Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

INTERFERÊNCIA DAS IRREGULARIDADES NO CAMPO MAGNÉTICO DO MEDIDOR DE ENERGIA ELÉTRICA[1]

Neiva Glacimar Almeida Dos Santos[2], Jorge Miguel Silva Dos Santos[3], Elsion Carlos Goulart De Brito[4].

[1] Trabalho realizado na disciplina de Eletromagnetismo do Curso de Engenharia Elétrica na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões –Extensão de São Luiz Gonzaga - RS
[2] Professora Licenciada em Ciências Físicas e Biológicas pela URI - Santo Ângelo e Física pela UNIJUÍ. Mestranda do Programa de Pós Graduação em Educação nas Ciências/UNIJUÌ. neivafisica@hotmail.com
[3] Aluno do V Semestre do Curso de Engenharia na URI - São Luiz Gonzaga. jorgeemiguell@hotmail.com
[4] Engenheiro Eletricista – Laboratorista da Curso de Engenharia na URI - São Luiz Gonzaga. elsion.brito@gmail.com

I. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é uma "mercadoria" comercializada como outra qualquer. As empresas distribuidoras de energia elétrica apresentam queda de receita ligada à perda comercial de energia. A perda global de energia é dada pela diferença entre a energia requerida pelo sistema elétrico e a energia realmente faturada, e possui duas componentes: a perda técnica e a perda comercial. As perdas técnicas são aquelas originadas pela passagem da corrente elétrica e todas as suas interações com os equipamentos elétricos. As perdas comerciais são oriundas de problemas apresentados na unidade de medição que influenciam a leitura, por fraudes cometidas no consumo de energia elétrica, por ligações clandestinas, realizadas diretamente no sistema de distribuição, e também ocasionadas devido a dificuldades administrativas [2], [4].

Medidor de energia elétrica é um dispositivo ou equipamento eletromecânico e/ou eletrônico capaz de mensurar o consumo de energia elétrica. A unidade mais usada é kWh. O medidor de energia mais empregado hoje em dia é do tipo de indução, por sua simplicidade, robustez, exatidão e desempenho ao longo dos anos. A medição da energia elétrica é empregada, na prática, para possibilitar à entidade fornecedora o faturamento adequado da quantidade de energia elétrica consumida por cada usuário, dentro de uma tarifa estabelecida [4].

O primeiro medidor de consumo de energia elétrica conhecido foi o medidor de lâmpada-hora desenvolvido por Samuel Gardiner, em 1872. Este foi desenvolvido para uma aplicação em corrente contínua, indicando assim o período que uma lâmpada permanecia acesa. Como o medidor de Samuel Gardiner era aplicado apenas em corrente continua, J.B. Fuller desenvolveu um novo medidor no ano de 1878, o medidor de lâmpada-hora para operação em corrente alternada [2].

Na década de 1880 o engenheiro eletricista Elihu Thomsom, com o auxílio de Thomas Duncan, desenvolveu um wattímetro-registrador destinado à medição de consumo de energia, sendo este capaz de operar tanto em corrente alternada como em contínua. Desde então este modelo se tornou o principal meio de medição de consumo até 1892, ano em que Thomas Duncan apresentou os primeiros medidores de watt-hora (medidor eletromecânico) com precisão e confiabilidade suficientes para a aplicação em medição de consumo de energia [4]

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

Atualmente o medidor mais utilizado pelas concessionárias em aplicação residencial é o medidor eletromecânico, devido ao fato de seu baixo custo e disponibilidade. Visto que este meio de medida do consumo é antigo, sofreu no decorrer dos anos diversos aperfeiçoamentos [2];[4].

II. METODOLOGIA

Essa pesquisa bibliográfica visa mostrar o funcionamento de um medidor eletromecânico de energia elétrica, bem como alguns tipos de irregularidades que vão interferir no campo magnético gerado para o funcionamento e registro dos kwh da instalação.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após estudos dos conceitos sobre energia e seus efeitos, buscamos aprofundar os estudos, particularizando-os sobre o Medidor de Energia Elétrica, que é um dispositivo ou equipamento eletromecânico e/ou eletrônico capaz de mensurar o consumo de energia elétrica e as irregularidades no funcionamento e registro do consumo nas diferentes localizações que o utilizam.O estudo inicia-se a partir dos componentes que compõe o objeto de estudo, seguido princípio de funcionamento, irregularidades e fraudes contra o sistema de medição.

