



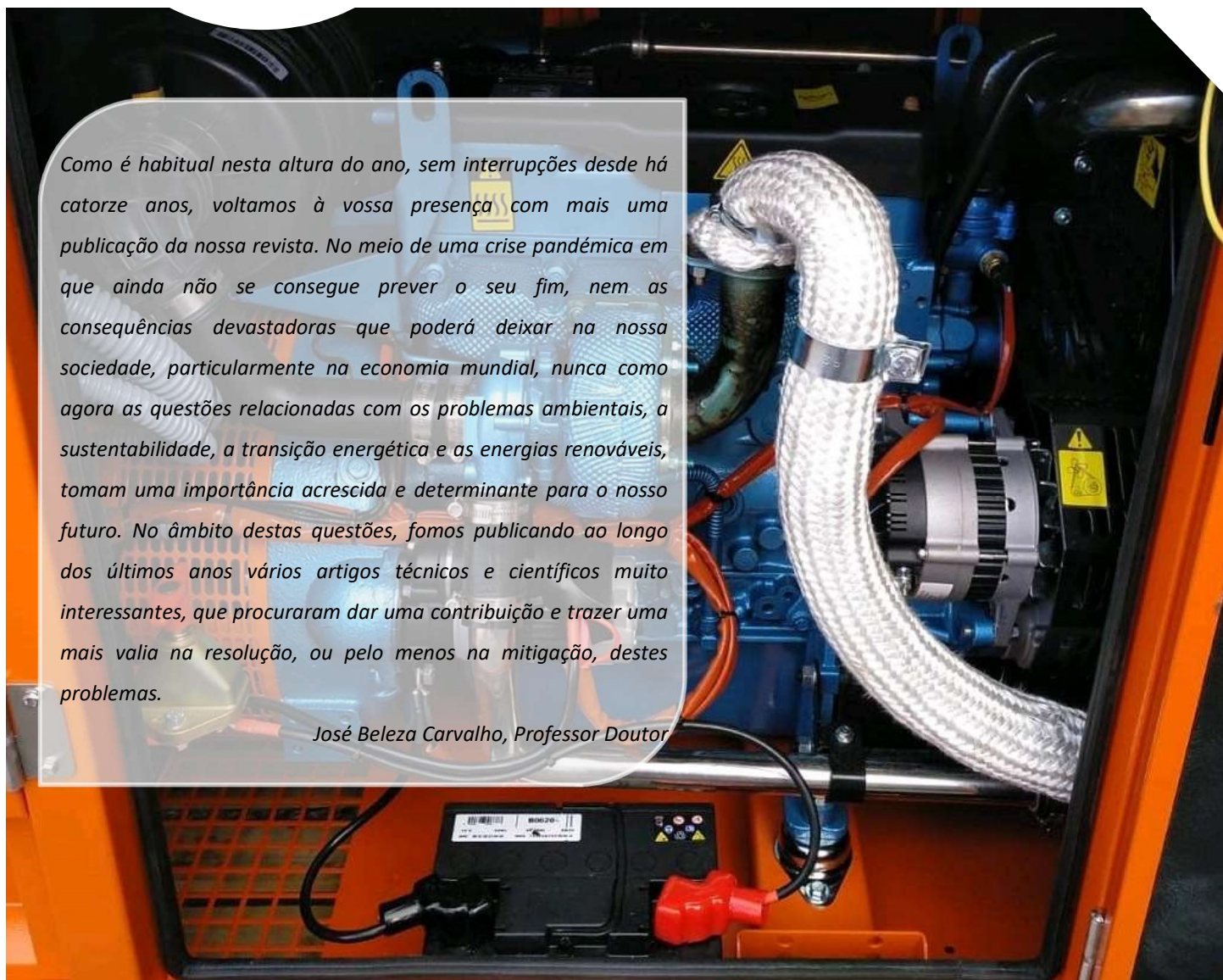
NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica

<http://www.neutroaterra.blogspot.com>

Como é habitual nesta altura do ano, sem interrupções desde há catorze anos, voltamos à vossa presença com mais uma publicação da nossa revista. No meio de uma crise pandémica em que ainda não se consegue prever o seu fim, nem as consequências devastadoras que poderá deixar na nossa sociedade, particularmente na economia mundial, nunca como agora as questões relacionadas com os problemas ambientais, a sustentabilidade, a transição energética e as energias renováveis, tomam uma importância acrescida e determinante para o nosso futuro. No âmbito destas questões, fomos publicando ao longo dos últimos anos vários artigos técnicos e científicos muito interessantes, que procuraram dar uma contribuição e trazer uma mais valia na resolução, ou pelo menos na mitigação, destes problemas.

José Beleza Carvalho, Professor Doutor



Máquinas e Veículos Elétricos



Produção, Transporte e Distribuição Energia



Instalações Elétricas



Telecomunicações



Segurança



Gestão de Energia e Eficiência Energética



Automação, Gestão Técnica e Domótica

ÍNDICE

- Editorial	3
- Esquemas de Ligação à Terra e Proteção das Pessoas em Instalações Elétricas de Baixa Tensão José António Beleza Carvalho	5
- <i>Core Loss Estimation Under Sinusoidal and Non-Sinusoidal Flux Densities Waveforms: Overview and Challenges</i> Pedro Miguel Azevedo De Sousa Melo	15
- De olhos postos no futuro: do <i>Mild Hybrid</i> ao <i>Fuel Cell</i> Rui Jorge dos Santos Araújo e Conceição Baltazar	23
- Baterias: a “alma” dos veículos elétricos não para de somar vantagens Ricardo Manuel Oliveira Soares	25
- Abordagem na Remodelação e Aumento de Capacidade de Linhas Aéreas de Muito Alta Tensão Nuno Miguel de Deus Anselmo Silva	27
- Estudo de alteração de um sistema de climatização de uma unidade hospitalar: avaliação económica Paulo Sérgio Fernandes Barros	33
- Emissões de CO ₂ e Produção de Resíduos Radioativos pelas Fontes Energéticas em Portugal Ana Catarina Aguiar Leitão Barbosa, Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira	39
- Graus de Proteção Assegurados pelos Invólucros António Augusto Araújo Gomes, Sérgio Filipe Carvalho Ramos	45
- Autores	48

