



URZĄD DOZORU
TECHNICZNEGO

OCHRONA ODGROMOWA I PRZECIWPZEPĘCIOWA W INFRASTRUKTURZE ŁADOWANIA POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH

WYDANIE 2024





Szanowni Państwo,

celem działań Urzędu Dozoru Technicznego jest zapewnienie bezpieczeństwa podczas użytkowania urządzeń technicznych. Zgodnie z ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych, badaniami technicznym w zakresie bezpiecznej eksploatacji, naprawy i modernizacji podlegają stacje ładowania i punkty ładowania stanowiące element infrastruktury drogowego transportu publicznego.

Zapraszamy do zapoznania się z opracowaniem, w którym prezentujemy aspekty ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych. Poznacie Państwo zjawiska, które mogą powodować poważne uszkodzenia tych urządzeń oraz stanowić zagrożenie dla użytkowników. Przybliżamy zagadnienia dotyczące środków ochrony. Poradnik kierowany jest w szczególności do projektantów, wykonawców i zarządców infrastruktury.

Materiał powstał we współpracy z Politechniką Białostocką Wydziałem Elektrycznym oraz Polską Izbą Rozwoju Elektromobilności. Opracowanie zostało pozytywnie zaopiniowane przez przedstawicieli środowiska naukowo-badawczego uczelni technicznych oraz zrzeszenia naukowo-technicznego z obszaru rozwijania i propagowania inicjatyw i działań sprzyjających rozwojowi energetyki polskiej oraz racjonalnemu użytkowaniu paliw. Swoje rekomendacje dla przewodnika przedstawili prof. PW dr hab. inż. Mariusz Sarniak z Politechniki Warszawskiej Filia w Płocku oraz mgr inż. Wojciech Michalec ze Stowarzyszenia Polskich Energetyków Oddział Radom.

Dziękujemy przedstawicielom wszystkich stron zainteresowanych bezpiecznym rozwojem elektromobilności za wkład w ostateczny kształt tego opracowania.

Zachęcamy do korzystania z poradnika. Publikację można pobrać ze strony www.udt.gov.pl. Zainteresowanych otrzymaniem wersji drukowanej prosimy o kontakt pod adresem: eksploatacja@udt.gov.pl.

Życzymy owocnej lektury
Redakcja Wydania Poradnika
Urząd Dozoru Technicznego

OPRACOWANIE

Dr inż. Jarosław Wiater

Wydział Elektryczny
Politechnika Białostocka



Politechnika
Białostocka

Mgr Marcin Nowak

Polska Izba
Rozwoju Elektromobilności



Polska Izba Rozwoju
Elektromobilności

Mgr inż. Mariusz Wasilewski

Główny Specjalista
Wydział Nowych Technologii
Departament Techniki
Urząd Dozoru Technicznego



URZĄD DOZORU
TECHNICZNEGO

Mgr inż. Dariusz Cendlewski

Kierownik Wydziału Nowych Technologii
Departament Techniki
Urząd Dozoru Technicznego



URZĄD DOZORU
TECHNICZNEGO



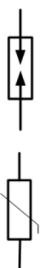
Wydanie rok 2024

Wszelkie prawa zastrzeżone © Urząd Dozoru Technicznego

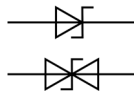
Spis treści

1	Wstęp	4
1.1	Rynek elektromobilności w Polsce	4
1.2	Rynek elektromobilności na świecie	5
1.3	Wyzwania rynku elektromobilności	6
1.4	Rola UDT w rozwoju elektromobilności	7
2	Rodzaje stacji ładowania	8
2.1	Stacje ładowania prądu przemiennego (AC)	8
2.2	Stacje ładowania prądu stałego (DC)	8
3	Przebiegi i wyładowania piorunowe - czym są i skąd się biorą?	9
3.1	Czym są przebiegi?	9
3.2	Skąd biorą się przebiegi?	9
3.3	Skąd biorą się wyładowania piorunowe?	10
3.4	Zagrożenia stacji ładowania	12
4	Wymagania prawne i obowiązujące przepisy	14
5	Jak prawidłowo zaprojektować ochronę odgromową i przeciwprzebiegową infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych?	18
5.1	Zagadnienia ogólne ochrony odgromowej i przeciwprzebiegowej	19
5.2	Punkty ładowania pojazdów elektrycznych – instalacja prosumencka	22
5.3	Ochrona stacji ładowania pojazdów elektrycznych zlokalizowanych w miejscu ogólnodostępnym	23
5.4	Ogólnodostępne stacje ładowania zlokalizowane przy ulicy	24
5.5	Stacje ładowania zlokalizowane na parkingach wewnątrz budynków	25
5.6	Ochrona stacji ładowania dużej mocy	26
5.7	Szybki algorytm poprawności ochrony odgromowej i przeciwprzebiegowej stacji ładowania pojazdów elektrycznych	28
6	Przykłady rozwiązań z zakresu ochrony przebiegowej w infrastrukturze ładowania pojazdów elektrycznych	29
6.1	Stacja ładowania prądu przemiennego (AC) vs prądu stałego (DC)	29
6.2	Stacja ładowania zasilana z osobnego przyłącza / zasilana z przyłącza w budynku (z rozdzielnic pośredniej)	29
6.3	Stacja ładowania zlokalizowana na zewnątrz – wolnostojąca w otwartej przestrzeni	30
6.4	Stacja ładowania zlokalizowana na zewnątrz – pod wiatą	30
6.5	Stacja ładowania zlokalizowana wewnątrz – w garażu	31
6.6	Stacja ładowania naścienna lub wolnostojąca	31
6.7	Huby stacji ładowania (inwestycje dużej skali)	32
6.8	Pantografy (zajezdnie autobusowe)	33
6.9	Ochrona linii komunikacyjnych (transmisji danych)	33
7	Dodatek	34
7.1	Dobre praktyki i rekomendacje dla projektantów, wykonawców i zarządców budynków wyposażonych w infrastrukturę ładowania pojazdów elektrycznych	34
7.2	Najczęściej popełniane błędy w obszarze ochrony odgromowej i przeciwprzebiegowej w infrastrukturze ładowania pojazdów elektrycznych	34
8	Literatura	35

Najważniejsze symbole graficzne elementów i urządzeń wykorzystywanych do ochrony odgromowej i przeciwprzebiegowej:



iskiernik (element ucinający napięcie)



dioda zabezpieczająca (jedno- i dwukierunkowa)



warystor (element ograniczający napięcie)



uziemiaenie





1. Wstęp

Elektromobilność stanowi dynamicznie rozwijającą się branżę zarówno na świecie, jak i w Polsce. Jednocześnie rośnie świadomość potrzeby dekarbonizacji transportu i redukcji emisji CO₂. Dlatego pojazdy elektryczne stają się coraz bardziej atrakcyjną alternatywą dla tradycyjnych pojazdów spalinowych.

Wobec rosnącej popularności pojazdów elektrycznych kwestie związane z bezpieczeństwem i efektywnością infrastruktury ładowania zyskują na znaczeniu. W poradniku skupiamy się na aspektach ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej stacji oraz punktów ładowania pojazdów elektrycznych. Opracowanie stanowi więc kluczowe kompendium wiedzy dla projektantów, wykonawców i zarządców infrastruktury.

Szczególną uwagę poświęcamy wyładowaniom piorunowym i przepięciom – zjawiskom, które mogą powodować poważne uszkodzenia infrastruktury oraz stanowić zagrożenie dla użytkowników. Poddajemy analizie źródła tych zjawisk oraz metody przeciwdziałania ich skutkom, a także opisujemy odpowiednie środki ochrony, jakie mogą wpłynąć na zmniejszenie ryzyka uszkodzenia i zwiększenie trwałości infrastruktury ładowania.

W dokumencie uwzględniamy obowiązujące przepisy prawne oraz wytyczne projektowe, które muszą być spełnione przy budowie i eksploatacji stacji ładowania. Przedstawiamy praktyczne wskazówki dotyczące prawidłowego projektowania systemów ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej, a także opisujemy najczęściej popełniane błędy i sposoby ich uniknięcia.

1.1. Rynek elektromobilności w Polsce

W Polsce elektromobilność zyskuje na znaczeniu, choć w porównaniu z niektórymi krajami zachodnimi rozwój ten jest jeszcze w początkowej fazie. Jednakże w ciągu ostatnich kilku lat zaobserwowano wyraźny wzrost liczby pojazdów elektrycznych na drogach, wspierany między innymi przez programy rządowe, takie jak „Mój elektryk” w przypadku samochodów osobowych czy „Zielony Transport Publiczny” obejmujący zeroemisyjne autobusy. Programy te oferują wsparcie na zakup pojazdów elektrycznych czy budowę lub rozbudowę ogólnodostępnej infrastruktury ładowania.

Tabela 1.1. Liczba samochodów elektrycznych (BEV) w Polsce [1]

Rok	Liczba rejestracji w roku	Suma
2010	9	9
2011	34	43
2012	22	65
2013	27	92
2014	77	169
2015	97	266
2016	204	470
2017	627	1097
2018	958	2055
2019	2020	4075
2020	5956	10 031
2021	9314	19 345
2022	15 776	35 121
2023	13 432	48 553

Wzrasta również liczba ogólnodostępnych punktów ładowania, uruchamianych przez inwestorów korzystających zarówno z programów rządowych, jak i inwestujących w ten obszar samodzielnie. Obecnie zapewnienie infrastruktury ładowania stanowi jedno z największych wyzwań rozwoju elektromobilności w Polsce.

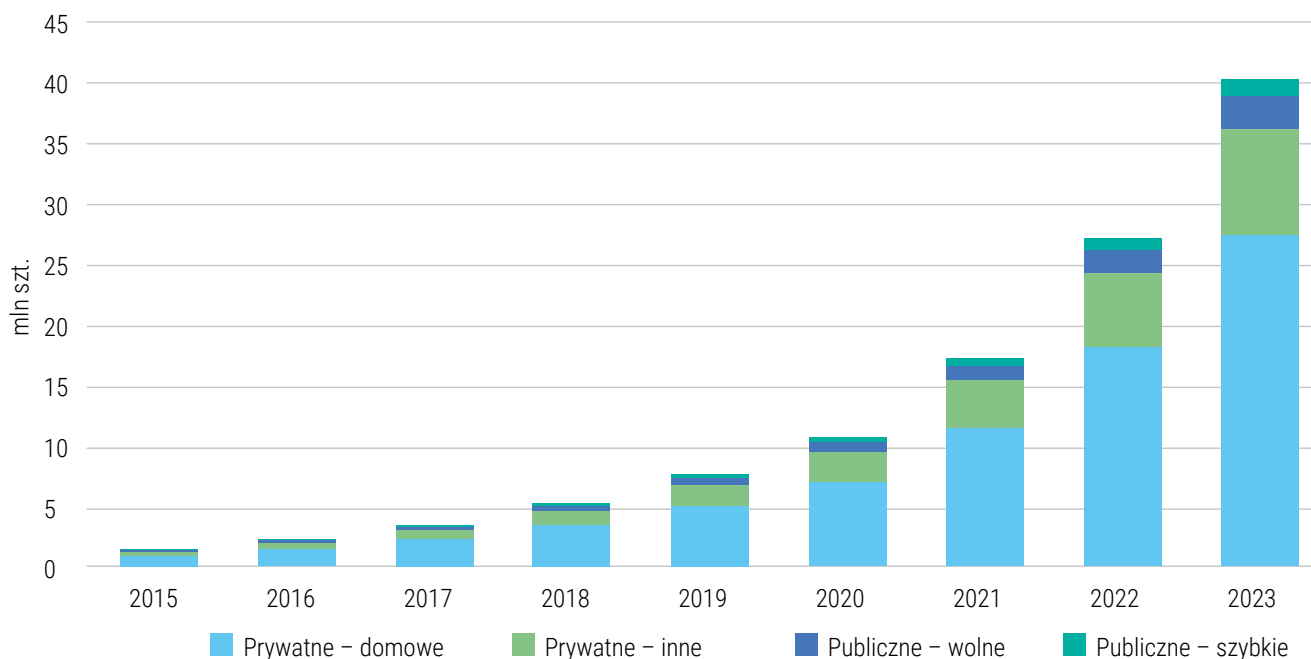


Tabela 1.2. Liczba ogólnodostępnych punktów i stacji ładowania w Polsce (opracowanie własne na podstawie Ewidencji Infrastruktury Paliw Alternatywnych (EIPA) [2])

Rok	Liczba punktów	Wzrost % r./r.	Liczba stacji	Wzrost % r./r.
2019	1307		606	
2020	1803	37,95%	898	48,18%
2021	3582	98,67%	1883	109,69%
2022	4819	34,53%	2514	33,51%
2023	7089	47,11%	3721	48,01%

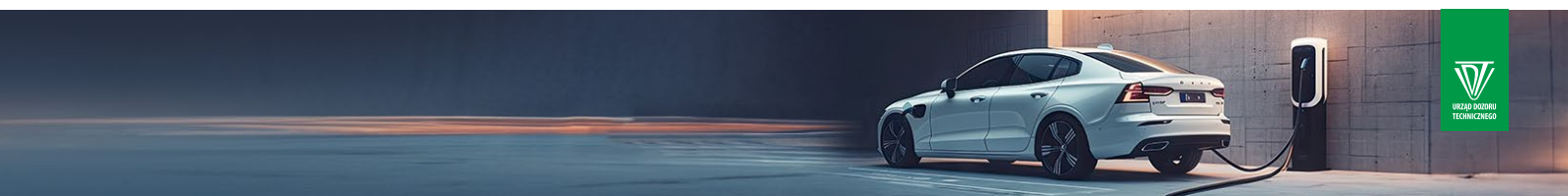
1.2. Rynek elektromobilności na świecie

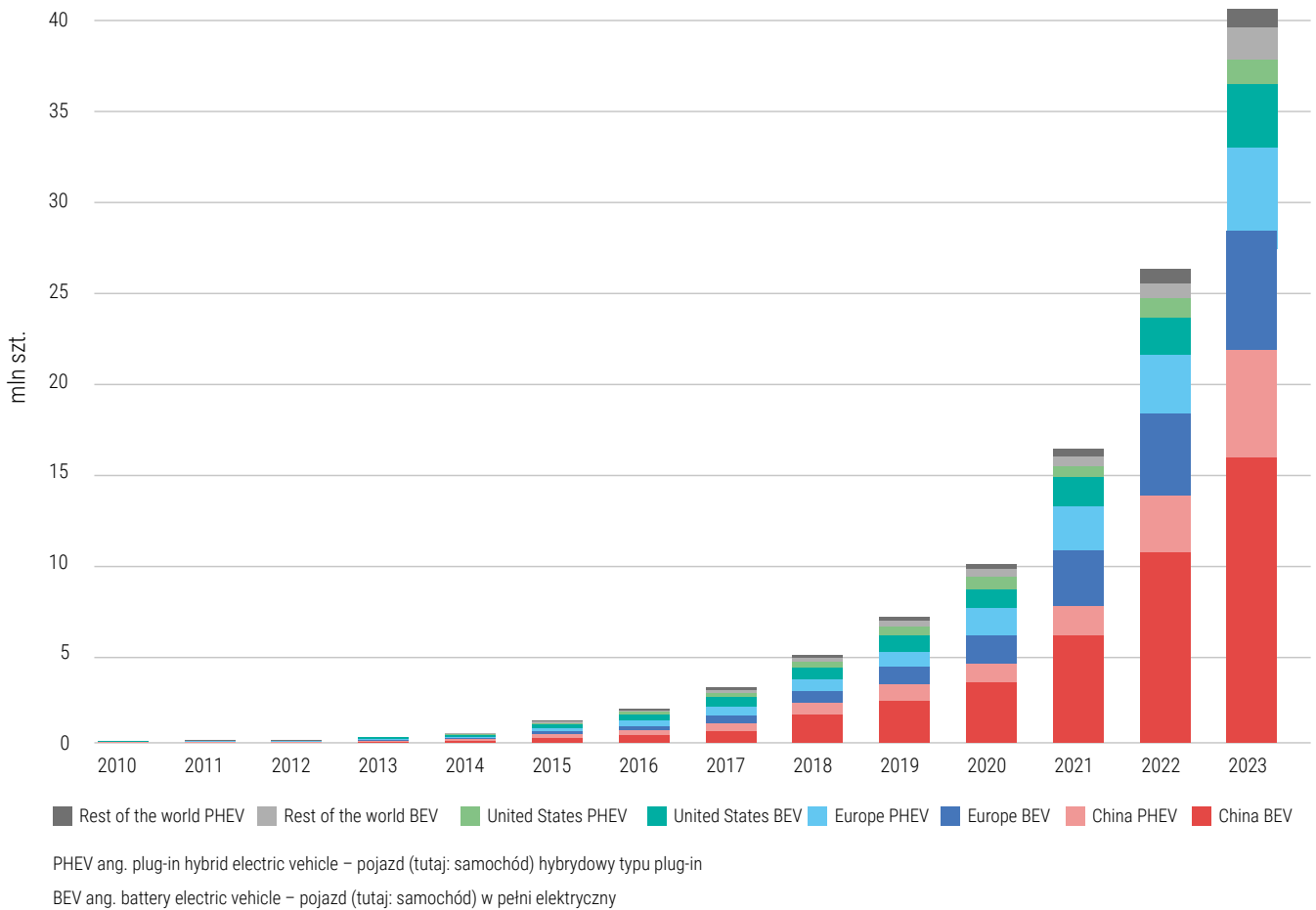
Na arenie międzynarodowej elektromobilność odgrywa coraz ważniejszą rolę. Kraje europejskie, w tym Norwegia, Holandia i Niemcy, osiągnęły znaczny postęp w przekształcaniu rynku motoryzacyjnego w kierunku elektromobilności. Wspierają go poprzez politykę rządową, inwestycje w infrastrukturę ładowania oraz zachęty finansowe dla konsumentów.



Rys. 1.1. Liczba publicznych i niepublicznych punktów ładowania samochodów osobowych w latach 2015–2023 [3]

Według danych IEA (International Energy Agency, Międzynarodowa Agencja Energetyczna) w Azji, zwłaszcza w Chinach, odnotowuje się ogromny wzrost produkcji i sprzedaży pojazdów elektrycznych, co wynika ze strategii rządowej ukierunkowanej na rozwój i ekspansję rodzimej gospodarki. Obecnie Chiny są najbardziej rozwiniętym rynkiem elektromobilności na świecie, jednak Europa skutecznie niweluje straty i wprowadza różnorodne instrumenty mające na celu zwiększenie udziału w tym obszarze.





Rys. 1.2. Liczba pojazdów (tutaj: samochodów) zelektryfikowanych w latach 2010–2023 [3] - analiza IEA na podstawie danych krajowych, ACEA, EAF0, EV Volumes and Marklines

Rynek elektromobilności na całym świecie przyciąga uwagę inwestorów zarówno ze względu na wzrost zapotrzebowania na samochody elektryczne, jak i rozwój technologii związanych z bateriami, ładowaniem oraz usługami pochodnymi wspierającymi elektromobilność. Firmy motoryzacyjne mocno inwestują w badania i rozwój, dążąc do poprawy wydajności baterii, zasięgu pojazdów oraz dostępności sieci ładowania.

1.3. Wyzwania rynku elektromobilności

Jednym z największych wyzwań, z jakim przyjdzie się zmierzyć branży w najbliższych latach, jest rozwój zeroemisyjnego transportu ciężkiego. Polityka UE w tym zakresie wyznaczyła konkretne cele do zrealizowania przez państwa członkowskie. Z jednej strony będziemy mieli do czynienia ze znacznym rozwojem infrastruktury ładowania dedykowanej pojazdom ciężkim, z drugiej natomiast z koniecznością rozbudowy i modernizacji sieci elektroenergetycznej, która będzie musiała sprostać możliwościom technologicznym ładowania pojedynczego pojazdu z mocą do 1 MW.

Strategicznym dokumentem określającym wymagania dla sieci punktów ładowania jest Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/1804 z dnia 13 września 2023 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych i uchylenia dyrektywy 2014/94/UE – dalej zwane AFIR [5].

Rozporządzenie AFIR przewiduje wybudowanie wzdłuż najważniejszych unijnych korytarzy transportowych sieci TEN-T stacji szybkiego ładowania pojazdów osobowych i ciężarowych, a także stacji tankowania wodoru [6]. Tabela 1.3 przedstawia proces rozwoju infrastruktury ładowania według AFIR, uwzględniając wymagania względem minimalnej mocy wyjściowej strefy ładowania, minimalnej mocy wyjściowej co najmniej jednego punktu ładowania w tej strefie oraz maksymalnej odległości pomiędzy strefami w każdym kierunku jazdy wzdłuż sieci TEN-T.



