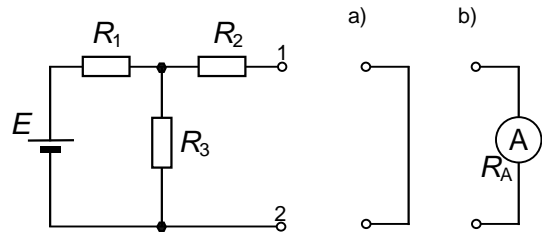


„EUROELEKTRA”
OLIMPIADA ELEKTRYCZNA I ELEKTRONICZNA
Rok szkolny 2008/2009 - Etap drugi - Grupa elektryczna
 czas rozwiązywania zadań 120 minut

Zadanie 1

Dany jest obwód elektryczny, którego schemat przedstawiono na rysunku 1. W przypadku a) zaciski 1 i 2 zostały zwarte przewodem o zerowej rezystancji, w przypadku b) do zacisków 1 i 2 dołączono amperomierz o rezystancji wewnętrznej R_A .



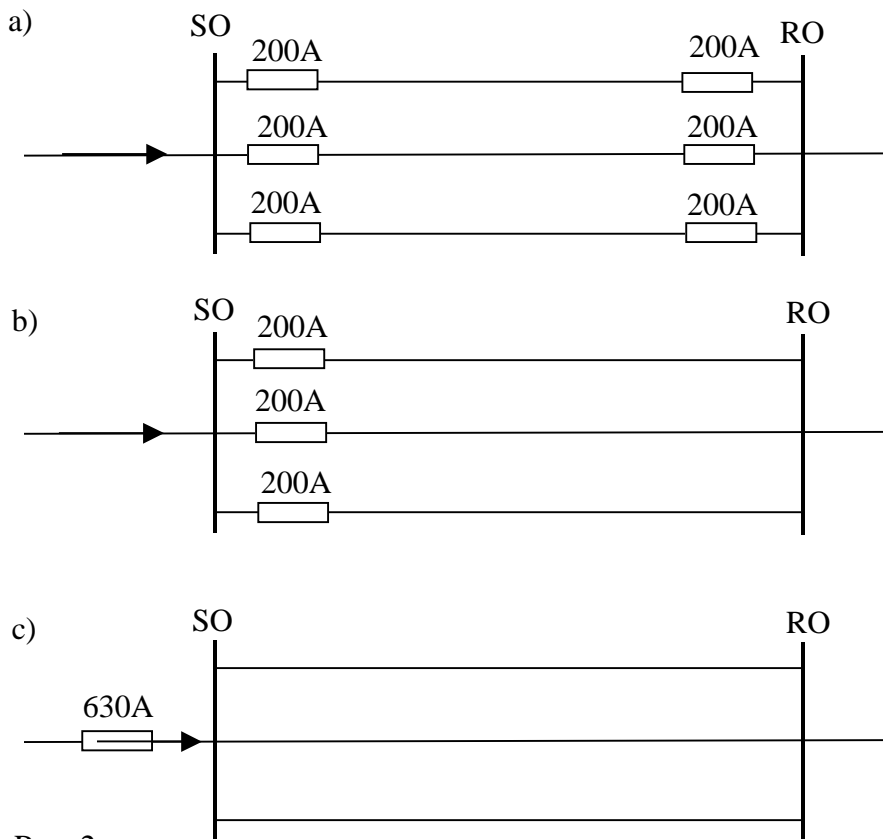
Rys. 1.

Należy wyznaczyć:

- 1) prąd płynący w przewodzie zwierającym zaciski 1 i 2 – przypadek a),
- 2) prąd płynący przez amperomierz – przypadek b),
- 3) uchyb względny pomiaru prądu amperomierzem.

Zadanie 2

Rozdzielnica RO (rys.2) jest zasilona ze stacji SO za pomocą trzech linii równoległych wykonanych kablami $YKY 4 \times 150 \text{ mm}^2$ o prądzie dopuszczalnym długotrwałym każdego kabla $I_z = 230 \text{ A}$. Obciążenie mocą szczytową rozdzielnicy RO wynosi $P_{RO} = 350 \text{ kW}$ przy $\cos\phi = 0,9$. Który z przedstawionych wariantów zabezpieczenia kabli przed przeciążeniem jest nieprawidłowy i dlaczego?



