Schaltvorgänge an linearen elektrischen Netzwerken

Problemstellung

Bisher wurde die Netzwerksberechnung nur für den sog. **eingeschwungenen Zustand** bei Gleich- und Wechselspannung durchgeführt.
Übergangsvorgänge (Ein- und Ausschalten der Quellen, Zu- und Abschalten von Verbrauchern) wurde dabei nicht betrachtet.

In der Praxis kommen aber Ausgleichsvorgänge häufig vor und können zu besonderen und z.T. kritischen Strom- und Spannungszuständen in Netzwerken führen,

z.B.

- Schaltüberspannungen im Netz, die deutlich über den betriebsmäßigen Spannungspegeln liegen
- Schwingungszustände in Gleichstromnetzwerken

Ausgleichsvorgänge können aber auch gezielt für technische Aufgaben genutzt werden, z.B.

- Erzeugung von definiert impulsförmigen Strom- und Spannungsverläufen (Prüftechnik)

Schaltvorgänge mit Gleichspannungserregung bei linearen Netzwerken

Berechnungsalgorithmus

① u-i-Beziehungen der Schaltung für $t \geq t_0$ aufstellen
(Knotensatz, Maschensatz u.a.)

z.B. $U_q = i(t) \cdot R + u_c(t)$ und $i(t) = i_c(t) = C \cdot \frac{du_c}{dt}$

② Differentialgleichung aufstellen

z.B. $R \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt} + u_c = U_q$

Anfangswerte/Endwerte für Ströme, Spannungen vorgeben bzw. aus Aufgabenstellung ermitteln
Schaltungsanalyse für $t < t_0$; $t = t_0$; $t >> t_0$
Stetigkeit von u_c und i_L beachten

③ Lösung der Differentialgleichung,
Berechnung des Zeitverlaufs u(t) oder i(t)

z.B. $u_c(t) = k \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + U_q$ mit $\tau = R \cdot C$

Konstanten mit Hilfe der Anfangsbedingungen berechnen

z.B. $u_c(t=0) = 0 \;\Rightarrow\; k = -U_q$

Lösung

z.B.: $u_c(t) = U_q(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

Schaltvorgänge bei Wechselspannung
Grundlagen, Parameter

1. Einschaltvorgänge können bei konstanter WS-Quelle durch folgenden Lösungsansatz beschrieben werden:

$a(t) = a_f(t) + a_e(t)$

mit $a_f(t)$ - flüchtiger *(transienter)* Anteil, Ausgleichsvorgang
Lösung aus homogener Diff.-Glg.

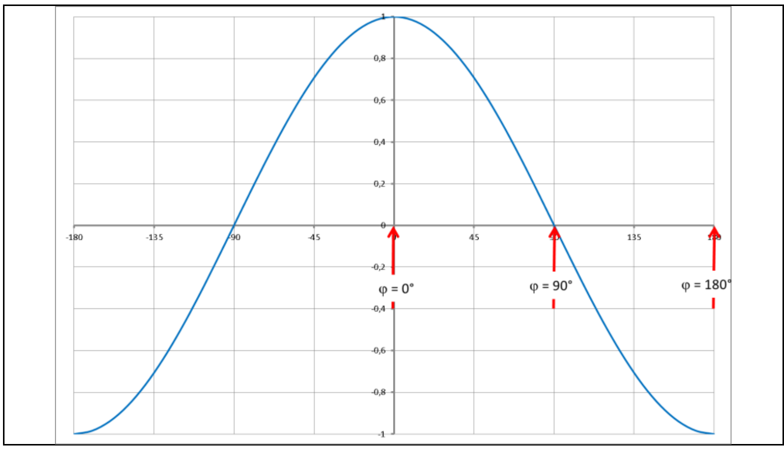
und $a_e(t)$ - eingeschwungener Anteil für $t \to \infty$
partikuläre Lösung
für sinusförmige Wechselgrößen - Lösung aus komplexer Rechnung

2. Quellenspannung $u_q(t)$ bzw. Quellenstrom $i_q(t)$ haben einen zusätzlichen Parameter

Bsp.: $u_q(t) = \hat{u}_q \cdot \cos(\omega t + \varphi_{uq})$

φ_{uq} - Parameter für Schaltmoment t_0
(Schaltwinkel, Schaltphase)

mi $t_0 = 0 \to u_q\,(t = 0) = \hat{u}_q \cdot \cos\varphi_{uq}$



φ_{uq}	u_{q0}
0°	$\hat{u}_q$
90°	0
180°	$-\hat{u}_q$