

# strefowa koncepcja ochrony odgromowej i przepięciowej w praktyce

Jerzy Zarówny – MPWiK we Wrocławiu, Andrzej Białorusow – DEHN Polska

Bardzo często inżynierowie w zakładach produkcyjnych zadają sobie pytanie, jak zaprojektować i wdrożyć system ochrony przed przepięciami, aby uzyskać wysoką niezawodność i skuteczność działania. Zautomatyzowane przedsiębiorstwa produkcyjne z pełnym sterowaniem złożonymi procesami przemysłowymi stawiają sobie dwa cele, którym musi sprostać zainstalowany system ochrony przed przepięciami. Pierwszy z nich to zapobieganie stratom powstałym w wyniku bezpośrednich wyładowań piorunów w obiekty budowlane zakładu i obiekty technologiczne lub przepięć przedostających się do instalacji wewnętrznych poprzez zewnętrzne układy zasilania, automatyki, systemy antenowe. Drugi z celów to utrzymanie ciągłości produkcji przy pojawiających się zakłóceniach (tab. 1).

Przy tak określonych założeniach dla systemu ochrony przed przepięciami w zakładzie produkcyjnym

bardzo pomocna przy projektowaniu może być norma PN-IEC 61312-1 „Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym”, przywołana w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1]. Wykorzystując Strefową Koncepcję Ochrony zawartą w tej normie, przestrzeń podlegającą ochronie możemy podzielić na strefy ochrony odgromowej (LPZ) w celu wyznaczenia stref zagrożenia o różnej intensywności oddziaływania prądu i pola wyładowania piorunowego (LEMP) oraz ustalenia punktów połączeń na granicach tych stref (rys. 1).

Poszczególne strefy charakteryzują się zasadniczą zmianą warunków elektromagnetycznych na ich granicach. Jest to związane z ograniczeniem wartości szczytowych przepięć występujących w instalacjach niskonapięciowych oraz impulsów pola elektromagnetycznego do wartości dopuszczalnych w dan-



Fot. 1 Wroclawska Oczyszczalnia Ścieków Janówek

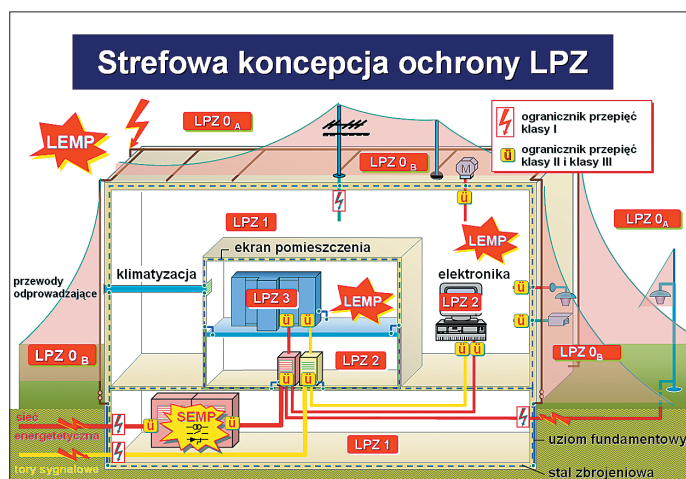
nej strefie. W ten sposób powstałe strefy możemy podzielić na:

- **LPZ 0<sub>A</sub>** – w której elementy są narażone na bezpośrednie uderzenie pioruna, a przez to na przepływ jego prądu aż do całkowitego włączenie. Występuje w niej nietłumione pole elektromagnetyczne,
- **LPZ 0<sub>B</sub>** – w której elementy nie są narażone na bezpośrednie uderzenie pioruna, ale występuje nietłumione pole elektromagnetyczne,
- **LPZ 1** – w której elementy nie są narażone na bezpośrednie uderzenie pioruna i prądy we wszystkich znajdujących się w niej częściach przewodzących są zredukowane w stosunku do prądu w strefie 0<sub>B</sub>. W zależności od środków ekranowania może być w niej tłumione pole elektromagnetyczne.

