

Ogólne zasady ochrony odgromowej budynków

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

1. Skutki wyładowania piorunowego w obiekt budowlany

Wyładowania piorunowe mogą powodować uszkodzenie obiektu budowlanego, zagrażać życiu i zdrowiu przebywających w nim ludzi, a także powodować uszkodzenie jego wyposażenia, w tym urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Uszkodzenia mogą również rozszerzać się na otoczenie obiektu. Główne właściwości obiektów ze względu na skutki oddziaływania wyładowania piorunowego odnoszą się do: materiałów użytych do budowy, przeznaczenia, wyposażenia, przyłączonych linii i rurociągów, zastosowanych środków ochrony, możliwości ewakuacji.

Wyładowania piorunowe w obiekt mogą spowodować:

- bezpośrednie uszkodzenia mechaniczne,
- pożar lub wybuch,
- porażenie ludzi napięciami krokowymi i dotykowymi,
- uszkodzenie lub wadliwe działanie urządzeń.

Wyładowania do linii i rurociągów przyłączonych do obiektu mogą spowodować:

- pożar lub wybuch jako skutek wyładowań iskrowych spowodowanych przepięciami,
- porażenie ludzi napięciami dotykowymi,
- uszkodzenie lub wadliwe działanie urządzeń wskutek przepięć przenoszonych przez linie.

Wyładowania w pobliżu obiektu lub przyłączonych do niego linii lub rurociągów mogą spowodować:

- uszkodzenie lub wadliwe działanie urządzeń w obiekcie wskutek przepięć indukowanych w nich samych, jak i w przyłączonych liniach i przenoszonych do obiektu.

W efekcie, piorun może spowodować trzy podstawowe typy uszkodzeń:

- porażenie istot żywych wskutek napięć krokowych i dotykowych,
- uszkodzenie fizyczne pod wpływem prądu piorunowego i przeskoków iskier (pożar, wybuch, uszkodzenie mechaniczne, uwolnienie chemikaliów),
- uszkodzenie zainstalowanych w obiekcie urządzeń przez zaburzenia elektromagnetyczne.

Każdy typ szkody, indywidualnie lub razem z innymi, może powodować w obiekcie budowlanym różne straty pośrednie. Określa się następujące typy strat:

- utrata życia ludzkiego lub trwałe kalectwo,
- utrata mediów (energia elektryczna, gaz, woda, łączność, sygnał RTV),
- utrata dziedzictwa kulturalnego,
- utrata dóbr ekonomicznych.

Trzy pierwsze typy strat mogą być rozważane jako straty natury społecznej, a ostatnia jako straty czysto ekonomiczne.

2. Potrzeba ochrony odgromowej i stosowane środki

Potrzeba ochrony odgromowej obiektu w celu zmniejszenia strat natury społecznej podlega oszacowaniu. Dla ustalenia potrzeby ochrony odgromowej obiektu należy dokonać oceny ryzyka wg procedur zawartych w PN-EN 62305-2. Należy wziąć pod uwagę:

- ryzyko utraty życia ludzkiego lub trwałego kalectwa,
- ryzyko utraty dostawy mediów,
- ryzyko utraty dziedzictwa kulturalnego.

Ochrona odgromowa jest potrzebna, jeżeli ryzyko jest większe niż jego tolerowany poziom. Analizę ryzyka należy przeprowadzić dla każdego typu strat. Tam, gdzie piorun mógłby powodować straty natury społecznej, tam wartości tolerowanego ryzyka powinny być ustalone przez kompetentną instytucję.

Oprócz ustalenia potrzeby stosowania ochrony odgromowej obiektu, może być przydatne określenie ekonomicznych korzyści ze stosowania środków ochrony w celu zmniejszenia strat materialnych. W takim przypadku należy oszacować ryzyko utraty dóbr ekonomicznych. Pozwoli to ocenić koszty strat materialnych z uwzględnieniem i bez uwzględnienia określonych środków ochrony odgromowej.

