



**XXIII SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GSE/30
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTO DE ALTA TENSÃO - GSE

DISPOSITIVO MICROCONTROLADO PARA DETECÇÃO DE ATERRAMENTO MÓVEL TEMPORÁRIO (AMT) INSTALADOS NA SUBESTAÇÃO.

**João Marcelo Ramires Ianhes (*)
ISA-CTEEP**

**Denivon José dos Santos/Rogério Thomazella
ISA-CTEEPUNESP / FUNDEB**

RESUMO

Este trabalho trata do desenvolvimento de um dispositivo eletrônico microcontrolado, capaz de monitorar, avaliar e detectar a presença de Aterramento Móvel Temporário (AMT), instalado pela equipe de manutenção em áreas desenergizadas e com isso eliminar os riscos de desligamentos acidentais, provocados pela permanência de AMT, durante o processo de intervenção no sistema elétrico de potência (SEP). É um recurso poderoso para evitar energizações de barramentos, transformadores, bays, alimentadores e linhas de transmissão, com AMT instalado prevenindo desligamentos indevidos e não programados.

PALAVRAS-CHAVE

AMT, Aterramento Móvel Temporário, Detecção AMT, Hardware microprocessado, Monitoramento AMT, Transponder RFID.

1.0 - INTRODUÇÃO

O dispositivo microcontrolado para detecção de Aterramento Móvel Temporário AMT instalado na subestação é fruto do projeto de pesquisa e desenvolvimento P&D, entre a ISA/CTEEP Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista e a FunDeB/Unesp Fundação para o Desenvolvimento de Bauru/Universidade Estadual Paulista, campus de Bauru, fiscalizado pela ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica, que culminou com a confecção de um produto/protótipo denominado SisMonAMT - Sistema de Monitoramento do Aterramento Móvel Temporário. O SisMonAMT é capaz de monitorar, avaliar e detectar a presença de AMT em áreas desenergizadas que estejam sob intervenção.

O AMT é um equipamento simples que consiste basicamente de um grampo do tipo mandíbula que se fixa a uma barra ou cabo da linha de transmissão de energia elétrica ou ainda a conexões de equipamentos de subestações. O grampo mandíbula é acoplado a um cabo, que é conectado na parte superior à linha de transmissão e na parte inferior a um aterramento específico na subestação e é empregado como item de segurança obrigatório às manutenções preventivas e corretivas após desenergização do sistema, com o objetivo de criar uma zona segura (equipotencial de trabalho) assegurando a não ocorrência de tensões e correntes induzidas por linhas estas devem ser utilizadas somente em casos estritamente necessários [1].

A reenergização de uma linha de transmissão com o AMT instalado resultam em graves incidentes ao sistema de transmissão, que vão desde problemas de segurança do trabalho até a queima de equipamentos e conseqüentemente possíveis desligamentos do sistema de transmissão, ocasionando prejuízos às concessionárias, aos funcionários afetados pelo incidente e aos cidadãos afetados por uma possível falha, incorrendo em grandes penalidades impostas pela ANEEL [2-4].

O SisMonAMT tem a finalidade de realizar o monitoramento e a detecção da presença desses AMT's instalados nas áreas desenergizadas sob algum tipo intervenção, eliminando os riscos de se energizar essas áreas com AMT instalado no processo de normalização de uma subestação.

(*) Rodovia Marechal Rondon, km 667 – Vila dos Operadores – CEP 16-920-000 Castilho, SP– Brasil
Tel: (+55 18) 99705-7790 – Fax: (+55 18) 3741-9908 – Email: jianhes@ctEEP.com.br
Tel: (+55 18) 99728-9616 – Fax: (+55 18) 3741-9960 – Email: djsantos@ctEEP.com.br

I. DESENVOLVIMENTO E COMPONENTES DO SISTEMA

O sistema desenvolvido consiste em uma solução completa aplicada ao monitoramento de aterramento móvel temporário (AMT) em subestações compreendendo diversos componentes que integram o sistema: uma estação de monitoramento local, um painel de monitoramento remoto e, um bloqueador mecânico de AMT, permitindo avaliar em tempo real as instalações dos AMT's por meio de comunicação sem fio (via rádio).

