



São Paulo 2004

Circuito de comutação- reversão de corrente e milivoltímetro usando demodulador síncrono para prospecção geoeletrica

Jorge Eduardo Silva¹, Francisco Yukio Hiodo², Vagner Roberto Elis², Welitom Rodrigues Borges², Jorge Luis Porsani²

¹AGP

²Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo(IAG-USP)

E-Mail : jorge_usp@yahoo.com.br, francisc@iaq.usp.br

Copyright 2004, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no I Simpósio Regional da Sociedade Brasileira de Geofísica, São Paulo, 26-28 de setembro de 2004. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Tecno-científica do I SR-SBGf mas não necessariamente representa a opinião da SBGF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGF.

Resumo

Para minimizar os efeitos de potenciais eletroquímicos e de polarização de eletrodos metálicos, que perturbam medidas geoeletricas de campo, foi desenvolvido um circuito de comutação e de reversão de corrente injetada no solo para medidas de resistividade elétrica aparente. Por se tratar de comutação de alta tensão ($\cong 800V_{dc}$), todos os estágios estão eletricamente isolados, com baixas fugas de corrente, para evitar possíveis riscos de eletrocussão do operador. Um milivoltímetro com saída digital de 3 ½ dígitos e resolução de 0,1 mV, dotado de servocontrole PID analógico para cancelamento rápido do potencial elétrico de natureza eletroquímica (ruído DC) foi construído. Também eletrodos não polarizáveis de $CuSO_4$ foram confeccionados com porcelana porosa. Testes preliminares usando caminhamento dipolo- dipolo foram feitos no Sítio Controlado de Geofísica Rasa SGCR do IAGUSP e num lixão localizado no município de Cerquilha-SP, usando o equipamento desenvolvido.

Introdução

No mercado nacional existem vários equipamentos geoeletricos para sondagem elétrica vertical SEV e caminhamentos dipolo- dipolo, que operam no modo de corrente contínua DC. Geramente, as medidas do potencial espontâneo são feitas por milivoltímetros de saídas analógicas, e eletrodos metálicos (denominados MN) cravados no solo. Além do potencial eletroquímico (zeta, Nernst, etc) desenvolvido no contacto eletrodo metálico- solo, existem os denominados esféricos, que podem ser originados de fontes distantes. O primeiro tem comportamento sistemático e, o segundo tem natureza aleatória, que pode ser eliminada por filtros tipo passa-baixa.

Ao injetar- se corrente (eletrodos AB) no solo através da fonte de corrente contínua DC, o equilíbrio dos íons ao redor do eletrodo metálico (MN) de medida de potencial elétrico é alterado e devido às diferentes velocidades dos íons, surge um efeito de polarização. Dependendo da natureza do solo, o tempo de decaimento da polarização é longo (da ordem de minutos). Parte deste efeito pode ser minimizado pela reversão manual de corrente, com chave mecânica tipo HH.

Nos milivoltímetros analógicos tradicionais, o cancelamento do ruído DC (*offset*) decorrente dos efeitos de polarização eletroquímica em MN, é feito por meio de um potenciômetro rotativo. Este ajuste torna-se moroso devido a presença de filtros tipo passa- baixas que atrasam a resposta do medidor e incomodam o operador de campo, no início de cada medida a ser feita. . Essas tensões de offset também podem ser corrigidas por cálculos algébricos, que tornam-se enfadonhos ao longo do trabalho. As correções de deriva em MN devem ser feitas em tempo real, para que se tenha controle da qualidade dos dados adquiridos. Isto permite determinar valores de condutividades elétricas aparentes que auxiliam nas tomadas de decisões, ainda no campo.

Em lixões e aterros sanitários, os chorumes são responsáveis pelos altos valores de condutividade elétrica. Nestes locais, os trabalhos de geoeletrica exigem correntes elétricas elevadas que provocam pequeníssimas variações de potencial elétrico na superfície, tanto nos arranjos de SEV ou de caminhamento dipolo- dipolo. Portanto uma fonte pulsada associada a um milivoltímetro de altíssima resolução e elevada performance, no tratamento de sinais coerentes, seria o equipamento ideal na situação descrita.

