

Metodologia para cálculo do SCR no ponto de conexão (PAC) via sistema SCADA

Paulo Henrique Vieira Soares(*)
Vale SA

Thiago Carvalho Dias
SM&A Sistemas Elétricos

Henrique Fantoni Primo
SM&A Sistemas Elétricos

Vitor Hugo Oliveira Catarino
ITV - Instituto Tecnológico Vale

Douglas Gabriel A. O. Gomes
SM&A Sistemas Elétricos

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de cálculo para determinação do Short Circuit Ratio (SCR), no ponto de conexão de usinas com interface por inversores utilizando o sistema Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) da planta. O SCR está diretamente relacionado a estabilidade das malhas de controle, e sua determinação através de medições permite uma adequada sintonia destas malhas, reduzindo o risco de ocorrência de oscilações de potência. Um estudo de caso prático com a determinação do SCR de uma usina fotovoltaica de grande porte conectada a uma subestação de 230 kV do Sistema Interligado Nacional (SIN), aplicando a metodologia proposta, é apresentado.

PALAVRAS-CHAVE

Oscilação de Potência, SCADA, SCR, Sistema Fraco, Usina Fotovoltaica

1.0 - INTRODUÇÃO

A “força” de um sistema elétrico de potência é um dos conceitos fundamentais para o entendimento de seu funcionamento. Ela é tipicamente utilizada para quantificar o efeito da interação entre o sistema de potência de alimentação e o sistema conectado, podendo ser uma fonte, carga ou uma combinação de ambos (1).

O exemplo mais direto da força de um sistema de potência é o conceito clássico de uma fonte de potência infinita. Se uma barra é referida com este conceito, têm-se as seguintes condições:

- A magnitude da tensão da barra permanecerá inalterada, independentemente das características e da capacidade do sistema conectado a ela.
- A frequência da tensão da barra permanecerá inalterada, independentemente das características e da capacidade do sistema conectado a ela.

Portanto, a fonte de potência infinita é capaz de conduzir qualquer valor de corrente sem restrição, sendo um sistema capaz de fornecer uma corrente de curto-circuito “infinita”.

No entanto, como em sistemas reais a magnitude e a frequência da tensão das barras são afetadas pela interação com o sistema conectado a elas em um certo grau, é importante quantificar a força do sistema para possibilitar a estimativa do efeito desta interação. Tradicionalmente, essa força é quantificada em termos de uma grandeza chamada de relação de curto-circuito (Short Circuit Ratio - SCR). O SCR é quantificado pela formulação abaixo:

$$SCR = \frac{S_{CC-PAC}}{S_{NOM}}$$

Sendo,

S_{CC-PAC} – potência de curto-circuito trifásica no Ponto de Acoplamento Comum (PAC), com o sistema conectado em avaliação fora de operação, em MVA;

S_{NOM} – potência nominal do sistema conectado em avaliação, em MVA.

Conforme apresentado nos artigos de referência indicados no item 5.0, com o aumento das conexões dos elos de corrente contínua em alta tensão (HVDC), cuja interface também é toda feita por eletrônica de potência, a avaliação de estabilidade ganhou maior interesse. Os estudos desenvolvidos concluíram que um valor de SCR acima de 3

(*) Mina Conceição, sn, Serra do Esmeril, Zona Rural, Bloco I – CEP 35.000-000 Itabira, MG, – Brasil Tel: (+55 31) 99543-7846 – E-mail: paulo.henrique.v.soares@vale.com

geralmente permite uma operação estável da conversora do elo HVDC. O valor de 3 também é usualmente considerado como limítrofe para a definição de uma barra forte, uma vez que resulta em uma queda de tensão no PAC de aproximadamente 5% na operação em potência nominal do sistema conectado. A figura abaixo, retirada da referência, ilustra o comportamento da queda de tensão com a variação do SCR.

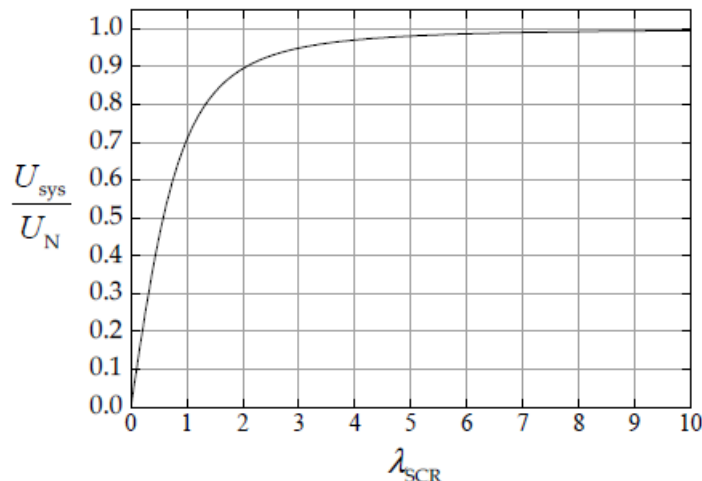


FIGURA 1 – Variação da tensão na barra do PAC com o sistema operando em potência nominal, para diferentes valores de SCR.