A estação de monitoramento local recebe informações, via rádio, de um painel de monitoramento remoto, utilizado em campo e responsável pela detecção da presença de chaves de desbloqueio dispostas nos bloqueadores mecânicos instalados nas garras que promovem os aterramentos móveis temporários (AMT's) das subestações.

Com a aplicação do sistema, a instalação dos AMT's só é possível com a utilização das chaves de desbloqueio que inicialmente estão instaladas no painel de monitoramento remoto. Estas chaves possuem um dispositivo eletrônico passivo de identificação por radiofrequência RFID, também designado como *transponder*, e precisam ser retiradas do painel de monitoramento remoto e inseridas nos bloqueadores mecânicos instalados nas garras que promovem os AMT's das subestações.

Dessa forma, na medida em que uma das chaves é retirada do painel de monitoramento local, sua ausência é detectada e a informação correspondente enviada à estação de monitoramento local instalada em uma sala de comando de subestação por meio de um enlace de rádio em modulação *FHSS* (*Frequency-hopping spread spectrum*) operando na faixa de 900Mhz. Após o término dos trabalhos, os AMT's são retirados e as chaves retornam ao painel de monitoramento local, o que será identificado e observado na estação de monitoramento local. Com isso, a subestação pode então ser normalizada de forma segura, evitando qualquer tipo de anormalidade, devido ao fato de algum AMT não ter sido retirado.

1.1 O Aterramento Móvel Temporário - AMT.

O AMT é um equipamento que garante a integridade física da equipe de manutenção, para o trabalho em circuito desenergizado e que venha a ser energizado no caso de falha humana, devido a problemas em equipamentos como: chaves seccionadoras, ou mesmo devido à ocorrência de descargas atmosféricas [5].

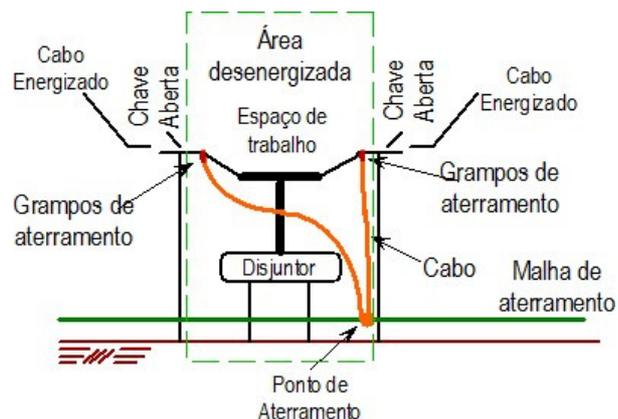


Figura1. Esquema de ligação de conjunto de Aterramento Móvel Temporário (AMT) em disjuntor de Alta Tensão.

Na Figura1, o esquema mostra os componentes de um AMT [6-8]: os grampos de aterramento e os cabos condutores para acoplamento do circuito não energizado, no ponto de aterramento. O ponto de aterramento é situado na malha de aterramento da Subestação.

1.2 SisMonAMT.

Apresentação das peças e equipamentos que compõem todo o sistema de monitoramento, representado pelo SisMomAMT.

O Grupo de Aterramento utilizado rotineiramente pesa ISA-CTEEP mostrado na Figura 2 foi modificado e ganhou um bloqueador mecânico, que está indicado com a seta em vermelho.

