

pożar na stacji biopaliw Malšice

inż. Jiří Kutáč – Związek Rzeczoznawców Sądowych, doc. inż. Zbyněk Martinek – ZČU w Pilźnie, inż. Jan Mikes – ČVUT w Pradze, st. chor. Martin Petrak – HZS JČK, oddział terytorialny Tabor, śledczy HZS

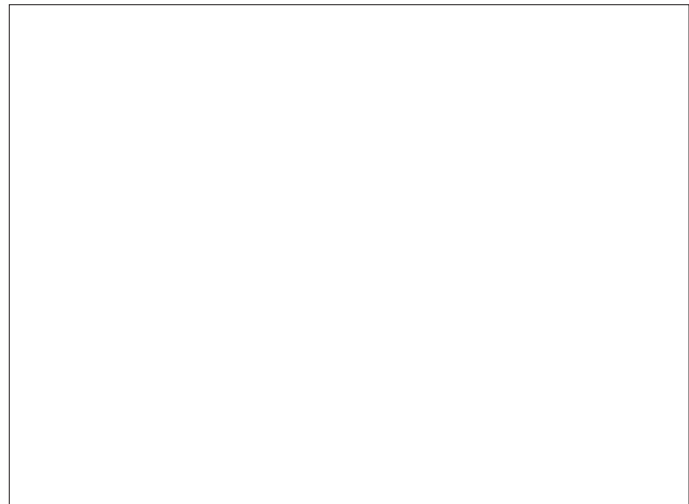
Przyjmuje się, iż wynalazcą i wykonawcą pierwszego działającego piorunochronu na ziemiach czeskich był Václav Prokop Diviš, czeski ksiądz, który zbudował takie urządzenie pod koniec XVIII wieku. Od tamtej pory zasada działania tego systemu ochrony nie zmieniła się. Jednak wraz z rozwojem pomiarów i uzyskiwaniem nowych informacji naukowych dotyczących fizyki wyładowania piorunowego próbowano modyfikować wprowadzone systemy.

Ulepszone zwody pionowe już w XIX w. były oferowane przez różne organizacje handlowe. Leo Schilard, współpracownik Marii Skłodowskiej-Curie, zaproponował wykorzystanie pierwiastków radioaktywnych w celu zwiększenia działania ochronnego zwodów pionowych. Jego pomysł osiemnaście lat później zrealizowała firma Helita [1]. Wzmianka w czeskiej literaturze na temat koncepcji zwodów aktywnych

w dziedzinie ochrony odgromowej pojawia się w książce z 1957 r. pod tytułem „Burze i ochrona przed piorunami” [2]: „Piorunochron radioaktywny wykorzystuje na zwodach sole radioaktywne, które powodują jonizację atmosfery i do pewnego stopnia zwiększają skuteczność piorunochronu. Ten rodzaj był stosowany zwłaszcza we Francji, ale w praktyce prawie nie występuje”.

Obecnie ten typ ochrony jest zakazany i został zastąpiony systemem zwodów pionowych pod nazwą ESE (*Early Streamer Emission*, zwody z wczesną emisją strimerów). Producenci zwodów aktywnych, w handlu oznaczonych ESE, do tej pory nie przekonali międzynarodowego Komitetu Technicznego nr 81 IEC *Ochrona odgromowa* o zaletach tej techniki w porównaniu do klasycznych zwodów, często określanym mianem pasywnych bądź franklinowskich.

Komitet Techniczny nr 81 IEC intensywnie śledzi rozwój nowych rozwiązań w dziedzinie ochrony odgromowej. Jeżeli jakieś rozwiązanie zostaje zaakceptowane przez Międzynarodową Konferencję Wielkich Sieni Elektrycznych Wysokiego Napięcia (CIGRE), może ono zostać przyjęte również przez wymieniony Komitet. Dyskusja na temat wspomnianej problematyki osiągnęła szczyt w marcu 2010 r., kiedy państwa członkowskie CENELEC odmówiły w czasie głosowania przyjęcia francuskiej normy C 17-102 [3] jako normy europejskiej EN.



