

1. Układy elektronicznego równoważenia mostka prądu stałego

1.1. Istota i funkcjonowanie układów elektronicznego równoważenia

Układy elektronicznego równoważenia znajdują bardzo szerokie zastosowanie we współczesnych naukach technicznych oraz są obecne przy wykonywaniu codziennych czynności (np. wykonywania prania w pralce automatycznej).

Ich działanie opiera się na podstawowych prawach rządzących elektrycznością, w szczególności zaś na prawie Ohma, które brzmi: dla prądu stałego proporcjonalność napięcia U i natężenia I jest wyrażona wzorem

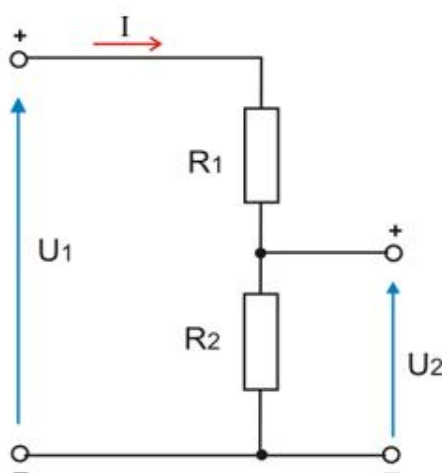
$$U = RI$$

Współczynnik proporcjonalności R nazywa się rezystancją lub oporem elektrycznym.

Należy pamiętać, że dokładne spełnienie prawa Ohma wymaga warunków laboratoryjnych oraz przewodników liniowych (ważna jest zależność od temperatury¹).

Ideę układów równoważenia doskonale oddaje przykład dzielników prądu, którym podeprzeć się można podczas analizy problemu. Konstrukcję przykładowego dzielnika napięcia przedstawia ryc. 1.

Ryc. 1. Schemat dzielnika napięcia



Źródło: J. Ratyńska. *Zarys miernictwa elektrycznego i elektronicznego*. Politechnika Radomska, Radom 2005, s.78.

¹ A. Magiera. *Pracowania Fizyczna*. Oficyna Wydawnicza „Impuls”, Kraków 2006, s.19-21.

W przypadku szeregowego połączenia rezystorów R_1 i R_2 natężenie przepływającego prądu będzie wynosić:

$$I = \frac{U_1}{R_1 + R_2}$$

Zgodnie z treścią prawa Ohma, na oporniku R_2 będzie zanotowany spadek napięcia, który określa wzór:

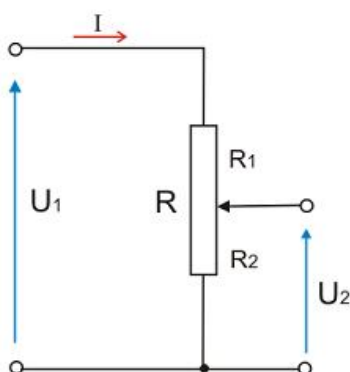
$$U_2 = IR_2 = \frac{U_1}{R_1 + R_2} R_2$$

Wielkość napięcia wyjściowego zależy więc od stosunku rezystancji (z której pobierane jest napięcie) do całkowitej rezystancji dzielnika napięcia:

$$U_2 = \frac{R_2 U_1}{R_1 + R_2}$$

Dobór odpowiednich wartości oporników jest zadaniem kłopotliwym, dlatego wprowadzono rezystory ze ślizgaczem (specjalnym odczepem – ryc. 2). Element taki zwany jest potencjometrem². Umożliwia to płynną regulację oporu i łatwy dobór pożądanego napięcia. Połączenie tego systemu ze sterowaniem elektronicznym otwiera ogromne możliwości odpowiedniego kontrolowania napięcia, wykorzystywane między innymi w motoryzacji.

Ryc. 2. Potencjometr suwakowy



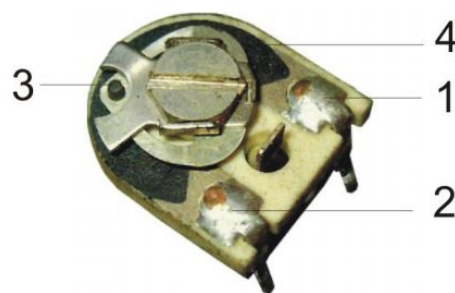
Źródło: J. Ratyńska. *Zarys miernictwa elektrycznego i elektronicznego*. Politechnika Radomska, Radom 2005, s.80.

² A. Chwaleba, M. Poniński, A. Siedlecki. *Metrologia elektryczna*. Wyd. naukowo techniczne, Warszawa 2003, s.42-43.

Zasada działania: ślizgacz przemieszcza się po ścieżce rezystancyjnej i dzieli rezystor o wartości oporu R na dwa oporniki R_1 i R_2 . Urządzenie pozwala na regulację położenia ślizgacza na ścieżce rezystancyjnej (możliwa jest korekcja wartości napięcia wyjściowego U_2). Rezystancję można modyfikować w pełnym zakresie (od zera).

Poniższa rycina (ryc. 3) przedstawia przykładowy potencjometr i jego budowę zewnętrzną.

Ryc. 3. Potencjometr



Źródło:

http://www.castrolprofessionalacademy.pl/upload/files/strefa_wiedzy/samochod/instalacja_elektryczna/2011/dzielnik-napiecia-potencjometr.pdf

Elementy budowy urządzenia:

1. końcówka rezystancji potencjometru
2. końcówka rezystancji potencjometru
3. ślizgacz potencjometru
4. ścieżka rezystancyjna³

Wyróżniamy kilka rodzajów potencjometrów (w zależności od położenia ślizgacza w stosunku do oporu):

- a) potencjometry liniowe – opór zależy liniowo od położenia suwaka,
- b) potencjometry logarytmiczne – opór zależy od położenia suwaka w skali logarytmicznej (stosowane w sprzęcie audio – ucho ludzkie również posiada wykładniczą czułość),

³ Cyfrowe potencjometry firmy Xicor. Elektronika dla wszystkich, kwiecień 2000

- c) potencjometry wykładnicze.

