

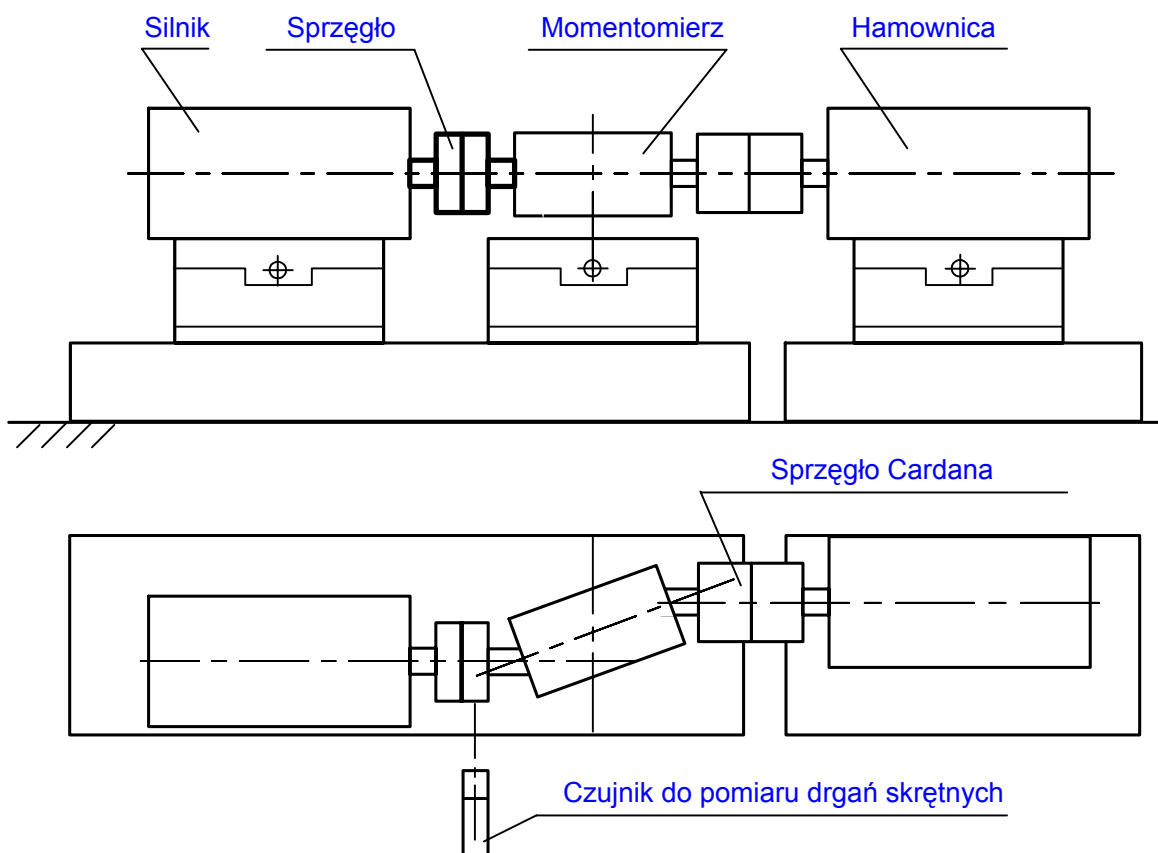
### 3. Tensometryczne pomiary momentu skręcającego

W ćwiczeniu wykorzystano uniwersalne stanowisko do badania zespołów napędowych (rys. II.3.1). Między silnikiem a hamownicą umieszczono momentomierz typu T1 50 Nm. Momentomierz współpracuje ze wzmacniaczem pomiarowym AE101, na wyjściu którego można rejestrować napięcia proporcjonalne do zmiennego momentu skręcającego. Analizator lub komputer osobisty wyposażony w kartę przetwornika analogowo-cyfrowego pozwala na dalsze przetwarzanie i wizualizację rezultatów. Schemat zestawu aparatury użytej do wykonywania ćwiczenia przedstawiono na rysunku II.3.2.