Fot. 1. Pomiary na układzie zwodów na szczycie South Baldy w Nowym Meksyku (USA)

badania nad zwodami ESE

Specjaliści z Instytutu Nauki i Technologii na Uniwersytecie w Manchesterze w Wielkiej Brytanii porównywali zwody ESE (patrz **uwaga 1**) i zwód typu franklinowskiego na podstawie wytycznych francuskiej normy NFC 17-102. W dalszej części tekstu zostały przytoczone wyniki 420 prób:

- 55 razy (13,1%) bez wyładowania,
- zwód ESE został trafiony 165 razy (39,3%),
- klasyczny zwód został trafiony 200 razy (47,6%).

Wnioski protokołu z pomiarów w laboratorium Uniwersytetu w Manchesterze nie wskazują jednoznacznie na przewagę któregośkolwiek ze wskazanych systemów nad drugim [4].

W naturalnym laboratorium w Nowym Meksyku w USA na górze South Baldy na wysokości 3287 m n.p.m. zostały zainstalowane trzy rodzaje zwodów o długości 6 m (**rys. 1**):

- zwód ESE,
- zwód zakończony spiczastą głowicą,
- zwód zakończony okrągłą głowicą.

uwaga 1

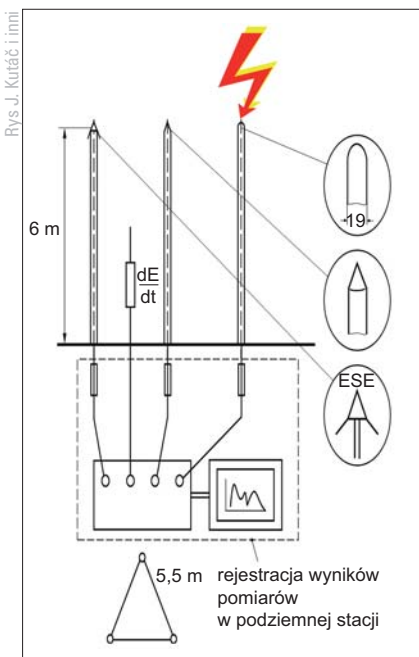
1 – zwód klasyczny (franklinowski), 2 – Dynasphere, GLT Australia, 3 – Pulsar 60, Helita, Francja, 4 – Prevector S6, Indelec, Francja.

Zwody były oddalone od siebie o 5,5 m, a pod ziemią zostały umieszczone urządzenia służące do pomiaru prądu piorunowego. Przez osiem lat prób zarejestrowano uderzenia pioruna jedynie w zwody zakończone okrągłą głowicą.

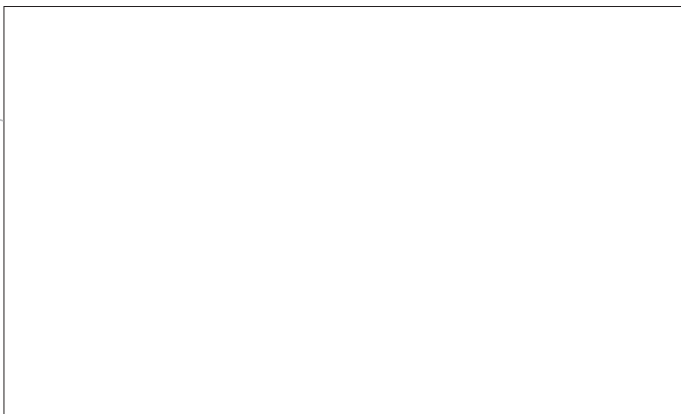
W specjalistycznych laboratoriach Czeskiej Wyższej Szko-

streszczenie

Projektant zaproponował ochronę odgromową stacji biogazu zgodnie z francuską normą NF C 17-102. Pomimo zastosowanej ochrony nastąpiło bezpośrednie uderzenie pioruna w górną część fermentora, która znajdowała się wewnątrz obszaru chronionego przez zwód ESE. W wyniku uderzenia pioruna nastąpiła eksplozja i wybuch pożar. Badanie kontrolne zwodu ESE wykazało jego pełną sprawność w momencie wyładowania atmosferycznego. 10 minut przed uderzeniem pioruna i eksplozją czterech pracowników opuściło teren z powodu opadów deszczu.



