

ESTUDO DA MELHORIA ALCANÇADA NOS ÍNDICES DE CONTINUIDADE COM A APLICAÇÃO DE RELIGADORES AUTOMÁTICOS EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Maiara Pies Hoss

Departamento de Ciências Exatas e Engenharia - DCEEng
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ
Santa Rosa, Brasil
maiara.hoss@live.com

Henrique Maschio

Departamento de Ciências Exatas e Engenharia - DCEEng
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ
Santa Rosa, Brasil
henrique.maschio@yahoo.com

Cassio Patrick Alvaristo

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica –
PPGEE
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Santa Maria, Brasil
cassio.alvaristoj@yahoo.com.br

Mauro Fonseca Rodrigues

Departamento de Ciências Exatas e Engenharia - DCEEng
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ
Santa Rosa, Brasil
mauro.rodrigues@gmail.com

Alzenira da Rosa Abaide

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica –
PPGEE
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Santa Maria, Brasil
alzenira@ufsm.br

Resumo— Com as exigências mais rigorosas impostas pelo órgão regulador do setor elétrico e imposições dos consumidores, concessionárias de energia estão em busca de alternativas para conservar seus indicadores de continuidade do fornecimento abaixo dos limites permitidos, para não sofrerem penalizações monetárias. Qualificando sua prestação de serviço perante os clientes. Uma das alternativas é a substituição de chaves fusíveis por religadores automáticos telecomandados. O presente trabalho tem como objetivo a avaliação e comparação dos indicadores coletivos DEC e FEC antes e depois da substituição da chave fusível pelo religador automático na rede da concessionária COOPERLUZ, comprovando que a troca pelo equipamento de religação foi uma alternativa correta para o trecho analisado. Foram alcançados os resultados de diminuição do indicador DEC em 23,72 % e 30,12 % no indicador FEC.

Palavras-chaves — *Distribuição de Energia Elétrica, Telecomunicações, Sistema Elétrico de Potência.*

I. INTRODUÇÃO

Em 1978, pela primeira vez no Brasil, foram instituídos padrões de índices de continuidade de serviço, DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC

(Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, Portaria nº 046/78, de 17 de abril de 1978. Somente no ano 2000 a Aneel apontou a Resolução 024, a qual fez a substituição da Portaria nº 046/78 atualizando, revendo e consolidando as disposições referentes à continuidade da distribuição de energia elétrica.

Atualmente, a preocupação com os indicadores de continuidade ocupa as empresas concessionárias da distribuição de energia elétrica tanto para fornecer os dados à agência reguladora quanto para manter uma boa qualidade de fornecimento do serviço. Assim, os investimentos em tecnologias de redes de distribuição partem da premissa que irão auxiliar a empresa a controlar seus indicadores de continuidade.

Este estudo será focado na área de abrangência da empresa Cooperluz, permissionária de distribuição de energia elétrica, implantou diversos equipamentos religadores automáticos e telecomandados em sua rede. Para avaliar a efetividade destes equipamentos será considerado um em especial que teve como característica inicial realizar com a sua instalação a retirada de

uma chave fusível, para analisar suas operações e o quanto ele interferiu nos indicadores DEC e FEC para o alimentador em questão.

II. METODOLOGIA APLICADA

Para analisar esse processo será observado um elemento de conexão da rede de distribuição de energia elétrica. No caso, será observada a substituição de uma chave fusível por um religador telecomandado automaticamente.

Nesse ponto, são aplicadas as metodologias previstas no Prodist, especificamente módulo 8, o qual aborda a Qualidade de Energia, em que os indicadores analisados estão inseridos, de forma a computar estes indicadores antes e depois da instalação do religador automático. Com esses dados será possível mensurar, efetivamente, se a substituição dos equipamentos ocasionou evolução nos indicadores de continuidade da empresa.

Para realizar esse intento, serão observados os eventos de falta de energia que ocorrerem no ponto, um ano antes e um ano após a implantação do religador, calculando os indicadores com registros reais, conforme [1].

III. EQUIPAMENTOS ENVOLVIDOS

Como mencionado anteriormente, para realizar este estudo foi escolhido um alimentador rural da permissionária Cooperluz, onde foi efetuada a substituição de uma chave fusível por um religador automático telecomandado.

Chaves fusíveis são equipamentos destinados à proteção de sobrecorrentes no circuito, amplamente utilizado em redes aéreas de distribuição [5] é apresentada na Fig 1.



