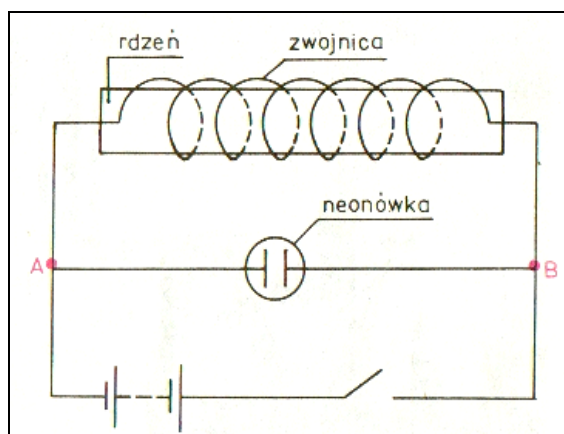


Indukcja własna i wzajemna. Prądy wirowe

Indukcja własna (samoindukcja)

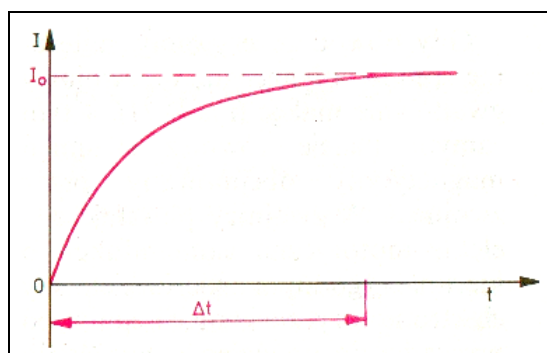
Warunkiem wzbudzenia SEM indukcji w obwodzie jest przenikanie przez ten obwód zmiennego strumienia magnetycznego, przy czym sposób wytwarzania tej zmiany jest nieistotny.



Rys. 1. Schemat obwodu, w którym powstaje SEM samoindukcji

W momencie zamykania i otwierania obwodu obserwujemy rozbłysk neonówki (między punktami A i B pojawia się napięcie wyższe niż napięcie zapłonu neonówki).

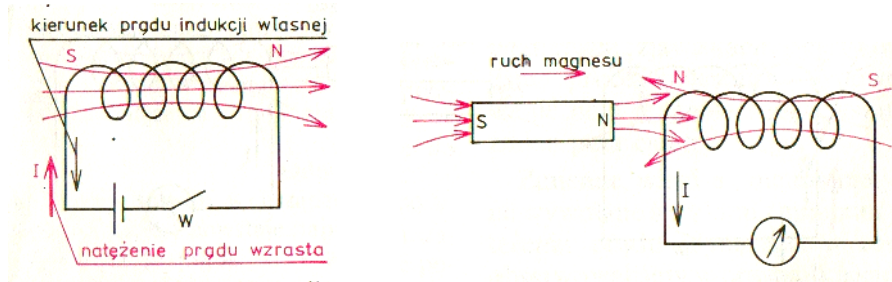
I. Zamykanie obwodu.



Rys. 2. Przebieg zmian $I = f(t)$ w momencie zamykania obwodu

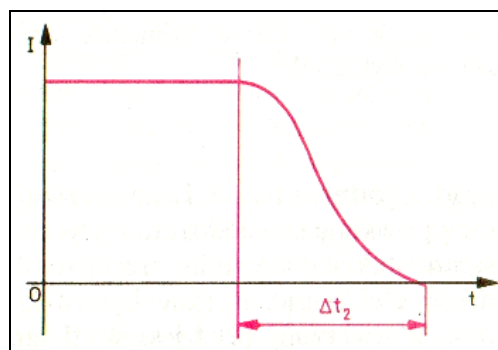
W bardzo krótkim czasie Δt natężeni prądu wzrasta od 0 do natężenia I_0 , uwarunkowanego SEM ogniwa, jego oporem wewnętrznym i oporem zwojnicy. Gdy $I \nearrow$, to $\Phi_B \nearrow$. Zgodnie z regułą Lenza w zwojnicy powstaje SEM_{ind} o kierunku przeciwnym do SEM ogniwa. Wytworzony prąd jest skutkiem działania wypadkowej SEM. Wynikiem jest opóźnienie w narastaniu prądu.

