

QUEDA DE TENSÃO

Eduardo Henrique Martins de Camargo Coelho¹
Gustavo Rodrigues Medeiros¹
Rafael Vieira Prateano¹
Paulo Eduardo Souza Quevedo²

RESUMO

A queda de tensão é uma perda de energia elétrica que ocorre em cabos elétricos devido à resistência elétrica do material. Quanto maior a corrente elétrica que flui através do cabo e a resistência elétrica do material, maior será a queda de tensão. A queda de tensão pode ser calculada usando a fórmula $V_d = K \times L \times I$. Cabos de alumínio tendem a ter uma resistência elétrica maior e, portanto, uma queda de tensão maior do que cabos de cobre de tamanho equivalente. Para compensar a queda de tensão, podem ser usados cabos com seção transversal maior ou transformadores de tensão.

Palavras-chaves: Queda de Tensão, Resistência, Corrente Elétrica.

ABSTRACT

Voltage drop is a loss of electrical energy that occurs in electrical cables due to the electrical resistance of the material. The greater the electrical current flowing through the cable and the electrical resistance of the material, the greater the voltage drop. Voltage drop can be calculated using the formula $V_d = K \times L \times I$. Aluminum cables tend to have a higher electrical resistance and therefore a greater voltage drop than equivalently sized copper cables. To compensate for the voltage drop, cables with a larger cross-section or voltage transformers can be used.

Keywords: Voltage Drop, Resistance, Electrical Current.

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva – FAIT – da Sociedade Cultural e Educacional de Itapeva. eduardo957.eh@gmail.com, gurm@hotmail.com, rafael.prateano@gmail.com.

² Docente do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva – FAIT – da Sociedade Cultural e Educacional de Itapeva. pauloeduardodesouzaquevedo@professor.fait.Edu.br

Introdução

A queda de tensão é uma das principais preocupações dos projetistas e engenheiros eletricitas, já que pode ter efeitos significativos na eficiência e desempenho dos sistemas elétricos. A resistência elétrica dos cabos e componentes é uma das principais causas da queda de tensão, já que a corrente elétrica que flui pelo sistema encontra essa resistência e perde energia. Quanto maior a corrente elétrica, maior será a queda de tensão, o que pode resultar em perda de energia e deterioração do desempenho do sistema.

Essa perda de tensão pode ser ainda mais significativa em grandes distâncias, o que pode levar a uma redução na eficiência e confiabilidade do sistema elétrico. Para garantir que os sistemas elétricos funcionem de maneira eficiente e confiável, é essencial entender as causas e efeitos da queda de tensão.

Felizmente, existem maneiras de minimizar a queda de tensão em sistemas elétricos. Uma das formas é reduzir a corrente elétrica que flui pelo sistema, o que pode ser alcançado através do uso de transformadores para aumentar a tensão do sistema. Além disso, o uso de cabos elétricos com seções transversais maiores também pode ajudar a reduzir a resistência elétrica e minimizar a queda de tensão. A qualidade dos componentes elétricos e a conexão adequada entre eles também são cruciais para minimizar a queda de tensão.

É importante lembrar que a queda de tensão não é apenas um problema técnico, mas também pode ter implicações econômicas e ambientais significativas. A perda de energia devido à queda de tensão pode resultar em custos mais altos para os consumidores e pode ter um impacto negativo no meio ambiente devido à geração adicional de energia. Portanto, a compreensão e minimização da queda de tensão são fundamentais para garantir um fornecimento de energia elétrica eficiente e confiável. (Carrenho, 2016)



Desenvolvimento

A queda de tensão é um fenômeno que ocorre quando a tensão elétrica em um circuito diminui devido à resistência dos materiais condutores do circuito. Essa queda de tensão pode ser calculada por meio da Lei de Ohm, que afirma que a queda de tensão é igual à corrente elétrica multiplicada pela resistência do circuito:

