

ARTIGO TÉCNICO

BLINDAGEM ELETROMAGNÉTICA, ATERRAMENTO E PROTEÇÃO CONTRA SURTOS DE TENSÃO EM EQUIPAMENTOS PARA MONITORAMENTO AUTOMÁTICO DO TEOR DE ÁGUA NO SOLO¹

CLAUDIA F. A. TEIXEIRA², SERGIO O. MORAES³

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi implementar um sistema de blindagem eletromagnética, aterramento e proteção contra surtos de tensão na instalação de instrumental para o monitoramento automático do teor de água no solo. O experimento foi instalado em Piracicaba, São Paulo, em que os equipamentos utilizados foram um testador de cabos marca Tektronix, que opera pelo princípio da reflectometria no domínio do tempo e um sistema de aquisição de dados marca Campbell Scientific Inc. (CSI), que controla e analisa as formas de onda produzidas pelo testador de cabos. A umidade volumétrica foi obtida indiretamente por meio de sensores inseridos no solo, os quais medem a constante dielétrica do mesmo. Utilizaram-se tubos galvanizados para a blindagem eletromagnética dos cabos e hastes “cooperweld”, cordoalha de cobre e terminais bimetálicos para o sistema de aterramento. Para o sistema de proteção eletroeletrônica, utilizaram-se um disjuntor para a separação do circuito de alimentação, protetor de surtos, “no-breaks” e medidor de resistência de terra. Face aos resultados obtidos, pode-se concluir que o sistema proposto, ao utilizar material geralmente preexistente em locais de pesquisa agropecuária, apresentou uma proteção eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: umidade do solo, proteção eletrônica, proteção magnética.

ELECTROMAGNETIC SHIELDING, GROUNDING AND PROTECTION AGAINST VOLTAGE SURGES IN EQUIPMENTS FOR AUTOMATIC SOIL-WATER MEASUREMENTS

SUMMARY: The objective of this paper was to implement an electromagnetic shielding, grounding and voltage surge protection in equipments for automatic soil water monitoring. The experiment was carried out in Piracicaba, São Paulo State, Brazil, using a Tektronix Cable Tester (Model 1502 B) that operates by time domain reflectometry (TDR) and a datalogger (CR10X, Campbell Scientific Inc., CSI) to control and analyze the waveforms produced by the cable tester. The water content was indirectly obtained by measuring the dielectric constant through probes inserted in the soil. For electromagnetic shielding the energy and signal cables were inserted in galvanized pipes, linked together by means of copper wire fixed in the pipes by bimetallic connectors. For the grounding, the copper wire was linked to cooperweld stems, making a good contact between system and soil. To complete the electro-electronic protection, the powering of the TDR and datalogger was carried out by independent circuit with a proper disruptor, surge protection and no-break unity. The proposed system layout, which made use of preexisting materials as much as possible, presented an effective protection.

KEYWORDS: soil moisture, electronic protection, magnetic protection.

¹ Parte da Tese do primeiro autor para obtenção do título de Doutor junto ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

² Eng. Agrícola, Bolsista CAPES, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Piracicaba, e-mail: cfteixe@ig.com.br.

³ Prof. Doutor, Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 13-5-2003

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 16-12-2003

INTRODUÇÃO

O monitoramento contínuo da água no solo tem se tornado cada vez mais atrativo em problemas envolvendo o manejo e conservação do solo e água. Um exemplo é a obtenção da função condutividade hidráulica, sendo necessária a utilização de um instrumento/equipamento de rápida resposta e de preferência que possa ser mantido no local, coletando informações continuamente ao longo do tempo. Isso tem levado os pesquisadores a buscarem instrumentos cada vez mais sofisticados, como, por exemplo, os baseados na técnica da reflectometria no domínio do tempo (TDR) (TOPP & DAVIS, 1985). Esse equipamento tem como vantagem o acoplamento a sistemas automáticos de aquisição. O fato de não ser radioativo, torna-o mais atraente, se comparado, por exemplo, a técnicas como atenuação de nêutrons e tensiometria. Outra vantagem é a multiplexação de sinais, permitindo que vários sensores atuem em várias posições e profundidades do solo com um único sistema de aquisição de dados, fazendo o gerenciamento (HERKELRATH et al., 1991).