Tabela 1.3. Rozwój infrastruktury ładowania według AFIR

SIEĆ TEN-T		do 31.12.2025 r.	do 31.12.2027 r.	31.12.2030 r.
Pojazdy osobowe	bazowa	400 kW 1 punkt 150 kW 60 km	600 kW 2 punkty 150 kW 60 km	-
	kompleksowa	-	50% sieci 300 kW 1 punkt 150 kW 60 km	300 kW 1 punkt 150 kW 60 km (do 31.12.2035 600 kW, 2 punkty po 150 kW)
Pojazdy ciężarowe	bazowa	15% sieci 1400 kW 1 punkt 350 kW 120 km	50% sieci 2800 kW 2 punkty 350 kW 120 km	100% sieci 3600 kW 2 punkty 350 kW 60 km
	kompleksowa		50% sieci 1400 kW 1 punkt 350 kW 120 km	100% sieci 1500 kW 1 punkt 350 kW 100 km
wodór	bazowa	-	cel określony w krajowych ramach polityki	węzły miejskie 200 km min. łączna przepustowość 1t/dzień, wyposażone w dystrybutor pod ciśnieniem 700 barów

Modernizacja i budowa tak dużej liczby nowych punktów ładowania zlokalizowanych przy głównych korytarzach transportowych niesie ze sobą również znaczne wyzwania w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa takiej infrastruktury. W tym procesie ważną rolę odgrywa Urząd Dozoru Technicznego, który zgodnie z art. 16 ustawy posiada m.in. kompetencje do przeprowadzania badań technicznych w zakresie bezpiecznej eksploatacji, naprawy i modernizacji stacji ładowania i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego [7].

1.4. Rola UDT w rozwoju elektromobilności

Urząd Dozoru Technicznego jest państwową jednostką działającą w obszarze bezpieczeństwa urządzeń technicznych [8]. Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych nakreśla rolę UDT jako strony trzeciej dążącej do zapewnienia bezpieczeństwa rozwoju infrastruktury ładowania, a także jednostki kreującej i dbającej o zachowanie standardów przy jego realizacji.

Do najważniejszych zadań UDT ujętych w ww. ustawie należy realizacja badań technicznych stacji ładowania i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego. Urząd może występować również w roli wydającego opinie techniczne na temat planowanych inwestycji w stacje ładowania.



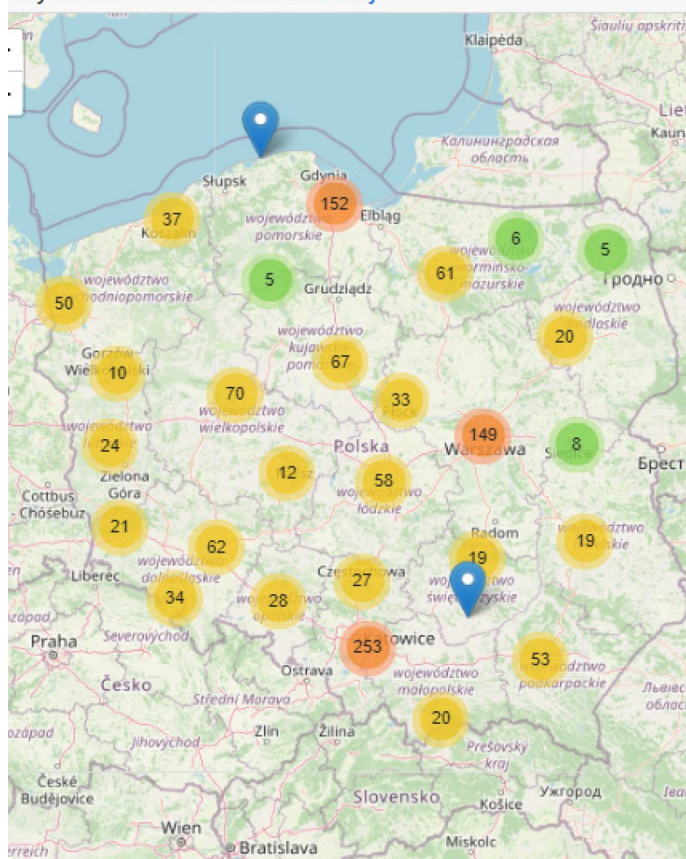


Ewidencja Infrastruktury Paliw Alternatywnych

więcej informacji ↓

CPO and MSP registration

Bazy ładowania i tankowania* Lista stacji



Rys. 1.3. Ewidencja Infrastruktury Paliw Alternatywnych- widok mapy [2]

Odwiedź rejestr EIPA już dziś!



wejdź na eipa.udt.gov.pl

skorzystaj z wyszukiwarki
i znajdź najbliższą ogólnodostępną stację ładowania

Dodatkowo UDT posiada kompetencje ustawowe związane z gromadzeniem i udostępnianiem informacji dotyczących stacji ładowania. Poprzez prowadzony online rejestr Ewidencji Infrastruktury Paliw Alternatywnych (EIPA) dostarcza danych o ogólnodostępnych stacjach ładowania pojazdów elektrycznych na terenie całej Polski.

2. Rodzaje stacji ładowania

Rosnąca popularność pojazdów elektrycznych zwiększa zapotrzebowanie na infrastrukturę ładowania. Obecnie najpopularniejszy podział infrastruktury ładowania opiera się na kryterium mocy ładowania. Wyróżnia się stacje ładowania AC, z mocą pojedynczego punktu ładowania do 43 kW, i stacje ładowania DC, z mocą pojedynczego punktu ładowania sięgającą nawet 350 kW.

2.1. Stacje ładowania prądu przemiennego (AC)

Stacje prądu przemiennego wykorzystują do ładowania napięcie 230 V (jednofazowe) lub 400 V (trójfazowe). W zależności od trybu (ang. *mode*) maksymalna moc ładowania wynosi zwykle 3,7 kW, 11 kW, 22 kW do nawet 43 kW. Poszczególne tryby różnią się między sobą maksymalnym prądem (mocą) ładowania, a także miejscem zainstalowania elementów zabezpieczających oraz podzespołów odpowiedzialnych za komunikację stacji ładowania z pojazdem.

Mogłoby się wydawać, że moc rzędu 43 kW pozwoli na stosunkowo szybkie ładowanie baterii pojazdu elektrycznego. Niestety, często ograniczeniem jest moc ładowarki pokładowej (ang. *on-board charger*), która określa maksymalną moc, jaką jest w stanie odebrać pojazd. Ze względów techniczno-ekonomicznych producenci pojazdów osobowych najczęściej stosują ładowarki pokładowe o mocy rzędu 11 kW, dlatego też naładowanie baterii zajmuje od kilku do kilkunastu godzin.

2.2. Stacje ładowania prądu stałego (DC)

Stacje ładowania DC charakteryzują się tym, że proces ładowania odbywa się z wykorzystaniem prądu stałego. Standardowo pracują one z wykorzystaniem napięcia do 950 V i prądu do 500 A. Te wartości mogą być wyższe, szczególnie dla pojazdów ciężkich. Najbardziej popularne stacje ładowania DC mogą ładować z mocą 50–350 kW. Przy mocach ładowania powyżej 150 kW, ze względu na bardzo dużą ilość wydzielanego ciepła, zastosowanie znalazły kable chłodzone cieczą.

Stacje ładowania DC posiadają zazwyczaj dedykowane złącza do różnych modeli pojazdów elektrycznych, np. CCS Combo 2, CHAdeMO. Tego typu urządzenia umożliwiają szybkie ładowanie baterii w samochodzie. W zależności od typu pojazdu i urządzenia zajmuje ono od 15 min do 1,5 h.



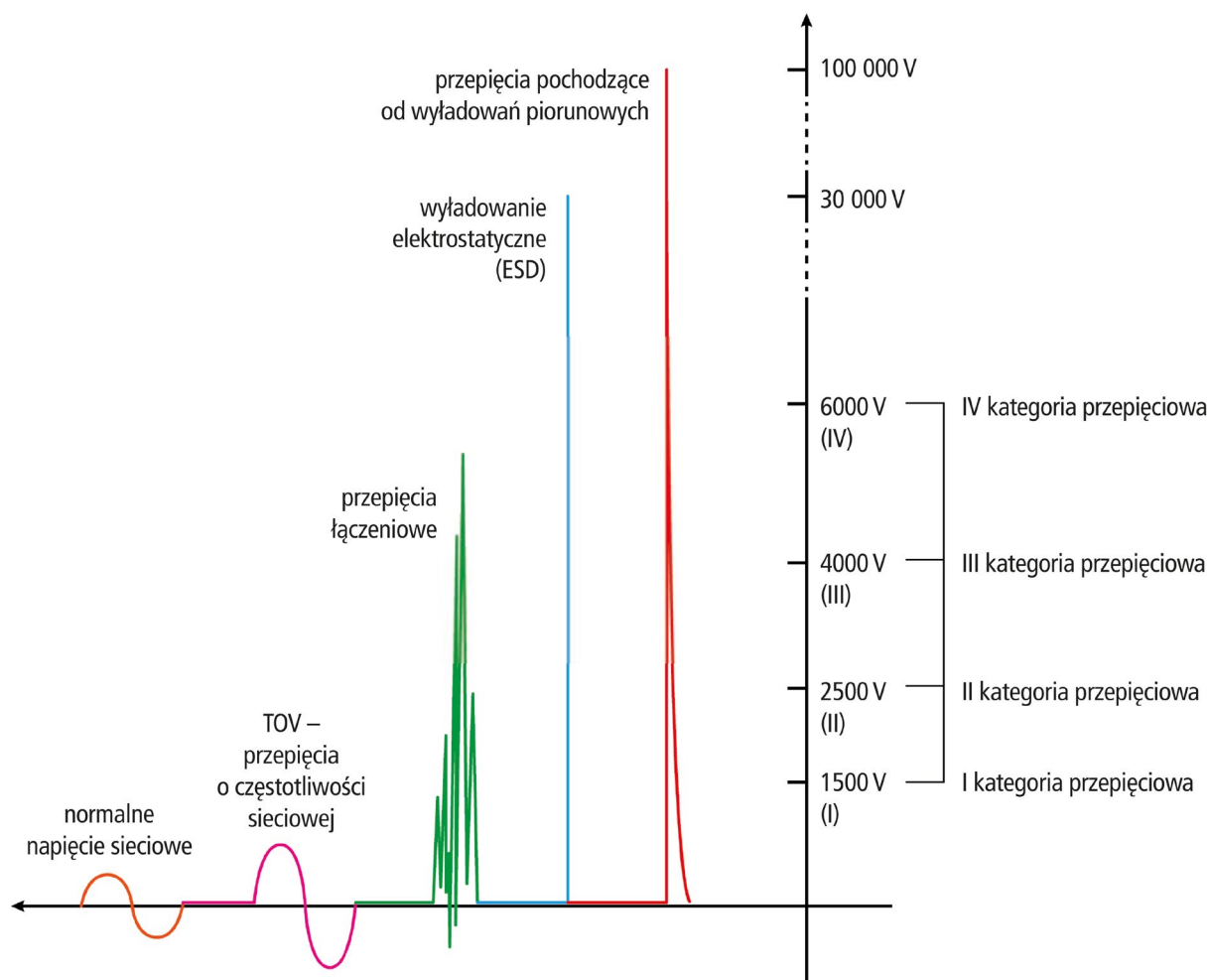
3. Przepięcia i wyładowania piorunowe - czym są i skąd się biorą?

Z roku na rok częściej słyszymy o zmianach klimatu, coraz bardziej intensywnych zjawiskach pogodowych i klęskach żywiołowych. Żyjemy w dynamicznie zmieniającym się świecie. Nie zastanawiamy się nad tym do momentu, w którym sami doświadczymy siły zjawisk naturalnych. W obecnych czasach powszechna staje się sytuacja, gdy naprawa zepsutego sprzętu okazuje się mniej korzystna niż zakup nowego. Jedną z przyczyn uszkodzeń urządzeń elektrycznych są przepięcia. Czy jako użytkownicy możemy podjąć kroki, aby zapobiec negatywnym skutkom ich występowania?

3.1. Czym są przepięcia?

Przepięcie to zgodnie z definicją każdy wzrost napięcia ponad jego wartość znamionową w sieci lub w układzie. Zazwyczaj urządzenia elektroniczne są odporne na kilkunastoprocentowy wzrost napięcia ponad określoną wartość, dla której zostały zaprojektowane. Jeśli urządzenie zasilane jest napięciem 230 V, to zgodnie z normami powinno wytrzymać o 10% więcej, czyli 253 V. Jeśli napięcie wzrośnie ponad tę wartość, urządzenie może ulec uszkodzeniu.

Większość stacji ładowania pojazdów elektrycznych jest przyłączona do sieci elektroenergetycznej, dlatego przy ich projektowaniu i instalowaniu należy uwzględnić ryzyko oddziaływania przepięć spowodowanych wyładowaniami atmosferycznymi lub operacjami łączeniowymi. Ponadto należy wziąć pod uwagę także inne rodzaje napięć przejściowych (np. przepięcia dorywcze o częstotliwości sieciowej, TOV ang. *Temporary Overvoltage*) oraz wyładowania elektrostatyczne (ESD ang. *Electrostatic Discharge*) – patrz rys. 3.1.



Rys. 3.1. Możliwe amplitudy różnych rodzajów przepięć





3.2. Skąd biorą się przebiecia?

Bez względu na to, czy tego chcemy, czy nie, urządzenia elektryczne i elektroniczne są zmuszone do pracy w środowisku narażonym na przebiecia. Przebiecie nie widać i bardzo często nie zdajemy sobie sprawy z ich istnienia.

Najwięcej przebiecie powstaje w instalacjach elektrycznych w wyniku różnych operacji łączeniowych, zwarć, zmian konfiguracji układu połączeń, np. dołączania nowych odbiorników energii elektrycznej w domu. Są to tak zwane przebiecia wewnętrzne. Nie mają one zbyt dużych wartości, niemniej jednak występują dość licznie. Wielokrotnie pojawiają się w instalacjach elektrycznych i stopniowo (tak jak kropla drażąca skałę) nadwyręzają urządzenia, ich układ izolacyjny, tory prądowe, pomiarowe, sygnałowe itp. Oczywiście sprzęt, który używamy, w pewnym stopniu jest na nie odporny, ale do czasu. Wyznaczając prawdopodobieństwo wystąpienia przebiecia i odnosząc to do parametrów znamionowych elementów użytych do budowy urządzenia elektrycznego, można oszacować średni czas pracy do uszkodzenia (ang. MTTF, Mean Time to Failure).

Najbardziej niebezpieczne dla wszelkich urządzeń są bezpośrednie lub pośrednie wyładowania piorunowe, które też są źródłem przebiecie. W takim przypadku możemy spodziewać się w instalacjach elektrycznych napięć na poziomie tysięcy voltów, co przy braku ochrony przeciwprzebieciowej na pewno skończy się bezpowrotnym uszkodzeniem urządzeń w instalacji. Statystycznie w Polsce urządzenia i systemy elektroniczne są kilkakrotnie (od 5 do 8 razy) w ciągu roku narażone na uszkodzenia pochodzące od wyładowań piorunowych [9].

Pojazdy elektryczne są uważane za bezpieczne miejsce pobytu podczas burzy ze względu na ich metalowe nadwozie (zasada klatki Faradaya), a ich elektronika – odizolowana od sieci energetycznej – jest również stosunkowo dobrze zabezpieczona przed uszkodzeniem. Warunki te ulegają jednak zmianie podczas ładowania, ponieważ elektronika pojazdu jest w tym czasie podłączona do sieci energetycznej. Pojawiające się w instalacji przebiecia, za pośrednictwem połączenia galwanicznego, mogą zostać doprowadzone do pojazdu i tym samym stanowić poważne zagrożenie dla urządzeń elektrycznych i elektronicznych pojazdu.

3.3. Skąd biorą się wyładowania piorunowe?

Ogólnie można wyróżnić dwa rodzaje burz piorunowych: burze frontowe i burze termiczne. Pierwsze powstają na granicy zderzających się mas ciepłego i zimnego powietrza oraz tych mas z pochyłościami terenu. Przy zderzeniu wilgotne, ciepłe powietrze wyniesione zostaje na duże wysokości, tworząc chmurę burzową. To jest bardzo rozległe zjawisko, które może obejmować setki kilometrów. Jest ono charakterystyczne dla klimatu umiarkowanego, ale nie towarzyszy mu duża gęstość piorunów. Bardziej intensywne są burze termiczne, które powstają pod wpływem silnego nagrzania i unoszenia ku górze, nawet do wysokości 15 km, dolnych mas wilgotnego powietrza [10].

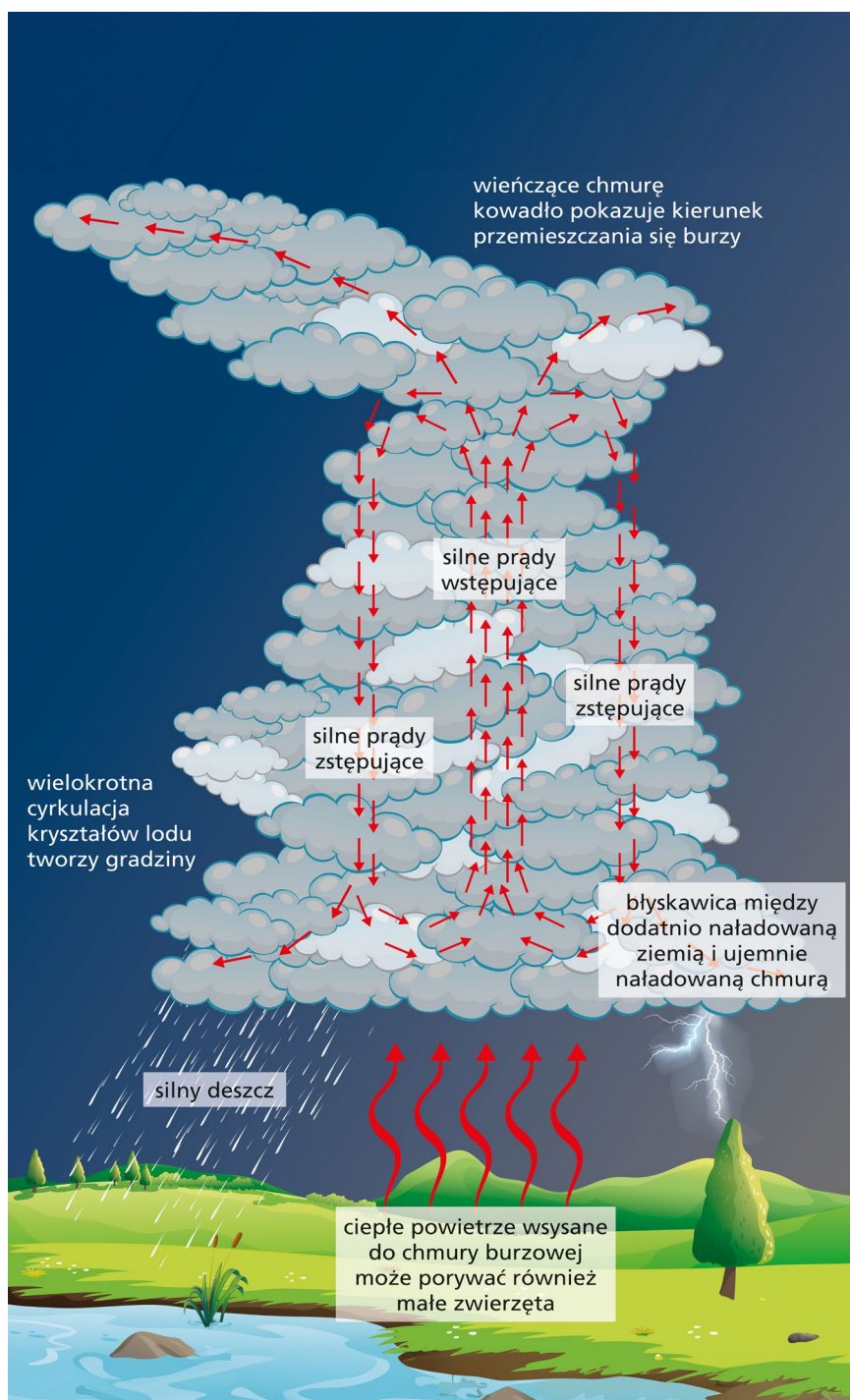
W górnych warstwach atmosfery następuje silne ochłodzenie powietrza i skroplenie zawartej w nim pary wodnej, a następnie zamarzanie cząstek wody w temperaturze dochodzącej w najwyższych partiach nawet do -50°C . Unoszeniu się powietrza towarzyszą silne zawirowania. W procesach tych formuje się naelektryzowana chmura burzowa [10] – rys. 3.2. Silny wiatr, intensywny deszcz czy grad nie są konieczne do tego, aby doszło do wyładowania piorunowego. Czasami dochodzi do niego w momencie, gdy świeci słońce. Wszyscy znamy też powiedzenie, że coś spadło na nas jak grom z jasnego nieba.



Gdy natężenie pola elektrycznego w naładowanej chmurze burzowej osiągnie lokalnie krytyczną wartość rzędu 1 kV/cm, to z kropeł deszczu lub z kryształków lodu zaczynają się rozwijać tzw. wyładowania wstępne, które zapoczątkowują kanał wyładowania piorunowego [10]. Kanał piorunowy powstaje skokowo i może rozwijać się w kierunku ziemi lub w kierunku nagromadzonego w chmurze ładunku o przeciwnej biegunowości, tworząc (w dużym uproszczeniu) wyładowanie piorunowe.