Rys. 1. Rozmieszczenie zwodów w naturalnym laboratorium w Nowym Meksyku (USA)



Rys. 2. Porównanie odmiennych projektów systemu układu zwołów

uwaga 2

Masa objętościowa wewnętrznej płachty wynosi $850 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$.

ły Technicznej (ČVUT) w Pradze, na Wydziale Elektrotechnicznym przeprowadzono podstawowe porównawcze pomiary skuteczności piorunochronów aktywnego (ESE) i pasywnego w porównywalnych warunkach geometrycznych i elektrycznych. W przypadku, gdy

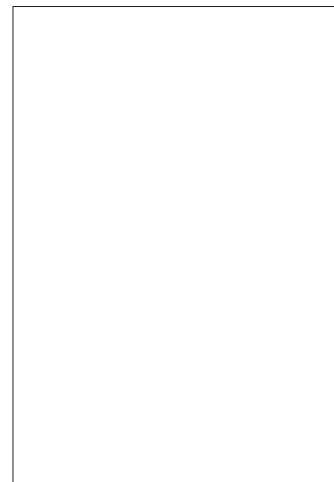
za główną elektrodę wybrano siatkę o wymiarach $1,5 \times 2,5 \text{ m}$ zasilaną generatorem impulsowym, nie odnotowano zwiększonej skuteczności żadnego z typów. Z pomiarów częstotliwości obwodu zwołu aktywnego wynika, że ma tu miejsce zasada źródła rezonansowego, które potrzebuje energii zewnętrznej do wzbudzenia drgań z częstotliwością określoną przez wartość indukcyjności i pojemności obwodu. Taki obwód z pomocą wyłado-

wania atmosferycznego w praktyce ciężko jest wzbudzić.

czeskie prawodawstwo

Według czeskiego prawa budowlanego (DzU 183/2006, § 159 ust. 2 [5]): „Projektant odpowiada za prawidłowość, integralność, kompletność i bezpieczeństwo budowy prowadzonej według przygotowanej przez niego dokumentacji projektowej oraz za wykonanie budowy na podstawie tej dokumentacji, a także za techniczne i ekonomiczne normy projektu urządzeń technologicznych wraz z wpływem na środowisko naturalne. Do jego obowiązków należy przestrzeganie przepisów prawnych i ogólnych wymogów dotyczących konkretnego projektu budowlanego”.

Na podstawie rozporządzenia nr 268/2009 o wymaganiach technicznych dotyczących budynków [6], zgodnie z § 36 musi zostać przeprowadzona analiza ry-



Fot. 2. Uszkodzona część technologiczna fermentoru po uderzeniu pioruna w obszar ochronny zwołu ESE

zyka szkód na podstawie wartości komponentów ryzyka określonych w normie:

a) zagrożenia życia lub zdrowia osób, zwłaszcza w budynkach mieszkalnych, budowłach służących za miejsca zgromadzeń, budynkach handlowych, szkolnych i służby zdrowia, budyn-

uwaga 3

Pożarowe techniczne charakterystyki substancji (PTCH), które brały udział w pożarze:

- metan: mieszanina gazu z powietrzem jest wybuchowa, gaz jest lżejszy od powietrza, nie rozpuszcza się w wodzie, nad powierzchnią gazyfikuje i tworzy mieszaninę wybuchową, wartość opałowa/kaloryczność 10 kWh/m³, gęstość 0,72 kg/m³, stosunek gęstości do powietrza 0,55, temperatura zapłonu 595°C, granica zapłonu (gaz w powietrzu) 4,4–16,5%, teoretyczna potrzeba powietrza 9,5 m³ na 1 m³ metanu,
- biogaz: wartość opałowa 6 kWh/m³, gęstość 1,21 kg/m³, stosunek gęstości do powietrza 0,9, temperatura zapłonu 700°C, granica zapłonu (gaz w powietrzu) 6–22%, teoretyczna potrzeba powietrza 5,7 m³ na 1 m³ biogazu,
- PVC – polichlorek winylu: temperatura zapłonu od 300 do 410°C, temperatura palenia 420–435°C,
- PES – poliestrowa tkanina siatkowa: temperatura zapłonu od 445 do 455°C, temperatura palenia 470–475°C,
- materiał włókienniczy impregnowany PVAc: temperatura zapłonu 375°C.

kach przeznaczonych do przebywania ludzi lub większej liczby zwierząt,

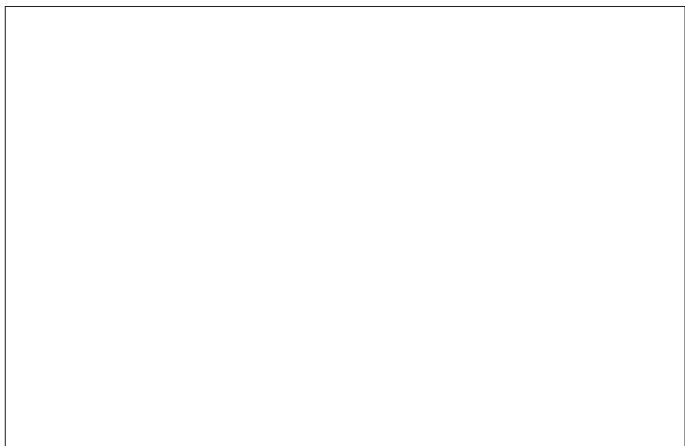
b) awarii o szerokim oddziaływaniu na służby publiczne, zwłaszcza

czy w elektrowni, gazowni, stacji filtrów, budynkach mieszczących urządzenia łączności i dworcach, c) wybuchu, zwłaszcza w fabryce i składach materiałów, cieczy i gazów wybuchowych i łatwopalnych,

d) wystąpienia szkody dla dziedzictwa kulturowego lub innych wartości, zwłaszcza w galerii obrazów, bibliotece, archiwum, muzeum, budynku stanowiącym pomnik kultury,

e) przeniesienia pożaru budynku na sąsiednie budowle, które zgodnie z punktami a-d muszą być chronione przed piorunami,

f) zagrożenia budynku o zwiększonym ryzyku uderzenia pioruna ze względu na jego położenie na wzgórzu lub ekspozycję



Fot. 3. Porównanie górnych części fermentoru po i przed uderzeniem pioruna

wanie ponad okoliczne obiekty, zwłaszcza kominów fabrycznych, wież (np. widokowych, nadawczych).

Według *Zestawienia zasad harmonizacji technicznej 2004* [7], wartość zgodna z normą, która jest wyszczególniona w rozporządzeniu, wyraża konkretny techniczny wymóg zawarty w odpowiedniej czeskiej normie ČSN. W zakresie ochrony odgromowej jest to zbiór czeskich norm technicznych ČSN EN 62305-1 do -4 [8–11].

Francuska norma narodowa NFC 17-102 jest **nieważna** na terenie Republiki Czeskiej, ponieważ nie wypełnia wymogów § 36 Rozporządzenia nr 268/2009, stosując obowiązujące ČSN (**rys. 2**). Norma NFC 17-102 jest ważna dla budynków podlegających francuskiej jurysdykcji i pozostaje ponadto w sprzeczności [12] zarów-

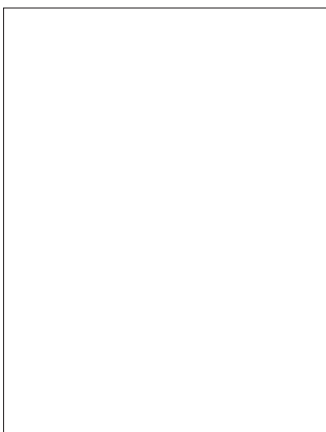
no z normami ČSN EN 62305-1 do -4, jak i z odpowiednimi normami EN 62305-1 do -4 [13–16], nie posiada zatem żadnej podstawy prawnej.

