

Ochrona przepięciowa instalacji elektrycznych z magazynami energii

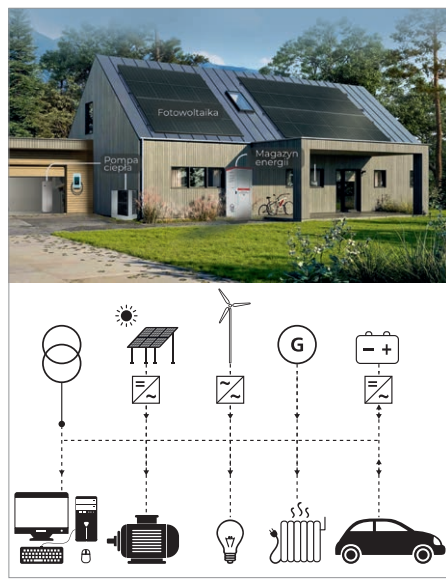
Instalacjom fotowoltaicznym coraz częściej towarzyszą akumulatorowe magazyny przechowywania energii elektrycznej, dzięki którym można zatrzymać nadwyżkę wyprodukowanej mocy i wykorzystać ją w późniejszym czasie. Podobnie jak instalacje PV, także magazyny energii są zagrożone przepięciami, a zatem wymagają zastosowania odpowiedniego systemu ochrony.

Prosumenckie instalacje PV stanowią jedną z dróg pozyskiwania energii elektrycznej na potrzeby gospodarstw domowych czy rolniczych. Dla systemów prosumenckich (rys. 1.) przewiduje się możliwość pracy wyspowej, podłączenie na stałe do sieci energetycznej lub kombinację obydwu systemów. Takie rozwiązanie może odnosić się zarówno do pojedynczego producenta/odbiorcy, jak też do grupy odbiorców.

Budując instalację prosumencką i angażując tym samym odpowiednie środki finansowe, oczekujemy, że nasza elektrownia będzie w stanie dostarczać prąd (na nasze potrzeby lub do sieci przesyłowej) również po burzy. Dlatego zdając sobie sprawę z możliwych zagrożeń związanych z wyładowaniami piorunowymi (rys. 2.), należy przedsięwziąć odpowiednie środki zapewniające bezpieczeństwo pracy instalacji, a tym samym – stały dopływ środków finansowych ze sprzedaży lub oszczędności z tytułu wykorzystania samodzielnie wygenerowanej

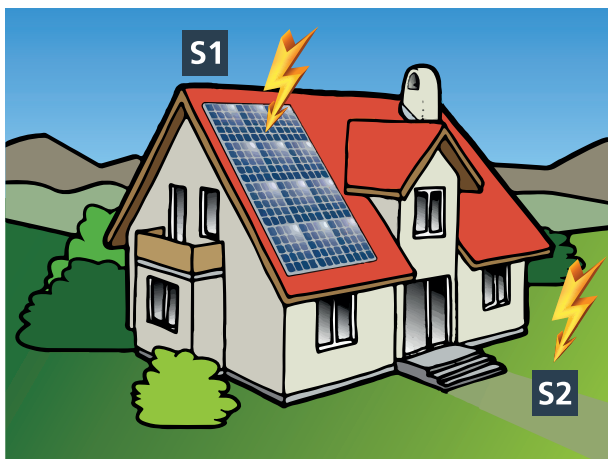
energii. Z punktu widzenia ochrony odgromowej i przepięciowej jest to o tyle ważne, że wyładowanie piorunowe może w tym przypadku spowodować uszkodzenia w systemie prosumenckim w wielu obiektach przyłączonych do wspólnej lokalnej sieci SEI (ang. *smart electrical installation*).

