



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Elżbieta Murlikiewicz

Dobieranie silników elektrycznych w układach napędowych 311[08].Z4.01

Poradnik dla nauczyciela

Wydawca

**Instytut technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005**

Recenzenci:

mgr inż. Maria Pierzchała

mgr inż. Jerzy Chiciński

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr Bożena Zając

Korekta:

mgr inż. Jarosław Sitek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[08].Z4.01 „Dobieranie silników elektrycznych w układach napędowych” zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik elektryk 311[08]

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	4
3. Cele kształcenia	5
4. Scenariusze zajęć	6
5. Ćwiczenia	13
5.1. Charakterystyka podzespołów układu napędowego	13
5.1.1. Ćwiczenia	13
5.2. Dynamika układu napędowego	14
5.2.1. Ćwiczenia	14
5.3. Charakterystyka ogólnych wytycznych doboru i nagrzewania silnika	18
5.3.1. Ćwiczenia	18
5.4. Dobór mocy silników elektrycznych do wymagań układu napędowego	19
5.4.1. Ćwiczenia	19
6. Ewaluacja osiągnięć ucznia	22
7. Literatura	37

1. WPROWADZENIE

Przekazujemy Państwu Poradnik dla nauczyciela „Dobieranie silników elektrycznych w układach napędowych”, który będzie pomocny w prowadzeniu zajęć dydaktycznych w szkole kształcącej w zawodzie technik elektryk 311[08].

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne,
- cele kształcenia,
- przykładowe scenariusze lekcji,
- ćwiczenia,
- narzędzia pomiaru osiągnięć ucznia – zestaw zadań testowych.

Ważnym elementem w osiągnięciu dobrych efektów jest zastosowanie odpowiednich metod i wprowadzenie do tematu. Należy tak moderować przebiegiem wprowadzenia do kolejnych jednostek tematycznych, aby uczniowie zrozumieli powiązanie między zjawiskami występującymi w układach napędowych i wielkościami opisującymi układ.

Szczególną uwagę zwróć na:

- strukturę układu napędowego,
- związek między wielkościami opisującymi układ napędowy oraz dynamiką układu napędowego i stanami pracy,
- zjawiska cieplne występujące podczas pracy silników elektrycznych,
- wpływ rodzaju obudowy i wykonania na możliwości zastosowania silnika w różnych warunkach pracy,
- poprawność wykonania ćwiczeń – dobór silnika napędowego pod względem nagrzewania,
- praktyczne wykorzystanie poznanych zasad doboru silnika do wymagań maszyny roboczej,
- kształtowanie i doskonalenie umiejętności korzystania z norm i katalogów.

Wskazane jest, aby zajęcia dydaktyczne prowadzone były różnymi metodami ze szczególnym uwzględnieniem:

- metody podającej – wykład wprowadzający do tematu lub pogadanka heurystyczna,
- pokaz z objaśnieniem – np. rodzajów budowy silników,
- ćwiczenia rysunkowe – wykreślanie charakterystyk i analiza własności maszyn na podstawie charakterystyk,
- ćwiczenia obliczeniowe – praktyczne zastosowanie poznanych metod doboru silników do wymagań maszyny roboczej,
- burza mózgów podczas podsumowania wyników ćwiczeń i wnioskowania.

W trakcie realizacji jednostki modułowej będzie dominować forma kształcenia

- frontalna grupowa,
- frontalna indywidualna.

Ćwiczenia zamieszczone w programie jednostki modułowej stanowią propozycje, które można wykorzystać podczas zajęć. Wskazane jest przygotowanie ćwiczeń o różnym stopniu trudności przystosowanych do warunków i możliwości szkoły – przygotować materiały, instrukcje itp. Każdy uczeń powinien mieć możliwość indywidualnej pracy.

Po zakończeniu jednostki modułowej uczniowie powinni umieć analizować pracę układu napędowego, określić kierunek przepływu energii i wpływ sprawności na moc zapotrzebowaną a wówczas nie będą mieli problemów z praktycznym zastosowaniem wiadomości.

Pojawiający się w tekście i w opisie rysunków zapis [1], [2] itp. wskazuje pozycję literatury z wykazu, z której pochodzi fragment tekstu lub rysunek.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej uczeń powinien umieć:

- wykonywać działania na wielomianach,
- rysować przebieg funkcji na podstawie jej zapisu arytmetycznego,
- analizować przebieg funkcji liniowej i kwadratowej,
- opisywać właściwości funkcji na podstawie jej przebiegu,
- klasyfikować silniki elektryczne i opisywać ich budowę,
- wymienić i zdefiniować wielkości umieszczane na tabliczce znamionowej,
- rysować charakterystyki i analizować własności silników na podstawie charakterystyk,
- korzystać z katalogów maszyn elektrycznych,
- rozpoznawać rodzaj silnika na podstawie budowy i tabliczki znamionowej.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej uczeń powinien umieć:

- wyjaśnić strukturę elektrycznego układu napędowego,
- sklasyfikować elektryczne układy napędowe,
- zdefiniować podstawowe wielkości opisujące układ napędowy,
- sporządzić i zanalizować charakterystyki mechaniczne silników elektrycznych i maszyn roboczych,
- obliczyć moment oporowy i moment bezwładności maszyny roboczej sprowadzony do prędkości wału silnika,
- scharakteryzować stany ustalone i przejściowe w układzie napędowym,
- rozróżnić i scharakteryzować rodzaje pracy silników elektrycznych,
- rozróżnić rodzaje budowy i odpowiadające im stopnie ochrony oraz formy wykonania silników,
- dobrać silnik elektryczny do maszyny roboczej z uwzględnieniem warunków pracy,
- posłużyć się dokumentacją techniczną, normami i katalogami silników elektrycznych.

4. SCENARIUSZE ZAJĘĆ

Scenariusz zajęć 1

Osoba prowadząca:

Modułowy program nauczania: Technik elektryk 311[08]

Moduł: Montaż i eksploatacja układów sterowania. 311[08].Z4

Jednostka modułowa: Dobieranie silników elektrycznych w układach napędowych
311[08].Z4.01.

Temat: Charakterystyki mechaniczne silników elektrycznych i maszyn roboczych

Cel ogólny: kształtowanie umiejętności sporządzania i analizowania charakterystyk mechanicznych silników elektrycznych i maszyn roboczych

Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń potrafi:

- sporządzić i zanalizować charakterystyki mechaniczne silników elektrycznych,
- sporządzić i zanalizować charakterystyki mechaniczne maszyn roboczych.

Metody nauczania – uczenia się

- wykład wprowadzający,
- pokaz z objaśnieniem,
- ćwiczenia rysunkowe,
- burza mózgów.

Formy organizacyjne pracy uczniów

- grupowa,
- frontalna indywidualna.

Czas: 45 minut

Środki dydaktyczne

- grafoskop i foliogramy,
- tekst przewodni – załącznik nr 1,
- arkusze papieru lub folia do grafoskopu,
- pisaki (różne kolory).

Przebieg zajęć

1. Sprawy organizacyjne.
2. Nawiązanie do tematu i omówienie celów zajęć:
 - przedstawienie celu ogólnego i celów operacyjnych,
 - przypomnienie rodzajów silników elektrycznych i rodzajów charakterystyk oraz matematycznych zależności opisujących charakterystyki mechaniczne silników,
 - prezentacja foliogramu z charakterystykami mechanicznymi silników.
3. Realizacja tematu:
 - omówienie matematycznych zależności opisujących charakterystyki mechaniczne maszyn roboczych,
 - prezentacja foliogramu z charakterystykami mechanicznymi maszyn roboczych,

- podział na zespoły 2 ÷ 3 osobowe,
 - rozdanie tekstów przewodnich i wyjaśnienie zasad pracy zespołów,
 - praca w grupach i przygotowanie prezentacji przez zespoły,
 - prezentacja plakatów (foliogramów) przez zespoły,
 - burza mózgów – własności silników i maszyn roboczych na podstawie analizy charakterystyk,
 - sformułowanie i zapisanie wniosków.
4. Podsumowanie zajęć.
- Przypomnienie zrealizowanych celów zajęć.
 - Ocena aktywności pracy zespołów i uczniów indywidualnie.
 - Ocena poziomu osiągnięć
5. Zadanie pracy domowej.

1. Tekst przewodni do pacy w grupach na temat:

„charakterystyki silników elektrycznych – charakterystyka szeregową”

1. Przypomnijcie sobie wiadomości z zakresu jednostki modułowej O3.01 – „Charakteryzowanie procesów przetwarzania energii elektrycznej” o silnikach elektrycznych i ich własnościach. Skorzystajcie z wiadomości wprowadzających do tematu. Wiadomości uzupełnijcie z dostępnej Wam literatury. Przygotujcie krótką prezentację, która będzie zawierała informacje:
 - Zależność matematyczną opisującą charakterystykę szeregową.
 - Charakterystykę szeregową $n = f(M)$
 - Wnioski zawierające zalety i wady silników o takiej charakterystyce mechanicznej.
2. Wykonajcie plakat lub foliogram.
3. Przygotujcie prezentację dla kolegów a role podzielcie tak, aby każdy z członków grupy wziął udział w prezentacji.
4. Na wykonanie zadania macie 10 minut.
5. Czas prezentacji 3 minuty.

