



Implementação de Recursos em Geradores de Baixa Tensão

Tema: Planejamento da Expansão

Autores: Lucas Testoni Costa Balsante

Co-Autores: -

Empresa: CEMIG Distribuição S.A

Resumo

O desenvolvimento do Gerador de Baixa Tensão (220 volts) pela Cemig trouxe avanços significativos, como a redução do CHI e a melhoria das manobras operacionais. A adaptação para circuitos trifásicos e monofásicos aumentou a versatilidade do equipamento. A inclusão de uma chave comutadora e a modificação do painel de comandos garantiram a segurança e eficiência do sistema. Testes práticos confirmaram a viabilidade da implementação, com ajustes na tensão e proteção dos componentes.

Com as melhorias técnicas, agora é possível adquirir geradores com funcionalidade nativa para circuitos monofásicos e operação paralela entre geradores. Essas mudanças ampliam a capacidade de fornecimento e minimizam riscos operacionais, melhorando a durabilidade dos componentes e a segurança do sistema. O sucesso do projeto demonstra o compromisso da Cemig com a inovação e a qualidade dos serviços prestados.

1. Introdução

O Gerador de Baixa Tensão, projetado para operar com uma saída de 220 volts, foi inicialmente desenvolvido para atender sistemas trifásicos compostos por três fases defasadas de 120° e um neutro. Este tipo de gerador, alinhado com os padrões dos transformadores utilizados pela Cemig, opera com uma tensão entre fases de 220 V e entre fase e neutro de 127 V, com frequência de 60 Hz. O equipamento adquirido tem uma potência de operação contínua variando entre 1,25 a 3,33 vezes a potência nominal do transformador ao qual está conectado, garantindo flexibilidade e robustez para cargas variáveis.

A Instrução de Trabalho IT-RD-00016 - Operação, Manutenção e Conexão de Geradores à Rede de Distribuição de Baixa Tensão, da Cemig estabelece que os geradores adquiridos pela empresa são trifásicos e não podem ser conectados a circuitos de transformadores monofásicos. A operação desses geradores é simples e não permite a operação em paralelo, limitando sua integração em diferentes tipos de circuitos.

Embora os geradores de baixa tensão tenham sido cruciais para a redução do CHI e para o avanço nas manobras operacionais, observou-se a necessidade de uma evolução para ampliar suas capacidades. Em julho de 2024, foram identificadas oportunidades para melhorar a performance dos geradores e sua versatilidade na rede de baixa tensão. Nesse contexto, o fornecedor foi acionado para explorar a possibilidade de adaptações que permitissem a conexão dos geradores a circuitos monofásicos.

2. Desenvolvimento

O Gerador com saída em Baixa Tensão (220 volts) foi projetado para atender a sistemas trifásicos compostos por três fases defasadas de 120° e um neutro, Figura 01. O sistema do grupo gerador utilizado é idêntico ao do transformador que alimenta o circuito, operando com uma tensão entre fases de 220 V e entre fase e neutro de 127 V, com frequência de 60 Hz. Isso abrange praticamente todos os transformadores padronizados pela Cemig.

De acordo com a instrução N.º 10.000/10 - Operação, Manutenção e Conexão de Geradores à Rede de Distribuição de Baixa Tensão, todos os geradores adquiridos pela Cemig são trifásicos e não podem ser conectados a circuitos de transformadores monofásicos. A operação do grupo gerador é simples e não permite operações em paralelo.



Figura 01 - Geradores de Baixa Tensão modelo reboque - CEMIG

Apesar das limitações, os Geradores de Baixa Tensão foram essenciais para a redução do CHI. As solicitações de manobras de julho mostram um avanço na utilização do equipamento, conforme Tabela 01 abaixo:

Tabela 01 - Recursos utilizados para Diminuição de DECp nas solicitações - Julho/24

