

Listopad 2003

Instrukcja budowy i eksploatacji obiektów radiokomunikacyjnych

w przedsiębiorstwach dystrybucji energii elektrycznej

Opracował zespół specjalistów



TELE-COM sp. z o. o. Poznań



Instytutu Technik Telekomunikacyjnych i Informatycznych w Poznaniu

Zespół autorów:

ze strony TELE-COM:

Janina Król

Jacek Jarzina

Henryk Paluszkiewicz

Jarosław Synowiec

Jarosław Szóstka

ze strony ITTI:

Henryk Gierszal

Jacek Zarębski

redakcja

Henryk Gierszal

Jacek Jarzina

Spis zawartości

Skróty stosowane w tekście	9
Wstęp	13
Preambuła	15
1. Informacje wstępne i podstawowe definicje	17
1.1. Przedmiot instrukcji.....	17
1.2. Zakres instrukcji.....	18
1.3. Przeznaczenie instrukcji.....	18
1.4. Definicje podstawowych pojęć.....	19
2. Rodzaje radiowych stacji bazowych	23
2.1. Funkcje radiowych stacji bazowych.....	23
2.2. Stacje przemiennikowe.....	25
2.3. Stacje przekaźnikowe (tzw. repeatery).....	26
2.4. Terminale stacjonarne.....	27
3. Elementy stacji i sieci	29
3.1. Anteny.....	30
3.2. Węzły centralne systemu.....	30
3.3. Stacje bazowe RBS.....	31
3.4. Połączenia między elementami systemu.....	31
3.5. Instalacja urządzeń komunikacyjnych.....	33
3.6. Urządzenia nadawcze — parametry techniczne.....	34
3.7. Urządzenia teletransmisyjne i instalacje pomocnicze — parametry techniczne.....	35
3.8. Połączenia kablowe urządzeń radiowych.....	41
3.9. Trasy kablowe.....	50
3.10. Linie kablowe dzierżawione i własne.....	50
3.11. Łącza radiowe (ŁR).....	52
3.12. Łącza światłowodowe.....	53
4. Zagadnienia specyficzne dla obiektów antenowych	59
4.1. Lokalizacja obiektów antenowych.....	59
4.2. Obiekty antenowe a zasięgi i zakłócenia.....	60
4.3. Rodzaje i krótka charakterystyka obiektów.....	62
4.4. Inni użytkownicy na terenie radiowej stacji bazowej.....	65
5. Lokalizacja elementów sieci w obiektach energetycznych	67
5.1. Lokalizacja urządzeń radiowych.....	67
5.2. Zasilanie energią elektryczną.....	72
5.3. Lokalizacja anten.....	73
5.4. Urządzenia wewnętrzne budynkowe.....	75
5.5. Urządzenia na zewnątrz budynków.....	88
5.6. Wymagania ogólne dotyczące pracowników.....	90

5.7. Sprzęt bhp, narzędzia, sprzęt i przyrządy pomiarowe oraz wyposażenie pierwszej pomocy	90
6. Warunki i wymagania techniczne montażu	91
6.1. Postanowienia ogólne – Ustawa Kodeks Pracy	91
6.2. Produkcja i składowanie konstrukcji	91
6.3. Montaż konstrukcji	92
6.4. Systemy zabezpieczenia przed upadkiem z wysokości	93
7. Przejmowanie obiektu do eksploatacji	95
7.1. Przedmiot odbiorów i sprawdzeń	95
7.2. Tryb ustalenia warunków i terminów odbiorów	96
7.3. Procedury odbiorowe	96
7.4. Kontrole i sprawdzenia	96
7.5. Zatwierdzenie protokołu odbioru	97
7.6. Procedura postępowania z dokumentacją techniczną	98
7.7. Książka obiektu budowlanego	99
7.8. Przyjęcie obiektu do eksploatacji i użytkowania	99
8. Przejmowanie urządzeń i wymagania eksploatacyjne	101
8.1. Zasady ogólne	101
8.2. Sprawdzenie drogi kablowej	102
8.3. Sprawdzenie kabli antenowych	102
8.4. Sprawdzenie anten rozsiewczych	103
8.5. Sprawdzenie anten linii radiowych	103
8.6. Sprawdzenie instalacji uziemiającej	104
8.7. Inne instalacje	107
8.8. Pomiar torów antenowych	107
8.9. Sprawdzenie pomieszczenia stacji	110
8.10. Przykłady niepoprawnych szczegółów instalacyjnych	110
9. Podstawowe zagadnienia prawne	119
9.1. Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym	119
9.2. Ustawa Prawo budowlane	120
9.3. Ustawa Prawo ochrony środowiska	124
9.4. Ustawa o Państwowej Inspekcji Sanitarnej	130
9.5. Ochrona pracy w świetle wymogów Państwowej Inspekcji Pracy	131
10. Zasady bhp i środowiskowe	133
10.1. Zasady ogólne	133
10.2. Natężenia pól magnetycznych i elektrycznych	133
10.3. Bhp przy budowie	135
10.4. Bhp przy pracy	136
10.5. Kwalifikacje pracowników nadzoru	138
10.6. Kwalifikacje monterów – instalatorów	139

11. Eksploatacja obiektów radiowych	141
11.1. Nadzór nad eksploatacją	141
11.2. Kontrole okresowe	142
11.3. Typowe prace eksploatacyjne	142
11.4. Zgromadzenie sił i środków	143
11.5. Naprawy i remonty.....	144
11.6. Szkolenie dla użytkowników radiotelefonów	145
11.7. Weryfikacja instalacji stacji bazowych, terminali stacjonarnych i samochodowych.....	145
11.8. Inwentaryzacja systemu.....	147
11.9. Kontrola wyposażenia zapasowego.....	148
11.10. Konserwacja sprzętu i urządzeń zewnętrznych	148
11.11. Kontrola zasilania i stanu instalacji elektrycznej	149
11.12. Ocena stanu ogólnego sieci RRL	150
11.13. Dzienniki.....	150
11.14. Podstawowe czynności utrzymania antenowych obiektów wysokościowych	152
11.15. Okresowe wykonywanie kopii zapasowych danych systemowych.....	154
12. Kolokacja różnych służb w obiekcie radiowym	155
12.1. Przyczyny zakłóceń kolokacyjnych.....	155
12.2. Intermodulacje	156
12.3. Wspólne użytkowanie jednego obiektu.....	161
13. Załączniki	163
I. Terminarz oględzin/przeglądów obiektów i instalacji	165
II. Schemat procedury dostępu do obiektu	167
III. Wzór karty dostępu do obiektu	168
IV. Wzór karty przeglądu technicznego	169
V. Wzór karty wyposażenia pomieszczenia technicznego.....	170
VI. Symbole znakowania stref.....	171
VII. Tablice	173
VIII. Protokoły	179
IX. Podstawowe parametry radiowe	200

Spis rysunków

Rys. 2.1. Schemat pracy sieci ze stacją retransmisyjną (dotyczy także sieci trunkingowej)	21
Rys. 2.2. Zasada wykorzystania stacji przemiennikowych	23
Rys. 2.3. Zasada wykorzystania stacji przekaźnikowych (repeaterów)	24
Rys. 2.4. Niepożądane sprzężenie sygnału między wejściem a wyjściem repeatera oraz warunek poprawnej pracy układu	24
Rys. 3.1. Schemat możliwości połączeń pomiędzy jednostkami energetyki	29
Rys. 3.2. Uproszczony schemat systemu RRL opartego o urządzenia systemu DIGICOM 7 CPO — występujące w niektórych ZE jednostki ruchome lub inne wyposażone w sprzęt łączności	30
Rys. 3.3. Schemat rozmieszczenia urządzeń nadawczych	33
Rys. 3.4. Schemat uziemienia systemu RRL	36
Rys. 3.5. Schemat trasy kablowej fidera antenowego	48
Rys. 4.1. Wpływ pochylenia wiązki promieniowanej przez antenę na zmniejszenie zasięgu zakłóceniewego	59
Rys. 5.1. Schemat ilustrujący teorię „toczącej się kuli” α – kąt ochronny w dotychczasowym ujęciu; R – promień toczącej się kuli	75
Rys. 5.2. Przykładowy schemat przyłączenia przewodów N, PEN, PE i TE w instalacjach elektrycznych	79
Rys. 8.1. Brak mocowania kabli koncentrycznych	109
Rys. 8.2. Brak mocowania falowodów	110
Rys. 8.3. Konsekwencje braku mechanicznej osłony kabli koncentrycznych	110
Rys. 8.4. Niewłaściwy osprzęt do kabli — elementy mocujące	111
Rys. 8.5. Wadliwe uszczelnienia przepustów kablowych	112
Rys. 8.6. Pętla na połączeniach wyrównania potencjałów	112
Rys. 8.7. Półpętla z przewodu taśmowego	113
Rys. 8.8. Półpętla z linek wyrównujących potencjały żyły zewnętrznej kabla koncentrycznego	114
Rys. 8.9. Zbyt naprężone przewody wyrównawcze	114
Rys. 8.10. Zbyt długa linka wyrównawcza	115
Rys. 8.11. Pętla „ukryta”	116
Rys. 8.12. Droga prądów wyrównawczych w pętli „ukrytej”	116

Rys. 9.1. Schemat postępowania formalnego przy uzyskiwaniu WZ dla inwestycji o EIRP przekraczającym 100 W	127
Rys. 9.2. Schemat postępowania formalnego przy uzyskiwaniu PnB dla inwestycji o EIRP przekraczającym 100 W	128
Rys. 11.1. Zmiana poziomu natężenia pola elektromagnetycznego przy zmianie odległości między nadajnikiem a odbiornikiem (propagacja w wolnej przestrzeni).....	144
Rys. 12.1. Przykładowe wyniki poszukiwań potencjalnie groźnych produktów intermodulacji w konkretnym obiekcie Widoczne są wyniki leżące w pasmie operatora GSM oraz w pasmie sieci przedsiębiorstwa energetycznego.....	156
Rys. 12.2. Redukcja promienia i powierzchni komórki przy wzroście poziomu tła szumów	157
Rys. 13.1. Przykład rozkładu WFS w funkcji częstotliwości. Wartość WFS nie przekracza 1,18 (tor wysokiej jakości)	200
Rys. 13.2. Przykład rozkładu tłumienności odbiciowej dla tego samego toru, co na Rys. 13.1.....	201
Rys. 13.3. Przykład rozkładu niejednorodności w torze antenowym	202

Spis tabel

Tabela 3.1. Liczba łączy pomiędzy stacją bazową i węzłem centralnym	31
Tabela 3.2. Najczęściej stosowane kable koncentryczne	41
Tabela 5.1. Dobór świateł stosowane do oświetlenia przeszkodowego.....	82
Tabela 10.1. Dopuszczalne natężenia pól magnetycznych	132
Tabela 10.2. Dopuszczalne natężenia pól elektrycznych.....	132
Tabela 11.1. Pola Dziennika awarii i podjętych kroków interwencyjnych	149
Tabela 11.2. Pola dziennika pracy i eksploatacji systemu.....	150

oraz tabele w załączniku VII.

Skróty stosowane w tekście

Skrót	Termin obcojęzyczny	Termin polski lub wyjaśnienie
AD-LASH	<i>All Dielectric Lashed</i>	dielektryczne kable światłowodowe podwieszane pod linkami odgromowymi oraz przewodami roboczymi linii energetycznych
ADSS	<i>All Dielectric Self-Supporting</i>	samonośne napowietrzne kable światłowodowe o konstrukcji dielektrycznej
AK		sygnalizacja awarii klimatyzacji
AW		sygnalizacja alarmowa wyłączenia
bhp		bezpieczeństwo i higiena pracy
BN		Branżowa Norma
BP		pozwolenie na budowę
CN	<i>Central Node</i>	węzeł centralny (sieci trunkingowej)
CPO		Centralny Punkt Operacyjny
CPO		Centralny Punkt Obsługi
DDF	<i>Digital Distribution Frame</i>	przełącznica traktów cyfrowych
DTF	<i>Distance-To-Fault</i>	rozkład niejednorodności w torze
DTR		dokumentacja techniczno-ruchowa
DWLot		Dowództwo Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej Kraju
Dz. U.		Dziennik Ustaw
EIRP	<i>Effective Isotropic Radiated Power</i>	równoważna moc promieniowania izotropowego
em	<i>ElectroMagnetic</i>	elektromagnetyczny
EMI	<i>ElectroMagnetic Interference</i>	zakłócenia elektromagnetyczne
EMV	<i>ElectroMagnetic Vulnerability</i>	wrażliwość elektromagnetyczna
ETN		energetyczna telefonia nośna
GPZ		główny punkt zasilania
GSM	<i>Global System for Mobile Communication</i>	system telefonii komórkowej 2. generacji
GSU		główna szyna uziemiająca
HDPE	<i>High-Density PolyEthylene</i>	polietylen dużej gęstości
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>	
ILC		Inspektorat Lotnictwa Cywilnego
KD		obudowa przepustu kablowego
KG		antenowy kabel główny (tzw. fider)
KK		obudowa klimatyzatora
KŁ		antenowy kabel łączący (tzw. jumper)
kpa		Kodeks postępowania administracyjnego

Skrót	Termin obcojęzyczny	Termin polski lub wyjaśnienie
KW		obudowa wentylatora
LPS	<i>Lightning Protection System</i>	system ochrony piorunowej
ŁR		łącza radiowe
MASS	<i>Metalic Areal Supporting Cable</i>	samonośne światłowodowe przewody sta- loaluminiumowe
nn		niskie napięcie
NN		najwyższe napięcie
OC		Obrona Cywilna
ODF	<i>Optical Distribution Frame</i>	przełącznica światłowodowa
ODU	<i>OutDoor Unit</i>	część zewnętrzna urządzenia radiowego
OE		obiekt energetyczny
OOŚ		ocena oddziaływania na środowisko
OPGW	<i>Optical Ground Wire</i>	światłowody w linkach odgromowych
OPPC	<i>Optical Phase Cable</i>	światłowody w przewodach roboczych
OT		sygnalizacja temperatury
PCW	<i>PolyVinyl Chloride</i>	polichlorek winylu
PDM		Państwowa Dyspozycja Mocy
PE		Posterunek Energetyczny
PE	<i>PolyEthylene</i>	polietylen
PIP		Państwowa Inspekcja Pracy
PN		Polska Norma
PnB		Pozwolenie na budowę
PP		polipropylen
ppoż.		przeciwpożarowy
PR		urządzenie RRL
PSE		Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA
PSP		Państwowa Straż Pożarna
RBS	<i>Radio Base Station</i>	radiowa stacja bazowa
RDR		Rejonowa Dyspozytornia Ruchu
RE		Rejon Energetyczny lub jego odpowiednik
RG		rozdzielnia główna
RG		rozdzielnica główna
RHDPE	<i>Recycled High-Density PolyEthylene</i>	polietylen dużej gęstości z odzysku
RL	<i>Return Loss</i>	tłumienność odbicia
RP		Rzeczpospolita Polska
RRL		system (instalacja/sieć) radiokomunikacji ruchomej lądowej
SA		sygnalizacja awarii

Skrót	Termin obcojęzyczny	Termin polski lub wyjaśnienie
SANEPID		Inspektorat Sanitarno-Epidemiologiczny (tu: Powiatowa lub Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna)
SD		spółka dystrybucyjna (=ZE)
SN		średnie napięcie
SOP		sygnalizacja uszkodzenia oświetlenia przeszkodowego
SP		sygnalizacja pożaru
SPP		stacja przekaźnikowa pośrednia
SPP		sygnalizacja pożaru w pomieszczeniu
ST		stacja elektroenergetyczna
ST		sygnalizacja maks. i min. temperatury
SU		system uziemień
SW		sygnalizacja włamania
SWD		System Wspomagania Pracy Dyżpozytorów
SWR	<i>Standing Wave Ratio</i>	współczynnik fali stojącej
SZR		samoczynne załączanie rezerwy
SzU		szyna uziemiająca
SZZ		sygnalizacja zaniku zasilania
TE		przewód Uziemienia Funkcjonalnego
TN-C-S		układ zasilania z odrębnym N i PE w części systemu
TN-S		układ zasilania z odrębnym N i PE w całym systemie
UG		Urząd Gminy
UM		Urząd Miejski
UP		sygnalizacja uszkodzenia
UP		pozwolenie na użytkowanie
UP		sygnalizacja uszkodzenia podzespołu
UPS	<i>Uninterruptible Power System</i>	urządzenie podtrzymujące zasilanie
URTiP		Urząd Regulacji Telekomunikacji i Poczty
WFS		współczynnik fali stojącej
WLZ		wewnętrzne linie zasilające
WN		wysokie napięcie
WOŚ		Wydział Ochrony Środowiska (Urzędu ...)
WPP		sygnalizacja pożaru w pomieszczeniu/kontenerze
WUiA		Wydział Urbanistyki i Architektury (Urzędu...)

Skrót	Termin obcojęzyczny	Termin polski lub wyjaśnienie
WZ		warunki zabudowy terenu (dotychczas: warunki zabudowy i zagospodarowania terenu)
VRLA	<i>Valve-Regulated Lead-Acid</i>	rodzaj akumulatora
ZDR		Zakładowa Dyspozycja Ruchu
ZE		przedsiębiorstwo dystrybucji energii elektrycznej (Zakład Energetyczny)
ZN		Norma Zakładowa
ZP		zacisk probierczy
ZUDP		Zespół Uzgadniania Dokumentacji Projektowej

Wstęp

Dokument niniejszy powstał w wyniku wieloletnich kontaktów z przedstawicielami przedsiębiorstw energetycznych, budujących, eksploatujących i rozwijających służbową łączność radiotelefoniczną opartą na trunkingowych urządzeniach DIGICOM 7.

W trakcie prac projektowych oraz współpracy z Wydawcą tego dokumentu a jednocześnie Operatorem sieci resortowej — Polskim Towarzystwem Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej, autorzy spotkali się z bardzo różnymi problemami, z jakimi przyszło borykać się służbom technicznym poszczególnych Przedsiębiorstw. Są to zarówno zagadnienia o znaczeniu podstawowym, jak prawidłowe ulokowanie i wybór wysokości obiektu antenowego, jak i zagadnienia mniejszej rangi, na przykład określenie zasad dopuszczenia do obiektu innego użytkownika urządzeń radiowych.

Ze wszystkimi dylematami związanymi z „dużymi” i „małymi” problemami wynikłymi z eksploatacji sieci trunkingowej pracownicy służb technicznych Przedsiębiorstw energetycznych zwracają się do Operatora, jak również do autorów niniejszego dokumentu. Stąd wspólna inicjatywa ujęcia opisu problemów i sposobów ich rozwiązywania — w jednym dziele. O rozpiętości dziedzin, do których należą opisywane zagadnienia, najlepiej świadczy spis zawartości poprzedzający ten wstęp.

W opracowaniu wzięli udział specjaliści z firmy TELE-COM z Poznania, biorący udział w planowaniu, budowie i rozbudowie sieci łączności resortowej od samego jej zarania, oraz specjaliści z Instytutu Technik Telekomunikacyjnych i Informatycznych w Poznaniu, z którą to placówką Operator współpracuje od szeregu lat.

Choć tytuł naszego opracowania sugeruje, iż stanowi ono instrukcję, intencją autorów było właściwie nadanie mu także cech poradnika. Stąd obecność w tekście obok zwięzłych informacji także pewnych uzupełnień, wręcz „ciekawostek”, wynikających z wieloletniej obserwacji zagadnienia. Mamy nadzieję, że te informacje dodatkowe, jako że wzięte „z życia”, pozwolą na wyjaśnienie wielu spraw nie gorzej, niż suchy tekst o charakterze instrukcji. Ostatecznie więc nasze dzieło można roboczo nazwać *Instrukcją-Poradnikiem*.

Opisywane tutaj problemy, jak wspomniano, dotyczą głównie zagadnień związanych z analogowymi sieciami trunkingowymi pracującymi ze sprzętem serii DIGICOM 7. Jednak użyteczność *Instrukcji* z pewnością nie ogranicza się tylko do urządzeń tego rodzaju; także przedstawiciele Przedsiębiorstw nieposiadających na swoim terenie sieci radiowej standardu MPT1327 odnajdą tu szereg informacji użytecznych w swojej codziennej działalności. Wynika to z uniwersalnego charakteru większości zagadnień, w tym prawnych, konstrukcyjnych i radiotechnicznych, na bazie których opracowano tę *Instrukcję*.

Mamy nadzieję, że opracowanie to pozwoli na zapoznanie z całością problematyki eksploatacji obiektów radiowych także kolejne pokolenie pracowników służb technicznych, którym nie było dane towarzyszyć powstawaniu sieci. Dlatego też niektóre zagadnienia, choć doskonale znane gronu fachowców-pracowników tych służb, postanowiliśmy poruszyć „od podstaw”.

Resortowe sieci radiowe będą się dalej rozwijały — nieuchronny jest zwrot ku transmisji cyfrowej i związane z tym rozbudowy i przebudowy. Pojawiają się wówczas na nowo zagadnienia, które w większości sieci zakończyły się jakiś czas temu. Dlatego *Instrukcja* porusza sprawy związane z budową obiektu i wczesnymi fazami jego istnienia, pomimo że wydawać się może to zbędne na obecnym etapie rozwoju sieci.

Ze względu na dość często pojawiające się konieczności pomiarów parametrów radiowych, a więc podstawowych dla poprawnej pracy sieci, chcielibyśmy przyzwycząić pracowników służb technicznych do używania odpowiedniego sprzętu i zachęcić do inwestowania w aparaturę pomiarową.

Chcielibyśmy, by *Instrukcja* towarzyszyła wszystkim pracownikom, do których jest adresowana — na co dzień jako poradnik, a jeżeli zajdzie potrzeba uzupełnienia wiedzy, jako podręcznik mogący choć w pewnym stopniu wypełnić potrzebę ciągłego kształcenia.

Poznań, listopad 2003 r.

Preambuła

Niniejsza instrukcja dotyczy eksploatacji obiektów radiokomunikacyjnych wykorzystywanych przez Przedsiębiorstwa Dystrybucyjne elektroenergetyki z terenu całego kraju.

Instrukcja została opracowana na podstawie aktualnego (na termin powstania) stanu prawnego oraz wiedzy technicznej przez specjalistów z firmy TELE-COM Poznań oraz Instytutu Technik Telekomunikacyjnych i Informatycznych w Poznaniu.

Instrukcja nie jest sprzeczna, nie wyklucza i nie wchodzi w kompetencje innych, nadrzędnych aktów prawnych (ustaw, rozporządzeń), przepisów resortowych, branżowych i zakładowych (własnych lub innych branży czy zakładów), przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, oraz innych przepisów i regulacji prawnych dotyczących kwestii zawartych w instrukcji.

Choć treść instrukcji dotyczy przede wszystkim stacji bazowych, większość opisanych tu zasad stosuje się także dla obiektów innego rodzaju: stacji terminali, przemienników i repeaterów (por. rozdział 2) w stopniu uzależnionym od zaawansowania zastosowanych w nich rozwiązań. Zasady prawne i inne przepisy odnoszą się w jednakowym stopniu do wszystkich rodzajów obiektów.

Ze względu na częste zmiany w polskim prawie przed zastosowaniem cytowanego w *Instrukcji* przepisu należy upewnić się o jego aktualności.

Informacje wstępne i podstawowe definicje

W niniejszym rozdziale przedstawiony jest przedmiot, zakres i przeznaczenie instrukcji, a także zdefiniowane są podstawowe pojęcia oraz rodzaje spotykanych w energetyce obiektów.

1.1. Przedmiot instrukcji

Przedmiotem instrukcji jest zestaw informacji, porad, nakazów zaleceń i wytycznych związanych kompleksowo z:

- planowaniem budowy obiektu radiokomunikacyjnego lub instalacji antenowej;
- projektowaniem obiektów i instalacji;
- uzyskiwaniem przewidzianych prawem pozwoleń;
- budową;
- odbiorem;
- uruchomieniem (w tym występowaniem o pozwolenie na emisję promieniowania elektromagnetycznego i o pozwolenie na użytkowanie obiektu budowlanego);
- eksploatacją w stanie normalnym i awaryjnym;
- utrzymaniem obiektów i instalacji w należywym i wymaganym przepisami stanie technicznym;
- wyrażaniem zgody na instalacje urządzeń radiokomunikacyjnych innych użytkowników w stacjach radiowych Energetyki.

W instrukcji zawarto szereg rad praktycznych (wynikających z doświadczeń autorów), które w swym zamierzeniu mają usprawnić proces powstania i eksploatacji obiektów i instalacji radiokomunikacyjnych.

Instrukcja często odwołuje się do obowiązujących przepisów oraz do parametrów urządzeń podawanych przez ich producentów. Należy jednak zdawać sobie sprawę, że „suche” zestawienia parametrów nieoparte doświadczeniami

mogą zafałszować obraz możliwości technicznych sprzętu. Dlatego też tam, gdzie uznajemy to za właściwe, podajemy takie parametry i wskaźniki jakościowe, jakie wynikają z doświadczeń w konkretnych sieciach przedsiębiorstw, pozostawiając na dalszym poziomie ważności informacje o potencjale drzemiącym w sprzęcie, dającym się zastosować jedynie w pewnych szczególnych sytuacjach.

1.2. Zakres instrukcji

Instrukcja podzielona jest na kilkanaście rozdziałów obejmując swym zakresem wszystkie istotne aspekty dotyczące budowy i eksploatacji obiektów i instalacji antenowych.

W szczególności opisane zostały kwestie:

- przejmowania urządzeń do eksploatacji,
- eksploatacji obiektów,
- zasad bhp i wymagań kwalifikacyjnych dla wykonawców i podwykonawców,
- zasad, celowości i harmonogramów przeglądów technicznych,
- wymogów prawa dotyczących obiektów budowlanych i ich otoczenia,
- metodyki budowy obiektów antenowych,
- kolokacji kilku systemów antenowych na jednym obiekcie,
- lokalizacji stacji radiowych na różnego typu obiektach budowlanych,
- dostarczania energii elektrycznej i sygnałów telekomunikacyjnych do obiektów.

Ponadto w instrukcji przedstawione zostały podstawowe terminy odnoszące się do prezentowanych kwestii.

1.3. Przeznaczenie instrukcji

Instrukcja ma być pomocą przy prawidłowym, zgodnym ze sztuką inżynierską, użytkowaniu technicznie złożonych obiektów, jakimi niewątpliwie są radiokomunikacyjne stacje nadawczo-odbiorcze.

Ponadto instrukcja ma stanowić ułatwienie dla służb łączności (a także wszystkich innych służb związanych z istnieniem i eksploatacją obiektów antenowych) przy sporządzaniu harmonogramów działań mających na celu optymalną i bezawaryjną pracę podległych im instalacji.

1.4. Definicje podstawowych pojęć

W niniejszym rozdziale znajduje się zestaw definicji podstawowych terminów dotyczących radiokomunikacyjnych oraz specyfiki budowy i utrzymania obiektów antenowych.

Antena – urządzenie zapewniające przejście od fali prowadzonej w przewodnicy falowej (falowód lub kabel) do fali rozchodzącej się w wolnej przestrzeni (antena nadawcza) lub przejście od fali w wolnej przestrzeni do fali rozchodzącej się w przewodnicy falowej (antena odbiorcza). Dzięki zastosowaniu anten informacja może być przekazywana między dwoma różnymi miejscami bez potrzeby instalowania przewodnicy.

Distance-To-Fault – wyjaśniono i opisano w załączniku IX.

Inwestor – osoba lub zespół będąca inicjatorem procesu inwestycyjnego w całości odpowiedzialna za organizację jego przebiegu.

Kąt połowy mocy – kąt mierzony w płaszczyźnie poziomej lub pionowej (albo w płaszczyźnie E – natężenia pola elektrycznego lub H – natężenia pola magnetycznego) pomiędzy takimi kierunkami charakterystyki promieniowania, dla których natężenie pola elektrycznego lub magnetycznego spada o 3 dB względem maksymalnego poziomu promieniowania.

Linia radiowa – połączenie typu „kierunek radiowy” (punkt do punktu) między dwiema stacjami końcowymi. Systemy linii radiowych służą do przesyłania sygnałów na odległość za pomocą fal elektromagnetycznych skupianych antenami kierunkowymi (najczęściej parabolicznymi).

