METODOLOGIA PARA AFERIR A RESISTIVIDADE DE CONTATOS DE CHAVES COMUTADORAS EM FUNÇÃO DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA

METHODOLOGY FOR MEASURING THE RESISTIVITY OF SWITCHING CONTACTS BASED ON TEMPERATURE BEHAVIOR

Anderton Nogueira Aleluia, Bruno da Cruz Santos, Eric Fellip Barbara Gonçalves dos Santos, João Victor de Paula Barbosa, Luiz Guilherme Leal Costa, Alexandre Shozo Onuki

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Elétrica
E-mail para contato: bs188445@alunos.unisanta.br

RESUMO – A pesquisa em questão realizou o desenvolvimento de uma metodologia para aferição da evolução de falhas em contatos elétricos através de monitoramento em tempo real. Tal sistema utiliza métodos de análise dos padrões de comportamento da temperatura em função das diversas variáveis envolvidas como temperatura ambiente, corrente elétrica e umidade. Os resultados foram muito satisfatórios, indicando uma boa perspectiva no que diz respeito a implantação de tal tecnologia em ambientes industriais.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, temperatura de contato, sobre aquecimento, contatos elétricos, sistemas adaptativos

ABSTRACT – The research in question developed a methodology for measuring the evolution of faults in electrical contacts through real-time monitoring. Such a system utilizes temperature behavior-pattern analysis methods in function of the various variables such as ambient temperature, electrical current and humidity. The results were very satisfactory, indicating a good perspective regarding the implementation of this technology in industrial environments.

Keywords: Artificial Intelligence, contact temperature, overheating, electrical contacts, adaptive systems

Tipo do trabalho: () Iniciação científica (x) Iniciação tecnológica ( ) Extensão

1 INTRODUÇÃO

A integridade e o desempenho dos componentes elétricos são altamente essenciais para a continuidade do fornecimento de energia para evitar falhas catastróficas. O aspecto crítico dos equipamentos que realizam manobras é a situação dos contatos elétricos proveniente do ato de abertura e fechamento do circuito. O trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um

sistema para detectar alterações na resistividade dos contatos através do monitoramento do comportamento do padrão de funcionamento em diferentes condições operacionais. Para tanto, foi desenvolvido um conjunto de algoritmos que utiliza um histórico de medições de diversos parâmetros como a temperatura dos contatos e do ambiente, corrente elétrica e umidade para tal tarefa. Vale destacar que foi necessário o desenvolvimento de uma plataforma de testes que possibilitou a avaliação da assertividade do sistema desenvolvido.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir é apresentado a metodologia adotada para a elaboração e desenvolvimento do protótipo do presente projeto, dentre eles: levantamento das opções de medidores existentes no mercado para o processo de medição; montagem do sistema para monitoramento de corrente elétrica, temperatura de contato, temperatura ambiente e umidade; desenvolvimento do conjunto de algoritmos para identificação de aquecimento em contato; montagem da estrutura de ambiente confinado para testes operacionais; implementação do conjunto algoritmo aplicativo computacional; testes laboratoriais para aferir do funcionamento do algoritmo e aplicabilidade do sistema de medição.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir foi apresentado o resumo do desenvolvimento do protótipo realizado pelo grupo.

3.1 Desenvolvimento do sistema de monitoramento dos parâmetros

O monitoramento dos parâmetros foi elaborado com auxílio do software Arduino IDE através da ferramenta Monitor Serial. Os dados podem ser visualizados na plataforma Grafana através do banco de dados do InfluxDB. Os dados são transmitidos automaticamente para uma planilha em formato Microsoft Excel onde está descrito todo o algoritmo de análise e determinação de falha de contato. Na figura 1, observa-se os dados sendo transmitidos para as seguintes plataformas: Monitor Serial, do InfluxDB e Grafana.