Powstająca SEM_{ind} ma wystarczającą wartość, by spowodować rozbłysk neonówki.



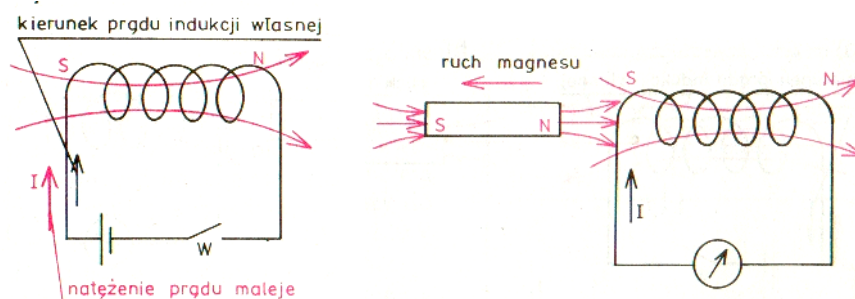
Rys. 3. Prąd wywołany SEM_{ind} własnej w przypadku zamykania obwodu jest analogiczny do prądu indukcyjnego wywołanego wkładaniem do zwojnicy magnesu.

II. Otwieranie obwodu



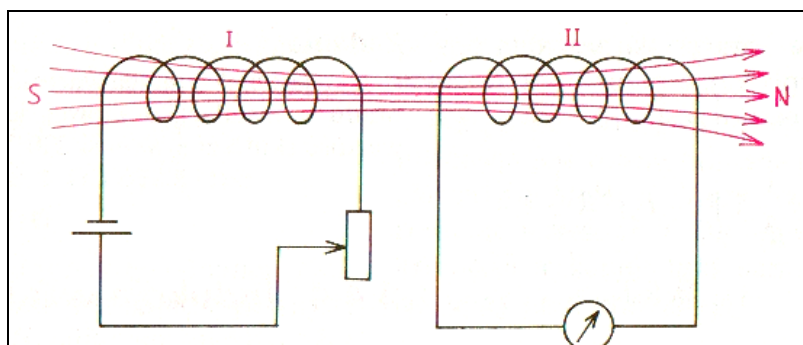
Rys. 4. Przebieg zmian $I = f(t)$ w momencie otwierania obwodu

Gdy obwód przerywamy to $I \searrow$, a tym samym $\Phi_B \searrow$. W zwojnicy powstaje SEM_{ind} własnej o kierunku zgodnym z kierunkiem SEM ogniwa, co prowadzi do opóźnienia w zanikaniu obwodu i rozbłysk neonówki.



Rys. 5. Prąd wywołany SEM_{ind} własnej w przypadku otwierania obwodu jest analogiczny do prądu indukcyjnego wywołanego wyjmowaniem ze zwojnicy magnesu.

Indukcja wzajemna



Rys. 1. „Sprzęgnięte” indukcyjnie dwa obwody. Prąd w drugim uzwojeniu pojawia się jedynie wtedy, gdy w uzwojeniu pierwszym nastąpi zmiana natężenia prądu.

