

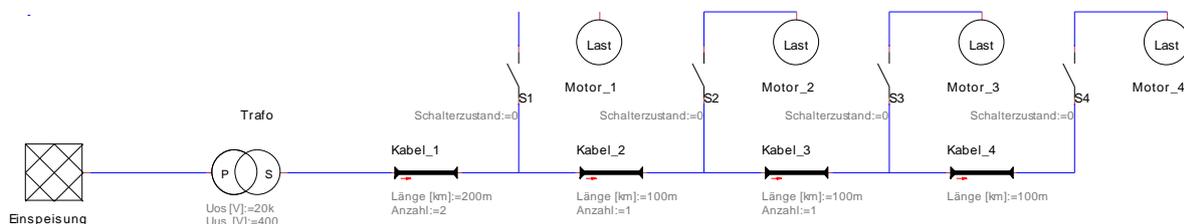
## Aufgabe:

In einer Feinwalzstraße muss die maximale Anschlussleistung auf 400 kW minimiert werden und eine Beurteilung zur Energieversorgung gemacht werden. Dabei sollen die elektrischen Lasten mit Hilfe des Gleichzeitigkeitsfaktors untersucht werden, sowie eine Worst-Case-Analyse durchgeführt werden. Hierbei werden Theorie und Simulation diskutiert und umgesetzt. Die Umsetzung erfolgt mit dem Simulationsprogramm Cerberus.

Im Folgenden werden Ihnen die Parameter sowie die Netztopologie bekannt gegeben.

Der Übersichtshalber werden nur 4 unterschiedliche Lasten angeschlossen.

## Netz:



## Netzdaten:

$$S_K'' = 250 \text{ MVA} \quad U_{OS} = 10 \text{ kV}$$

$$\frac{R_Q}{X_Q} = 0,1 \quad U_{US} = 0,4 \text{ kV}$$

## Transformatordaten:

Öltransformator

$$S_N = 600 \text{ kVA} \quad u_k = 4 \% \quad \frac{R_{0T}}{R_T} = 1$$

$$\text{Schaltgruppe: Dy5} \quad u_r = 1.05 \% \quad \frac{X_{0T}}{X_T} = 0,95$$

## Kabeldaten:

NAYY 4x150 mm<sup>2</sup> RM 0,6/1 kV

$$l = 150 \text{ m} \quad \frac{R_{0L}}{R_L} = 4,0 \quad \frac{X_{0L}}{X_L} = 3,65$$

## Lastdaten:

Last1: 250 kW

Last2: 100 kW

Last3: 150 kW

Last4: 250 kW

## Versuchsdurchführung:

1. Auswahl eines anzunehmenden Gleichzeitigkeitsfaktor für ein Feinwalzwerk aus Übersichtstabelle im Theorieteil
2. Handschriftliche Berechnung der Gesamtleistung der Lasten ohne und mit Einbeziehung des ausgewählten Gleichzeitigkeitsfaktors

3. Nachbildung der Energieversorgung in Cerberus
4. Versorgungsanlage gemäß der Empfehlung parametrieren
5. Bewerten der Energieversorgungsanlage in Bezug auf den Gleichzeitigkeitsfaktor (über Lastfluss-Analyse)
6. Ergebnisse überprüfen und bewerten
7. Ggf. Optimierung im Cerberus umsetzen und erneut prüfen
8. Darf Energieversorgungseinrichtungen mit empfohlenen Angaben umgesetzt werden?
9. Prüfen der Anschlussleistung mit Worst-Case-Analyse
10. Bewerten der Worst-Case-Analyse

## Lösung:

Der Gleichzeitigkeitsfaktor beläuft sich bei einem Feinwalzwerk ca. zwischen 0,2 und 0,6.

Mit dem angenommenen Höchstwert von 0,6 ergibt sich folgende Gesamtleistung der Lasten:

$$P_{Lasten} = P_{Last\ 1} + P_{Last\ 2} + P_{Last\ 3} + P_{Last\ 4} = 250\ kW + 100\ kW + 250\ kW + 150\ kW$$

$$P_{Lasten} = \underline{750\ kW}$$

$$g = \frac{P_{max}}{P_{inst}} ; P_{max} = g * P_{inst}$$

$$P_{max} = 0,6 \cdot 750\ kW = \underline{450\ kW}$$

Mit der Berechnung von Cerberus ergibt sich folgende Beurteilung:

Da von aus zu gehen ist das der Höchstwert mit  $g = 0,6$  angenommen wurde werden die angezeigten Überbelastungen nur kurzzeitig entstehen. Dies ist somit zulässig. Schon bei einem  $g = 0,55$  sind alle Überbelastungen weg.