Środki ochrony przed porażeniem istot żywych prądem elektrycznym, którego źródłem są napięcia dotykowe i krokowe:

- odpowiednia izolacja dostępnych części przewodzących,
- ekwipotencjalizacja za pomocą uziomu kratowego,
- połączenia wyrównawcze,
- fizyczne ograniczenia i napisy ostrzegawcze.

Ekwipotencjalizacja oraz zwiększenie rezystywności powierzchniowej gruntu wewnątrz i na zewnątrz obiektu może zmniejszyć zagrożenie utraty życia.

Środki ochrony przed szkodami fizycznymi:

- zwody odgromowe,
- przewody odprowadzające,
- uziomy,
- połączenia wyrównawcze,
- odstępy izolacyjne od zewnętrznego urządzenia piorunochronnego (LPS).

W obiektach z zainstalowanym LPS, bardzo ważnym środkiem ograniczenia zagrożenia pożarowego i wybuchowego oraz zagrożenia utraty życia jest ekwipotencjalizacja. Środki ograniczające powstawanie i rozprzestrzenianie się pożarów takie, jak: ognioodporne pomieszczenia, gaśnice, hydranty, alarmy pożarowe i instalacje gaśnicze, mogą zmniejszyć szkody fizyczne.

Do środków ochrony służących do ograniczenia uszkodzeń urządzeń elektrycznych i elektronicznych, stosowanych indywidualnie lub wspólnie, należą:

- uziemienia i połączenia wyrównawcze,
- ekranowanie magnetyczne,
- trasowanie linii,
- odstępy izolacyjne,
- system skoordynowanych urządzeń ochrony przeciwprzebiegowej (SPD).

Wybór najbardziej właściwych środków ochrony powinien być dokonywany przez projektanta i właściciela obiektu, stosownie do każdego rodzaju szkody, przy uwzględnieniu technicznych i ekonomicznych aspektów różnych środków ochrony oraz wyników oceny ryzyka.

3. Poziom i strefy ochrony odgromowej

Norma PN-EN 62305 wprowadza cztery poziomy ochrony odgromowej (LPL). Dla każdego LPL ustala zestaw maksymalnych i minimalnych parametrów prądu pioruna. Maksymalne wartości tych parametrów, odnoszące się do poziomu LPL I, nie będą przekroczone z prawdopodobieństwem 99 %. Maksymalne wartości parametrów prądu pioruna, odnoszące się do poziomu LPL I są zredukowane do 75 % dla poziomu LPL II i do 50 % dla poziomów LPL III i LPL IV. Parametry czasu pozostają niezmiennione. Maksymalne wartości parametrów prądu pioruna dla różnych poziomów ochrony, podane w tablicy 1, mają zastosowanie w projektowaniu elementów i urządzeń ochrony odgromowej.

Tablica 1. Maksymalne wartości parametrów pioruna powiązanych z LPL

Pierwszy udar dodatni			LPL			
Parametry prądu	Symbol	Jednostka	I	II	III	IV
Wartość szczytowa	I	kA	200	150	100	
Ładunek udaru krótkiego	Q_{SHORT}	C	100	75	50	
Energia właściwa	W/R	MJ/ Ω	10	5,6	2,5	
Parametry czasu	T_1/T_2	$\mu s/\mu s$	10 / 350			
Pierwszy udar ujemny			LPL			
Parametry prądu	Symbol	Jednostka	I	II	III	IV
Wartość szczytowa	I	kA	100	75	50	
Średnia stromość	di/dt	kA/ μs	100	75	50	
Parametry czasu	T_1/T_2	$\mu s/\mu s$	1 / 200			
Kolejny udar			LPL			
Parametry prądu	Symbol	Jednostka	I	II	III	IV
Wartość szczytowa	I	kA	50	37,5	25	
Średnia stromość	di/dt	kA/ μs	200	150	100	
Parametry czasu	T_1/T_2	$\mu s/\mu s$	0,25 / 100			
Udar długi			LPL			
Parametry prądu	Symbol	Jednostka	I	II	III	IV
Ładunek udaru długiego	Q_{LONG}	C	200	150	100	
Parametry czasu	T_{LONG}	s	0,5			
Wyładowanie piorunowe			LPL			
Parametry prądu	Symbol	Jednostka	I	II	III	IV
Ładunek wyładowania	Q_{FLASH}	C	300	225	150	

