

15. STANOWISKOWE BADANIE MECHANIZMÓW HAMULCOWYCH

15.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie na stanowisku podstawowych zależności charakteryzujących funkcjonowanie mechanizmu hamulcowego, w szczególności zależności między ciśnieniem w układzie uruchamiającym hamulce i prędkością początkową a momentem hamowania, opóźnieniem i drogą hamowania. Ponadto, ocenie będą podlegać takie wielkości, jak: współczynnik tarcia i temperatura pary ciernej oraz przełożenie wewnętrzne mechanizmu.

15.2. Wprowadzenie

Badania zostaną przeprowadzone na stanowisku bezwładnościowym, opisanym w p. 15.3 niniejszej instrukcji. Nastawianymi wielkościami wejściowymi będą: ciśnienie p w układzie uruchamiającym oraz początkowa prędkość obrotowa masy hamowanej, proporcjonalna do prędkości pojazdu v_0 w chwili rozpoczęcia hamowania. Badanymi wielkościami wyjściowymi będą: moment hamowania M_h i temperatura pary ciernej T . Opóźnienie hamowania a_h i droga hamowania s_h będą wyznaczone z uproszczonych zależności:

$$s_h = \frac{v_0 t_h}{2}, \quad (15.1)$$

$$a_h = \frac{v_0}{t_h}, \quad (15.2)$$

gdzie t_h – czas hamowania, upływający od rozpoczęcia hamowania do zatrzymania hamowanej masy.

Powyższe zależności nie uwzględniają czasu narastania siły hamowania i odpowiadają założeniu o jednostajnie opóźnionym ruchu pojazdu.

Współczynnik tarcia między okładziną a bębniem (lub tarczą) μ_h zostanie wyznaczony na podstawie porównania zmierzonego momentu hamowania M_h z obliczoną wartością tego momentu $M_{h\text{obl}}$.

Ogólnie:

$$M_{h\text{obl}} = f(W, \mu_h, p),$$

gdzie:

W – wektor wymiarów geometrycznych charakteryzujących mechanizm hamulcowy,

p – ciśnienie w cylindryku hamulcowym (rozpierzaczu hydraulicznym),

μ_h – współczynnik tarcia.

Postać funkcji $f(W, \mu_h, p)$ zależy od typu mechanizmu hamulcowego [3], [4]. Na przykład dla mechanizmu tarczowego:

$$M_{h\text{obl}} = \frac{\pi}{2} \mu_h r_{sr}^2 d^2 p \eta, \quad (15.3)$$

przy czym:

$$r_{sr} \approx \frac{2 r_z^3 - r_w^3}{3 r_z^2 - r_w^2}, \quad (15.4)$$

oraz:

$$p_p = p_s \left(\frac{d_s}{d_p} \right)^2, \quad (15.5)$$

Porównując $M_h = M_{h\,obl}$, można wyznaczyć μ_h :

$$\mu_h = \frac{2M_h}{\pi \cdot r_{sr} \cdot d^2 p \eta}. \quad (15.6)$$

We wzorach przyjęto oznaczenia:

- d_s - średnica tłoka w siłowniku pneumatycznym,
- d_p - średnica tłoczka w pompie hamulcowej,
- d - średnica tłoczka zacisku hamulca tarczowego (tłoczka cylinderka hamulca bębnowego),
- r_{sr} - średni promień tarcia,
- $r_{z,w}$ - zewnętrzny, wewnętrzny promień powierzchni tarcia,
- p_s - zmierzone ciśnienie w siłowniku pneumatycznym,
- p_p - obliczone ciśnienie w pompie hamulcowej (układzie hydraulicznym)
- M_h - zmierzony moment tarcia,
- $M_{h\,obl}$ - moment tarcia obliczony wg zależności (15.3),
- η - sprawność mechanizmu hamulcowego (tylko części mechanicznej) ($\eta \approx 0,98$).

Przełożenie wewnętrzne mechanizmu wyznacza się z zależności:

$$i_w = \frac{M_h}{r F_r}, \quad (15.7)$$

gdzie:

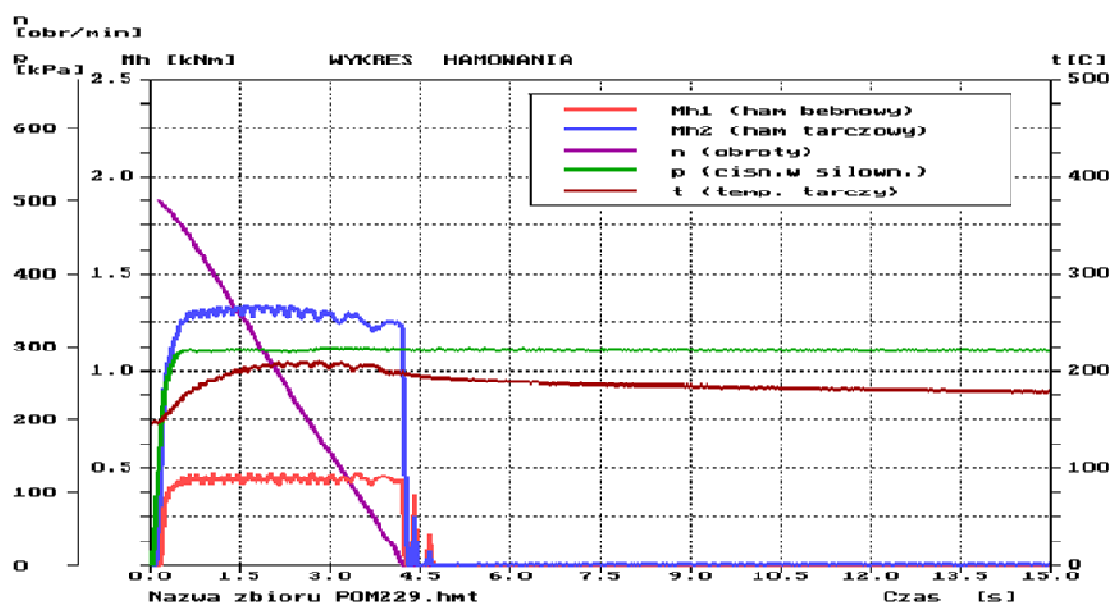
F_r – siła rozpierająca (ściskająca w hamulcu tarczowym), przy czym dla hamulca hydraulicznego:

$$F_r = \frac{\pi d^2}{4} p, \quad (15.8)$$

r – dla hamulca bębnowego promień bębna, dla hamulca tarczowego średni promień tarcia ($r = r_{sr}$).

- układ inercyjny dla prób hamowania hamulcami (3) oraz (4), składający się; z masy wirującej (20), rozpędzanej przed próbą silnikiem elektrycznym (1). Moment bezwładności masy (20) dobrany jest w taki sposób, aby energia kinetyczna tej masy (zamieniana na ciepło w procesie hamowania) była w przybliżeniu równa energii odbieranej przez hamulec jednego koła podczas hamowania rzeczywistym pojazdem. Masa (20) połączona jest z silnikiem (1) za pomocą sprzęgła jednotarczowego (19), a z hamulcami (3) oraz (4) bezpośrednio wałem;
- mechanizm włączania, składający się z siłownika pneumatycznego (5), zasilanego ze zbiornika sprężonego powietrza i działającego na tłoczek pompy hamulcowej tak jak pedał hamulca, układ (17) sterowania silnikiem elektrycznym (1), ręczne zawory odcinające (7) i (8). Powietrze do zbiornika dostarczane jest przez sprężarkę. Dodatkowo zbiornik wyposażony jest w zawór upustowy;
- układ pomiarowy, składający się z: czujników siły (9) oraz (10) wraz ze wzmacniaczami pomiarowymi (12) i (13), czujnika (15) prędkości obrotowej masy hamowanej (20) wraz z tarczą (2), czujnika temperatury tarczy hamulcowej - pirometru (16), elektropneumatycznego zaworu proporcjonalnego (18) - pełniącego również rolę czujnika ciśnienia w siłowniku (5). Sygnały z poszczególnych czujników są rejestrowane w funkcji czasu poprzez układ akwizycji danych komputera stanowiska pomiarowego.

Na rys. 15.2 przedstawiono przykładowe przebiegi czasowe zarejestrowanych wielkości.



Rys. 15.2. Przykładowe przebiegi czasowe zarejestrowanych wielkości na stanowisku do badania hamulców

Uwaga. W niniejszym ćwiczeniu opisane stanowisko będzie wykorzystywane w niepełnym zakresie.

15.4. Sposób wykonania ćwiczenia

Wykonać trzy serie prób hamowania:

- a) dla różnych wartości ciśnienia w siłowniku pneumatycznym (5) przy niezmienniej prędkości początkowej hamowanej masy oraz temperaturze początku hamowania
- b) zmieniając prędkość początkową hamowanej masy przy stałej wartości ciśnienia w siłowniku pneumatycznym (5) i stałej temperaturze początku hamowania.
- c) powtarzając kolejno 16-18 razy próbę hamowania przy maksymalnej prędkości początkowej i ze stałą oraz maksymalną wartością ciśnienia w siłowniku pneumatycznym (5), przy wyłączonym chłodzeniu.