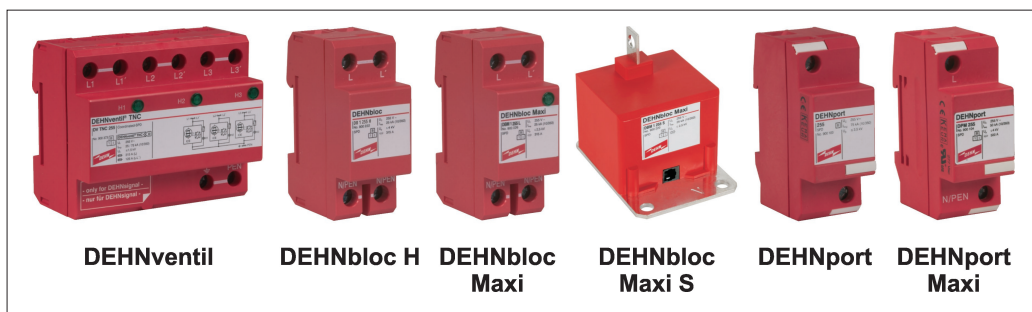
Jeżeli jest wymagane dodatkowe zmniejszenie prądów przewodzonych i/lub pola elektromagnetycznego, według [2] powinny być wprowadzone strefy ochronne LPZ.

Dla urządzeń ochrony przepięciowej (SPD) stosowanych do połączeń na granicy między strefami LPZ 0<sub>A</sub> i LPZ 1 należy przyjmować wartości prądów piorunowych od 200 do 100 kA w zależności od przyjętego poziomu ochrony obiektu, z uwzględnieniem podziału prądu na wiele przewodów, gdy takie istnieją. Urządzenia należy dobierać indywidualnie, zakładając, że w zewnętrznych częściach przewodzących znajdujących się w strefie LPZ 0<sub>B</sub> będzie przepływał prąd indukowany i mała część prądu piorunowego [2].

Urządzenia ochrony przepięciowej (SPD) muszą wytrzymywać częściowe prądy piorunowe i powinny spełniać dodatkowe wymagania dotyczące maksymalnych napięć na zaciskach przy przepięciach i zdolności gaszenia prądu następczego z instalacji zasilającej [2]. Wysokie wymagania techniczne stawiane ogranicznikom, zwłaszcza na granicy strefy LPZ 0<sub>A</sub> i LPZ 1, mogą być spełnione przy wykorzystaniu iskierników w tech-



Rys. 1 Podział obiektu na strefy ochrony odgromowej



Fot. 2 Ograniczniki wykonane w technologii Radax Flow

nologii Radax Flow (DEHNventil, DEHNBloc Maxi, DEHNBloc Maxi S, DEHNBloc H, DEHNport Maxi, DEHNport) (fot. 2).

Ograniczniki wykonane w tej technologii – oprócz podstawowej funkcji wyrównania potencjałów w instalacjach elektrycznych i zapewnienia niskiego napięciowego poziomu ochrony – skutecznie gaszą prądy następcze o amplitudach do 50 kA<sub>eff</sub>. Również systemy automatyki przechodzące przez poszczególne strefy należy wyposażać w ograniczniki prądów, które spełnią określone kryteria parametrów dla danej strefy LPZ. W ofercie firmy DEHN jest duży wybór ograniczników dopasowanych do parametrów powszechnie stosowanych systemów automatyki (tab. 2).

BLITZDUCTOR CT jest uniwersalnym urządzeniem w technice modułowej do ochrony systemów i wyposażenia techniki informatycznej. Urządzenia z rodziny BLITZDUCTOR CT można stosować jako ochronę zgrubną, ochronę zgrubną i dokładną oraz ochronę dokładną (rys. 2). Uzyskiwany poziom ochrony jest skoordynowany z odpornością udarową urządzeń końcowych systemów automatyki przemysłowej i techniki informatycznej. Istotną funkcją w budowie ogranicznika jest możliwość wymiany modułu bądź dokonania testów ogranicznika bez przerywania pracy obwodu chronionego. Umożliwia to bypass umieszczony w podstawie ogranicznika, zapewniający nieprzerwaną pracę obwodu automatyki po wyciągnięciu modułu ochronnego.