Rys. 2.

Wskazówki

1. Prąd zadziałania zastosowanych wkładek topikowych typu gG w określonym czasie (3 h dla 200 A lub 4 h dla 630 A) jest 1,6 razy większy od prądu znamionowego wkładki.
2. Dobrane bezpieczniki powinny zabezpieczyć kable przed przeciążeniem, czyli powinny być spełnione następujące warunki:

$$a) I_b \leq I_{nf} \leq I_z,$$

$$b) I_2 \leq 1,45I_z,$$

gdzie:

I_b – prąd obciążenia kabla,

I_{nf} – prąd znamionowy wkładki topikowej,

I_z – prąd dopuszczalny długotrwale przewodu,

I_2 – prąd zadziałania wkładki topikowej.

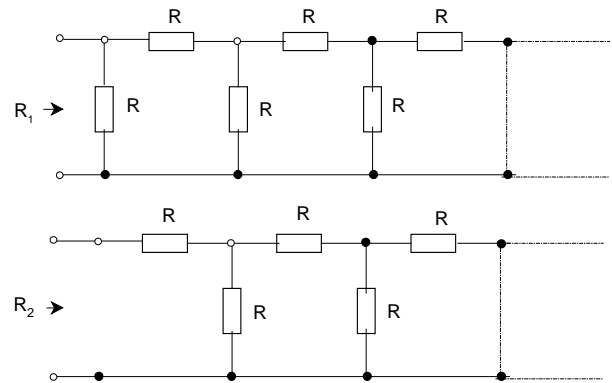
Zadanie 3

Udowodnić, że jeżeli z nieskończonego łańcucha jednakowych rezystorów (rys. 3), usunąć pierwszy rezystor, to wtedy rezystancja wypadkowa łańcucha wzrośnie w stosunku

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{2}(3 + \sqrt{5}).$$

Wskazówka

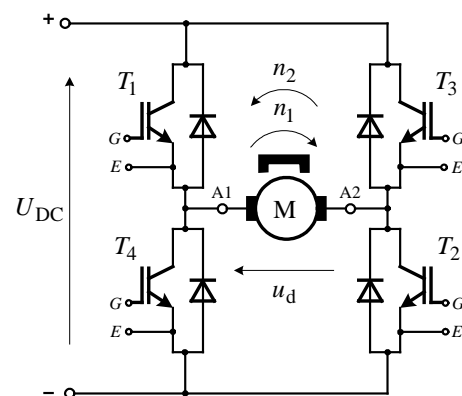
Ponieważ łańcuch jest nieskończony, to dołożenie lub odcięcie jednego ogniwa nie zmienia rezystancji łańcucha.



