GSTR Formelsammlung

$Pico\ p = 10^{-12}$ $Nano\ \eta = 10^{-9}$ $Mikro\ \mu = 10^{-6}$	Elementarladung: $e = 1{,}602 * 10^{-19}C$ El. Feldkonstante: $\varepsilon_0 = 8{,}8542 * 10^{-12}\ \frac{Ns}{Vm}$
$Mega\ M = 10^{6}$ $Giga\ G = 10^{9}$ $Tera\ T = 10^{12}$	Magn. Feldkonstande: $\mu_0 = 1{,}257 * 10^{-6}\frac{Vs}{Am} = 4\pi * 10^{-4}\frac{Vs}{Am}$ Lichtgeschwindigkeit im Vakuum: $c = 299'792'458\frac{m}{s} = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_0\mu_0}}$

Ladung, Strom und Spannung

Coulombsche Gesetz: $\boldsymbol{F = K\frac{Q_1Q_2}{r^2}}$; mit $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}$; $\{F = EQ\}$

Gravitationsgesetz: $F = \gamma\frac{m_1m_2}{r^2}$

ε_r= Materialabhängige Dielektrizitätskonstante (Im Vakuum = 1)

Elektrische Feldstärke: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$; $\left[\frac{Nm}{Asm} = \frac{J}{Asm} = \frac{Ws}{Asm} = \frac{V}{m}\right]$

Q_1fest→ $\boldsymbol{\vec{E} = K\frac{Q_1}{r^2} * \overrightarrow{r_0}}$

Driftgeschwindigkeit: $\vec{v} = b\vec{E}$; mit b = Ladungsträgerbeweglichkeit $[b] = \frac{m^2}{Vs}$

Elektrischer Strom

el. Stromstärke $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

Strecke $x = v\ \ \Delta t$

Ladungsträger im Volumenelement:

$\Delta N = \eta\ A\ \Delta x$; mit η= Ladungsträgerdichte $[\frac{1}{mm^2}]$

Ladung im Volumenelement: $\Delta Q = e\ \Delta N$

$$\boldsymbol{I = Q_{LT}\eta vA = Q_{LT}\eta bAE}$$

el. Leitfähigkeit: $\kappa = Q_{LT}\eta b$; $\left[\frac{S}{m}\right]$

Spez. Wiederstand: $\rho = \frac{1}{\kappa}$; $[\Omega m]$

$$\boldsymbol{I = \kappa AE = \frac{1}{\rho}AE}$$

El. Spannung und el. Potenzial

el. Potenzial:

$\varphi(x) = \frac{W_{LT}(x)}{Q_{LT}}$; $\left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{As}} = \mathrm{V}\right]$

el. Spannung:

$U_{12} = \frac{W_{12}}{Q_{LT}} = \frac{W_1 - W_2}{Q_{LT}} = \varphi_1 - \varphi_2 = \vec{E}\ \overrightarrow{l_{12}}$

Leitwert, Widerstand und Ohmsches Gesetz

el. Leitwert:

$\boldsymbol{G = \kappa\frac{A}{l}}$

el. Widerstand:

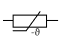
$R = \frac{1}{G} = \rho\frac{l}{A}$

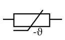
Temperaturabhängigkeit von R

T↑→ η↑, b↓; wenn η stärker als b abnimmt → R↓; wenn b stärker als η zunimmt→ R↑

Lineare Näherung: $R(\vartheta) = R_{20}(1 + \alpha_{20}\,\Delta\vartheta^2)$; bei $\vartheta\ von - 100°C\ bis\ 200°C$

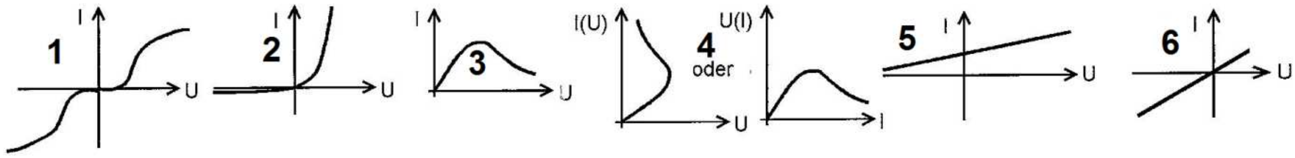
Quadr. Näherung: $R(\vartheta) = R_{20}(1 + \alpha_{20}\,\Delta\vartheta + \beta_{20}\Delta\vartheta^2)$; bei $\vartheta\ von - 100°C\ bis\ 200°C$