Figura 1. Chave fusível.

Conforme afirma [7], esse dispositivo tem a característica de interrupção súbita e deve ser manualmente repostado para restaurar a operacionalidade do circuito.

Já o religador possui a função de religamento automático da rede, respeitando a curva corrente em função do tempo em cada uma de suas operações. A Fig. 2 apresenta o religador em estudo instalado na rede de distribuição da concessionária.



Figura 2. Religador instalado na Cooperluz.

A sequência de operações é definida de acordo com cada distribuidora e suas necessidades. Para a COOPERLUZ foi definido o padrão de no máximo três tentativas de normalização da rede, podendo ser nos intervalos das curvas lentas caracterizadas pelo tempo de 5 segundos de espera para próximas tentativas e curvas rápidas com o tempo de 3 segundos de espera entre tentativas. Se o circuito normalizar entre as sequências de operações, os contadores de interrupção são zerados.

Na Fig. 3 segue a curva corrente em função do tempo de atuação lenta e rápida, que é obtida através do software Matlab. São essas curvas que definem o tempo de disparo do dispositivo. Este tempo deve ser menor que o tempo de fusão do elo-fusível, para que haja coordenação, garantindo que não seja necessário o deslocamento de uma equipe para substituição do elo, é a curva lenta que garante essa característica.

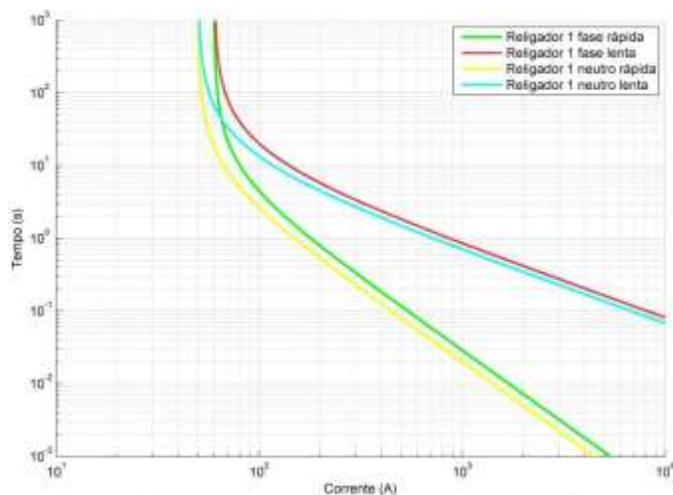


Figura 3. Curva tempo X corrente de atuação do religador.

A configuração do alimentador em que o religador estudado está inserido é apresentada na Figura 4, conforme diagrama de rede da Cooperluz, recortado. Esse alimentador possui atualmente 92 clientes instalados, anteriormente no ano de 2014, ano em que ainda não havia ocorrido a substituição da chave fusível, o número de consumidores era de 96. Para estes consumidores serão calculados os indicadores de

continuidade e comparados os mesmos com os dois equipamentos no ponto destacado.



Figura 4. Diagrama de rede.

IV. CÁLCULO DOS INDICADORES OPERACIONAIS

Com a substituição da chave fusível pelo religador foi possível determinar os indicadores de continuidade DEC e FEC para o alimentador em questão, observando os eventos nos dois períodos.

Através das Tabelas I e II, nas quais constam os registro de quantidade de faltas de energia com cada equipamento de proteção, duração da falta e quantidade de consumidores atingidos e do conjunto posteriormente com esses dados são calculados os indicadores.

Tabela I

Data	Interrupções	Duração	Consumidores atingidos	Consumidores do conjunto
02/07/2014	1ª	3h52	36	96
04/08/2014	2ª	2h05	46	96
10/09/2014	3ª	38 min	46	96
10/09/2014	4ª	2h31	95	96
29/09/2014	5ª	27min	96	96

a. Registro das faltas de energia com chave fusível.

Na Tabela I, no período de um ano, constam cinco registros de interrupção de energia.

Tabela II

Data	Interrupções	Duração	Consumidores atingidos	Consumidores do conjunto
13/11/2015	1ª	1h21	92	92

b. Registro das faltas de energia com religador automático.

A Tabela II apresenta apenas uma ocorrência de interrupção de energia durante o período de análise, um ano.

Com esses valores apresentados nas Tabelas I e II são dimensionados os indicadores de continuidade de serviço DEC e FEC para ambos os equipamentos.

