

## Zadanie egzaminacyjne

Do zasilania eksperymentalnych układów elektronicznych prądem stałym o maksymalnej wartości  $I_{\max} = 0,2 \text{ A}$  niezbędna jest nastawa napięć: 5 V, 7,5 V, 10 V i 12,5 V uzyskiwanych z wyjścia programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego, którego schemat ideowy i dane techniczne zawiera załącznik 1.

Opracuj projekt realizacji prac związanych z nastawą żądanych napięć wyjściowych, przez dobór czterech rezystorów dzielnika napięcia, określonych kodem wejść cyfrowych dekodera BCD na kod dziesiętny (1 z 10-ciu) w programowalnym cyfrowo regulatorze napięcia stabilizowanego, oraz prac związanych z uruchomieniem programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego i sprawdzeniem jego parametrów w warunkach symulowanego obciążenia.

### Projekt realizacji prac powinien zawierać:

1. Tytuł pracy egzaminacyjnej.
2. Założenia do projektu realizacji prac, wynikające z treści zadania i załączników.
3. Opis działań związanych z wykonaniem zadania dotyczących:
  - postępowania podczas nastawy żądanego napięcia wyjściowego,
  - uruchomienia i sprawdzenia parametrów programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego z układem LM 317AT.
4. Schemat układu pomiarowego do sprawdzenia parametrów programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego.

### Dokumentacja z wykonanych prac powinna zawierać:

1. Obliczenia wartości rezystancji rezystorów dzielnika napięcia określonych kodem nastawy programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego z układem LM 317AT, w celu uzyskania żądanych napięć wyjściowych.
2. Charakterystykę  $U_{WY} = f(I_{WY})$  dla nastawy:  $U_{WY} = 5 \text{ V}$  i  $U_{WY} = 10 \text{ V}$ .
3. Obliczenia współczynników obciążeniowej stabilizacji napięcia wyjściowego  $S_{UI}$  dla żądanych napięć wyjściowych oraz wniosek wynikający z ich porównania z parametrem katalogowym.
4. Wskazania eksploatacyjne dotyczące zastosowania i użytkowania programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego.

**Do wykonania zadania wykorzystaj:**

Dane techniczne i schemat ideowy programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego – Załącznik 1

Dane katalogowe układów scalonych wykorzystanych w programowalnym cyfrowo regulatorze napięcia stabilizowanego – Załącznik 2

Wyniki pomiarów programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego przy zadanych nastawach napięć wyjściowych – Załącznik 3

**Czas na wykonanie zadania wynosi 240 minut.**

## Załącznik 1

### Dane techniczne i schemat ideowy programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego

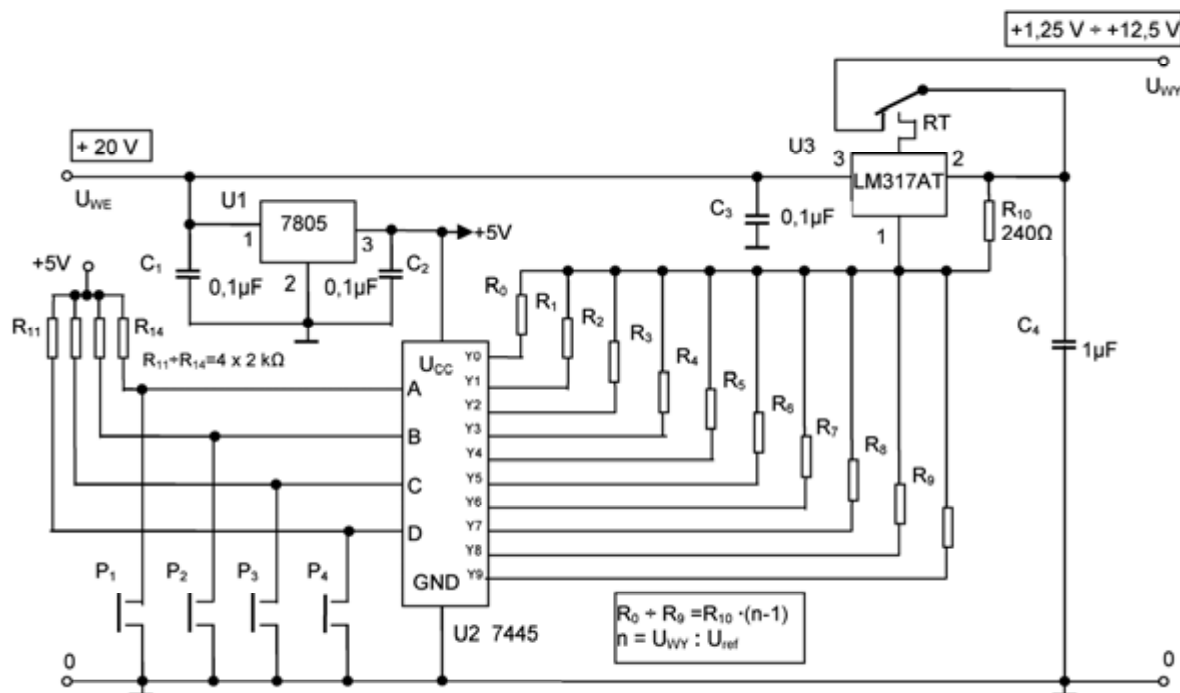
Programowalny cyfrowo regulator napięcia stabilizowanego zbudowany jest z scalonego regulatora napięcia LM 317AT i programatora cyfrowego z układem 7445, który jest dekodery BCD na kod dziesiętny (1 z 10-ciu), programator zasilany jest poprzez pomocniczy stabilizator napięcia +5 V z układem scalonym 7805.

Regulator napięcia stabilizowanego dostarcza napięcie wyjściowe o wartościach określonych wejściowym kodem dekodera 7445, stany logiczne na wejściach programujących D, C, B, A dekodera ustawiane są przełącznikami programującymi P<sub>1</sub>+P<sub>4</sub>.

Dekoder 7445 umożliwia wybranie jednego z dziesięciu rezystorów dzielnika napięcia regulacyjnego ustalającego żadaną nastawę napięcia wyjściowego, wpływ napięcia U<sub>OL</sub> dekodera na napięcie wyjściowe regulatora napięcia LM 317AT pominięto.

Parametry regulatora:

1. Warunki zasilania:  $U_{WE} = 20 \text{ V}$ ,  $I_{WE \max} = 0,3 \text{ A}$
2. Napięcie wyjściowe programowalne cyfrowo przełącznikami P<sub>1</sub>+P<sub>4</sub> w zakresie:  $U_{WY} = 1,25 \text{ V} \div 12,5 \text{ V}$  ze skokiem 1,25 V/1 bit
3. Obciążalność prądowa wyjścia regulatora  $I_{WY \max} = 0,2 \text{ A}$
4. Maksymalna moc tracona w regulatorze napięcia  $P_{STR \max} = 4 \text{ W}$
5. Współczynnik obciążeniowej stabilizacji napięcia wyjściowego  $S_{UI} \leq 5\%$ , dla każdej zaprogramowanej wartości napięcia wyjściowego w przedziale od 1,25 V do 12,5 V, przy zmianach prądu wyjściowego w zakresie  $I_{WY} = 0 \div 0,2 \text{ A}$ .
6. Zabezpieczenie wyjścia regulatora rozwiernym łącznikiem termicznym RT działającym po przekroczeniu temperatury 70 °C obudowy układu LM 317AT.
7. Warunki eksploatacji: temperatura otoczenia +10 °C ÷ +40 °C, wilgotność ≤ 90%.



Rys.1. Schemat ideowy programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego.

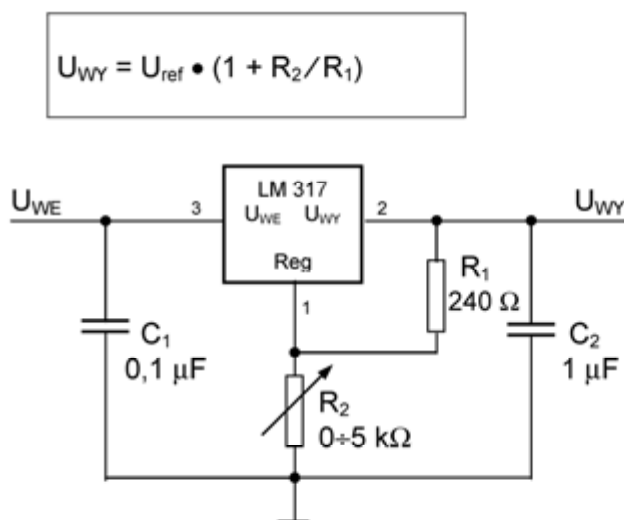
## Załącznik 2

## Dane katalogowe układów scalonych programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego

### 1. Regulator napięcia stabilizowanego LM 317AT

Układ LM 317AT jest 3-końcówkowym regulatorem napięcia o stabilizowanym napięciu wyjściowym, wyposażonym w układ zabezpieczający przed skutkami zwarcia wyjścia regulatora.

Jego podstawowy układ pracy wymaga dołączenia dwóch rezystorów zewnętrznych do ustawienia napięcia wyjściowego. Wartość napięcia wyjściowego jest równa potencjałowi wyprowadzenia regulacyjnego „Reg” powiększonemu o napięcie referencyjne  $U_{ref} = 1,25 \text{ V}$ . W praktyce ustawienie wartości napięcia wyjściowego odbywa się poprzez dobranie stosunku rezystancji  $R_2/R_1$  dzielnika napięcia, zgodnie z podanym niżej wzorem uproszczonym, w którym nie uwzględnia się wpływu prądu wejścia  $I_{reg}$  płynącego przez rezystor  $R_2$ , na napięcie wyjściowe.