2. Tekst przewodni do pacy w grupach na temat:

„charakterystyki silników elektrycznych – charakterystyka bocznikowa”

1. Przypomnijcie sobie wiadomości z zakresu jednostki modułowej O3.01 – „Charakteryzowanie procesów przetwarzania energii elektrycznej” o silnikach elektrycznych i ich własnościach. Skorzystajcie z wiadomości wprowadzających do tematu. Wiadomości uzupełnijcie z dostępnej Wam literatury. Przygotujcie krótką prezentację, która będzie zawierała informacje:
 - zależność matematyczną opisującą charakterystykę bocznikową,
 - narysowaną charakterystykę bocznikową $n = f(M)$,
 - wnioski zawierające zalety i wady silników o takiej charakterystyce mechanicznej.
2. Wykonajcie plakat lub foliogram.
3. Przygotujcie prezentację dla kolegów a role podzielcie tak, aby każdy z członków grupy wziął udział w prezentacji.
4. Na wykonanie zadania macie 10 minut.
5. Czas prezentacji 3 minuty.

3. Tekst przewodni do pacy w grupach na temat:

„charakterystyki silników elektrycznych – charakterystyka sztywna”

1. Przypomnijcie sobie wiadomości z zakresu jednostki modułowej O3.01 – „Charakteryzowanie procesów przetwarzania energii elektrycznej” o silnikach elektrycznych i ich własnościach. Skorzystajcie z wiadomości wprowadzających do tematu. Wiadomości uzupełnijcie z dostępnej Wam literatury. Przygotujcie krótką prezentację, która będzie zawierała informacje:
 - zależność matematyczną opisującą charakterystykę sztywną,
 - narysowaną charakterystykę sztywną $n = f(M)$,
 - wnioski zawierające zalety i wady silników o takiej charakterystyce mechanicznej.
2. Wykonajcie plakat lub foliogram.
3. Przygotujcie prezentację dla kolegów a role podzielcie tak, aby każdy z członków grupy wziął udział w prezentacji.
4. Na wykonanie zadania macie 10 minut.

5. Czas prezentacji 3 minuty.

5. Tekst przewodni do pacy w grupach na temat:
„charakterystyki maszyn roboczych – charakterystyka hiperboliczna”

1. Skorzystajcie z wiadomości wprowadzających do tematu lekcji. Wiadomości uzupełnijcie z dostępnej Wam literatury. Przygotujcie krótką prezentację, która będzie zawierała informacje:
 - zależność matematyczną opisującą charakterystykę hiperboliczną,
 - narysowaną charakterystykę hiperboliczną $M_o = f(\omega_o)$ odpowiadającą jej charakterystykę $P = f(\omega_o)$,
 - wnioski zawierające wymagania maszyn roboczych o takiej charakterystyce mechanicznej.
2. Wykonajcie plakat lub foliogram.
3. Przygotujcie prezentację dla kolegów a role podzielcie tak, aby każdy z członków grupy wziął udział w prezentacji.
4. Na wykonanie zadania macie 10 minut.
5. Czas prezentacji 3 minuty.

6. Tekst przewodni do pacy w grupach na temat:
„charakterystyki maszyn roboczych – charakterystyka stałego momentu”

1. Skorzystajcie z wiadomości wprowadzających do tematu lekcji. Wiadomości uzupełnijcie z dostępnej Wam literatury. Przygotujcie krótką prezentację, która będzie zawierała informacje:
 - zależność matematyczną opisującą charakterystykę stałego momentu,
 - narysowaną charakterystykę stałego momentu $M_o = f(\omega_o)$ odpowiadającą jej charakterystykę $P = f(\omega_o)$,
 - wnioski zawierające wymagania maszyn roboczych o takiej charakterystyce mechanicznej.
2. Wykonajcie plakat lub foliogram.
3. Przygotujcie prezentację dla kolegów a role podzielcie tak, aby każdy z członków grupy wziął udział w prezentacji.
4. Na wykonanie zadania macie 10 minut.
5. Czas prezentacji 3 minuty.

6. Tekst przewodni do pacy w grupach na temat:
„charakterystyki maszyn roboczych – charakterystyka liniowa”

1. Skorzystajcie z wiadomości wprowadzających do tematu lekcji. Wiadomości uzupełnijcie z dostępnej Wam literatury. Przygotujcie krótką prezentację, która będzie zawierała informacje:
 - zależność matematyczną opisującą charakterystykę liniową,
 - narysowaną charakterystykę liniową $M_o = f(\omega_o)$ i odpowiadającą jej charakterystykę $P = f(\omega_o)$,
 - wnioski zawierające wymagania maszyn roboczych o takiej charakterystyce mechanicznej.
2. Wykonajcie plakat lub foliogram.
3. Przygotujcie prezentację dla kolegów a role podzielcie tak, aby każdy z członków grupy wziął udział w prezentacji.
4. Na wykonanie zadania macie 10 minut.

5. Czas prezentacji 3 minuty.

7. Tekst przewodni do pacy w grupach na temat:
„charakterystyki maszyn roboczych – charakterystyka wentylatorową”

1. Skorzystajcie z wiadomości wprowadzających do tematu lekcji. Wiadomości uzupełnijcie z dostępnej Wam literatury. Przygotujcie krótką prezentację, która będzie zawierała informacje:
 - zależność matematyczną opisującą charakterystykę stałego momentu,
 - narysowaną charakterystykę wentylatorową $M_o = f(\omega_o)$ odpowiadającą jej charakterystykę $P = f(\omega_o)$,
 - wnioski zawierające wymagania maszyn roboczych o takiej charakterystyce mechanicznej.
2. Wykonajcie plakat lub foliogram.
3. Przygotujcie prezentację dla kolegów a role podzielcie tak, aby każdy z członków grupy wziął udział w prezentacji.
4. Na wykonanie zadania macie 10 minut.
5. Czas prezentacji 3 minuty.

Scenariusz zajęć 2

Osoba prowadząca:

Modułowy program nauczania: Technik elektryk 311[08]

Moduł: Montaż i eksploatacja układów sterowania 311[08].Z4

Jednostka modułowa: Dobieranie silników elektrycznych w układach napędowych 311[08].Z4.01.

Temat: Sprowadzanie momentów i sił oporowych maszyn roboczych do prędkości wału silnika.

Cel ogólny: kształtowanie umiejętności obliczania momentu oporowego maszyny roboczej sprowadzonego do prędkości wału silnika

Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń potrafi:

- obliczyć zastępczy moment oporowy maszyny roboczej sprowadzony do prędkości wału silnika dla ruchu obrotowego,
- obliczyć zastępczy moment oporowy maszyny roboczej sprowadzony do prędkości wału silnika dla ruchu postępowego,
- uwzględnić w obliczeniach wielostopniową przekładnię,
- uwzględnić w obliczeniach sprawności elementów układu napędowego dla różnych kierunków przepływu energii.

Metody nauczania – uczenia się

- wykład wprowadzający,
- ćwiczenia rachunkowe,
- dyskusja.
-

Formy organizacyjne pracy uczniów

- grupowa,
- indywidualna.

Czas trwania: 90 minut.

Środki dydaktyczne

- grafoskop i foliogramy,
- zadania (np. ćw. 2 p. 1 i ćw. 4) i tekst przewodni,
- arkusze papieru lub folia do grafoskopu.

Przebieg zajęć

1. Sprawy organizacyjne.
2. Nawiązanie do tematu i omówienie celów zajęć:
 - przedstawienie celu ogólnego i celów operacyjnych,
 - przypomnienie elementów składowych układu napędowego i ich roli.
3. Realizacja tematu:
 - wykład wprowadzający do tematu – matematyczne zależności opisujące zastępczy moment oporowy w ruchu obrotowym i postępowym,
 - podział na zespoły: liczba zespołów równa liczbie przygotowanych zadań i tekstów przewodnich (np. 6 zespołów i każdy zespół rozwiązuje jeden przypadek – zadania: 2 punkt 1a i 1b oraz 4 z rozdz. „Dynamika układów napędowych”),

- rozdanie tekstów przewodnich i wyjaśnienie zasad pracy zespołów,
 - rozwiązanie zadań i przygotowanie prezentacji przez zespoły,
 - prezentacja grup,
 - dyskusja – porównanie wartości momentu zastępczego dla rozpatrywanych przypadków i zapisanie wniosków.
4. Podsumowanie zajęć.
- Przypomnienie zrealizowanych celów zajęć.
 - Ocena aktywności pracy zespołów i uczniów indywidualnie.
 - Ocena poziomu osiągnięć.
- Zadanie pracy domowej: Utrwalić wiadomości zdobyte w czasie lekcji i doskonalić umiejętności rozwiązując zadanie o podanej treści.

5. ĆWICZENIA

5.1. Charakterystyka podzespołów układu napędowego

5.1.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Porównaj charakterystyki mechaniczne silników elektrycznych i typowych maszyn roboczych.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonania ćwiczenia. Uczniowie wykonują ćwiczenie w zespołach dwu- lub trzysobowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) narysować układ współrzędnych M, ω ,
- 2) narysować charakterystyki mechaniczne silników elektrycznych np. kolorem zielonym,
- 3) narysować charakterystyki mechaniczne maszyn roboczych w tym samym układzie współrzędnych – zamieniając je na charakterystyki $\omega = f(M)$,
- 4) porównać przebieg charakterystyk i zanalizować zachowanie się silników i maszyn roboczych przy wzroście momentu.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia rysunkowe.

Środki dydaktyczne:

- mazaki,
- arkusz papieru lub folia do grafoskopu.

