Eletrodinâmica

Tensão Elétrica (DDP)

$$\boxed{U_{AB} = \frac{\tau^{A\rightarrow B}}{q} = \frac{q(V_A - V_B)}{q} = V_A - V_B \therefore U_{AB} = V_A - V_B}$$

A tensão, usualmente chamada de DDP (diferença de potencial), é a razão entre a energia potencial elétrica transformada ao longo do percurso $A \rightarrow B$ pela carga q que foi transferida por essa trajetória realizando trabalho. Usando manipulações algébricas vê-se que a diferença de potencial entre dois pontos é a diferença escalar entre os potenciais de cada ponto. Se U_{AB} é um valor negativo ($V_B > V_A$) significa que o processo não é espontâneo.

Corrente Elétrica e Densidade de Corrente Elétrica

$$\boxed{i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}}$$

$$\boxed{D = \frac{i}{A}}$$

A corrente elétrica mede a quantidade de carga elétrica que passa por uma seção transversal A de um fio durante um intervalo de tempo. A unidade de corrente elétrica é o Ampère (A). A densidade de corrente elétrica mede a quantidade de corrente que passa por unidade de área.

Potência Elétrica

$$\boxed{P = Ui = \frac{\tau}{q} \cdot \frac{q}{t} = \frac{\tau}{t}}$$

A potência elétrica mostra a quantidade de energia consumida por um componente durante um segundo. A unidade de potência elétrica é o Watt (W).

1ª Lei de Ohm

$$\boxed{R = \frac{U}{i}}$$

A primeira lei ohm nos apresenta um novo componente do circuito elétrico, o resistor. Todo resistor apresenta a característica de se opor a passagem de corrente elétrica, a essa característica denominamos o nome de resistência. Quando um resistor dificulta a passagem de corrente por ele significa que temos uma queda de tensão no circuito, isso acontece porque para a corrente continuar seu caminho ela precisa gastar mais energia ao passar pelo resistor, já que é lá onde ela tem mais dificuldade de passar, logo, parte da tensão do circuito deve ficar sobre os polos do resistor para garantir que a corrente consiga passar por ele. A unidade de resistência é o Ohm (Ω). Um resistor de 1Ω quando submetido a uma tensão de 1V permite passar uma corrente de 1A.

Potência no Resistor

$$\boxed{P = \frac{U^2}{R} = Ri^2}$$

2ª Lei de Ohm

$$\boxed{R = \frac{\rho l}{A}}$$

A segunda lei de Ohm mostra que a resistência R é proporcional a resistividade ρ do material e ao seu comprimento l, e inversamente proporcional à área de seção transversal A desse material.

Resistência e Resistividade em função da temperatura

$$\boxed{R = R_0(1 + \alpha\Delta t)}$$

$$\boxed{\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta t)}$$

Como a resistividade de um material varia com a temperatura (Δt), a resistência também acaba variando, e ambas podem ser calculadas usando as expressões acima. R_0 e ρ_0 são a resistência e resistividade inicias do material, respectivamente. A constante α é chamada de coeficiente de temperatura e depende exclusivamente do tipo do material.

Associação de Resistores

Série

$$\boxed{i_T = i_1 = i_2 = \cdots = i_n}$$

$$\boxed{U_T = U_1 + U_2 + \cdots + U_n}$$

$$\boxed{\begin{gathered} R_{eq} = \frac{U_T}{i_T} = \frac{U_1 + U_2 + \cdots + U_n}{i_T} = \frac{U_1}{i_T} + \frac{U_2}{i_T} + \cdots + \frac{U_n}{i_T} = \frac{U_1}{i_1} + \frac{U_2}{i_2} + \cdots + \frac{U_n}{i_n} \\ = R_1 + R_2 + \cdots + R_n \ \therefore \ R_{eq} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n \end{gathered}}$$

Em uma associação em série de resistores a corrente que passa por cada resistor é a mesma, uma vez que só há um caminho para a corrente percorrer. A queda de tensão vai variar de resistor para resistor, sendo que aqueles de maior resistência consumirão mais energia (maior queda de tensão sobre eles). A tensão total do circuito por sua vez será a soma de todas as quedas, já que toda a energia potencial elétrica é transformada em trabalho nos resistores (princípio da conservação de energia). O resistor equivalente (R_{eq}) é um resistor que pode ser trocado por todos os outros resistores sem que haja qualquer alteração nas grandezas elétricas do circuito, a tensão, corrente e potência continuam as mesmas.