Rys. 1. Schemat aplikacyjny układu LM 317 jako regulatora wyjściowego napięcia stabilizowanego.

### 2. Dekoder BCD na kod dziesiętny

Układ scalony 7445 jest dekodrem kodu BCD na kod dziesiętny (1 z 10-ciu) z wyjściami typu „otwarty kolektor”, o podstawowych parametrach zapisanych w tabeli nr 1.

Tabela nr 1

Parametr układu scalonego 7445	Wartość	Warunki pomiaru
Napięcie zasilania $U_{CC}$	+ 5 V	
Napięcie wyjściowe $U_{OH \max}$	+ 30 V	$I_o = 0$
Napięcie wyjściowe $U_{OL \max}$	+ 0,2 V	$I_o = 20 \text{ mA}$

Tabela nr 2.

Tabela stanów logicznych układu 7445 – dekodera BCD na kod dziesiętny (1 z 10-ciu)

Stan	WEJŚCIA				WYJŚCIA										s t a n y	
	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	a k t y w n e p u s t e
1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
4	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
5	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
6	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
9	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
10	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
11	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
12	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
13	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
14	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

## Załącznik 3

### Wyniki pomiarów programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego przy zadanych nastawach napięć wyjściowych

Pomiary programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego przeprowadzono po obliczeniu wartości rezystancji określonych rezystorów dzielnika napięcia, a następnie po ich włączeniu sprawdzono poprawność działania regulatora napięcia przy czterech zadanych napięciach wyjściowych: 5 V, 7,5 V, 10 V, 12,5 V w warunkach symulowanego obciążenia rezystorem regulowanym  $R_{obc} = 500 \Omega/0,5 \text{ A}$ .

#### Warunki pomiaru:

1. Wyposażenie stanowiska pomiarowego:
  - a) zasilacz sieciowy 230 V/20 V – 0,5 A prądu stałego
  - b) multimetr z funkcją pomiaru napięcia stałego  $U \leq 30 \text{ V}$
  - c) multimetr z funkcją pomiaru prądu stałego  $I \leq 0,3 \text{ A}$
  - d) rezystor regulowany  $R_{obc} = 500 \Omega/0,5 \text{ A}$
  - e) zestaw przewodów połączeniowych
2. Nastawa wejść cyfrowych DCBA - zgodnie z zadaniem napięciem wyjściowym
3. Rezystory dzielnika napięcia  $R_0 + R_9$   
Rezystancję rezystorów dzielnika napięcia oblicza się stosując wzór:

$$R_0 + R_9 = R_{10} \cdot (n - 1)$$

- gdzie:  $n = U_{WY} : U_{ref}$

4. Temperatura otoczenia  $+22 \text{ }^\circ\text{C}$ , wilgotność powietrza 85%.

#### Tabela pomiarów

Nastawa DCBA	$I_{WY} [\text{mA}]$	0	50	100	150	200
0011	$U_{WY} [\text{V}]$	5,25	5,20	5,15	5,10	5,05
0101	$U_{WY} [\text{V}]$	7,60	7,55	7,50	7,40	7,30
0111	$U_{WY} [\text{V}]$	10,30	10,20	10,10	10,00	9,85
1001	$U_{WY} [\text{V}]$	12,75	12,60	12,50	12,45	12,40

Współczynnik obciążeniowej stabilizacji napięcia wyjściowego oblicza się stosując wzór:

$$S_{UI} = (\Delta U_{WY \text{ max}} : U_{WY}) \cdot 100\%$$

- gdzie:  $\Delta U_{WY \text{ max}}$  – maksymalna odchyłka zadanej wartości napięcia wyjściowego  
 $U_{WY}$  – zadana wartość napięcia wyjściowego

Zadanie egzaminacyjne polegało na opracowaniu projektu realizacji prac związanych z doбором nastaw programowalnego regulatora napięcia oraz uruchomieniem i badaniem tego regulatora w warunkach symulowanego obciążenia.

Praca egzaminacyjna, podobnie jak w latach poprzednich nastawiona była na sprawdzenie umiejętności praktycznych zdających. Aby zaliczyć ten etap egzaminu zdający musiał się wykazać umiejętnością analizy danych technicznych regulatora, dobrać metodę pomiarową do badania regulatora, dobrać elementy (rezystory) w regulatorze, zmierzyć wartości prądów i napięć dla wybranych nastaw regulatora, sprawdzić działanie układu poprzez porównanie otrzymanych wyników z danymi technicznymi. W zakres pracy egzaminacyjnej wchodziło również sformułowanie wniosków i wskazań eksploatacyjnych. Powyższy zakres wyczerpuje praktycznie wszystkie umiejętności zawarte w standardzie wymagań egzaminacyjnych w tym zawodzie.

W pracach egzaminacyjnych oceniane były następujące elementy:

- I. Tytuł pracy egzaminacyjnej.
- II. Założenia do opracowania projektu wynikające z treści zadania, danych technicznych układu, wyposażenia stanowiska pomiarowego.
- III. Opis działań związanych z nastawą napięcia wyjściowego, uruchomieniem i sprawdzeniem parametrów programowalnego cyfrowo regulatora napięcia.
- IV. Schemat układu pomiarowego.
- V. Obliczenia rezystancji rezystorów dzielnika napięcia i współczynnika stabilizacji napięcia SUI.
- VI. Charakterystyki  $U_{WY} = f(I_{WY})$  regulatora napięcia stabilizowanego.
- VII. Wskazania eksploatacyjne dla użytkownika programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego.
- VIII. Praca egzaminacyjna jako całość.

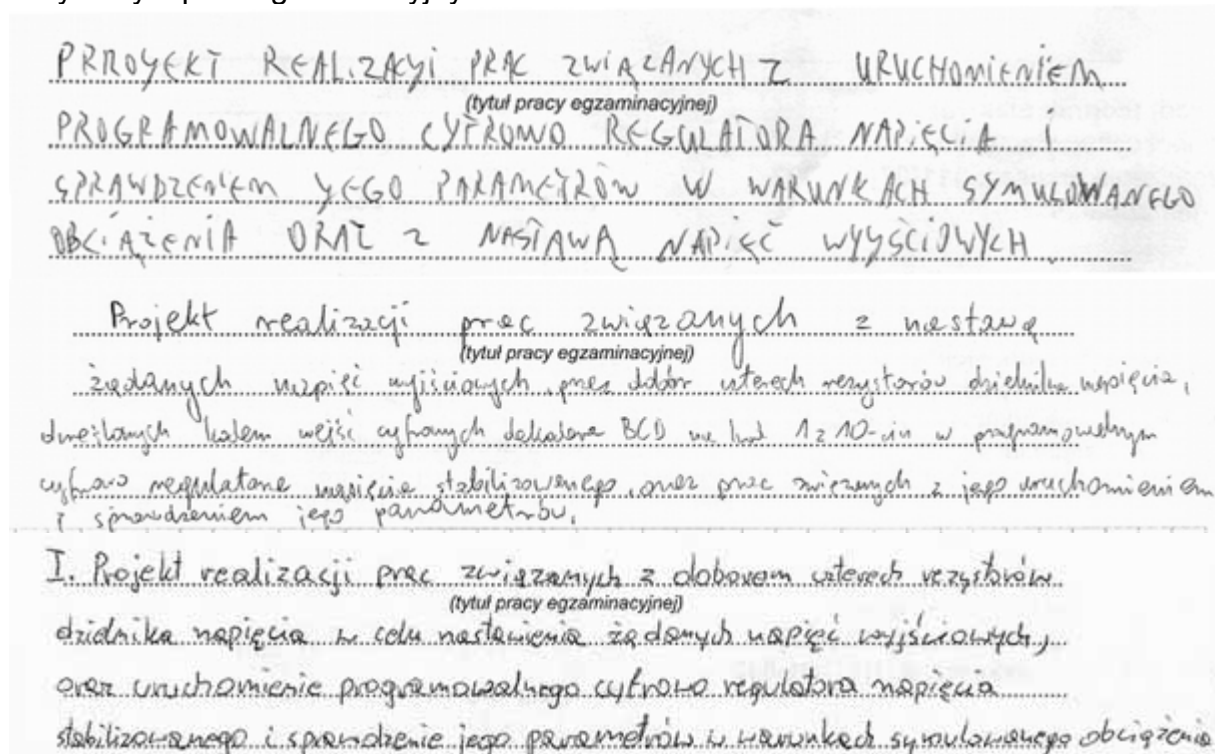
Wszystkie wymagane i oceniane elementy pracy zostały określone w treści zadania – patrz „Projekt realizacji prac powinien zawierać” i „Dokumentacja z wykonania prac powinna zawierać”. Podczas oceniania egzaminatorzy zwrócili uwagę, iż wielu zdających nie potrafi czytać ze zrozumieniem, zdający mieli również problemy z właściwą interpretacją wymagań stawianych w zadaniu egzaminacyjnym.

#### **Ad I. Tytuł pracy egzaminacyjnej**

W tytule pracy oceniane były trzy elementy – nazwa badanego urządzenia (regulator napięcia stabilizowanego lub zasilacz stabilizowany), prace wstępne przed uruchomieniem regulatora (nastawa przełączników lub dobór rezystorów), oraz rodzaj prac związanych z uruchomieniem i sprawdzeniem działania urządzenia (badanie regulatora napięcia stabilizowanego).

Praktycznie zawsze pojawiał się standardowy zwrot: „projekt realizacji prac związanych z...” - co jest nawykiem wynikającym z lat poprzednich.