No Brasil, ainda são pouco explorados os aspectos relacionados à instalação e segurança dos equipamentos e à qualidade dos sinais, destacando-se aspectos que vão desde o processo de aquisição, passando pela transmissão e armazenagem, tais como: seleção do local adequado para a instalação do TDR e do sistema automático de aquisição de dados, condições de proteção eletromagnética e aterramento, sendo tal segurança, normalmente, não computada no custo dos equipamentos.

Em recente trabalho sobre qualidade da energia elétrica, CAPELLI (2001) enfatizou que os problemas que normalmente ocorrem, oriundos da rede elétrica, nem sempre são causados pela concessionária, mas sim pela falta de planejamento na distribuição de cabos e fios, subdimensionamento das bitolas e aterramento inadequado, causando distúrbios elétricos na rede do consumidor. Dessa forma, qualquer problema poderá transformar-se em grande prejuízo, pois a queima ou dano de equipamentos constitui um custo considerável, tanto pelo conserto, quanto pelo tempo necessário para realizá-lo, caso não haja a possibilidade de reparo no Brasil.

Aspectos dessa natureza devem, portanto, ser considerados na aquisição de equipamentos para o monitoramento contínuo no campo, pois constitui-se um “preço a pagar” pelo benefício, comparativamente a outros equipamentos de medida de umidade do solo não automatizados.

A proteção de equipamentos e seus periféricos, sejam eles os cabos de comunicação/alimentação, sejam os multiplexadores e os sensores a eles acoplados, há que se dar nos seguintes itens (FREELAND & HENRY, 1991; MORENO & COSTA, s.d.; CAPELLI, 2000): a) proteção primária: envolve a alimentação do equipamento/periférico pela rede de energia elétrica; b) proteção secundária: refina a proteção primária na etapa de alimentação; c) proteção contra descargas atmosféricas: protege principalmente o operador; d) proteção contra campos eletromagnéticos gerados por descargas nuvem-nuvem, nuvem-terra e redes de alta tensão.

Com o intuito de apresentar um roteiro e regras básicas para obter uma proteção adequada de equipamentos eletrônicos operando continuamente no campo e a utilização dessas técnicas para o monitoramento contínuo do teor de água no solo, em várias profundidades, por meio da implementação de um sistema de blindagem eletromagnética, aterramento e proteção contra surtos de tensão, foi elaborado o presente trabalho.

DESCRIÇÃO DO ASSUNTO

O equipamento que faz o monitoramento automático do teor de água no solo, foi instalado em área próxima ao Posto Agrometeorológico pertencente ao Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP, em Piracicaba, São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: 22°42'30" de latitude sul, 47°38'00" de longitude oeste, a 546 m de altitude. Constou de um testador de cabos marca Tektronix, modelo 1502B, que opera pelo princípio da reflectometria, no domínio do tempo, e um sistema de

aquisição de dados marca Campbell Scientific Inc. (CSI), modelo CR10X, que controla e analisa as formas de onda produzidas pelo testador de cabos. Fazendo a conexão entre os sensores marca CSI, modelo CS605, e o TDR (refletômetro no domínio do tempo), há dois multiplexadores marca CSI, modelo SDMX50, de oito canais cada.

