

ABZ-Lösungen ET 03/21: Energieverteilung und -nutzung

Lösung Aufgabe 1

Das Schweizer Stromnetz setzt sich aus einem Übertragungs- und einem Verteilnetz zusammen. Auf dem Weg zum Konsumenten wird die elektrische Spannung stufenweise von 380 kV resp. 220 kV der Höchstspannung im Übertragungsnetz auf 230 V in Haushalten und Gewerbe reduziert. Das Schweizer Stromnetz unterteilt sich in vier Netzebenen. Dazu zählen nebst Höchst-, Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetz auch drei Transformierungsebenen.

Netzebene 1 (Höchstspannung): Das Übertragungsnetz nimmt den produzierten Strom aus den grossen Kraftwerken oder dem angrenzenden Ausland auf. Der Strom wird mit einer Spannung von 380 kV resp. 220 kV in die Nähe der Verbraucher transportiert. Dort wird dieser den tieferen Netzebenen, den Verteilnetzen, zu Verfügung gestellt. Das Schweizer Übertragungsnetz ist im Eigentum von Swissgrid.

Netzebene 3 (Hochspannung): Im Hochspannungsbereich wird der Strom zur überregionalen Energieversorgung mit 36 bis 150 kV an kantonale, regionale und städtische Verteilnetzbetreiber sowie an grosse Industrieanlagen verteilt.

Netzebene 5 (Mittelspannung): Die Mittelspannung von 1 bis 36 kV wird zur regionalen Verteilung von Strom genutzt. Lokale Verteilnetze versorgen einzelne Stadtteile oder Dörfer sowie kleine und mittlere Industriebetriebe.

Netzebene 7 (Niederspannung): Mit der Niederspannung von 230/ 400 V bis 1000 V kommt der Strom bei Haushalten, der Landwirtschaft und Gewerbebetriebe an.

Lösung Aufgabe 2

Ausrechnung Fläche A: $A = l \cdot b = 15.5 \text{ m} \cdot 8.0 \text{ m} = 124 \text{ m}^2$

Ausrechnung Nutzlichtstrom ϕ_N : $\phi_N = 7100 \text{ lm} \cdot 10 \text{ Leuchten} \cdot 4 \text{ Lampenreihen} = 284'000 \text{ lm}$

Mittlere Beleuchtungsstärke E_m : $E_m = \frac{\phi_N \cdot \eta}{A} = \frac{284000 \text{ lm} \cdot 0.42}{124 \text{ m}^2} = 961.94 \text{ lux}$

Lösung Aufgabe 3

Eine Leuchtdiode besteht aus mehreren Schichten (Layer) halbleitenden Materials. Beim Betrieb der Diode mit Gleichspannung (Polung beachten) wird in der aktiven Schicht Licht erzeugt. Beim Übergang von Elektronen in der n-dotierten Seite in die p-dotierte Seite werden Energien frei. Diese werden bei der sogenannten Rekombination in Licht (Photon) abgegeben. Das erzeugte Licht wird direkt oder durch Reflexion ausgekoppelt. Im Gegensatz zu Glühlampen, die ein kontinuierliches (gleiches) Spektrum aussenden, emittiert (senden) eine LED Licht in bestimmten Farben. Die Farbe des Lichtes hängt vom verwendeten Halbleitermaterial ab.

- 1) Linse/ Einbettung
- 2) Bonddraht
- 3) Anodenanschluss (langes Bein)
- 4) Abflachung (Kathodenseite)
- 5) Napf mit LED-Kristall

Lösung Aufgabe 4

Die Standardfrequenz im elektrischen Netz Europas beträgt 50 Hz. Damit die Frequenz immer stabil bleibt, muss das Gleichgewicht zwischen Produktion und Verbrauch elektrischer Leistung immer gegeben sein. Sinkt die Frequenz, ist der Verbrauch höher als die Produktion, und umgekehrt, wenn die Frequenz steigt, ist die Produktion grösser als der Verbrauch. Ist dieses Gleichgewicht nicht mehr gegeben können elektrische Betriebsmittel Schaden nehmen. Um im Fehlerfall dieses Gleichgewicht schnellstmöglich wieder herzustellen, werden bei einer bestimmten Frequenz einzelne Gebiete vom Stromnetz getrennt (z.B. im Jahr 2006 Grossstörung in Westeuropa).

Lösung Aufgabe 5

$$N_2 = \frac{N_1 \cdot U_2}{U_1} = \frac{400 \cdot 12 \text{ V}}{230 \text{ V}} = 21 \text{ Windungen}$$

Lösung Aufgabe 6

Ein TN-System (terre neutre franz. «neutrale Erde») ist eine bestimmte Realisierungsart eines Niederspannungsnetzes in der elektrischen Energieversorgung. Wichtigstes Merkmal ist die Art der Erdverbindung dieses Stromversorgungssystems an der Stromquelle und der elektrischen Betriebsmittel innerhalb der Gebäudeinstallation. Im TN-System besteht eine Verbindung zwischen Betriebserdung und Anlageerdung. Nach der Ausführung des Schutzleiters werden TN-Systeme unterschieden in TN-C, TN-C-S und TN-S.