A. DEC no ponto

Para calcular o DEC é utilizada a Eq. 1 [1].

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^N C_{ai} \cdot t_i}{C_s} \quad (1)$$

Onde:

N- número de ocorrências no período estudado;

C_{ai} - número de consumidores atingidos na interrupção "i";

C_s - número total de consumidores existentes na área em estudo;

t_i - duração da interrupção de suprimento "i";

Para o DEC na chave fusível tem-se 5,69 horas

DEC religador obtido 1,35 horas.

B. FEC no ponto

Para calcular o FEC é utilizada a Eq. 2 [1].

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^N C_{ai}}{C_s} \quad (2)$$

Onde:

N- número de ocorrências no período estudado;

C_{ai} - número de consumidores atingidos na interrupção "i";

C_s - número total de consumidores existentes na área em estudo;

t_i - duração da interrupção de suprimento "i";

o valor do FEC para chave fusível foi de 3,32.

FEC obtido para o religador foi 1

Os valores obtidos a partir da Eq. 1 equivalentem a 5,69 horas de duração de interrupção de energia para aquele conjunto de consumidores, para a chave. Já para o religador esse valor diminui para 1,35 horas para o conjunto de consumidores [4].

O FEC, a partir da Eq. 2, para os dois equipamentos foi de 3,32 e 1, respectivamente para chave fusível e religador [4].

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho foi baseado em um cenário em que existiam registros de interrupções com fatos geradores que em sua maioria poderiam ter sido temporárias, ocorridas nas linhas de distribuição rurais do Estado do Rio Grande do Sul, no município de Giruá, as quais são de responsabilidade, tanto de operação como de manutenção, da Cooperativa Distribuidora de Energia Fronteira Noroeste COOPERLUZ.

Na figura 5 é apresentada a comparação dos resultados sobre a duração equivalente de interrupção por unidade consumidora. Em azul com o equipamento de Chave Fusível ainda instalado e em vermelho após a substituição pelo religador.

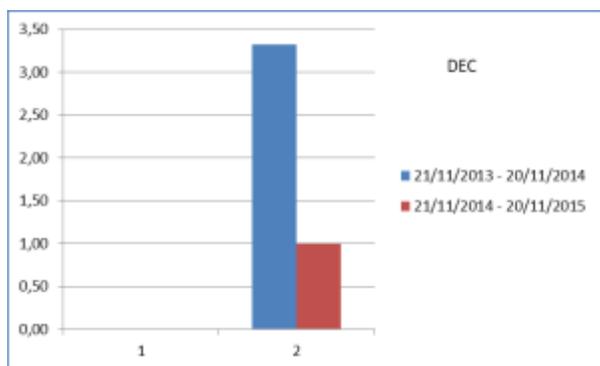


Figura 5. Gráfico da comparação DEC antes e após a substituição da chave fusível pelo religador.

A figura 6 mostra a comparação dos resultados sobre a frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora. A chave fusível analisada no período de 2013 a 2014 e o religador instalado no final do ano de 2014 e analisado até 2015.

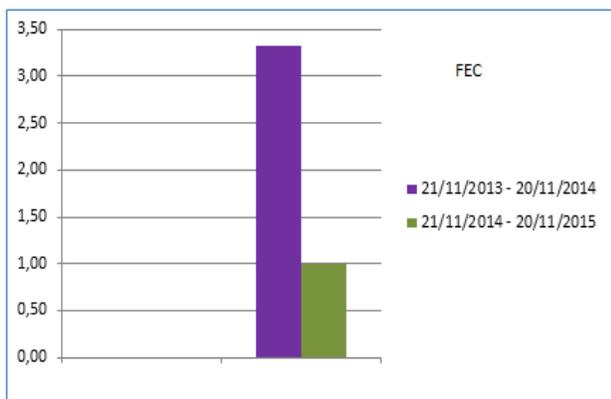


Figura 6. Gráfico da comparação FEC antes e após a substituição da chave fusível pelo religador.

Analisando e comparando os valores obtidos nos cálculos e nas figuras 5 e 6 é constatada a melhoria dos indicadores DEC e FEC para a concessionária, após a substituição da chave fusível pelo religador automático, neste caso.

A comunicação do telecomando pelo software SCADA foi obtida apenas no dia 05/02/2015. Nesta data o equipamento já apresentava uma contagem de 72 operações. Esse número não deve ser levado em consideração para a contagem de operações na rede, pois antes de sua instalação são realizados testes em laboratórios pelo fabricante e testes na instalação para verificar se está atuando conforme a necessidade da rede e da empresa.

