

Dúvidas:

Para que serve a associação mista de capacitores?

Por quê sem o eletromagnetismo não seria possível ter motores, geradores, transformadores, indutores... ?

Como funciona a Lei de Gauss?

Como funciona a Lei de Ampere?

Como funciona a Lei de Biot-Savart?

aula 10 - slide 16~23

os resistores estão ligados de forma em que a corrente (I) que passa por eles é a mesma

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_{...} + R_n$$

os resistores estão ligados de forma que a tensão total (E) aplicada ao circuito é a mesma em todos os resistores e a corrente (I) total do circuito é subdividida entre eles de forma inversamente proporcional aos seus valores.

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + ... + 1/R_n$$

união das associações série e paralelas no mesmo circuito.

$$R_{eq} = R_1 * R_2 / R_1 + R_2$$

Podem cumprir funções tais como o armazenamento de cargas elétricas ou a seleção de frequências em filtros para caixas acústicas

Se compõe basicamente de duas placas de material condutor. Essas placas são isoladas eletricamente entre si por um material isolante chamado dielétrico. O material condutor que compõe as armaduras de um capacitor é eletricamente neutro em seu estado natural

Em cada uma das armaduras o número total de prótons e elétrons é igual, portanto

as placas não têm potencial elétrico. Isso significa que entre elas não há diferença de potencial (tensão elétrica)

O polo positivo da fonte absorve elétrons da armadura à qual está conectado.

O polo negativo fornece elétrons à outra armadura

A armadura que fornece elétrons à fonte fica com íons positivos adquirindo um potencial positivo e vice-versa

Quando o capacitor assume a mesma tensão da fonte de alimentação diz-se que o capacitor está "carregado"

Se, após ter sido carregado, o capacitor for desconectado da fonte de CC, ainda existe tensão presente entre as placas do capacitor.

conectar os terminais de um capacitor carregado haverá uma circulação de corrente, pois através do circuito fechado ocorre o equilíbrio elétrico entre as armaduras

Os elétrons em excesso em uma das armaduras, se movimentam para a outra onde há falta de elétrons, até que se restabeleça o equilíbrio de potencial entre elas

enquanto ele se descarrega a tensão de suas armaduras diminui, porque o número de íons restantes em cada uma é cada vez menor, e após algum tempo a tensão da armadura é tão pequena que pode ser considerada como zero.

considere um capacitor inicialmente descarregado, ou seja, sem tensão
No momento que ligamos a chave e o capacitor passa a ter energia, a tensão cresce exponencialmente até atingir seu valor máximo. ($V_C = E$)

com a corrente é o contrário, se estiver descarregado, a corrente não tem nenhuma resistência para fluir, logo, tem seu valor máximo, diminuindo exponencialmente até chegar a zero.

Quando o capacitor está totalmente descarregado, a fonte enxerga como um curto circuito, por isso, $V_C = 0$ e $i = I$

Conforme as placas se carregam e a tensão V_C aumenta, a fonte enxerga o capacitor como se ele fosse uma resistência crescente, fazendo com que a corrente diminua

Quando o capacitor está totalmente carregado, a tensão entre as placas se iguala à da fonte,

$VC = E$, que o enxerga como um circuito aberto,
por isso, $i = 0$.

ou seja

capacitor descarregado = curto circuito*

capacitor carregado = resistência crescente -> diminuir a corrente

capacitor carregado = circuito aberto

A capacidade de armazenamento de cargas de um capacitor depende de alguns fatores:

- Área das armaduras: quanto maior a área das armaduras, maior a capacidade de armazenamento de um capacitor;
- Espessura do dielétrico: quanto mais fino o dielétrico, mais próximas estão as armaduras. O campo elétrico formado entre as armaduras é maior e a capacidade de armazenamento também;
- Natureza do dielétrico: quanto maior a capacidade de isolamento do dielétrico, maior a capacidade de armazenamento do capacitor.

ou seja

tamanho da armadura -> quanto maior, maior a capacidade de armazenar*

espessura do dielétrico -> quanto mais fino, mais próximas as placas -> maior o campo elétrico e maior a capacidade de armazenamento

natureza do dielétrico -> quanto mais isolante for, mais ele armazena

Capacitância = capacidade de armazenar cargas do capacitor

unidade de medida = Farad -> F

por ser uma unidade muito “grande”, só são usados seus submúltiplos
outra característica é a tensão de trabalho = tensão máxima que o capacitor suporta entre as armaduras

aplicar uma tensão maior que a suportada no capacitor rompe o dielétrico e faz ele entrar em curto, ou seja, ele explode e descarrega, sendo considerado pela fonte como **curto circuito***

Os capacitores também podem ser conectados em associação série paralela e mista.