Na podstawowy model systemu składają się: źródło sygnału, nadajnik dopasowujący sygnał źródła do właściwości kanału transmisyjnego oraz odbiornik, którego zadaniem jest możliwie wierne odtworzenie sygnału nadawanego.

Maszt antenowy – wolno stojący obiekt o budowie i przeznaczeniu podobnym do wieży antenowej, tyle że (w przeciwieństwie do niej) wyposażony w odciaży.

Często masztem nazywa się także konstrukcję wsporczą montowaną na budynku. *Uwaga: w niniejszej instrukcji ten rodzaj konstrukcji będzie nazywany masztem budynkowym.*

Odbiór częściowy – ogół czynności, prowadzonych pod przewodnictwem Inwestora lub jego przedstawiciela, polegających na częściowej ocenie wyrobu, którą należy lub można dokonać po zakończeniu etapu zadania. Ocenę dokonuje się pod względem zgodności z prawem oraz jakości.

Odbiór końcowy – ogół czynności, prowadzonych pod przewodnictwem Inwestora lub jego przedstawiciela, polegających na końcowej ocenie wyrobu pod względem zgodności z prawem oraz jakości.

Radiowa Stacja Bazowa, RBS (ang. *Radio Base Station*) – podstawowy element sieci łączności o strukturze komórkowej zapewniający dostęp do zasobów sieci poszczególnym stacjom abonenckim.

W systemie DIGICOM 7 stacja bazowa zbudowana jest z lokalnej jednostki sterującej, 1 do 4 paneli radiowych oraz z systemu sumowania mocy i rozdziału kierunków nadawania i odbioru.

Terminal abonencki – urządzenie umożliwiające użytkownikowi dostęp do zasobów sieci radiokomunikacyjnej. W systemie DIGICOM 7 terminale abonenckie występują w trzech podstawowych rodzajach:

- terminal stacjonarny – instalowany w budynkach, współpracujący z anteną zewnętrzną.

Dzięki znacznej wysokości montażu anteny, jak również możliwości zastosowania anten o większych zyskach energetycznych, terminal stacjonarny zapewnia dobrą jakość łączności w znacznych odległościach od stacji bazowej.

- terminal przewoźny – montowany w samochodach i współpracujący z antenami montowanymi na karoserii pojazdu.

Terminal przewoźny dysponuje wprawdzie mniejszym zasięgiem łączności od stacjonarnego, ale dzięki swojej mobilności umożliwia prowadzenie rozmów poza miejscem lokalizacji terminali stacjonarnych.

- terminal przenośny – niewielkich rozmiarów urządzenie osobiste posiadające zintegrowaną antenę i umożliwiające łączności w każdej chwili w ramach obszaru obsługi najbliższej stacji bazowej.

Zasięgi uzyskiwane za pomocą terminala przenośnego są najmniejsze ze wszystkich rodzajów urządzeń.

Tłumienność niedopasowania – wyjaśniono i opisano w załączniku IX.

Tor antenowy – zestaw środków umożliwiający odpowiedni transfer energii pomiędzy anteną a urządzeniem nadawczo-odbiorczym. W zakresie obiektów, o których traktuje niniejsza instrukcja, wyróżnia się wyłącznie tory antenowe zbudowane w oparciu o kabel koncentryczny (zdecydowana większość obiektów) oraz falowody (niektóre instalacje linii radiowych).

Kablowy (koncentryczny) tor antenowy oprócz głównego kabla antenowego składa się z reguły także z tzw. jumperów (krótkich odcinków kabla o małym promieniu gięcia) podłączonych do anteny i stacji bazowej, a także innych urządzeń np. zabezpieczających przed skutkami wyładowań atmosferycznych tj. ochronników i obejm uziemiających (dla wyrównania potencjałów między ekranem kabla a konstrukcją nośną kabla).

Węzeł centralny, CN (ang. *Central Node*) - punkt kluczowy sieci łączności, zapewniający połączenia pomiędzy poszczególnymi elementami sieci, jak również połączenia do zewnętrznej sieci telefonicznej.

Wieża antenowa – wolno stojąca budowla umożliwiająca zainstalowanie anten na odpowiednio dużej wysokości nad poziomem terenu. Wyposażona w dodatkowy osprzęt taki jak: drabiny kablowe, pomosty, antenowe konstrukcje wsporcze, sprawną instalację uziemiającą itp.

Współczynnik fali stojącej – wyjaśniono i opisano w załączniku IX

Wykonawca – osoba lub zespół bezpośrednio odpowiedzialny za wykonanie dzieła (np. prac budowlanych), działające w imieniu i na zlecenie Inwestora.

Zestaw antenowy – system dwóch lub więcej anten współpracujących z jednym nadajnikiem bądź stacją nadawczą umożliwiającą poszerzenie i zwiększenie zasięgu bądź jego kształtowanie, jak również optymalne wykorzystanie zasobów dla danego nadajnika lub stacji bazowej.

Przykładem zestawów antenowych są systemy sektorowe instalowane na stacjach bazowych telefonii komórkowej wykorzystujące trzy (lub więcej) anten sektorowych w celu uzyskania wypadkowej charakterystyki promieniowania zbliżonej do dookólnej.

Zysk energetyczny anteny G – parametr anteny (systemu antenowego) wynikający ze zdolności skupiania promieniowanej energii w określonych kierunkach.

Ze względów praktycznych najczęściej zysk podaje się w dB, co ułatwia większość rachunków bilansu mocy. Możliwe jest też podawanie go w jednostkach niemianowanych albo w watach na wat [WW.] ($0 \text{ dBi} \triangleq 1 \text{ WW.}$).

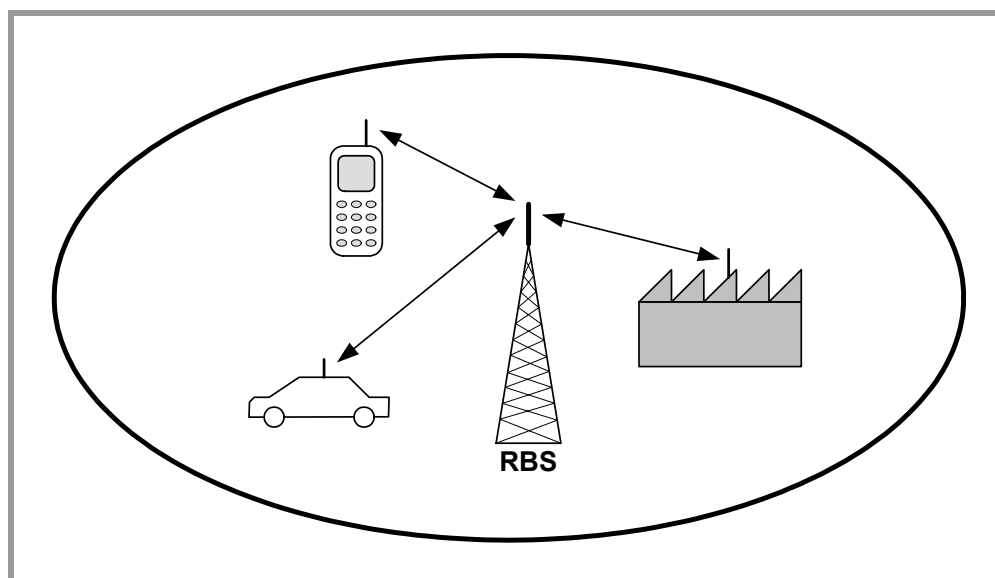
Standardowo zysk energetyczny określa się względem anteny izotropowej (mianowany jest wówczas w dBi) lub względem dipola półfalowego (mianowany w dBd). Istnieje przy tym zależność:

$$G_{\text{dBi}} = G_{\text{dBd}} + 2,16 \text{ dB}$$

Rodzaje radiowych stacji bazowych

2.1. Funkcje radiowych stacji bazowych

Radiowe stacje bazowe (RSB lub RBS — *Radio Base Station*) stanowią podstawowy element sieci trunkingowej i pośredniczą w każdej rozmowie prowadzonej wewnątrz sieci.



Rys. 2.1. Schemat pracy sieci ze stacją retransmisyjną (dotyczy także sieci trunkingowej)

Na rysunku powyżej terminal samochodowy znajdujący się np. na zachodnim krańcu zasięgu stacji bazowej porozumiewa się bez przeszkód z terminalem stacjonarnym na krańcu wschodnim. Obszar obsługi stacji bazowej jest więc znacznie większy niż w tradycyjnym trybie *simpleks*, w którym terminale biorące udział w rozmowie musiały być blisko siebie aby pozostać we wzajemnym zasięgu.

Dzięki pośrednictwu stacji bazowej, a w szczególności sterowników logicznych (zawartych w niej i w innych miejscach sieci), rozmowa jest słyszalna jedynie

przez użytkowników do tego uprawnionych. Wybór rozmówcy odbywa się analogicznie do wyborów abonentów w sieciach telefonicznych.

Z powodu funkcji stacji bazowych istotne jest umieszczenie stacji bazowej w lokalizacji korzystnej propagacyjnie, z anteną zawieszoną na znacznej wysokości nad poziomem terenu. Wysokość ta jednak nie może być jednak zbyt wielka, ponieważ:

- oprócz obsłużenia przypisanego sobie obszaru powodowałaby zakłócenia na dużym obszarze, na którym użycie tych samych kanałów stało by się niemożliwe;
- pokrycie zasięgiem większego obszaru powoduje, że w zasięgu działania stacji znajdzie się więcej współpracujących z nią terminali abonenckich, generujących większy ruch, co w efekcie powoduje większe zapotrzebowanie na ilość kanałów w stacji bazowej.

Z tych (a także wielu innych powodów) lokalizacja i parametry stacji bazowej muszą być przedmiotem szczegółowych projektów.

Stacja bazowa dysponuje kilkoma kanałami radiowymi. W typowym przypadku jeden z nich jest przeznaczony jako sterujący, a reszta jako rozmówne. Oprócz celów systemowych kanał sterujący może być wykorzystywany do transmisji pakietów danych (np. do celów telemetrii lub sterowania urządzeń drogą radiową).

Zespół urządzeń nazywanych radiową stacją bazową składa się typowo z następujących elementów:

- antenowej konstrukcji wsporczej (maszt, wieża);
- anteny lub systemu antenowego;
- toru antenowego;
- urządzeń stacji bazowej (zlokalizowanych w pomieszczeniu lub wykonanych w wersji zewnętrznej, wolno stojącej,
- niezbędnych instalacji (np. zasilanie, uziemienie, klimatyzacja).

Wszystkie elementy stacji bazowej zostały szczegółowo opisane w dalszych częściach instrukcji. W tym miejscu należy jedynie wspomnieć, że zasilanie stacji bazowej powinno być wykonane w sposób możliwie gwarantowany, ponieważ w wypadku jego braku abonentom pozostaje jedynie połączenie między terminalami w trybie simpleksowym.

Fakt, iż antena znajduje się na znacznej wysokości, wymusza szczególnie staranne zabezpieczenia instalacji przed wyładowaniami atmosferycznymi. Mowa tu o: uziemieniu, łączeniu uziomów, wyrównywaniu potencjałów, stosowaniu dodatkowych zabezpieczeń w postaci koncentrycznych ochronników odgromowych. Szczególnie podkreślić trzeba fakt, aby ww. instalacje wykonane były zgodnie z zasadami współczesnej wiedzy technicznej.

W tej dziedzinie spotyka się bardzo wiele błędnych rozwiązań, a co gorsza, uchodzą one za całkowicie poprawne. Prawidłowe rozwiązania są przedstawione m.in. w podrozdziale 8.6 i 3.8.5.

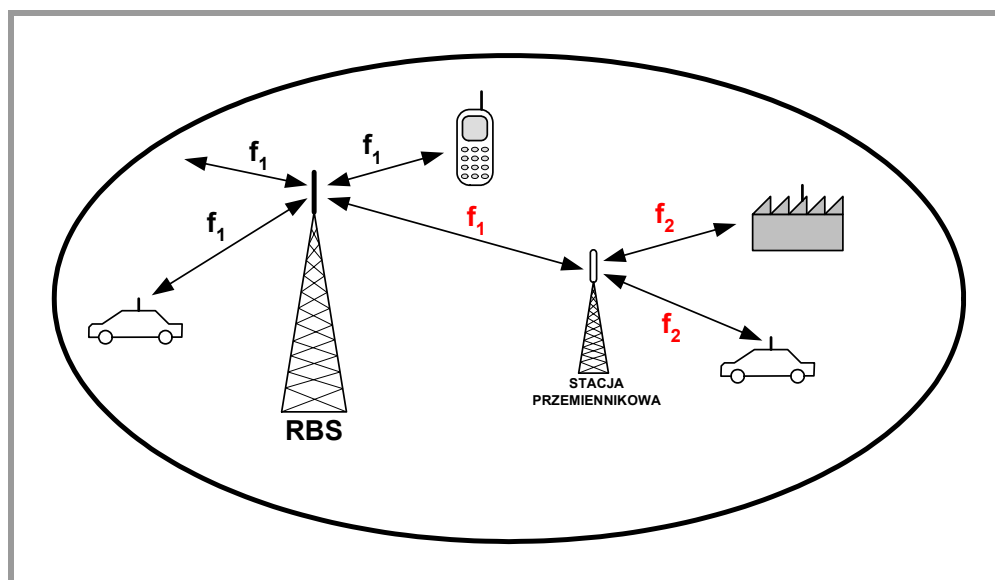
Stacja umożliwia obsługę od 80 do 120 terminali na jeden panel radiowy, przy czym jeden z paneli radiowych wykorzystywany jest do transmisji informacji sterujących. Jednostka sterująca przechowuje informacje o parametrach stacji, dane potrzebne do generowania statystyk obciążenia oraz obsługuje transmisję tych informacji do węzła centralnego.

Stacja bazowa może pracować w dwóch trybach:

- pojedynczym – wykorzystującym tylko jedną stację i umożliwiającym łączność wyłącznie pomiędzy terminalami abonenckimi współpracującymi z daną stacją;
- sieciowym – wykorzystującym węzeł centralny zapewniający wymianę informacji pomiędzy kilkoma stacjami bazowymi między sobą, jak również z zewnętrzną siecią telefoniczną.

2.2. Stacje przemiennikowe

Innym typem stacji radiowej jest stacja przemiennikowa. Istotą działania tej stacji jest odbiór poprzez wysoko (a przynajmniej znacznie wyżej niż mogą znaleźć się typowe anteny terminali ruchomych) umieszczone anteny odbiorcze sygnału z jednej ze stacji bazowych pracujących w danej sieci, następnie **przemiana** tego sygnału na sygnał o innej częstotliwości, wzmożenie go i wypromieniowanie w wymaganym kierunku (czyli najczęściej tam, gdzie wystąpiły problemy z pokryciem terenu sygnałem radiowym).



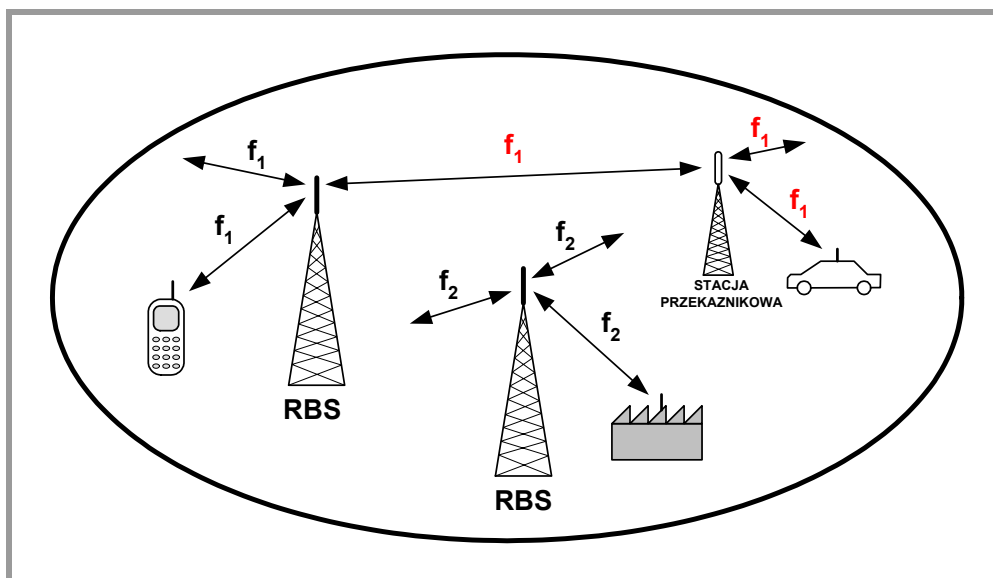
Rys. 2.2. Zasada wykorzystania stacji przemiennikowych

Biorąc pod uwagę fakt, że najczęściej stacje przemiennikowe wykorzystywane są do „załatania dziur” w pokryciu, charakteryzują się one z reguły mniejszą mocą (w porównaniu do typowych stacji bazowych). Tym niemniej jest to typowy obiekt radiokomunikacyjny będący źródłem promieniowania elektromagnetycznego, składający się z takich samych elementów, jak opisywana wyżej stacja bazowa, i podlegająca takim samym obostrzeniom na etapie projektowania i eksploatacji.

2.3. Stacje przekaźnikowe (tzw. repeatery)

Stacja przekaźnikowa, zwana popularnie repeaterem, różni się od stacji przemiennikowej tym, że nie ma w niej przemiany częstotliwości. Innymi słowy nadaje sygnały na tych samych kanałach, na których je odebrała.

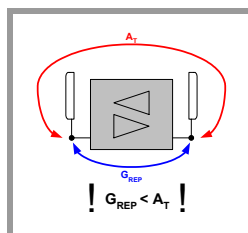
Gdyby nie fakt, że podobne nazewnictwo nie jest przyjęte, repeater w sieci łączności radiowej można by nazwać „wzmacniakiem radiowym”. Nazwę taką uzasadniałaby zasada pracy repeatera, analogiczna do pracy wzmacniacza jednotorowego w teletransmisji przewodowej.



Rys. 2.3. Zasada wykorzystania stacji przekaźnikowych (repeaterów)

W związku z tym planowanie stacji przekaźnikowej podlega dwóm bardzo ważnym ograniczeniom:

1. należy tak dobrać zyski energetyczne anten, ich charakterystyki promieniowania i sposób wzajemnego usytuowania na obiekcie oraz wzmocnienie repeatera, aby uniknąć efektu sprzężenia. Efekt ten pojawia się, jeśli wzmocnienie sygnału wprowadzane przez repeater będzie większe niż tłumienie sygnału w pętli pomiędzy jego wejściem i wyjściem. Zobrazowano to na rysunku poniżej:



Rys. 2.4. Niepożądane sprzężenie sygnału między wejściem a wyjściem repeatera oraz warunek poprawnej pracy układu

gdzie: G_{REP} – wzmacnienie repeatera;

A_T – tłumienność całkowita pomiędzy wrotami repeatera; składają się na nią m.in.: tłumienność przestrzeni pomiędzy antenami, zyski energetyczne anten (ze znakiem ujemnym), tłumienności torów antenowych

2. w celu uniknięcia na obsługiwanym obszarze interferencji nie należy używać repeatera do wzmacniania sygnałów najbliższej stacji bazowej. Poprawna sytuacja jest pokazana na Rys. 2.3.

Podobnie jak w przypadku stacji przemiennikowych, repeater charakteryzuje się stosunkową małą mocą nadawania (standardowo nie większą niż +30 dBm tj. 1 W), ale wymaga równie starannego jak dla obiektów o znacznie większej mocy planowania i nadzoru w czasie eksploatacji.

2.4. Terminale stacjonarne

Najliczniejszą grupą radiowych stacji stałych w sieci trunkingowej są terminale stacjonarne, instalowane w prawie każdym obiekcie należącym do przedsiębiorstwa dystrybucji energii (siedziba SD, RDR, GPZ, PE itd.). Ich podstawowym zadaniem jest zapewnienie łączności radiowej z obiektem, po to np. aby dyspozytor mógł być w stałym kontakcie z brygadami terenowymi dokonującymi napraw.

Najczęściej anteny terminali stacjonarnych mają charakterystykę kierunkową i są zwrócone w stronę najbliższej stacji bazowej. Zdarza się jednak, że terminale wyposaża się w anteny dookólne (zwłaszcza w ważniejszych obiektach np. siedzibach rejonów energetycznych), aby w wypadku awarii stacji bazowej mógł on pokryć swym zasięgiem jak największy obszar i umożliwić łączność z terminalami ruchomymi w trybie simpleksowym. Taka sytuacja może jednak spowodować problemy np. z kompatybilnością elektromagnetyczną, bowiem terminale stacjonarne (podobnie jak stacje bazowe) podlegają zgłoszeniu do Urzędu Regulacji Telekomunikacji i Poczty, a ten ma prawo i obowiązek w uzasadnionych wypadkach np. w stacjach nadgranicznych nie dopuścić stacji do eksploatacji bez zmiany jej parametrów — czyli najczęściej ograniczenia charakterystyki promieniowania w kierunkach niepożądanych — lub bez zmniejszenia mocy.

W odróżnieniu od stacji bazowych, których budowa z reguły jest powierzana wyspecjalizowanym ekipom, montaż terminali stacjonarnych najczęściej jest dokonywany przez własnych monterów. Wynika to z po części z faktu, że instalacja terminala jest z dużo prostsza niż instalacja stacji bazowej. Należy jednak pamiętać, że terminal stacjonarny jest stacją radiową i jego montaż musi podlegać wszelkim regułom z tego faktu wynikającym. Źle lub niechlujnie wykonana instalacja może spowodować z jednej strony niezadowalającą pracę terminala (zbyt krótkie zasięgi), a z drugiej narazić pracowników na wpływ ponadnormatywnego pola elektromagnetycznego. Dlatego instalację terminala należy dokładnie zaplanować i wykonać zgodnie z regułami sztuki, a jej odbiór przebiegać powinien wg identycznych zasad jak odbiór instalacji stacji bazowych (patrz rozdziały 7 i 8) — w zakresie dostosowanym rzecz jasna do skali instalacji terminala stacjonarnego.

Elementy stacji i sieci

Sieci RRL w SD są oparte głównie na systemie DIGICOM 7. System ten jest semiduplexowym systemem trunkingowym pracującym w paśmie 420...430 MHz. System DIGICOM 7 umożliwia realizację systemów jednokomórkowych o stosunkowo niedużym zasięgu, jak również rozległych sieci wielokomórkowych.

System RRL składa się z następujących elementów:

- radiowej stacji bazowej – RBS,
- węzła centralnego – CN,
- terminali sterowania systemem,
- terminali abonenckich: doręcznych (przenośnych), stacjonarnych i przevoźnych,
- konstrukcji antenowych,
- anten nadawczych/odbiorczych, pojedynczych lub zestawów antenowych,
- torów antenowych.

Urządzenia RRL mogą być instalowane na istniejących i nowo realizowanych obiektach energetyki¹, do których należą:

- stacje elektroenergetyczne NN/WN, WN/WN, WN/SN i SN/SN,
- ZDR, RDR, RE, PE,
- CPO.

Podstawowe urządzenia RRL mogą być instalowane:

- w części napowietrznej stacji elektroenergetycznej,
- na dachach budynków nastawni stacji elektroenergetycznych,
- na dachach budynków pomieszczeń pomocniczych stacji elektroenergetycznych,
- na dachach ZE, RE, PE i siedzib Pogotowia Energetycznego,
- na terenie przyległym do budynków ZE, RE, PE,

¹ Podstawowe definicje i krótką charakterystykę obiektów RRL — patrz rozdz. 1.

- w punktach dyspozytorskich ZDR i RDR,
- w nastawniach,
- w pomieszczeniach łączności,
- w węzłach łączności,
- w pomieszczeniach, w których eksploatuje się SWD,
- w kontenerach.

3.1. Anteny

W ogólności anteny można podzielić na:

- anteny o dookólnej charakterystyce promieniowania – emitujące energię we wszystkich kierunkach w płaszczyźnie horyzontu, w zasadzie z jednokowym poziomem (w praktyce dopuszcza się kilkudecybelowe odchyłki poziomu promieniowania).
- anteny o kierunkowej charakterystyce promieniowania – emitujące energię w wybranym kierunku (azymucie) w pewnym kącie w poziomie.

W trunkingowych stacjach bazowych standardowo wykorzystywane są anteny dookólne o zysku energetycznym +3 dBd, +5 dBd oraz +8 dBd oraz anteny kierunkowe o zysku +7 dBd oraz +12 dBd².

Ponadto przy realizacji linii radiowych wykorzystuje się anteny silnie kierunkowe (tzn. o bardzo małym kącie połowy mocy – rzędu kilku stopni) odznaczające się zyskiem wynoszącym kilkadziesiąt decybeli.

3.2. Węzły centralne systemu

Zestaw urządzeń nazywany węzłem centralnym stanowi główny ośrodek zarządzania pracą systemu oraz centrum komutacji połączeń wewnątrz i na zewnątrz sieci.

W skład kompletnego węzła centralnego wchodzi:

- matryca przełączająca – odpowiedzialna za ustanawianie fizycznego połączenia pomiędzy poszczególnymi komórkami przy łączności międzykomórkowej, jak również za zestawienie połączenia z zewnętrzną siecią telefoniczną;
- główna jednostka sterująca – służąca do sterowania i wymiany informacji systemowych z wszystkimi komórkami sieci oraz do sterowania matrycą przełączającą;
- terminal sterujący – narzędzie pozwalające użytkownikowi na sterowanie i administrowanie siecią łączności komórkowej. Wykorzystując terminal sterujący użytkownik może definiować strukturę i połączenia sieci, parametry poszczególnych stacji bazowych, monitorować generowany ruch i zarządzać uprzywilejowaniem w dostępie do zasobów radiowych.

² Zależność między dBd a dBi — por. definicje w rozdziale 1.4.

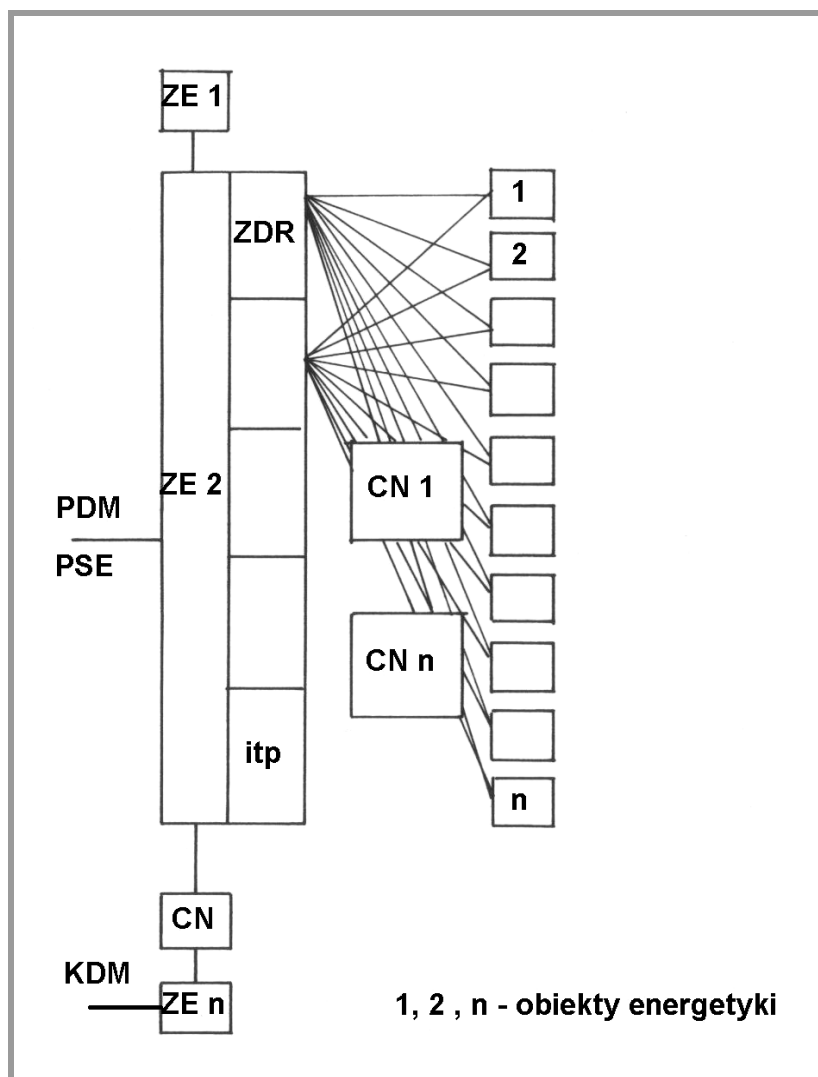
W systemie DIGICOM 7 węzeł centralny typowo może łączyć do 16 stacji bazowych, choć istnieją rozwiązania umożliwiające powiększenie tej liczby.