Para o sistema de proteção, foram utilizadas oito hastes “cooperweld”, conectores de cobre e bimetalicos, cordoalha de cobre de 8 mm de diâmetro, oito tubos galvanizados de irrigação (3” de diâmetro - fora do padrão atual) com engate rápido e 6 m de comprimento, oito canos de ferro de 3/4” de diâmetro e 6 m de comprimento (do tipo utilizado antigamente em instalações hidráulicas), caixas de inspeção das conexões cordoalha-haste de PVC (10 mm de diâmetro) e “caps”. A proteção eletro-eletrônica constou de um disjuntor de 15 A para a separação do circuito de alimentação, protetor de surtos “Clamper” (para-raios eletrônicos), modelo VCL 175V, 40 KA/SR/127 V e “no-break” marca SMS, modelo Manager II, μ SM 600 S, 600 VA de saída, e posteriormente um outro “no-break” marca APC, modelo Smart-UPS 1000, e medidor de resistência de terra (Digital Earth Tester) marca Kyoritsu, modelo 410S.

Um diagrama esquemático mostrando o sistema de blindagem eletromagnética, aterramento e proteção contra surtos de tensão, bem como os equipamentos utilizados para monitoramento contínuo de água no solo e distâncias entre eles em campo aberto, é mostrado na Figura 1.

A configuração utilizada procurou atender o que FREELAND & HENRY (1991), MORENO & COSTA (s.d.) e CAPELLI (2000) sugerem para a proteção de equipamentos e seus periféricos, como cabos de comunicação/alimentação, multiplexadores e os sensores a eles acoplados.

A fase inicial de proteção constou da instalação do TDR, DL, bateria, “no-break”, cabos associados, etc., em uma construção de alvenaria preexistente em área próxima ao Posto Agrometeorológico, e que é utilizada como caixa de passagem de energia. Nessa caixa, existem quadro de distribuição, dispositivos eletromagnéticos de proteção e acionamento de motobombas hidráulicas localizadas ao redor. O objetivo da utilização desse ambiente foi proporcionar ao sistema uma proteção mecânica e, ao mesmo tempo, submetê-lo a uma condição extrema em termos de possibilidade de interferência devido ao acionamento de relés. Como os equipamentos utilizados são muito sensíveis ao efeito da temperatura, a caixa de passagem foi pintada externamente de branco e recoberta interna e externamente de folhas de isopor para isolamento do ambiente interno.

Para CAPELLI (2000), a interferência eletromagnética pode causar vários problemas nos equipamentos eletroeletrônicos, quando um condutor de eletricidade percorrido por uma corrente elétrica gera ao seu redor um campo eletromagnético. Dependendo da frequência e intensidade da corrente, esse campo pode ser maior ou menor. Se a intensidade ultrapassar determinados valores, alguns defeitos podem ocorrer, tais como: falha de comunicação entre equipamento e computador, erro na execução do programa, geralmente sem seguir um padrão específico, falhas esporádicas e que não seguem uma lógica, e a queima de circuitos eletrônicos, mesmo sendo novos e confiáveis.

Após a proteção mecânica, procedeu-se à proteção primária que envolveu, inicialmente, a instalação de um disjuntor de 15 A com o objetivo de separar as fases, ou seja, tornar a alimentação do sistema (TDR e periféricos) independente de outros dispositivos já existentes.

O passo seguinte foi instalar duas tomadas monofásicas para a alimentação do TDR e da bateria do DL. Como o sistema elétrico existente apresentou condições inadequadas de segurança com relação ao aterramento, instalou-se uma haste “cooperweld” a aproximadamente 2 m do sistema, conectando-se, então, o terceiro fio das tomadas. A partir dessa haste, o sistema de aterramento foi ampliado, como será discutido adiante.