Przykłady z prac egzaminacyjnych:

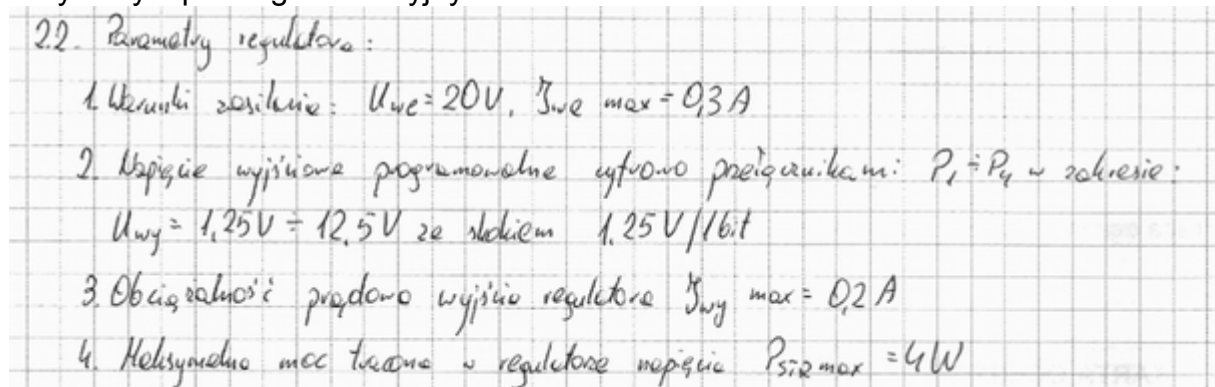


Ta część pracy egzaminacyjnej nie nastręczała kłopotów, jednakże niekiedy zdającym zdarzało się popełnić błędy. Dotyczyły one przeważnie prac wstępnych przed uruchomieniem regulatora. Piszący często „zapominali” o tym, iż w celu zbadania regulatora, należy najpierw dobrać rezystory.

## Ad II. Założenia do opracowania projektu wynikające z treści zadania, danych technicznych układu, wyposażenia stanowiska pomiarowego

Założenia powinny zawierać wszystkie informacje potrzebne do wykonania projektu. Najważniejsze z nich to: parametry badanego układu elektronicznego oraz wyposażenie stanowiska pomiarowego.

Przykłady z prac egzaminacyjnych:





5. Współczynnik obciążeniowej stabilizacji napięcia wyjściowego  $S_{us} \leq 5\%$ , dla każdej zaprogramowanej wartości napięcia wyjściowego w przedziale od 1,25V do 12,5V, przy zmianach prądu wyjściowego w zakresie  $I_{wy} = 0 - 0,2A$

1. Wyposażenie stanowiska pomiarowego:

- zasilacz sieciowy 230V/20V - 0,5A prądu stałego
- multimetr z funkcją pomiaru napięcia stałego  $U \leq 30V$
- multimetr z funkcją pomiaru prądu stałego  $I \leq 0,3A$
- rezystor regulowany  $R_{obc} = 500\Omega / 0,5A$
- zestaw przewodów potęgowanych

Założenia projektowe: • Regulator napięcia stabilizowanego L7837AT

- warunki zasilania:  $U_{we} = 20V$ ,  $I_{wmax} = 0,3A$
- Napięcie wyjściowe programowalne cyfrowo przez potencjometrami  $P_1 - P_4$  w zakresie  $U_{wy} = 1,25V - 12,5V$  ze skłosem 1,25V/bit
- Obciążalność prądowa wyjścia regulatora  $I_{wymax} = 0,2A$
- Maksymalna moc tracana w regulatorze napięcia  $P_{STRmax} = 4W$
- Współczynnik obciążeniowej stabilizacji napięcia wyjściowego  $S_{us} \leq 5\%$  dla każdej zaprogramowanej wartości napięcia wyjściowego w przedziale 1,25V - 12,5V przy zmianach prądu wyjściowego w zakresie  $I_{wy} = 0 - 0,2A$

Spis przyrządów pomiarowych

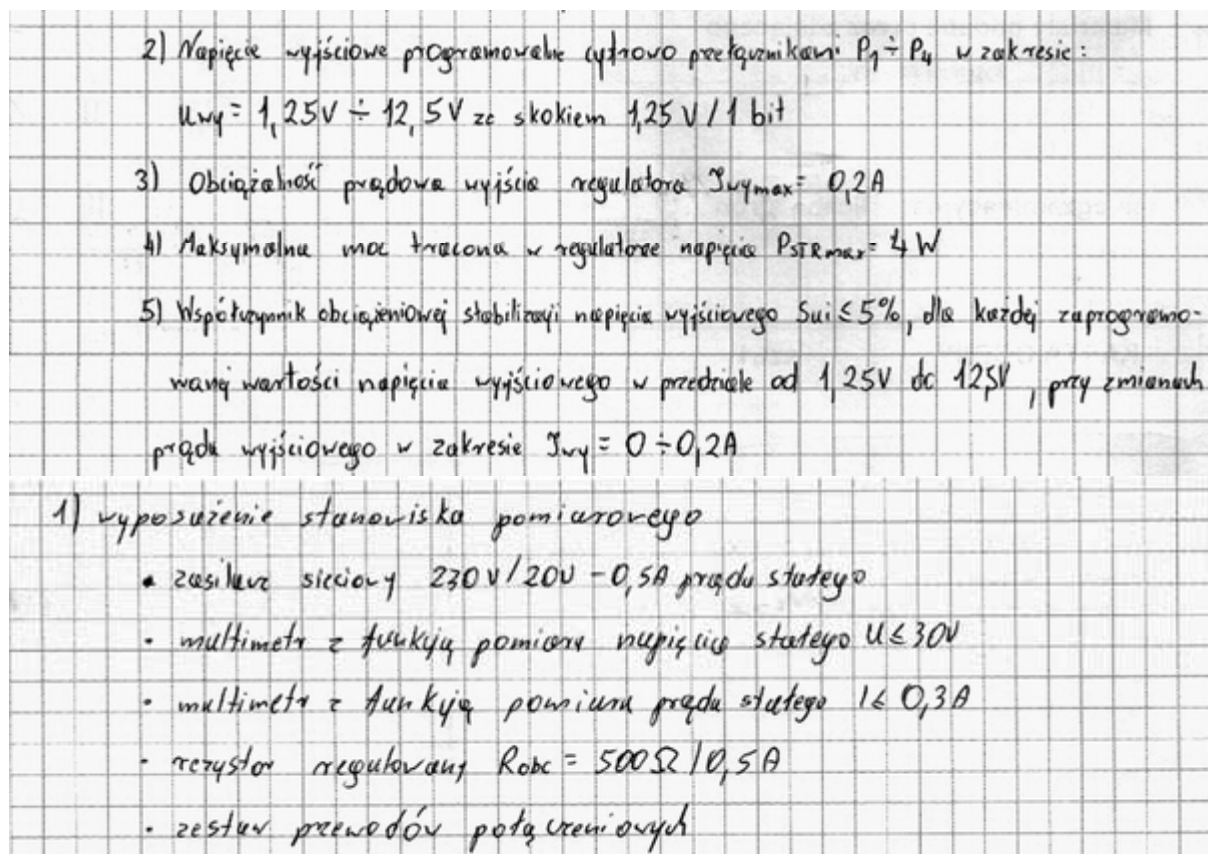
- zasilacz sieciowy 230V/20V - 0,5A prądu stałego
- multimetr z funkcją pomiaru napięcia stałego  $U \leq 30V$
- multimetr z funkcją pomiaru prądu stałego  $I \leq 0,3A$

- rezystor regulowany  $R_{obc} = 500\Omega / 0,5A$
- zestaw przewodów potęgowanych.

2. Założenia do projektu realizacji prac wynikające z treści zadania i załączników.

a) dane techniczne programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego (zał.1)

- 1) warunki zasilania:  $U_{we} = 20V$ ,  $I_{we} = 0,3A$



Z tą częścią pracy egzaminacyjnej zdający radzili sobie bardzo dobrze - wiedzieli, jakie parametry są istotne dla działania regulatora (napięcia i prądy wejściowe oraz wyjściowe, rodzaj elementów używanych przy nastawie, zakres oraz skok nastawy, oraz współczynnik stabilizacji). Mimo, iż ta część zadania wymagała tylko wybrania właściwych parametrów, to egzaminatorzy często znajdowali w pracach pomieszane wartości prądów i napięć czy innych parametrów. Również istotnym błędem, który tutaj się pojawiał był brak wartości parametrów. Zdający wiedział, że np. współczynnik obciążeniowej stabilizacji napięcia wyjściowego jest istotny, lecz nie podawali jego wartości. W części prac pojawiał się również efekt pośpiechu – piszący poprawnie zapisywali parametr – po czym podawali wartość sąsiednią z tabeli parametrów technicznych (np. moc w procentach, obciążalność prądową w watach).

### Ad III. Opis działań związanych z nastawą napięcia wyjściowego, uruchomieniem i sprawdzeniem parametrów programowalnego cyfrowo regulatora napięcia

Opis działań jest tą częścią pracy, w której zdający powinien określić kolejne czynności (niekiedy rozwijając swoją myśl), które będzie wykonywał przy realizacji projektu. Patrząc na strukturę zadania, w opisie działań na początku powinien pojawić się opis nastaw regulatora, kolejno zaś kroki związane ze sprawdzeniem jego działania począwszy od określenia i sprawdzenia zasilania, aż do sformułowania wniosków i wskazań eksploatacyjnych.