3.1 Medidor Eletromecânico do Tipo Indução - Componentes do medidor

Segue a descrição dos principais componentes do medidor de energia eletromecânico segundo os autores Medeiros, 1981 e Mínguez, 2007. Os componentes citados a seguir encontram-se na figura 01:

- Terminais: são dispositivos com a finalidade de ligar o medidor ao circuito a ser medido, sendo que estes devem conter dois parafusos de modo a garantir a fixação segura e permanente de condutores.
- Bloco de terminais: Suporte de material isolante no qual são agrupados os terminais do medidor. Deve ter tampa independente da tampa do medidor, com a finalidade de impedir a entrada de insetos, poeira e umidade, bem como a fraude, por introdução de corpos estranhos.
- Catraca: impede o movimento do disco em sentido contrário ao normal.
- Mostrador: placa que contém abertura para leitura dos algarismos do ciclômetro.
- Rotor ou Elemento móvel: conjunto formado por um disco de material não magnético ligado ao eixo que, gira no entreferro principal do estator, com uma velocidade proporcional a potência da carga. O sentido de rotação do elemento móvel deve ser da esquerda para a direita do medidor visto de frente.
- Estator ou Elemento motor: conjunto formado pela bobina de potencial e seu núcleo, por uma ou mais bobinas de corrente, destinado a gerar os fluxos de tensão e corrente necessários a formação do campo de indução eletromagnética.
- Núcleo laminado de ferro magnético: conjuntos de lâminas construídos por varias lâminas de ferro magnético, que forma os circuitos magnéticos das bobinas de potencial e de corrente, com o objetivo de diminuir perdas por corrente de Foucault (correntes parasitas).
- Bobina de potencial: bobina cujo campo magnético resultante é função da tensão do circuito cuja energia se pretende medir. Tem por principal característica ser altamente indutiva, com um grande numero de espiras de fio fino de cobre, é ligada em paralelo com a carga.

- Bobina de corrente: bobina cujo campo magnético resultante é função da corrente que circula no circuito cuja energia se pretende medir. Possui poucas espiras de fio grosso de cobre, e é ligada em série com a carga.
- Mancais: conjunto de peças destinadas a manter o elemento móvel em posição adequada e permitir sua livre rotação, não deve permitir a ocorrência de vibrações no elemento móvel.
- Elemento Frenador: tem a finalidade de reduzir a velocidade do rotor a um valor compatível com a calibração.
- Registrador: É o conjunto destinado a registrar o número de rotações do rotor, segundo uma relação determinada de maneira que, a leitura, indique a energia consumida pela carga em KWh.
- Base: É a parte do medidor ao qual é fixada a estrutura, a tampa do medidor, o bloco de terminais e sua tampa.
- Armadura ou estrutura: é uma peça destinada a fixar os principais conjuntos do medidor à base, sendo estes: o estator, os mancais, o registrador e o elemento frenador. É geralmente fabricado em liga de alumínio-silício.
- Tampa do Medidor: É uma peça sobreposta à base e destinada a cobrir e proteger o conjunto da armadura e a permitir a visão perfeita do registrador e do rotor, e ser adaptada à base para impedir a entrada de insetos, poeira, bem como a fraude, por introdução de corpos estranhos que altere seu funcionamento.

Figura 1- Componentes do medidor eletromecânico.[4]

Figura 2 - identificação dos elementos [4].

3.2 Princípio de funcionamento

O princípio de funcionamento do medidor tipo indução é baseado no fenômeno de indução eletromagnética, a qual afirma que: Um condutor percorrido por uma corrente (i) na presença de um campo magnético (B), fica submetido a uma força(F) cujo sentido é dado pela regra da mão direita e possui módulo que é dado por " F = B.i.L. senα" , onde L é o comprimento do condutor sob a ação do campo magnético B e alfa é o ângulo compreendido entre o vetor do campo magnético e a direção do vetor "iL" no espaço [1];[2];[3].