Ćwiczenie 2

Na podstawie charakterystyk porównaj własności silnika, którego charakterystyka opisana jest zależnością $\omega_s = \omega_0 - cM_s$ z własnościami maszyny roboczej o charakterystyce mechanicznej opisanej zależnością: $M_o = M_{oN} \frac{\omega_o}{\omega_{oN}}$.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonania ćwiczenia. Uczniowie wykonują ćwiczenie w zespołach dwu- lub trzysobowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) narysować układ współrzędnych M, ω ,
- 2) wykreślić na jednym układzie współrzędnych (M, ω) charakterystykę silnika i maszyny roboczej przyjmując wybrane wartości momentu i prędkości kątowej,
- 3) porównać przebieg charakterystyk i zanalizować zachowanie się silnika i maszyny roboczej przy wzroście momentu,

- 4) porównać przebieg charakterystyk i zastanowić się, jak zachowa się silnik napędzając maszynę o takiej charakterystyce, jeśli z jakiejś przyczyny wzrośnie moment oporowy maszyny roboczej.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia rysunkowe

Środki dydaktyczne:

- mazaki,
- arkusz papieru lub folia do grafoskopu,

5.2. Dynamika układu napędowego

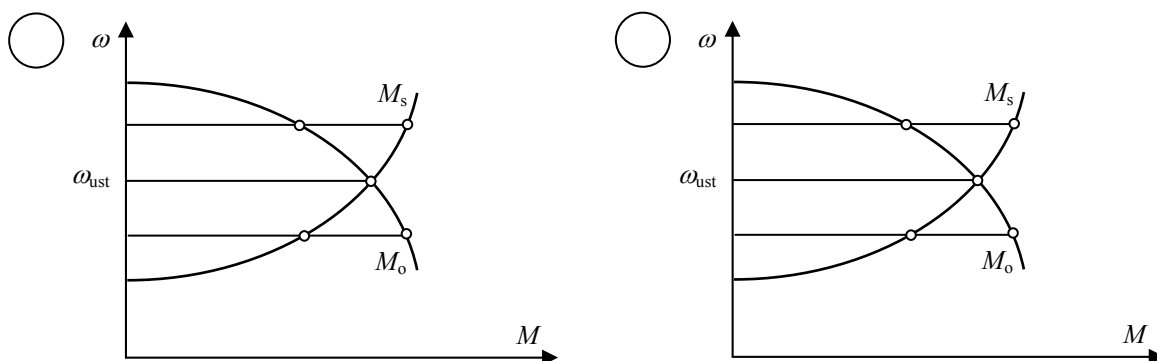
5.2.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Na rysunku przedstawione są charakterystyki mechaniczne silnika napędowego i maszyny roboczej dwóch układów napędowych. Określ, który układ pracuje stabilnie, a który niestabilnie, wpisując w kółko odpowiednio dla układu napędowego: stabilnego 1 i niestabilnego 2. Uzasadnij odpowiedź.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonania ćwiczenia. Uczniowie wykonują ćwiczenie w zespołach dwu-, trzysobowych.



Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) narysować charakterystyki na folii lub dużym arkuszu papieru,
- 2) zaznaczyć prędkości odpowiednio $\omega_1 < \omega_{ust}$ i $\omega_2 > \omega_{ust}$,
- 3) zaznaczyć dla ω_1 na osi momentów wartości M_o oraz M_s i określić, który moment ma większą wartość,
- 4) porównać wynik z warunkami stabilnej pracy układu napędowego,
- 5) powtórzyć czynności 3) i 4) dla ω_2 ,
- 6) wpisać w kółko odpowiednio 1 i 2 zgodnie z wynikiem analizy charakterystyk.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia,
- dyskusja.

Środki dydaktyczne:

- folia do grafoskopu lub arkusze papieru,
- tekst przewodni z instrukcją rozwiązania zadania,
- arkusze papieru formatu A4.

Ćwiczenie 2

Dla układu przedstawionego na rysunku wyznacz:

- 1) moment oporowy zastępczy przy podnoszeniu i opuszczaniu kabiny dźwigu:

- a) z ładunkiem
- b) bez ładunku

- 2) moment bezwładności sprowadzony do wału silnika dla obu przypadków.

Dane:

$$G_k = 4 \text{ kN}$$

$$G = 12 \text{ kN}$$

$$G_p = 8 \text{ kN}$$

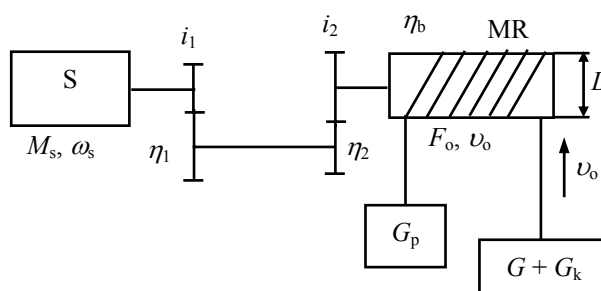
$$v_o = 2 \text{ m/s}$$

$$\omega_s = 102,6 \text{ rad/s}$$

$$\eta_1 = \eta_2 = 0,97$$

$$\eta_b = 0,96$$

Moment bezwładności bębna i przekładni pominąć.



Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonania ćwiczenia. Uczniowie wykonują ćwiczenie w zespołach dwu-, trzysobowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć siłę oporową wypadkową F_o przy podnoszeniu kabiny z ładunkiem,
- 2) określić kierunek przepływu energii przy podnoszeniu kabiny z ładunkiem,
- 3) zapisać zależność na zastępczy moment oporowy w ruchu postępowym dla ustalonego kierunku przepływu energii,
- 4) podstawić wartości liczbowe i wykonać obliczenia,
- 5) obliczyć siłę oporową wypadkową F_o przy podnoszeniu kabiny bez ładunku,
- 6) określić kierunek przepływu energii przy podnoszeniu kabiny bez ładunku,
- 7) zapisać zależność na zastępczy moment oporowy w ruchu postępowym dla ustalonego kierunku przepływu energii,
- 8) podstawić wartości liczbowe i wykonać obliczenia,
- 9) obliczyć siłę oporową wypadkową F_o przy opuszczaniu kabiny z ładunkiem,
- 10) określić kierunek przepływu energii przy opuszczaniu kabiny z ładunkiem,
- 11) zapisać zależność na zastępczy moment oporowy w ruchu postępowym dla ustalonego kierunku przepływu energii,
- 12) podstawić wartości liczbowe i wykonać obliczenia,
- 13) obliczyć siłę oporową wypadkową F_o przy opuszczaniu kabiny bez ładunku,
- 14) określić kierunek przepływu energii przy opuszczaniu kabiny bez ładunku,
- 15) zapisać zależność na zastępczy moment oporowy w ruchu postępowym dla ustalonego kierunku przepływu energii,

- 16) podstawić wartości liczbowe i wykonać obliczenia,
- 17) porównać wyniki i wyciągnąć wnioski,
- 18) zapisać zależność na zastępczy moment bezwładności mas w ruchu postępowym,
- 19) wyznaczyć masę wypadkową ciał w ruchu postępowym przy podnoszeniu i opuszczaniu kabiny z ładunkiem,
- 20) podstawić wartości liczbowe do wzoru na zastępczy moment bezwładności i wykonać obliczenia,
- 21) wyznaczyć masę wypadkową ciał w ruchu postępowym przy podnoszeniu i opuszczaniu kabiny bez ładunku,
- 22) podstawić wartości liczbowe do wzoru na zastępczy moment bezwładności i wykonać obliczenia,
- 23) przeanalizować wyniki i wyciągnąć wnioski.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia rachunkowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator,
- tekst przewodni z instrukcją rozwiązania zadania,
- arkusze papieru formatu A4.

Ćwiczenie 3

Dany jest układ dźwigowy jak na rysunku. Oblicz zastępczy moment bezwładności układu sprowadzony do prędkości wału silnika przy podnoszeniu ładunku o ciężarze $G = 6 \text{ kN}$ z prędkością $v_0 = 0,5 \text{ m/s}$.

DANE:

$$J_M = 0,75 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_{sp1} = 0,025 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_1 = 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_2 = 1,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_3 = 3,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_4 = 0,02 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

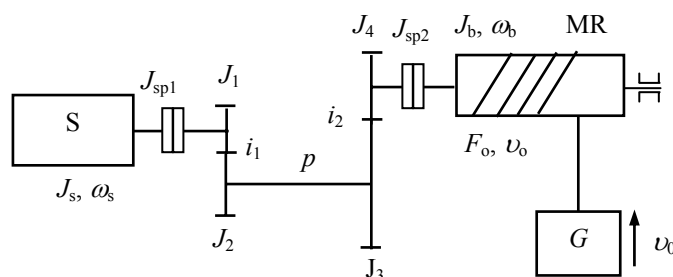
$$J_b = 0,95 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_{sp2} = 0,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\omega_s = 150,8 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$i_1 = 6$$

$$i_2 = 10$$



Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonania ćwiczenia. Uczniowie wykonują ćwiczenie w zespołach dwu-, trzyosobowych lub indywidualnie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapisać bilans energii dla układu przedstawionego na rysunku ($E_z = \Sigma E_{obr} + \Sigma E_{post}$),

- 2) zapisać zależność na zastępczy moment bezwładności dla układu, zwracając uwagę, że występują w nim dwie przekładnie,
- 3) podstawić wartości liczbowe i wykonać obliczenia,
- 4) wpisać jednostkę i zapisać odpowiedź.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia rachunkowe.

Środki dydaktyczne:

- zadanie do wykonania z tekstem przewodnim,
- kalkulator,
- arkusze papieru formatu A4
- przybory do pisanja.