Przykłady z prac egzaminacyjnych:

- a) Ustalenie zadanego napięcia wyjściowego  
 Ustalenie wartości napięcia wyjściowego poprzez dobrowanie stosunku rezystancji  $R_2/R_1$  dzielnicę napięcia zgodnie ze wzorem:

$$U_{wy} = U_{ref} \cdot (1 + R_2/R_1) \quad U_{ref} = 1,25V$$

w którym nie uwzględnia się wpływu prądu wejścia  $I_{ref}$  płynącego przez  $R_2$  na  $U_{wy}$

- b) Nastawa wejść cyfrowych DCBA - zgodnie z zadaniem napięciem wyjściowym

- a) określenie na podstawie parametrów katalogowych warunków rozbieżności
- b) wykaz mierzonych i obliczanych parametrów
- c) narysowanie schematów układów pomiarowych
- d) sporządzenie <sup>wykazu</sup> tabeli kontrolno-pomiarowej
- e) zmontowanie układów pomiarowych
- f) wykonanie pomiarów i zapisanie wyników
- g) obliczenie parametrów
- h) narysowanie charakterystyk
- i) porównanie uzyskanych wyników pomiarów i obliczeń z danymi technicznymi
- j) opracowanie wniosków o prawidłowości działania urządzenia
- k) opracowanie wskazań eksploatacyjnych dla użytkownika

## ЦУКАХ ДЖАКАН ПУТРЕБНЫХ ДО РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА.

1. Określenie nakładów kosztowa
2. Opis sposobu wykonania obliczeń i rachunków
3. Цукак ржукэдон
4. Naprowadzenie schematów rozwiązań rozwiązanym.
5. Утжкешє арагату
6. Цукошамє рошїагон і карїсамє цушїкон н табелї
7. Цукошамє облікеї
8. Цукрешєамє характеристик
9. Ржгоншамє карт. кшїєкошум і облікошум к дамшї каталогоншї
10. ~~С~~ Сформулованє кшїоскон
11. Цокашамє експлоатацїє

## OPIS SKYNNOŚCI ŻYTIKANYCH K WYKONANIEM PROJEKTU

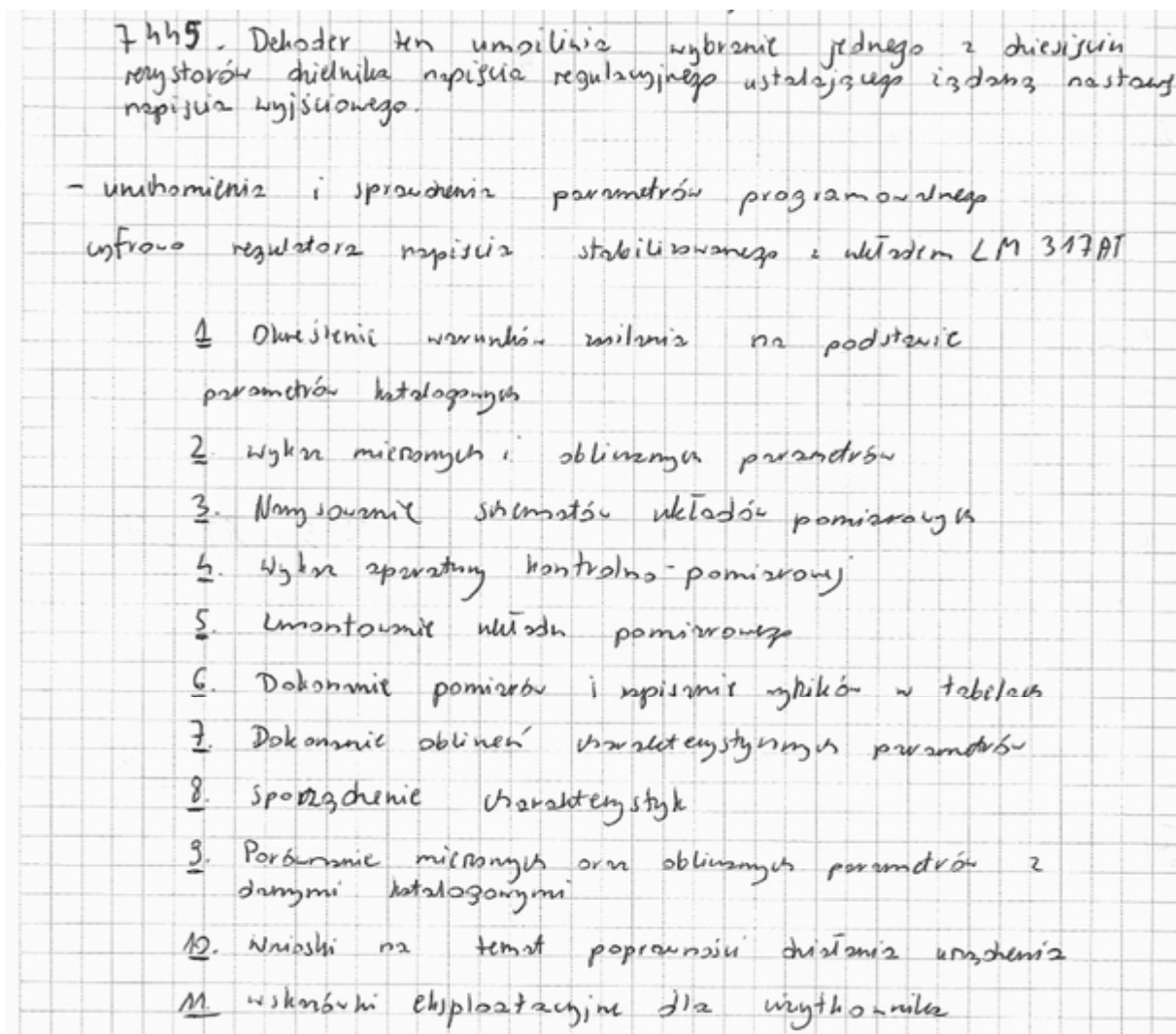
Składam układ według schematu. Kompletując k  
 Hkoru:  $Z_0 = Z_1 = Z_0 \cdot (n-1)$  obliczam wartość rezystancji rezystora  
 dla napięcia wyjściowego równego  $5[V]$ . W regulatorze  
 napięcia stabilizowanego na wejścia DCBA ustaniam  
 kod  $\#0011$  co kaźdym kaźdym rezystor dla  $U_{wy} = 5[V]$ .  
 Na multimetrze k funkcję pomiaru prądu ustaniam  
 wartość  $0$  i odczytuję wartość  $U_{wy}$ . Następnie kmiemiam  
 kart. prądu na  $50[\mu A]$  i odczytuję wartość  $U_{wy}$ . Dalej  
 kmiemiam wartość prądu na  $100[\mu A]$  i odczytuję wartość  
 $U_{wy}$ . Następnie ustaniam wartość prądu równą  $150[\mu A]$   
 i odczytuję wartość  $U_{wy}$ . Tak samo postępuje  
 ustalając kolejnej wartość prądu  $200 \mu A$ .

Kompletując  $\times$   $\times$   $\times$  na rezystancje obliczam wartość dla kolejnego rezystora dla  $U_{ny} = 4,5[V]$ . W regulatorze napięcia stabilizowanego na wejściu DCBA ustawiłam 0101 co każdemu rezystorowi dla  $U_{ny} = 4,5[V]$ . Ustawiłam wartość prądu roboczego  $0[\mu A]$  i odkryję wartość  $U_{ny}$  w multimetrze w funkcji pomiaru napięcia, odczytam tę wartość kolejno dla wartości prądu  $U_{ny} = 50[\mu A], 100[\mu A], 150[\mu A]$  i  $200[\mu A]$ .

Następnie kompletując  $\times$   $\times$   $\times$  na rezystancje rezystora obliczam wartość kolejnego rezystora dla  $U_{ny} = 10[V]$ . W regulatorze napięcia stabilizowanego na wejściu DCBA ustawiłam 0111 co każdemu rezystorowi. Ustawiłam wartość prądu wyjściowego  $0[\mu A]$  i w multimetrze w funkcji pomiaru napięcia odkryję daną wartość napięcia. Odczytam tę wartość zmieniając wartość prądu kolejno na  $50[\mu A], 100[\mu A], 150[\mu A], 200[\mu A]$ .

Następnie kompletując  $\times$   $\times$   $\times$  na rezystancje obliczam wartość kolejnego rezystora dla  $U_{ny} = 12,5[V]$ . W regulatorze napięcia stabilizowanego na wejściu DCBA ustawiłam 1001 co każdemu rezystorowi. Ustawiłam wartość prądu wyjściowego  $0[\mu A]$  i w multimetrze w funkcji pomiaru napięcia odkryję daną wartość napięcia. Odczytam tę wartość zmieniając wartość prądu kolejno na  $50[\mu A], 100[\mu A], 150[\mu A], 200[\mu A]$ . Wyniki pomiarów napięcia kamieszkałam w tabeli. Następnie obliczam potrzebne mi wartości i rysuję ci-ki.