Conectar em **paralelo*** é usado para **maior*** capacitância

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Conectar em **série*** é usado para obter capacitância **menor*** ou **tensões de trabalho maiores***

$$C_t = 1 / ((1/C_1) + (1/C_2) + \dots + (1/C_n))$$

Indutor = Bobina é um fio esmaltado em volta de um núcleo

É usado desde filtros para caixas acústicas até circuitos industriais, passando pela transmissão de sinais de rádio e televisão.

A indutância de uma bobina depende de varios fatores:*

Material, seção transversal, formato e tipo do núcleo

Número de espirais

Espaçamento entre as espirais

tipo e seção transversal do condutor

Comportamento:*

Considerando uma fonte de tensão constante.

Chave desligada = sem corrente -> sem campo magnético em volta das espirais

chave ligada = Corrente crescente.

Quando a corrente passa pela espiral, ela cria um campo magnético ao seu redor, e no interior do indutor as linhas de campo se somam, criando um fluxo magnético.

Essas linhas de campo cortam as espirais seguintes induzindo uma corrente que irá se opor à causa que a originou.

Por causa dessa oposição, a corrente leva um certo tempo (transitório = não instantâneo) pra atingir seu valor máximo, limitado apenas pela resistência ôhmica do fio.

quando a corrente se estabiliza, o campo magnético fica constante, não havendo mais corrente induzida pra criar oposição.

Desligando a chave, a corrente decrescente cria uma nova oposição, de forma a evitar sua diminuição, aparecendo um novo transitório, até que chega a zero.

ou seja, o indutor armazena energia magnética, pois mesmo sem alimentação ainda existe corrente.

Também é possível associar os indutores*

Paralela = forma de obter indutâncias menores ou forma de dividir uma corrente entre diversos indutores

$$L_t = 1 / ((1/L_1) + (1/L_2) + \dots + (1/L_n))$$

A equação de Poisson é uma equação diferencial parcial que descreve o comportamento de um campo escalar em termos de distribuição de cargas ou massas em um espaço tridimensional.

a equação de Poisson ajuda a relacionar a distribuição de carga (ou massa) a um campo escalar, permitindo calcular campos elétricos e gravitacionais em várias situações físicas

Materiais magnéticos*

Magnetismo é fundamental na geração e aproveitamento da corrente elétrica
Todo tipo de sistema ou equipamento eletromecânico tem efeitos magnéticos em seus circuitos
Sem o eletromagnetismo não seria possível ter motores, geradores, transformadores, indutores...

Exemplo de aplicações*

Servidores de armazenamento digital
equipamento de ressonância magnética
transformadores e indutores
eletroimas
circuitos magnéticos
antenas
blindagem eletromagnética
ressonadores e filtros
tecnologia de armazenamento de dados

Os materiais mais importantes em aplicações magnéticas gerais são os chamados

Ferromagnéticos*

Esses materiais permitem que fenômenos magnéticos ocorram, graças a sua característica de concentrar linhas de força magnética, sofrendo atração por essas linhas.

Exemplo: **Magnetita***

Conceito*

uma carga elétrica em movimento gera um campo elétrico e um campo magnético, e os átomos de um corpo estão sempre em movimento
quando duas cargas iguais se movimentam em sentidos opostos, seus efeitos magnéticos se anulam e os elétrons dos átomos constituem dois grupos que giram em sentidos opostos, e quando esses dois grupos são iguais em números de elétrons, as propriedades magnéticas dos átomos são nulas, **fato que ocorre com a maioria das substâncias***
Caso os grupos tenham quantidades de elétrons diferentes, um deles predomina o outro e os átomos se comportam como ímãs minúsculos, e **esses são os materiais ferromagnéticos***
Entretanto, existe o dipolo magnético que não se resume ao átomo, mas sim em toda uma região onde se observa uma orientação resultante magnética.

