

CONFIABILIDADE

Citenel
II CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA

Avaliação da Confiabilidade de Comutadores sob Carga por Meio de Ensaios no Óleo Isolante

A. Bassetto Filho, Bassetto Tecnologia e Inovação Ltda,
J. Mak, B&M Pesquisa e Desenvolvimento Ltda e F.Faria, Elektro

RESUMO

Foram selecionadas famílias de comutadores sob carga instalados no sistema da Elektro e foram feitas análises nas amostras de óleo colhidas. Dentre os ensaios executados, buscou-se avaliar a concentração e o perfil de gases formados, assim como a quantidade de partículas. Embora na interrupção do arco sejam formadas grandes quantidades de gases acetileno e hidrogênio, buscou-se saber se outros gases poderiam ser indicadores de falhas incipientes. No processo de extinção do arco, também ocorre muito desgaste mecânico das partes envolvidas, por isso julgou-se interessante estudar a quantidade e o perfil do tamanho das partículas formadas.

De acordo com os critérios atuais da Elektro, alguns comutadores deveriam passar por manutenção preventiva. Decidiu-se acompanhar essas manutenções. No total foram analisados 16 comutadores.

Independentemente do número acumulado de operações, verificou-se em todos os casos que o comutador estava em perfeitas condições de operação. Portanto, não necessitavam de manutenção preventiva nem de substituição de contatos. Dessa forma, foi possível estabelecer valores limites confiáveis para indicar comutadores em perfeitas condições e que, portanto, podem ter sua manutenção preventiva adiada.

PALAVRAS-CHAVE

Comutador sob Carga – Confiabilidade - Falha – Diagnóstico

I. INTRODUÇÃO

O presente estudo iniciou-se por meio do levantamento de dados disponíveis no período entre 1969 e 1994 sobre os problemas mais importantes associados às várias famílias de comutadores sob carga no sistema da Elektro. Com base no levantamento de dados, o estudo concentrou-se nas principais famílias de comutadores.

Como alguns comutadores dessas famílias deveriam passar por manutenção preventiva, decidiu-se acompanhar essas manutenções. Antes do início das manutenções foram colhidas amostras de óleo para análise. Dentre os ensaios executados, buscou-se avaliar a concentração e o perfil de gases formados, assim como a quantidade de partículas.

Este trabalho foi apoiado integralmente pela Elektro.
A. Bassetto Filho trabalha na Bassetto Tecnologia e Inovação (e-mail: aramndobf@uol.com.br).
J. Mak trabalha na B&M Pesquisa e Desenvolvimento (e-mail: josemak@terra.com.br).
F. Faria trabalha na Elektro (e-mail: flavio.faria@elektro.com.br).

Buscou-se correlacionar os resultados dos ensaios no óleo com as inspeções visuais da parte interna dos comutadores.

Os dados obtidos foram tratados para servirem de base para o desenvolvimento de metodologia de diagnóstico de confiabilidade de comutadores sob carga.

II. OBJETIVOS

Este trabalho visou a estudar os potenciais problemas envolvendo comutadores sob carga e a avaliar possibilidades e propor o emprego de novas técnicas de diagnóstico, abrangendo ensaios de laboratório e de campo em famílias típicas de comutadores. Para tanto, foram estudados as causas e os problemas mais importantes associados a comutadores.

Foram pesquisadas e avaliadas novas metodologias de diagnóstico, que incluem novos ensaios de óleo em amostras de famílias típicas de comutadores. Assim buscou-se melhorar o desempenho desses equipamentos quanto a redução do número de falhas, ganhos de desempenho e aumento de eficiência em serviço.

A partir da análise dos resultados obtidos e dos problemas encontrados, buscou-se estabelecer nova metodologia de diagnóstico, definindo procedimentos, ensaios de laboratório e de campo, algoritmos e critérios para caracterizar o grau da confiabilidade do equipamento.

III. ASPECTOS TEÓRICOS

Os ensaios de óleo isolante estão bem estabelecidos para certos tipos de equipamentos de alta tensão, especialmente para os transformadores de potência. Para estes equipamentos, os ensaios de diagnóstico são aplicados com sucesso na determinação das condições anormais de operação em razão de falhas.