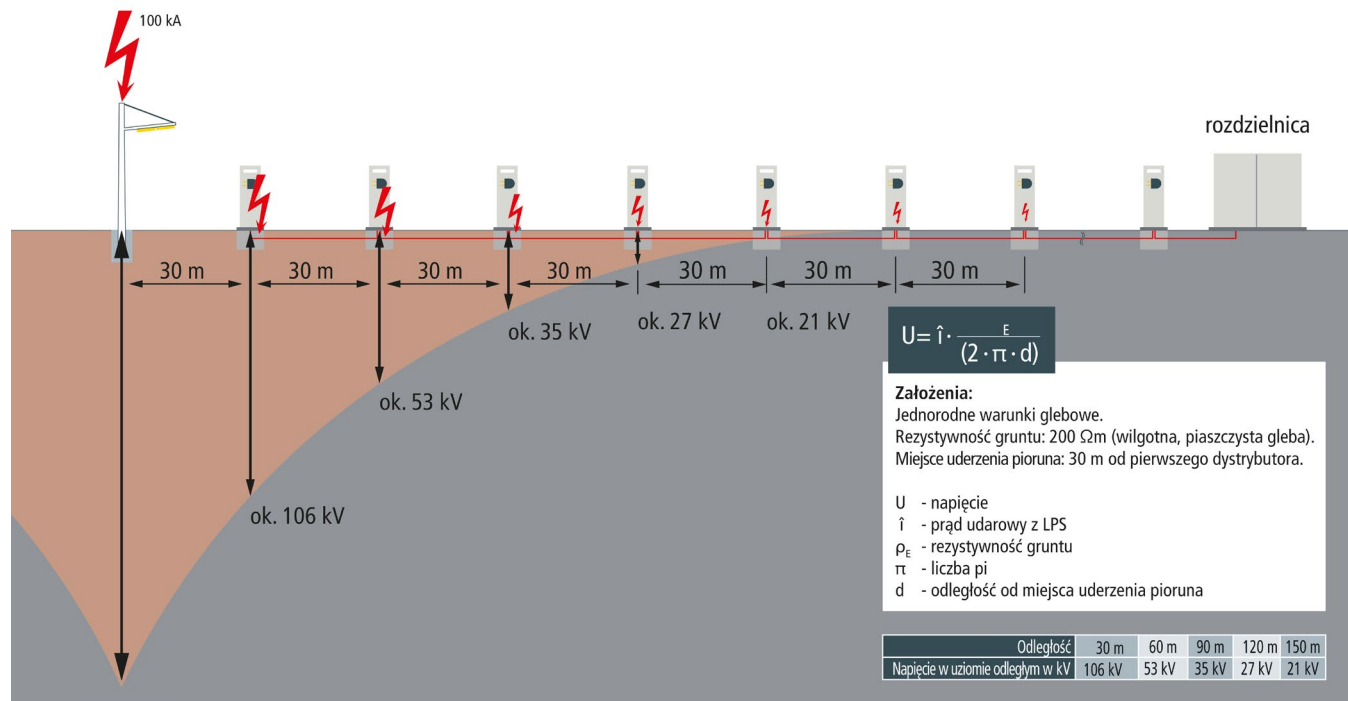
Wyładowanie piorunowe, które wszyscy znamy, to nie jest pojedyncze uderzenie. Zwykle po pierwszym wyładowaniu doziemnym, w odstępach kilkudziesięciu milisekund, występują kolejne wyładowania, które ze względu na bezwładność naszego wzroku uważamy za jedno. Odsetek pojedynczych wyładowań jest szacowany na około 20%. Maksymalna liczba wyładowań składowych wynosi 40–50, natomiast liczba przeciętna jest szacowana na 3–4 [11, 2]. Po uderzeniu pioruna należy się spodziewać uszkodzeń termicznych, mechanicznych, zapłonów materiałów palnych i wybuchowych, porażenia ludzi. Skutki te mogą być wywołane zarówno bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego, jak i przez powodowane nim sprzężenia, prądy i przepięcia indukowane [9].

Powszechne jest błędne przekonanie, że „nie należy obawiać się wyładowań piorunowych, bo obok stoi wyższy maszt/drzewo/budynek i piorun z pewnością uderzy tam”. Niestety w rzeczywistości jest zupełnie inaczej. W momencie gdy dojdzie do wyładowania piorunowego w pobliżu obiekt, prąd piorunowy nie zniknie jak za dotknięciem magicznej różdżki; będzie się rozpląwał dookoła. Spójrzmy na rysunek 3.3. Napięcia spadają, ale nie od razu i nie do zera. Bardzo często zdarza się, że wyładowanie piorunowe oddziałuje również na pobliskich „sąsiadów”. Badania naukowe pokazują, iż promień takiego oddziaływania może sięgać nawet 2 km od miejsca doziemnego wyładowania piorunowego [9]. Bardzo często wówczas nie kojarzymy „uszkodzeń” z wyładowaniem piorunowym.



Rys. 3.2. Mechanizm powstawiania wyładowań piorunowych





Rys. 3.3. Wzrost potencjału w przypadku wyładowania atmosferycznego w bezpośrednim sąsiedztwie stacji ładowania

3.4. Zagrożenia stacji ładowania

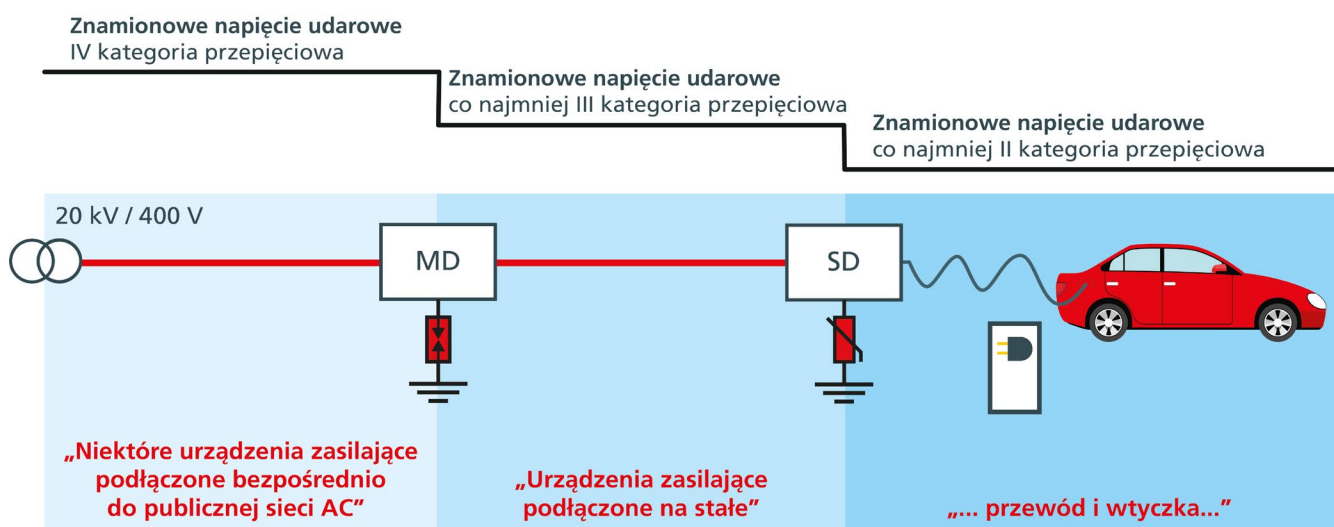
Codziennie spotykamy się z różnego rodzaju pojazdami elektrycznymi, takimi jak: samochody, skutery, hulajnogi czy też rowery elektryczne. Przeważnie stosowane są w nich baterie litowo-jonowe, które służą do magazynowania energii i umożliwiają napędzanie pojazdów. Poza bezsprzecznymi zaletami baterii litowo-jonowych są też wady, które powinny zwrócić uwagę użytkownika i skłonić do podjęcia działań celem minimalizacji ryzyka pożaru w następstwie uszkodzenia układu ładowania – przeładowania ogniwa, mogącego skutkować jego samozapłonem.

Proces ładowania baterii litowo-jonowych wymaga stosowania układów (najczęściej scalonych) specjalnie zaprojektowanych tak, aby zabezpieczyć je na wypadek uszkodzenia, przeładowania, zbyt głębokiego rozładowania lub przekroczenia wartości prądu granicznego. W przypadku gdy zostaną przekroczone wartości graniczne, może nastąpić niekontrolowany wzrost temperatury poszczególnych ogniw.

Baterie litowo-jonowe, ze względu na obecność związków litu, pozbawione warstwy ochronnej ulegają samozapłonowi w obecności tlenu atmosferycznego. „Bezpośrednią przyczyną niebezpiecznego zjawiska jest zwiększenie temperatury ogniwa lub drastyczne przeładowanie ogniwa, które prowadzi do dekompozycji jego elementów składowych określanej jako efekt «thermal runaway»” [11]. Proces ten jest silnie egzotermiczny i samopodtrzymujący się. Przekroczenie temperatury granicznej ogniwa powoduje stopienie folii wewnętrznej, co z kolei doprowadza do gwałtownego spalania związków litu. Mechanizm ten jednoznacznie skłania do zwrócenia uwagi na wartości graniczne prądów poszczególnych ogniw.



Punkty ładowania i naścienne stacje ładowania (wallbox) wytrzymują – w zależności od ich lokalizacji – przepięcia od 4 do 6 kV (kategoria przepięciowa III i IV), podczas gdy pojazdy elektryczne – ze względu na wbudowaną elektronikę – mają odporność najczęściej na poziomie 2,5 kV (kategoria przepięciowa II). Taka wytrzymałość jest często niewystarczająca do zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa pojazdu w przypadku wystąpienia silnych przepięć. Jak widać na rysunku 3.3, podczas aktywnego procesu ładowania, przepięcia dochodzące do infrastruktury ładowania często przekraczają wartości znamionowe, co w efekcie oznacza awarie o nieokreślonych konsekwencjach dla elektroniki zainstalowanej w pojeździe. Dlatego w instalacji ładowania konieczne jest zastosowanie ograniczników przepięć pozwalających na obniżenie amplitudy zakłóceń do poziomu wytrzymywanego przez podlegające ochronie urządzenia elektroniczne (rys. 3.4).



Legenda:

SPD (ang. Surge Protection Device) – urządzenie do ograniczania przepięć

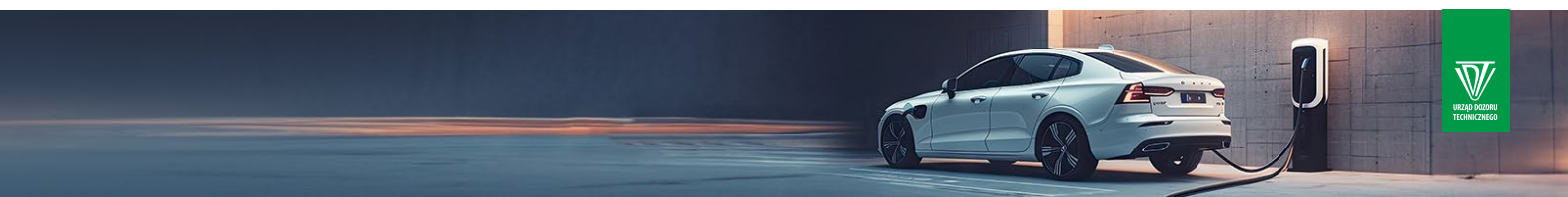
MD – główna rozdzielnica zasilająca

SD – rozdzielnica zasilająca punkt ładowania

Rys. 3.4. Zależność między znamionowym napięciem udarowym a poziomem ochrony zapewnianym przez SPD

Chcąc prawidłowo i skutecznie zabezpieczyć pojazd elektryczny podczas ładowania, należy mieć na uwadze potencjalne źródła zagrożeń, przed którymi musimy się chronić:

- bezpośrednie wyładowanie piorunowe w elementy instalacji ładowania pojazdów elektrycznych,
- wyładowanie piorunowe w sąsiadujące ze stacją ładowania instalacje, urządzenia, budynki,
- przepięcia łączeniowe występujące na skutek przełączeń, zwarc i innych stanów przejściowych występujących w sieci elektroenergetycznej zasilającej stację ładowania.





4. Wymagania prawne i obowiązujące przepisy

Najwyższym aktem prawnym w naszym kraju jest Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej. Oprócz niej, źródłem powszechnie obowiązującego prawa są ustawy, ratyfikowane umowy międzynarodowe, rozporządzenia oraz akty prawa miejscowego, obowiązujące na obszarze działania organów, które je ustanowiły [12].

Wśród ustaw, które poruszają zagadnienia związane z bezpieczeństwem eksploatacji obiektów budowlanych, możemy wyróżnić **ustawę z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane [13]**. Jak zaznaczono w treści ustawy, reguluje ona m.in. kwestie związane z projektowaniem, budową, utrzymaniem i rozbiorą tego typu obiektów. Przez obiekt budowlany rozumie się w tym przypadku budynek, budowlę bądź obiekt małej architektury, wraz z instalacjami zapewniającymi możliwość użytkowania obiektu zgodnie z jego przeznaczeniem, wzniesiony z użyciem wyrobów budowlanych.

Obiekt budowlany, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi, należy projektować i budować, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej. Ma to na celu spełnienie podstawowych wymagań dotyczących m.in. bezpieczeństwa pożarowego, bezpieczeństwa użytkowania czy dostępności obiektów. Do przepisów techniczno-budowlanych zalicza się:

- warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane i ich usytuowanie,
- warunki techniczne użytkowania obiektów budowlanych.

Istotnym wymogiem dotyczącym obiektów budowlanych jest konieczność poddawania ich okresowym kontrolom w czasie użytkowania. Obowiązek ten spoczywa na właścicielu lub zarządcy obiektu. Co najmniej raz na 5 lat powinno się odbyć sprawdzenie m.in. stanu technicznego i przydatności do użytkowania.

W ramach tej kontroli musi zostać przeprowadzone również badanie instalacji elektrycznej i piorunochronnej w zakresie stanu sprawności połączeń, osprzętu, zabezpieczeń i środków ochrony od porażeń, oporności izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i aparatów. Warto zaznaczyć, że kontrole stanu technicznego instalacji elektrycznych i piorunochronnych mogą przeprowadzać wyłącznie osoby posiadające kwalifikacje wymagane przy wykonywaniu dozoru nad eksploatacją urządzeń, instalacji oraz sieci energetycznych.

Analiza zagadnień dotyczących instalacji elektrycznych może rodzić pytanie: „Gdzie szukać wymagań technicznych w tym zakresie?”. Z pomocą przychodzi zapisy **ustawy z dnia 1 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne [14]**.

„Projektowanie, produkcja, import, budowa oraz eksploatacja urządzeń, instalacji i sieci powinny zapewniać racjonalne i oszczędne zużycie paliw lub energii przy zachowaniu:

- niezawodności współdziałania z siecią,
- bezpieczeństwa obsługi i otoczenia po spełnieniu wymagań ochrony środowiska,
- zgodności z wymaganiami odrębnych przepisów, a w szczególności przepisów: prawa budowlanego, o ochronie przeciwporażeniowej, o ochronie przeciwpożarowej, o dozorcze technicznym, o ochronie dóbr kultury, o muzeach, Polskich Norm wprowadzonych do obowiązkowego stosowania lub innych przepisów wynikających z technologii wytwarzania energii i rodzaju stosowanego paliwa”.

Podobnie, w **ustawie z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych [8]**, wskazano, że „stacje ładowania, punkty ładowania stanowiące element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego oraz punkty zasilania jednostek pływających energią elektryczną z łądu spełniają wymagania techniczne i eksploatacyjne określone w szczególności w Polskich Normach, zapewniające ich bezpieczne używanie, w tym bezpieczeństwo pożarowe, bezpieczne funkcjonowanie sieci elektroenergetycznych oraz dostęp do stacji ładowania dla osób niepełnosprawnych”.

Samo pojęcie normy należy rozumieć jako „dokument przyjęty na zasadzie konsensu i zatwierdzony przez upoważnioną jednostkę organizacyjną, ustalający – do powszechnego i wielokrotnego stosowania – zasady, wytyczne lub charakterystyki odnoszące się do różnych rodzajów działalności lub ich wyników i zmierzający do uzyskania optymalnego stopnia uporządkowania w określonym zakresie” [15].

W rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, zawarto wykaz Polskim Norm powołanych w odniesieniu do określonych paragrafów [16].



Tabela 4.1. Zestawienie zapisów dotyczących ochrony odgromowej i przeciwprzebieciowej (w tym instalacji uziemiającej)

MIEJSCE POWOŁANIA NORMY I TREŚĆ PARAGRAFU	NUMER I TYTUŁ NORMY (ZAKRES POWOŁANIA)
<p>§ 53 ust. 2 Budynek należy wyposażyć w instalację chroniącą od wyładowań atmosferycznych. Obowiązek ten odnosi się do budynków wyszczególnionych w Polskiej Normie dotyczącej ochrony odgromowej obiektów budowlanych.</p>	<p>PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa - Część 1: Zasady ogólne</p> <p>PN-EN 62305-2:2008 Ochrona odgromowa - Część 2: Zarządzanie ryzykiem</p>
<p>§ 180 Instalacja i urządzenia elektryczne, przy zachowaniu przepisów rozporządzenia, przepisów odrębnych dotyczących dostarczania energii, ochrony przeciwpożarowej, ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa i higieny pracy, a także wymagań Polskich Norm odnoszących się do tych instalacji i urządzeń, powinny zapewniać:</p> <p>1) dostarczanie energii elektrycznej o odpowiednich parametrach technicznych do odbiorników, stosownie do potrzeb użytkowych, w tym w zakresie infrastruktury na potrzeby ładowania pojazdów elektrycznych, zgodnie z przepisami ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2022 r. poz. 1083);</p> <p>2) ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi uszkodzami;</p> <p>3) ochronę przed emisją drgań i hałasu powyżej dopuszczalnego poziomu oraz przed szkodliwym oddziaływaniem pola elektromagnetycznego.</p>	<p>PN-EN 50310:2012 Stosowanie połączeń wyrównawczych i uziemiających w budynkach z zainstalowanym sprzętem informatycznym</p> <p>PN-HD 60364-5-54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Układy uziemiające i przewody ochronne</p> <p>PN-IEC 60364-4-442:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed przepięciami – Ochrona instalacji niskiego napięcia przed przejściowymi przepięciami i uszkodzeniami przy doziemieniach w sieciach wysokiego napięcia</p> <p>PN-IEC 60364-4-443:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed przepięciami – Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi</p> <p>PN-HD 60364-5-534:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie – Sekcja 534: Urządzenia do ochrony przed przepięciami</p>
<p>§ 183 ust. 1 W instalacjach elektrycznych należy stosować: (...)</p> <p>10) urządzenia ochrony przeciwprzebieciowej</p>	-
<p>§ 184 ust. 1 Jako uziomy instalacji elektrycznej należy wykorzystywać metalowe konstrukcje budynków, zbrojenia fundamentów oraz inne metalowe elementy umieszczone w niezbrojonych fundamentach stanowiące sztuczny uziom fundamentowy.</p>	-
<p>§ 184 ust. 2 Dopuszcza się wykorzystywanie jako uziomy instalacji elektrycznej metalowych przewodów sieci wodociągowej, pod warunkiem zachowania wymagań Polskiej Normy dotyczącej uziemień i przewodów ochronnych oraz uzyskania zgody jednostki eksploatującej tę sieć.</p>	<p>PN-HD 60364-5-54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Układy uziemiające i przewody ochronne</p>
<p>§ 184 ust. 3 Instalacja piorunochronna, o której mowa w § 53 ust. 2, powinna być wykonana zgodnie z wymaganiami Polskich Norm dotyczących ochrony odgromowej obiektów budowlanych.</p>	<p>PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne</p> <p>PN-EN 62305-2:2008 Ochrona odgromowa – Część 2: Zarządzanie ryzykiem</p> <p>PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia</p> <p>PN-EN 62305-4:2011 Ochrona odgromowa – Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach</p>



Poniżej przedstawiono skrócony opis wybranych norm wraz ze wskazaniem głównych zagadnień, które są w nich poruszane.

PN-HD 60364-5-54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Układy uziemiające i przewody ochronne

Norma wyjaśnia kwestie dotyczące układów uziemiających i przewodów ochronnych, wraz z przewodami ochronnymi wyrównawczymi, w celu zapewnienia bezpieczeństwa instalacji elektrycznych [17].

GŁÓWNE ZAGADNIENIA

Układy uziemiające	uziomy
	przewody uziemiające
	główny zacisk uziemiający
Przewody ochronne	minimalne powierzchnie przekrojów poprzecznych
	rodzaje przewodów ochronnych
	ciągłość elektryczna przewodów ochronnych
	przewody PEN, PEL, PEM
	wspólne przewody uziemiające, ochronne i funkcjonalne
	prądy w przewodach ochronnych uziemiających
	wzmocnione przewody ochronne uziemiające dostosowane do prądów większych niż 10 mA
Przewody ochronne wyrównawcze	układ przewodów ochronnych
	przewody ochronne wyrównawcze do połączenia z głównym zaciskiem uziemiającym
	przewody ochronne wyrównawcze do połączeń dodatkowych

PN-IEC 60364-4-443:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed przepięciami – Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi

Norma dotyczy ochrony instalacji elektrycznych przed przejściowymi przepięciami atmosferycznymi, przenoszonymi przez rozdzielcze sieci zasilające (kablów lub napowietrzne), oraz ochrony przed przepięciami łączeniowymi, powstającymi w urządzeniach przyłączonych do instalacji [18]. Wskazuje przypadki, gdy ochrona przed przepięciami jest zapewniona w sposób naturalny i gdy zapewniają ją dodatkowe środki ochrony. Opisuje środki, za pomocą których mogą być ograniczane przepięcia przejściowe, oraz środki pozwalające na zmniejszenie do akceptowanego poziomu ryzyka szkód w instalacjach i w przyłączonych do nich urządzeniach elektrycznych.

