

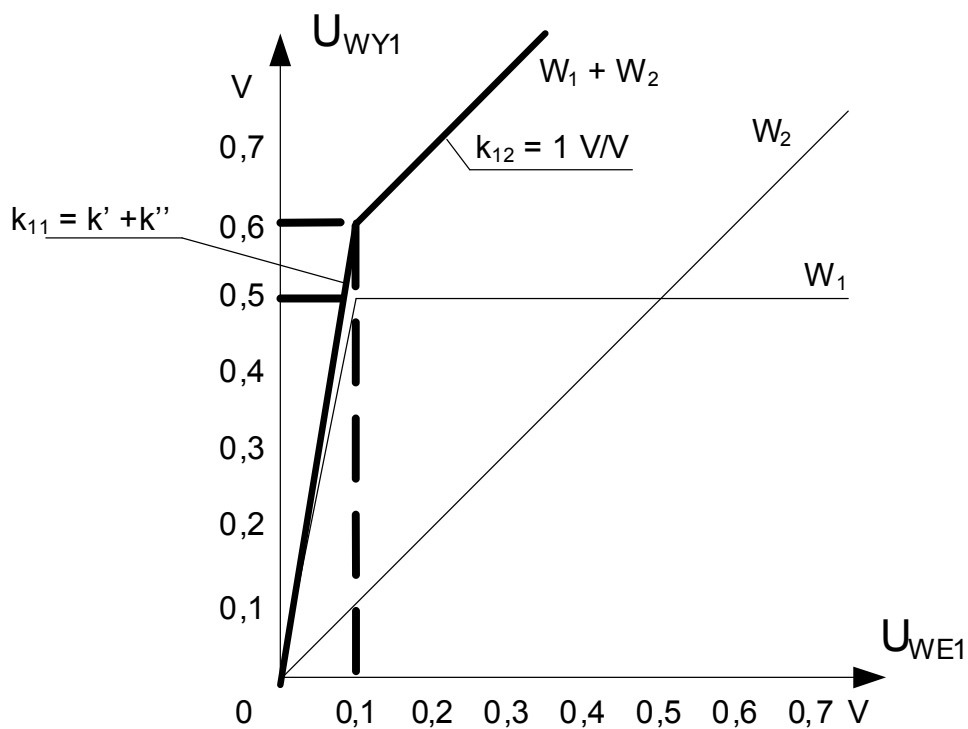
XXXVI OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ

Zawody III stopnia

Rozwiązania zadań dla grupy elektryczno-elektronicznej

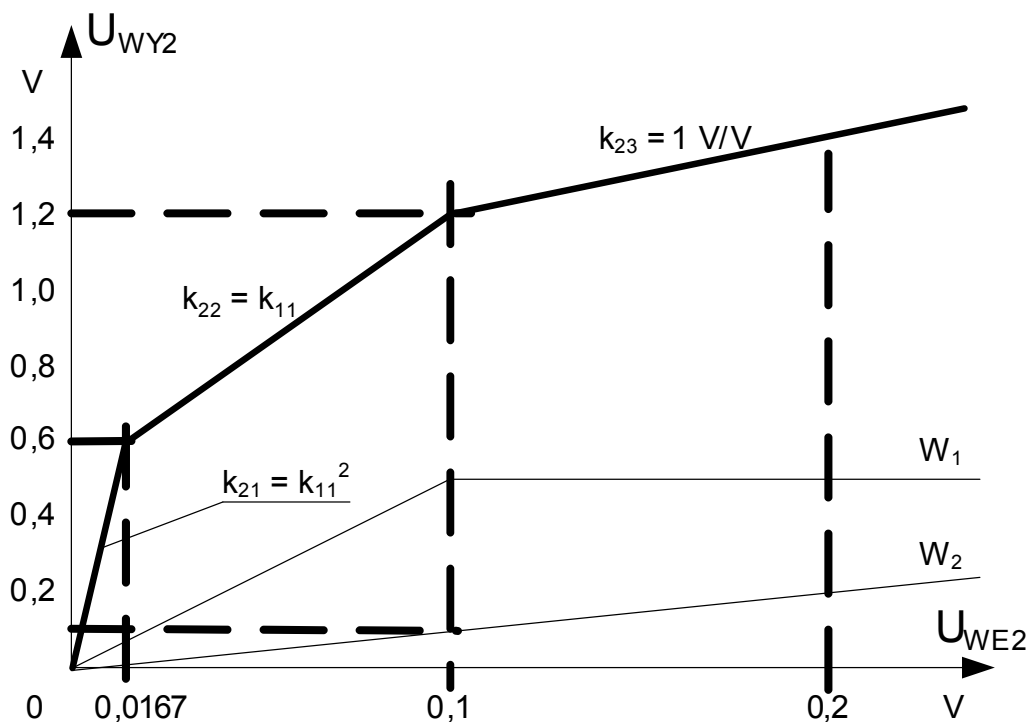
Rozwiązanie zadania 1

Ad.1. Przy połączeniu równoległym wzmacniaczy W_1 oraz W_2 charakterystyki amplitudowe dodają się. Zatem dla napięć wejściowych $U_{WE1} < U_0$ ($U_0 = 100 \text{ mV}$) wzmocnienie układu jest równe $k_{11} = k' + k'' = 6 \text{ V/V}$, a dla napięć $U_{WE1} \geq 100 \text{ mV}$ wzmocnienie układu jest równe wzmocnieniu wzmacniacza W_2 i odcinek wypadkowej charakterystyki amplitudowej całego układu jest teraz równoległy do charakterystyki wzmacniacza W_2 .



Rys.1. Wypadkowa charakterystyka amplitudowa wzmacniaczy W_1 i W_2 połączonych równolegle

Ad.2. Wypadkowa charakterystyka amplitudowa dwóch stopni połączonych kaskadowo składa się z trzech odcinków. Pierwszy, dla napięć wejściowych $U_{WE2} < U_{01}/k_{11}$ dotyczy sytuacji, kiedy oba wzmacniacze W_1 nie są w stanie ograniczenia napięcia. W tym wypadku wzmocnienie kaskady jest równe $k_{21} = k_{11}^2 = (k' + k'')^2$. Drugi, dla napięć $U_{01} > U_{WE2} \geq U_{01}/k_{11}$ dotyczy sytuacji, kiedy wzmacniacz W_1 drugiego stopnia kaskady wchodzi w stan ograniczenia napięcia. Wypadkowe wzmocnienie całego układu jest teraz takie jak wzmocnienie pierwszego stopnia $k_{22} = k_{11}$. Trzeci odcinek wypadkowej charakterystyki amplitudowej układu jest równoległy do linii o wzmocnieniu 1 V/V ponieważ dla napięć $U_{WE2} \geq U_{01}$ wzmacniacze W_1 obu stopni kaskady są w stanie ograniczenia napięcia. Sygnał wejściowy jest wzmacniany tylko przez wzmacniacze W_2 obu stopni. Wzmocnienie w tym wypadku jest równe $1\text{ V/V} \cdot 1\text{ V/V} = 1\text{ V/V}$.