As condições que levam à degradação do óleo pela dissipação anormal de energia são geralmente denominadas de defeitos. Os defeitos não são necessariamente condições catastróficas. Entretanto, os defeitos podem levar a falhas do equipamento elétrico. No caso dos transformadores, condições deficientes podem ser determinadas pela medição de produtos de degradação do óleo (geralmente gases) que são produzidos como resultado de uma dissipação anormal de energia dentro da unidade. A detecção dos gases permite não apenas a identificação do processo deficiente como também um monitoramento deste processo [1-3].

Estes gases incluem o hidrogênio assim como gases hidrocarbonetos tais como metano, etano, etileno e acetileno. É importante observar que cada um desses gases tem uma energia característica necessária para sua formação. A descarga parcial é o processo de energia mais baixo e normalmente produz quantidades significativas apenas de hidrogênio. Processos térmicos (pirólise) produzirão metano, etano, etileno assim como hidrogênio. O arco produzirá todos os gases de falha. É o único processo deficiente que produzirá acetileno [4].

No caso dos transformadores, qualquer produção de gás de falha pode ser motivo de preocupação. Para outros tipos de equipamentos elétricos a óleo, tais como comutadores e disjuntores, a situação é diferente. Nestes equipamentos, a energia é dissipada através do óleo durante a operação normal. Defeitos específicos não podem ser identificados neste caso pela mera presença de gases específicos como no caso dos transformadores. Conseqüentemente, o desenvolvimento de algoritmos baseados nos gases para determinar a condição destes aparelhos tem sido mais complicado do que aquele para os transformadores. Entretanto, foram propostos alguns algoritmos para comutadores e disjuntores baseados em vários equipamentos [1-3].

Partículas no óleo podem também oferecer evidência de problemas operacionais reais ou potenciais [1]. Sólidos podem ser gerados por processos químicos tais como a degradação extrema do óleo que pode resultar na formação de borra e partículas carbonizadas. A carbonização pode normalmente ser detectada pela presença de partículas carbonizadas no óleo. Partículas também podem ser produzidas pelo desgaste ou envelhecimento de produtos de fabricação como gaxetas e contatos. Processos elétricos tais como o arco e aquecimento fazem surgir partículas que têm bordas arredondadas e lisas. Portanto, o desgaste físico fará surgir partículas que mostram evidência da abrasão com bordas irregulares e afiadas. O número de partículas e a distribuição das partículas pelo tamanho podem ser úteis para elucidar a condição de confiabilidade de equipamentos de alta tensão [5-6].

IV. METODOLOGIA PARA DIAGNÓSTICO DA CONFIABILIDADE DE COMUTADORES SOB CARGA

Os comutadores dos transformadores TR1 e TR2 da subestação Vargem Grande do Sul estavam com 82.948 e 6.673 operações acumuladas desde a última manutenção preventiva, respectivamente. De acordo com os critérios atuais da Elektro, os comutadores deste tipo (MR MIII – 300) devem passar pela manutenção preventiva após terem atingido 100.000 operações acumuladas desde a última manutenção, ou após seis anos desde a última manutenção, independentemente do número de operações acumuladas. O comutador (tipo MR MIII – 300) do transformador TR1 da subestação Andradina estava com 123.000 operações acumuladas desde a última manutenção preventiva.

Como esses três comutadores são do mesmo tipo e deveriam passar por manutenção preventiva, decidiu-se acompanhar suas manutenções. Antes do início das manutenções foram colhidas amostras de óleo para análise. Dentre os ensaios executados, buscou-se avaliar a concentração e o perfil de gases formados, assim como a quantidade de partículas.

A tabela 1 mostra um resumo dos resultados obtidos na análise de gases. Como se poderia esperar, observou-se concentração mais elevada de gases para o comutador com maior número de operações acumuladas, ou seja, o do TR1 da SE Andradina, com exceção dos gases oxigênio e nitrogênio.

TABELA 1
Resumo da Análise de Gases Dissolvidos no Óleo

SE	Nº de Oper. (mar/02)	GASES (ppm)						
		H2	CH4	C2H6	C2H4	C2H2	CO	CO2
VGS/TR1	82948	345	110	31	403	2522	145	1420
VGS/TR2	6673	56	40	12	158	754	114	1110
AND/TR1	123000	5230	805	229	1194	2753	236	6570

A tabela 2 apresenta resumo dos resultados obtidos na análise de partículas em suspensão no óleo. Novamente, constatou-se concentração mais elevada de partículas para o comutador do TR1 da SE Andradina, com exceção das partículas acima de 100 microns.