3.3. Stacje bazowe RBS

Stacje bazowe są omówione w rozdziale 2.

3.4. Połączenia między elementami systemu

Liczba potrzebnych połączeń pomiędzy przykładowymi obiektami (Rys. 3.1) wymusza rozbudowę systemu RRL. Wiąże się z tym potrzeba instalacji dużej liczby urządzeń, aparatury, a także gwarantowanych sposobów zasilania, sygnalizacji oraz monitoringu. Przy tak rozbudowanej sieci łączności mogą wystąpić niedomagania w zakresie usług komunikacyjnych, którym powinny przeciwdziałać służby odpowiedzialne za konserwację i eksploatację urządzeń.



Rys. 3.1. Schemat możliwości połączeń pomiędzy jednostkami energetyki

Należy tu wymienić zakłócenia spowodowane:

- niekorzystnymi warunkami propagacji fal radiowych,
- niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi,
- awarią elementów łączących, np. złączy fabrycznych i kabli łączących,
- zanikiem zasilania w gwarantowanych systemach zasilania,
- nieprawidłowym posługiwaniem się sprzętem.

Do połączenia obiektów RRL wykorzystuje się:

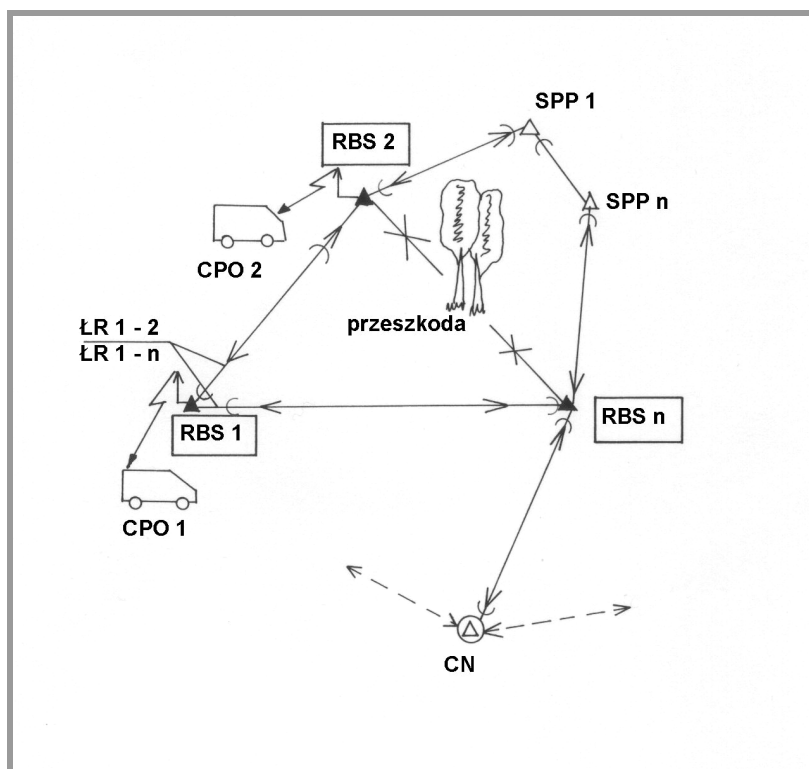
- łącza kablowe,
- system Energetycznej Telefonii Nośnej ETN (nierozważany w *Instrukcji* ze względu na jego przestarzałość),
- łącza radiowe ŁR,
- łącza światłowodowe.

Stosowanie rozwiązań jednolitych technologicznie nie jest możliwe ze względów zarówno technicznych, jak i ekonomicznych.

Szybkie podłączenie RBS do węzłów CN wymaga przede wszystkim wykorzystania istniejących połączeń (kablowych, światłowodowych lub radiowych), ale można także wydzierżawić linie od operatorów telekomunikacyjnych.

W systemie DIGICOM 7 (Rys. 3.2) są wymagane połączenia dwojakiego rodzaju:

- sygnalizacyjne,
- rozmówne.



Rys. 3.2. Uproszczony schemat systemu RRL opartego o urządzenia systemu DIGICOM 7
CPO — występujące w niektórych ZE jednostki ruchome lub inne wyposażone w sprzęt łączności

Każda stacja bazowa RBS powinna być dołączona do węzła centralnego CN jednym łączem sygnalizacyjnym i pewną liczbą łączy rozmównych. Liczba ta może się zmieniać w zależności od liczby kanałów przydzielonych danej stacji bazowej. Minimalną liczbą jest jedno łącze rozmówne, zaś maksymalną liczbą jest liczba kanałów przydzielonych danej stacji bazowej pomniejszona o jeden. Wprawdzie producent zaleca ustaloną przez siebie standardową liczbę łączy rozmównych, lecz zakłady ZE stosują zwykle inną ich liczbę (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Liczba łączy pomiędzy stacją bazową i węzłem centralnym

Liczba kanałów	Łącza sygnalizacyjne, dwuprzewodowe (2W)	Liczba łączy rozmównych czteroprzewodowych (4W) min .. max	Konfiguracja standardowa 2W + 4W
1	1	0 .. 0	0+0
2	1	1 .. 1	1+1
3	1	1 .. 2	1+1
4	1	1 .. 3	1+2
5	1	1 .. 4	1+2

W nowo projektowanych obiektach energetyki przewiduje się instalację urządzeń systemu trunkingowego typu DIGICOM 7 (oraz jego zasilania) w szafach o module 19" z maksymalnie 4 panelami radiowymi. W przypadku, kiedy system DIGICOM 7 będzie projektowany na terenie istniejących obiektów energetyki, należy starać się zastosować zasady jak dla nowo projektowanych obiektów (nie jest to przedmiotem instrukcji).

3.5. Instalacja urządzeń komunikacyjnych

Zainstalowanie systemu DIGICOM 7 uzależnione jest od warunków panujących na obiektach energetyki, i będzie wymagać:

- ustawienia kontenera lub adaptacji i wydzielenia pomieszczenia – urządzenia instalowane wewnątrz pomieszczeń (tzn. typu *in-door*),
- ustawienia urządzeń technologicznych na dachu lub konstrukcji – dla urządzeń instalowanych na zewnątrz pomieszczeń (tzn. typu *out-door*),
- włączenia się do istniejącego systemu zasilania lub jego przebudowa,
- sprawdzenia systemu istniejącej ochrony odgromowej lub jej przebudowy,
- uzupełniania systemu siatki uziomowej,
- sprawdzenia warunków klimatyzacji i wentylacji pomieszczenia dla urządzeń już zainstalowanych i nowo projektowanych (bilans ciepła wydzielanego),
- analizy tras kablowych,
- włączenia się do systemu sygnalizacji na obiekcie,
- rozbudowy systemu ppoż.,
- rozbudowy systemu dostępu i sygnalizacji włamania.

Urządzenia typu DIGICOM 7 mogą być instalowane w:

- kontenerach na fundamentach lub ramach stalowych,
- pomieszczeniach ETN,
- pomieszczeniach łączności,
- pomieszczeniach tablic sterowniczo-przełącznikowych,
- pomieszczeniach UPS,
- nastawniach dyspozytorskich,
- stanowiskach dyspozytorskich,
- pomieszczeniach kierowników ZDR, RDR i PE.

W celu zorientowania się w możliwościach łączenia sieci RRL należy w pomieszczeniach RBS lub przy zainstalowanych radiotelefonach umieścić tabelę z wykazem stacji pracujących w sieci – patrz Tablica nr 1 w zał. VII.

Dla ułatwienia obsługi sieci RRL, w pomieszczeniu RBS należy zamieścić informacje wg wzoru – patrz Tablica nr 2 w zał. VII.

Poszczególne elementy systemu należy eksploatować zgodnie z DTR konkretnego urządzenia oraz PN, BN, ZN i przepisami wewnętrznymi.

3.6. Urządzenia nadawcze — parametry techniczne

W skład abonenckich urządzeń końcowych nadawczo-odbiorczych wchodzi terminal: stacjonarne, przewoźne i przenośne, wraz z antenami i zasilaczami. Parametry techniczne terminali są sprecyzowane w dokumentacji producenta.

Napięcia zasilające (dla RBS, CPO, terminali itd.) są dobierane i wynikają z poszczególnych dokumentów DTR danego urządzenia. Szczegółowe warunki przeglądu, oględzin i konserwacji — patrz rozdz. 5.1, 5.5 i 11.

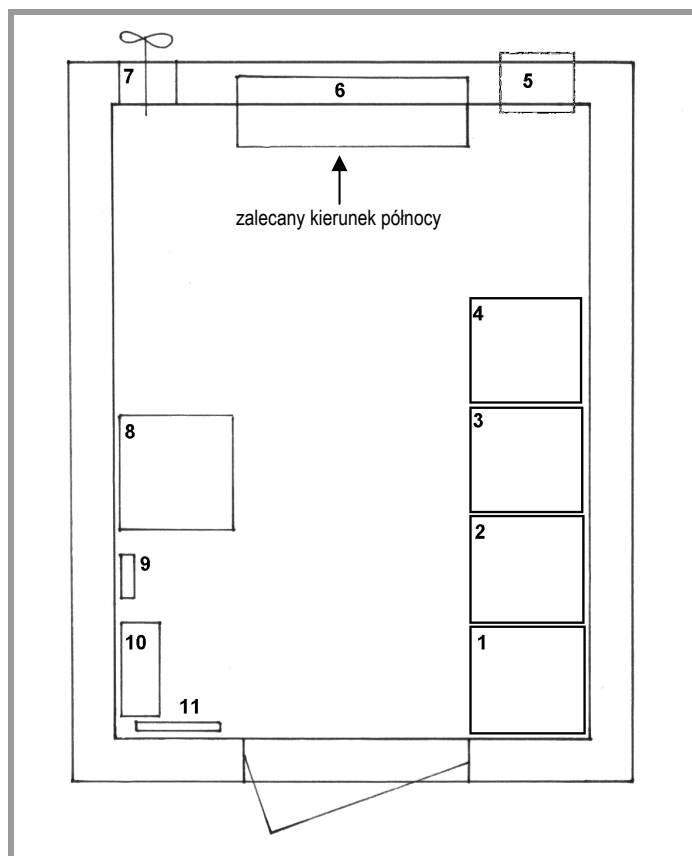
Terminale stacjonarne są montowane na:

- pulpitach dyspozytorskich w dużych nastawniach,
- w biurach, nastawniach lub pomieszczeniach tablic sterowniczo-przełącznikowych, stacjach bez stałego dozoru,
- stanowiskach dyspozytorskich ZDR, RDR i PE.

Terminale przewoźne są montowane w samochodach brygad służb eksploatacyjnych i utrzymania ruchu oraz w CPO. Terminale powiązane z siecią RRL przynależą do danego samochodu. W przypadkach samochodów prywatnych używanych dla celów CPO terminal jest przynależny do danej osoby.

Przed instalacją terminali należy sprawdzić ich stan techniczny ze szczególnym uwzględnieniem uszkodzeń mechanicznych. Po otwarciu opakowania należy zwrócić uwagę czy nie uległy uszkodzeniom powierzchnie boczne, a w przypadku anten, membrany anteny nadawczej i powierzchnia reflektora. Terminale uszkodzone podczas przechowywania i montażu nie mogą być dopuszczone do pracy w układzie systemu.

Przykładowe typowe stany awaryjne urządzeń zostały omówione w DTR danego urządzenia.



Rys. 3.3. Schemat rozmieszczenia urządzeń nadawczych

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. przełącznica stacyjna: DDF/ODF, | 6. klimatyzator, |
| 2. rezerwa, | 7. wentylator, |
| 3. RBS – DIGICOM 7, | 8. UPS – zasilacz DC 48 V, |
| 4. rezerwa, | 9. przetwornica DC 48 V / AC 220 V, |
| 5. przepust kablowy, | 10. RG – rozdzielnica główna, |
| | 11. GSU – główna szyna uziemiająca |

3.7. Urządzenia teletransmisyjne i instalacje pomocnicze — parametry techniczne

3.7.1. Przełącznica stacyjna

Przełącznica stacyjna³ jest elementem pośredniczącym dla systemów transmisji i systemów zasilania urządzeń systemu trunkingowego (np. DIGICOM 7). Jego budowa jest zazwyczaj otwarta z uwagi na rozszyte i zakończone kable. Oprócz przełącznic stacyjnych spotyka się przełącznice główne, które mają podobne zadanie.

W ramach przełącznicy stacyjnej może być także zainstalowana przełącznica traktów cyfrowych DDF (ang. *Digital Distribution Frame*) lub przełącznica światłowodowa ODF (ang. *Optical Distribution Frame*).

³ tzw. *kros stacyjny*

3.7.2. Rozdzielnica główna zasilania — RG

System DIGICOM 7 powinien być zasilany z rozdzielnic 230/400 V prądu przemiennego, która pracuje w układzie sieciowym TN-S i ma możliwość zasilania:

- podstawowego,
- rezerwowego,
- z zespołu agregatu prądotwórczego.

W przypadkach rozdziału poszczególnych podmiotów gospodarczych w ramach SD rozdzielnica RG może być objęta pomiarem rozliczeniowym energii elektrycznej. Należy dążyć, aby dla nowo projektowanych obiektów rozdzielnica RG zasilana na terenie SD była wykonana w jednej wersji w zakresie:

- liczby obwodów,
- standardów obwodów i wyposażenia,
- wyjść kabli zasilających i odbiorczych.

Rozdzielnica RG musi być objęta ochroną przeciwporażeniową zgodnie z PN-IEC 60364-1:2000 część 4 arkusz 41 *Ochrona przeciwporażeniowa*.

Obwody zasilania niskim napięciem powinny być bezwarunkowo wyposażone w elementy ochrony przeciwprzepięciowej (np. szeroko rozpowszechnione aparaty firmy Dehn).

Zaniechanie wyposażania instalacji w tego rodzaju ochronę jest powodem zniszczeń sprzętu o znacznej wartości.

Z rozdzielnic RG należy zasilać następujące odbiory:

- urządzenia RRL,
- systemu sterowania klimatyzacji,
- systemu zasilania klimatyzacji,
- oświetlenia podstawowego pomieszczenia lub kontenera,
- gniazd wtyczkowych,
- zespołów UPS wraz z bateriami 48 V DC,
- przetwornic napięcia gwarantowanego 230 V AC,
- konwerterów napięcia 230/48 V DC,
- oświetlenia światła przeszkodowego.

W uzasadnionych przypadkach urządzenia RRL mogą być zasilane z rozdzielnic służących do zasilania urządzeń ZDR lub RDR oraz wydzielonych rozdzielnic dla potrzeb ogrzewania lub klimatyzacji.

W szczególnych przypadkach dla potrzeb działania sygnalizacji, radiotelefonów, centralek włamania i ppoż. układ można zasilać z rozdzielnic komputerowych. Obwody sygnalizacji działania urządzeń radiotelefonicznych, centra-

lek włamania i ppoż. oprócz podstawowego łącza powinny posiadać możliwość ich wyprowadzenia łączem awaryjnym np. telemechaniką lub ETN.

Rozdzielnice zasilania powinny być eksploatowane zgodnie z poszczególnymi DTR danego urządzenia oraz zgodnie z ramową *Instrukcją eksploatacji układów zasilających napięcia stałego, przemiennego i gwarantowanego* (wydanie PTPiREE, Poznań, marzec 2001), za wyjątkiem zaleceń wynikających z nieaktualnych dokumentów związanych wg punktu 1.5 ww. *Instrukcji*.

Urządzenia RRL zasilane są z RG napięciem o parametrach wynikających z DTR urządzenia.

3.7.3. System uziemień — SU

System sieci DIGICOM 7 jest zainstalowany na terenie obiektów energetyki, gdzie w 85% całkowita rezystancja uziemienia wynosi około kilku dziesiątych oma. Uziemienie to jest wykorzystywane jako wspólne.

Obiekty energetyki zlokalizowane w Jurze Krakowsko-Częstochowskiej oraz na Pogórzu mają z reguły uziomy o dużej rezystancji i trzeba stosować środki zaradcze w celu jej obniżenia. Stosowane są wówczas:

- uziomy pionowe, szpilkowe,
- sztuczne zmniejszenie rezystywności gruntu,
- tworzy się uziomy sztuczne poza terenem instalowania sieci.

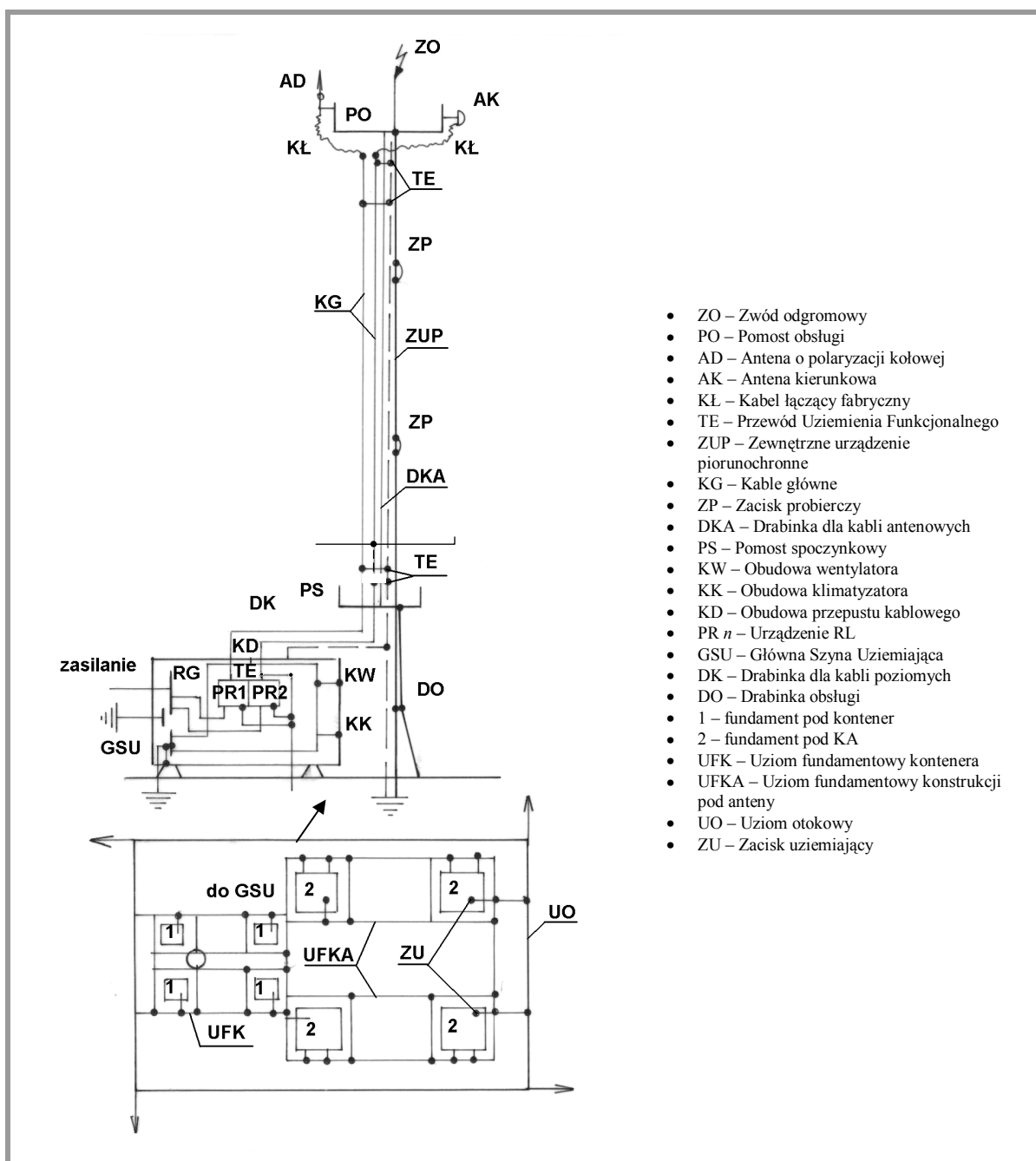
Wszystkie elementy sieci DIGICOM 7 muszą posiadać system połączenia z uziomem zewnętrznym lub poprzez GSU (główna szyna uziemiająca) zainstalowaną w obiekcie (por. także uwagi na temat uziemień odgromowych w podrozdz. 8.6).

Główna szyna uziemiająca GSU jest to szyna przeznaczona do przyłączenia do uziomów przewodów ochronnych PE, w tym przewodów połączeń wyrównawczych oraz uziemienia funkcjonalnego TE.

Szczegóły instalacji uziemiającej poszczególnych elementów systemu DIGICOM 7 – patrz podrozdz. 3.8, 5.4.2 i 5.5.1.

Siatka uziemiająca w istniejących obiektach jest zazwyczaj wykonana z płaskownika FeZn 40×5 mm ułożonego na głębokości 0,8 m lub w podobny sposób.

W nowo projektowanych obiektach stosowane są elementy z miedzi połączone przewodem miedzianym.



Rys. 3.4. Schemat uziemienia systemu RRL

Przy uziemieniu sieci DIGICOM 7 należy wykorzystać elementy konstrukcyjne:

- wieże antenowe,
- maszty antenowe,
- szafy RBS,
- maszty budynkowe,
- drabinki kablowe,
- zbrojenia ustojów.

W skład systemu uziomowego (według PN-T-45000-1 styczeń 1998) oprócz GSU będą wchodziły:

- części przewodzące dostępne – część przewodząca instalacji elektrycznej, która może być dotknięta i w warunkach normalnej pracy nie znajduje się pod napięciem, lecz może się znaleźć pod napięciem w warunkach uszkodzenia;
- części przewodzące obce – część nie będąca częścią instalacji elektrycznej, która może znaleźć się pod określonym potencjałem – zazwyczaj potencjał ziemi;
- pierścienie wyrównawcze – szyna wyrównawcza w kształcie pierścienia zamkniętego lub otwartego, ułożonego wzdłuż ścian pomieszczenia lub obiektu (por. także uwagi w podrozdz. 8.6);
- przewody PE – przewód użyty do uziemienia funkcjonalnego;
- uziemienie funkcjonalne TE – uziemienia stosowane w specjalistycznym budownictwie dla potrzeb radiofonii i telewizji a służące zapewnieniu prawidłowej i niezakłóconej pracy urządzeń i wyposażenia technologicznego; uziemienie to przez analogię dotyczy także obiektów RRL
- przewody uziomowe – przewód nieizolowany łączący uziom lub zespół uziomów z główną szyną uziemiającą lub zaciskiem uziemiającym;
- przewody wyrównawcze – przewód ochronny zapewniający wyrównanie potencjałów (por. także uwagi w podrozdz. 8.6);
- szyny wyrównawcze – zbiorczy przewód wyrównawczy;
- uziemienie – połączenie obiektu uziemianego z systemem uziemiającym;
- uziomy fundamentowe – uziom naturalny w postaci stopy lub ławy fundamentowej ze zbrojeniem przystosowanym do połączenia z przewodem uziomowym;
- uziomy otokowe – uziom poziomy ułożony w gruncie;
- uziemienia przeciwzakłóceńowe – uziemienie osłon ekranów i części metalowych obiektów telekomunikacyjnych w celu ich ochrony przed zakłóceniami (obniżenie poziomu szumów);
- uziomy – przedmiot lub zespół przedmiotów umieszczony w gruncie tworzący elektryczne połączenie z tym gruntem (ziemią);
- uziomy naturalne – zespół przedmiotów przewodzących umieszczonych w ziemi dla potrzeb innych niż instalacje elektryczne: rurociągi wodne i kanalizacyjne, gazowe itp. oraz zbrojenie betonu osadzonego w ziemi;
- uziom pionowy (szpilkowy) – uziom ułożony swym najmniejszym wymiarem prostopadle do powierzchni ziemi;
- uziomy sztuczne – przedmiot lub zespół przedmiotów przewodzących umieszczonych w gruncie specjalnie dla potrzeb instalacji elektrycznej i systemów uziemienia;
- zaciski uziemiające – zacisk przeznaczony do odłączenia uziemianych przedmiotów od uziomu przy pomiarze rezystancji uziemienia.

3.7.4. Sygnalizacja pracy urządzeń radiowych

Przy podejmowaniu decyzji o wprowadzeniu sygnałów pracy obiektów RRL oraz urządzeń zasilających i warunków panujących w pomieszczeniach lub kontenerach należy uwzględnić:

- wykorzystanie rezerwowych sygnałów w ramach istniejących systemów sterowania i nadzoru lub istniejącej sygnalizacji w obiekcie energetyki,
- możliwości natychmiastowej reakcji stałej obsługi lub dyżurnego wartownika ochrony danego obiektu (w przypadku sygnału pożaru – SP),
- drogi podstawowe i rezerwowe przekazywanych sygnałów z przystawek lub modemów sygnalizacyjnych.

Z urządzeń RRL oraz ich pomieszczeń wyprowadzane są sygnały miejscowe lub zdalne. Sygnały miejscowe wzrokowe i dźwiękowe związane są z pomieszczeniem w budynku lub kontenerem. Sygnały zdalne z reguły są przekazywane do poszczególnych służb utrzymania ruchu danej specjalności.

Wśród sygnałów związanych z obiektami RRL można wymienić sygnalizację:

- pożaru — SP (wraz z ewentualnym wskaźnikiem pożaru w danym pomieszczeniu — SPP),
- włamania — SW,
- awarii urządzeń radiowych — SA,
- alarmowego wyłączenia urządzenia — AW,
- uszkodzenia urządzenia (podzespołu) — UP,
- zaniku zasilania — SZZ,
- awarii klimatyzacji — AK,
- maksymalnej i minimalnej temperatury, a także (ewentualnie) dynamiki jej zmian w pomieszczeniach lub kontenerze – ST,
- uszkodzenia oświetlenia przeszkodowego – SOP.

Przy projektowaniu obiektu RRL w pierwszej kolejności należy wykorzystać istniejące systemy sygnalizacji, nadzoru, komputerowego monitoringu itp., w ramach rezerw istniejących urządzeń w obiekcie energetyki, a dopiero w przypadku braku możliwości należy zaprojektować dodatkowe urządzenie. W niektórych obiektach energetyki, gdzie są zainstalowane urządzenia radiowe, mogą być drogą radiową przekazywane sygnały:

- pożaru w obiekcie — do Państwowej Straży Pożarnej,
- ostrzegania obrony cywilnej — do Obrony Cywilnej.

Sygnały z obiektu RRL mogą być wyprowadzone:

- drogą radiową z wykorzystaniem własnych zasobów systemu RRL,
- innym systemem radiokomunikacyjnym.

W zależności od ważności obiektu RRL (np. dla RBS, CN i innych) należy wykorzystywać drogi komunikacji podstawowej i rezerwowej przekazywanych sygnałów. Jako podstawowe drogi komunikacji mogą służyć łącza radiowe (ŁR), a rezerwowymi środkami mogą być łącza dzierżawione lub ewentualnie system GSM (SMS, MMS czy GPRS).

3.8. Połączenia kablowe urządzeń radiowych

Urządzenia nadawcze z anteną są połączone⁴ standardowym systemem antenowym, który składa się z:

- kabli łączących (jumperów) – przy nadajniku i antenie,
- głównego kabla fiderowego (najczęściej koncentrycznego),
- złączy koncentrycznych,
- elementów wyrównania potencjałów odgromowych,
- obejm mocujących kable – uchwytów kablowych,
- anten.

Dodatkowo system RRL może być uzupełniony o:

- dodatkowe urządzenia radiowe – dipleksery, wzmacniacze, dzielniki mocy, tłumiki itp. elementy.
- powiązania strukturalne z siecią telekomunikacyjną (centrale i pulpity dyspozytorskie przystosowane do współpracy z systemem DIGICOM 7).

