

# Ochrona przed przepięciami o częstotliwości sieciowej w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia

Lightning protection against power frequency surges in low-voltage systems

Krzysztof Wincencik

**Słowa kluczowe:** jakość energii, przepięcie dorywcze, ochrona przepięciowa, ogranicznik przepięć, norma, krzywa CBMA, wyłącznik POP

W artykule przedstawiono zagrożenia dla urządzeń elektrycznych w instalacjach elektrycznych nn spowodowane przez przepięcia dorywcze o częstotliwości sieciowej. Pokazano wymagania w zakresie tolerancji napięcia zasilania sprzętu elektronicznego oraz urządzenia chroniące przed tego typu zakłóceniami zgodne z wymaganiami normy CENELEC/IEC.

**Keywords:** power quality, temporary overvoltage (TOV), surge protection, surge protective device (SPD), CBMA curve, power frequency overvoltage protection (POP)

The article presents hazards to electrical devices in low-voltage systems due to power frequency overvoltages. It also covers the requirements for the tolerance of the supply voltage of electronic equipment. Finally, the author describes devices for the protection against this type of interference in accordance with the requirements of the CENELEC/IEC standard.

**Przepięciem w instalacji elektrycznej jest każdy chwilowy wzrost napięcia powyżej poziomu najwyższego napięcia roboczego określonego normami lub innymi przepisami. W przeciwieństwie do zmian napięcia, które występują w instalacji w sposób ciągły, przepięcia to zdarzenia mające charakter incydentalny.**

## PRZEPĘCIA W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH NISKIEGO NAPIĘCIA

Traktowane są głównie w ujęciu statystycznym, są to zdarzenia losowe i stosunkowo rzadkie [4]. Jednak uszkodzenia urządzeń elektrycznych i elektronicznych spowodowane przez przepięcia mogą stanowić dotkliwe straty związane zarówno z fizycznym uszkodzeniem urządzeń, jak też z przerwami w działalności czy brakiem dostępu do usług. Najczęściej uszkodzenia spowodowane przepięciami kojarzone są z wyładowaniami atmosferycznymi i związane z letnim sezonem burzowym.

Podstawowymi źródłami powstawania przepięć w wyniku wyładowania atmosferycznego mogą być [16]:

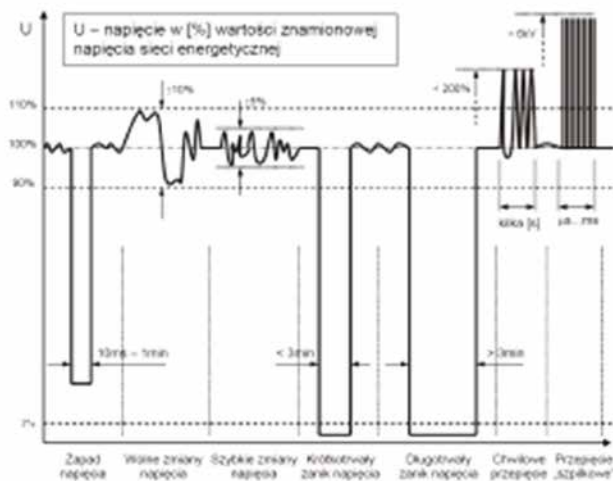
- bezpośrednie uderzenie pioruna w obwód zewnętrzny (znajdujący się na wolnym powietrzu), wywołujące przepływ prądów o dużej amplitudzie, które wytwarzają przepięcia w wyniku przepływu przez rezystancję ziemi lub w wyniku przepływu przez impedancję obwodu zewnętrznego,

- pośrednie uderzenie pioruna (tzn. wyładowanie między chmurami lub w ich obrębie albo wyładowanie w pobliskie obiekty, wytwarzające pola elektromagnetyczne), które indukuje napięcia/prądy w przewodach na zewnątrz i/lub wewnątrz budynku,

- przepływ w ziemi prądu wyładowania atmosferycznego w wyniku pobliskich lub bezpośrednich wyładowań doziemnych, sprzęgającego się ze wspólnymi trasami uziomowymi dla całego systemu uziemienia instalacji.

