

Análise da Conformidade de Subestações à Resolução Normativa ANEEL Nº 398

Uso do ANSYS Maxwell para cálculo de exposição humana a campos elétricos e magnéticos variantes no tempo.

Por Eng. Leandro Alberto Percebon, ESSS

Seguindo as normas internacionais da Organização Mundial da Saúde - OMS, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, estabeleceu nova resolução que regulamenta a exposição humana a campos elétricos e magnéticos variantes no tempo. Com esta resolução, agentes de distribuição, transmissão e geração devem apresentar medidas e/ou cálculos de campos referentes a instalações com classe de tensão igual ou superior a 138kV. A tabela 1 indica os níveis de referência para campos variantes no tempo referentes a altura de 1,5m do nível do solo. O público ocupacional é definido como a população de profissionais geralmente expostos a campos elétricos e o público geral é definido como a parcela de indivíduos não integrantes do público ocupacional.

	E (kV/m)	B (µT)
Público geral	4,17	83,33
Público ocupacional	8,33	416,67

Tabela 1 - Níveis de referência para os campos variantes

Uma forma de levantar os valores de campos elétricos e magnéticos é o uso do Método de Elementos Finitos - MEF, o qual através da discretização do domínio de cálculo, permite levantar os valores de campos elétricos e magnéticos de maneira pontual. A formulação para o cálculo das grandezas envolvidas leva em consideração anos de pesquisa e desenvolvimento de formulações matemáticas hoje já consagradas na indústria.

O exemplo apresentado neste artigo técnico considera parte de uma subestação de 230/138kV e 240/400A. O software utilizado para a análise, o ANSYS Maxwell, permite criar a geometria, definir as condições de contorno, excitações, controle da malha de elementos finitos, assim como realizar o pós processamento. De forma a garantir o resultados mais precisos, foi imposto um critério de convergência de 0,5% no valor do campo em um ponto específico.

CÁLCULO DE CAMPOS ELÉTRICOS

Para efetuar o levantamento dos valores de campos elétricos foi utilizado o solver Electrostatic o qual soluciona a equação diferencial de Poisson para o potencial elétrico.

Uma vez obtido o potencial elétrico com a equação abaixo, usa-se as equações de Maxwell e a as respectivas relações constitutivas para o levantamento do campo elétrico \vec{E} .

$$\nabla \cdot (\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \nabla \Phi) = -\rho_v$$

As fontes de campo são as linhas de transmissão, a malha de terra e o transformador, estes últimos considerados em potencial zero. Após o processo iterativo garantir os critérios de solução, podemos inspecionar os resultados, aqui apresentados na figura 1.

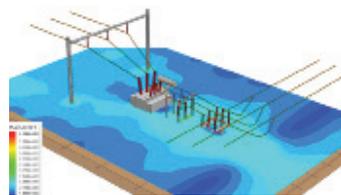


Figura 1 - Distribuição do campo Elétrico

Para tornar o pós processamento mais eficiente, foi configurado um limite superior na escala de valores da carta de campos elétricos. Este limite representa o valor de exposição ao público ocupacional, 8,33kV/m. Podemos claramente observar que na devida situação não ocorrem valores extremos de campo elétrico, assegurando assim a exposição a níveis seguros.

CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Usando o mesmo ambiente de simulação, calcula-se a magnitude de campos magnéticos. A equação abaixo representa uma parcela do método de potencial escalar magnético utilizado, cuja formulação demanda que as fontes de campo sejam correntes ou densidades de correntes.

$$\vec{H} = \vec{H}_p + \nabla \phi$$

onde ϕ é o potencial escalar magnéticos, e \vec{H}_p é uma solução particular obtida a partir das condições de contorno.

De forma semelhante ao apresentado

para o caso do cálculo de campos elétricos, apresenta-se os resultados a 1,5m do nível do solo a fim de analisar a conformidade desta instalação aos valores estipulados na resolução normativa.

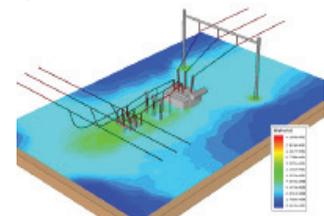


Figura 2 - Distribuição do campo magnético

SIMULAÇÃO CONSIDERANDO UM CORPO HUMANO

Tomando-se a hipótese de que os campos analisados são puramente senoidais, foi inserido uma geometria de um corpo humano logo abaixo das linhas de transmissão de 138kV. Para a frequência de 60Hz, sabe-se que os tecidos do corpo humano apresentam, em média, as seguintes propriedades eletromagnéticas:

$$\epsilon_r = 50, \mu_r = 1, \sigma = 0.5 \text{ S/m}$$

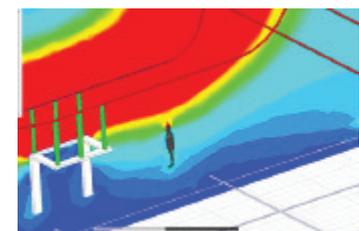


Figura 3 - Vista em corte do campo elétrico



Figura 4 - Detalhe da intensidade de campo elétrico sobre o corpo humano

Como a permissividade elétrica usada para modelar o corpo humano é relativamente alta quando comparada com a do ar, existe um aumento significativo do campo elétrico na região de vizinhança do corpo humano. Este aspecto não é abordado na resolução Nº398, porém deve ser dada atenção para a possibilidade de ocorrência de picos em regiões onde existe a descontinuidade de permissividade elétrica.