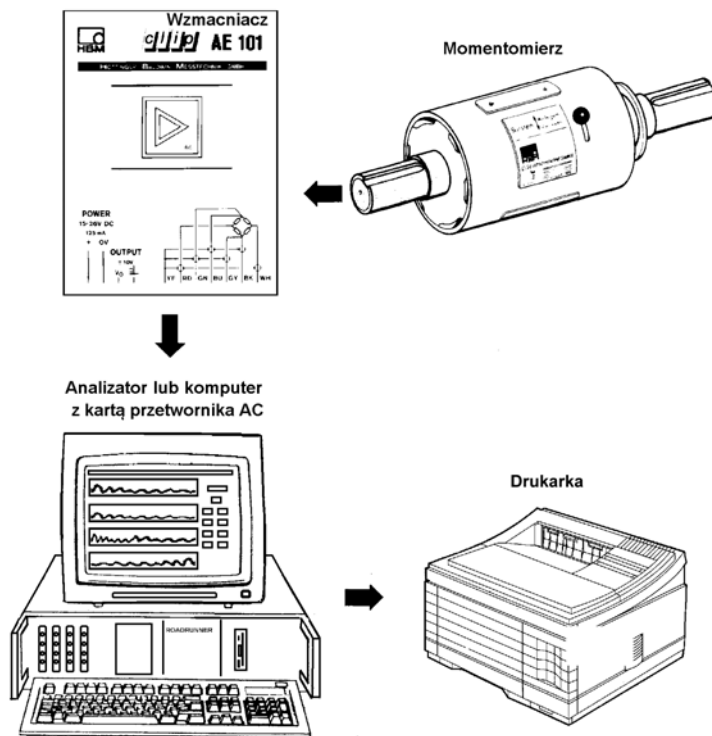
Napęd jest przenoszony przez sprzęgła przegubowe, co w powiązaniu z niewspółosiowością wałów prowadzi do zmiennego obciążenia zespołów.

Podczas realizacji ćwiczenia należy kolejno:

- ➔ wykonać wzorcowanie,
- ➔ obliczyć czułość napięciową momentomierza ze wzmacniaczem,
- ➔ zarejestrować przebieg czasowy zmian napięcia
- ➔ dla 3 różnych stałych czasowych podanych przez prowadzącego, określić na podstawie wykresu zarejestrowanego przebiegu zmian napięcia w czasie:
  - wartość średnią,
  - wartość skuteczną,
  - wartość szczytową.
- ➔ uzyskane wyniki przeliczyć na odpowiadające im wartości momentu skręcającego,
- ➔ określić na podstawie otrzymanego wykresu prędkość obrotową silnika,
- ➔ oszacować błąd amplitudy momentu skręcającego oraz zakres niepewności prędkości obrotowej.



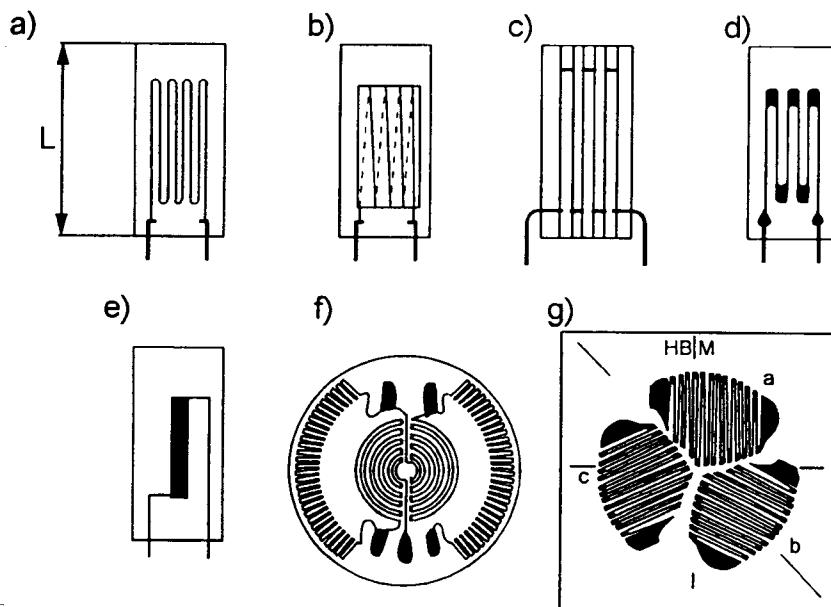
Rys. II. 3.1. Schemat stanowiska pomiarowego.



Rys. II.3.2. Schemat układu pomiarowo - analizującego.

