

DOI: 10.5604/20830157.1109260

# ELEKTROTECHNOLOGIE WSPOMAGAJĄCE PRZETWARZANIE MATERIAŁÓW DIELEKTRYCZNYCH POCHODZENIA ROŚLINNEGO

**Andrzej Sumorek**

Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej

**Streszczenie.** Opracowanie ma charakter przeglądowy. Zamieszczono w nim charakterystykę dwóch elektrotechnologii opracowanych w Katedrze Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej tj.: suszenia konwekcyjnego w obecności pola elektrycznego oraz odpylania za pomocą filtrów bifilarnych. Artykuł zawiera wybrane wyniki opisujące oszczędności energii wynikające ze stosowania tych technologii.

**Słowa kluczowe:** Suszenie konwekcyjne, elektrofiltr bifilarny

## ELECTROTECHNOLOGIES SUPPORTING OF DIELECTRIC PLANT MATERIAL PROCESSING

**Abstract.** The article has a review character. The characteristics of the two electrotechnologies developed by Department of Computer and Electrical Engineering is described ie. convective drying in the presence of an electric field and dust removal using bifilar filters. This article presents selected results describing the energy savings resulting from the application of these technologies.

**Keywords:** Convective drying, bifilar electrostatic precipitator

### Wstęp

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej powstała 22 stycznia 2004 roku z przekształcenia Katedry Elektrotechniki Ogólnej, utworzonej 1 października 1991 roku w ramach reorganizacji Wydziału Elektrycznego, poprzez wydzielenie z Zakładu Podstaw Elektrotechniki.

Bezpośrednie wykorzystanie energii elektrycznej w procesach obróbki materiałów pochodzenia organicznego prowadzi często do podniesienia sprawności, obniżenia energochłonności oraz zmian jakościowych procesów i materiałów. Przykładem takiej elektrotechnologii jest wspomaganie procesu suszenia konwekcyjnego za pomocą pola elektrycznego i wiatru jonowego. Innym opracowanym w Katedrze rozwiązaniem jest układ elektrofiltru usuwającego zanieczyszczenia gazów z uzwojeniem bifilarnym.

### 1. Wspomaganie suszenia konwekcyjnego

Już na początku dwudziestego wieku sygnalizowano teoretyczną możliwość istnienia wpływu pola elektrycznego i magnetycznego na przewodność cieplną gazów [7]. W ramach prac badawczych skupiono się na praktycznym badaniu wpływu pola elektrycznego na: strukturę wewnętrzną suszonego materiału dielektrycznego (tym samym modyfikację przebiegu procesu suszenia) oraz na transport ciepła w gazach.

O zmianie przebiegu procesu suszenia konwekcyjnego mogą decydować siły elektrostrykcyjne, usiłujące zdeformować pierwotną strukturę dielektryka warstwowego (poprzez ściskanie lub rozciąganie poszczególnych warstw). Deformacja prowadzi do zmiany gęstości dielektryka, co jest kolejną przyczyną zmian jego przenikalności dielektrycznej. Możliwe jest wyznaczenie gęstości objętościowej sił elektrostrykcji  $f_e$  [1, 5]:

$$f_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 \operatorname{grad} \left( E^2 \rho \frac{\partial \epsilon_r}{\partial \rho} \right) \quad (1)$$