Na podstawie wcześniej przytoczonych wymogów prawnych należy stwierdzić, iż stacja biogazu należy do kategorii, dla której trzeba wyliczyć realne ryzyko według normy ČSN EN 62305-2 [14] dla konkretnej budowli.

szkody na stacji biogazu Malšice

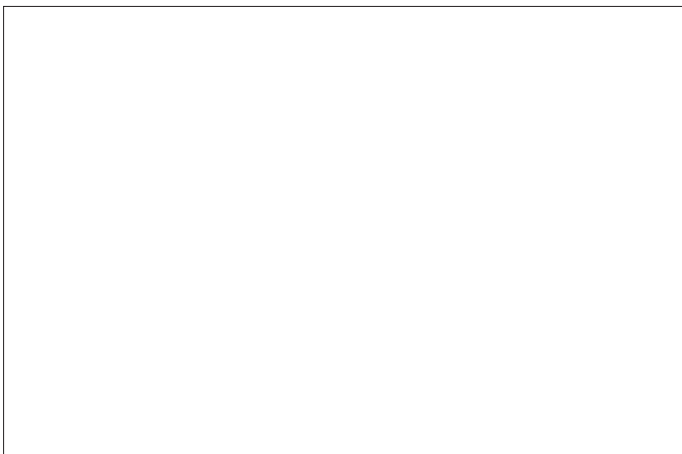
22 czerwca 2011 r. według Czeskiego Instytutu Hydrometeorologicznego (CHMI) w godzinach wieczornych przez Czechy przechodził od zachodu zimny front. Wiał wiatr zachodni o prędkości od 5 do 13 m/s. Temperatura powietrza między godz. 19 a 20 spadła z 27 do 18°C. Obserwa-

Fot. HZS



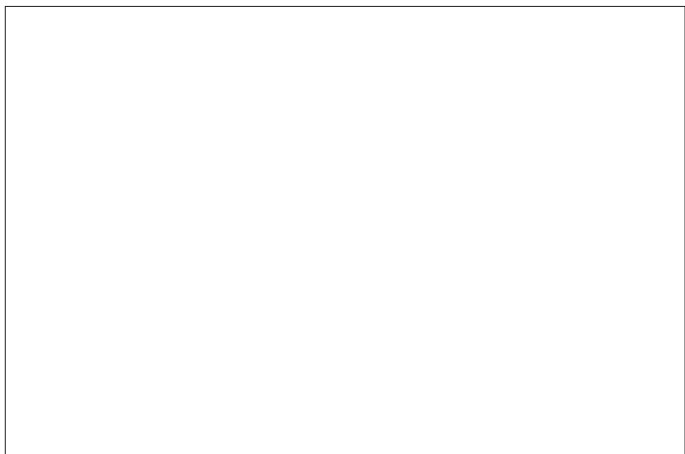
Fot. 4. Odrzucone wieko zbiornika przepompowni po wybuchu mieszaniny

Fot. HZS



Fot. 5. Widok na uszkodzony wewnętrzny zbiornik fermentoru znajdujący się w całości w obszarze ochronnym zwođu ESE

Fot. HZS



Fot. 6. Ogólny widok na umiejscowienie zwođu ESE oddalonego o 13 m od brzegu fermentoru

Fot. HZS

cja okolicznych radarów wykazała, iż w gminie Malšice zostało zarejestrowanych ok. dziesięciu wyładowań do ziemi o maksymalnej wartości 18 kA. W czasie burzy spadło ok. 14 mm deszczu.

