Zadanie 6.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. IX.2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem oraz na poruszającą się cząstkę naładowaną (siła elektrodynamiczna, siła Lorentza); IX.12) opisuje cechy prądu przemiennego […]; IX.10) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej; stosuje regułę Lenza; opisuje przemiany energii podczas działania prądnicy.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne narysowanie strzałki $\overrightarrow{AB}$ (od A do B) oznaczającej, w którą stronę płynie prąd w chwili $t = 0$ s **oraz** poprawne oznaczenie biegunowości (+X oraz −Y) źródła napięcia obwodu zewnętrznego w chwili $t = 0$ s.

1 pkt – poprawne narysowanie strzałki $\overrightarrow{AB}$ (od A do B) oznaczającej, w którą stronę płynie prąd w chwili $t = 0$ s

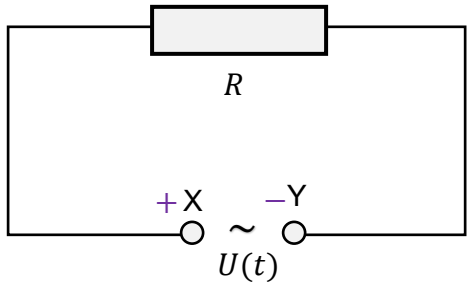
LUB

– niepoprawne narysowanie strzałki $\overrightarrow{BA}$ (od B do A) oznaczającej, w którą stronę płynie prąd w chwili $t = 0$ s **oraz** konsekwentne z tym zwrotem strzałki oznaczenie biegunowości (−X oraz +Y) źródła napięcia obwodu zewnętrznego w chwili $t = 0$ s.

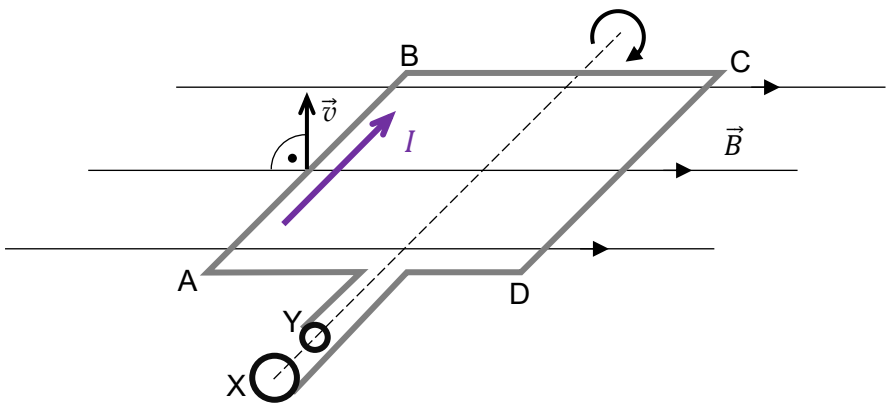
0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

Rysunek 1. (schemat obwodu)



Rysunek 2. (ramka prądnicy w chwili $t = 0\ s$)



Zadanie 6.2. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.6) tworzy […] wykresy […] zilustrowania zjawisk bądź problemu […]; I.7) wyodrębnia z tekstów […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. IX.2) […] analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem oraz na poruszającą się cząstkę naładowaną (siła elektrodynamiczna, siła Lorentza); IX.11) oblicza siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia; IX.12) opisuje cechy prądu przemiennego; posługuje się pojęciem napięcia i natężenia skutecznego; oblicza napięcie i natężenie skuteczne dla przebiegu sinusoidalnego.

Zasady oceniania

4 pkt – poprawne ustalenie trzech wielkości: I_{max} **oraz** T, **oraz** $I(t=0)$, **oraz** prawidłowe narysowanie wykresu – o kształcie sinusoidy – zależności natężenia prądu od czasu.

3 pkt – poprawne ustalenie trzech wielkości: I_{max} **oraz** T, **oraz** $I(t=0)$:

$I_{max} \approx 3{,}4\ \text{A}$, $T = 0{,}02\ \text{s}$, $I(t=0) = I_{max}$

LUB

– poprawne ustalenie okresu **oraz** poprawne ustalenie I_{max} albo $I(t=0)$, **oraz** konsekwentne z tym (tzn. z błędnym I_{max} albo błędnym $I(t=0)$) narysowanie wykresu – o kształcie sinusoidy – zależności natężenia prądu od czasu.