Ćwiczenie 4

Wyznacz zastępczy moment oporowy sprowadzony do prędkości wału silnika przy podnoszeniu i opuszczaniu ładunku w układzie jak na rysunku:

DANE:

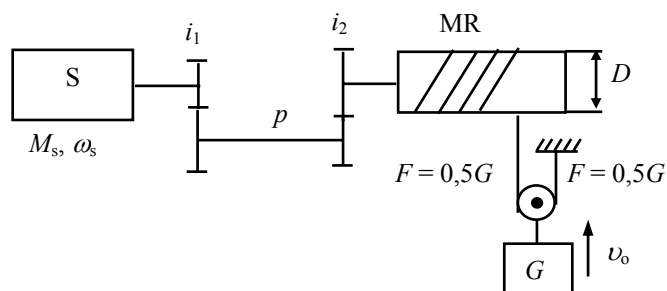
$$G = 12 \text{ kN}$$

$$v_0 = 2 \text{ m/s}$$

$$\omega_s = 102,6 \text{ rad/s}$$

$$\eta_1 = \eta_2 = 0,97$$

$$\eta_b = 0,96$$



Moment bezwładności bębna i przekładni pominąć.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonania ćwiczenia. Uczniowie wykonują ćwiczenie w zespołach dwuosobowych lub indywidualnie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) wypisać dane i szukane,
- 2) obliczyć siłę oporową wypadkową F_0 przy podnoszeniu ładunku,
- 3) określić kierunek przepływu energii przy podnoszeniu ładunku,
- 4) zapisać zależność na zastępczy moment oporowy w ruchu postępowym dla ustalonego kierunku przepływu energii,
- 5) podstawić wartości liczbowe i wykonać obliczenia,
- 6) obliczyć siłę oporową wypadkową F_0 przy opuszczaniu ładunku,
- 7) określić kierunek przepływu energii przy opuszczaniu ładunku,
- 8) zapisać zależność na zastępczy moment oporowy w ruchu postępowym dla ustalonego kierunku przepływu energii,
- 9) podstawić wartości liczbowe i wykonać obliczenia,
- 10) porównać otrzymane wyniki i wyciągnąć wnioski, w którym przypadku jest zapotrzebowanie na większy moment napędowy i dlaczego.

- Zalecane metody nauczania – uczenia się:
- ćwiczenia rachunkowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator,
- arkusze papieru formatu A4
- przybory do pisanja.

5.3. Charakterystyka ogólnych wytycznych doboru i nagrzewania silnika

5.3.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Narysuj przebieg mocy obciążenia, strat mocy i przyrostów temperatury dla pracy okresowej S6 40%

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonania ćwiczenia. Uczniowie wykonują ćwiczenie w zespołach dwu-, trzyosobowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) narysować 3 układy współrzędnych (P, t) , $(\Delta P, t)$, (ϑ, t) w jednej kolumnie,
- 2) narysować przebieg mocy dla pracy przerywanej z przerwami jałowymi o stałym obciążeniu i względnym czasie 40%,
- 3) poprowadzić linie przerywane z punktów charakterystycznych w dół do pozostałych układów współrzędnych,
- 4) narysować przebieg strat mocy, pamiętając, że silnik pracuje na biegu jałowym w przerwach obciążenia,
- 5) narysować przebieg przyrostów temperatury,
- 6) przeanalizować przebieg i podzielić się swoimi uwagami z kolegami.

- Zalecane metody nauczania – uczenia się:
- ćwiczenia rysunkowe.

Środki dydaktyczne:

- arkusze papieru lub folia do grafoskopu,
- pisaki.

Ćwiczenie 2

Wyznacz, jaką mocą można obciążyć silnik dźwigowy o mocy $P_N = 40$ kW przeznaczony do pracy S3 25%, jeśli zastosujemy go do napędu dźwigu o względnym czasie pracy $\varepsilon_{\chi\%} = 40\%$.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonania ćwiczenia. Uczniowie wykonują ćwiczenie w zespołach dwuosobowych lub indywidualnie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) wypisać dane i szukane,
- 2) zapisać zależność pozwalającą przeliczyć moc znamionową dla innego czasu pracy,
- 3) podstawić wartości liczbowe i wykonać obliczenia,
- 4) wpisać jednostkę i podkreślić wynik końcowy,
- 5) porównać moc dla względnego czasu pracy $\varepsilon_x\% = 40\%$ z $\varepsilon_N\% = 25\%$ oraz zapisać wnioski.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia rachunkowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator,
- arkusz papieru formatu A4,
- przybory do pisanja.

5.4. Dobór mocy silników elektrycznych do wymagań układu napędowego

5.4.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobrać moc silnika napędowego do pracy ciągłej, napędzającego bęben taśmociągu za pośrednictwem przekładni pasowych o sprawności $\eta_p = 0,95$ z prędkością $v_0 = 1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Siła oporowa na obwodzie bębna $F_0 = 4 \text{ kN}$.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonania ćwiczenia. Uczniowie wykonują ćwiczenie w zespołach dwuosobowych lub indywidualnie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapisać wzór na moc potrzebowaną przy obciążeniu siłą oporową,
- 2) podstawić wartości liczbowe i wyznaczyć moc.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia rachunkowe.

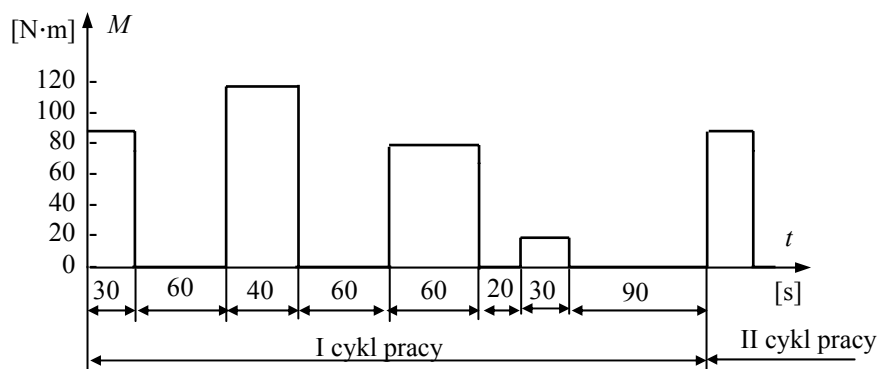
Środki dydaktyczne:

- kalkulator,

- arkusze papieru formatu A4,

Ćwiczenie 2

Dobrać silnik do napędu maszyny roboczej pracującej ze stałą prędkością kątową $\omega = 100 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$, której wykres momentu obciążenia przedstawia rysunek.



Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonania ćwiczenia. Uczniowie wykonują ćwiczenie w zespołach dwu-, trzysobowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) wyznaczyć czas trwania cyklu, który przy pracy okresowej S3 nie powinien przekroczyć 10 minut,
- 2) obliczyć moment zastępczy, który wyznaczamy przy pracy okresowej S3 bez uwzględnienia czasów postoju i biegu jałowego,
- 3) wyznaczyć względny czas pracy silnika ε ,
- 4) obliczyć moc zapotrzebowaną do napędu maszyny roboczej,
- 5) przeliczyć moc zapotrzebowaną dla znormalizowanego względnego czasu pracy,
- 6) korzystając z katalogu dobrać silnik spełniający wymagania,
- 7) sprawdzić, czy przeciążalność silnika spełnia wymagania układu napędowego z uwzględnieniem 10% spadku napięcia w sieci.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

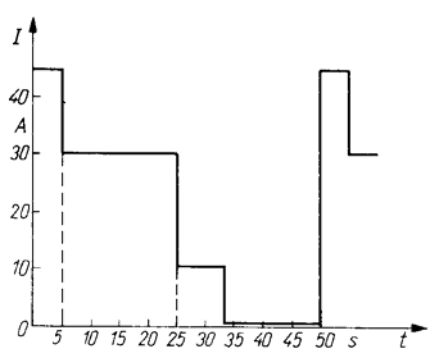
- ćwiczenia rachunkowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator,
- katalogi silników elektrycznych,
- arkusze papieru formatu A4.

Ćwiczenie 3

Do napędu obrabiarki ma być zastosowany silnik bocznikowy prądu stałego. Przewidywany przebieg obciążenia obrabiarki przedstawia rysunek. Silnik ma przewietrzanie obce. Wyznaczyć prąd zastępczy.[1]



Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonania ćwiczenia. Uczniowie wykonują ćwiczenie w zespołach dwu-, trzysobowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) sprawdzić czas trwania cyklu, czy nie przekracza 10 minut,
- 2) zapisać wzór na prąd zastępczy dla przykładu na rysunku,
- 3) podstawić dane liczbowe i wyznaczyć wartość prądu zastępczego,
- 4) dobrać z katalogu silnik o prądzie znamionowym odpowiadającym wyznaczonej wartości,
- 5) sprawdzić, czy przeciążalność prądowa wybranego silnika spełnia wymagania układu napędowego,
- 6) jeżeli silnik wybrany według warunków nagrzewania nie spełnia wymagań przeciążalności prądowej, to należy wybrać silnik o większej mocy spełniający warunek przeciążalności.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia rachunkowe.

Środki dydaktyczne:

- katalogi silników elektrycznych,
- kalkulator.

6. EWALUACJA OSIĄGNIĘĆ UCZNIA

Przykłady narzędzi pomiaru dydaktycznego

Test 1

Test pisemny dwustopniowy do badań sumujących z zakresu „Dobieranie silników elektrycznych w układach napędowych”

Test składa się z dwudziestu zadań wielokrotnego wyboru. Zadania od 1 do 13 są zadaniami z poziomu podstawowego, a zadania od 14 do 20 są zadaniami z zakresu poziomu ponadpodstawowego.

Punktacja zadań: 0 lub 1 punkt

Za poprawną odpowiedź uczeń otrzymuje 1 punkt. Za odpowiedź błędną lub brak odpowiedzi uczeń otrzymuje 0 punktów.