FICHA TÉCNICA

DIRETOR:	José António Beleza Carvalho, Doutor
SUBDIRETORES:	António Augusto Araújo Gomes, Eng. Roque Filipe Mesquita Brandão, Doutor Sérgio Filipe Carvalho Ramos, Doutor
PROPRIEDADE:	Área de Máquinas e Instalações Elétricas Departamento de Engenharia Electrotécnica Instituto Superior de Engenharia do Porto
CONTATOS:	jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt

Estimados leitores

Como é habitual nesta altura do ano, sem interrupções desde há catorze anos, voltamos à vossa presença com mais uma publicação da nossa revista. No meio de uma crise pandémica em que ainda não se consegue prever o seu fim, nem as consequências devastadoras que poderá deixar na nossa sociedade, particularmente na economia mundial, nunca como agora as questões relacionadas com os problemas ambientais, a sustentabilidade, a transição energética e as energias renováveis, tomam uma importância acrescida e determinante para o nosso futuro. No âmbito destas questões, fomos publicando ao longo dos últimos anos vários artigos técnicos e científicos muito interessantes, que procuraram dar uma contribuição e trazer uma mais valia na resolução, ou pelo menos na mitigação, destes problemas.

Nesta edição da revista merece particular destaque um artigo científico, que é publicado em Inglês, sobre a estimação das perdas no ferro para formas de onda sinusoidal e não sinusoidal da indução magnética. Este é atualmente um assunto fundamental na conceção e no modo de funcionamento das máquinas elétricas, sendo um contributo determinante na conceção de máquinas elétricas especiais mais eficientes. O artigo faz uma análise científica detalhada sobre este assunto.

Os assuntos relacionados com a mobilidade e os veículos elétricos estão na ordem do dia. Atualmente, existem opções desenvolvidas com o objetivo de potenciar a eficiência energética dos veículos, procurando simultaneamente reduzir as emissões dos gases nocivos para os seres humanos e dos gases que contribuem para o agravamento do efeito de estufa. Existem, atualmente, várias soluções e tecnologias, desde soluções totalmente elétricas, a combinações de motores elétricos e a combustão; de carregamento em movimento, a carregamentos ligados à rede elétrica. Todas as soluções contribuem para o objetivo de reduzir as emissões de gases nocivos. Nesta edição da revista, publicam-se alguns artigos sobre o assunto, que efetuam uma análise comparativa das características e das várias soluções técnicas que existem atualmente disponíveis no mercado.

Outro assunto muito importante, também relacionado com a problemática da sustentabilidade ambiental, tem a ver com a remodelação e aumento da capacidade de transmissão das linhas de alta e muito alta tensão. Nesta edição, publica-se um interessante artigo sobre o aumento da capacidade de transporte de energia pelas infraestruturas existentes atualmente, contruídas nos anos 70. Estas instalações foram projetadas para um ciclo de vida económica e de engenharia de 50 anos. Agora requerem uma extensão do seu funcionamento, para conseguirem assegurar a devida qualidade do serviço. Atendendo a diversos constrangimentos para a construção de novas linhas aéreas, coloca-se a necessidade de otimização das instalações existentes torna-se uma prioridade antes de ponderar a construção de novas linhas aéreas. O artigo que é agora publicado procura definir uma metodologia na remodelação e aumento de capacidade das atuais Linhas Aéreas de Muita Alta Tensão.

Nesta edição publica-se um importante artigo técnico sobre as emissões de CO₂ e a produção de resíduos radioativos pelas fontes energéticas em Portugal. No artigo são apresentados os resultados do cálculo das emissões específicas e totais de dióxido de carbono, e da produção específica dos resíduos radioativos de alta atividade, para diferentes comercializadores de energia em Portugal Continental e Regiões Autónomas. Os resultados são obtidos através dum simulador de cálculo de emissões, desenvolvido para o estudo que é apresentado. A metodologia adotada no estudo está em conformidade com a legislação em vigor, a Diretiva nº16/2018.

Nesta edição da revista “Neutro à Terra” pode-se ainda encontrar outros assuntos reconhecidamente importantes e atuais, como um artigo sobre os esquemas de ligação à terra e a proteção das pessoas contra contactos indiretos em instalações elétricas de baixa tensão, outro artigo sobre as instalações de climatização de uma unidade hospitalar, e outro sobre os graus de proteção assegurados pelos invólucros dos equipamentos utilizados nas instalações elétricas.

Fazendo votos que esta edição da revista “Neutro à Terra” satisfaça novamente as habituais expectativas dos nossos estimados leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos.

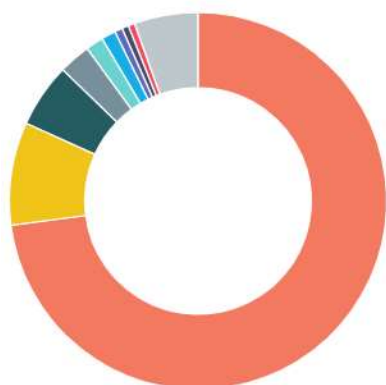
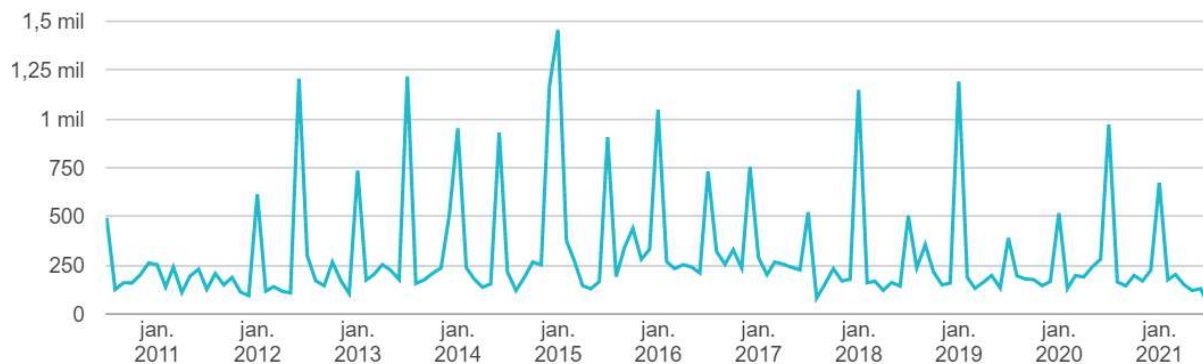
Porto, 30 de junho de 2021
José António Beleza Carvalho