2 pkt – poprawne ustalenie dwóch wielkości spośród: I_{max}, T, $I(t=0)$

LUB

– poprawne ustalenie okresu **oraz** błędne ustalenie I_{max} i $I(t=0)$, **oraz** konsekwentne z tym narysowanie wykresu zależności natężenia prądu od czasu.

1 pkt – poprawne ustalenie jednej wielkości: I_{max} albo T albo $I(t=0)$.

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Uwaga dodatkowa

Ustalenie fazy początkowej jest równoważne ustaleniu napięcia lub natężenia prądu w chwili $t = 0\ \text{s}$, np. poniższe zapisy są równoważne:

$$\phi_0 = \frac{\pi}{2} \quad \text{lub} \quad I(t=0) = I_{max} \quad \text{lub} \quad U(t=0) = U_{max}$$

Przykładowe pełne rozwiązanie

Ustalimy wielkości dotyczące prądu zmiennego przepływającego przez opornik R:

- Obliczymy amplitudę I_{max} natężenia prądu. W tym celu najpierw obliczymy amplitudę napięcia:

$$U_{max} = \sqrt{2}U_{sk} \quad \rightarrow \quad U_{max} = \sqrt{2} \cdot 24\ \text{V} \approx 33{,}9\ \text{V}$$

zatem

$$I_{max} = \frac{U_{max}}{R} \quad \rightarrow \quad I_{max} \approx \frac{33{,}9\ \text{V}}{10\ \Omega} \approx 3{,}4\ \text{A}$$

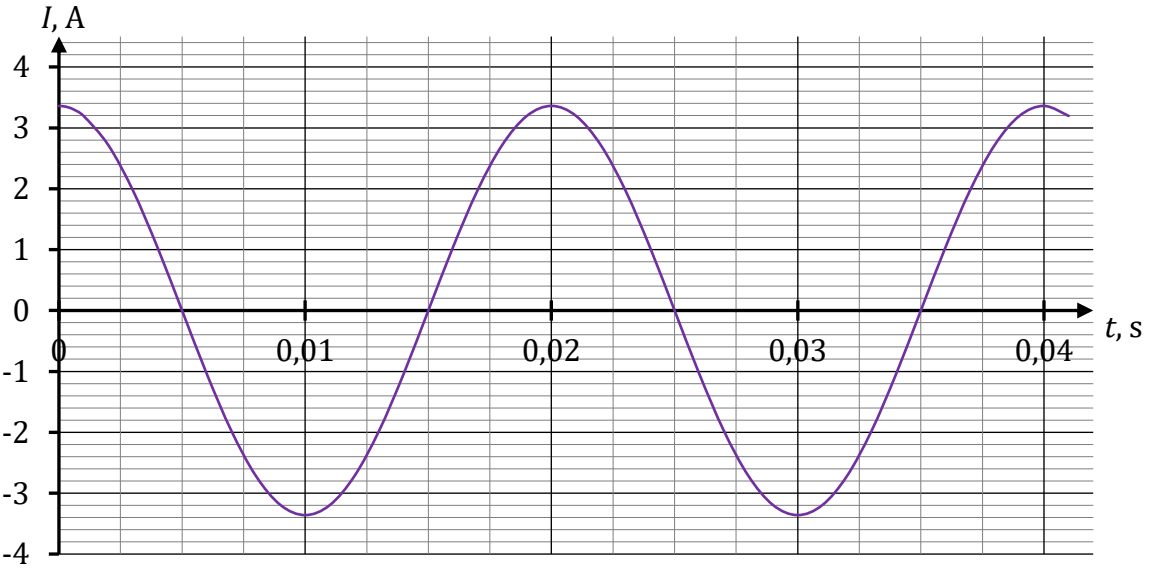
- Obliczymy okres T zmian natężenia prądu:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \rightarrow \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi\ \text{rad}}{100\pi\ \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 0{,}02\ \text{s}$$

- Określimy natężenie prądu w chwili $t = 0$ (równoważnie – fazę początkową):

$$I(t=0) = I_{max}$$

Narysujemy wykres zależności natężenia prądu od czasu.