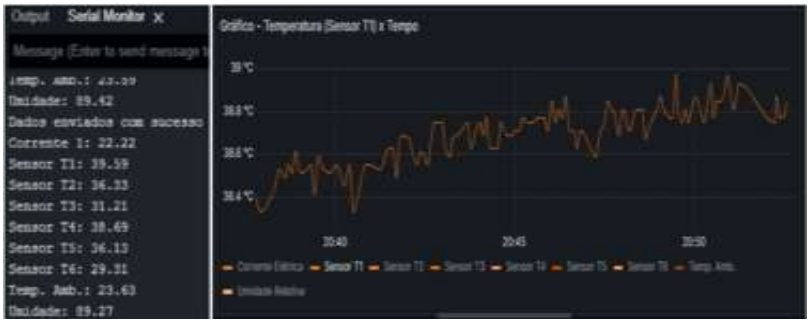

Figura 1 – Formas de visualização dos dados

3.2 Montagem do protótipo para testes dos algoritmos

Para confecção do protótipo utiliza-se: regulador de tensão, transformadores de corrente, amperímetros, contator e sensores infravermelhos, correntes, temperatura e umidade ambiente, conforme figura 2.



Figura 2 - Estruturação do projeto

3.3 Definição dos algoritmos para detecção do aquecimento dos contatos elétricos

O sistema possuí a estrutura a seguir: Determinação do padrão do comportamento térmico dos contatos nas diversas condições de operação; Definição da metodologia para determinação do desvio de temperatura dos contatos durante a supervisão do sistema; Análise dos desvios para caracterização de possível mau contato.

3.3.1 Metodologia para determinação do padrão de comportamento térmico dos contatos analisados

Em todo sistema decisório que utiliza métodos de supervisão adaptativos, o conjunto de algoritmos precisa definir os padrões de comportamento térmico se há existência de

anormalidades, no presente trabalho o processo foi realizado manualmente, sendo analisadas 21 variáveis considerados diversos patamares de corrente, temperatura, e a umidade.

3.3.2 Conjunto de algoritmos para determinação dos desvios de medição durante o processo de supervisão

Durante o processo de análise de uma nova amostra, o sistema supervisório calcula o desvio de tais medições em função das faixas de temperatura determinadas inicialmente, para tanto é utilizada a equação (1).

$$Desvio_x = \frac{Tanalisada_x - Ltmax_x}{Ltmax_x - Ltmin_x} \quad (1)$$

3.3.3 Análise dos desvios encontrados na supervisão para determinação da ocorrência de falhas

Caso o sistema detectar a existência de desvios nas medições serão analisadas diversas medições para verificar a possibilidade da ocorrência da falha, para tanto, ocorrerá a análise das seguintes condições.

a) Determinação de um período de análise, o período em questão deverá ser determinado pelo usuário, em função da sua experiência.

b) Identificação do contato com falha, O processo é realizado através da verificação do maior percentual de ocorrência de desvios.

c) Percentual de amostras de registro de desvios a durante o processo de análise, a contabilização dos percentuais dos desvios ocorridos no período em questão adotando um peso para cada parâmetro analisado.

d) Determinação do nível geral do desvio durante o intervalo de tempo pré-determinado, a metodologia tem como objetivo aferir os valores percentuais de desvios registrados durante o registro supervisionado.

3.4 Testes e Avaliação do conjunto de algoritmos

Foi realizado um teste com um contato instalado na plataforma desenvolvida, a corrente utilizada estava dentro de uma faixa de 20 a 25 A, a temperatura ambiente de 30 a 35°C e a umidade de 60 a 80% e que está condição de operação foi denominada de CO15.

3.4.1 Determinação do padrão de comportamento da temperatura

Alguns testes de performance do conjunto de algoritmos foram apresentados a seguir.

- **Obtenção do padrão de comportamento térmico para condição CO15**

No ensaio em questão foram utilizadas oitenta amostras de temperatura com o sistema configurado para condição operacional CO15, uma parcela de resultados foi apresentada na tabela 01, é possível verificar as temperaturas dos seis contatos (T1 a T6) e as diferenças entre os mesmos (T11 a T56) de quatro amostras, assim como os valores Máximos e Mínimos de cada parâmetro. Os dados foram obtidos como todos os conetores operado normalmente.

