{Mi}) e a tensão máxima de circuito aberto (-10°C), obtendo-se:

$$N_{Mm} = \frac{V_{Mi}}{V_{ca(-10\text{ }^{\circ}\text{C})}} = \frac{400}{39,93} \approx 10\text{ módulos} \quad (3)$$

O resultado obtido informa que deveremos colocar por fileira, no máximo 10 módulos fotovoltaicos em série.

De relembrar que todos os valores necessários ao cálculo são obtidos através das especificações técnicas dadas pelos fabricantes dos equipamentos.

6- Determinar o número mínimo de módulos por fileira

No verão verificam-se elevados níveis de radiação e estima-se que os módulos colocados nos telhados podem estar sujeitos a temperaturas que poderão atingir os 70 °C.

Nessas condições o sistema fotovoltaico terá uma tensão aos seus terminais inferior àquela que se verifica nas condições de referência STC. Se a tensão do sistema fotovoltaico descer para valores abaixo da tensão MPP mínima do inversor (V_{mi}), a eficiência global do sistema ficará condicionada, podendo provocar a saída de serviço do inversor. Para evitar este problema, deve-se calcular o número mínimo de módulos ligados em série numa fileira.

Analisando as características do inversor verifica-se que $V_{mi} = 200$ V e a tensão na máxima potência dos painéis, dada pelo fabricante dos painéis, é $V_{mp} = 28,1$ V.

$$V_{mp(70\text{ }^{\circ}\text{C})} = \left(1 - \frac{45\text{ }^{\circ}\text{C} \times -0,33}{100}\right) \times 28,1 = 23,93\text{ V} \quad (4)$$

Deste modo o número mínimo de módulos (N_{mm}) por fileira é calculado pela relação entre V_{mi} e $V_{mp(70^{\circ}\text{C})}$

$$N_{mm} = \frac{V_{mi}}{V_{mp(70\text{ }^{\circ}\text{C})}} = \frac{200}{23,93} \approx 8\text{ módulos} \quad (5)$$

7- Definir o número de fileiras em paralelo

O número de fileiras em paralelo está limitado pelo número de entradas do inversor. No caso do inversor escolhido o valor é 3. No entanto é necessário verificar se a corrente máxima do sistema fotovoltaico ultrapassa o limite máximo da corrente de entrada do inversor (20 A).

O número máximo de fileiras (N_{Mf}) deverá ser calculado através da seguinte fórmula.

$$N_{Mf} = \frac{I_{Mi}}{I_{Mf}} = \frac{20}{7,85} \approx 2\text{ módulos} \quad (6)$$

8- Apresentar a configuração do sistema

Após o cálculo de todos os valores anteriormente apresentados é necessário fazer um resumo e apresentar a configuração final do sistema.

- Número máximo de módulos por fileira: 10
- Número mínimo de módulos por fileira: 8
- Número de fileiras em paralelo: 2
- Total de módulos: 18

A configuração do sistema será:

Tabela 4 - Configuração final do sistema

Configuração	
Modelo	GS 220
Potência	3960 Wp
Módulos em série	9
Número de fileiras	2

O esquema da configuração do sistema é apresentado na figura seguinte.

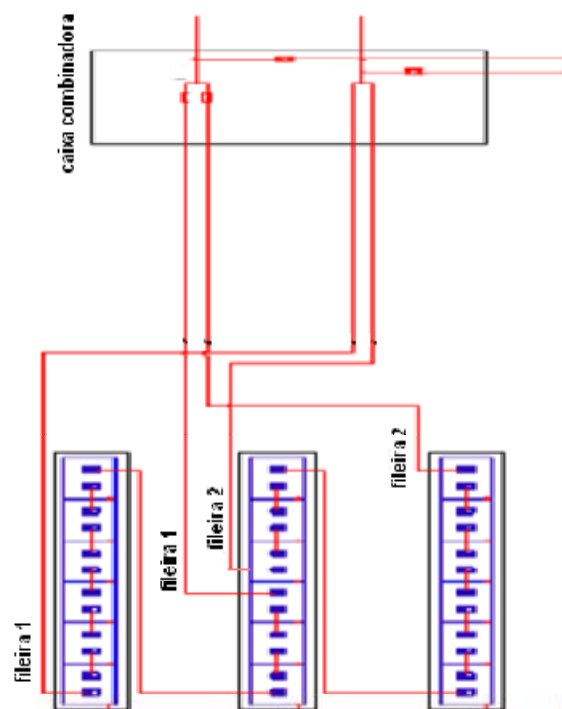


Figura 8 - Esquema de ligação

Apesar de estruturalmente existirem 3 fileiras elas estão ligadas de forma a que apenas existam 2 fileiras em paralelo. A colocação das 3 fileiras deveu-se à falta de espaço no local de instalação para colocar os 9 módulos seguidos.

4 CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentado um exemplo de dimensionamento de uma central de microprodução fotovoltaica para ligação à rede eléctrica. Falta ainda definir todo o cálculo das cablagens DC e protecções que o sistema deverá possuir, mas que não fazia parte daquilo que era pretendido neste artigo. Podendo ser abordado esse tema numa próxima edição da Revista Neutro à Terra.