Minimalne wartości szczytowe prądu pioruna dla różnych LPL mają zastosowanie przy wyznaczaniu promienia toczonej się kuli dla określenia strefy ochrony odgromowej LPZ 0_B , do której nie może przedostawać się piorun (rys. 1). Minimalne wartości parametrów prądu pioruna w powiązaniu z promieniem toczonej się kuli zamieszczono w tablicy 2. Mają one zastosowanie przy wyznaczaniu rozmieszczenia zwodów odgromowych.

Na podstawie podanych w PN-EN 62305-1 rozkładów statystycznych można określić ważne prawdopodobieństwo tego, że parametry prądu pioruna są mniejsze niż wartości maksymalne oraz, oddzielnie, że są większe niż wartości minimalne, wyznaczone dla każdego poziomu ochrony odgromowej (tablica 3).

Tablica 2. Minimalne wartości szczytowe prądu pioruna i odpowiadający im promień toczonej się kuli w powiązaniu z LPL

Kryteria przechwytywania			LPL			
	Symbol	Jednostka	I	II	III	IV
Minimalny prąd szczytowy	I	kA	3	5	10	16
Promień toczonej się kuli	r	m	20	30	45	60

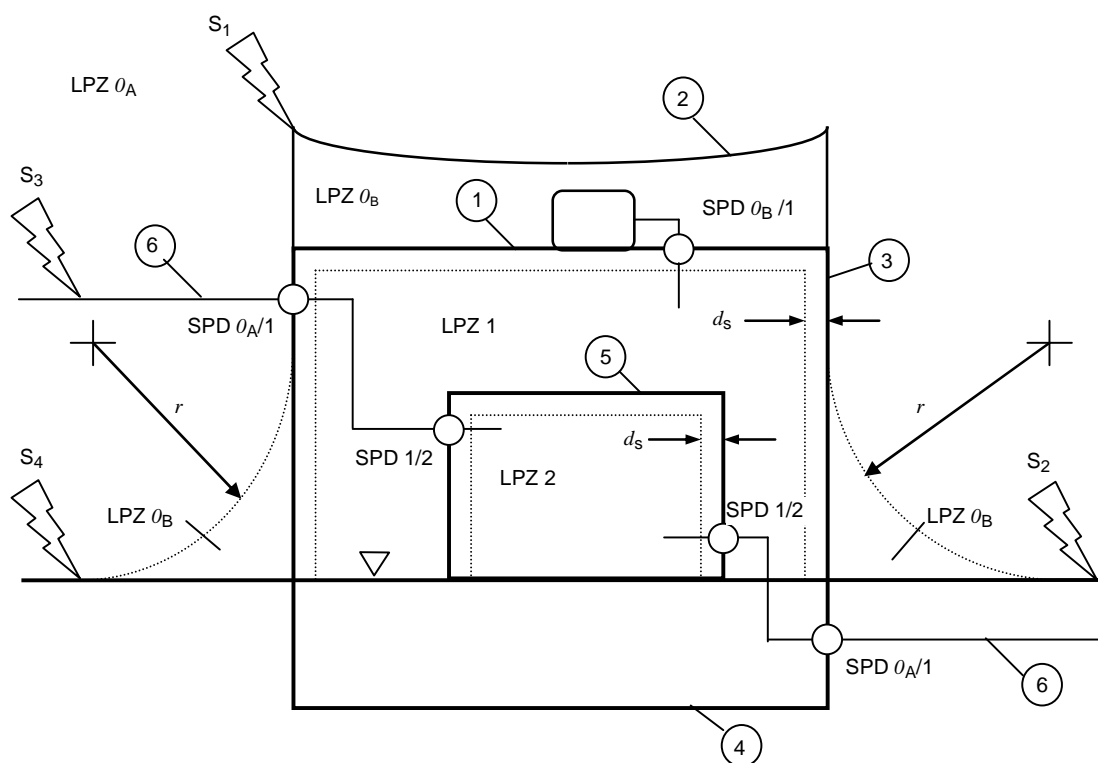
Tablica 3. Prawdopodobieństwo dla granic parametrów prądu pioruna

