

Análise de conformidade de microgeradores fotovoltaicos com a norma ABNT NBR 16149

Compliance analysis of photovoltaic microgenerators with ABNT NBR 16149

RESUMO

Paulo Henrique Strauss Corrêa
paulocorrea@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Márcio Mendes Casaro
casaro@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

O objetivo do presente estudo é fazer um apanhado prático da aplicação desta norma e suas ramificações, ou seja, de normas complementares. Como consequência, gerou-se um *checklist*, ou folha de verificação, resumindo os testes na qual o inversor deve passar. Procurou-se especificar todos os parâmetros a serem atendidos. Com isso, o estudo apresenta uma importante contribuição, deixando claro quais os requisitos atendidos pelos inversores comercializados, representando um conhecimento aprofundado sobre o equipamento e sobre quais defeitos o mesmo pode apresentar.

PALAVRAS-CHAVE: Geração de energia fotovoltaica. Inversores elétricos. Sistemas de energia fotovoltaica.

ABSTRACT

The purpose of this study is to provide a practical overview of the application of this standard and its ramifications, that is, of complementary standards. As a consequence, a checklist, or verification sheet, was generated, summarizing the tests that the inverter must pass. We tried to specify all parameters to be met. Thus, the study makes an important contribution, making it clear which requirements are met by the commercialized inverters, representing in-depth knowledge about the equipment and what defects it may present.

KEYWORDS: Photovoltaic power generation. Electric inverters. Photovoltaic energy systems.

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.

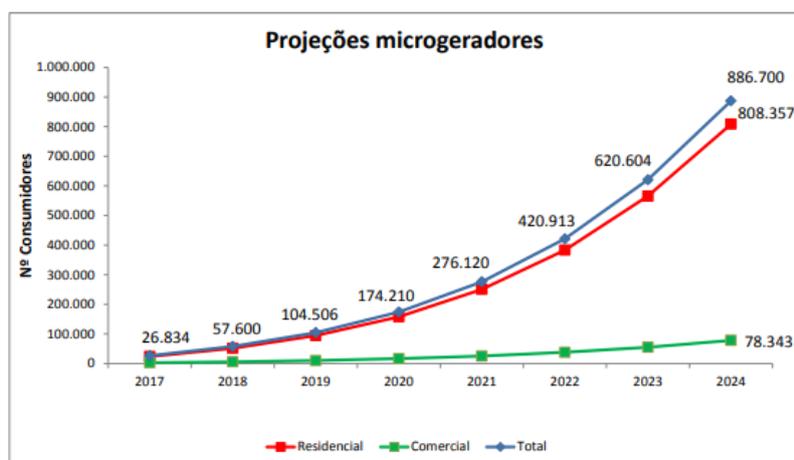


INTRODUÇÃO

A disponibilidade de energia elétrica é um fator essencial para o desenvolvimento econômico de qualquer nação. No Brasil, este insumo é produzido predominantemente em usinas hidrelétricas e em usinas termelétricas. Porém, estes processos levantam muitas questões polêmicas, pois as suas utilizações envolvem impactos sociais e ambientais.

Em razão disso, muitos países buscam fontes alternativas de energia. Com isso, os geradores eólicos e solares ganham destaque por serem fontes renováveis e não poluentes, além de se adequarem bem ao meio onde operam. A energia solar se destaca ainda mais por ter a sua fonte, a luz do Sol, de maneira abundante na superfície da Terra e por ter uma facilidade de instalação. Estas características, por sua vez, permitem que sistemas fotovoltaicos integrados a residências e pequenos comércios se multipliquem, aproveitando a energia solar incidente sobre a edificação. A eletricidade produzida serve ao consumo próprio e, havendo excedente, a mesma pode ser injetada diretamente na rede de distribuição local. A figura 1 mostra a projeção de microgeradores em residências e comércios para os anos de 2017 a 2024.

Figura 1 - Projeção das unidades consumidoras que conteriam microgeradores



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2017).

A principal vantagem para o sistema elétrico com os microgeradores é poder gerenciar a demanda de energia de forma descentralizada, porém as probabilidades de falhas elétricas aumentam, que podem ser causadas por problemas na instalação ou nos equipamentos do sistema de geração.