- postporządkowa podana nastany istnieją napisuje wyjściowe.
- Napisuje wyjściem ustawiamy poprzez dobór odpowiednich rezystorów od  $R_0$  do  $R_9$ . Dzielni prądu  $P_1$  do  $P_n$  ustawiamy stany logiczne na wyjściach programujących D, C, B, A dekodera



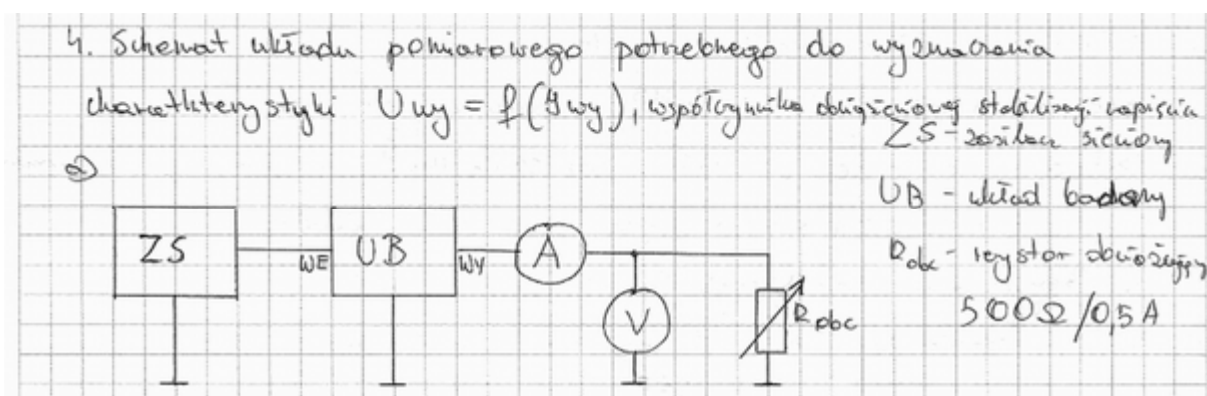
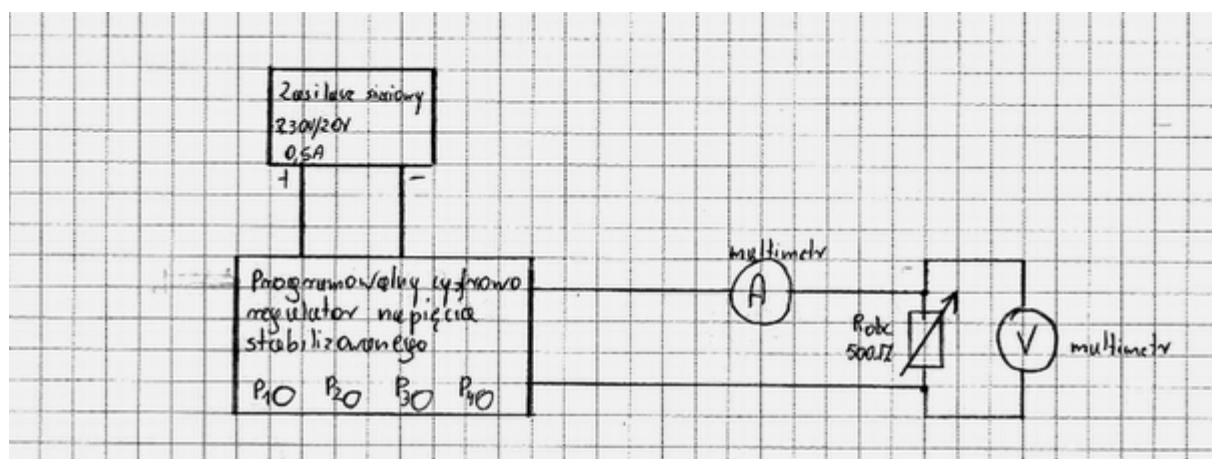
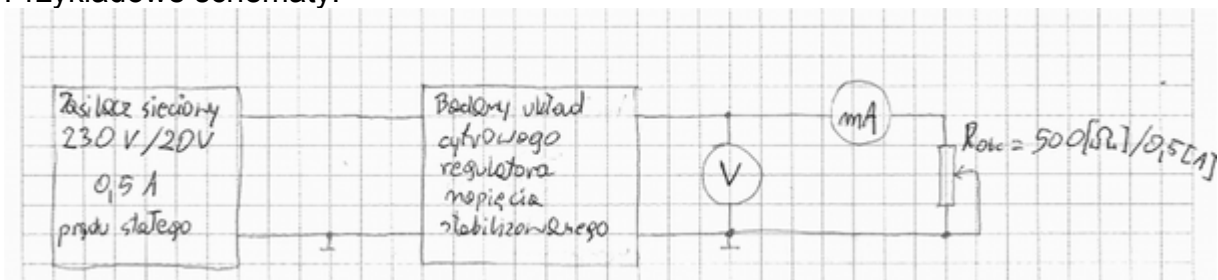
Drugi z przykładów pokazuje modelowy opis działań związanych z nastawą napięcia wyjściowego, uruchomieniem i sprawdzeniem parametrów programowalnego cyfrowo regulatora napięcia.

Najczęściej spotykanym tutaj błędem było pomijanie opisu sposobu doboru nastaw regulatora napięcia. Często pojawiał się on przy opisie sposobu pomiaru, tymczasem musiał być wykonany przed dokonaniem pomiarów.

#### Ad IV. Schemat układu pomiarowego

Ta część pracy jest zasadniczym elementem wiedzy przyszłego technika elektronika. Oceniało się tutaj poprawność schematu pod względem elektrycznym, możliwości pomiaru konkretnych parametrów (wykorzystywanych później do obliczeń, charakterystyk itp.) oraz wykorzystanie dostępnej aparatury kontrolno-pomiarowej. Zwracano również uwagę na zgodność schematu z zasadami rysunku technicznego. Do wykonania zadania wystarczyło narysowanie jednego poprawnego schematu, który umożliwiał pomiar prądu i napięcia wyjściowego w warunkach symulowanego obciążenia (metoda techniczna).

Przykładowe schematy:



Ta część pracy stworzyła dużo problemów zdającym. Pojawiało się tutaj szereg błędów natury merytorycznej takich jak np. szeregowo włączany woltomierz, równolegle amperomierz. Dużo problemów generował również sam blok regulatora napięcia stabilizowanego. Zdający zamiast rysować go, jako jeden blok zaczęli wchodzić w szczegóły (np. wyodrębniali blok sterujący), następnie mylili poszczególne wyprowadzenia i w konsekwencji schemat był niepoprawny – nie umożliwiał pomiaru napięcia, czy prądu wyjściowego. Często też zdający rysowali cały schemat nieuwzględniając zamknięcia obwodu prądowego. Egzaminatorzy mieli również zastrzeżenia do symboliki użytych przyrządów pomiarowych – często pojawiały się symbole przyrządów pomiarowych stosowane w programach komputerowych do symulacji układów elektronicznych. Pojawiały się schematy z innymi przyrządami pomiarowymi lub ich większą ilością – np. do pomiaru prądu wejściowego niż dostępne, wymienione na liście dostępnej aparatury kontrolno pomiarowej.

### Ad V. Obliczenia rezystancji rezystorów dzielnika napięcia i współczynnika stabilizacji napięcia $S_{UI}$

Z treści zadania wynikało, iż zdający musi obliczyć wartości rezystorów dzielnika napięcia stabilizatora LM317T oraz wartości współczynnika obciążeniowej stabilizacji napięcia wyjściowego dla czterech żądanych nastaw napięcia wyjściowego. Jak w przypadku każdych obliczeń oceniany był jeden przykład obliczeń (w którym zdający winien wykazać się umiejętnością posługiwania się narzędziami matematycznymi w elektronice) i poszczególne wartości  $R$  czy  $S_{UI}$ . Problemem było wyznaczenie  $\Delta U_{wymax}$  do obliczenia współczynnika obciążeniowej stabilizacji napięcia wyjściowego. Za prawidłowe wyznaczenie  $\Delta U_{wymax}$  uznawano zarówno odniesienie do wartości zadanej, jak i przy obliczeniu  $\Delta U_{wymax}$  jako różnicy wartości napięcia maksymalnego i minimalnego dla konkretnych nastaw. Różnice tak wyznaczonego  $S_{UI}$  były minimalne. Ta część pracy wymagała również porównania uzyskanych wartości  $S_{UI}$  z założeniami technicznymi, oraz na podstawie tegoż porównania należało określić wnioski na temat pracy układu.

Przykłady z prac egzaminacyjnych:

Obliczenie parametrów

- Rezystancja rezystorów dzielnika napięcia  $R_0 \div R_g = R_{10} (n-1)$

$n = U_{wy} : U_{ref}$   
 $U_{ref} = 1,25V$   
 $R_{10} = 240 \Omega$

$R_0 \div R_g$  dla  $U_{wy} = 5V$   
 $n = 5V : 1,25V = 4$   
 $R_0 \div R_g = 240 \cdot (4-1)$   
 $R_0 \div R_g = 240 \cdot 3 = 720 \Omega$        $R_0/R_g$  dla  $U_{wy} = 5V$  wynosi  $720 \Omega$

$R_0 \div R_g$  dla  $U_{wy} = 7,5V$   
 $n = 7,5V : 1,25 = 6$   
 $R_0 \div R_g = 240 \cdot (6-1)$   
 $R_0 \div R_g = 240 \cdot 5 = 1200 \Omega$        $R_0/R_g$  dla  $U_{wy} = 7,5V$  wynosi  $1,2k\Omega$

$R_0 \div R_g$  dla  $U_{wy} = 10V$   
 $n = 10V : 1,25 = 8$   
 $R_0 \div R_g = 240 \cdot (8-1)$   
 $R_0 \div R_g = 240 \cdot 7 = 1680 \Omega$        $R_0/R_g$  dla  $U_{wy} = 10V$  wynosi  $1,68k\Omega$



$$R_0 \div R_g \text{ dla } U_{we} = 12,5V$$

$$n = 12,5V : 1,25V = 10$$

$$R_0 \div R_g = 240 \cdot (10-1)$$

$$R_0 \div R_g = 240 \cdot 9 = 2160 \Omega \quad R_0/R_g \text{ dla } U_{wy}=12,5V \text{ wynosi } 2,160k\Omega$$

