

ANÁLISE DA QUALIDADE DE ENERGIA: INSTALAÇÕES ELÉTRICAS COM MINIPRODUÇÃO



Resumo

A qualidade da energia como pilar do sistema elétrico nacional é um fator de elevada exigência quanto à sua gestão. Com a implementação da microgeração numa 1.ª fase (DL 363/2007) e a miniprodução numa 2.ª fase (DL 34/2011), a gestão da qualidade de energia na rede elétrica tornou-se ainda mais complexa, dificultando a ação dos players do SEN, desde a produção à entrega no cliente final.

1. Enquadramento

Com a necessidade de cumprimento das metas de Quioto, Portugal tornou-se um exemplo na concretização das mesmas, sendo vanguardista quer na criação de parques eólicos quer na conceção de empresas capazes de se posicionarem nos lugares cimeiros na disputa da sustentabilidade a nível global (como é o caso da EDP Renováveis). Na cauda da produção eólica, seguiu-se a produção de energia através do sol, tendo sido criados mecanismos de promoção e bonificação para implementação de produção de energia através de fontes renováveis junto dos locais de consumo, inicialmente em habitações com pequenos sistemas até 3,68 kVA, promovidos pela Lei da microprodução (DL 363/2007) e mais

tarde alargados ao setor Terciário através da Lei da miniprodução (DL 34/2011) com sistemas de maior dimensão e complexidade até 250 kVA. Atualmente já existe a Lei do autoconsumo (DL 153/2014) que promove a instalação de sistemas até 1 MVA. Apesar dos Decretos permitirem a utilização das várias fontes renováveis, a tecnologia fotovoltaica destacou-se na escolha dos produtores pela sua simplicidade e custo, quer na instalação e na exploração, quer na previsão de produção ao longo do contrato de compra e venda de energia, permitindo o cálculo e dimensionamento das centrais de forma técnico-financeiramente fiável.

No entanto, a elevada expansão destes sistemas na rede elétrica fez com que surgissem várias anomalias técnicas quer para o distribuidor, quer para o produtor, sendo que na sua maioria, o produtor é a entidade mais afetada pela imposição normativa e regulamentar existente desde a produção de equipamentos à instalação e exploração, que protegem em primeiro lugar a rede elétrica e a segurança da mesma em detrimento da continuidade de serviço das instalações de miniprodução, o que afeta diretamente a rentabilidade destas instalações mas que, não existe ainda

contornar sem que algumas exceções sejam abertas nomeadamente no Regulamento de Qualidade de Serviço e na EN 50160. Por outro lado, o panorama das instalações elétricas particulares em Portugal, na sua maioria, são de dois tipos, envelhecidas, que foram crescendo sem planeamento e sem regra e que por isso possuem canalizações desgastadas, com fugas de isolamento, máquinas com pouca eficiência, sem manutenção e com um risco de avaria elevados, ou então, são instalações elétricas recentes com eletrónica de potência, abundantes em cargas não lineares. Num caso ou no outro, a qualidade da energia nestas instalações é por si só um fator preocupante para elas mesmas, quando instalamos centrais fotovoltaicas de miniprodução neste tipo de instalações elétricas, a qualidade de energia afeta o rendimento das centrais fotovoltaicas de forma preocupante. Até à data, as paragens de serviço das centrais de produção em regime de miniprodução, eram associadas à qualidade dos equipamentos instalados, má configuração do sistema e em muitos casos sem razão aparente. O presente artigo pretende elucidar para o facto de que a má qualidade das instalações elétricas e consequente má qualidade da energia que nelas transita, afeta diretamente e com grande impacto a rentabilidade das centrais de miniprodução associadas ao mesmo ponto de interligação.

2. Anomalias Frequentes

A rentabilidade de uma central fotovoltaica de minigeração, está diretamente relacionada com o número de horas de funcionamento. As horas de funcionamento têm como base vários fatores, entre os quais, a radiação solar que depende da zona geográfica, sombreamentos e manutenção, etc. Estes fatores incidem sobre o gerador fotovoltaico (lado DC da central a montante do inversor), no entanto existem fatores do lado AC (a jusante do inversor) que também afetam as horas de funcionamento da central fotovoltaica sendo esse o nosso objeto de estudo. Toda a rede elétrica a jusante do inversor (lado AC) respeita as Normas de Segurança e Qualidade de Energia impostas pela Norma EN 50160 que apesar de exigente, possui algumas lacunas onde cabalmente aparecem as anomalias que provocam a

descontinuidade de serviço das centrais fotovoltaicas de Minigeração. Numa instalação elétrica particular (figura 1), a má qualidade de energia intrínseca não se fazia notar de forma evidente, visto que é no ponto de interligação com a Rede pública que se fazem notar os seus efeitos, e como a rede pública possui uma potência muito superior à instalação de utilização particular, as anomalias não tendo dimensão suficiente, são absorvidas pela rede pública de forma discreta.