Obecnie coraz częściej instalacje prosumenckie wyposażane są w magazyny energii. Pozwala to na lepsze wykorzystanie energii zarówno wewnątrz instalacji odbiorczej, jak i lepsze bilansowanie energii w systemie energetycznym. Inteligentne systemy magazynowania pozwalają na zmniejszenie problemów ze zbyt dużym oddawaniem energii do sieci w porze południowej i pojawiającymi się przypadkami zakłóceń w pracy instalacji prosumenckich. W skrajnych przypadkach, z uwagi na niskie zapotrzebowanie u odbiorców i wysoki poziom generacji z fotowoltaiki, może nawet dochodzić do wyłączania części domowych instalacji PV [4]. Dlatego inteligentne systemy

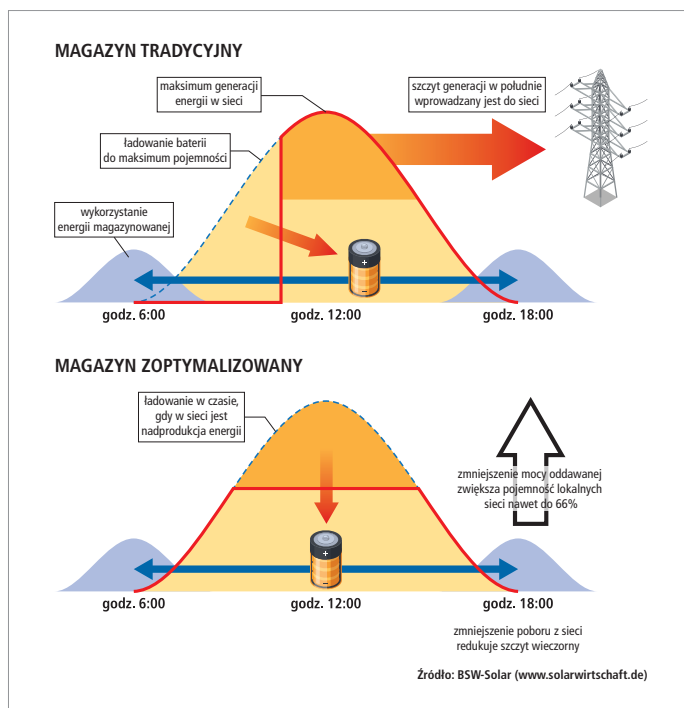


Rys. 1. Przykładowa instalacja prosumencka [1, 2]

magazynowania energii, współpracując z falownikami i z siecią, potrafią zminimalizować ryzyko wystąpienia takich zjawisk.



Rys. 2. Możliwe zagrożenie dla instalacji prosumenckiej PV spowodowane wyładowaniem piorunowym: S1 – bezpośrednie wyładowanie piorunowe w obiekt, S2 – wyładowanie obok obiektu, S3 – wyładowanie w linii przyłączone do obiektu, S4 – wyładowanie w pobliżu linii przyłączonych do obiektu



Rys. 3. Współpraca inteligentnego magazynu energii z siecią energetyczną [5]

Według informacji ze stowarzyszenia BSW [5] na koniec 2021 roku w magazyny energii wyposażonych było już 413 tys. prosumentów, z tego wyłącznie w ubiegłym roku magazyny zainstalowano w 141 tys. gospodarstw domowych.

Ochrona instalacji prosumenckich wymaga kompleksowego podejścia (zgodnie ze strefową koncepcją ochrony LPZ), czyli zapewnienia ochrony przed skutkami wyładowania bezpośredniego, jak również ochrony przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi. W normie [2] zwrócono uwagę na to, że przepięcia łączeniowe w PEI (ang. *prosumer electrical installation* – prosumenckiej instalacji elektrycznej) mogą występować częściej i mieć większe war-