GŁÓWNE ZAGADNIENIA

Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi	klasyfikacja kategorii wytrzymałości udarowej (kategorie przepięć)
	postępowanie przy ograniczaniu przepięć
	dobór urządzeń w instalacji

PN-HD 60364-5-534:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie – Sekcja 534: Urządzenia do ochrony przed przepięciami

Norma zawiera postanowienia dotyczące ograniczania napięć w celu osiągnięcia koordynacji izolacji [19]. Określa wymagania dotyczące doboru i montażu:

- urządzeń do ograniczania przepięć (SPD) w instalacjach elektrycznych obiektów budowlanych w celu zredukowania przepięć przejściowych pochodzenia atmosferycznego przenoszonych przez zasilającą sieć rozdzielczą i przepięć łączeniowych,
- SPD stosowanych do ochrony przed przepięciami przejściowymi wywołanymi przez wyładowania piorunowe bezpośrednio lub występujące w pobliżu budynków chronionych przez urządzenia piorunochronne.

Uwzględnić wymagania dotyczące ochrony przed prądem przetężeniowym oraz konsekwencjami wynikającymi z uszkodzenia SPD.

GŁÓWNE ZAGADNIENIA

Wybór i montaż SPD w instalacjach obiektów budowlanych	użycie SPD
	łączenie SPD
	wybór urządzeń do ograniczania przepięć (SPD)
	zabezpieczenie przetężeniowe i konsekwencje awarii SPD
	ochrona przy uszkodzeniu (ochrona przed dotykiem pośrednim)
	instalowanie SPD w powiązaniu z RCD
	pomiar rezystancji izolacji
	wskazywanie stanu SPD
	przewody połączeniowe i ich przekrój

PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne

Norma przedstawia ogólne zasady ochrony odgromowej obiektów budowlanych wraz z ich instalacjami, zawartością i osobami, które mogą się w nich znajdować [20].

GLÓWNE ZAGADNIENIA

Parametry prądu pioruna	
Uszkodzenia wskutek wyładowania piorunowego	uszkodzenia obiektu (skutki oddziaływania pioruna na obiekt, źródła i rodzaje uszkodzeń obiektu) typy strat
Przewody ochronne wyrównawcze	przewody ochronne wyrównawcze do połączenia z głównym zaciskiem uziemiającym przewody ochronne wyrównawcze do połączeń dodatkowych
Potrzeba i uzasadnienie ekonomiczne stosowania ochrony odgromowej	
Środki ochrony	środki ochrony redukujące porażenia istot żywych wskutek porażenia elektrycznego
	środki ochrony służące redukcji szkód fizycznych
	środki ochrony do zmniejszenia awaryjności urządzeń elektrycznych i elektronicznych
	wyбір środków ochrony
Podstawowe kryteria ochrony obiektów	poziomy ochrony odgromowej (LPL)
	strefy ochrony odgromowej (LPZ)
	ochrona obiektów

PN-EN 62305-2:2008 Ochrona odgromowa – Część 2: Zarządzanie ryzykiem

Norma ma zastosowanie do szacowania ryzyka występującego w obiekcie budowlanym wskutek doziemnych wyładowań piorunowych [21]. Określa procedury oceny takiego ryzyka. W zależności od wybranej górnej tolerowanej granicy dla ryzyka procedura pozwala na wybór właściwych do zastosowania środków ochrony w celu jego redukcji do poziomu, który tej granicy nie przekracza.

GLÓWNE ZAGADNIENIA

Objaśnienia pojęć	uszkodzenie i strata, ryzyko i jego komponenty, zestawy komponentów ryzyka dotyczącego obiektu oraz urządzenia usługowego, czynniki wpływające na komponenty ryzyka
Zarządzanie ryzykiem	procedura podstawowa, obiekt/urządzenie usługowe poddawane rozważaniom w celu oceny ryzyka, ryzyko dopuszczalne R_r , procedura ustalania potrzeby stosowania ochrony, procedura dotycząca oceny opłacalności środków ochrony, środki ochrony i ich wybór
Oszacowanie komponentów ryzyka dla obiektu	równanie bazowe, oszacowanie różnych komponentów ryzyka, zestawienie komponentów ryzyka w obiekcie, podział obiektu na strefy Z_s , oszacowanie komponentów ryzyka w obiekcie ze strefami Z_s
Oszacowanie komponentów ryzyka dla urządzeń usługowych	równanie bazowe, oszacowanie różnych komponentów ryzyka, zestawienie komponentów ryzyka dla urządzenia usługowego, podział urządzenia usługowego na odcinki S_s

PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

Norma podaje wymagania dotyczące ochrony obiektów budowlanych przed uszkodzeniami fizycznymi za pomocą urządzenia piorunochronnego LPS oraz ochrony istot żywych przed obrażeniami wskutek napięć dotykowych i krokowych w sąsiedztwie LPS [22]. Ma zastosowanie do projektowania, instalowania, sprawdzania i konserwacji LPS w obiektach, a także ustalania środków ochrony.

GLÓWNE ZAGADNIENIA

Urządzenie piorunochronne (LPS)	klasa LPS, projektowanie LPS, ciągłość konstrukcji stalowej w obiektach żelbetowych
Zewnętrzne urządzenie piorunochronne	zwody, przewody odprowadzające, układ uziomów, elementy, materiały i wymiary
Wewnętrzne urządzenie piorunochronne	piorunochronne połączenie wyrównawcze, separacja elektryczna zewnętrznego LPS
Konserwacja i sprawdzanie LPS	stosowanie kontroli, kolejność kontroli, konserwacja
Środki ochrony	środki ochrony przed porażeniem istot żywych napięciami dotykowymi i krokowymi

PN-EN 62305-4:2011 Ochrona odgromowa – Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach

Norma podaje informacje dotyczące projektowania, instalowania, nadzorowania, konserwacji i badania środków ochrony systemów elektrycznych i elektronicznych (SPM) w celu zmniejszenia ryzyka trwałych uszkodzeń powodowanych piorunowym impulsem elektromagnetycznym (LEMP) w obiekcie [23]. Zawiera wytyczne dotyczące współpracy projektanta układów elektrycznych i elektronicznych oraz projektanta środków ochrony w dążeniu do osiągnięcia optymalnej skuteczności ochrony.

GLÓWNE ZAGADNIENIA

Projektowanie i instalowanie SPM	projekt SPM, strefy ochrony odgromowej (LPZ), podstawowe SPM
Uziemiaenia i połączenia wyrównawcze	układ uziomów, sieć połączeń wyrównawczych, szyny połączeń wyrównawczych, połączenia wyrównawcze na granicy LPZ, materiał i wymiary elementów łączących
Ekranowanie magnetyczne i trasowanie linii	ekranowanie przestrzenne, ekranowanie i trasowanie linii wewnętrznych, ekranowanie linii zewnętrznych, materiał i wymiary ekranów magnetycznych
Skoordynowany układ SPD	
Interfejsy separujące	
Zarządzanie SPM	plan zarządzania SPM, badanie SPM, konserwacja





5. Jak prawidłowo zaprojektować ochronę odgromową i przeciwprzebieciową stacji ładowania?

Zgodnie z art. 61 ust. 2 ustawy – Prawo budowlane właściciel lub zarządca obiektu budowlanego jest obowiązany zapewnić, dochowując należytej staranności, bezpieczne użytkowanie obiektu w razie wystąpienia czynników zewnętrznych oddziałujących na obiekt, związanych z działaniem człowieka lub sił natury, takich jak m.in. **wyładowania atmosferyczne**.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jedn. Dz.U. z 2022 r. poz. 1225 ze zm.), wskazuje, że budynek należy wyposażać w **instalację chroniącą od wyładowań atmosferycznych** stosownie do wymagań Polskich Norm dotyczących ochrony odgromowej obiektów budowlanych.

Podstawę realizacji ochrony systemu ładowania pojazdów przed wyładowaniem piorunowym stanowi seria norm PN-EN 62305 dotyczących ochrony odgromowej. Składa się ona z czterech oddzielnych części. W pierwszej mowa jest o zagrożeniach i ogólnych zasadach ochrony obiektów od wyładowań piorunowych. Druga część dotyczy ryzyka związanego z wyładowaniami piorunowymi. Trzecia informuje, jak chronić się przed bezpośrednim i pośrednim wyładowaniem piorunowym. Część czwarta opisuje sposób ochrony układów elektrycznych i elektronicznych wewnątrz obiektów.

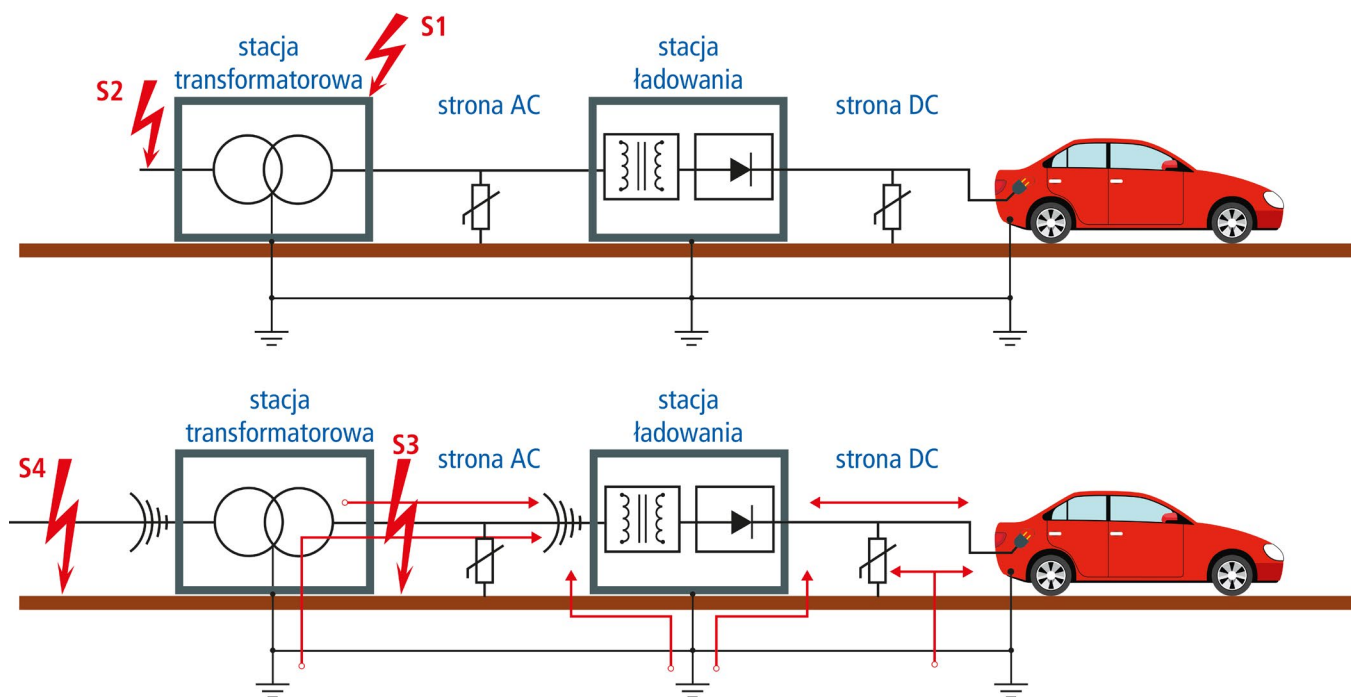
Przystępując do projektowania systemu ochrony urządzenia, należy przeanalizować potencjalne zagrożenia. Prąd pioruna może być źródłem uszkodzeń w infrastrukturze ładowania pojazdów elektrycznych. W zależności od miejsca punktu uderzenia pioruna względem rozpatrywanego obiektu (rys. 5.1) rozpatruje się następujące źródła uszkodzeń:

- **S1**: bezpośrednie wyładowanie w obiekt (system ładowania EV),
- **S2**: wyładowania w pobliżu obiektu – możliwa awaria lub wadliwe działanie urządzeń wewnętrznych na skutek oddziaływania LEMP (Lightning ElectroMagnetic Pulse, piorunowy impuls elektromagnetyczny),
- **S3**: bezpośrednie wyładowanie w linię przyłączone obiektu (zasilające, sygnałowe) – zagrożenie powstałe wskutek przepięć i prądów piorunowych przenoszonych przez przyłączoną linię,
- **S4**: wyładowania w pobliżu linii przyłączonych do obiektu – zagrożenie stanowią przepięcia indukowane w liniach przyłączonych do obiektu.

W czteroczęściowej serii norm PN-EN 62305 szczegółowo opisano sposób przeprowadzania oceny zagrożeń oraz przedstawiono różne rodzaje i środki ochronne w celu złagodzenia ryzyka wystąpienia szkód (zastosowanie zewnętrznej i wewnętrznej ochrony odgromowej). Na podstawie normy PN-EN 62305-2 należy wyliczyć ryzyko wystąpienia poszczególnych zagrożeń i porównać z ryzykiem tolerowanym (dopuszczalnym). Na podstawie tych obliczeń dobieramy odpowiednie środki ochrony, wskazane w normach z serii PN-EN 62305.

Najczęściej popełniany błąd polega na pominięciu analizy ryzyka przy projektowaniu, tj. analizy scenariuszy możliwych zdarzeń związanych z wyładowaniem piorunowym. Pomijając tę część, pomijamy zagrożenia, ale także ochronę. Zwiększamy ryzyko uszkodzeń budowanego obiektu. Jeśli czynimy to świadomie, to w pewien sposób zgadzamy się na uszkodzenia i awarie.

W przypadku stref ładowania znajdujących się w miejscach ogólnodostępnych (parkingi przy centrach handlowych, MOP przy autostradach) należy też zwrócić uwagę na możliwość oddziaływania na siebie różnych instalacji. Dobrym tego przykładem mogą być instalacje oświetleniowe z wysokimi masztami, na których umieszczono oprawy. Maszty takie stanowią naturalny element LPS chroniący punkty ładowania przed trafieniem bezpośrednim. Wyładowanie w maszt oświetleniowy może niekorzystnie oddziaływać na infrastrukturę ładowania, dlatego wymagane jest zastosowanie środków ochrony wewnątrz infrastruktury.



Rys. 5.1. Możliwe oddziaływanie prądu pioruna na infrastrukturę ładowania pojazdów elektrycznych

5.1. Zagadnienia ogólne ochrony odgromowej i przeciwprzebieciowej

Zewnętrzne urządzenie piorunochronne (potocznie nazywane piorunochronem) ma za zadanie przejąć i bezpiecznie odprowadzić do ziemi prąd doziemnego wyładowania piorunowego. W skład urządzenia piorunochronnego wchodzi:

- zwody o odpowiednich rozmiarach układane na dachu chronionego obiektu,
- przewody odprowadzające prąd doziemnego wyładowania piorunowego ze zwodów na dachu do uziemienia,
- uziemienie piorunochronne o wymaganych minimalnych parametrach.

Zwody mają za zadanie wytworzyć tzw. parasol ochronny nad obiektem. Ich właściwe rozmieszczenie i jakość wykonania decydują o skuteczności działania.

Zgodnie z zapisami PN-EN 62305-4 [23] ochrona przed wyładowaniem piorunowym jest oparta na koncepcji strefy ochrony odgromowej (LPZ). Obiekt, który mamy zamiar chronić, powinien być podzielony na strefy LPZ. Strefy te (w uproszczeniu) określają poziom narażenia urządzeń na rozpryskujący się prąd piorunowy.

Wyróżniamy następujące strefy (rys. 5.2):

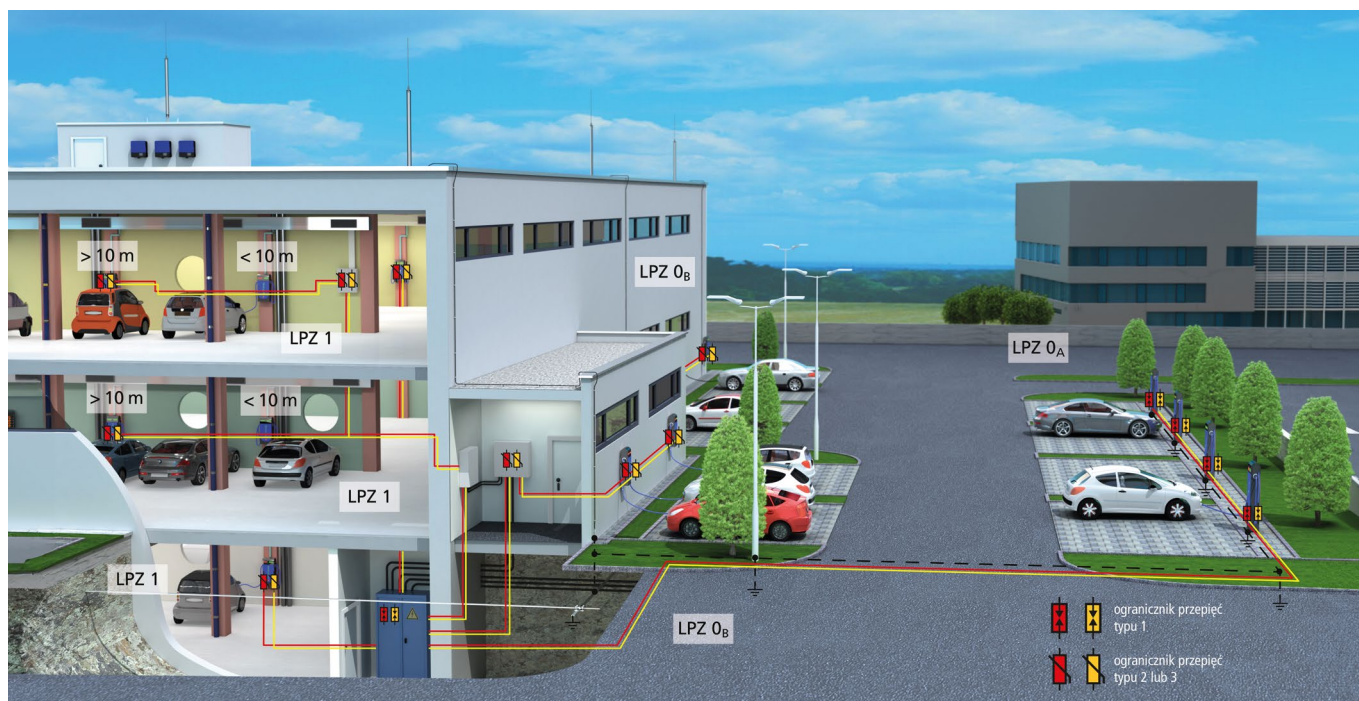
- **LPZ 0_A**: strefa, w której elementy są narażone na bezpośrednie uderzenia pioruna, a przez to na przepływ jego prądu aż do całkowitego włączenie; występuje w niej nietłumione pole elektromagnetyczne,
- **LPZ 0_B**: strefa, w której elementy nie są narażone na bezpośrednie uderzenia piorunu, ale występuje nietłumione pole elektromagnetyczne,
- **LPZ 1**: strefa, w której elementy nie są narażone na bezpośrednie uderzenia pioruna, a prądy we wszystkich znajdujących się w niej częściach przewodzących są zredukowane w stosunku do prądu w strefie 0_B; może w niej występować, zależnie od środków ekranowania, tłumione pole elektromagnetyczne.

Im wyższy numer strefy, tym niższe wartości napięć, które mogą w niej wystąpić podczas doziemnego wyładowania piorunowego (pod warunkiem stosowania ograniczników napięć).