Malha	Solicitações de Manobra	Linha Viva	% Solicitações Linha Viva	Gerador MT	% Solicitações Gerador MT	Gerador BT	% Solicitações Gerador BT	Megajumper	% Solicitações Megajumper
MQ	724	61	8.4%	15	2.1%	29	4.0%	2	0.3%
CE	720	113	15.7%	21	2.9%	27	3.8%	0	0.0%
OE	814	70	8.6%	11	1.4%	12	1.5%	3	0.4%
NT	751	14	1.9%	26	3.5%	10	1.3%	2	0.3%
SU	744	55	7.4%	7	0.9%	8	1.1%	2	0.3%
TA	867	58	6.7%	6	0.7%	4	0.5%	0	0.0%
LE	1.317	43	3.3%	3	0.2%	0	0.0%	1	0.1%
Total	5.937	414	7.0%	89	1.5%	90	1.5%	10	0.2%

Embora os geradores de baixa tensão tenham sido cruciais para a redução do CHI e para o avanço nas manobras operacionais, observou-se a necessidade de uma evolução para ampliar suas capacidades. Em julho de 2024, foram identificadas oportunidades para melhorar a performance dos geradores e sua versatilidade na rede de baixa tensão. Nesse contexto, um dos fornecedores foi acionado para explorar a possibilidade de adaptações que permitissem a conexão dos geradores a circuitos monofásicos.

O sistema monofásico, composto por duas fases defasadas de 180° e um neutro, Figura 02, exige uma tensão de 240 V entre as fases e 120 V entre fase e neutro, com a mesma frequência de 60 Hz. A proposta de modificação visou adaptar o gerador para operar em ambos os tipos de circuitos, mantendo um bom desempenho e assegurando a proteção do sistema e do operador.

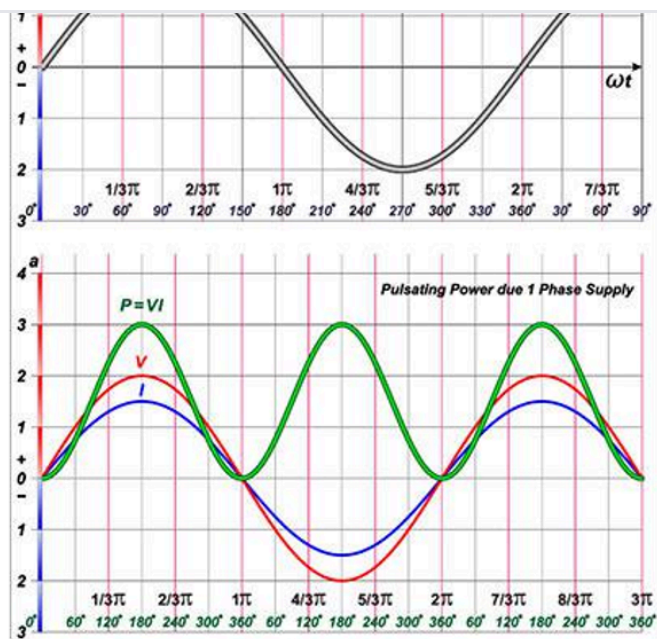


Figura 02 - Perfil de onda para circuitos monofásicos

Um sistema trifásico é produzido em um gerador conforme o esquema simplificado da Figura 03. Os três enrolamentos são estáticos e têm o mesmo número de espiras, enquanto o rotor do gerador se movimenta. O campo magnético girante do rotor é produzido a partir de uma fonte CC independente, ou da retificação da própria tensão obtida do gerador (auto excitação).

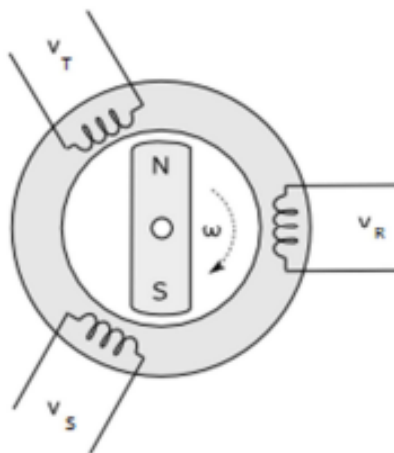
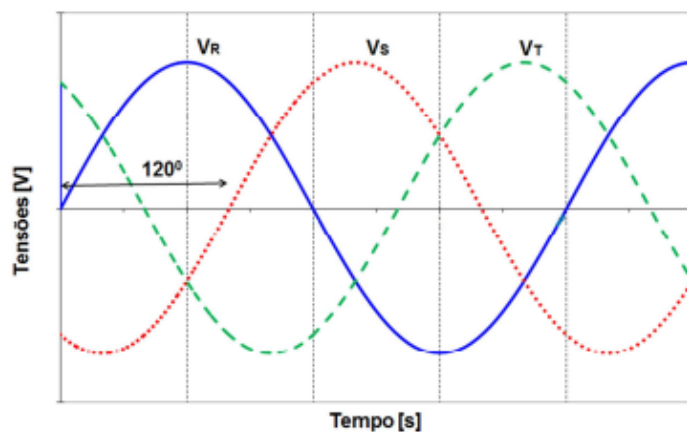