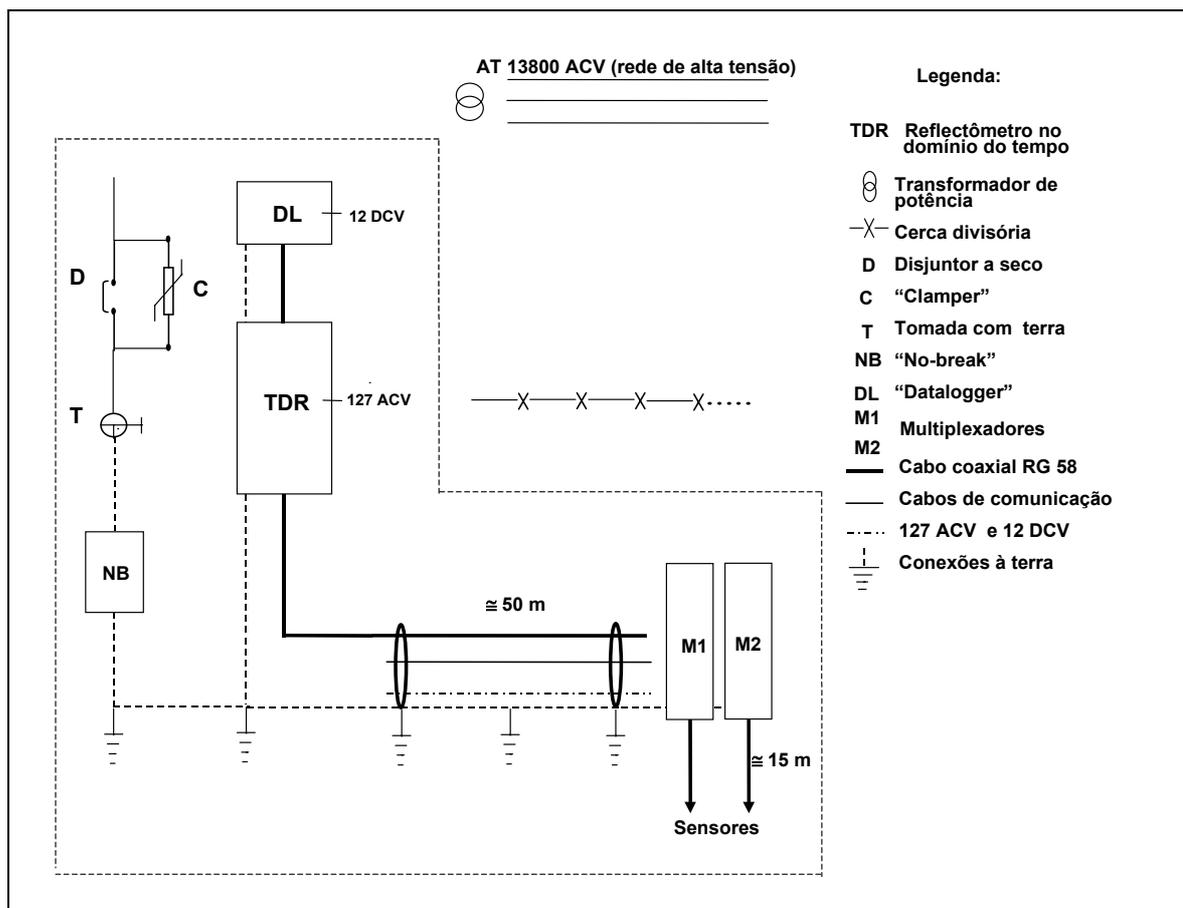


FIGURA 1. Diagrama esquemático representando os equipamentos instalados no campo para monitoramento do teor de água no solo e respectiva proteção eletromagnética.

A blindagem eletromagnética dos cabos foi realizada da seguinte maneira: o cabo coaxial RG 58 e os cabos de comunicação serial foram inseridos em tubos galvanizados de irrigação de 3" de diâmetro, com engate rápido e 6 m de comprimento, perfazendo uma distância de 50 m. A justificativa da utilização desse tubo foi, além de constituir um bom condutor de eletricidade, proporcionar uma "Gaiola de Faraday" (KINDERMANN, 1997) perfeita e apresentar disponibilidade, já que não são mais utilizados em irrigação, visto que, atualmente, dá-se preferência aos tubos de PVC. Os cabos de energia 127 VAC e 12 VDC também foram protegidos por meio de canos de ferro de 3/4" de diâmetro e 6 m de comprimento (do tipo utilizado antigamente em instalações hidráulicas), paralelamente ao de comunicação. Todos os tubos utilizados para a proteção eletromagnética estavam disponíveis no Departamento de Ciências Exatas, possibilitando a reciclagem de material.