Proponuje się następujące normy wymagań – uczeń otrzyma następujące oceny szkolne:

- niedostateczny – $0 \div 7$ punktów,
- dopuszczający – $8 \div 11$ punktów z poziomu podstawowego,
- dostateczny – $12 \div 15$ punktów (12 punktów z poziomu podstawowego),
- dobry – $16 \div 18$ punktów (minimum 12 punktów z poziomu podstawowego)
+ 4 punkty z poziomu ponadpodstawowego),
- bardzo dobry – $19 \div 20$

Oceny celującej nie przewiduje proponowany test. Nauczyciel może przygotować dodatkowe zadanie na celujący np. z zadań otwartych proponowanych w poradniku dla ucznia.

Plan testu

TEST 1

Nr. zadania w teście	Cel operacyjny (mierzone osiągnięcia uczniów)	Kategoria celu	Poziom wymagań	Klucz odpowiedzi
1	Wyjaśnić pojęcie elektrycznego układu napędowego	A	p	b
2	Zanalizować charakterystyki mechaniczne silników elektrycznych i maszyn roboczych	C	p	d
3	Sporządzać charakterystyki mechaniczne silników elektrycznych i maszyn roboczych	B	p	d

4	Zdefiniować podstawowe wielkości opisujące układ napędowy	A	p	c
5	Scharakteryzować stany ustalone i przejściowe w układzie napędowym	C	p	a
6	Zdefiniować wielkości charakteryzujące stan przejściowy	A	p	c
7	Rozróżnić wielkości charakteryzujące stan przejściowy	A	p	d
8	Określić wielkości charakteryzujące stan przejściowy	C	p	d
9	Ocenić poprawność doboru silnika napędowego	C	p	c
10	Zdefiniować rodzaje pracy silników elektrycznych	A	p	b
11	Rozpoznać rodzaje pracy silników elektrycznych	B	p	c
12	Obliczyć moment maksymalny silnika	B	p	b
13	Dobrać moc znamionową silnika elektrycznego do pracy ciągłej	B	p	a
14	Rozróżnić rodzaje budowy i odpowiadające im stopnie ochrony oraz formy wykonania silników	C	pp	c
15	Obliczyć moment bezwładności maszyny roboczej sprowadzony do prędkości wału silnika	C	pp	a
16	Dobrać silnik elektryczny do maszyny roboczej dla zmienionych warunków pracy	D	pp	b
17	Obliczyć moment oporowy maszyny roboczej sprowadzony do prędkości wału silnika przy przepływie energii od maszyny roboczej do silnika	C	pp	c
18	Obliczyć moment oporowy maszyny roboczej sprowadzony do prędkości wału silnika przy przepływie energii od silnika do maszyny roboczej	D	pp	d
19	Dobrać silnik elektryczny do maszyny roboczej metodą momentu zastępczego	D	pp	b
20	Dobrać silnik elektryczny do maszyny roboczej metodą prądu zastępczego	D	pp	a

Przebieg testowania

Instrukcja dla nauczyciela:

1. Ustal z uczniami termin przeprowadzenia sprawdzianu z wyprzedzeniem co najmniej tygodniowym.
2. Przed rozpoczęciem testu przygotuj salę zgodnie z wymaganiami.
3. Uczeń rozwiązuje 20 zadań testowych wielokrotnego wyboru.
4. W każdym zadaniu jest tylko jedna poprawna odpowiedź.
5. Uczeń zaznacza poprawną odpowiedź, zaczerniając właściwe pole w karcie odpowiedzi.
6. W przypadku pomyłki bierze błędną odpowiedź w kółko i zaznacza właściwą.
7. Po zajęciu miejsc przez uczniów należy rozdać instrukcje testowania, arkusze zadań testowych oraz karty odpowiedzi. Na kartach uczniowie wpisują imię, nazwisko i klasę.
8. Uczniowie otrzymują 5 minut na zapoznanie się z instrukcją i arkuszem zadań.
9. Uczniowie pracują indywidualnie, nie korzystając z żadnych pomocy za wyjątkiem przyborów do pisania.
10. Na rozwiązanie wszystkich zadań uczniowie mają maksymalnie 35 minut – czas jest mierzony tylko w czasie pracy uczniów, po zapoznaniu się z instrukcją.
11. Zakończenie rozwiązywania testu uczeń zgłasza przez podniesienie ręki.

Instrukcja dla ucznia:

1. Przeczytaj uważnie instrukcję i zapoznaj się z zestawem zadań testowych. Masz na to 5 minut. Jeżeli masz wątpliwości zapytaj nauczyciela.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Twoje zadanie polega na rozwiązaniu 20 zadań o różnym poziomie trudności: zadania od 1 do 13 są zadaniami z poziomu podstawowego, a zadania od 14 do 20 to poziom ponadpodstawowy.
4. Za poprawne rozwiązanie 12 zadań z poziomu podstawowego (1 ÷ 13) otrzymasz ocenę dostateczną. Aby otrzymać ocenę dopuszczającą, powinieneś rozwiązać co najmniej 8 zadań z poziomu podstawowego.
5. Za poprawne rozwiązanie 16 zadań (w tym minimum 12 z poziomu podstawowego) otrzymasz ocenę dobrą.
6. Za prawidłowe rozwiązanie 19 zadań otrzymasz ocenę bardzo dobrą.
7. Zaznacz poprawną odpowiedź zaczerniając właściwe pole w karcie odpowiedzi.
8. W przypadku zmiany decyzji dotyczącej wyboru odpowiedzi, poprzednio zaznaczoną odpowiedź zakreśl kółkiem i zaznacz ponownie właściwą odpowiedź.
9. Rozwiązanie zadania będzie uznane za prawidłowe, jeżeli wybierzesz tylko jedną poprawną odpowiedź, uzyskasz wówczas jeden punkt.
10. Wybranie kilku odpowiedzi lub brak odpowiedzi spowoduje nie zaliczenie zadania, wówczas uzyskasz 0 punktów.
11. Na rozwiązanie zadań masz 35 minut.
12. Jeżeli czas pozwoli, przed oddaniem pracy, sprawdź odpowiedzi, jakich udzieliłeś.

Powodzenia!

Materiały dla ucznia:

- instrukcja,
- zestaw zadań testowych,
- karta odpowiedzi,
- poradnik, norma, katalog silników elektrycznych.

Zestaw zadań testowych

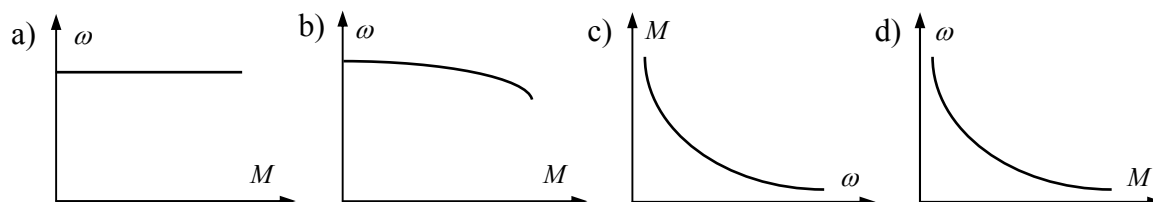
TEST 1

1. Napędem elektrycznym nazywamy:
 - a) urządzenie elektryczne, w którym doprowadzona energia elektryczna przetwarzana jest na energię mechaniczną wirującego wału,
 - b) zespół urządzeń i aparatów elektrycznych pracujących na zasadzie wykorzystania energii elektrycznej i służących do nadawania ruchu maszynie roboczej,
 - c) zespół urządzeń i aparatów elektrycznych służących do sterowania przepływem energii elektrycznej między źródłem a maszyną napędzającą,
 - d) układ napędowy, w którym do sterowania przepływem energii między źródłem a silnikiem wykorzystano półprzewodnikowe przyrządy mocy;

2. Charakterystykę idealnie sztywną mają silniki:

- a) indukcyjne,
- b) bocznikowe prądu stałego,
- c) komutatorowe szeregowo prądu przemiennego,
- d) synchroniczne.

3. Charakterystykę mechaniczną silnika szeregowego przedstawia rysunek:



4. Moc mechaniczną P przenoszoną z silnika do maszyny roboczej w ruchu obrotowym opisuje zależność:

- a) $P = F_o v_o$,
- b) $P = M_o \omega_o$,
- c) $P = M_s \omega_s$,
- d) $P = U I$.

5. Z równania ruchu układu elektromechanicznego $J \frac{\Delta \omega}{\Delta t} + M_o = M_s$ wynika, że:

- a) rozruch trwa do chwili, w której przyspieszenie kątowe zmaleje do zera,
- b) układ wiruje ze stałą prędkością kątową równą ω ,
- c) moment hamujący jest zbyt duży by nastąpił rozruch,
- d) układ napędowy pracuje niestabilnie i grozi rozbieganiem.

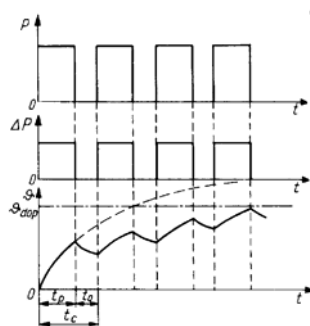
6. Moment dynamiczny M_d jest to:

- a) moment oporowy, którego zwrot zależy od kierunku ruchu mechanizmu,
- b) inercja ciała wirującego wokół osi,
- c) nadwyżka momentu powodująca zmianę prędkości kątowej układu napędowego,
- d) moment oporowy, którego zwrot nie zależy od kierunku ruchu mechanizmu.

7. Moment bezwładności J określa:

- a) nadwyżkę momentu powodującą zmianę prędkości kątowej układu napędowego,
- b) moment napędowy niezbędny do wprawienia w ruch maszyny roboczej,
- c) moment oporowy, którego zwrot nie zależy od kierunku ruchu mechanizmu,
- d) inercję ciała wirującego wokół osi.