Figura 03 - Gerador trifásico

Nesta configuração de enrolamentos do gerador é como houvesse três fontes de tensão com mesma amplitude e frequência, mas defasadas entre si de 120° elétricos. Usualmente as fases são indicadas por uma sequência de letras, como "ABC" ou "RST". A Figura 04 mostra a representação dos sinais de tensão de saída do gerador no tempo.



conexão do gerador em circuitos de baixa tensão de transformadores monofásicos.

O sistema monofásico é composto por duas fases defasadas de 180° e um neutro. O sistema do grupo gerador deve ser compatível com o transformador que alimenta o circuito. No sistema monofásico, a tensão entre as fases deve ser de 240 V e entre fase e neutro deve ser de 120 V, Figura 05, com frequência de 60 Hz.

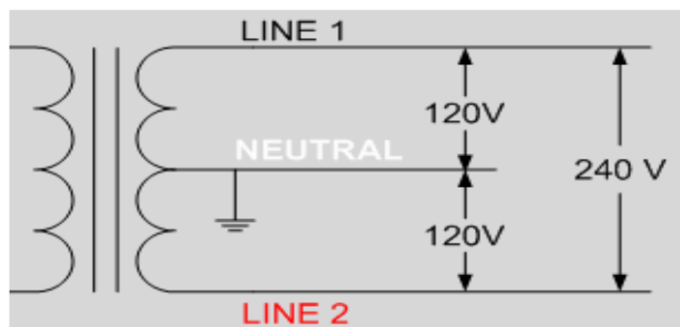


Figura 05 - Tensões em sistema de distribuição monofásico

O desafio da modificação é permitir que o mesmo equipamento possa ser utilizado em diferentes circuitos, mantendo um bom desempenho no fornecimento de energia e garantindo a proteção do operador e do sistema.

O projeto teve início com uma visita à fábrica e uma reunião com a equipe de engenharia do fornecedor. Durante essa reunião, foi alinhado os requisitos técnicos que o gerador deve atender tanto para circuitos trifásicos quanto monofásicos e discutido a implementação do novo recurso no layout do equipamento fornecido.

Após entender todos os requisitos, o Gerador frota 6038, localizado na Regional Centro, foi cedido para adaptação. Este gerador protótipo, com potência de 144 kVA e modelo reboque, recebeu uma chave comutadora, Figura 06, interligada a contadores de carga, Figura 07. Com essa modificação, o fechamento das bobinas da excitatriz do gerador é ajustado para fornecer tensão no nível e ângulo adequado para alimentação de circuitos monofásicos.



