

# Campos Magnéticos em Transporte Elétrico

Avenarius I.A., Leliukhin A.M.

**Resumo** -- Um problema ecológico do transporte público em áreas urbanas é analisado no contexto da proteção dos passageiros e dos motoristas do transporte. Os resultados das medidas do campo magnético produzido pelo motor de um trolebus mostram que as mudanças rápidas do campo magnético durante aceleração ou frenagem do trolebus podem ter uma influência nociva sobre os passageiros e particularmente sobre o motorista.

**Palavras-chave** -- Ecologia do meio ambiente, campo magnético, ecologia de transporte público, poluição eletromagnética.

Os problemas ecológicos da humanidade têm-se agravado consideravelmente, sendo o constante aumento do tráfego do transporte, uma das mais importantes causas. A influência dos meios de transporte é particularmente grande nas áreas urbanas. Além da emissão de gás e do barulho produzidos pelos motores dos automóveis que impõem uma influência nociva sobre seres humanos, animais e plantas, o transporte faz uma contribuição de fundo eletromagnético. Os interiores dos automóveis modernos possuem diversos aparelhos eletrônicos: ignição, aquecimento, toca-fitas, aparelhos de rádio, computadores de bordo, telefones celulares. As estradas agora têm radares para controlar o tráfego dos automóveis. Hoje em dia, não existem padrões para medir os campos eletromagnéticos no interior dos automóveis. Nem limites deles são estabelecidos. Contudo, o fundo eletromagnético adicional pode impor uma influência negativa aos motoristas, particularmente nas condições do tráfego com a aglomeração de veículos nas grandes cidades, onde a influência do fundo se acopla com outros fatores depressivos.

Os campos magnéticos dos meios de transporte elétrico são pouco conhecidos porque a pesquisa deles implica a utilização dos aparelhos especiais para medida. Os dados das referências indicam que os campos magnéticos em locomotivas elétricas são diferentes dos campos produzidos pelas linhas de alta tensão: são mais complexos, têm abruptos saltos e mudanças de intensidade no amplo espectro das frequências [1].

No presente trabalho a indução magnética ( $B$ ,  $mT$ ) foi medida no interior do ônibus elétrico (trólebus): na zona de passageiros, bem como na cabine do motorista. Os trólebus em Moscou são trabalhados com motores de corrente direta (DC) da tensão 550 V. Os valores das correntes operacionais são 180 - 200 A.

I.A. Avenarius, [zakharov@crdf.ru](mailto:zakharov@crdf.ru), A.M. Leliukhin, Instituto de engenharia automóvel e rodoviária (Universidade Técnica MADI), Leningradski prospekt 64, 125829, Moscou, Rússia. Tel: +7(095)758-7834, fax: +7(095)777-6559.

Trabalho recebido em 30 de março de 2002

As pesquisas foram feitas com o magnetômetro quântico MM-60 que utiliza-se em geologia para prospeção magnética a fim de medir o campo magnético terrestre e as variações dele no espectro de 20 - 100  $mT$ . Este magnetômetro mais tarde foi utilizado pelos autores nos trabalhos de laboratório para os alunos da Universidade MADI.

O princípio de funcionamento do magnetômetro é baseado no fenômeno da ressonância radio-óptica. A medida da indução magnética é realizada por meio de transformador quântico para medidas magnéticas (TQ) que utiliza o vapor de Césio-133. A frequência da transição ressonante entre os dois sub-níveis energéticos discretos altera-se linearmente tendo o coeficiente de 3,5  $Hz/nT$ . Então uma mudança da frequência ressonante da transição permite determinar o valor da indução magnética do campo com uma grande precisão. O sistema óptico de TQ do magnetômetro MM-60 utiliza uma câmara tripla para alargar a zona angular operacional. Uma posição ótima é quando o eixo da simetria do sistema óptico está orientado ao longo do vetor da indução do campo magnético a ser medido. Em cada caso a mudança de valor indicado pelo magnetômetro devido ao desvio do eixo da posição ótima nos limites de  $\pm 40^\circ$  é menor que  $7 nT$ .

O regime automático do magnetômetro é realizado por ciclos de duração 10, 30 e 60 s; o regime manual: 0,071 e 0,72 s com o erro da medida 1,0 e 0,1  $nT$  respectivamente. O módulo MR (medida & registro) do magnetômetro é alimentado com o sistema de acumulação de informação digital em código. O magnetômetro tem a própria bateria de (13,2) V e um longo cabo de fios condutores.