 Kaltleiter (PTC-Widerstand) ϑ↑→ T↓

 Heißleiter(NTC- negative temperature coeffizient) ϑ↓→ T↑

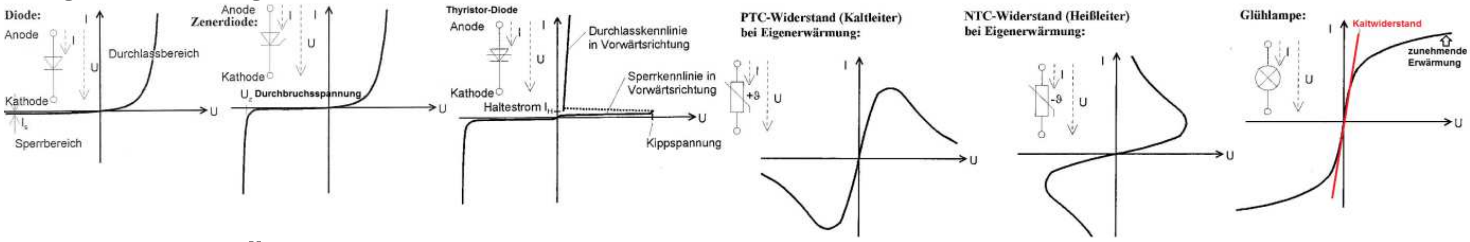
el. Energiequellen

(Bandgenerator (mech.); Dynamo (magn.); Thermoelement, Akku/Batterie (chem.), Solar (piezoel.)



1.) ungepolter Zweipol (Glühbirne,NTC,PTC)
2.) gepolter Zweipol (Diode)
3.) stromgesteuert (Jeder U nur 1 Wert)
4.) spannungsgesteuert (≠)
5.) linear
6.) streng linear

Eigenerwärmung



Diode $I = I_s(e^{\frac{U}{kT/e}} - 1)$; mit *e = Elemetarladung;* bei Zimmertemperatur $\mathrm{kT}/\mathrm{e} \approx 26mV$

Zehnerdiode

Tyristor Diode

Kennlinien $R_1 \oplus R_2 \rightarrow Ströme\ addieren$ $R_1 \parallel R_2 \rightarrow Spannungen\ addieren$

Nichtlineare Widerstände: $R = \frac{U}{I}$

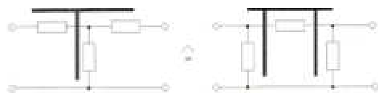
$$\boldsymbol{R_{diff}} = (\frac{\boldsymbol{dU}}{\boldsymbol{dI}})_{\boldsymbol{AP0}} = (\frac{\boldsymbol{\Delta U}}{\boldsymbol{\Delta I}})_{\boldsymbol{Tangente\ im\ AP0}}$$

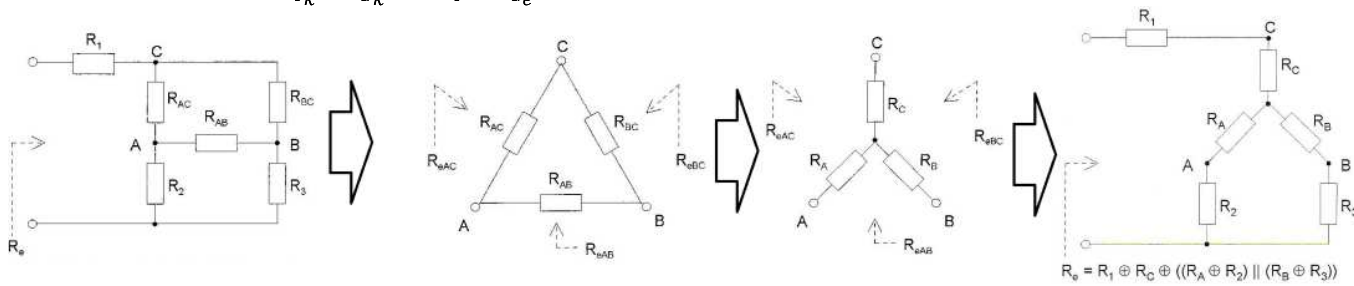
$$\boldsymbol{R_{stat}} = \frac{\boldsymbol{U_0}}{\boldsymbol{I_0}}$$

Kirchhoff

Spannungsteilerregel: $\frac{U_i}{U_k} = \frac{R_i}{R_k}$ und $\frac{U_i}{U} = \frac{R_i}{R_e}$

Stromteilerregel: $\frac{I_i}{I_k} = \frac{G_i}{G_k}$ und $\frac{I_i}{I} = \frac{G_i}{G_e}$