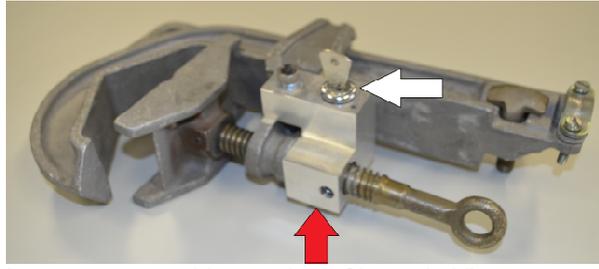


Figura 2. Grampo de Aterramento com bloqueador e Chave de Liberação com *transponder RFID*

Esse dispositivo bloqueador permanece bloqueado, impedindo o uso do grampo, até que uma chave de liberação seja inserida, como indicado pela seta em branco na Figura 2. Essa chave ao ser inserida e acionada libera a manipulação da garra para uma possível instalação ou retirada do Grampo de Aterramento. Essa condição assegura que o uso do grampo está condicionado à instalação de uma chave de liberação.

A Chave de Liberação com o *transponder RFID*, Figura 3 é o componente responsável pela geração do sinal de liberação quando esta estiver inserida no Painel de Monitoramento Remoto, caso contrário indicará no supervisório a retirada do respectivo grampo de AMT, ora instalado na subestação.



Figura 3. Chave de Liberação com o transponder RFID

O *transponder RFID*, Figura 4, é o dispositivo acoplado internamente no bloco da chave de liberação responsável pela geração de sinal de excitação no Painel de Monitoramento Remoto, indicando que a Chave de Liberação está em seu local de repouso. Caso a chave esteja no Painel de Monitoramento Remoto, o supervisório indicará seu estado em verde "Não Instalada". Caso figure na cor vermelha, representa sua retirada do painel, podendo estar no Grampo de Aterramento ou em outro local, alertando operador da subestação a não prosseguir com a energização da área liberada para a manutenção.

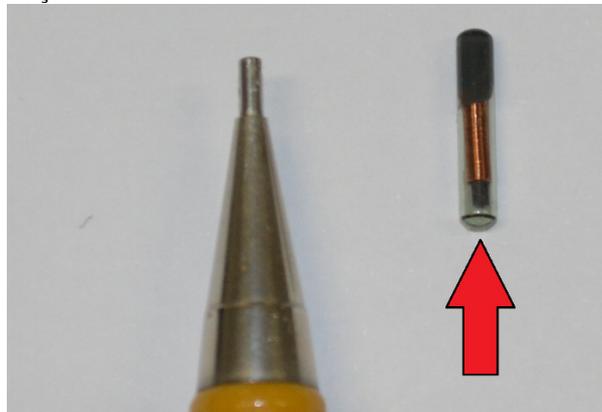


Figura 4. Transponder RFID

O *transponder RFID* é acomodado na Chave de Liberação, no invólucro branco de Poliacetal, como vista na Figura 3 e mostrado pela seta vermelha na Figura 4.

1.3 Painel de Monitoramento Remoto

O Painel de Monitoramento Remoto é um equipamento robusto que deve ser utilizado em campo (área de intervenção) a fim de monitorar os sinais das chaves de liberação. A partir deste equipamento são retiradas as chaves de liberação com *RFID*, para serem acopladas aos grampos de aterramento efetuando seu desbloqueio. Nesse painel existe um circuito eletrônico que monitora os blocos das chaves e transmite a informação à Estação de Monitoramento, que pode ser instalada na sala de comando, por exemplo.

Esse equipamento permanece com a equipe de campo e é alimentado por duas baterias de 4,5A/h, com tensão de saída de 6 volts cada. Essas duas baterias são carregadas por meio de uma fonte externa CA/CC, que pode ser alimentada em 127 ou 220 volts. A Figura 5 mostra o Painel de Monitoramento Remoto, desenvolvido com a possibilidade de se monitorar até nove Grampos de Aterramento simultaneamente.



Figura 5. Painel de Monitoramento Remoto

A Figura 6 mostra internamente o Painel de Monitoramento Remoto, onde observa-se as baterias, os circuitos de rádio receptor/transmissor (Rx/Tx), as antenas de recepção dos dispositivos *RFID*'s, os circuitos microcontrolados de monitoramento das Chaves de Liberação com o *RFID* e o local onde ficam posicionadas as chaves de liberação.