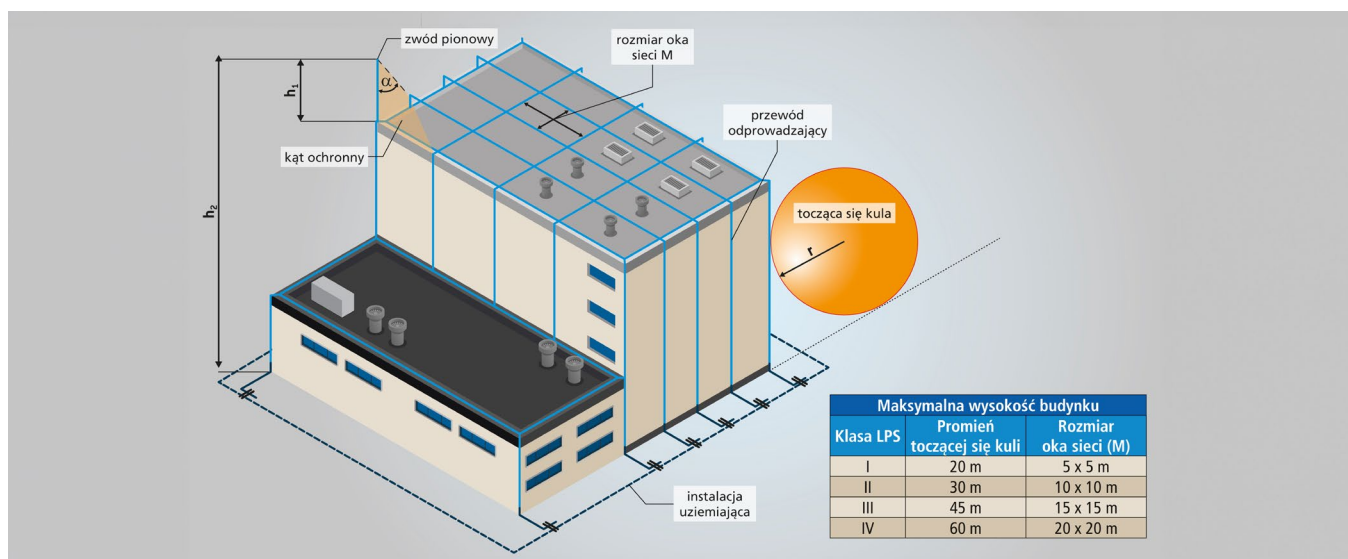
Generalna zasada opisana w normach z serii PN-EN 62305 mówi, iż wszystkie przewody/kable przechodzące z jednej do drugiej strefy LPZ powinny być chronione odpowiednio dobranymi ogranicznikami przepięć.



Rys. 5.2. Przykład podziału obiektu z infrastrukturą ładowania pojazdów elektrycznych na strefy ochrony odgromowej (LPZ)

Dobór i rozmieszczenie zwodów i przewodów odprowadzających prąd piorunowy, potocznie nazywanych piorunochronami, należy przeprowadzić zgodnie z zasadami opisanymi w normach z serii PN-EN 62305. Można do tego celu zastosować jedną z proponowanych w normie metod rozmieszczania zwodów (rys. 5.3):

- uniwersalną metodę toczącej się kuli,
- metodę oczkową właściwą dla dachów płaskich,
- metodę kąta ochronnego.



Rys. 5.3. Metody rozmieszczania zwodów chroniących przed wyładowaniami piorunowymi



Optymalnie dobrany system ochrony infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych będzie się składał z piorunochronów* i ograniczników przepięć zainstalowanych na wejściach i wyjściach wszystkich przewodów wprowadzanych i wychodzących ze stacji ładowania pojazdów elektrycznych.**

* W normach z serii PN-EN 62305 posługujemy się zwrotem odnoszącym się do zwodów i przewodów odprowadzających prąd piorunowy. Użyty wyraz „piorunochronów” jest pojęciem potocznym, zastosowanym w celu łatwiejszego przyswojenia podstawowych informacji przez czytelnika spotykającego się z problemem po raz pierwszy.

** Ograniczniki przepięć nazywane są w normach urządzeniami do ograniczania przepięć. W sprzedaży można jest spotkać oznaczone jako SPD (z ang. *surge protection devices*).

Urządzenia do ograniczania przepięć (SPD) powinny wytrzymać bez uszkodzenia spodziewaną część płynącego przez nie prądu pioruna. SPD powinny również mieć zdolność gaszenia elektroenergetycznych prądów następczych sieci zasilającej, jeżeli są przyłączone do jej przewodów.

SPD powinny być zgodne z zapisami norm PN-EN 61643-11 [25], PN-EN 61643-21 [26] oraz spełniać następujące warunki:

- wytrzymać próby prądem piorunowym $I_{imp} \geq I_F$ przy czym I_F jest prądem piorunowym płynącym wzdłuż rozpatrywanej linii;
- zapewnić napięciowy poziom ochrony U_p niższy niż wytrzymałowy poziom napięcia udarowego chronionego urządzenia.

Urządzenia przepięciowe klasy I / typu 1 (SPD) są instalowane w miejscach, w których spodziewany jest przepływ częściowych prądów piorunowych. Ograniczniki te oznaczane są jako T1.

SPD klasy II / typu 2 instaluje się we wszystkich innych przypadkach, gdy wymagana jest ochrona przed przepięciami łączeniowymi lub indukowanymi lub gdy wymagana jest koordynacja z istniejącym SPD T1 w celu zapewnienia odpowiedniego poziomu ochrony urządzenia końcowego. Ograniczniki te oznaczane są jako T2.

SPD klasy III / typu 3 są stosowane najczęściej w przypadku ochrony bardzo czułych urządzeń końcowych (o kategorii przepięciowej I). Te ograniczniki nie są powszechnie wykorzystywane w instalacjach ładowarek pojazdów elektrycznych. Oznaczone są jako T3.

Tabela 5.1. Rodzaje ograniczników przepięć

RODZAJ, ZASTOSOWANIE	TYP SPD	KLASA PRÓBY ZGODNIE Z PN-EN 61643-11*	PARAMETRY CHARAKTERYSTYCZNE SPD
ogranicznik przepięć ucinający napięcie (np. iskiernik), chroniący przed prądem wyładowania piorunowego	typ 1	próba klasy I	I_{imp}, I_n
ogranicznik przepięć ograniczający napięcie (np. warystor), chroniący przed przepięciami indukowanymi i łączeniowymi	typ 2	próba klasy II	I_{max}, I_n
ochrona urządzeń końcowych	typ 3	próba klasy III	U_{oc}

Odpowiednio chroniona stacja ładowania pojazdów elektrycznych posiada od strony zasilania iskiernikowy ogranicznik przepięć przeznaczony do sieci AC, spełniający wymagania normy PN-EN 61643-11 i zainstalowany na granicy otwartego terenu („podwórka”) i ładowarki (budynku, pomieszczenia, szafy sterowniczej).

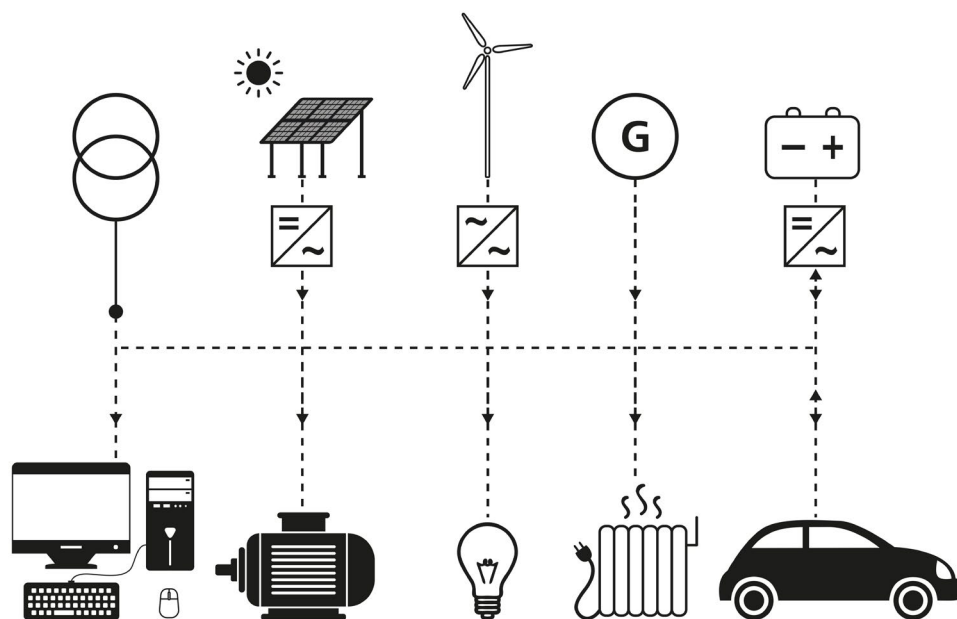
Ze względu na ich specyfikę w systemach prądu stałego stosowane są inne ograniczniki przepięć niż w systemach prądu przemiennego. W związku z tym stacje ładowania DC będą wymagały specjalnych ograniczników przepięć, przeznaczonych do pracy po stronie prądu stałego. Podobnie jak ograniczniki przepięć AC, ograniczniki przepięć instalowane po stronie DC również dzielą się na zabezpieczenia typu 1 i typu 2, dobierane w zależności od miejsca instalacji i innych wymagań.



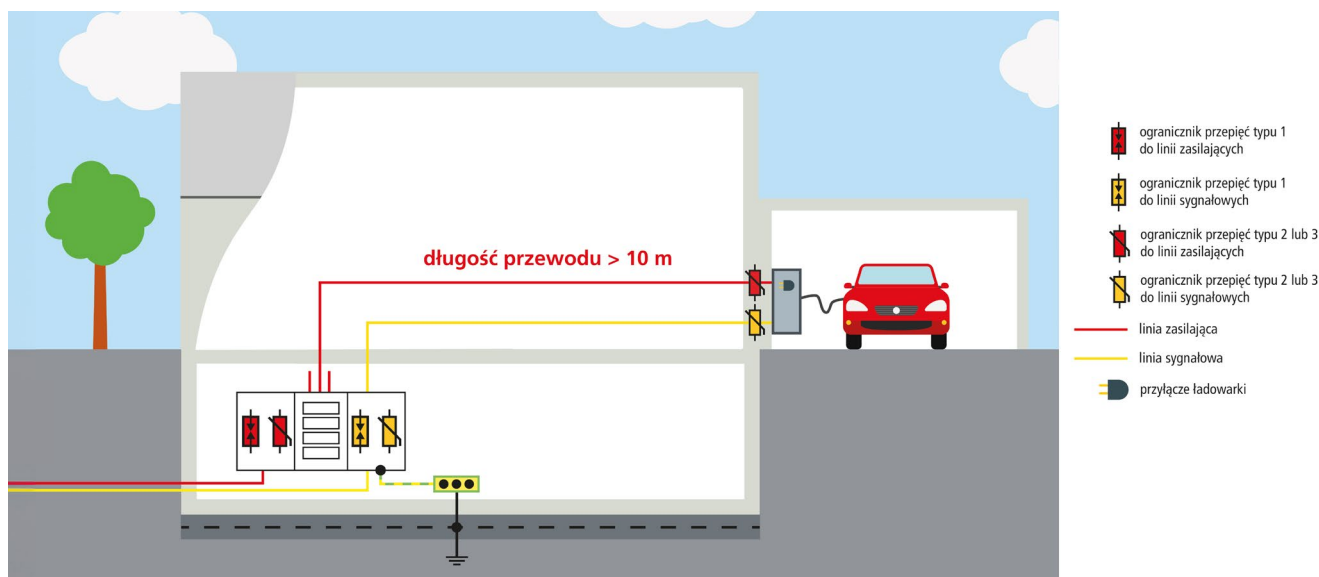


5.2. Punkty ładowania pojazdów elektrycznych – instalacja prosumencka

Ochrona instalacji prosumenckich (rys. 5.4) 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 PN-HD 60364-8-2 zwrócono uwagę na to, że przepięcia łączeniowe w PEI (*prosumer electrical installation*, prosumenckiej instalacji elektrycznej) mogą występować częściej i mieć większe wartości niż w zwykłej instalacji (np. wskutek przełączania źródeł, zrzutu lub przenoszenia obciążenia). Dlatego w celu ochrony instalacji i urządzeń przed przepięciami łączeniowymi zaleca się zwrócić szczególną uwagę na instalowanie urządzeń do ograniczania tych przepięć.



Rys. 5.4. Przykładowa instalacja prosumencka



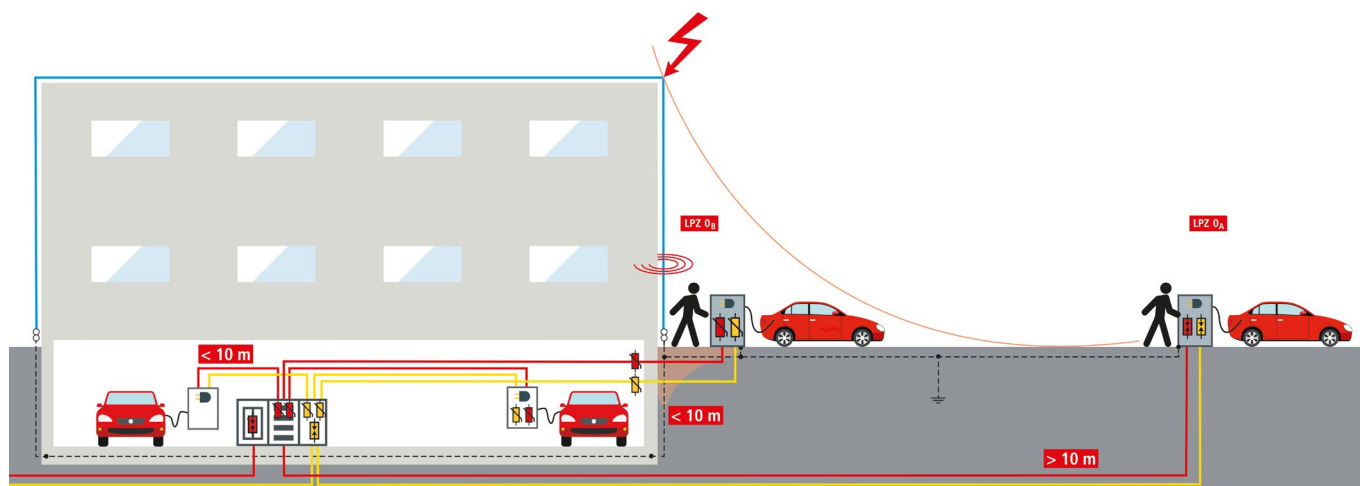
Rys. 5.5. Kompleksowa ochrona stacji ładowania pojazdów elektrycznych – dodatkowe ograniczniki przepięć zainstalowane w garażu



Stacja ładowania w instalacji prosumenta umieszczona jest najczęściej w garażu lub pod wiatą parkingową. Przykład takiego rozwiązania pokazano na rysunku 5.5. Ponieważ budynek wyposażony jest w zewnętrzne urządzenie piorunochronne, w instalacji elektrycznej budynku zastosowano piorunochronne połączenia wyrównawcze, ograniczniki przepięć dla instalacji elektrycznej oraz dla linii przesyłu sygnałów. Pojazd elektryczny i stacja ładowania mogą ulec uszkodzeniu wskutek przepięcia, mimo zamontowania kombinowanych ograniczników przepięć w rozdzielni głównej, jeżeli punkt ładowania znajduje się daleko od miejsca zabudowy ograniczników przepięć. Gdy stacja ładowania jest oddalona o więcej niż 10 m od ostatniego SPD w linii zasilającej (rys. 5.6), zalecane są (zgodnie z PN-HD 60364-5-53) dodatkowe środki ochrony. W takim przypadku infrastrukturę ładowania pojazdów elektrycznych należy chronić za pomocą ogranicznika przepięć typu 2 i typu 3 zamontowanego w ładowarce lub w obudowie izolacyjnej bezpośrednio przed stacją ładowania. Zasada 10 m dotyczy również przewodów informatycznych i telekomunikacyjnych.

Zastosowane ograniczniki przepięć powinny zostać zainstalowane zgodnie z zaleceniami normy PN-HD 60364-5-53 [27]. Dobierając SPD do ochrony instalacji, należy zwrócić uwagę m.in. na:

- wartość prądu I_{imp} , na jaki dobieramy ogranicznik (jeżeli nie przeanalizowano ryzyka wg PN-EN 62305-2) – udarowy prąd wyładowczy (I_{imp}) nie powinien być mniejszy niż 12,5 kA na biegun,
- zapewnienie koordynacji energetycznej pomiędzy kolejnymi stopniami ochrony przepięciowej według zasad opisanych w dokumencie IEC 61643-12.



Rys. 5.6. Przykład rozmieszczenia ograniczników w instalacji ładowania pojazdów elektrycznych z uwzględnieniem zasady 10 m

5.3. Ochrona stacji ładowania pojazdów elektrycznych zlokalizowanych w miejscu ogólnodostępnym

Jeżeli stacja ładowania (typu wallbox, wolnostojąca itp.) jest zainstalowana na stałe, to opis wymagań znajdziemy w normie PN-HD 60364-7-722 zawierającej wytyczne dotyczące specjalnych instalacji przeznaczonych do zasilania pojazdów elektrycznych. Norma zawiera również wymagania dotyczące ochrony przepięciowej. W punkcie 722.443.4 zapisano, że punkt podłączeniowy znajdujący się w przestrzeni publicznej jest uznawany za część usługi publicznej, i dlatego powinien być chroniony przed przejściowymi przepięciami.

Środki służące realizacji tego wymagania opisane zostały w normie PN-HD 60364-5-53. Urządzenie przeciwprzepięciowe typu 2 (SPD typu 2) stanowi minimalne wymaganie w celu ochrony przyłącza zasilania. Jeżeli stacja ładowania zasilana jest z budynku posiadającego zewnętrzne urządzenie piorunochronne, należy zastosować ogranicznik dostosowany do zagrożenia przepływem części prądu piorunowego (SPD typu T1) lub ogranicznik kombinowany (SPD typu T1 + T2). Należy pamiętać, że gdy wymagane jest stosowanie SPD w instalacjach elektrycznych, to również należy zastosować dodatkowe SPD w innych liniach, np. telekomunikacyjnych czy sygnałowych.

Obwody sygnałowe należy chronić za pomocą ograniczników kategorii D1 i C2 (spełniających wymagania normy PN-EN 61643-21). W zależności od oceny zagrożenia, zgodnie ze strefową koncepcją ochrony (LPZ), stosujemy w obwodach przesyłu sygnałów:

- SPD kategorii D1, wytrzymujące częściowy prąd pioruna (badane prądem udarowym I_{imp} o kształcie 10/350 μ s) – instalujemy je na granicy stref LPZ 0/1, gdzie jest możliwe oddziaływanie częściowych prądów piorunowych,
- SPD kategorii C2 wytrzymujące prądy indukowane (badane prądem udarowym I_n o typowym kształcie 8/20 μ s), które umiejscowione są na granicy stref LPZ 1/2 i wyższych.



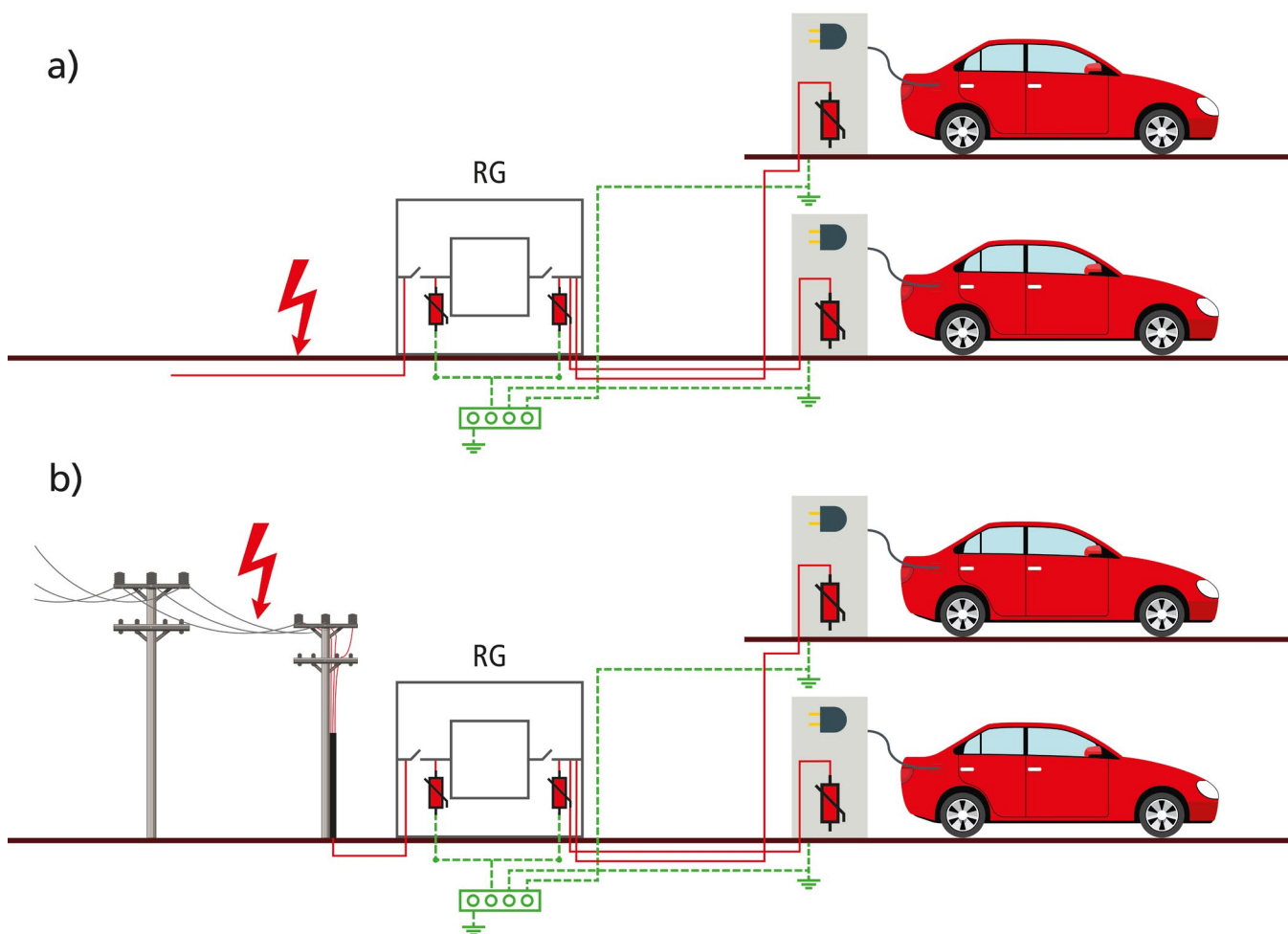


5.4. Ogólnodostępne stacje ładowania zlokalizowane przy ulicy

Kable zasilające AC w przykładzie z rysunku 5.7a są poprowadzone pod ziemią, w związku z tym przyjmuje się, że bezpośrednie uderzenie pioruna w linię zasilającą jest wykluczone. Najczęściej w przypadku analizy systemów ulicznych nie przeprowadza się oceny ryzyka, a jedynie rozważa zagrożenia pochodzące od przepięć łączeniowych i indukowanych. Ponieważ główna tablica rozdzielcza prądu przemiennego (RG) jest przeważnie wyposażona we wrażliwy sprzęt, np. inteligentny licznik czy bramki komunikacyjne, zaleca się instalację ogranicznika przepięć typu T2 (rys. 5.7).