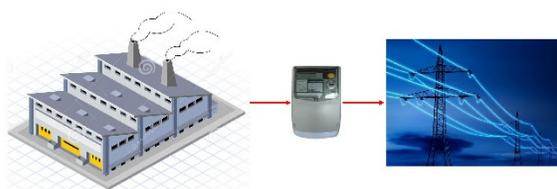


Figura 1. Instalação de utilização particular ligada à rede pública de eletricidade

Se ao ponto de interligação adicionamos uma central de produção fotovoltaica (figura 2) em que a sua potência é inferior à potência da instalação de utilização particular, as anomalias tendem para a central de produção, afetando as suas proteções, medições e rendimentos, resultando em grandes perdas de produção e envelhecimento precoce dos equipamentos e canalizações, colocando em causa a sua esperança de vida e o retorno do investimento.

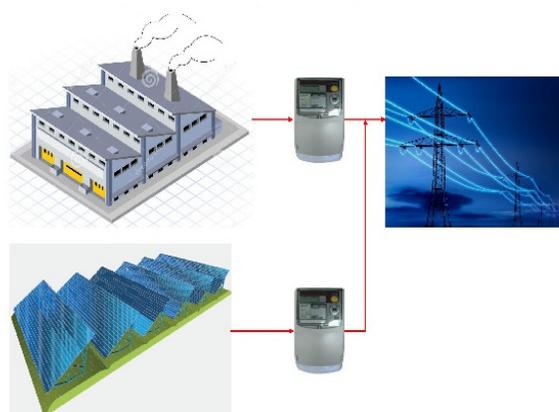


Figura 2. Instalação de utilização particular com miniprodução ligada à rede pública de eletricidade

2.1. Sub e Sobretensões

Tem sido verificado já desde a microgeração um efeito elevatório na amplitude da tensão sempre que existe uma central fotovoltaica instalada num mesmo ponto de interligação de uma instalação de utilização particular com a RESP. Este efeito verifica-se essencialmente em instalações elétricas de baixa potência com central de produção, ligadas em fim de linha a redes elétricas do tipo radial. As sobretensões em situações deste tipo, verificam-se sempre que a carga na rede é baixa, quando por sua vez a produção da central é alta. Neste caso a amplitude da corrente elétrica que percorre a rede radial no sentido “rede – ponto de consumo” é de tal forma pequena que a queda de tensão entre a subestação e o ponto de interligação com a miniprodução é também ela pequena.

Posto isto, com uma diferença de potencial quase nula entre a central de produção e a subestação e a impedância da rede sendo ela também elevada, o nível de tensão no ponto de interligação tende a subir chegando a valores extrarregulamentares, provocando a saída de serviço do inversor fotovoltaico por máximo de tensão. O mesmo acontece se o cenário for o inverso, se o consumo na rede for de tal forma elevado e a produção de tal forma baixa que a queda de tensão entre a subestação e o ponto de interligação da produção for de tal forma elevada que o nível da tensão atinge valores inferiores ao limite mínimo regulamentar provocando a saída de serviço do inversor fotovoltaico por mínimo de tensão.

Posto isto, as paragens de serviço provocadas por sub ou sobretensões nas centrais fotovoltaicas de miniprodução, e porque na sua maioria acontecem nos períodos de maior rendimento fotovoltaico, são anomalias sem impacto técnico, visto que não provocam qualquer efeito nefasto nos equipamentos e canalizações, mas com grande impacto económico na rentabilidade financeira da central pela redução das horas de produção.

2.2. Cavas de Tensão

As cavas de tensão (figura 3) são de igual forma anomalias

verificadas na amplitude da tensão, no entanto ocorrem de forma brusca com descida da tensão para valores inferiores a 10% e períodos inferiores a 1s.