Ascensores panorâmicos e em vidro

Qualidade máxima para uma Arquitectura exigente

SCHMITT+SOHN
ELEVADORES



www.schmitt-elevadores.com

Schmitt Elevadores, Lda - Porto
Aroeira Via Norte - Apartado 1034 - 4466-953 S. Mamede de infesta
Tel: +351/22/957 80 30 - Fax: +351/22/951 22 50



COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



António Augusto Araújo Gomes

(aag@isep.ipp.pt)

Mestre (pré-bolonha) em Engenharia Electrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
Doutorando na Área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia (UTAD).
Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999.
Coordenador de Obras na CERBERUS - Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999.
Prestação, para diversas empresas, de serviços de projecto de instalações eléctricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultadoria técnica.
Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 1999.



António Manuel Luzano de Quadros Flores

(aqf@isep.ipp.pt)

Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Produção Transporte e Distribuição de Energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; "M.B.A." em Gestão na Escola de Gestão do Porto da Universidade do Porto.
Aluno de doutoramento na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 19993
Desenvolveu actividade profissional na SOLIDAL no controlo de qualidade e manutenção, na EFACEC na área comercial de exportação de máquinas eléctricas, na British United Shoe Machinery na área de manutenção, na ALCATEL-Austrália na área de manutenção, na ELECTROEXPRESS, em Sidney, na área de manutenção e instalações eléctricas.
Bolseiro da F.C.T., Fundação para a Ciência e Tecnologia desde 2008.



Arlindo Ferreira Francisco

(1060991@isep.ipp.pt)

Finalista do curso de Engenharia Electrotécnica, área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia, no Instituto Superior Engenharia do Porto.
Colaborador na empresa Grohe-Portugal (Fábrica de Componentes Sanitários em Albergaria-a-Velha) desde 1998, desempenhando funções na área da Manutenção e Projectos Especiais.
Larga experiência na área de Automação e Controlo.
Recentemente a desenvolver projecto sobre Gestão de Energia.



Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva

(hjs@isep.ipp.pt)

Licenciado em Engenharia Electrotécnica, em 1979, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, opção de Produção, Transporte e Distribuição de Energia.
Diploma de Estudos Avançados em Informática e Electrónica Industrial pela Universidade do Minho. Mestre em Ciências na área da Electrónica Industrial.
Professor Adjunto Equiparado do ISEP, leccionando na área da Teoria da Electricidade e Instalações Eléctricas.



Hugo Miguel Ferreira de Sousa

(1060992@isep.ipp.pt)

Finalista do curso de Engenharia Electrotécnica, Sistemas Eléctricos de Energia, no instituto superior de Engenharia do Porto.
A desempenhar funções como Técnico de Manutenção Industrial, na empresa Socitrel – Sociedade Industrial de Trefilaria S.A., desde 1997.



José António Beleza Carvalho

(jbc@isep.ipp.pt)

Nasceu no Porto em 1959. Obteve o grau de B.Sc em engenharia electrotécnica no Instituto Superior de Engenharia do Porto, em 1986, e o grau de M.Sc e Ph.D. em engenharia electrotécnica na especialidade de sistemas de energia na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em 1993 e 1999, respectivamente.
Actualmente, é Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Electrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Director do Departamento.

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



José Jacinto Gonçalves Ferreira (jacintoferreira@googlemail.com)
Engenheiro Electrotécnico na Área de Sistemas Eléctricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.
Chefe de Serviço Após-Venda na Schmitt - Elevadores, Lda



Miguel Leichsenring Franco (m.franco@schmitt-elevadores.com)
Miguel Leichsenring Franco, licenciado em Engenharia Electrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.
Master in Business Administration (MBA) com especialização em Marketing pela Universidade Católica Portuguesa – Lisboa.
Licenciado em Administração e Gestão de Empresas pela Universidade Católica Portuguesa – Porto.
Administrador da Schmitt-Elevadores, Lda.



Roque Filipe Mesquita Brandão (rfb@isep.ipp.pt)
Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
Aluno de doutoramento em Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
Investigador do INESC Porto, Laboratório Associado. Bolseiro da FCT.
Desde 2001 é docente no Departamento de Engenharia Electrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.
Consultor técnico de alguns organismos públicos na área da electrotecnia.



Sérgio Filipe Carvalho Ramos (scr@isep.ipp.pt)
Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia, pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa.
Aluno de doutoramento em Engenharia Electrotécnica e de Computadores no Instituto Superior Técnico de Lisboa.
Docente do Departamento de Engenharia Electrotécnica do curso de Sistemas Eléctricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001.
Prestação, para diversas empresas, de serviços de projecto de instalações eléctricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica.
Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 2002.



Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira (tan@isep.ipp.pt)
Licenciatura e mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, área científica de Sistemas de Energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
Doutoramento em Engenharia Electrotécnica e Computadores, pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
Docente do Departamento de Engenharia Electrotécnica, curso de Sistemas Eléctricos de Energia do ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto. Investigadora no GECAD – Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão, desde 2003.
O percurso profissional inclui o dimensionamento e projecto de transformadores de distribuição – EFACEC, empresa fabril de máquinas eléctricas.
Subdirectora no Departamento de Engenharia Electrotécnica no ISEP.