Liczba strat spowodowanych w gospodarstwach przez przepięcia pochodzenia atmosferycznego stanowi znaczną sumę w wypłatach niemieckich towarzystw ubezpieczeniowych [2]. Liczba zgłoszonych do ubezpieczycieli uszkodzeń spowodowanych przez przepięcia spadła w 2019 r. do najniższego poziomu od 20 lat, a za to systematycznie rośnie wartość pojedynczej szkody. Każde zgłoszone uszkodzenie sprzętu spowodowane uderzeniem pioruna kosztowało w roku 2019 ubezpieczyciela średnio prawie 1000 euro. Powodem tego jest, że uszkodzeniu ulega coraz wartościowszy sprzęt elektroniczny użytkowany w gospodarstwach domowych.

Polskie towarzystwa ubezpieczeniowe też dostrzegają problem szkód wywołanych przepięciami. Jak zaznaczono w artykule opublikowanym już dosyć dawno, bo w roku 2008, najbardziej znaną przyczyną są wyładowania atmosferyczne występujące podczas burzy. Ale należy uwzględnić również inne przyczyny



Rys. 1. Parametry opisujące zmiany napięcia w sieci energetycznej [16]

Fig. 1. Parameters of voltage variation in an electrical system [16]

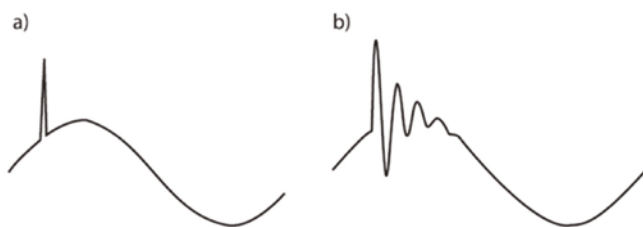
powstawania przepięć takie jak: procesy łączeniowe w urządzeniach dużej mocy, upalenie się przewodu neutralnego (zerowego), awarie w instalacji elektrycznej, awarie w zakładzie energetycznym, próby nielegalnego podłączenia się do instalacji, naprawy niedokształconych elektryków [3].

Zagrożenie dla czułych urządzeń elektronicznych mogą również stanowić łączeniowe stany przejściowe, które związane są ze:

- zjawiskami łączeniowymi w głównych systemach zasilania, np. takimi, jakie występują podczas ładowania baterii kondensatorów,
- wykonywaniem łączeń o mniejszym znaczeniu blisko aparatury lub ze zmianami obciążenia w elektroenergetycznej sieci rozdzielczej,
- obwodami rezonansowymi dołączonymi do takich elementów łączeniowych jak tyrystory,
- różnymi zakłóceniami w systemie, takimi jak zwarcia i wyładowania łukowe do uziemienia instalacji.

### PRZEPĘCIA O CZĘSTOTLIWOŚCI SIECIOWEJ W INSTALACJI ELEKTRYCZNEJ NN

Dorywcze przepięcia o częstotliwości sieciowej (brief voltage increases, swells) objawiają się stosunkowo długim (kilka okresów i dłużej) zwiększeniem napięcia (rys. 3) ponad wartość największego dopuszczalnego napięcia roboczego, za którą na ogół można uważać wartość  $1,1 \cdot U_n$  między przewodami fazowymi i  $1,1 \cdot U_0$  ( $U_0$  – napięcie fazowe) między przewodem fazowym a przewodem neutralnym lub między przewodem fazowym a ziemią.



