ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1972

Seria: ELEKTRYKA z. 35 Nr kol. 274

EWELINA LITWINOWICZ

Instytut Podstawowych Problemów
Elektroniki i Energoelektroniki

ROLA ELEKTRYCZNOŚCI STATYCZNEJ NA PRZYKŁADZIE URZĄDZENIA "FELTR"

Streszczenie. W pracy omówiono zjawisko indukowania się ładunków elektrostatycznych oraz sposoby ich usuwania na przykładzie prototypowego urządzenia "feltr" wykonanego z plexi. Urządzenie przeznaczone jest do badania dynamiki przepływu masy drzewnej w procesie produkcji płyt pilśniowych.

Ładunki elektryczności statycznej powstające na urządzeniach produkcyjnych stwarzają w przemyśle duże kłopoty natury technologicznej i bezpieczeństwa obsługi. Wskutek dużej gęstości powierzchniowej gromadzącego się ładunku może nastąpić przekroczenie wytrzymałości elektrycznej otaczającego powietrza i powstanie wyładowania iskrowego. Energia przenoszona przez wyładowanie iskrowe stwarza duże zagrożenie pożarowo-wybuchowe, a występowanie wysokich napięć elektrostatycznych rzędu dziesiątek i setek kilowoltów może być przyczyną przykrych wstrząsów, które pośrednio mogą być przyczyną porażeń prądem elektrycznym. Duże znaczenie praktyczne ma więc zabezpieczenie urządzeń przed skutkami elektryczności statycznej, zapobieganie powstawaniu nadmiernej gęstości ładunku elektrostatycznego oraz możliwie szybkie i bezpieczne jego usunięcie.

Istnieje szereg różnorodnych teorii opisujących zjawisko powstawania ładunku elektryczności statycznej. Teorie te zgodnie stwierdzają, że proces elektryzacji jest czysto powierzchniowy, przy czym na granicy styku dwóch różnych ciał powstaje podwójna warstwa elektryczna, a po ich rozsunięciu następuje oddzielenie ładunku.

Mechanizm elektryzacji ciał opiera się na hipotezach zakładających powstanie ładunku elektrycznego na skutek przechodzenia elektronów lub jonów przez warstwę graniczną lub na orientacji spolaryzowanych dipoli. W tych wszystkich mechanizmach powstawania ładunku elektrostatycznego niepomijalne znaczenie posiada tarcie dwóch ciał o siebie, przy czym znak gromadzonego ładunku oraz gęstość powierzchniowa na powierzchniach styku uzależniona jest od rodzaju materiałów trących, stanu ich powierzchni, wilgotności itp. Praktycznie tylko w nielicznych wypadkach można przeciwdziałać powstawaniu ładunków elektrostatycznych np. przez odpowiedni do-

bór materiałów. W istocie najważniejszym jest wybór odpowiedniej metody odprowadzania ładunków oraz usuwania skutków ich działania. Do metod tych należą:

a) uziemianie urządzeń produkcyjnych i ich elementów,
b) zwiększenie przewodności powierzchniowej,
c) zwiększenie pojemności elektrycznej układu,
d) jonizacja powietrza.

Odprowadzanie ładunku elektrostatycznego z powierzchni naelektryzowanej do ziemi poprzez przewodnik uziemiony o odpowiedniej trwałości mechanicznej jest skuteczne dla powierzchni przewodzących. Dla naelektryzowanych powierzchni nieprzewodzących metoda ta jest niewłaściwa, ponieważ ładunek elektrostatyczny nie mogący się swobodnie przesuwać po materiale odprowadzany jest tylko z powierzchni styku przewodu uziemiającego z powierzchnią naelektryzowaną.

Ilość odprowadzanego ładunku w czasie zgodnie z wzorem:

$$Q = Q_0 \, e^{-t/RC} \; [C],$$

gdzie

R – opór powierzchniowy $[\Omega]$
C – pojemność elektryczna układu $[F]$

uzależniona jest od stałej czasowej RC obwodu, a więc zwiększenie przewodności powierzchniowej (zmniejszenie oporu R) dielektryka daje proporcjonalnie szybszy odpływ ładunków z naelektryzowanej powierzchni. Przewodność powierzchniową można zwiększyć podnosząc wilgotność względną otaczającego powietrza powyżej 75% (80%), pod warunkiem, że dielektryk nie jest materiałem hydrofobowym. Inne metody zwiększania przewodności powierzchniowej to metalizacja, pokrywanie powierzchni półprzewodzącym szkliwem ceramicznym lub stosowanie chemicznych preparatów antystatycznych [2] zapobiegających powstawaniu ładunków elektrostatycznych.

Jednym z najgroźniejszych zjawisk towarzyszących powstawaniu ładunków jest powstanie przy określonej różnicy potencjałów wyładowania iskrowego. Kanał iskry w bardzo krótkim czasie osiąga bardzo wysokie temperatury, co w przestrzeni zawierającej mieszaniny par z powietrzem lub gazów może doprowadzić do ich zapłonu.