Prawdopodobieństwo, że parametry prądu pioruna	LPL			
	I	II	III	IV
są mniejsze niż maksymalne wartości wg Tablicy 1	0,99	0,98	0,97	0,97
są większe niż minimalne wartości wg Tablicy 2	0,99	0,97	0,91	0,84

Środki ochrony odgromowej określone w PN-EN 62305-3 i PN-EN 62305-4 są skuteczne w przypadku piorunów, których parametry prądowe mieszczą się w zakresie określonym przez przyjęte do projektowania poziomy LPL. Dlatego zakłada się, że skuteczność środka ochrony jest równa prawdopodobieństwu, z jakim parametry prądu pioruna mieszczą się w takim zakresie.

Środki ochrony, takie jak: LPS, przewody osłonowe, ekrany magnetyczne i SPD, określają strefy ochrony odgromowej (LPZ). Strefy ochrony zlokalizowane bliżej środka obiektu charakteryzują się większą redukcją piorunowych zaburzeń elektromagnetycznych. Z uwagi na zagrożenie piorunowe zostały określone następujące strefy LPZ (rys. 1):

- LPZ 0_A - strefa, w której występuje bezpośrednie zagrożenie wyładowaniem piorunowym i całkowitym generowanym przez niego polem elektromagnetycznym,
- LPZ 0_B - strefa chroniona przed bezpośrednimi wyładowaniami piorunowymi, ale zagrożona oddziaływaniem całkowitego piorunowego pola elektromagnetycznego,
- LPZ 1 - strefa, w której prąd udarowy jest ograniczony przez jego podział i przez SPD na jej granicy, osłabione jest także piorunowe pole elektromagnetyczne przez ekranowanie przestrzeni wewnątrz obiektu,
- LPZ 2, ..., n - strefa, w której prąd udarowy jest jeszcze bardziej ograniczony przez jego podział i SPD, mocniej osłabione jest także piorunowe pole elektromagnetyczne przez dodatkowe ekranowanie wewnętrznej przestrzeni strefy.



Rys. 1. Strefy ochrony odgromowej (LPZ) obiektu budowlanego; 1 - obiekt (ekran LPZ 1), 2 - zwód odgromowy, 3 - przewód odprowadzający, 4 - uziom, 5 - pomieszczenie (ekran LPZ 2), 6 - linie przyłączone do obiektu, r - promień toczącej się kuli, d_s - bezpieczny odstęp od silnego pola magnetycznego, ∇ - poziom gruntu, O - piorunowe połączenie wyrównawcze za pomocą SPD, S_1 - wyładowanie w obiekt, S_2 - wyładowanie obok obiektu, S_3 - wyładowanie do linii przyłączonej do obiektu, S_4 - wyładowanie obok linii przyłączonej do obiektu, LPZ 0_A , LPZ 0_B , LPZ 1, LPZ 2 - strefy ochrony - definicje w tekście.

Ogólną zasadą ochrony jest, aby poddawane ochronie urządzenie znajdowało się w LPZ, której elektromagnetyczne właściwości są kompatybilne ze zdolnością urządzenia do wytrzymywania napiężeń.