Nos geradores fotovoltaicos, que segundo (ANEEL, 2017) representavam “99% dos geradores instalados em 2017”, o equipamento que têm uma maior probabilidade de apresentar defeitos é o inversor fotovoltaico. Por isso, têm-se a necessidade de estudá-lo para poder diagnosticar os defeitos do equipamento para garantir o seu funcionamento normal. A norma ABNT NBR 16149 surge então com as recomendações específicas para a interface de conexão entre os sistemas fotovoltaicos e a rede de distribuição de energia elétrica e estabelece seus requisitos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios realizados para verificação do funcionamento dos inversores conectados à rede segundo (INMETRO, 2014) são:

- a) Cintilação;
- b) Injeção de componente contínua;
- c) Harmônicos e distorção de forma de onda;
- d) Fator de potência;
- e) Injeção/demanda de potência reativa;
- f) Sobre/sub tensão;
- g) Sobre/sub frequência;
- h) Controle da potência ativa em sobrefrequência;
- i) Reconexão;
- j) Religamento automático fora de fase
- k) Modulação de potência ativa;
- l) Modulação de potência reativa;
- m) Desconexão do sistema fotovoltaico da rede;
- n) Requisitos de suportabilidade a subtensões decorrentes de faltas na rede;
- o) Proteção contra inversão de polaridade;
- p) Sobrecarga;
- q) Anti-ilhamento;

Estes ensaios foram definidos com base nos requerimentos mínimos a serem exigidos do equipamento, sendo que os ensaios de **a** até **n** estão descritos nas normas ABNT NBR 16149:2013 e ABNT NBR 16150:2013, objetivo deste estudo. E para realizar as medições durante os ensaios, as normas permitem os equipamentos com os níveis de exatidão conforme a tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Instrumentos de medição com exatidão permitidos pela norma

Equipamento	Exatidão
Osciloscópio	Melhor ou igual a 1%
Voltímetro	Melhor ou igual a 0,2%
Amperímetro	Melhor ou igual a 1%
Frequencímetro	Melhor ou igual a 0,01 Hz
Wattímetro	Melhor ou igual a 0,5%
Analisador de qualidade de energia	Melhor ou igual a 0,5%
Cronômetro	Melhor ou igual a 1 s

Fonte: Autoria própria (2020).

Para o desenvolvimento do estudo, foi utilizada uma ferramenta de qualidade chamada de folha de verificação, também conhecida como *checklist*, lista de verificação, ou lista de reconhecimento de defeitos. Esta ferramenta permite um maior controle nos processos e facilita a coleta de dados, que auxiliam na redução e detecção de erros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados que o inversor deve obter durante os ensaios estão descritos no quadro a seguir:

Quadro 1 – Checklist dos resultados esperados durante os ensaios

Ensaio	Item para verificação	Sim	Não	OBS
a	A diferença entre duas tensões estacionárias adjacentes foi menor que 3%?			
a	A diferença entre os valores máximos e mínimos da variação da tensão foi menor que 4%?			
a	A cintilação de curto prazo foi menor que 1%?			
a	A cintilação de longo prazo foi menor que 0,65%?			
a	Ao ligar uma lâmpada incandescente de 60W como carga, não foi observado flutuações ou cintilação?			
b	O inversor parou de fornecer energia à rede em 1 s quando a injeção de componente CC na rede elétrica foi superior a 0,5% a corrente nominal do inversor?			
c	A distorção harmônica total de corrente foi inferior a 5% em relação à corrente fundamental na potência nominal do inversor?			
c	As harmônicas ímpares de 3° a 9° tiveram distorção menor que 4%?			
c	As harmônicas ímpares de 11° a 15° tiveram distorção menor que 2%?			
c	As harmônicas ímpares de 17° a 21° tiveram distorção menor que 1,5%?			
c	As harmônicas ímpares de 23° a 33° tiveram distorção menor que 0,6%?			
c	As harmônicas pares de 2° a 8° tiveram distorção menor que 1%?			
c	As harmônicas pares de 10° a 32° tiveram distorção menor que 0,5%?			
d	A diferença entre os valores de fator de potência medidos e os valores esperados está dentro da tolerância de $\pm 0,025$?			
e	A diferença entre os valores de potência reativa medidos e os valores esperados está dentro da tolerância de $\pm 2,5\%$ da potencia nominal do inversor?			
f	O tempo de desconexão, quando a tensão no ponto de conexão foi maior que 110% da tensão nominal do inversor, foi igual ou menor que 0,2 s?			
f	O tempo de desconexão, quando a tensão no ponto de conexão foi menor que 80% da tensão nominal do inversor, foi igual ou menor que 0,4 s?			
g	O tempo de desconexão, quando a frequência da rede foi menor que 57,5 Hz, foi igual ou menor que 0,2 s?			
g	O tempo de desconexão, quando a frequência da rede foi maior que 62 Hz, foi igual ou menor que 0,2 s?			
h	A diferença entre os valores de potência ativa medidos e os valores esperados está dentro da tolerância de $\pm 2,5\%$ da potencia nominal do inversor?			
h	O tempo necessário para o inversor aumentar a potência ativa injetada, após a redução da frequência da			

