

METHODS FOR MEASURING AND DATA PROCESSING FROM FIELD SENSORS IN FIELD TESTS CONDUCTED ON TIRES OF AGRICULTURAL USE

Summary

The paper describes the newly designed and produced measuring and recording apparatus for the measurement of soil-tire contact angles, tire deflection and tire inflation pressure during field tests. What is more, it deals with the method for measuring and data processing. The tests were conducted within the international cooperation in 2004-2005 in Federal Research Centre of Agriculture (FAL) in Braunschweig (Germany).

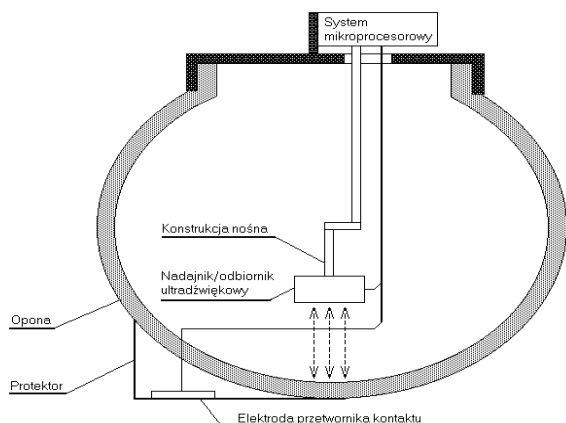
METODY POMIARU ORAZ PRZETWARZANIA INFORMACJI Z CZUJNIKÓW W POŁOWYCH BADANIACH TRAKCYJNYCH OPON ROLNICZYCH

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono zaprojektowaną i wykonaną nową aparaturę pomiarowo-rejestrującą służącą do pomiaru kątów współpracy opony z glebą (α_0 , β_0), ugięcia opony oraz zmian ciśnienia powietrza w oponie w trakcie badań polowych oraz sposób rejestracji i przetwarzania danych. Badania przeprowadzono w ramach międzynarodowej współpracy w latach 2004-2005, w Federalnym Instytucie Techniki Rolniczej (FAL) w Braunschweigu (Niemcy).

1. Pomiar ugięcia opony

Przetwornik do pomiaru ugięcia opony na glebie składa się z nadajnika-odbioru ultradźwięków umieszczonego wewnątrz koła oraz konstrukcji wsporczej przymocowanej do obręczy (rys. 1).



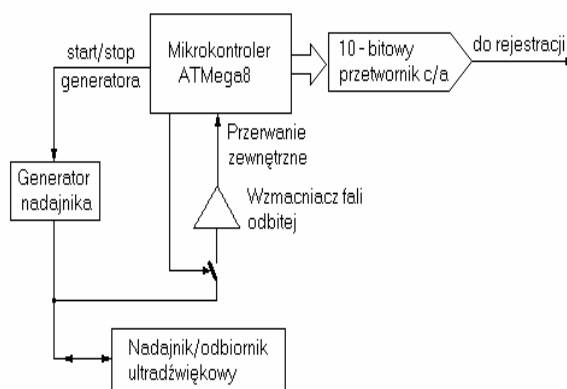
Rys. 1. Pomiar ugięcia opony przy zastosowaniu przetwornika ultradźwiękowego
Fig. 1. Measurement of tire deflection with the use of ultrasonic transducer

Dla założonej maksymalnej wartości ugięcia opony na glebie, równej 0,15 m i prędkości dźwięku w powietrzu równej 300 m/s, czas propagacji fal ultradźwiękowych od nadajnika do powierzchni opony (odległej o 0,2 m) i z powrotem do odbioru jest równy 0,00067 s.

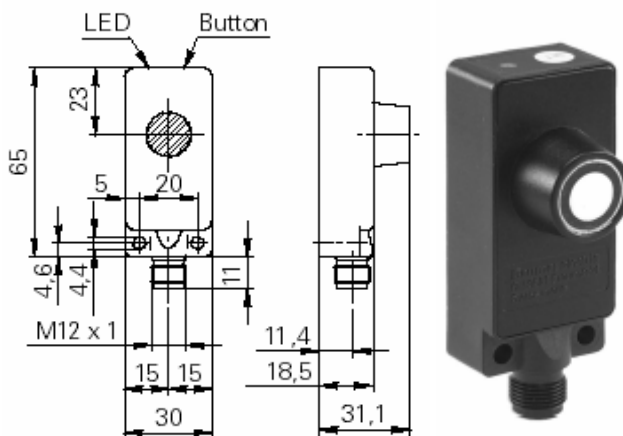
Przyjęty okres próbkowania sygnału (przez rejestrator) wynosi 0,01 s i jest ok. 15 razy dłuższy od czasu propagacji fal. Okres próbkowania jest wystarczający dla mikrokontrolera (ATmega 8) sterującego procesem pomiaru dla obliczenia wartości ugięcia opony i przesłania do przetwornika D/A.