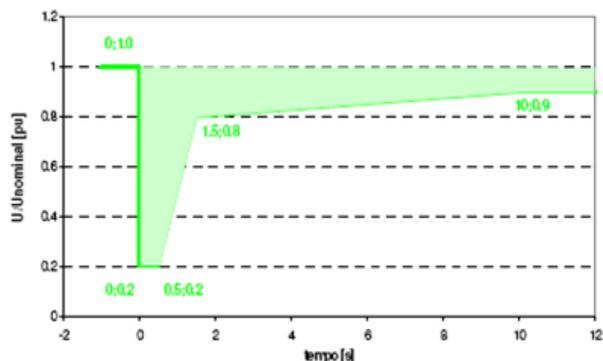


Figura 3. Cava de tensão

Estas ocorrências, frequentes em toda a rede elétrica, desde a baixa à alta tensão, têm mais influência em centrais fotovoltaicas de Minigeração interligadas à RESP em Média tensão. Se por um lado as cavas de tensão ocorrem também em baixa tensão, mas de forma tão rápida que os inversores fotovoltaicos não são capazes de ler a quebra de tensão, por outro, em centrais ligadas em Média tensão, que são protegidas no ponto de interligação pelo relé de proteção configurado pelo distribuidor para atuação igual a 1s, as cavas de tensão, provocam a saída de serviço da central fotovoltaica por disparo do relé de proteção da interligação (figura 4). Este tipo de anomalias provoca saídas de serviço da central de miniprodução que na prática traduzem-se mais uma vez em custos por falta de produção, agravados neste caso pela necessidade de deslocação de equipas técnicas habilitadas para a manobra de quadros de média tensão.

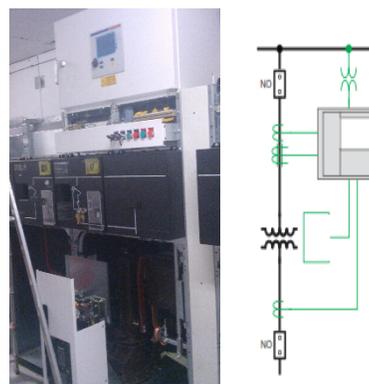


Figura 4. Relé de proteção da interligação

2.3. Harmónicos

Cada vez mais, as instalações elétricas particulares, principalmente em edifícios de serviços e industriais, possuem cargas não lineares. Os edifícios de serviços possuem cargas predominantemente do tipo, computadores, impressoras, iluminação com balastros eletrônicos, servidores informáticos, etc, também os edifícios industriais possuem cada vez mais máquinas com controladores eletrônicos do tipo variadores de velocidade, quadros de comando com fontes comutadas, sistemas de climatização com variador de velocidade, são também cada vez mais informatizados e por consequência necessitam também estes de grandes servidores informáticos. Todas estas cargas, são a receita ideal para que a corrente elétrica consumida por estas cargas nas instalações particulares possua uma distorção relativamente à tensão que a RESP disponibiliza à entrada da instalação. A este efeito chama-se distorção harmónica. A distorção harmónica provocada na rede interna das instalações elétricas particulares, provocada pelas cargas dessas mesmas instalações promove a circulação de correntes harmónicas no sentido da fonte de energia que é a RESP, no entanto, quando aplicamos uma central de miniprodução no ponto de interligação dessas instalações com a RESP, as correntes harmónicas tendem para a fonte de produção com menor impedância, sendo esta a miniprodução. Quando uma instalação elétrica possui uma distorção harmónica elevada, as correntes harmónicas que tendem para a miniprodução podem atingir valores de tal forma elevados que as anomalias verificadas, são bastante preocupantes e colocam em risco o funcionamento e a segurança da central de miniprodução. São muitas vezes verificadas as seguintes anomalias:

- Disparo intempestivo das proteções

A presença de correntes harmónicas na canalização elétrica de uma miniprodução inserida numa instalação elétrica com distorção harmónica, possui um efeito destrutivo nas proteções e nas respetivas canalizações, essencialmente se estivermos na presença de harmónicos de 3.^a e 5.^a ordem, visto que o valor eficaz da corrente (RMS) que percorre a canalização e respetiva proteção cresce exponencialmente

provocando aquecimento e consequente fadiga térmica tanto na canalização como na proteção, originando disparos intempestivos das proteções e a médio prazo a rotura da capacidade de isolamento das canalizações e da própria alma condutora.

