

*Ministero dell'Istruzione e del Merito***H025 - REIFEPRÜFUNG****Fachrichtung:** ITET – ELEKTRONIK UND ELEKTROTECHNIK
SCHWERPUNKT ELEKTROTECHNIK**Fach:** TECHNOLOGIE UND PROJEKTIERUNG ELEKTRISCHER
UND ELEKTRONISCHER SYSTEME***Führen Sie Teil I der Arbeit und zwei der vorgeschlagenen Fragestellungen aus Teil II aus.*****TEIL I**

Ein vollständig automatisiertes städtisches Schienenverkehrssystem vom Typ APM (Automated People Mover) mit kontinuierlichem Betrieb wird über ein Zugseil angetrieben, an dem die Fahrgastkabinen eingehängt sind.

Eine eigene Mittel-/Niederspannungs-Schaltanlage (MS/NS) versorgt die Hauptstation. In dieser befindet sich das Antriebssystem für das Zugseil, welches von vier Drehstrom-Asynchronmotoren angetrieben wird, von denen jeder durch die folgenden Daten gekennzeichnet ist:

$V_n = 400 \text{ V}$	$P_n = 500 \text{ kW}$
$f = 50 \text{ Hz}$	$\cos \varphi = 0,85$
$\eta = 0,94$	$n = 1480 \text{ rpm}$
$N^\circ \text{ poli: } 4$	collegamento: Δ

Legende: $N^\circ \text{ poli}$: Polpaarzahl; collegamento: Anschlussart

Die Bewegung des Zugseils erfolgt mittels zweier Antriebsgruppen. Jede Antriebsgruppe wird von einem Paar Drehstrom-Asynchronmotoren angetrieben, die über ein Untersetzungsgetriebe mechanisch gekoppelt sind.

Diese Konfiguration gewährleistet die Betriebskontinuität durch teilweise Redundanz: Im Falle eines Ausfalls einer Antriebsgruppe ist das System in der Lage, mit reduzierter Last unter Verwendung nur einer Antriebsgruppe zu arbeiten (verfügbare Leistung: 1 MW).

Die Fahrgastwagen sind mit dem Zugseil verbunden und halten an insgesamt 7 Stationen, von denen 4 oberirdisch liegen.

In jeder Station übernimmt ein elektromechanisches Rollensystem die kritischen Phasen der Verzögerung, das Lösen des Zugseils für den Halt sowie das anschließende erneute Einkuppeln für den synchronisierten Wiederanlauf, wodurch eine Durchfahrtsfrequenz von einem Fahrzeug alle 120 Sekunden ermöglicht wird. Dieses System wird in jeder Station von einem Drehstrom-Asynchronmotor mit 5,5 kW ($\cos \varphi = 0,86$, $\eta = 0,84$) angetrieben.

*Ministero dell'Istruzione e del Merito***H025 - REIFEPRÜFUNG**

Im Sinne der ökologischen Nachhaltigkeit und der Energieintegration sind jede der vier oberirdisch gelegenen Stationen mit Parkbereichen ausgestattet, die Ladestationen für Elektrofahrzeuge enthalten, versorgt über zwei Standard-AC-Ladesäulen mit 22 kW, sowie mit einer Photovoltaikanlage auf dem Dach zur Unterstützung der Netzversorgung.

Bearbeiten Sie folgende Aufgaben, nachdem Sie ein mögliches allgemeines Layout der Anlage festgelegt und die entsprechenden zusätzlichen Annahmen formuliert haben, die Sie für eine bessere Definition des Projekts für sinnvoll halten:

1. Stellen Sie das einpolige elektrische Schaltbild der Energieverteilungsanlage der Hauptstation dar und geben Sie dabei das gewählte Erdungs-/Neutralleitersystem an. Erläutern Sie außerdem die Funktion der wichtigsten Schalt-, Schutz- und Trennvorrichtungen. Für jede Komponente sind die elektrischen Parameter anzugeben, die einen ordnungsgemäßen Betrieb im Anlagenkontext gewährleisten.
2. Bestimmen Sie die Gesamtleistung, die vom gesamten Transportsystem (Hauptstation und Fahrgaststationen) aufgenommen wird, und dimensionieren Sie die zur Blindleistungskompensation erforderlichen Geräte, wobei Sie die aus Ihrer Sicht geeignetste Lösung wählen. Unter Berücksichtigung eines der Motoren, die die Antriebssysteme antreiben, berechnen Sie außerdem den Nennleistungsstrom und das Nenndrehmoment und wählen Sie eine geeignete Anlaufart in Abhängigkeit vom aufgenommenen Strom.
3. Berechnen Sie die Leistung jeder der in den oberirdischen Stationen vorgesehenen Photovoltaikanlagen und geben Sie dabei auch die Anzahl der Module, aus denen sie bestehen, sowie den durchschnittlichen Tagesertrag an, wobei Folgendes zu beachten ist:
 - Bei jeder der 4 oberirdischen Stationen befindet sich die Anlage auf einem Dach mit den Abmessungen 20 m x 30 m.
 - Die verwendeten Module besitzen eine Leistung von 420 Wp, die Abmessungen von 176,2 cm x 113,4 cm, einen Modulwirkungsgrad von 78 % und Systemverluste von 15 %. Sie werden unter durchschnittlichen täglichen Einstrahlungsbedingungen von 2,9 kWh/m² betrieben.