Poniżej przedstawiamy dodatkowy komentarz dotyczący sposobu ustalenia natężenia prądu w chwili $t = 0$ s (równoważnie – ustalenia fazy początkowej).

Sposób 1.

Rozważamy ruch boku AB ramki w polu magnetycznym. Napięcie indukowane na boku AB zależy od składowej prędkości prostopadłej do linii pola magnetycznego $\vec{B}$. W sytuacji zilustrowanej na rysunku 2. (w chwili $t = 0$ s) wektor prędkości jest prostopadły do linii pola magnetycznego (wartość składowej prędkości prostopadłej do pola jest największa). Zatem napięcie indukowane na boku ramki jest wtedy największe. Z tego wynika też, że:

$$U(t = 0) = U_{max} \quad \rightarrow \quad I(t = 0) = I_{max}$$

Sposób 2.

Rozważamy ruch ładunku elektrycznego q w polu magnetycznym – ładunku wyodrębnionego w boku AB ramki. Siła Lorentza działająca na ten ładunek zależy od składowej prędkości prostopadłej do linii pola magnetycznego $\vec{B}$. W sytuacji zilustrowanej na rysunku 2. (w chwili $t = 0$) wektor prędkości jest prostopadły do linii pola magnetycznego. Zatem siła Lorentza działająca na ładunek będzie wtedy największa. Z tego wynika, że:

$$I(t = 0) = I_{max}$$

Sposób 3.

Przeanalizujemy wzór na siłę elektromotoryczną prądnicy:

$$U_{ind} = U_{max} \sin \angle(\vec{S}, \vec{B}) \qquad \text{gdzie} \qquad \angle(\vec{S}, \vec{B}) = \omega t + \phi_0$$

($\vec{S}$ oznacza wektor prostopadły do powierzchni ramki). Z rysunku 2. wynika, że w chwili $t = 0$ mamy:

$$\angle(\vec{S}, \vec{B}) = \phi_0 = 90°$$

Zatem:

$$U_{ind}(t = 0) = U(t = 0) = U_{max} \sin(\omega \cdot 0 + 90°) = U_{max}$$

Z tego (oraz z założenia o pominięciu indukcyjności obwodu) wynika, że:

$$I(t = 0) = I_{max}$$

Sposób 4.

Zastosujemy prawo indukcji elektromagnetycznej Faradaya. Siła elektromotoryczna indukcji (napięcie indukowane) w obwodzie zamkniętym jest równa co do wartości bezwzględnej szybkości zmiany strumienia pola magnetycznego przez powierzchnię obwodu (ramki):

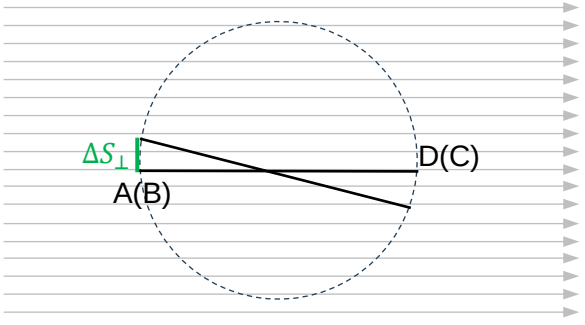
$$|U_{ind}| = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta(BS\cos\alpha)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{B\Delta S_{\perp}}{\Delta t}$$

Pole magnetyczne jest stałe, zatem szybkość zmiany strumienia będzie proporcjonalna do szybkości zmiany pola powierzchni (ramki), w płaszczyźnie prostopadłej do pola magnetycznego, które to pole przenika tę powierzchnię.