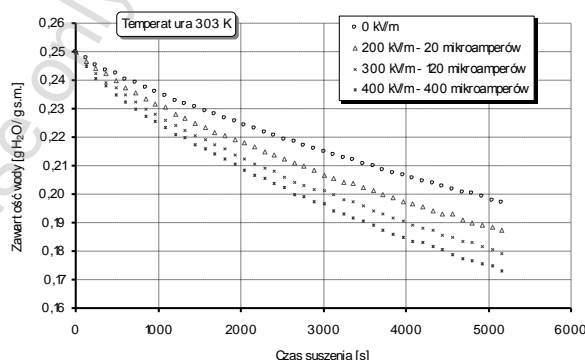
gdzie:  $f_e$  – gęstość objętościowa sił elektrostrykcji,  $\text{N} \cdot \text{m}^{-3}$ ;  $E$  – natężenie pola elektrycznego,  $\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$ ;  $\epsilon_0$  – przenikalność dielektryczna próżni,  $\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$ ;  $\epsilon_r$  – przenikalność elektryczna względna;  $\rho$  – masa właściwa,  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Teoretycznie zakładano, że w dielektrykach warstwowych (np. ziarna zbóż) siły elektrostrykcyjne powodują ściskanie jednych słojev warstwowego dielektryka a rozciąganie innych. Wielkość siły zależy od przenikalności elektrycznej poszczególnych słojev obiektu, zaś ściskanie i rozciąganie słojev ziarniaka prowadzi do zmiany zdolności do zatrzymywania wilgoci [10].

Wyniki badań wpływu pola elektrycznego na zjawiska towarzyszące konwekcyjnemu usuwaniu wody z powierzchni ciał

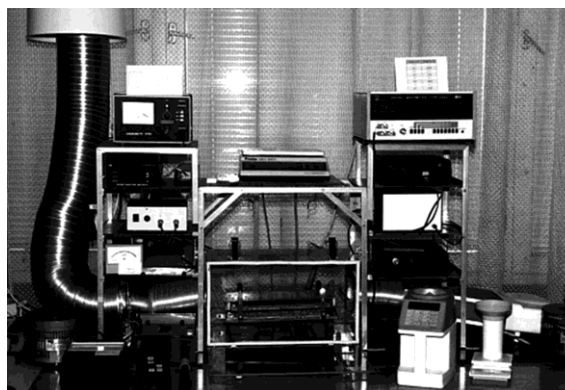
plaskich i o kształcie walcowym można znaleźć w pracach [6, 7]. Opisywane tam stanowiska badawcze były tak skonstruowane, że z góry stworzono warunki do występowania wyładowań niezupełnych. Dodatkowo oprócz napięcia pomiędzy elektrodami mierzony był prąd ulotu. Stanowisko z rys. 2 pozwala na obserwację procesu suszenia w sytuacji, gdy na suszony materiał działa pole elektryczne oraz pole elektryczne z wiatrem jonowym.

Na rys. 1 zamieszczono krzywe suszenia odzwierciedlające przebieg procesu, w trakcie którego wartość prądu ulotu utrzymywana była na stałym poziomie, zarejestrowane w zbudowanym stanowisku suszarniczym.



Rys. 1. Wybrane krzywe suszenia dla stałych wartości prądu ulotu

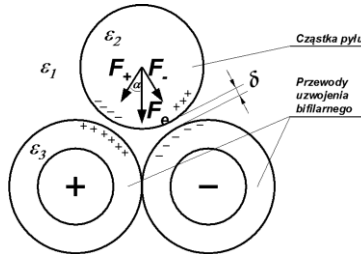
Dzięki stanowisku badawczemu z rys. 2 zweryfikowano negatywnie hipotezę o wpływie sił elektrostrykcyjnych na kinetykę suszenia. Układ pomiarowy z matrycą elektrod ostrzowych umożliwił wytworzenie pola wraz z wiatrem jonowym, co pozwoliło na praktyczną pozytywną weryfikację hipotezy o wspomaganiu procesu suszenia konwekcyjnego przez wiatr jonowy [3, 8, 9].



Rys. 2. Stanowisko do badania procesu suszenia konwekcyjnego

## 2. Filtr bifilarny

Innego rodzaju rozwiązaniem opracowywanym i testowanym w ramach zadań badawczych Katedry jest elektrofiltr bifilarny. Pyły organiczne zaliczane się do dielektryków. Wzajemne oddziaływanie pola elektrycznego wytworzonego przez elektrody uzwojenia bifilarnego oraz ładunków dielektrycznych pyłu wywołuje siłę przyciągającą cząstkę (rys. 3) [2, 5]. W przemiennym polu elektrycznym zmiany polaryzacji ładunków na powierzchniach cząstek pyłu i izolacji podążają za zmianami pola, dlatego kierunek siły pozostaje stały.