Além disso, a literatura técnica traz experiências recentes em plantas fotovoltaicas de grande porte que indicam que o valor de SCR avaliado para elos HVDC tem impacto direto também na estabilidade das malhas de controle dos inversores de plantas fotovoltaicas e eólicas interfaceadas por esses equipamentos. Nesse sentido, o conhecimento do valor de SCR é importante para a sintonia das malhas de controle e para a avaliação da estabilidade do sistema.

Atualmente, a prática no Brasil é utilizar as bases de dados públicas de curto-circuito de operação e planejamento do software ANAFAS para o desenvolvimento dos estudos de curto-circuito nas diversas fases do projeto. Todavia, essas bases têm como objetivo principal a obtenção de valores máximos de curto-circuito para a definição da suportabilidade requerida dos equipamentos primários. Na prática, os valores reais de curto-circuito no PAC tendem a ser inferiores e com variações sazonais, podendo também variar ao longo do dia, dependendo do despacho de usinas e das condições operativas. Assim, do ponto de vista da estabilidade das malhas de controle, o conhecimento da potência de curto-circuito mínima, ou mais próxima do cenário operativo real, é de suma importância. Este artigo apresenta uma proposta de metodologia para estimativa do valor de SCR no PAC para uma planta já em operação.

2.0 - METODOLOGIA PROPOSTA PARA O CÁLCULO DO SCR ATRAVÉS DE MEDIÇÕES EM CAMPO

Para definição da metodologia de cálculo a ser utilizada, foi consultada a literatura técnica a fim de identificar um procedimento padronizado recomendado. No entanto, não foi encontrado nenhum documento neste sentido, apesar de existirem produtos comerciais de mercado que fazem esta estimativa, porém sem referências claras de metodologia.

Assim, foi desenvolvida uma metodologia de cálculo baseada na aplicação de um degrau de potência reativa utilizando o sistema SCADA através da mudança de setpoint de potência reativa dos inversores da planta.

Para estimar o valor do SCR, a metodologia propõe a realização dos testes em campo ilustrado na Figura 2, seguindo três etapas:

1. Inicialmente, a planta deve ser configurada para o modo de controle por reativo, após coordenação com o Centro de Operação do Sistema (COS) e Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).
2. Ajustar a potência ativa para um valor fixo, sendo aconselhável reduzir de 15% a 20% do valor de geração atual da planta, a fim de minimizar o impacto das variações de irradiação solar.
3. Executar um degrau de potência reativa de maneira que a variação de tensão no ponto de conexão fique entre 1,5% e 2%, atenuando as incertezas relacionadas à classe de exatidão dos equipamentos de medição.

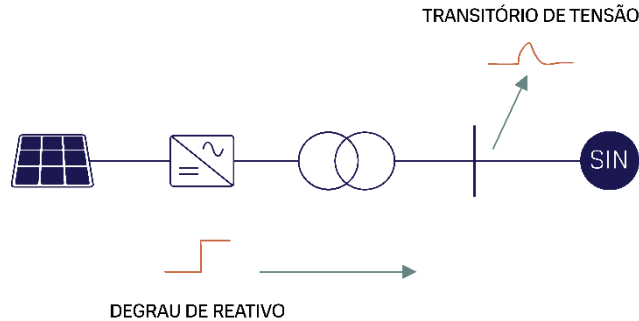


FIGURA 2 – Degrau de reativo.

Os valores no ponto de conexão gravados no historiador de dado serão aplicados a formulação que estimada através do circuito simplificado ilustrado na figura abaixo.

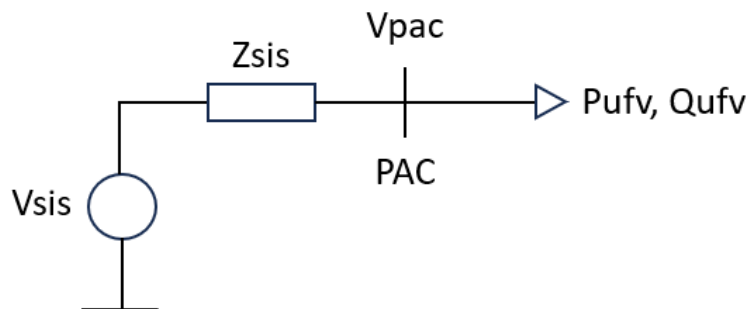


FIGURA 3 – Diagrama de referência para os cálculos.