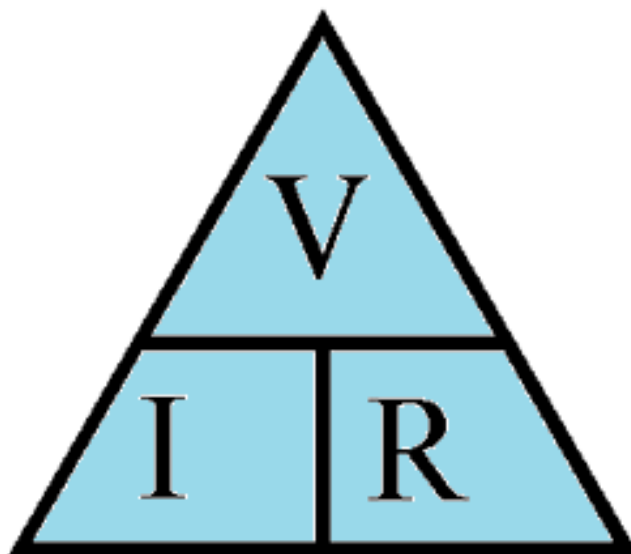
$$V = IR$$

Onde:

V é a queda de tensão, em volts (V);

I é a corrente elétrica que flui no circuito, em amperes (A);

R é a resistência elétrica do circuito, em ohms (Ω).



$$V = I \times R$$

$$I = V / R$$

$$R = V / I$$

Figura 1. Lei de Ohm.

Fonte: Study.com

De acordo com Arth, a lei de Ohm estabelece que a corrente elétrica que flui por um material condutor é diretamente proporcional à tensão elétrica aplicada e inversamente proporcional à sua resistência elétrica. Além disso, a Lei de Ohm pode ser visualizada na forma da pirâmide de Ohm, conforme a figura 1, que representa a relação entre os três elementos fundamentais: tensão, corrente e resistência elétrica. Na pirâmide, a tensão elétrica é a grandeza que impulsiona a corrente elétrica, que por sua vez encontra resistência ao passar pelo material condutor.

Além da Lei de Ohm, outras teorias fundamentais que explicam a queda de tensão em um circuito incluem:

Lei de Kirchhoff das tensões: Essa lei afirma que a soma das quedas de tensão em um circuito fechado é igual à soma das tensões aplicadas no circuito. Em outras palavras, a energia elétrica fornecida à carga é igual à energia elétrica dissipada pelos componentes do circuito.

Resistividade: A resistividade é uma medida da oposição dos materiais à passagem da corrente elétrica. Materiais com alta resistividade, como o cobre, oferecem mais resistência à passagem da corrente elétrica, resultando em uma maior queda de tensão.

Comprimento do fio: Quanto mais longo for o fio condutor, maior será a resistência elétrica oferecida, o que levará a uma maior queda de tensão.

Área da seção transversal do fio: Quanto menor a área da seção transversal do fio condutor (diâmetro), maior será a resistência elétrica oferecida, resultando em uma maior queda de tensão.

Corrente elétrica: Quanto maior a corrente elétrica que flui no circuito, maior será a queda de tensão. Isso ocorre porque uma corrente elétrica mais intensa aquece

os fios condutores, aumentando sua resistência elétrica e causando uma maior queda de tensão.

Energia Elétrica

De acordo com a ANEEL, energia elétrica é uma forma de energia que resulta da movimentação dos elétrons em um circuito elétrico. Ela pode ser gerada a partir de fontes diversas, como usinas hidrelétricas, termelétricas, nucleares, eólicas e solares.

A energia elétrica é medida em unidades de joules (J) ou quilowatt-hora (kWh), sendo que a última é a unidade mais comum para medir o consumo de energia elétrica em residências, comércios e indústrias.

O processo de geração de energia elétrica envolve a conversão de outras formas de energia em energia elétrica. Por exemplo, em uma usina hidrelétrica, a energia potencial da água é transformada em energia elétrica por meio da movimentação das turbinas. Em uma usina termelétrica, a queima de combustíveis fósseis gera calor, que é transformado em energia mecânica por meio da movimentação de uma turbina, que por sua vez, gera energia elétrica.

A energia elétrica é transportada por meio de redes de distribuição de energia elétrica, que podem ser constituídas de linhas de transmissão de alta tensão e subestações transformadoras, responsáveis por reduzir a tensão para níveis seguros para uso em residências, comércios e indústrias.

