

Aufgabe 1: Drehstrom (12 Punkte)

Gehen Sie von einem symmetrischen Drehstromsystem aus. Gegeben ist die Quelle mit Innenwiderstand wie in Abbildung 1 zu sehen.

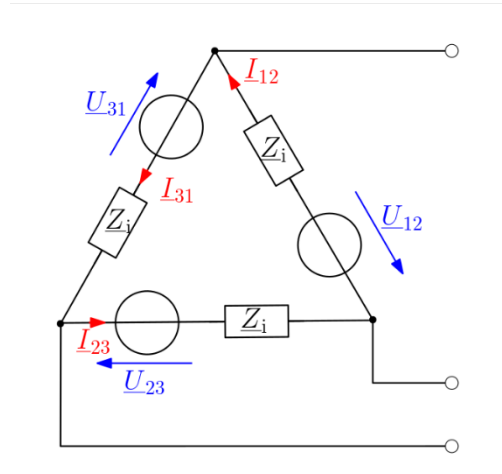


Abbildung 1: Quelle mit Innenwiderstand

Folgende Werte seien gegeben: $\underline{U}_{23} = 690 \text{ V} \cdot e^{-j120^\circ}$ und $\underline{Z}_i = 10 \Omega \cdot e^{j70^\circ}$

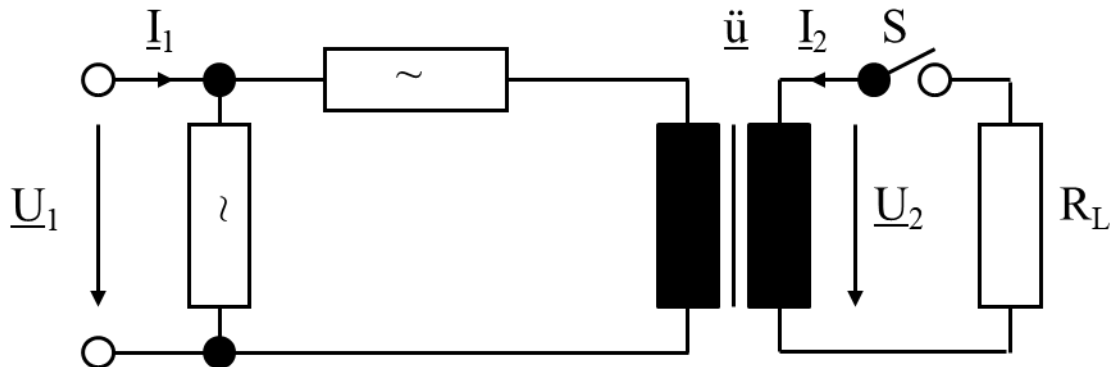
1a) Berechnen Sie zunächst den Strom \underline{I}_{23} nach Betrag und Phase und dann den komplexen Strom \underline{I}_{L2} bei kurzgeschlossenen Ausgangsklemmen. (4 Punkte)

1b) Verschalten Sie die Schaltung aus 1a) in eine Sternschaltung und zeichnen Sie das einphasige Ersatzschaltbild. Beschriften Sie alle Elemente. (Der Kurzschluss an den Ausgangsklemmen soll bestehen bleiben) (4 Punkte)

1c) Berechnen Sie die in der Schaltung aus 1b) umgesetzte Leistung \underline{S} . Geben Sie den Leistungsfaktor $\cos(\varphi)$ an. (4 Punkte)

Aufgabe 2: Transformator (13 Punkte)

Ein Transformator zum Laden eines E-Bikes wird mit $\underline{U}_{1N} = 230 \text{ V}$ Eingangsspannung betrieben. An die sekundären Klemmen wird ein Lastwiderstand über einen Schalter angeschlossen.



