Abordagem Diferente da Electrodinâmica à Frequência Industrial

A. P. Reis Miranda
Engenheiro Electrotécnico (IST)
Consultor em São Paulo

Já após os cinquenta anos fui confrontado com situações reais que me conduziram a conclusões diferentes das seguidas até então. Apresento muito resumidamente os conceitos mais relevantes, em geral constantes no meu livro «*Instalações Eléctricas Industriais*» de forma algo diferente.

O campo eléctrico electrostático não pode ser considerado a* causa *dos fenómenos electrodinâmicos à frequência industrial.

Razão: existem fenómenos electrodinâmicos onde o campo eléctrico electrostático não está presente.

Exemplo: Um transformador com um enrolamento curtocircuitado e o outro enrolamento alimentado, tem o enrolamento em curtocircuito percorrido por corrente sem variação de tensão de ponto para ponto (desde que a f.e.m. induzida e a impedância do enrolamento estejam uniformemente distribuídas, como ocorre).

❑

A causa dos fenómenos electro-dinâmicos à frequência industrial é a* f.e.m.**, que consoante as circunstâncias ***causa uma corrente e/ou uma distribuição homogénea de cargas eléctricas (um campo electrostático). Na realidade os fenómenos electrodinâmicos à frequência industrial ***nunca ocorrem espontaneamente na natureza***, mas sempre associados a um gerador de f.e.m. (Já os fenómenos com energia radiada são de geração mais comum: basta acender um fósforo para gerar ondas electromagnéticas).

Na situação comum, fora do gerador com corrente de carga, a f.e.m. de auto-indução somada à queda óhmica equilibra a tensão existente em cada ponto.

Dentro do gerador com corrente de carga, para cada ponto, a f.e.m. imposta, menos a f.e.m. de auto-indução somada à queda ohmica, determina a tensão existente nesse ponto, isto é, determina a concentração de cargas eléctricas nesse ponto.

Se o gerador está curtocircuitado, caso por exemplo de cada barra da gaiola de esquilo de um motor de indução, a corrente é tal que "consome" exactamente a f.e.m. induzida nessa barra.

❑

Considerar a f.e.m. , $(-\frac{d\Phi}{dt})$ idêntica ao campo electrostático (grad V), conduz a situações absurdas.

Por exemplo, Richard Feynman, no capítulo 22 das *Lições de Física*, refere relativamente a uma bobina percorrida por corrente (alternada) e portanto com tensões diferentes aos terminais, que admitindo resistência nula, a circulação entre os terminais, por dentro da bobina, não encontra campo eléctrico. Fisicamente, isso equivale a dizer que em algum ponto, entre os terminais da bobina, existe uma descontinuidade na concentração de cargas eléctricas, porque é evidente que os terminais da bobina apresentam necessariamente concentrações de cargas eléctricas diferentes.

❑

Os problemas no entendimento dos fenómenos relativos a correntes em blindagens derivam fundamentalmente das pessoas estarem "programadas" para entender a electrodinâmica com base no ***campo eléctrico (electrostático)***, em vez de na ***f.e.m.***

Exemplo: A blindagem de um cabo unipolar tem indutância própria idêntica à indutância mútua (condutor interno/blindagem), porque o fluxo de indução do condutor interno a partir do diâmetro interno da blindagem correspondem exactamente ao fluxo resultante de uma corrente idêntica numa blindagem delgada com esse diâmetro interno. Assim, a f.e.m induzida na blindagem pela corrente no condutor interior coincide com a "queda de tensão indutiva", isto é, com a tensão necessária para forçar essa mesma corrente na blindagem, em caso de resistência nula. Nestas condições, para cabos com blindagens de baixa resistência, como no importante caso de cabos em óleo com blindagem de alumínio, a ***blindagem é o condutor natural de retorno para correntes de falha "à terra"***, sendo que apenas uma parcela mínima da corrente de falha, da ordem de 2 a 8%, fica ***disponível*** para fluir por qualquer outro caminho oferecido para esse retorno, ainda que de impedância ideal-mente nula. ***Neste caso*** (de impedância nula do circuito suplementar de retorno), a ***corrente na blindagem flui sem variação de tensão de ponto para ponto, ou seja, em meio equipotencial***. (Convencionalmente inaceitável!).

Este conceito, de relevante interesse económico, é dificilmente descortinável a partir do ensino ministrado actualmente.

❑

Considero artificioso e inconveniente forçar a aplicação dos conceitos válidos para a energia radiada aos fenómenos electrodinâmicos à frequência industrial (e inversamente).

Como se pode ver no capítulo 1 e secção 3.15 do meu livro, os fenómenos à frequência industrial são intrinsecamente diferentes dos fenómenos com energia radiada.

A transposição de conceitos próprios de um campo para o outro, pode acarretar confusões.

❑

A corrente de deslocamento é irrelevante à frequência industrial e dominante nos frenómenos com energia radiada.

❑

Os fenómenos de indução de Faraday provocados pela circulação da corrente (de condução), são irrelevantes nos fenómenos de energia radiada e fundamentais ao entendimento dos fenómenos à frequência industrial.