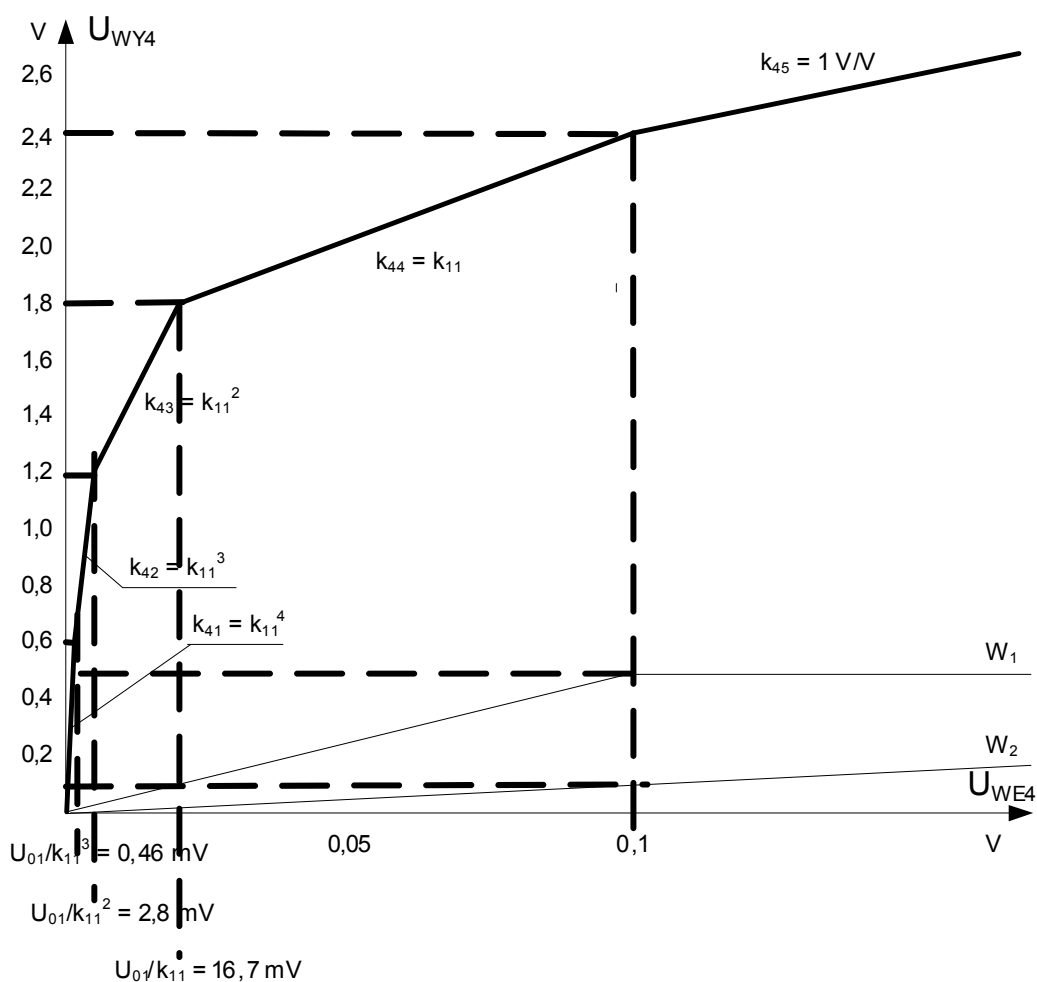
Rys.2. Wypadkowa charakterystyka amplitudowa kaskady dwóch stopni wzmacniacza

Ad.3. Wypadkowa charakterystyka amplitudowa czterech połączonych kaskadowo stopni wzmacniacza składa się z pięciu odcinków o odpowiednich wzmocnieniach napięciowych:

1. $k_{41} = k_{11}^4$, dla $0 < U_{WE2} \leq U_{01}/k_{11}^3$,

2. $-k_{42} = k_{11}^3$, dla $U_{01}/k_{11}^3 < U_{WE2} \leq U_{01}/k_{11}^2$,
3. $-k_{43} = k_{11}^2$, dla $U_{01}/k_{11}^2 < U_{WE2} \leq U_{01}/k_{11}$,
4. $-k_{44} = k_{11}$, dla $U_{01}/k_{11} < U_{WE2} \leq U_{01}$,
5. $-k_{45} = 1 \text{ V/V}$, dla $U_{01} < U_{WE2}$.

Kolejne zmniejszanie wzmacnienia jest wynikiem wchodzenia w stan ograniczenia napięcia wyjściowego wzmacniaczy W_1 w stopniach licząc od końca kaskady wzmacniaczy.



