

Ausarbeitung Energieversorgung

www.fet.at

24. März 2013

Zum Geleit

Die Energie kann als Ursache für alle Veränderungen in der Welt angesehen werden.

– Werner Heisenberg, deutscher Physiker und Philosoph (1901-1976)

1 Sicherheitsregeln

Für Arbeiten an und in elektrischen Anlagen gelten die folgenden fünf Sicherheitsregeln:

1. Allpolig und allseitig abschalten (Freischalten)
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Auf Spannungsfreiheit prüfen
4. Erden und Kurzschließen
5. Gegen benachbarte unter Spannung stehende Teile schützen

Zum leichteren Merken der Sicherheitsregeln: <http://bit.ly/onluCh>

2 Grundlagen der Energieversorgung

2.1 Welche Aufgaben hat die Energieversorgung?

- Primärenergieträger verfügbar machen (Kohle, Gas, Wasserkraft, Wind, Sonne)
- Umwandlung in verschiedene andere Energieformen (Elektrizität, Wärme)
- Transport der Energie zu den Endkunden (Strom-, Gas-, Wärmenetze)
- Verteilung der Energie bei den Endkunden (Hausanschluss für Strom, Gas, Wärme)

2.2 Welche Anforderungen müssen Energieversorgungssysteme erfüllen?

- Sichere und zuverlässige Versorgung
Ausfälle so kurz als möglich, Bedarf muss gedeckt sein
- Wirtschaftliche Energieversorgung
geringer Preis und stabiler Preis
- Umweltschonende Energieversorgung
so wenig wie möglich Emissionen sowie Zerstörung der Umwelt durch Leitungen und Wasserkraftwerke, Windparks

2.3 Was versteht man unter Reserven, Ressourcen und der statischen Reichweite von nichterneuerbaren Energieträgern?

- Reserve
wieviel Erdöl (oder was anderes) lässt sich wirtschaftlich fördern
- Ressource
wieviel Erdöl (oder was anderes) ist noch vorhanden, lässt sich aber nicht wirtschaftlich fördern
- statistische Reichweite
wie lange reichen die Ressourcen/Reserven noch: $Reserve = \frac{Weltvorräte}{Jahresverbrauch}$

2.4 Welche nichterneuerbaren Energieträger gibt es?

- Uran
- Erdöl
- Stein/Braunkohle
- Erdgas

2.5 Welche erneuerbaren Energieträger gibt es?

- Biomasse
- Sonne
- Holz
- Wasserkraft
- Wind
- Geothermie

2.6 Wie setzt sich der Energieverbrauch in Österreich zusammen?

- ca. 40% Erdöl
- ca. 20% Gas
- ca. 20% sonstige erneuerbare
- ca. 10% Wasser
- ca. 10% Kohle

2.7 Welche Rolle spielt die Wasserkraft in der Energieversorgung Österreichs?

Anteil an Wasserkraft ist in Österreich besonders hoch. Er beträgt 10% des Gesamtenergieverbrauches. Möglich ist das, aufgrund der topografischen Situation Österreichs. 60% des österreichischen Stromes wird aus Wasserkraft erzeugt.

2.8 Welche Aufgaben haben elektrische Energiesysteme?

- Energie verlustfrei übertragen und verteilen
- Spannungsschwankungen gering halten bei Be- und Entlastungen
- Ausreichende Überlastbarkeit bei Ausfällen von Komponenten
- Schnelle Wiederversorgung nach Spannungsunterbrechungen

2.9 Welche Nachteile haben Gleichstromsysteme?

- Gleichstrom kann nicht einfach in andere Spannungsebenen transformiert werden
- Abschalten ist schwierig, da keine Nulldurchgänge \rightarrow Funke reißt nicht ab
- Heute wieder in Einsatz bei Seekabeln und zum Kuppeln nichtsynchrone Drehstromsysteme

3 Grundlagen der Berechnung

3.1 Was versteht man unter Amplitude, Effektivwert, Periodendauer und Frequenz sinusförmiger Wechselgrößen?

Zeitlicher Verlauf lässt sich darstellen als $U(t) = \hat{U} \cos(\omega t + \varphi_u)$.

- Amplitude: \hat{U} ist der Maximalwert der Wechselgröße
- Frequenz: $f = \frac{\omega}{2\pi}$ gibt an, wie oft sich die Wechselgröße pro Sekunde wiederholt
- Periodendauer: $T = f^{-1} = \frac{2\pi}{\omega}$ gibt an, wie lange es dauert bis sich die Wechselgröße wiederholt.
- Effektivwert: $U = U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt}$ bei einer Sinusgröße gilt $U = \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{U}$. U entspricht der Höhe einer Gleichspannung, die die gleiche Leistung verursacht.

3.2 Welche Größe haben diese Werte z.B. für eine Spannung im 0,4kV-Netz?

Als Nennspannungen in Drehstromsystemen werden generell die verketteten Spannungen verwendet. Deshalb spricht man beim Niederspannungsnetz für Hausanschlüsse auch vom 0,4kV-Netz und nicht vom 230V Netz

$U = 400V$, $\hat{U} = 400 \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{2} V \approx 325V$, $f = 50\text{Hz}$ in Europa

3.3 Wie kann man eine sinusförmige Wechselgröße mittels eines komplexen Zeigers darstellen?

$$\hat{Z} \cos(\varphi) = \Re\{\hat{Z} e^{j\varphi}\} = \Re\{\underline{Z}\} = \hat{Z} \frac{1}{2} (e^{j\varphi} + e^{-j\varphi}) = \frac{1}{2} (\underline{Z} + \underline{Z}^*)$$

3.4 Was versteht man unter Augenblicksleistung, Wirkleistung, Blindleistung und Scheinleistung im Wechselstromsystem?

- Augenblicksleistung: $p(t) = U(t) \cdot I(t)$ ist der Momentanwert der Leistung
- Wirkleistung: $P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{2} \hat{U} \hat{I} \cos(\varphi_u - \varphi_i) = UI \cos(\varphi_u - \varphi_i) = \Re\{\underline{U} \underline{I}^*\}$ ist der Mittelwert der Momentanleistung
- Blindleistung: $Q = \Im\{\underline{U} \underline{I}^*\} = UI \sin(\varphi_u - \varphi_i)$
- Scheinleistung: $S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$ ist der Betrag der Komplexen Scheinleistung $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$

3.5 Wie sind Wirkstrom und Blindstrom im Wechselstromsystem definiert?

- Wirkstrom $I_W = I \cos(\varphi_u - \varphi_i)$
- Blindstrom $I_B = I \sin(\varphi_u - \varphi_i)$

3.6 Was versteht man unter einem Drehstromsystem und wie kann es aus einzelnen Wechselstromsystemen zusammengesetzt werden?

Ein Drehstromsystem wird aus 3 Wechselstromsystemen gleicher Frequenz aber um $\frac{2\pi}{3}$ (120°) verschobener Phase gebildet.