Tabela 01 – Determinação do Padrão de Temperatura para condição de operação CO15

	Temperatura °C - Padrão																				
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T12	T13	T14	T15	T16	T23	T24	T25	T26	T34	T35	T36	T45	T46	T56
P1	47,31	44,39	42,39	48,13	45,53	41,57	2,92	4,92	0,82	1,78	5,74	2,00	3,74	1,14	2,82	5,74	3,14	0,82	2,60	6,56	3,96
P2	47,21	44,43	42,51	48,03	45,51	41,49	2,78	4,70	0,82	1,70	5,72	1,92	3,60	1,08	2,94	5,52	3,00	1,02	2,52	6,54	4,02
P79	46,71	44,01	42,35	48,11	45,91	42,03	2,70	4,36	1,40	0,80	4,68	1,66	4,10	1,90	1,98	5,76	3,56	0,32	2,20	6,08	3,88
P80	46,65	44,09	42,33	48,01	45,91	41,95	2,56	4,32	1,36	0,74	4,70	1,76	3,92	1,82	2,14	5,68	3,58	0,38	2,10	6,06	3,96
$T_{máximo}$	47,31	44,43	42,89	48,19	46,07	42,13	2,96	4,92	2,18	1,78	5,74	2,00	4,44	2,26	2,94	5,96	3,80	1,34	2,60	6,56	4,04
$T_{mínimo}$	45,89	43,61	42,11	47,69	45,51	41,49	1,78	3,22	0,74	0,00	3,76	1,26	3,56	1,08	1,64	5,08	2,64	0,10	1,76	5,64	3,76

- **Levantamento do comportamento térmico, da simulação de um mau contato no terminal T4 e a condição operacional CO15**

Inicialmente foi realizado um levantamento da temperatura dos contatos do equipamento na condição operacional CO15 com o terminal T4 desrosqueado (simulando um defeito), os resultados foram apresentados na tabela 02.

Tabela 02 – Medição Temperatura para condição de operação CO15

	Temperatura °C - Analisada																				
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T12	T13	T14	T15	T16	T23	T24	T25	T26	T34	T35	T36	T45	T46	T56
P100	46,05	43,11	42,41	54,49	45,75	41,77	2,94	3,64	8,44	0,30	4,28	0,70	11,38	2,64	1,34	12,08	3,34	0,64	8,74	12,72	3,98
P101	46,31	43,09	42,39	54,21	45,53	41,73	3,22	3,92	7,90	0,78	4,58	0,70	11,12	2,44	1,36	11,82	3,14	0,66	8,68	12,48	3,80
P102	46,39	43,31	42,53	53,97	45,53	41,81	3,08	3,86	7,58	0,86	4,58	0,78	10,66	2,22	1,50	11,44	3,00	0,72	8,44	12,16	3,72
P103	46,29	43,23	42,57	53,89	45,35	41,83	3,06	3,72	7,60	0,94	4,46	0,66	10,66	2,12	1,40	11,32	2,78	0,74	8,54	12,06	3,52
P104	46,29	43,23	42,63	53,71	45,23	41,83	3,06	3,66	7,42	1,06	4,46	0,60	10,48	2,00	1,40	11,08	2,60	0,80	8,48	11,88	3,40
P105	46,35	43,29	42,61	53,37	45,11	41,83	3,06	3,74	7,02	1,24	4,52	0,68	10,08	1,82	1,46	10,76	2,50	0,78	8,26	11,54	3,28
P106	46,39	43,41	42,71	53,35	45,05	41,85	2,98	3,68	6,96	1,34	4,54	0,70	9,94	1,64	1,56	10,64	2,34	0,86	8,30	11,50	3,20
P107	46,53	43,33	42,87	53,09	44,89	41,83	3,20	3,66	6,56	1,64	4,70	0,46	9,76	1,56	1,50	10,22	2,02	1,04	8,20	11,26	3,06
P108	46,43	43,33	42,81	53,09	44,81	41,91	3,10	3,62	6,66	1,62	4,52	0,52	9,76	1,48	1,42	10,28	2,00	0,90	8,28	11,18	2,90
P109	46,43	43,41	42,91	53,03	44,87	41,91	3,02	3,52	6,60	1,56	4,52	0,50	9,62	1,46	1,50	10,12	1,96	1,00	8,16	11,12	2,96

- **Determinação do Desvio da temperatura dos contatos, considerando o mau contato no terminal T4 e a condição operacional CO15**

Foi determinado os desvios nos valores das temperaturas dos contatos através da equação (1), os resultados foram apresentados na tabela 03, em tal ilustração foram destacados em negrito (T4, T14, T24, T34, T45 e T46) como valores mais relevantes.