### przebieg procesu projektowania ochrony przepięciowej

W pierwszej kolejności należy określić zagrożenia, na jakie jest narażony projektowany obiekt, a także możliwości powstania przepięć i ich przedostania się do projektowanej instalacji. Należy także wyznaczyć, w jakiej strefie zlokalizowano nasz obiekt. Kolejnym etapem jest określenie odporności chronionego obiektu, czyli deklarowaną przez wytwórcę odporność najsłabszego elementu w obiekcie. Zgodnie z tym parametrem wyznaczamy strefę dla obiektu chronionego.

W dalszej kolejności należy wyznaczyć przebieg granicy pomiędzy strefami. Jeżeli projektowany jest większy obiekt o skomplikowanej budowie, możliwe jest wyznaczenie wielu stref w zależności od odporności urządzeń i instalacji instalowanych w danym obszarze. Na etapie projektowania można również tak lokalizować urządzenia, aby te o najmniejszej odporności zlokalizować

w wydzielonym obszarze, z ograniczoną liczbą wejść dla impulsów przepięciowych. Można w ten sposób znacznie uprościć budowę instalacji ochrony przepięciowej i zmniejszyć koszty tej ochrony.

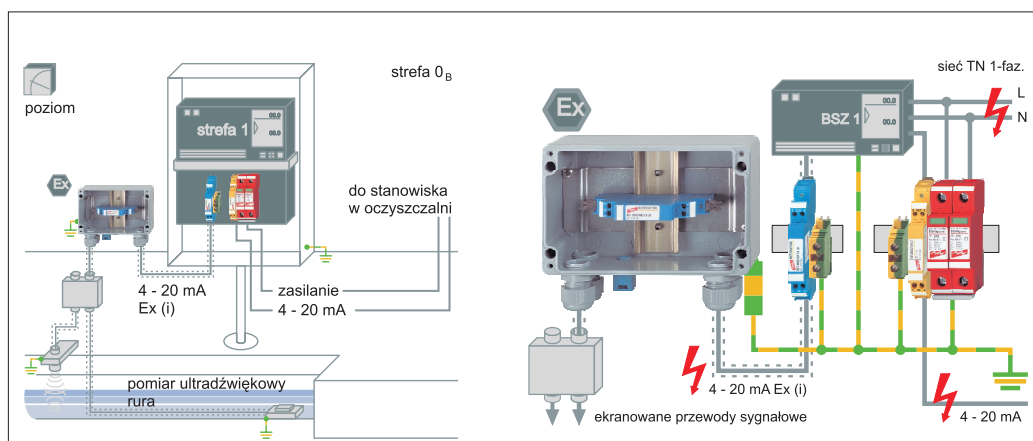
Po wyznaczeniu przebiegu granic pomiędzy strefami należy wyznaczyć wszystkie punkty połączenia instalacji, przechodzące przez te granice. Miejsca te wyznaczają lokalizację urządzeń ochrony. Dobór właściwych urządzeń ochrony zależy od tego, na granicy jakich stref wyznaczono te punkty. Należy pamiętać, aby w lokalizacji uwzględnić wszystkie aspekty techniczne montażu ochronników, wskazane przez ich wytwórcę, zapewnić moż-

liwość skutecznego odprowadzenia ładunku impulsu przepięciowego przez instalację wyrównania potencjałów. Wszystkie urządzenia ochrony są elementami tej instalacji. Zatem każdy projekt, w którym uwzględniono urządzenia ochrony przepięciowej, powinien być poprzedzony analizą wynikającą ze strefowej koncepcji ochrony.