W miarę możliwości i potrzeb należy rozważyć stosowanie kabli niepalnych.

3.8.1. Stanowiskowe i antenowe kable łączące – jumpery

W celu połączenia urządzeń nadawczych, terminali, radiotelefonów czy też elementów dodatkowych z głównym kablem zasilającym z jednej strony lub anteną lub systemem anten z drugiej strony kabla, stosuje się stanowiskowe (antenowe) kable jumperowe.

Kable te z reguły mają długość 1, 1,5, 2, 3 lub 6 m i zakończone są standardowymi złączami fabrycznymi typu 7-16 DIN lub N. Złącza składają się z wtyku i gniazda, czyli tzw. końcówki „męskiej” i „żeńskiej”.

W zależności od przyjętej standaryzacji fabryczne kable łączące posiadają na obu końcach wtyki „męskie” lub z jednej strony „męski” a z drugiej „żeński”.

Długość jumperów dobiera się indywidualnie w zależności od rozmieszczenia wzajemnego urządzeń RRL w pomieszczeniach lub kontenerach. Należy pamiętać, że tłumienność toru kablowego jest uzależniona od długości jumpera i z tego względu należy unikać przekraczania ich długości ponad 3 m.

Wzajemne usytuowanie urządzeń może spowodować, że *jumper* stanowi odcinek łuku i wówczas należy zwrócić uwagę, aby złącze było na prostym odcinku kabla.

W wyjątkowych przypadkach, gdzie odległość pomiędzy RBS i antenami jest bardzo mała (rzędu kilku lub kilkunastu metrów), a kable stosunkowo cienkie, w celu uproszczenia połączenia można zrezygnować z zastosowania jumperów.

⁴ Temu zagadnieniu poświęcone są także rozdziały 2 i 8 oraz załącznik IX.

W przypadku większej liczby jumperów należy ich przebieg uporządkować spinając je we wiązki za pomocą opasek samozaciskowych i odpowiednio oznakować.

3.8.2. Główny kabel antenowy (fider)

Kabel główny stosowany jest do połączenia urządzeń radiowych z antenami. Typowo jego długość jest zbliżona do wysokości antenowego obiektu wolno stojącego. Powszechnie stosuje się kable o wymiarach 1/2", 7/8", 1 1/4" i 1 5/8" (Tabela 3.2). Z uwagi na współosiową budowę przy ich układaniu nie można przekroczyć dopuszczalnego promienia gięcia oraz maksymalnej odległości pomiędzy uchwytami mocującymi – patrz instrukcja montażu kabli danego producenta. Należy zaznaczyć, że przy kolejnym zginaniu kabla promień ten zwiększa się od 60% do 85%.

Przekroczenie dopuszczalnego promienia gięcia kabla może spowodować uszkodzenie mechaniczne lub może spowodować utratę właściwości elektrycznych kabla⁵.

Przy projektowaniu tras dla kabli głównych należy rozpatrzyć zagadnienia:

- wyboru najkrótszej trasy pomiędzy urządzeniem RRL a anteną (w celu zmniejszenia tłumienności),
- lokalizacji wspólnego „wejścia” – przepustu kablowego w pomieszczeniu lub kontenerze w celu zmniejszenia zakłóceń elektromagnetycznych EMI, zgodnie z Rys. 3.4 (według PN-IEC 60364-4-444:2001).

Wspólny dla wielu kabli przepust kablowy ograniczy liczbę przegród przeciwpożarowych.

- lokalizacji dodatkowych kabli rezerwowych dla ewentualnej rozbudowy RBS,
- lokalizacji pozostałych instalacji w pomieszczeniu lub kontenerze, aby nie kolidowały z trasami kabli głównych.

Podczas układania kabli głównych należy:

- przestrzegać dopuszczalnych temperatur montażu wynikających z wymagań producenta,
- przestrzegać zalecanych maksymalnych odległości pomiędzy uchwytami kablowymi w ułożeniu pionowym i poziomym, wynikających z wymagań producenta (w granicach od 0,6 do 1,5 m),
- stosować uchwyty umożliwiające systematyczne sprawdzanie stanu dokręcenia śruby w celu zapobieżenia poluzowaniu się kabli,
- stosować uchwyty kablowe zapewniające możliwość przyszłej rozbudowy systemu. Proponuje się w miarę możliwości stosować uchwyty podwójne a nawet potrójne z zastosowaniem właściwych podkładek dystansowych; jednakże dla kabli o średnicy ponad 7/8" układanie kabli w uchwytach potrójnych jest bardzo trudne,

⁵ Uwagi na ten temat zamieszczono także w rozdz. 8

- stosować uchwyty kablowe wytwarzane przez producenta kabli z przeznaczeniem do danego typu kabla oraz warunków montażu,
- nie stosować uchwytów kablowych, w których kabel jest unieruchomiony tylko za pomocą wcisku bez blokady wypięcia.

Uwaga: Rozwiązanie to jest zabronione!

- układać kable zawsze równoległe do siebie,
- stosować osprzęt zalecany przez producentów kabli – „pończochy” do wciągania kabli, rolki, wciągarki, w taki sposób, aby nie dopuścić do uszkodzenia izolacji kabla i jego rozciągnięcia,

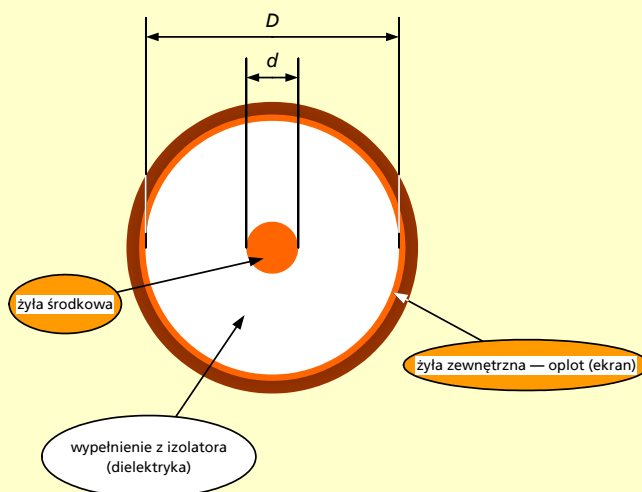
Uszkodzenie kabla w trakcie prac instalacyjnych polegające na przegięciu, ściśnięciu lub rozciągnięciu dyskwalifikuje ten odcinek.

- unikać układania kabli na tylnej części drabiny wjazdowej. Jeśli zajdzie taka potrzeba to należy je tak oddalić, aby odległość od drabiny wjazdowej wynosiła minimalnie 15 cm,
- sprawdzić po ułożeniu czy kable nie mają kontaktu z metalowymi częściami konstrukcji, elementami klimatyzacji, pomostami spocznikowymi, stopniami drabin wjazdowych itp. (aby wykluczyć możliwości ich przypadkowego uszkodzenia),
- zamontować poprawnie wypełnienie przepustu kablowego,
- po ułożeniu toru kablowego wykonać pomiary.

Tabela 3.2. Najczęściej stosowane kable koncentryczne

Producent	Typ	Wymiar	Masa [kg/m]	Minimalny promień gięcia [mm]	Odległości uchwytów mocujących [m]
Andrew	FSJ4-50B	1/2"	0,21	32	0,6 – 0,8
Andrew	LDF4-50A	1/2"	0,22	125	0,6 – 0,9
Andrew	LDF5-50A	7/8"	0,49	250	1,2 – 1,5
Andrew	LDF6-50A	1 1/4"	0,94	380	0,6 – 0,9
Andrew	LDF7-50A	1 5/8"	1,2	510	0,9 – 1,9
RFS	LCF12 – 50	1/2"	0,22	70	0,6 – 1,0
RFS	LCF158 – 50	1 5/8"	1,53	500	1,2 – 1,5
Acame	M2839 Z	1/2"	0,22	35	0,6 – 1,0
Acame	M2939 Z	1 5/8"	1,448	300	0,6 – 1,0
Eupen	5128	1/2"	0,24	200	0,6

Wymiar kabla podawany w calach nie oznacza jego średnicy zewnętrznej (z uwzględnieniem płaszczka), lecz wewnętrzną średnicę rury tworzącej przewód zewnętrzny, zwany ekranem. Jest to zatem rozmiar D na poniższym rysunku:



W przypadku kabli koncentrycznych o karbowanym przewodzie zewnętrznym wymiar ten oznacza uśrednioną wartość średnicy D .

3.8.3. Oznakowanie kabli

W celu umożliwienia łatwej identyfikacji kabli systemu antenowego należy przyjąć jednolity system ich oznakowania wynikający z dokumentacji wg zestawienia kabli. Oznaczniki kabli muszą być trwałe, czytelne i łatwe w montażu. Na kablach systemu antenowego oznaczniki kabli należy przypinać za pomocą czarnych opasek samozaciskowych. Oznaczniki oraz opaski muszą być odporne na działanie warunków atmosferycznych, szczególnie promieniowania ultrafioletowego. W przypadku stwierdzenia podczas przeglądów braku oznaczników oraz opasek należy je zawsze uzupełnić.

Wymagane jest znakowanie kabli systemu antenowego na obu końcach przed złączami. W przypadku, gdy anteny są zamontowane bardzo wysoko, oznaczniki kablowe mogą być zamocowane na konstrukcji wsporczej.

3.8.4. Złącza koncentryczne

Złącza są elementem najbardziej awaryjnym, najczęściej narażonym na uszkodzenia. Jakość i trwałość całego systemu w dużym stopniu zależy od jakości złączy. Ze względu na budowę rozróżniamy złącza typu „męskiego” oraz „żeńskie”.

Do obudowy toru kablowego używa się złączy typu 7-16 DIN. W instalacjach wewnętrznych mogą być stosowane złącza typu N.

W profesjonalnych instalacjach pierwszeństwo stosowania mają złącza standardu DIN 7-16. Charakteryzują się one lepszymi parametrami do pracy na zewnątrz, a co najważniejsze, większą odpornością na powstawania zakłóceń intermodulacyjnych (por. podrozdział 12).

Podczas montażu złączy należy:

- b e z w a r u n k o w o zapoznać się z instrukcją i zaleceniami producenta złącza,
- przestrzegać właściwych wymaganych warunków atmosferycznych,
- przewidzieć, że połączenie ma przypadać na prostym odcinku kabla oraz że powinno być miejsce na wykonanie izolacji złącza.

Przy projektowaniu i wykonawstwie należy zwrócić uwagę, aby dobrane złącza były dedykowane dla danego typu kabla. rzadko zdarza się, by można było bez negatywnych konsekwencji zastosować złącza innego producenta.

Złącza są narażone na drgania mechaniczne, niekorzystne warunki atmosferyczne (m.in. wilgoć) oraz zabrudzenie. Produkowane są w wersji wodoszczelnej z przeznaczeniem do montażu na wieżach i masztach antenowych. W celu zapewnienia sztywności oraz uniezależnienia się od niekorzystnych warunków zewnętrznych należy stosować dodatkową izolację. Do połączeń *jumper-RBS*, innych urządzeń i elementów teletechnicznych w pomieszczeniach wewnątrzbudynkowych (typu *in-door*) oraz na zewnątrz budynków (typu *out-door*), dodatkowa izolacja jest zbędna.

Do wykonania izolacji należy stosować taśmy izolacyjne, koszulki termokurczliwe (odpowiednich średnic), koszulki samozaciskowe na zimno oraz materiały samospajalne. Izolacje powinny być odporne na niekorzystne warunki atmosferyczne, w tym szczególnie na promieniowanie ultrafioletowe. Konieczne jest przestrzeganie instrukcji producenta kabla i stosowanie profesjonalnych zestawów izolacyjnych przeznaczonych do tego celu.

Procedura wykonania poprawnej izolacji za pomocą fabrycznego zestawu wydaje się żmudna i przesadzona; poprawne wykonanie izolacji wymaga przy tym pewnej wprawy. Prowadzi to często do różnego rodzaju uproszczeń, do stosowania taśmy do szybkich napraw izolacji w przewodach samochodowych włącznie.

Tego rodzaju uproszczenia są niedopuszczalne! Każdy element zestawu uszczelniającego jest drobiazgowo przemyślany, stosowane są materiały bardzo wysokiej jakości, każdy krok procedury montażu musi być ściśle wykonany. Zaniechanie jakiegokolwiek z tych elementów skutkuje po pewnym czasie pogorszeniem parametrów łączności, a najczęściej wymianą kabla.

Przy izolacji złącza należy pamiętać o takim jego wykonaniu, aby w przyszłości możliwy był jak najłatwiejszy demontaż. W tym celu należy⁶:

1. przed nałożeniem taśmy samospajalnej owinać złącze jedną cienką warstwą taśmy PCW,
2. następne warstwy owijają przy pomocy taśmy samospajalnej nakładając je kolejno na zakładkę w przeciwnych kierunkach,
3. stosować taśmy o szerokości 5 – 6 cm,
4. nawinać spiralnie 3 – 5 warstw taśmy.

3.8.5. Elementy uziemienia systemu antenowego

W celu wyrównania potencjałów oraz by nie powstała pętla redukcyjna niwelująca skuteczność działania uziemienia (duża reaktancja) należy przy elementach systemu antenowego stosować odpowiednie połączenia wyrównawcze (por. także podrozdział 8.6), nazywane (nieprawidłowo) uziemianiem systemu antenowego.

Prawidłowe wykonanie tych połączeń ma istotny wpływ na poprawną pracę urządzeń RRL oraz minimalny poziom zakłóceń elektromagnetycznych.

Liczba przewodów wyrównawczych, które należy zastosować, jest zależna od:

- długości tras głównych kabli,
- rodzaju drogi kablowej (kanał otwarty, przykryty),
- lokalizacji anten.

Do uziemienia systemu antenowego należy stosować fabryczne elementy producenta kabli zależnie od przekroju kabli koncentrycznych i rodzaju anten. Istotnym elementem jest także odpowiednie zaizolowanie linek wyrównawczych.

Do wyrównywania potencjałów między konstrukcją wsporczą a kablem koncentrycznym należy stosować tylko zestawy uziemiające producentów kabli.

Rozwiązanie uziemienia systemu antenowego jest uzależnione od:

- liczby członów konstrukcji,
- wysokości konstrukcji z uwagi na ochronę odgromową dla obiektów o wysokości: do 60 m lub powyżej 60 m,
- stanu technicznego istniejących zewnętrznych urządzeń piorunochronnych,
- rodzaju konstrukcji drabinek lub tras kablowych,
- wymiarów i usytuowania obiektu,
- gęstości wyładowań doziemnych,
- klasyfikacji obiektu o zwiększonym zagrożeniu.

Zagadnienia ochrony odgromowej obiektów RRL są opracowane w rozdz. 5.4.2 i 5.5.1.

⁶ Jest to uogólnione streszczenie procedur podawanych przez producentów — w każdym przypadku należy bezwzględnie przestrzegać przepisu fabrycznego!

Połączenia wyrównawcze muszą być wykonane:

- za kablem koncentrycznym antenowym na prostym odcinku kabla. Zabronione jest wykonywanie kabla na łuku (ale pożądane przed łukiem);
- przed wprowadzeniem kabla koncentrycznego do budynku;
- przed każdą zmianą kierunku ułożenia o kąt 90° (w poziomie i w pionie), ale nie częściej niż co 6 m pomiędzy punktami uziemiającymi;
- zawsze przed zejściem z pionowej drogi kablowej wieży/masztu na poziomy most kablowy (zmiana kierunku w pionie o kąt 90°) oraz przed zejściem z dachu na elewację boczną (nawet pomimo istnienia punktu uziemiającego przed wejściem do pomieszczenia/kontenera) w odległości mniejszej niż 6 m;
- wewnątrz pomieszczenia/kontenera – zaleca się uziemić złącze pomiędzy kablem koncentrycznym np. za pomocą obejmy z taśmy stalowej;

Aby nie tworzyły się sople lodu przewód łączący punkt uziemiający kabla koncentrycznego z przewodem TE musi być ułożony w kierunku ku ziemi. Jednocześnie takie ułożenie sprawia, że nie powstaje pętla indukcyjna (o dużej reaktancji), która niweluje skuteczność działania systemu wyrównującego potencjał, gdyż w przeciwnym wypadku może w tym miejscu nastąpić przeskok napięcia z wyładowania atmosferycznego z przewodu wyrównawczego na element sieci RRL.

- aby maksymalna odległość pomiędzy punktami uziemiającymi dla pionowo ułożonych kabli koncentrycznych na wieżach stalowych nie była większa niż 25 m, zaś dla wież żelbetowych, z tworzyw sztucznych, kominów itp. nie większa niż 15 m;
- gdy kable główne są montowane na galerii lub pod nią i opasują komin lub wieżę — gdy kable zmieniają kierunek o kąt 90° w płaszczyźnie pionowej i nie częściej niż co 6 m pomiędzy uziemieniem funkcjonalnym TE;
- gdy kable koncentryczne są zamocowane poziomo na dachu bez żadnej ochrony (w postaci pokryw na drodze kablowej) – co 20 m oraz przed każdą zmianą kierunku w poziomie o kąt 90° , ale nie częściej niż co 6 m;
- gdy kable koncentryczne są zamocowane poziomo na dachu w przykrytym kanale kablowym, stalowe przykrywy kanału kablowego muszą być podłączone do instalacji odgromowej budynku nie rzadziej niż co 20 m. W takim przypadku przewód zewnętrzny kabla koncentrycznego musi być uziemiony co najmniej za jumperem antenowym, co każde 25 m długości; także przed wejściem kabla koncentrycznego do pomieszczenia, na złączu wewnątrz pomieszczenia lub przed jumperem w przypadku stacji RBS na zewnątrz (typu *out-door*);
- gdy kable koncentryczne są ułożone poziomo na płaskim równym dachu bez żadnych wyższych obiektów jak: kominy, szyby windowe itp., należy rozważyć budowę zakrytej drogi kablowej w celu teoretycznego wyeliminowania możliwości bezpośredniego uderzenia pioruna w system antenowy;

- należy zabezpieczyć miejsce przykręcenia przewodu do zestawu uziemiającego smarem grafitowym.

W istniejących obiektach energetyki wykonanie przewodu uziemienia funkcjonalnego TE oraz całego systemu uziomowego dla urządzeń RRL może być utrudnione ze względów estetycznych wynikających z istniejącej elewacji budynku; stąd dopuszcza się łączenie go z systemem ochrony odgromowej. Warunkiem wspólnego połączenia systemu uziomowego z systemem ochrony odgromowej jest:

- pozytywna opinia po wykonaniu sprawdzenia technicznego systemu ochrony odgromowej,
- porównanie przekroju zwodów z wymaganym przekrojem przewodu uziemienia funkcjonalnego TE,
- zapewnienie ciągłości elektrycznej i wytrzymałości mechanicznej.

Można także łączyć system uziomowy z odgromowym na obiekcie żelbetowym, jeśli zostanie on sprawdzony na podstawie dokumentacji i pomiarów. Do wymogów należą następujące kryteria:

- 50% prętów pionowych i poziomych ma połączenie spawane lub solidnie powiązane,
- pręty pionowe są spawane lub zachodzą na siebie na długość równą, co najmniej 20-krotnej ich średnicy i są solidnie powiązane,
- zapewniona jest ciągłość galwaniczna stali zbrojeniowej między poszczególnymi prefabrykowanymi elementami zbrojonego betonu.

W obiektach RRL nie powinno się łączyć uziemienia funkcjonalnego TE z ochroną odgromową i nie należy go wprowadzać do pomieszczeń technologicznych.

Przewód TE należy prowadzić bez względu na typ wieży antenowej, komina czy innej konstrukcji od najwyższego punktu zainstalowanego sprzętu urządzeń RRL i oświetlenia przeszkodowego. Przewód TE powinien posiadać przekrój poprzeczny 20×3 mm FeZn lub być wykonany z izolowanej linki miedzianej o powierzchni przekroju 50 cm^2 . Powinien posiadać wypadkową rezystancję uziemienia poniżej 10Ω .

3.8.6. Anteny

W fazie koncepcji systemu trunkingowego oprócz szeregu parametrów mających wpływ na jakość funkcjonowania systemu RRL, jest istotny właściwy dobór anten nadawczych i odbiorczych.

Przy doborze typu anten, które mają być zastosowane na danym obiekcie, należy uwzględnić:

- założenia planistyczne pokrycia propagacji fal (spotykany promień komórki 10 – 30 km),
- parametry techniczne anteny,
- wymiary geometryczne anteny lub zestawu anten,
- przewidywany zasięg obszaru o gęstości mocy większej od $0,1 \text{ W/m}^2$ (ze względu na przepisy ochrony środowiska),

- separację przestrzenną miejsc przebywania ludzi i obszaru zbyt intensywnego poziomu wypromieniowanych pól,
- warunki dostępu służb eksploatacji i osób postronnych.

Producenci anten wraz z szybkim rozwojem techniki radiowej wprowadzają coraz to nowe kształty, modele i typy anten, które posiadają lepsze parametry techniczne. Wpływają one pośrednio także na mniejsze obszary ponadnormalnego oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego w przekroju pionowym. Najczęściej w obiekcie systemu RRL instaluje się anteny firm: *Kathrein, Cellwave, Lannion, Andrew*.

Karty katalogowe anten powinny być załączone w dokumentacji przechowywanej w stacji RBS, a ich typy oraz wysokości zawieszenia powinny zostać zawarte w załączonych tablicach 1 i 2 (patrz Załącznik VII).

Przed montażem anteny należy:

- zachować ostrożność podczas wyjęcia jej z kartonu lub obudowy ochronnej,
- dokonać przeglądu czy podczas transportu lub przechowywania nie powstały zdrapania powierzchni reflektora, ścianek bocznych i membrany,
- w miarę możliwości sprawdzić dopasowanie anteny (por. załącznik IX).

Anteny uszkodzone i z wyraźnie przekroczonym WFS nie mogą być dopuszczone do pracy w systemie RRL.

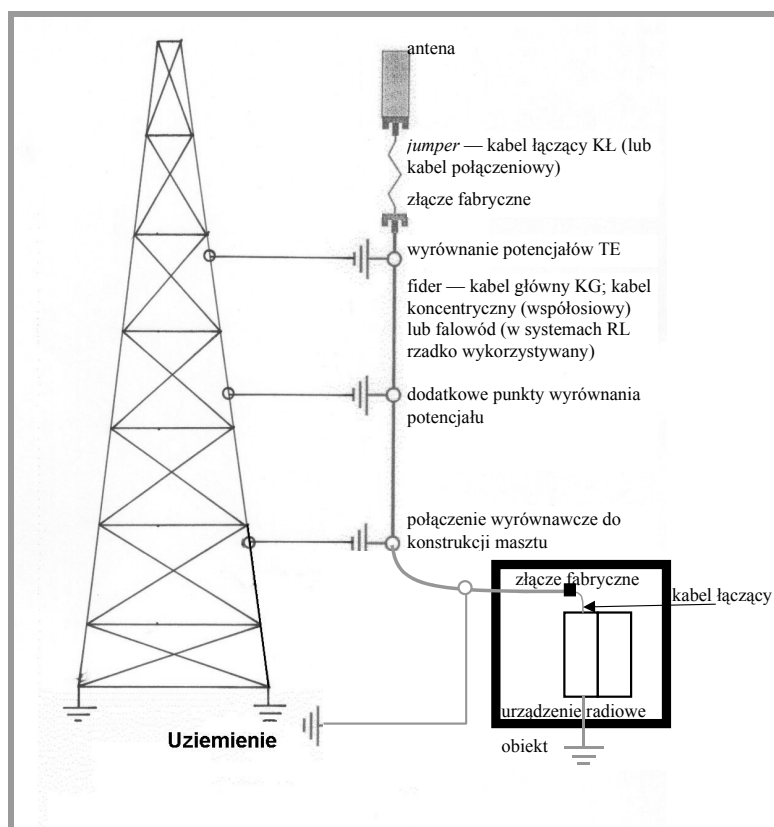
Podczas instalowania anten należy:

- ustalić azymut maksymalnego promieniowania anteny,
- mocować ją przy pomocy uchwytów dostarczonych przez ich producenta, które dają możliwość mechanicznego pochylenia anteny (rozwiązanie zalecane dla anten o charakterystyce poziomej niedookólnej),
- sprawdzić ich pionowe zamocowanie przy użyciu poziomnicy z tolerancją 1° w obie strony od pionu (można użyć teodolitu),
- nie dopuścić, by podczas montażu wystąpiły na uchwytach jakiegokolwiek naprężenia mechaniczne,
- dokonać regulacji poziomych kierunków anten zgodnie z projektem sieci radiowej z tolerancją 5° w obie strony,
- przeprowadzić regulację obniżania mechanicznego anten zgodnie z parametrami sieci radiowej. Sprawdzić kąt ochrony odgromowej dla elementów wsporczych i samej anteny. W przypadku, gdyby nie była zachowana strefa ochronna, należy wymienić iglicę odgromową na wyższą lub zastosować dodatkowe pręty ochronne skierowane w innym kierunku niż pionowy,
- uziemić konstrukcję wsporczą anteny,
- uziemić część mocującą antenę do konstrukcji wsporczej za pomocą uchwytów fabrycznych,
- zabezpieczyć złącza fabryczne łączące antenę z kablem koncentrycznym dodatkową izolacją zgodnie z opisem w podrozdz. 3.8.2,
- po zainstalowaniu anteny przeprowadzić pomiary przewidziane według rozdz. 8,

- zainstalować „wąsy” systemu odgromowego wokół anten zgodnie z projektem powyżej i poniżej anteny tak, aby odległość kątowna w obu płaszczyznach od osi wiązki radiowej wyniosła co najmniej kilkanaście stopni.

3.9. Trasy kablowe

Kable radiokomunikacyjne wychodzące z RBS są prowadzone: w ścianach, na drabinach kablowych, w osłonach, na uchwytach, w kanałach kablowych oraz w podłogach technologicznych (Rys. 3.5).



Rys. 3.5. Schemat trasy kablowej fidera antenowego

3.10. Linie kablowe dzierżawione i własne

W CN współpracującym z maksymalnie 16 RBS⁷ jest zainstalowana matryca komutacyjna, która oprócz ustawienia połączeń pomiędzy poszczególnymi stacjami RBS, ma za zadanie zestawienie połączenia z zewnętrzną siecią telekomunikacyjną. W poszczególnych RBS ważne sygnały są przekazywane drogą radiową (ŁR) do oddziałów eksploatacji poprzez przełącznicę główną. Połączenia węzła CN z centralą abonencką, która przeważnie znajduje się w budynkach energetyki, są różne i mogą przekraczać odległości nawet

⁷ Możliwe są rozwiązania specjalne, w których ta liczba jest większa.

20 km. Odległości połączeń przełącznicy głównej z stacją RBS są rzędu kilkunastu lub kilkudziesięciu metrów.

Dobór typów kabli jest uzależniony od liczby przekazywanych połączeń i sposobu ich ułożenia. Do tych połączeń należy stosować kable:

- zakończeniowe małej częstotliwości o izolacji i powłoce poliwinylowej, ekranowane, np. YTKZYeKw,
- stacyjne małej częstotliwości o izolacji i powłoce poliwinylowej o wspólnym ekranie na ośrodku, np. YTKSYeKw,
- miejscowe z wiązkami czwórkowymi, pęczkowe o izolacji z polietylenu jednolitego i powłoce polietylenowej z zaporą przeciwwilgociową, wypełnione, np. XzTKMXpw lub z izolacją polietylenu piankowego, np. XzTKMXpwFtlx,
- miejscowe samonośne z wiązkami czwórkowymi pęczkowe, o izolacji polietylenowej i powłoce polietylenowej z zaporą przeciwwilgociową, wypełnione, np. XzTKMXpwn lub warstwowe, np. XzTKMwXwn,
- miejscowe z wiązkami czwórkowymi, warstwowe, o izolacji polietylenowej, jednolitej, o powłoce polietylenowej z zaporą przeciwwilgociową, wypełnione, opancerzone taśmami stalowymi lakierowanymi z osłoną polietylenową, np. XzTKMwXwFHx,
- międzymiastowe typu TKD.