Podczas wszystkich prób wymienionych w punktach a, b i c pomiarom podlegają: prędkość początkowa masy ω_0 , ciśnienie w siłowniku pneumatycznym p_s , moment hamowania M_h (na podstawie pomiarów czujnikami siły przeskalowanymi na pomiar momentu hamującego (9) i (10)) i temperatura tarczy (lub bębna) T .

Uwaga. Przy wykonywaniu pomiarów szczególną uwagę należy zwrócić na to, aby nie uruchamiać silnika elektrycznego przy zahamowanym mechanizmie hamulcowym, gdyż może to doprowadzić do uszkodzenia stanowiska. W czasie pomiarów wymienionych w p. a i b dla hamulca bębnowego obowiązkowo musi pracować dmuchawa chłodząca bęben hamulcowy, aby nie dopuścić do jego przegrzania. Z tego samego powodu po każdym hamowaniu należy robić przerwy po ok. 0,5 min.

Podczas prób a i b dla mechanizmu hamulcowego hamulca tarczowego należy po każdym hamowaniu wykorzystując dmuchawę obniżyć temperaturę tarczy do wartości założonej eliminując w ten sposób wpływ temperatury przy każdej próbie.

W czasie wykonywania ćwiczenia należy przestrzegać zasad bhp. Zabrania się przebywać w strefie zagrożonej przez wirujące elementy, dotykać urządzeń elektrycznych pod napięciem oraz dotykać bębna hamulcowego (lub tarczy) po próbie hamowania (wysoka temperatura).

15.5. Analiza wyników

15.5.1. Na podstawie dokonanych rejestracji dla każdej z prób wyznaczyć czas hamowania t_h .

15.5.2. Na podstawie wyników pomiarów wg p. 15.4a oraz zależności (15.1) i (15.2) wyznaczyć zależności $S_h(p)$, $a_h(p)$ i $M_h(p)$ i sporządzić ich wykresy (p w MPa).

15.5.3. Na podstawie wyników pomiarów wg p. 15.4b oraz zależności (15.1) i (15.2) wyznaczyć zależności $S_h(v_0)$, $a_h(v_0)$ i $M_h(v_0)$ i sporządzić ich wykresy. Wartość v_0 obliczyć jako iloczyn prędkości obrotowej ω_0 hamowanej masy i promienia koła samochodu, którego hamulec badany jest na stanowisku (v_0 w km/h)

15.5.4. Na podstawie wyników pomiarów wg p. 15.4c wyznaczyć zależność $M_h(T)$ i przedstawić ją w formie wykresu.

15.5.5. Wykresy $M_h(p)$, $M_h(v_0)$, i $M_h(T)$ uzupełnić o dodatkową skalę tak, aby uzyskać zależności $\mu(p)$, $\mu(v_0)$ i $\mu(T)$. W tym celu wykorzystać zależności podane w p. 15.2 niniejszej instrukcji. Uzyskane wyniki porównać z zamieszczonymi w literaturze [1].

15.5.6. Na podstawie zależności (15.7) oraz otrzymanych wyników pomiarów wyznaczyć zależność przełożenia wewnętrznego mechanizmu i_w od momentu hamującego M_h i przedstawić ją graficznie w formie wykresu $i_w(\mu)$.

Wartości liczbowe potrzebne do sporządzenia sprawozdania:

$$d_s = 100 \text{ mm},$$

$$d_p = 23,7 \text{ mm},$$

$$d = 54 \text{ mm}.$$

$$r_d = 268 \text{ mm}.$$

Średnice tarczy hamulcowej:

$$d_z = 255 \text{ mm},$$

$$d_w = 155 \text{ mm}.$$

Sprawozdanie powinno zawierać:

- tabelaryczne zestawienie wyników badań i obliczeń,
- wykresy wszystkich zależności wyznaczanych wg p. 15.5, na wykresy należy nanieść krzywe aproksymujące,
- analizę wyników i wnioski (łącznie z ustosunkowaniem się do dokładności wyników).

LITERATURA

- [1] Jaworski J.: Okładziny cierne do hamulców i sprzęgieł pojazdów mechanicznych. WKiŁ, Warszawa 1984.
- [2] Lanzendoerfer J.: Badania pojazdów samochodowych. WKiŁ, Warszawa 1977.
- [3] Studziński K.: Teoria, konstrukcja i obliczanie samochodu. WKiŁ, Warszawa 1980.
- [4] Wrzesiński T.: Hamowanie pojazdów samochodowych. WKiŁ, Warszawa 1978.
- [5] Norma: PN-76/S-47000. Skuteczność działania hamulców. Wymagania i badania.