Ważnym aspektem jest strona ekonomiczna tzw. analiza ryzyka (porównanie kosztów budowy instalacji ochrony przepięciowej z konsekwencjami i kosztami powstałymi w wyniku awarii). Należy określić, na jakie straty jest narażony inwestor lub przyszły użytkownik projektowanego obiektu. Należy oszacować prawdopodobieństwo powstania przepięć i wyznaczyć, do jakich należą kategorii. Bardzo ważne jest usytuowanie geograficzne obiektu, jak również charakter okolicy. Są miejsca w różnym stopniu narażone na występowanie burz i wyładowań atmosferycznych, lecz również przepięć powstających w instalacji zasilającej np. wskutek łączeń. W kosztach awarii bardzo często zasadniczy

Branża	Koszty spowodowane przerwą w pracy – 1 godz.
Papiernictwo	ok. 10 000 €
Browarnictwo	ok. 10 000 €
Motokooperanci	ok. 12 000 €
Elektrownia	ok. 90 000 €
Motomontażownia	ok. 250 000 €
Centrum obliczeniowe	ok. 500 000 € (możliwa utrata danych)

Tab. 1 Oszacowane straty przedsiębiorstw różnych branż w wyniku jednogodzinnego przestoju produkcyjnego

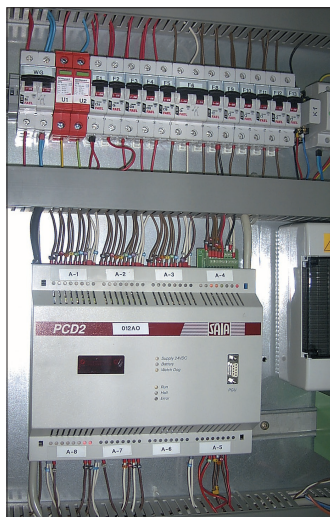


Rys. 2 Przykład zastosowanej ochrony dla systemu pomiaru ultradźwiękowego w strefie Ex

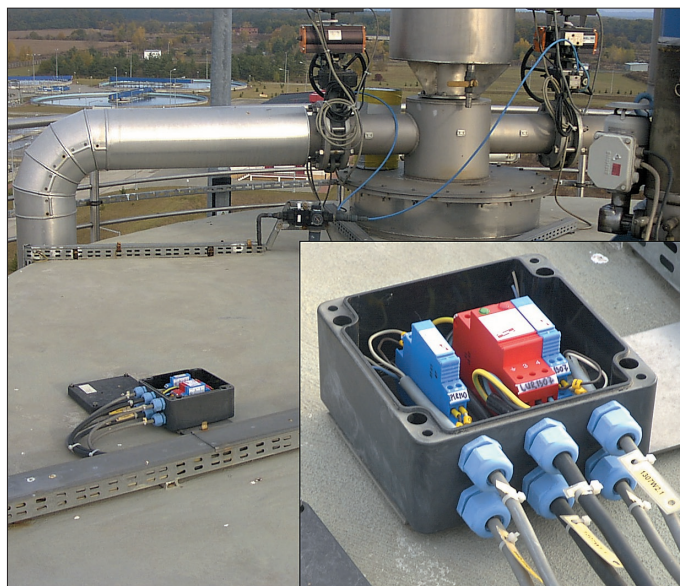
udział ma nie tyle wartość uszkodzonych urządzeń i instalacji, co straty powstałe wskutek zatrzymania ruchu, przerwanie produkcji, konieczność ponownego rozruchu instalacji. Do inwestora czy użytkownika należy zatem ostateczna decyzja o zakresie zastosowanej ochrony.

### przykładowe problemy przy projektowaniu układów ochrony przed przepięciami

Jednym z głównych problemów, który należy rozwiązać, jest umieszczanie w projektach ochronników z uwzględnieniem odpowiedniego wskazania aspektów związanych z ich montażem, od których zależy ich skuteczność. Należy zaprojektować kompletny system, odpowiednio ochraniający projektowaną instalację i urządzenia (fot. 3). Konieczne jest wskazanie szczegółowego położenia ochronników i unik-



Fot. 3 Ochrona przed przepięciami urządzeń w rozdzielni AKP – Wrocławska Oczyszczalnia Ścieków Janówek



Fot. 4 Ochrona urządzeń gospodarki gazowej oczyszczalni ścieków. Strefa Ex

nięcie takiej lokalizacji, która naraża chronione obwody na przeniesienie, wyindukowanie ładunku impulsu przepięciowego w chronionej instalacji.