A energia elétrica é uma fonte de energia importante para a sociedade moderna, sendo utilizada para alimentar equipamentos eletroeletrônicos, iluminação pública e privada, sistemas de aquecimento e refrigeração, entre outros. No entanto, seu uso deve ser feito de forma consciente, visando a redução do desperdício e o aumento da eficiência energética, contribuindo para a sustentabilidade do planeta.

Conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2015), a geração de energia elétrica é realizada em 12 localidades distintas, enquanto sua distribuição ocorre em 22 pontos. Entretanto, a quantidade de energia distribuída varia de acordo com a região. A Figura 1 apresenta essa tendência.



Figura 2. Pontos de geração e distribuição.

Fonte: ANEEL (2017).

Conforme informações da ANEEL em 2017, a região Sudeste do Brasil apresenta a maior capacidade de geração de energia elétrica, produzindo 750 kV. Enquanto a produção de 500 kV ocorre em maior escala, principalmente na região Nordeste do país. No entanto, interrupções na distribuição de energia levaram as companhias de energia a indenizar muitos consumidores. Em resposta a essa questão, a ANEEL propôs a geração de energia compartilhada, incentivando os consumidores a produzirem sua própria energia e, ao final, receberem descontos proporcionais à produção.

De acordo com a Figura 2, houve um grande aumento no número de conexões de novas gerações particulares de energia.



Figura 3. Conexões de Microsistemas de geração de energia.

Fonte: ANEEL (2017).

Já a Figura 3 aponta que o Estado de Minas Gerais apresenta a maior produção de energia por meio de microsistemas em propriedades. Comparando as duas figuras, percebe-se que a quantidade de energia produzida nesse estado está abaixo das outras regiões, o que explica o interesse pela microgeração de energia.

Toda empresa deve se valer da ótima transmissão de energia para aprimorar a qualidade dos seus serviços, e evitar seus prejuízos com perda de energia. Há meios para combater essa perda de energia. Assim, sendo, a partir do próximo tópico, serão apresentadas algumas soluções utilizadas pelas concessionárias e distribuidoras de energia.

Queda de Tensão

A queda de tensão está presente em todo condutor de energia, trazendo prejuízos para quem transmite. Isso se da conta em todo e qualquer sistema elétrico, desde geração de energia, transmissões e consumo de energia elétrica. (Mattede, 2021)

Para isso, existe um cálculo de perdas de energia onde se determina uma perda máxima por trecho de transmissão.

De modo simplificado desconsiderando o efeito magnético, é possível calcular a queda de tensão de modo tolerável usando os valores de resistência dos condutores e as equações abaixo:

Para o cálculo da resistência ôhmica pela segunda lei de Ohm.

$$R = \frac{\rho * l}{s}$$

Onde:

R: Resistência elétrica em ohm.

ρ : Resistividade específica do material (0,0172 para o cobre).

l: Comprimento do condutor em metros.

S: Seção do condutor em mm².

Exemplo: Um cabo de cobre, seção 2,5mm², alimentando uma tomada a 25m da fonte alimentadora.

$$R=(0,0172*25)/2,5 \quad R=0,172\Omega$$

Para o cálculo da queda de tensão.

$$\Delta E = 2R * I * \cos\theta$$

Onde:

ΔE : Queda de tensão em volt.

R: Resistência elétrica por fase em ohm.

I: Corrente elétrica em ampère.

$\cos\theta$: Fator de potência.

Exemplo: Ainda com a mesma tomada, considerar que ela alimenta uma carga que consome 9A e que o fator de potência seja 0,8.

$$\Delta E = 2 * 0,172 * 9 * 0,8 \quad \Delta E = 2,47V$$

Para o percentual de queda de tensão.

$$\Delta E\% = 100 * \frac{\Delta E}{E}$$

Onde:

$\Delta E\%$ = Percentual de queda de tensão.

ΔE : Queda de tensão em volt.

E: Tensão em volt.