TN-C: (terre neutre combiné franz. «kombinierte neutrale Erde») Ein PEN-Leiter wird eingesetzt, welcher gleichzeitig Schutzleiter PE und Neutralleiter N ist. Beim HAK werden die Anschlüsse netzseitig in der Regel nach TN-C (4-Leiter) ausgeführt. Vorteile: Einsparung von Leitermaterial, geringer Kosten; Nachteile: kein Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen möglich, nicht EMV-verträglich

TN-S: (terre neutre séparé franz. «separate neutrale Erde») Der Neutralleiter N und der Schutzleiter PE werden zu den Verbrauchern einzeln geführt (5-Leiter). In den heutigen Hausinstallationen werden diese Installationsart vorgeschrieben. Vorteile: besserer Schutz im Fehlerfall, Einsatz von RCD möglich, EMV-verträglich; Nachteile: hohe Kosten, zusätzlicher Leiter

Lösung Aufgabe 7

Swissgrid sorgt durch regelmässigen Unterhalt, Erneuerungen und einen bedarfsgerechten Ausbau dafür, dass das Netz stets verfügbar ist. Das 6700 km lange Netz transportiert die elektrische Energie mit 380 und 220 kV Spannung. Zum Übertragungsnetz gehören ebenfalls 147 Schaltanlagen, 12'000 Masten und 41 Grenzleitungen.

Lösung Aufgabe 8

Leitungsschutzschalter sind Überstrom-Schutzeinrichtungen, die man nach dem Auslösen wieder einschalten kann. Sie besitzen einen thermischen (Überlast) und einen magnetischen Auslöser (Kurzschluss). Beide Auslöser liegen in Reihe. Bei Überlastung erwärmt sich das Bimetall und löst den LS-Schalter aus. Bei einem Kurzschluss entklinkt infolge des hohen Stromflusses (grosses Magnetfeld) der elektromagnetische Auslöser das Schaltschloss unverzüglich. Der Schaltanker trennt das Schaltstück, ehe der Kurzschlussstrom seinen Höchstwert erreichen kann.

Lösung Aufgabe 9

Hauptanwendung von Transformatoren ist die Erhöhung oder Verringerung von Wechselspannungen. Gleichzeitig erfolgt eine galvanische Trennung der Stromkreise, ausser beim Spartransformator. Idealerweise besteht ein Transformator aus einem magnetischen Kreis, welcher als Transformator Kern bezeichnet wird und aus mindestens zwei Wicklungen besteht. Die der elektrischen Energiequelle zugewandte Wicklung wird als Primärwicklung bezeichnet. Diejenige, an welcher sich die elektrische Last befindet, wird als Sekundärwicklung bezeichnet. Die Wicklungsweise lässt sich durch die folgenden Mechanismen beschreiben:

- Eine Wechselspannung auf der Primärseite des Transformators bewirkt entsprechend dem Induktionsgesetz einen wechselnden magnetischen Fluss im Kern. Der wechselnde magnetische Fluss wiederum induziert auf der Sekundärseite des Transformators eine Spannung (Spannungstransformation). Beim idealen Transformator verhalten sich die Spannungen proportional zu den Windungszahlen. Das Verhältnis der Eingangsspannung zur Ausgangsspannung nennt man Übersetzungsverhältnis.
- Ein Wechselstrom in der Sekundärwicklung bewirkt dem Ampèreschen Gesetz entsprechend einen Wechselstrom in der Primärwicklung (Stromtransformation). Beim idealen Transformator verhalten sich die Ströme umgekehrt proportional zu den Windungszahlen.

Lösung Aufgabe 10

$$R = \frac{\rho \cdot 2 \cdot l}{A} = \frac{0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 2 \cdot 350 \text{ m}}{6 \text{ mm}^2} = 2.04 \Omega$$

Achtung: Bei Leitungen immer Länge $\times 2$ rechnen!

Lösung Aufgabe 11

Zwischen Kabel und Leitungen gibt es einen grossen Unterschied. Beide können zum Transport von elektrischer Energie (Strom) verwendet werden. Ein Kabel ist ein entsprechend isolierter elektrischer Leiter. Dieser kann in der Erde oder auch als Seekabel unter Wasser verlegt werden. Ein Kabel ist mit Isolierstoffen ummantelt und kann einen oder mehrere Adern (Drähte) enthalten, welche jeweils nochmals für sich isoliert sind.

Elektrische Freileitungen sind im Gegensatz zum Kabel nur durch die dazwischenliegende Luft voneinander isoliert. Der Abstand zwischen Freileitungen hängt dabei von der zu übertragenden Spannung ab. Je höher die Spannung, desto grösser muss der Abstand sein.

Lösung Aufgabe 12

Es werden über 40 Verlegungsarten unterschieden. Jede Verlegeart wird einer der Referenzverlegungsarten A1-G zugeordnet. Kabel im Elektroinstallationsrohr in einer wärmegeämmten Wand, Kabel im Elektroinstallationsrohr auf einer Holzwand, Kabel auf Holzwand, Kabel in einem Rohr im Erdreich verlegt, Kabel frei in Luft, einadrige Kabel mit Berührung frei in Luft, einadrige Kabel mit Abstand frei in Luft. Mit Hilfe der NIN 2020 können im Kapitel 5.2 die Referenzverlegearten bestimmt werden.

Lösung Aufgabe 13

$$Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 4.5 \text{ kg} \cdot 4.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 61 \text{ K} = 79.855 \text{ kJ}$$

1 Liter Wasser = 1 kg

Lösung Aufgabe 14

Die Effizienzskala wird ab diesem Zeitpunkt nur noch von A (sehr effizient) bis G (nicht effizient) reichen. Die Schweiz übernimmt die Anpassungen aus der Europäischen Union ohne Anpassungen. Neuerungen sind:

- Mittels QR-Code oben rechts können direkt aus der Produktdatenbank Informationen heruntergeladen werden (In der Übergangsfrist sind auch solche ohne QR-Code erlaubt)
- Für sämtliche Produktgruppen wird eine einheitliche Effizienzskala von A bis G genutzt
- Der Energieverbrauch der Produkte ist prominenter und einheitlicher dargestellt (unterhalb der Effizienzskala)
- Vorgeschriebene Piktogramme ganz unten informieren über weitere wichtige Produkteigenschaften