- Subdimensionamento do condutor de neutro

A presença de correntes harmónicas múltiplas de 3 aparecem somadas no condutor de neutro, chegando muitas vezes a valores superiores ao condutor de fase. Tendo normalmente o condutor de neutro metade da secção do condutor de fase, visto que a miniprodução na sua maioria é de configuração trifásica e de produção equilibrada nas três fases, na presença de correntes harmónicas no condutor de neutro, este estará sub dimensionado face à corrente que o atravessa, originando a curto prazo fadiga térmica e decréscimo da resistência de isolamento.

- Interferência nas medições

A corrente harmónica presente nas canalizações elétricas da miniprodução, pode afetar a capacidade de leitura dos equipamentos de medição, visto que a medição se baseia na leitura da tensão e na leitura da corrente. Portanto, se existir uma distorção entre a corrente e a tensão, o cálculo será distorcido, causando deficiência no funcionamento dos equipamentos. Esta anomalia provoca dificuldade na entrada em funcionamento dos inversores, e desgaste acentuado na eletrónica de potência dos mesmos devido ao trabalho excessivo de comutação. Os equipamentos de contagem de energia exportada para a RESP podem também eles ser afetados e influenciar a contagem.

- Ressonância

Numa grande parte das instalações elétricas particulares, a compensação de energia reativa ou não existe ou, mais grave ainda, é deficiente, sendo por isso verificado uma linha média do fator de potência abaixo do valor desejado (entre 0,97 a 1), este fator associado à presença de harmónicos na instalação elétrica provoca ressonância LC tendo como efeito a amplificação da corrente harmónica que por sua vez tende para a miniprodução provocando as anomalias já referidas.

A compensação do fator de potência deficiente provoca ainda em algumas situações sobre elevação da tensão para valores extrarregulamentares.

Todas estas anomalias, possuem um efeito nefasto na central de miniprodução, provocando saídas de serviço, dificuldade na entrada em serviço, desgaste e destruição das canalizações e proteções e adulteração das medições de energia exportada para a RESP, causando graves perdas financeiras e afetando gravemente a rentabilidade da miniprodução.

3. Casos de estudo

Existem alguns casos de estudo como suporte a este artigo, alguns dos quais iremos apresentar para que seja perceptível o impacto real destas anomalias na rentabilidade das centrais fotovoltaicas de miniprodução e a influência da qualidade de energia no ponto de interligação com a RESP.

3.1. Instalação industrial com miniprodução

A figura 5 mostra a instalação com miniprodução.



Figura 5. Central de miniprodução

Neste caso prático pretende-se demonstrar o impacto das cavas de tensão com origem na RESP. Como o nível de contagem do consumo é em Média tensão (figura 6), o ponto de interligação da miniprodução com a RESP é em Média tensão, o que por si só, elimina possibilidade de interferência da instalação de consumo na miniprodução, no entanto e devido à necessidade de instalação do relé de proteção da interligação e à sua regulação muito exigente

pelo distribuidor, esta instalação apresenta saídas de serviço sempre que ocorre uma cava de tensão na rede elétrica de média tensão.



Figura 6. Posto de transformação de miniprodução

| Caraterização da Instalação | | | |
|-----------------------------|--|--|---|
| Tipo de Ligação: | Ligação em Média Tensão através de Posto de Transformação de 1200kVA | | |
| Nível da Contagem: | A Contagem de Energia Consumida é em Média Tensão | | |
| Tipo de Instalação | Tipo de cargas | Estado de Conservação da Instalação Elétrica | Compensação da Energia Reativa |
| Indústria Metalomecânica | Máquinas de Corte de Chapa | Em excelente estado. | O quadro de compensação de Energia Reativa é atual e bem dimensionado |
| | Desenroladores Industriais | | |
| | Pontes Rolantes | Sujeita a manutenção preventiva. | |
| | Iluminação Fluorescente com balastro eletrónico | Bem dimensionada | |
| | Variadores de Velocidade | | |

Quadro 1: Quadro de caraterísticas da instalação elétrica particular de consumo

| Caraterização da miniprodução | |
|-------------------------------|---|
| Tipo de Ligação: | Ligação em Média Tensão através de Posto de Transformação de 250kVA |
| Nível da Contagem: | A Contagem de Energia Exportada é em Média Tensão |
| Potência Instalada: | 315 kVA - Fotovoltaico |
| Potência de Ligação: | 250 kVA (Transformador Seco) (248 kVA em Inversores) |
| Quantidade de Inversores | 17 Inversores de Rede (16 un de 15 kVA e 1 un de 8 kVA) |

