

Stanowisko do badań procesu cięcia roślin energetycznych

Henryk Rode, Paweł Witkowski

Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii,
Instytut Inżynierii Mechanicznej, Zakład Inżynierii Systemów Mechanicznych i Automatykacji
ul. Jachowicza 2, 09-400 Płock, Polska, e-mail: hrode@op.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono projekt nowego stanowiska laboratoryjnego do badań procesu cięcia bezwładnościowego roślin energetycznych. Omówiono budowę, zasadę funkcjonowania oraz sposób prowadzenia badań na stanowisku..

Słowa kluczowe: cięcie rotacyjne, kosiarka rotacyjna, proces cięcia, energia jednostkowa cięcia.

W przypadku roślin energetycznych proces ich cięcia prowadzony jest rotacyjnym zespołem zaadoptowanym z klasycznej kosiarki rotacyjnej [19, 24]. Z uwagi na potrzebę prowadzenia badań procesu cięcia bezwładnościowego w warunkach zbliżonych do polowych zachodzi potrzeba stworzenia nowego stanowiska laboratoryjnego.

WPROWADZENIE

Energia to hasło, które nieustannie towarzyszy rozwojowi człowieka na Ziemi. Dostęp do źródeł energii był niejednokrotnie przyczyną wybuch wojen. Problem zaspakajania potrzeb energetycznych człowieka nabiera coraz większego znaczenia dzisiaj, gdy lawinowo rośnie jej zużycie w wielkich państwach azjatyckich (Chiny, Indie) oraz maleją odkryte złoża kopalnych źródeł energii. Coraz większą uwagę zwraca się na efekt ekologiczny w jej produkcji. Dlatego poszukiwania ekologicznych i tanich źródeł energii np. roślin energetycznych będzie zawsze na czasie [2, 3, 6, 8, 15]. Rośliny te podczas procesu spalania emitują niewielką ilość dwutlenku siarki do atmosfery a jego bilans jest równy zero dzięki pochłanianiu go w procesie wzrostu rośliny [7, 12]. Systematyczny wzrost powierzchni plantacji roślin energetycznych wymusza konieczność optymalizacji procesów zbioru i przetwarzania, a więc także proces cięcia roślin. Znajomość wpływu parametrów konstrukcyjnych i roboczych zespołu tnącego na energię jednostkowa cięcia jest niezbędna do prawidłowego projektowania i optymalizacji tego procesu [5, 9, 10, 11, 23, 25]. Wpływa na konstrukcję zespołu tnącego maszyny rolniczej.

W Instytucie Inżynierii Mechanicznej Politechniki Warszawskiej w Płocku od kilkunastu lat prowadzone są badania procesu cięcia zbóż i traw, a ostatnio także roślin energetycznych. Do badań tych wykorzystywane są stanowiska laboratoryjne o konstrukcji wahadłowej i tarczowej gdzie realizowany jest proces cięcia toporowego i bezwładnościowego roślin [16, 17, 18, 20, 26]

ZAŁOŻENIA I KRYTERIA PROJEKTU

Nowe stanowisko badawcze musi realizować proces cięcia roślin w sposób możliwie zbliżony do procesu realizowanego przez zespół tnący maszyny rolniczej [13, 14]. Elementem tnącym będzie tarcza piły do cięcia drewna. Zespół składać się będzie z dwóch wymiennych tarcz. Możliwa będzie zmiana położenia tarcz względem siebie (stopnia nakładania się) oraz płynna zmiana ich prędkości obrotowej. Możliwa będzie także zmiana kąta nachylenia płaszczyzny tarcz do podłoża. Zespół będzie się przemieszczał na gniazdami roślin z regulowaną bezstopniowo prędkością posuwową.

Nowe stanowisko powinien spełniać następujące kryteria:

- zapewniać bezpieczną pracę w trakcie przeprowadzania badań,
- zapewniać trwałość elementów tnących,
- umożliwić szeroki zakres regulacji prędkości obrotowej zespołu tnącego,
- umożliwić szeroki zakres regulacji prędkości posuwu zespołu tnącego,
- zapewnić niskie koszty budowy stanowiska.

PROJEKT STANOWISKA

Stanowisko badawcze do badań procesu cięcia roślin energetycznych składa się z dwóch wzajemnie współpracujących zespołów roboczych (zespół tnący i zespół płytowo-prowadzący) osadzonych w ramie konstrukcyjnej (1).