Rys.3. Wypadkowa charakterystyka amplitudowa kaskady czterech stopni wzmacniacza

Rozwiązanie zadania 2

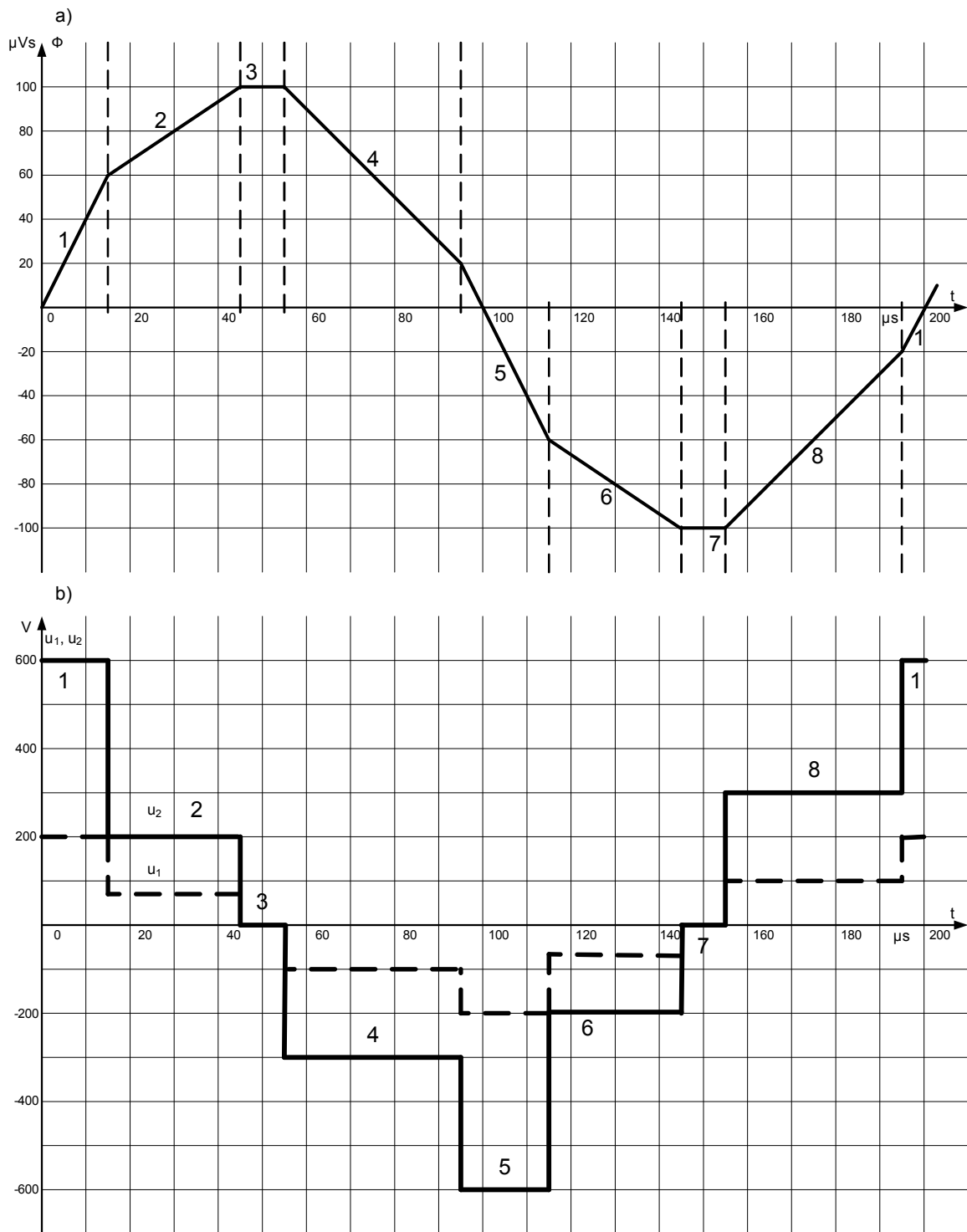
Napięcie indukowane w dowolnym uzwojeniu transformatora, zgodnie z prawem indukcji Faradaya może być opisane zależnością:

$$u = \frac{z \Delta \Phi}{\Delta t}. \quad (1)$$

Ponieważ zadany przebieg czasowy strumienia magnetycznego składa się z ośmiu odcinków prostych (rys.1.a) to dla każdego z tych odcinków można wyznaczyć szybkość zmian strumienia magnetycznego i odpowiadające jej napięcie wtórne u_2 (rys.1.b) oraz uwzględniając przekładnię transformatora napięcie pierwotne