A figura 03 que, ilustra o funcionamento do fenômeno eletromagnético responsável pela rotação do disco, mostra também uma situação na qual o fator de potência é unitário, mas as mesmas considerações podem ser usadas para qualquer fator de potência.

A figura 03 (a) apresenta as formas de onda da tensão e da corrente, e os fluxos correspondentes ás bobinas de tensão e de corrente. Na figura, o fluxo da bobina de tensão está atrasada de 90º com relação ao fluxo da bobina de corrente. Isto ocorre porque a corrente é proporcional ao fluxo, já a tensão e o fluxo por ela produzido não obedecem a mesma proporcionalidade [3];[4]

Figura 3 [4}

As figuras 03 (b) e 03 (c) apresentam o disco do medidor visto de cima. A bobina de potencial é representada por uma linha contínua (central), e as bobinas de corrente apresentam suas extremidades nas laterais, e estão representadas por linhas pontilhadas porque estão na parte de baixo do disco.

No intervalo a-b o fluxo devido a bobina de potencial estar saindo. Este está decrescendo em magnitude. Produz-se então uma corrente no disco. Esta corrente se opõe ao decréscimo do fluxo e, pela regra da mão direita, gira o disco no sentido anti-horário, como mostrado na figura 03(b). Esta corrente interage com o fluxo produzido pela bobina de corrente produzindo duas forças de mesmo sentido e magnitude (F1).

Ainda neste mesmo intervalo a-b, o fluxo devido a bobina de corrente está aumentando em magnitude. Geram-se então duas correntes, uma no sentido anti-horário e outra no sentido horário. Estas correntes interagem com o fluxo produzido pela bobina de potencial gerando uma força F2 com o mesmo sentido de F1 [2];[3].

Podemos dizer que o conjugado motor originado no disco devido ao fenômeno de indução eletromagnética entre os enrolamentos do estator, onde o fluxo magnético produzido pela bobina de potencial, ao atravessar o disco de alumínio, induz correntes parasitas (Iv) no disco. Essas correntes interagem com as correntes parasitas produzidas pelo fluxo magnético gerado pela bobina de corrente dando origem a uma força e, consequentemente, a um conjugado em relação ao eixo do disco, fazendo-o girar [3].

Da mesma forma, o fluxo magnético produzido pela bobina de corrente, ao atravessar o disco de alumínio induz correntes parasitas (Ii), essas correntes interagem com o fluxo magnético da bobina de potencial, dando origem a outra força, e, consequentemente, a outro conjugado em relação ao eixo do disco, se somando ao conjugado anterior fazendo o disco girar [3];[4].

O elemento frenador induz um conjugado oposto ao criado pelas bobinas de corrente e potencial, tornando a velocidade do rotor compatível com a velocidade de calibração e reduzindo desgastes nos mancais.

Para fins de calculo da quantidade de KWh gastas temos a seguinte relação:

Kd (constante do medidor) = x (Watts Hora) / n (número de revolução do disco)

3.3 Irregularidades e fraudes contra o sistema de medição (que influenciam no campo magnético)

3.3.1 Jumper (Ponte entre a fase de entrada e de saída nos bornes do medidor)

Para esse tipo de infração é necessária a instalação de um condutor que sirva de ponte entre os cabos linha/carga do medidor, logo a detecção é feita através de inspeção visual, sendo verificados os bornes de entrada e saída do medidor, a tampa de bornes e a carcaça do medidor. O jumper recebe este nome, pois, ele faz com que parte corrente a ser medida não passe pelo medidor, ou seja, faz com parte da corrente pule esta etapa [4]. Veja a figura 4.

Figura 4 Ponte entre fase de entrada e saída fonte arquivo pessoal do autor

3.3.2 Inversão de Linha e Carga (entrada e saída)

A inversão da conexão dos terminais da bobina de corrente faz com a corrente flua em sentido contrário, e introduzindo com isso um campo eletromagnético próximo ao disco do medidor ocasionando um retrocesso na leitura registrada pelo medidor [4]. Veja a Figura 5.