Paralelo

$$\boxed{i_T = i_1 + i_2 + \cdots + i_n}$$

$$\boxed{U_T = U_1 = U_2 = \cdots = U_n}$$

$$\boxed{\begin{gathered} R_{eq} = \frac{U_T}{i_T} \to \left(R_{eq}\right)^{-1} = \left(\frac{U_T}{i_T}\right)^{-1} \to \frac{1}{R_{eq}} = \frac{i_T}{U_T} = \frac{i_1 + i_2 + \cdots + i_n}{U_T} = \\ \frac{i_1}{U_T} + \frac{i_2}{U_T} + \cdots + \frac{i_n}{U_T} = \frac{i_1}{U_1} + \frac{i_2}{U_2} + \cdots + \frac{i_n}{U_n} = \\ \frac{1}{\frac{U_1}{i_1}} + \frac{1}{\frac{U_2}{i_2}} + \cdots + \frac{1}{\frac{U_n}{i_n}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n} \\ \therefore \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n} \end{gathered}}$$

Em uma associação em paralelo de resistores a queda de tensão em todos os resistores é a mesma, implicando que os de menor resistência liberem mais energia. Como a corrente vai se dividir em cada ramo, a corrente total fornecida pelo gerador é a soma escalar de todas as correntes. Existem algumas fórmulas que facilitam o calculo da resistência equivalente, que são:

Para dois resistores

$$\boxed{R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}$$

Para n resistores iguais

$$\boxed{R_{eq} = \frac{R}{n}}$$

Geradores

$$\boxed{U = \varepsilon - ri}$$

$$\boxed{i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r}}$$

$$\boxed{P_T = \varepsilon i}$$

Na vida real não existem os chamados geradores ideias ($r = 0 \rightarrow U = \varepsilon$), logo todo gerador ao ser percorrido por uma corrente também irá liberar energia em forma de calor, vibrações etc. Ou seja, a tensão real U do circuito será a tensão que o gerador consegue fornecer ao circuito (ε) menos a queda de tensão do próprio gerador (ri), sendo r a resistência interna do gerador e ε a força eletromotriz. Existe uma corrente máxima que um gerador suporta, e essa é chamada de corrente de curto-circuito (i_{cc}), quando ela atravessa o gerador a tensão nos polos do gerador é zero, e o mesmo pode ser queimado se submetido a essa corrente. A potência total P_T fornecida pelo gerador ao circuito é dada pela expressão acima.

Associação de Geradores

Série

$$\boxed{i_T = i_1 = i_2 = \cdots = i_n}$$

$$\boxed{r_{eq} = r_1 + r_2 + \cdots + r_n}$$

$$\boxed{\begin{gathered} \varepsilon_{eq} = i_{cceq} r_{eq} = i_{cceq}(r_1 + r_2 + \cdots + r_n) = \\ i_{cceq} r_1 + i_{cceq} r_2 + \cdots + i_{cceq} r_n = i_{cc1} r_1 + i_{cc2} r_2 + \cdots + i_{ccn} r_n = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \cdots + \varepsilon_n \\ \therefore \varepsilon_{eq} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \cdots + \varepsilon_n \end{gathered}}$$

A corrente é a mesma para cada gerador, e a resistência interna equivalente é a soma escalar de todas as resistências internas, o mesmo se aplica à força eletromotriz equivalente.