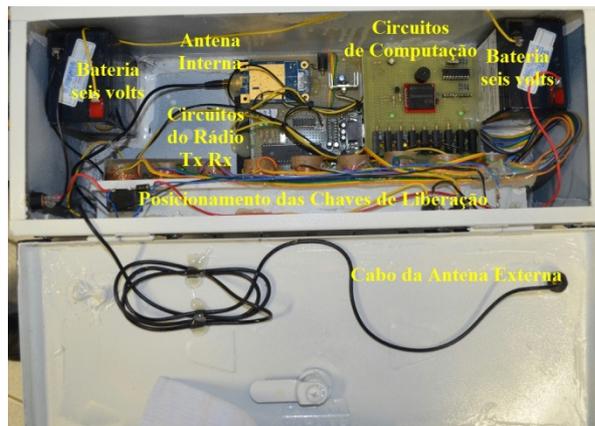


Figura 6. Circuitos do Painel de Monitoramento Remoto.

O *software* embarcado no microcontrolador monitora o posicionamento das chaves de liberação indicando se estas estão inseridas em seus devidos lugares. Para a realização desta função as chaves são lidas ciclicamente em intervalos de 9 a 15 segundos e assim enviando a leitura/identificação das chaves para a Estação de Monitoramento, que informa o status por meio do supervisor. O supervisor, por sua vez somente autoriza a energização do circuito da subestação quando todas as chaves estiverem retornadas ao Painel de Monitoramento.

1.4 Estação de monitoramento

A Estação de Monitoramento ilustrada pela Figura 7 deve ser instalada em um edifício base, como por exemplo, a sala de comandos de uma subestação (SE) ou usina de energia elétrica (UHE) e é alimentada por um sistema de energia elétrica em corrente alternada 127 ou 220 volts, existindo a possibilidade de se instalar uma antena externa para aumentar a capacidade de comunicação com o Painel de Monitoramento Remoto. Essa antena externa possibilita uma melhor comunicação com o Painel de Monitoramento Remoto, mesmo em áreas de alta densidade de corrente, como nas proximidades de transformadores, reatores, barramentos, etc.



Figura7. Vista frontal do painel da Estação de Monitoramento

A Estação de Monitoramento está acoplada a um monitor, mouse, teclado e a um sistema de *wireless* (roteador) para o monitoramento através de dispositivos pessoais (*tablets e smartphones*). O supervisor do sistema SisMonAMT é executado pela Estação de Monitoramento e reporta aos operadores o estado de cada AMT da subestação, podendo submeter esta informação ao operador do sistema.

1.5 Funcionamento da interface do SisMonAMT

Estando a Estação de Monitoramento instalada e acondicionada em uma sala de comando, o sistema é iniciado por meio do botão verde no painel frontal. Esse botão serve para ligar e desligar a Estação de Monitoramento. Ao se ligar a Estação de Monitoramento e carregamento do sistema operacional, surgirá uma interface ilustrada Figura 8.



Figura 8. Tela inicial ao se ligar o SisMonAMT

Ao se posicionar o mouse no ponto central SisMonAMT, conforme mostra a indicação na Figura 8, e clicando neste ícone, é possível inicializar o sistema o qual é mostrado na Figura 9.



Figura 9. Tela inicial do aplicativo SisMonAMT.

Por meio do MENU de acesso, pode-se acessar os ícones de documentação: Controle de Aterramento Móvel Temporário (CAMT), Diagramas das Subestações (acesso aos vários diagramas unifilares), Documentação, onde se encontram arquivados as normas de utilização do AMT, Painel de Controle e o ícone para SAIR do programa.

O início do monitoramento é dado somente através do menu, "Painel de Controle" clicando-se em ligar Painel de Monitoramento Remoto. Ao clicar no ícone Painel de Controle, aparecerá a tela da Figura 10.



Figura 10. Tela mostrando que o painel de monitoramento remoto ainda não está comunicando

Enquanto o Painel de Monitoramento Remoto estiver desligado, surgirá uma mensagem de perda de sinal indicada por uma faixa amarela, mostrando que a Estação de Monitoramento não encontrou nenhum sinal de sincronização por rádio.