3.7 Was sind die Vorteile von Wechselstromsystemen gegenüber Gleichstromsystemen

- leichte Transformierbarkeit
- bessere Schaltbarkeit

3.8 Was ist der Vorteil von Drehstromsystemen gegenüber Wechselstromsystemen?

- zeitlich konstante Leistung

3.9 Was bedeutet Sternschaltung oder Dreieckschaltung von Spannungsquellen in Drehstromsystemen?

- Dreieckschaltung:
Die Last ist zwischen die einzelnen Phasen geschaltet.
- Sternschaltung:
Die Last ist zwischen jeweils einer Phase und dem Sternpunkt geschaltet.

3.10 Was versteht man unter „verketteter Spannung“ und wie wird die Nennspannung von Drehstromsystemen angegeben?

Die verkettete Spannung ist die Spannung zwischen 2 Phasen. Als Nennspannungen in Drehstromsystemen werden generell die verketteten Spannungen verwendet.

3.11 Was versteht man unter Augenblicksleistung, Wirkleistung, Blindleistung und Scheinleistung in Drehstromsystemen?

- Augenblicksleistung: $p(t) = U_{aN}(t) \cdot I_a(t) + U_{bN}(t) \cdot I_b(t) + U_{cN}(t) \cdot I_c(t) = P + \tilde{p}(t)$ ist der Momentanwert der Leistung
- Wirkleistung: $P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \Re(\underline{U}_{aN} \underline{I}_a^* + \underline{U}_{bN} \underline{I}_b^* + \underline{U}_{cN} \underline{I}_c^*)$. Wenn sowohl die Spannungen als auch die Ströme symmetrisch sind gilt: $P = 3UI \cos(\varphi_u - \varphi_i)$ und für den pulsierenden Anteil gilt: $\tilde{p} = 0$
- Blindleistung: $Q = \Im(\underline{U}_{aN} \underline{I}_a^* + \underline{U}_{bN} \underline{I}_b^* + \underline{U}_{cN} \underline{I}_c^*)$ bei Symmetrischen Drehstromsystemen gilt: $Q = 3UI \sin(\varphi_u - \varphi_i)$
- Scheinleistung: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ Ist in symmetrischen Drehstromsystemen $S = 3UI$

3.12 Welche Transformationen für Drehstromsysteme kennen Sie? Wie lauten die Transformationsvorschriften und welche Voraussetzungen müssen für ihre Anwendung erfüllt sein?

Man kann ein Drehstromsystem in seine symmetrischen Komponenten aufspalten. Die Transformationsvorschrift lautet:

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_{(0)} \\ \underline{V}_{(1)} \\ \underline{V}_{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_a \\ \underline{V}_b \\ \underline{V}_c \end{bmatrix}$$

3.13 Was versteht man unter Mitsystem, Gegensystem und Nullsystem und wie können diese Komponenten mittels einer Messschaltung ermittelt werden?

- Das Mitsystem $\underline{V}_{(1)}$ beschreibt den symmetrischen Idealbetriebszustand. Beim einem symmetrischen Drehsystem verschwinden alle Komponenten bis auf das Mitsystem. Das Mitsystem beschreibt ein Drehfeld, das die gleiche Drehrichtung wie der Generator aufweist.
- Das Gegensystem $\underline{V}_{(2)}$ beschreibt Betriebsvorgänge gegen der normalen Drehrichtung des Systems. Diese Komponente entsteht beispielsweise bei unsymmetrischer Belastung des Systems.
- Das Nullsystem $\underline{V}_{(0)}$ beschreibt Vorgänge die in allen 3 Phasen gleichzeitig ablaufen. Ein Nullsystem kann nur existieren wenn ein Neutralleiter vorhanden ist.

3.14 Erläutern Sie den Begriff symmetrische Impedanzkomponenten.

Wenn man die symmetrische Transformation auf die Impedanzmatrix anwendet ergeben sich symmetrische Impedanzkomponenten.

3.15 Was versteht man unter einem symmetrischen Betriebszustand?

Wenn nach der Transformation nur eine symmetrische Komponente $\neq 0$ ist spricht man von einem symmetrischen Betriebszustand.

3.16 Warum ist die Berechnung symmetrischer Betriebszustände in symmetrischen Komponenten besonders einfach?

Weil bei der Transformation nur eine symmetrische Komponente $\neq 0$ ist. Somit reduziert sich der Rechenaufwand.

3.17 Erläutern Sie die Transformation von Fehlerbedingungen in symmetrischen Komponenten und welche Kopplungen zwischen den Komponenten an der Fehlerstelle auftreten bei 1/2/3-poliger Leiterunterbrechung bzw 1/2/3-poligem Kurzschluss mit/ohne Erdberührung.

z.B. Kurzschluss ohne Erdberührung zwischen Phase a und Phase b:

1. Fehlergleichungen aufstellen

$$\begin{aligned} \underline{I}_{a,F} + \underline{I}_{b,F} &= 0 \\ \underline{I}_{c,F} &= 0 \\ \underline{U}_{aN,F} &= \underline{U}_{bN,F} \end{aligned}$$

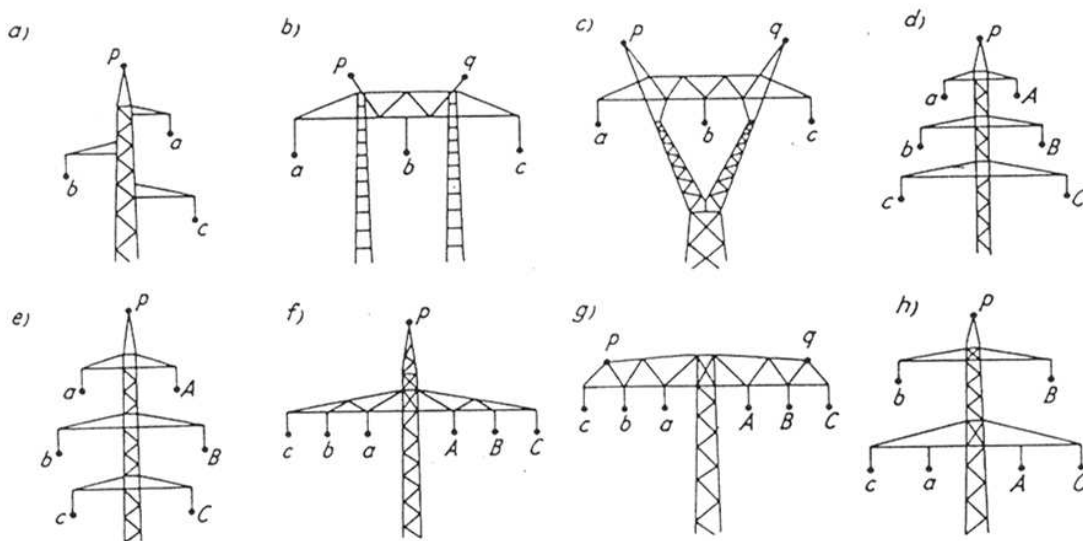
2. Strom und Spannungsvektoren transformieren
3. Vektoren vereinfachen