Blog:

www.neutroaterra.blogspot.com

Histórico de visualizações

40 780



Portugal	29,5 mil
Estados Unidos	3,57 mil
Brasil	2,23 mil
Alemanha	1,11 mil
Rússia	613
França	497
Angola	270
Reino Unido	230
Ucrânia	226
Outros	2,22 mil

ESQUEMAS DE LIGAÇÃO À TERRA E PROTEÇÃO DAS PESSOAS EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Resumo

Em todas as Instalações Elétricas se coloca a necessidade e a obrigatoriedade de implementação de sistemas de proteção eficazes, tendo como objetivo a sua exploração em condições de segurança. Nas Instalações Elétricas de Baixa Tensão (IEBT), as medidas de proteção que se devem considerar são, fundamentalmente, as que se referem à proteção das pessoas contra contactos (diretos e indiretos), a proteção contra sobretensões e, sempre que seja necessário, a proteção contra sobretensões.

Os Esquemas de Ligação à Terra (ELT) estão diretamente associados às metodologias adotadas nas IEBT no âmbito da proteção das pessoas contra contactos indiretos. Estas metodologias também são por vezes denominadas como Regimes de Neutro, pois estão associadas à forma como o Neutro é utilizado na realização do sistema de proteção. No entanto, esta definição é muito redutora, pois existem muitas instalações em que o condutor neutro não é distribuído, e nem por isso deixa de ser obrigatório a existência de um sistema eficaz de proteção das pessoas contra contactos indiretos.

1. CONCEITOS GERAIS

A regra fundamental de proteção contra choques elétricos é fornecida pelo documento IEC 61140, que abrange as instalações e os equipamentos elétricos. Peças-livres-perigosas (elementos condutores ativos) não devem ser acessíveis e as partes condutoras acessíveis devem não ser perigosas (massas condutoras).

Este requisito deve-se aplicar em condições normais e condições de defeito simples. As medidas de proteção das pessoas contra contactos diretos assentam fundamentalmente em medidas passivas, como isolamento



Figura 1: Dispositivo de proteção sensível à corrente diferencial residual

das partes ativas dos equipamentos da instalação, utilização de barreiras ou invólucros, colocação de obstáculos entre as pessoas e as partes ativas da instalação. Adoção deste tipo de medidas esta detalhada na norma IEC 60364-4-41.

Existem outras medidas particulares, como alimentação de circuitos a tensão reduzida de segurança, em que o perigo de eletrocussão nunca excederá o estipulado para a tensão limite de segurança adotada para as condições do local da instalação. De acordo com a norma IEC 60479 a máxima tensão de contacto aceitável, pelo menos durante 5s, é definida como Tensão Limite Convencional (UL), e toma o valor de 50 V em locais sem riscos especiais, e 25 V nos restantes locais. Em locais especiais, com elevado risco de eletrocussão, também podem ser adotadas medidas ativas adicionais na proteção de pessoas contra contactos diretos. Estas medidas baseiam-se no corte da alimentação da energia elétrica através da utilização de dispositivos sensíveis à corrente diferencial residual de elevada sensibilidade, de 30 mA ou até valores inferiores.

De acordo com a norma IEC 60364-4-41, dispositivos de alta sensibilidade (30 mA) devem ser utilizados para proteção de sistemas alimentados por tomadas com corrente nominal inferior a 20 A.

Duas medidas de proteção contra contactos diretos são sempre necessárias, desde que a primeira medida não seja infalível: adoção de medidas passivas e corte automático da alimentação por dispositivos de elevada sensibilidade à corrente diferencial residual.

O tratamento da proteção de pessoas contra contactos diretos é completamente independente do ELT adotado na instalação para proteção das pessoas contra contatos indiretos. Neste âmbito, existem dois níveis de proteção:

- 1º nível: colocação à terra de todas as massas condutoras dos equipamentos elétricos, constituindo um circuito equipotencial;
- 2º nível: corte automático da alimentação elétrica na secção da instalação em defeito. O tempo de atuação do dispositivo de corte obedece a requisitos específicos de acordo com a amplitude da tensão de defeito.

A proteção de pessoas contra contactos indiretos pode ser conseguida pelo corte automático da alimentação elétrica, desde que todas as massas condutoras estejam devidamente colocadas ao potencial da terra. A forma de isto se realizar define o ELT adotado na instalação. Assim, os ELT caracterizam:

- O modo de ligação à terra de um dos pontos da alimentação, em geral o neutro;
- O meio de colocação à terra das massas dos equipamentos de utilização.

Os ELT adotados nas IEBT são o esquema TT, o esquema TN e o esquema IT. O significado das diferentes letras, de acordo com a norma IEC 60364-3-1 é a seguinte:

- Primeira letra - Situação da alimentação em relação à terra:
 - T – ligação direta de um ponto à terra;
 - I – isolamento de todas as partes ativas em relação à terra, ou ligação de um ponto à terra por meio de uma impedância.

- Segunda letra – Situação das massas da instalação em relação à terra:

T – massas ligadas diretamente à terra, independentemente da eventual ligação à terra de um ponto da alimentação:

N – ligação elétrica das massas ao ponto de alimentação ligado à terra (em corrente alternada, o ponto ligado à terra é, em regra, o ponto neutro ou, se este não for acessível, um condutor de fase).

- Disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:

S – função de neutro e de proteção garantidas por condutores distintos (condutor N e condutor PE); é o caso do esquema TN-S:

C – função de neutro e de proteção combinadas num único condutor (condutor PEN); é o caso do esquema TN-C.

A escolha do ELT condiciona a adoção das medidas de proteção de pessoas contra os contactos indiretos. Em critérios de segurança das pessoas, os três ELT são equivalentes se todas as regras forem respeitadas. São imperativos de continuidade de serviço e de condições de exploração da instalação que determinam a ou as escolhas dos ELT, por vezes também denominados regimes de neutro. Um defeito de isolamento num equipamento origina a circulação de uma corrente, que deve ser interrompida num tempo compatível com a segurança das pessoas. A medida de proteção baseia-se no corte automático da alimentação e na associação das seguintes condições:

- A realização ou a existência de um circuito designado por malha de defeito, que permita a circulação da corrente de defeito, dependendo a constituição desta malha do ELT (TT, TN ou IT) adotado na instalação;
- O corte da corrente de defeito seja efetuado por um dispositivo de proteção apropriado, num tempo que depende de parâmetros como a tensão de contacto e a classificação do local quanto às influências externas, associados ao conhecimento dos efeitos da corrente elétrica no corpo humano.

A norma IEC 60364-4-41 especifica os tempos máximos de atuação dos dispositivos de proteção contra contactos indiretos. No que respeita à segurança, todos os ELT são equivalentes, desde que as regras inerentes a cada um não sejam descuradas. No entanto existem situações especiais:

- O caso dos blocos operatórios dos hospitais, onde é impensável um corte ao primeiro defeito. Neste caso o único esquema possível é o IT.
- Os centros de informática, em que as correntes de fuga são elevadas, o esquema recomendado é o TN.
- Instalações cujo comprimento das canalizações é desconhecido e locais com risco de explosão, o esquema TT será o mais adequado.

2. ESQUEMA DE LIGAÇÃO À TERRA: TT

Neste esquema de ligação à terra, todas as massas dos equipamentos elétricos protegidos por um mesmo dispositivo de proteção devem ser interligadas por meio de condutores de proteção e ligadas ao mesmo eletrodo de terra. Ao mesmo tempo, deve ser ligado à terra o ponto neutro da alimentação, ou se este não existir, uma fase. Este esquema encontra-se representado na figura 2.

Atualmente, as instalações elétricas alimentadas diretamente por uma rede de distribuição (pública) de energia elétrica em Baixa Tensão (BT), são, por enquanto, apenas realizadas segundo o esquema TT.

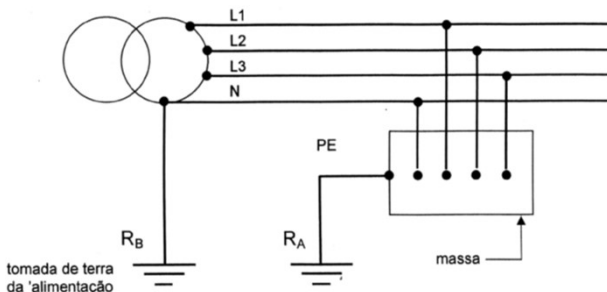


Figura 2: Esquema de Ligação à Terra TT

Neste esquema, os defeitos entre fase e massa originam a circulação de uma corrente de defeito na malha, que se fecha pela terra.

A impedância desta malha de defeito, constituída essencialmente pelas resistências dos eletrodos de terra das massas e da alimentação (neutro), limita o valor da corrente de defeito, o que torna, na prática, impossível garantir a proteção de pessoas contra os contactos indiretos com os tradicionais dispositivos de proteção contra sobrecorrentes (disjuntores e fusíveis).

A figura 3 ilustra como é constituída a malha percorrida pela corrente de defeito quando se verifica um defeito entre uma fase e a massa de um aparelho alimentado por uma rede trifásica. Em regra, a soma das resistências dos eletrodos de terra das massas e da alimentação (RA+RB) é muito superior à impedância dos outros elementos da malha, pelo que a impedância total da malha é, praticamente, igual a (RA+RB).

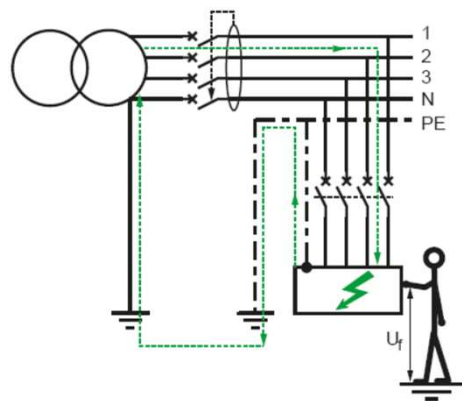


Figura 3: Malha de defeito no esquema TT (cortesia schneider electric)

A tensão de contacto presumida para o defeito será:

$$U_C = \frac{R_A}{R_A + R_B} \times U_0$$

Neste esquema TT, devem ser utilizados os seguintes dispositivos de proteção no corte automático da alimentação:

- Dispositivos diferenciais (preferencialmente);
- Dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, apenas quando as resistências dos eletrodos de terra tiverem valores muito baixos (solução que na prática tem pouca aplicabilidade).

De acordo com a normalização internacional, os dispositivos diferenciais (dispositivos sensíveis à corrente diferencial residual de defeito), encontram-se agrupados por “sensibilidades”, associadas ao valor da sua corrente diferencial estipulada ($I_{\Delta n}$).

A sensibilidade do dispositivo diferencial deve satisfazer a seguinte condição:

$$I_{\Delta n} \leq \frac{U_L}{R_A}$$

onde o valor a considerar para a tensão limite convencional (U_L) depende da classificação dos locais quanto às influências externas.