Rys. 3

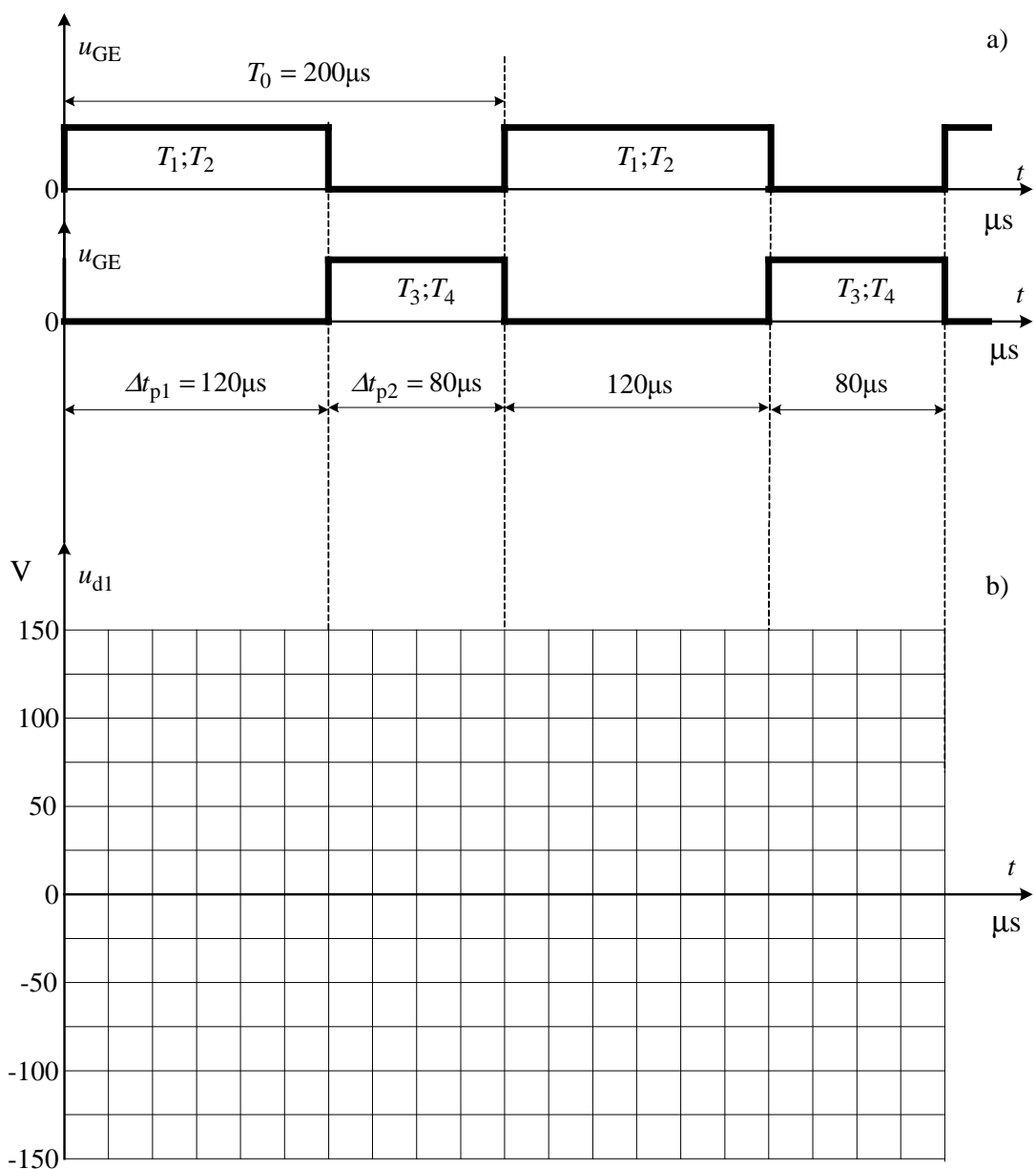
Zadanie 4

Silnik obcowzbudny prądu stałego, wzbudzony magnesami trwałymi, zasilany jest z nawrotnego (rewersyjnego) tranzystorowego przekształtnika impulsowego (rys. 4). Przyjmuje się, że nie występuje spadek napięcia na łącznikach tranzystorowych i diodach w czasie przewodzenia (tranzystory i diody zastosowane w przekształtniku uznaje się za klucze idealne). Przebiegi napięć sterujących bramkami odpowiednich tranzystorów $u_{GE}(t)$ przedstawiono na rysunku 5a. Napięcie zasilające prądu stałego ma wartość $U_{DC} = 125$ V. Okres pracy przekształtnika jest stały i wynosi $T_0 = 200$ μ s. Silnik obciążony jest momentem znamionowym i posiada parametry znamionowe: $U_n = 125$ V i $n_n = 2500$ obr/min.



Rys. 4.

1. Narysuj na rysunku 5b przebieg napięcia $u_{d1}(t)$ zasilającego silnik.
2. Ile wynosi wartość średnia tego napięcia U_{d1} ? Zaznacz jej wartość na rys. 5b.



Rys. 5.

