

Przeływomierze mierzą natężenie przepływu cieczy przez rury i są bardzo ważnymi czujnikami w systemach kontroli procesów chemicznych. Powszechnie stosowanym typem jest przeływomierz magnetyczny (zwany w skrócie *magflow*), który działa na tych samych zasadach, co maszyna liniowa omówiona w rozdziale 15.2.

Zasadę działania przeływomierza magnetycznego przedstawiono na rysunku PA15.1. Cewki wywołują w cieczy pionowe pole magnetyczne, a elektrody znajdują się po przeciwnych stronach rury, która jest wyłożona materiałem elektroizolacyjnym, takim jak ceramika lub żywica epoksydowa. W ten sposób pole magnetyczne, kierunek przepływu oraz linia pomiędzy elektrodami są wzajemnie prostopadłe. Gdy płyn przewodzący prąd porusza się w polu magnetycznym, pomiędzy elektrodami indukuje się napięcie proporcjonalne do prędkości. Natężenie przepływu może być określone przez pomnożenie pola przekroju poprzecznego rury przez prędkość. Stąd miernik mierzy indukowane napięcie, ale może być kalibrowany w jednostkach przepływu objętościowego.

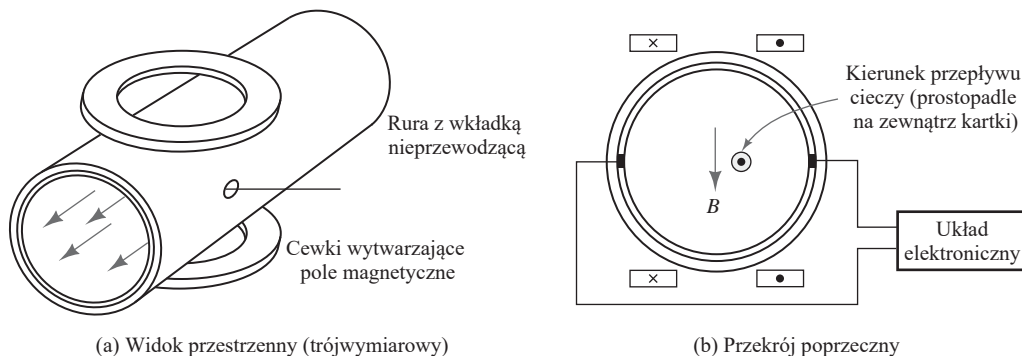
Faraday zdał sobie sprawę z możliwości wykorzystania prawa indukcji elektromagnetycznej do pomiaru przepływu wody i podjął próbę zmierzenia natężenia przepływu w Tamizie za pomocą urządzenia zawieszono na moście. Jednak z powodu braku dostępu do osiągnięć współczesnej elektroniki nie odniósł sukcesu.

W nowoczesnych miernikach do wzmocnienia indukowanego napięcia wykorzystywany jest wzmacniacz elektroniczny. W wielu urządzeniach napięcie to jest przekształcane na postać cyfrową przez przetwornik analogowo-cyfrowy i przetwarzane przez mikrokomputer, który ma dostępny wyświetlacz lub wysyła dane do centralnego komputera sterującego instalacją.

Jeżeli ciecz ma niską przewodność elektryczną, to opór Thévenina widziany przez zaciski elektrody jest bardzo duży. Wówczas ważne jest, aby impedancja wejściowa wzmacniacza była bardzo wysoka; w przeciwnym razie obserwowane napięcie zmieniałyby się wraz ze zmianami przewodności elektrycznej płynu, co prowadziło do poważnych niedokładności w zakresie natężenia przepływu. Oczywiście, ważne jest, aby inżynierowie chemicy stosujący przeływomierze magnetyczne rozumieli to ograniczenie. Nawet z ich ograniczeniami, dobrze zaprojektowane mierniki są dostępne dla szerokiego zakresu zastosowań.

