

Name/Vorname: _____/_____ Matr.-Nr./Knz.: _____/_____

1. Nullleiterunterbrechung (33)

Spannungsquelle: $U = 400\text{V}$ (verkettet), symmetrisch

Anfangszustand: Phase a: Last 0,1 kW pro Phase

Phase b und c: Last 1 kW pro Phase

Es kommt zu einer Nullleiterunterbrechung

Gesucht sind:

- a. (10) **Ströme** im unsymmetrischen Lastfall nach Nullleiterunterbrechung im **Komponenten- und im Phasensystem**.
- b. (6) **Sternpunktverlagerungsspannung**
- c. (10) **Phasenspannungen** an den Lasten. In welcher Phase tritt die stärkste Spannungsbelastung auf?
- d. (7) Skizze der **Zeigerdiagramme** der Ströme und Spannungen im Phasensystem.

2. Netzregelung (33 Punkte)

Es befinden sich in einem Netzgebiet vier Generatoren, die folgende Kennwerte aufweisen:

| Generator | P_n [MW] | P_G [MW] | K_p [% / %] | T_A [s] |
|-----------|------------|------------|---------------|-----------|
| G1 | 350 | 200 | 5 | 9 |
| G2 | 200 | 150 | 4 | 8 |
| G3 | 350 | 325 | 3 | 11 |
| G4 | 450 | 300 | 5 | 10 |

Der Generator G2 fällt aus.

- (6) Wie groß ist die **Ersatz-Anlaufzeitkonstante** im Netzgebiet nach Ausfall vom Generator **G2**?
- (6) Welcher **Frequenzgradient** stellt sich im ersten Augenblick ein?
- (6) Welche **stationäre Frequenz** stellt sich im Netz nach der **Primärregelung** ein (es soll für diesen Unterpunkt **kein Verbraucher-Selbstregeleffekt** angenommen werden)?
- (6) Die Verbraucher haben einen **Selbstregeleffekt von 2,5%/%**. Welche **stationäre Frequenz** stellt sich unter Berücksichtigung des Verbraucher-Selbstregeleffekts und der Primärregelung ein?
- (3) Ist der **Verbraucher-Selbstregeleffekt**, der im **Punkt d)** berücksichtigt wurde der Primärregelung aus dem Punkt c) „**entgegengekommen**“ (mit Begründung)?
- (6) Welche **zusätzliche Leistung** müssen die **restlichen Generatoren** für die Stabilisierung der Frequenzabweichung liefern? (Es sind der Verbraucher-Selbstregeleffekt und die Primärregelung zu berücksichtigen)

3. PV-Anlage (34 Punkte)

Für eine Photovoltaikanlage (48° nördliche Breite, 45° Generatorazimut) ergeben sich nach nachfolgender Tabelle die Monatssummen der Strahlungsenergie auf die geneigte Fläche:

Tabelle 1 – Monatssummen HG in kWh/m² in Abhängigkeit des Anstellwinkels β in °

| Jan | Feb | Mär | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez | Ges | β |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|---------|---------|
| 26,66 | 43,12 | 84,01 | 114,30 | 158,72 | 161,40 | 168,95 | 144,77 | 96,60 | 64,79 | 28,80 | 20,15 | 1112,27 | 0 |
| 31,16 | 48,87 | 91,52 | 118,78 | 160,35 | 160,60 | 169,13 | 149,20 | 103,16 | 72,98 | 32,97 | 23,95 | 1162,69 | 20 |
| 32,78 | 50,69 | 93,38 | 118,14 | 156,98 | 156,37 | 165,59 | 147,58 | 103,56 | 74,94 | 34,31 | 25,28 | 1159,61 | 30 |
| 33,33 | 51,17 | 93,70 | 117,42 | 154,27 | 152,84 | 162,71 | 145,12 | 103,17 | 75,66 | 34,68 | 25,80 | 1149,87 | 35 |
| 34,04 | 51,74 | 93,17 | 114,22 | 146,85 | 145,30 | 153,95 | 139,78 | 100,78 | 75,55 | 35,13 | 26,53 | 1117,05 | 45 |
| 34,12 | 50,90 | 89,46 | 106,11 | 132,42 | 129,12 | 137,71 | 127,32 | 93,78 | 72,65 | 34,53 | 26,72 | 1034,84 | 60 |
| 30,34 | 43,84 | 74,08 | 81,18 | 92,90 | 89,13 | 95,42 | 91,18 | 70,65 | 58,11 | 29,57 | 24,07 | 780,47 | 90 |

- (4) Welchen **Anstellwinkel** β müssten Sie wählen, um den **Jahresertrag zu optimieren**?
- (4) Welchen **Anstellwinkel** β müssen Sie wählen, um den Monatswert, der den **geringsten Ertrag** aufweist, zu **maximieren**?
- (6) **Vergleichen** Sie die Jahreserträge und den Monatswerte der Punkte a. und b. und **interpretieren** Sie die Unterschiede.
- (8) **Beschreiben** Sie das **Drei-Komponentenmodell** und **interpretieren** Sie den Einfluss des Anstellwinkels auf die jeweiligen Monatserträge. Welche Anteile werden vermutlich wann dominieren?

Die nun betrachtete PV-Anlage habe einen Gesamt-Wirkungsgrad (Zelle + Wechselrichter) von 9 % und einen Anstellwinkel von 30°.

- (4) **Wie groß** müsste der **Solargenerator** dieser Anlage ausgeführt sein, damit diese im Jahr ca. 2 MWh Energieoutput erzielt?
- (8) Berechnen Sie die **mittlere Leistungsabgabe** der PV-Anlage für jedes Monat (nehmen Sie vereinfachend an, dass die Anlage zu 50% der Zeit aktiv ist) und **interpretieren** Sie die Leistungswerte.