Através da potência total do parque, é possível calcular a parcela real (potência ativa) e imaginária (potência reativa) da corrente que flui pelo equivalente do sistema, considerando a tensão do PAC como a referência do sistema de medição utilizado (sem sincrofasores) como:

$$I_{UFV-Real} = \frac{P_{UFV-3F}}{\sqrt{3} \times V_{PAC-FF}}$$

$$I_{UFV-Img} = \frac{Q_{UFV-3F}}{\sqrt{3} \times V_{PAC-FF}}$$

Considerando a tensão do equivalente do sistema V_{SIS} como a referência angular (0 graus), tem-se a seguinte formulação para cálculo da tensão na barra do PAC.

$$V_{PAC} = V_{SIS} - Z_{SIS} \times I_{UFV}$$

$$V_{PAC} = V_{SIS} - (R_{SIS} + jX_{SIS}) \times (I_{UFV-Real} + jI_{UFV-Img})$$

$$V_{PAC} = V_{SIS} - (R_{SIS} + jX_{SIS}) \times I_{UFV-Real} - (jR_{SIS} - X_{SIS}) \times I_{UFV-Img}$$

As grandezas medidas disponíveis no SCADA são a magnitude da tensão no PAC (sem medição sincrofasorial), a potência ativa e a potência reativa antes e após a aplicação do degrau.

Nestas condições, para que seja possível estimar a impedância equivalente do sistema com as grandezas disponíveis, as seguintes condições e premissas devem ser seguidas:

- A potência ativa não deve sofrer uma variação significativa, de forma que a parcela real da corrente se mantenha o mais constante possível. Ou seja, o degrau deve ser apenas de potência reativa;
- A tensão equivalente do sistema deve variar o mínimo possível. Ou seja, o degrau deve ser o mais rápido possível para evitar que controles automáticos de tensão na região tenham tempo de responder a variação provocada pelo degrau. Para esta premissa, a base de dados do ANAREDE, os agentes nas vizinhanças e o ONS devem ser consultados para um melhor entendimento dos controles de tensão ativos que podem influenciar de alguma forma nos testes. Sistema de controle de tensão estáticos ou de usinas geradoras, com rápida resposta a variações, influenciam diretamente nestes resultados, resultando em uma potência de curto-circuito sobre estimada;
- Os fluxos de potência nas linhas e transformadores na vizinhança da barra do PAC não devem sofrer variações significativas devido a outras condições não relacionadas ao degrau aplicado. Ou seja, o degrau deve ser o mais rápido possível, uma vez que não é possível ter ações e garantias de variação pequena do fluxo de potência sistêmico na vizinhança;
- A variação da potência reativa deve ser alta o suficiente para provocar uma queda de tensão superior a classe de exatidão dos transformadores de potencial (TP) e dos transformadores de corrente (TC). De toda forma, a classe de medição dos TPs e TCs serão uma das fontes de erro que refletirá em variações dos valores estimados de SCR, além dos demais itens de incerteza pontuados acima. Assim, obter as medições através de equipamentos conectados aos secundários dos transformadores de instrumentos com classe de medição reduzem as incertezas dos valores medidos.

Utilizando as medições das grandezas pré e pós degrau de reativos e aplicando a formulação apresentada anteriormente, tem-se:

$$V_{PAC-Pós} - V_{PAC-Pré} = \Delta V$$

Sendo,

$$V_{PAC-Pós} = V_{SIS-Pós} - (R_{SIS} + jX_{SIS})xI_{UFV-Real-Pós} - (jR_{SIS} - X_{SIS})xI_{UFV-Img-Pós}$$

$$V_{PAC-Pré} = V_{SIS-Pré} - (R_{SIS} + jX_{SIS})xI_{UFV-Real-Pré} - (jR_{SIS} - X_{SIS})xI_{UFV-Img-Pré}$$

Considerando as premissas definidas anteriormente, tem-se:

$$V_{SIS-Pós} = V_{SIS-Pré}$$

$$I_{UFV-Real-Pós} = I_{UFV-Real-Pré}$$

Assim, a formulação da queda de tensão é simplificada para:

$$-(jR_{SIS} - X_{SIS})x(\Delta I_{UFV-Img}) = \Delta V$$

Como nas medições disponíveis não é possível obter a defasagem angular da queda de tensão pré e pós degrau, considerou-se que sistemas de extra alta tensão usualmente possuem relações X/R elevadas (tipicamente superiores a 10). Assim, desconsiderando o efeito da resistência, tem-se a formulação aproximada abaixo:

$$X_{SIS} \approx \frac{\Delta V}{\Delta I_{UFV-Img}}$$

A partir da reatância calculada do sistema, pode-se obter a potência de curto-circuito estimada:

$$S_{CC-Estimado} = \sqrt{3}xV_{FFNom}xI_{CC} = \sqrt{3}xV_{FFNom}x \frac{V_{FFNom}}{\sqrt{3}xX_{SIS}} = \frac{V_{FFNom}^2}{X_{SIS}}$$