4. Ochrona obiektów budowlanych w celu redukcji szkody fizycznej i zagrożenia życia

Urządzenie poddawane ochronie powinno znajdować się wewnątrz strefy LPZ 0_B lub wyższej. Ochronę zapewnia urządzenie piorunochronne (LPS). LPS składa się zarówno z urządzenia zewnętrznego, jak i z urządzenia wewnętrznego (rys. 1). Zadaniem zewnętrznego LPS jest przejście wyładowania piorunowego skierowanego do obiektu i odprowadzenie jego prądu do ziemi. Zadaniem wewnętrznego LPS jest zapobieganie niebezpiecznemu iskrzeniu w obiekcie, przez połączenia wyrównawcze, albo odstęp izolacyjny s pomiędzy elementami LPS a elementami przewodzącymi wewnątrz obiektu.

Określono cztery klasy LPS (I, II, III, IV), przez ustalenie zbiorów cech konstrukcyjnych, opartych na odpowiadających im poziomach LPL. Każdy zbiór cech obejmuje parametry i dane konstrukcyjne zależne od poziomu ochrony (np. promień toczącej się kuli, odstęp między zwodami) i niezależne od poziomu ochrony (np. przekroje, materiały).

Tam, gdzie powierzchniowa rezystywność gruntu na zewnątrz i podłogi wewnątrz obiektu nie jest dostatecznie wysoka, tam zagrożenie życia napięciem dotykowym i krokowym jest zmniejszane:

- na zewnątrz obiektu, przez izolowanie dostępnych części przewodzących, wyrównanie potencjału gruntu za pomocą uziomu kratowego, stosowanie napisów ostrzegawczych i fizycznych ograniczeń;
- wewnątrz obiektu, przez połączenia wyrównawcze linii i rurociągów na wejściu do obiektu.

5. Ochrona w celu zmniejszenia uszkodzeń urządzeń wewnątrz obiektu

Ochrona przed zaburzeniami elektromagnetycznymi, w celu zmniejszenia ryzyka awarii urządzeń wewnętrznych, powinna ograniczać:

- przepięcia powodowane wyładowaniami piorunowymi w obiekt,
- przepięcia powodowane wyładowaniami piorunowymi obok obiektu,
- przepięcia przenoszone przez przyłączone do obiektu linie, w czasie wyładowania do tych linii lub w ich pobliżu,
- bezpośrednie sprzężenia polowe zaburzeń elektromagnetycznych z urządzeniami w obiekcie budowlanym.

Urządzenia poddawane ochronie powinny być umieszczane w strefie LPZ 1 lub o wyższym numerze. Ograniczenie piorunowych zaburzeń polowych w tych strefach uzyskuje się za pomocą ekranów elektromagnetycznych oraz wyboru takich tras przewodów, żeby nie tworzyły pętli. Na granicach LPZ, elementy i urządzenia metalowe przekraczające te granice powinny być połączone. Połączenia mogą być wykonane za pomocą przewodów wyrównawczych lub, jeżeli to konieczne, za pomocą urządzeń do ograniczania przepięć (SPD).