Do połączeń pomiędzy matrycą przełączającą w węźle CN, centralą abonenczką, przełącznicą główną w obiekcie oraz centralką włamania i pożaru należy stosować następujące kable:

- YTKZYeKw – do zakończenia telekomunikacyjnych kabli miejscowych w matrycy przełączającej oraz przełącznicy głównej,
- YTKSYeKw – do połączeń pomiędzy RBS i przełącznicą główną oraz przełącznicą główną i centralkami włamania i pożaru – połączenia w budynkach,
- XzTKMXpw – do połączeń między matrycą przełączającą a centralą abonencką przy niewielkich odległościach, które są prowadzone w kanałach kablowych lub bezpośrednio w ziemi o małym zagrożeniu uszkodzeniem mechanicznym,
- XzTKMXpwFtLx – jak wyżej, lecz o dużym zagrożeniu uszkodzeniem mechanicznym,
- XzTKMXwn lub XzTKMwXwn – do połączeń elementów RRL pomiędzy budynkami, kontenerami stacji RBS a węzłem CN zlokalizowanym w obiekcie w stacjach WN, ZDR i RDR.

W celu zachowania wymaganych parametrów technicznych, podczas montażu należy zachować promienie gięcia tych kabli, które są zawarte od 10 do 20-krotności średnicy kabla.

Poszczególne kable posiadają różne wartości parametrów charakteryzujących ich własności, tzn.: rezystancji pętli żył, pojemności skutecznej oraz tłumienności toru, zależnie od długości łącza.

W połączeniach w ramach tego samego obiektu minimalna średnica żył kabli, chociażby z uwagi na warunki mechaniczne, powinna wynosić 0,5 mm.

Przy większych odległościach do CN oraz central abonenckich są wykorzystywane połączenia przy pomocy sieci stanowiącej własność:

- przedsiębiorstw energetycznych,
- Telekomunikacji Polskiej,
- TelEnerg
- innych właścicieli (przypadek rzadko spotykany).

Przy projektowaniu tych połączeń należy przeanalizować możliwość wykorzystania istniejących sieci stanowiących własności energetyki zawodowej i ograniczać długości łącza do maks. 10 km.

Linie kablowe są bardzo często narażone na uszkodzenia mechaniczne oraz na zakłócenia elektromagnetyczne.

Na terenie miast oraz miejscowości o zabudowie zwartej, willowej lub osiedlowej o uporządkowanym charakterze ulic, kable miedziane układa się bezpośrednio w kanalizacji pierwotnej wykonanej z rur z polichlorku winylu PCW, polipropylenu PP oraz polietylenu PE. Stwarza to ochronę kabla przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz pozwala na późniejsze wykorzystanie kanalizacji w przypadku instalacji nowych kabli. Na terenach niewymagających stosowania kanalizacji pierwotnej kabel miedziany układany jest bezpośrednio w ziemi z zachowaniem odpowiedniej głębokości i oznaczeń. Do oznaczenia tak położonego kabla używa się polietylenowej taśmy w kolorze żółtym z napisem *UWAGA! KABEL TELEKOMUNIKACYJNY*, która układana jest nad kablem w celu ostrzeżenia o zakopanym kablu.

W ramach dzierżawionych kabli od Telekomunikacji Polskiej łącze może być zrealizowane na bazie telekomunikacyjnego kabla dalekosiężnego o izolacji papierowej i powłoce ołowiowej, np.: TKDF1, w którym będą dzierżawione pary dla potrzeb energetyki. Rozwiązanie takie będzie miało miejsce w przypadku braku innych możliwości technicznych. Z uwagi na koszty dzierżawy ponoszone przez jednostkę energetyki, takiego rozwiązania łącza należy unikać.

Wszystkie kable telekomunikacyjne współpracujące z systemem RRL zaleca się zabezpieczyć natryskiem z farby ppoż.

3.11. Łącza radiowe (ŁR)

Długość łącza ŁR (linii radiowych) w dużym stopniu zależy od:

- przekroju topograficznego pomiędzy punktem A i B (końcami łącza),
- wysokości zawieszenia anten,
- typów (średnic i związanych z tym zysków energetycznych) anten.

W praktyce łącza ŁR projektowane są na odległości do 30 km. Dłuższe ŁR są najczęściej nieuzasadnione ze względów ekonomicznych.

Głównymi parametrami linii radiowych są:

- częstotliwość pracy,
- przepływność,
- stosowana modulacja,
- szerokość kanału radiowego,
- moc wyjściowa nadajników,
- czułość odbiorników przy założonej bitowej stopie błędów.

W celu zapewnienia właściwej jakości pracy łącza stosuje się różne systemy zabezpieczeń:

- gorąca rezerwa (ang. *Hot Stand-by Protection*),
- odbiór zbiorczy przestrzenny (ang. *Space Diversity*),
- odbiór zbiorczy częstotliwościowy (ang. *Frequency Diversity*).

3.12. Łącza światłowodowe

Kabel optotelekomunikacyjny na terenie miejskim i zabudowanym układa się w kanalizacji wtórnej, która znajduje się w kanalizacji pierwotnej. Przez kanalizację pierwotną rozumnie się kanalizację kablową, do której wprowadza się kable telekomunikacyjne lub rury kanalizacji wtórnej.

Kanalizacja wtórna jest to zespół rur, które zaciąga się do otworów kanalizacji pierwotnej, stanowiących dodatkowe zabezpieczenie kabli optotelekomunikacyjnych. Do kanalizacji pierwotnej wprowadza się rury kanalizacji wtórnej, w których bezpośrednio instaluje się światłowody. W jednej rurze kanalizacji wtórnej może znajdować się tylko jeden kabel światłowodowy. Na terenach pozamiejskich nie jest wymagane prowadzenie kanalizacji pierwotnej. W tym wypadku kable optotelekomunikacyjne układa się tylko w kanalizacji wtórnej tworząc tzw. rurociągi kablowe. Również każdy kabel światłowodowy prowadzony jest wówczas w oddzielnej rurze.

Łącza światłowodowe są mniej narażone na uszkodzenia mechaniczne oraz posiadają lepsze parametry zakłóceń – są całkowicie odporne na zakłócenia elektromagnetyczne.

Łącza światłowodowe są realizowane przy pomocy kabli optycznych. W zależności od miejsca ułożenia stosuje się kable:

- NXOTKtd – na obiektach,
- XOTKtdDX – na liniach NN, WN itp.

Kable światłowodowe dla linii energetycznych można podzielić na trzy główne kategorie:

- skojarzone z linką (wewnątrz linki odgromowej lub fazowej),
- podwieszane (owijane),
- samonośne.

Trakty na napowietrznych liniach energetycznych są budowane z kabli:

- OPGW (ang. *Optical Ground Wire*) — światłowody w linkach odgromowych,
- OPPC (ang. *Optical Phase Cable*) — światłowody w przewodach roboczych (fazowych),
- ADSS (ang. *All Dielectric Self-Supporting*) — samonośne napowietrzne kable światłowodowe o konstrukcji dielektrycznej,
- AD-LASH (ang. *All Dielectric Lashed*) — dielektryczne kable światłowodowe podwieszane pod linkami odgromowymi oraz przewodami roboczymi linii energetycznych,
- MASS (ang. *Metalic Areal Supporting Cable*) — samonośne światłowodowe przewody staloaluminiowe.

Na charakterystykę włókna składają się takie parametry jak:

- tłumienność,
- wielkość dyspersji,
- modowość,
- robocza długość fali.

Wybór typu kabla do instalacji na linii energetycznej jest uwarunkowany między innymi:

- sposobem jego instalacji, który wymaga wyłączenia linii na czas prac instalacyjnych,
- kosztem kabla,
- wymaganiami mechanicznymi na konstrukcję wsporcza,
- wymaganą liczbą włókien,
- możliwością konserwacji.

Przy układaniu kabli światłowodowych należy spełnić następujące wymagania:

- koniecznie wykonać zapas kablowy,
- dobrać odpowiednie siły rozciągania kabla samonośnego na linach,
- dopuszczalna odległość przeseł linii WN mieści się w granicach od 500 do 700 m,
- dopuszczalny promień gięcia waha się od 270 do 310 mm,
- liczba włókien winna wynosić od 24 do 36,
- dopuszczalne zakresy temperatur powinien mieścić się w poniższych granicach przy:
 - pracy od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 - montażu od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $50\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 - przechowywaniu od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.12.1. Rozwiązania wykorzystujące kanalizację pierwotną i wtórną

W przypadku rozwiązań wykorzystujących kanalizację pierwotną i wtórną, do budowy kanalizacji pierwotnej wykorzystuje się rury z polichlorku winylu

PCW, polipropylenu PP, polietylenu PE lub z innego materiału o nie gorszych właściwościach. W miejscach szczególnie zagrożonych możliwością uszkodzeń mechanicznych lub oddziaływań niebezpiecznych powodowanych przez urządzenia elektroenergetyczne stosuje się rury stalowe.

Typowo kanalizację pierwotną stanowi rura o średnicy 100 i 110 mm i grubości ścianki nie mniejszej od 3 mm, co umożliwi prawidłowe ułożenie kanalizacji wtórnej z rur o średnicy 32 lub 40 mm oraz bezpośrednio układanie kabla telekomunikacyjnego. Kanalizację pierwotną magistralną lub rozdzielczą buduje się na terenie miast oraz innych miejscowości o zabudowie zwartej, willowej lub osiedlowej o uporządkowanym charakterze ulic (wykonane jezdnie i chodniki). W tunelach, na mostach, wiaduktach oraz wewnątrz budynków układa się kanalizację pierwotną wykonaną z rur trudnopalnych.

Rury kanalizacji pierwotnej układa się na takiej głębokości, aby najmniejsze przykrycie liczone od poziomu nawierzchni do górnej powierzchni kanalizacji wynosiło dla:

- kanalizacji magistralnej: 0,7 m,
- kanalizacji rozdzielczej: 0,5 m.

W przypadku przejść pod jezdnią bez linii tramwajowej oraz przy kanalizacji ułożonej w międzytorzu linii tramwajowej głębokość ułożenia jest taka, aby pokrycie nie było mniejsze od 0,8 m, a pod torami tramwajowymi — mniejsze od 1 m. W sytuacjach uzasadnionych trudnościami technicznymi dopuszcza się zmniejszenie głębokości ułożenia kanalizacji pod warunkiem jej odpowiedniego zabezpieczenia, np. ławą betonową lub wykonania kanalizacji z grubościennych rur z tworzywa sztucznego bądź rur stalowych. Grubość warstwy przykrycia kanalizacji powinna wynosić co najmniej 0,2 m.

Kable optotelekomunikacyjne prowadzi się w kanalizacji pierwotnej w rurach kanalizacji wtórnej. Podstawowym elementem kanalizacji wtórnej jest rura z polietylenu o dużej gęstości RHDPE (ang. *Recycled High-Density PolyEthylene*) o średnicy 32, 40 lub 50 mm. Rury takie wykorzystywane są również do budowy rurociągów kablowych (instalacja rur kanalizacji wtórnej bezpośrednio w ziemi), a także części kanalizacji rozdzielczej. Kanalizacja wtórna umożliwia wykorzystanie otworów kanalizacji pierwotnej do bezpiecznego ułożenia, w odrębnych kanałach, kilku kabli optotelekomunikacyjnych. Kanalizacja wtórna jest również wykorzystana do ułożenia innych kabli telekomunikacyjnych (np. kabli telewizji kablowej). Kanalizacja ta powinna umożliwiać maksymalne wykorzystanie otworów kanalizacji pierwotnej. W zależności od stanu technicznego kanalizacji pierwotnej do wolnych otworów zaciąga się od 2 do 4 wiązek rur polietylenowych kanalizacji wtórnej. Dopuszczalne jest wykorzystanie otworów częściowo zajętych przez inne kable, jeśli mieści się w tych otworach wymagana liczba rur kanalizacji wtórnej.

W zależności od potrzeb istnieje możliwość zainstalowania następujących rur kanalizacji wtórnej:

- rura HDPE rowkowana (r) – rura HDPE z rowkami wzdłużnymi wewnątrz o głębokości około 1 mm,

- rura HDPE z warstwą poślizgową (p) – rura pokryta wewnątrz warstwą materiału stałego o małym współczynniku tarcia,
- rury HDPE z preinstalowanym kablem (k) lub linką (l) – rura HDPE z fabrycznie umieszczonym wewnątrz kablem światłowodowym lub linką (taśmą) zaciagową,
- rury HDPE trudno palne (t) – rura HDPE z domieszkami uniepalniającymi.

Wymienione rury za wyjątkiem trudnopalnej ułatwiają wciąganie kabli telekomunikacyjnych. Rury rowkowane oraz z warstwą poślizgową zmniejszają tarcie podczas zaciągania kabli, a rury z preinstalowaną linką pozwalają na wydłużenie odcinków instalowanego kabla.

Rury polietylenowe kanalizacji wtórnej instaluje się wciągając je do rur kanalizacji pierwotnej. Rury zaciaga się w możliwie długich odcinkach instalacyjnych, formując je w grupy po 2 ÷ 4 rury jednocześnie, w zależności od wymagań projektowych. Rury mogą być zaciągane ręcznie lub przy użyciu wciągarek mechanicznych z zastosowaniem narzędzi pomocniczych. W przypadku zaciągania rur do otworu zajętego przez inny kabel należy zachować szczególne środki ostrożności.

3.12.2. Rozwiązania wykorzystujące tylko kanalizację wtórną

Na terenach niewymagających instalowania telekomunikacyjnej kanalizacji kablowej pierwotnej kable światłowodowe instaluje się w rurociągach kablowych. Rurociągi kablowe buduje się z rur polietylenowych o dużej gęstości (RHDPE), które układa się bezpośrednio w ziemi. Rury te posiadają takie same właściwości jak rury stosowane do budowy kanalizacji wtórnej. Rurociągi te wraz z zasobnikami złączowymi stanowią osłonę dla kabli światłowodowych i umożliwiają łatwe ich zaciąganie na długich odcinkach.

Rurociągi kablowe zabezpieczają zaciągnięte do nich kable światłowodowe przed uszkodzeniami mechanicznymi na całej długości ciągów, a w szczególności:

- na terenach upraw rolniczych,
- w miejscach zbliżeń i skrzyżowań z innymi urządzeniami uzbrojenia terenowego,
- na terenach o zwiększonym zagrożeniu uszkodzeniami mechanicznymi i szkodami górnictwem,
- w kanałach i tunelach,
- na mostach i wiaduktach.

W przypadku budowy rurociągu kablowego rury polietylenowe dostarczone w zwojach lub na bębnach układa się ręcznie bezpośrednio w ziemi w uprzednio przygotowanym rowie, albo też metodą bezwykopową przy użyciu pługoukładaczy rur (kabili). Wybór technologii układania jest uzależniony od rodzaju gruntu, ukształtowania terenu i uzbrojenia go w inne urządzenia podziemne i nadziemne.

Rurociągi kablowe układane w rowach wykonanych ręcznie są zasypywane najpierw warstwą piasku lub miąkkiej ziemi o grubości co najmniej 10 cm nad

powierzchnię rur. Głębokość układania rurociągów kablowych w ziemi mierzona od dolnej powierzchni rury ułożonej na dnie wykopu lub na warstwie podsypki, powinna wynosić 1 m. W gruntach skalistych, gdzie do wykonania rowów konieczne jest użycie młotków pneumatycznych lub zastosowanie metody wybuchowej, głębokość ta może być zmniejszona do 0,4 m pod warunkiem, że na rurociągu kablowym znajdującym się płycej niż 0,6 m zostanie zastosowana dodatkowa rura ochronna.

Zagadnienia specyficzne dla obiektów antenowych

Antenowy obiekt budowlany to obiekt charakteryzujący się kilkoma dość specyficznymi cechami. Wynikają one ze ściśle określonego przeznaczenia obiektu, jakim jest emisja lub odbiór promieniowania elektromagnetycznego.

Biorąc pod uwagę prawa, jakimi rządzi się propagacja fal radiowych, stwierdzić można, że najważniejszym etapem budowy obiektu antenowego jest trafne określenie jego lokalizacji. Błędy popełnione na tym etapie są później najczęściej nie do poprawienia (nawet przy znacznych nakładach finansowych).

4.1. Lokalizacja obiektów antenowych

Lokalizując stację radiokomunikacyjną należy kierować się przede wszystkim:

- obliczeniami propagacyjnymi, które pozwalają oszacować zasięg przyszłej stacji w danej lokalizacji oraz określić miejsca bezpośredniej widoczności anteny (ważne w systemach punkt-wiele punktów i liniach radiowych).
- ukształtowaniem terenu na miejscu przyszłej lokalizacji stacji bazowej. Stwierdzenie, że stację radiokomunikacyjną lepiej lokalizować na górze niż w dolinie jest truizmem, ale doświadczenia autorów wskazują, że często inwestor kierując się innymi względami, nie wykorzystuje naturalnych możliwości, jakie daje rzeźba terenu.
- wynikami wizji lokalnej. Osobista wizyta projektanta w miejscu budowy przyszłej stacji bazowej staje się źródłem wielu ważnych informacji, które wykorzystuje się później w całym procesie projektowania, budowy i eksploatacji stacji.

Kierując się przy wyborze miejsca lokalizacji obiektu antenowego względami propagacyjnymi zmniejszymy znacznie możliwość wystąpienia problemów z poprawnym i spodziewanym efektem działania stacji, jakim jest emisja promieniowania elektromagnetycznego w miejsca przez nas wymagane.

W dalszej kolejności bierzemy pod uwagę:

- wykorzystanie istniejących obiektów radiokomunikacyjnych (wieże, maszty, ośrodki nadawcze) lub odpowiednich budowli (kominy, elewatory, wysokie budynki),
- uzbrojenie terenu,

Najważniejszym (i często jedynym potrzebnym) medium, jakie powinno znaleźć się w pobliżu miejsca lokalizacji obiektu, jest energia elektryczna.

Konieczność budowy stacji linii zasilającej (czy transformatora) lub kawałka drogi dojazdowej jest może być zabiegiem kosztownym, ale zaprocentuje w okresie eksploatacji, gdy jedynym problemem będzie utrzymanie stacji w ruchu, bez konieczności ciągłych poprawek, zmian projektów, nadbudowy obiektów czy w ostateczności przeniesienia ich w miejsce bardziej korzystne propagacyjnie.

- obecność dróg dojazdowych,
- lokalizację własnych obiektów (nieantenowych) i wykorzystanie ich do budowy stacji.

Poniżej przedstawiono parę przykładów nieprzemyślanych lokalizacji stacji bazowych, które po uruchomieniu nie spełniły oczekiwań:

- stację bazową zlokalizowano w pobliżu osiedla mieszkaniowego i po jej wybudowaniu okazało się, że wysokie bloki zasłaniają część wiązki;
- jako miejsce lokalizacji stacji wybrano teren GPZ, który znajdował się w dolinie pomiędzy wzgórzami;
- wybudowanie 30 m masztu na własnym obiekcie, obok istniejącego wieżowca;
- na potrzeby stacji bazowej zostało zaadaptowane wolne pomieszczenie, wymagające najmniej nakładów, znajdujące się jednakże w znacznej odległości od wieży, co spowodowało niepotrzebne zwiększenie długości kabli (a co za tym idzie ich tłumienności);
- mocowanie anten wykonane nie z punktu widzenia sztuki radiowej, ale architektonicznej (maskowanie anten ograniczające jej charakterystykę promieniowania);

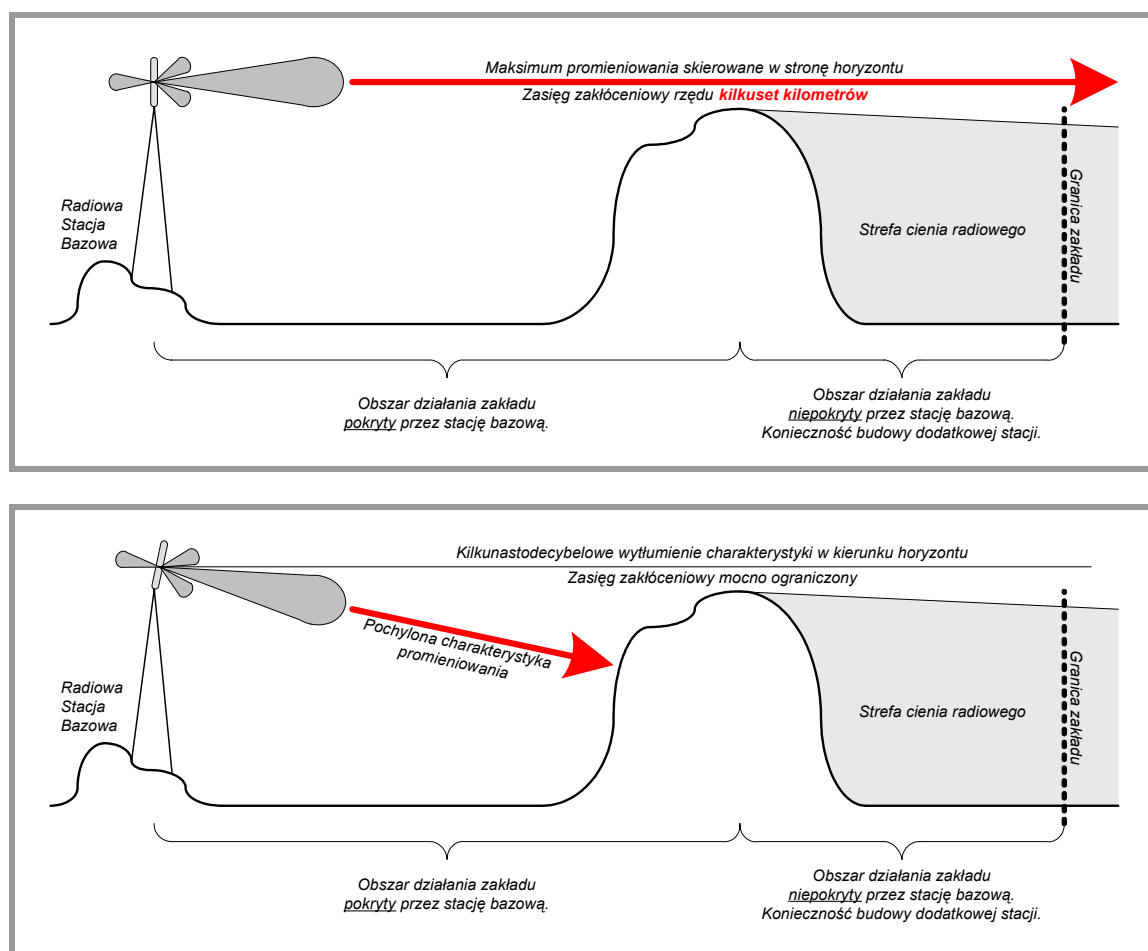
Jak łatwo zauważyć we wszystkich powyższych przykładach, przyjęcie od początku jako podstawy zasad propagacji fal radiowych, pozwoliło by uniknąć niepotrzebnych pomyłek. Łatwo też stwierdzić, że kierowanie się pozornymi oszczędnościami, oznacza (w przynajmniej kilku z ww. wypadków) w rzeczywistości konieczność budowy stacji **od początku** w nowej lokalizacji.

4.2. Obiekty antenowe a zasięgi i zakłócenia

Inną kwestią, która jest charakterystyczna przy budowie obiektu antenowego, jest konieczność zachowania kompatybilności (odpowiedniości) elektromagnetycznej.

Budowa obiektu radiowego jest ściśle powiązana z innymi istniejącymi lub projektowanymi obiektami. Wszelkie parametry stacji — położenie, wysokość zawieszenia anteny, jej zysk energetyczny i charakterystyka promieniowania, moc itd., muszą być ściśle określone przez projektantów pracujących według aktualnych wytycznych, norm, zaleceń państwowych i międzynarodowych itp. Po wybudowaniu stacji nie może się okazać, że jest ona źródłem zakłóceń i uniemożliwia poprawną pracę innych stacji tego samego operatora (kompatybilność elektromagnetyczna wewnętrzna) lub operatorów obcych z terenu kraju bądź zagranicy (kompatybilność elektromagnetyczna zewnętrzna).

Problem koordynacji międzynarodowej jest zresztą bardzo szczegółowo opisywany w zaleceniach, odpowiednich aktach prawnych i instrukcjach resortowych. Urząd Regulacji Telekomunikacji i Poczty bardzo wnikliwie sprawdza dokumentację stacji nadgranicznych i często nakazuje zmianę parametrów stacji.



Rys. 4.1. Wpływ pochylecia wiązki promieniowanej przez antenę na zmniejszenie zasięgu zakłóceńowego

Kwestia kompatybilności elektromagnetycznej nabiera wielkiej wagi w przypadku projektowania stacji górskich. Sytuowanie stacji na szczytach gór oraz używanie anten o nie kształtowanych charakterystykach powodują, że zasięgi zakłóceń takich stacji mają po kilkaset kilometrów, i dlatego problem dotyczy nie tylko stacji położonych na terenach górskich, ale również w całej południowej części kraju. Jedna stacja o źle dobranych parametrach potrafi zakłócić pracę całej sieci na znacznym terenie. Zadanie utrzymania porządku w gospodarowanym widmie i zachowania kompatybilności elektromagnetycznej spoczywa na Operatorze, którego zalecenia w zakresie parametrów sieci powinny być rygorystycznie egzekwowane.

Nierzadko jedynym rozwiązaniem (pomiędzy oczekiwaniami Zakładu a obowiązkami Operatora) jest kształtowanie i pochylanie charakterystyk anten, tak aby ograniczyć emisję energii w niepożądanych kierunkach. Na Rys. 4.1 pokazano, w jaki sposób pochycenie anteny kierunkowej minimalizuje zasięg zakłóceń, bez zmniejszenia zasięgu użytecznego stacji.

Największym problemem przy planowaniu i późniejszej eksploatacji obiektów górskich jest ich bardzo duży zasięg zakłóceń. Jeżeli nie zostanie przeprowadzona optymalizacja charakterystyki pionowej anteny lub systemu antenowego, w tym zwłaszcza dobór kąta pochycenia wiązki, stacja jest źródłem poważnych zakłóceń daleko poza swoim obszarem działania. Zasięg zakłóceń, zwłaszcza w zdarzających się przez kilka...kilkanaście dni w roku anomalnych warunkach propagacji, można szacować na setki kilometrów!

Oznacza to, że stacja nie tylko zakłóca pracę innych, ale także odbiera sygnały nadawane w tak odległych lokalizacjach.

Jak ilustruje Rys. 4.1, zwykle daje się tak dobrać charakterystykę anteny, by zasięg zakłóceń znacznie ograniczyć, nie naruszając przy tym w istotny sposób zasięgu użytecznego.

W celu otrzymania pożądanej charakterystyki promieniowania stosować można także systemy antenowe. Jednakowoż biorąc pod uwagę stopień skomplikowania problemu (m.in. różne zależności fazowe pomiędzy antenami zmieniające się w funkcji odległości od anten), projektowanie takiego systemu należy pozostawić profesjonalnym biurom projektowym, które nierzadko współpracując z producentami anten, mogą z dużą dozą prawdopodobieństwa oszacować rozkład pola w terenie.

4.3. Rodzaje i krótka charakterystyka obiektów

W tym podrozdziale scharakteryzowano krótko różnego rodzaju obiekty radiokomunikacyjne, zróżnicowane pod względem położenia i sposobu ich budowy. Zestawienie takie ma zaakcentować odmienną specyfikę poszczególnych obiektów, począwszy od różnic w rozwiązaniach konstrukcyjnych, a skończywszy na różniących się skutkach techniczno-prawnych.

Dachowa antenowa konstrukcja wsporcza

Instalacja z tego typu mocowaniem charakteryzuje się z reguły bardzo prostą konstrukcją (zazwyczaj jest to krótki maszt zbudowany z rury, ewentualnie z zastrzałem stabilizującym całą konstrukcję).

Mocowania takiego typu nie wymagają z zasady pozwolenia na budowę; jeśli jednak wysokość konstrukcji przekroczy 3 m (razem z anteną⁸) wymagane jest dokonanie zgłoszenia zamierzonych robót budowlanych polegających na montażu urządzenia.

Z doświadczenia wynika, że przy budowie tego typu konstrukcji należy zwrócić szczególną uwagę na staranne odtworzenie pokryć dachowych, naprawę opierzeń, stropów, ścian w miejscach, w których konstrukcja mocowana jest do budynku.