8. Dla układów o stałym momencie bezwładności moment dynamiczny obliczamy z zależności:
- $J = m R_b^2$,
 - $M_d = c_e \Phi I_a$,
 - $a = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$,
 - $M_d = J \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$.
9. W celu ustalenia czy dobrany silnik może rozwinąć moment maksymalny wystarczający do pokonania największego obciążenia przewidzianego podczas pracy układu napędowego, sprawdzamy, czy spełniony jest warunek:
- $p_m = M_N M_k$,
 - $p_m = \frac{M_N}{M_{\max}}$,
 - $p_m = \frac{M_{\max}}{M_N}$,
 - $p_p = \frac{P_{oN}}{P_{sN}}$.
10. Praca z obciążeniem o stałej wartości, trwającym przez czas określony tak, że żadna z części silnika nie osiągnie temperatury ustalonej z następującym po tym czasie postojem, podczas którego każda z części silnika osiągnie temperaturę nie różniącą się od temperatury otoczenia więcej niż o 2°C , jest to:
- praca ciągła,
 - praca dorywcza,
 - praca przerywana okresowa,
 - praca długotrwała z przerwami jałowymi.
11. Rysunek przedstawia wykresy pracy:
- obciążenia zmiennego,
 - dorywczej,
 - okresowej przerywanej,
 - ciągłej.



12. Oblicz moment krytyczny silnika o przeciążalności $p_m = 2,2$ i momencie znamionowym $M_N = 95 \text{ Nm}$:
- $M_{\max} = 43,2 \text{ N}\cdot\text{m}$,
 - $M_{\max} = 209 \text{ N}\cdot\text{m}$,
 - $M_{\max} = 140 \text{ N}\cdot\text{m}$,
 - $M_{\max} = 95 \text{ N}\cdot\text{m}$.
13. Oblicz moc znamionową silnika napędowego do pracy ciągłej, napędzającego maszynę roboczą z prędkością $\omega_0 = 126 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ przy sprzężeniu bezpośrednim. Moment oporowy maszyny roboczej $M_0 = 70 \text{ N}\cdot\text{m}$:
- nie mniejsza niż $8,82 \text{ kW}$,
 - nie większa niż $1,8 \text{ kW}$,
 - powyżej $1,8 \text{ kW}$,
 - nie większa niż $8,82 \text{ kW}$.

15. Oblicz zastępczy moment bezwładności dla układu przedstawionego na rysunku, mając dane:

[illegible]

16. Oceń możliwość zastosowania silnika o podanej na tabliczce znamionowej informacji $P_N = 10 \text{ kW}$ S3 25% do pracy przerywanej S3 40%:

17. Wyznaczyć moment zastępczy przy podnoszeniu kabiny dźwigu bez ładunku.

The diagram illustrates the mechanical system of the MR damper. It consists of a motor (S) driving a shaft with moment of inertia i_1 and damping η_1 . This shaft is connected to a second shaft with moment of inertia i_2 and damping η_2 through a coupling with stiffness p . The second shaft is connected to the MR damper, which has a damping coefficient η_b . The damper is represented as a cylinder of length L . Below the damper, a piston is connected to a spring G_p and a damper $G+G_k$. The displacement of the piston is denoted by v_0 .

a) $M_z = 92,3 \text{ N}\cdot\text{m}$,
b) $M_z = 173,3 \text{ kN}\cdot\text{m}$,
c) $M_z = -69,3 \text{ N}\cdot\text{m}$,
d) $M_z = -230,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$.

18. Wyznaczyć moment zastępczy przy podnoszeniu ładunku mając dane:

$$G = 12 \text{ kN},$$

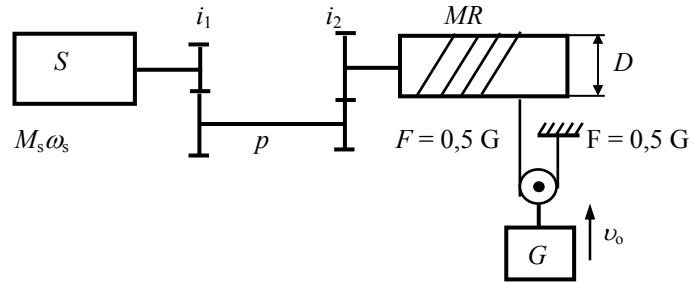
$$v_0 = 2 \text{ m/s},$$

$$\omega_s = 102,6 \text{ rad/s},$$

$$\eta_1 = \eta_2 = 0,97,$$

$$\eta_b = 0,96.$$

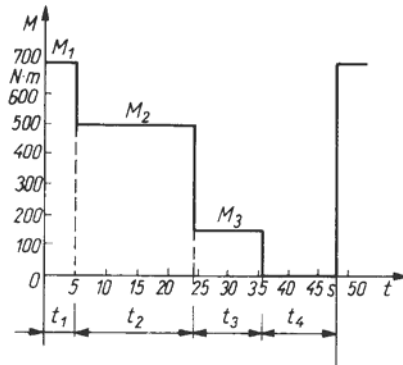
Moment bezwładności bębna i przekładni pominąć.



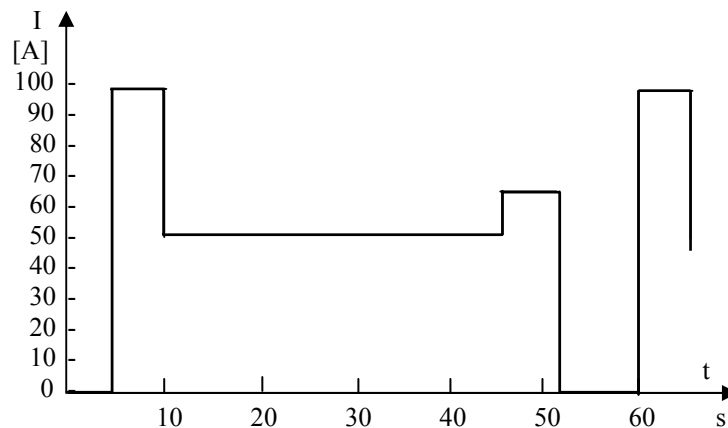
- a) $M_z = 121,8 \text{ N}\cdot\text{m},$
- b) $M_z = 117,0 \text{ N}\cdot\text{m},$
- c) $M_z = 105,6 \text{ N}\cdot\text{m},$
- d) $M_z = 129,5 \text{ N}\cdot\text{m}.$

19. Oblicz metodą momentu zastępczego moc zapotrzebowaną silnika napędowego pracującego według cyklicznie zmieniającego się momentu jak na rysunku. Prędkość obrotowa maszyny roboczej $\omega_0 = 100 \text{ rad/s}$:

- a) $P = 3,38 \text{ kW},$
- b) $P = 33,8 \text{ kW},$
- c) $P = 31,2 \text{ kW},$
- d) $P = 338 \text{ W}.$



20. Dobierz silnik do maszyny roboczej o obciążalności jak na rysunku. Dopuszczalna przeciążalność silnika o przewietrzaniu obcym, wg danych katalogowych $p_i = 1,6$:



- a) $I_z = 53,5 \text{ A}, \quad I_{sN} \geq 62,5 \text{ A},$
- b) $I_z = 53,5 \text{ A}, \quad I_{sN} \leq 62,5 \text{ A},$
- c) $I_z = 53,5 \text{ A}, \quad I_{sN} \geq 85,3 \text{ A},$
- d) $I_z = 32,5 \text{ A}, \quad I_{sN} \geq 52 \text{ A}.$

Test 2

Test pisemny dwustopniowy do badań sumujących z zakresu „Dobieranie silników elektrycznych w układach napędowych”

Test składa się z dwudziestu zadań wielokrotnego wyboru. Zadania od 1 do 13 są zadaniami z poziomu podstawowego, a zadania od 14 do 20 są zadaniami z zakresu poziomu ponadpodstawowego.

Punktacja zadań: 0 lub 1 punkt

Za poprawną odpowiedź uczeń otrzymuje 1 punkt. Za odpowiedź błędną lub brak odpowiedzi uczeń otrzymuje 0 punktów.

Proponuje się następujące normy wymagań – uczeń otrzyma następujące oceny szkolne:

- niedostateczny – $0 \div 7$ punktów,
- dopuszczający – $8 \div 11$ punktów z poziomu podstawowego,
- dostateczny – $12 \div 15$ punktów (12 punktów z poziomu podstawowego),
- dobry – $16 \div 18$ punktów (minimum 12 punktów z poziomu podstawowego + 4 punkty z poziomu ponadpodstawowego),
- bardzo dobry – $19 \div 20$ punktów

Oceny celującej nie przewiduje proponowany test. Nauczyciel może przygotować dodatkowe zadanie na celujący np. z zadań otwartych proponowanych w poradniku dla ucznia.