Ao se ligar o Painel de Monitoramento Remoto o sistema fará a sincronização entre os dispositivos e iniciará o procedimento de leitura das Chaves de Liberação do painel. Após o software realizar as leituras iniciais do posicionamento das Chaves de Liberação, será mostrada a interface da Figura 11, indicando que todas as Chaves de Liberação estão DISPONÍVEIS (cor verde) para serem utilizadas.



Figura 11. Tela mostrando que o Painel de Monitoramento Remoto está se comunicando

Em campo, a equipe de intervenção faz a retirada da quantidade de chaves necessárias para a liberação dos grampos e procede com a instalação destes para a execução da atividade programada. A partir da retirada das chaves do painel, o sistema supervisor SisMonAMT faz a indicação da chave de Liberação retirada, conforme mostra a Figura 12. A indicação de retirada de chaves é realizada alterando-se o status que passa de DISPONÍVEL (cor verde) para EM USO (cor vermelha).



Figura 12. Tela mostrando que foi retirada uma Chave de Liberação do Bloqueador do Painel de Monitoramento Remoto

Foi utilizado o TRANSPONDERS, mostrado na Figura 4, como uma alternativa aos códigos de barras, de modo a permitir a identificação do produto à alguma distância do scanner ou independente de posicionamento. O Módulo de Hardware A, é constituído basicamente por um microcontrolador PIC 18F4550 e outros componentes periféricos. Esse módulo de *hardware A* tem como função principal permitir a comunicação da Estação de Monitoramento com o Painel de Monitoramento Remoto, de maneira que os dados disponibilizados pelo Painel sejam recebidos, tratados e posteriormente enviados a motherboard, para que sejam manipulados pelo software de monitoramento afim de indicar o status das Chaves de Liberação com *Transponder RFID* que servem para liberar o bloqueador para a instalação do grampo de aterramento. A Figura 16 apresenta em diagrama de blocos os módulos de hardware que compõem a Estação de Monitoramento e o Painel de Monitoramento Remoto.

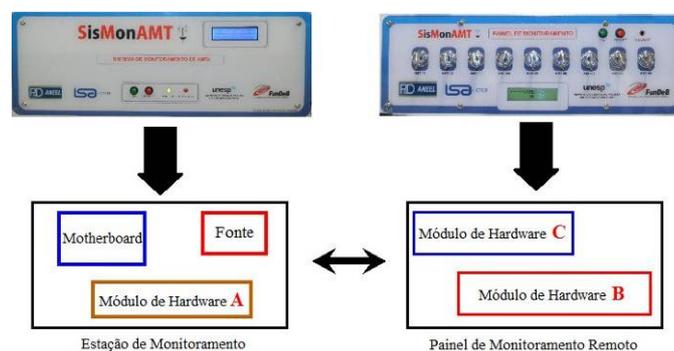


Figura 13. Módulos de Hardware

O desenvolvimento de um produto final denominado SisMonAMT, Figura 26, pela equipe de pesquisadores, possibilitou a verificação de sua eficiência junto às equipes de manutenção, que o utilizaram na Usina/Subestação 440kV de Ilha Solteira (ISA/CTEEP), e a acomodação do software e os procedimentos existentes na utilização do AMT Aterramento Móvel Temporário.



Figura 14. SisMonAMT Sistema de Monitoramento do Aterramento Móvel Temporário.

II. CONCLUSÕES

O projeto de pesquisa e desenvolvimento resultou em sistema integrado e completo para o monitoramento de AMT's instalados nas subestações da ISA-CTEEP. O projeto apresentou inúmeras contribuições à comunidade técnica e científica agregada principalmente à inovação tecnológica do protótipo.

A implantação do sistema vem de encontro com as necessidades de incremento de segurança mitigando a ocorrência de falhas por energização das subestações com AMT's presentes. Adicionalmente o sistema permite que toda a instalação e retirada de AMT's sejam acompanhadas remotamente, verificando-se a conformidade do serviço com as normas vigentes.