Exemplo: Ainda com a mesma tomada, considerar uma tensão de 127 V.

$$\Delta E\% = 100 * (2,47/127) \quad \Delta E\% = 1,94\%$$

Após os cálculos chegamos a uma porcentagem da queda de tensão do sistema, no qual temos que saber o percentual de perdas que queremos em nossa transmissão de energia. Quando chegamos a uma porcentagem de queda de tensão alta, o ideal e indicado a ser feito, é aumentar a bitola do cabo utilizado, como por exemplo:

Em determinado projeto está sendo usando cabo 35mm² para levar energia elétrica até determinado ponto de energia à 80m, considerando uma queda de tensão com 5% de perdas, e seu percentual ideal seja 3% de perdas, o mais ideal é subir a bitola do cabo, nesse caso utilizando cabo 50mm².

Em média e alta tensão na transmissão de energia, é elevado a tensão para diminuir a corrente, sendo assim economizando em cabeamento para sua transmissão. Também é utilizado o método de transmissão de energia com corrente contínua, e não alternada. Pois a transmissão em corrente contínua possui uma perda bem menor do que a transmissão em corrente alternada, porém, o custo é elevado devido aos transformadores utilizados para transformar essa corrente contínua em alternado, para poder ser fornecida ao cliente.

Considerações Finais

Conclui-se que outro aspecto importante a ser considerado é a escolha do tipo de material condutor utilizado. Alguns materiais apresentam maior resistividade do que outros, o que pode levar a uma maior perda de energia elétrica em forma de calor e, conseqüentemente, a uma queda de tensão maior. Por isso, é essencial escolher os materiais adequados para cada tipo de circuito elétrico, levando em conta fatores como a carga elétrica e as condições ambientais do local de instalação.

Além disso, é importante mencionar que a queda de tensão não deve ser confundida com a variação de tensão, que se refere à flutuação de voltagem em um circuito, causada por fatores como oscilações de carga ou de fonte de energia. Embora a variação de tensão possa afetar o funcionamento de equipamentos elétricos, ela pode ser facilmente corrigida com o uso de estabilizadores de tensão ou reguladores de tensão.

Em suma, compreender a queda de tensão em um circuito elétrico é fundamental para garantir o desempenho adequado e a eficiência energética de

equipamentos e sistemas elétricos. É preciso considerar diversos fatores, como o tipo de material condutor, o dimensionamento correto dos fios, o uso de dispositivos de proteção contra sobrecarga e a escolha adequada de estabilizadores de tensão ou reguladores de tensão, para minimizar a queda de tensão e garantir a segurança e a confiabilidade do sistema elétrico.

Referências

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Novas regras para geração distribuída entram em vigor.** Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=9086&id_area=90> Acesso em 12 de ago. 2021.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **ANEEL define Revisão Tarifária Extraordinária de distribuidoras.** Disponível em: <

http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8418&id_area=90> Acesso em 15 de ago. 2021.

ARTH, RAFAEL C. **Resistência Elétrica.** 2021.

ASSIS, E. F. **O advento da automação: reflexos sobre a qualificação, nível de emprego e condições de trabalho.** São Paulo: FGV, 2011.

CARDOSO, L. S. **Exercícios e notas para formular uma pesquisa.** Rio de Janeiro: Papel Virtual; 2000.

CARENHO, KELMA. **Prejuízos por falta de energia elétrica,** 2016.

FALCÃO, D. M. **Integração de Tecnologias para Viabilização da Smart Grid. III Simposio Brasileiro de Sistemas Elétricos.** p. 1–5, 2010.

LAMBIASE, C. B. **Aplicação de Self Healing em Sistemas Elétrico,** 2012.

MATTEDE, HENTRIQUE. **O que é resistência elétrica?,** 2021.

MINAYO, M.C. de S. (Org.) **Pesquisa social: teoria, método e criatividade.** 22 ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2003.

SANTOS, T. S.; BATISTA, M. C.; POZZA, S. A.; ROSSI, L. S. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais.** Eng Sanit Ambient v.20 n.4 out/dez 2015 595-602.

THE ELECTRICITY FORUM. **Electricity Fundamentals,** 2021.