Schemat blokowy przetwornika przedstawiono na rys. 2. Sygnał analogowy z wyjścia przetwornika może być

kalibrowany w jednostkach długości i rejestrowany przez system mikroprocesorowy.



Rys. 2. Schemat blokowy przetwornika do pomiaru ugięcia opony
Fig. 2. Block diagram of the transducer for measuring tire deflection

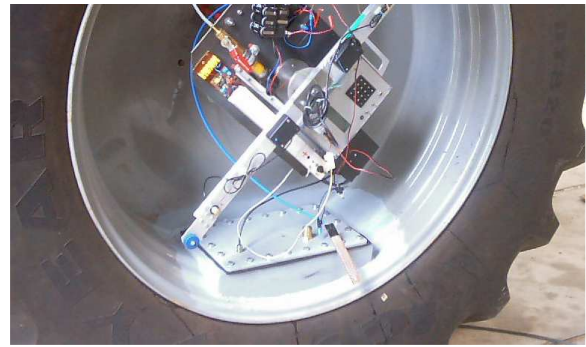


Rys. 3. Ultradźwiękowy czujnik pomiarowy
Fig. 3. Ultrasonic measurement sensor



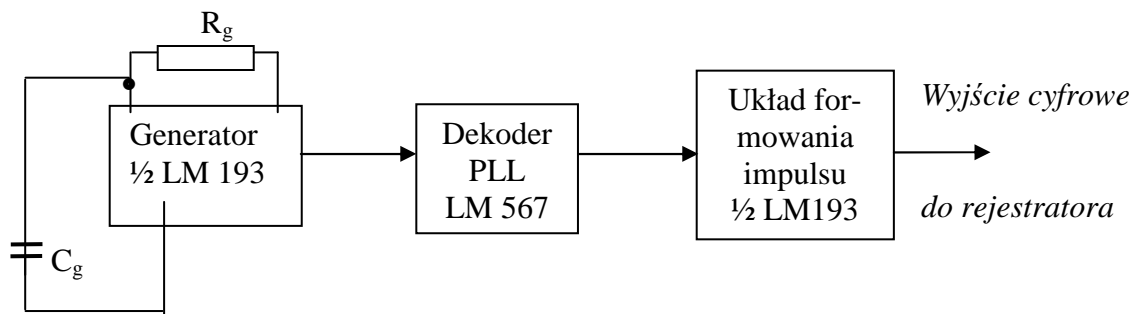
Rys. 4. Widok koła przed montażem czujnika ultradźwiękowego

Fig. 4. Wheel before the installation of ultrasonic sensor



Rys. 5. Koło z zamontowanymi urządzeniami pomiarowymi

Fig. 5. Wheel with installed sensors



Rys. 6. Schemat blokowy układu detekcji kontaktu opona gleba

Fig. 6. Block diagram of the tire-soil contact detector

W badaniach wykorzystano czujnik ultradźwiękowy UNIK 30 firmy Baumer-electric. Widok tego czujnika oraz jego wymiary gabarytowe przedstawiono na rys. 3.

Na rys. 4 przedstawiono widok napędowej opony rolniczej z wyciętym otworem, przez który mocowano w jej wnętrzu ultradźwiękowy czujnik pomiarowy, a na rys. 5 widok opony z zamontowanymi urządzeniami pomiarowymi.

2. Pomiar kątów współpracy opony z glebą

Pomiary przeprowadzone były zgodnie z opracowaną wcześniej metodą [4] ramach międzynarodowej współpracy z FAL z zastosowaniem nowego typu czujnika kontaktu opony z glebą.