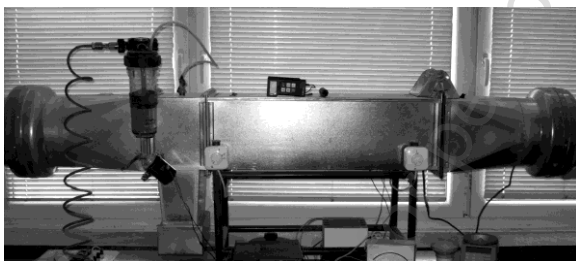


Rys. 3. Siła działająca na cząstkę pyłu w polu uzwojenia bifilarnego

Możliwe jest opisanie siły  $F_e$  oddziaływującej na cząstkę dielektryka przylegającego do uzwojenia bifilarnego [4]:

$$F_e = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 U^2 S_{ef} \cos \frac{\alpha}{2}}{\left( 2\delta + 2l_3 \sqrt{\frac{\gamma_1^2 + \omega^2 \varepsilon_0^2 \varepsilon_1^2}{\gamma_3^2 + \omega^2 \varepsilon_0^2 \varepsilon_3^2}} + l_2 \sqrt{\frac{\gamma_1^2 + \omega^2 \varepsilon_0^2 \varepsilon_1^2}{\gamma_2^2 + \omega^2 \varepsilon_0^2 \varepsilon_2^2}} \right)^2} \quad (1)$$

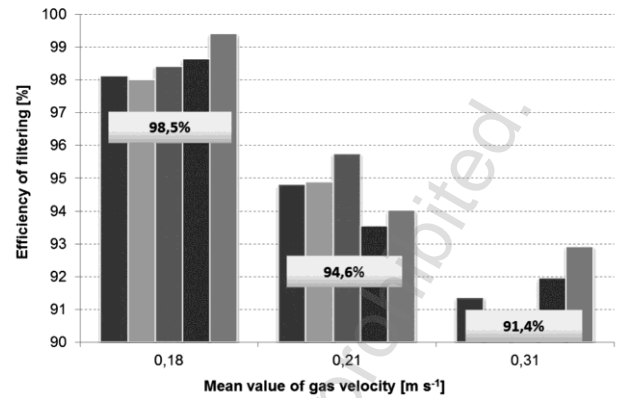
gdzie:  $F_e$  - siła przyciągania cząstki dielektryka, N;  $\varepsilon_0$  - stała dielektryczna ( $8,85 \cdot 10^{-12}$  F m<sup>-1</sup>);  $\varepsilon$  - względna przenikalność dielektryczna: 1 - środowiska, 2 - cząstki, 3 - izolacji;  $\gamma$  - przewodność dielektryczna, 1 - środowiska, 2 - cząstki pyłu, 3 - izolacji uzwojenia, S m<sup>-1</sup>;  $\delta$  - wielkość szczeliny powietrznej pomiędzy cząstką a uzwojeniem, m;  $l_2$  - odległość pomiędzy punktami kontaktu cząstki z przeciwnymi przewodami uzwojenia, m;  $l_3$  - grubość izolacji uzwojenia bifilarnego, m;  $S_{ef}$  - średni przekrój efektywny przenikania strumienia indukcji elektrycznej przez cząstkę dielektryka, m<sup>2</sup>;  $\omega$  - pulsacja napięcia uzwojenia, s<sup>-1</sup>;  $\alpha$  - kąt (rys. 3);  $U$  - wartość napięcia zasilającego, V.



Rys. 4. Półtechniczna wersja odpylacza bifilarnego

Opracowany model odpylacza (rys. 4) bifilarnego filtruje ze skutecznością dochodzącą do 99 %. Pozwala to na pozytywne myślenie o możliwości przemysłowego zastosowania filtrów bifilarnych. Pożądane jest podniesienie dotychczasowej skuteczności usuwania pyłów z powietrza do uzyskiwanej przez elektrofiltry tj. 99,9% [2, 4] (rys. 5). Takie wartości można osiągnąć w wersji hybrydowej łącząc elektrofiltr bifilarny z filtrem tkaninowym lub cyklonowym.

