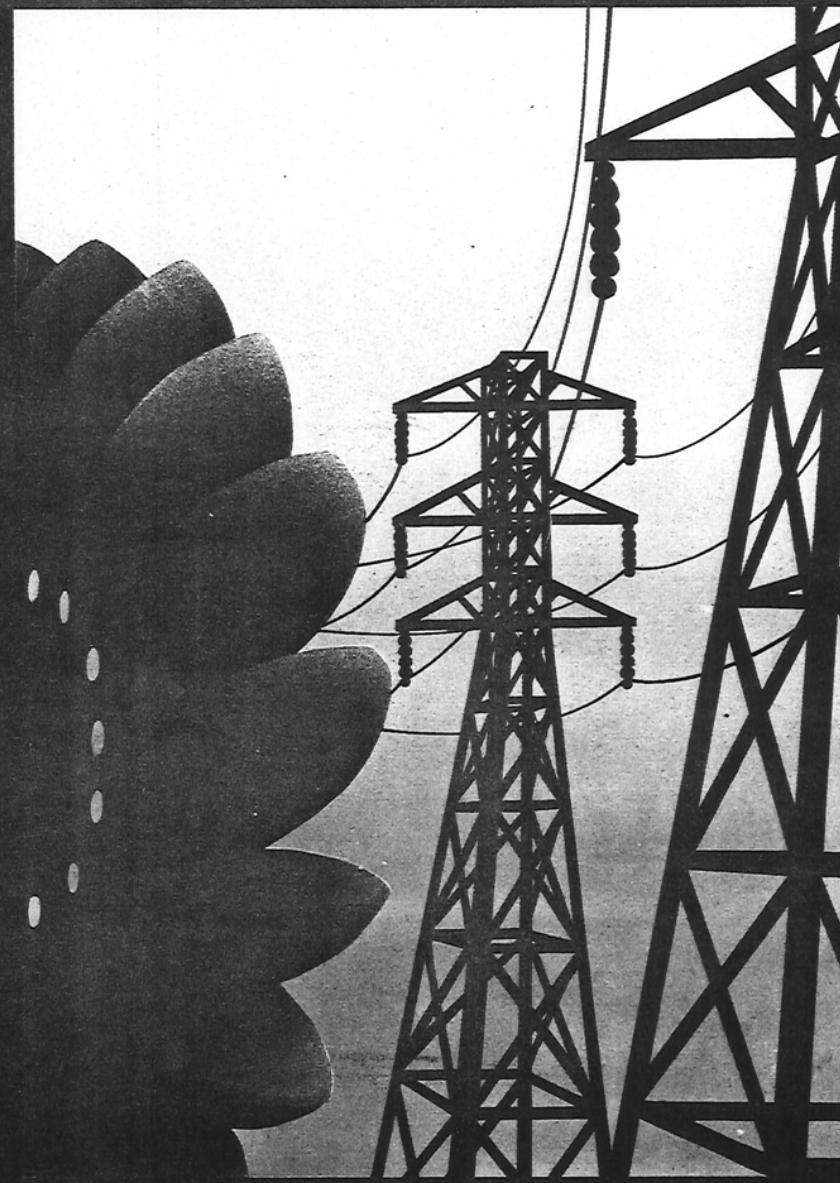


II SEMINÁRIO DE MATERIAIS NO SETOR ELÉTRICO



COPEL



Westinghouse Porcelana Schmidt SA

Secretaria da Ciência, Tecnologia
e Desenvolvimento Econômico

DETETOR DE PICOS DE CORRENTES E TENSOES IMPULSIVAS USANDO ELETRETO

3.30.00.00-4 A4652

①
RUY A.C.ALTAFIM

DEPTO DE ELECTRIC.
ESC. ENG. SÃO CARLOS
SÃO CALOS - SP

JORGE M. JANISZEWSKI

DEPTO DE ELECTRIC.
ESCOLA POLITÉCNICA
CID. UNIVERSIT. - SP

JOSE A. GIACOMETTI

INST. DE FIS. E. QUIM.
DE SÃO CARLOS
SÃO CARLOS - SP

RESUMO

Este trabalho descreve um dispositivo para a detecção de correntes e tensões elétricas impulsivas, usando como elemento de memória um eletreto (dispositivo que retém uma polarização ou excesso de cargas elétricas por longos períodos). O princípio de funcionamento deste dispositivo baseia-se no carregamento elétrico de um material isolante por uma descarga de Paschen. Nesse método, a tensão impulsiva aplicada entre dois eletrodos separados pelo material isolante provoca a descarga elétrica no ar, transferindo cargas do eletrodo para a superfície do material dielétrico, formando assim o eletreto. Verificou-se que a densidade de cargas do eletreto é diretamente proporcional à tensão de pico aplicada ao dispositivo, o que o torna um sensor natural dessa grandeza. Entretanto, esses dispositivos também podem detectar correntes impulsivas em linhas de transmissão e distribuição de energia oriundas de descargas atmosféricas.

1. INTRODUÇÃO

As correntes e tensões impulsivas surgem nos sistemas elétricos em decorrência de causas externas (descargas atmosféricas) ou de causas internas (manobras ou curto-circuitos). Essas correntes e tensões podem atingir valores suficientemente elevados para provocar danos em equipamentos, ou mesmo, injúrias em usuários do sistema elétrico excitado. Embora nos sistemas de transmissão de energia elétrica, que há muito tempo já vem sendo estudados, se conheça o fenômeno com relativa precisão, nas redes de distribuição de energia e nas redes de baixa tensão, o fenômeno ainda não recebeu a devida atenção. Daí a razão desta pesquisa estar basicamente voltada para esses sistemas.