Jako miernik, przeływomierz magnetyczny działa jako generator. Może jednak działać również jako silnik, jeśli przez płyn pomiędzy elektrodami przepuszczony zostanie prąd elektryczny. Wtedy siła jest wywierana bezpośrednio na płyn poprzez interakcję pola magnetycznego z prądem elektrycznym. Oczywiście, gdybyśmy chcieli zbudować pompę opartą na tym podejściu, chcielibyśmy mieć płyn o wysokiej przewodności, taki jak woda morska. Potrzebowalibyśmy również silnego pola magnetycznego i dużego prądu. Wprowadzając te modyfikacje, można skonstruować potężną pompę. Jest to zasada działania ultra cichego napędu łodzi podwodnej, o którym wspomina Tom Clancy w filmie *Polowanie na Czerwony Październik*. Taki system może być bardzo cichy, ponieważ siła jest przykładana płynnie i bezpośrednio do wody morskiej bez obracających się części lub zaworów, które mogłyby powodować wibracje.

Źródło: Ian Robertson, *Magnetic flowmeters: the whole story*, *The Chemical Engineer*, February 24, 1994, pp. 17–18; Strona domowa przeływomierza magnetycznego, <http://www.magmeter.com>.



Rys. PA15.1

15.3. Maszyny wirujące prądu stałego

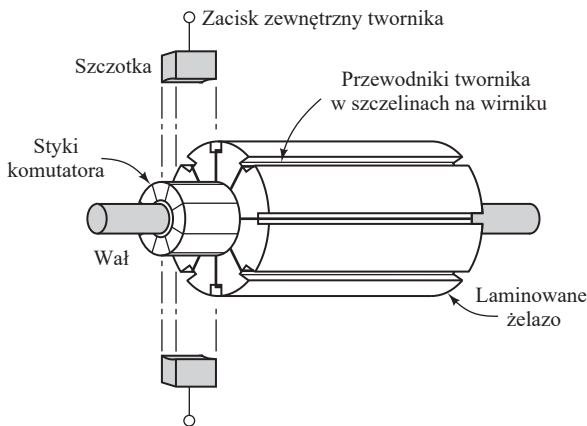
Zdobyliśmy pewną znajomość podstawowych zasad działania maszyn prądu stałego dzięki analizie maszyny liniowej w poprzednim podrozdziale. W tym rozdziale zobaczymy, że te same zasady obowiązują dla wirujących maszyn prądu stałego.

Podstawowe zasady działania wirujących maszyn prądu stałego są takie same jak w przypadku liniowej maszyny prądu stałego.

Struktura wirnika i stojana

Najczęściej spotykany typ maszyny prądu stałego zawiera cylindryczny stojan o parzystej liczbie P biegunów magnetycznych, które są ustalone przez uzwojenia wzbudzające lub przez magnesy trwałe. Bieguny te biegną na przemian z północy na południe po obwodzie stojana.

Wewnątrz stojana znajduje się wirnik składający się z laminowanego żelaznego cylindra osadzonego na wale, który jest podparty łożyskami, dzięki czemu może się obracać. Szczeliny wycięte wzdłuż powierzchni wirnika zawierają uzwojenia armatury. Wirnik z przewodnikami twornika (mający również inne własności, które zostaną wkrótce omówione) przedstawiono na rysunku 15.9.



Rys. 15.9. Zespół wirnika maszyny prądu stałego

Przekrój maszyny dwubiegunowej pokazujący linie strumienia w szczelinie powietrznej przedstawiono na rysunku 15.10. Strumień magnetyczny ma tendencję do wybierania drogi o najmniejszej reluktancji. Ponieważ reluktancja powietrza jest znacznie większa niż żelaza, strumień wybiera najkrótszą drogę ze stojana do wirnika. Dlatego strumień w szczelinie powietrznej jest prostopadły do powierzchni wirnika i przewodników twornika. Ponadto, indukcja jest prawie stała pod względem wielkości na powierzchni każdego z biegunów. Pomiędzy biegunami indukcja szczeliny jest niewielka.

W silniku zewnętrzne źródła elektryczne dostarczają prądów w uzwojeniach pola i w przewodnikach twornika. Kierunki prądu pokazane na rysunku 15.10 powodują powstanie momentu obrotowego w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Można to sprawdzić, stosując równanie $\mathbf{f} = i\mathbf{l} \times \mathbf{B}$, które wyraża siłę działającą na przewodnik przewodzący prąd.

Przekrój poprzeczny maszyny czterobiegunowej przedstawiono na rysunku 15.11. Zauważmy, że kierunki prądów w tworniku muszą być odwrócone pod biegunami południowymi w stosunku do kierunku pod biegunami północnymi, aby uzyskać układ wspomagający całkowity moment obrotowy.