Rozpatrując podstawowe równania

$$W = \frac{1}{2} Q.U \; [J] \quad \text{oraz} \quad U = \frac{Q}{C} \; [V]$$

widzimy, że zwiększenie pojemności układu zmniejsza napięcie, a więc i energię iskry niezbędną do wywołania zapłonu mieszaniny wybuchowej, przy

założonej stałości ładunku w czasie. Badania dla określenia minimalnej energii iskry niezbędnej do wywołania zapłonu dla różnych mieszanin par z powietrzem przeprowadzało wielu autorów, których wyniki cytuje Šimorda [4]. Badania takie przeprowadzał również Instytut Przemysłu Organicznego w Warszawie [2].

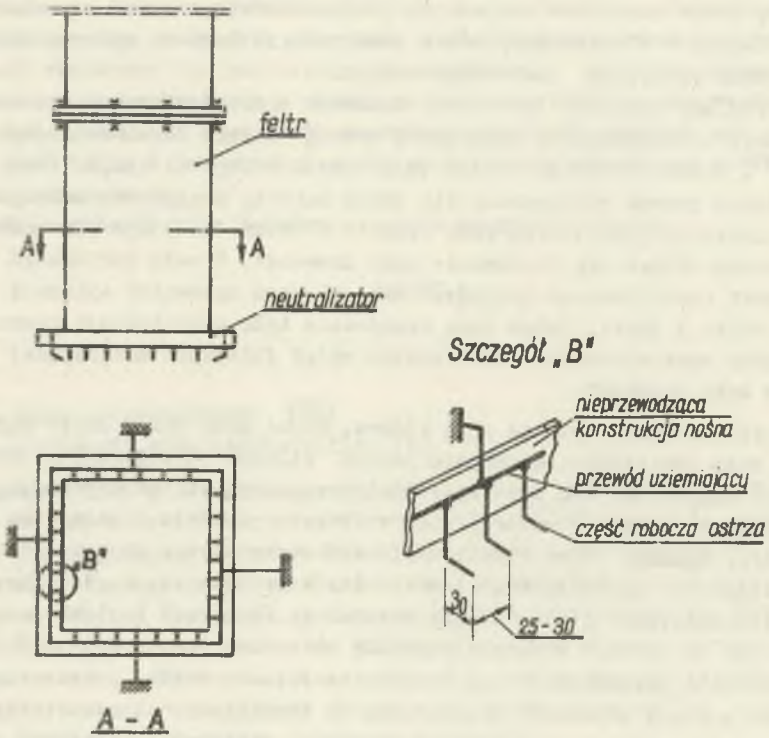
Ostatnią najefektywniejszą metodą eliminacji ładunków elektrostatycznych jest jonizacja powietrza. Wytwarzając w powietrzu odpowiednio dużą liczbę jonów dodatnich i ujemnych jony posiadające znak przeciwny niż znak ładunków elektrostatycznych zobojętniają ładunek zgromadzony na powierzchni materiału naelektryzowanego.
Interesujący przykład generacji ładunków elektrostatycznych miał miejsce w stacji doświadczalnej pracującej metodą suchego formowania płyt pilśniowych[x]. Proces formowania płyt pilśniowych polega na tym,że lekko wilgotne włókna drewna przepuszcza się przez baterię urządzenia zwanego feltrem pod ciśnieniem ok. 1 atm. Przy wylocie z feltra znajduje się transporter, na którym odbywa się formowanie masy drzewnej. W celu dokładnego zbadania dynamiki turbulentnego przepływu masy włókien drzewnych wykonano prototypowy feltr z plexi. Celem tego urządzenia było umożliwienie naocznej obserwacji oraz wykonania odpowiednich zdjęć filmowych znajdującej się w ruchu masy drzewnej.

W wyniku tarcia między sobą włókna, które przy małej masie mają stosunkowo duże powierzchnie, ulegają bardzo silnemu naładowaniu. Naładowane włókna odpychając się lub przyciągając wyginają się po wyjściu na transporterze w różnych kierunkach, co w efekcie powoduje niewłaściwą strukturę płyt. Opisany efekt elektryzacji włókien w równym stopniu odnosi się do urządzenia prototypowego jak i feltrów produkcyjnych. W feltrze prototypowym dodatkowo generował się ładunek na ściankach z plexi, a przylepiające się do ścianek włókna utrudniały obserwację ruchu masy włókien. W celu usuwania gromadzącego się ładunku ze ścianek feltra zalecono uziemioną siatkę z folii metalowej przyklejoną do wewnętrznych i zewnętrznych ścian feltra, jak również uziemienie wszystkich metalowych urządzeń pomocniczych (klapy turbulizacyjne, przewody odprowadzające pył spod feltra, rury doprowadzające włókna do feltra i inne). W celu neutralizacji ładunku niesionego przez strumień włókien drzewnych zaproponowano zastosowanie neutralizatorów indukcyjnych ostrzowych u wylotu feltra na całym jego obwodzie oraz nad taśmą transportera. Zaproponowaną konstrukcję przedstawia rys. 1.