Para o aterramento, os dois tipos de tubulação foram enterrados a aproximadamente 0,10 m da superfície do solo e conectadas, via cordoalha de cobre e terminais bimetálicos, a sete hastes de "cooperweld" enterradas a cada 6 m. A função da cordoalha de cobre foi manter o sistema de tubulações unidas, ou seja, amarrar os tubos de forma que qualquer movimento na superfície não causasse a separação dos mesmos. Os terminais bimetálicos foram utilizados com o intuito de evitar problemas de corrosão, muito comum em sistemas de aterramento, devido à utilização de metais com diferentes eletronegatividades, no caso do cobre da cordoalha e do metal dos tubos galvanizados (KINDERMANN & CAMPAGNOLO, 1998). Todo o sistema foi conectado aos terras dos multiplexadores, TDR, DL e tomadas de força, formando um único sistema equipotencial. Como as tubulações que conduzem os fios e cabos aos multiplexadores ficaram sob uma cerca divisória de

arame farpado e não se dispunha de total segurança sobre a qualidade do aterramento da mesma, podendo ocorrer indução de cargas eletrostáticas nos arames farpados (KINDERMANN, 1997), foi necessária a conexão da cerca ao sistema de aterramento.

A avaliação do ruído de modo comum (MORENO & COSTA, s.d.) e da resistência de terra (CAPELLI, 2000) foi realizada utilizando-se do medidor 410 S da Kyoritsu, que indicou 0 V de diferença de potencial entre o “terra da fonte de energia” e o “terra ao qual o equipamento se refere”. A resistência de aterramento indicou 4,8 Ω , o que está de acordo com a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997), que indica 10 Ω como valor máximo admissível para a resistência de terra e CAPELLI (2000), que aconselha 5 Ω como o máximo ideal para equipamentos eletrônicos.

A qualidade do terra permitiu a instalação de um supressor de transientes “Clamper”, com o objetivo de melhorar o sistema primário de proteção, pois é comum a existência de flutuações de tensão na rede de energia (sobretensões ou subtensões) e, dependendo da sensibilidade dos equipamentos utilizados, há a necessidade da utilização de protetores. A existência de um transformador próximo à área experimental evidenciou o problema, pois, perto do mesmo, a tensão pode ser um pouco maior do que o normal, enquanto, no final da linha, essa tensão pode cair bastante (CAPELLI, 2001).

O supressor de transientes “Clamper” é composto por um varistor associado a um dispositivo térmico de segurança, que atua tanto por sobrecorrente quanto por sobretemperatura. Na Figura 2, observa-se o diagrama esquemático da instalação de um “Clamper”, que funciona da seguinte maneira: o dispositivo é ligado em paralelo com a fase e, se não houver tensão superior à tensão nominal do dispositivo, no caso 175 V, o varistor é mantido aberto, permitindo que a mesma seja enviada ao sistema via fase. Caso haja uma tensão superior a 175 V, o varistor funde e desconecta o sistema, tornando-se um caminho preferencial para o envio da sobretensão para o terra, impedindo que os equipamentos conectados à fase sejam danificados. Esse fato evidencia a importância da qualidade e da medição do aterramento utilizado.