O valor da sensibilidade do dispositivo diferencial é indiferente do valor da resistência do elétrodo de terra da alimentação (R_B), dependendo, apenas do tipo de local (U_L) e da resistência do elétrodo de terra das massas (R_A).

Da expressão anterior e, caso não existam outros condicionalismos, também se pode obter o valor máximo admissível para a resistência do elétrodo de terra das massas (R_A) em função do valor mais elevado da corrente diferencial estipulada ($I_{\Delta n}$), adotada nos dispositivos diferenciais dos diferentes circuitos da instalação elétrica. Assim, existem tabelas onde são indicados os valores máximos da resistência do elétrodo de terra das massas, para que a tensão de contacto (U_c) não ultrapasse a tensão limite convencional em instalações de corrente alternada ($U_L=25$ V ou $U_L=50$ V, consoante a classificação do local quanto às “influências externas”), em função do maior valor da corrente diferencial estipulada ($I_{\Delta n}$) a utilizar no dispositivo diferencial.

Para que a tensão de contacto não tome valores perigosos para as pessoas (tem que ser inferior à tensão limite convencional especificada para o local), o tempo de atuação do dispositivo de proteção tem que ser muito rápido e deve obedecer à normalização em vigor, de forma a evitar efeitos fisiopatológicos da corrente elétrica no ser humano.

O procedimento de cálculo do dispositivo diferencial deve assentar no seguinte:

$$U_C \leq U_L \quad I_{\Delta n} \leq I_d \quad I_{\Delta n} \leq \frac{U_L}{R_A}$$

A norma IEC 60364-4-41 especifica o tempo máximo de atuação dos dispositivos de proteção contra contactos indirectos no esquema TT. Circuitos finais cuja corrente nominal não excede 32 A, o tempo de atuação não deve exceder 0,2 s. Em todos os outros circuitos, o tempo de atuação não deve exceder 1s, devendo-se garantir a seletividade entre dispositivos diferenciais no mesmo circuito de distribuição.

De acordo com a norma IEC 60364-4-41, dispositivos de alta sensibilidade (30 mA) devem ser utilizados para proteção de sistemas alimentados por tomadas com corrente nominal inferior a 20 A.

A utilização de dispositivos de elevada sensibilidade também é recomendada nos seguintes casos:

- Locais húmidos;
- Instalações elétricas temporárias alimentadas por tomadas;
- Lavandarias e piscinas;
- Caravanas, barcos de recreio;
- Instalações ambulantes, feiras.

3. ESQUEMA DE LIGAÇÃO À TERRA: TN

Este ELT caracteriza-se por todas as massas da instalação de utilização serem ligadas ao ponto da alimentação ligado à terra, próximo do transformador ou do gerador de alimentação da instalação, por meio de condutores de proteção.

O ponto da alimentação ligado à terra é, em regra, o ponto neutro. Caso não exista neutro, deve ser ligado à terra um condutor de fase, não podendo, em caso algum, este condutor ser utilizado como condutor PEN.

Nas instalações alimentadas diretamente por uma rede de distribuição (pública) em BT não é, por enquanto, possível a utilização do esquema TN nas instalações de utilização de energia elétrica em baixa tensão.

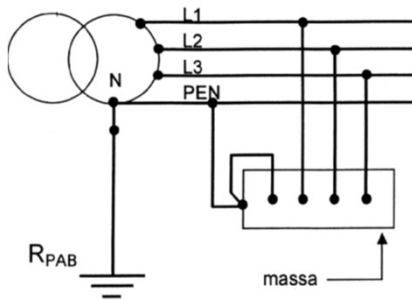


Figura 4: Esquema de Ligação à Terra TN-C

As medidas de proteção das pessoas contra contatos indiretos neste ELT podem ser realizadas dos seguintes modos:

- TN-C: as funções do condutor neutro (condutor N) e do condutor de proteção (condutor PE) estão combinadas num único condutor (condutor PEN) na totalidade do esquema;
- TN-S: as funções do condutor neutro (condutor N) e do condutor de proteção (condutor PE) são distintas na totalidade do esquema;
- TN-C-S: as funções do condutor neutro (condutor N) e do condutor de proteção (condutor PE) estão combinadas num único condutor (condutor PEN) numa parte da instalação e são distintas na restante instalação (condutor N e condutor PE).

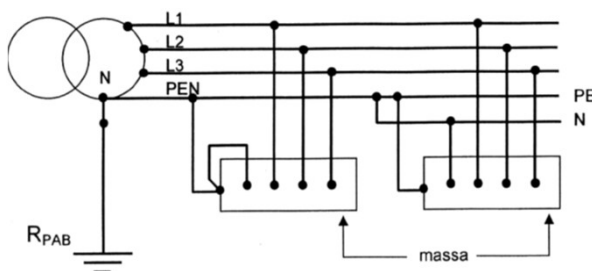


Figura 5: Esquema de Ligação à Terra TN-C-S

Nas instalações fixas, pode-se utilizar um só condutor com as funções de condutor de proteção e de condutor neutro (designado por condutor PEN) desde que o condutor de proteção tenha uma secção não inferior a 10 mm² se de cobre, ou a 16 mm² se de alumínio, e a parte da instalação comum (esquema TN-C) não esteja localizada a jusante de um dispositivo diferencial.

Os esquemas TN-C e TN-S podem ser utilizados numa mesma instalação desde que o esquema TN-C esteja a montante do esquema TN-S (caso em que constituem o esquema TN-C-S). Na prática, este é o esquema de ligações à terra mais utilizado nas instalações onde for adotado o sistema TN dado que, em regra nestas instalações, os circuitos de distribuição (alimentação a quadros elétricos) têm condutores de secção não inferior a 10 mm², apresentando obviamente os circuitos finais secção inferior. A ligação das massas ao condutor neutro depende do esquema utilizado.