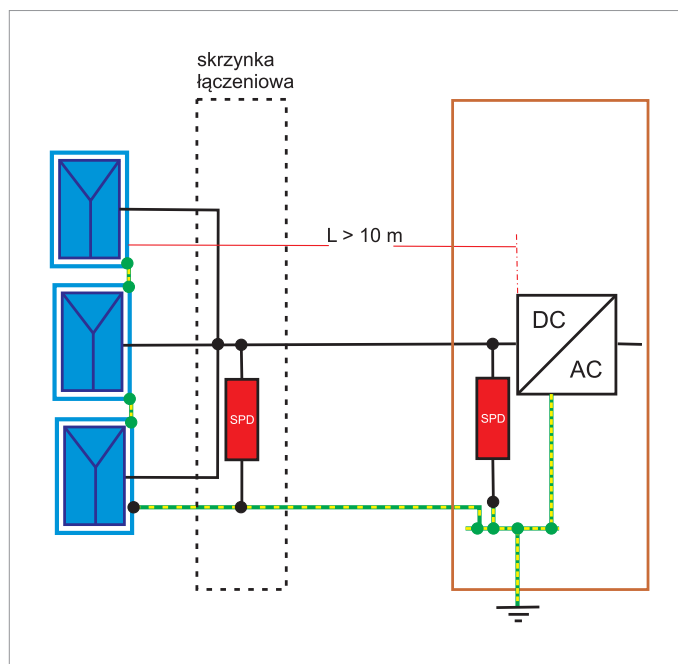
tości niż w zwykłej instalacji (np. wskutek przełączania źródeł, zrztu lub przenoszenia obciążenia). W celu ochrony instalacji i urządzeń przed przepięciami łączeniowymi zaleca się zwrócić szczególną uwagę na instalowanie urządzeń do ograniczania tych przepięć.

Zalecenie ochrony przed przepięciami domowych systemów magazynowania energii pojawia się również w wytycznych opracowanych przez szereg stowarzyszeń branżowych [6]. Przewodniki zwracają uwagę na możliwe zagrożenia i przywołują zapisy odpowiednich norm z zakresu ochrony odgromowej, budowy instalacji elektrycznych i fotowoltaicznych. Wśród norm przywoływanych w niemieckich zaleceniach można znaleźć również dosyć starą

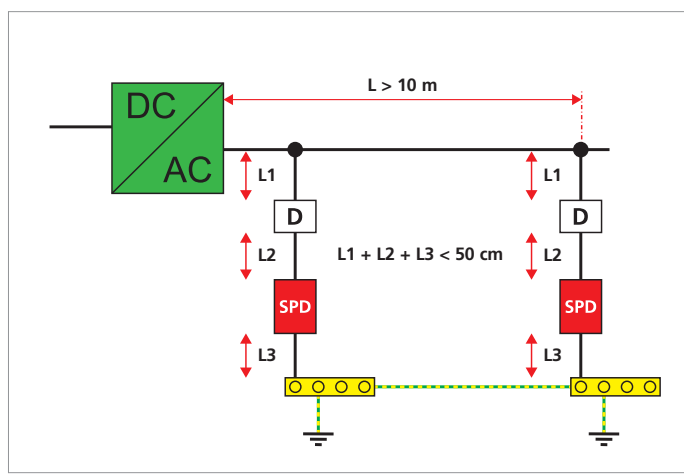
normę PN-EN 61173, dotyczącą ochrony przed przepięciami w systemach PV.

Zawarte w normie wymagania dotyczące efektywności ochrony przed przepięciami pozostają jednak nadal aktualne. Efektywna ochrona przepięciowa dla systemu wytwarzania i magazynowania wymaga spełnienia przez SPD następujących kryteriów:

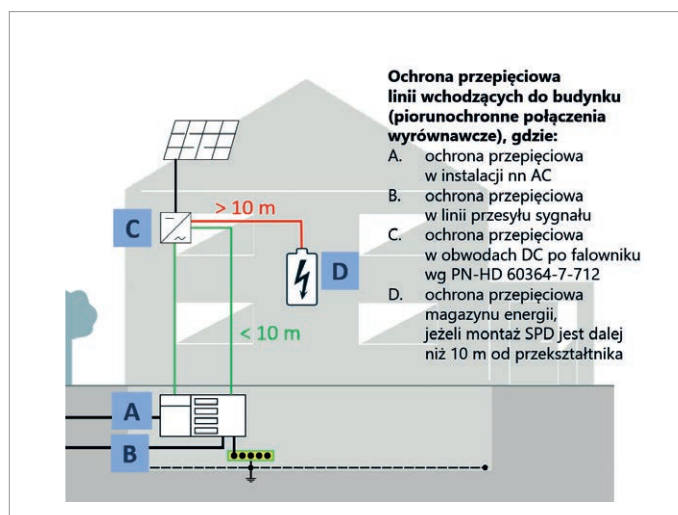
- » ograniczniki przepięć nie powinny ulegać degradacji poniżej swoich minimalnych charakterystyk przed przewidzianym przez projektanta końcem żywotności, nawet w ekstremalnych warunkach pracy,
- » SPD powinny ograniczać poziom przepięć chronionych obwodów do bezpiecznego poziomu,