A permissionária não possui controle de quantidade de operações do equipamento desde a finalização dos testes até o telecomando ser ativado.

Foram registradas 150 ocorrências até o dia 21/11/2015, um ano após a sua instalação, descontando as 72 operações que não foram identificadas a origem, restaram 78 acionamentos desde a comunicação com o software estar em pleno funcionamento.

O religador teve registrado, através do software, 78 atuações no período de análise; descontando-se a única interrupção permanente, demonstrada na tabela 3, restam 77 acionamentos.

O equipamento foi configurado para realizar 3 tentativas de religação/normalização da rede, com tempo pré-definido de 3 segundos (curva rápida) e 5 segundos (curva lenta) entre elas. Com isso pode-se considerar que 77 acionamentos divididos por 3 tentativas, resultam no valor de 25,66. Este valor significa que se não houvesse o religador instalado na rede, possivelmente ocorreriam 26 interrupções de energia para o trecho, além da permanente que ele registrou, ou seja, todas seriam faltas permanentes que iriam requerer acionamento da equipe de manutenção de campo.

Utilizando a equação 1, foi realizado o cálculo do indicador DEC para as possíveis interrupções se não existisse o religador instalado na rede, considerando a operação da chave fusível.

$$DEC = \frac{(92 \cdot 1,9096) \cdot 26}{92} \quad (1)$$

$$DEC = 49,65 \text{ horas}$$

Esse valor significa que durante o ano de 2015, os consumidores do conjunto analisado ficariam sem energia elétrica durante 49,65 horas.

O número de possíveis interrupções sem o religador seriam 26, dividindo o número total de atuações do religador que são 78 por 3, que representa a quantidade de tentativas do religador normalizar a rede automaticamente. Este número, portanto, corresponde ao FEC se a rede não possuísse a proteção do religador no ano de 2015.

VI. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo principal constatar a melhoria nos indicadores de continuidade coletivos DEC e FEC através da substituição de chaves fusíveis por religadores automáticos na rede de distribuição.

A metodologia foi baseada no Prodist (Procedimentos de Distribuição) definidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica, por suas especificações e procedimentos às concessionárias de distribuição de energia que são regulamentadas e fiscalizadas, incluindo nesse contexto os

indicadores de continuidade de serviço, objeto de estudo de caso deste trabalho.

Os valores de possíveis interrupções permanentes obtidos nesta análise foram superiores aos valores registrados de interrupções do ano em que a chave fusível fazia a proteção do circuito, ano 2013/1014. Tal fato se explica pelo motivo de no ano de 2015, terem sido registrados mais dias atípicos/críticos, como temporais, por exemplo, que no ano anterior.

Conclui-se por meio dos resultados e da aplicação da metodologia proposta que houve redução de 23,72 % no indicador DEC e 30,12 % no indicador FEC, comparando a topologia anterior ao religador.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial à Distribuidora de Energia Fronteira Noroeste - COOPERLUZ, pelo fornecimento de

informações e dados necessários para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL. (24 de agosto de 2017). *PRODIST MÓDULO 8*. Acesso em 15 de OUTUBRO de 2017, disponível em ANEEL: <http://www.aneel.gov.br>
- [2] Buratti, R. P. (2005). *Alternativas Para Diminuição dos Índices em um Sistema de Distribuição Real*. Ijuí. GDI.
- [3] Filho, J. M., & Mamede, D. R. (2011). *Proteção de Sistemas Elétricos de Potência LTC*.
- [4] HOSS, M. P., **Estudo da Melhoria Alcançada nos Índices de Continuidade com a Aplicação de Religadores Automáticos em Rede de Distribuição**. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Elétrica – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Santa Rosa, RS. 2018.
- [5] João Mamede Filho. (2013). *Manual de Equipamentos Elétricos* (4ª ed.). Rio de Janeiro: GEN Grupo Editorial Nacional.
- [6] Mengarda, J. S. (2016). *CÁLCULO DA ENERGIA NÃO DISTRIBUÍDA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE CURVAS DE CARGA DIÁRIAS*. Ijuí.
- [7] Sérgio Guiguer. (15 de abril de 2009). *Curso de Proteção Sistemas de Distribuição de Energia*. Porto Alegre, Rio Grande do Sul: FECOERGS.