Skuteczną ochronę możemy zapewnić stosując właściwe urzą-

dzenie. Problem ten wynika z konieczności wykonania szczegółowej analizy zagrożeń oraz sprawdzenia odporności urządzeń zainstalowanych w chronionym obiekcie za każdym razem, gdy jest projektowana taka instalacja. Z powo-

du braku jednej, spójnej analizy dla całego projektowanego obiektu zdarza się, że branża elektryczna i automatyki „rozdzielają” pomiędzy siebie poszczególne stopnie ochrony, zapominając o zagrożeniach na granicach stref, nie stosując koordynacji poszczególnych stopni zabezpieczeń.

Instalacja ochrony przepięciowej jest rozszerzeniem lub uzupełnieniem instalacji wyrównania potencjałów. Należy pamiętać o niezbędnej jej rozbudowie oraz zapewnieniu skutecznego odprowadzenia ładunków impulsów przepięciowych. Należy również ograniczyć długość odcinków połączeń tej instalacji wykonywanych przewodem kablowym. Ze względu na wyższą indukcyjność przewodów o przekroju kołowym, wyższą skuteczność i szybkość odprowadzania ładunków zapewnia bednarka. Dla impulsu przepięciowego każdy metr przewodu wprowadza znaczne opóźnienie w odprowadzeniu ładunku i zwiększa zagrożenie wprowadzenia przepięcia do chronionej instalacji.

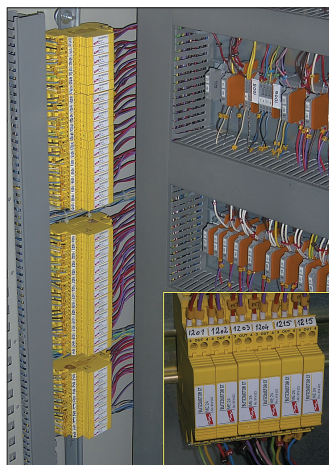
Przykładem zastosowania zaleceń Polskiej Normy PN-IEC 61312 z wykorzystaniem ograniczników firmy DEHN jest Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji we Wrocławiu.

Interfejs/sygnal	Zalecane urządzenia ochronne	Podłączenie	Udary probiercze na żyłę 8/20 μs 10/350 μs	Żyły ochronne	Kody koordynacji	Pozostałe cechy
0-20 mA, 4-20 mA (równie z HART)	BCT MOD BE24, 30+BCT BAS BCT MOD ME24, 30+BCT BAS DCO RK ME 24 DCO RK 24	śrubowe śrubowe wago wago	20kA, 2,5 kA 10 kA 5 kA 300 A	2 2 2 2	XX/1 X/1 X/1 4/1	na szynę, 2-częściowy na szynę, 2-częściowy na szynę, 6 mm szer. na szynę, 6 mm szer.
4-20 mA (równie i z HART) wg zaleceń NAMUR NE 21 lub wg PN-EN 61000-4-5, poziom probierczy 0,5 kV ż/ż, 1 kV ż/PG	BCT MOD BE24, 30+BCT BAS BCT MOD ME 24, 30+BCT BAS DCO RK ME 24	śrubowe śrubowe wago	20kA, 2,5 kA 10 kA 5 kA	2 2 2	XX/1 X/1 X/1	na szynę, 2-częściowy na szynę, 6 mm szer. na szynę, 6 mm szer.
AS-i	AS i MOD	przez moduł sprzęgający	10 kA	2x2	-	dopuszczenie AS-i nr 12401
Sygnały cyfrowe	BCT MOD BE...+BCT BAS	śrubowe	20kA, 2,5 kA	2	XX/1	na szynę, 2-częściowy typ wg napięcia znamion
	BCT MOD ME...+BCT BAS	śrubowe	10 kA	2	X/1	na szynę, 2-częściowy typ wg napięcia znamion
	DCO RK ME... DCO RK E...	wago wago	5 kA 300 A	2 2	X/1 4/1	na szynę, 6 mm szer. na szynę, 6 mm szer. typ wg napięcia znamion
Bitbus	BCT MOD BE5+BCT BAS BCT MOD ME5+BCT BAS	śrubowe śrubowe	20kA, 2,5 kA 10 kA	2 2	XX/1 X/1	na szynę, 2-częściowy na szynę, 2-częściowy
Can-Bus (tylko przewód sygnalowy)	BCT MOD BE5+BCT BAS BCT MOD ME5+BCT BAS	śrubowe śrubowe	20kA, 2,5 kA 10 kA	2 2	XX/1 X/1	na szynę, 2-częściowy na szynę, 2-częściowy
Delta Net Peer Bus	BCT MOD BE5+BCT BAS BCT MOD ME5+BCT BAS	śrubowe śrubowe	20kA, 2,5 kA 10 kA	2 2	XX/1 X/1	na szynę, 2-częściowy na szynę, 2-częściowy

