

Zespół Szkół Technicznych im. J. i J. Śniadeckich w Grudziądzu



Przedmiot: Pomiar Elektryczne

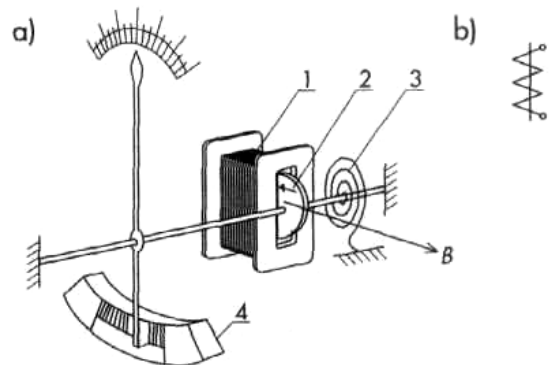
Materiały dydaktyczne: **Pomiar i regulacja** **prądu i napięcia zmiennego**

Zebrał i opracował:
mgr inż. Marcin Jabłoński

Wiadomości podstawowe:

• **Elektromagnetyczny ustrój pomiarowy** składa się z nieruchomej cewki oraz ruchomego rdzenia stanowiącego tzw. organ ruchomy (rys.1). Ustroje elektromagnetyczne stosuje się przede wszystkim w przyrządach pomiarowych prądu przemiennego.

Rys. 1. Elektromagnetyczny ustrój pomiarowy: a) budowa; b) symbol graficzny 1 - cewka, 2 - rdzeń, 3 - sprężyna zwrotna, 4 - tłumik nadający wskazówce ruch płynny



Mogą być one również stosowane w przyrządach pomiarowych prądu stałego. Ustroje elektromagnetyczne przeznaczone do instalowania w poszczególnych rodzajach przyrządów pomiarowych różnią się przede wszystkim budową cewki:

- w amperomierzach cewki są wykonane z grubego drutu z małą liczbą zwojów;
- w woltomierzach cewki są wykonane z cienkiego drutu z dużą liczbą zwojów.

Amperomierze mierząc prąd zmienny w zależności od typu amperomierza mierzą wartość **średnią prądu (magnetoelektryczny)** lub **wartość skuteczną (elektrodynamiczne, elektromagnetyczne, indukcyjne, ciepłe i termoelektryczne)**.

• Prąd przemienny

W praktyce częściej niż z prądem stałym mamy do czynienia z **prądem przemiennym**. Jest on powszechnie stosowany w elektroenergetyce. To właśnie w postaci prądu przemiennego energia elektryczna jest dostarczana do domowych i przemysłowych instalacji elektrycznych.

Prąd przemienny odznacza się tym, że wartość jego natężenia i kierunek przepływu zmieniają się okresowo w czasie. Przykładowo w przypadku przepływu prądu przez rezystor oznacza to, że napięcie i natężenie prądu zmieniają się wraz z upływem czasu: narastają od zera do wartości maksymalnej, opadają do zera, po czym napięcie zmienia swą biegunowość, a prąd kierunek przepływu. Od tej chwili prąd i napięcie ponownie zwiększają swą wartość, jednak tym razem prąd płynie w przeciwnym niż poprzednio kierunku. Po osiągnięciu wartości maksymalnej ponownie maleją do zera i zjawisko powtarza się od nowa.

Z fizyki wiadomo, że na końcach przewodu o długości l poruszającego się z prędkością v w polu magnetycznym o indukcji magnetycznej B wytwarza się napięcie źródłowe (siła elektromotoryczna):

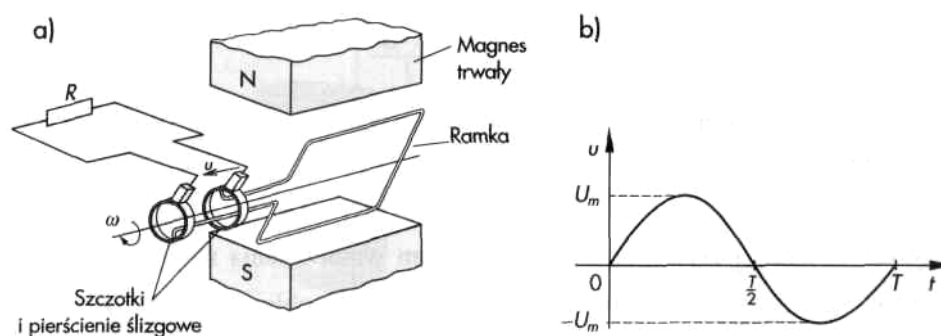
$$E = B \cdot l \cdot v.$$

Gdy przewód ten jest jednym z boków ramki obracającej się w polu magnetycznym (rys.2). wówczas chwilowa wartość napięcia indukującego się w ramce:

$$u = U_m \cdot \sin \omega t$$

gdzie: u jest wartością chwilową napięcia, U_m - wartością maksymalną napięcia (czyli tzw. amplitudą), ω - prędkością kątową ramki, t - czasem. W ten sposób otrzymujemy źródło **napięcia sinusoidalnie zmiennego**, tj. zmieniającego się zgodnie z matematyczną funkcją sinus. Równoległe do pojęcia napięcie sinusoidalnie zmiennie stosuje się określenie **napięcie przemiennie**.

Po prostu napięcie sinusoidalne jest najbardziej rozpowszechnionym napięciem przemiennym.



Rys. 2.. Wytwarzanie prądu przemiennego, sinusoidalnie zmiennego:
 a) ramka obracająca się w stałym polu magnetycznym; b) przebieg czasowy napięcia

W tym miejscu wprowadzimy dwa pojęcia: okresu i częstotliwości. **Okresem**, oznaczanym literą T , nazywa się czas, po którym przebieg się powtarza. Odwrotnością okresu jest **częstotliwość** f , wyrażająca liczbę okresów przypadających na jedną sekundę.

$$f = \frac{1}{T}$$

Jednostką częstotliwości jest **herc** [Hz] — od nazwiska niemieckiego fizyka Heinricha R. Hertza.

$$1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{s}}$$

Prędkość kątowna jest związana z częstotliwością f i okresem T zależnościami:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$$

Prędkość kątowną ω ramki odniesioną do częstotliwości zmian napięcia nazywamy **pulsacją**. W obwodach prądu sinusoidalnego przebiegi napięć i prądów mogą być przesunięte między sobą o pewien kąt. Kąt ten nazywamy **przesunięciem fazowym** i oznaczamy jako φ .

Częstotliwość prądu przemiennego wytwarzanego w elektrowniach i dostarczanego odbiorcom przemysłowym i indywidualnym wynosi 50 Hz. To, że napięcie przemiennie i prąd przemienny mają częstotliwość 50 Hz oznacza, że w ciągu jednej sekundy 50-krotnie zmienia się biegunowość napięcia i kierunek przepływu prądu.

Można zadać w tym miejscu pytanie: dlaczego prąd przemienny upowszechnił się w tak wielkim stopniu? Otóż po pierwsze: przy użyciu transformatorów można niemal dowolnie podwyższać lub obniżać napięcie przemiennie, co pozwala na przesyłanie energii elektrycznej na duże odległości. Jest to związane ze znacznym zmniejszeniem strat przy przesyłaniu energii elektrycznej. Po drugie: trójfazowy prąd przemienny można wykorzystać do wytworzenia tzw. wirującego pola magnetycznego, co znajduje powszechne zastosowanie w silnikach elektrycznych indukcyjnych i synchronicznych. Po trzecie wreszcie: wartość prądu przemiennego

przechodzi okresowo przez zero, dzięki czemu łatwiejsze jest jego wyłączenie, a dokładniej mówiąc gaszenie wytworzonego przezeń łuku elektrycznego.

Dla prądu przemiennego mają zastosowanie prawo Ohma oraz I i II prawo Kirchhoffa wprowadzone wcześniej dla prądu stałego.

- **Wartość skuteczna**

Wartością skuteczną prądu przemiennego nazywa się taką wartość prądu stałego, który płynąc przez ten sam rezystor spowoduje wydzielenie się takiej samej ilości ciepła (energii) co płynący w tym samym czasie prąd przemienny (sinusoidalnie zmienny). Wartości skuteczne prądów i napięć (oznaczane wielkimi literami / oraz U) oblicza się z zależności:

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m \quad \text{oraz} \quad U = \frac{1}{\sqrt{2}} U_m$$

Jeżeli np. mówimy, że napięcie w domowej instalacji elektrycznej wynosi 220 V, to mamy na myśli wartość skuteczną napięcia. Jak łatwo obliczyć, wartość maksymalna U_m napięcia sinusoidalnego odpowiadająca wartości skutecznej $U = 220$ V wynosi $\sqrt{2} \cdot U = 311$ V.

