

Ćwiczenie nr 43

Prawo Ohma dla prądu stałego

1 Wstęp teoretyczny

1.1 Przewodnictwo elektryczne w metalach i półprzewodnikach

W metalach nośnikami prądu elektrycznego są elektrony swobodne, tworzące tzw. gaz elektronowy. Ich koncentracja jest stała i niezależna od temperatury (Ling et al., 2018). W półprzewodnikach samoistnymi nośnikami są elektrony w paśmie przewodnictwa oraz dziury w paśmie walencyjnym, powstające w wyniku generacji termicznej. Koncentracja nośników w półprzewodnikach silnie zależy od temperatury oraz obecności domieszek (półprzewodniki typu n i p) (wst, 2025).

1.2 Natężenie prądu i prawo Ohma

Natężenie prądu elektrycznego I definiuje się jako stosunek ładunku dQ przepływającego przez poprzeczny przekrój przewodnika do czasu dt :

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Jednostką natężenia w układzie SI jest amper (A). Dla przewodników metalicznych w stałej temperaturze obowiązuje prawo Ohma, stwierdzające proporcjonalność natężenia prądu do przyłożonego napięcia U :

$$I = \frac{1}{R}U = GU$$

gdzie R to opór elektryczny, a G to konduktancja (Ling et al., 2018).

1.3 Opór elektryczny i jego zależność od temperatury

Opór elektryczny R jest miarą przeciwwstawiania się elementu przepływowi prądu. Jednostką oporu jest om (Ω). Dla metali opór rośnie wraz ze wzrostem temperatury w przybliżeniu liniowo:

$$R(T) = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

Wynika to ze wzrostu amplitudy drgań sieci krystalicznej, co zwiększa prawdopodobieństwo rozpraszania elektronów. W półprzewodnikach opór maleje wykładniczo ze wzrostem temperatury:

$$R(T) = A \exp\left(\frac{E_g}{2kT}\right)$$

Jest to spowodowane gwałtownym wzrostem koncentracji nośników ładunku, który dominuje nad efektem spadku ich ruchliwości ([wst, 2025](#)).

1.4 Model pasmowy

Właściwości elektryczne ciał stałych wyjaśnia teoria pasmowa, zakładająca istnienie dozwolonych pasm energetycznych (walencyjnego i przewodnictwa) rozdzielonych pasmem wzbronionym o szerokości E_g .

- **Metale:** Pasmo walencyjne zachodzi na pasmo przewodnictwa lub pasmo przewodnictwa jest tylko częściowo zapełnione. Brak przerwy energetycznej ($E_g = 0$).
- **Półprzewodniki:** Istnieje niewielka przerwa energetyczna ($E_g < 2 \text{ eV}$). W $T = 0 \text{ K}$ pasmo przewodnictwa jest puste.
- **Izolatory:** Szeroka przerwa energetyczna ($E_g > 3 \text{ eV}$) uniemożliwia przeskok elektronów do pasma przewodnictwa w temperaturze pokojowej ([Ling et al., 2018](#)).

1.5 Charakterystyki prądowo-napięciowe

Charakterystyka $I(U)$ obrazuje zależność prądu płynącego przez element od przyłożonego napięcia.

- **Opór drutowy:** Charakterystyka liniowa, zgodna z prawem Ohma. Nabylenie prostej odpowiada konduktancji $1/R$.
- **Żarówka:** Element nieliniowy. Wraz ze wzrostem napięcia rośnie temperatura włókna, co powoduje wzrost oporu i wolniejszy przyrost prądu (charakterystyka o malejącym nabyleniu).
- **Dioda półprzewodnikowa:** Przewodzi prąd głównie w jedną stronę (polaryzacja przewodzenia). Zależność opisuje równanie Shockleya:

$$I = I_s [\exp\left(\frac{eU}{nkT}\right) - 1]$$

W kierunku zaporowym płynie jedynie pomijalnie mały prąd nasycenia I_s ([wst, 2025](#)).

- **Termistor:** Półprzewodnikowy rezystor czuły na temperaturę. Pływący prąd powoduje wydzielanie ciepła Joule'a, co zmienia jego rezystancję (zazwyczaj maleje dla termistorów NTC), prowadząc do nieliniowej charakterystyki $I(U)$.

1.6 Reżimy pracy zasilacza

Zasilacz laboratoryjny może pracować w dwóch podstawowych trybach ([ins, 2025](#)):

- **CV (Constant Voltage):** Stabilizacja napięcia. Zasilacz utrzymuje stałe napięcie wyjściowe niezależnie od obciążenia (dopóki pobór prądu nie przekroczy ustawionego limitu).
- **CC (Constant Current):** Stabilizacja prądu. Zasilacz utrzymuje stały prąd wyjściowy, dostosowując napięcie do rezystancji obciążenia. Tryb ten aktywuje się po przekroczeniu ustawionego limitu prądowego.

Literatura

- (2025). *Instrukcja do ćwiczenia 43: Pomiary charakterystyk elementów nieliniowych.* Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego.
- (2025). *Wstęp do ćwiczenia 43: Przewodnictwo elektryczne.* Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Ling, S. J., Sanny, J., and Moebs, W. (2018). *Fizyka dla szkół wyższych, Tom 3.* OpenStax. Dostęp: 13.10.2025.