4 Betriebsmittel in Elektro-Energiesystemen

4.1 Welche Arten von Drehstromleitungen kennen Sie?

- Stromschienen:
Für kurze Leitungen, kann auch als gasisolierte Leitung (GIL) für längere Entfernungen eingesetzt werden
- Freileitungen:
hochbelastbar, da gut gekühlt, preiswerter und besser zugänglich als Kabel
- Kabel:
können sowohl unter- als auch oberirdisch verlegt werden, geringere Ausfallrate und bessere öffentliche Akzeptanz, teurer als Freileitungen

4.2 Welche Mastkopfbilder für Drehstromfreileitungen kennen Sie?



A,B,C,a,b,c Leiterseile, p,q Erdseile

- | | |
|---|------------------------------------|
| (a) Mittelspannungsleitung | (e) Tonnenform |
| (b), (c) Einebenen-Hochspannungsleitung | (f), (g) Einebenen-Doppelleitungen |
| (d) Tannenform | (h) Donauform |

4.3 Was versteht man unter Tragmasten, Abspannmasten und Verdrillungsmasten?

- Tragmasten tragen nur die Last (Isolatoren hängen senkrecht nach unten)
- Abspannmasten sind zum Verringern der Zugbelastung auf die Leiterseile (Isolatoren hängen Schräg, 2 Isolatoren pro Seil)
- Verdrillungsmasten dienen zum Wechseln der Position der Phasen. (Symmetriegründe)

4.4 Beschreiben Sie den grundsätzlichen Aufbau eines Freileitungsseils.

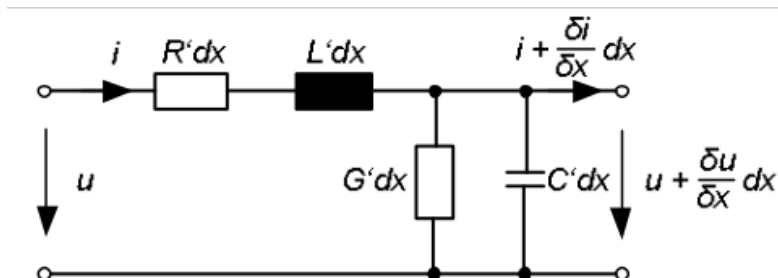
Es gibt eine Stahlsehne in der Mitte des Leitungsseils. Diese dient zum Aufnehmen der Zugbelastung, trägt aber nur wenig zur Leitfähigkeit bei. Außen sind Aluminium oder (selten) Kupferlagen.

4.5 Beschreiben Sie den grundsätzlichen Aufbau eines Einleiter- bzw. Mehrleiterkabels.

- Einleiter: Aluminium- oder Kupferader mit einem Isolator ummantelt. Ggf. noch mit einer Metall- und einer Kunststoffschicht ummantelt.
- Mehrleiter: Aluminium- oder Kupferadern sind einzeln isoliert. Dann (nicht immer) zur Feldsteuerung leitfähig ummantelt. Mehrere dieser Adern sind, in einem gemeinsamen Schutzmantel.

4.6 Was versteht man unter einer homogenen Leitung und wie kann sie mathematisch beschrieben werden?

Eine homogene Leitung ist eine Leitung, deren Eigenschaften sich über die Länge nicht ändern. Diese kann mit folgendem Ersatzschaltbild dargestellt werden.



Man kann die Leitung mit der Telegraphengleichung beschreiben.

$$u + \frac{\delta u}{\delta x} dx = u - R' dx i - L' dx \frac{\delta u}{\delta t}$$

$$i + \frac{\delta i}{\delta x} = G' u + C' \frac{\delta u}{\delta t}$$

umformen und vernachlässigen des Termes mit dx^2 ergibt

$$-\frac{\delta u}{\delta x} = R' i + L' \frac{\delta i}{\delta t}$$

$$-\frac{\delta i}{\delta x} = G' u + C' \frac{\delta u}{\delta t}$$

1. Gleichung nach x , 2. Gleichung nach t und ineinander einsetzen ergibt:

$$\frac{\delta^2 u}{\delta x^2} = R' G' u + (R' C' + L' G') \frac{\delta u}{\delta t} + L' C' \frac{\delta^2 u}{\delta t^2}$$

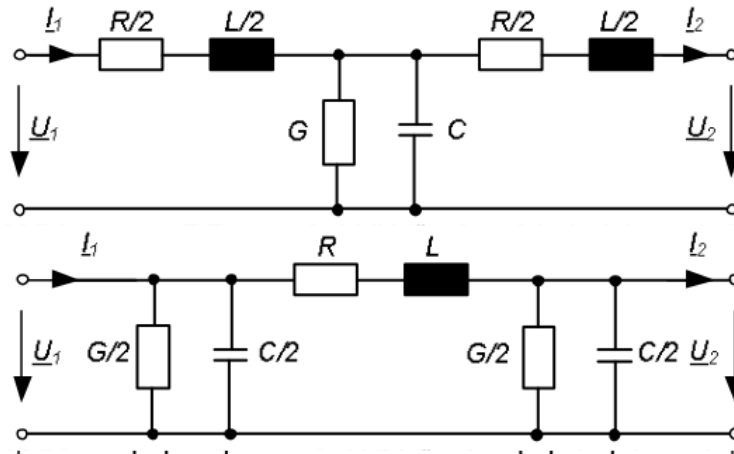
Analoges Vorgehen für Strom. Diese Gleichung beschreibt die Ausbreitung einer Welle auf der Leitung.

4.7 Was versteht man unter dem Wellenwiderstand und der Ausbreitungskonstante einer homogenen Leitung?

- Ausbreitungskonstante $\gamma = \sqrt{(R' + j\omega L')(G' + j\omega C')}$ = $\alpha + j\beta$ wobei α die Dämpfungskonstante und β die Phasenkonstante genannt wird.
- Wellenwiderstand $Z_W = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$

4.8 Welche Ersatzschaltbilder kann man für elektrisch kurze Leitungen verwenden?

Eine kurze Leitung ist eine Leitung, die kurz gegenüber der Wellenlänge der übertragenen Spannung ist. Ersatzschaltbilder können sein:



4.9 Wie werden Widerstandsbelag, Induktivitätsbelag und Kapazitätsbelag von Leitungen bestimmt?

- Widerstandsbelag: $R' = \frac{\rho}{A}\beta$ mit ρ : spezifischer Widerstand, A Querschnittsfläche, β Verflechtungsfaktor
- Induktivitätsbelag & Kapazitätsbelag kann man mittels der Spiegeleitermethode bestimmen.

4.10 Warum und wie werden Leitungen verdrillt?

Verdrillung dient dazu, die Leitungen zu Symmetrieren. Weil ansonsten die mittleren Leiterabstände bzw. der mittlere Erdbabstand nicht für jede Phase gleich ist.