- **Autotransformator**

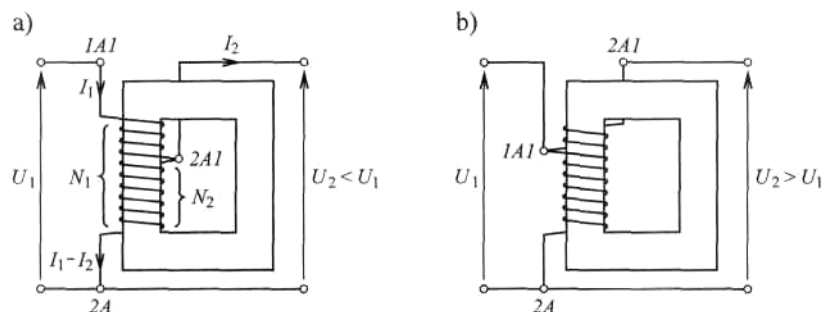
W przypadkach, gdy napięcia pierwotne i wtórne są tego samego rzędu, a nie zachodzi potrzeba odizolowania od siebie uzwojeń, pierwotnego i wtórnego, korzystne jest stosowanie **autotransformatorów**.

Autotransformator jest to taki transformator, w którym uzwojenie napięcia dolnego stanowi część uzwojenia napięcia górnego.

Autotransformator ma tylko jedno uzwojenie, z którego są wyprowadzone do zacisków zewnętrznych trzy przewody: dwa z końców uzwojenia, a trzeci z wybranego odpowiednio do danego napięcia punktu ze środka uzwojenia (rys.3). Autotransformator może służyć zarówno **do obniżania napięcia** (rys. 3a), jak też **do podwyższania napięcia** (rys.3b), zależnie od tego, do których zacisków jest doprowadzone napięcie zasilające. W układzie jak na rys.3a napięcie U_1 jest doprowadzone do zacisków $1A1$ oraz $2A$, połączonych z końcami uzwojenia, a odbiornik jest przyłączony do zacisków $2A1$ oraz $2A$. Jeżeli liczba zwojów między zaciskami $1A1$ oraz $2A$ wynosi N_1 , a między zaciskami $2A1$ oraz $2A$ wynosi N_2 , to

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2},$$

jak w transformatorze dwuuzwojeniowym.



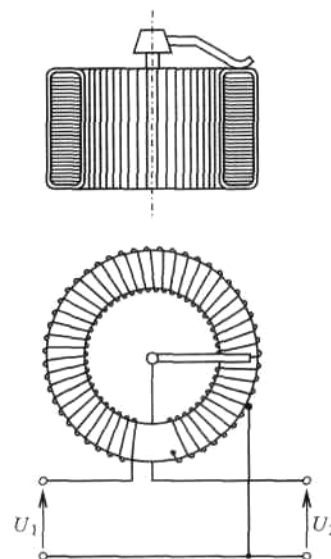
Rys. 3. Schemat autotransformatora: a) do obniżania napięcia; b) do podwyższania napięcia

Prądy pierwotny i wtórny są związane zależnością

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Oszczędność w zastąpieniu transformatora dwuuzwojeniowego autotransformatorem polega na tym, że jest tylko jedno uzwojenie zamiast dwóch, a ponadto przez część tego uzwojenia płynie prąd równy różnicy prądów pierwotnego i wtórnego, może więc być ono nawinięte przewodem o mniejszym przekroju. Również wymiary rdzenia są mniejsze niż w transformatorze dwuuzwojeniowym o analogicznej mocy obciążenia znamionowego. W laboratoriach

bywają używane specjalne są typy autotransformatorów do płynnego nastawiania napięcia. Mają one na rdzeniu pierścieniowym nawinięte uzwojenie, po którym ślizga się styk ruchomy (rys. 4).



Rys. 4. Szkic autotransformatora laboratoryjnego nastawnego o rdzeniu pierścieniowym.

Stała podziałki amperomierza	$C_A = \frac{I_N}{\alpha_{\max}} =$
Wartość mierzonego prądu	$I = C_A * \alpha =$
Błąd bezwzględny pomiaru prądu amperomierzem analogowym	$\Delta I = \pm \frac{\text{klasa} * \text{zakres}}{100} =$
Błąd względny pomiaru prądu amperomierzem analogowym	$\delta I_{\%} = \pm \frac{\Delta I}{I} * 100 =$