Rys. 4. Montaż ograniczników przepięć w instalacji elektrycznej DC w przypadku, gdy odległość pomiędzy miejscem podłączenia paneli PV a przekształtnikiem jest większa niż 10 m



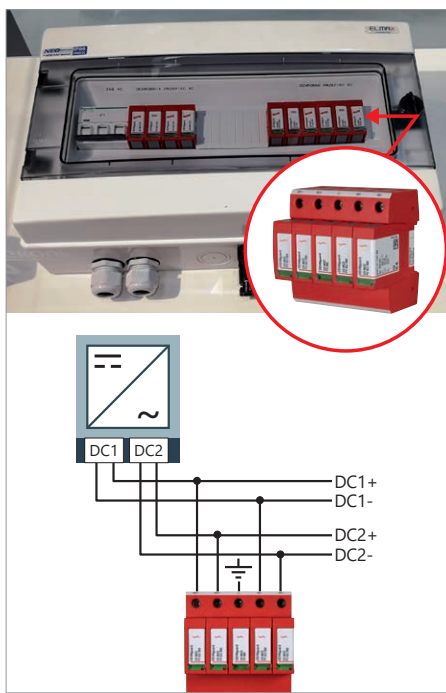
Rys. 5. Montaż ograniczników przepięć w instalacji elektrycznej AC w przypadku, gdy odległość pomiędzy rozdzielnicą główną a przekształtnikiem jest większa niż 10 m



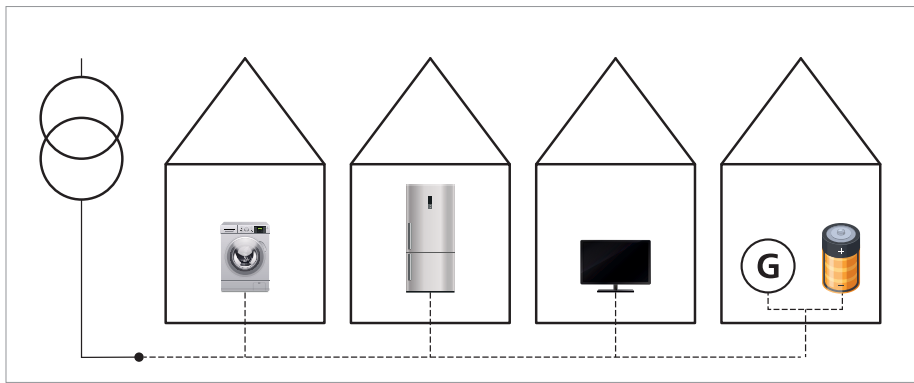
Rys. 6. Schemat ochrony przepięciowej instalacji PV z magazynem energii