As medidas foram realizadas duas vezes durante ida e volta de um trólebus municipal entre as estações terminais.

No processo das medidas o eixo óptico de TQ foi sempre mantido em posição vertical. O desvio em relação ao vetor  $B$  do campo magnético terrestre não pôde ser maior que  $20^\circ$ . (Os dados do Instituto do Magnetismo Terrestre IZMIRAN da Academia das Ciências de Rússia:  $B_z = 49065 nT$ ,  $B_y = 2655 nT$ ,  $B_x = 17020 nT$ ; a inclinação magnética sendo  $70,65^\circ$ ).

As medidas foram realizadas no regime manual com intervalos de 1 - 5 s de acordo com o regime do movimento de trólebus. Um trólebus municipal que normalmente é utilizado nos bairros de Moscou foi o objeto das medidas. Foi preciso medir os valores do campo magnético nos pontos diferentes do trólebus e depois comparar os resultados obtidos neste experimento.

Na zona passageira do trólebus foram escolhidos os três pontos por cima de locação do motor com altura de 0,7; 1,2 e 1,8 m acima do nível do chão.

Um outro ponto escolhido, foi a cabine do motorista à distância de 0,5 m da cabeça dele. Os resultados das medidas são dados nas Fig. 1 e Fig. 2.

Vê-se das figuras que:

? Valor médio da indução magnética na zona passageira do tróibus ( $B_m \sim 35 \text{ mT}$  na altura de 0,7 e 1,2 m e  $B_m \sim 30 \text{ mT}$  na altura de 1,8 m) é menor que o valor da indução magnética do campo terrestre ( $B = 52 \text{ mT}$ );

? Os valores da indução do campo magnético na area passageira e na cabine do motorista são diferentes;

? A envergadura das variações de  $B$  em ponto mais próximo ao motor ( $\Delta B \sim 20 \text{ mT}$ ) é maior que nos pontos mais longínquos ( $\Delta B \sim 10 \text{ mT}$ ) dele;

? O valor médio da indução magnética na cabine do motorista ( $B_m \sim 48 \text{ mT}$ ) é mais perto à indução do campo terrestre; a divergência das variações de  $B$  depende do regime do movimento sendo maior quando o tróibus está nas condições de intenso tráfego, no regime das acelerações e frenagens freqüentes.

O segundo ciclo das medidas foi feito no dia 26 de novembro 2001. O céu estava nublado, e o ar húmido. Cinco pontos foram escolhidos na cabine do motorista para medidas: nos três pontos por cima do motor, na quadra traseira de área de passageiros (1,2 m acima do chão) e perto da cabine, num assento de passageiro de mesma altura.