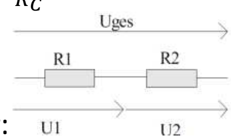


Dreieckssterumformung: $R_A = \frac{R_{AB}R_{AC}}{R_{AB}+R_{BC}+R_{AB}}$; $R_B = \frac{R_{AB}R_{BC}}{R_{AB}+R_{BC}+R_{AB}}$; $R_C = \frac{R_{AC}R_{BC}}{R_{AB}+R_{BC}+R_{AB}}$

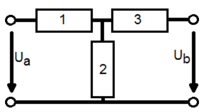
Stern-Dreiecksumformung: $R_{AB} = R_A+R_B + \frac{R_A R_B}{R_C}$; $R_{BC} = R_B+R_C + \frac{R_B R_C}{R_A}$; $R_{AC} = R_A+R_C + \frac{R_A R_C}{R_A}$

$R_A \parallel R_B = \frac{R_A R_B}{R_A+R_B}$;

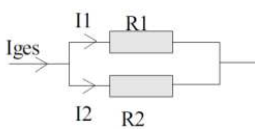
Spannungsteiler:



$U_i = U_{ges} * \frac{R_i}{R_{ges}}$;



Stromteiler:



$I_i = I_{ges}\frac{R_{ges}}{R_i}$

$U_b = \frac{R_2}{R_1+R_2}U_a$

Grundstromkreis

Innenwiderstand der realen Spannungsquelle: $R_i = \frac{U_L}{I_K}$ ohne $I_k \rightarrow R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$

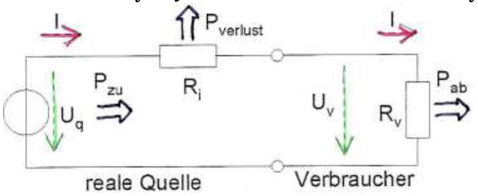
Leistung: $\boldsymbol{P = UI = GU^2 = RI^2}$ $= \eta A Q_{LT} \frac{\Delta x}{\Delta t} El = \eta A Q_{LT} v U = IU$

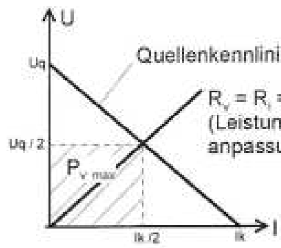
Wirkungsgrad im Grundstromkreis Energie = Leistung x Zeit

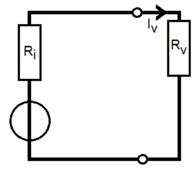
Wirkungsgrad als Energieverhältnis $\eta = \frac{abgeführte\ Energie}{zugeführte\ Energie}$

Wirkungsgrad als Leistungsverhältnis $\eta = \frac{abgeführte\ Leistung}{zugeführte\ Leistung}$ $\eta = \frac{P_v}{P_i + P_v} = \frac{R_v}{R_i + R_v}$

$U_V = U_q \frac{R_V}{R_i + R_v}$; $I_V = \frac{U_q}{R_i + R_v} = \frac{U_V}{R_V}$







$P_{zu} = U_q I = \frac{{U_q}^2}{R_i + R_v}$; $P_{ab} = U_V I = \frac{{U_q}^2 R_v}{(R_i + R_v)^2}$; $P_{ab\ normiert} = \frac{4\, R_i / R_v}{(R_i / R_v)^2}$

Maximale Leistung,die man einem System entnehmen kann $(R_{ie} = R_v) \rightarrow \boldsymbol{P_{ab\ max}} = \frac{\boldsymbol{U_q}^2}{4R_i} = \frac{\boldsymbol{U_q}^2}{4R_v}$

Leistungsanpassung: allgemein gilt $P_{ab}(R_v) = \frac{{U_q}^2 R_v}{(R_i + R_v)^2}$;

Maximum der abg. Leistung: $P = {U_q}^2 \frac{{R_i}^2 - {R_v}^2}{(R_i + R_v)^4}$; mit $R_{opt} = R_V = R_i$ bei Leistungsanpassung

$\eta_{Leistungsanpassung} = {}^1/_2;\quad \rightarrow P_{ab\ max} = \frac{\left({}^{U_q}/_2\right)^2}{R_i} = \frac{{U_q}^2}{4R_i}$; gilt nur für lineare R_i& R_v