Ponieważ wartość indukcji magnetycznej wytwarzanej przez zwojnicę jest proporcjonalna do natężenia prądu, a więc zmiana indukcji magnetycznej ΔB , a tym samym zmiana strumienia $\Delta\Phi_B$ jest proporcjonalna do wzrostu (spadku) natężenia prądu Δi .

$$\Delta\Phi_B \sim \Delta B$$

$$\Delta\Phi_B \sim \Delta i.$$

Wstawiając współczynnik proporcjonalności M (współczynnik indukcji wzajemnej – indukcyjność wzajemna), możemy zapisać:

$$\Delta\Phi_B = M \Delta i.$$

Wobec tego wytworzona SEM wyniesie:

$$E = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -M \frac{\Delta i}{\Delta t}.$$

Ponieważ $\Delta\Phi_B$ następowała w czasie Δt , ta część strumienia wytworzonego przez zwojnicę I, która przenika przez zwojnicę II wywoła w niej powstanie SEM_{ind} , której wartość jest proporcjonalna do szybkości zmian $\Delta\Phi_B$, a tym samym do szybkości zmian Δi w zwojnicy I

$$E_2 \sim -\frac{\Delta i_1}{\Delta t} \rightarrow E_2 = -M_{12} \frac{\Delta i_1}{\Delta t}$$

gdzie:

M_{12} – współczynnik indukcji wzajemnej zwojnicy I względem zwojnicy II.

Odwracając rolę zwojnic, tzn. w II zmieniamy natężenie prądu, a w I indukuje się SEM, wówczas:

$$E_1 = -M_{21} \frac{\Delta i_2}{\Delta t}$$

gdzie:

M_{21} – współczynnik indukcji wzajemnej zwojnicy II względem zwojnicy I.

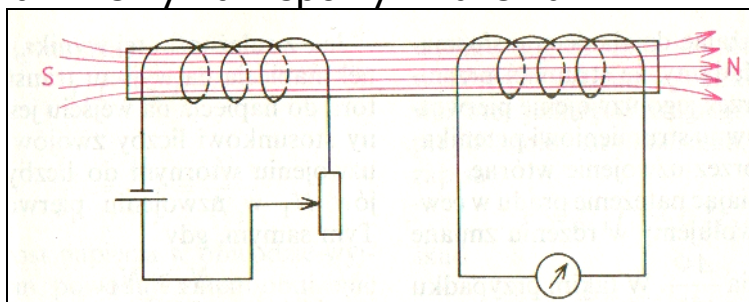
Jeżeli nie zmieniamy położenia zwojnic to:

$$M_{12} = M_{21} = M$$

Jednostką współczynnika indukcji wzajemnej jest henr (1H).

Współczynnik indukcji wzajemnej wynosi 1 H, jeżeli przy zmianie natężenia prądu o 1 A w ciągu 1 s w jednym obwodzie, indukuje się SEM 1V w drugim obwodzie.

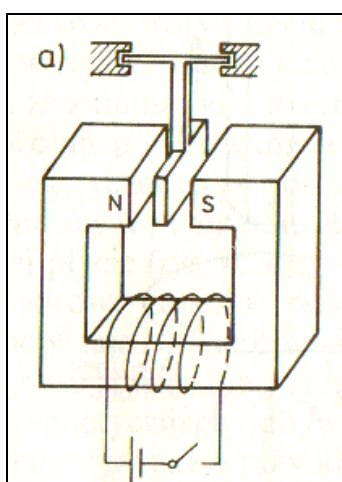
Straty strumienia indukcji magnetycznej są znacznie mniejsze, gdy obie zwojnice nawiniemy na wspólnym rdzeniu.



Rys. 2. „Sprzęgnięte” indukcyjnie dwa obwody, w którym obie zwojnice nawinięte są na wspólnym rdzeniu wykonanym z ferromagnetyka.

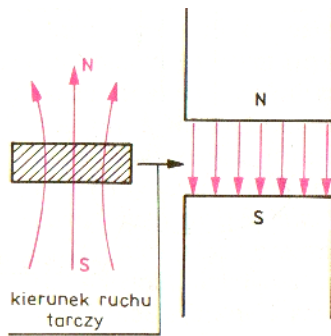
Prądy wirowe

Prąd indukcyjny można wzbudzić nie tylko w w przewodnikach w kształcie pierścienia lub zwojnicy, ale również w dużej bryle przewodnika, np. grubej płycie.