Figura 5 inversão da fase de entrada pela de saída, fonte arquivo pessoal do autor

3.3.3 Ponte de Potencial Aberta

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

Essa pratica de fraude consiste na desativação da bobina de potencial do medidor, com o objetivo de interromper a passagem de corrente pela bobina de potencial fazendo com que o consumo não seja registrado em sua totalidade [4]. Veja a figura 6.

Figura 6 ponte de potencial aberta, fonte arquivo pessoal do autor

3.3.4 Campo magnético artificial (Imã)

Esta fraude consiste em aproximar um imã ao medidor, durante estra aproximação o campo magnético do imã interfere no campo magnético induzido pelas bobinas, fazendo com que a força magnética atuante no elemento móvel diminua com isso a velocidade do disco também diminui [4]. Veja a figura 7.

Figura 6 Campo magnético artificial, fonte arquivo pessoal do autor

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa apresentou uma metodologia do funcionamento do medidor de energia elétrica, empregando o eletromagnetismo e a física aplicada neste instrumento, bem como a interferência das irregularidades (perdas comercias) ponte entre a fase de entrada e de saída, inversão da fase de entrada pela saída, ponte de potencial aberta, campo magnético artificial, interferindo no registro do consumo dos kwh. Esse trabalho foi motivado pela necessidade de passar o conhecimento adquirido na metodologia de pesquisa, da aplicação prática e de vivência do graduando para o público em geral.

V. PALAVRAS-CHAVE: Medidor; Energia Elétrica; Consumo; Registro; Eletromagnetismo.

VI . REFERÊNCIAS

[1] BEYER, D. S. Construção de um medidor de vazão para uma bancada didática do tipo turbina pelton. Monografia - Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina, Horizontina, 2014.

[2] FERREIRA, J. B. Análise de formas de medição de consumo de energia elétrica no setor residencial. Monografia - Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia da Computação, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática, Recife, 2012..

[3] MEDEIROS FILHO, S. Fundamentos de medidas elétricas. 2 ed. Rio de Janeiro, Guanabara, 1981, 305p.

[4] MÍNGUEZ, A. Medidores de energia ativa: funcionamento, práticas usuais, principais ensaios e análise das fraudes mais comuns. Monografia – Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