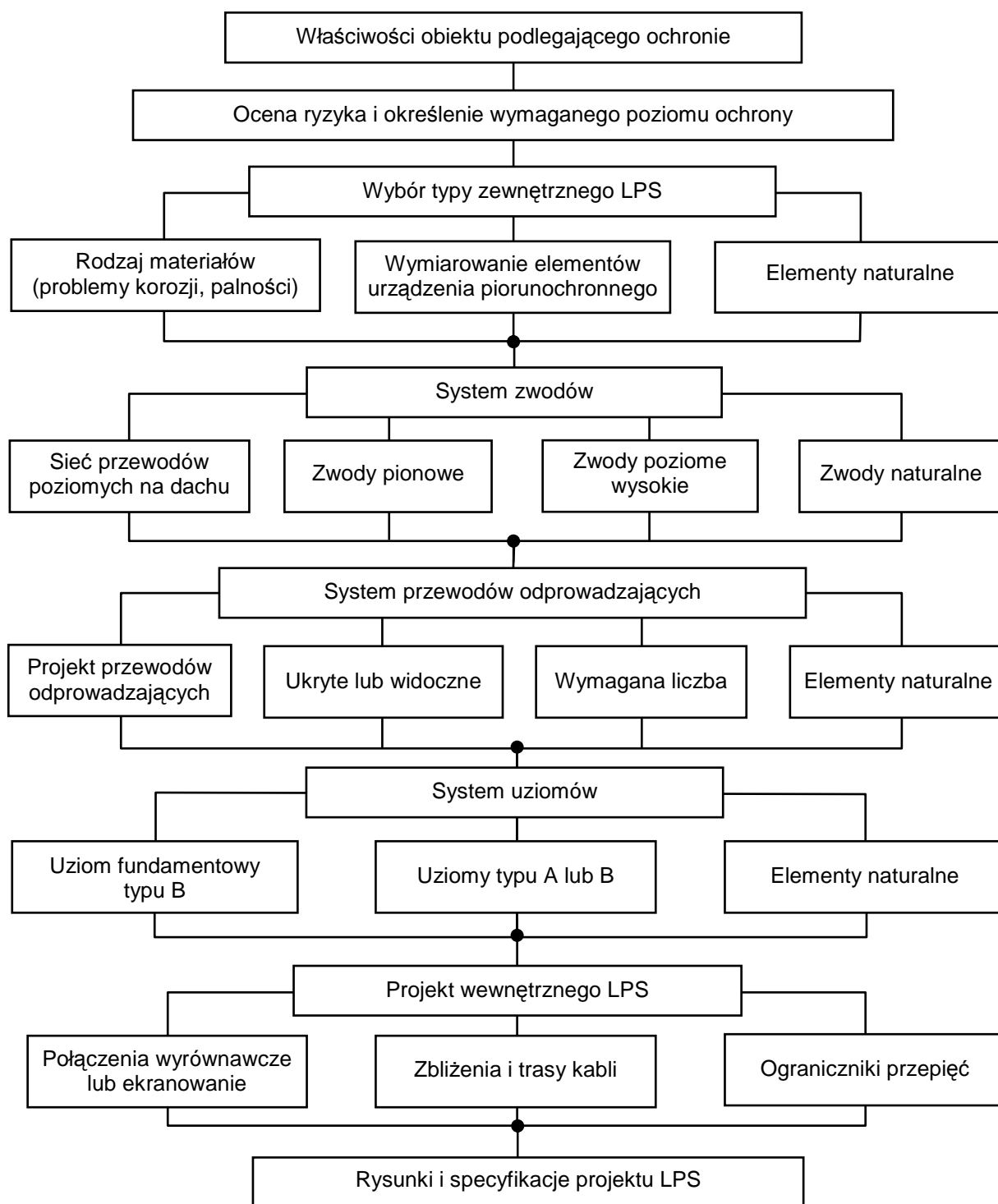
Skuteczna ochrona od przepięć, powodujących awarie urządzeń wewnątrz obiektu, może być również uzyskana za pomocą skoordynowanych SPD, ograniczających napięcia do wartości mniejszej od znamionowej wytrzymałości udarowej chronionego urządzenia.

6. Projektowanie i budowa urządzeń piorunochronnych

Przed rozpoczęciem projektowania ochrony odgromowej, projektant powinien:

- zebrać informacje dotyczące funkcji, ogólnego planu, konstrukcji i lokalizacji obiektu,
- zbadać, czy ochrona obiektu za pomocą LPS jest zasadna, na podstawie podanej w IEC 62305-2 procedury szacowania ryzyka.