Por esse motivo, pode-se observar um grande número de pequenas seções que são os domínios magnéticos, e esses domínios devido a orientação da carga das moléculas se caracterizam por apresentarem uma única orientação magnética (campo magnético próprio).

os ímãs naturais são feitos de magnetita, e os artificiais por magnetização induzida nesses ímãs, a maioria dos dipolos são orientados paralelamente, e por isso tem propriedade magnética inerente.

nos outros tipos de materiais ferromagnéticos, devido a ausência de um campo magnético externo, somando todos os vetores de cada domínio temos um vetor campo resultante nulo.

Permeabilidade magnética*

é um parâmetro que descreve a facilidade que um meio se deixa atravessar o fluxo magnético circulante, resistindo em maior ou menor grau à orientação dos dipolos magnéticos no sentido do fluxo, ou seja, **quantifica a capacidade do material em atrair as linhas de fluxo magnético***

$$\mu = H/B$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/Ae, permeabilidade magnética do ar}$$

$$\mu_r = \mu/\mu_0, \text{ permeabilidade relativa}$$

Materiais diamagnéticos* se dividem em: **Supercondutores ou Não Supercondutores**

possuem susceptibilidade magnética negativa que independe da temperatura
campos magnéticos produzem uma força de repulsão nesses materiais
A maioria dos materiais Diamagnéticos possui valores muito pequenos de susceptibilidade magnética, o que dificulta a medição, mas existem exceções (Antimônio, Bismuto, Gálio, Grafite e Tálho).

Materiais paramagnéticos* susceptibilidade magnética positiva, mas tbm com valores pequenos.

possuem permeabilidade magnética elevada, o que permite construir equipamentos com elevadas densidades de energia.

mantém a magnetização mesmo depois de interromper a indução magnética, virando ímãs permanentes.

Temperatura de Curie* ou ponto de Curie é a temperatura que determinado material ferromagnético ou ímã perde suas propriedades magnéticas, e acima dessa temperatura o material se torna um composto paramagnético.

Curva de magnetização e desmagnetização* é um gráfico que mostra como um material magnético responde a um campo magnético externo

para desmagnetizar um metal ferromagnético é só aumentar o campo aplicado que a indução magnética também aumenta até atingir a indução de saturação, ou seja, todos os domínios estão orientados no mesmo sentido, e é o valor máximo de magnetização que o material permite.

se diminuir o campo até zero, a curva de magnetização original não é seguida e, no fim,

permanece uma densidade de fluxo magnético
pra indução retornar ao valor zero é só aplicar um campo inverso de valor H_c (campo coersivo).

Perdas magnéticas* Existem duas formas de ocorrer a perda pela variação do campo magnetico.

Perdas por histerese* é uma dissipação de energia sob forma de calor que ocorrem em materiais ferromagnéticos quando submetidos a ciclos de magnetização e desmagnetização
pra reduzir as perdas é bom ter um material de qualidade, reduzir as dimensões através de secções e comprimentos dos circuitos magnéticos menores

perdas por correntes de Foucault* aparecem nos materiais forças eletromotrizes induzidas que darão lugar a umas correntes parasitas de Foucault que circulam no material em um plano perpendicular às linhas de fluxo
o fluxo dessas correntes se opõe ao fluxo indutor, e essas perdas podem tomar valores consideráveis, e aumentar a temperatura dos materiais
para evitar essas perdas, basta laminar os circuitos magnéticos em formas de pequenas chapas de espessura pequena

Materiais e ligas ferromagnéticas* são considerados como Materiais ferromagnéticos macios e duros

Macios*

perdem pouca energia e são usados em núcleos de transformadores, tem alta permeabilidade inicial, baixa coercividade (capacidade que apresenta um material magnético de manter seus ímãs elementares presos numa determinada posição).
são imãs permanentes, tem alta remanência, coercividade e indução de saturação, tem altas perdas por histerese

A energia necessária para desmagnetizar um ímã é dada pelo PRODUTO DE ENERGIA $(BH)_{max}$ medido no segundo quadrante do anel de histerese.

Aplicações: geradores elétricos, motores elétricos, transformadores elétricos, rádios, televisões, telefones, computadores....