No milivoltímetro desenvolvido, o atraso devido aos RC dos filtros no sinal, é compensado pelo servocontrole PID analógico, que atua para ter-se um amortecimento crítico para zero. Além desta operação de cancelamento ser rápida, ela é executada antes de cada medida por um simples toque num interruptor de pressão.

Para minimizar os problemas descritos, foi construído um circuito de comutação e de reversão de corrente, que foi conectado na saída de uma fonte comercial de potência e de alta tensão DC. A operação de chaveamento é executado por 4 transistores VMOS HEXFET de potência e de tensão dreno- fonte da ordem de 1000 volts (Fig.1), dispostos no modo HH. O gerador de sinal quadrado que controla este módulo de potência, provoca uma interrupção de corrente entre cada reversão, sendo os tempos iguais para cada estado. Uma série de circuitos lógicos CMOS garante a sequência e o tempo de condução-interrupção de corrente injetada no solo (Fig.1). Estes circuitos digitais também fornecem as tensões de referência para os detectores/retificadores síncronos que medem a corrente chaveada injetada no solo e a tensão no milivoltímetro conectado aos eletrodos porosos (MN). O fato da corrente introduzida no solo ser comutada e revertida, num ciclo completo (período) de 2

s, minimiza os efeitos de polarização dos eletrodos de potencial MN, e permite uma detecção síncrona no milivoltímetro onde tem-se uma boa relação sinal/ ruído na existencia de um sinal coerente no solo (em MN). Como o período do sinal é de 2 segundos, o tempo de integração do filtro de saída deve ser superior a 10 s, que é da ordem de 5 vezes a constante de tempo do filtro do demodulador síncrono para ter-se uma boa relação sinal- ruído.

Para SEV de grandes aberturas, são usados eletrodos não polarizáveis de CuSO_4 , que permitem medidas mais confiáveis. O uso de correntes comutadas com descanso/interrupção em zero entre cada reversão e de milivoltímetros com demoduladores síncronos, conectado a eletrodos porosos MN, aceleram os trabalhos de campo, com grande economia de energia das baterias.

O rendimento do trabalho de campo também é melhorado com o uso de carretéis de fio condutor construídos de modo que um de seus terminais permanece sempre estático, preso ao eixo do carretel, não sendo necessário desconectá-lo do equipamento, para mudança de geometria do arranjo adotado.

Descrição dos circuitos- Funcionamento

Os 4 transistores VMOS 2SK 2847 estão dispostos no modo de ponte HH (Fig), que permite o chaveamento com interrupção e reversão de corrente injetada no solo. Estes componentes suportam tensão drenos- fonte máxima de 900 V e corrente de condução máxima de 10 A. Na condução, a resistência drenos- fonte R_{ds} é da ordem de 0, 02 ohms, que dispensa o uso de dissipadores de calor. Como são acionados por tensão, o disparo através da porta (gate) torna-se mais simples que no caso de transistores convencionais de Si usados em vários resistivímetros geolétricos.

As portas dos 2SK2847, são acionadas por fotoacopladores 4N25, com isolamento de 3000 V. Os 4 fototransistores dos 4N25 são alimentados por uma única fonte PWM no modo *flyback*, controlada pelo popular SG3524, ajustado em 30 kHz. Este circuito de controle excita um transistor hexfet IRF540N que alimenta o enrolamento primário de um transformador de ferrite toroidal.

Para maior proteção do equipamento, toda a ponte de comutação tipo HH é refrigerada por um pequeno *cooler* de microcomputador.

Entre a ponte de comutação e o terra (*ground*) é intercalado um resistor de potência de 10Ω para a medida de corrente injetada no solo, através de AB. O sentido da corrente elétrica neste componente não muda em todos estágios de comutação. Como o período do sinal é de 2 s, é usado um conjunto de chaves analógicas (CD4066) sincronizadas com os sinais de referência, para se reduzir a flutuação (*ripple*) na leitura do medidor de corrente, de $3\frac{1}{2}$ dígitos.