Paralelo

$$\boxed{i_T = i_1 + i_2 + \cdots + i_n}$$

$$\boxed{\frac{1}{r_{eq}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \cdots + \frac{1}{r_n}}$$

$$\boxed{\varepsilon_{eq} = \varepsilon}$$

Quando associados em paralelo, os geradores precisam ser iguais para que não corra o risco de um gerador ser recarregado por outro de força eletromotriz maior, nesse caso a força eletromotriz menor vai atuar como uma força contra eletromotriz (ε'). Outro agravante acontece quando o gerador (receptor) de força eletromotriz menor não é recarregável, ou seja, uma corrente está indo em sentido contrário em um aparelho que não foi feito para suportar isso, o que pode acarretar em uma explosão. A corrente total é a soma de todas as correntes fornecidas por todos os geradores associados. Vale as fórmulas que facilitam o cálculo da resistência equivalente para a resistência interna.

Receptor

$$\boxed{U = \varepsilon' + ri}$$

Ao contrário do gerador, o receptor recebe a corrente fornecida pelo gerador quando este é submetido a uma tensão ε'. No receptor também há uma perda de energia devido à resistência interna, logo, nos polos do receptor precisa haver uma tensão $U > \varepsilon'$ para poder compensar a energia desperdiçada (ri).

Circuito Gerador-Resistor

$$\boxed{\begin{gathered} U = \varepsilon - ri \\ U = Ri \\ Ri = \varepsilon - ri \\ Ri + ri = \varepsilon \\ (R + r)i = \varepsilon \\ \therefore i = \frac{\varepsilon}{R + r} \end{gathered}}$$

Circuito Gerador-Receptor-Resistor (Lei de Pouillet)

$$\boxed{i = \frac{\Sigma\varepsilon - \Sigma\varepsilon'}{\Sigma \mathrm{R}}}$$

Como a força contra eletromotriz pode ser entendida como um valor mínimo de tensão necessário para o funcionamento de um receptor, no cálculo da tensão real do circuito $(\Sigma\varepsilon - \Sigma\varepsilon')$ deve-se subtrair esse valor que já está sendo dedicado ao receptor, dessa forma voltamos ao circuito Gerador-Resistor e analisamos a corrente a partir daí uma vez que o receptor está em série e esta também será a corrente que vai o percorrer.

Ponte de Wheatstone

$$\boxed{R_1R_4 = R_2R_3 \rightarrow U_A = U_B}$$

Em uma ponte de resistores, caso a expressão acima seja verdadeira, a corrente no ramo AB será nula, e qualquer resistor que esteja nesse ramo pode ser retirado sem afetar o circuito.

Capacitores Planos

$$\boxed{U_{AB} = Ed}$$

$$\boxed{E = \frac{Q}{A\varepsilon}}$$

$$\boxed{\varepsilon = K\varepsilon_0}$$

$$\boxed{C = \frac{Q}{U_{AB}} = \frac{EA\varepsilon}{Ed} = \frac{A\varepsilon}{d} \therefore C = \frac{Q}{U_{AB}} = \frac{A\varepsilon}{d}}$$

Para uma tensão constante U_{AB} entre as armaduras de um capacitor, caso haja a diminuição da distância d entre as placas haverá um aumento proporcional na intensidade do campo elétrico uniforme E. O módulo do campo elétrico por sua vez é diretamente proporcional à quantidade de cargas acumulada Q na placa do capacitor e inversamente proporcional a área das placas A (quanto menor a área mais concentrado ficam os vetores campo elétrico, aumentando a intensidade do vetor resultante) e ao dielétrico onde se propaga esse campo elétrico, sendo que este último apresenta uma constante ε chamada de permissividade absoluta do meio e que esta por sua vez está em termos de outras duas constantes, K chamada de constate dielétrica ou permissividade relativa e ε_0 que é a permissividade elétrica do vácuo.

O capacitor consegue armazenar cargas em suas placas quando submetido a certa tensão, em outras palavras, ele consegue armazenar energia potencial elétrica, a essa característica dos capacitores damos o nome de capacitância. A capacitância de um capacitor é dada pela razão entre a quantidade de carga que um capacitor consegue armazenar por unidade de tensão, isso implica que quanto mais cargas um capacitor conseguir armazenar quando submetido a uma mesma tensão maior será sua capacitância.