Quadro 2: Quadro de caraterísticas da instalação elétrica de miniprodução

4. Análise Técnico-económica

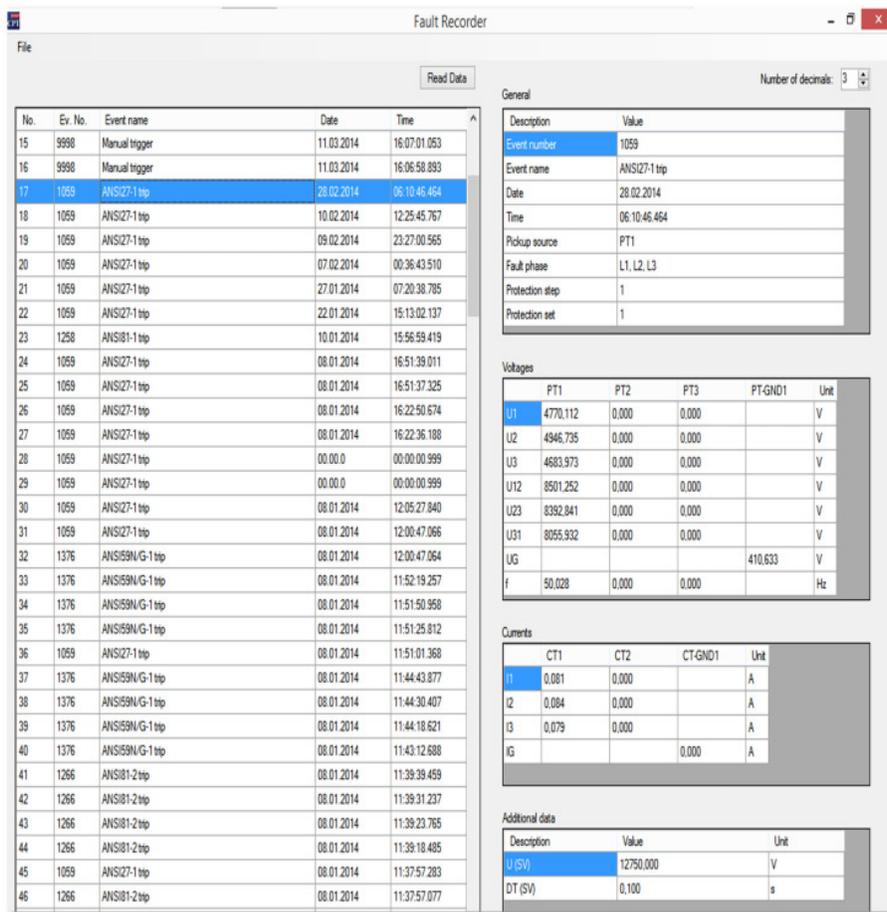


Figura 7. Cava de tensão registada pelo relé de proteção da interligação

| 2014 | |
|--------------|-----------------------------|
| Mês | N.º de Dias de Não Produção |
| Janeiro | 2 |
| Fevereiro | 4 |
| 2015 | |
| Mês | N.º de Dias de Não Produção |
| Janeiro | 3 |
| Abril | 1 |
| TOTAL | 10 |

Quadro 3. Número de dias sem produção devido às cavas de tensão

Quantificados os dias de Não Produção registados no quadro 3, para calcular o prejuízo financeiro, é necessário consultar a tabela de produção prevista que serviu de base de cálculo ao investimento.

| Fixed system: inclination=30°, orientation=0° | | | | |
|---|---------------|--------------|-------------|------------|
| Month | E_d | E_m | H_d | H_m |
| Jan | 736.00 | 22800 | 3.13 | 97.1 |
| Feb | 812.00 | 22700 | 3.52 | 98.5 |
| Mar | 1150.00 | 35800 | 5.17 | 160 |
| Apr | 1160.00 | 34700 | 5.28 | 158 |
| May | 1300.00 | 40200 | 5.95 | 185 |
| Jun | 1380.00 | 41400 | 6.43 | 193 |
| Jul | 1380.00 | 42900 | 6.48 | 201 |
| Aug | 1390.00 | 43100 | 6.56 | 203 |
| Sep | 1230.00 | 36900 | 5.72 | 172 |
| Oct | 992.00 | 30800 | 4.46 | 138 |
| Nov | 713.00 | 21400 | 3.09 | 92.6 |
| Dec | 610.00 | 18900 | 2.59 | 80.3 |
| Yearly average | 1070 | 32600 | 4.87 | 148 |
| Total for year | 391000 | 1780 | | |