4.11 Was ist ein Bündelleiter und wie wirkt sich ein Bündelleiter auf Widerstandsbelag, Induktivitätsbelag und Kapazitätsbelag aus?

Ein Bündelleiter besteht aus mehreren Einzelleitern welche einen gewissen Abstand zueinander haben.

- Widerstandsbelag wird mit $\frac{1}{n}$ reduziert
- Induktivitätsbelag wird mit $\approx \frac{1}{n}$ reduziert
- Kapazitätsbelag wird mit $\approx n$ erhöht

4.12 Was versteht man unter einer verlustlosen Leitung?

Verlustlos bedeutet $R' = 0$ und $G' = 0$ -> damit gibt es auf der Leitung keine ohmschen Verluste

4.13 Welche Probleme treten bei leerlaufenden Leitungen auf?

Es gibt Spannungs/Stromüberhöhungen durch den Ferrantieffekt

4.14 Was ist das Ziel von Leitungskompensation, und wie kann sie durchgeführt werden?

- Verhindern der Spannungsüberhöhungen aufgrund des Ferrantieffektes
- Blindleistung am Anfang/Ende der Leitung kompensieren damit nur Wirkleistung übertragen wird

4.15 Welche Probleme entstehen beim Betrieb von Kabeln gegenüber Freileitungen verstärkt?

- Durch höheres ε_r kommt es schon bei kürzeren Leitungslängen zu einem wesentlichen Ferrantieffekt
- Durch eine höhere Leitungskapazität entstehen größere kapazitive Blindströme
- Schlechtere Wärmeableitung und dadurch geringere thermische Verlustleistung

4.16 Welche Arten von Transformatoren kennen Sie und wie unterscheiden Sie sich hinsichtlich Aufbau und Verwendung?

- Blocktransformatoren bilden mit dem Generator einen Transformatorblock
- Netzkoppeltransformatoren koppeln unterschiedliche Spannungsebenen in Übertragungsnetzen
- Verteiltransformatoren passen die Spannung von Mittelspannungsnetzen an das Niederspannungsnetz an
- HGÜ-Transformatoren koppeln Hochspannungs-Gleichspannungs-Übertragungsnetze mit Drehstromnetzen

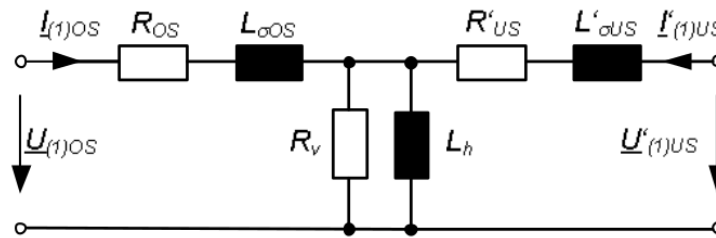
4.17 Welche Informationen enthält die Schaltgruppe eines Drehstromtransformators?

z.B. Dyn5

- D: Dreieckschaltung an der Primärseite
- y: Sternschaltung an der Sekundärseite
- n: Sternpunkt (Neutralleiter) an der Sekundärseite herausgeführt
- 5: $5 \cdot 30^\circ = 150^\circ$ Phasenverschiebung von $\underline{U}_{\text{primär}}$ zu $\underline{U}_{\text{sekundär}}$

4.18 Welche Modelle für Drehstromtransformatoren gibt es und wie unterscheiden sie sich? Welche Gesichtspunkte werden dabei wie modelliert, welche vernachlässigt?

- idealer Übertrager: $\underline{u} = \frac{U_{rTos}}{U_{rTus}}$
- stromidealer Transformator: berücksichtigt Streuinduktivitäten L_S sowie Wicklungsverluste R_S
- berücksichtigen von Magnetisierungsverlusten R_V und Eisenverlusten L_h



4.19 Welche Forderungen müssen erfüllt sein, damit ein Parallelbetrieb von Transformatoren möglich und sinnvoll ist?

- gleiches Übertragungsverhältnis und Phasenlage $\underline{u}_1 = \underline{u}_2$
- gleicher Kurzschlussstrom, weil damit gleiche Verluste $u_{k1} = u_{k2}$
- circa gleiche Leistung weil damit Redundanz $\frac{1}{3} \leq \frac{S_{rT1}}{S_{rT2}} \leq 3$

4.20 Erklären Sie das Zustandekommen von Inrush-Strömen.

Beim Einschalten von Transformatoren kann es aufgrund der Nichtlinearität von Eisen zu sehr hohen Strömen kommen, diese nennt man Inrushströme.

4.21 Welchen Einfluss hat die Sternpunktbehandlung auf das Verhalten im Nullsystem?

Wenn beide Sternpunkte im Transformator fehlen (z.B. beim Yy0 Transformator), so ist das Nullsystem offen. Wenn beide Sternpunkte geerdet sind (z.B. YNyn0) Können Nullströme zwischen den Systemen übertragen werden. Man versucht dies allerdings zu vermeiden weil die Traffoverluste erhöht werden. Bei Dy Transformatoren ist auf der Sekundärseite ein Nullstrom möglich ohne die Verluste zu erhöhen.

4.22 Welche Ausführungen von Synchrongeneratoren kennen Sie?

- Vollpolläufer: Massiver Läufer, die Wicklungen befinden sich in Nuten.
- Schenkelpolläufer: Ausgeprägte Läuferschenkel.

Ehrlich gesagt keine, jedenfalls nicht persönlich.

4.23 Was unterscheidet Synchron- von Asynchronmaschinen?

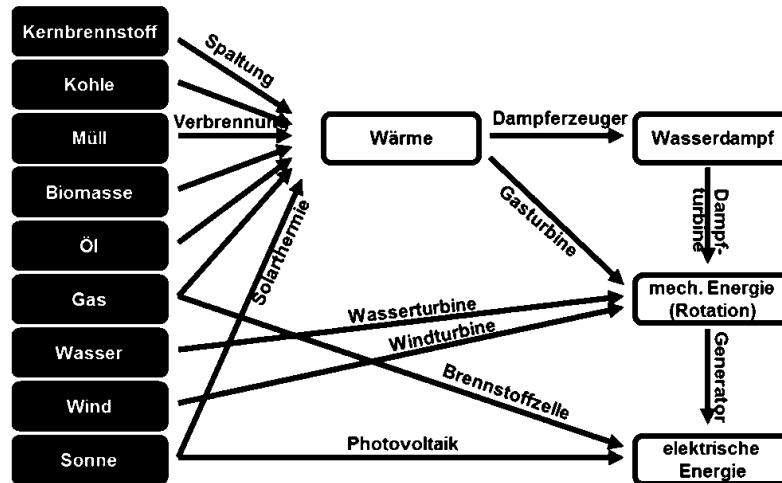
Synchronmaschinen haben keinen Schlupf, d.h. der Rotor dreht sich synchron zur Netzfrequenz. Asynchronmaschinen benötigen den Schlupf weil über die induzierten Ströme das Rotormagnetfeld aufgebaut wird.