Esta metodologia simplificada desenvolvida com base na limitação de medições disponíveis possibilita uma estimativa de ordem de grandeza do SCR. O uso de medições sincrofasoriais, sendo atualmente mais difundida em usinas de geração de energia pode trazer uma maior assertividade nos cálculos, disponibilizando os valores de ângulo da tensão medida.

3.0 - ESTUDO DE CASO REAL

A metodologia proposta no item 2.0 foi aplicada em uma usina fotovoltaica conectada em 230 kV. Após um período em operação, foram identificadas oscilações de potência na usina sem um iniciador externo aparente. A Figura 4 ilustra a forma de onda de uma oscilação de potência ativa medida em uma das linhas de transmissão de 230 kV que conecta a usina ao PAC. Esta oscilação foi registrada em ambos os circuitos.

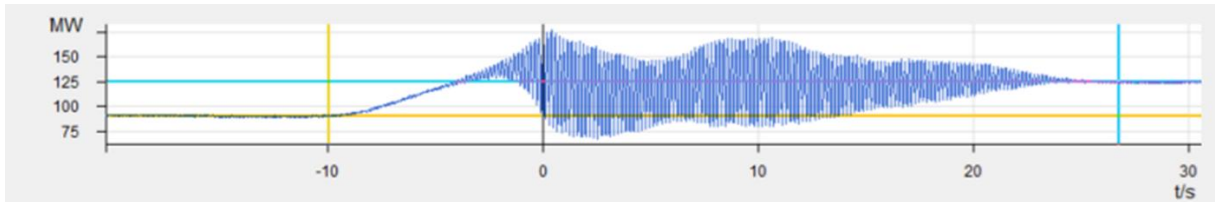


FIGURA 4 – Oscilação de potência ativa registrada em uma das linhas de transmissão que conecta a usina ao PAC.

A partir da determinação da frequência das oscilações de potência registradas (na ordem de 5 a 7 Hz), uma potencial instabilidade nas malhas de controle dos inversores foi apontada como causa primária. Além das avaliação dos ganhos das malhas de controle pelo fabricante dos inversores, uma ação de determinação do SCR real no PAC também foi estabelecida.

Durante a fase de projeto básico, utilizando as bases públicas do ANAFAS, os SCRs calculados para as condições operativas normal e pior contingência N-1 foram de 3,93 e 3,39, respectivamente. Utilizando uma janela de testes previamente acordada junto ao ONS, foram aplicados degraus de potência reativa ao longo de um dia, totalizando 23 degraus. A Tabela 1 sintetiza os resultados obtidos aplicando a metodologia proposta enquanto a Figura 5 apresenta as curvas de potência ativa e reativa medidas ao longo de uma janela no dia. Os degraus de potência ativa não são relacionados aos testes para estimativa de SCR e sim de outras frentes de trabalho que utilizaram a mesma janela.

TABELA 1 – Resultados Obtidos com os Testes em Campo

Id. do Degrau	Hora do Degrau	ΔQ (MVar)	ΔV (kV) / (%)	SCR Estimado
1	08:54:35	72,7	5,10 / 3,84	2,75
2	09:52:13	64,8	4,51 / 3,39	2,78
3	10:18:32	63,4	4,54 / 3,42	2,68
4	10:31:42	63,9	4,40 / 3,31	2,81
5	10:37:13	62,9	4,36 / 3,28	2,77
6	10:50:39	64,7	4,50 / 3,36	2,78
7	11:06:16	63,6	4,26 / 3,21	2,86
8	11:12:48	64,0	4,63 / 3,48	2,68
9	11:30:17	62,9	4,67 / 3,51	2,59
10	12:02:03	64,3	4,65 / 3,50	2,68
11	12:31:54	61,1	4,32 / 3,25	2,72
12	13:01:52	63,4	4,71 / 3,54	2,62
13	13:33:20	64,1	4,59 / 3,45	2,69
14	14:15:29	60,2	4,87 / 3,66	2,40
15	14:32:20	48,4	3,45 / 2,60	2,72
16	14:43:13	48,0	3,41 / 2,57	2,73
17	14:48:37	55,4	3,87 / 2,91	2,77
18	14:53:59	54,8	3,84 / 2,89	2,76
19	15:17:11	45,2	3,06 / 2,30	2,85
20	15:24:20	44,6	3,32 / 2,50	2,59
21	15:31:39	46,9	3,24 / 2,44	2,79
22	15:38:50	46,6	3,37 / 2,53	2,67
23	15:42:14	48,8	3,43 / 2,58	2,75

