

Wykrywamy prądy indukcyjne

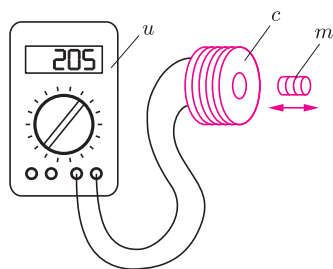
Stanisław BEDNAREK

Bez energii elektrycznej trudno wyobrazić sobie nasze życie. Rozejrzyjmy się dokoła i zobaczymy, co przestałoby funkcjonować, gdyby zabrakło prądu elektrycznego. Prąd ten wytwarzany jest w elektrowniach dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej. Spróbujmy przeprowadzić kilka doświadczeń i wykryć prądy indukcyjne, poznając zjawisko indukcji elektromagnetycznej, które leży u podstaw współczesnej elektroenergetyki.

Do doświadczeń niezbędny będzie dostęp do miernika uniwersalnego. Może to być starszego typu miernik wskazówkowy lub nowocześniejszy miernik cyfrowy. Ważne, żeby miał zakres miliamperowy, tj. pozwalający na pomiar słabych prądów elektrycznych o natężeniu tysięcznych części ampera. Miernik taki można znaleźć w wyposażeniu domowego warsztatu lub wypożyczyć ze szkolnej pracowni fizycznej. W pracowni tej może uda się nam trafić na miliamperomierz o zakresie kilku miliamperów z zerem pośrodku skali, który bardzo dobrze nadaje się do naszych doświadczeń.

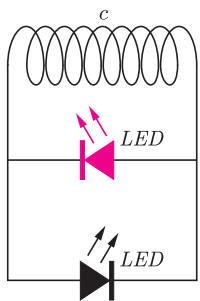
Oprócz miernika będziemy potrzebowali cewki złożonej z kilkuset zwojów drutu miedzianego w izolacji z emalii, nawiniętego na izolacyjną rurkę lub szpulkę o średnicy około 2–3 cm. Średnica drutu powinna wynosić 0,2–0,5 mm i możemy łatwo zmierzyć ją suwmiarką z noniusem. Długość potrzebnego drutu wynosi kilkadziesiąt metrów. Odpowiedni drut można otrzymać w warsztacie zajmującym się przewajaniem silników elektrycznych albo w innym warsztacie elektrotechnicznym lub elektronicznym. Do nawinięcia cewki dobrze nadaje się plastikowa szpulka od przylepca do przyklejania opatrunków – „poloplastu”. Można również wykorzystać rolkę od papieru toaletowego albo inną o podobnych rozmiarach rolkę tekturową lub plastikową. Zwojów drutu nie musimy układać równo jeden obok drugiego – mogą się one krzyżować, czyli uzwojenie można wykonać jako tzw. masowe. Końcówki drutu należy zabezpieczyć przed odwinieniem taśmą izolacyjną lub samoprzylepną i zaopatrzyć we wtyczki bananowe, umożliwiające połączenie z miernikiem.

Trzecią rzeczą, niezbędną do wykonania doświadczenia, jest możliwie silny magnes, najlepiej w kształcie pręta, który można będzie wsunąć do cewki. W ostatnim czasie w sklepach z podzespołami elektronicznymi pojawiły się silne magnesy neodymowe (dokładniej żelazowo-neodymowo-borowe) w kształcie dysków. Ich cena wynosi kilka złotych. Cztery takie magnesy złożone biegunami różnoimiennymi i tworzące walec świetnie nadają się do naszego doświadczenia. Jeżeli nie zdecydujemy się zainwestować w magnesy neodymowe, to możemy wykorzystać magnesy ferrytowe w kształcie dysków lub pierścieni używane do przytrzymywania kartek na lodówce lub tablicy magnetycznej. Można także wykorzystać pakiet kilku prostopadłościennych magnesów, pochodzących od zatrząsków meblowych lub pojedynczy magnes pierścieniowy wymontowany z uszkodzonego głośnika.