4.24 Wofür werden Drosselspulen in elektrischen Energiesystemen eingesetzt?

- Ladestromdrosseln werden zur Leistungsanpassung benutzt.
- Kurzschlussbegrenzungsdrosseln werden zum Begrenzen des Kurzschlussstromes benutzt. Sie verursachen permanent Verluste, da sie nicht erst im Kurzschlussfall zugeschaltet werden können.

5 Energiewandlung

5.1 Beschreiben Sie die grundsätzlichen Wege der Energiewandlung



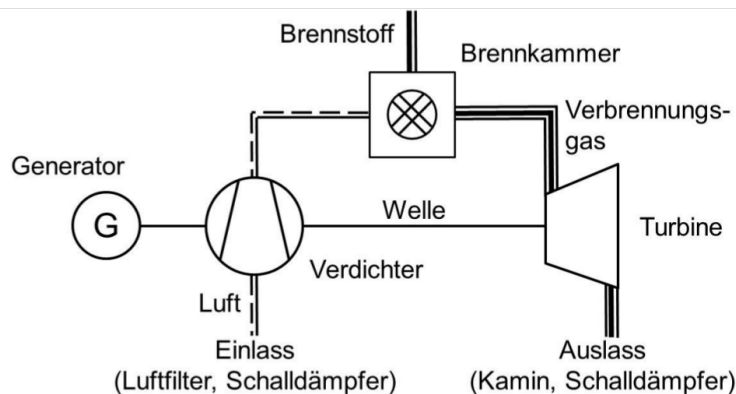
5.2 Welche Bewertungsfaktoren für das Dargebot an Energie kennen Sie?

- Wertigkeit
- Leistungsdichte
- Erntefaktor
- Stromgestehungskosten
- Volllaststunden

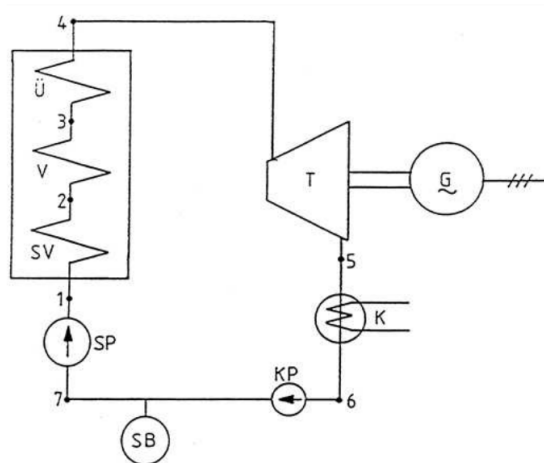
5.3 Erläutern Sie die Begriffe Wertigkeit, Leistungsdichte, Erntefaktor, Stromgestehungskosten und Volllaststunden. Wie unterscheiden sie sich zwischen einem fossil befeuerten thermischen Kraftwerk und einem Kraftwerk mit regenerativem Energieträger?

- Die Wertigkeit drückt die Verfügbarkeit des Dargebots an Primärenergie aus (zeitliche Gleichmäßigkeit und Prognostizierbarkeit)
- Die Leistungsdichte $\frac{W}{m^2}$ beschreibt, wie groß der Flächenverbrauch für die Gewinnung und Verarbeitung des Energieträgers ist.
- Der Erntefaktor beschreibt das Verhältnis der Gesamt über die Lebensdauer eines Kraftwerkes gewonnene Energie zur Energie die für den Bau gebraucht wurde.
- Die Stromgestehungskosten beschreiben die Kosten pro erzeugter kWh.
- Die Volllaststunden beschreiben, wie lange das Kraftwerk unter Nennlast laufen muss, um die durchschnittlich in einem Jahr gewonnene Energie zu erzeugen.

5.4 Erläutern Sie die wesentlichen Komponenten einer Gasturbine.



5.5 Erläutern Sie die wesentlichen Komponenten einer Dampfturbine.



- SB: Speisebecken
- SP: Speisepumpe
- SV: Vorwärmer
- V: Verdampfer
- T: Turbine
- K: Kondensator

5.6 Worin unterscheidet sich ein Siedewasserreaktor von einem Druckwasserreaktor?

Der Siedewasserreaktor verdampft das Wasser für die Dampfturbine direkt, dadurch ist der Dampf leicht radioaktiv. Beim Druckwasserreaktor wird der Dampf über 2 Wasserkreisläufe erzeugt.

5.7 Welche prinzipiellen Bauformen von Wasserkraftwerken gibt es?

- Niederdruck-Kraftwerke (Fluss-, Laufwasserkraftwerke)
- Hochdruck-Kraftwerke (Pumpspeicher-, Speicherkraftwerke)
- Gezeitenkraftwerke
- Wellenkraftwerke
- Meeresströmungs-Kraftwerke

5.8 Erläutern Sie die Begriffe Einzugsgebiet, Jahresspeichervolumen und Energieinhalt von Speicherkraftwerken.

- Das Einzugsgebiet eines Speicherkraftwerkes erstreckt sich über die Flächen, aus denen natürliche Zuläufe zum Speicherbecken existieren. Diese sind üblicherweise ausschließlich durch die geographischen Gegebenheiten bestimmt
- Das Jahresspeichervolumen gibt die Menge des Zuflusses in einem Jahr an. Es kann mit $\text{Jahresspeichervolumen} = \text{Einzugsgebiet} \cdot \text{Jahresniederschlagsmenge}$ abgeschätzt werden.
- Der Energiegehalt eines Speicherkraftwerkes gibt an, wieviel potentielle Energie im Obersee gespeichert ist.

5.9 Welche unterschiedlichen Bauformen von Wasserturbinen kennen Sie und wie unterscheiden sie sich?

- Das überschlächtige Wasserrad nutzt die potentielle Energie des Wassers aus. Das Rad ist so hoch wie die Fallhöhe.
- Das unterschlächtige Wasserrad nutzt die kinetische Energie des Wassers.
- Die Pelton-Turbine (Hochdruckturbine) besitzt becherförmige Schaufeln die von Düsen angeblasen werden. Sie nutzt die kinetische Energie des Wassers.
- Die Francis-Turbine ist eine Überdruckturbine die man auch als Pumpe einsetzen kann.
- Die Kaplan-Turbine ist eine Überdruckturbine für niedrige Fallhöhen. Die Schaufelstellung ist änderbar.