Rys. 2. Wygląd typowych przepięć występujących w instalacjach elektrycznych nn [1]: a) przepięcie atmosferyczne, b) przepięcie łączeniowe

Fig. 2. Typical surges in low-voltage systems: a) lightning surge, b) switching surge

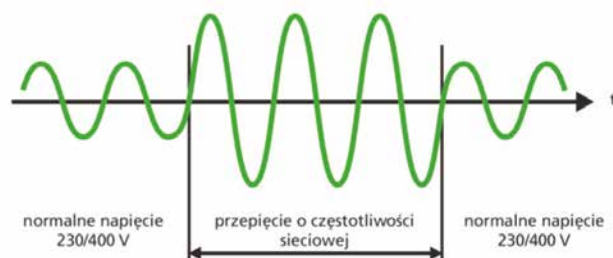
Takie przepięcia w sieci niskiego napięcia mogą być powodowane zarówno zdarzeniami w tejże sieci (przerwanie przewodu neutralnego N lub ochronno-neutralnego PEN i wynika z tego znaczna niesymetria napięć fazowych), jak i w zasilającej sieci wysokiego napięcia (zwarcie doziemne po stronie WN stacji zasilającej, nagłe zmniejszenie obciążenia, wadliwe działanie układu regulacji napięcia w GPZ NN/SN) [7]. W normie PN-EN50160 (grudzień 2002 r.) [9] dotyczącej jakości energii elektrycznej można znaleźć definicję: *Przepięcia dorywcze o częstotliwości sieciowej między przewodami pod napięciem a ziemią - Przepięcie dorywcze o częstotliwości sieciowej występuje głównie w czasie trwania zwarcia z ziemią w publicznej sieci rozdzielczej lub w instalacji odbiorcy i zanika po usunięciu zwarcia. Przepięcie może zwykle osiągnąć wartość napięcia międzyprzewodowego ze względu na przesunięcie punktu neutralnego trójfazowego układu napięć. W pewnych okolicznościach zwarcie występujące w sieci po stronie pierwotnej transformatora wytworzy w czasie, w którym przepływa prąd zwarcia, przepięcie dorywcze po stronie niskiego napięcia. Wartości skuteczne takich przepięć nie przekraczają z reguły 1,5 kV. Przykład takiego przepięcia pokazano na rys. 3.*

Patrząc na problematykę przepięć występujących w instalacji elektrycznej typowego gospodarstwa domowego, nie należy zapominać, że zagrożenie może również pojawić się w samej instalacji na skutek procesów łączeniowych lub stanów awaryjnych. Również towarzystwa ubezpieczeniowe coraz częściej zwracają uwagę na zagrożenia uszkodzenia sprzętu spowodowane przez przepięcia inne niż wyładowanie atmosferyczne - np. przerwanie przewodu neutralnego. Problem zagrożenia spowodowany przerwaniem przewodu neutralnego N został też omówiony w dokumencie IEC dotyczącym przepięć w publicznych sieciach zasilających [15].

Przypadek wystąpienia takiego zdarzenia pokazano na rys. 4. Zgodnie ze wzorem wartość napięcia, jakie pojawi się na poszczególnych odbiornikach, zależy od wartości impedancji odbiorników  $Z_A$  i  $Z_B$ . Zależnie od stosunku wartości  $Z_A$  i  $Z_B$  napięcia na odbiorniku  $U_A$  może zmieniać od wartości bliskich zero do prawie  $U_{L1L2}$ .

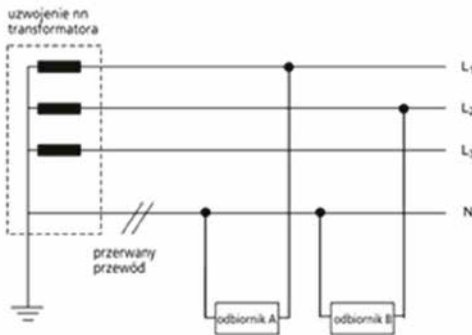
$$u_A = U_{L1L2} \left( \frac{Z_A}{Z_A + Z_B} \right)$$