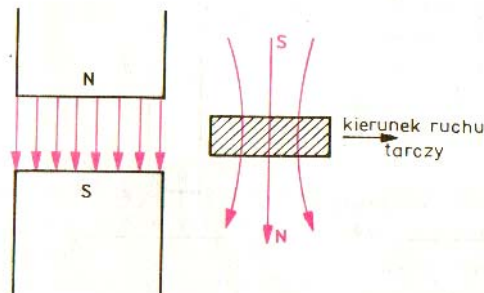


Rys. 1. Wahadło Waltenhofena (alumiowa tarcza cyklicznie porusza się między biegunami elektromagnesu)

Tarcza gwałtownie hamuje po wejściu w obszar pola magnetycznego, ponieważ zmiana pola magnetycznego obejmowanego przez tarczę powoduje indukowanie się wewnątrz niej prądów, których pole magnetyczne, zgodnie z regułą Lenza, przeciwdziała ruchowi.

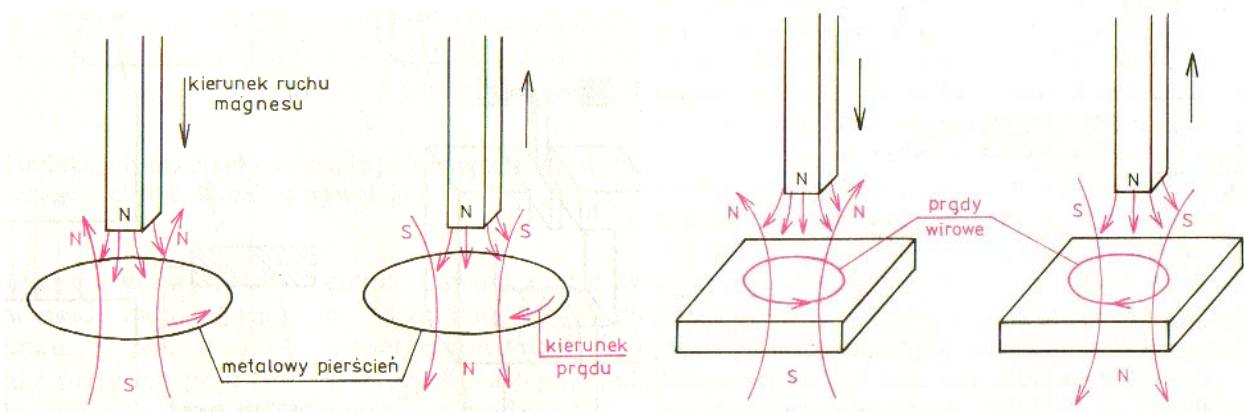


Rys. 2. Gdy tarcza zbija się do biegunów magnesu, prądy wirowe mają taki kierunek, że wytworzone przez nie pole magnetyczne przeciwdziała zbliżeniu (od strony bieguna N magnesu tworzy się na tarczy biegun N i występuje odpychanie).



Rys. 3. Po przejściu tarczy między biegunami magnesu następuje zmiana kierunku prądu wirowego i przeorientowanie wytworzonego przez ten prąd pola magnetycznego (wahadło jest nadal hamowane).

Analizując mechanizm powstawania SEM_{ind} i prądów wirowych dochodzimy do wniosku, że zmiana pola magnetycznego wywołuje powstawanie wirowego pola elektrycznego powodującego ruch ładunków w przewodniku lub metalowej płycie. Takie wirowe pole elektryczne powstaje również wtedy, gdy ruch magnesu i związana z tym zmiana pola magnetycznego odbywa się w próżni. Wtedy jednak nie obserwujemy przepływu prądu (brak nosników ładunków elektrycznych).



Rys. 4. Zmiana pola magnetycznego powoduje powstanie wirowego pola elektrycznego wywołującego ruch ładunków.