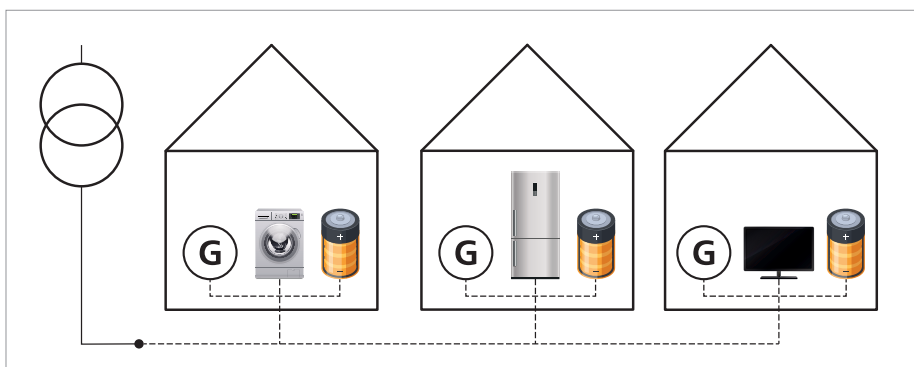
Rys. 7. Ochrona przepięciowa prosumentkiej instalacji PV z magazynem energii [1]



Rys. 8. Ochrona przepięciowa dla instalacji DC z falownikiem o dwóch wejściach MPP



Rys. 9. Przykład instalacji prosumentkiej z wydzielonym układem rozdzielczym i jednym źródłem energii



Rys. 10. Przykład wspólnej prosumentkiej instalacji elektrycznej



Rys. 11. Instalacja fotowoltaiczna z magazynem energii w Kamieniu Śląskim [1]

- » SPD nie powinny ulegać awariom w wyniku spodziewanych stanów niestabilnych, a w pewnych przypadkach powinny umożliwić bezpieczne odprowadzenie dużych prądów aż do zadziałania zabezpieczeń linii zasilania poprzedzających miejsce montażu SPD,
- » SPD nie powinny schodzić poniżej zaprojektowanej żywotności nawet w skrajnych warunkach eksploatacyjnych systemu,

- » SPD nie powinny wpływać negatywnie na normalną pracę systemu przed przekroczeniem zaprojektowanego czasu żywotności i powinny wywierać minimalny wpływ na sprawność systemu.
- Jak widać z powyższych zapisów, ograniczniki stosowane do ochrony instalacji prosumentckich powinny mieć odpowiednie parametry techniczne i spełniać wymagania jakościowe,

co pozwoli na zapewnienie pełnej dyspozycyjności chronionego systemu wytwarzania i magazynowania energii.

Stosując ochronę przepięciową w instalacji prosumentckiej, musimy pamiętać o tzw. regule 10 m. Zgodnie z zapisami zawartymi w aktualnych normach z zakresu ochrony odgromowej i przepięciowej, przyjmuje się, że skuteczna odległość ochronna SPD wynosi do 10 m. Jeże-

li odległość między SPD a urządzeniem podawanym ochronie jest większa niż 10 m, należy zapewnić dodatkowe środki ochrony, jak np. dodatkowe SPD, zainstalowane jak najbliżej chronionego urządzenia. W przypadku modułów PV można zakładać, że odporność udarowa $U_{W(PV_Mod)}$ jest większa niż odporność udarowa przekształtnika $U_{W(PV_INW)}$. W takim przypadku zalecane jest zainstalowanie ogranicznika przepięć typu 2 do linii DC w pobliżu przekształtnika. W instalacjach, gdzie długość przewodów łączących panele PV z przekształtnikiem przekracza 10 m, należy zainstalować dwa ograniczniki przepięć typu 2 (dedykowane do systemów PV). [8] Również w instalacji elektrycznej AC zalecany jest dodatkowy ogranicznik przepięć (w pobliżu przekształtnika), jeżeli odległość między rozdzielnicą główną obiektu a przekształtnikiem jest większa niż 10 m.

W przypadku małego obiektu – np. domu jednorodzinnego – gdy przekształtnik zlokalizowany jest wewnątrz budynku, odległość między rozdzielnicą główną a przekształtnikiem może być mniejsza niż 10 m. W takim przypadku zastosowanie w rozdzielnicie głównej ogranicznika przepięć typu 1 o niskim napięciowym poziomie ochrony pozwala na rezygnację ze stosowania dodatkowego ogranicznika przepięć typu 2 w pobliżu przekształtnika. Przykład takiego rozwiązania pokazano na **rysunku 6.** – w rozdzielnicie głównej zastosowany został ogranicznik przepięć typu 1 o niskim poziomie ochrony.