Quadro 4. Quadro de produção prevista

| Mês | N.º de Dias de Não Produção | Produção Estimada/Dia (kWh) | Produção Estimada Perdida/Mês (kWh) | Tarifa Contratada (€/kWh) | Produção Estimada Perdida/Dia (€) |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| jan/14 | 2 | 736 | 1472 | 0,25 € | 367,85 € |
| fev/14 | 4 | 812 | 3248 | | 811,68 € |
| jan/15 | 3 | 736 | 2208 | | 551,78 € |
| abr/15 | 1 | 1160 | 1160 | | 289,88 € |
| TOTAL | 10 | Total Não Produção (MWh) | 8 | | |

Quadro 5. Quadro de cálculo de perdas de produção

Somado a estes custos a mão de obra das deslocações para reposição de serviço, obtemos para este caso de estudo uma penalização de cerca de 3% na recuperação do investimento (quadro 6).

| | Custo (€) | Rendimento Estimado (€) | Peso Parcial (%) | Total de Perdas (%) |
|--------------|------------|-------------------------|------------------|---------------------|
| Não Produção | 1 179,00 € | 97 750,00 € | 1,21% | 2,87% |
| Mão-de-obra | 1 630,00 € | | 1,67% | |

Quadro 6. Total das perdas referentes a esta anomalia

Soluções

A resolução prática desta anomalia, passa por alterar o tempo de análise do relé de proteção de interligação, no entanto esta medida não é aceite pelo distribuidor, posto isto, de forma a minimizar o impacto, inibiu-se o disparo da proteção da interligação do lado da média tensão, permitindo com isto eliminar a necessidade de deslocação de uma equipa especializada para religação da central, diminuindo de forma expressiva as perdas por não produção.

3.2. Instalação de Serviços com miniprodução

Neste tipo de instalações, e no caso de estudo em particular, a instalação de utilização é bastante antiga, não existindo manutenção preventiva nem melhoria continua. Esta instalação possui graves problemas de qualidade de energia, que por sua vez interferiram gravemente com o funcionamento e exploração da central fotovoltaica de minigeração a ela interligada.



Figura 8. Central fotovoltaica de minigeração em edifício de serviços (Ensino)

| Caraterização da Instalação | | | |
|-----------------------------|---|---|---|
| Tipo de Ligação: | Ligação em Baixa Tensão através de Posto de Transformação de 430kVA | | |
| Nível da Contagem: | A Contagem de Energia Consumida é em Baixa Tensão | | |
| Tipo de Instalação | Tipo de cargas | Estado de Conservação da Instalação Elétrica | Compensação da Energia Reativa |
| Industria Metalomecânica | Servidores Informáticos | Bastante degradada Não sujeita a manutenção preventiva Canalizações antigas e sobrecarregadas | O quadro de compensação de Energia Reativa é bastante antigo e não se encontra ajustado à realidade atual da instalação |
| | Computadores | | |
| | UPS | | |
| | Iluminação Fluorescente com balastro eletrónico | | |
| | Impressoras | | |

Quadro 7. Quadro de caraterísticas da instalação elétrica particular de consumo

| Caraterização da miniprodução | |
|-------------------------------|--|
| Tipo de Ligação: | Ligação em Baixa Tensão |
| Nível da Contagem: | A Contagem de Energia Exportada é em Baixa Tensão |
| Potência Instalada: | 154,25 kVA - Fotovoltaico |
| Potência de Ligação: | 116 kVA |
| Quantidade de Inversores | 8 Inversores de Rede (7 un de 15 kVA e 1 un de 11 kVA) |