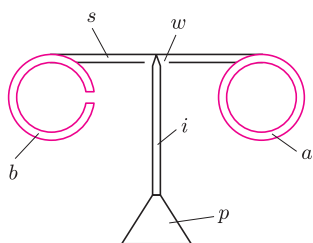


Rys. 1. Układ do badania prądów indukcyjnych; *u* – miernik uniwersalny, *c* – cewka, *m* – magnes.

Sposób przeprowadzenia doświadczenia jest bardzo prosty (rys. 1). Miernik uniwersalny łączymy z cewką, wkładając jej końcówki do gniazd przeznaczonych do pomiaru słabych prądów. Przełącznik miernika ustawiamy na najmniejszy zakres i obserwujemy jego wskazania. Do cewki wsuwamy jeden z biegunów magnesu walcowego. Obserwujemy wskazania miernika. Co pokazuje miernik, kiedy magnes znajduje się nieruchomy w cewce? Czym różnią się wskazania miernika podczas wysuwania magnesu od wskazań podczas jego wsuwania? Następnie do cewki wsuwamy i wysuwamy magnes z większą oraz mniejszą szybkością, obserwując przez cały czas miernik. Powtarzamy opisane czynności dla drugiego z biegunów magnesu. Stwierdzamy, że miernik pokazuje przepływ prądu elektrycznego tylko podczas ruchu magnesu. Zmienia się wówczas strumień indukcji magnetycznej przechodzący przez cewkę. Kiedy magnes pozostaje nieruchomy w cewce lub obok niej, miernik wskazuje zero. Zmiana poruszającego się bieguna magnesu powoduje odwrócenie kierunku przepływającego przez cewkę prądu. Wzrost szybkości ruchu magnesu powoduje zwiększenie natężenia prądu.



Rys. 2. Schemat układu do określania kierunku prądu indukcyjnego; *c* – cewka, *LED* – dioda elektroluminescencyjna.

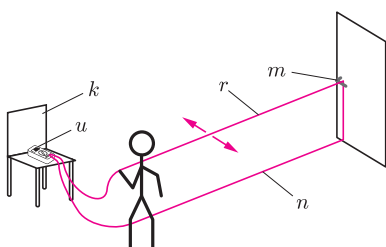


Rys. 3. Przyrząd do badania oddziaływania prądów indukcyjnych z polem magnetycznym; *a* – pierścień bez przecięcia, *b* – pierścień z przecięciem, *s* – rurka do napojów, *w* – wycięcie, *i* – igła, *p* – plastelina.

Zmianę kierunku przepływu prądu indukcyjnego przez cewkę możemy spróbować uwidocznić w inny, efektowny sposób. Do tego celu potrzebne będą dwie diody elektroluminescencyjne (LED) o różnych barwach świecenia, np. zielonej i czerwonej. Diody takie można kupić w sklepie z podzespołami elektronicznymi w cenie 1–2 zł za sztukę. Charakterystyczną właściwością każdej diody jest to, że przewodzi prąd elektryczny tylko w jednym kierunku. Dioda elektroluminescencyjna podczas przewodzenia prądu dodatkowo świeci. Schemat układu doświadczalnego przedstawia rysunek 2. Diody dołączamy do końcówek cewki, tak żeby kierunek przewodzenia jednej z nich był przeciwny niż drugiej. Wsuwając magnes do cewki, zauważamy, że jedna z diod świeci. Jeżeli świecą obie, to jedną z nich należy odłączyć i przyłączyć, odwracając końcówki. Podczas wysuwania magnesu powinna świecić druga dioda. Zmiana wsuwanego bieguna magnesu również powoduje zmianę kolejności świecenia diod. Powodzenie doświadczenia z diodami wymaga silnego magnesu i cewki o większej liczbie zwojów, zapewniających zaindukowanie napięcia około 1,5 V, przy którym zapalają się diody.