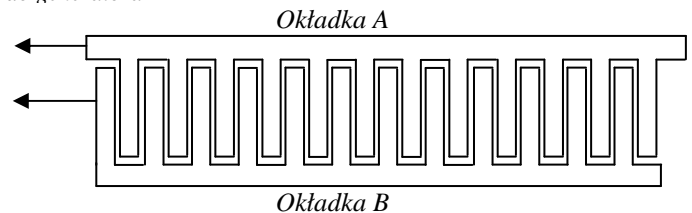
Czujnik kontaktu opona gleba funkcjonuje na zasadzie odstrojenia generatora RC, w którym kondensator C_g jest elementem stykającym się z glebą. Na rys. 6 przedstawiono schemat blokowy detektora kontaktu.

Generator RC został zbudowany na jednym z dwóch analogowych komparatorów LM193. Sygnał z generatora (około 200 kHz) przesyłany jest do układu dekodującego PLL (Phase Locked Loop) LM567 zwanego często dekoderm tonowym. Stan wyjścia dekodera jest równy około 0 V dla sygnału wejściowego równego częstotliwości środkowej $f_0 \pm \frac{1}{2} \Delta f_{BW}$, gdzie $\frac{1}{2} \Delta f_{BW}$ jest połową szerokości pasma przenoszenia filtra pasmowo przepustowego znajdującego się w strukturze układu LM 567. Dla częstotliwości większych lub mniejszych od przepustowej na wyjściu dekodera pojawia się sygnał 12 V.

Druga część układu LM 193 (komparator analogowy z minimalną histerezą) poprawia kształt impulsu z dekodera i dopasowuje sygnał kontaktu z glebą do poziomu 2,56 V właściwego dla rejestratora cyfrowego.

W celu zwiększenia czułości detektora kondensator C_g posiada rozwiniętą powierzchnię aktywną okładek w postaci zazębiającego się grzebienia (rys. 7).

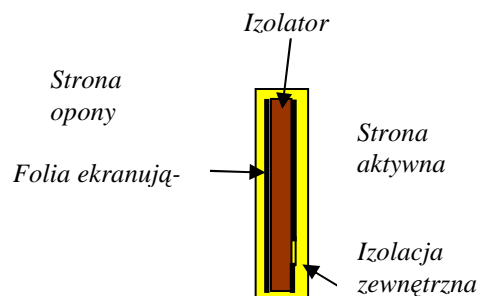
Dwa przewody do generatora



Rys. 7. Widok kondensatora czujnika od strony aktywnej

Fig. 7. Active side of sensor capacitor

Kondensator C_g został wykonany na płytce z włókna szklanego dwustronnie laminowanej miedzią, techniką trawienia. Na rys. 8 pokazano przekrój poprzeczny płytki kondensatora.



Rys. 8. Przekrój poprzeczny czujnika pojemnościowego

Fig. 8. Cross-section of capacitive sensor

Folia ekranująca od strony opony zmniejsza wpływ opony na wartość pojemności kondensatora C_g . Izolacja zewnętrzna – warstwa żywicy epoksydowej – ogranicza wpływ przewodności gleby na zmiany pojemności kondensatora C_g . Zmiana pojemności czujnika, a tym samym odstrojenie generatora spowodowane jest przez zwiększanie stałej dielektrycznej pomiędzy okładkami kondensatora poprzez zbliżanie strony aktywnej kondensatora do punktu styku opony z glebą.

Dekoder został nastrojony za pomocą wieloobrotowego potencjometru na częstotliwość środkową odpowiadającą położeniu płytki czujnika w odległości około 1 cm od punktu styku z glebą. Układ ten ma także możliwość regulacji szerokości pasma filtra elektronicznego RC, co ma wpływ na czułość detektora.

Widok zamontowanego nowego typu czujnika pomiarowego na badanej oponie przedstawiono na rys. 9.



Rys. 9. Widok zamontowanego czujnika pomiarowego
Fig. 9. Installed measurement sensor

3. Pomiar ciśnienia powietrza w oponie w trakcie przejazdu

Przetwornik ciśnienia



Rys.10. Widok przetwornika ciśnienia
Fig. 10. Pressure transducer

Do pomiaru ciśnienia powietrza w oponie użyto przetwornika ciśnienia firmy Simex typu PC-50 (rys. 10), którego maksymalne ciśnienie wynosi 2,5 bara. Elementem pomiarowym jest piezorezystancyjny czujnik krzemowy. Czujnik daje napięcie wyjściowe proporcjonalne do ciśnienia atmosferycznego i jest układem różnicowym z kompensacją temperatury. Sygnał z przetwornika ciśnienia podawany jest na wzmacniacz pomiarowy i rejestrowany.