5.10 Erläutern Sie die Funktionsweise einer Wasserturbine anhand der Peltonturbine.

Der Wasserstrahl tritt reibungsfrei auf die Schaufel auf und wird durch diese abgebremst. Die freigesetzte Energie ergibt sich als Differenz der Aufprall- und Abflussgeschwindigkeit über

$$E = \frac{m\Delta v^2}{2}$$

5.11 Wie hängen Windgeschwindigkeit und verfügbare Leistung bei Windkraftanlagen zusammen?

Proportional zu v^3

5.12 Beschreiben Sie charakteristische Größen und Gesetzmäßigkeiten von Windkraftanlagen.

- Die mittlere Windgeschwindigkeit gibt den Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit an.
- Die Häufigkeitsverteilung gibt an, wie oft welche Windgeschwindigkeit gemessen wurde.
- Die Stetigkeit kann man in
 - Tagesgang
 - jahreszeitliche Variationen
 - langfristige Schwankungen
 - Windturbulenzen und Böeneinteilen

5.13 Was ist der Leistungsbeiwert und welche maximale Größe hat er unter welchen Voraussetzungen?

Der Leistungsbeiwert c_p ist das Verhältnis der entziehbaren mechanischen Leistung zu der im Luftstrom enthaltenen Leistung. Die maximale Leistung kann man bei $\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{3}$ finden, dabei ergibt sich der maximale Leistungsbeiwert zu $c_{p,max} \approx 0,6$

5.14 Worin unterscheiden sich Widerstandsläufer und Auftriebsläufer bei Windkraftanlagen?

Der Widerstandsläufer benutzt den Luftwiderstand einer Fläche zur Energiewandlung. Der Auftriebsläufer hat seine Rotorblätter so gestaltet, dass sie aerodynamischen Auftrieb erzeugen. Dadurch lassen sich größere Leistungsbeiwerte erreichen.

5.15 Welche Bauformen für Windkraftanlagen kennen Sie? Welche haben sich durchgesetzt?

- Einblatt-Rotor
- 2-Blatt-Rotor
- 3-Blatt-Rotor
- Holländer Windmühle
- Savonius-Rotor
- Darrieus-(Vertikalachsen-)Rotor

Es haben sich dreiblättrige Rotoren durchgesetzt, da sie die beste Nutzung des Winddargebotes bieten und sich damit schneller rentieren.

5.16 Welche unterschiedlichen Netzanbindungsvarianten für Windkraftanlagen gibt es und wie unterscheiden sie sich hinsichtlich des verwendeten Generators?

Mit einem Asynchrongenerator kann direkt in das Netz eingespeist werden, hierbei ergibt sich ein drehzahlstarrer Betrieb. Ein Synchrongenerator kann drehzahlvariabel gefahren werden, es wird jedoch ein Frequenzumrichter zum Einspeisen ins Netz benötigt.

5.17 Erläutern Sie die Leistungsregelung von Windkraftanlagen unter Verwendung der Begriffe Pitchregelung und Stallregelung.

- Bei der Stall-Regelung werden die Blätter nicht verstellt, der Luftstrom reißt selbstständig ab wenn er zu hoch wird.
- Bei der Pitch-Regelung wird der Anstellwinkel der Rotorblätter verändert und somit die Leistungsaufnahme (ab einem gewissen Wert) konstant gehalten.

5.18 Welche grundsätzlichen Arten der direkten Nutzung von Solarenergie gibt es?

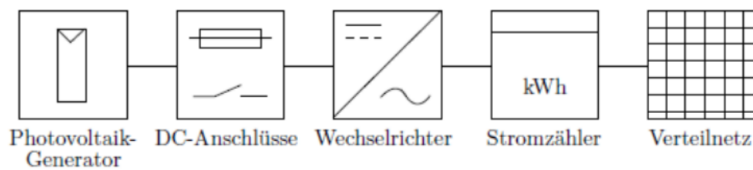
- Solarthermie benutzt die Sonne als Wärmequelle.
- Photovoltaik wandelt Sonnenenergie direkt in elektrische Energie.

5.19 Welche unterschiedlichen Kollektorbauformen für Solarthermie kennen Sie?

- Niedrigtemperaturkollektoren:

- Flachkollektoren
- Vakuurröhrenkollektoren
- Hochtemperaturkollektoren:
 - Vakuurröhrenkollektoren mit Konzentrator
 - Fresnel-Kollektoren
 - Parabolkollektoren
 - Solartürme mit Heliostaten

5.20 Nennen Sie die grundsätzlichen Komponenten einer Photovoltaikanlage.



6 Betriebsvorgänge und Störungen

6.1 Welche Ergebnisse liefert eine Lastflussberechnung?

Die Lastflussberechnung liefert die zur Ermittlung des Blindleistungshaushaltes eines Netzes und liefert die Spannungen und Ströme an allen Knoten des Netzes.

6.2 Was versteht man unter Kippleistung und von welchen Einflussgrößen hängt sie ab?

Die Kippleistung ist die maximal übertragbare Leistung $P = 3 \frac{U_1 U_2}{X}$

6.3 Was unterscheidet eine Leistungsübertragung in Netzen mit Spannungsstützung von einer solchen in Netzen ohne Spannungsstützung?

Im Allgemeinen stellen leerlaufende Freileitungen auf Grund ihrer physikalischen Eigenschaften Blindleistungsverbraucher dar. Deshalb kann man die am Anfang eingepreiste Nennleistung nicht über längere Distanz der Leitung zurecht halten. Aber man möchte, am Ende der Leitung eine Last, einen Verbraucher anstecken und das mit einer konstanten Versorgungsspannung betreiben. Damit das möglich ist, braucht man Spannungsunterstützung, d.h. zusätzliche Blindleistungseinspeisung, zum Ausgleich was auf dem Weg des Strom/Spannungstransportes verbraucht wurde. Je nachdem ob die Last kapazitive/induktive Scheinleistung-Rückwirkung hat -> Kompensationselemente.

6.4 Welche unterschiedlichen Knotenarten für Lastflussberechnungsverfahren kennen Sie?

- Kraftwerkseinspeisung
- Knotenbelastungen
- Zweigflüsse zu Nachbarknoten

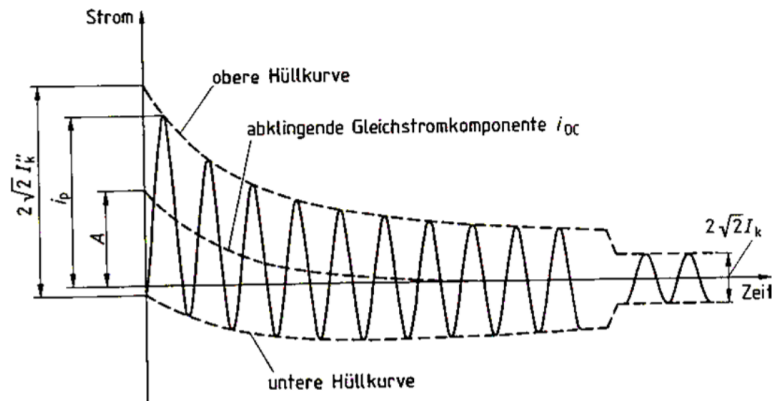
6.5 Was versteht man unter einem Kurzschluss? Was versteht man unter einem Erdschluss?