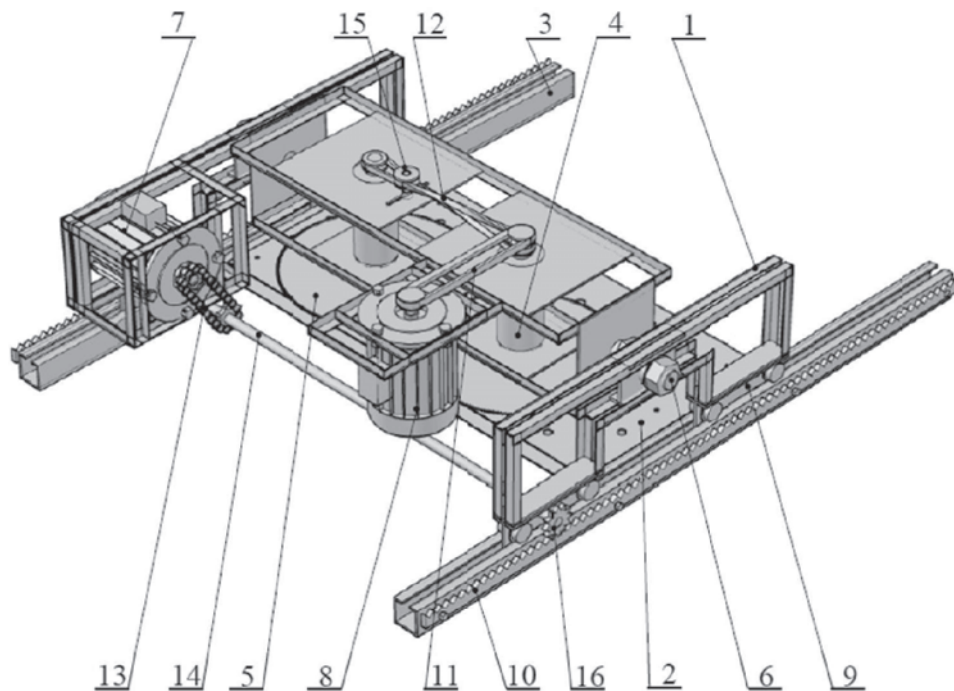
W skład zespołu tnącego wchodzi dwie piły tarczowe (5) o średnicy 400 mm każda. Są one przymocowane za pomocą śrub do kolumn roboczych (4). Odległość między nimi wynosi 10 mm. Kolumny robocze (4) połączone są przekładnią pasową z pasem klinowym ułożonym w kształcie ósemki (12). Taki sposób ułożenia pasa klinowego przy odpowiednim jego naciągnięciu za pomocą napinacza (15), pozwala osiągnąć przeciwne kierunki wirowania pił tarczowych. Zespół tnący uzyskuje napęd przez przekładnię pasową (11) z silnika elektrycznego trójfazowego (8) umieszczonego w ramie, w sposób, umożliwiający płynną regulację naciągu pasa klinowego.

W skład zespołu płytowo-przewodzącego wchodzi dwa arkusze blach (2). Są one ułożone równolegle w odległości 50 mm. Posiadają wycięte parami otwory umożliwiające mocowanie próbek łodyg roślin energetycznych. Każda kolejna para otworów posiad inną średnicę. Płyty są połączone z prowadnicami (3) nierozłącznie, co pozwala uzyskać stabilną konstrukcję tego zespołu.

Prędkość liniową zespołu tnącego uzyskuje się za pomocą pary przekładni zębatach listwowych. Zbudowana one są z listew zębatach (10) zazębiających się z kołami

zębataymi (16). Listwy zębata (10) przymocowane są po zewnętrznych stronach prowadnic zespołu tnącego (3). Koła zębata (16) osadzone są na wale napędowym (14) zamontowanym obrotowo w wózkach (9). Przekładnie zębata listwowe otrzymują napęd z silnika elektrycznego trójfazowego (7) przez przekładnie łańcuchową (13). Silnik elektryczny trójfazowy posuwu zespołu tnącego (7) zamocowany jest w ramie konstrukcyjnej (1) w sposób umożliwiający płynną regulację naciągu łańcucha.

Sterowanie prędkością obrotową silnika elektrycznego napędu kolumn (8) odbywa się przez falownik utrzymujący stały stosunek napięcia do częstotliwości od częstotliwości startowej do bazowej. Sterowanie prędkością obrotową silnika elektrycznego posuwu zespołu tnącego (7) wykonuje się przez falownik dopasowujący charakterystykę napięcia do częstotliwości nie liniowo, lecz zależnie od właściwego w danej chwili obciążenia. Wartość prędkości obrotowej silnika elektrycznego posuwu zespołu tnącego (7) tak jak silnika elektrycznego napędu kolumn (8) dokonuje się przez zadanie odpowiedniej częstotliwości. Żądaną wartość częstotliwości wprowadza się w program komputerowy (DriveView) dedykowany dla falowników LG.