Neutralizatory indukcyjne są urządzeniami bardzo prostymi w budowie. Zasada ich działania oparta jest na jonizacji powietrza otaczającego,przy czym do wywołania jonizacji zużytkowuje się potencjał pola elektrycznego

---

[x] Zagadnienie to było tematem pracy naukowo-usługowej dla przemysłu wykonanej w Instytucie Podstawowych Problemów Elektrotechniki i Energoelektroniki [1].



Rys. 1. Sposób zamocowania neutralizatora ostrzowego na wylocie z feltra

naładowanego materiału. Na drewnianych lub metalowych prętach nośnych przytwierdza się dobrze uziemione ostrza lub miotełki z cienkich drucików. Wiadomo, że jeżeli w pierwotne pole elektrostatyczne wprowadzimy przewodnik uziemiony o dużej krzywiźnie, to pole elektryczne między elektrodami będzie silnie niejednostajne. W części pola koło ostrza przy natężeniach 30 kV/cm i więcej wystąpią procesy lawinowe jonizacji elektronowej. W przypadku ostrza ujemnego odbywa się ruch elektronów i jonów ujemnych do anody, w przypadku ostrza dodatniego chmura jonów dodatnich biegnie do katody. Jony dodatnie lub ujemne docierając do elektrody przeciwnej (którą jest powierzchnia naelektryzowana) zobojętniają zgromadzony na niej ładunek. Cechą charakterystyczną pracy neutralizatorów indukcyjnych są dość duże prądy jonizacyjne i w związku z tym w okolicznościach, gdy występuje zbyt duże zagrożenie wybuchowe (np. działy przemysłu chemicznego, farb i lakierów itp.) metoda ta niestety nie może być stosowana.

Omówiony przykład feltra wyraźnie wskazuje na ważność zjawiska występowania elektryczności statycznej. Zjawisko to jest bardzo powszechne i w wielu przypadkach utrudnia i komplikuje technologię produktów, mimo to nie zawsze jest doceniane [3].

Rozwiązanie problemu w postaci uziemienia wszystkich urządzeń produkcyjnych, na których mogą gromadzić się ładunki elektrostatyczne oraz wszystkich przedmiotów metalowych będących w ich pobliżu daje nierzadko efekty szkodliwe. Uziemiony przedmiot znajdujący się w pobliżu silnie naładowanych powierzchni, względnie zbyt mała oporność uziemień, powoduje wzrost różnicy potencjałów, co może wywołać niebezpieczeństwo powstania wyładowań iskrowych.

Złożoność zjawisk elektrostatycznych oraz brak uniwersalnych metod zapobiegających powstawaniu i usuwaniu ładunków elektryczności statycznej wymaga indywidualnego rozpatrywania każdego przypadku.

LITERATURA

1. NOWOMIEJSKI Z., LITWINOWICZ E., SIWCZYŃSKI M. - Zabezpieczenie feltra z plexi przed skutkami elektryczności statycznej w ciągu doświadczalnym w LBPP cz. I. Gliwice, 1970.
2. SALMONOWICZ K., KOWALSKI J.M. i inni - Elektryczność statyczna w przemyśle. Materiały wybuchowe i pirotechniczne. Biuletyn Informacyjny Instytutu Przemysłu Organicznego, Warszawa 1967, nr 46.
3. KOWALSKI J.M., WIELGUS Z., ZDROJEKT T. - Elektryczność statyczna w polskim przemyśle chemicznym. Biuletyn Informacyjny Instytutu Przemysłu Organicznego, Warszawa 1967, nr 46.
4. SIMORDA J., STAROBA J. - Elektryczność Statyczna w przemyśle. WNT Warszawa 1970.

Przyjęto do druku w lutym 1972 r.

РОЛЬ СТАТИСТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА НА ПРИМЕРУ УСТРОЙСТВА "ФЕЛЬТР" (УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА ВЛАЖНОГО ДРЕВЕСНОГО ВОЛОКНА)

Р е з ю м е

В статье обсуждено явление индуктирования электростатических зарядов а также способы их удаления по примеру опытного устройства "Фельтр" предназначенного для исследования динамики течения древесной массы в процессе изготовления древесно-волокнистых плит.

ROLE OF STATIC ELECTRICITY IN A PNEUMATIC HANDLING FACILITY FOR GROUND WOOD

S u m m a r y

In the paper the phenomenon of induction of static charges and means for removing them is discussed on the example of a prototype pneumatic ground wood handling facility, made in plexi-glass, intended for investigation of green ground wood flow in the process of fibreboard manufacture.