Figura 06 - Chave Comutadora

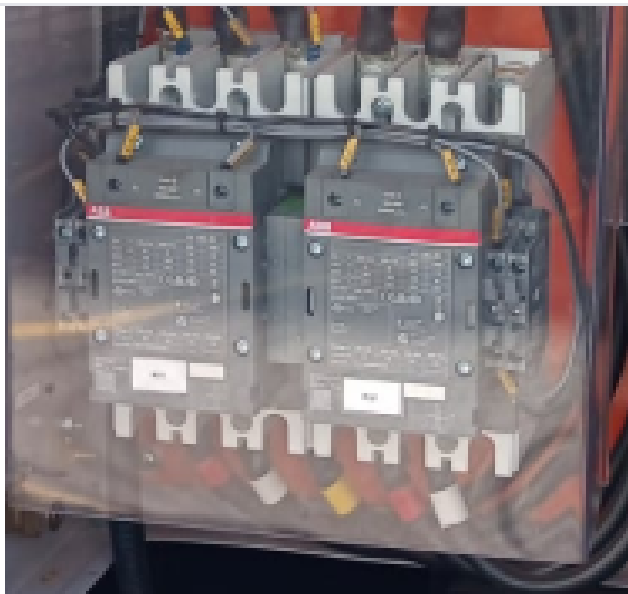


Figura 07 - Contatores de Intertravamento

Adaptação realizada

O equipamento adquirido pela Cemig, possui um painel de comandos onde todas as operações são realizadas, Figuras 08 e 09.



Figura 08 - Layout externo do painel de comandos



Figura 09 - Layout interno do painel de comandos

Após a modificação, foi necessário a criação de outro painel de comandos e controles em virtude do espaço necessário para instalação dos novos componentes, Figuras 10 e 11.

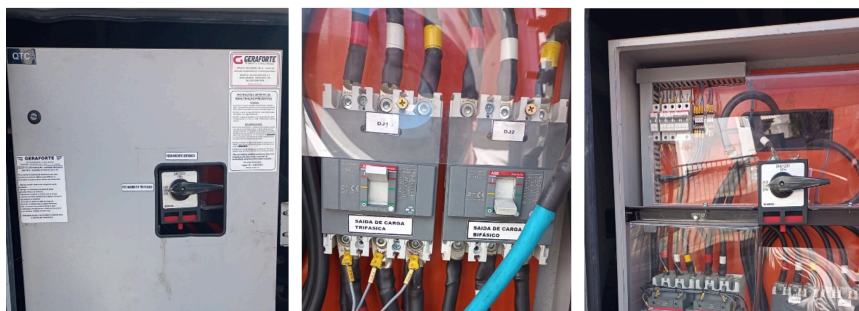


Figura 10 - Novo painel construído



Figura 11 - Instalação do novo painel no gerador

O gerador protótipo está atualmente em fase de testes reais e tem atendido perfeitamente aos requisitos necessários. Foram realizados vários ensaios para consolidar a implementação e garantir a qualidade do atendimento aos nossos clientes. Durante os testes, o procedimento de conexão do equipamento foi ajustado para possibilitar sua utilização, Figura 12.

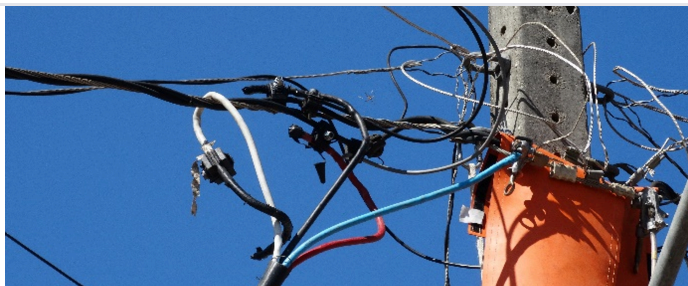


Figura 12 - Conexão do gerador em rede monofásica

Foi realizado medições de temperatura nos componentes do gerador para assegurar que as alterações não comprometam a durabilidade dos componentes, minimizando riscos para o operador, terceiros e o sistema elétrico, Figura 13.

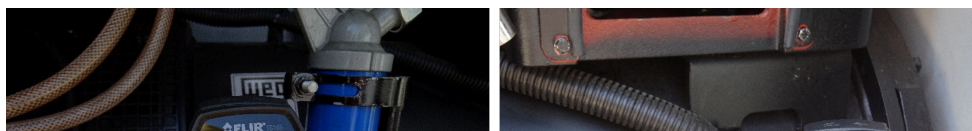


Figura 13 - Ensaio de temperatura em componentes do gerador

Em razão do sucesso na implementação do novo recurso no gerador, a especificação técnica dos geradores de Baixa Tensão, Figura 14, foi revista para garantir que as novas unidades sejam adquiridas com a funcionalidade nativa de atendimento a circuitos monofásicos. Além disso, o painel de comando agora inclui todos os controles e informações necessárias.