Indutores x Transformadores*

são equipamentos que dependem do magnetismo pra transmitir energia
indutores são considerados bobinas que produzem corrente pela interação com o campo magnético.

são aplicados em filtros, reguladores de tensão, casamento de impedância, limitadores de transientes e limitadores de corrente.

Os transformadores são dispositivos que convertem um nível de tensão em outro pela ação da variação do fluxo magnético.
tem inúmeras aplicações técnicas

Lei de Gauss* É a lei que estabelece a relação entre o fluxo do campo elétrico

através de uma superfície fechada com a carga elétrica que existe dentro do volume limitado por esta superfície

É uma das quatro equações de Maxwell, juntamente com a lei de Gauss do magnetismo, a lei da indução de Faraday e a lei de Ampère-Maxwell.

O fluxo de campo elétrico é considerado como uma medida do número de linhas de campo que atravessam a superfície

a lei de ampere determina a relação entre corrente elétrica e campo magnético

A força magneto motriz é o produto da corrente nas espiras pelo número de espiras que envolve o material magnético

Fluxo elétrico* é definido como um valor escalar (um número) que corresponde às linhas de campo elétrico que atravessam a superfície na mesma direção de dA .

Ou seja, o fluxo elétrico é uma medida do quão perpendicular o campo elétrico é em relação à essa superfície

Linhas do campo magnético* são sempre fechadas, nunca se cruzam, fora do ímã saem do norte e são orientadas para o sul e dentro do ímã é o contrário, saem e entram perpendicularmente a superfície do ímã e quanto maior a concentração das linhas, mais intenso é o campo.

a utilização de enrolamentos e núcleos tem o objetivo do estabelecimento de fluxos magnéticos como meio de acoplamento na transformação de energia elétrica em mecânica

A função do núcleo é "canalizar" as linhas de indução do campo magnético geradas pelos enrolamentos.

podemos resolver todos os problemas de circuito magnético sob condições estáticas e depois introduzir a variação no tempo

A corrente que circula pelo condutor multiplicado pelo número de espiras do enrolamento definem a força magneto motriz, que por sua vez é o produto da corrente nas espiras pelo número de espiras que envolve o material magnético.

Densidade de fluxo magnético* é o número de linhas de campo por unidade de área. unidade Tesla[T], 1 tesla = 1 weber m² de área

Fluxo magnético* é o conjunto de todas as linhas de campo que atingem perpendicularmente uma área.

Unidade é weber [Wb];

Um Weber corresponde a 1×10^8 linhas de campo.

A Lei de Faraday*

Cargas estáticas geram campos elétricos, enquanto cargas em movimento

(correntes), geram campos magnéticos

Existe uma segunda maneira de gerar (induzir) campos elétricos: variando o fluxo magnético

Faraday observou que correntes variáveis em um circuito geram uma corrente em um circuito próximo

Observa-se também que, mantendo o campo fixo, mas variando a área de um circuito em contato com o campo magnético, ou ainda a orientação do circuito relativa ao campo, uma corrente no circuito também é gerada.

estas observações indicam que a variação do fluxo magnético gera um campo elétrico associado a uma f.e.m. que, na presença de cargas, gera uma corrente induzida.

A lei de Faraday estabelece que a f.e.m. induzida em uma bobina por um campo magnético variável no tempo é proporcional ao número de espiras que enlaçam o fluxo, assim como a taxa de variação do fluxo em relação ao tempo*

A variação de fluxo magnético através de um circuito fechado induzirá uma força eletromotriz (f.e.m.) nesse circuito.

INDUTÂNCIA (L) é linear, e em um circuito, é a relação entre a corrente que circula na bobina e o fluxo produzido.

é a capacidade de uma bobina em criar um fluxo

magnético a partir de determinada corrente que a percorre, medida em "henry"

cujo símbolo é H

também pode ser caracterizada como aquela propriedade de um

elemento do circuito pela qual a energia pode ser armazenada num campo de fluxo magnético

Em resumo, a Lei de Faraday é uma das pedras angulares do eletromagnetismo e explica como a variação do fluxo magnético está relacionada à indução de uma força eletromotriz em um circuito elétrico. Essa lei tem inúmeras aplicações práticas e é essencial para entender o funcionamento de muitos dispositivos elétricos e eletrônicos modernos.

Campo magnetostáticos* são campos magnéticos na situação estática, ou seja, campos magnéticos criados por correntes que não dependem do tempo (corrente estacionárias)

As equações de Laplace auxiliam na determinação desse campo.