W niektórych krajach europejskich stosowanie SPD przed licznikiem energii jest obowiązkowe i wymagany jest montaż SPD typu T1 niegenerującego prądów upływu. Montaż ogranicznika przepięć typu T2 na wejściu linii zasilającej każdej ładowarki (EV) jest wymagany w przypadku, gdy długość linii kablowej pomiędzy RG a ładowarką wynosi > 10 m. Często zaleca się stosowanie w tym przypadku SPD typu T1 + T2. Różnica w przykładzie z rysunku 5.7b polega na tym, że instalacja elektryczna dla potrzeb ładowania pojazdów elektrycznych jest zasilana linią napowietrzną. W tym wypadku – zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 60364-5-53, załącznik D – należy na wejściu instalacji zastosować SPD typu T1. W tej sytuacji musi on posiadać wytrzymałość udarową na prąd piorunowy minimum 5 kA (10/350 μ s) na fazę. Analogicznie jak w przykładzie 5.7a, SPD nie powinien generować prądu upływowego, jeśli ma być instalowany przed licznikiem energii.

W przypadku braku MDB niezbędne SPD typu T1 (zalecane SPD typu T1 + T2) powinny być częścią stacji ładowania.

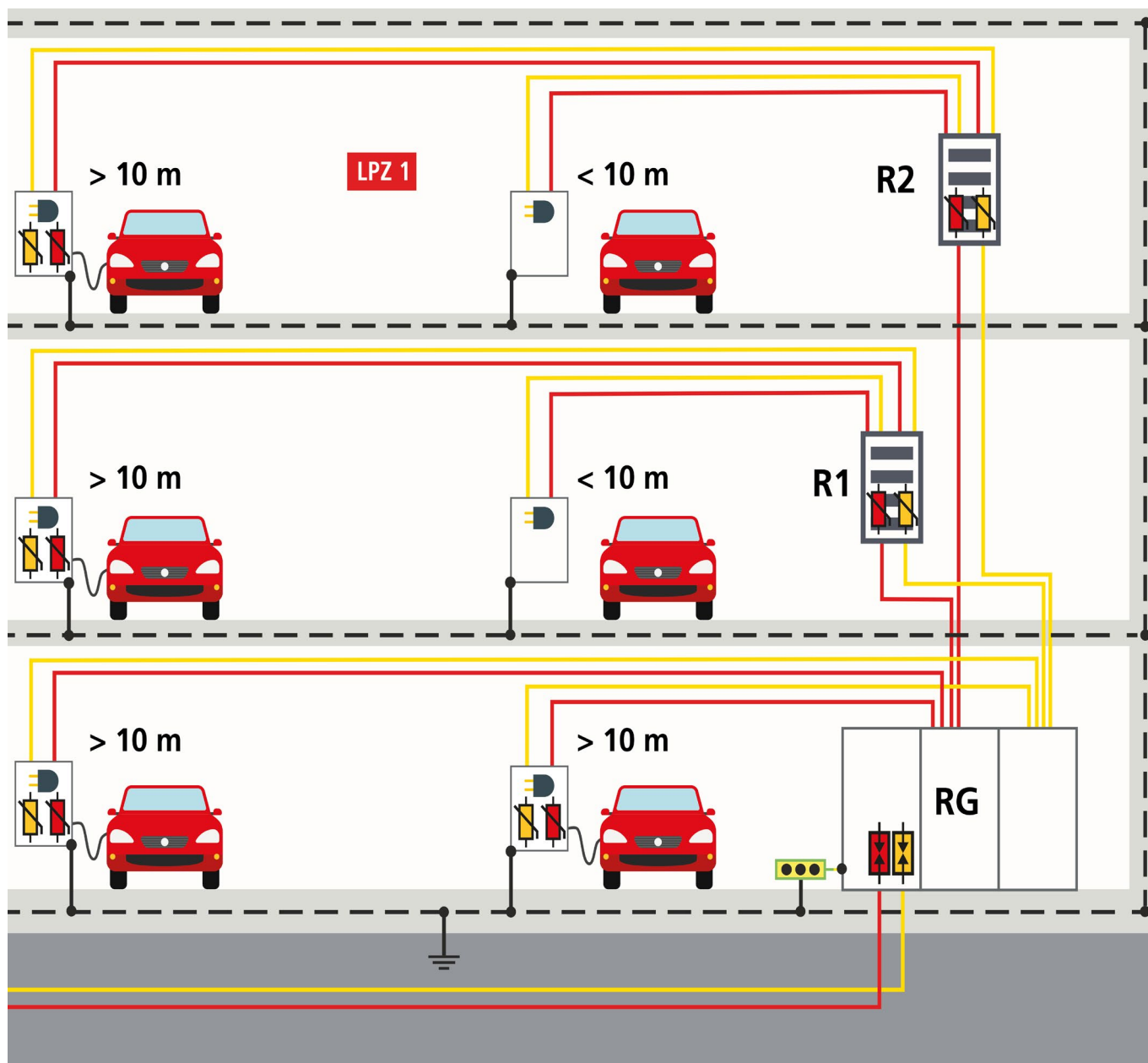


Rys. 5.7. Ochrona przed przepięciami ulicznych punktów ładowania pojazdów elektrycznych (a) zasilanie instalacji ładowania pojazdów z podziemnej linii kablowej, (b) zasilanie instalacji ładowania pojazdów z linii napowietrznej

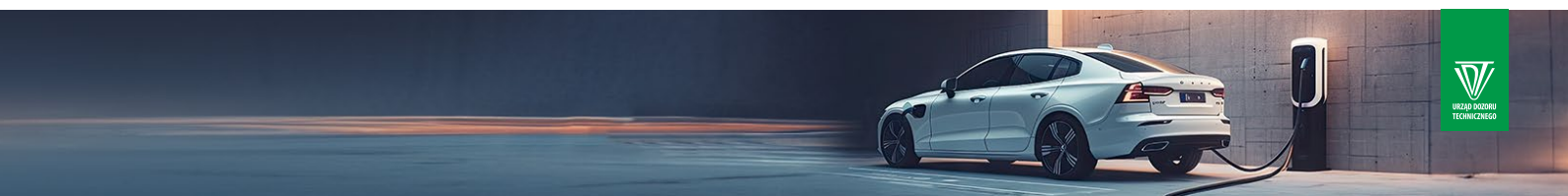


5.5. Stacje ładowania zlokalizowane na parkingach wewnątrz budynków

W przykładzie z rysunku 5.8 budynek, w którym zlokalizowano parking, nie jest wyposażony w zewnętrzne urządzenie piorunochronne. Ocena ryzyka zgodnie z PN-EN 62305 wykazała, że nie ma potrzeby instalowania zewnętrznego urządzenia piorunochronnego. Ze względu na zagrożenie wyładowaniem w linię zasilającą budynek zastosowano SPD typu T1. Dodatkowe SPD typu T2 należy również zainstalować od strony zasilania każdej ładowarki pojazdów elektrycznych. Należy zapewnić koordynację energetyczną pomiędzy SPD „na wejściu” instalacji do budynku oraz SPD „na wejściu” ładowarki. W przypadku zasilania linią kablową „na wejściu” instalacji do budynku wymagane jest zastosowanie SPD minimum typu T2, nawet jeżeli ocena ryzyka wykazuje odmienne wyniki. Wymagania te zapisane są w § 180 rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie oraz normie PN-HD 60364-4-443.



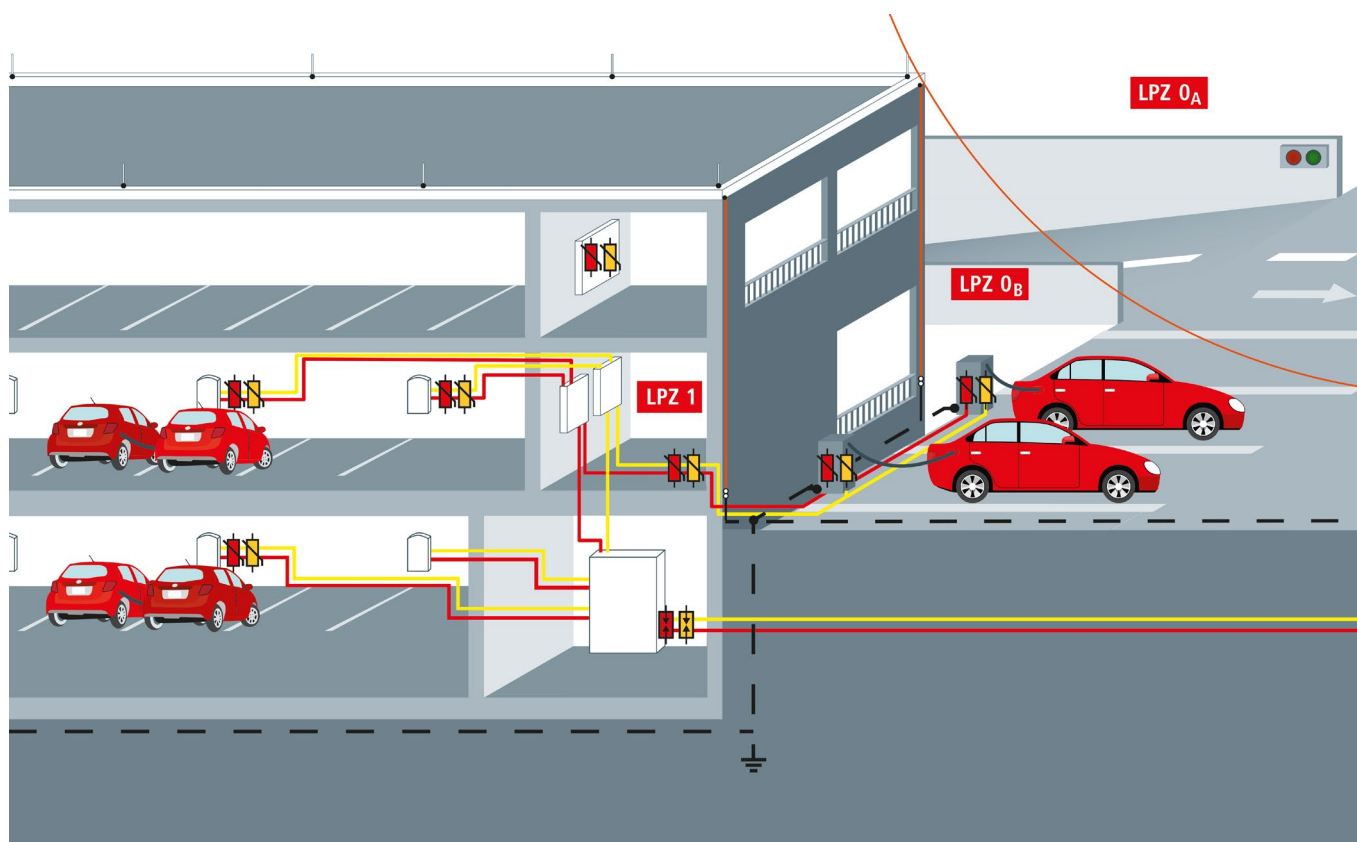
Rys. 5.8 Stacje ładowania zlokalizowane na parkingu wewnątrz budynku





W przykładzie pokazanym na rysunku 5.9 ocena ryzyka przeprowadzona zgodnie z normą PN-EN 62305 wykazała konieczność wykonania zewnętrznego urządzenia piorunochronnego. Według wybranej przez projektanta klasy LPS dobiera się ograniczniki do realizacji piorunochronnych połączeń wyrównawczych. Zazwyczaj jest to SPD typu T1 o znamionowym prądzie I_{imp} wynoszącym 25 kA (10/350 μ s) lub 12,5 kA (10/350 μ s) na biegun. Ogranicznik zabudowany jest na wejściu instalacji elektrycznej do budynku lub w rozdzielni głównej obiektu. Przy wejściu zasilającym każdej ładowarki należy zainstalować urządzenia SPD typu T2 (zgodnie z zasadą 10 m).

Należy zapewnić koordynację energetyczną pomiędzy poszczególnymi stopniami ochrony. Ładowarki i pojazdy elektryczne umieszczone na zewnątrz budynku, ale będące wewnątrz strefy LPZ 0B, nie są narażone na bezpośrednie wyładowanie piorunowe (wykorzystana metoda toczącej się kuli piorunowej). W tym przypadku stacje ładowania pojazdów wystarczy wyposażyć w SPD typu T2.

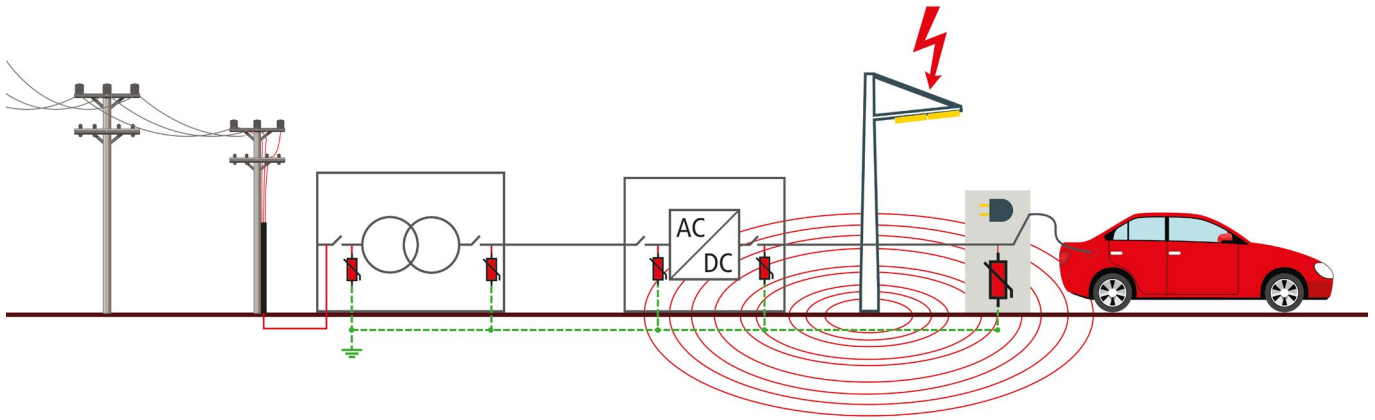


Rys. 5.9. Instalacja ładowania pojazdów elektrycznych w garażu obiektu z zewnętrznym LPS

5.6. Ochrona stacji ładowania dużej mocy

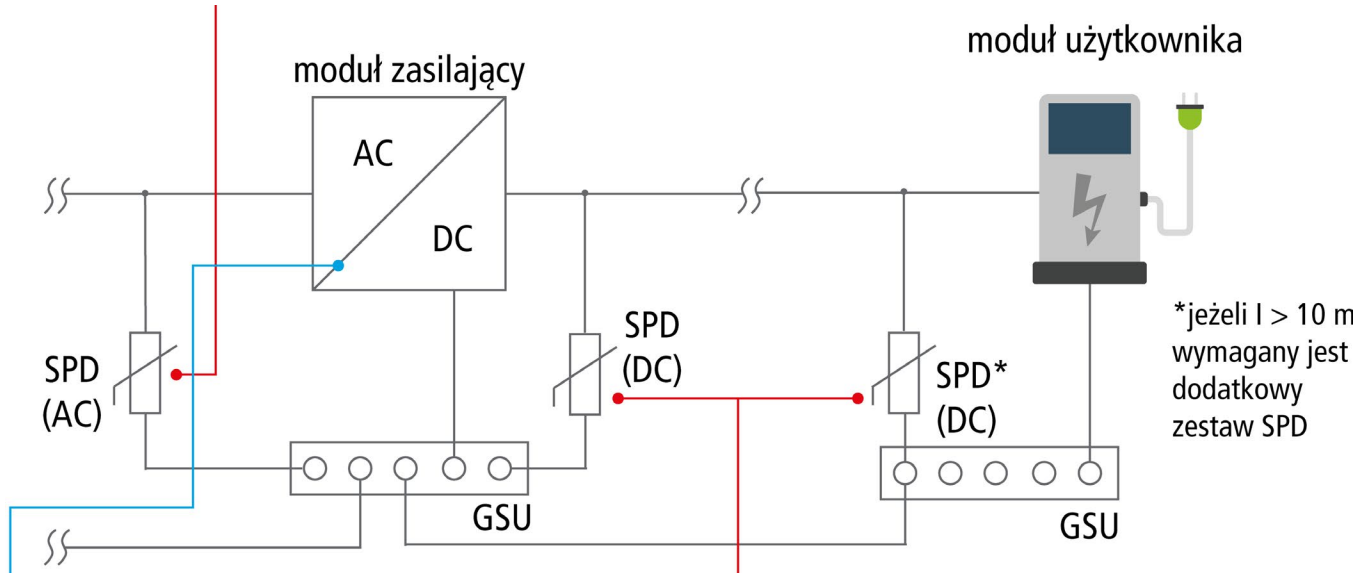
Szybkie ładowanie prądem stałym obejmuje infrastrukturę, która pojawia się najczęściej w miejscach postoju przy autostradach i drogach szybkiego ruchu (tzw. MOP – Miejsce Obsługi Podróżnych). Dzięki tego typu rozwiązaniom możliwe jest ładowanie akumulatora pojazdu elektrycznego w znacznie krótszym czasie, co sprawia, że korzystanie z pojazdów elektrycznych staje się atrakcyjne dla osób podróżujących na dużych odległościach.

Zdarza się, że wysokie zapotrzebowanie na energię jest niemożliwe do zrealizowania za pomocą sieci niskiego napięcia. W takich przypadkach, instalacje zasilane są za pośrednictwem transformatorów z sieci średniego napięcia (SN). Infrastruktura tego typu ma najczęściej budowę modułową, np. stacja transformatorowa średniego napięcia, przekształtnik AC/DC oraz jednostki użytkownika, które znajdują się w odległości kilku metrów (rys. 5.10). Do tej struktury można dodawać kolejne elementy, np. baterijny system magazynowania energii (BESS) lub instalację fotowoltaiczną. Mała odległość pomiędzy modułami wymaga zapewnienia skutecznej ochrony przepięciowej, chroniącej również przed częściowym prądem piorunowym.



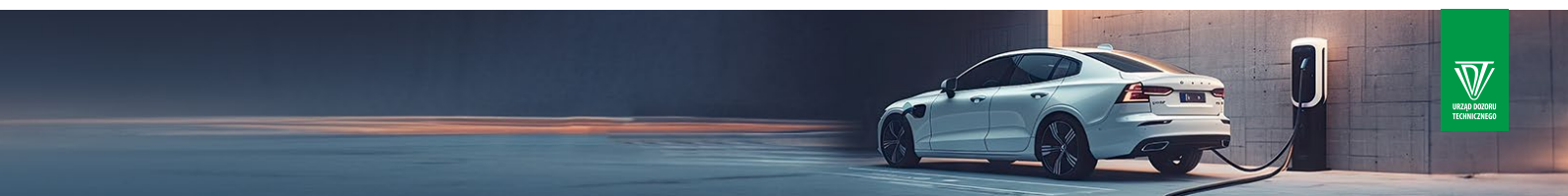
Rys. 5.10. Infrastruktura ładowania dużej mocy, zasilana ze stacji transformatorowej

Jak pokazano na rysunku 5.10, piorun uderza w latarnię na parkingu przy miejscu obsługi podróżnych. Na parkingu zlokalizowana jest również stacja ładowania DC. Prąd wyładowania rozproszony w ziemi wytwarza dużą różnicę napięcia uziemienia wynoszącą kilka kilowoltów pomiędzy modułami instalacji (patrz rys. 3.3). Z tego powodu wyrównanie potencjałów w infrastrukturze ładowania jest niezbędne. Dlatego należy przewidzieć zastosowanie SPD typu T1 lub jeszcze lepiej SPD typu T1 + T2 do ochrony obwodów zasilania instalacji ładowania. Urządzenia SPD należy zainstalować na każdym wejściu i wyjściu kabla, dotyczy to obwodów prądu przemiennego i stałego (rys. 5.11).