PÚBLICO	c					CEMIG Companhia Energética de Minas Gerais Gerência de Engenharia e Sistemas da Distribuição	Especificação Técnica GRUPOS GERADORES PARA INTERVENÇÕES PROGRAMADAS OU EMERGENCIAIS EM BT			Nº 02.111 ED/ES 14a	GEDOC
	b										
	a										
		Emissão Inicial									
CLASSIFICAÇÃO		FEITO	VISTO	DATA	APROV	PROJ: BPGS - 53789	CONF: PSO - 55214	APROV: WAS - 55547	FOLHA	23	ARQ
						DES: ARS - 54519	VISTO	DATA 28/01/2022			

Figura 14 - Especificação Técnica do Gerador de Baixa Tensão - CEMIG

Para as novas aquisições, além do recurso de conexão do gerador em circuitos monofásicos, foi desenvolvido um upgrade que possibilita a conexão do gerador com circuitos de baixa tensão em paralelo, minimizando o breve desligamento dos clientes no início da energização. O principal objetivo desse desenvolvimento foi a implementação de parametrização das proteções no relé e no controlador do gerador, visando permitir a operação simultânea com circuitos de baixa tensão e a conexão paralela entre geradores, ampliando a capacidade de fornecimento e suportando maiores cargas.

3. Conclusão

O desenvolvimento do Gerador com saída em Baixa Tensão (220 volts) tem sido um avanço significativo na operação da Cemig, proporcionando uma solução eficiente para a redução do CHi e a melhoria das manobras operacionais. A adaptação do sistema para permitir a conexão a circuitos trifásicos e monofásicos amplia a versatilidade do equipamento, oferecendo uma capacidade de operação mais abrangente.

Com a evolução do projeto e as melhorias nas especificações técnicas, agora é possível adquirir geradores de Baixa Tensão com a funcionalidade nativa para atender a circuitos monofásicos, além de oferecer a possibilidade de operação paralela entre geradores. Essas modificações não só ampliam a capacidade de fornecimento, mas também minimizam os riscos associados à operação, melhorando a durabilidade dos componentes e garantindo a segurança do sistema e do operador.

O sucesso dessa implementação reflete o compromisso da Cemig com a inovação e a busca constante pela melhoria da qualidade dos serviços prestados, com soluções técnicas que atendem as necessidades de uma rede de distribuição cada vez mais eficiente e confiável.

4. Referências bibliográficas

Portal do IFSC. Apostila CA2. Acesso em 04 de dezembro de 2024, disponível em: https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/a/a3/ELI_ApostilaCA2.pdf

Instrução de Trabalho – IT-RD-00016 – Operação, Manutenção e Conexão de Geradores à Rede de Distribuição de Baixa Tensão. Revisão C, publicada em 30 de abril de 2024, disponível em <http://gedex/Arquivo/Download?token=68783a71-3651-4be0-adfc-9cc19f27dff2>

Avaliação

5.09

Avaliador	Aplicação Abrangência Ordenação Originalidade Embasamento				
André Luis Lemes	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Eduardo Dutra Da Silva	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00
IVO LUIZ SOARES JUNIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

monofásicos e trifásicos, e como foram superados?

Pergunta 2: Como a modificação dos geradores de baixa tensão impactou a confiabilidade do fornecimento de energia e a segurança do sistema?

Pergunta 3: Quais são as perspectivas futuras para a implementação dessas modificações em larga escala, e há planos para expandir os testes a outras unidades da Cemig ou de outras distribuidoras?

Perguntas - Avaliador Eduardo Dutra Da Silva

Pergunta 1: Quais são os principais obstáculos regulatórios ou técnicos para a adoção desse modelo?

Pergunta 2: Quais os desafios enfrentados do ponto de vista de proteção do sistema com a implementação desse projeto?

Pergunta 3: Existem redes BT com características específicas onde a solução não pode ser implantada? Quais seriam essas características?

Perguntas - Avaliador IVO LUIZ SOARES JUNIOR

Pergunta 1: Como o autor avalia a contribuição do equipamento para o planejamento da

do gerador para apenas 2 fases?

Pergunta 3:

Como é realizada a modificação no
desafamento angular para 180° ?