Na etapie projektowania takiego obiektu należy dokładnie wybrać miejsce lokalizacji anteny, ponieważ (biorąc pod uwagę małą wysokość konstrukcji) w miejscach dostępnych dla ludzi (np. na dachu pod anteną) może wystąpić promieniowanie elektromagnetyczne o wartościach ponadnormatywnych. Wartości dopuszczalne i wynikające z nich porady zostaną omówione w rozdziale 5.3 i 10.1.

Radiowa stacja bazowa zlokalizowana na własnym budynku

Lokalizowanie stacji bazowej w i na własnym obiekcie to najczęstsze i często najlepsze rozwiązanie. Odpadają wówczas problemy natury formalnej związane z wynajmem miejsca od innych podmiotów. Ponadto stacja może zostać wybudowana ściśle w zgodzie z koncepcją właściciela, a własne służby utrzymania mają ciągły dostęp do obiektu.

Należy jedynie podkreślić, że (zgodnie z art. 61 *Prawa budowlanego*) obowiązek utrzymania i użytkowania obiektu zgodnie z zasadami spoczywa w tym przypadku w całości na właścicielu.

Radiowa stacja bazowa zlokalizowana na obcym budynku (budowli)

Konieczność budowy stacji bazowej na obcym obiekcie może wynikać np. braku własnej infrastruktury lub z przyczyn propagacyjnych. Wiąże się to jednak z pewnymi problematycznymi kwestiami, takimi jak:

- zagadnienie udostępnienia drogi dojazdu i wejścia na obiekt,
- podział kosztów utrzymania,

⁸ Ustawa *Prawo budowlane* ani żaden ze związanych z nią aktów prawnych nie zawiera definicji 'urządzenia'. Jedynym odwołaniem muszą więc być dostępne słowniki języka polskiego. Należy pragmatycznie przyjąć, iż z punktu widzenia robót budowlanych urządzenie — antena — stanowi całość wraz ze swoją konstrukcją wsporczą i przy kwalifikacji konieczności dokonania zgłoszenia robót lub braku takiego obowiązku winno się określać wysokość łączną wszystkich składników ponad poziom dachu (jeśli zagłębiane) lub wysokość całości mocowanej nad dachem (np. na ścianach nadbudówek). Takie podejście pozwala uniknąć części problemów proceduralnych.

- konieczność dostarczania właścicielowi wszystkich wymaganych dokumentów, zarówno przed budową (instalacją), jak i w trakcie eksploatacji,
- problem utrzymania obiektu (podział kompetencji, dostępu odpowiednich służb),
- ustalenie sposobu najmu.

Pomieszczenie radiowej stacji bazowej – kontener

Z punktu widzenia organizacji zasobów sprzętowych, a także szybkości montażu i późniejszej elastyczności w rekonfiguracji, dobrym rozwiązaniem jest umieszczenie urządzeń stacji bazowej w kontenerze technologicznym.

Kontener już na etapie jego produkcji może być wyposażony we wszelkie instalacje wewnętrzne (zasilanie, uziemienie, klimatyzacja, wentylacja), a także dodatkowy osprzęt (przepusty, drabiny kablowe), ściśle według zaleceń projektantów sytemu. Powoduje to znaczne uproszczenie procesu budowy stacji, ponieważ pozostaje jedynie budowa fundamentów, wewnętrznej linii zasilającej do kontenera, uziemienia oraz łącznika kablowego do wieży, a odpadają prace adaptacyjne.

Kontener jest także korzystnym rozwiązaniem z punktu widzenia propagacyjnego, ponieważ z reguły znajduje się w najbliższym sąsiedztwie obiektu antenowego (wieży), co powoduje, że kable antenowe są krótkie i wprowadzają mniejsze tłumienie.

Z formalnego punktu widzenia należy jedynie pamiętać, że posadowienie kontenera wymaga pozwolenia na budowę, gdyż kontener jest utożsamiany z budynkiem (zgodnie z definicją budynku w ustawie *Prawo Budowlane*).

Pomieszczenie radiowej stacji bazowej wewnątrz budynku

Wydzielanie pomieszczeń w istniejących budynkach jest najczęstszą formą budowy pomieszczeń stacji bazowych. Metoda ta posiada jednak wiele ostrzeżeń, na które należy zwrócić uwagę już w czasie projektowania stacji. Mowa tu między innymi o:

- niezbędnych budowlanych pracach adaptacyjnych (wiąże się to także z wykorzystaniem odpowiednich pod względem bhp i przeciwpożarowym materiałów – drzwi, wykładziny, materiał do budowy ścian itp.),
- doprowadzeniu do pomieszczenia zasilania, uziemienia oraz sygnałów telekomunikacyjnych,
- odpowiedniej wentylacji pomieszczenia i budowie instalacji klimatyzacyjnej (schładzającej lub schładzająco-grzejnej),
- doprowadzeniu do pomieszczenia kabli antenowych (wymagana bliskość ciągów kablowych, szybów {tzw. szachtów}, ewentualnie ścian zewnętrznych budynku).

Należy także zwrócić uwagę na konieczność zapewniania odpowiednio szerokiej drogi transportowej do pomieszczenia tak, aby możliwy był montaż urządzeń.

Autorom znany jest przypadek, gdy po budowie pomieszczenia aparatury okazało się, że jedne z drzwi na drodze są za wąskie i nie można doń wnieść szafy standardu 19”.

Pomimo tych trudności adaptacja istniejących pomieszczeń jest (jak wspomniano wyżej) najczęściej wykorzystywaną metodą przy budowie trunkingowych stacji bazowych.

Radiowa stacja bazowa zlokalizowana na budowlach

Z propagacyjnego punktu widzenia projektantom i użytkownikom sieci trunkingowej zależy, aby anteny były zamocowane możliwie wysoko nad poziomem terenu. Dlatego zdarza się, że stacje bazowe lokalizowane są na istniejących obiektach w rodzaju kominów, wież wodnych, elewatorów itp.

Każdy z tych przypadków rodzi dodatkowe problemy wynikające ze specyfiki danego obiektu. Np. lokalizacja stacji na kominie to problem bardzo agresywnego chemicznie środowiska. Wyjątkowo staranne wykonanie izolacji złączy kablowych czy użycie konstrukcji bardzo dobrze zabezpieczonych przed korozją jest wówczas niezbędne.

Innym problemem jest powieszenie konstrukcji antenowych bezpośrednio na płaszczu kominu – utrudnia to dostęp ekipom remontowym konserwującym komin.

Z kolei z uwagi na wysokie zapylenie stacje bazowe lokalizowane w elewatorach nie mogą powodować zagrożenie wybuchem (szczelne pomieszczenia, wyłączniki oświetlenia zabezpieczone przed przeskokiem iskry itp.).

Ponadto oczywisty jest fakt, że każdy obiekt, który nie jest z założenia i konstrukcji obiektem antenowym, wymaga prac adaptacyjnych tak, aby można było zawiesić na nim anteny (budowa konstrukcji wsporczych), doprowadzić do nich kable (budowa drogi kablowej), mieć do nich bezpieczny dostęp (budowa ew. modernizacja drabin komunikacyjnych) itp.

4.4. Inni użytkownicy na terenie radiowej stacji bazowej

Kwestia kolokacji kilku nadawców na jednym obiekcie antenowym bardziej szczegółowo jest opisana w dalszej części opracowania (rozdział 12). W tym miejscu należy jedynie zwrócić uwagę na podstawowe problemy pojawiające się w takich przypadkach:

- znalezienie miejsca na obiekcie dla kilku systemów antenowych, zwłaszcza w wypadku konieczności zachowania odpowiedniej separacji pionowej i poziomej pomiędzy antenami;

- występowanie zakłóceń (przesterowania, interferencje, intermodulacje) pochodzących od obcych instalacji antenowych,
- rozwiązanie sposobu dostępu do obiektu wszystkich zainteresowanych służb (przekazywanie kluczy, włączanie i wyłączanie instalacji alarmowej, powiadamianie o pracach, uprawnienia wysokościowe i energetyczne itp.);
- opracowanie sposobu rozliczeń za wynajem miejsca i dostawę energii.

Lokalizacja elementów sieci w obiektach energetycznych

Lokalizacja sieci radiokomunikacyjnej na obiektach systemów rozdzielczych i służb dyspozytorskich oraz eksploatacyjnych może odbywać się na podstawie:

- planów inwestycyjnych opracowanych przez służby inwestycyjne,
- potrzeb wspomagania systemu dyspozytorskiego.

W procesie planowania uwzględnia się także: plany awaryjne ZE przygotowywane przez szefa Kancelarii Dokumentów Niejawnych (plany obronne ZE, klęsk żywiołowych, stanów wyjątkowych itp.)

5.1. Lokalizacja urządzeń radiowych

Lokalizacja urządzeń musi zapewniać możliwość:

1. bezpiecznego dostępu przez cały rok,
2. ciągłej pracy stacji bazowej podczas wykonywania prac w obiekcie (przeгляд, naprawa, rozbudowa itp.),
3. instalacji typowo min. 3 stojaków (do celów transmisji w sieci RRL): stojak na aparaturę, stojak do zasilaczy oraz stojak z rozdzielnicą, przełącznicą itp.

W celu optymalizacji rozwiązania projektowego odległość urządzeń radiokomunikacyjnych od anten powinna być jak najmniejsza. Długość połączenia ma bezpośredni wpływ na tłumienność oraz koszt instalacji.

Połączenie urządzeń radiokomunikacyjnych z antenami odbywa się za pomocą toru kablowego umieszczonego na drodze kablowej. Drogi kablowe projektowane są z:

- typowych korytek szerokości maks. 150 mm,
- drabin kablowych szerokości maks. 600 mm (np. *Mostostal*),
- profili typu c-szyna szerokości maks. 600 mm.

Długość drogi kablowej nie powinna przekraczać 100 m.

Droga kablowa powinna być projektowana z uwzględnieniem:

- zalecanego promienia gięcia dla poszczególnych kabli,
- typu uchwytu kablowego – wg wymogów producentów kabli.

Kąt jednorazowego załamania pionowego powinien wynosić maks. 45°. Elementy, do których mocuje się kable powinny być zaprojektowane jako:

- przekroje rurowe o średnicy maks. 26 mm,
- kątowniki/zetowniki/ceowniki z półką maks. gr. 10 mm,
- c-szyny z blachy o maks. gr. 2 mm.

Ze względów na niski wskaźnik wytrzymałości nie zaleca się projektowania poprzeczek z płaskowników.

Do mocowania kabli często stosuje się także opaski montażowe. Ze względu na ich szybkie zużycie pod wpływem warunków atmosferycznych (różnice temperatur, nasłonecznienie, zanieczyszczenie powietrza itp.), podatność na mechaniczne uszkodzenia oraz brak możliwości wielokrotnego zastosowania w przypadku rozbudów czy przemieszczeń sprzętu, wszystkie opaski powinno się zastąpić w miarę możliwości uchwytami kablowymi.

Linki uziemiające urządzenia (np. oprawy oświetlenia przeszkodowego) powinno się prowadzić z zachowaniem separacji od kabli antenowych. Najlepszym rozwiązaniem jest prowadzenie kabli i linek uziemiających po przeciwnych stronach drogi kablowej z użyciem standardowych uchwytów kablowych.

5.1.1. Urządzenia na zewnątrz (typu *out-door*)

Sprzęt radiokomunikacyjny jest zainstalowany w specjalnej obudowie (o wymiarach typowych 600×600×2400 mm) izolującej od niesprzyjających warunków atmosferycznych. Obsługa urządzeń odbywa się na otwartym powietrzu, co ogranicza zakres prac eksploatacyjnych. Wszelkie prace powinny być prowadzone w zakresie temperatur -5°C do $+35^{\circ}\text{C}$, przy wietrze do 10 m/s. Nie dopuszcza się pracy podczas burz i opadów atmosferycznych oraz w okresie ograniczonej widoczności. Wyposażenie i wymagania techniczne — patrz rozdz. 5.4.1.

Ze względów na utrudnienia związane z bieżącym użytkowaniem, obsługą i eksploatacją sprzęt radiokomunikacyjny instalowany na zewnątrz budynków (tzn. jako *out-door*) powinien być projektowany w razie konieczności.

Drzwi wejściowe powinny mieć wymiary nie mniejsze niż 1000×2060 mm.

Dachy budynków kubaturowych

Urządzenie jest instalowane na specjalnie przygotowanej konstrukcji. W zależności od warunków miejscowych oraz konstrukcji dachu można wyróżnić konstrukcje:

- zawieszane do nadbudówek,
- oparte bezpośrednio na konstrukcji dachu,
- stojące na dachu i oparte na konstrukcji stropu najwyższej kondygnacji.

Konstrukcja winna być wykonana z elementów stalowych (kątowniki min. 50×50×6, dwuteowniki 120) zabezpieczonych przed wpływem warunków atmosferycznych przez cynkowanie – min. grubość powłoki cynkowej 80 μm. Konstrukcja musi być podłączona do systemu uziemienia linką min. LgY 50.

W celu zapewnienia szczelności pokrycia dachowego, po wykonaniu prac budowlanych konieczne jest odtworzenie pokrycia po wykonaniu konstrukcji — zaleca się min. 2 × papa nawierzchniowa bitumiczna, lecz nie mniej niż liczba warstw istniejących. W celu umożliwienia wykonania naprawczych prac dekarских na dachu bez konieczności demontażu konstrukcji wraz z urządzeniami, zaleca się projektowanie dolnej krawędzi ramy i dróg kablowych na wysokości min. 300 mm od powierzchni dachu.

Z uwagi na określone parametry techniczne konstrukcję można wykonać z kształtowników aluminiowych oksydowanych.

Ze względu na możliwe utrudnienia w okresie eksploatacji bardzo istotne jest właściwe zaprojektowanie drogi dostępu do urządzeń. Droga powinna być odpowiednio przygotowana:

- z dodatkową warstwą papy (w innym kolorze),
- zabezpieczona,
- oznaczona.

Dojścia do urządzeń technicznych powinny być wykonane zgodnie z zaleceniami (patrz rozdz. 9.1). Na dachach o spadku ponad 25% (> 12°) wykonanych z materiałów łamliwych (np. dachówka) należy wykonywać dojścia stałe. Powierzchnia dojść powinna być zabezpieczona przed poślizgiem. Najczęściej dojście wykonuje się z pomostów dostępowych z kraty (np. *Mostostal*) (patrz dokument z rozdz. 9.2.2, § 308), mocowanych za pomocą min. 3 sztuk uchwytów systemowych. Na dachu o spadku ponad 100% (> 45°) powinny być mocowane uchwyty asekuracyjne do mocowania lin bezpieczeństwa lub bariery ochronne nad okapem. Podobnie od strony przestrzeni otwartej (np. krawędź dachu nadbudówki) dojścia powinny być wyposażone w balustrady o wys. 1,1 m wraz z poprzeczką poziomą umieszczoną w połowie wysokości oraz z krawężnikiem (tzw. bortnicą) o wys. min. 15 cm.

Szczególną uwagę należy zwrócić na wykonanie krawężnika — jest to element bardzo często pomijany podczas projektowania i wykonawstwa.

W celu pokonania różnicy poziomów (np. dach płaski z nadbudówką) stosuje się drabiny lub klamry włazowe (patrz dokument z rozdz. 9.2.2, § 101). Szczególną uwagę należy zwrócić na stan techniczny, a w szczególności mocowanie istniejących klamer włazowych. W miarę możliwości takie rozwiązania należy zastępować drabinami włazowymi, a koniecznie projektować je na nowych lub rozbudowywanych obiektach. Drabiny i klamry włazowe od wysokości 3 m należy wyposażyć w urządzenia zabezpieczające przed upadkiem z wysokości. Często spotykanym rozwiązaniem są obręcze ochronne (tzw. kosze włazowe). Nierzadko instaluje się systemy zabezpieczenia przed upadkiem z wysokości

(patrz rozdz. 6.4), które pozwalają zabezpieczać w sposób ciągły także drogi komunikacji poziomej.

Droga dostępową powinna być wytyczona z uwzględnieniem rozkładu promieniowania elektromagnetycznego i odpowiednio oznakowana (patrz rozdz. 10.4).

Teren istniejących obiektów

Urządzenie jest instalowane na specjalnie przygotowanej konstrukcji powiązanej z gruntem poprzez fundamenty stałe lub tymczasowe. Konstrukcja fundamentów jest żelbetowa, zabezpieczona przed wpływem warunków atmosferycznych przez powłoki izolacyjne — minimalnie $3 \times$ abizol R(+). Wszystkie fundamenty muszą być wyposażone w łączniki do podłączenia ich z systemem uziemienia obiektu — np. bednarka FeZn min. 25×4 .

Konstrukcja dla urządzenia jest wykonana z elementów stalowych (kątowniki min. $50 \times 50 \times 6$, dwuteowniki 120) zabezpieczonych przed warunkami atmosferycznymi przez cynkowanie — min. grubość powłoki cynkowej $80 \mu\text{m}$. Połączenie konstrukcji stalowej z fundamentem winno być wyizolowane — min. $1 \times$ papa nawierzchniowa bitumiczna.

Ze względu na wymogi techniczne konstrukcję można wykonać z kształtowników aluminiowych oksydowanych.

Urządzenia są lokalizowane bezpośrednio przy masztach, wieżach czy obiektach antenowych innych operatorów telekomunikacyjnych. Są także instalowane przy budowach przemysłowych (np. kominy, wieże ciśnień itp.) czy przy wysokich budynkach (np. bloki mieszkalne, hotele itp.).

Droga dostępu do urządzeń powinna być zaprojektowana w sposób zapewniający bezpieczeństwo użytkowania, w szczególności biorąc pod uwagę warunki szczególne panujące na danym obiekcie (wpływ pracy obiektu i urządzeń, drogi komunikacji wewnętrznej itp.). Przeważnie dostęp do urządzeń możliwy jest z dróg komunikacji wewnętrznej obiektu. Stosuje się drogi w wykonaniu tymczasowym (np. płyty drogowe prefabrykowane o wymiarach min. $1,2 \times 4,2$ m) lub docelowym (np. nawierzchnia betonowa, bitumiczna itp.).

Dojścia do urządzeń są wykonane przeważnie z płytek chodnikowych, a najczęściej z kostki brukowej wibroprasowanej *Bauma* o gr. min. 6 cm dla ciągów pieszych.

Drogi dostępowe ulegają często zniszczeniu z powodu zapadnięcia lub nadmiernego obciążenia. Zapadnięcie jest spowodowane niewłaściwym wykonaniem jej podbudowy lub odwodnienia terenu. W zależności od sposobu użytkowania nawierzchni podbudowa powinna być wykonana najczęściej z zagęszczonej podsypki piaskowej stabilizowanej cementem o gr. min. 10 cm. Naprawę należy wykonać przez zdemontowanie nawierzchni, wykonanie stabilnej, zagęszczonej podbudowy oraz powtórne położenie nawierzchni. Czasami konieczne jest wykonanie odpowiedniego odprowadzenia wód opadowych z powierzchni przez wyprofilowanie spadków lub drenaż odwadniający.

W przypadku obiektów zlokalizowanych poza terenem obiektów energetyki należy ograniczyć dostęp osobom niepowołanym poprzez ogrodzenie z siatki stalowej na słupkach zabezpieczonych przed warunkami atmosferycznym przez cynkowanie – min. grubość powłoki cynkowej 80 μm . Dodatkowo zaleca się zamocowanie górą (na wysokości ponad 1,8 m) czterech rzędów drutów kolczastych na wspornikach montowanych pod kątem 45°. Ogrodzenie powinno być wyposażone w bramę rozwieraną o szer. min. 4,0 m.

5.1.2. Urządzenia wewnętrzzbudynkowe (typu *in-door*)

Są to urządzenia radiokomunikacyjne zlokalizowane w pomieszczeniach technicznych (typowe wymiary minimalne ze względu na rozmieszczenie urządzeń: 3400×2700×2600 mm) lub kontenerach technicznych (np. 5690×2600×2600 mm lub większych).

Spotyka się także kontenery typu „lekkiego” o masie do 1000 kg instalowane na dachach budynków (rozwiązania rzadko spotykane). Wyposażenie i wymagania — patrz rozdz. 5.4.1 i 5.1.

Zwykle wykorzystuje się pomieszczenia techniczne nowo projektowane lub adaptowane w obiektach energetyki. Podstawowe wyposażenie obejmuje:

1. instalację klimatyzacyjną (chłodzenie/grzanie) opartą na urządzeniach typu *split*;
2. wentylację mechaniczną — minimum to wentylacja grawitacyjna (kratka nawiewowa o powierzchni min. 300 cm² — np. w drzwiach wejściowych) oraz kanał wywiewowy o wymiarach min. $\text{Ø}15$ mm lub 14×14 cm.

Ponadto zaleca się stosowanie wykładzin antyelektrostatycznych z siatką miedzianą ekwipotencjalną (PN-E-05204:1994).

Obiekty własne RE, OE, ZE itp.

Wymagania podstawowe — patrz rozdz. 5.1 oraz 5.1.2.

Istniejące budynki lub budowle obce

Spotyka się jako nośniki anten:

- obiekty — maszty ZE, wieże telekomunikacyjne np. TP EmiTel, maszty operatorów telekomunikacyjnych,
- budowle przemysłowe — kominy, wieże ciśnień, silosy itp.,
- budynki — bloki mieszkalne, hotele itp.,
- inne obiekty wysokościowe — wieże kościelne itp.

Urządzenia są instalowane najczęściej w kontenerach technicznych, rzadziej w pomieszczeniach dzierżawionych. Wymagania podstawowe – patrz rozdz. 5.1 oraz 5.1.2.

W celu ograniczenia dostępu do urządzeń, zaleca się wyposażyć pomieszczenie w drzwi antywłamaniowe (wyposażone np. zamek 6-punktowy typu *Gerda*) o klasie odporności min. F60 i o wymiarach min. 1000×2060 mm.

5.2. Zasilanie energią elektryczną

Każda stacja bazowa musi mieć możliwość zasilanie w energię elektryczną oraz posiadać wszelkie instalacje gwarantujące prawidłową pracę urządzeń oraz bezpieczeństwo ludzi i urządzeń.

W normalnych warunkach eksploatacji podstawowym źródłem zasilania winna być sieć energetyczna. W obiektach, w których nie ma możliwości zasilania napięciem gwarantowanym (a to występuje najczęściej), należy przewidzieć możliwość zasilania z przewoźnego agregatu prądowórczego.

Praktycznie wszystkie urządzenia stacji bazowej zasilane są napięciem -48 V . Instalowane do tego celu wtórne źródła zasilania zawierają:

- przetworniki AC/DC
- system baterii zasilających -48 V (przynajmniej 2 baterie).

Wymaga się, aby źródłem tego zasilania była *siłownia* w układzie pracy na wprost. W przypadku awarii zasilania głównej pojemność zainstalowanej baterii powinna zapewnić działanie stacji bazowej przez co najmniej 4 do 16 godzin.

Przy okazji adaptacji istniejącego obiektu dla potrzeb urządzeń trunkingowych zaleca się bezwzględne wyeliminowanie z obiektu wszelkich przekształtników wykorzystujących półprzewodnikowe komutatory (tyrystory lub triaki). Stanowią one źródło poważnych zakłóceń, praktycznie nie do wyeliminowania.

Na etapie projektowania należy przewidywać możliwość zasilania obiektów napięciem $3\times 400/230\text{ V } 50\text{ Hz}$.

Po zbilansowaniu mocy dla urządzeń telekomunikacyjnych zasilanych napięciem -48 V , oraz po ustaleniu z inwestorem wymaganego czasu rezerwy bateryjnej, dobiera się odpowiednią wielkość siłowni telekomunikacyjnej pamiętając o tym, że należy w każdym przypadku przewidzieć dodatkowo jeden moduł rezerwowowy.

Instalacja oświetleniowa w pomieszczeniach (kontenerze) oprócz oświetlenia podstawowego winna także posiadać oświetlenie awaryjne (oprawę z własnym źródłem energii).

Po zbilansowaniu mocy dla urządzeń technologicznych oraz urządzeń towarzyszących (oświetlenia, klimatyzacji, wentylacji, ogrzewania, gniazd wtyczkowych) należy wystąpić do odpowiedniej jednostki organizacyjnej własnego przedsiębiorstwa o określenie technicznych warunków przyłączenia urządzeń do sieci elektroenergetycznej. Jak dla każdego klienta, i w tym przypadku w otrzymanych technicznych warunkach przyłączenia określone zostanie

miejsce przyłączenia oraz miejsce zainstalowania układu pomiarowo-rozliczeniowego.

Techniczne warunki przyłączenia określają także wymogi, jakie należy spełnić przy opracowywaniu dokumentacji, dotyczące współpracy agregatu z siecią energetyczną, stosowanej ochrony od porażenia oraz stosowanych środków ochrony przed przepięciami.

Opracowany projekt wewnętrznej linii zasilającej oraz instalacji odbiorczej podlega sprawdzeniu pod względem zgodności z otrzymanymi technicznymi warunkami przyłączenia w takim trybie, jak dla klienta zewnętrznego.

5.3. Lokalizacja anten

Konstrukcje wsporcze, do których mocuje się anteny, powinny posiadać wymiary zewnętrzne dostosowane do typowych uchwytów zalecanych przez producentów anten (patrz rozdz. 3.8.6). Lokalizacja anten musi zapewnić możliwość:

- bezpiecznego dostępu przez cały rok,
- ciągłej pracy stacji bazowej podczas wykonywania prac na obiekcie (przeгляд, naprawa, rozbudowa itp.).

Ponadto musi spełniać warunki założone w analizie wpływu obiektu radiokomunikacyjnego na środowisko (raport oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko — patrz rozdz. 9.3), tzn. między innymi zapewniać, aby w miejscach dostępnych dla ludzi gęstość mocy pola elektromagnetycznego nie przekraczała wartości dopuszczalnej, tj. $0,1 \text{ W/m}^2$.

W celu optymalizacji projektowego rozwiązania odległość anten od urządzeń radiokomunikacyjnych powinna być jak najmniejsza. Wszystkie konstrukcje wsporcze powinny być projektowane z uwzględnieniem możliwości rozbudowy o dodatkowe anteny lub wymiany ich na większe.

W celu zapewnienia bezpiecznego dostępu do anten projektuje się drogi dostępu wyposażone w urządzenia zabezpieczające przed upadkiem z wysokości (patrz rozdz. 6.4).

5.3.1. Nośniki wolno stojące

Wykorzystuje się głównie maszty i wieże stalowe o wysokości $H_{\max} = 150 \text{ m}$ z kształtowników walcowanych lub rur stalowych ocynkowanych (min. grubość powłoki cynkowej $80 \mu\text{m}$) łączonych śrubami stalowymi cynowanymi ogniowo min. KL 5.5. Rzadko spotykane konstrukcje żelbetowe o wysokości $H_{\max} = 80,0 \text{ m}$ oraz o wysokości $H_{\max} = 40,0 \text{ m}$ są własnością operatorów GSM i innych firm telekomunikacyjnych. Z uwagi na warunki miejscowe, ukształtowanie terenu oraz lokalizację obiektów energetycznych, istnieje możliwość instalacji anten radiokomunikacyjnych na innych obiektach budowlanych takich jak kominy (stalowe, żelbetowe, ceglane o wysokościach $H_{\max} = 150,0 \text{ m}$) bezpośrednio lub za pośrednictwem konstrukcji wsporczych. Są to jednak przypadki odosobnione.

Konstrukcje wsporcze są wykonane podobnie jak konstrukcje dla anten instalowanych na obiektach budowlanych (wymagania – patrz rozdz. 5.3.2). Konstrukcje wolnostojące są wyposażone w system anten, drogi kablowe oraz drogi dostępu wyposażone w urządzenia (np. obręcze ochronne) zabezpieczające przed upadkiem z wysokości (wymagania – patrz rozdz. 6.4). Podczas eksploatacji szczególną uwagę należy zwrócić na stan techniczny istniejących drabin włazowych, spoczników, pomostów i klap pomostowych. Zaleca się w rozbudowywanych lub nowo projektowanych obiektach projektować systemy zabezpieczające przed upadkiem z wysokości (wymagania – patrz rozdz. 6.4).