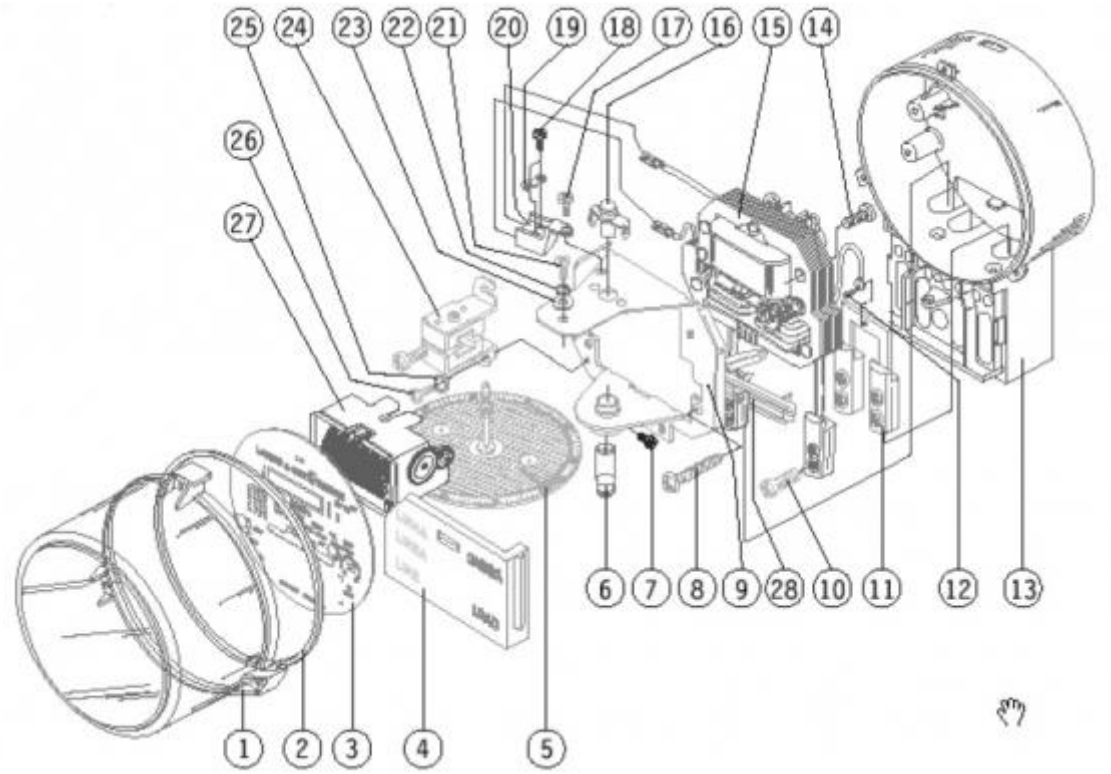

Figura 1- Componentes do medidor eletromecânico

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

Figura 01 – Vista explodida de medidor M12 da Landis&Gyr

01. Tampa do medidor
02. Gaxeta da tampa do medidor
03. Placa de identificação
04. Tampa do bloco de terminais
05. Elemento móvel
06. Mancal inferior (magnético)
07. Parafuso de fixação do mancal inferior
08. Parafuso de fixação do elemento motor
09. Armadura
10. Parafuso terminal de corrente
11. Ligador de neutro
12. Parafuso de fixação do terminal de potencial-ligador de neutro
13. Base e bloco do medidor
14. Parafuso de fixação do elemento armadura
15. Elemento motor
16. Mancal superior (pino guia)
17. Parafuso de fixação superior do terminal de prova
18. Parafuso de fixação do gancho de prova
19. Gancho de prova
20. Suporte prova interno
21. Parafuso de fixação do registrador
22. Arruela de pressão
23. Arruela lisa
24. Imã frenador
25. Arruela de pressão
26. Parafuso de fixação do conjunto imã
27. Registrador
28. Suporte da indutiva