Ein Kurzschluss ist ein Fehler der Isolation zwischen 2 Phasen. Ein Erdschluss ist ein Fehler der Isolation zwischen einem Leiter und Erde.

6.6 Nach welchen Gesichtspunkten kann man eine Isolation in Hochspannungsanlagen unterscheiden?

- selbstheilend, nach Abschalten der Spannung stellt sich die Isolation selbst wieder her (z.B. Luftisolation)
- nicht selbstheilend, nach Abschalten der Spannung ist die Isolation dauerhaft geschädigt (z.B. Feststoffisolation)

6.7 Welchen grundsätzlichen Verlauf hat der Kurzschlussstrom in Abhängigkeit vom Fehlereintrittszeitpunkt? Welche kennzeichnenden Größen kann man aus dem Verlauf ablesen?



6.8 Worin unterscheiden sich generatornaher und generatorferner Kurzschlussstromverlauf?

Beim generatorfernen Kurzschluss klingt der Wechselstromanteil des Kurzschlussstromes nicht ab.

6.9 Welche Kenngrößen werden zur Beschreibung von Kurzschlussverläufen verwendet?

- Der Anfangs-Kurzschluss-Wechselstrom I_k'' ist der Effektivwert des Wechselstromes.
- Der Stoßkurzschlussstrom i_p ist der kurzzeitige Maximalwert des Kurzschlussstromes.
- Der Ausschaltstrom I_a ist der maximale Strom den die Schalter trennen können.
- Der größte Dauerkurzschlussstrom $I_{k,max}$ ist für die thermische Auslegung wichtig.
- Der kleinste Dauerkurzschlussstrom $I_{k,min}$ ist zum Detektieren eines Fehlerfalles wichtig.

6.10 Beschreiben Sie die prinzipielle Vorgehensweise bei der Berechnung von Kurzschlussströmen.

- In allen drei Phasen fließt gleichzeitig der maximale Strom.
- Transiente Vorgänge werden vernachlässigt. (kein Abklingen)
- Symmetrische Spannung mit Sicherheitsfaktor $c = 1,1$ für $U \geq 1\text{kV}$ oder $c = 1,05$ für $U = 0,4\text{kV}$.
- Lastimpedanz der Verbraucher wird vernachlässigt.

6.11 Wie hängen Stosskurzschlussstrom und Anfangskurzschlusswechselstrom zusammen?

Über einen Faktor κ . $i_p = 2(1 + e^{-\frac{t_R}{L}})I_k = 2\kappa I_k$

6.12 Wie beeinflusst die Sternpunktbehandlung die Größe des einpoligen Fehlerstromes?

Bei offenem Sternpunkt fließen wesentlich kleinere Fehlerströme als bei geschlossenem. ($Z_{(0)} = \frac{1}{j\omega C_I}$)

6.13 Was versteht man unter einem kompensierten Netz?

Es wird eine Induktivität vom Generatorsternpunkt nach Erde geschaltet, diese ist in Parallelresonanz mit der Leitungskapazität, dadurch wird der Erdschlussstrom zu null.

6.14 Was ist die Funktion eines Erregersystems? Welche unterschiedlichen Erregersysteme kennen Sie? Worin unterscheiden sie sich?

Für den Fall, dass das magnetische Feld des Läufers durch eine rotierende Wicklung erzeugt wird, muss diese Erregerwicklung von einem Gleichstrom, dem Erregerstrom, durchflossen werden. Es ist Aufgabe des Erregersystems, diesen Strom zu erzeugen und gezielt zu regeln.

- Beim statischen Erregersystem wird der Erregerstrom über Kohlebürsten und Schleifringe auf die Generatorwelle übertragen.
- Beim bürstenlosen Erregersystem wird der Erregerstrom über einen zusätzlich auf der Welle aufgebrauchten Außenpolgenerator erzeugt.

6.15 Erläutern Sie die Begriffe „übererregter Betrieb“ und „untererregter Betrieb“ eines Synchrongenerators.

Der Generator verhält sich bezüglich seines Blindleistungsanteils im

- übererregten Betrieb wie eine Kapazität
- untererregten Betrieb wie eine Induktivität

6.16 Erläutern Sie den Begriff „kritische Fehlerklärungszeit“.

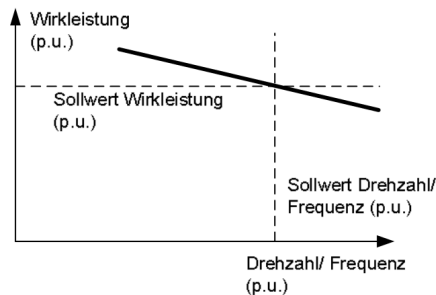
Die kritische Fehlerklärungszeit gibt an, wie lange es dauern kann einen Fehler im Netz zu finden, ohne dass der Generator anfängt zu schlüpfen.

6.17 Erläutern Sie die Begriffe „Drehzahlregelung“, „Leistungsregelung“ und „Leistungs/Drehzahlregelung“.

- Bei der Leistungsregelung wird die abgegebene Leistung gemessen und mit einer Sollleistung verglichen. Bei einer Abweichung wird das Turbinendrehmoment erhöht.
- Bei der Drehzahlregelung wird die Drehzahl des Generators geregelt. Sie dient zum Regeln der Netzfrequenz.
- Bei der Leistungs/Drehzahlregelung wird die Regelabweichung der Leistung und der Drehzahl über die sog. Statik miteinander verknüpft. Dies geschieht, wenn sich mehrere Generatoren bei der Netzfrequenzregelung beteiligen sollen.

6.18 Erläutern Sie den Begriff „Statik in der Frequenzregelung“.

Die Statik stellt sicher, dass mehrere an der Leistungs-/Frequenzregelung beteiligte Kraftwerke einen gemeinsamen eindeutigen Arbeitspunkt finden, wenn eine Drehzahlabweichung auftritt.



7 Netzführung und Netzregelung

7.1 Beschreiben Sie die Begriffe „Regelblock“ und „Regelzone“.

- Die Regelzone ist die kleinste Einheit eines Verbundsystems, die mit einer Frequenz-Leistungs-Regelung ausgerüstet ist. In der Regelzone muss ein bestimmtes Mindestregelvermögen sichergestellt sein. Es muss auch genug Sekundärregelvermögen vorhanden sein um einen Kraftwerksausfall zu kompensieren.
- Mehrere Regelzonen können einen Regelblock bilden. Es gibt nur eine Regelzone in Österreich.

7.2 Beschreiben Sie die Begriffe „Primärregelung“, „Sekundärregelung“ und „Tertiärregelung“. In welchem Zeitrahmen spielen sich die Regelvorgänge ab?