No esquema TN-C a ligação das massas ao condutor PEN deve ser feita em pontos facilmente acessíveis, os quais devem permitir fazer as medições de isolamento (nos termos da legislação em vigor). Por forma a evitar qualquer risco de interrupção do condutor PEN, este condutor deve ter uma secção suficiente, do ponto de vista da resistência mecânica, o que é garantido com as secções mínimas normalizadas definidas para este condutor (10 mm²). Realmente, a interrupção do condutor PEN poderia colocar as massas dos equipamentos ao valor da tensão fase-terra da instalação que, no caso de a instalação ser alimentada a 230/400 V, atinge valores incompatíveis com a segurança das pessoas, onde a tensão de contacto (U_c) atingiria aproximadamente o valor de 230 V.

No esquema TN-S, o condutor de proteção deve ser ligado ao condutor neutro na origem da instalação (normalmente, o “quadro de entrada” das instalações elétricas). Normalmente, no esquema TN, os circuitos finais são realizados segundo o esquema TN-S (pois apresentam secção inferior a 10 mm², se de cobre ou a 16 mm², se de alumínio).

Os cabos flexíveis utilizados como canalizações móveis devem ter um condutor de proteção distinto do condutor neutro, qualquer que seja o esquema (TN-C, TN-S ou TN-C-S) utilizado na instalação fixa que os alimenta.

Em qualquer um dos sistemas TN adotados na instalação, qualquer defeito de isolamento à terra resulta num curto-circuito fase-neutro. A figura 6 apresenta a malha de defeito num esquema TN-C.

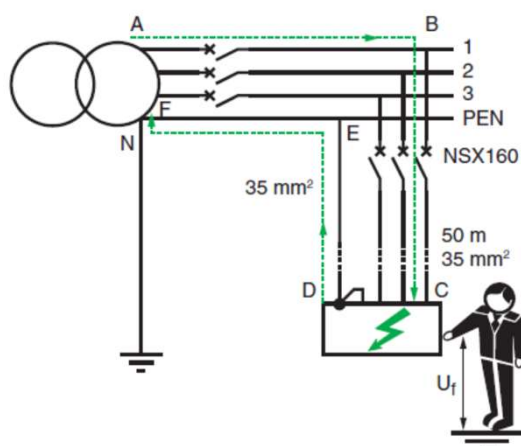


Figura 6: Malha de defeito no esquema TN
(cortesia schneider electric)

Como a corrente de curto-circuito toma valores muito elevados, o corte automático da alimentação pode ser garantido por dispositivos de proteção contra sobrentensões, ou dispositivos sensíveis à corrente diferencial residual, caso a corrente de defeito não seja suficientemente elevada.

A determinação das condições de proteção pode ser feita da seguinte maneira:

- Por cálculo, quando o condutor de proteção (PEN no esquema TN-C e PE no esquema TN-S) estiver, em toda a instalação, situado na proximidade imediata dos condutores ativos do circuito correspondente, sem interposição de elementos ferro magnéticos (situação mais usual);

- Por medição, no caso de não se verificarem as condições anteriores, onde é praticamente impossível determinar, por cálculo, a impedância da malha de defeito e apenas se pode conhecer o seu valor por recurso a medições após a execução da instalação.

Neste ELT um defeito de isolamento é similar a um curto-circuito fase neutro, e o corte deve ser assegurado pelo dispositivo de proteção contra curtos-circuitos, com um tempo máximo de corte especificado que é função da tensão limite convencional (UL) admissível para o local da instalação, ou seja, 25 V ou 50 V em corrente alternada, sendo o valor definido pela classificação do local quanto às influências externas. Segundo a norma IEC 60364-4-41 o tempo de corte do dispositivo de proteção deverá ser de 0,4 s para $U_L=50$ V e 0,2 s para $U_L=25$ V.

Para se ter a certeza de que a proteção está realmente ativa é necessário que, seja qual for o ponto de localização do defeito, a corrente de defeito I_d seja superior ao limiar do valor estipulado para o aparelho de proteção I_a ($I_d > I_a$). Esta condição deve ser verificada aquando da conceção da instalação, pelo cálculo das correntes de defeito e para todos os circuitos de distribuição. O facto dos condutores ativos e o condutor de proteção terem o mesmo percurso, facilita este cálculo.

Quando a impedância da fonte de alimentação e dos cabos tem um valor elevado, deve-se associar dispositivos de proteção diferencial aos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos. A utilização dos dispositivos diferenciais tem a vantagem de tornar desnecessária a verificação da impedância da malha de defeito, vantagem que é interessante sobretudo quando a instalação é modificada ou aumentada. Evidentemente que esta solução não pode ser adotada no esquema TN-C, no qual o condutor de proteção está confundido com o condutor neutro.

Do exposto, quando no esquema TN for necessário recorrer à utilização de dispositivos diferenciais, não são recomendados dispositivos de sensibilidade elevada de corrente diferencial estipulada (30 mA ou 300 mA), pela eventualidade de disparos intempestivos, em regra, com graves consequências devido à quebra da continuidade de serviço nas instalações que utilizam

este esquema de ligação à terra. Nestas instalações recomenda-se dispositivos de baixa sensibilidade ($I_{\Delta n} > 1 \text{ A}$) sem que, contudo, os valores da tensão de contacto ultrapassem a tensão limite convencional admissível para o local da instalação.

4. ESQUEMA DE LIGAÇÃO À TERRA: IT

Este esquema de ligação à terra (ELT) caracteriza-se por todas as partes ativas da instalação se apresentarem isoladas da terra, ou religadas através de uma impedância de valor suficientemente elevado, e as massas da instalação de utilização estarem diretamente ligadas à terra. A figura 7 apresenta o ELT em IT, em situações com e sem o neutro distribuído.

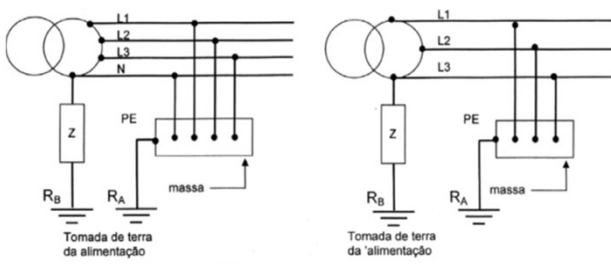


Figura 7: Esquema de Ligação à Terra IT, com e sem neutro distribuído.

