

TESTE EXPERIMENTAL DA OPERAÇÃO ISOLADA E EM PARALELO COM A REDE DO GERADOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO OPERANDO DE FORMA BIFÁSICA

1. PROBLEMA E MOTIVAÇÃO



A máquina de indução trifásica é robusta, simples, de baixo custo, alta disponibilidade e baixa manutenção.



Seu uso como gerador é uma alternativa viável para reduzir custos em sistemas não convencionais de geração.



A conexão Fukami permite operação monofásica com estrutura simples, alta confiabilidade e boa regulação de tensão.

2. CONFIGURAÇÃO - CONEXÃO FUKAMI

Características principais



Máquina de indução trifásica com rotor em gaiola de esquilo.



Três capacitores conectados em série e paralelo para atendimento de carga monofásica.



Conexão simples, alta durabilidade e boas características de regulação de tensão.

Princípio de funcionamento

A máquina primária fornece potência mecânica ao rotor, que induz tensão nos estatores. Os capacitores fornecem a reatância capacitiva necessária para a autoexcitação e sustentação da tensão no terminal de saída.

3. OPERAÇÕES ANALISADAS



Operação isolada

- Autoexcitação da máquina;
- Regulação de tensão;
- Alimentação de carga monofásica.



Operação em paralelo com a rede

- Sincronismo com a rede;
- Injeção de potência ativa;
- Estabilidade de tensão e corrente.



Contribuições do estudo

Preenchimento de lacuna na literatura: primeira análise experimental da conexão Fukami conectada à rede elétrica.

4. METODOLOGIA



Modelagem Matemática

Desenvolvimento do modelo do gerador de indução na conexão Fukami para as operações isolada e em paralelo com a rede.



Simulações Computacionais

Análise do perfil de regulação de tensão e do comportamento dinâmico do sistema.



Testes Experimentais

Validação dos resultados por meio de ensaios em laboratório nas operações isolada e em paralelo com a rede.



Análises Realizadas

- Perfil de regulação de tensão;
- Sincronismo com a rede;
- Injeção de potência ativa;
- Estabilidade do sistema.

5. PRINCIPAIS RESULTADOS



A conexão Fukami apresentou boa capacidade de autoexcitação e regulação de tensão em operação isolada.



O gerador alcançou sincronismo estável com a rede elétrica.



Foi possível injetar potência ativa na rede com controle adequado da potência mecânica.



Os resultados experimentais validaram o modelo matemático e as simulações computacionais.



A conexão mostrou-se viável para aplicações de geração distribuída com estrutura simples e confiável.



IMPACTO

Solução promissora para geração de energia elétrica de baixo custo e alta confiabilidade.

6. VANTAGENS DA CONEXÃO FUKAMI



Baixo custo: utiliza máquina de indução trifásica convencional e capacitores.



Alta confiabilidade e durabilidade.



Estrutura simples e fácil implementação.



Bom regulação de tensão mesmo com variação de carga.



Adequada para sistemas não convencionais e geração distribuída.



APLICAÇÕES POTENCIAIS

Sistemas de geração portátil, comunidades isoladas, pequenas centrais e geração distribuída conectada à rede.

7. CONCLUSÕES



O gerador de indução na conexão Fukami demonstra desempenho satisfatório tanto em operação isolada quanto em paralelo com a rede.



O sistema apresentou boa regulação de tensão, sincronismo estável e capacidade de injeção de potência ativa na rede.



Os testes experimentais confirmaram a viabilidade técnica da conexão para aplicação em geração de energia elétrica.



A conexão Fukami constitui uma alternativa simples, econômica e confiável para sistemas de geração monofásica e conexão à rede.



PERSPECTIVAS FUTURAS

Investigações sobre controle de potência reativa, proteções específicas e desempenho em redes com diferentes níveis de distribuição.

8. MENSAGEM-CHAVE



Este trabalho apresenta, pela primeira vez, uma análise completa da operação isolada e em paralelo com a rede do gerador de indução trifásico operando de forma bifásica na conexão Fukami.

Os resultados comprovam que a conexão Fukami é uma solução viável, eficiente e de baixo custo para geração de energia elétrica, com potencial para aplicações práticas em diferentes cenários.



Solução econômica



Operação estável e confiável



Sincronismo e injeção de potência na rede



Sustentável e adequada à geração distribuída



PREPRINTS
O manuscrito não é revisado.



CONFLITO DE INTERESSES
Os autores declaram não haver conflito de interesses.



DISPONIBILIDADE DE DADOS
Os dados foram publicados e que todo o conjunto de dados está incluído no corpo do artigo.