Działania wszystkich osób zaangażowanych w proces budowy LPS powinny być skoordynowane. Założony poziom ochrony powinien być uzyskany przy minimalnych kosztach i możliwie małym nakładzie pracy. Zarządzanie realizacją procesu budowy LPS powinno, przede wszystkim, uwzględniać przestrzeganie ustalonej kolejności działań. Przedstawiony schemat blokowy może być pomocny do racjonalnego zaprojektowania urządzenia piorunochronnego.



Rys. 2. Schemat blokowy projektowania urządzenia piorunochronnego

Zapewnienie jakości:

- na etapie projektowania, przez staranne opracowanie dokumentacji i uzyskanie jej akceptacji,
- na etapie budowy urządzenia piorunochronnego, przez systematyczną kontrolę części LPS, których nie można sprawdzić po zakończeniu robót,
- na etapie odbioru, przez właściwe przeprowadzanie końcowych prób LPS i uzupełnianie dokumentacji,
- w całym okresie funkcjonowania LPS, przez badania okresowe wykonywane zgodnie z programem eksploatacji.

Konsultacje

Budowa LPS równoległe z budową obiektu

Regularne konsultacje projektanta i wykonawcy urządzenia piorunochronnego z osobami odpowiedzialnymi za budowę obiektu i poszczególnych instalacji oraz za uregulowania dotyczące jego użytkowania.

Konsultacje są ważne we wszystkich fazach budowy obiektu, ze względu na możliwe modyfikacje urządzenia piorunochronnego wskutek zmian w projekcie obiektu.

Budowa LPS w istniejącym obiekcie

Konsultacje, w miarę możliwości, z osobami odpowiedzialnymi za obiekt, jego użytkowanie, instalacje i przyłącza. Szczególne obszary odpowiedzialności za całą instalację LPS powinny być określone przez jej projektanta w kontakcie z:

- architektem,
- wykonawcą obiektu,
- wykonawcą LPS,
- instalatorem wyposażenia technicznego obiektu,
- dostawcami mediów,
- instalatorami urządzeń elektrycznych i elektronicznych,
- strażą pożarną,

oraz, w razie potrzeby, z przedstawicielem instytucji odpowiedzialnej za ochronę zabytków.

Projekt elektryczny LPS

Projektant powinien:

- wybrać właściwy typ LPS, kierując się skutecznością jego działania oraz uwzględniając cechy architektoniczne obiektu,
- wykonać badania rezystywności gruntu i uwzględnić jej zmiany sezonowe.
- rozważyć przydatność części przewodzących obiektu jako naturalnych elementów LPS,
- ocenić elektryczne i fizyczne właściwości naturalnych składników LPS i upewnić się, czy odpowiadają minimalnym wymaganiom PN-EN 62305.
- wykorzystać metalowe zbrojenia jako przewody ochrony odgromowej.

Pręty stalowego zbrojenia betonu mogą być użyte jako:

- przewody LPS,
- ekranowanie pola elektromagnetycznego generowane przez prąd pioruna płynący w izolowanym LPS.

Projekt mechaniczny

Projektant ochrony odgromowej powinien:

- skonsultować się z osobami odpowiedzialnymi za projekt mechaniczny obiektu (szczególnie ważne są względy estetyczne oraz prawidłowy wybór materiałów w celu ograniczenia ryzyka korozji),
- zidentyfikować wszystkie obszary możliwego występowania korozji i określić właściwe środki ograniczające to zjawisko,
- przewidzieć wzrost temperatury przewodów LPS w warunkach wyładowania i, w razie potrzeby, zwiększyć ich przekroje, zastosować wsporniki dystansowe lub warstwy odporne na zapalenie.
- sporządzić (razem z wykonawcą LPS) wykaz uchwytów i łączników przewodów, wytrzymujących siły elektrodynamiczne od prądów pioruna i umożliwiających rozciąganie i kurczenie się przewodów wskutek zmian temperatury.