Wrażliwy sprzęt elektroniczny taki jak: komputery, telewizory, kuchnie z płytą indukcyjną są w wielu gospodarstwach domowych. W biurach i gospodarce - oprócz miejsca pracy - komputery występują też w formie stacji roboczych, serwerów sieciowych czy też układów sterujących. Elementy te mają zasadnicze znaczenie dla przetwarzania danych oraz funkcji komunikacyjnych różnych systemów użytkowych. Stąd też pojawia się pytanie, czy wystąpienie przepięć o częstotliwości sieciowej może stanowić zagrożenie dla tego typu sprzętu. W badaniach praktycznych na szczególną uwagę zasługuje normatywne ujęcie granicznych



Rys. 3. Wygląd przepięcia dorywczego o częstotliwości sieciowej [13]

Fig. 3. The diagram of a power frequency temporary overvoltage [13]



Rys. 4. Zagrożenie spowodowane przerwaniem przewodu neutralnego N [13]

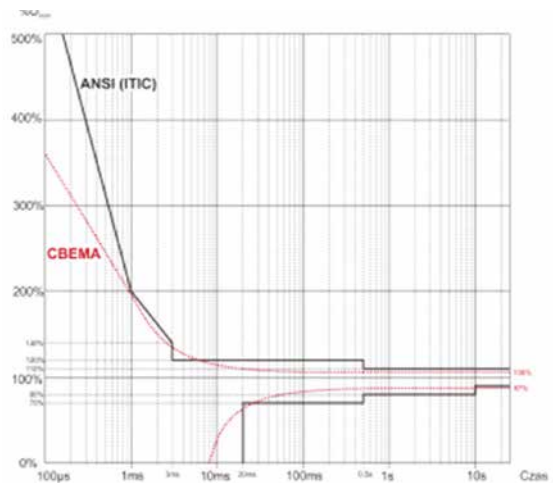
Fig. 4. A hazard caused by the breaking of the neutral conductor N

wartości spadków oraz podskoków napięcia wprowadzone w USA do oceny funkcjonowania komputerów i sprzętu informatycznego. Konsorcja, skupiające producentów określonych branż produktów elektrotechnicznych, określiły, dla swoich produktów, granice odporności na negatywne oddziaływania środowiska. Przykładem takich konsorcjów mogą być: Stowarzyszenie Producentów Sprzętu Komputerowego i Wyposażenia Biurowego (CBEMA - Computer and Business Equipment Manufacturers' Association), Rada Przemysłu Technologii Informatycznej (ITIC - Information Technology Industry Council).

Praktyczne badania i analizy w tym zakresie doprowadziły do opracowania charakterystyk (krzywych) CBEMA a następnie ich modyfikacji – charakterystyk ITIC - zaproponowane w latach 70. ub.w. Krzywa miała służyć jako wskazówka przy konstrukcji zasilaczy sieciowych i pierwotnie przedstawiała wykres tolerancji sprzętu na wielkość i czas trwania zaburzeń w sieci energetycznej. W późniejszym okresie krzywą wykorzystywano przy projektowaniu sprzętu czułego na wahania napięcia jako referencyjny zakres, w którym sprzęt musi działać poprawnie. W końcu krzywa zaczęła być powszechnie używana przy analizie jakości zasilania dotyczącej zaburzeń typu przepięcie, zanik i zapad w sieci [13].

Na wykresie na osi pionowej jest wartość napięcia podana w procentach względem wartości nominalnej, a na osi poziomej jednostką jest czas (w skali logarytmicznej). Środkowa część wykresu (między krzywymi) reprezentuje obszar poprawnej pracy urządzenia. Obszar powyżej wyznacza stany podwyższonego napięcia, które mogą doprowadzić do uszkodzenia bądź wyzwolenia zabezpieczeń nadnapięciowych, zaś obszar pod krzywymi odnosi się do sytuacji obniżonego napięcia w sieci, co może spowodować wyłączenie zasilania lub chwilowy niedobór energii powodujący niewłaściwą pracę urządzeń.