- | | |
|---|---|
| 1. rama konstrukcyjna/ construction frame, | 9. wózek/truck |
| 2. płyta z gniazdami mocowań próbek roślin/ plate with fixing sockets for plant samples, | 10. listwa zębata/rack, |
| 3. prowadnica zespołu tnącego/cutting unit fence | 11. przekładnia pasowa napędzająca zespół tnący/transmission belt driving the cutting unit |
| 4. kolumna robocza/ working column | 12. przekładnia pasowa z pasem klinowym ułożonym w ósemkę/transmission with a V-belt laid out in eight, |
| 5. piła tarczowa/ disc saw, | 13. przekładnia łańcuchowa/chain transmission, |
| 6. regulacja kąta pochylenia zespołu tnącego/ regulation of the inclination angle of the cutting unit | 14. wał napędowy/ driving shaft |
| 7. silnik elektryczny posuwu zespołu tnącego/ electric engine of the cutting unit slide, | 15. napinacz paska klinowego/belt tensioner, |
| 8. silnik elektryczny napędu kolumn/ electric engine of the columns drive, | 16. koło zębata/ sprocket |

Rys. 1. Stanowisko badawcze do badań procesu cięcia

Fig. 1. The test stand for testing the cutting process

Badane lodygi roślin mocowane są w otworach na płytach a następnie ścinane przez rotacyjny zespół tnący. Wynik badania jest rejestrowany w postaci wykresu, z którego można odczytać wzrost pobór prądu elektrycznego w funkcji czasu. Na tej podstawie można wyliczyć energię jednostkową cięcia.

Pod pojęciem energii jednostkowej cięcia należy rozumieć całkowitą energię potrzebną do realizacji procesu cięcia przypadającą na jednostkę powierzchni przekroju ciętych roślin.

MATERIAŁ BADAWCZY

Materiałem dedykowanym do badań na nowym, wyposażonym w dwutarczowy zespół tnący stanowisku są rośliny energetyczne. Charakteryzują się one bardzo zróżnicowaną budową morfologiczną. Wspólną ich cechą jest to, że można je wykorzystać jako materiał energetyczny w postaci biomasy. Charakteryzują się następującymi właściwościami [1, 4, 21, 22]:

- wysoką odpornością na choroby i szkodniki,
- wysoką wartością opałową,
- niewielką ilością dwutlenku węgla emitowaną do atmosfery w procesie spalania,
- możliwie najwyższym przyrostem suchej masy w okresie wegetacyjnym,
- małymi wymaganiami glebowymi,
- możliwością wykorzystania nieużytków pod uprawę,
- dużą masą właściwą, która jest niezwykle ważna przy transporcie i magazynowaniu w obrębie kotłowni,
- podatnością na zmechanizowanie czynności agrotechnicznych związanych z założeniem plantacji, jej utrzymaniem i zbiorem biomasy.

Do grupy tych roślin zaliczyć można: wierzbę wiciową, słonecznik bulwiasty (topinambur), topole, ślazieriec pensylwański, róże wielokwiatową, miskanta olbrzymiego, rdest sachaliński i inne.

PODSUMOWANIE

Nowe stanowisko badawcze będzie najbardziej zaawansowane technicznie z wszystkich stanowisk do badań procesu cięcia zbudowanych w Instytucie Inżynierii Mechanicznej Politechniki Warszawskiej w Płocku. Będzie dawać także największe możliwości badawcze.

Budowa i zasada funkcjonowania zastosowanego na stanowisku zespołu tnącego jest bardzo zbliżona do konstrukcji zespołów tnących stosowanych w maszynach rolniczych. Dzięki zastosowanym rozwiązaniom konstrukcyjnym będzie można prowadzić badania, które pozwolą bliżej poznać proces cięcia, dokonać doboru parametrów roboczych i konstrukcyjnych, geometrii zębów pił tarczowych, określić energochłonność procesu cięcia poszczególnych roślin. Pozwoli to udoskonalać istniejące a także tworzyć nowe, bardziej zaawansowane konstrukcje rotacyjnych zespołów tnących przystosowane do cięcia roślin energetycznych.