AGRADECIMENTOS
Os autores agradecem à Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio institucional e pela infraestrutura disponibilizada para a realização dos ensaios experimentais.



LICENÇA
Este trabalho está licenciado sob Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0).

Autores:
Lucas Miguel F. da Silva • Marcelino M. B. da Silva •
João Mendes de Sousa • Arthur Mendes Ribeiro •
Daniela R. de Oliveira • Fernando Bento Silva

EXPERIMENTAL TEST OF ISOLATED AND PARALLEL OPERATION WITH THE GRID OF THE THREE-PHASE INDUCTION GENERATOR OPERATING IN TWO-PHASE MODE

1. PROBLEM AND MOTIVATION



The three-phase induction machine is robust, simple, low-cost, widely available and requires low maintenance.



Its use as a generator is a viable alternative to reduce costs in non-conventional power generation systems.



The Fukami connection enables single-phase operation with a simple structure, high reliability and good voltage regulation.



OBJECTIVE:

To analyze the isolated and parallel operation with the grid of the induction generator using the Fukami connection, presenting the connection scheme, mathematical model, voltage regulation profile, synchronization and active power injection into the grid.

2. FUKAMI CONNECTION CONFIGURATION

Main features



Three-phase induction machine with squirrel cage rotor.



Three capacitors connected in series and in parallel to supply single-phase load.



Simple connection, high durability and good characteristics of voltage regulation.

Operating principle

The prime mover provides mechanical power to the rotor, inducing voltage in the stator windings. The capacitors supply the reactive power required for self-excitation and sustain the voltage at the output terminals.

3. ANALYZED OPERATIONS



Isolated operation

- Self-excitation of the machine;
- Voltage regulation;
- Single-phase load supply.



Parallel operation with the grid

- Synchronization with the grid;
- Active power injection;
- Voltage and current stability.



Study contributions

Filling the gap in the literature: first experimental analysis of the Fukami connection connected to the electrical grid.

4. METHODOLOGY



Mathematical Modeling

Development of the induction generator model in the Fukami connection for isolated and parallel operation with the grid.



Computational Simulations

Analysis of the voltage regulation profile and the dynamic behavior of the system.



Experimental Tests

Validation of the results through laboratory tests for isolated and parallel operation with the grid.



Performed Analyses

- Voltage regulation profile;
- Synchronization with the grid;
- Active power injection;
- System stability.

5. MAIN RESULTS



The Fukami connection showed good self-excitation capability and voltage regulation in isolated operation.



The generator achieved stable synchronization with the grid.



It was possible to inject active power into the grid with adequate power control.



Experimental results validated the mathematical model and computational simulations.



The connection proved to be viable for distributed generation applications with a simple and reliable structure.



IMPACT

Promising solution for low-cost and highly reliable electrical power generation.

6. ADVANTAGES OF THE FUKAMI CONNECTION



Low cost: uses a conventional three-phase induction machine and capacitors.



High reliability and durability.



Simple and easy-to-implement structure.



Good voltage regulation even with load variation.



Suitable for non-conventional and distributed generation systems.



POTENTIAL APPLICATIONS

Portable generation systems, isolated communities, remote locations and distributed generation connected to the grid.

7. CONCLUSIONS



The induction generator with the Fukami connection demonstrated satisfactory performance in both isolated and parallel operation with the grid.



The system presented good voltage regulation, stable synchronization and active power injection capability.



Experimental tests confirmed the technical feasibility of the connection for application in electric power generation.



The Fukami connection is a simple, economical and reliable alternative for single-phase and grid-connected generation systems.



FUTURE PERSPECTIVES

Studies on reactive power control, specific protections and performance in grids with different levels of disturbance.

8. KEY MESSAGE



This work presents, for the first time, a complete analysis of the isolated and parallel operation with the grid of the three-phase induction generator operating in two-phase mode using the Fukami connection.



The results demonstrate that the Fukami connection is a viable, efficient and low-cost solution for electric power generation, with potential for a wide range of practical applications.



Economical solution



Stable and reliable operation



Synchronization and active power injection into the grid



Sustainable and suitable for distributed generation



PREPRINTS
The manuscript has not been published.



CONFLICT OF INTEREST
The authors declare that they have no conflict of interest.



DATA AVAILABILITY
The data were published and that the entire dataset is included in the article.



ACKNOWLEDGMENTS
The authors thank the Federal University of Uberlândia for institutional support and the infrastructures provided for the conduction of the experimental tests.



LICENSE
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0).