Quadro 8. Quadro de caraterísticas da instalação elétrica de miniprodução

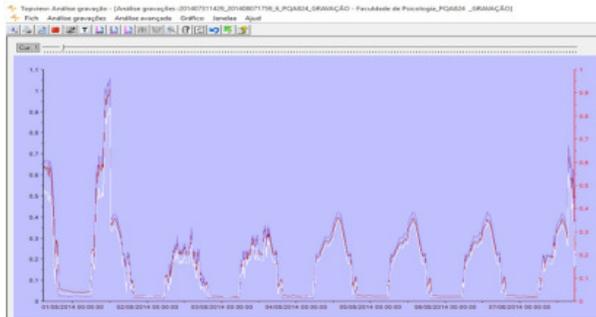


Figura 9. Harmônicos de corrente de 3.ª ordem

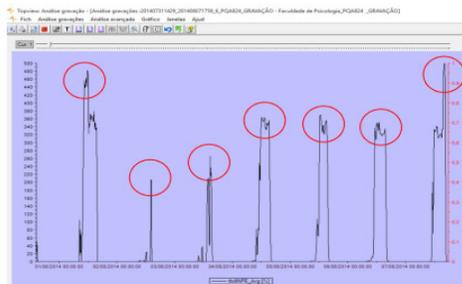


Figura 10. THDI no condutor de neutro

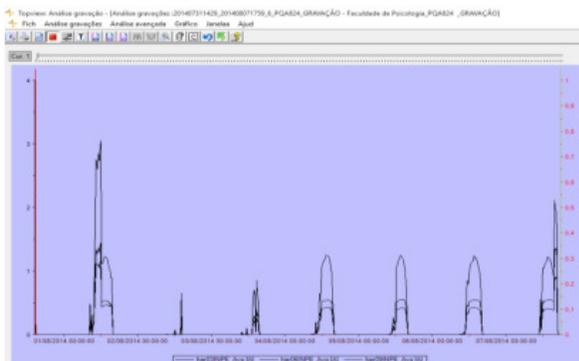


Figura 11. harmônicos múltiplos de 3 no condutor de neutro

| Mês | N.º de Dias de Não Produção |
|--------------|-----------------------------|
| Maio | 0 |
| Junho | 30 |
| Julho | 27 |
| Agosto | 26 |
| Setembro | 7 |
| TOTAL | 90 |

Quadro 9. Número de dias sem produção devido aos disparos intempestivos provocados pela poluição harmónica

Quantificados os dias de Não Produção registados no quadro 9, para calcular o prejuízo financeiro, é necessário consultar a tabela de produção prevista que serviu de base de cálculo ao investimento.

| Fixed system: Inclination=30°, orientation=20° | | | | |
|--|------------|--------------|-------------|-------------|
| Month | E_d | E_m | H_d | H_m |
| Jan | 180.00 | 5590 | 3.26 | 101 |
| Feb | 197.00 | 5510 | 3.63 | 102 |
| Mar | 282.00 | 8740 | 5.29 | 164 |
| Apr | 282.00 | 8460 | 5.38 | 161 |
| May | 314.00 | 9740 | 6.03 | 187 |
| Jun | 331.00 | 9940 | 6.50 | 195 |
| Jul | 342.00 | 10600 | 6.75 | 209 |
| Aug | 336.00 | 10400 | 6.66 | 207 |
| Sep | 300.00 | 9000 | 5.89 | 177 |
| Oct | 248.00 | 7670 | 4.72 | 146 |
| Nov | 175.00 | 5250 | 3.28 | 98.5 |
| Dec | 163.00 | 5040 | 2.98 | 92.4 |
| Yearly average | 263 | 8000 | 5.04 | 153 |
| Total for year | | 95900 | | 1840 |

Quadro 10. Quadro de produção prevista

| Penalizações | Custo (€) | Rendimento Estimado (€) | Peso Parcial (%) | Total de Perdas (€) | Total de Perdas (%) |
|--------------|------------|-------------------------|------------------|---------------------|---------------------|
| Não Produção | 7 497,00 € | 23 750,00 € | 31,57% | 9 924,13 € | 41,79% |
| Equipamentos | 1 577,13 € | | 6,64% | | |
| Mão-de-obra | 850,00 € | | 3,58% | | |

Quadro 11. Quadro de cálculo de perdas de produção

Somado a estes custos a mão de obra das deslocações para reposição de serviço e os materiais de substituição necessários para repor os danificados, obtemos para este caso de estudo uma penalização de cerca de 41.79% na recuperação do investimento (quadro 12).

| Mês | N.º de Dias de Não Produção | Produção Estimada/Dia (kWh) | Produção Estimada Perdida/Mês (kWh) | Tarifa Contratada (€/kWh) | Produção Estimada Perdida/Mês (€) | |
|--------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Maio | 0 | 314 | 0 | 0,2499 € | 0,00 € | |
| Junho | 30 | 331 | 9930 | | 2 481,51 € | |
| Julho | 27 | 342 | 9234 | | 2 307,58 € | |
| Agosto | 26 | 336 | 8736 | | 2 183,13 € | |
| Setembro | 7 | 300 | 2100 | | 524,79 € | |
| TOTAL | 90 | Total Não Produção (MWh) | 30 | | | 7 497,00 € |

Quadro 12. Quadro de cálculo de perdas de produção

Soluções

Na prática a resolução destas anomalias passa por investimentos avultados, pois requerem um estudo mais profundo da instalação elétrica de consumo, obriga a reconfigurações da instalação e investimento em equipamentos tecnológicos e soluções de engenharia que transformariam o investimento em prejuízo a curto prazo.