Można również podzielić potencjometry ze względu na rodzaj sterowania:

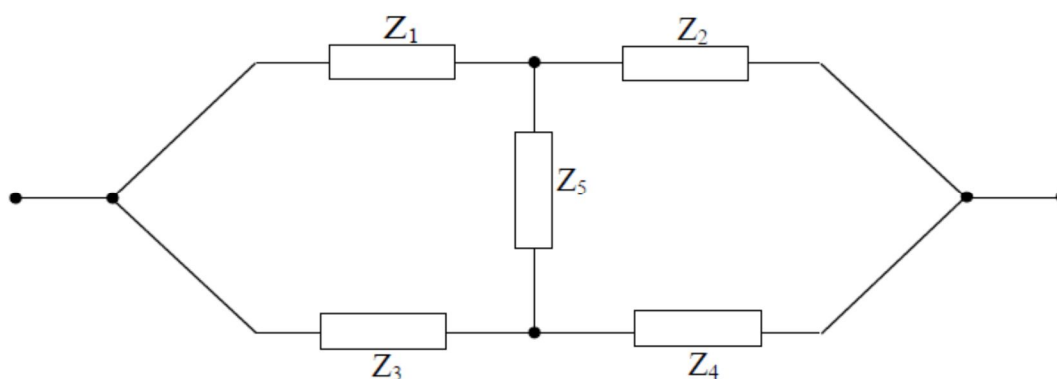
- a) tradycyjne – sterowane mechanicznie,
b) cyfrowe – omówione w podrozdziale 1.4.

1.2. Funkcjonalność i zasady działania mostka prądu stałego

Mostek prądu stałego (ryc. 4) – jest to układ, który złożony jest najczęściej z dwóch (lub więcej) dzielników napięcia, które połączone są ze sobą równolegle. Najważniejszym pojęciem związanym z mostkami, które ma znaczenie praktyczne jest zrównoważenie.

Symbole Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 , Z_5 oznaczają elementy, które charakteryzuje pewna impedancja. Warunkiem zrównoważenia jest równanie $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$, natomiast w przypadku $Z_1 Z_4 \neq Z_2 Z_3$ mostek nazywamy niezrównoważonym⁴.

Ryc. 4. Ogólny schemat mostka prądu stałego



Źródło: Katedra Astrofizyki Wysokich Energii, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, ćwiczenie E-31

W budowie mostka wyróżniamy cztery charakterystyczne punkty:

- a) do których doprowadzane jest napięcie zasilania mostka – zaciski zasilające,
b) do których podłącza się wskaźniki równowagi – zaciski wyjściowe.

Przykłady wskaźników równowagi, które mogą zostać podłączone:

- galwanometr,

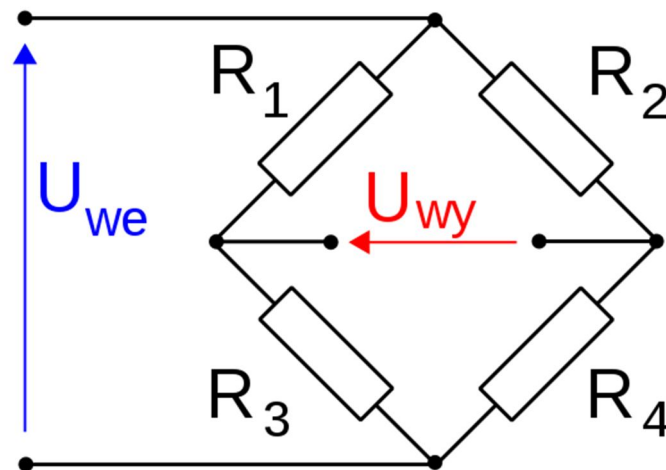
⁴ Katedra Astrofizyki Wysokich Energii, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki. Ćwiczenie E-31

- oscyloskop,
- słuchawka telefonu,
- wskaźnik elektroniczny,
- inne (zależne od zasilania mostka).

Odpowiednią wielkość mierzoną (np. rezystancję) podłączamy do jednego z ramion mostka. Znając wartości pozostałych elementów mostka i umiejętnie nimi manipulując doprowadzamy mostek do stanu równowagi (stan równości potencjałów powstałych na zaciskach wyjściowych mostka). Jest to równoznaczne z uzyskaniem zerowego napięcia pomiędzy zaciskami do których podłączony jest wskaźnik równowagi. Nazywamy to metodą zerową, która należy do podstawowych sposobów pomiarowych dla mostków (patrz podrozdział 1.3). Inne rodzaje mostków, które znajdują zastosowanie w metrologii to mostki zmiennoprądowe (zasilane ze źródeł prądu przemiennego) oraz mostki impulsowe (zasilaniem są impulsy prądowe w postaci skokowej).

Zagłębiając się w analizę schematu elektrycznego mostków (ryc. 5), warto nadmienić, iż napięcie wyjściowe (U_{wy}) jest napięciem pomiędzy punktami wyjściowymi dzielników napięcia. W przypadku mostków zrównoważonych wynosi ono zero.⁵

Ryc. 5. Schemat elektryczny układu mostkowego



Źródło: J. Ratyńska. *Zarys miernictwa elektrycznego i elektronicznego*. Politechnika Radomska, Radom 2005, s.89.

⁵ A. Chen. Internet-Based Control Systems for Building Energy Efficiency. November 26, 2003, ScienceBeat.