O estudo dessas correntes e tensões impulsivas tem exigências bastante peculiares, a exemplo da necessidade de se efetuar a medição simultânea em um número muito grande de pontos, uma vez que o local onde surgirão essas correntes e tensões é desconhecido. Assim, ao longo dos anos foram desenvolvidos inúmeros dispositivos para as linhas de transmissão [1], e que também podem ser usados na distribuição de energia e em baixa tensão. Dentre eles dois se destacaram, os elos magnéticos [2,3,4] e as fitas magnéticas [5,6]. Esses dois dispositivos são sensores de correntes impulsivas e, embora possam medir tensões, o fazem de forma complicada. Soma-se a esse inconveniente, o fato dos elos magnéticos serem importados e de custo elevado, e as fitas apresentarem dificuldades no procedimento de instalação no campo.

Estas considerações conduziram ao desenvolvimento de um novo dispositivo, baseado na tecnologia dos eletretos já dominada pelo Brasil. Esse dispositivo foi denominado Sensor de Pico de Tensão

0810131

SYSNO 0810131
PROD -000168
ACERVO EESC

por Eletreto ou SPTE.

Nos itens subsequentes serão descritos os procedimentos de laboratório usados para determinar a curva de calibração do SPTE e também alguns exemplos de como eles podem ser instalados.

2. TÉCNICA DE CARREGAMENTO DE ELETRETO POR DESCARGAS ELÉTRICAS IMPULSIVAS.

2.1. Considerações Gerais.

O estado tecnológico atual dos eletretos permite que sejam armazenadas cargas elétricas negativas por longos períodos [7]. Essa constatação permitiu fazer a pergunta: "Poderia esse elemento também ser empregado para armazenar informações referentes aos picos de altas correntes e tensões impulsivas?".

O eletreto é um elemento que armazena cargas elétricas e, portanto, qualquer tentativa de medir correntes ou tensões por eletretos deve ser de forma indireta. Assim, neste trabalho procurou-se buscar relações entre as tensões de pico e o potencial de superfície $V_A(t)$, grandeza que se relaciona com as cargas armazenadas, e que é definido pela equação

$$V_A(t) = \frac{L}{\epsilon} [\sigma(t) + \left(\frac{1}{\epsilon}\right) \int_0^L x \rho(x,t) dx] \quad (1)$$

onde

L = espessura do dielétrico;

ϵ = permissividade elétrica do dielétrico;

$\sigma(t)$ = densidade superficial de cargas, e

$\rho(x,t)$ = densidade volumétrica de cargas.