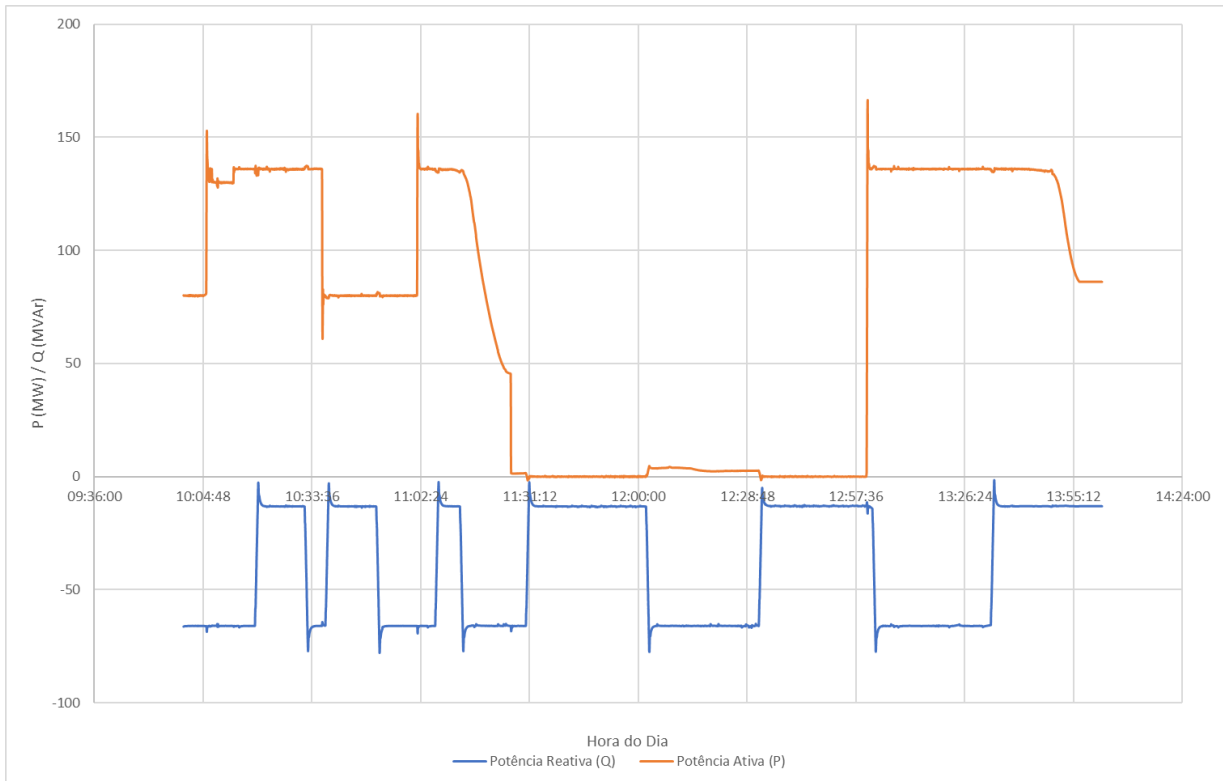


FIGURA 5 – Degraus de potência reativa para estimativa do SCR ao longo do dia.

Os valores de SCR estimados durante os testes foram:

- SCR máximo: 2,86;
- SCR mínimo: 2,40;
- SCR médio: 2,72.

Em comparação com os dados teóricos das bases do ANAFAS, os valores estimados foram substancialmente inferiores, abaixo inclusive do valor de referência da literatura técnica para sistemas fracos ($SCR < 3$). Estes dados foram fornecidos ao fabricante dos inversores que constatou as instabilidades através de simulações no software PSIM com oscilações de aproximadamente 5 Hz para um SCR de 3 e oscilações instáveis levando a atuação da proteção dos inversores com a redução do SCR para 2, conforme ilustrado nas figuras a seguir.