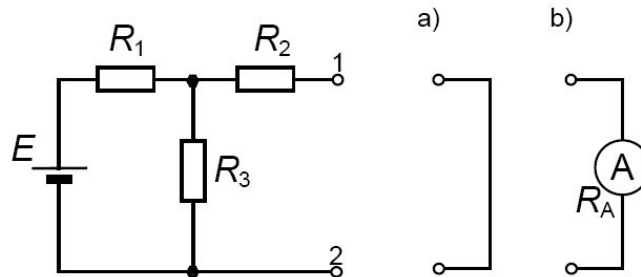
Opracowali:
 mgr inż. Mirosław Kobusiński
 dr inż. Leszek Pawlaczek
 dr inż. Krzysztof Podlejski
 dr inż. Czesław Stec

Sprawdzili:
 dr inż. Sławomir Cieślik
 dr inż. Mirosław Miszewski
 dr inż. Jan Mućko

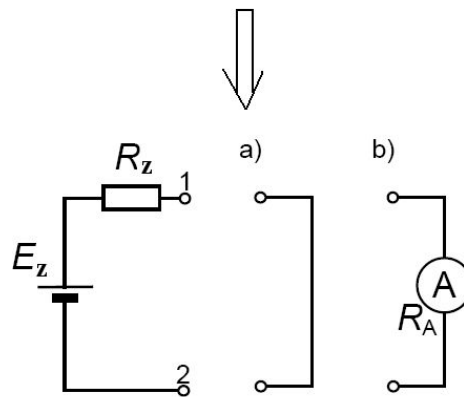
Zatwierdził:
 dr hab. inż. Andrzej Borys
 przewodniczący Rady Naukowej Olimpiady „Euroelektra”

**Odpowiedzi do zadań z II etapu Olimpiady „EUROELEKTRA”
W roku szkolnym 2008/2009
Grupa elektryczna**

Odpowiedź do zadania 1:



Rys. 1.



Rys. 1 a.

Zgodnie z rysunkiem 1 prąd płynący przez zworę dla przypadku a) wynosi:

$$I_a = \frac{E}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \frac{1}{R_2} = \dots \quad (1.1)$$

Po dołączeniu amperomierza w szereg z rezystorem R_2 wprowadzony zostaje dodatkowy rezystor R_A . Wzór (1.1) dla przypadku b) przyjmuje więc postać:

$$I_b = \frac{E}{R_1 + \frac{(R_2 + R_A) R_3}{R_2 + R_A + R_3}} \frac{(R_2 + R_A) R_3}{R_2 + R_A + R_3} \frac{1}{R_2 + R_A} = \dots \quad (1.2)$$

Błąd względny wyznacza się z wzoru:

$$\delta I = \frac{I_b - I_a}{I_a} \quad (1.3)$$

Przedstawione powyżej obliczenia można znacznie uprościć, jeśli przekształci się schemat z rysunku 1 do postaci jak na rysunku 1a. Zastępcza siła elektromotoryczna E_z oraz zastępcza rezystancja R_z („widziana” przez amperomierz) wynoszą:

$$E_z = \frac{E}{R_1 + R_3} R_3 \quad (1.4)$$

$$R_z = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_2 \quad (1.5)$$

Stąd:

$$I_a) = \frac{E_z}{R_z} \quad (1.6)$$

$$I_b) = \frac{E_z}{R_z + R_A} \quad (1.7)$$

Podstawiając do wzoru (1.3) zależności (1.6) i (1.7) oraz uwzględniając (1.5) wyznaczono uchyb względny pomiaru prądu spowodowany przez rezystancję amperomierza:

$$\delta I = -\frac{R_A}{R_z + R_A} \quad (1.8)$$

Odpowiedź do zadania 2:

Prąd obciążenia szczytowego rozdzielnicy RO wynosi:

$$I_{RO} = \frac{P_{RO}}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \cos \varphi} = \frac{350 \cdot 10^3 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,9} = 561,3 \text{ A},$$