Conhecida a relação entre as tensões de pico e os potenciais de superfície, torna-se fácil obter relações entre as correntes de pico e o potencial de superfície como será visto no item 3. Cabe observar que nos materiais dielétricos, tais como o FEP-Teflon usados nessa pesquisa, a carga elétrica é armazenada na superfície do material, consequentemente, o termo $\rho(x,t)$ é igual a zero

2.2. Implementação Experimental.

Nesta pesquisa, para a formação dos eletretos adotou-se a mesma configuração geométrica do método de carregamento por descargas elétricas [8], posicionando-se o eletrodo superior diretamente sobre a amostra dielétrica (Figura 1).

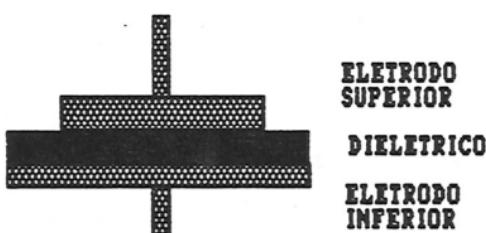


Figura 1. Diagrama esquemático do sensor dos picos por eletretos - SPTE -.

uso dessa região e, portanto, corresponde a uma limitação do próprio sensor.

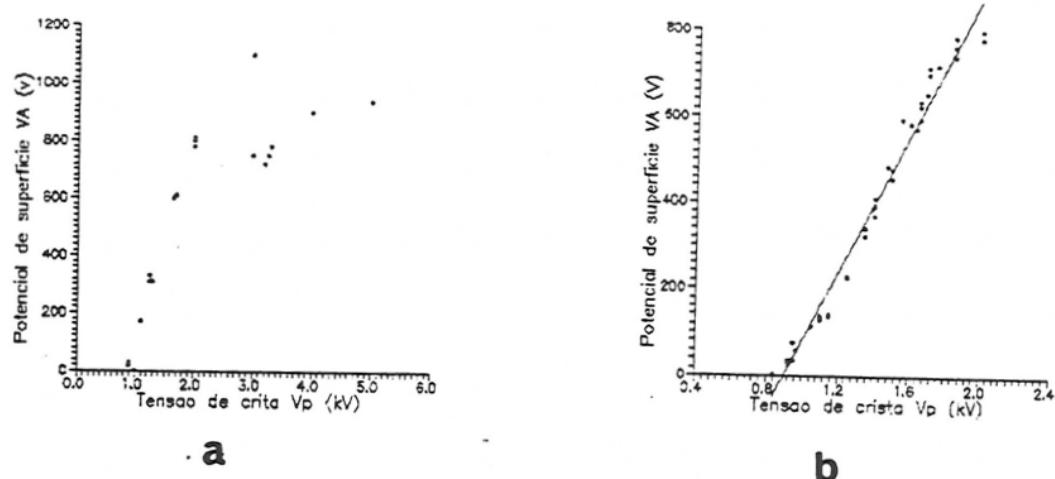


Figura 3. (a) Curva de Calibração que relaciona a tensão de pico V_p com o potencial de superfície V_A e (b) Detalhe da parte linear da curva

3. CONFIGURAÇÕES ESPECIAIS DO SPTE PARA MEDIDA DE CORRENTES E TENSÕES IMPULSIVAS

3.1. Sensor dos Picos de Tensões Impulsivas.

Como visto, o SPTE é um sensor natural de tensões impulsivas, na faixa de 800 a 1600 V. Para medição de tensões superiores, duas configurações podem ser empregadas: uma consiste de colocar diversos dispositivos SPTE em série, cada um deles em paralelo com um resistor de equalização (Fig. 4a); a outra é colocar o SPTE na saída de um divisor de tensão (Fig. 4b). Essa última configuração embora seja mais confiável é mais dispendiosa, porque requer resistores especiais de alta tensão.