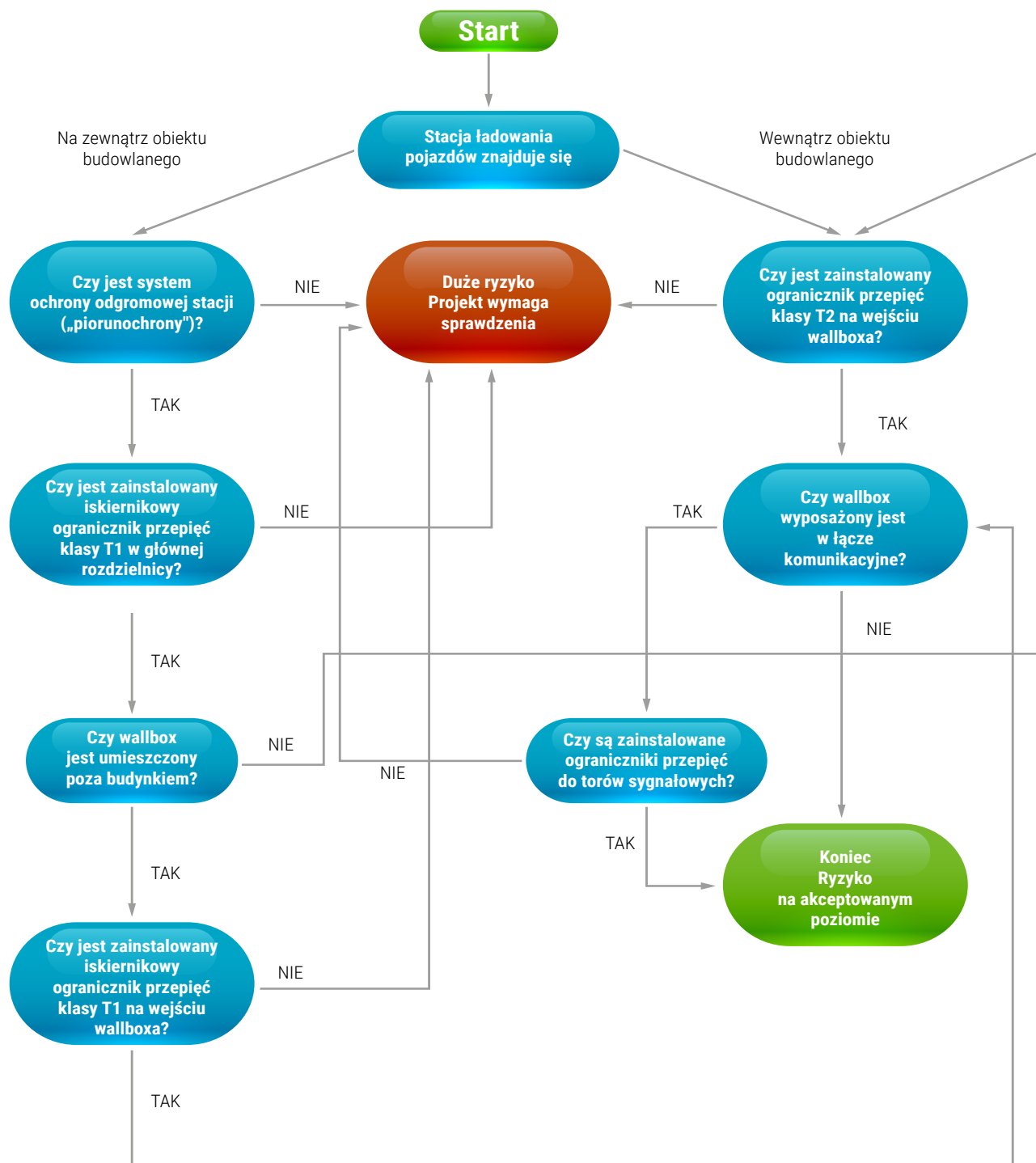
Rys. 5.11. Schemat ochrony przepięciowej stacji ładowania DC

Instalacja dodatkowych ograniczników przepięć średniego napięcia jest w gestii właściciela stacji transformatorowej. Ponieważ dla tego typu instalacji oczekuje się dużej niezawodności, a ładowanie powinno być bezpieczne nawet podczas silnej burzy, powinna być również zapewniona ochrona przeciwprzepięciowa po stronie SN.



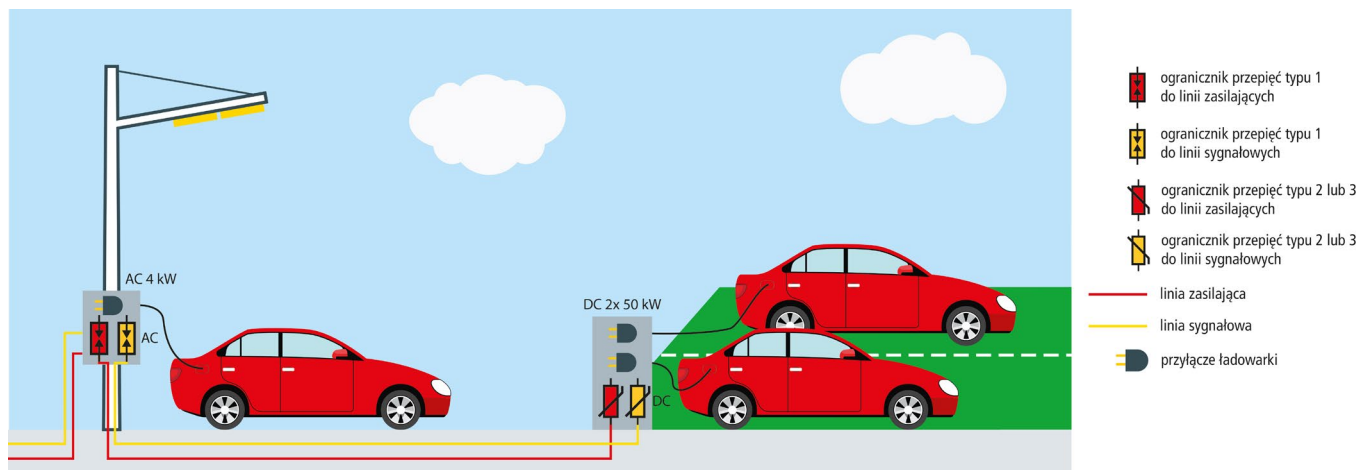


5.7. Szybki algorytm poprawności ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej stacji ładowania pojazdów elektrycznych

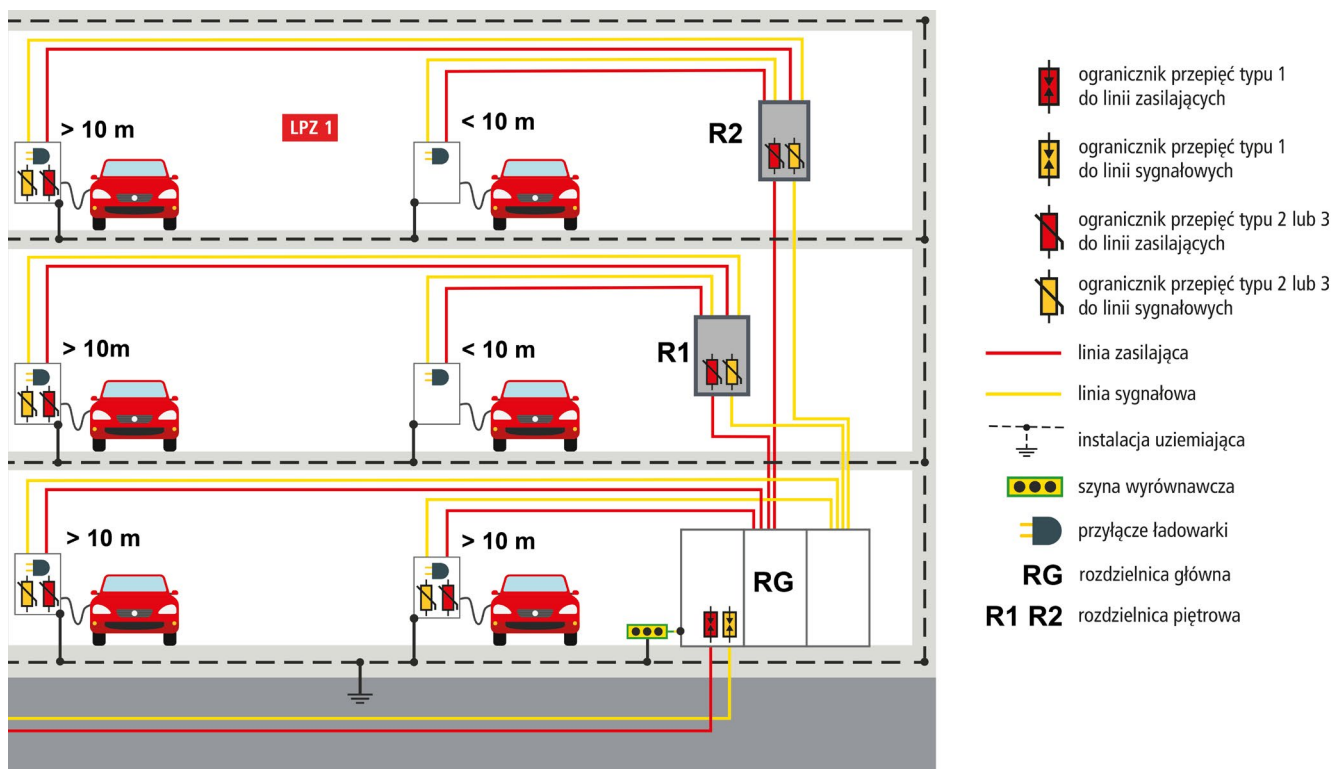


6. Przykłady rozwiązań z zakresu ochrony przepięciowej w systemach ładowania pojazdów elektrycznych

6.1. Stacja ładowania prądu przemiennego (AC) vs prądu stałego (DC)

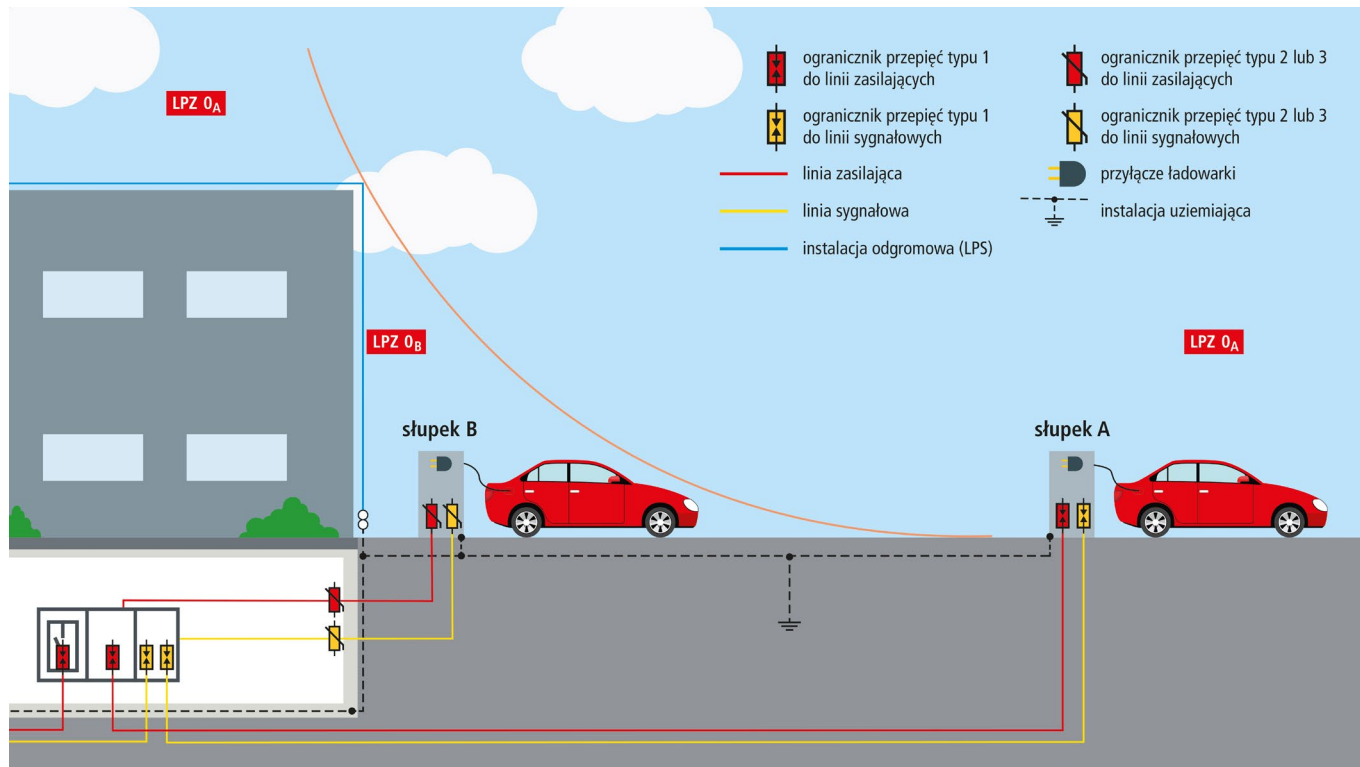


6.2. Stacja ładowania zasilana z rozdzielnic głównej lub pośredniej w budynku

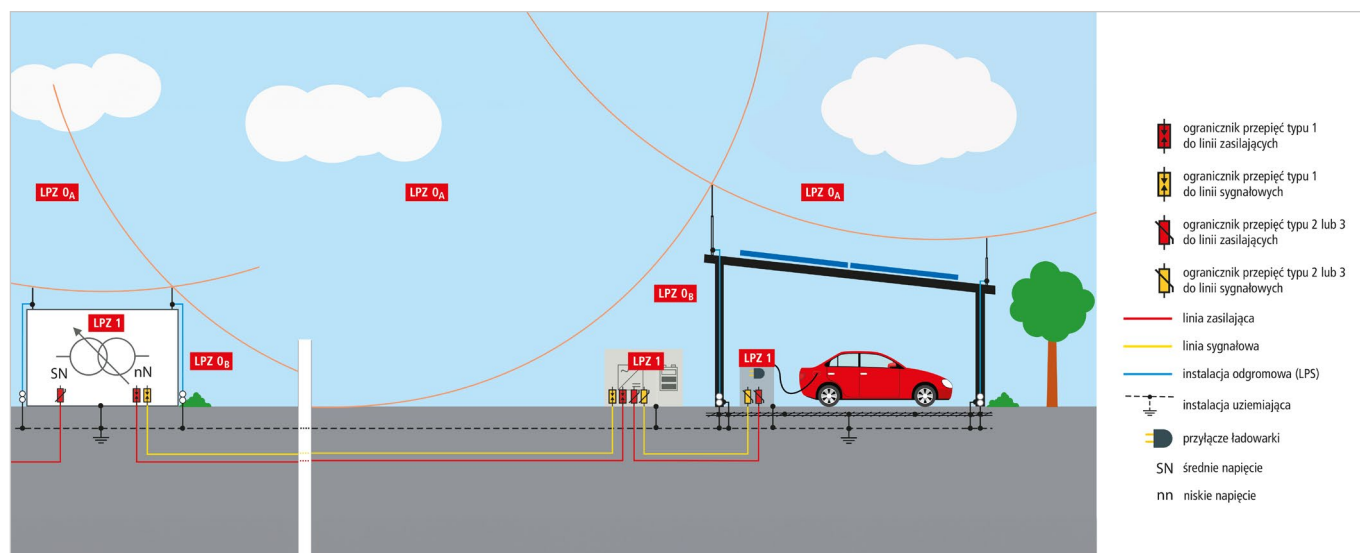




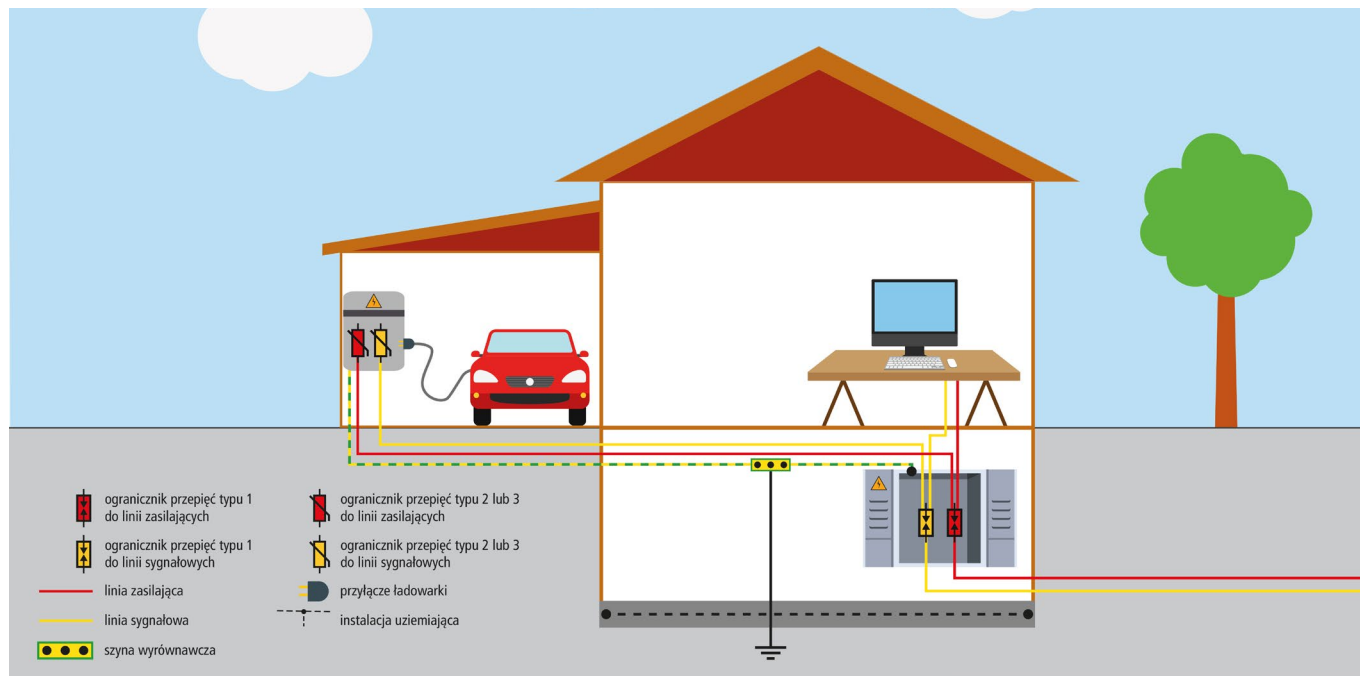
6.3. Stacja ładowania zlokalizowana na zewnątrz – wolnostojąca w otwartej przestrzeni



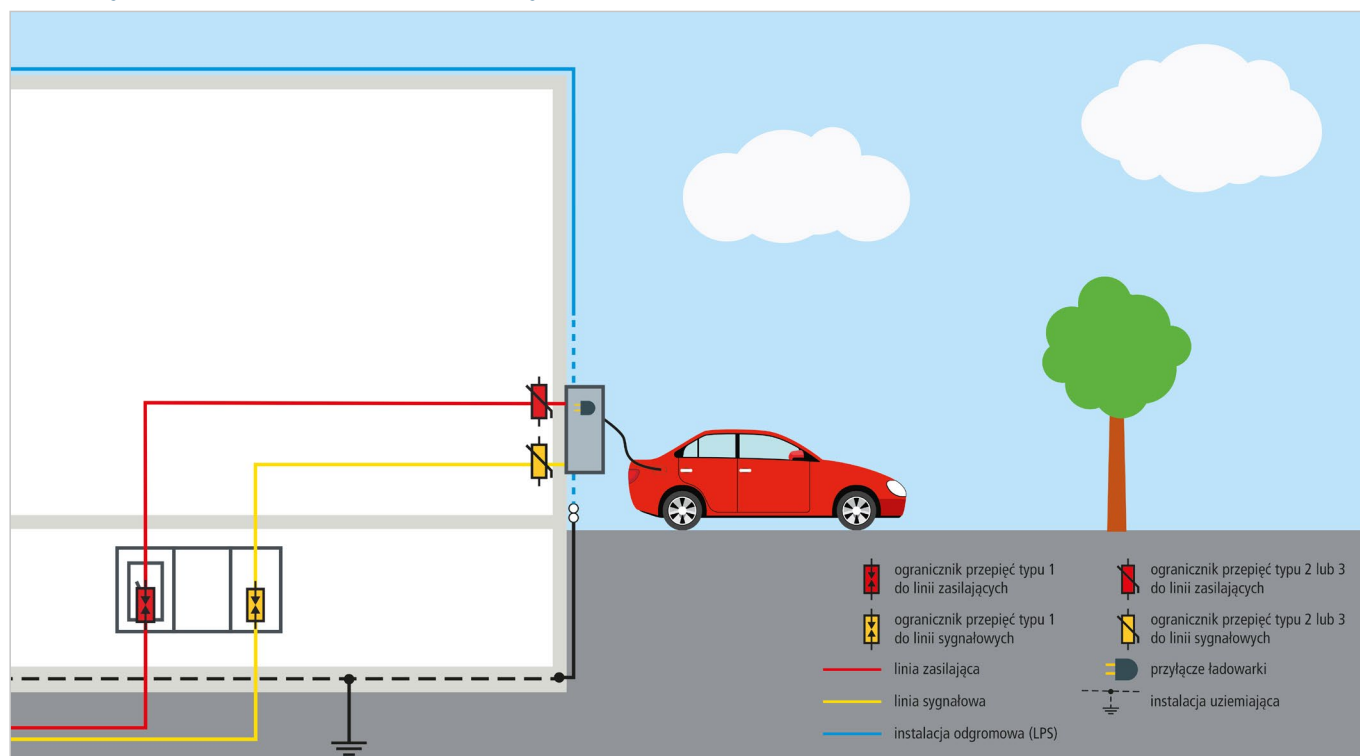
6.4. Stacja ładowania zlokalizowana na zewnątrz – pod wiatą