O produto final atende perfeitamente as equipes de manutenção que o utilizam rotineiramente. Devido à eficácia comprovada do sistema existe a possibilidade do produto ser produzido industrialmente ampliando sua aplicabilidade para empresas de geração, transmissão e distribuição da energia elétrica trazendo por consequência mais segurança para a operação do SIN Sistema Interligado Nacional de Energia Elétrica e contribuindo para um melhor controle do ONS Operador Nacional do Sistema Elétrico.

Em Março/2014 a ISA/CTEEP recebeu ofício nº 0153/2014-SPE/ANEEL, contendo o parecer de avaliação final do projeto P&D Dispositivo Microcontrolado para Detecção de aterramento móvel temporário (AMT) instalado na Subestação, onde recebeu parecer favorável, com nota e conceito 3,8 (Bom) e reconhecimento total dos custos do projeto.

Destaca-se ainda o pedido de patente de invenção protocolada pela petição de protocolo N° BR 0260460 de 09/10/2013.

III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. E. Muller, E. F. Richards, "Temporary Protective Grounding of Distribution Circuits – Revisit Ten Years Later," *Power Symposium, Rolla, MO, USA*, 1989. Pp. 270-280.
- [2] W. e. Diniz; M. F. Alves. "Aterramento Temporário para Linhas de Transmissão: análise da segurança humana". *Revista CIER* nº 57. Dezembro 2012. Pp 82-92.
- [3] *Brazil*. CTEEP Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista. "TR 128/94", São Paulo, SP, 1984.
- [4] *Brazil*. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria 598 de 07 de dezembro de 2004."NR 10 Norma Regulamentadora 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade". Brasília. DF. 2004
- [5] S. Visacro Filho. "Aterramentos Elétricos". *Artliber Editora Ltda*, São Paulo, *Brazil*, 2005.
- [6] IEEE *Guide for "Temporary Protective Grounding Systems Used in Substations"*, IEEE Standard 1246, 2003.
- [7] IEEE *Guide for "Protective Grounding of Power Lines"* IEEE Standard 1048, 2003.
- [8] F. C. Ospina. *Tierras, "Suporte de La Seguridad Eléctrica"*. Editor INCONTEC, Bogotá, Colômbia, 2005 – ISBN 958 9383 63 7.

IV. DADOS BIOGRÁFICOS

-João Marcelo Ramires Ianhes 24/11/1972

-Pereira Barreto SP, 24/11/1972

-Três Lagoas MS, ano 2017, cursando terceiro ano de graduação em Engenharia Elétrica.

-Atualmente exerce função de Técnico de Instalação Senior na Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista CTEEP. Tem experiência na área de Operação e Manutenção em Subestações e Linhas de Transmissão de energia elétrica.

-Denivon José dos Santos

-Frutal MG, 07/01/1974

-São José do Rio Preto SP, ano 2000, Administração com habilitação Comércio Exterior

-São José do Rio Preto SP, ano 2011, Engenharia Elétrica

-São José do Rio Preto SP, ano 2013, MBA em Gestão Empresarial

-São Paulo SP, ano 2016, cursando MBA do Setor Elétrico.

-Atualmente exerce a função de Engenheiro de Manutenção de Subestações na CTEEP Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista. Tem experiência na área de Operação e Manutenção em Subestações e Linhas de Transmissão de energia elétrica.

-Rogério Thomazella

-Bauru SP, 11/07/1979

-Bauru SP, ano 2001, Engenharia Elétrica

-Bauru SP, ano 2004, mestrado em Engenharia Industrial

-Atualmente é professor mestre da Faculdade Gennari & Peartree FGP, Faculdade Anhanguera e pesquisador Fundeb - Unesp atuante em diversos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) regulamentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, focando principalmente temas relacionados a controle inteligente de máquinas e equipamentos elétricos, sistemas inteligentes, geração transmissão e distribuição de energia elétrica, proteção de sistemas e eletrônica de potência.