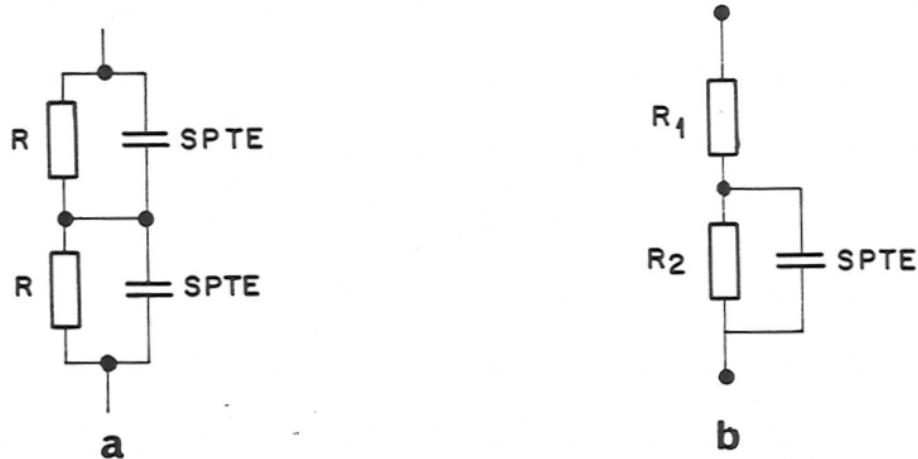


Figura 4. Configurações do Sensor SPTE para medida de tensões superiores a 1800 V. (a) com resistores de equalização e (b) com divisor de tensão.

3.2. Sensor de Picos de Correntes Impulsivas.

Para medir os picos das correntes impulsivas deve-se primeiro gerar tensões proporcionais a elas e, então, aplicá-las aos dispositivos SPTE. A geração de tensões proporcionais às correntes pode ser conseguida através de resistores inseridos no circuito (Resistores "shunt") ou de bobinas de núcleo de ar na configuração integradora, também conhecidas como bobinas de Rogowski. Essas duas configurações encontram-se ilustradas na figura 5. Nos resistores "shunt", figura 5a., a curva de calibração pode ser determinada pela equação

$$I_p = \frac{1}{R_{SH}} \left(\frac{V_A + V_{pi}}{\alpha} \right) \quad (4)$$

onde

I_p = corrente de pico, e

R_{SH} = valor da resistência do "shunt"

V_A = potencial de superfície da amostra, considerado constante durante o intervalo de medição da corrente de pico I_p