Pela lei de Biot-Savart tem-se a introdução do estudo de campos magnéticos.

A lei de Biot-Savart fornece uma expressão matemática para determinar o valor e o sentido do campo magnético produzido por cargas elétricas em movimento.

A equação de Laplace é uma equação diferencial parcial, relacionada à equação de

Poisson, que descreve o comportamento de um campo escalar em um espaço

tridimensional sem fontes externas (ou seja, sem distribuição de cargas ou massas). É uma

forma especial da equação de Poisson em que a densidade volumétrica de carga (ou massa) é igual a zero.

Ou seja, ela fornece uma expressão matemática para determinar o valor e o sentido do campo magnético produzido por cargas elétricas em movimento.

O sentido do campo magnético, de acordo com a lei de Biot-Savart, pode ser dado pela regra da mão direita.

Quando se estabelece uma corrente elétrica I em um condutor, passa a existir ao seu redor um campo magnético B .

Para calcular esse campo em um determinado ponto P , localizado a uma distância r do condutor, utilizamos a Lei de Biot-Savart.

A Lei de Biot-Savart foi posteriormente reformulada por Ampère. Ampère considerava que existe uma força de interação entre dois elementos de corrente.

Pode-se fazer análise do campo produzido por uma densidade de corrente uniforme (J).

No caso, o circuito ao invés de ter um fio com uma corrente circulando possui uma densidade de corrente, ou seja, corrente por unidade de área que flui em toda a porção do circuito

Tecnologias que usam campos estáticos estão a ser cada vez mais exploradas em determinados tipos de indústria, como em medicina, com ressonâncias magnéticas, em sistemas de transporte de corrente contínua (DC) ou campos magnéticos estáticos e centros de investigação de física de alta-energia*

força do campo estático aumenta -> o potencial de várias interações com o corpo humano também aumenta.

Na atmosfera, os campos eletrostáticos ocorrem naturalmente quando o tempo está bom e quando há nuvens de trovoadas.

A fricção também pode separar cargas positivas e negativas e assim gerar campos elétricos estáticos fortes.

A sua força é medida em Volt por metro (V/m) ou quilovolt por metro (kV/m)

no dia a dia podemos ser sujeitos a pequenas descargas com objetos ligados a terra ou sentir o cabelo a subir como resultado da fricção, como por exemplo, ao andar sobre uma carpete

O uso de eletricidade DC constitui outra fonte de campos elétricos estáticos, como os sistemas ferroviários, e televisões ou monitores com tubo de raios catódicos.

O campo geomagnético natural varia sobre a superfície terrestre entre 0,035 – 0,07 mili Tesla, e é sentido por certos animais que o usam como orientação

Os campos magnéticos estáticos produzidos pelo homem são gerados onde existam correntes DC, que podem ser mais de 1000 vezes superior do que o campo natural da terra.

tanto é que inovações recentes utilizaram campos magnéticos variáveis mais de 100.000 vezes superiores ao campo magnético terrestre

Estes são usados em investigação e aplicações médicas, como ressonâncias magnéticas que permitem a visualização do cérebro e outros tecidos moles através de imagens tridimensionais

Em sistemas clínicos de rotina, os pacientes e os funcionários que operam as máquinas podem estar expostos a campos magnéticos fortes que variam entre 0,2 e 3 Tesla. Em aplicações de investigação médica, o corpo do paciente é exposto a campos ainda mais elevados, até cerca de 10 Tesla

No que diz respeito a campos elétricos estáticos, os avanços são poucos, e pesquisas relacionadas à interação humana com esses campos, sugerem efeitos agudos associados ao movimento dos pêlos do corpo ou desconforto devido a pequenas descargas.

Problemas causados pela exposição humana campos magnéticos estático*

Só é possível ocorrerem efeitos agudos quando existe movimento no campo, como o movimento de uma pessoa ou o movimento interno do próprio campo, como a circulação sanguínea ou os batimentos cardíacos.

Uma pessoa em movimento em um campo superior a 2 tesla pode ter vertigens ou náuseas, e às vezes sentir um gosto metálico na boca e percepção de flashes de luz.