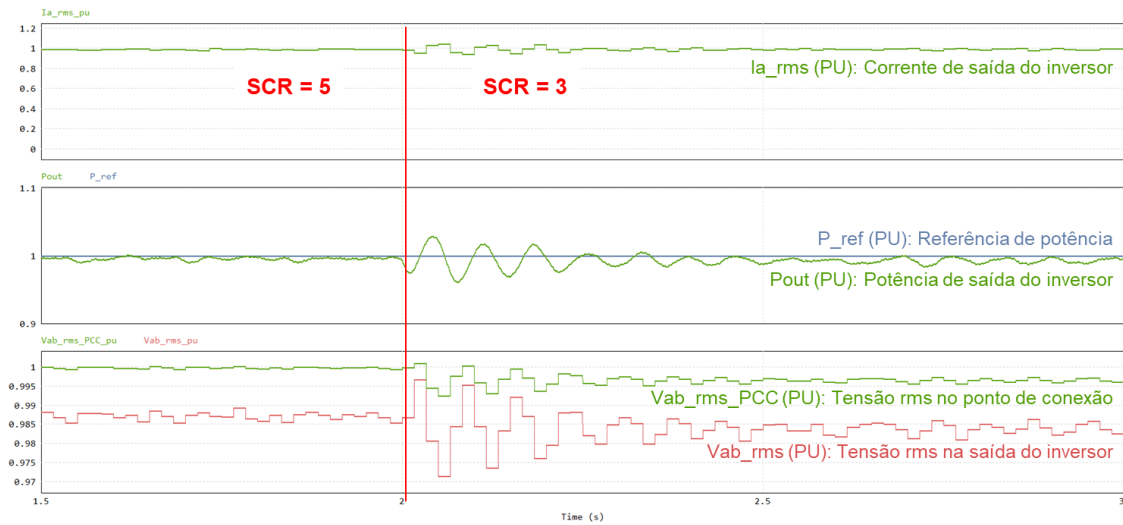


FIGURA 6 – Oscilações de potência amortecidas reproduzidas em ambiente de simulação com a redução do SCR de 5 para 3.

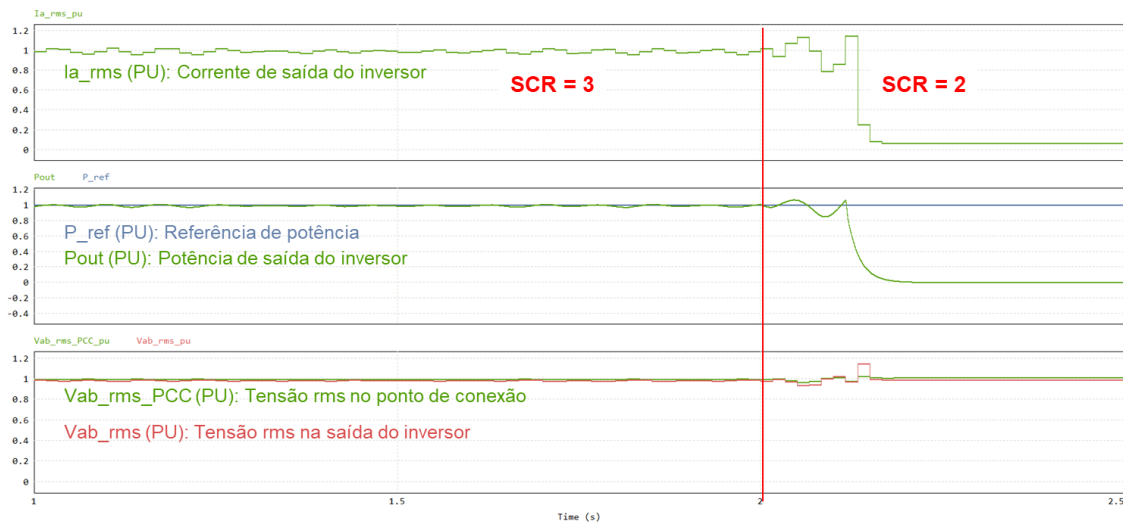


FIGURA 7 – Oscilações de potência instáveis reproduzidas em ambiente de simulação com a redução do SCR de 3 para 2.

Com os novos valores de SCR estimados, as malhas de controle dos inversores foram resintonizadas em ambiente de simulação. Com os novos ganhos implantados em campo, as oscilações de potência foram suprimidas. A Figura 8 ilustra os resultados obtidos na simulação com os novos ganhos ajustados.