Na **rysunku 7.** pokazano przykładowe rozwiązanie dla instalacji elektrycznej z magazynem energii, wykonane przez firmę MEB Energy. Ponieważ magazyn jest obok przekształtnika, który chroniony jest dekowanymi ogranicznikami przepięć do instalacji PV, nie są wymagane SPD do ochrony magazynu energii. Skrzynka z ogranicznikami przepięć zawiera dodatkowy ogranicznik na potrzeby ochrony przepięciowej w instalacji elektrycznej AC.

W przypadku instalacji wyposażonej w falownik o dwóch wejściach MPP można zastosować specjalnie przeznaczone do tego ograniczniki przepięć DEHNGuard M PV2... Przykład skrzynki rozdzielczej z zabudowanym ogranicznikiem przepięć oraz schemat podłączeń pokazano na **rysunku 8.**

Zgodnie z normą [2] grupa prosumentów (np. grupa pojedynczych domów prywatnych, mieszkań w budynku, sklepów w centrum handlowym) może współpracować i koordynować swoje zasoby, aby tworzyć wspólne źródła energii elektrycznej. W normie przewidziano różne możliwości współpracy pojedynczych instalacji,

w tym też pracę z wydzielonym układem rozdzielczym, służącym połączeniu między wszystkimi zaangażowanymi prosumentami. Może istnieć kilka wariantów funkcjonowania takiej wspólnoty. W przypadku przykładu pokazanego na **rysunku 9.** tylko jedna oddzielna jednostka wytwarza i magazynuje energię elektryczną, która przeznaczona jest dla całej wspólnoty odbiorców.

Poszczególne nieruchomości, takie jak osiedle mieszkaniowe lub park biznesowy, mogą grupować swoje interesy, akceptując zasilanie wspólne z sąsiadami, pochodzące z ich własnej produkcji lokalnej. Każdy właściciel budynku może mieć zainstalowane prywatne źródła energii odnawialnej wraz z magazynem, które mogą zasilать albo prywatną instalację elektryczną, albo grupę takich instalacji. Taki układ, pokazany na **rysunku 10.**, stanowi wspólną prosumencką instalację elektryczną (PEI). Z tych różnych źródeł zasilania mogą pobierać energię wszyscy zaangażowani prosumenci poprzez układ rozdzielczy w ramach PEI. Energia elektryczna wytwarzana przez źródło zasilania jednego prosumenta może być użyta lokalnie przez tego prosumenta lub też przez innych prosumentów z tej grupy.

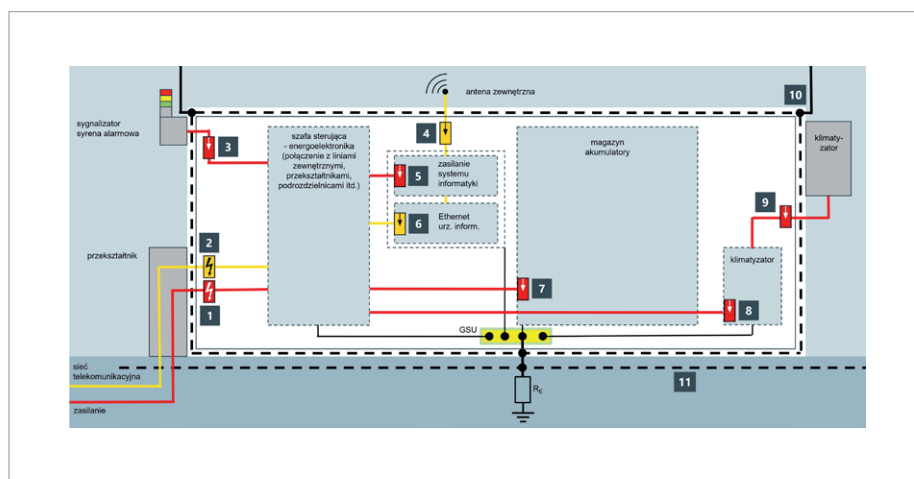
Rozwój technologii związanych z budową magazynów energii spowodował zainteresowanie tworzeniem małych, autonomicznych systemów elektroenergetycznych, czyli mikrosieci. Takie mikrosieci to jakby wydzielone systemy elektroenergetyczne, składające się z rozproszonych źródeł wytwarzania, magazynów energii oraz układów odbiorczych, które mogą działać niezależnie od sieci dystrybucyjnej. Przykładem takiego rozwiązania może być stworzony przez firmę MEB system microgrid pracujący jako zasilanie kompleksu uzdrowiskowo-hotelowego w Kamieniu Śląskim. Łączna moc instalacji foto-