$$u_1 = \frac{u_2}{n}$$

1. $\Delta \Phi_1 = 80 \mu\text{Vs}$ $\Delta t_1 = 20 \mu\text{s}$ $\Delta \Phi_1 / \Delta t_1 = 4 \text{ V}$ $u_{21} = 4 \cdot 150 = 600 \text{ V}$
 $u_{11} = 200 \text{ V}$
2. $\Delta \Phi_2 = 40 \mu\text{Vs}$ $\Delta t_2 = 30 \mu\text{s}$ $\Delta \Phi_2 / \Delta t_2 = 1\frac{1}{3} \text{ V}$ $u_{22} = 1\frac{1}{3} \cdot 150 = 200 \text{ V}$
 $u_{12} = 66,7 \text{ V}$
3. $\Delta \Phi_3 = 0$ $\Delta t_3 = 10 \mu\text{s}$ $\Delta \Phi_3 / \Delta t_3 = 0$ $u_{23} = 0$
 $u_{13} = 0$
4. $\Delta \Phi_4 = -80 \mu\text{Vs}$ $\Delta t_4 = 40 \mu\text{s}$ $\Delta \Phi_4 / \Delta t_4 = -2 \text{ V}$ $u_{24} = -2 \cdot 150 = -300 \text{ V}$
 $u_{14} = -100 \text{ V}$
5. $\Delta \Phi_5 = -80 \mu\text{Vs}$ $\Delta t_5 = 20 \mu\text{s}$ $\Delta \Phi_5 / \Delta t_5 = -4 \text{ V}$ $u_{25} = -4 \cdot 150 = -600 \text{ V}$
 $u_{15} = -200 \text{ V}$
6. $\Delta \Phi_6 = -40 \mu\text{Vs}$ $\Delta t_6 = 30 \mu\text{s}$ $\Delta \Phi_6 / \Delta t_6 = -1\frac{1}{3} \text{ V}$ $u_{26} = -1\frac{1}{3} \cdot 150 = -200 \text{ V}$
 $u_{16} = -66,7 \text{ V}$
7. $\Delta \Phi_7 = 0$ $\Delta t_7 = 10 \mu\text{s}$ $\Delta \Phi_7 / \Delta t_7 = 0$ $u_{27} = 0$
 $u_{17} = 0$
8. $\Delta \Phi_8 = 80 \mu\text{Vs}$ $\Delta t_8 = 40 \mu\text{s}$ $\Delta \Phi_8 / \Delta t_8 = 2 \text{ V}$ $u_{28} = 2 \cdot 150 = 300 \text{ V}$
 $u_{18} = 100 \text{ V}$



Rys.1. a) Przebieg czasowy strumienia magnetycznego Φ ,
 b) Przebiegi czasowe napięć u_1, u_2 wzmacniacza

Energię dostarczoną do odbiornika można obliczyć ze wzoru:

$$W = P t . \quad (2)$$

Moc P jest równa

$$P = \frac{U^2}{R} , \quad (3)$$

gdzie U oznacza wartość skuteczną napięcia wtórnego u_2 transformatora zasilającego odbiornik R .

Wartość skuteczną U oblicza się z zależności:

$$U = \sqrt{\frac{2 \left(u_{21}^2 \Delta t_1 + u_{22}^2 \Delta t_2 + u_{24}^2 \Delta t_4 \right)}{T}} . \quad (4)$$

gdzie $T = 200 \mu s$ – okres badanych przebiegu czasowych strumienia magnetycznego i napięć u_1 i u_2 .