### Podstawowe wiadomości o pomiarach tensometrycznych

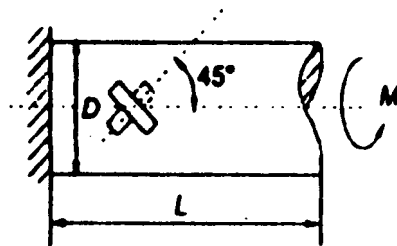
Tensometry są przetwornikami typu parametrycznego, których rezystancja zmienia się wskutek odkształcenia. W zakresie odkształceń sprężystych materiału tensometru zmiana oporności jest proporcjonalna do odkształcenia.



Rys. II.3.3. Różne typy tensometrów: a) wężykowy; b) zygzakowy; c) kratowy; d) foliowy; e) półprzewodnikowy; f) foliowy membranowy; g) foliowy rozetowy do pomiaru naprężeń wzdłużnych i poprzecznych. L - długość bazy tensometru, wzdłuż której jest on odkształcany.

Typowy tensometr metalowy ma postać cienkiego drutu ( $\varnothing=10\text{ }|50\text{ }\mu\text{m}$ ), naklejanego na izolacyjnej podkładce nośnej lub cienkiej ( $2\div20\text{ }\mu\text{m}$ ) warstwy metalu (folii, ścieżki) naniesionej na podkładce z papieru, celuloidu czy innego izolacyjnego tworzywa. Całość nakleja się - zazwyczaj klejem dołączonym do tensometru przez producenta i zgodnie z podaną przez niego technologią - na konstrukcję podlegającą odkształceniom. Różne typy tensometrów przedstawia rysunek II.3.3.

Przetwornik do pomiarów momentu skręcającego składa się z co najmniej dwóch tensometrów naklejonych na sprężysty wał osiowoosymetryczny pod kątem 45° do osi obrotu (rysunek II.3.4).



Rys. II.3.4

Względne odkształcenia tensometrów są związane z momentem skręcającym zależnością:

$$\varepsilon = \frac{\gamma}{\pi} \frac{M}{GD^3}$$

$$\text{gdzie } G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$\gamma$  - oznacza gęstość materiału wału