Tabela 03 – Processo de ponderação do desvio de Temperatura para condição de operação CO15

	Desvio Temperatura °C																			
	T1	T2	T3	**T4**	T5	T6	T12	T13	T14	T15	T16	T23	T24	T25	T26	T34	T35	T36	T45	T46	T56
P100	0,00	0,00	0,00	**12,60**	0,00	0,00	0,00	0,00	**4,35**	0,00	0,00	0,00	**7,89**	0,32	0,00	**6,95**	0,00	0,00	**7,31**	**6,70**	0,00
P101	0,00	0,00	0,00	**12,04**	0,00	0,00	0,22	0,00	**3,97**	0,00	0,00	0,00	**7,59**	0,15	0,00	**6,66**	0,00	0,00	**7,24**	**6,43**	0,00
P102	0,00	0,00	0,00	**11,56**	0,00	0,00	0,10	0,00	**3,75**	0,00	0,00	0,00	**7,07**	0,00	0,00	**6,23**	0,00	0,00	**6,95**	**6,09**	0,00
P103	0,00	0,00	0,00	**11,40**	0,00	0,00	0,08	0,00	**3,76**	0,00	0,00	0,00	**7,07**	0,00	0,00	**6,09**	0,00	0,00	**7,07**	**5,98**	0,00
P104	0,00	0,00	0,00	**11,04**	0,00	0,00	0,08	0,00	**3,64**	0,00	0,00	0,00	**6,86**	0,00	0,00	**5,82**	0,00	0,00	**7,00**	**5,78**	0,00
P105	0,00	0,00	0,00	**10,36**	0,00	0,00	0,08	0,00	**3,36**	0,00	0,00	0,00	**6,41**	0,00	0,00	**5,45**	0,00	0,00	**6,74**	**5,41**	0,00
P106	0,00	0,00	0,00	**10,32**	0,00	0,00	0,02	0,00	**3,32**	0,00	0,00	0,00	**6,25**	0,00	0,00	**5,32**	0,00	0,00	**6,79**	**5,37**	0,00
P107	0,00	0,00	0,00	**9,80**	0,00	0,00	0,20	0,00	**3,04**	0,00	0,00	0,00	**6,05**	0,00	0,00	**4,84**	0,00	0,00	**6,67**	**5,11**	0,00
P108	0,00	0,00	0,00	**9,80**	0,00	0,00	0,12	0,00	**3,11**	0,00	0,00	0,00	**6,05**	0,00	0,00	**4,91**	0,00	0,00	**6,76**	**5,02**	0,00
P109	0,00	0,00	0,03	**9,68**	0,00	0,00	0,05	0,00	**3,07**	0,00	0,00	0,00	**5,89**	0,00	0,00	**4,73**	0,00	0,00	**6,62**	**4,96**	0,00

- **Identificação do contato com aquecimento**

O processo de identificação do ponto de aquecimento considerou a quantidade e os valores dos desvios (valores superiores a zero da tabela 03) de cada ponto interrelacionado com cada contato, na tabela 4 é possível verificar os valores ponderado (o valor 1 indica o maior desvio encontrado), é possível verificar que os valores mais relevantes encontram-se nas colunas T4, T14, T24, T34, T45 e T46 (todos relacionados ao contato T4), também é possível verificar desvio em T2 e T12 porém com valores reduzidos.

Para identificação da falha realizou-se um processo que contabilizou todos os valores relacionadas aos contatos e foi determinado o percentual, que no caso o contato T4 tem 99,996% de chance de falha.