Este ELT apresenta como principal vantagem a garantia de continuidade de serviço, em presença de um primeiro defeito de isolamento. Assim, há que eliminar todas as situações que possam contribuir para diminuir a fiabilidade do sistema. Em consequência, não se deve distribuir o condutor neutro, como se pretende demonstrar com o esquema representado na figura seguinte.

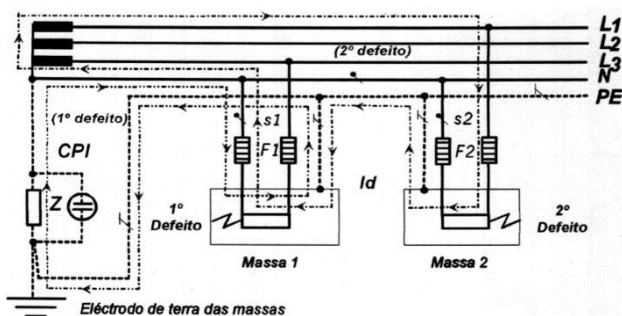


Figura 8: Esquema de Ligação à Terra IT, inconvenientes na distribuição do condutor neutro.

Na realidade, no esquema IT com o condutor neutro distribuído verificar-se-ia o seguinte:

- Se ocorresse um primeiro defeito na Massa 1, através do condutor neutro, não existiria corrente de defeito no circuito que originasse uma queda de tensão aos terminais da impedância Z, suscetível de fazer atuar o CPI (Controlador Permanente de Isolamento). Um primeiro defeito que envolvesse o condutor neutro poderia não ser visto pelo CPI. Este não o sinalizaria e quando aparecesse um segundo defeito que abrangesse um condutor de fase, por exemplo, na Massa 2 (curto-circuito L1 – PE – N), a sinalização seria transitória dado que, nessa situação e por a tensão de contacto poder assumir valores perigosos, o corte teria de ser “obrigatoriamente” feito, perdendo-se assim as vantagens do esquema IT.
- A necessidade de utilizar proteção contra sobreintensidades no condutor neutro (idêntica à utilizada para os condutores de fase, ainda que estes condutores tenham a mesma secção), pois se não houvesse proteção neste condutor e os condutores do circuito 1 tivessem secção muito inferior à dos condutores do circuito 2 ($s_1 \ll s_2$), quando se verificasse um defeito duplo (que envolvesse o condutor neutro de secção s_1 e o condutor de fase de secção s_2), a corrente seria interrompida pelo dispositivo de proteção F2 (dimensionado para a secção s_2), por certo de corrente estipulada bem superior à adequada à proteção de condutores de secção s_1 .

Quando ocorrer um único defeito e forem cumpridas todas as regras relativas ao esquema IT, o corte não é “obrigatório” dado que a corrente de defeito resultante é de reduzido valor, e a tensão de contacto será sempre inferior à tensão limite convencional especificada para o local da instalação. No entanto, no caso de ocorrer um segundo defeito sem o primeiro ter sido resolvido, devem ser tomadas as medidas adequadas por forma a evitar riscos de efeitos fisiopatológicos perigosos para as pessoas suscetíveis de ficar em contacto com partes condutoras simultaneamente acessíveis.

Apesar de na situação de primeiro defeito o corte não ser “obrigatório” nem desejável, deve ser pesquisada e solucionada a avaria antes que surja um segundo defeito, onde a corrente de defeito tomaria valores muito elevados e perigosos, sendo nesta situação o corte “obrigatório”. Neste caso interrompe-se alimentação de energia elétrica, o que poderá ter consequências graves (caso, por exemplo, das instalações dos blocos operatórios, nos “locais de uso médico”). A monitorização e sinalização da existência de um primeiro defeito na instalação é efetuada pela utilização de um dispositivo Controlador Permanente de Isolamento (CPI), que é obrigatório nas instalações que adotam este ELT.

A forma de eliminação de um segundo defeito depende do modo de ligação das massas à terra:

- Se todas as massas, incluindo as da fonte, estiverem ligadas a um mesmo eléctrodo de terra (situação corrente nas instalações em esquema IT). A proteção é garantida pelas mesmas condições indicadas para o esquema TN;
- Se as massas estiverem ligadas à terra, individualmente ou por grupos, o esquema da instalação (IT) transforma-se numa situação semelhante à do esquema TT. A proteção é então garantida pelas mesmas condições indicadas para o esquema TT.

Neste ELT a proteção das pessoas contra contactos indirectos é então garantida pela utilização dos seguintes dispositivos de vigilância e proteção:

- Controladores Permanentes de Isolamento (CPI). Estes dispositivos, embora destinados fundamentalmente à vigilância do primeiro defeito, poderão ser também utilizados como dispositivos de proteção, nas situações em que for necessário provocar o corte ao primeiro defeito;



Figura 9: CPI monitorização e sinalização de defeitos de isolamento à terra (cortesia schneider electric)

- Proteção contra sobreintensidades (disjuntores e fusíveis). Estes dispositivos são utilizados nas situações em que, ao segundo defeito, sejam-lhes aplicadas as condições de proteção definidas para o esquema TN;
- Dispositivos diferenciais. Estes dispositivos são utilizados nas situações em que, ao segundo defeito, sejam-lhes aplicadas as condições de proteção para o esquema TT. Os dispositivos diferenciais podem ser utilizados como medida de recurso, quando os dispositivos de proteção contra as sobreintensidades não garantem a proteção.

5. CONCLUSÕES

O Esquema das Ligações à Terra (ELT), ou regime de neutro, caracteriza:

- O modo de ligação à terra de um dos pontos da alimentação, em geral o neutro;
- O meio de colocação à terra das massas dos equipamentos de utilização.