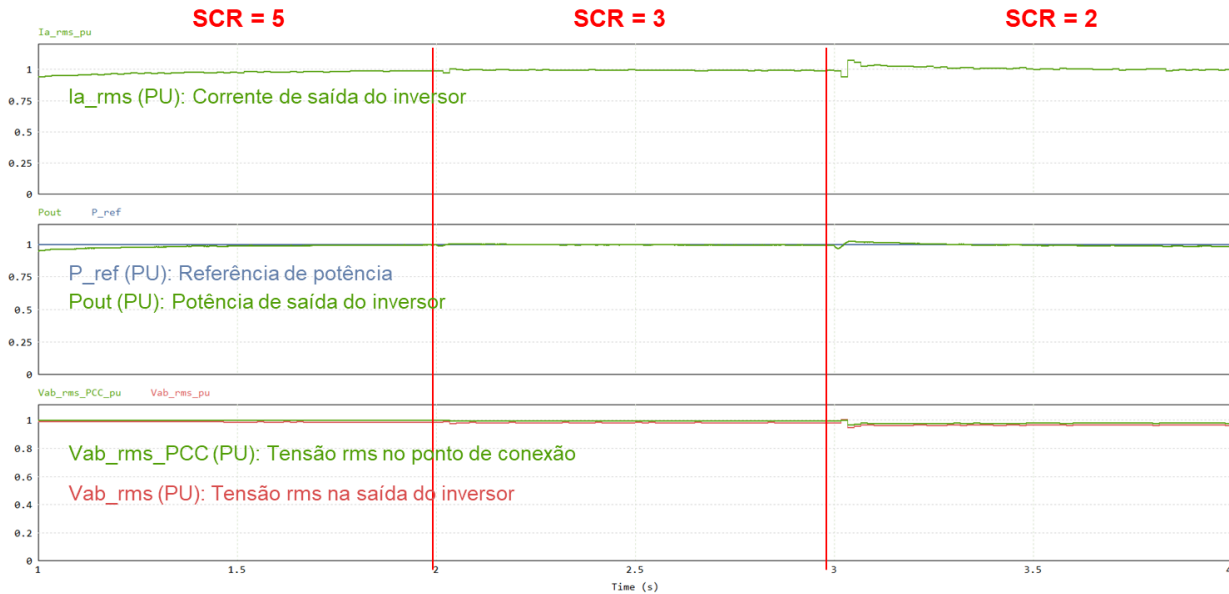


FIGURA 7 – Resposta do controle dos inversores com a nova sintonia das malhas de controle.

4.0 - CONCLUSÃO

A metodologia apresentada no item 2 permite ao agente gerador conhecer o SCR real no ponto de conexão, sem a necessidade de estudos complexos, utilizando apenas o sistema SCADA e um banco de dados com resolução mínima de 1 segundo.

Os cálculos foram realizados por meio de aproximações, aplicando cálculos elementares no Microsoft Excel, sem a necessidade de software específico. Como melhoria, pode-se criar no SCADA uma lógica para cálculo automático do SCR após a execução do degrau de reativo, tornando esse valor visível ao operador e registrado no historiador da planta.

Em condições normais de operação, o valor de SCR pode variar ao longo do ano devido às contingências do sistema elétrico, sendo comumente observadas variações de até 15% nos diferentes horários de geração em um único dia. Vale destacar que o SCR real, na prática, tende a ser inferior ao valor teórico, apresentando uma discrepância entre 20% e 25%. Isso significa que, em certas circunstâncias, a operação da planta próxima à potência nominal pode induzir as malhas de controle dos inversores a uma zona de instabilidade, resultando em oscilações de potência, o que ressalta ainda mais a importância deste trabalho.

Por fim, destaca-se a integração entre o agente gerador, o fabricante e o ONS como peças fundamentais para a análise, diagnóstico e resolução do problema de oscilação sistêmica, de forma a sanar definitivamente a falha e evitar a recorrência do distúrbio no Sistema Elétrico Interligado.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Z. XU, N. ZHANG, Z. ZHANG, Y. HUANG, "The definition of Power Grid Strength and Its Calculation Methods for Power Systems with High Proportion Nonsynchronous-Machine Sources", MDPI Energies Journal 2023, 16, 1842, February 2023.
- (2) L. FAN, Z. MIAO, D. PIPER, D. RAMASUBRAMANIAN, L. ZHU, P. MITRA, "Analysis of 0.1-Hz Var Oscillations in Solar Photovoltaic Power Plants", IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 14, No. 1, January 2023.
- (3) S. ZHAO, R. LI, B. GAO, N. WANG, X. ZHANG, "Subsynchronous oscillation of PV plants integrated to weak AC networks", IET Renewable Power Generation Journals, December, 2018.