Embora sejam apenas temporários, estes efeitos podem ter um impacto de segurança para trabalhadores que executem procedimentos delicados (como cirurgias que estejam a trabalhar em unidades de ressonância magnética)

Os campos magnéticos estáticos exercem forças em cargas que estão em movimento no sangue, que geram campos elétricos e correntes em torno do coração e dos vasos sanguíneos mais importantes e que podem impedir ligeiramente o fluxo de sangue.

os efeitos variam entre alterações ligeiras na pulsação até arritmia (aumento da frequência cardíaca sem razão), que colocam em risco a vida (como fibrilação ventricular) Porém, esses efeitos só podem ocorrer em campos superiores a 8 tesla.

Prevenções quanto à exposição do campo magnético*

Enquanto se podem obter grandes benefícios decorrentes do uso de campos magnéticos estáticos, particularmente em medicina, os possíveis efeitos adversos para a saúde resultantes da exposição a

estes campos devem ser bem avaliados para que se possa estimar quais são os verdadeiros riscos e benefícios.

A OMS recomenda que as autoridades nacionais patrocinem programas de proteção aos possíveis efeitos da exposição ao campo estático ao público geral e aos trabalhadores.

No caso de campos eléctricos estáticos, uma vez que o principal efeito é o desconforto devido às descargas eléctricas no corpo, é suficiente providenciar informação sobre a exposição a campos eléctricos elevados e como a evitar.

No caso dos campos magnéticos estáticos, uma vez que haja falta de informação quanto aos efeitos de exposição, medidas de precaução são justificadas de forma a limitar a exposição dos trabalhadores e do público em geral.

A OMS recomenda que as autoridades nacionais tomem as seguintes medidas:*

Adoptar normas internacionais com bases científicas de limitação da exposição humana.

Tomar medidas protetoras para o uso industrial ou científico de campos magnéticos mantendo uma distância dos campos que limite significativamente os riscos

Considerar o licenciamento de unidades de ressonância magnética cujos campos excedam os 2 Tesla, de modo a assegurar que são implementadas medidas de proteção

Financiar a investigação para que sejam preenchidas as grandes lacunas no conhecimento no que diz respeito à segurança das pessoas.

Financiar unidades de ressonância magnética e bases de dados recolhendo informações acerca da saúde dos trabalhadores e pacientes

Tipos de magnetos*

O campo magnético estático é produzido por magnetos que podem ter diferentes formas, tamanhos e princípios de funcionamento que dependerá da aplicação a qual o equipamento destina-se.

Magneto permanente*

Tem um custo baixo e boa estabilidade temporal(necessita de controle térmico)

porém a estabilidade depende da temperatura do material, A intensidade do campo é limitada a < 2 Tesla em pequenos magnetos e < 0.7 Tesla em grandes magnetos, e o preço tem aumentado muito nos últimos anos.

é bastante utilizado em aparelhos de ressonância na medicina

Eletromagneto*

tem baixo custo de construção e pode ter o campo variável com núcleo de ar ou ferro.

porém, tem um grande consumo de energia que limita a intensidade do campo a valores relativamente baixos, menos de 2 tesla para magnetos pequenos com núcleo de ferro e menos de 0.1 tesla para magnetos grandes com núcleos de ar, e a Estabilidade do campo é limitada a curtos períodos para experimentos com RMN.

É bastante utilizado em equipamentos de imagem em laboratórios.

Supercondutores*

Tem grande estabilidade de campo, podendo ser usado em campos bem altos como campos acima de 23 tesla - 1 GHz ¹H nos sistemas analíticos ou 8 tesla em imagens.

porém tem alto custo de construção e manutenção, e o uso de criogênicos aumenta o custo e exige pessoal especializado para manutenção

também é bastante utilizado em equipamentos de imagem de laboratório

A **qualidade dessa energia*** está relacionada com fenômenos eletromagnéticos que envolvem a tensão e corrente em um determinado tempo e local do sistema

Como o próprio nome indica, o distúrbio de energia elétrica acarreta resultados indesejáveis para as cargas que estão conectadas no sistema

a maioria dos problemas nos sistemas elétricos é por causa da distorção de correntes/tensões pelo consumidor final
a explicação disso é que tendemos a utilizar cada vez mais eletrônicos alimentados pela rede

A maioria desses equipamentos possuem uma alimentação monofásica/trifásica, incluindo um circuito retificador na entrada e um conversor de comutação CC-CC/CC-CA