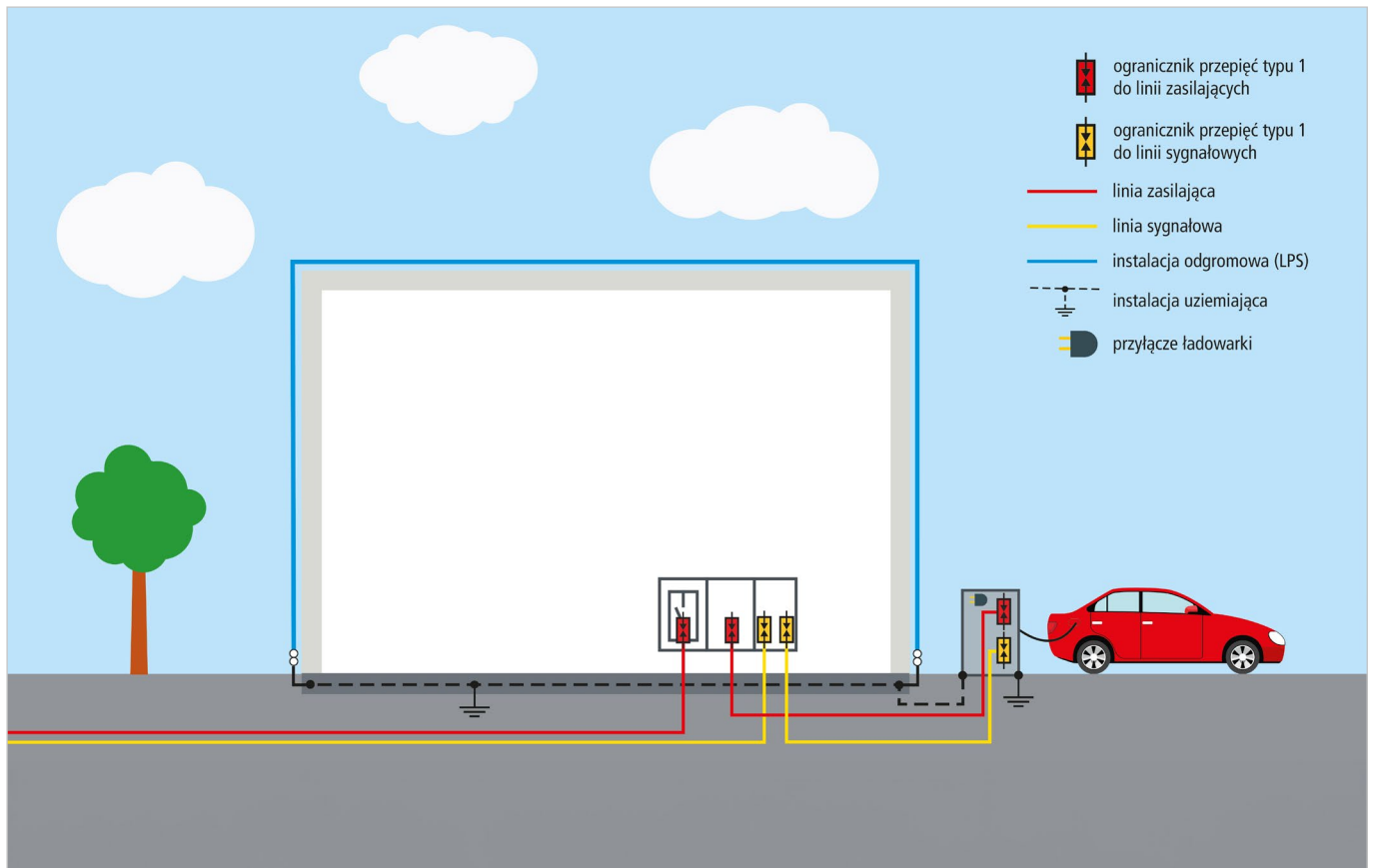


6.5. Stacja ładowania zlokalizowana wewnątrz – w garażu

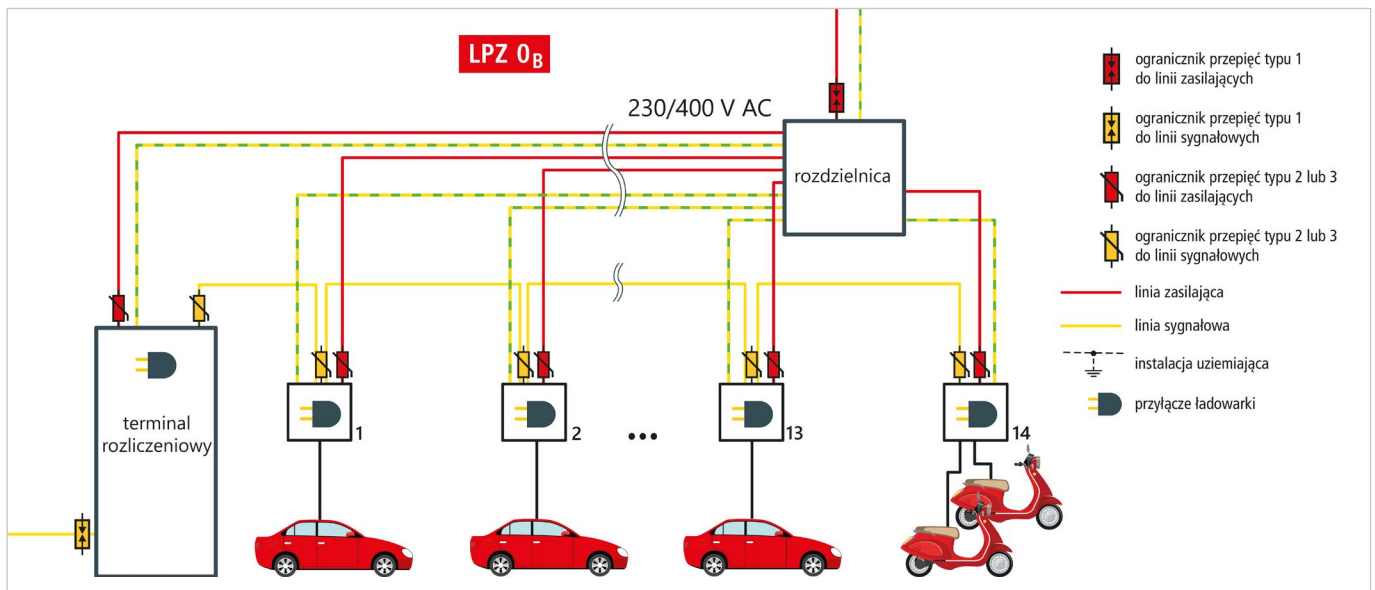


6.6. Stacja ładowania naścienna lub wolnostojąca



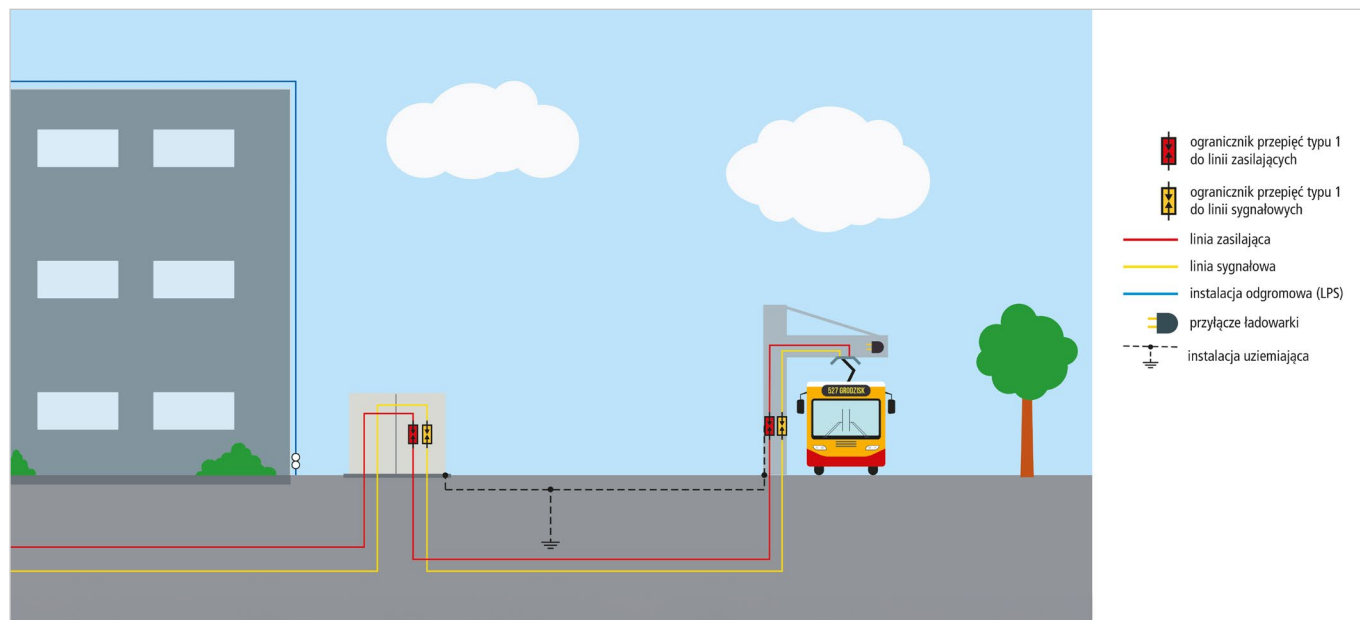


6.7 Huby stacji ładowania (inwestycje dużej skali)

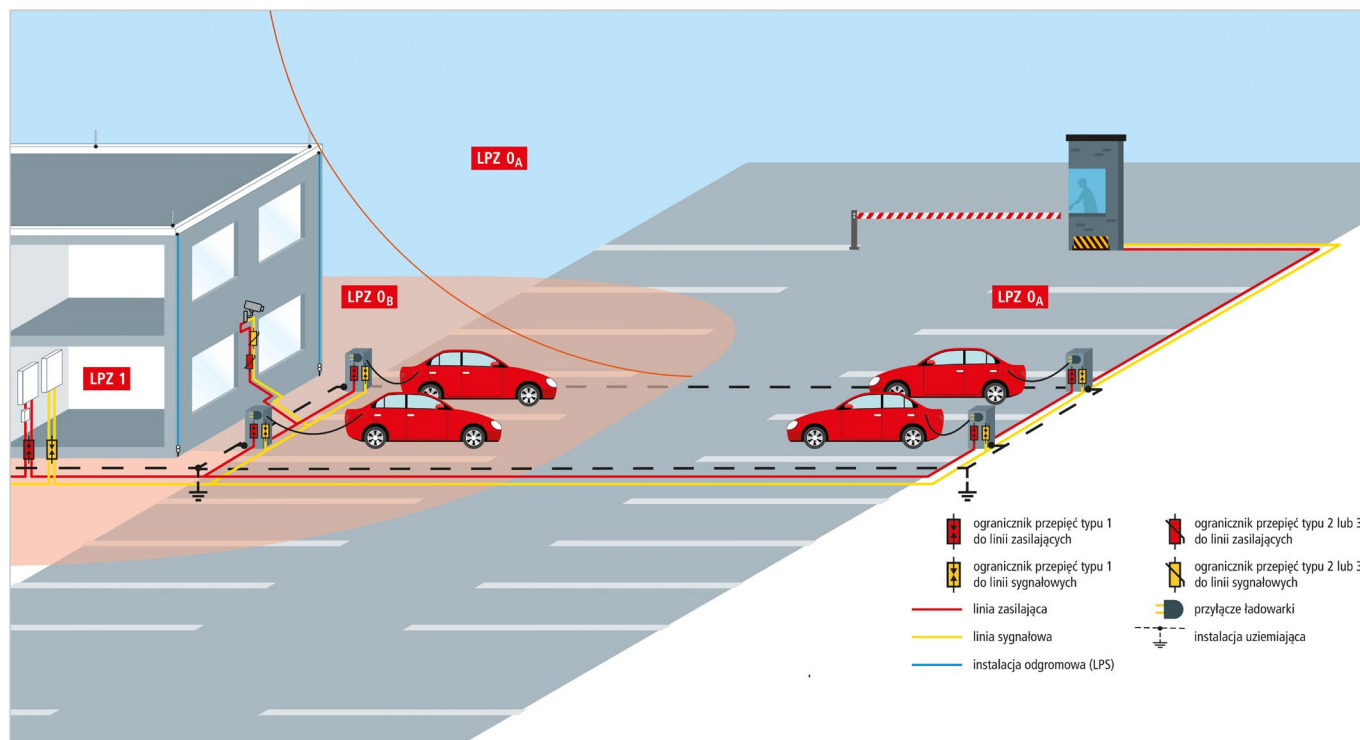




6.8. Pantograpy (zajezdnie autobusowe)



6.9. Baza ładowania przy budynku usługowo-handlowym





7. Dodatek

7.1. Dobre praktyki i rekomendacje dla projektantów, wykonawców i zarządców budynków wyposażonych w infrastrukturę ładowania pojazdów elektrycznych

- a) Przeprowadzenie analizy ryzyka szkód i strat wywołanych przez wyładowania piorunowe oraz wybranie odpowiedniego poziomu ochrony projektowanej stacji ładowania pojazdów, tj. kompleksowa analiza zgodnie z normą PN-EN 62305-2.
- b) Wybór urządzeń, stacji i punktów ładowania, zabezpieczeń, ograniczników przepięć posiadających deklarację zgodności, o której mowa w art. 5 pkt 10 ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. z 2019 r. poz. 155), w myśl której powinny spełniać wymagania stosownych norm.
- c) Weryfikacja certyfikatów jakości ograniczników przepięć pochodzących od akredytowanych w Unii Europejskiej jednostek certyfikujących – na zgodność z obowiązującymi normami, tj. PN-EN 61643-11, PN-EN 61643-21.
- d) Konieczność instalacji ograniczników przepięć na granicach stref LPZ stosownie do wymagań przedmiotowych norm.
- e) Na granicy strefy LPZ0 i LPZ1 konieczność instalacji iskiernikowego ogranicznika przepięć na każdą fazę nie mniej niż $I_{limp} = 12,5 \text{ kA}$ / fazę. Na granicy strefy LPZ0 i LPZ1 nie jest zalecane stosowanie ograniczników przepięć opartych na technologii warystorowej*.
- f) Na granicach stref LPZ na wejściach/wyjściach kabli komunikacyjnych stacji ładowania konieczność stosowania dedykowanych ograniczników przepięć.
- g) Zabronione jest wykorzystywanie ograniczników tzw. B + C. Nie są one zgodne z wymaganiami normy PN-EN 61643-11.
- h) Ograniczniki przepięć należy dobezpieczać zgodnie z wymaganiami producentów.
- i) Należy dokonać weryfikacji systemu ochrony odgromowej i odstępów separacyjnych w pobliżu stacji ładowania pojazdów elektrycznych.
- j) Nie jest zalecane zmienianie rodzaju urządzeń podczas realizacji inwestycji. Konieczna jest kontrola, czy nie zmieniono urządzeń na odpowiedniki niezgodne z wymaganiami norm i projektem.
- k) Zaleca się weryfikację powykonawczą nowo wybudowanej stacji ładowania pojazdów elektrycznych.
- l) Samodzielne instalowanie stacji i punktów ładowania pojazdów elektrycznych bez sporządzenia odpowiedniej dokumentacji jest zabronione.
- m) Każdorazowa instalacja stacji i punktu ładowania pojazdów elektrycznych wymaga sprawdzenia, czy został sporządzony projekt i dobrane wymagane zabezpieczenia, w tym przeciwzwarceniowe i przeciwprzepięciowe.
- n) Wymagana jest okresowa kontrola stanu instalacji elektrycznych, odgromowych i przeciwprzepięciowych. W szczególności należy zwrócić uwagę, czy nie doszło do aktu wandalizmu, korozji, uszkodzenia ogranicznika przepięć.

* „Stosowanie technologii warystorowej nie jest zalecane z uwagi na ich małą odporność na oddziaływanie częściowych prądów piorunowych i przenoszonych przez nie ładunków elektrycznych” – pkt 5.4.3.1.1 Iet-120 [24].

7.2. Najczęściej popełniane błędy w obszarze ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej w infrastrukturze ładowania pojazdów elektrycznych

- a) Brak projektu instalacji elektrycznej dla nowo budowanego punktu/stacji ładowania pojazdów elektrycznych.
- b) Brak schematu zasilania urządzenia. Powinno być wskazane wyposażenie punktu ładowania: rodzaje złącz, moc znamionowa poszczególnych punktów ładowania, łączne zapotrzebowanie stacji ładowania na moc, wielkość i typ zabezpieczeń oraz rodzaj przewodów zasilających.
- c) Brak jakiegokolwiek ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej. Dołożenie stacji lub punktu ładowania bez analizy konieczności modyfikacji systemu ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej obiektu. Brak analizy ryzyka strat wynikających z normy PN-EN 62305-2 dot. ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej.
- d) Brak wymaganych przeglądów okresowych.
- e) Brak zewnętrznej ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej w infrastrukturze stojącej na otwartym terenie, np.: w MOP-ach, na terenach przyległych do stacji paliw, na otwartych parkingach, w sąsiedztwie już wybudowanych budynków.
- f) Umieszczanie stacji/punktów ładowania pojazdów elektrycznych w garażach podziemnych bez instalacji dedykowanych ograniczników przepięć.
- g) Brak ograniczników przepięć typu I zgodnych z PN-EN 61643-11 [25] na granicy strefy LPZ0 i LPZ1*.
- h) Brak ograniczników przepięć typu II zgodnych z PN-EN 61643-11 [25] na granicy strefy LPZ1 i LPZ2.
- i) Stosowanie ograniczników przepięć oznaczanych jako „B + C”. Nie są one zgodne z wymaganiami normy PN-EN 61643-11 [25].
- j) Brak ograniczników przepięć w torach sygnałowych / łączach telekomunikacyjnych stacji lub punktu ładowania zgodnych z PN-EN 61643-21 [26].
- k) Brak ochrony przeciwprzepięciowej skoordynowanej energetycznie z urządzeniem końcowym zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 62305-4 pkt C.3.4 i przywołanej w tym punkcie normy IEC 61643-12 i/lub IEC 61643-22. Ryzykujemy uszkodzenie stacji lub punktu ładowania wskutek przepięć pomimo zastosowania ogranicznika przepięć.
- l) Brak deklaracji zgodności stacji lub punktu ładowania, o której mowa w art. 5 pkt 10 ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. z 2019 r. poz. 155).
- m) Stosowanie stacji i punktów ładowania pojazdów elektrycznych („ładowarek”) niebadanych w Unii Europejskiej zgodnie z obowiązującym systemem oceny zgodności.
- n) Stosowanie ograniczników przepięć niebadanych w Unii Europejskiej zgodnie z obowiązującym systemem oceny zgodności.
- o) Stosowanie aktywnej ochrony odgromowej lub innych metod zmniejszających liczbę zwodów pionowych jest nie zgodne z wymaganiami obowiązujących w Polsce norm z serii PN-EN 62305.

* „Stosowanie technologii warystorowej nie jest zalecane z uwagi na ich małą odporność na oddziaływanie częściowych prądów piorunowych i przenoszonych przez nie ładunków elektrycznych” – pkt 5.4.3.1.1 Iet-120 [24].

eUDT

PORTAL INTERNETOWY
Urzędu Dozoru Technicznego

Załącz konto na portalu eUDT.

Wypełnij formularz rejestracyjny
dostępny na <https://eudt.gov.pl/>
i korzystaj z usług oferowanych przez

UDT on-line!



- Wygodny i szybki dostęp do informacji o Twoich urządzeniach, terminach badań i rozliczeniach finansowych z UDT
- Darmowy dostęp do portalu 24/7/365
- Łatwe i proste śledzenie zdarzeń związanych z Twoimi urządzeniami
- Możliwość ustawienia własnego kalendarza wydarzeń oraz alertów
- Możliwość wyświetlania i pobierania dokumentów UDT
- Elektroniczna korespondencja z UDT, więcej spraw, które załatwisz on-line
- Decyzje i protokoły w formie elektronicznej
- Płatności on-line



W razie dodatkowych pytań skontaktuj się z Infolinią UDT pod numerem 22 57 22 100.