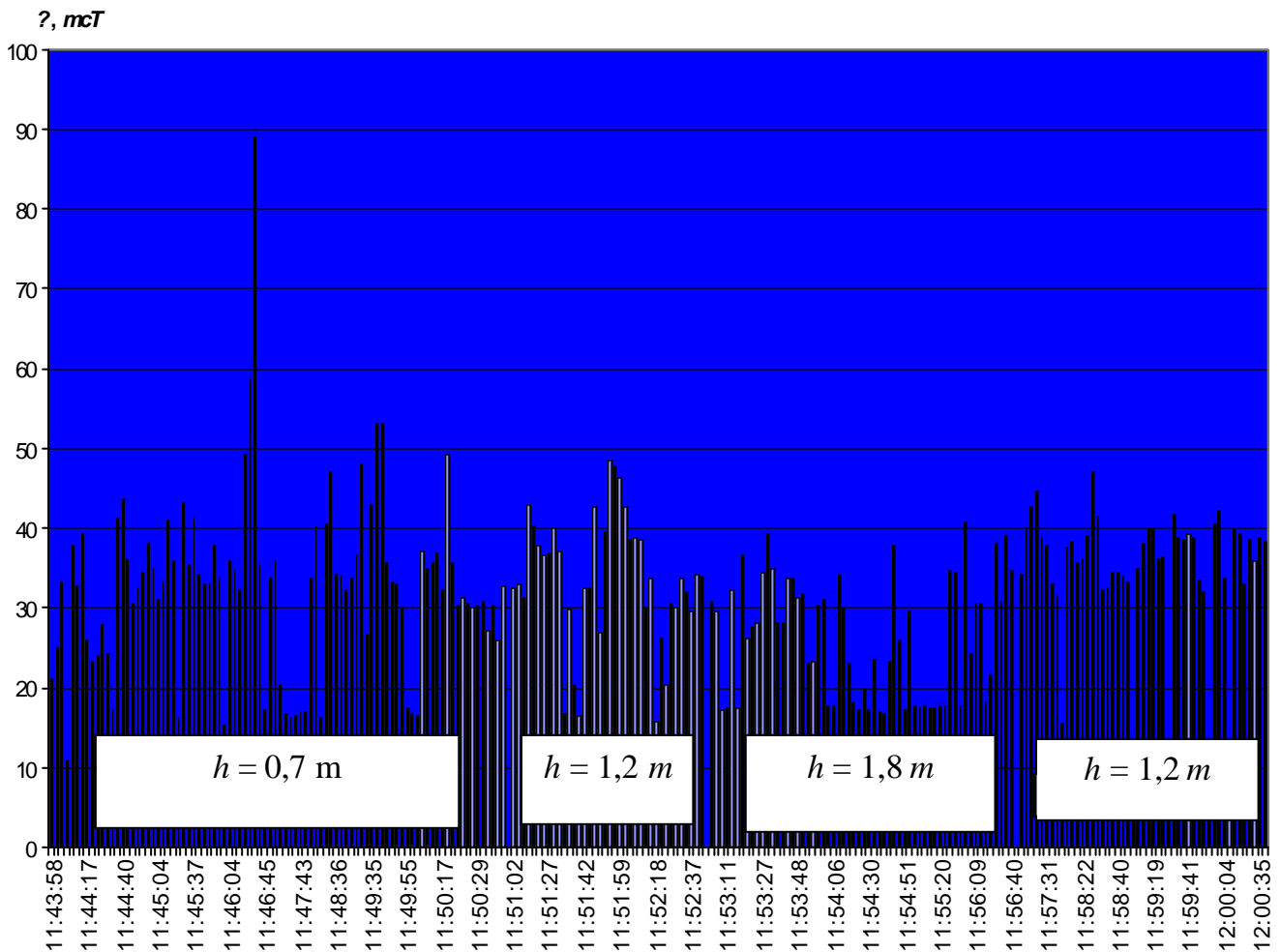


Fig.1 Indução magnética dentro do tróibus acima do motor

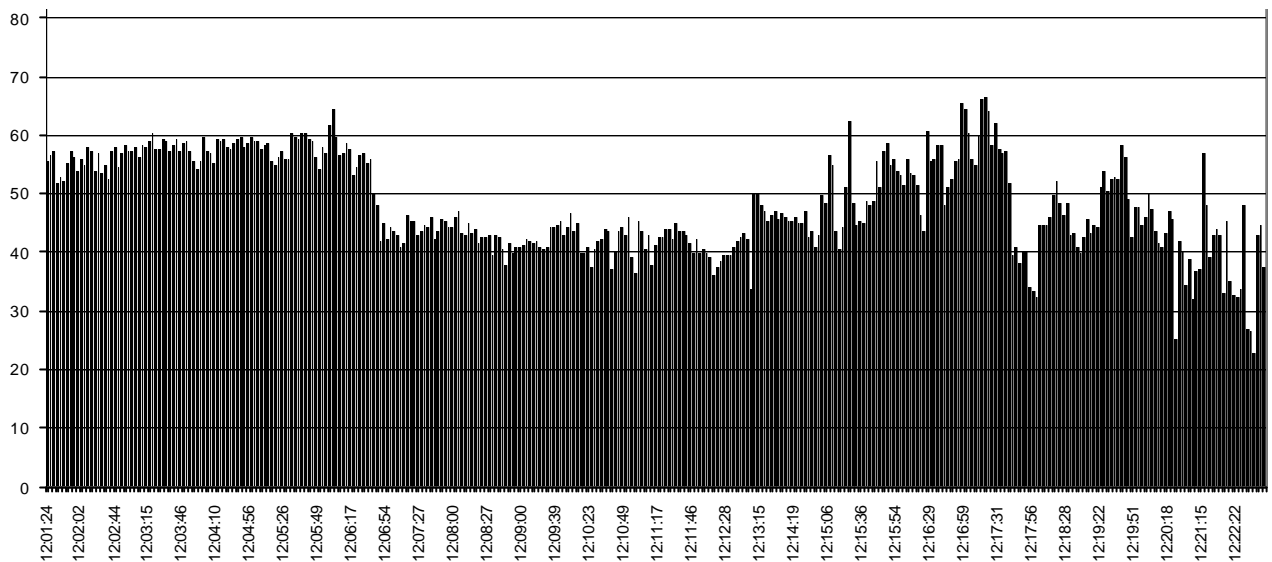


Fig.2 Indução magnética em cabine do motorista ( $mT$ )