Prąd obciążenia pojedynczego kabla wynosi $I_L = \frac{1}{3} I_{RO} = \frac{1}{3} 561,3 \text{ A} = 187,1 \text{ A}$

Przy założeniu braku odbiorów wirujących zasilanych z rozdzielnicy RO, prąd znamionowy wkładki topikowej musi być większy od prądu obciążenia, czyli bezpieczniki we wszystkich wariantach są wstępnie dobrane prawidłowo, bo:

wariant a) : $200 \text{ A} \geq 187,1 \text{ A}$;

wariant b) : $200 \text{ A} \geq 187,1 \text{ A}$;

wariant c) : $630 \text{ A} \geq 561,3 \text{ A}$.

Wstępnie dobrane bezpieczniki powinny zabezpieczyć kable przed przeciążeniem, czyli powinny być spełnione następujące warunki:

$$1. I_b \leq I_{nf} \leq I_z,$$

$$2. I_2 \leq 1,45 I_z,$$

gdzie:

I_b – prąd obciążenia kabla,

I_{nf} – prąd znamionowy wkładki topikowej,

I_z – prąd dopuszczalny długotrwale przewodu,

I_2 – prąd zadziałania wkładki topikowej.

Warianty a) i b) :

$$1. 187,1 \text{ A} \leq 200 \text{ A} \leq 230 \text{ A} - \text{warunek spełniony},$$

$$2. 1,6 \cdot 200 \text{ A} \leq 1,45 \cdot 230 \text{ A}$$

$320 \text{ A} \leq 333,5 \text{ A}$ – warunek spełniony, czyli bezpieczniki w wariantach a) i b) zabezpieczą kable przed przeciążeniem.

Wariant c) :

1. $561,3A \leq 630A \leq 3 \cdot 230A$

$561,3A \leq 630A \leq 690A$ - warunek spełniony

2. $1,6 \cdot 630A \leq 1,45 \cdot 3 \cdot 230A$

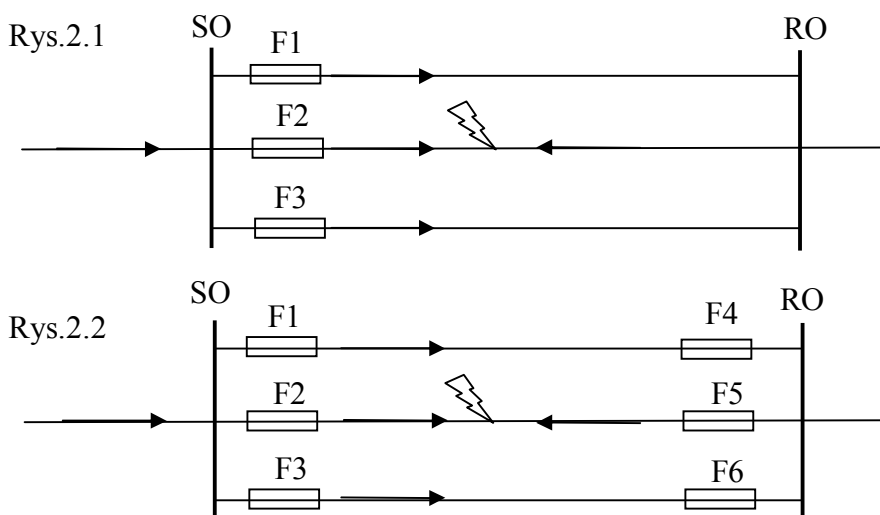
$1008A \leq 1000,5A$ - warunek **niespełniony**.

Biorąc pod uwagę zachowanie się zabezpieczeń zwarciovych podczas zwarcia na którejś z linii równoległych np. środkowej, to w wariacie b) (rys.2.1) następuje zadziałanie zabezpieczenia na początku tej linii (F2), ale prąd zwarciovych płynie nadal od strony zasilanej rozdzielnicy RO.

Zastosowanie zabezpieczeń na początkach i końcach linii równoległych, jak w wariacie a) umożliwia całkowite wyłączenie obwodu zwarciovych przez zadziałanie zabezpieczenia na końcu linii (F5) lub zabezpieczeń w pozostałych przewodach (F4, F6) – rys.2.2.