Tabela 04 – Descrição da estimativa de identificação de falha para condição de operação CO15

	T1	T2	T3	**T4**	T5	T6	T12	T13	**T14**	T15	T16	T23	**T24**	T25	T26	**T34**	T35	T36	**T45**	**T46**	T56
P100	0,000	0,000	0,000	**1,000**	0,000	0,000	0,000	0,000	**0,551**	0,000	0,000	0,000	**1,000**	0,041	0,000	**0,882**	0,000	0,000	**0,927**	**0,849**	0,000
P101	0,000	0,000	0,000	**0,956**	0,000	0,000	0,028	0,000	**0,504**	0,000	0,000	0,000	**0,963**	0,019	0,000	**0,844**	0,000	0,000	**0,918**	**0,816**	0,000
P102	0,000	0,000	0,000	**0,917**	0,000	0,000	0,013	0,000	**0,476**	0,000	0,000	0,000	**0,896**	0,000	0,000	**0,790**	0,000	0,000	**0,882**	**0,772**	0,000
P103	0,000	0,000	0,000	**0,905**	0,000	0,000	0,011	0,000	**0,477**	0,000	0,000	0,000	**0,896**	0,000	0,000	**0,772**	0,000	0,000	**0,897**	**0,758**	0,000
P104	0,000	0,000	0,000	**0,876**	0,000	0,000	0,011	0,000	**0,461**	0,000	0,000	0,000	**0,870**	0,000	0,000	**0,738**	0,000	0,000	**0,888**	**0,733**	0,000
P105	0,000	0,000	0,000	**0,822**	0,000	0,000	0,011	0,000	**0,426**	0,000	0,000	0,000	**0,813**	0,000	0,000	**0,692**	0,000	0,000	**0,854**	**0,686**	0,000
P106	0,000	0,000	0,000	**0,819**	0,000	0,000	0,002	0,000	**0,421**	0,000	0,000	0,000	**0,793**	0,000	0,000	**0,674**	0,000	0,000	**0,860**	**0,681**	0,000
P107	0,000	0,000	0,000	**0,778**	0,000	0,000	0,026	0,000	**0,386**	0,000	0,000	0,000	**0,767**	0,000	0,000	**0,614**	0,000	0,000	**0,845**	**0,648**	0,000
P108	0,000	0,000	0,000	**0,778**	0,000	0,000	0,015	0,000	**0,394**	0,000	0,000	0,000	**0,767**	0,000	0,000	**0,622**	0,000	0,000	**0,857**	**0,637**	0,000
P109	0,000	0,000	0,002	**0,768**	0,000	0,000	0,006	0,000	**0,389**	0,000	0,000	0,000	**0,746**	0,000	0,000	**0,599**	0,000	0,000	**0,839**	**0,628**	0,000

Contato	1	0,000%
Contato	2	0,000%
Contato	3	0,004%
Contato	4	99,996%
Contato	5	0,000%
Contato	6	0,000%

4 CONCLUSÃO

O projeto em vigor realiza a detecção de falha de contato através do algoritmo de análise padrão elaborado e os sensores realizam a medição condizentes com os valores reais. O monitoramento dos dados através da plataforma de visualização gráfica e a análise através do algoritmo possibilita ao usuário detectar precisamente qual contato está danificado ou com má conexão. Tal efeito, proporciona a ação de realizar a manutenção preventiva de forma a evitar danos maiores ao equipamento.

5 REFERÊNCIAS

A seguir foram apresentadas as principais referências bibliográficas utilizadas no trabalho.

OMEGA Engineering. **Medição de temperatura por infravermelho.** Omega Engineering, 2024. Disponível em: https://br.omega.com/prodinfo/medicao-temperatura-infravermelho.html. Acesso: 24 de julho de 2024, 10:40.

MOSCHIM, E.; et al. SCS – **Supervisor de Contato de Seccionadora.** Trabalho apresentado na CITENEL. Brasília, 2006. Disponível em: https://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/04/SCS-%E2%80%93-Supervisor-de-Contato-de-Seccionadora.pdf. Acesso em: 02 de maio de 2024. 20:26.