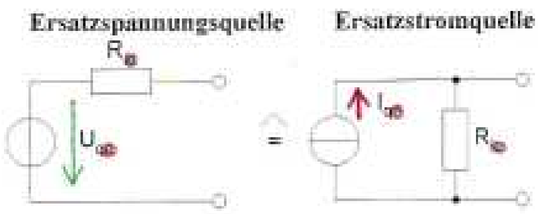
Analyse linearer Netzwerke

Helmholtz Überlagerungsverfahren: 1.)Alle bis auf eine Quelle stilllegen

2.)Ströme und Spannungen berechnen →andere Quellen genauso

3.)gesamter Strom/Spannung = Summe der Teilströme/-spannungen

Ersatzquellenverfahren:



Direkte Anwendung der kirchhoffschen Gesetze:

Netzwerk-Graph und vollständiger Raum: n Knoten + z Zweige

Aufstelle eines Gleichungssystems (Matrix)

Z	unabhängige Zweiggleichungen	
k-1	"	KP-Gleichungen
z-(k-1)	"	MS-Gleichungen
2 z	"	Gleichungen

Knotenpunktanalyse: 1.) Bezugsknoten mit Bezugspotential $\varphi = 0$ als Knoten 0 festlegen

2.) andere Knoten nummerieren

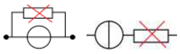
3.)Spannungszählpfeile einzeichnen (von großen zu kleinen Knotennummern)

4.) Aufstellen einer mod.KP-Gleichung (Ströme von Knoten weg = positiv)

5.) Spannungen zwischen Knoten mit φ ausdrücken + Quellen rechts

6.) Matrix $[G] * U_{i0}] = I_q]$

Leitwärtsmatrix: - Hauptdiagonale = Summe aller Knoten verbundender Leitwärte
- Übrige Matrixelemente = negativer Leitwert zwischen Knoten i und Knoten j
- Stromquellenvektor = Summe aller Ströme, der Stromquellen die am Entsprechenden Knoten zufließen (+) bzw abfließen (-)
- Kontrolle $\xrightarrow[0]{[\ldots\ldots\ldots\ldots]}$ mit Bezugsknoten 0

Behandlung realer und idealer Spannungsquellen: 

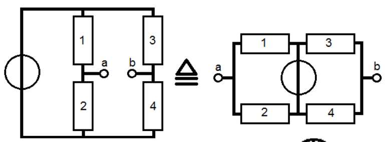
1.) Reale Spgs.quellen in entspr. Stromquellen umwandeln + ideale Spg.quellen weg $R_i = 0$
2.) Bezugsknoten 0 !!!!Superknoten!!!!
3.) Knoten nummerieren
4.) Knotenleitwärtsmatrix aufstellen + Stromquellenvektor → Kontrolle
5.) mod. Gleichstrom-KPA $[\tilde{G}] * U_{i0}] = \tilde{I_q}]$ Zeile i+k in i

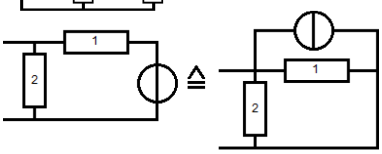
→ k nur noch $U_{q1} = \varphi_2 - \varphi_1 = \begin{bmatrix} \underbrace{-1}_{U_{10}} & \underbrace{1}_{U_{20}} \end{bmatrix} = U_{q1}$

Quellenkennlinie

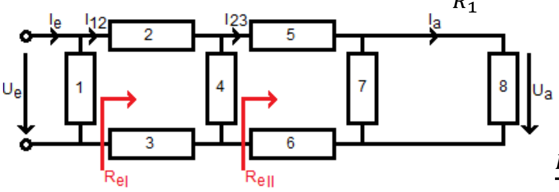
a) lineare Bauelemente $\mathrm{U_L}, \mathrm{I_k}$ eintragen → Quellenkennlinie

b) nicht lineare Bauelemente → Spiegelung der $\mathrm{R_i}$-Kennlinie an $\frac{U_q}{2}$ (Spannungsquelle)bzw $\frac{I_q}{2}$





$I_1 = \frac{U_1}{R_1}$



$$\frac{I_a}{I_e} = \frac{I_a}{I_{23}}\frac{I_{23}}{I_{12}}\frac{I_{12}}{I_e} = \frac{R_7}{R_7+R_8} * \frac{R_4}{R_4+R_{eII}} * \frac{R_1}{R_1+R_{eI}}$$

Strömungsfeld: $\vec{J} = \frac{\vec{\boldsymbol{I}}}{\boldsymbol{A}}$

E-Feld: $\vec{E} = \frac{\vec{J}}{\kappa}$

Spannung: $\vec{U} = \int \vec{E}\, d\vec{s}$