5.3.2. Nośniki anten na obiektach budowlanych

System antenowy jest instalowany na budynkach kubaturowych RE, PE, ZE itp. na:

- konstrukcji wsporczej stalowej ocynkowanej — min. grubość powłoki cynkowej 80 μm , maszt o wysokości $H_{\text{max}} = 12,0$ m,
- konstrukcji wsporczej z rur stalowych o średnicy maks. 115 mm,
- masztach poliwęglanowych o wysokości $H_{\text{max}} = 12,0$ m,
- masztach aluminiowych o wysokości $H_{\text{max}} = 12,0$ m.

Konstrukcje te są wyposażone w system anten, drogi kablowe oraz drogi dostępu wyposażone w urządzenia (np. poręcze i obręcze ochronne) zabezpieczające przed upadkiem z wysokości (wymagania – patrz rozdz. 6.4).

Podczas eksploatacji szczególną uwagę należy zwrócić na stan techniczny istniejących dróg dostępu, drabin włazowych i pomostów. Zaleca się w rozbudowywanych lub nowo projektowanych obiektach projektować systemy zabezpieczające przed upadkiem z wysokości. W szczególnych przypadkach projektuje się system kompleksowy, tzn. ciągle zabezpieczenie drogi poziomej i pionowej (wymagania – patrz rozdz. 6.4).

5.3.3. Nośniki anten na budowlach — silos, wieża ciśnień, wieże linii napowietrznych itp. ($H_{\text{max}} = 60,0$ m)

Bardzo rzadki typ lokalizacji — warunki i wymagania zgodne z rozdz. 5.3.

Słupy sieci elektroenergetycznych mogą być stalowe lub żelbetonowe. Schemat budowy obejmuje: system anten, drogi kablowe oraz drogi dostępu (wymagania – patrz rozdz. 6.4). Są to lokalizacje bardzo szczególne ze względu na swoją specyficzną budowę oraz warunki, w jakich pracują, z tego względu w procesie planowania sieci powinny być pomijane.

Uwaga: W przypadku koniecznym (wynikającym z istotnych cech lokalizacji, wpływających znacząco na bezpieczeństwo pracy oraz sposób eksploatacji) należy uwzględnić szczegółowe wymagania bhp dotyczące pracy i eksploatacji na danych obiektach lub wymagania ZN, instrukcji wewnętrznych właściciela itp.

5.4. Urządzenia wewnątrzbudynkowe⁹

5.4.1. Wymagania techniczne

Stacja RBS przy uwzględnieniu rezerwy na rozbudowę może być zlokalizowana w pomieszczeniu o powierzchni min. ok. 9,2 m² (340×270 cm) i o wysokości min. 260 cm.

Lokalizacja urządzeń RRL jest możliwa w:

- nowo projektowanym budynku,
- istniejącym pomieszczeniu wspólnie z urządzeniami łączności,
- istniejącym pomieszczeniu wspólnie z urządzeniami ETN,
- istniejącym oddzielnie pomieszczeniu zlokalizowanym w budynku,
- kontenerze technicznym na dachu,
- kontenerze technicznym na gruncie.

W przypadku adaptacji budowlanych należy przewidzieć konieczność:

- wykonania podłogi technologicznej,
- analizy istniejącego systemu ochrony odgromowej, szczególnie w przypadkach, gdy kontener nie znalazłby się w strefie ochronnej,
- zmiany instalacji oświetleniowej,
- zapewnienia instalacji oświetlenia przeszkodowego – gdy jest wymagana,
- wykonania instalacji ppoż., oddymiającej oraz blokowania klimatyzacji w przypadku pożaru,
- zabezpieczenia ppoż. przepustów, a także uszczelnienia ppoż. przejść kabli oraz różnych instalacji przez przegrody,
- wykonania instalacji sygnalizacji włamaniowej,
- demontażu zbędnych instalacji i urządzeń z adaptowanych pomieszczeń w celu zapewnienia swobodnych warunków eksploatacji lub na wypadek ewakuacji,
- dostosowania drzwi pomieszczenia do kolorystyki, faktury i wzoru zgodnego z pozostałymi pomieszczeniami,
- dokonania obliczeń obciążenia ogniowego projektowanego pomieszczenia z uwzględnieniem istniejących urządzeń i aparatury, przewodów i kabli a także wszystkich elementów nowo projektowanych. Na podstawie obliczeń przeanalizować kategorie obciążenia ogniowego,
- wyposażenia przeciwwybuchowego (stopień ochrony IP 54) – w przypadku lokalizacji RBS na obiektach takich jak elewator,
- unikania prowadzenia kabli przez przegrody poziome. W przypadku konieczności należy stosować prefabrykowane przepusty kablowe spełniające wymogi izolacyjności przeciwwilgociowej oraz przegrody ppoż. (np.

⁹ typu *in-door*

Roxtec czy *Bratberg*) Przepusty kablowe powinny zapewniać łatwość rozbudowy urządzeń RRL,

- prowadzenia kabli w pomieszczeniach lub kontenerach w sposób, umożliwiający ich podłączenie do urządzeń – od góry (lub od dołu, jeśli takie potrzeby wystąpią),
- stosowania przepustów kablowych zapewniających łatwą rozbudowę systemu antenowego,
- prowadzenia kabli instalacji zasilającej z rozdzielnic RG od dołu w przypadkach, gdy w pomieszczeniu jest istniejąca podłoga technologiczna lub system kanałów kablowych,
- prowadzenia kabli instalacji zasilającej od góry – z drabinek kablowych,
- instalowania systemu klimatyzacji zamiast systemu ogrzewania,
- instalowania samoczynnych zaluzji na wentylatorach.

Uwaga: Zabrania się wykonywania otworów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych w ciągu drogi ewakuacyjnej w podłodze technologicznej (podnoszonej)

5.4.2. Instalacja odgromowa

Zgodnie z PN-IEC 61024-1:2001, wzorowaną na normach międzynarodowych, zostało między innymi wprowadzone pojęcie: urządzenia piorunochronnego LPS (ang. *Lightning Protection System*). Definicja (punkt 1.2.5 ww. PN) brzmi:

kompletne urządzenie stosowane do ochrony przestrzeni przed skutkami piorunów. Składa się ono z zewnętrznego i wewnętrznego urządzenia piorunochronnego.

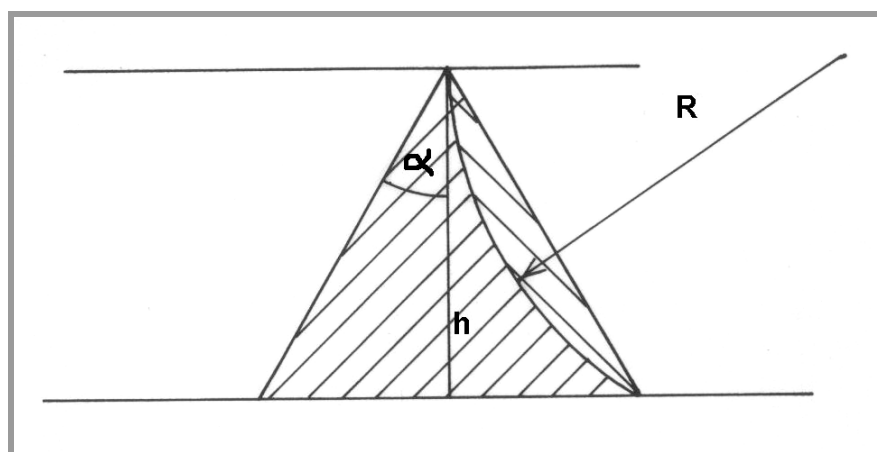
Według badań przeprowadzonych przez specjalistów techniki odgromowej znane są przypadki właściwie zaprojektowanej ochrony odgromowej, a pomimo to doszło do penetracji udaru piorunowego do chronionej przestrzeni.

Z tego rodzaju zjawiskami należy się liczyć zawsze, jednak prawdopodobieństwo ich wystąpienia jest bardzo małe.

Uwaga: W szczególnych przypadkach system LPS może składać się tylko z urządzenia wewnętrznego lub zewnętrznego:

- zewnętrzne urządzenie piorunochronne – składa się z systemu zwodów, przewodów odprowadzających i uziemień;
- wewnętrzne urządzenia piorunochronne – zespół dodatkowych środków uzupełniających system zewnętrzny, pozwalający na zredukowanie elektromagnetycznych efektów prądu piorunowego wewnątrz chronionej przestrzeni.

Dotychczas chronioną przestrzeń określano na podstawie *kąta ochronnego*. Obecnie zewnętrzna strefa narażona na doziemne wyładowanie piorunowe została zmniejszona o cięciwę określoną promieniem „*R*” toczącej się kuli (Rys. 5.1).



Rys. 5.1. Schemat ilustrujący teorię „toczącej się kuli”
 α – kąt ochronny w dotychczasowym ujęciu; R – promień toczącej się kuli

Przestrzeń penetrowana przez uderzenie piorunowe jest mniejsza niż wynika to z zasady kąta ochronnego α — jest to widoczny na rysunku wycinek kuli.

Zewnętrzny system LPS dla stacji RBS należy rozpatrywać jako zespół urządzeń i wzajemnych zależności:

- wysokości zamocowania anten,
- rodzaju materiału konstrukcyjnego wsporników antenowych,
- odległości konstrukcji wsporników od urządzeń stacji RBS,
- kształtu i spadku dachu budynku.

Stacje RBS z uwagi na wysokość zamontowania anten można podzielić na obiekty:

- do 60 m – obiekt zwykły wg klasyfikacji PN-IEC 61024-1:2001,
- powyżej 60 m – obiekt specjalny wg klasyfikacji PN-IEC 6102-1-1:2001.

Obiekty z antenami poniżej 60 npt.

Szczególnie w obiektach istniejących, gdy wysokość zamocowania anten wynosi do 60 m, należy każdorazowo przeanalizować, czy istniejący system LPS chroni całą przestrzeń obiektu, w którym będzie zlokalizowana stacja RBS oraz przestrzeń zainstalowanych anten na dachu lub konstrukcji w jego sąsiedztwie. Właściwe rozmieszczenie zwodów nad chronioną strefą zmniejsza prawdopodobieństwo pojawienia się uderzenia piorunowego.

Zwody mogą być utworzone przez dowolną kombinację następujących elementów:

- prętów,
- rozpiętych przewodów,
- przewodów ułożonych w postaci sieci.

W obiektach, gdzie anteny są mocowane do wysokości 60 m, system LPS należy przystosować według niezależnej lub dowolnej kombinacji następujących metod:

- kąta ochronnego,
- toczącej się kuli,
- wymiarowania sieci.

Chronioną przestrzeń można określić z tablicy numer 1 PN-IEC 61024-1:2001 analizując dla poszczególnych poziomów ochrony:

- wysokość chronionego obiektu h – (20, 30, 45 i 60 m),
- kąt ochronny α – (25, 35, 45 i 55°),
- promień toczącej się kuli R – (20, 30, 45 i 60 m),
- wymiar oka sieci – (5, 10, 20 m).

Przy projektowaniu systemu LPS należy stosować warunki techniczne oraz wymagania zgodne z ww. PN.

Jeśli stacja RBS została zlokalizowana w istniejącym budynku, a konstrukcja wsporcza anten jest stalowa, to istniejący system można przyłączyć jako wspólny. Należy wówczas sprawdzić przekroje konstrukcyjne biorące w nim udział zgodnie z ww. PN.

Jeśli budynek lub konstrukcja wsporcza anten wykonana jest z żelbetu, to można ją traktować jako galwanicznie ciągłą i wówczas można się połączyć w układ LPS jeśli spełnione są warunki:

- ok. 50% prętów pionowych i poziomych ma połączenia spawane lub solidnie powiązane,
- pręty pionowe są spawane lub zachodzą na siebie na długość równą, co najmniej 20-krotnej ich średnicy i są solidnie powiązane,
- zapewniona jest ciągłość galwaniczna stali zbrojeniowej między poszczególnymi prefabrykowanymi elementami żelbetowymi.

W przypadku braku informacji w zakresie spełnienia wymogów ww. warunków należy odprowadzenie systemu LPS wykonać jako oddzielne. W przypadkach lokalizacji RBS w kontenerze, przy niewielkiej odległości od konstrukcji wsporczej anten od 10 do 20 m, należy system LPS projektować zgodnie z rysunkami numer 55 i 69 z PN-IEC 61024-1-2: 2002.

Obiekty z antenami ponad 60 npt.

W obiektach, gdzie anteny mocowane są na wysokości powyżej 60 m, prawdopodobieństwo wyładowania jest znacznie większe niż w obiektach do 60 m. Stacja RBS zlokalizowana na OE kwalifikuje się do obiektów o zwiększonym zagrożeniu, a wysokość powyżej 60 m wymaga stosowania systemu LPS w rozwiązaniu specjalnym.

Obecne normy dla tej kwalifikacji nie uściślają zasady oraz nie określają stosunku średniej rocznej liczby bezpośrednich wyładowań piorunowych, które nie mogą spowodować szkody w obiekcie do liczby bezpośrednich wyładowań piorunowych trafiających w obiekt.

Przy konieczności instalowania anten na istniejących obiektach powyżej 60 m zaleca się sprawdzenie stanu technicznego wykonanej ochrony odgro-

mowej oraz jej skuteczne uziemienie dolnej części zewnętrznej systemu LPS, która jest przeznaczona do odprowadzenia prądu piorunowego od zwodu do uziemienia otokowego. W przypadku stwierdzenia nieciągłości uziomu należy go koniecznie uzupełnić przy zastosowaniu materiału dodatkowego (pręty, płaskownik) o przekrojach podanych (patrz rozdz. 5.4.1).

Uziom otokowy musi być wykonany w odległości 1 m wokół chronionej budowli w postaci zamkniętej pętli pod lub na powierzchni ziemi zazwyczaj na głębokości 0,8 m. Do celów projektowych należy sporządzić inwentaryzację stanu istniejącego za pomocą profesjonalnych przyrządów do wykrywania metali lub kabli. W przypadku nieprawidłowego ułożenia na odległości do 1 m od budowli, należy uziom otokowy skorygować.

Jeśli budowle powyżej 60 m nie posiadają uziomu, nie należy takich obiektów brać pod uwagę jako lokalizację anten na potrzeby stacji RBS.

W przypadku konieczności zainstalowania obiektu z wieżą antenową o wysokości do 80 m, należy zastosować przy projektowaniu systemu LPS wymogi PN-IEC 61024-1-1:2001. Do czasu opracowania systemu LPS dla rozwiązań specjalnych (wg PN, które będą opublikowane w terminie późniejszym) przy projektowaniu, montażu, konserwacji oraz sprawdzaniu systemu LPS należy kierować się PN-IEC 61024-1-2:2002 lub uwagami zawartymi w tym rozdziale.

5.4.3. Instalacja elektryczna

Do prawidłowej pracy urządzeń RRL jest wymagana energia elektryczna, konieczna do:

- zasilania urządzeń technologicznych RRL,
- oświetlenia pomieszczenia i zasilania gniazd wtyczkowych,
- zasilania systemu klimatyzacji i wentylacji,
- zasilania przeszkodowego konstrukcji wsporczych anten.

W zależności od planowanej liczby urządzeń w stacji RBS przewiduje się doprowadzenie od 10 do 12 kW mocy wraz z urządzeniami pomocniczymi.

Sprawa zasilania i ewentualnego rozliczania za energię elektryczną w świetle usamodzielnienia się jednostek energetyki, w ramach SD – patrz rozdz. 3.7.2.

W zależności od warunków miejscowych i typu instalowanych urządzeń, wykonuje się następujące instalacje:

- zasilania urządzeń RRL,
- oświetlenia podstawowego,
- oświetlenia bezpieczeństwa,
- oświetlenia ewakuacyjnego,
- oświetlenia przeszkodowego,
- gniazd wtyczkowych,

Instalacja zasilania urządzeń RRL

Zasilanie instalacji należy wykonywać w nawiązaniu do istniejącego systemu obowiązującego w budynku. Obwody zasilania należy prowadzić z projektowanej rozdzielnicy RG w sposób przyjęty dla danego pomieszczenia. Obwody te są objęte wspólnym przełącznikiem różnicowo prądowym o $I_n = 40 \text{ A}$ i $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$ (który także stanowi zabezpieczenie ppoż.).

W zależności od istniejących potrzeb własnych, w rozdzielnicach NN, WN, SN i RDR zasilanie urządzeń może być różne:

- z oddzielnego obwodu sekcji uprzywilejowanej (agregatowej) przystosowanej z układem SZR, gdzie sekcja uprzywilejowana posiada możliwość współpracy z zespołem prądowórczym prądu przemiennego – brak potrzeb ingerencji obsługi stacji RBS,
- z dwóch obwodów potrzeb własnych rozdzielnicy 230/400 V, która nie posiada wówczas przełącznika zasilania. Rozdzielnicę RG stacji RBS należy przełączyć na zasilanie rezerwowe – potrzeba ingerencji obsługi stacji RBS,
- z obwodów potrzeb własnych – jw. do zasilania urządzeń RRL, a pozostałe z innych rozdzielnic lub obwodów istniejących w danym obiekcie lub wydzielonych dla potrzeb stacji RBS.

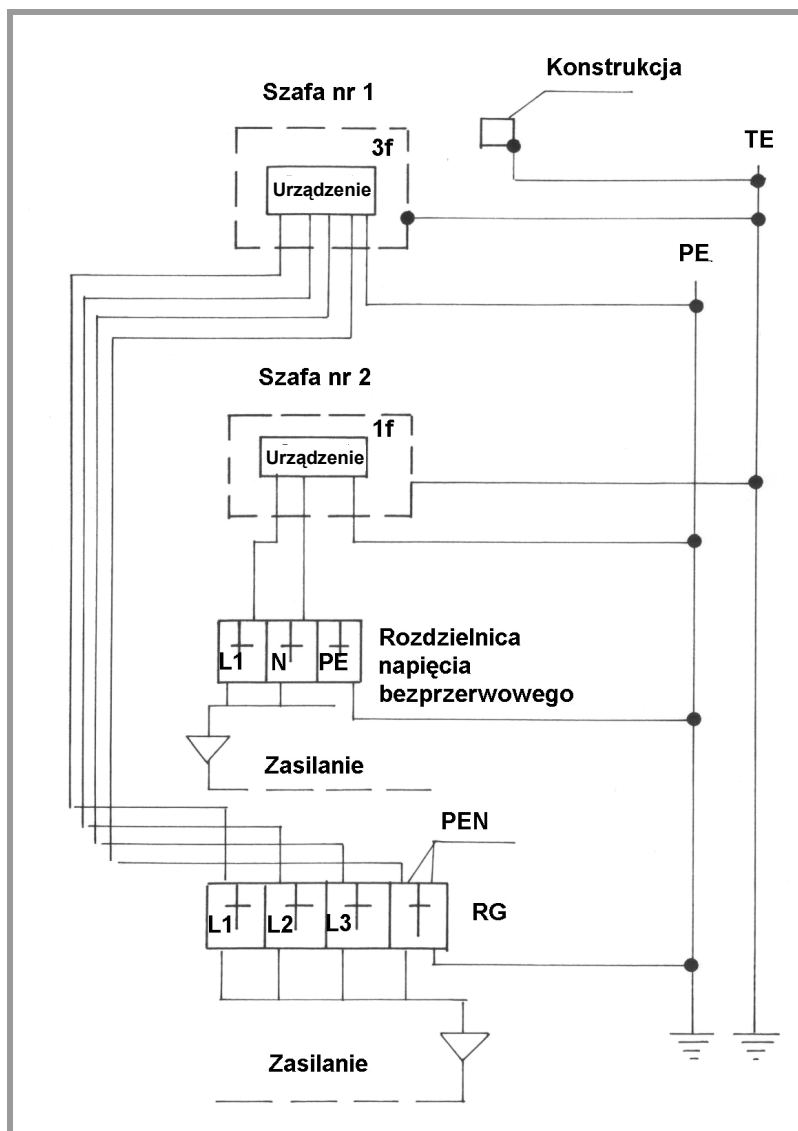
W szczególnych przypadkach z oddzielnej rozdzielnicy lub obwodów mogą być zasilane: systemy klimatyzacji i oddymiania. Przy rozbudowach należy dążyć do wydzielenia instalacji tylko dla potrzeb stacji RBS.

Podczas adaptacji instalacji można spotkać się z różnymi systemami sieci, a nawet bywają przypadki, że instalacja posiada ochronę przeciwporażeniową przez zerowanie, co nie jest zalecanym rozwiązaniem. Należy wówczas zachować jeden system ochrony przeciwporażeniowej lub dostosować go w całym budynku do nowych wymogów.

W związku z różnorodnością spotykanych systemów w rozdzielnicach, szczególnie gwarantowanych i w rozdzielnicach potrzeb własnych, powstaje problem, w jaki sposób połączyć przewody N, PEN i PE. Dodatkowo należy rozważyć wymóg dodatkowego przewodu TE, który powinien być stosowany do uziemienia urządzeń RRL – patrz rozdz. 0.

Uwaga: Przewodu N nie wolno pod żadnym pozorem przyłączać do przewodu PE i TE.

Obwody te są objęte wspólnym przełącznikiem różnicowoprądowym o $I_n = 40 \text{ A}$ i $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$ (który stanowi także zabezpieczenie ppoż.).



Rys. 5.2. Przykładowy schemat przyłączenia przewodów N, PEN, PE i TE w instalacjach elektrycznych

Instalacja oświetlenia podstawowego

Przy **wspólnym pomieszczeniu łączności i stacji RBS** (pomieszczenie adaptowane), instalację oświetlenia podstawowego należy dostosować do już istniejącego:

- sposobu prowadzenia przewodów i zawieszenia opraw oświetleniowych (na tynku lub pod tynkiem itp.),
- typu opraw i osprzętu (z uwagi na zapasy materiałowe),
- systemu instalacji, dążąc do układu TN-S lub TN-C-S.

Rozmieszczenie opraw należy skorygować lub uzupełnić na podstawie obliczeń wymaganego średniego natężenia oświetlenia w przejściach pomiędzy urządzeniami $E_{\text{śr}} = 100 \text{ lx}$ wg PN-84/E-02035.

Należy zwrócić szczególną uwagę, aby istniejące oprawy oświetleniowe po usytuowaniu urządzeń nie znajdowały się bezpośrednio nad nimi. W takim przypadku należy je przenieść przed urządzenia.

Jest to bardzo częsta „przypadłość” praktyki instalacyjnej.

W przypadku **wydzielonych pomieszczeń RBS**, instalacje oświetlenia podstawowego należy projektować jako układ sieciowy TN–S lub TN–C–S, wynikający z istniejącej rozdzielniczy RG (wyposażonej w obwód zabezpieczony zabezpieczeniem różnicowoprądowym).

Oprawy oświetleniowe należy dobrać zgodnie z wytycznymi użytkownika lub dostosować do istniejących w obiekcie.

Jeśli stosuje się **kontenery techniczne RBS**, to wykorzystuje się instalację oświetlenia podstawowego – systemową w zależności od typu i rodzaju kontenera.

Instalacja oświetlenia bezpieczeństwa

Instalacja oświetlenia bezpieczeństwa nie jest wymagana dla urządzeń RBS. W istniejących pomieszczeniach może występować taki rodzaj oświetlenia. Wymogi techniczne zgodne z wymogami dla całego systemu oświetlenia w danym obiekcie.

Instalacja oświetlenia ewakuacyjnego

Instalacja oświetlenia ewakuacyjnego ograniczono do jednej oprawy oświetleniowej umieszczonej nad drzwiami wejściowymi. Oprawa powinna być oznaczona piktogramem informacyjnym o kierunku wyjścia i zasilana w zależności od istniejącego systemu w obiekcie:

- z obwodów potrzeb własnych stałoprądowych lub centrali baterii,
- ze zintegrowanej oprawy wyposażonej w inwerter, który z chwilą zaniku napięcia AC zasilają oprawę przez okres 1, 2 lub 3 godzin. Oprawa taka jest zasilana z RG z obwodu podstawowego.

Instalacja oświetlenia przeszkodowego

Wymogi dotyczące niniejszej instalacji reguluje:

- rozporządzenie Ministra Infrastruktury 1193 z dnia 25 czerwca 2003,
- PN-65/E-49002 *Oświetlenie przeszkodowe. Ruch lotniczy. Oznaczenia naziemnych przeszkód lotniczych*,
- indywidualne uzgodnienia dla konkretnych lokalizacji RBS – w gestii projektanta na podstawie uzgodnień DWLot i ILC,
- wymogi Międzynarodowej Organizacji Lotnictwa ICAO.

Wieże antenowe, maszty antenowe i maszty na budynkach wchodzące w skład systemu RRL, uznane przez Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego lub

przez właściwy organ nadzoru nad lotnictwem wojskowym za przeszkody lotnicze – m u s z ą posiadać oznakowanie zwane znakami przeszkodowymi.

Znaki przeszkodowe dzielą się na:

- świetlne (dienne lub nocne),
- graficzno-kolorystyczne.

Elementy wsporcze anten systemu RRL uznane za przeszkody lotnicze powinny być oznakowane światłami przeszkodowymi. Światła przeszkodowe zamocowane na przeszkodzie lotniczej muszą wskazywać jej następujące cechy:

- położenie,
- rozmiar,
- kształt.

Na kominach będących przeszkodami lotniczymi górne światła przeszkodowe powinny być umieszczone w odległości od 1,5 do 3,0 m poniżej poziomu wylotu spalin. Oprawy stosowane do światel przeszkodowych muszą być zgodne z wymogiem Aneksu 14 rozdz. 1 § 4.6.3 ICAO— patrz Tabela 5.1.

Do nadzoru i automatycznego sterowania światłami w obiektach RRL należy stosować fabryczne sterowniki do opraw oświetleniowych.

Elektroniczny układ oświetlenia przeszkodowego współpracujący z wyłącznikiem zmiernym lub fotokomórką powinien posiadać:

- zasilanie z RG,
- płynną regulację częstotliwości impulsów świetlnych,
- czujnik wykrywania awarii lampy oraz zestyk do przekazania sygnału o awarii,
- kontrolę żył zasilających,
- wskaźnik prawidłowej pracy,
- przycisk kontroli działania.

Instalacja gniazd wtyczkowych

Wspólne pomieszczenia łączności i RBS (pomieszczenie adaptowane) – instalacja gniazd wtyczkowych powinna być uzupełniona o wymaganą liczbę gniazd dodatkowych.

Wydzielone pomieszczenia RBS – instalacja gniazd wtyczkowych powinna składać się z minimum dwóch gniazd jednofazowych zasilanych z jednego obwodu rozdzielnic RG.

Kontenery techniczne RBS – instalacja gniazd wtyczkowych – systemowa w zależności od typu i rodzaju kontenera.

Tabela 5.1. Dobór świateł stosowanych do oświetlenia przeszkodowego

Lp.	Wysokość [m]	Typ świateł	Intensywność wiązki świetlnej [cd]	Barwa	Typ sygnału, częstotliwość błysków [min ⁻¹]	Uwagi
1	Do 45	Niska intensywność Typ A	10	Czerwona ¹⁾	ciągły	Na najwyższym poziomie
				Biała ²⁾	20 - 60	W strefach poza aglomeracją
		Niska intensywność Typ B	32	Czerwona ¹⁾	ciągły	Na najwyższym poziomie
				Biała ²⁾	20 - 60	W strefie aglomeracji miejskiej
2	Od 45 do 150	Średnia intensywność Typ C	2000	Czerwona ¹⁾	ciągły	Na najwyższym poziomie i na poziomach niższych ³⁾
				Biała ²⁾	20 - 60	
3	Powyżej 150 Stosować na przemian w zależności od poziomów ³⁾	Średnia intensywność Typ B	2000	Czerwona ¹⁾	20 - 60	Na najwyższym poziomie H
				Biała ²⁾	20 - 60	
		Niska intensywność Typ B	32	Czerwona ¹⁾	20 - 60	Na poziomie H - 52 m
				Biała ²⁾	20 - 60	

¹⁾ Barwa światła zgodna z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury nr 1193 z dnia 25 czerwca 2003 r. (Dz. U. Nr 130 z 24.07.2003 r.).