Das Problem der maximalen Anschlussleistung wird demnach nicht betrachtet, dazu wird besser eine Worst-Case-Analyse durchgeführt und entsprechende Verriegelungen der Motoren vorgenommen.

Im Protokoll werden unter verschiedenen Laufnummern alle erdenklichen Schaltbedingungen aufgeführt und mit dieser Auswertung kann genau gesagt werden welche Motoren gleichzeitig laufen dürfen und welche nicht. Folgende Abbildung zeigt dies für die Laufnummer 1, wobei alle Motoren an sind.

## Laufnummer: 1

-----

### Parameter

Motor\_1.Nennwirkleistung [W]: 250000

Motor\_2.Nennwirkleistung [W]: 100000

Motor\_3.Nennwirkleistung [W]: 250000

Motor\_4.Nennwirkleistung [W]: 150000

### Spannungen der Netzkpunkte

Nicht alle Spannungen der Knotenpunkte liegen innerhalb der zulässigen Toleranzen.

	<b>U</b>	<b>Abweichung zu Nennwert</b>
N_Impedanz_C	334 V	-16.5 %
N_Impedanz_D7	329 V	-17.7 %
N_Impedanz_B	347 V	-13.4 %
SEK_TRAFO_B1	388 V	-3.1 %
N_Impedanz_A	363 V	-9.3 %
NETZ8	20 kV	0.0 %

### Leistungsfluss und Verluste

- Leistungseinspeisung

<b>Typ</b>	<b>Name</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>
NETZ	Einspeisung	-639 kW	-89.7 kVAr
<b>Summe:</b>		<b>-639 kW</b>	<b>-89.7 kVAr</b>

- Leistungsentnahme

<b>Typ</b>	<b>Name</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>
LAST	Motor_1	206 kW	4.11 kVAr
LAST	Motor_2	75.1 kW	3.75 kVAr
LAST	Motor_3	174 kW	3.48 kVAr

LAST	Motor_4	102 kW	3.39 kVAr
<b>Summe:</b>		<b>556 kW</b>	<b>14.7 kVAr</b>

- Verluste der Betriebsmittel

Typ	Name	P	Q
KABEL	Kabel_3	10.3 kW	5.52 kVAr
KABEL	Kabel_2	16.5 kW	8.77 kVAr
KABEL	Kabel_1	39.1 kW	20.8 kVAr
KABEL	Kabel_4	1.43 kW	763 VAr
TRAFO2S	Trafo	15.6 kW	39.1 kVAr
<b>Summe:</b>		<b>82.9 kW</b>	<b>75 kVAr</b>

- Wirkungsgrad

87.0 %

Messpunkte

-

Sicherungen

-

Auslastung der Betriebsmittel

Ein oder mehrere Betriebsmittel sind überlastet.

	I	Imax	Auslastung
Kabel_3	479 A	364 A	132 %
Kabel_2	605 A	364 A	166 %
Kabel_1	932 A	728 A	128 %
Kabel_4	178 A	364 A	49 %
Trafo	18.6 A	12 A	161 %

In dieser Abbildung ist eindeutig zu erkennen, dass eine Überbelastung der Kabel besteht, sowie die Spannungen unter der tolerierbaren Grenze liegen und auch die Anschlussleistung überschritten wäre.

Demnach dürften laut Protokoll nur folgenden Motoren gleichzeitig laufen um ein Überbelastung der Kabel auszuschließen, sowie die Spannungsuntergrenze nicht zu unterschreiten und die Anschlussleistung nicht zu überschreiten.

Möglichkeiten	Motor 1 (250 kW)	Motor 2 (100 kW)	Motor 3 (250 kW)	Motor 4 (150 kW)
1	An			
2		An		
3			An	
4				An
5	An	An		
6	An			An
7		An		An

Mit dieser Auswertung müsste nun eine entsprechende Verriegelung der Motoren untereinander installiert werden.

### Theorie:

Mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor wird angegeben, mit welchem Anteil jeder einzelner Kunde mit seiner Last zur gesamten Lastspitze des Netzes beiträgt.

Der Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt, dass in einer Anlage in den überwiegenden Fällen nicht alle Verbrauchsmittel gleichzeitig betrieben und auch nicht gleichzeitig mit Volllast betrieben werden.

Es gilt:

$$P_{max} = g \cdot P_{inst}$$

$P_{max}$  maximal benötigte Leistung

$P_{inst}$  installierte Leistung

$g$  Gleichzeitigkeitsfaktor

Da der Gleichzeitigkeitsfaktor aus dem Verhältnis der maximalen zur installierten Leistung ergibt, ist er immer kleiner 1.

Nachfolgende Tabelle zeigt einen Überblick des Gleichzeitigkeitsfaktors in der Industrie sowie von elektrischen Anlagen und Gebäuden.