A escolha do ELT condiciona as medidas de proteção de pessoas contra os contactos indirectos. Em critérios de segurança de pessoas, os três regimes de neutro são equivalentes se todas as regras da instalação forem respeitadas. São imperativos de continuidade de serviço e de condições de exploração que determinam a ou as escolhas dos ELT (ou regime de neutro).

Um defeito origina a circulação de uma corrente, que deve ser interrompida num tempo compatível com a segurança das pessoas.

A medida de proteção baseia-se no corte automático da alimentação na associação das seguintes condições:

- A realização ou a existência de um circuito designado por malha de defeito, que permita a circulação da corrente de defeito, dependendo a constituição desta malha do ELT (TT, TN ou IT)
- O corte da corrente de defeito seja efetuado por um dispositivo de proteção apropriado, num tempo que depende de parâmetros como a tensão de contacto e a classificação do local quanto às influências externas, associados ao conhecimento dos efeitos da corrente elétrica no corpo humano.

No que respeita à segurança, todos os ELT são equivalentes, desde que as regras não sejam descuradas. No entanto existem situações especiais:

- O caso dos blocos operatórios dos hospitais, onde é impensável um corte ao primeiro defeito. Neste caso o único esquema possível é o IT.
- Os centros de informática, em que as correntes de fuga são elevadas, o esquema recomendado é o TN.
- Instalações cujo comprimento das canalizações é desconhecido e locais com risco de explosão, o esquema TT será o mais adequado.

6. BIBLIOGRAFIA

"Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão" - (Decreto-Lei n.º 226/2005 de 28 de Dezembro).

"Instalações Elétricas de Baixa Tensão. A Concepção e o Projecto" – Aulas de IELBT, José Beleza Carvalho, ISEP.

"Esquemas de Ligação à Terra em BT (Regimes de Neutro)" Caderno Técnico nº 172 - Bernard Lacroix e Roland Calvas. Edição: Schneider Electric.

"Guia das Instalações Elétricas": Edição: Schneider Electric, 2019.

Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Projeto, Execução e Exploração". Constantino Soares. Edição CERTIEL.

"Instalações Elétricas Especiais" – Aulas de INELE, José Beleza Carvalho, ISEP.

www.neutroaterra.blogspot.com



Título: Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Dimensionamento e Proteção de Canalizações Elétricas
2ª Edição

Autor: António Augusto Araújo Gomes, Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva, José António Beleza Carvalho

Editora: Engebook

Data de Edição: 2019

ISBN: 9789898927620

Nº Páginas: 202

Sinopse:

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas.

Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o dimensionamento e proteção de canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, seleccionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO
DIMENSIONAMENTO E PROTEÇÃO DE CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

António Gomes, Henrique Ribeiro Da Silva, José Beleza Carvalho

Sobre a obra

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o dimensionamento e proteção de canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, seleccionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

Sobre os autores

António Augusto Araújo Gomes

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Licenciado e Mestre (pre-doutor) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1998. Coordenador de Obras na CEREBELUS – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Neutro à Terra – Gabinete de Engenharia Ltda C252 e 2000. Prestação de serviços de formação profissional em áreas relacionadas com: ambiente das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética e diversos entalhos, nomeadamente NCRVA – Consultores de Engenharia, Lda; Schmal – Engenharia e Serviços, Lda; ENERGO – Consultores de Engenharia, Lda; IQE – Instituto de Qualidade e Qualidade Quântica – fábrica de Químico Sintético, Lda; EP – Instituto Eletrotécnico Português; CENEFCE – Centro de Energia e Tecnologia; ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações; ICT – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico EDV – Agência de Energia Entre Douro e Vouga.

Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica, ramo de Produção, Transporte e Distribuição de energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Mestre (pre-doutor) em Engenharia Industrial pela Escola de Engenharia da Universidade de Minho. Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

José António Beleza Carvalho

Bacharel e Licenciado em Engenharia Eletrotécnica pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Mestre e Doutor em Engenharia Eletrotécnica na especialidade de Sistemas de Energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando atualmente as funções de Diretor do curso de Mestrado em Sistemas Eléctricos de Energia. É autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor da revista técnico-científica e integrada de artigos de papers públicas de doutoramento e para a carreira do ensino superior.

Apoio à Edição
hager

Parceiro de Comunicação
electricista

Também disponível em formato e-book
ISBN 9789898927620
www.engebook.pt

engebook



INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO
DIMENSIONAMENTO E PROTEÇÃO DE CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

ENGEBOOK **ELEKTROTECNIA**

António Gomes
Henrique Ribeiro Da Silva
José Beleza Carvalho

2ª EDIÇÃO



engebook

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:**Ana Catarina Aguiar Leitão Barbosa**

Aluna do Mestrado Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, Instituto Superior de Engenharia do Porto

1170560@isep.ipp.pt

António Augusto Araújo Gomes

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

aag@isep.ipp.pt

José António Beleza Carvalho

Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

jbc@isep.ipp.pt

Nuno Miguel de Deus Anselmo Silva

Aluno do Mestrado Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, Instituto Superior de Engenharia do Porto

1200314@isep.ipp.pt

Paulo Sérgio Fernandes Barros

Aluno do Mestrado Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, Instituto Superior de Engenharia do Porto

1151044@isep.ipp.pt

Pedro Miguel Azevedo De Sousa Melo

Assistente 2.º Triénio, Instituto Superior de Engenharia do Porto

pma@isep.ipp.pt

Ricardo Manuel Oliveira Soares

Pós-Graduado em Engenharia da Mobilidade Elétrica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

soares.ricardo.mo@gmail.com

Rui Jorge dos Santos Araújo e Conceição Baltazar

Pós-Graduado em Engenharia da Mobilidade Elétrica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

rui_baltazar@hotmail.com

Sérgio Filipe Carvalho Ramos

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

scr@isep.ipp.pt

Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

tan@isep.ipp.pt