Prawdopodobnie po godz. 20 piorun uderzył w górną część fermentora stacji biogazu Malšice (**fot. 2.**) [17]. Pod wpływem fizycznych właściwości pioruna określonych w normie ČSN EN 62305-1 wybuchł pożar, a następnie doszło do częściowej eksplozji technologicznych części fermentora (**fot. 3 i 4.**). Czterech pracowników firmy montażowej miało duże szczęście, ponieważ z powodu deszczu dziesięć minut wcześniej opuścili obszar fermentora – swoje miejsce pracy.

Pierwsza jednostka straży pożarnej dotarła na miejsce pożaru o godz. 20:23. Ogień obejmował zewnętrzną i wewnętrzną osłonę, zwłaszcza na południowej stronie fermentora (**fot. 5.**). Zewnętrzne pokrycie stanowi dachowa osłona

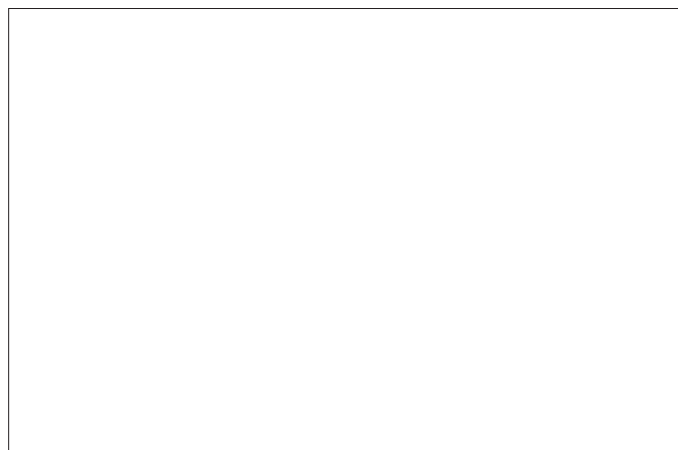
ochronna chroniąca przed wpływami atmosferycznymi i składa się z kilku warstw:

- folii PVC,
- tkaniny poliestrowej,
- folii PVC.

Aby zewnętrzna płachta osiągnęła oczekiwaną nośność, jest ona przetykana poliestrowymi pasami, które są umocowane do stalowej głowicy w górnej części drewnianego słupa oraz po zewnętrznej stronie obwodowego zbiornika fermentora (**fot. 6.**). Wewnętrzna płachta jest wykorzystywana jako membranowy zbiornik gazu i również składa się z kilku warstw:

- folii PVC,
- tkaniny poliestrowej,
- folii PVC.

Folia w górnej części jest przytworowana do głowicy drewnianego słupa oraz po wewnętrznej stronie obwodowego zbiornika fermentora. Pod wpływem temperatury ognia na opisanym pokryciu uszkodzona została również część



Rys. 3. Tabela do wyliczania promienia ochronnego R_p zgodnie z NF C 17-102

ocieplenia obwodowej konstrukcji fermentora (ocieplenie z wełny mineralnej oraz powłoka z arkuszy blachy trapezowej. Uszkodzone i wyrwane zostało także górne wieko zbiornika przepompowni. Plastikowy zbiornik przepompowni jest połączony ze zbiornikiem fermentora otwartym rurociągiem, tworząc w ten sposób system naczyń połączonych. Plastikowe wieko zostało wyrwane pod wpływem gwałtow-

ego wypalenia (eksplozji) biogazu zgromadzonego w przestrzeni nad poziomem digestatu (biomasy) i pokrycia fermentora.

W czasie pożaru w zbiorniku fermentora znajdowała się biomasa do wysokości ok. 3000 mm. Biogaz powstaje w wyniku mikrobiologicznego rozkładu komórek organicznych biomasy (biogaz składa się w 60% z metanu, 35% tlenku węgla, 4% pary wodnej i 1% innych gazów).