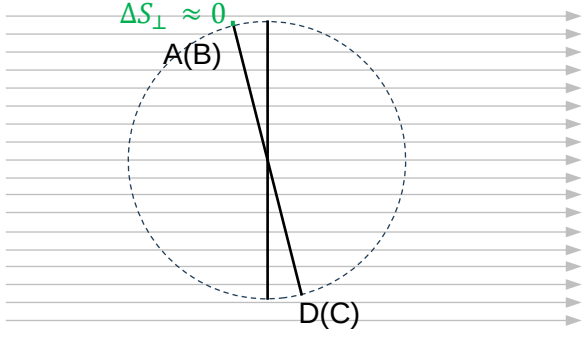
Rozważmy obrót ramki widzianej z boku (wierzchołki oznaczone w nawiasach są w głębi), gdy ramka przechodzi przez położenie równoległe do linii pola (rysunek 1.) oraz w sytuacji, gdy ramka przechodzi przez położenie prostopadłe do linii pola (rysunek 2.).

W każdej z tych sytuacji na rysunkach 1.–2. pokazano ustawienie ramki w pewnej chwili i po upływie krótkiego – ustalonego dla obu sytuacji – czasu Δt. Ponadto pionowym zielonym odcinkiem zaznaczono $\Delta S_{\perp}$ – zmianę powierzchni (ramki) w płaszczyźnie prostopadłej do pola magnetycznego, które przenika powierzchnię ramki, w czasie Δt.

Rysunek 1.



Rysunek 2.



Widzimy, że największa $\Delta S_{\perp}$ – zmiana (w czasie Δt) pola powierzchni (ramki) w płaszczyźnie prostopadłej do linii pola magnetycznego, które przenika ramkę – jest w sytuacji na rysunku 1. (porównaj zielone odcinki – na rysunku 2. jest on bardzo krótki).

W sytuacji na rysunku 2., zmiana ta jest bliska zero (gdy Δt dąży do zera, to zmiana jest równa zero).

Z powyższej geometrycznej analizy prawa Faradaya wynika, że U_{ind} jest maksymalne w chwili, gdy ramka przechodzi przez położenie równoległe do linii pola magnetycznego – w zadaniu jest to m.in. chwila $t = 0$ s. Zatem:

$$I(t = 0) = I_{max}$$

Zadanie 6.3. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.2) posługuje się […] kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych. IX.11) oblicza siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia; IX.12) opisuje cechy prądu przemiennego; posługuje się pojęciem napięcia i natężenia skutecznego; oblicza napięcie i natężenie skuteczne dla przebiegu sinusoidalnego.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia napięcia skutecznego po zmianie prędkości kątowej ramki **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $\widetilde{U}_{sk} = 28{,}8\ \mathrm{V}$

1 pkt – zapisanie wzoru na amplitudę siły elektromotorycznej prądnicy w dwóch przypadkach: przed i po zmianie prędkości kątowej, np. zapisy równoważne poniższym:

$U_{max} = NBS\omega$ oraz $\widetilde{U}_{max} = NBS\widetilde{\omega}$

LUB

– zapisanie odpowiedniego równania, wynikającego z proporcjonalności amplitudy napięcia do prędkości kątowej obrotu ramki prądnicy, zawierającego napięcia oraz prędkości kątowe przed i po zmianie, np. zapisy równoważne poniższym:

$\frac{\widetilde{U}_{max}}{U_{max}} = \frac{\widetilde{\omega}}{\omega}$ albo $\frac{\widetilde{U}_{sk}}{U_{sk}} = \frac{\widetilde{\omega}}{\omega}$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Wykorzystamy wzór na amplitudę siły elektromotorycznej (napięcia) prądnicy:

$$U_{max} = NBS\omega$$

Zgodnie z powyższym wzorem, amplituda napięcia po zmianie prędkości kątowej wynosi:

$$\widetilde{U}_{max} = NBS\widetilde{\omega}$$

Zatem:

$$\frac{\widetilde{U}_{max}}{U_{max}} = \frac{\widetilde{\omega}}{\omega} \quad \rightarrow \quad \frac{\widetilde{U}_{sk}}{U_{sk}} = \frac{\widetilde{\omega}}{\omega} \quad \rightarrow \quad \widetilde{U}_{sk} = \frac{120\pi\ \frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}}{100\pi\ \frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}} \cdot 24\ \mathrm{V} = 28{,}8\ \mathrm{V}$$