Na układzie współrzędnych określone są wartości graniczne, w obrębie których urządzenia powinny pracować bez przerw i utraty danych. Z punktu widzenia ochrony przed przepięciami istotną jest linia przedstawiająca górną granicę dopuszczalnego obszaru. Krzywa ITIC zastępuje krzywą CBEMA, opracowaną przez ITI w 1994 r., a później została zmodyfikowana do obecnej postaci w roku 2000. Krzywa ta ma postać dwóch łamanych i znana jest również pod nazwą krzywej ANSI, po tym jak została adaptowana przez amerykański instytut standaryzacyjny ANSI (American National Standards Institute). Obie krzywe pokazano na rys. 5, gdzie jak widać maksymalne obejmowane ich zakresem zakłócenie wynosi 500% wartości nominalnej. W przypadku przepięć atmosferycznych i przepięć przejściowych przepięcia o amplitudzie 1500 V wykraczają poza zakres krzywych przedstawionych na rys. 5.




Rys. 5. Krzywe tolerancji napięcia zasilającego ANSI (ITIC) i CBEMA [14, 15]

Fig. 5. ANSI (ITIC) and CBEMA voltage tolerance curves

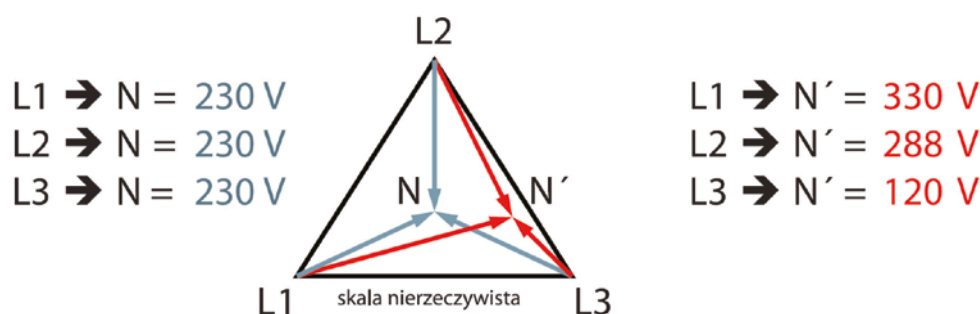
Jak widać na wykresie, istnieje zależność między wartością napięcia i czasem występowania zaburzenia. Na przykład, przerost napięcia o poziomie 200%  $U_{nom}$  i czasie trwania 1 ms w typowych przypadkach nie skutkuje awarią lub błędnym działaniem (punkt między krzywymi), ale zaburzenie o takiej amplitudzie trwające pół okresu sieci może mieć fatalne skutki (punkt powyżej obu krzywych). Generalnie przyjęto, że w typowej sytuacji zdarzenia występujące w sieci energetycznej, jeśli chodzi o wartość napięcia sieciowego, powinny być zawarte w obszarze środkowym wykresu (między krzywymi) i nie powinny one wtedy prowadzić do błędnego działania lub uszkodzenia podłączonych urządzeń. Producenci urządzeń (szczególnie zasilaczy sieciowych) często kierują się tym wykresem przy projektowaniu, aby w tym obszarze zapewnić ich bezawaryjną pracę i utrzymanie właściwego napięcia wyjściowego. Należy jednak pamiętać, że krzywa reprezentuje przypadki typowe i nie może być gwarancją poprawnej pracy każdego urządzenia, gdyż tolerancja na zaburzenia jest różna [6, 14].