Tab. 2 Dobór ograniczników dla systemów automatyki (fragment)

## instalacja ochrony przepięciowej urządzeń pomiarowych i sterowniczych

Instalacja ochrony przepięciowej urządzeń automatyki we Wrocławskiej Oczyszczalni Ścieków Janówek powstała podczas uruchamiania i rozruchu instalacji automatyki tego obiektu. Podczas pracy komisji rozruchowej stwierdzono znaczne narażenie obiektu na przepięcia powstałe wskutek zakłóceń w sieci energetycznej i spowodowanych wyładowaniami atmosferycznymi. We wcześniejszym okresie oczyszczalnia ograniczała się do zamkniętych budynków stacji podnoszenia ścieków, budynku odwadniania osadów i pojedynczych urządzeń zainstalowanych na wolnej przestrzeni. Nie było negatywnych doświadczeń z uszkodzeniami urządzeń wskutek przepięć. Jednak po rozbudowie oczyszczalni stwierdzono, że znaczna część instalacji jest narażona na impulsy elektromagnetyczne. Przybyło obiektów otwartych, takich jak reaktory biologiczne i osadniki wtórne. Znacznie wzrosło obciążenie sieci energetycznej, co spowodowało bardziej widoczne skutki wszelkich zakłóceń w sieci energetycznej. Wystąpiły pierwsze awarie spowodowane przepięciami. Dodatkowo obawiano się poważnych awarii, które mogłyby wystąpić w instalacjach ste-



Fot. 6 Ochrona przed przepięciami sterownika od strony automatyki

rownicznych dla urządzeń gospodarki gazowej, biogazu, zlokalizowanych w strefie zagrożonej wybuchem. Zdecydowano zatem, aby wszystkie zagrożone urządzenia gospodarki gazowej doposażyć w instalację ochrony przepięciowej.

Instalacja została zaprojektowana i zrealizowana przez wykonawcę systemu automatyki. Ze względu na prowadzenie oprzewodowania w trasach kablowych wykonanych z metalowych, zamkniętych korytek kablowych, kanalizacji teletechnicznej lub bezpośrednio w ziemi określono strefę dla okablowania sterowniczego i zasilania jako LPZ 0<sub>B</sub>. Urządzenia chronione wymagają zachowania warunków jak dla strefy LPZ 2. Do ochrony torów sygnałowych 4-20mA+Hart zastosowano urządzenie BLITZDUCTOR BCT MOD ME24 po stronie urządzenia chronionego oraz po stronie wejść sterownika obiektowego. Dla lokalizacji w strefie zagrożonej wybuchem zastosowano specjalny typ MD EX (fot. 4). Dla ochrony urządzeń po stronie zasilania zastosowano ochronnik DEHNrail 230 FML. Po stronie rozdziału napięcia w szafach rozdzielczych zastosowano ochronnik DEHNguard T (fot. 3). Ochronniki zlokalizowano w specjalnych skrzynkach pośrednich, bezpośrednio pod chronionymi urządzeniami, zapewniając separację okablowania przed i po ochronie (fot. 5). W szafie sterowniczej wydzielono obszar dla lokalizacji ochronników torów sygnałowych, np. na bocznej ścianie, separując w ten sposób wprowadzane z obiektu okablowanie od obszaru chronionego (fot. 6). Urządzenia ochrony wybrano na podstawie wskazówek producenta urządzeń oraz warunków lokalizacyjnych, a także ze względu na sposób wykonania i prowadzenia instalacji w obszarze narażonym na oddziaływanie czynników atmosferycznych. Wszystkie chronione urządzenia są zasilane ze wspólnego punktu analogicznie do przyporządkowania obiektowym układom sterowniczym. Zastosowane ochronniki torów sygnałowych mają dwa elementy ochronne – iskiernik i diodę bipo-