TABELA II
Resumo da Análise de Partículas no Óleo

SE	Nº de Oper. (mar/02)	Partículas (micron)				
		5 a 15	15 a 25	25 a 50	50 a 100	>100
VGS/TR1	82948	198670	6535	1365	60	0
VGS/TR2	6673	59725	2700	935	130	20
AND/TR1	123000	10390435	292765	45410	1690	0

Nas figuras 1 e 2 pode-se observar que os contatos do comutador do TR1 da SE Andradina estão em perfeito estado de conservação, mesmo após mais de 123.000 operações.

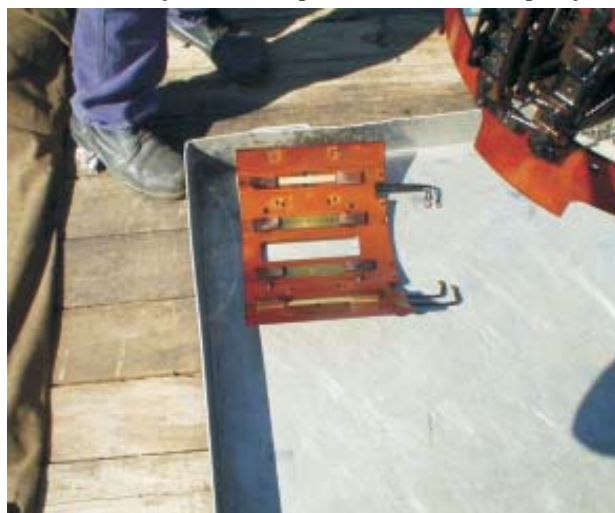


FIGURA 1. Vista dos contatos internos do comutador do TR1 da SE Andradina



FIGURA 2. Vista dos contatos externos do comutador do TR1 da SE Andradina

Foram analisados 16 comutadores no estudo. Independentemente do número acumulado de operações, verificou-se em todos os casos que o comutador estava em perfeitas condições de operação. Portanto, não necessitavam de manutenção preventiva nem de substituição de contatos. Dessa forma, foi possível enriquecer os valores limites já propostos para indicar comutadores em perfeitas condições.

As tabelas 3 e 4 mostram, respectivamente, o valor máximo de gases dissolvidos e de partículas no óleo para cada tipo de comutador estudado, considerando o maior número de operações registradas. Isto significa que, quando houve mais de um comutador do mesmo tipo sendo estudado, um determinado valor máximo de gás ou de partículas pode ter sido obtido tanto de um dos comutadores com número menor de operações acumuladas quanto da-

TABELA 3

Valor Máximo de Gases Dissolvidos no Óleo para Comutador em Boas Condições

Tipo	Nº Oper.	Qtd.	Quantidade Máxima de Gases								
			GASES (ppm)								
			H2	CH4	C2H6	C2H4	C2H2	CO	CO2	N2	O2
1	11359	2	3.554	161	5	136	1.914	136	680	68.700	25.500
2	19717	1	1.830	63	2	82	1.138	205	716	75.300	12.300
3	125054	2	439	15	2	64	330	441	1.340	77.200	16.800
4	6174	1	14.996	576	16	543	6.903	527	1.330	66.400	1.700
5	123000	7	18.078	4.156	1.023	12.737	8.894	624	6.570	85.500	23.000
6	81334	1	14.786	1.804	283	3.900	16.672	772	7.000	70.900	8.600
7	16541	1	10.439	233	16	315	3.325	460	2.300	52.000	6.600
8	101658	1	10.008	639	48	1.135	9.741	579	3.160	62.100	8.000

Nota:

1 - ABB, UZFRN250/300
 2 - ASEA, UZERN
 3 - ASEA, UZCRN 250/300
 4 - MR, VIII - 350

5 - MR - MIII - 300
 6 - MR, MIII-300-60/D-18351
 7 - MR, VIII - 350Y-60
 8 - MR, VIII - 200

TABELA 4

Valor Máximo de Partículas no Óleo para Comutador em Boas Condições

Tipo	Nº Oper.	Qtd.	QUANTIDADE MÁXIMA DE PARTÍCULAS				
			Partículas (microns)				
			5 a 15	15 a 25	25 a 50	50 a 100	>100
1	11359	2	2.554.375	303.605	57.380	740	50
2	19717	1	794.865	10.380	980	15	10
3	125054	2	156.275	5.415	1.105	70	15
4	6174	1	3.700.190	412.130	72.430	550	0
5	123000	7	10.390.435	466.045	108.505	4.950	700
6	81334	1	9.300.824	348.805	64.670	7.200	1.900
7	16541	1	28.065	775	330	110	205
8	101658	1	4.690	160	60	30	40

Nota:

1 - ABB, UZFRN250/300
 2 - ASEA, UZERN
 3 - ASEA, UZCRN 250/300
 4 - MR, VIII - 350

5 - MR - MIII - 300
 6 - MR, MIII-300-60/D-18351
 7 - MR, VIII - 350Y-60
 8 - MR, VIII - 200

quele com o maior número de operações acumuladas.

V. CONCLUSÃO

Neste projeto foi proposto o emprego de nova metodologia de diagnóstico, abrangendo ensaios de laboratório e de campo em famílias típicas de comutadores sob carga, instaladas no sistema de potência da Elektro.

Investigou-se a condição do óleo isolante de comutadores e correlacionaram-se os resultados encontrados no óleo com a condição visual do equipamento na sua abertura para manutenção preventiva.

Foram feitas análises de óleo nas amostras colhidas. Dentre os ensaios executados, buscou-se avaliar a concentração e o perfil de gases formados, assim como a quantidade de partículas. Embora na interrupção do arco sejam

formadas grandes quantidades de gases acetileno e hidrogênio, buscou-se saber se outros gases poderiam ser indicadores de falhas incipientes. No processo de extinção do arco, também ocorre muito desgaste mecânico das partes envolvidas, por isso julgou-se interessante estudar a quantidade e o perfil do tamanho das partículas formadas.

Foram analisados 16 comutadores. Independentemente do número acumulado de operações, verificou-se em todos os casos que o comutador estava em perfeitas condições de operação. Portanto, não necessitavam de manutenção preventiva nem de substituição de contatos. Foi possível ampliar para mais tipos de comutadores os valores limites de gases e partículas no óleo que indicam comutadores em perfeitas condições.

Com base nesses valores, deve-se observar necessidade ou não de intervenção de manutenção preventiva em comutadores que, independentemente do número acumulado de operações, tenham valores de gases e partículas no óleo abaixo ou próximos dos limites estabelecidos preliminarmente.

À medida que a metodologia desenvolvida for sendo implementada e continuarem sendo colhidos mais dados de comutadores do mesmo tipo e com maior número acumulado de operações, será possível refinar esses limites e levantar não-conformidades.

A partir da análise dos resultados obtidos e dos problemas encontrados, estabeleceu-se nova metodologia de diagnóstico, que definiu procedimentos, ensaios de laboratório e de campo, algoritmos e critérios para caracterizar

um indicador do grau da confiabilidade do equipamento.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Hauptert, T.J.; Hanson, D.; Leonardo, J.; Wysocki, J. "Developments in Diagnostics For High-Voltage Electrical Equipment", *Proceedings of the II WorkSpot*, Salvador, 2001.
- [2] Wysocki, J. & Price, R. "A New Protocol for Condition-Based Maintenance of Power Transformers", *Proceedings of TechCon2000*, Mesa, AZ, 2000, pp. 117-127.
- [3] Leonardo, J.; Price, R.; Wysocki, J. "Protocols for the Condition-Based Maintenance of High-Voltage Electrical Equipment", *Proceedings of TechCon 99*, New Orleans, 1999, pp. 54-70.
- [4] Onori, T. "Relation between contact resistance and its temperature", *Electric Engineering, Japão*, 1967, n.6, pp110-117.
- [5] Dmitrenko, A.I. "Loadability of closed contacts of LTC for power transformers", tese, Universidade Técnica de Kiev, Zaporozhye, 1982.
- [6] Hauptert, T.J.; Hanson, D.; Savio, L.; Stefanski, C. "The Application of New Diagnostic Protocols for the Condition-Based Assessment of High-Voltage Electrical Equipment", *NETA Technical Conference Papers*, 1999.