Po podstawieniu danych $U = 346 \text{ V}$

Moc P jest zatem równa

$$P = \frac{346^2}{200} = 600 \text{ W},$$

a energia dostarczona do odbiornika w czasie 10 minut

$$W = 0,6 \cdot \frac{10}{60} = 0,1 \text{ kWh}.$$

Rozwiązanie zadania 3

Przy założeniu, że w falowniku nie występują straty energii moc chwilowa źródła napięcia jest równa mocy chwilowej na zaciskach wyjściowych falownika:

$$p_Z = p_f . \quad (1)$$

Moc chwilową źródła napięcia opisuje zależność:

$$p_Z = U_Z i_Z . \quad (2)$$

Podobnie moc chwilową na zaciskach falownika zależność:

$$p_f = u_f i_f . \quad (3)$$

Wariant I. Korzystając z II prawa Kirchhoffa dla obwodu wyjściowego falownika można napisać:

$$u_f = u_L + u_R, \quad (4)$$

lub uwzględniając zależność $u_L = L di_f/dt$:

$$u_f = L \frac{di_f}{dt} + i_f R. \quad (5)$$

Uwzględniając zależności (4) i (5) w (3) można napisać:

$$p_f = \omega L I_M^2 \sin \omega t \cos \omega t + R I_M^2 \sin^2 \omega t. \quad (6)$$

Podstawiając zależności (2) i (5) do (1) i wykonując przekształcenie przebieg prądu źródła zasilającego falownik opisuje zależność:

$$i_f = \frac{\left(\omega L I_M^2 \sin \omega t \cos \omega t \right)}{U_f} + \frac{\left(R I_M^2 \sin^2 \omega t \right)}{U_f}. \quad (7)$$

Po podstawieniu danych

$$i_f = 0,353 \text{ A} \sin 120 \pi t + 3,75 \text{ A} (1 - \cos 120 \pi t)$$

Wariant II. Pomijając we wzorze (4) napięcie u_f , można napisać

$$i_f = \frac{\left(R I_M^2 \sin^2 \omega t \right)}{U_f}. \quad (8)$$

Po podstawieniu danych

$$i_f \approx 3,75 \text{ A} (1 - \cos 120 \omega t).$$

Przy obliczaniu mocy można zastosować podstawienia:

$$\sin \omega t \cos \omega t = \frac{(\sin 2 \omega t)}{2} \quad \text{oraz} \quad \sin^2 \omega t = \frac{(1 - \cos 2 \omega t)}{2}.$$

Zależność (6) będzie miała wtedy postać:

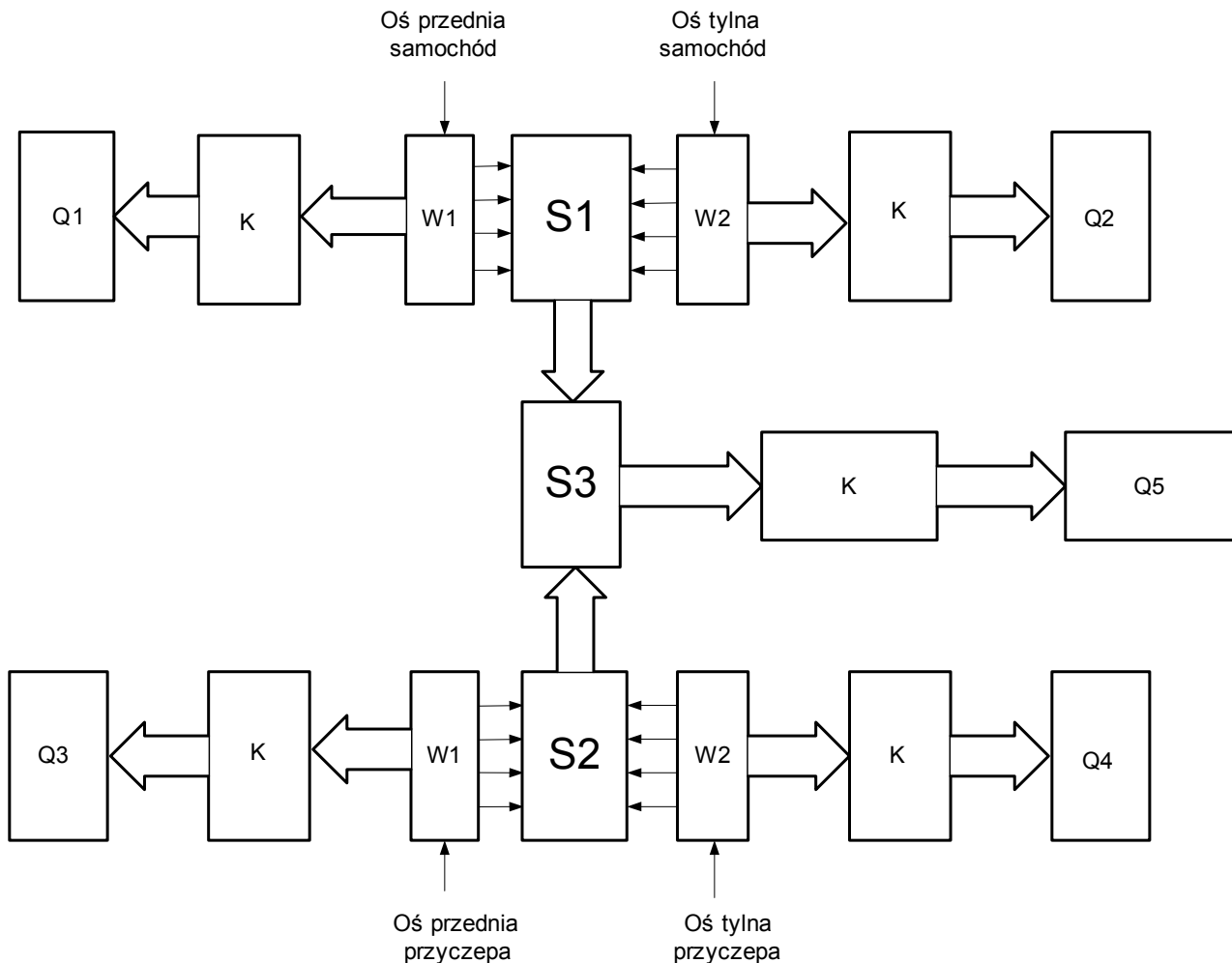
$$\begin{aligned} p_f &= \frac{\left(\omega L I_M^2 \sin 2\omega t\right)}{2} + \frac{\left(R I_M^2 (1 + \cos 2\omega t)\right)}{2} = \\ &= \frac{\left(\omega L I_M^2 \sin 2\omega t\right)}{2} + \frac{R I_M^2}{2} + \frac{\left(R I_M^2 \cos 2\omega t\right)}{2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Wartość średnia tej funkcji jest równa mocy czynnej P_f dostarczanej przez źródło napięcia stałego do układu falownik – odbiornik. Ponieważ wartość średnia pierwszego i trzeciego składnika sumy (9) jest równa zero to moc P_f jest równa:

$$P_f = \frac{R I_M^2}{2} = \frac{10 \cdot 15^2}{2} = 1125 \text{ W}. \quad (10)$$

Identyczny wynik można uzyskać z uproszczonej zależności (8).

Rozwiązanie problemu technicznego



Rys.1. Przykład rozwiązania problemu

Najprostsze rozwiązanie przedstawiono na rys.1. Polega ono na zaprojektowaniu trzech sumatorów binarnych (rys.1). Pierwszy 4-bitowy, $S1$ oblicza ciężar samochodu, drugi $S2$ identyczny jak $S1$ oblicza ciężar przyczepy i trzeci 5-bitowy, $S3$ oblicza ciężar całego zestawu. Danymi wejściowymi sumatorów 4-bitowych są liczby generowane przez wagi pomiarowe na których umieszczono czujniki $W1 - W4$: Waga $W1$ – nacisk na oś przednią samochodu, waga $W2$ nacisk na oś tylną samochodu, waga $W3$ – nacisk na przednią oś przyczepy, waga $W4$ – nacisk na tylną oś przyczepy.

Do wyświetlenia wyniku pomiaru można, stosując odpowiedni dekodery K zastosować dowolne wyświetlacze cyfrowe $Q1 - Q5$, np. siedmiosegmentowe. Naciski na poszczególne osie można wyświetlić dekodując wskazania poszczególnych wag.