## OCHRONA PRZED PRZEPĘCIAMI O CZĘSTOTLIWOŚCI SIECIOWEJ

Zawsze gdy wystąpi uszkodzenie sprzętu elektronicznego, pojawia się pytanie, dlaczego serwis stwierdził uszkodzenie na skutek przepięcia, skoro w instalacji są zamontowane ograniczniki przepięć? Czy stosowane w instalacji elektrycznej ograniczniki przepięć chroniące przed przepięciami pochodzenia atmosferycznego zapewniają nam ochronę przed przepięciami o częstotliwości sieciowej? W polskiej edycji normy z roku 2012 dotyczącej stosowania SPD w instalacjach elektrycznych [10] można znaleźć zapis dotyczący wytrzymałości ogranicznika na wystąpienie przepięć dorywczych, w punkcie zatytułowanym „Wybór ze względu na przepięcia dorywcze (TOV)” zapisano SPD, wykonane zgodnie z normą przedmiotową EN 61643-11 oraz zainstalowane zgodnie z instrukcjami wytwórców, powinny w stopniu akceptowalnym znosić naprężenia wynikające ze spodziewanych oddziaływań TOV. Dodatkowo w uwadze podano, że przerwanie przewodu neutralnego nie jest objęte wymaganiami niniejszej normy. Ale jak zaznaczono, że chociaż obecnie nie ma w normie EN 61643-11 właściwej próby, to oczekuje się, że SPD ulegną uszkodzeniu w sposób nie stwarzający zagrożenia. W załączniku B do normy określającej wymagania i metody badań SPD [11] podano wymagania napięciowe, jakie mają spełniać ograniczniki przepięć przez 120 min. Po tym okresie ogranicznik może się uszkodzić (odłączyć się od instalacji za pomocą wewnętrznego bezpiecznika).

	<b>Especificaciones Particulares</b> <b>Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U.</b>	NRZ103
	<b>Instalaciones de enlace conectadas a la red de distribución.</b> <b>Consumidores en Baja Tensión.</b>	Edición 2ª 09-2018

En cuanto a su correcta forma de instalación, los protectores de sobretensión se instalarán aguas arriba de los interruptores diferenciales. Así mismo el protector frente a sobretensiones permanentes, según norma UNE EN 50550 y cuyo criterio de selección se indica en la Guía-BT 23, irá generalmente aguas arriba del de transitorias, si bien se podrá instalar el protector contra sobretensiones transitorias aguas arriba del protector contra sobretensiones permanentes si el primero soporta la máxima sobretensión permanente prevista.



Jak widać z powyższych zapisów, ograniczniki przepięć chroniące urządzenia przed przepięciami pochodzenia atmosferycznego, nie zapewnią skutecznej ochrony przed przepięciami o częstotliwości sieciowej. Eliminację tego typu zagrożeń można zrealizować, stosując w instalacji elektrycznej specjalne urządzenia zapewniające ochronę przed przepięciami o częstotliwości sieciowej. Urządzenia dla ochrony sprzętu do użytku domowego i podobnego powinny spełniać wymagania normy europejskiej PN-EN 50550:2011 [12]. W roku 2019 pojawiła się norma IEC 63052 [5], która stanowi nową „poprawioną i uzupełnioną” wersję normy CENELEC. Z punktu widzenia odbiorcy stosującego urządzenia chroniące przed przepięciami o częstotliwości sieciowej, szybkość działania urządzenia (rys. 6) pozostała analogiczna w obydwu edycjach normy.

Wymóg stosowania tego typu zabezpieczeń jest rekomendowany lub wymagany przez niektórych dostawców energii elektrycznej w Hiszpanii. Norma zakładowa ENDESA-ENEL, została zatwierdzona przez Ministerstwo Przemysłu i jest obowiązkowa we wszystkich instalacjach tego dostawcy działającego na terenie wspólnot: Katalonia, Andaluzja, Baleary, Wyspy Kanaryjskie, Aragonia. W innych wspólnotach obowiązują lokalne przepisy – i stosowanie urządzeń POP jest obowiązkowe w instalacjach mieszkalnych i przemysłowych. Również hiszpańskie przepisy dotyczące instalacji niskonapięciowych dla ładowania samochodów elektrycznych zawiera obowiązek zainstalowania SPD i POP.

Jeżeli napięcie zasilania (o częstotliwości sieciowej) przekroczy pewną wartość – urządzenie POP rozłączy obwód w określonym czasie w celu uniknięcia uszkodzeń. W przypadku wystąpienia uszkodzenia pokazanego na rys. 7 przesunięcie punktu neutralnego trójfazowego układu napięć powoduje wyłączenie obwodu w ściśle określonym czasie (zgodnym z czasem przyjętym w normie PN-EN 50550/IEC 63052).