Rys. 12. Ochrona przepięciowa elektrowni PV z wykorzystaniem ogranicznika DEHNCombo

woltaicznej, złożonej z 1562 modułów PV, wynosi 500 kWp. Magazyn energii został zaprojektowany w sposób pozwalający maksymalnie wykorzystać to, co generują OZE. Jonowo-litowy magazyn energii ma pojemność 837 kWh i jest podłączony do polskiego systemu energetycznego. Instalacja zasilą również ogólnodostępną stację ładowania samochodów elektrycznych i hybrydowych.

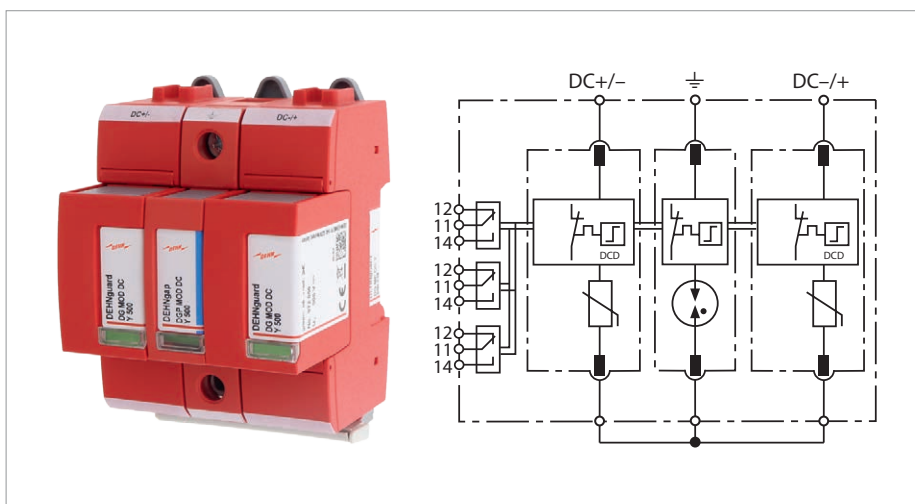
Nie należy też zapominać o stosowaniu ochrony przepięciowej urządzeń znajdujących się wewnątrz magazynu energii. W przypadku, gdy zagrożenie mogą stanowić częściowe prądy pioruna, należy zastosować ograniczniki przepięć typu 1, testowane prądem I_{imp} o kształcie 10/350 μ s. W przypadku, gdy poddawane ochronie linie nie są narażone na przewodzenie części prądu pioruna, możemy zastosować SPD typu 2, testowane prądami o kształcie 8/20 μ s. Zastosowane SPD powinny być zgod-



Rys. 13. Ochrona przepięciowa urządzeń i instalacji wewnątrz magazynu energii



Rys. 14. Ograniczniki przepięć do zabezpieczenia urządzeń wewnątrz magazynu energii: a) kombinowany SPD typu 1 do instalacji elektrycznej w układzie TNS, b) ogranicznik przepięć typu 1 od ochrony linii telekomunikacyjnych, c) ogranicznik przepięć typu 2 do instalacji elektrycznej w układzie TNS/TT



Rys. 15. Wygląd i schemat wewnętrzny SPD typu 1 do ochrony obwodów DC

ne z normami dotyczącymi wymagań dla SPD po stronie instalacji elektrycznej AC i DC oraz instalacji teletechnicznych. Muszą też oczywiście zapewnić poziom ochrony U_p niższy niż wytrzymywany poziom napięcia udarowego chronionych urządzeń. Przykład kompleksowej ochrony przepięciowej magazynu energii zgodny z koncepcją strefy ochronnej (LPZ) pokazano na **rysunku 13**.