Im Leerlauf bei offenem Schalter beträgt die sekundäre Leerlaufspannung $\underline{U}_{20} = 40 \text{ V}$ bei einer primären Leistung von $\underline{S}_{10} = 20 \text{ VA} \cdot e^{j80^\circ}$. Im Bemessungsbetrieb bei geschlossenem Schalter nimmt der Transformator primär $\underline{I}_{1N} = 0,7 \text{ A} \cdot e^{-j20^\circ}$ an einer Last von $R_L = 10 \Omega$ auf.

2a) Bezeichnen Sie die Bauelemente Leerlaufimpedanz \underline{Z}_0 , Kurzschlussimpedanz \underline{Z}_K und den bezogenen Sekundärstrom $\underline{I}_2' = \frac{I_2}{\underline{u}}$ im oben stehenden L- Ersatzschaltbild! (3 Punkte)

2b) Berechnen Sie die Leerlaufimpedanz \underline{Z}'_0 (2 Punkte)

2c) Berechnen Sie das Leerlaufübersetzungsverhältnis \underline{u} . (2 Punkte)

2d) Berechnen Sie den auf die Primärseite bezogenen Lastwiderstand \underline{R}'_L . (2 Punkte)

2e) Berechnen Sie die Längsimpedanz \underline{Z}'_K ! (2 Punkte)

2f) In den meisten Ladegeräten wird die Netzfrequenz von 50 Hz mittels Leistungselektronik bei gleichbleibender Spannung auf eine deutlich höhere Frequenz von etwa 100 kHz umgeformt. Welchen Vorteil hat dies für den Transformator? (2 Punkte)

Aufgabe 3: Batterien (15 Punkte)

Für eine neue europäische Raumstation soll ein Batteriespeicher ausgelegt werden. Hierzu wird zunächst das Leistungsprofil der Raumstation betrachtet, um die notwendige Mindestgröße des Energiespeichers zu bestimmen. Die Raumstation bewegt sich in 80 min einmal um die Erde. Wenn sie sich auf der Sonnenseite der Erde befindet, wird hier Energie durch PV-Module erzeugt. Während des Aufenthaltes auf der Schattenseite soll die gespeicherte Energie der Batterie genutzt werden.

(Hinweis: Die Lade- und Entladekapazität sind stets gleich und Alterungseffekte sind zu vernachlässigen.)

1a). Bestimmen Sie die benötigte Mindestenergie E_{min} des Batteriespeichers. (3 Punkte)

(Diagramm nach der Aufgabenstellung, siehe Abbildung 1 Leistungsdiagramm)

1b) Der Batteriespeicher wird während der Zeit auf der Sonnenseite wieder geladen. Geben Sie den Verlauf des Ladezustands (SOC in %) an und kennzeichnen Sie den Zeitpunkt im Diagramm, an dem der Speicher vollständig geladen ist. Beginnen Sie mit einer vollständig geladenen Batterie. (6 Punkte)

Hinweis: Sollten sie a) nicht gelöst haben nehmen Sie $E_{min} = 6 \text{ kWh}$ für alle nachfolgenden Aufgaben an

(Diagramm nach der Aufgabenstellung, siehe Abbildung 2 Ladezustandsdiagramm)

1c) Es sollen NMC Zellen mit einer Nennkapazität von $C_{N,Zelle} = 3000 \text{ mAh}$ und einer Nennspannung von $U_{N,Zelle} = 3,2 \text{ V}$ für die Batterie verwendet werden. Die Systemspannung der Raumstation beträgt 240V. Berechnen Sie den Aufbau der Batterie und geben Sie hierzu die Anzahl der parallel (n_p), seriell (n_s) und der insgesamt (n_{ges}) geschalteten Zellen an, sowie die resultierende Gesamtenergie der Batterie ($E_{Batterie}$). (4 Punkte)

1d) Für die Transportkosten zur Raumstation ist ein Budget von 520.000 € geplant. Überprüfen Sie, ob Sie mit den spezifischen Transportkosten von 5500 €/kg und einer spezifischen Energie der Batterie von 84,59 mWh/g im Budgetrahmen bleiben. (2 Punkte)