LITERATURA

1. **Baran D., Kwaśniewski D., Mudryk K. 2007:** Wybrane właściwości fizyczne trzyletniej wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, nr 8(96), 7-12.
2. **Cisek J., Mruk A., Hlavňa V. 2011:** The properties of a HDV diesel engine fuelled by crude rapeseed oil. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa – OL PAN*, XI, 29-39.
3. **Dreszer K., Michałek R., Roszkowski A. 2003:** Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie. Wydawnictwo PTIR, Kraków – Lublin –Warszawa.
4. **Dubas J., Grzybek A., Kotowski W., Tomczyk A. 2004:** Wierzba energetyczna – uprawa i technologie przetwarzania. Wyższa Szkoła Ekonomii i Administracji. Bytom.
5. **Frączek J., Mudryk K. 2006:** Metoda określenia oporów cięcia pędów wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, nr 8(83), 91-98.
6. **Gradzik P., Grzybek A., Kowalczyk K., Kościak B. 2003:** Biopaliwa. Warszawa.
7. **Grzybek A. 2002:** Biomasa jako alternatywne źródło energii. Warszawa.
8. **Izdebski W., Jadeszko P., Skudlarski J., Zając S. 2011:** Analiza możliwości pozyskania biomasy leśnej na cele energetyczne na przykładzie nadleśnictwa Pomorze. *MOTROL*, Vol. 13, Lublin, 157-163.
9. **Kowalczyk-Jusko A., Kulig R., Laskowski J. 2011:** The influence of moisture content of selected energy crops on the briquetting process parameters. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa – OL PAN*, XI, 189-196.
10. **Kowalski S. 1993:** Badania oporów cięcia wybranych roślin. *Zeszyt Prob. Post. Nauk Rol.* 408, 297- 303.
11. **Kwaśniewski D., Mudryk K., Wróbel M. 2006:** Zbiór wierzby energetycznej z użyciem piły łańcuchowej. *Inżynieria Rolnicza*, nr 13(88), 271-276.
12. **Lipski R. 2011:** Wykorzystanie biomasy jako energii odnawialnej w Polsce na przykładzie ciepłowni opalanej słomą w gminie Wieniawa. *MOTROL*, Vol. 13, Lublin, 164-172.
13. **Lisowski A. i inni. 2010:** Technologie zbiorów roślin energetycznych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
14. **Lisowski A. 2006:** Ścinanie i rozdrabnianie wierzby energetycznej, *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 4, 8-11.
15. **Niedziółka I. Zuchniarz A. 2006:** Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. *MOTROL*, Vol. 8A, Lublin, 232-237.
16. **Rode H., Szpetulski J. 2010:** The study of the willow viminalis cutting process. *Bioagrotechnical Systems Engineering*. vol.6(22), Płock, 63-75.
17. **Rode H., Witkowski P. 2011:** Moisture influence on the unitary energy of a cutting process of selected energy plants. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa – OL PAN*, XI, Lublin, 317-325.
18. **Rode H. 2011:** The energy of a cutting process of a selected energy plant. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa – OL PAN*, XI, 326-334.

19. **Rode H., Witkowski P. 2012:** „The study of the rotary cutting process of energy plants”. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa – OL PAN, XII, nr 1, 231-235.
20. **Rode H., Witkowski P. 2012:** „Porównanie procesu cięcia wierzby konopianej i ślazuwca pensylwańskiego”. MOTROL Vol. 14, nr. 1, Lublin – Rzeszów, 111-114.
21. **Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.J. 2004.** Wierzba energetyczna. Wydawnictwo Plantpress Sp. z o.o., Kraków.
22. **Szczukowski S., Tworkowski J., Wiwart M., Przyborowski J. 2002:** Wiklina (Salix Sp.) Uprawa i możliwości wykorzystania. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn.
23. **Szymanek M. 2007:** Analysis of cutting process of plant material. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa – OL PAN, VIIA, 107-113.
24. **Witkowski P. 2011:** Stanowisko do badań procesu cięcia roślin. Rozdział w monografii Inżynieria mechaniczna – innowacje dla przedsiębiorstw. 129-132. Politechnika Warszawska, Płock.
25. **Żuk D. 1979:** Określenie koniecznej prędkości elementów tnących w maszynach do ścinania źdźbeł i łodyg. Maszyny i Ciągniki Rolnicze nr 3/1979. Warszawa.
26. **Żuk D. 1986:** Proces cięcia źdźbeł zbóż. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Mechanika z. 95. Warszawa.

A DESIGN OF LABORATORY STATION FOR STUDYING THE CUTTING PROCESS OF PLANTS

Summary. The article presents a design of a new laboratory station for studying the cutting process of plants. Two overlapping disks of saws were used as a cutting unit. The construction, the functioning and the way of researching are also presented in the article. The station is designed mainly for studying the energy of the cutting process of energy plants.

Key words: rotary cutting process, rotary mower, cutting process, unitary energy of cutting, energy plants.