- Współczynnik obciążeniowej stabilizacji napięcia  $S_{U1} = (\Delta U_{wy \max} : U_{wy} \cdot 100\%)$

$\Delta U_{wy \max}$  - maksymalna odchyłka zadanej wartości napięcia wyjściowego

$U_{wy}$  - zadana wartość napięcia wyjściowego

$$\text{dla } U_{wy} = 5V$$

$$\Delta U_{wy \max} = 5,25V - 5,05V = 0,20V$$

$$S_{U1} = (0,20V : 5V) \cdot 100\% = 4\%$$

$$\text{dla } U_{wy} = 7,5V$$

$$\Delta U_{wy \max} = 7,80V - 7,30V = 0,30V$$

$$S_{U1} = (0,30V : 7,5V) \cdot 100\% = 4\%$$

$$\text{dla } U_{wy} = 10V$$

$$\Delta U_{wy \max} = 10,30 - 9,85 = 0,45V$$

$$S_{U1} = (0,45V : 10V) \cdot 100\% = 4,5\%$$

$$\text{dla } U_{wy} = 12,5V$$

$$\Delta U_{wy \max} = 12,75V - 12,40V = 0,35V$$

$$S_{U1} = (0,35V : 12,5V) \cdot 100\% = 2,8\%$$

Porównanie wyników z danymi katalogowymi

Parametr	Dane katalogowe	Wynik uzyskany	Zgodność
Współczynnik obciążeniowej stabilizacji napięcia $S_{U1}$	$\leq 5\%$	max 4,5%	TAK
Prąd wyjściowy $I_{wy \max}$	0,2 A	0,2 A	TAK
Napięcie wyjściowe	<del>12,5V</del>	<del>12,5V</del>	

## Wnioski

Badany układ działa poprawnie. Wszystkie wyznaczone parametry zgadzają się z danymi katalogowymi. Współczynnik obciążeniowej stabilizacji napięcia  $S_{ui}$  nie przekracza wartości określonej w parametrach technicznych układu

a) rezystory dzielnika napięcia

$$R_0 \div R_3 = R_{10} \cdot (n-1) \quad n = U_{wy} : U_{ref} \quad [n] = \frac{1V}{1V} = 1 \quad U_{ref} = 1,25V$$

- dla  $U_{wy} = 5V$   $n = 5V : 1,25V = 4$  (BCD 0011)  $R_{10} = 240\Omega$

$$R_0 = R_3 = 240\Omega \cdot 3 = 720\Omega$$

- dla  $U_{wy} = 7,5V$   $n = 7,5V : 1,25V = 6$  (BCD 0101)

$$R_5 = 240\Omega \cdot 5 = 1200\Omega$$

- dla  $U_{wy} = 10V$   $n = 10V : 1,25V = 8$  (BCD 0111)

$$R_7 = 240\Omega \cdot 7 = 1680\Omega$$

- dla  $U_{wy} = 12,5V$   $n = 12,5V : 1,25V = 10$  (BCD 1001)

$$R_9 = 240\Omega \cdot 9 = 2160\Omega$$

b)  $\Delta U_{wy \max}$

$$\Delta U_{wy \max} = U_{wy \max} - U_{wy \min} \quad [\Delta U_{wy}] = 1V^*$$

- dla 5V  $U_{wy \max} = 5,25V$

$$\Delta U_{wy \max} = 5,25V - 5V = 0,25V$$

- dla 7,5V  ~~$U_{wy \max} = 7,60V$~~   $U_{wy \min} = 7,30V$

$$\Delta U_{wy \max} = 7,60V - 7,5V = 0,10V$$

- dla 10V  ~~$U_{wy \max} =$~~

$$\Delta U_{wy \max} = 7,5V - 7,30V = 0,20V$$

- dla 10V  $U_{wy \max} = 10,30V$

$$\Delta U_{wy \max} = 10,30V - 10V = 0,30V$$

- dla 12,5V  $U_{wy,max} = 12,75V$

$$\Delta U_{wy,max} = 12,75V - 12,5V = 0,25V$$

c) współczynniki obciążeniowej stabilizacji napięcia wyjściowego  $S_{ui}$

$$S_{ui} = \left( \frac{\Delta U_{wy,max}}{U_{wy,zad}} \right) \cdot 100\% \quad [S_{ui}] = \%$$

$U_{wy,zad}$  - zadana wartość napięcia wyjściowego

- dla 5V  $S_{ui} = \left( \frac{0,25V}{5V} \right) \cdot 100\% = 5\%$

- dla 7,5V  $S_{ui} = \left( \frac{0,20V}{7,5V} \right) \cdot 100\% \approx 2,67\%$

- dla 10V  $S_{ui} = \left( \frac{0,30V}{10V} \right) \cdot 100\% = 3\%$

- dla 12,5V  $S_{ui} = \left( \frac{0,25V}{12,5V} \right) \cdot 100\% = 2\%$

### 8. PORÓWNANIE WYNIKÓW POMIARÓW Z DANYMI KATALOGOWYMI

Lp.	parametr	zmierzone (obliczone)	dane katalog.	zgodność
1	$S_{ui(5V)}$	5%	$\leq 5\%$	TAK
2	$S_{ui(7,5V)}$	2,67%	$\leq 5\%$	TAK
3	$S_{ui(10V)}$	3%	$\leq 5\%$	TAK
4	$S_{ui(12,5V)}$	2%	$\leq 5\%$	TAK

### 9. WNIOSKI

UKŁad działa poprawnie, stwierdzono zgodność z danymi katalogowymi, prąd zasilania nieco większy niż dopuszczalny (0,5A), nie wpłynął na poprawność działania układu

g) wyznaczenie (lub obliczenie parametrów) i zapisanie wyników podliczaniu tabeli obliczonych parametrów

Obliczenie wartości rezystancji rezystorów dzieląc napięcia, w celu uzyskania zadanych napięć 5V; 7,5V; 10V; 12,5V.

$$R_2 = R_0 \div R_g$$

$$R_0 \div R_g = R_{10} \cdot (n-1), \text{ gdzie } n = U_{wy} : U_{ref}$$

$U_{ref}$  - napięcie referencyjne = 1,25V

$$R_{10} = 240 \Omega$$

dla $U_{wy} = 5V$ : $n = U_{wy} : U_{ref}$ $n = 5V : 1,25V$ $n = 4$	$R_0 \div R_9 = 240 \Omega \cdot (4-1)$ $R_0 \div R_9 = 720 \Omega$	$U_{wy} = U_{ref} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$ $U_{wy} = 1,25V \cdot 4$ $U_{wy} = 5V$
dla $U_{wy} = 7,5V$ : $n = 7,5V : 1,25V$ $n = 6$	$R_0 \div R_9 = 240 \Omega \cdot (6-1)$ $R_0 \div R_9 = 1200 \Omega$	$U_{wy} = 1,25V \cdot \left(1 + \frac{1200 \Omega}{240 \Omega}\right)$ $U_{wy} = 7,5V$
dla $U_{wy} = 10V$ : $n = 10V : 1,25V$ $n = 8$	$R_0 \div R_9 = 240 \Omega \cdot (8-1)$ $R_0 \div R_9 = 1680 \Omega$	$U_{wy} = 1,25V \cdot \left(1 + \frac{1680 \Omega}{240 \Omega}\right)$ $U_{wy} = 10V$
dla $U_{wy} = 12,5V$ : $n = 12,5V : 1,25V$ $n = 10$	$R_0 \div R_9 = 240 \Omega \cdot (10-1)$ $R_0 \div R_9 = 2160 \Omega$	$U_{wy} = 1,25V \cdot \left(1 + \frac{2160 \Omega}{240 \Omega}\right)$ $U_{wy} = 12,5V$

Współczynnik obciążeniowej stabilizacji napięcia wyjściowego oblicza się ze wzoru:

$$S_{ui} = (\Delta U_{wy \max} : U_{wy}) \cdot 100\%$$

$\Delta U_{wy \max}$  - maksymalna odchyłka zadanej wartości napięcia wyjściowego

$U_{wy}$  - zadana wartość napięcia wyjściowego

dla  $U_{wy} = 5V$ :  ~~$\Delta U_{wy \max} = 5,25V - 5V$~~   $\Delta U_{wy \max} = 0,25V$   $S_{ui} = (0,25V : 5V) \cdot 100\%$   
 $S_{ui} = 5\%$

dla  $U_{wy} = 7,5V$ :  $\Delta U_{wy \max} = 7,5V - 7,3V$   $S_{ui} = (0,2V : 7,5V) \cdot 100\%$   
 $\Delta U_{wy \max} = 0,2V$   $S_{ui} = 2,66\%$

dla  $U_{wy} = 10V$ :  $\Delta U_{wy \max} = 10,30V - 10V$   $S_{ui} = (0,3V : 10V) \cdot 100\%$   
 $\Delta U_{wy \max} = 0,3V$   $S_{ui} = 3\%$

dla  $U_{wy} = 12,5V$ :  $\Delta U_{wy \max} = 12,75V - 12,5V$   $S_{ui} = (0,25V : 12,5V) \cdot 100\%$   
 $\Delta U_{wy \max} = 0,25V$   $S_{ui} = 2\%$

h) porównanie wyników mierzonych i obliczonych parametrów z danymi katalogowymi:

Parametr	Wynik mierzony, obliczony	Dane katalogowe	Wniosek
$S_{ui}$ - współczynnik obciążeniowej stabilizacji napięcia wyjściowego	$S_{ui} = 5\%$ dla $U_{wy} = 5V$	$S_{ui} \leq 5\%$	wynik zgodny
	$S_{ui} = 2,66\%$ dla $U_{wy} = 7,5V$	$S_{ui} \leq 5\%$	wynik zgodny
	$S_{ui} = 3\%$ dla $U_{wy} = 10V$	$S_{ui} \leq 5\%$	wynik zgodny
	$S_{ui} = 2\%$ dla $U_{wy} = 12,5V$	$S_{ui} \leq 5\%$	wynik zgodny

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów, obliczeń oraz charakterystyk, stwierdzam że programowalny cyfrowy regulator napięcia stabilizowanego LM317AT działa poprawnie, a parametry są zgodne z danymi technicznymi.