Z tego względu przy zasilaniu rozdzielnicy RO liniami równoległymi należałoby zastosować wariant zabezpieczenia a).

Uwaga: Pełne sprawdzenie poprawności doboru zabezpieczeń wymagałoby sprawdzenia jeszcze cieplnej wytrzymałości zwarciovych przewodów.



Odpowiedź do zadania 3:

Należy zauważyć, że rezystancja wejściowa łańcucha nieskończonego nie zależy od liczby ogniw. Nie zmienia się przy odcięciu jednego ogniwa lub dowolnego skończonego odcinka ogniw.

Z powyższej uwagi wynika, że usunięcie dwóch pierwszych rezystorów nie zmienia wartości rezystancji wejściowej łańcucha. Jednak usunięcie tylko jednego rezystora (pierwszego R) zwiększa rezystancję łańcucha.

Aby to udowodnić oznaczmy rezystancję wejściową całego łańcucha przez R_1 a po usunięciu pierwszego rezystora przez R_2 .

Można napisać następujące dla R_1 i R_2 związki (odpowiednie połączenia równoległe i szeregowe)

$$R_1 = \frac{RR_2}{R + R_2} \quad (1)$$

$$R_2 = R + R_1 \quad (2)$$

Traktując wyrażenia (1) i (2) jako równania względem niewiadomych R_1 i R_2 metodą eliminacji R_2 otrzymujemy równanie

$$R_1(2R + R_1) = R(R + R_1) \quad (3)$$

czyli

$$R_1^2 + RR_1 - R^2 = 0 \quad (4)$$

stąd rozwiązanie dla R_1

$$R_1 = \frac{1}{2}(\sqrt{5} - 1)R \quad (5)$$

oraz uwzględniając (2) dla R_2

$$R_2 = \frac{1}{2}(\sqrt{5} + 1)R \quad (6)$$

Ostatecznie stosunek

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\sqrt{5} + 1}{\sqrt{5} - 1} = \frac{(\sqrt{5} + 1)^2}{5 - 1} = \frac{6 + 2\sqrt{5}}{4} = \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \quad (7)$$

Można, również wprost z równań (1) i (2) eliminując parametr R obliczyć stosunek $x = R_2/R_1$ z równania

$$(x - 1)x = 2x - 1 \quad (8)$$

stąd

$$x = \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \quad (9)$$

Wzory (7) i (9) wyrażają wynik końcowy co b. do d.

Odpowiedź do zadania 4:

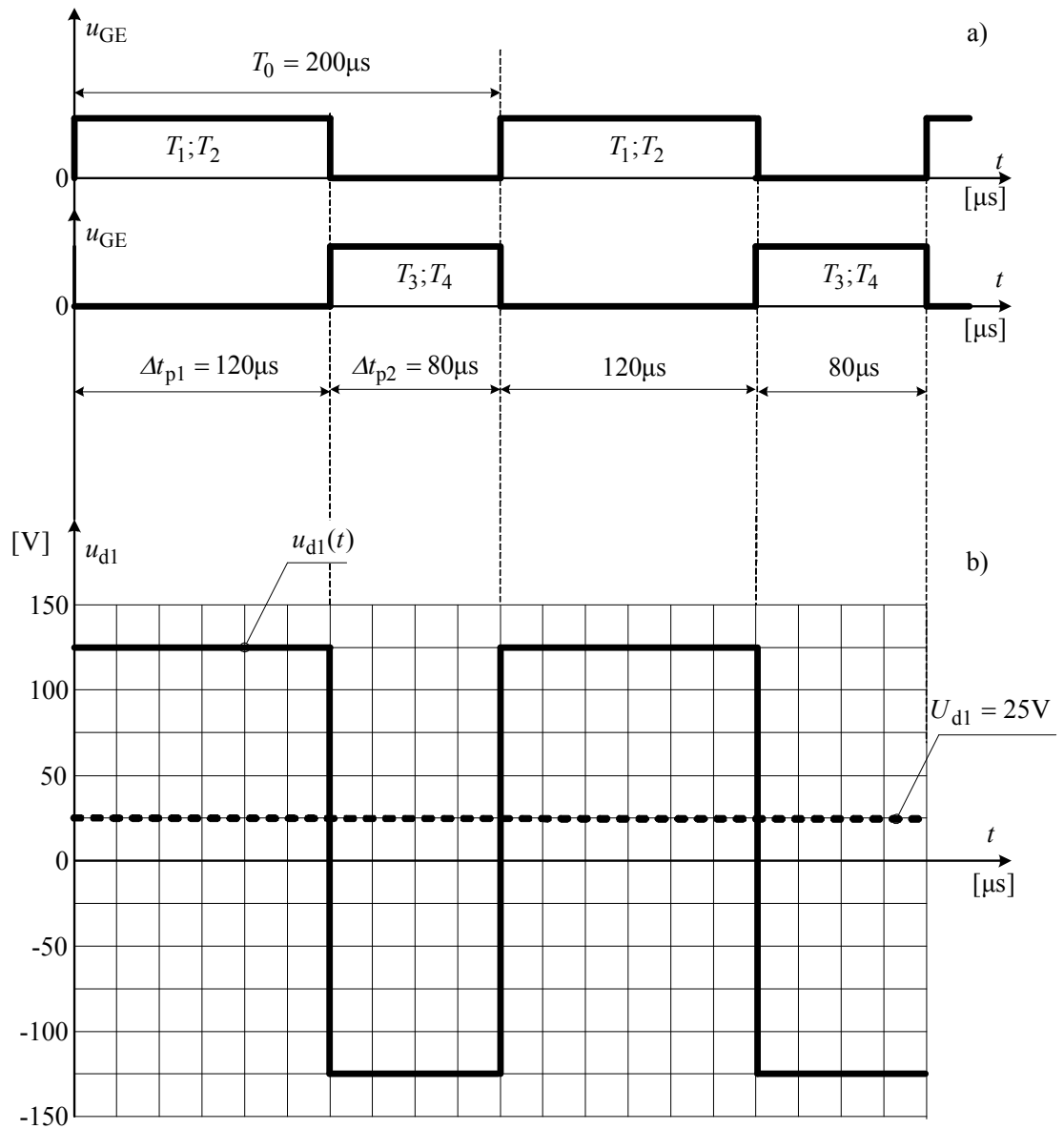
Przekształtnik podłącza zaciski silnika A1 i A2 okresowo do napięcia zasilającego prądu stałego o wartości U_{DC} zmieniając przy tym biegunowość napięcia na zaciskach silnika. Przebieg chwilowej wartości napięcia ma kształt prostokątny określony odpowiednio:

$$\begin{cases} u_{d1}(t) = +U_{DC}; \text{ dla odcinka czasu } \Delta t_{p1} \\ u_{d1}(t) = -U_{DC}; \text{ dla odcinka czasu } \Delta t_{p2} \end{cases}$$

1. Przebieg chwilowej wartości napięcia silnika $u_{d1}(t)$ przedstawiono na rys.5b.
2. Wartość średnia napięcia $u_{d1}(t)$ w okresie pracy T_0 określona jest sumą pól prostokątów o podstawie i wysokości opisanej powyższym wzorem i wynosi:

$$U_{d1} = \frac{1}{T_0}(U_{DC} \cdot \Delta t_{p1} - U_{DC} \cdot \Delta t_{p2}) = U_{DC} \frac{(\Delta t_{p1} - \Delta t_{p2})}{T_0} = 125 \text{ V} \cdot \frac{(120 - 80) \mu\text{s}}{200 \mu\text{s}} = 125 \cdot 0,2 = 25 \text{ V}$$

Wynik: średnia wartość napięcia wynosi $U_{d1} = 25 \text{ V}$



Rys.5. Przebiegi w układzie a) napięcia sterujące tranzystorami; b), przebieg napięcia na zaciskach silnika