Hinweis: Sollten sie c) nicht gelöst haben nehmen Sie $E_{Batterie} = 6480 \text{ Wh}$

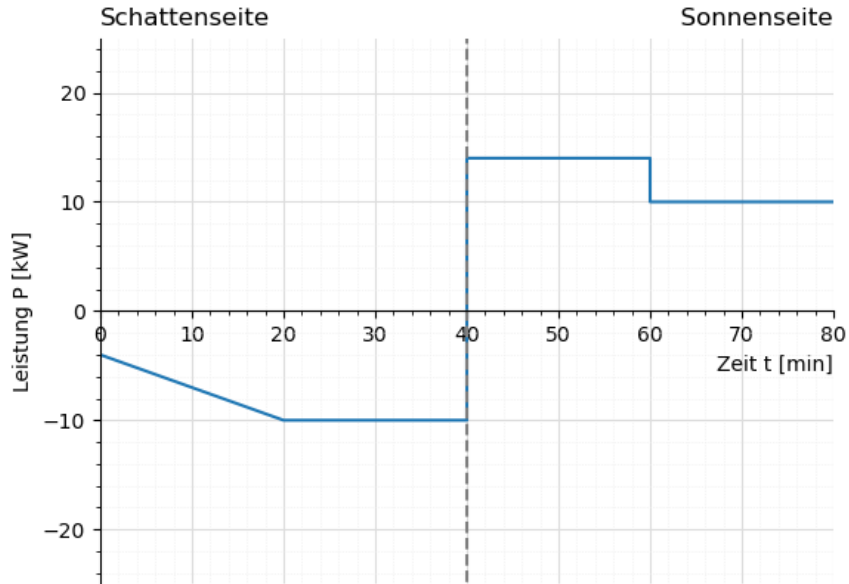


Abbildung 2 Leistungsdiagramm zu Aufgabe (1a)

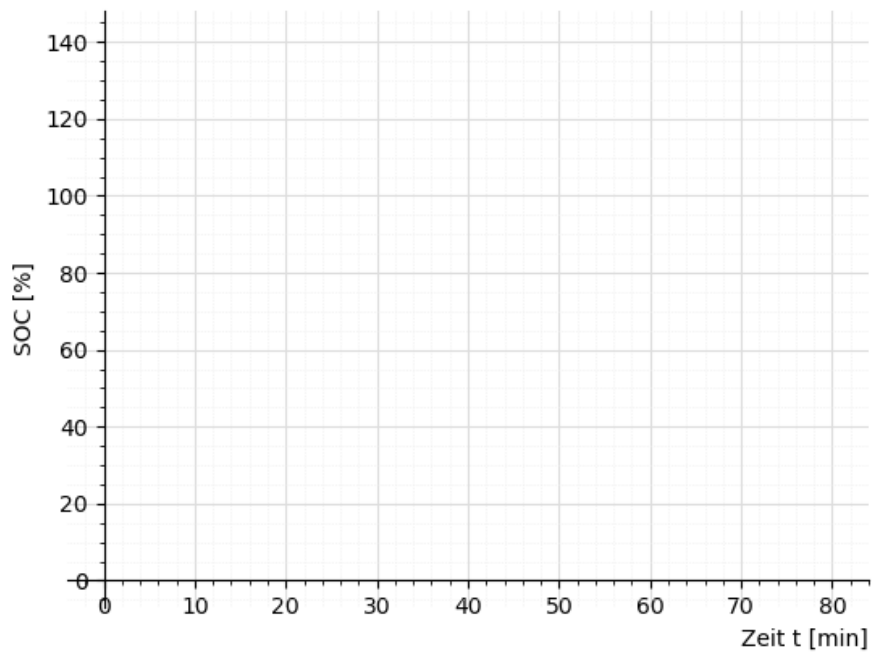


Abbildung 3 Ladezustandsdiagramm zu Aufgabe (1b)