Konstrukcja i zasada działania filtra bifilarnego umożliwia zastosowanie go w środowisku pyłów wybuchowych (młyny, kaszarnie, mieszalnie pasz itp.). Osiągnięte wartości skuteczności odpylania są porównywalne z elektrofiltrami wyładowczymi, które mogą pracować tylko w środowisku niepalnym (np.: pyły z kotłów węglowych). Minimalne zużycie energii przez uzwojenie, skutkuje małą energochłonnością całego układu filtra [2, 4].



Rys. 5. Skuteczność odpylania dla wybranych prędkości strumienia gazu (napięcie zasilania 13 kV, przekrój przewodu 0,5 mm<sup>2</sup>) [4]

## 3. Podsumowanie

Kontynuowane są prace z zakresu wykorzystania pola elektrycznego w przemyśle rolno-spożywczym (urządzenia suszarnicze i odpylające). Większe możliwości praktycznego zastosowania ma filtr bifilarny.

Komplementarną częścią prac jest badanie właściwości elektrycznych materiałów, które podlegają oddziaływaniu elektrycznemu w procesie technologicznym. W przypadku procesów suszarniczych jest to ziarno zbóż. Do badanych parametrów należą: rezystywność, przenikalność elektryczna, tangens kąta stratności. W procesie odpylania istotną jest znajomość takich właściwości elektrycznych pyłu jak rezystywność, przenikalność, wytrzymałość na przebicie.

## Literatura

- [1] Baran J.: Influence of some material properties on electrostrictive effects within a dielectric model of grain. Proc. of the 11th Congress on Agr. Eng., vol. 4 1989, Dublin.
- [2] Pietrzyk W. (red.): Elektrofiltr bifilarny do usuwania pyłów pochodzenia roślinnego. Wydawnictwo Naukowe FRNA, Lublin 2008.
- [3] Pietrzyk W., Grundas S., Horyński M., Sumorek A.: Wykorzystanie pola elektrostatycznego i ozonu do obniżania energochłonności procesu suszenia ziarna zbóż. Acta Agrophysica PAN, 16, Lublin 1998.
- [4] Pietrzyk W., Horyński M., Sumorek A., Ścibisz M., Walusiak S., Grundas S.: Uzwojenia bifilarne do odpylania w przemyśle rolno-spożywczym. Acta Agrophysica PAN, 43, Lublin 2001.
- [5] Pietrzyk W.: Electric field influence on grain. Acta Agrophysica, 5, Lublin 1996.
- [6] Sadek S.E., Fax R. G., Hurwitz M.: The influence of electric fields on convective heat and mass transfer from a horizontal surface under forced convection. Trans. ASME, 1972, p. 144-148.
- [7] Senftleben H., Braun W.: Der Einfluss elektrischer Felder auf den Wärmestrom in Gasen. Z. Phys., 102, 1936, s. 480-556.
- [8] Sumorek A., Pietrzyk W.: Influence of corona wind on the convective wheat grain drying course. International Agrophysics, 01/2001.
- [9] Sumorek A.: Wpływ pola elektrycznego na konwekcyjne suszenie ziarna zbóż. Acta Agrophysica PAN, 41, Lublin 2001.
- [10] Taruszkina W.I.: Distribution of ponderomotive forces on grains during separation. M.I.E.S.Ch., 12/1983, p. 35-39.

Dr inż. Andrzej Sumorek  
e-mail: a.sumorek@pollub.pl

Absolwent Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki. Tam w 1999 roku uzyskał tytuł doktora nauk technicznych. Aktualnie p.o. Kierownika Katedry Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej. Kierunki prac badawczych i zainteresowań: zastosowanie technologii wykorzystujących pole elektromagnetyczne w urządzeniach przemysłowych, programowanie w środowisku graficznym (LV), administracja systemami operacyjnymi z rodziny Windows.



otrzymano/received: 17.05.2014

przyjęto do druku/accepted: 29.05.2014