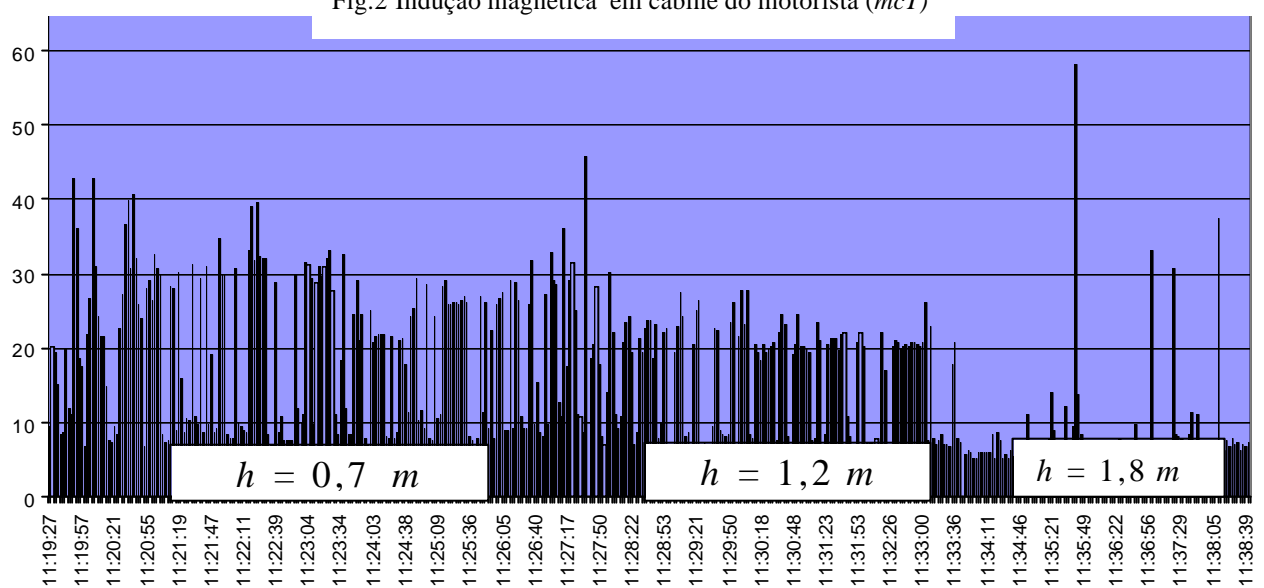


Fig.3. Indução magnética no interior do tróibus acima do motor ( $mT$ )