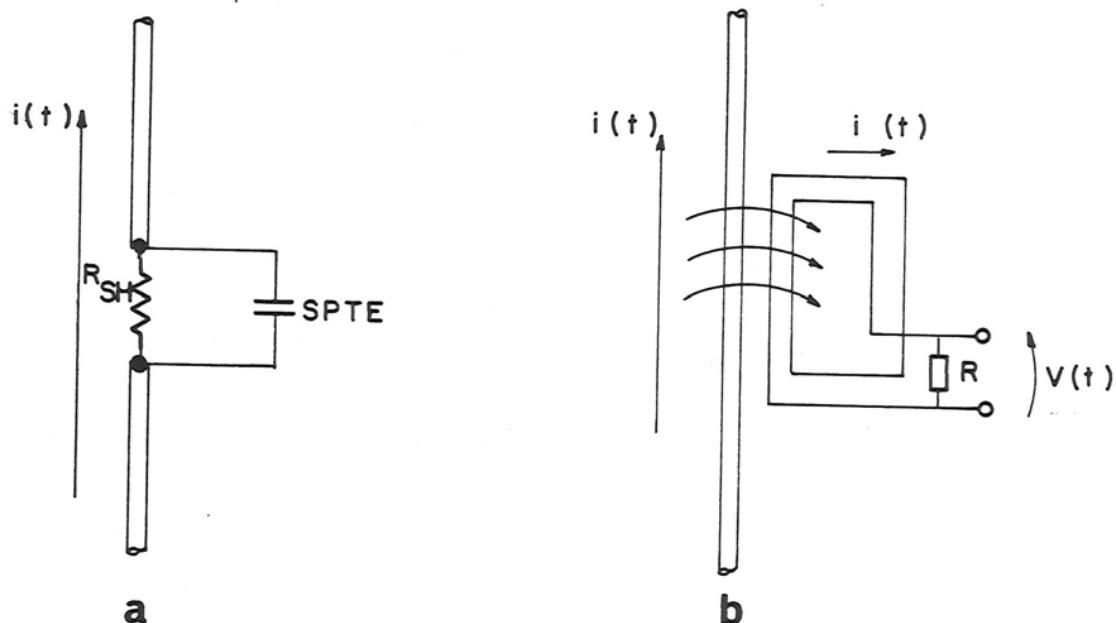


Figura 5. Sensores de picos de correntes impulsivas, sendo (a) através de resistores "shunt" e (b) através de bobina de Rogowski.

e, nas bobinas de Rogowski, figura 5b, pela equação

$$I_p = \frac{L}{M R} \left(\frac{V_A + V_{pi}}{\alpha} \right) \quad (5)$$

onde

L = indutância própria da bobina;

M = indutância mútua entre a bobina e o condutor que está conduzindo a corrente I_p , e

R = resistência da bobina.

4. CONCLUSÃO

Os sensores SPTE apresentam-se como uma nova opção para a medida de altas correntes e tensões impulsivas em linhas de

distribuição e em redes de baixa tensão, devido ao seu pequeno volume, menor que 3 cm³, baixo custo e com, uma de suas principais características, ser construído com uma tecnologia inteiramente conhecida no Brasil.

Com as configurações especiais apresentadas no item 3 podem ser medidas correntes de 5 a 100 kA e tensões compreendidas entre 800 a 20.000 V.

Encontra-se em fase de estudos a ampliação da faixa de leitura de tensões com um único elemento sensor SPTE, usando para tanto outras configurações de eletrodos. Nos estudos preliminares, empregando eletrodos cilíndricos, já foi possível medir tensões de até 6.000 V, com um único sensor.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] CENTRAL STATION ENGINEERS - WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION - Electrical Transmission and Distribution Reference Book - Westinghouse Electric Corporation, East Pittsburgh, Pennsylvania Fourth Editon: Tenth Printing USA, 1964. 850p
- [2] FOUST, C.M. & KUEHNI, H.P. The surge-crest ammeter, General Electric Review, Schnectady, 35 (12):644-8, dec. 1932
- [3] FOUST, C.M. & HENDERSON, J.T. - Direct measurement os surge currents - Electrical Engineering, New York, 54 (4) : 373-8, apr. 1935
- [4] FOUST, C.M. AND GARDNER, G.F.- A new surge-crest ammeter - General Electric Review, 37 (7): 324-27, july 1934.
- [5] CROUCH, K. E. - Calibration tests on magnetic tape lightning current detectors- Massachusetts,NASA, 1980. 83p:(Contractor Report 3270) -
- [6] LEITE,D.M.; KAMEYAMA, C.; YAMAZAKI, S; CAMARGO,C.A.N. e ALTAFIM, R.A.C.- Fitas magnéticas para substituir os elos magnéticos - IX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - SNPTE, Belo Horizonte-MG Brasil, Anais do Grupo III Linhas de Transmissão (GTL), artigo BH/GLT/08, outubro 1987, 4p.
- [7] GIACOMETTI,J.A.- Corona com corrente constante: Um novo método para o estudo de transporte de carga em isolantes. Aplicação em polímeros. - Tese de Doutorado IFQSC-USP.SAO CARLOS-SP.BRASIL.-1982. 137p
- [8] SESSLER, G. M. AND WEST, J.E.- Production of high quasipermanent charge densities on polymer foils by application of breakdown fields - Journal Appl. Phys. 43 (3): 922-26, march 1972
- [9] REEDYK, C. W. AND PERLMAN, M.M.- The measurement of surface charge - J. Electrochem. Soc. - USA -115 (49):49-51, january 1968.