A única maneira de se alterar a capacitância de um capacitor é fazer modificações na parte física do capacitor, por exemplo, digamos que um capacitor tenha uma capacitância $C = \frac{Q}{U_{AB}}$ e que o seu dielétrico seja o ar (ε_0), fazendo com que Q seja constante, para aumentarmos a capacitância precisaremos diminuir a tensão U_{AB} entre as placas desse capacitor, uma das maneiras de se fazer isso é diminuindo a distância entre as placas, o campo elétrico nesse novo arranjo permaneceu uniforme e constante, no entanto, para não corrermos o risco de que o campo elétrico rompa a rigidez dielétrica do ar quando a tensão entre as placas aumentar, podemos adicionar outro dielétrico no capacitor ($\varepsilon > \varepsilon_0$), isso não afetará a quantidade de cargas acumulada uma vez que o dielétrico se ioniza mantendo as cargas presas às placas e ainda reduz a intensidade do campo elétrico, diminuindo novamente a tensão inicial U_{AB}, com isso temos uma tensão final $U'_{AB} < U_{AB}$, voltando à expressão da capacitância temos $C' = \frac{Q}{U'_{AB}} \rightarrow U'_{AB} < U_{AB} \rightarrow C' > C$. Aumentando a área das placas do capacitor também aumenta a capacitância.

Associação de Capacitores

Série

$$\boxed{Q_T = Q_1 = Q_2 = \cdots = Q_n}$$

$$\boxed{U_T = U_1 + U_2 + \cdots + U_n}$$

$$\boxed{C_{eq} = \frac{Q_T}{U_T} \to \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}}$$

Em uma associação em série de capacitores a carga acumulada Q em cada capacitor é a mesma de forma que apenas as cargas acumuladas nas armaduras mais externas do circuito participam da descarga do capacitor, portanto a carga total também é igual a Q. A queda de tensão por sua vez é maior nos capacitores de menor capacitância, e a soma de todas as quedas de tensão naquele ramo nos dá a tensão total U_T. O capacitor equivalente sempre apresenta uma capacitância menor do que a menor das capacitâncias do circuito original, isso acontece porque apenas com uma tensão $U_T > U_1, U_2, \dots, U_n$ o capacitor equivalente consegue armazenar uma carga Q.

Paralelo

$$\boxed{Q_T = Q_1 + Q_2 + \cdots + Q_n}$$

$$\boxed{U_T = U_1 = U_2 = \cdots = U_n}$$

$$\boxed{C_{eq} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n}$$

Quando associados em paralelo os capacitores ficam submetidos a uma mesma tensão U, e aqueles de maior capacitância são os que acumulam mais carga, a carga total Q_T é a soma algébrica de todas as cargas acumulada. O capacitor equivalente sempre irá apresentar uma capacitância maior do que qualquer outro capacitor do circuito original uma vez que ele consegue armazenar uma carga $Q_T > Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ com mesma tensão U.

Energia Potencial Elétrica Acumulada em um Capacitor

$$\boxed{\tau = \frac{QU_{AB}}{2} = \frac{C{U_{AB}}^{2}}{2} = \frac{Q^2}{2C}}$$

A expressão original $\tau = \frac{QU_{AB}}{2}$ pode ser deduzida através de uma análise do gráfico Carga x Tensão, essa análise nos permite concluir que a energia potencial elétrica acumulada no capacitor é numericamente igual à área desse gráfico, que é um triângulo, isso explica a divisão por dois, as outras formas provém de substituições da fórmula $C = \frac{Q}{U_{AB}}$.

Tensão de um Capacitor em um Circuito RC (Resistor-Capacitor)

$$\boxed{U_C = U_F(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})}$$

$$\boxed{\tau = RC}$$

Como a tensão entre as placas do capacitor U_C tem característica exponencial, usa-se o Número de Euler (e) para modelar o comportamento da tensão. A constante de tempo τ, cuja unidade é o segundo (s), é o produto entre a capacitância C do capacitor analisado e a resistência R do resistor em série com o capacitor. Com o passar do tempo a tensão do capacitor se aproximará à tensão da fonte U_F, mas nunca se igualará a ela, uma vez que $e^{-\frac{t}{\tau}}$ nunca será igual a zero. Para $t = \tau$ temos $U_C \cong 63\% U_F$, já para $t = 4\tau$ temos $U_C \cong 98\% U_F$.