W przypadku linii zewnętrznych mogących wprowadzić do wnętrza magazynu częściowe prądy piorunowe należy zastosować ograniczniki przepięć typu 1 (element nr 1 i 2). Pozostałe obwody chronione są za pomocą ograniczników przepięć typu 2. Przykład takich ograniczników pokazano na **rysunku 14**.

W przypadku ryzyka wystąpienia oddziaływania prądu piorunowego (w drodze galwanicznego lub indukcyjnego/pojemnościowego sprzężenia) na baterie akumulatorów po stronie

prądu stałego (gdy np. akumulatory i falownik znajdują się w różnych obiektach), należy zapewnić dodatkowe odpowiednie środki ochrony odgromowej i zastosować ograniczniki przepięć do ochrony akumulatorów. Ważne jest, aby były one specjalnie zaprojektowane do obwodów prądu stałego. Przykładem takiego modułowego kombinowanego ogranicznika SPD typu 1 jest DEHNguard ME DC Y 950 FM, pokazany na **rysunku 15**. Ogranicznik ten posiada specjalny system odłączania prądu stałego DCD (ang. *direct current disconnection*), zapobiegający powstawaniu zagrożeń wywołanych przez łuk elektryczny. Może on pracować w instalacjach DC o napięciu trwałej pracy DC wynoszącym 950 V.

Z jednej strony następują zmiany klimatyczne i burze występują coraz częściej, a z drugiej strony następuje szybki wzrost udziału wrażliwych elementów elektronicznych w obiektach

energetycznych. Taka sytuacja zwiększa ryzyko uszkodzenia i awarii w wyniku przepięć spowodowanych m.in. wyładowaniami atmosferycznymi. Zagrożenie przepięciowe dotyczy także instalacji prosumenckich wyposażonych w magazyny energii. Tylko dzięki kompleksowemu podejściu do zagadnienia ochrony oraz stosowaniu strefowej koncepcji ochrony odgromowej można zagwarantować stałą funkcjonalność, a także uniknąć niepotrzebnych przerw na prace naprawcze i kosztów związanych z wymianą uszkodzonych elementów.

I Literatura

1. Materiały informacyjne firmy MEB Energy.
2. PN-HD 60364-8-2 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 8-2: Niskonapięciowe instalacje elektryczne prosumenta.
3. J. Wiater, Ochrona odgromowa i przepięciowa magazynów energii, „elektro.info” 3/2022.
4. „Operator sieci wyłączył instalacje ponad 10 tys. prosumentów”, portal www.gramwzielone.pl
5. Materiały informacyjne niemieckiego stowarzyszenia branży fotowoltaicznej Bundesverband Solarwirtschaft eV (BSW)
6. Materiały informacyjne Stowarzyszenia Systemów Magazynowania Energii
7. PN-EN 61173. Ochrona przepięciowa fotowoltaicznych (PV) systemów wytwarzania mocy elektrycznej – Przewodnik
8. CENELEC CLC/TS 50539-12:2013. Low-voltage surge protective devices – Surge protective devices for specific application including DC – Part 12: Selection and application principles – SPDs connected to photovoltaic installations
9. Ochrona odgromowa i przepięciowa akumulatorowych systemów magazynowania energii, druk WPX047 firmy DEHN
10. T. Kerschensteiner, Batteriespeicher sicher betreiben, Energy 4.0 2/2019



DEHN Polska Sp. z o.o.
02-675 Warszawa
ul. Wołoska 16
tel. 22 299 60 40 do 41
info@dehn.pl
www.dehn.pl