Um dos retificadores de baixa potência mais utilizados é o monofásico de onda completa com filtro capacitivo, que possui uma corrente de entrada extremamente distorcida.

com isso, o componente harmônico da corrente distorce a tensão na rede devido a queda da tensão nas impedâncias do sistema que o alimenta

Os principais distúrbios que podem ser encontrados são:*

transitórios(impulsivo/oscilatório)
variações de tensão de curta duração(instantâneas momentâneas, temporárias)

variações de tensão de longa duração(interrupções, subtensões. sobretensões sustentadas)

Desequilíbrios de tensão (causados por má distribuição de cargas monofásicas)

Distorções da forma de onda (nível CC, harmônicas, Inter harmônicas, “notching” e ruídos)

Oscilações de tensão, variações sistemáticas dos valores eficazes da tensão de suprimento (entre 0,95 e 1,05 pu), e que podem ser aleatórias, repetitivas ou esporádicas;

Variações da frequência do sistema, desvios no valor fundamental (50 ou 60 Hz).

Desequilíbrio nos sistemas trifásicos

Alguns exemplos que podem estar relacionados aos distúrbios citados acima*

fenômenos naturais(relâmpagos), linhas de energia derrubadas, alta demanda de rede, acidentes, apagões e catástrofes naturais... e os relâmpagos podem ocasionar picos de tensões ou surtos de energia, o que eleva as tensões de linha a níveis muito altos.

No caso de partida de grandes cargas, mudança de rede, falha de equipamentos na rede, descargas elétricas e energia insuficiente para a demanda, o problema é a baixa tensão em curto prazo e pode causar acidentes.

Já para o caso de cargas excessivas existe o problema da subtensão (exemplo: no verão o uso de ar condicionado). Isso pode gerar picos no consumo de energia

No caso de transmissores, aparelhos de solda, impressoras SCR e relâmpagos existe o problema de gerar formas de onda de alta frequência causada por interferência eletromagnética trazendo ruídos na linha de transmissão

Já para as fontes de energia comutada, motores de velocidade variável e drives, copiadoras e aparelhos de fax que são cargas não lineares, a questão é que geram distorções harmônicas.

Esses tipos de cargas causam erros de comunicação, superaquecimento e danos ao hardware.

a preocupação com a QEE, é consequência da reformulação que o setor elétrico vem sofrendo pra trazer um mercado consumidor com a energia elétrica sendo o produto a ser consumido e isso faz com que o consumidor deseje ter uma energia de qualidade e com um custo rentável

Com isso as concessionárias de energia são forçadas pelo mercado de energia e pela ANEEL(Agência Nacional de Energia Elétrica) a informar as condições de operação, e os eventos ocorridos que afetaram os consumidores.

Esta é uma análise qualitativa de energia elétrica, onde se faz um monitoramento e análise da qualidade de energia.

O que define a qualidade da energia:*

Deve-se analisar os distúrbios que ocorrem na rede elétrica e tratar dos problemas que afetam os consumidores diretos e indiretos.

problemas esses que passam desde distúrbios visuais pela variação da iluminação até interferência em equipamentos sensíveis.

Deve ser levado em consideração os seguintes fatores para análise e controle da qualidade de energia*

o sobreaquecimento das máquinas elétricas devido às harmônicas do sistema
as vibrações nos motores devido a desequilíbrios
as variações luminosas devido a flutuações de tensão
As oscilações de potência sustentadas entre as cargas e a rede
durante a operação de cargas não lineares e variáveis
as interrupções momentâneas de tensão

Como os distúrbios podem ser registrados ou mensurados?*

Podem ser mensurados por voltímetros/amperímetros de precisão, que podem medir magnitudes e polaridades de tensões/correntes.

problemas de distúrbios podem causar a diminuição da vida útil de motores, transformadores, capacitores e equipamentos eletrônicos em geral

Avanços para a qualidade de energia elétrica*

o setor elétrico é regulado pelo governo federal

Até meados dos anos 50 o setor tinha forte participação do setor privado que por falta de investimentos na área energética provocou acentuada redução da qualidade do serviço elétrico no país.
Foram adotadas diversas medidas e criados vários órgãos culminando em uma elevada participação do Estado no setor até os anos 90.
E, durante os anos 90, foram realizadas a venda de partes do setor a níveis federal e estadual.