Figura 2 - identificação dos elementos

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

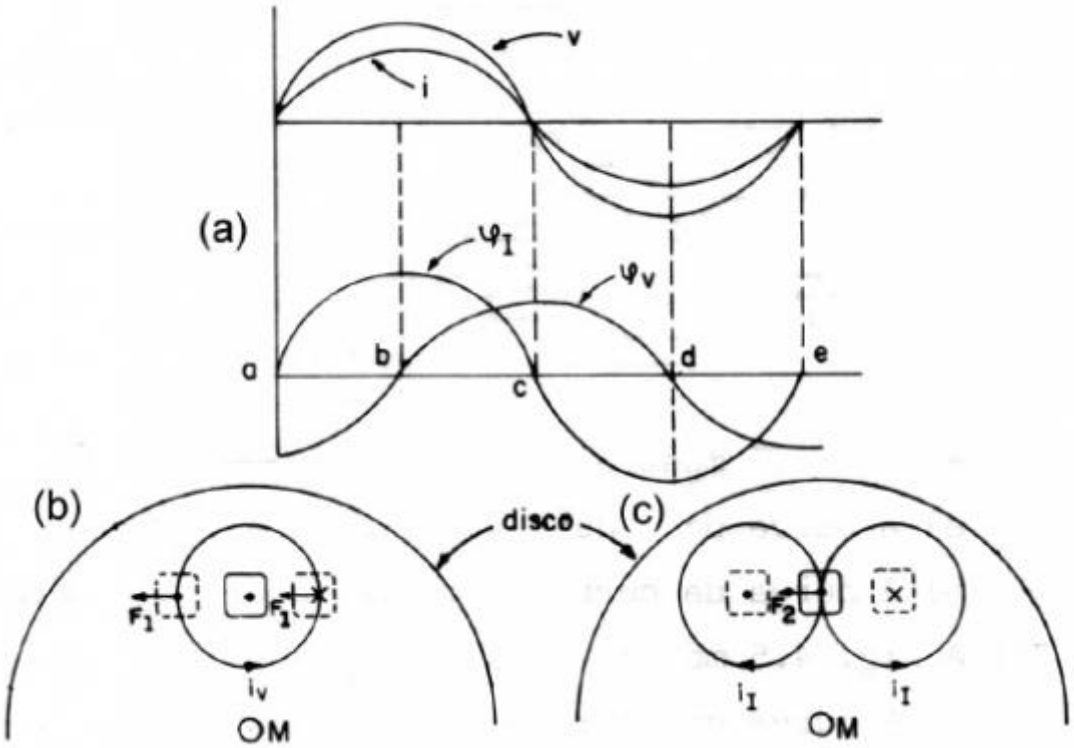

Figura 3

Figura 4 Ponte entre fase de entrada e saída fonte arquivo pessoal do autor

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

Figura 5 inversão da fase de entrada pela de saída, fonte arquivo pessoal do autor

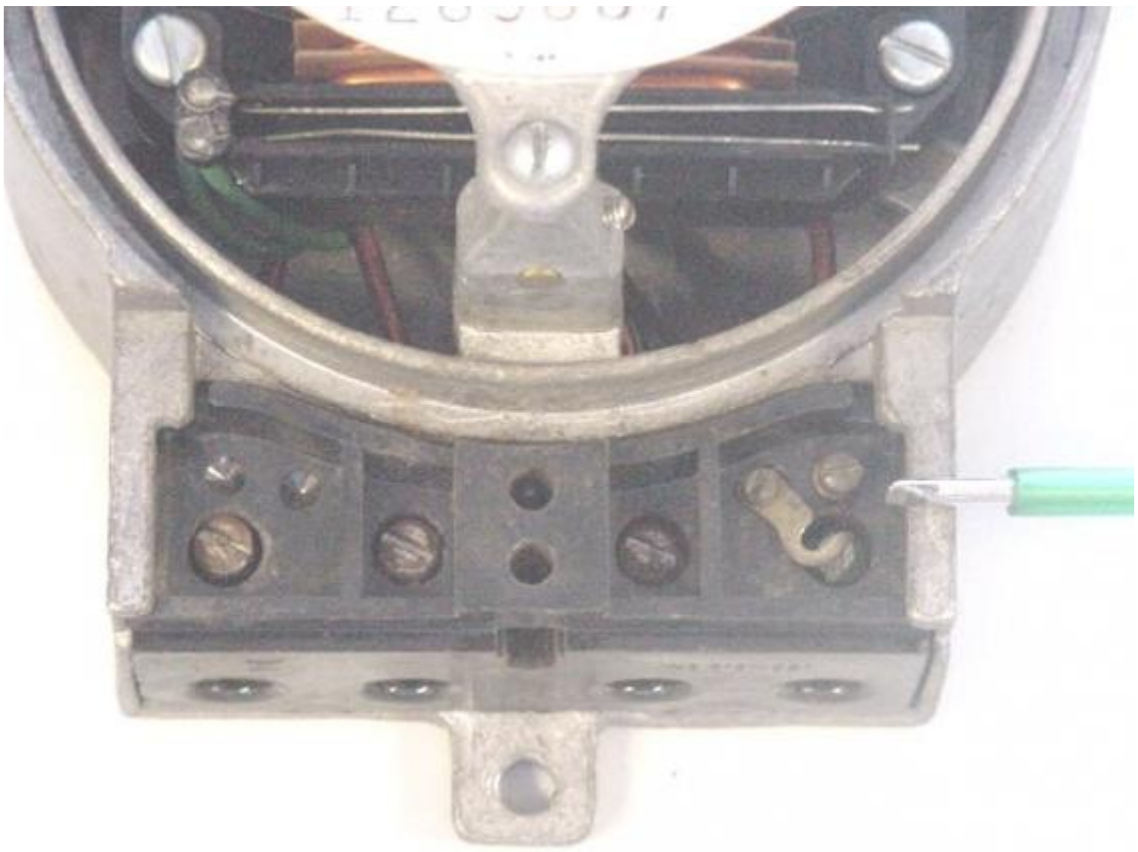

Figura 6 ponte de potencial aberta, fonte arquivo pessoal do autor

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

Figura 6 Campo magnético artificial, fonte arquivo pessoal do autor