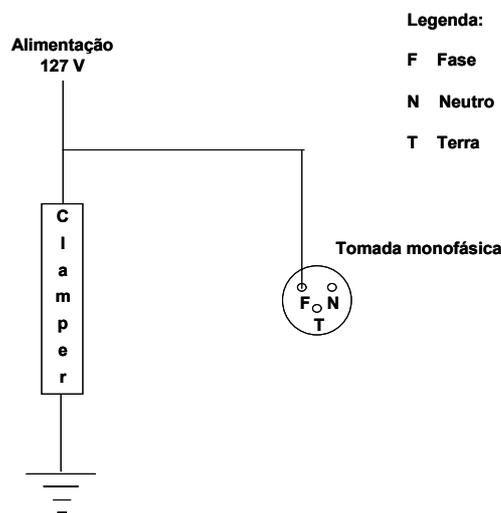


FIGURA 2. Diagrama esquemático da instalação de um “Clamper”.

A proteção secundária constituiu-se na instalação de um “no-break”, marca μ SM 600 S, com o objetivo de filtrar a tensão de entrada, evitar os ruídos no sistema e também proporcionar o funcionamento do mesmo quando houvesse queda de energia na rede.

Com relação à utilização do “no-break”, marca μ SM 600 S, verificou-se que o mesmo não pode ser utilizado para alimentar equipamentos com fontes lineares e/ou compactas (eliminadores de pilha)

(SMS-TECNOLOGIA ELETRÔNICA, s.d.). A forma de onda produzida por este “no-break” é quase senoidal, e o estabilizador da bateria de 12 VDC necessita receber uma forma de onda senoidal perfeita. Essa utilização inadequada do “no-break”, provavelmente, foi a causa direta da queima da etapa de estabilização do alimentador da bateria do DL e, indiretamente, da placa de aquisição de dados do TDR e da inutilização do “Clamper” de proteção. Após investigação da possível causa, a substituição do “Clamper, conserto do alimentador da bateria e instalação de um novo “no-break”, marca Smart-UPS 1000, o sistema passou a operar sem novos problemas e queima de equipamentos.

Nessas condições, o equipamento operou em todo o período chuvoso e, mesmo em local elevado, com cerca de arame farpado junto aos cabos e alta tensão sobre todas as instalações, nenhum problema de queima de componentes ou interrupção prolongada na aquisição de dados foi verificada.

CONCLUSÕES

Face aos resultados obtidos para a resistência de terra, ruído de modo comum e problemas de comunicação devido a interferências eletromagnéticas, pode-se concluir que o sistema proposto, ao utilizar material geralmente preexistente em locais de pesquisa agropecuária, apresentou proteção eficaz e garantiu a qualidade dos dados coletados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Instalações elétricas de baixa tensão*: NBR 5410. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- CAPELLI, A. Aterramento elétrico. *Saber Eletrônica*, São Paulo, n.329, p.56-9, jun. 2000.
- CAPELLI, A. Qualidade da energia elétrica. *Saber Eletrônica*, São Paulo, n.343, p.4-14, ago. 2001.
- FREELAND, R.S.; HENRY, Z.A. Protection of instrumentation systems from lightning. *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, p.17/1-17/5, 1991.
- HERKELRATH, W.N.; HAMBURG, S.P.; MURPHY, F. Automatic, real-time monitoring of soil moisture in a remote field area with time domain reflectometry. *Water Resources Research*, Washington, v.27, n.5, p.857-64, 1991.
- KINDERMANN, G. *Descargas atmosféricas*. 2. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1997. 134 p.
- KINDERMANN, G.; CAMPAGNOLO, J.M. *Aterramento elétrico*. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998. 214 p.
- MORENO, H.; COSTA, P.F. *Aterramento elétrico*. São Paulo: Procobre - Instituto Brasileiro do Cobre. s.d.39 p.
- SMS - TECNOLOGIA ELETRÔNICA Ltda. *Manual de instalação e operação*. São Paulo: SMS, s.d. 24 p. (Manual Técnico)
- TOPP, G.C.; DAVIS, J.L. Measurement of soil water content using time-domain reflectometry (TDR): a field evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.49, p.19-24. 1985.