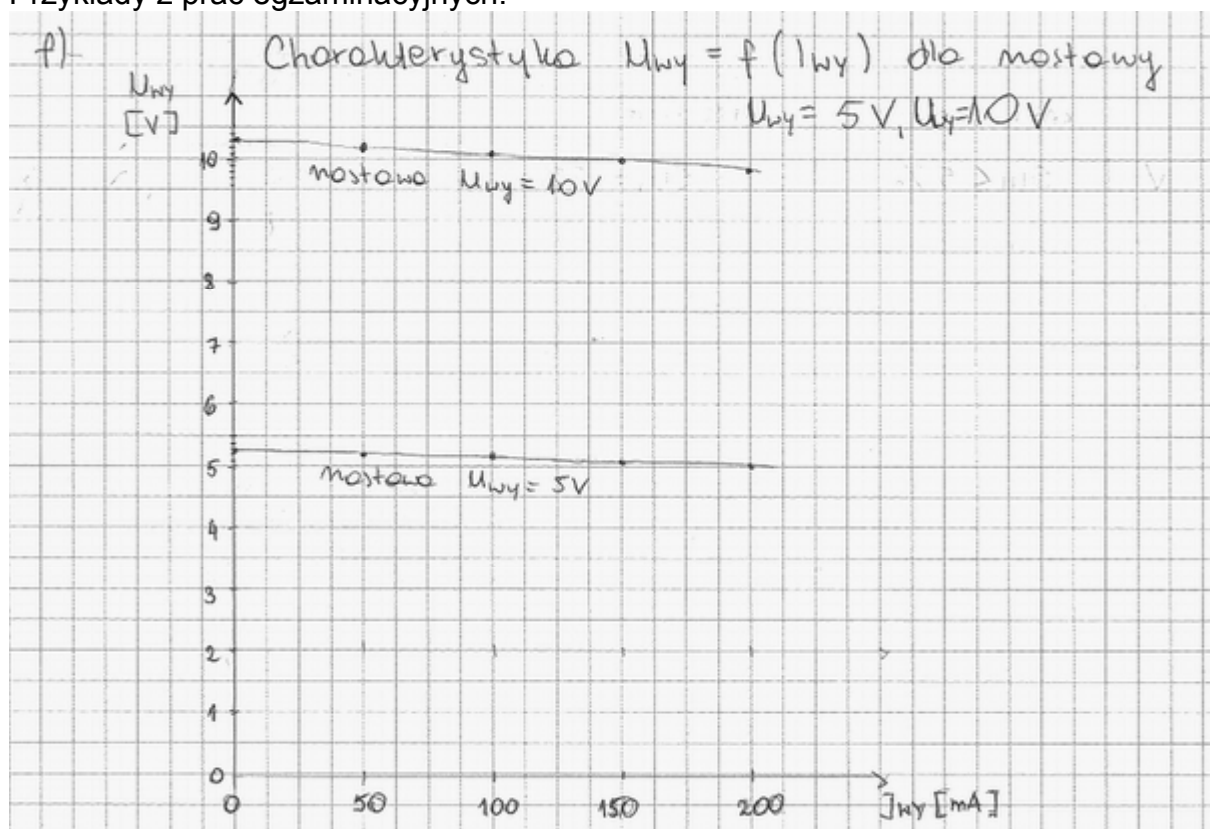
Podobnie jak poprzednia część pracy (schematy) w obliczeniach zdający generowali sporą ilość błędów, do których zaliczyć należy między innymi pomijanie jednostek

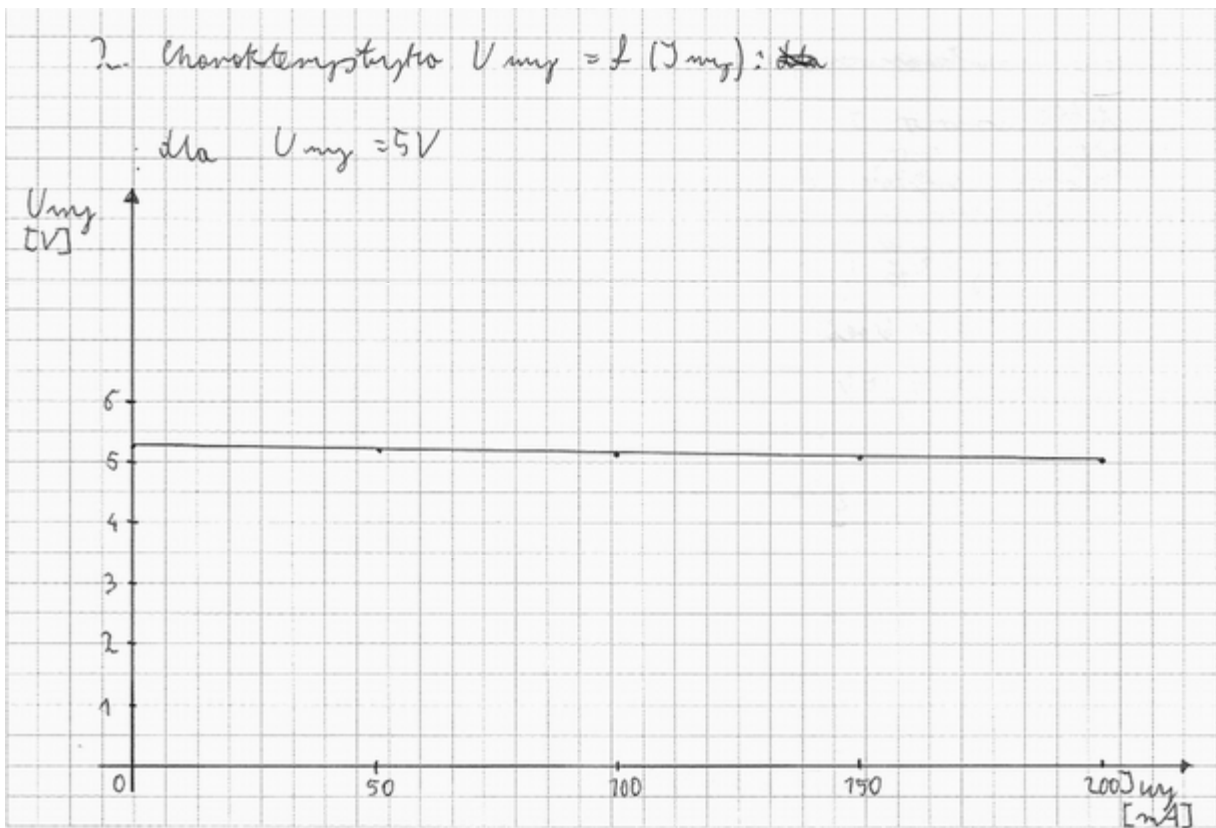
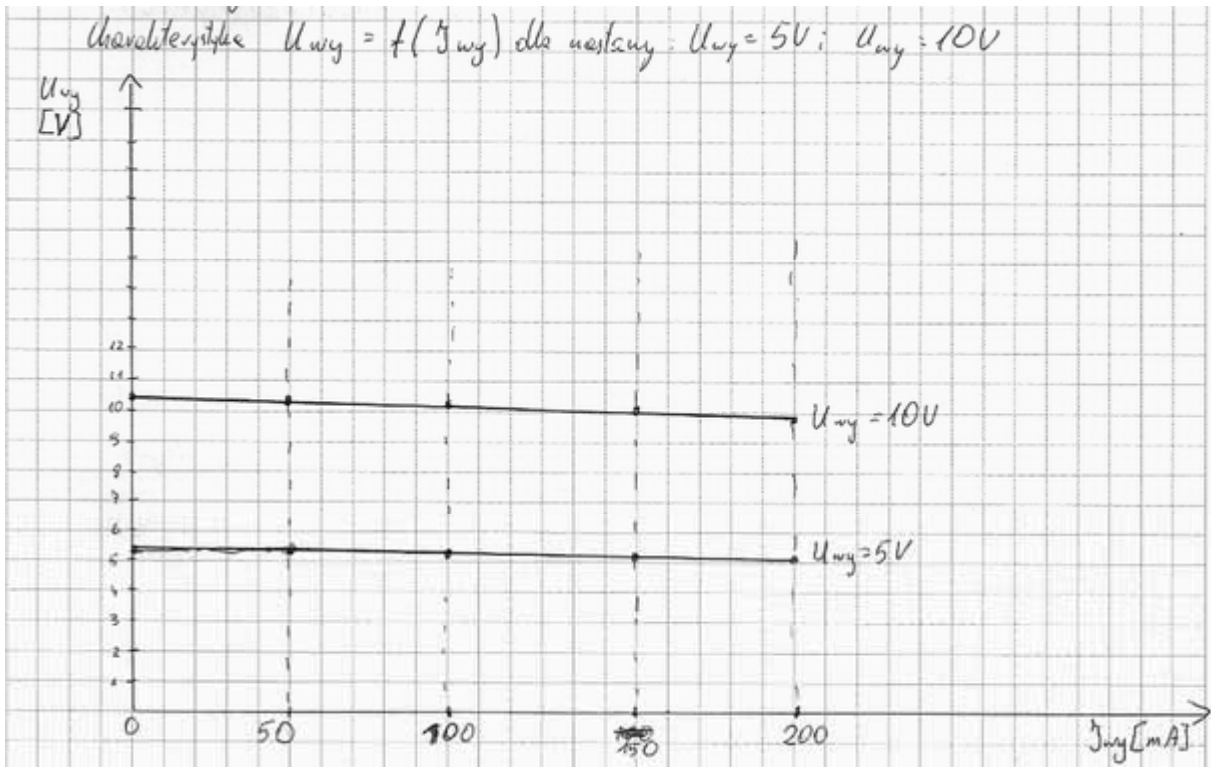
przy obliczonych wartościach. Niektórzy z piszących przy obliczeniach rezystancji pomijali jednostkę w przypadku wartości wyrażonej w omach, podawali tylko wielokrotności (720, 1k2). Widać było wyraźnie naleciałości z odczytywania serwisowych schematów ideowych. Pojawiały się również błędy wynikające z nieuwagi – podstawiano złe wartości  $R_{10}$ . Zdający bardzo często nieprawidłowo liczyli również  $\Delta U_{wy}$  określając ją jako różnicę między badaną wartością, a zerem czy wartością sąsiednią w tabeli. W dużej ilości prac dało się zauważyć, iż zdający nie potrafili prawidłowo podstawić wartości liczbowych do podanego wzoru (podawali poprawne wzory, ale wartości były przypadkowe). Bardzo duża część prac nie zawierała poprawnie podanego przykładu obliczeń (dla przypomnienia – wzór, podstawienie, jednostki, obliczenia). Bardzo znaczna grupa miała problemy ze zrozumieniem i poprawnym obliczeniem wartości wyrażonych w procentach. Duża część zdających nie potrafi rozróżnić pojęć – porównanie i wyciągnięcie wniosku na podstawie porównania.