Exemplo: O meu trabalho apresentado no III SIPDA, "Blindagens-Realidade e ficção", mostra o resultado de desconsiderar os fenómenos de Faraday onde a sua acção não pode ser ignorada.

❑

Afirmar que, á frequência industrial, a energia transmitida por uma ligação eléctrica é feita através do dieléctrico, como deduzido na ref. [1], de Bessonov, pág. 706 a 710, é mera conclusão intelectual. Esta afirmação não resiste a uma análise física.

■ Princípio de conservação de energia

Se a energia fosse transferida através do dieléctrico, como a energia através da ligação pode ser medida pelo procedimento convencional, pela medição da corrente e da tensão nos condutores da ligação, ***em qualquer ponto***, a energia total transferida teria valor duas vezes o emitido ou o recebido. O procedimento convencional de medição corresponde a um modelo coerente e não questionado. Por outro lado não se pode questionar que a tensão e a corrente permanecem ao longo da ligação no condutor (sem o que os campos eléctrico e magnético circundantes se anulariam).

■ Análise lógica

Os critérios de causalidade enunciados por Bacon como

- *posita causa, ponitur efectus,*
- *sublata causa, tolitur efectus,*
- *variata causa, variatur efectus,*

mostram que ***o condutor***, ***a tensão*** e ***corrente*** fazem parte da causa da transferência de energia. A ausência de qualquer destes factores inibe a transferência de energia.

Obviamente a transferência de energia do Sol para Terra não precisa de suporte material, porque o fenómeno é diferente.

■ Análise física directa

A sobreposição do campo magnético, provocado pela circulação da corrente e função da sua intensidade, ***com o campo eléctrico***, a partir do condutor e também função da sua tensão (independente da intensidade corrente), ***não dá lugar a um campo electromagnético***. É apenas a sobreposição de entidades sem a vinculação característica do campo electromagnético entre as partes constituintes.

A inadequação do raciocínio torna-se mais flagrante no caso da corrente contínua, onde o campo magnético foi estabelecido durante o fenómeno transitório inicial, permanecendo estático durante a operação de transferência de energia. Esta "realidade", para corrente contínua, é reivindicada por Bessonov, no local referido. Se por manipulação matemática que muito seguramente contém alguma falha, se consegue chegar à expressão do vector de Pointing, como consta no livro de Bessonov, teremos que concluir que a Física ignora a Matemática. Acredito mais facilmente que a dedução não respeite a realidade física.

❑

Considero inadequado dizer que não existe campo eléctrico dentro de um condutor, sempre indutivo, percorrido por corrente alternada. Não se pode negar que existe um campo eléctrico (uma variação longitudinal de concentração de cargas eléctricas) que compensa a f.e.m. de auto-indução (mesmo que se desconsidere a queda ohmica).

❑

Tanto no Brasil como em Portugal, nas apresentações sobre "*as minhas barbaridades*" (entenda-se, os fenó-menos físicos interpretados por mim), a quase totalidade dos engenheiros electrotécnicos fica tão surpreendida que fica incapaz de reagir. Ainda no lançamento do meu livro, voltou a surgir a mesma situação. As pessoas sentem-se incapazes para discutir, para negar ou para apoiar. **Faltam conceitos no arquivo de cada um.** Esta reacção é para mim a prova mais clara da razão da minha "luta", porque **não é admissível que as escolas de engenharia formem profissionais incapazes de entender fenómenos electrodinâmicos comuns**.

■

Conclusão

Considero indispensável procurar tratar os fenómenos electrodinâmcios, em sentido largo, sem perder de vista ***a faixa de frequência respectiva*** e ***os tipos de acção relevantes*** para o fenómeno em estudo. Assim:

❑ Para os fenómenos naturais com energia radiada, os parâmetros e características mais relevantes são:
■ Campos eléctrico e magnético vinculados, formando o campo electromagnético, corrente de deslocamento, propagação de energia por ondas electromagnéticas, em dieléctrico ou no vazio, emissão de energia electromagnética espontânea na natureza, ou por vezes com participação humana, por processo físico ou molecular, muitas vezes a partir de matéria a elevada temperatura.

❑ Para os fenómenos artificiais à *frequência industrial*, os parâmetros e características mais relevantes são:
■ Indução magnética, f.e.m., corrente de condução, transferência de energia por condução ou por indução magnética (próxima), produção de energia (até ao presente, fundamentalmente), por conversão de energia mecânica em eléctrica em máquinas de projecto humano.

❑ Para os fenómenos que incluam ambos os aspectos, como a queda do raio, onde podem coexistir o campo magnético próximo e a energia electromagnética radiada, deverá exercer-se cauteloso descernimento para incluir os parâmetros relevantes para cada parte do fenómeno em estudo, ***sem pretender fazer valer preferências pessoais***.

❑ Nunca podemos esquecer que a realidade física é independente das nossas teorias e da nossa ignorância. As nossas teorias só podem ser validadas pela concordância com a Física.

Bibliografia

[1] *Applied Electricity for Engineers*, L. Bessonov, Mir Publ. Moscow, 1993.