Zaindukowany prąd elektryczny oddziałuje z polem magnetycznym, którego zmiana go wytworzyła. Przekona nas o tym kolejne doświadczenie. Do jego przeprowadzenia potrzebne będą: kawałek grubej folii aluminiowej lub cienkiej blaszki z tego metalu, plastikowa rurka do picia napojów, tzw. słomka, duża igła, trochę plasteliny i klej szybkowiązący. Z folii wycinamy dwa pierścienie o średnicy zewnętrznej 3–4 cm i szerokości około 0,5 cm (rys. 3). Jeden z pierścieni przecinamy, usuwając kawałek o szerokości około 0,5 cm. Ze słomki odcinamy prostoliniowy kawałek i w połowie jego długości wykonujemy podłużne ścięcie. Z plasteliny formujemy stożek, który posłuży nam za podstawę, i wciskamy w niego igłę, stanowiącą oś obrotu. Pierścienie przyklejamy do końców słomki, tak żeby ścięcie znalazło się od dołu, umieszczamy słomkę na igle i już mamy gotowy przyrząd, pozwalający przystąpić do doświadczeń.

Do pierścienia bez przecięcia wkładamy magnes używany do indukowania prądu w poprzednich doświadczeniach. Jak zachowuje się słomka z pierścieniami? Następnie magnes wyjmujemy i odsuwamy od pierścienia. Co teraz dzieje się ze słomką? Odwracamy magnes i drugi biegun wkładamy oraz wyjmujemy z pierścienia, obserwując zachowanie się słomki. Powtarzamy opisane czynności dla pierścienia z przecięciem. Jak można wyjaśnić zaobserwowane efekty? W pierścieniu bez przecięcia indukowany jest prąd elektryczny, który oddziałuje z polem magnetycznym magnesu. W przeciętym pierścieniu prąd indukcyjny płynąć nie może i nie obserwujemy jego oddziaływania z polem magnetycznym. Bardziej szczegółowe rozważania prowadzą do wniosku, iż kierunek prądu indukcyjnego jest taki, że pole magnetyczne wytworzone przez ten prąd przeciwdziała zmianom pola magnetycznego, które go spowodowały. Wniosek ten, od nazwiska jego odkrywcy, nazywa się regułą Lenza.



Rys. 4. Układ do badania prądów indukcyjnych w ziemskim polu magnetycznym; *r* – ruchoma część przewodu, *n* – nieruchoma część przewodu, *m* – kłamka, *u* – miernik uniwersalny, *k* – krzesło.

Zajmiemy się jeszcze wykorzystaniem ziemskiego pola magnetycznego do wytwarzania prądu indukcyjnego. W tym celu potrzebny będzie odcinek przewodu w izolacji o średnicy około 1 mm i długości co najmniej około 20 m. Najlepszy jest giętki przewód wykonany z linki. Z powodzeniem można wykorzystać przedłużacz od kosiarki elektrycznej. Przewód składamy na pół, dzieląc go na część ruchomą oraz nieruchomą (rys. 4). W połowie długości przewód przywiązujemy kawałkiem sznurka do jakiegoś stałego punktu, np. do kłamki. Końce przewodu dołączamy do miernika uniwersalnego, który dla ułatwienia obserwacji wygodnie jest umieścić na krześle. W przypadku użycia przedłużacza od kosiarki do miernika dołączamy końce jednej żyły, używając kawałków przewodu zaopatrzonych w krokodyłki i wtyczki bananowe. Miernik przełączamy na najmniejszy zakres miliamperomierza. Potrząsamy ruchomą częścią przewodu w płaszczyźnie poziomej i obserwujemy wskazania miernika.

Na zakończenie dwa problemy do samodzielnego rozwiązania, a raczej przebadania. Czy potrząsanie przewodem w innej płaszczyźnie – pionowej lub ukośnej – również spowoduje zaindukowanie prądu? Jak zależy natężenie indukowanego prądu od szybkości potrząsania przewodem?