Art der elektrischen Anlage oder Industrie	Gleichzeitigkeitsfaktor $g$ (für Haupteinspeisung)	Bemerkungen
<b>Maschinenbau</b> Metallbearbeitung Automobil-Fabriken	0,25 0,25	→ Elektrische Antriebe oft reichlich bemessen
<b>Papier- und Zellstoff-Fabriken</b>	0,5 bis 0,7	→ $g$ hängt stark von Reserveantrieben ab
<b>Textil-Industrie</b> Spinnereien Webereien, Textilausrüstung	0,75 0,6 bis 0,7	
<b>Gummi-Industrie</b>	0,6 bis 0,7	
<b>Chemische Industrie, Erdöl-Industrie</b>	0,5 bis 0,7	→ Wegen der Empfindlichkeit chemischer Fabrikationsprozesse gegenüber Netzausfällen, muss die Einspeisung großzügig bemessen werden
<b>Zement-Werke</b>	0,8 bis 0,9	→ Etwa 3.500t Tagesproduktion mit 500 Motoren (große Mühlen, Hochspannungsmotoren-Antrieb)
<b>Nahrungsmittel-Industrie</b> Silos	0,7 bis 0,9 0,8 bis 0,9	
<b>Bergbau</b> Steinkohle-Untertage-Gruben Steinkohle-Aufbereitung Braunkohle-allgemein Braunkohle-Untertage-Gruben	1 0,8 bis 1 0,7 0,8	
<b>Hütten- und Stahlindustrie (Hochöfen, Konverter)</b> Gebläse Hilfsantriebe	0,8 bis 0,9 0,5	

<b>Walzwerke</b> Allgemein Wasserversorgung, Lüftung Hilfsantriebe für: - Walzenstrassen mit Kühlbett - Walzenstrassen mit Schlingenspanner - Walzwerke + Kühlbett + Schlingenspanner Feinwalzwerke	0,5 bis 0,8 0,8 bis 0,9 0,5 bis 0,7 0,6 bis 0,8 0,3 bis 0,5 0,2 bis 0,6	→g hängt stark von Reserveantrieben ab
<b>Schwimmdocks</b> Pumpenbetrieb während des Hubvorganges Reparaturarbeiten ohne Pumpen	0,6 bis 0,8 0,6 bis 0,8	→Pumpen und Reparaturbetrieb treten nicht gleichzeitig auf
<b>Energie-Erzeugung</b> Kraftwerke allgemein - Eigenbedarf für NS-Stromkreise - Notstrom-Versorgung Kernkraftwerke - Sonderbedarf, z.B. Rohrbeheizung Natriumkreislauf	Untersuchung im Einzelfall 1 1	
<b>Kräne</b>	0,7 je Kran	→Kräne arbeiten mit Kurzzeitbetrieb, Energiebedarf hängt von Betriebsart ab (Hafen/Walzwerk/ Werft- betrieb)
<b>Wohngebäude</b> Einfamilienhäuser Wohnblocks - allgemeiner Bedarf (ohne elektrische Heizung) - elektrische Heizung und Klimaanlage	0,4 Richtwert 0,6 0,8 bis 1	→g auf Durchschnittswert der Belastung jeder Wohnung anwenden Gesamtbedarf = Heizung + Klima + Allgemein (Mittelwert)
<b>Öffentliche Gebäude</b> Hotels, Pensionen usw. Büros und Verwaltung allgemein - Beleuchtung - Steckdosen - EDV-Anlagen - Klima, Lüftung - Heizung - Aufzüge - Kücheneinrichtung Kleine Büros Große Büros (Banken/Versicherungen/öffentliche Verwaltung) Ladengeschäfte Kaufhäuser Schulen u.s.w. Krankenhäuser Versammlungsräume (Sportstätten/Theater/ Restaurants/Kirchen)	0,6 bis 0,8 0,8 bis 0,9 0,1 bis 0,6 gem. Einzelfall 0,8 bis 1 0,8 bis 1 0,5 bis 0,9 0,5 bis 0,6 0,5 bis 0,7 0,7 bis 0,8 0,5 bis 0,7 0,7 bis 0,9 0,6 bis 0,7 0,5 bis 0,75 0,5 bis 0,75	→Leistungsbedarf weitgehend klimatisch bedingt, z.B.: - in Tropen hohe Leistung der Klimaanlage - am Polarkreis hohe Heizleistung  →Leistungsbedarf stark von Ausstattung abhängig
<b>Beleuchtung von Straßentunnel</b>	1	→alle an
<b>Aufzüge</b>	0,5 mit Tageszeit stark wechselnd	→Spannungsfall für gleichzeitiges Anlaufen mehrerer Aufzüge uslegen
<b>Sonstige</b> Außenbeleuchtung, Flutlichtanlagen Steuer- und Meldeeinrichtungen	1 0,5	