*Ministero dell'Istruzione e del Merito***H025 - REIFEPRÜFUNG****TEIL II****Frage 1**

Unter der Annahme, dass für das dargestellte Transportsystem ein TN-S-Verteilungssystem gewählt wurde und unter Berücksichtigung des Einsatzes von Leitungsschutzschaltern (thermomagnetischen Schutzschaltern) zum Schutz gegen indirektes Berühren, erläutern Sie – auch mithilfe eines Schaltbilds – den Verlauf des Fehlerstroms und definieren Sie die durch die CEI-Normen vorgesehene Sicherheitsbedingung.

Frage 2

Bezugnehmend auf die Versorgung der Hauptstation über eine elektrische Transformatorstation erläutern Sie die Verfahren und die Problemstellungen im Zusammenhang mit dem Anschluss von Mittel-/Niederspannungsstationen an das Verteilnetz unter Bezugnahme auf die Norm CEI 0-16 sowie die entsprechenden Sicherheits- und Wartungspflichten.

Frage 3

Eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) überwacht den Betrieb von drei Drehstrom-Asynchronmotoren in einer Industrieanlage.

Beim Drücken einer Starttaste laufen die Motoren in der folgenden Reihenfolge und nach den unten angegebenen Modalitäten an:

- Motor 1: Sternstart für 10 Sekunden und anschließende Umschaltung auf Dreieckbetrieb
- Motor 2: Direktstart im Vorwärtslauf für 30 Sekunden; Pause von 5 Sekunden und anschließende Drehrichtungsumkehr
- Motor 3: Direktstart mit einer Verzögerung von 30 Sekunden

Ab dem Drücken der Starttaste laufen die Motoren insgesamt einen Zyklus von 2 Minuten. Nach Ablauf dieser Zeit stoppt die Anlage und kann durch erneutes Drücken der Starttaste wieder gestartet werden.

Die Anlage ist mit einer allgemeinen Stopptaste und den entsprechenden Schutzvorrichtungen ausgestattet. Außerdem ist ein Lichtsignalssystem vorgesehen, das den Betriebszustand des Prozesses anzeigt.

Formulieren Sie die weiteren Annahmen, die Sie zur besseren Definition des Systems als notwendig erachten, und erstellen Sie, nach Festlegung einer Tabelle zur Zuordnung der Eingänge und Ausgänge der an die speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) angeschlossenen Geräte, das Leistungsschaltbild der Anlage. Darüber hinaus sollen Sie den Algorithmus, der den Betrieb der Anlage steuert, in einer Ihnen bekannten Programmiersprache codieren.

*Ministero dell'Istruzione e del Merito***H025 - REIFEPRÜFUNG****Frage 4**

In einer Biomasse-Kraft-Wärme-Anlage mit 1 MW elektrischer Leistung ist es entscheidend, die Versorgung der kritischen Hilfsbetriebe im Falle eines Stromausfalls (Black-out) sicherzustellen.

Die gesamte von den kritischen Hilfsbetrieben benötigte Leistung (Steuer- und Schaltschränke, Ventile, Sicherheitsbeleuchtung) beträgt 45 kW bei einem Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0,85$.

Bearbeiten Sie folgende Aufgaben unter den oben genannten Bedingungen:

- Definieren Sie ein mögliches System zur Notstromversorgung, das eine Autonomie von 2 Stunden gewährleistet, und berechnen Sie die hierfür erforderliche nominale Scheinleistung (mit einem Sicherheitsfaktor von 20 %)
- Beschreiben Sie die Anforderungen an den Spannungsregler (AVR – Automatic Voltage Regulator) zur Stabilität der elektronischen Lasten und erläutern Sie anhand eines Blockschaltbildes die Funktionsweise einer ATSE-Anlage (Automatic Transfer Switching Equipment, automatischer Umschalter) in der „Position 0“ und geben Sie dabei die Steuersignale sowie die notwendigen Verriegelungen (Interlocks) an, die sicherstellen, dass die beiden Energiequellen voneinander unabhängig bleiben.

Dauer der Arbeit: 6 Stunden

Der Gebrauch technischer Handbücher ist erlaubt.

Der Gebrauch wissenschaftlicher und/oder grafischer Taschenrechner ist erlaubt, sofern diese nicht mit einem CAS (Computer Algebra System) oder SAS (Symbolic Algebra System) ausgestattet sind und keine Verbindungsmöglichkeit zum Internet aufweisen.

Der Gebrauch eines deutschsprachigen Wörterbuchs ist erlaubt.

Der Gebrauch eines zweisprachigen Wörterbuchs (Deutsch - Sprache des Herkunftslandes) ist für Kandidatinnen und Kandidaten mit nicht deutscher Muttersprache erlaubt.

Das Schulgebäude darf erst drei Stunden nach Bekanntgabe des Themas verlassen werden.