No milivoltímetro para medida do potencial espontâneo dos eletrodos porosos MN, a detecção síncrona é realizada pelo sinal proveniente do gerador de função do circuito de comutação. Na entrada deste medidor tem-se um amplificador diferencial com impedância de entrada de $10\text{M}\Omega$. Uma reaimentação negativa do servocontrole, aplicada na entrada deste amplificador, permite o cancelamento do potencial eletroquímico do contacto eletrodo-solo. Na saída do diferencial têm: 1) um filtro rejeição de 60 Hz que polariza o retificador síncrono para medida do potencial espontâneo, e 2) o interruptor de pressão que ativa o circuito de zeramento por PID, antes de cada medida. Caso a entrada do amplificador diferencial não seja nula, tem-se uma tensão de erro na malha de servontrol, que atua forçando um cancelamento da tensão de entrada do diferencial, no modo crítico. Um circuito do tipo amostragem e retenção com memória analógica baseado em capacitor com anéis de guarda (*guard ring*), garante a condição de nulo por 15 minutos (Hiodo et al,2001).

O retificador síncrono é formado de um demodulador de um circuito CMOS mux-demux CD4053 com 4 chaves analógicas controladas na sequencia exata pelo sinal do cabo de referência do gerador de corrente já descrito. O sinal do CD4053 é aplicado num filtro ativo passa-baixas *roll-off*, cujo sinal de saída DC é proporcional a amplitude do sinal coerente, da entrada do diferencial. A tensão de saída do retificador é apresentado num DVM de 31/2 dígitos

Aplicação

Para teste de carga e de campo, a unidade montada foi conectada, no modo série, a uma fonte comercial de alta tensão. O milivoltímetro com demodulador síncrono foi ligado a eletrodos, construídos com porcelana porosa, preenchidos com CuSO_4 .

Os locais escolhidos foram o Sítio Controlado de Geofísica Aplicada SCGA do IAG-USP (Welitom et al, 2004) e um lixão no município de Cerquilha- SP (Fig 3). Foram feitos caminhamentos dipolo- dipolo com diferentes aberturas e níveis. No primeiro foi usado abertura de 0,5 m e 7 níveis de investigação e no segundo, abertura de 10m e 5 níveis de investigação.

Interpretação

As pseudo-seções obtidas estão representadas nas figuras 2 &3, e discutidas adiante.

A) Sítio Controlado de Geofísica Aplicada do IAG(Fig.2)

Devido a abertura ser de 0,5 m, nota-se bom detalhamento das anomalias elétricas em subsuperfície, e também a presença do freático a 3 m de profundidade.

B) Lixão de Cerquilha-SP (Fig.3)

A pseudo-secção mostra uma fratura na posição 60m preenchida com chorume, que também interfere no sedimento no centro da pseudo-secção.

Hiodo, F.Y., 2004. Utilização de tomografia elétrica na identificação da interface entre uma cobertura antrópica e sedimentos fluviais na área do Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG/USP. A ser apresentado neste simpósio.

Bibliografia

Hiodo, F.Y., Silva, N., Elis, V.R., Galhardo Fo ,L. &Silva, J.E., 200 1.Projeto de um sistema semi-automatizado de medidas de potencial elétrico natural ou induzido do solo para aplicações geoeletricas.In: Anais do 7º International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Salvador, BA,p.136-139.