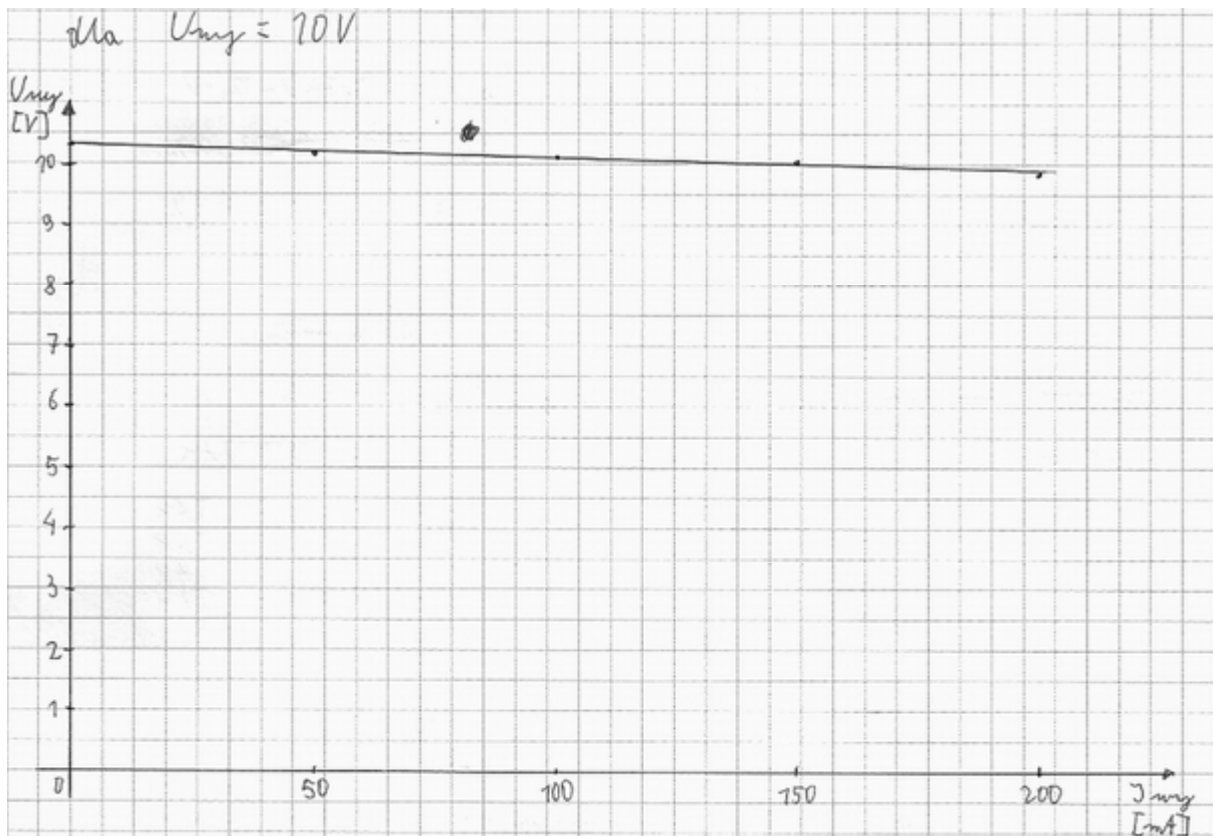
#### Ad VI. Charakterystyki $U_{wy} = f(I_{wy})$ regulatora napięcia stabilizowanego

Zdający mieli do narysowania dwie charakterystyki  $U_{wy} = f(I_{wy})$  dla dwóch nastaw napięć wyjściowych (5 V, 10 V). Oceniane tutaj były poprawnie opisane osie charakterystyki i należycie sporządzone wykresy.

Przykłady z prac egzaminacyjnych:







Oczywiście narysowanie obydwu zależności na jednym wykresie nie było błędem, często pojawiało się takie właśnie rozwiązanie. Bardzo rzadko pojawiało się rozwiązanie z dwoma osobnymi wykresami (takie jak widać w ostatnim przykładzie). Ta część pracy nie sprawiała dużo problemów, lecz zdarzały się takie prace, w których zdający rysowali charakterystyki  $I_{wy} = f(U_{wy})$  (odwrócenie osi), co jest oczywistym błędem. Często pojawiał się również brak opisu osi.

#### Ad VII. Wskazania eksploatacyjne dla użytkownika programowalnego cyfrowo regulatora napięcia stabilizowanego

Wskazania eksploatacyjne winny zwrócić uwagę na te parametry, które użytkownik musi zapewnić, aby urządzenie pracowało poprawnie. Sformułowanie kryteriów stosowania i użytkowania regulatora napięcia stabilizowanego jest niemożliwe bez dokładnej analizy danych technicznych urządzenia. W tym przypadku wystarczyło określić takie dane jak: napięcie wejściowe (zasilania), prąd wyjściowy (obciążenia), temperatura i wilgotność otoczenia.

Przykłady prac egzaminacyjnych:

Wskazania eksploatacyjne:

- \* Warunki zasilania :  $U_{we} = 20V$  ,  $I_{we max} = 0.3A$
- \* Dla  $U_{wy}$  programowalnego cyfrowo w zakresie :  $U_{wy} = 1.25V \div 12.5V$
- \* obciążalność przewodu wy  $I_{wy max} = 0.2A$
- \* temperatura otoczenia  $+10^{\circ}C \div +40^{\circ}C$  , wilgotność  $\leq 80\%$

- 4.1. Regulator należy używać w odpowiednich warunkach eksploatacyjnych:
- temperatura otoczenia  $+10^{\circ}\text{C} \div +40^{\circ}\text{C}$
  - wilgotność  $\leq 90\%$
- 4.2. Należy zapewnić odpowiednie warunki zasilania:
- $U_{we} = 20[\text{V}]$
  - $I_{we\max} = 0,3[\text{A}]$
- 4.3. Obciążalność prądowa wyjścia regulatora  $I_{wy\max} = 0,2\text{A}$ .

- Wskazania eksploatacyjne:
- układ stabilizatora należy zasilać nap. 20VDC
  - nie należy przekraczać maksymalnego prądu wyjściowego  $I_{wy\max} = 0,2\text{A}$
  - układ powinien pracować w temp. otoczenia od  $+10^{\circ}\text{C}$  do  $+40^{\circ}\text{C}$
  - wilgotność powietrza w miejscu pracy stabilizatora musi zamierać się w zakresie od 0 do 90°C

Zdającym zdarzało się również pomijać wartości poszczególnych parametrów, najczęściej pomijali maksymalną wartość prądu obciążenia. Zdający wykazywali się brakiem zrozumienia pojęcia „wskazania eksploatacyjne” przepisując wszystkie dane techniczne.

#### Ad VIII. Praca egzaminacyjna jako całość

W tej części oceniane były takie elementy pracy jak: logika, terminologia zawodowa, estetyka i czytelność. Piszący dość dobrze radzili sobie z logiką wypowiedzi. Egzaminatorzy mieli zastrzeżenia, co do terminologii zawodowej, a zwłaszcza sposobu oznaczeń przyrządów pomiarowych oraz zapisu jednostek wartości elektrycznych.

W pracach często nie były oznaczone skreślenia jako brudnopis, co w znaczący sposób pogarszało estetykę i czytelność pracy.

Przeglądając prace można było zauważyć, iż niektórzy ze zdających przepisywali całą treść zadania, dopiero później rozwiązując je. Prowadziło to bezpowrotnie do straty czasu na egzaminie.