$G$  - moduł Kirchoffa

$E$  - moduł Younga

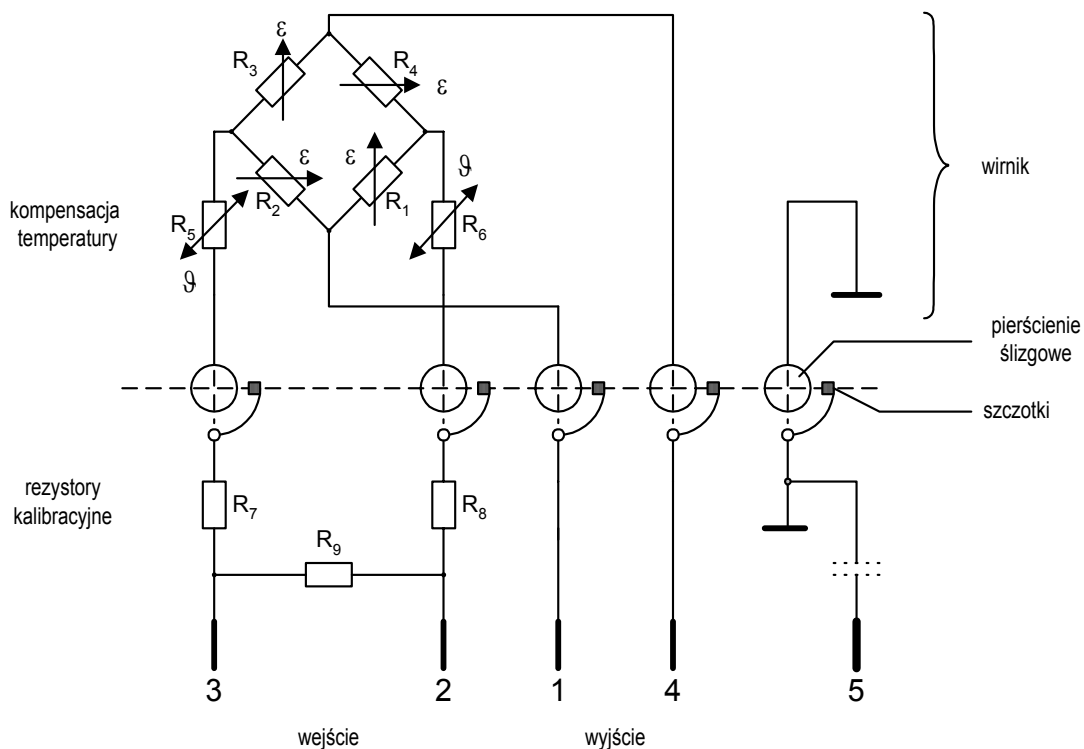
$\nu$  - liczba Poissona

W przetworniku momentu skręcającego typu T 1/50 Nm produkcji HBM zastosowano cztery tensometry połączone w układzie mostka Wheatstone'a oraz dwa do kompensacji wpływu zmian temperatury. Schemat połączeń elektrycznych przedstawia rysunek II.3.5. Po doprowadzeniu napięcia zasilającego zmiany napięcia na wyjściu są proporcjonalne do przyłożonego momentu skręcającego.

Kompletny zestaw do pomiaru zmiennego w czasie momentu skręcającego składa się z przetwornika, wzmacniacza pomiarowego oraz pozostałych elementów zgodnych ze schematem omówionym w części I podręcznika (rys. I,6.6), stosownie do konkretnego zapotrzebowania.

Wzmacniacz pomiarowy przystosowany do współpracy z przetwornikami tensometrycznymi pełni jednocześnie rolę zasilacza oraz umożliwia zrównoważenie mostka. Podczas pomiarów momentu skręcającego zrównoważenie oznacza doprowadzenie (regulację) układu do stanu, że zerowemu momentowi odpowiada zerowa wartość napięcia na wyjściu wzmacniacza pomiarowego. Wzmacniacz pozwala również dopasować napięcie zasilające i współczynniki wzmocnienia do charakterystyki przetwornika pomiarowego i wielkości mierzonego momentu skręcającego.

Wzorcowanie układu do pomiarów momentu skręcającego można wykonać dwoma metodami. Pierwsza metoda wykorzystuje nominalną czułość dla pełnego zakresu pomiarowego, która dla momentomierza typu T1 wynosi 1,5 mV/V. W konkretnym przypadku nominalny zakres pomiarowy wynosi 50 Nm, zatem doprowadzenie napięcia zasilającego 1 V, będzie skutkowało zmianą na wyjściu mostka o 1,5 mV przy obciążeniu momentomierza momentem 50 Nm. Dobór współczynników wzmocnienia pozwala następnie dopasować amplitudę sygnału wyjściowego wzmacniacza do czułości układu przetwarzającego (na przykład karty przetwornika



Rys. II.3.5 Schemat połączeń elektrycznych w momentomierzu.

analogowo-cyfrowego). Zazwyczaj wzmacniacze pomiarowe są wyposażone w generator sygnału wzorcowego o znanym napięciu, który ułatwia dobór zakresu i jednoznaczne określenie wzmocnienia. Oczywiście takie wzorcowanie pomija wpływ przewodów łączących momentomierz ze wzmacniaczem, jak również niedokładność przetwornika pomiarowego. Niemniej przy zastosowaniu przewodów o długości do 3 metrów ten typ wzorcowania zapewnia rezultaty satysfakcjonujące z inżynierskiego punktu widzenia. Szczegółową procedurę postępowania opisano w instrukcjach obsługi momentomierza i wzmacniacza pomiarowego.

Wzorcowanie pełnego toru pomiarowego można wykonać metodą bezpośrednią przez przyłożenie znanego momentu skręcającego. W ten sposób eliminuje się niedokładności kalibracji związane z poszczególnymi elementami. Najbardziej oczywisty tryb postępowania polega na przyłożeniu siły o znanej wartości na określonym ramieniu działania i zarejestrowaniu sygnału napięciowego reprezentującego tę wartość momentu. Stanowisko laboratoryjne umożliwi wzorcowanie metodą bezpośrednią. Dla wyeliminowania wpływu momentu skręcającego wprowadzonego przez dźwignię, za podstawę do określenia czułości napięciowej proponuje się przyjąć wyniki pomiaru napięcia na wyjściu wzmacniacza pomiarowego dla dwóch różnych ramion działania tej samej siły.

**UWAGA!:**

Do wykonania ćwiczenia niezbędna jest znajomość zasady działania sprzęgła przegubowego ("przegubu") Cardana - wiadomości na ten temat są zawarte np. w książce Zbigniewa Osińskiego "Sprzęgła i hamulce", Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996 r.