Ensaio	Item para verificação	Sim	Não	OBS
	rede foi maior ou igual a 300 s?			
h	O gradiente de elevação da potência ativa injetada foi inferior 20% da potência ativa injetada no momento em que a frequência excede 60,5 Hz?			
i	O inversor não efetuou uma reconexão, durante os ensaios 6 e 7, em um período de 20 s a 300 s, após a retomada das condições normais de tensão e frequência da rede?			
j	O inversor foi capaz de suportar religamento automático fora de fase na pior condição possível (em oposição de fase)?			
k	A potência ativa limitada pelo comando externo foi atingida dentro de 1 min após o recebimento do sinal, com tolerância de $\pm 2,5\%$ da potência nominal do sistema, respeitando as limitações da potência de entrada do sistema fotovoltaico?			
l	A potência reativa exigida pelo telecomando foi atingida dentro de 10 s após o recebimento do sinal, com tolerância de $\pm 2,5\%$ da potência nominal do sistema?			
m	O inversor deixou de fornecer energia à rede dentro de 1 min após o recebimento do telecomando?			
n	O inversor não efetuou uma desconexão após uma falta na rede elétrica em um período de 200 ms?			
n	O inversor não efetuou uma desconexão após a tensão da rede diminuir numa faixa até 40% da tensão nominal em um período de 300 ms?			

Fonte: Autoria própria (2019).

O *checklist* mostra na primeira coluna o número do ensaio e na segunda coluna é apresentada a descrição dos itens a serem verificados durante os ensaios com as condições e valores aceitáveis conforme as normas. Após o ensaio, caso o item seja validado, o checklist apresenta um espaço para anotação na coluna “SIM” e, de maneira similar, caso o item não seja validado, o checklist apresenta um espaço para anotação na coluna “NÃO”. O checklist ainda possui um espaço para anotações e observações adicionais (OBS).

CONCLUSÃO

Este estudo apresenta um resumo para facilitar a identificação dos requisitos exigidos pela Norma ABNT NBR 16149:2013 para a validação dos inversores conectados à rede. Estes inversores são responsáveis pela conversão, em corrente alternada, toda a energia em corrente contínua proveniente dos módulos fotovoltaicos e entregar à rede elétrica uma energia com os parâmetros ideais da rede local.

Se todos os itens listados na folha de verificação forem validados, é possível afirmar que o inversor está em conformidade com Norma ABNT NBR 16149:2013.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Nota Técnica no 0056/2017-SRD/ANEEL**. 24 de mai. de 2017. Disponível em:

<https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica+0056+PROJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/38cad9ae-71f6-8788-0429-d097409a0ba9#:~:text=O%20objetivo%20desta%20Nota%20T%C3%A9cnica,em%20novembro%20de%202015%20pela>. Acesso em: 2 de ago. de 2020.

INMETRO. **Portaria INMETRO nº 357**. 01 de ago. de 2014. Disponível em:

<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002145.pdf>. Acesso em: 10 de ago. de 2020.