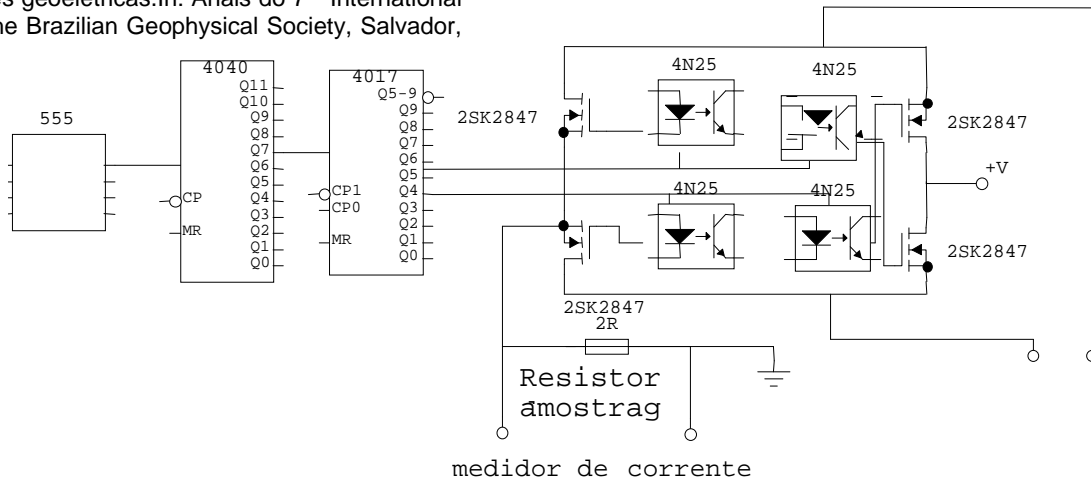


Figura 1 – Diagrama de bloco do circuito de reversão

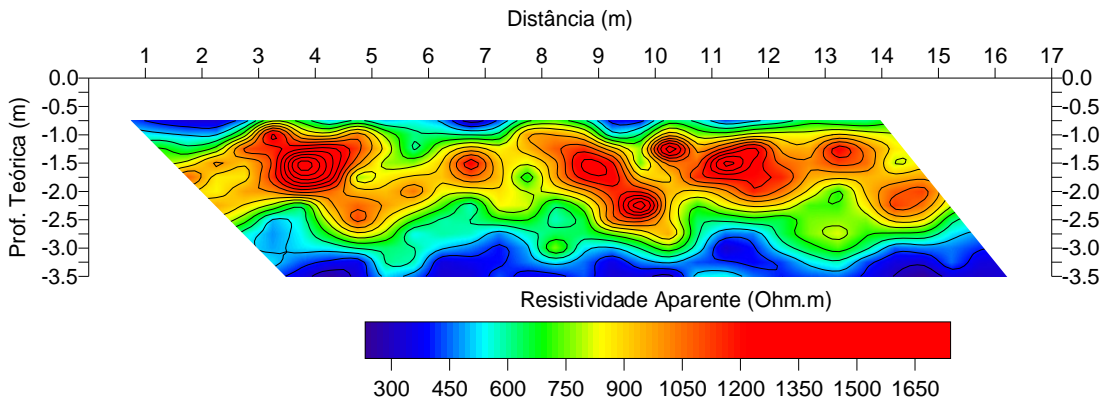
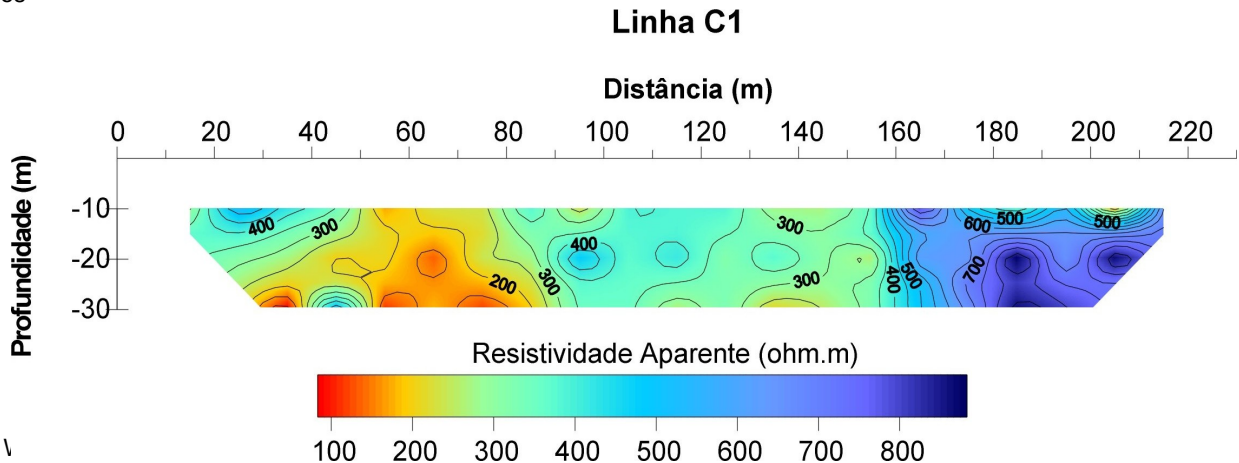


Figura 3 – Pseudo-seção de resistividade elétrica aparente, realizada no lixão de Cerquilho-SP, utilizando dipolo de 10 metros



Borges, V

Figura 2 – Pseudo-seção de resistividade elétrica aparente, realizada no SCGR IAG utilizando dipolo de 0.5 metros