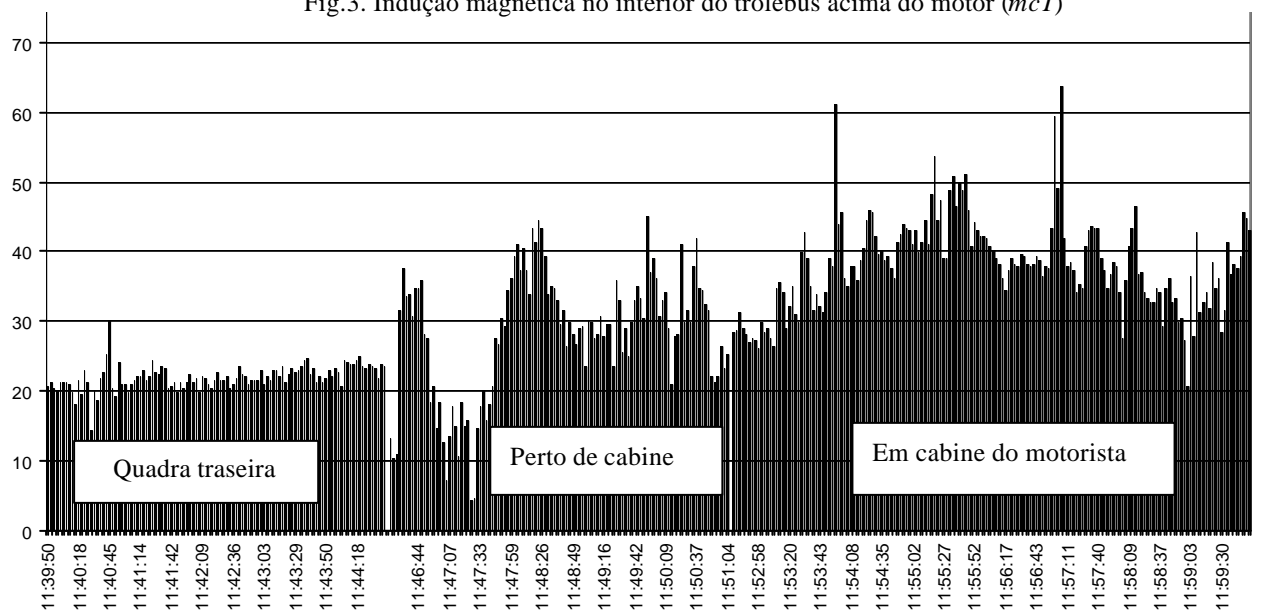


Fig.4. Indução magnética no interior do tróibus na zona passageira e em cabine do motorista ( $mT$ )

Os resultados são apresentados nas Fig.3 e 4. As seguintes observações podem ser feitas:

? Os valores médios da indução magnética na zona passageira do trólebus ( $B_m \sim 25 \text{ mT}$ ) são menores que os no primeiro ciclo de medidas;

? Vê-se uma tendência de diminuição dos valores médios de  $B_m$  com o aumento da altura;

? A variação mínima dos valores de  $B$  foi registrada na parte traseira do trolebus, longe do motor ( $B_m \sim 22 \text{ ? } 3 \text{ mT}$ ).

? A variação máxima dos valores de  $B$  foi registrada perto da cabine do motorista ( $B_m \sim 30 \text{ ? } 15 \text{ mT}$ ).

? O valor médio da indução magnética na cabine do motorista ( $B_m \sim 40 \text{ mT}$ ) é maior que o na zona Passageira, mas é menor que o no primeiro ciclo das medidas; a variação das oscilações depende também do regime de movimento, crescendo consideravelmente quando o trólebus move-se nas condições de intenso tráfego de veículos, no regime das acelerações e frenagens freqüentes.

Os dois ciclos de medidas permitem as seguintes observações:

? Observa-se uma diminuição (cerca de duas vezes) do campo magnético na zona passageira do trólebus em comparação com o campo magnético terrestre. Esta diminuição depende do estado atmosférico: maior humidade do ar - menor o campo;

? Saltos abruptos de  $B$  são típicos para o movimento de trólebus;

? Os valores médios de  $B_m$  diminuem-se com a altura acima de motor;

? Os valores médios de  $B_m$  na cabine do motorista são maiores que os na zona passageira;

? O aumento da variação dos saltos de  $B$  é típico para o movimento com acelerações e frenagens freqüentes.

Os saltos abruptos da indução do campo magnético na zona passageira de trólebus e os na cabine do motorista ultrapassam os do campo magnético

terrestre, mesmo nos períodos de anomalias (tempestades) geomagnéticas. Portanto, é preciso buscar meios de proteção para os passageiros e o motorista contra estes saltos do campo magnético tecnomagnético.

As propostas preliminares para melhorar a situação eletromagnética prevêm a colocação de uma cobertura protetora, de material especial, no chão do trólebus, sobre o motor.

Contudo o problema da proteção do motorista contra os campos magnéticos de alteração rápida ainda exige uma consideração mais detalhada. Provavelmente é preciso considerar a possibilidade da utilização de circuitos passivos ou ativos que poderiam criar campos magnéticos de sentido contrário, capazes de extinguir os campos nocivos produzidos pelo motor [2]. Estes circuitos têm de possuir instrumentos para medir e controlar os campos magnéticos dentro da cabine do motorista.

Os autores queriam agradecer Dr. A.D. Zhigalin, Diretor de Laboratório Sísmico IGE AC de Rússia que ofereceu o magnetometro MM-60 para realizar as medidas e V.A. Chipitsyn, Diretor do Departamento No.1 do transporte público para a permissão de utilizar os trólebus para medidas ecológicas.

## REFERÊNCIAS

- [1] Y.A. Kopytenko, G. Villaresi, N.G. Ptitsyna, E.A. Kopytenko, V.S. Ismagilov, D.B. Zaitsev, P.M. Voronov, M.I. Tyasto, N. Iucci, D. Pfluger. In *Proceedings of EMF safety conference*, Moscow. Sept. 1999.
- [2] I.A. Avenarius. "Course of Ecological Physics in MADI Technical University" in *Proceedings of VII International Conference on Engineering and Technology Education - INTERRTECH-2002*, Santos, Brazil, 17 - 20 March 2002, in press.