De forma a minimizar a interferência da poluição harmónica na central fotovoltaica, numa primeira ação deveríamos substituir as proteções do tipo disjuntor para proteções do tipo fusível, isto porque o fusível não possui circuito magnético (bobine), como tal apresenta um elevado grau de imunidade à ação dos harmónicos de corrente. No entanto seria obrigatório, aumentar a secção das fases e igualar a secção do neutro de forma a garantir as condições de compatibilidade eletromagnética e isolamento da canalização elétrica a longo prazo. Seria importante ainda, neste caso em concreto, ajustar a compensação do fator de potência de forma evitar a ressonância e consequente amplificação dos harmónicos de corrente na instalação elétrica particular.

4. Conclusão

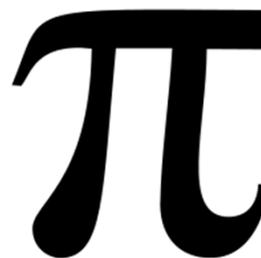
É importante sublinhar que, instalar uma miniprodução numa qualquer instalação de consumo, não devem ser analisadas apenas as condições de instalação, como se percebe neste artigo, existe um risco elevado de quebras de produção provocadas pela má qualidade da rede elétrica da instalação de consumo e também, apesar de ser em menor escala, da rede elétrica de distribuição, quebras essas que afetam técnico-financeiramente a rentabilidade das instalações e podem até colocar em risco a segurança das instalações e utilizadores. Posto isto é importante retirar deste estudo a necessidade de avaliar estes riscos aquando da análise prévia da instalação, precavendo tecnicamente o projeto e desenvolvimento da solução a instalar, tendo em conta o tipo de instalação de consumo e o seu estado de exploração.

Neste tipo de soluções, qualquer percentagem mínima afeta a rentabilidade da miniprodução, sendo uma solução com esperança de vida de 25 anos, torna-se primordial a sua exploração em harmonia com a instalação de consumo.

Bibliografia

- [1] TAVARES, Hugo—ISEP, Regimes de Neutro em Média Tensão em Subestações de Distribuição de Energia Elétrica. Porto, 2013.
- [2] ENERGIA, Portal—Energia Fotovoltaica: manual sobre tecnologias, projeto e instalação. União Europeia, 2004.
- [3] DGEG—Guia Técnico das Instalações de Produção Independente de Energia Elétrica. Lisboa, 2009.
- [4] SCHNEIDER—Qualidade de Energia, Harmónicas. Brasil, 2003.
- [5] XU, Xiao-yan, HUANG, Yue-hui, LIU, Chun, WANG, Wei-sheng—Impact of Dispersed PV Generation on Voltage Rise of Distribution Grid, 2010.
- [6] ERSE —Manual de Procedimentos da Qualidade de Serviço do Setor Elétrico, 2013.
- [7] EDP, ISR—Manual da Qualidade da Energia Elétrica, 2005.
- [8] ISE—Aspetos Gerais da Qualidade de Energia, 2012
- [9] ERSE — Regulamento da Qualidade de Serviço do Setor Elétrico, 2013.

Notas soltas:



$\pi = 3,14159\ 26535\ 89793\ 23846\ 26433\ 83279\ 50288\ 41971\ 69399\ 37510\ 58209\ 74944\ 59230\ 78164\ 06286\ 20899\ 86280\ 34825\ 34211\ 70679\ 82148\ 08651\ 32823\ 06647\ 09384\ 46095\ 50582\ 23172\ 53594\ 08128\ 48111\ 74502\ 84102\ 70193\ 85211\ 05559\ 64462\ 29489\ 54930\ 38196\ 44288\ 10975\ 66593\ 34461\ 28475\ 64823\ 37867\ 83165\ 27120\ 19091\ 45648\ 56692\ 34603\ 48610\ 45432\ 66482\ 13393\ 60726\ 02491\ 41273$

(Aproximação do número pi até a tricentésima casa decimal)