com isso nas mãos do estado, iniciou-se a privatização da geração e distribuição

A ideia era conseguir recursos para pagar dívidas e investimentos, já que na década de 80 o país teve um desempenho econômico fraco.

existiam mudanças tecnológicas que poderiam tornar possíveis as mudanças na gestão do setor elétrico, sendo elas:

globalização

crise energética mundial
perspectivas de desenvolvimento sustentado
geração distribuída de pequena potência
avanços tecnológicos

e assim, desde 2004 o governo criou um novo modelo institucional e regulatório para o setor, e esse novo modelo definiu:

a criação de uma entidade responsável por estudos
relacionados ao planejamento energético
o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

além disso tem a ANEEL que protege o equilíbrio econômico e financeiro dos agentes.
protegendo o interesse dos consumidores em relação aos custos da energia
e tem o Operador Nacional do Sistema Elétrico(ONS) que coordena e controla a operação
das instalações de geração e de transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN)

Inovações na Engenharia Elétrica:*

como inovações temos:

geração de energia
automotivo

energia solar* uma das formas de se obter energia limpa é por meio da energia solar, que não é tecnologia nova, mas que ainda não é do alcance da maioria dos brasileiros mesmo sendo bastante referida, levar essa energia de forma econômica para as pessoas é um desafio e tanto

Energia eólica* é possível por meio de aerogeradores, equipamentos que usam as ondas do vento e geram outras formas de energia, como a elétrica
a produção eólica do brasil superou a energia gerada por todas as outras usinas, considerando também a importação de eletricidade

grande parte da eólica tá no nordeste, mas a proposta vem se espalhando por todo o brasil

Veículos elétricos* tem se tornado uma ideia popular, já que diminuiria a pegada de carbono na atmosfera
porém veículos elétricos aumenta a demanda por novas fontes de energia
estima se que os veículos elétricos vão ser responsáveis por uma parte da demanda por eletricidade

Expansão das baterias de íon de lítio* já que com o aumento de veículos elétricos, as empresas visam investir na aquisição de baterias de lítio
o ritmo da tecnologia tá tão intenso que o fornecimento da matéria prima não conseguiu acompanhar
e estima se que o mercado de baterias de lítio terá altos investimentos até 2040

Telecomunicações* a necessidade de interconexão dos aparelhos e a chegada do 5G prometem expandir a demanda de desenvolvimento de hardware de computadores e dispositivos mais potentes e complexos e de sistemas de controle e supervisão eletrônicos

Micro e nanoeletrônica* a demanda por aparelhos eletrônicos com baterias que duram mais e consumam menos energia também vem crescendo
a evolução tecnológica em breve permitirá ter menores consumos de energia a ponto de não ser mais necessário carregar na tomada
A evolução promete aparelhos que possam ser alimentados pelo ambiente que estão, sem precisar estar conectados a tomadas.

Interação com a Bioengenharia* investimentos em pesquisas para implantes eletrônicos em humanos, biochips, que facilitem a conexão entre pessoas e eletrônicos por aproximação sem a necessidade de qualquer tipo de biometria ou reconhecimento facial

Essas transformações têm gerado impacto na formação de novos profissionais na área. é fundamental que o engenheiro eletricista/engenheiro esteja atento e tenha conhecimento pleno as tendências de profissões e aos temas de relevância para a sociedade

Desafios*

a inserção de geração distribuída, veículos elétricos, baterias e equipamentos dotados de conexão digital alteraram o perfil da geração e do consumo de energia elétrica

a liberdade de escolha do consumidor e possibilidade de venda de excedentes de eletricidade por prosumidores (consumidores que também produzem eletricidade) e o armazenamento compartilhado em baterias viabiliza o aumento da concorrência e de inovação

tais transformações exigirão mudanças no setor elétrico, como:

a capacidade de gerar energia de forma flexível, sob demanda
as redes de transmissão e distribuição terão de ser modernizadas para lidar com a variação e fluxos elétricos bidirecionais

as distribuidoras poderão assumir um papel cada vez mais importante na coordenação da operação local e como DSOs("Distribution System Operators")

as distribuidoras, os comercializadores e os fornecedores poderão oferecer novos produtos e serviços.