- (4) B. SHAO, Z. MIAO, L. WANG, X. MENG, Z. CHEN, “Low-frequency oscillation analysis of two-stage photovoltaic grid-connected system”, 5th International Conference on Electrical Engineering and Green Energy, CEEGE 2022, 8-11 June, Berlin, Germany.
- (5) M. ZHANG, Z. MIAO, L. FAN, “Reduced-order Analytical Models of Grid-Connected Solar Photovoltaic Systems for Low-Frequency Oscillation Analysis”, IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 12, No. 3, July 2021.
- (6) Q. JIA, G. YAN, Y. CAI, Y. LI, J. ZHANG, “Small-signal stability analysis of photovoltaic generation connected to weak AC grid”, J. Mod. Power Syst. Clean Energy, 2019.
- (7) C. LI, “Unstable Operation of Photovoltaic Inverter from Field Experiences”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 33, No. 2, April 2018.
- (8) IEEE STD. 141 (Red Book) – 1993 – Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants.
- (9) IEEE STD. 399 (Brown Book) – 1997 – IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Systems Analysis.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Paulo Henrique Vieira Soares nasceu em Itabira/MG no ano de 1988. Gradou-se em Engenharia Elétrica no ano de 2014 pelo Centro Universitário de Minas Gerais (UNILESTE) e recebeu o título de mestre em Engenharia Elétrica na linha de pesquisa de Sistemas Elétricos de Potência no ano de 2020 pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Experiência de 17 anos na área de eletrônica de potência, automação e proteção de sistemas elétricos industriais. Participou recentemente de um grande projeto de geração de energia fotovoltaica, desde a etapa de construção, comissionamento e certificação da usina, sendo responsável direto pelo ramp-up das usinas e pelas tratativas junto aos órgãos reguladores. Atualmente é Engenheiro Especialista na

Vale S.A, responsável pela disciplina de digitalização do sistema elétrico industrial na Diretoria de Tecnologia e Engenharia Industrial. Professor de Automação de Subestações e Smart Grid dos cursos de Especialização em Proteção de Sistemas Elétricos (CEPSE) e Sistemas Elétricos de Potência da UNIFEI e do Instituto Mauá de Tecnologia respectivamente. Também é produtor de conteúdo digital para o canal Bê-á-bá da IEC (@beabadaiecc61850) no YouTube, abordando temas relativos à Proteção, Automação, Controle e Comunicação.



Thiago Carvalho Dias nasceu em Lavras/MG no ano de 1989. Gradou-se em Engenharia Elétrica no ano de 2012 na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), recebeu o título de mestre em Engenharia Elétrica no ano de 2016 na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI); e especializou-se em automação de sistemas elétricos de potência em 2020 pela PUC-MG. Experiência de 13 anos na área de Projetos, Estudos Elétricos, testes e comissionamento, principalmente na área de Proteção, tanto na área de sistemas de potência quanto industrial. Atualmente trabalha no Departamento de Estudos Elétricos da SM&A Sistemas Elétricos & Automação.



Henrique Fantoni Primo nasceu em Belo Horizonte/MG no ano de 1980. Gradou-se em Engenharia Elétrica no ano de 2003 pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), especializou-se em Sistemas de Energia Elétrica com Ênfase em Qualidade de Energia pela UFMG em 2007 e recebeu o título de mestre em Engenharia Elétrica na linha de pesquisa de Compatibilidade Eletromagnética e Qualidade de Energia no ano de 2019, títulos concedidos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Experiência de 19 anos na área de Projetos, Estudos Elétricos, testes e comissionamento, principalmente na área de Proteção, tanto na área

de sistemas de potência quanto industrial. Atualmente Sócio e Gerente do Departamento de Estudos Elétricos da SM&A Sistemas Elétricos & Automação e também é professor dos cursos de pós-graduação de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica e Proteção de Sistemas Elétricos de Potência da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG).



Vitor Hugo Oliveira Catarino nasceu em Itabira/MG no ano de 1995. Gradou-se em Engenharia de Controle e Automação no ano de 2019 pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), especializou-se em Gerenciamento de Projetos pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e recebeu o título de mestre em Engenharia de Controle e Automação na linha de pesquisa de Predição de geração de energia fotovoltaica por meio de aprendizado de máquina no ano de 2024, título concedido pela parceria entre Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e Instituto Tecnológico Vale (ITV). Experiência de quatro anos em implantação e comissionamento de sistemas de automação, com foco em mineração, usina fotovoltaica de grande porte e subestações de média e alta tensão. Atualmente é Engenheiro de Controle de Processos e Automação Master no Grupo Sereng, atuando na Diretoria de Tecnologia e Engenharia Industrial da Vale S.A.



Engenheiro Eletricista e Técnico em Eletrotécnica, especializado / pós-graduado em Proteção de Sistemas Elétricos de Potência e Automação de Sistemas Elétricos de Potência, com dez anos de experiência em sistemas elétricos, proteção e controle de sistemas elétricos de potência, manufatura e testes de painéis elétricos: CCM's, switchgears's, switchboards's, conversores e inversores de frequência, eletrocentros (salas elétricas), painéis de proteção, sistemas de proteção e controle, entre outros equipamentos e sistemas voltados para aplicação na indústria, geração, transmissão e distribuição elétrica.