Plan testu

TEST 2

Nr zadania	Cel operacyjny (mierzone osiągnięcia uczniów)	Kategoria celu	Poziom wymagań	Klucz odpowiedzi
1	Wyjaśnić pojęcia elektrycznego układu napędowego	A	p	b
2	Zdefiniować charakterystyki mechaniczne silników elektrycznych i maszyn roboczych	A	p	a
3	Sporządzić charakterystyki mechaniczne silników elektrycznych i maszyn roboczych	B	p	a
4	Zdefiniować podstawowe wielkości opisujące układ napędowy	A	p	a
5	Scharakteryzować stany ustalone i przejściowe w układzie napędowym	C	p	b
6	Rozróżnić wielkości charakteryzujące stan przejściowy	A	p	c
7	Zdefiniować wielkości charakteryzujące stan przejściowy	A	p	d

8	Określić wielkości charakteryzujące stan przejściowy	C	p	a
9	Ocenić poprawność doboru silnika napędowego	C	p	b
10	Scharakteryzować rodzaje pracy silników elektrycznych	A	p	c
11	Rozróżnić rodzaje pracy silników elektrycznych	B	p	a
12	Obliczyć moment maksymalny silnika	B	p	c
13	Dobrać moc znamionową silnika elektrycznego przy obciążeniu siłą oporową maszyny roboczej	B	p	d
14	Rozróżnić rodzaje budowy i odpowiadające im stopnie ochrony oraz formy wykonania silników	C	pp	c
15	Obliczyć moment bezwładności maszyny roboczej sprowadzony do prędkości wału silnika	C	pp	a
16	Dobrać silnik elektryczny do maszyny roboczej dla zmienionych warunków pracy	D	pp	b
17	Obliczyć moment oporowy maszyny roboczej sprowadzony do prędkości wału silnika przy przepływie energii od silnika do maszyny roboczej	C	pp	d
18	Obliczyć moment oporowy maszyny roboczej sprowadzony do prędkości wału silnika przy przepływie energii od silnika do maszyny roboczej	D	pp	c
19	Dobrać silnik elektryczny do maszyny roboczej metodą momentu zastępczego	D	pp	a
20	Dobrać silnik elektryczny do maszyny roboczej metodą prądu zastępczego	D	pp	b

Przebieg testowania

Instrukcja dla nauczyciela:

1. Ustal z uczniami termin przeprowadzenia sprawdzianu z wyprzedzeniem co najmniej tygodniowym.
2. Przed rozpoczęciem testu przygotuj salę zgodnie z wymaganiami.
3. Uczeń rozwiązuje 20 zadań testowych wielokrotnego wyboru.
4. W każdym zadaniu jest tylko jedna poprawna odpowiedź.
5. Uczeń zaznacza poprawną odpowiedź, zaczerniając właściwe pole w karcie odpowiedzi.
6. W przypadku pomyłki bierze błędną odpowiedź w kółko i zaznacza właściwą.
7. Po zajęciu miejsc przez uczniów należy rozdać instrukcje testowania, arkusze zadań testowych oraz karty odpowiedzi. Na kartach uczniowie wpisują imię, nazwisko i klasę.
8. Uczniowie otrzymują 5 minut na zapoznanie się z instrukcją.
9. Uczniowie pracują indywidualnie, nie korzystając z żadnych pomocy za wyjątkiem przyborów do pisania.
10. Na rozwiązanie wszystkich zadań uczniowie mają maksymalnie 35 minut – czas jest mierzony tylko w czasie pracy uczniów, po zapoznaniu się z instrukcją.
11. Zakończenie rozwiązywania testu uczeń zgłasza przez podniesienie ręki.

Instrukcja dla ucznia:

1. Przeczytaj uważnie instrukcję i zapoznaj się z zestawem zadań testowych. Masz na to 5 minut. Jeżeli masz wątpliwości zapytaj nauczyciela.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Twoje zadanie polega na rozwiązaniu 20 zadań o różnym poziomie trudności: zadania od 1 do 13 są zadaniami z zakresu poziomu podstawowego, a zadania od 14 do 20 to poziom ponadpodstawowy.
4. Za poprawne rozwiązanie 12 zadań z poziomu podstawowego (1 ÷ 13) otrzymasz ocenę dostateczną. Aby otrzymać ocenę dopuszczającą, powinieneś rozwiązać co najmniej 8 zadań z poziomu podstawowego.
5. Za poprawne rozwiązanie 16 zadań (w tym minimum 12 z poziomu podstawowego) otrzymasz ocenę dobrą.
6. Za prawidłowe rozwiązanie 19 zadań otrzymasz ocenę bardzo dobrą.
7. Zaznacz poprawną odpowiedź zaczerniając właściwe pole w karcie odpowiedzi.
8. W przypadku zmiany decyzji dotyczącej wyboru odpowiedzi, poprzednio zaznaczoną odpowiedź zakreśl kółkiem i zaznacz ponownie właściwą odpowiedź.
9. Rozwiązanie zadania będzie uznane za prawidłowe, jeżeli wybierzesz tylko jedną poprawną odpowiedź, uzyskasz wówczas jeden punkt.
10. Wybranie kilku odpowiedzi lub brak odpowiedzi spowoduje nie zaliczenie zadania, wówczas uzyskasz 0 punktów.
11. Na rozwiązanie zadań masz 35 minut.
12. Jeżeli czas pozwoli, przed oddaniem pracy, sprawdź odpowiedzi, jakich udzieliłeś.

Powodzenia!

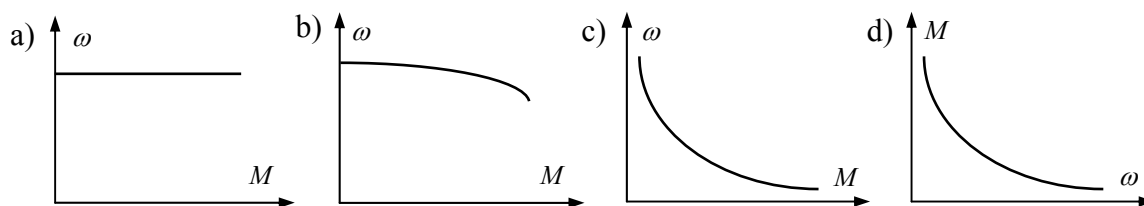
Materiały dla ucznia:

- instrukcja,
- zestaw zadań testowych,
- karta odpowiedzi,
- poradnik, norma, katalog silników elektrycznych.

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

TEST 2

1. Energoelektroniczny układ napędowy to:
 - a) urządzenie elektryczne, w którym doprowadzona energia elektryczna przetwarzana jest na energię mechaniczną wirującego wału,
 - b) układ napędowy, w którym do sterowania przepływem energii między źródłem a silnikiem wykorzystano półprzewodnikowe przyrządy mocy,
 - c) zespół urządzeń i aparatów elektrycznych pracujących na zasadzie wykorzystania energii elektrycznej i służących do nadawania ruchu maszynie roboczej,
 - d) zespół urządzeń i aparatów elektrycznych służących do sterowania przepływem energii elektrycznej między źródłem a maszyną napędzającą.
2. Charakterystyką mechaniczną maszyny roboczej nazywa się:
 - a) zależność momentu oporowego lub siły oporowej maszyny roboczej od jej prędkości liniowej lub kątowej,
 - b) nadwyżkę momentu powodującą zmianę prędkości kątowej układu napędowego,
 - c) zależność prędkości wirowania wirnika silnika napędowego od momentu obciążenia,
 - d) zespół parametrów charakteryzujących pracę do której w określonych warunkach maszyna jest przeznaczona.
3. Charakterystykę mechaniczną silnika synchronicznego przedstawia rysunek:



4. Moc mechaniczną P przenoszoną z silnika do maszyny roboczej w ruchu postępowym opisuje zależność:
 - a) $P = F_o v_o$,
 - b) $P = M_o \omega_o$,
 - c) $P = M_s \omega_s$,
 - d) $P = UI$.
5. W którym przypadku mamy do czynienia ze stanem ustalonym w układzie napędowym ?
 - a) $M_s \neq M_o$,
 - b) $M_d = 0$,
 - c) $M_d > 0$,
 - d) $M_d < 0$.
6. Moment bezwładności J określa:
 - a) nadwyżkę momentu powodującą zmianę prędkości kątowej układu napędowego,
 - b) moment napędowy niezbędny do wprawienia w ruch maszyny roboczej,
 - c) inercję ciała wirującego wokół osi,
 - d) moment oporowy, którego zwrot nie zależy od kierunku ruchu mechanizmu.
7. Moment dynamiczny M_d określa:
 - a) moment oporowy, którego zwrot zależy od kierunku ruchu mechanizmu,
 - b) moment oporowy, którego zwrot nie zależy od kierunku ruchu mechanizmu,
 - c) inercję ciała wirującego wokół osi,
 - d) nadwyżkę momentu powodującą zmianę prędkości kątowej układu napędowego.

8. Dla układów o stałym momencie bezwładności moment dynamiczny obliczamy z zależności:

a) $M_d = J \frac{\Delta \omega}{\Delta t},$

b) $J = m R_b^2,$

c) $M_d = c_e \Phi I_a,$

d) $a = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}.$

9. W celu ustalenia, czy dobrany silnik może rozwinąć moment maksymalny wystarczający do pokonania największego obciążenia przewidzianego podczas pracy układu napędowego sprawdzamy, czy spełniony jest warunek:

a) $p_m = M_N M_k,$

b) $p_m = \frac{M_{\max}}{M_N},$

c) $p_p = \frac{P_{oN}}{P_{sN}},$

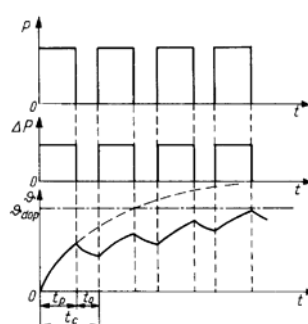
d) $p_m = \frac{M_N}{M_{\max}}.$

10. Praca z obciążeniem o stałej wartości, trwającym tak długo, aż maszyna osiągnie stan równowagi cieplnej – przyrosty temperatury nie zmieniają się więcej niż $2^\circ/\text{h}$, jest to:

- a) praca przerywana okresowa,
b) praca dorywcza,
c) praca ciągła,
d) praca długotrwała z przerwami jałowymi.