Na rys. 11 przedstawiono schemat blokowy układu pomiarowo-rejestrującego użytego w polowych badaniach ww. parametrów (tj. ugięcia, kątów kontaktu opony z glebą oraz zmian ciśnienia powietrza w oponie w trakcie przejazdu).

4. Graficzna interpretacja przetworzonych informacji z czujników pomiarowych

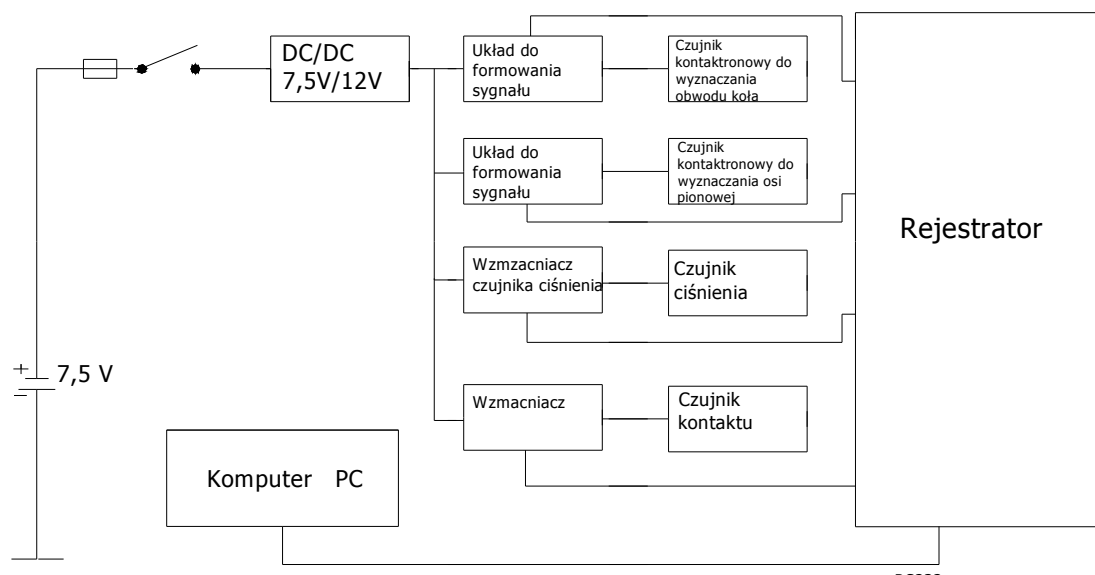
Model matematyczny opisujący wielkość nacisków jednostkowych na styku opony z glebą [1] wykorzystuje uzyskane w trakcie badań polowych wartości kątów współpracy opony z glebą oraz wielkości charakteryzujące oddziaływanie opony na podłoże [2] takie jak: zagłębienie, ugięcie opony na glebie. Przeprowadzone badania polowe ugięcia opony w trakcie przejazdu zostały zarejestrowane i przedstawione na rys. 12.

Wykresy ukazują wybrany fragment przejazdu badanej opony o średnicy $D=1,81\text{m}$ ze stałą prędkością rzeczywistą $V_{rz} = 3\text{km/h}$ w czasie 40 sekund przy zmiennym poślizgu.