- Die Primärregelung stabilisiert die Systemfrequenz im Falle einer Störung auf einen stationären Wert, jedoch wird die Frequenz nicht ausgeglichen. Die Primärregelung ist eine automatische Funktion der Turbinenregler. Die Einsatzzeit ist höchstens 30 Sekunden.
- Die Sekundärregelung dient dazu, das Leistungsgleichgewicht in einer Regelzone zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Sie verläuft kontinuierlich und parallel zur Primärregelung. Sie arbeitet im Zeitbereich von mehreren Minuten, wobei der Regler spätestens nach 30 Sekunden in Aktion treten muss und der Regelvorgang spätestens nach 15 Minuten abgeschlossen sein muss.
- Die Tertiärregelung wird manuell vorgenommen. Sie dient dazu, Sekundärregelreserven bereit zu stellen. Sie ist an ein $\frac{1}{4}$ h Zeitraster gebunden.

7.3 Beschreiben Sie die Begriffe „dynamische Frequenzabweichung“ und „quasi-stationäre Frequenzabweichung“.

- Die dynamische Frequenzabweichung ist die Momentanabweichung der Netzfrequenz von der Sollfrequenz.
- Die quasi-stationäre Frequenzabweichung bleibt auch nachdem die Primärregelung abgeschlossen ist vorhanden.

7.4 Wozu dient das Netzkennlinienverfahren? Wie funktioniert es?

Das Netzkennlinienverfahren dient dazu, festzustellen ob eine Abweichung der Netzfrequenz durch einen Fehlerfall in der eigenen oder einer anderen Regelzone zustande kommt. Dazu wird die Leistung, die an andere Regelzonen übergeben wird, gemessen und mit der momentanen Regelleistung verglichen.

8 Deregulierung und Bilanzgruppen

8.1 Welche Systemdienstleistungen kennen Sie?

- Frequenzhaltung
- Spannungshaltung und Blindleistungsbereitstellung
- Versorgungswiederaufnahme
- Betriebsführung für den Normalbetrieb und den gestörten Betrieb

8.2 Was ist eine Bilanzgruppe und wie ist sie organisiert?

Bilanzgruppen sind virtuelle Gebilde, die aus unabhängigen Erzeugern und Abnehmern bestehen können. Bilanzgruppen können nur in einer Regelzone gebildet werden.

- Das Bilanzgruppenmitglied teilt den Bilanzgruppenverantwortlichen seinen Fahrplan mit.
- Der Bilanzgruppenverantwortliche erstellt aus den Fahrplänen und geschätzten Profilen einen Gesamtfahrplan. Bei Abweichungen vom Gesamtfahrplan muss Regelenergie eingekauft werden.
- Der Bilanzgruppenkoordinator hat die Aufgabe die Bilanzgruppen organisatorisch zu verwalten. Es gibt nur einen Bilanzgruppenkoordinator pro Regelzone.

8.3 Welchen Zweck erfüllen standardisierte Lastprofile?

Lastprofile dienen dazu, den Verbrauch von Kleinkunden zu schätzen. Es gibt verschiedene Lastprofile für Haushalt und Gewerbe.

8.4 Welche Arten von Engpassmanagement kennen Sie?

- kurzfristiges Engpassmanagement
 - Ändern der Netzkonfiguration (überlastete Leitungen anders befahren)
 - Eingriffe in die Erzeugerinfrastruktur (Kraftwerke zu Maßnahmen verpflichten)
 - Eingriffe in die Verbrauchsstruktur (Verbraucher abschalten)
- langfristiges Engpassmanagement Aufgrund der Fahrpläne ist ersichtlich, dass es Engpässe gibt:
 - first-come-first-serve (die Anfragen werden der Reihe nach beantwortet, bis die Leitung am Maximum ist)

- pro rata (alle Anfragen bekommen anteilmäßig etwas)
- Auktion (die Kapazität wird versteigert)

8.5 Was versteht man unter Counter-Trading?

Wenn man die Netztarife aufgrund der Auslastung variiert nennt man es Re-Dispatching. Wenn die Netzgebiete mehrerer TSO betroffen sind, wird es als Counter-Trading bezeichnet.

9 Wirtschaftlichkeit in der Energieversorgung

9.1 Aus welchen Bestandteilen setzt sich der Strompreis beim Kunden zusammen?

- Energiepreis (Erzeugungskosten)
- Netzpreis (Übertragung und Verteilung)
- Steuern und sonstige Belastungen

9.2 Welche Methoden der Wirtschaftlichkeitsanalyse kennen Sie?

- Benchmarking
- Kosten- und Gewinnanalyse
- Rentabilitätsvergleich
- Investitionsrechnung

9.3 Beschreiben Sie den Begriff „Benchmarking“.

Beim Benchmarking werden Energiesysteme mit ähnlichen Versorgungsaufgaben miteinander verglichen, z.B. mehrere großstädtische Versorgungsunternehmen oder mehrere ländliche Versorgungsnetze.

9.4 Beschreiben Sie den Begriff „Kosten-Gewinn-Analyse“.

Es werden Kosten und Einnahmen gegenübergestellt. Kosten bestehen aus festen und variablen Kosten. Die Erlöse sind durch die Netztarife und die übertragene Energie vorgegeben.

9.5 Beschreiben Sie den Begriff „Rentabilitätsvergleich“.

Hierbei wird die Rendite des eingesetzten Kapitals mit der Rendite von anderen Geldanlagen verglichen.

9.6 Beschreiben Sie die Begriffe „Barwertmethode“ und „Annuitätenmethode“.

- Bei der Barwertmethode wird die gesamte Nutzungsdauer einer Investition betrachtet. Der Barwert wird auf einen frei wählbaren Betrachtungszeitraum bezogen, d.h. es werden laufende Kosten und Einnahmen auf diesen Betrachtungszeitpunkt bezogen. (Wieviel Geld bekomme ich wenn ich 20 Jahre lang jedes Jahr einen Euro bekomme und wieviel ist dieses Geld heute wert.)
- Die Annuitätenmethode stellt die Umkehrung der Barwertmethode dar. Der Kapitalwert wird in gleichbleibende Jahresraten über die Nutzungsdauer umgelegt.

9.7 Beschreiben Sie den Begriff „Stromgestehungskosten“.

Die Stromgestehungskosten beschreiben wieviel das Erzeugen von 1 kWh Strom kostet.

9.8 Aus welchen Bestandteilen setzen sich die Stromgestehungskosten zusammen?

Aus den Leistungsabhängigen und den Betriebsabhängigen Kosten. Ein Solarkraftwerk hat fast 0 betriebsabhängige Kosten.

9.9 Was versteht man unter dem kalorischen Kostenäquivalent?

Es steht in der Überschrift aber sonst nirgends und google findet es auch nicht.

9.10 Welches Ziel hat die Kraftwerkseinsatzoptimierung?

Wenn verschiedene Kraftwerke zur Auswahl stehen um eine gewisse Menge an Energie zu produzieren versucht man mittels Kraftwerksoptimierung die günstigste Möglichkeit des Kraftwerksmix zu finden.