larną. Zapewnia to skuteczną i dokładną ochronę od impulsów wyindukowanych w instalacji sterowniczej. Dodatkowo okablowanie sygnalizacyjne jest prowadzone oddzielnie od kabli zasilających w wydzielonych, zamkniętych metalowych korytkach kablowych lub w podziemnej kanalizacji teletechnicznej. Podobnie okablowanie zasilania poprowadzono w zamkniętych korytkach kablowych lub kablach bezpośrednio układanych w ziemi. Zapewnia to znaczne ograniczenie możliwości wyindukowania się przepięć w instalacji od zewnętrznego pola elektromagnetycznego. Przed przepięciami pochodzącymi od układu zasilania chronią ochronniki II klasy zainstalowane w rozdzielnicach obiektowych (urządzenia pomiarowe posiadają odrębne rozdzielnice od pozostałych urządzeń) oraz III klasy, bezpośrednio przy urządzeniu. Sterowniki obiektowe zabezpieczono również w specjalne ochronniki dla magistrali portu szeregowego RS485. Tak zbudowany układ chroni skutecznie urządzenia od 2000 roku. Mimo powstałych znacznych szkód w niechronionych obwodach zasilania, rozdzielnicach energetycznych tylko raz doszło do uszkodzenia karty magistrali RS485 sterownika ze względu na powstałe doziemienie w ochronniku. Ochronniki charakteryzują się dużą trwałością. Wymieniane są pojedyncze egzemplarze uszkodzonych ochronników zasilania i sygnałowych.

### proponowane zmiany podanego przykładu

W miejsce ochronników dla obwodów zasilających III klasy DEHNrail lepiej zastosować II klasy DEHNguard. Napięciowy poziom ochrony tych ochronników wynosi 1,5 kV i jest to wystarczające dla większości urządzeń renomowanych wytwórców, a odporność udarowa, znamionowy prąd wyładowczy jest znacznie wyższy. Ochronniki te są w stanie samodzielnie przechwycić znaczny ładunek impulsu przepięciowego, a ochronnik III klasy wymaga jednak poprzedza-



Fot. 5 Ochrona przed przepięciami stanowiska pomiarowego

jącego stopnia ochrony. Zapewne z tego powodu na 50 zainstalowanych urządzeń w ciągu roku kilka sztuk jest wymienionych z powodu uszkodzenia.

W miejsce ochronników BLITZDUCTOR BCT MOD zlokalizowanych w szafach sterowniczych, zajmujących znaczną przestrzeń, wygodniej jest zastosować listwy z wbudowanymi ochronnikami typu DEHNconnect DCO RK. Znacznie prościej można odseparować (np. stosując osłonę mechaniczną) tę część szafy, do której wprowadza się niechronione okablowanie.

Przy projektowaniu nowych instalacji zasadnicze urządzenia ochrony powinny być wyposażone w zdalną sygnalizację uszkodzenia. Dla ochrony przewodu neutralnego nie należy stosować warystorów, czyli ochronnika z wkładką DEHNguard T, lecz specjalną wkładkę z iskiernikiem DEHNgap CT.

### literatura

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 02.75.690 ze zm.).
2. PN-IEC 61312-1:2001 „Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym. Zasady ogólne”.