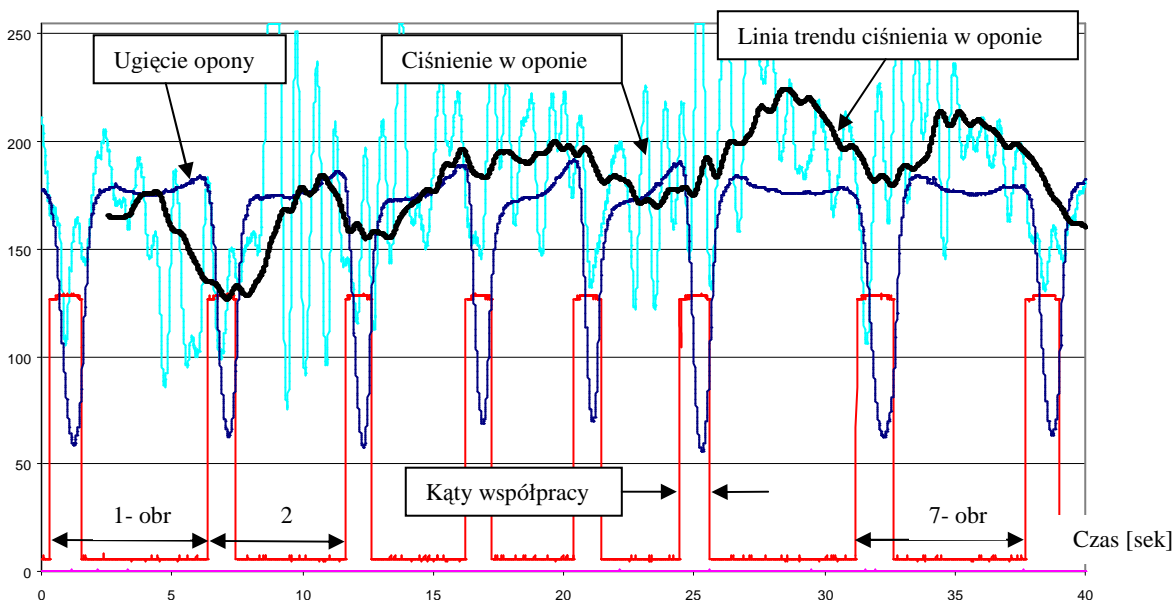
Koło wykonało siedem pełnych obrotów w czasie 37,40 sek. Analiza danych z wykresu została przedstawiona w tab. 1. Na wykresie (rys. 12) oś pionowa przedstawia wartości binarne mierzonych wielkości (0 ÷ 255). W zależności od analizowanych wartości pomiarowych (ugięcia opony, czy też ciśnienia powietrza w oponie) przeliczamy ich wartość binarną na odpowiadającą wielkość ciśnienia w [kPa], a ugięcia w [m].

Z przedstawionego wykresu wynika, że:

- ugięcie opony na odkształcalnym podłożu zmienia się w zależności od poślizgu koła w granicach 0,115 ÷ 0,132 m.
- ciśnienie w oponie zmienia się w granicach 110 ÷ 124 kPa.



Rys. 11. Schemat blokowy układu pomiarowo-rejestrującego w badaniach trakcyjnych
Fig. 11. Block diagram of the measuring and recording system for field tests



Rys. 12. Wykres pomiarowy mierzonych wielkości (ugięcia opony, ciśnienia w oponie, kątów współpracy opony z glebą)
 Fig. 12. Diagram of measured parameters (tire deflection, tire inflation pressure, angles of soil-tire contact)

Tab. 1. Dane uzyskane z wykresu pomiarowego (rys. 12)
 Table 1. Data obtained from diagram of measured parameters (fig. 12)

Numer obrotu koła	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Czas pełnego obrotu koła [sek]	6,03	5,29	4,23	4,14	4,21	6,60	6,50
Prędkość teoretyczna V_t [m/s]	0,94	1,07	1,34	1,37	1,35	0,86	0,87
Prędkość rzeczywista V_{rz} [m/s]	3 km/h = 0,83 m/s						
Prędkość poślizgu V_s [m/s]	0,11	0,24	0,51	0,54	0,52	0,03	0,04
Poślizg s [%]	12	22	38	39	38	3	5
Wartość średnia poślizgu [%]	22,4						
Średnie ugięcie opony [m]	0,119						

5. Wnioski

Przeprowadzone pomiary i wyniki obliczeń, które zestawiono w tab. 1 potwierdzają słuszność przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych elementów pomiarowych oraz założeń teoretycznych. Stanowi to tym samym przyczynek do realizacji przyjętego harmonogramu badań prowadzonych w FAL (Braunschweig) w roku 2007.

6. Literatura

- [1] Jakliński L.: Modele oddziaływania koła pneumatycznego na glebę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Prace Naukowe, Mechanika z. 175, Warszawa 1999.
- [2] Jakliński L.: Monitorowanie rozkładu nacisków jednostkowych w badaniach polowych. Technika Rolnicza, Ogrodnicza Leśna, nr 1/2004.
- [3] Stasiak W.: Modele propagacji nacisków w glebie generowanych przez oponę.
- [4] Sommer C., Lebert M., Jakliński L., Jasiński B.: Bodenschadverdichtung Strategien und physikalischen Bodenschutz. Landtechnik nr 2/2003.