11. Rysunek przedstawia wykresy pracy:

- a) okresowej przerywanej,
b) dorywczej,
c) obciążenia zmiennego,
d) ciągłej.



12. Oblicz moment krytyczny silnika o przeciążalności $p_m = 1,6$ i momencie znamionowy $M_N = 95 \text{ Nm}$:

- a) $M_{\max} = 43,2 \text{ Nm},$
b) $M_{\max} = 209 \text{ Nm},$
c) $M_{\max} = 152 \text{ Nm},$
d) $M_{\max} = 95 \text{ Nm}.$

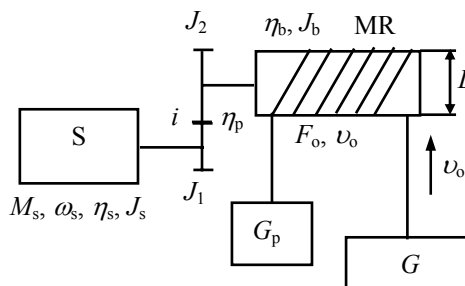
13. Wyznacz moc zapotrzebowaną do napędu taśmociągu transportu poziomego z prędkością 2 m s^{-1} za pośrednictwem przekładni pasowej o sprawności $\eta = 0,96$. Siła oporowa taśmociągu $F_o = 2,5 \text{ kN}$:

- a) $P = 5,0 \text{ kW},$
b) $P = 4,80 \text{ kW},$
c) $P = 0,75 \text{ kW},$
d) $P = 5,21 \text{ kW}.$

14. Podany na tabliczce znamionowej stopień ochrony IP10 oznacza, że silnik ma budowę:
- otwartą,
 - chronioną,
 - zamkniętą,
 - wodoszczelną.

15. Oblicz zastępczy moment bezwładności dla układu przedstawionego na rysunku mając dane:

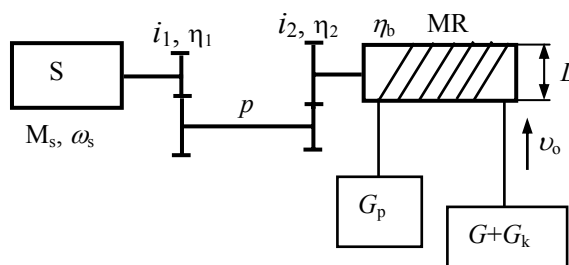
$$\begin{aligned} G &= 60 \text{ kN}, \\ G_p &= 37 \text{ kN}, \\ D_b &= 0,6 \text{ m}, \\ J_s &= 3,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2, \\ J_b &= 7,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2, \\ J_1 &= 0,11 \text{ kg}\cdot\text{m}^2, \\ J_2 &= 1,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2, \\ v_0 &= 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, \\ \omega_s &= 100 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}, \\ i &= 10. \end{aligned}$$



- $J_z = 11,03 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$,
 - $J_z = 248,34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$,
 - $J_z = 12,60 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$,
 - $J_z = 14,03 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.
16. Oceń możliwość zastosowania silnika o podanej na tabliczce znamionowej informacji $P_N = 10 \text{ kW}$ S3 15% do pracy przerywanej S3 60%:
- nie można zastosować silnika do pracy o innym czasie względnym,
 - można zastosować przy obciążeniu mocą 5 kW ,
 - można zastosować przy obciążeniu mocą $7,9 \text{ kW}$,
 - można zastosować przy obciążeniu mocą $6,25 \text{ kW}$.
17. Wyznaczyć moment zastępczy przy opuszczaniu kabiny dźwigu bez ładunku.

Dane układu napędowego:

$$\begin{aligned} G_k &= 4 \text{ kN}, \\ G &= 11 \text{ kN}, \\ G_p &= 8 \text{ kN}, \\ v_0 &= 2,0 \text{ m/s}, \\ \omega_s &= 100 \text{ rad/s}, \\ \eta_1 &= \eta_1 = 0,95, \\ \eta_b &= 0,96. \end{aligned}$$



Moment bezwładności bębna i przekładni pominąć.

- $M_z = -92,3 \text{ N}\cdot\text{m}$,
- $M_z = -173,3 \text{ kN}\cdot\text{m}$,
- $M_z = 69,3 \text{ N}\cdot\text{m}$,
- $M_z = 230,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$.

18. Wyznaczyć moment zastępczy przy opuszczaniu ładunku mając dane:

$$G = 12 \text{ kN}$$

$$v_0 = 2 \text{ m/s}$$

$$\omega_s = 102,6 \text{ rad/s}$$

$$\eta_1 = \eta_2 = 0,97$$

$$\eta_b = 0,96$$

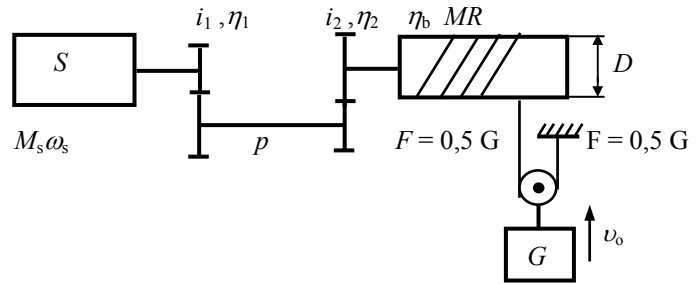
Moment bezwładności bębna i przekładni pominąć.

a) $M_z = 121,8 \text{ N}\cdot\text{m}$,

b) $M_z = 117,0 \text{ N}\cdot\text{m}$,

c) $M_z = 105,6 \text{ N}\cdot\text{m}$,

d) $M_z = 129,5 \text{ N}\cdot\text{m}$.



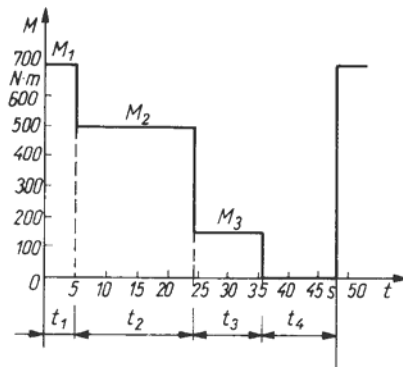
19. Oblicz metodą momentu zastępczego moc zapotrzebowaną silnika napędowego pracującego według cyklicznie zmieniającego się momentu jak na rysunku. Prędkość obrotowa maszyny roboczej $\omega_0 = 100 \text{ rad/s}$:

a) $P = 33,8 \text{ kW}$,

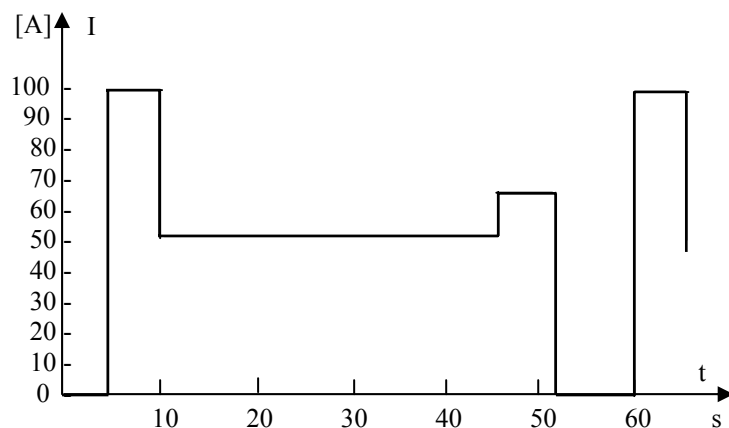
b) $P = 3,38 \text{ kW}$,

c) $P = 31,2 \text{ kW}$,

d) $P = 338 \text{ W}$.



20. Dobrać silnik do maszyny roboczej o obciążalności jak na rysunku. Dopuszczalna przeciążalność silnika o przewietrzaniu obcym, wg danych katalogowych $p_i = 1,6$:



a) $I_z = 53,5 \text{ A}$ $I_{sN} \leq 62,5 \text{ A}$,

b) $I_z = 53,5 \text{ A}$ $I_{sN} \geq 62,5 \text{ A}$,

c) $I_z = 53,5 \text{ A}$ $I_{sN} \geq 85,3 \text{ A}$,

d) $I_z = 32,5 \text{ A}$ $I_{sN} \geq 52 \text{ A}$.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Dobieranie silników elektrycznych w układach napędowych.

Zaznacz poprawną odpowiedź zaznaczając odpowiednie pole w karcie odpowiedzi.

Nr zadania	Odpowiedź				Punktacja
1.	a	b	c	d	
2.	a	b	c	d	
3.	a	b	c	d	
4.	a	b	c	d	
5.	a	b	c	d	
6.	a	b	c	d	
7.	a	b	c	d	
8.	a	b	c	d	
9.	a	b	c	d	
10.	a	b	c	d	
11.	a	b	c	d	
12.	a	b	c	d	
13.	a	b	c	d	
14.	a	b	c	d	
15.	a	b	c	d	
16.	a	b	c	d	
17.	a	b	c	d	
18.	a	b	c	d	
19.	a	b	c	d	
20.	a	b	c	d	
Razem:					

7. LITERATURA

1. S. Januszewski, A. Pytlak, M. Rosnowska-Nowaczyk, H. Świątek – „Napęd elektryczny” WSiP Warszawa 1994r
2. Z. Stein – „Maszyny i napęd elektryczny”, WSiP Warszawa 1989r
3. E. Goźlińska – „Maszyny elektryczne”, WSiP Warszawa 1998r
4. S. Januszewski, A. Pytlak, M. Rosnowska-Nowaczyk, H. Świątek – „Energoelektronika” WSiP Warszawa 2004r