Wyłączenie obwodu powinno nastąpić w czasie zapewniającym bezpieczne funkcjonowanie chronionego urządzenia, zgodnie z charakterystyką pokazaną na rys. 8.

Rys. 6. Fragment z wymagań energetyki hiszpańskiej w zakresie ochrony przed przepięciami przejściowymi

Fig. 6. En excerpt from the requirements of Endesa Distribución (Spanish distribution network operator) relating to the protection against transient surges

Rys. 7. Wzrost napięcia na odbiornikach w poszczególnych fazach spowodowane przesunięciem punktu neutralnego

Fig. 7. Voltage increase on loads of different phases due to the shift of the neutral point

## URZĄDZENIA CHRONIĄCE PRZED PRZEPĘCIAMI O CZĘSTOTLIWOŚCI SIECIOWEJ

W ofercie handlowej różnych firm pojawiły się na rynku polskim urządzenia służące do ochrony przed przepięciami o częstotliwości sieciowej. Ograniczniki te oznaczone są najczęściej jako SPD+POP+MCB lub POP+MCB, łączą w jedno urządzenie następujące moduły:

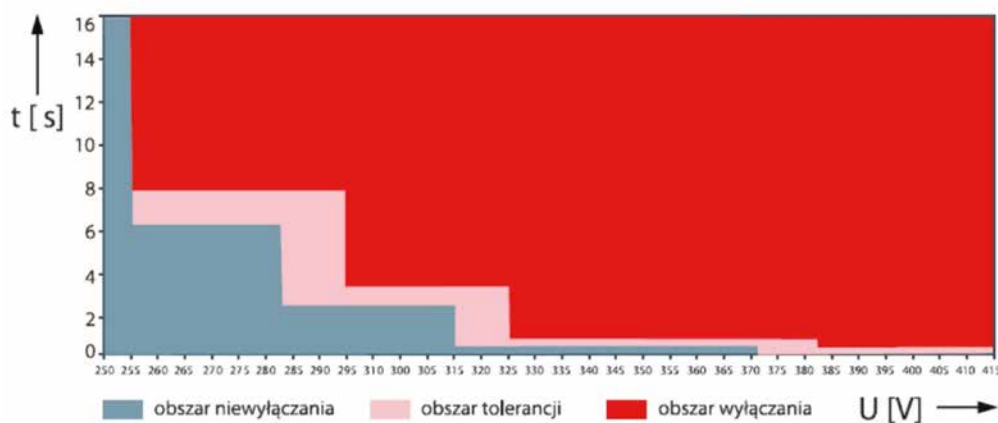
- ogranicznik przepięć typu 2 – SPD (Surge Protective Device),
- moduł wyłącznika POP (Power frequency Overvoltage Protection),
- wyłącznik nadprądowy MCB (Miniature Circuit Breaker).

Aparat taki stanowi jedną funkcjonalną całość i nie może być rozdzielany na poszczególne moduły. Ograniczniki są dostępne w dwóch wersjach do instalacji jednofazowej i trójfazowej. Moduł POP zapewnia wyłączenie obwodu w czasie zgodnym z tab. 1 normy PN-EN 50550.

Sprzężony z modułem POP wyłącznik nadprądowy ma najczęściej charakterystykę C. Z uwagi na przeznaczenie tego urządzenia do ochrony sprzętu do użytku domowego i podobnego wyłącznik nadprądowy ma prąd znamionowy nie większy niż 63 A. Urządzenie może być też wyposażone w ogranicznik typu 2, zapewnia ochronę przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi (przepięcia przejściowe o krótkim czasie trwania) i zapewnia napięciowy poziom ochrony < 1,5 kV.

## WNIOSKI

Aktualnie nie ma powszechnie dostępnych wyników badań dotyczących występowania przepięć w instalacjach elektrycznych dochodzących do budynków mieszkalnych, pawilonów handlowych czy też biur i urzędów. Występowanie przepięć łączeniowych może spowodować zakłócenia w pracy urządzeń elektronicznych urządzeń pomiarowych, również w przypadku obiektów z zainstalowanymi na wejściu ogranicznikami przepię-



Standardowe czasy przy napięciu ( $U_a$ ) o wartości					
	255 V	275 V	300 V	350 V	400 V
<b>Maksymalny czas wyłężania</b>	nie wyłęża	15 s	5 s	0,75 s	0,20 s
<b>Minimalny czas niewyłężania</b>	nie wyłęża	3 s	1 s	0,25 s	0,07 s

Rys. 8. Wartości graniczne czasów rozłężania i nierozłężania przy ( $U_a$ ) zgodnie z tab. 1 normy [10]

Fig. 8. Limit values of break times and non-actuating times at ( $U_a$ ) according to Table 1 of the standard



Rys. 9. Ogranicznik SPD+POP+MCB do instalacji elektrycznej trójfazowej oraz POP+MCB do instalacji elektrycznej 1-fazowej

Fig. 9. Surge protective device "SPD+POP+MCB" for 3-phase systems and "POP+MCB" for single-phase systems

ciowymi. Należy pamiętać, że zasięg zastosowanych ograniczników nie rozciąga się w nieskończoność (normy mówią o skutecznej odległości ochrony wynoszącej 10 m), a źródło zakłóceń może być zlokalizowane wewnątrz samego budynku. Dlatego analizując zakłócenia w pracy systemów elektronicznych i parametry jakościowe energii, którą zasilamy urządzenia, ważne jest dokładne rozpoznanie pod kątem EMC środowiska, w jakim to urządzenie pracuje.

Artykuł recenzowany, wpłynęło 25.01.21

## LITERATURA

- [1] Biuletyn techniczny. 1998. *Power Quality*, 1 – „Understanding Power Quality” University of Wollongong.
- [2] Blitz-Bilanz 2019. Blitze verursachen Schäden von 200 Millionen Euro. Materiały ze strony internetowej <http://www.gdv.de>.
- [3] Hanusiak J. 2008. Przepięcia w gospodarstwie domowym. Bankier.pl.
- [4] Hanzelka Z. 2013. „Jakość dostawy energii elektrycznej. Zaburzenia wartości skutecznej napięcia”. Kraków: Wydawnictwa AGH.
- [5] IEC 63052:2019 – 08 Edition 1.0 Power frequency overvoltage protection devices (POPs) for household and similar application.
- [6] Klajn A., M. Bątkiewicz-Pantuła. 2013. Jakość energii elektrycznej w publicznych sieciach zasilających. *elektro.info* 7-8.
- [7] Musiał E. 2010. Ocena jakości energii elektrycznej w sieciach przemysłowych. *Automatyka, Elektryka, Zakłócenia*, 1(1): 30-45.
- [8] Ochrona przed przepięciami o częstotliwości sieciowej (SPD+POP+MCB). Druk firmowy nr DS310 ([www.dehn.pl](http://www.dehn.pl)).
- [9] PN-EN 50160 (grudzień 2002). Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych.
- [10] PN-HD 60364-5-534 - maj 2012. Instalacje elektryczne niskiego napięcia Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie. Sekcja 534: Urządzenia do ochrony przed przepięciami.
- [11] PN-EN 61643-11:2013-06E Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 11: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia. Wymagania i metody badań.
- [12] PN-EN 50550 (maj 2011). Urządzenia zabezpieczające przed przepięciami o częstotliwości sieciowej dla sprzętu do użytku domowego i podobnego.
- [13] Schneider Electric - Electrical installation guide 2008 - part J: Protection against voltage surges in LV.
- [14] Sonel. 2013. Instrukcja obsługi analizator jakości zasilania PQM-702.
- [15] Technical Report IEC TR 61000-2-14:2006-12 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-14: Environment – Overvoltages on public electricity distribution networks.
- [16] Urbański K. 2004. Pomiary jakości energii elektrycznej z wykorzystaniem techniki mikroprocesorowej. Materiały konferencji KNWS.