²⁾ Barwa światła zgodna z wymogami Międzynarodowej Organizacji Lotnictwa Cywilnego (ICAO) oraz właściwych organów nadzoru nad lotnictwem wojskowym. Barwa ta jest preferowana w bezpośrednich uzgodnieniach dla danej lokalizacji.

³⁾ Poziomy zamocowania świateł przeszkodowych powinny być rozmieszczone równomiernie, a odległości pomiędzy poszczególnymi poziomami nie powinny przekraczać 52 m.

5.4.4. Instalacja wentylacyjna i klimatyzacyjna

Instalacje wentylacji i klimatyzacji należy zasilac z oddzielnych odwodów RG.

Instalację klimatyzacji należy projektować tak, aby zapewnić odpowiednie parametry pracy urządzeń RBS i utrzymać stałą temp. +20° C oraz wilgotność maks. 85%. Obwód zasilania cechuje się $I_n = 4$ A i $I_{\Delta n} = 30$ mA.

Najczęściej stosuje się klimatyzatory typu *split* składające się z zespołu chłodzącego i jednostki zewnętrznej – skraplatora. Jednostka wewnętrzna najczęściej podwieszona jest do sufitu lub instalowana na ścianie zewnętrznej pomieszczenia. Jednostka zewnętrzna zainstalowana jest na podkonstrukcji do ściany budynku/kontenera lub na dachu.

Instalację wentylacji należy projektować, aby umożliwić okresowe przewietrzanie oraz usunięcie gazów z zadymienia ewentualnym pożarem. Obwód zasilania charakteryzuje się $I_n = 25 \text{ A}$ i $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$.

Uwaga: Instalacja klimatyzacji powinna być automatycznie odłączana na wypadek pożaru.

5.4.5. Instalacja sygnalizacji obniżenia temperatury

Temperatura pracy dla obsługi urządzeń RBS zgodnie z PN-82/B-02402, wynosi $+20 \text{ °C}$. Czujniki należy nastawiać na temperatury $+5 \text{ °C}$ i $+35 \text{ °C}$.

Wspólne pomieszczenia łączności i RBS (pomieszczenie adaptowane) – sygnalizacja przekroczenia temperatury istniejącej. Sygnał może być wprowadzony do jednostek nadzoru:

- na stanowiska dyspozytorskie przy wykorzystaniu komputerowego systemu sterowania i nadzoru – np. stacje NN,
- na sygnalizację centralną ze stałym dyżurem lub bez, poprzez system zdalnej sygnalizacji do PE, RDR, ZDR lub jednostki nadzoru – np. stacje WN/SN,
- na stanowisko dyżurnego,
- na inne obiekty w zależności od struktury służb eksploatacyjnych.

Wydzielone pomieszczenia RBS – sygnalizacja przekroczenia temperatury pracy urządzeń RBS jest przekazywana za pomocą termostatu cyfrowego do alarmu temperatury ST.

Kontenery techniczne RBS – sygnalizacja przekroczenia temperatury – systemowa w zależności od typu i rodzaju kontenera.

5.4.6. Instalacja uziemiająca

Instalację uziemiającą pomieszczenia systemu RRL dzielimy na uziemienia:

- urządzeń RRL,
- szyny PE rozdzielnic RG,
- układu ochronników konstrukcji wsporczych kabli głównych,
- obudowy wentylatora i żaluzji zewnętrznej, obudowy klimatyzatora,
- kontenera,
- podłogi ekwipotencjalnej,
- pętli wyrównawczej,
- elementów systemu antenowego,
- konstrukcji wsporczych anten,
- drabinek zewnętrznych,
- pomostów spocznikowych,
- fundamentów kontenera i konstrukcji wsporczych,
- terminali stacjonarnych i przewoźnych,
- uziomu zewnętrznego.

Dla poszczególnych elementów systemu RRL należy stosować do uziemienia zaciski producenta systemu DIGICOM 7.

Zalecane przekroje i materiały instalacji uziemiającej są następujące:

- przewody ochronno neutralne PEN: 10 mm² Cu lub 16 mm² Al,
- przewody połączeń wyrównawczych: 25 mm² Cu lub 50 mm² FeZn,
- przewody uziemienia funkcjonalnego TE: 50 mm² Cu lub 60 mm² (20×3 mm) FeZn.

Jako przewody ochronne mogą być stosowane:

- żyły w przewodach (kablach) wielożyłowych,
- izolowane lub „gołe” przewody prowadzone we wspólnej osłonie z przewodami czynnymi,
- ułożone na stałe przewody „gołe” i izolowane,
- odpowiednie części przewodzące obce.

Do szyny GSU należy przyłączyć:

- TE,
- PE,
- połączenia wyrównawcze główne,
- przewody uziemiające.

5.4.7. Instalacja przeciwpożarowa

Elementy systemu RRL powinny być niepalne, trudno zapalne lub posiadać parametry utrudniające powstawanie pożaru. Powinny być wyposażone w tablicę kontrolną czujników ppoż. składającą się z:

- płyty strefowej alarmu,
- płyty ogólnej.

Pomieszczenia urządzeń RBS w zależności od systemu ochrony ppoż. obiektu powinny być objęte:

- systemem gaszenia pożaru – np. gazu *FirePro* z oddzielną centralką i systemem ostrzegawczym (gazy szkodliwe dla dróg oddechowych)
- linią dozоровą czujników dymu,
- wskaźnikiem sygnalizującym pożar w pomieszczeniu – WPP,
- sygnalizacją pożaru wewnątrz obiektu lub poza obiektem łączem zewnętrznym,
- instalacją oddymiania.

Pomieszczenia techniczne i kontenery powinny być wyposażone zgodnie z załącznikiem V oraz spełniać wymogi podane w rozdz. 9.2.2.

5.4.8. Instalacja antywłamaniowa

Wspólne pomieszczenia łączności i RBS (pomieszczenie adaptowane) – centralka włamaniowa oraz czujniki ruchu i włamania dla pomieszczenia.

Wydzielone pomieszczenia RBS – czujnik włamania na drzwiach wejściowych, oknach i wentylatorze.

Kontenery techniczne RBS – czujniki włamania – systemowe w zależności od typu i rodzaju kontenera.

Sygnal włamania SW z czujników powinien być przekazany do centrali włamaniowej lub bezpośrednio do urządzenia RRL celem transmisji do węzła CN.

5.4.9. Dostęp do obiektu i urządzeń

Wejście do obiektu

Do wejścia na teren obiektu upoważnienie są pracownicy dozoru oraz pracownicy telekomunikacji. Wejście dozwolone jest na polecenie, za zgodą lub uzgodnione z bezpośrednim przełożonym. Stosować należy wewnętrzne procedury obowiązujące w poszczególnych jednostkach organizacyjnych. Należy stosować się do przepisów bhp zawartych w rozdz. 10.

W celu deaktywacji systemu antywłamaniowego należy skontaktować się z dyspozytornią lub obsługą węzła CN i dokonać zgłoszenia uprawnionego wejścia do pomieszczenia/kontenera, podając imię i nazwisko, numer służbowy oraz cel i przewidywany czas pracy.

Uwaga: każdorazowo przed wyjazdem na obiekt należy zapoznać się z Kartą Dostępu (patrz Załącznik II) ze szczególnym uwzględnieniem lokalizacji i typu urządzeń oraz typu systemu zabezpieczającego przed upadkiem z wysokości.

Wejście do pomieszczenia

Pomieszczenia powinny być wyposażone w drzwi spełniające wymogi zgodnie z rozdz. 5.1.2 oraz posiadać system zabezpieczania – zamki zgodne z wymogami zabezpieczenia obiektu. W celu deaktywacji systemu antywłamaniowego należy skontaktować się z dyspozytornią lub obsługą węzła CN i dokonać zgłoszenia uprawnionego wejścia do pomieszczenia, podając imię i nazwisko, numer służbowy oraz cel wejścia i przewidywany czas pracy.

Urządzenia są wyposażone w fabryczne zamki i zamknięcia. Przeglądy i konserwacja zamków powinna odbywać się zgodnie z DTR urządzenia.

Stosowane zabezpieczenia — system z kluczem nadrzędnym (*master key*)

W celu kontroli dostępu do obiektu należy stosować w miarę możliwości systemy „klucza nadrzędnego”. Systemy powinny być opracowane przez wyspecjalizowanych dostawców, którzy posiadają odpowiednie certyfikaty oraz dopuszczenia do stosowania na terenie RP. Zaleca się zorganizowanie kompleksowego systemu ograniczenia i kontroli dostępu dla regionu w trybie zamówienia publicznego na dostawę takich usług. Rozróżnia się systemy

oparte na zamkach tradycyjnych, magnetycznych i chipowych. Z ekonomicznego punktu widzenia oraz biorąc pod uwagę potrzeby użytkownika i warunki miejscowe, najlepszym rozwiązaniem jest zamek mechaniczny. System ten odporny jest na działanie warunków atmosferycznych.

5.5. Urządzenia na zewnątrz budynków¹⁰

5.5.1. Wymagania techniczne

Urządzenia zewnętrzne systemu RRL powinny spełniać podstawowe wymogi odporności na wpływ warunków atmosferycznych. Możliwy zakres temperatur pracy urządzeń wynosi od $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Instalacja odgromowa

Urządzenia powinny być wyposażone w instalację odgromową zgodną z rozdz. 5.4.2 dla obiektów do 60 m i powyżej 60 m. Przy sprawdzeniu ochrony dla konkretnej lokalizacji należy posłużyć się Rys. 5.1, zakładając przy obliczeniach, że system LPS jest izolowany od obiektu ze zwodem (patrz PN-IEC-61024-1-2:2002). Urządzenia na zewnątrz (typu *out-door*) muszą znaleźć się w płaszczyźnie odniesienia wynikającej z wysokości maszty oraz muszą być oddalone od niego na odległość bezpieczną S , obliczaną na podstawie PN-IEC-61024-1:2001.

Instalacja elektryczna

Obejmuje wewnętrzną linię zasilającą WLZ — zasilaną mocą w zależności od zapotrzebowania urządzeń — z rozdzielniczy obiektu. Dla potrzeb rozdziału energii elektrycznej stosuje się rozdzielnice RG w wykonaniu IP 45, zasilające urządzenia RRL wraz z ich oświetleniem. Ze względu na zewnętrzny charakter pracy urządzeń kable zasilające są wprowadzone do urządzeń od dołu, przez fabryczny przepust kablowy — patrz wymogi w rozdz. 3.8.2.

Instalacja uziemiająca

Dla tego typu urządzeń instalacja uziemiająca jest opisana w rozdz. 5.4.2 z uwzględnieniem uziemienia elementów dodatkowych występujących na dachu przewodem min. LgY 50. Są to:

- przykrywy tras kablowych,
- drabiny włazowe,
- podesty i balustrady.

¹⁰ typu *out-door*

Instalacja wentylacyjna i klimatyzacyjna

Urządzenia zewnętrzne wyposażono w zintegrowane systemy wentylacji i klimatyzacji. Eksploatacja zgodnie z DTR urządzenia.

Sygnalizacja maks. i min. temperatury – ST, jest przekazywana z czujników bezpośrednio do węzła CN, najczęściej drogą radiową.

Instalacja antywłamaniowa

Urządzenia zewnętrzne wyposażono w zintegrowany system sygnalizacji włamaniowej. Eksploatacja zgodnie z DTR urządzenia.

Sygnał włamania – SW, jest przekazywany z czujników bezpośrednio do węzła CN, najczęściej drogą radiową.

5.5.2. Dostęp do obiektu i urządzeń

Wejście do obiektu i urządzeń

Do wejścia na teren obiekt są upoważnieni pracownicy dozoru oraz pracownicy telekomunikacji. Wejście jest dozwolone: na polecenie, za zgodą lub po uzgodnieniu z bezpośrednim przełożonym. Stosować należy wewnętrzne procedury obowiązujące w poszczególnych jednostkach organizacyjnych. Należy stosować się do przepisów bhp zawartych w rozdz. 10.

Urządzenia wyposażone są w fabryczne zamki i zamknięcia. Przeglądy i konserwacja zamków powinna odbywać się zgodnie z DTR urządzenia.

W celu deaktywacji systemu antywłamaniowego należy skontaktować się z dyspozytornią lub obsługą węzła CN i dokonać zgłoszenia uprawnionego otwarcia urządzenia, podając imię i nazwisko, numer służbowy oraz cel i przewidywany czas pracy.

Ze względu na charakter pracy urządzeń – otwarta przestrzeń – istnieje możliwość zamarznięcia zamka. Zaleca się w okresie zimowym pracowników służb eksploatacyjnych wyposażyć w chemiczne środki do rozmrażania zamków.

Zabronione jest podgrzewanie klucza zapalniczką lub innymi źródłami ciepła.

Uwaga: Każdorazowo przed wyjazdem na obiekt należy zapoznać się z Kartą Dostępu (patrz zał. II) ze szczególnym uwzględnieniem lokalizacji i typu urządzeń oraz typu systemu zabezpieczającego przed upadkiem z wysokości.

Stosowane zabezpieczenia — system z kluczem nadrzędnym (*master key*)

W celu kontroli dostępu do obiektu należy stosować w miarę możliwości systemy „klucza nadrzędnego”. Systemy powinny być opracowane przez wyspecjalizowanych dostawców, którzy posiadają odpowiednie certyfikaty oraz dopuszczenia do stosowania na terenie RP. Zaleca się zorganizowanie kompleksowego systemu ograniczenia i kontroli dostępu dla regionu w trybie zamówienia publicznego na dostawę takich usług. Rozróżnia się systemy oparte na zamkach tradycyjnych, magnetycznych i chipowych. Z ekonomicznego punktu widzenia oraz biorąc pod uwagę potrzeby użytkownika oraz warunki miejscowe najlepszym rozwiązaniem jest zamek mechaniczny. System ten jest odporny na działanie warunków atmosferycznych oraz umożliwia stosowanie zamknięć w postaci kłódek.

5.6. Wymagania ogólne dotyczące pracowników

Patrz rozdz. 10.3 i 10.4.

5.6.1. Pomieszczenia techniczne – urządzenia wewnętrzzbudynkowe (typu *in-door*)

Patrz rozdz. 10.4.

5.6.2. Urządzenia na zewnątrz (typu *out-door*)

Patrz rozdz. 10.4.

5.7. Sprzęt bhp, narzędzia, sprzęt i przyrządy pomiarowe oraz wyposażenie pierwszej pomocy

Patrz rozdz. 10.3.

5.7.1. Pomieszczenia techniczne – urządzenia wewnętrzzbudynkowe (typu *in-door*)

Patrz rozdz. 10.4.

5.7.2. Urządzenia na zewnątrz (typu *out-door*)

Patrz rozdz. 10.4.

Warunki i wymagania techniczne montażu

6.1. Postanowienia ogólne – Ustawa Kodeks Pracy

Pracodawca ponosi odpowiedzialność za stan bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładzie pracy (art. 207). Pracownicy powinni, zatem posiadać aktualne badania lekarskie odpowiednie do pełnionych funkcji i wykonywanej pracy. Szczegóły oraz wymagania – patrz rozdz. 10.3 i 10.4.

6.2. Produkcja i składowanie konstrukcji

Konstrukcję projektuje się na podstawie wymogów następujących norm:

PN-82/B-02000,
PN-82/B-02001,
PN-82/B-02003,
PN-76/B-03001,
PN-84/B-03205,
PN-86/B-02015,
PN-80/B-02010,
PN-77/B-02011,
PN-83/B-02482,
PN-87/B-02013,
PN-90/B-03200,
PN-B-03204:2002,
PN-B-03215:1998,
PN-B-03264:1999

oraz o Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych – patrz rozdz. 9.2.3.

Składowanie konstrukcji powinno odbywać się z uwzględnieniem projektu zagospodarowania placu budowy, technologii i kolejności montażu, na podkładach z drewnianych bali o wymiarach min. 150×150 mm ułożonych na przygotowanym podłożu (np. uwałowany grys w warstwie o gr. 15 cm). Przenoszenie elementów konstrukcji żurawiem powinno odbywać się min. 1 m nad przeszkodami. Ze względu na skomplikowany kształt i złożoność, konstrukcję powinno montować się próbnie na zakładach prefabrykacji.

Uwaga: Zabrania się pracownikom przebywania i wszelkiej pracy pod zawieszonym ciężarem (patrz rozdz. 10.3). Niedopuszczalny jest montaż konstrukcji wieży lub masztu bez wcześniejszego sprawdzenie poprawności jej wykonania. Zabronione jest urządzenie stanowisk pracy, składowisk materiałów, konstrukcji itp. bezpośrednio pod liniami napowietrznymi lub w odległości bliższej (licząc w poziomie) od skrajnych przewodów:

- 1,2 m – nn,
- 2,5 m – WN do 15 kV,
- 3,1 m – WN do 30 kV,
- 4,15 m – WN powyżej 30 kV,

chyba że przepisy szczególne (lub zakładowe) w tym zakresie przewidują inaczej.

6.3. Montaż konstrukcji

Montaż konstrukcji w oparciu Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych – patrz rozdz. 9.2.3. Montaż konstrukcji powinno prowadzić się na podstawie projektu montażu ze szczególnym uwzględnieniem:

- obliczeń stateczności konstrukcji w trakcie montażu,
- kotwienia montażu za pomocą lin montażowych,
- wykonania połączeń i końcówek lin stałych,
- siły wiatru, przy której można prowadzić prace montażowe — maks. 10 m/s.

Uwaga: Prowadzenie montażu podczas złych warunków atmosferycznych (wiatr, mgła, oblodzenie) jest zabronione.

Często podczas montażu dużych konstrukcji korzysta się z usztywnienia montażowego pozwalającego na zwiększenie sztywności ściskanych elementów – tzw. konstrukcji pomocniczych czy montażowych. Wykonanie i odbiór fundamentów realizuje się zgodnie Rozdziałem 3 p. 2.12 „Warunków”. Dopuszczalne odchyłki wykonania oraz montaż masztów i wież – patrz rozdział 3 „Warunków technicznych wykonania”.

Połączenia śrubowe powinny być wykonane zgodnie z projektem przez zastosowanie odpowiednich śrub i innych wyrobów śrubowych (podkładki i nakrętki). Sprawdzeniu podlega także przygotowanie powierzchni ciernych (w przypadku połączeń sprężanych) oraz stopień sprężenia połączeń.

Sprawdzona powinna być także szczelność połączenia tak, aby:

- szczelinomierz gr. 0,2 mm nie mógł wejść pomiędzy łączone elementy głębiej niż 20 mm,
- przyleganie łba i nakrętki śruby było bezpośrednio lub poprzez podkładki do łączonych elementów,
- długość śruby poza nakrętkę wynosiła min. 2 pełne zwoje.

Zaleca się zabezpieczenie wszystkich połączeń śrubowych przed poluzowaniem poprzez stosowanie podkładek sprężystych, kontrnakrętek, nakrętek samoblokujące itp. Konstrukcje powinny być odpowiednio zabezpieczone przed korozją zgodnie z projektem technicznym – patrz wymogi: PN-70/H-97052, PN-71/H-97053, PN-79/H-97070, PN-90/E-05030/00, PN-90/E-05030/10 oraz PN-91/B-01813.

Uwaga: Zmontowana konstrukcja powinna być uziemiona oraz ogrodzona w promieniu min. 6 m, lecz nie mniejszym niż 1/8 wysokości, i oznaczona tablicami ostrzegawczymi. Montaż w zasięgu pola elektromagnetycznego linii WN powinien być opracowany i zatwierdzony przez odpowiednie służby, np. ZE, RE itp. Pracownicy powinni być uprawnieni do prowadzenia robót montażowych (patrz rozdz. 10.3).

6.4. Systemy zabezpieczenia przed upadkiem z wysokości

System taki zabezpiecza drogę wspinania oraz stanowiska pracy. Wzdłuż drogi są instalowane liny lub szyny, które umożliwiają swobodne wspinanie lub pracę na pomostach roboczych i jednocześnie zabezpieczają przed nagłym upadkiem poprzez system blokujący oraz uprząż roboczą.

Ze względu na specyfikę budowy systemu oraz indywidualne opatentowane rozwiązania konstrukcyjne, montaż, konserwacja, naprawy i przeglądy mogą być wykonywane tylko przez osoby do tego uprawnione posiadające odpowiednie przeszkolenie potwierdzone certyfikatem. Producenci posiadają wewnętrzne procedury dotyczące kompleksowej obsługi systemu, które należy przestrzegać.

Uwaga: Pracownicy korzystający z systemów zabezpieczających przed upadkiem z wysokości powinni posiadać dopuszczenie do prac na wysokości oraz być przeszkoleni do pracy z danym systemem.

6.4.1. Wymogi stosowania

Warunki bhp dla pracy na wysokości – patrz rozdz. 10.3 i 10.4.

6.4.2. Charakterystyka systemów

Systemy linowe (np. Kablock)

Elementem zabezpieczającym jest lina stalowa o średnicy min. 6 mm, po której porusza się urządzenie blokujące. Lina stalowa jest rozwieszona i napięta

wzdłuż drogi wspinania. Do napięcia stosuje się nakrętki rzymskie. Na pomościach roboczych do zabezpieczenia miejsca pracy stosuje się stanowiska asekuracyjne tzw. uchwyty lub poręcze zabezpieczające.

Kompleksowy system zabezpieczenia posiada certyfikat bezpieczeństwa i z tego powodu obowiązują szczególne wymagania dotyczące jego montażu i eksploatacji. Szczególne znaczenie ma jakość montażu, montaż ograniczników krańcowych oraz połączenie elementów pośrednich. Podczas okresu eksploatacji należy zwrócić szczególną uwagę na prawidłowe mocowanie do konstrukcji.

Zaleca się roczne przeglądy stanu technicznego systemu oraz urządzeń blokujących. Przeglądów takich mogą dokonywać tylko upoważnione osoby na podstawie odpowiednich certyfikatów i pozwoleń.

Uwaga: Podczas pracy szczególną uwagę należy zwrócić przy zmianie stanowiska asekuracyjnego.

Systemy szynowe (np. HACA, Söll)

Podstawowy element składowy systemu to szyny o przekroju C lub H, wsporniki montażowe różnych typów, zabezpieczenia krańcowe dróg wspinania i stanowisk pracy oraz urządzenia blokujące (tzw. wózki). Kompleksowy system zabezpieczenia posiada certyfikat bezpieczeństwa i z tego powodu obowiązują szczególne wymagania dotyczące jego montażu i eksploatacji. Szczególne znaczenie ma:

- jakość montażu,
- liczba i rozstaw wsporników montażowych,
- montaż ograniczników krańcowych,
- połączenie poszczególnych szyn prowadzących i elementów pośrednich.

Podczas okresu eksploatacji należy zwrócić szczególną uwagę na prawidłowe mocowanie do konstrukcji. Zaleca się roczne przeglądy stanu technicznego systemu oraz urządzeń blokujących. Przeglądów takich mogą dokonywać tylko upoważnione osoby na podstawie odpowiednich certyfikatów i pozwoleń.

Inne systemy

Warunki eksploatacji, naprawy i konserwacji – powinny spełniać wymogi podstawowe (patrz rozdział 6.4) oraz szczegółowe warunki bezpieczeństwa (patrz rozdział 10.3 i 10.4).

Przejmowanie obiektu do eksploatacji

7.1. Przedmiot odbiorów i sprawdzeń

Ze względu na złożoność procesu inwestycyjnego w fazie realizacji inwestycji, odbiory podzielić można na:

- odbiory częściowe,
- odbiory końcowe.

W tym rozdziale zostaną podane przykładowe procedury postępowania przy odbiorach obiektów.

7.1.1. Odbiory częściowe

Odbiorom częściowym podlegają:

- wszystkie prace, które w dalszym procesie ulegają „zakryciu” i ich odbiór jakościowy, jak i ilościowy byłby niemożliwy po zakończeniu całego zadania,
- odbiory dotyczące danego etapu robót.

Odbiory częściowe dotyczyć mogą między innymi:

- dna wykopu,
- uziomu pod fundamentem,
- uziemienia otokowego,
- zbrojenia fundamentu,
- izolacji fundamentu,
- połączeń śrubowych konstrukcji,
- pionowości masztu lub wieży,
- rusztowań.

7.1.2. Odbiory końcowe

Odbiorowi końcowemu podlega cały obiekt wraz ze wszystkimi instalacjami i wyposażeniem oraz cały zakres i wszystkie typy robót branżowych.

7.2. Tryb ustalenia warunków i terminów odbiorów

Wykonawca obiektu jest zobowiązany do zgłoszenia gotowości każdego odbioru. Informacja powinna zostać przekazana w formie pisemnej do Inwestora. Inwestor w terminie 14 dni¹¹ dokona odbioru prac/objektu zgłoszonych przez Wykonawcę. W przypadku odbiorów częściowych termin odbioru nie może przekraczać łącznie 10 dni roboczych od daty zgłoszenia gotowości do odbioru.

Ostateczny termin odbioru zostanie ustalony w ciągu 5 dni roboczych od daty zgłoszenia gotowości do odbioru.

Inwestor powołuje Komisję Odbiorową, w skład, której mogą wejść:

- Inwestor lub jego przedstawiciel,
- nadzór autorski – projektanci branż,
- kierownik budowy,
- inspektorzy nadzoru (branżowi),
- kierownicy robót branżowych,
- rzeczoznawcy bhp, ppoż. i PIP (w szczególnych przypadkach),
- przedstawiciel służb eksploatacyjnych Inwestora,
- przedstawiciel użytkownika obiektu energetycznego,
- inne osoby.

7.3. Procedury odbiorowe

Odbioru dokonuje komisja powołana przez Inwestora pod jego przewodnictwem w obecności Wykonawcy.

7.4. Kontrole i sprawdzenia

Sprawdzeniom podlega cały zakres prac wykonanych na obiekcie łącznie ze wszystkimi instalacjami i urządzeniami.

Szczegółowemu sprawdzeniu powinny podlegać elementy obiektu oraz zakresy i etapy prac – patrz rozdz. 9.2.3:

- mocowanie i dokręcenie śrub;
- kotwienie konstrukcji do fundamentów;
- kotwienie konstrukcji do obiektów istniejących;
- przecieki;
- mocowania elementów ruchomych – klapy itp.;

¹¹ Zaleca się utrzymywanie podanych terminów.

- przepusty kablowe;
- powłoki cynkowe i malarskie;
- systemy zabezpieczenia przed upadkiem łącznie z podestami roboczymi;
- drogi dojścia do zamontowanych elementów;
- ogrodzenie wraz z elementami zamykającymi;
- teren wewnątrz ogrodzenia;
- zasilanie;
- uziemienia;
- wewnętrzne linie zasilające obiekt;
- układ pomiarowy energii elektrycznej;
- instalacje elektryczne: oświetleniowa, gniazd wtyczkowych;
- instalacja klimatyzacyjna i wentylacyjna;
- instalacja zasilania rezerwowego;
- instalacje odgromowe;
- drogi kablowe.

7.5. Zatwierdzenie protokołu odbioru

Zatwierdzenie Protokołu Odbioru następuje poprzez podpisanie Protokołów Odbiorów branżowych (patrz protokoły w załączniku VIII) przez komisję odbiorową branżową. W przypadku stwierdzenia usterek są one wpisywane w branżowy Protokół Odbiorowy. W takim przypadku ustala się kolejny termin odbioru z klauzulą konieczności usunięcia usterek. Podczas Odbioru Pousterekowego, Wykonawca jest zobowiązany przedstawić Protokoły Odbiorów branżowych z naniesionymi uwagami i wykazać usunięcie usterek. Do Protokołów Odbiorów branżowych należy dołączyć odpowiednie Protokoły uzupełniające:

- Protokół Odbioru systemu zabezpieczenia przed upadkiem z wysokości,
- Protokół Badania Rozdzielnic Niskich Napięć,
- Protokół z Badania Stanu Izolacji Obwodów Elektrycznych,
- Protokół z Pomiarów Ochrony Przeciwporażeniowej,
- Protokół z Pomiarów Oporności Uziemień,
- Protokół z Pomiarów Właczników Różnicowoprądowych,
- Protokół z Pomiarów Stanu Izolacji Kabla,
- Protokół z Pomiarów Baterii,
- Protokół z Pomiarów Natężenia Oświetlenia.

7.5.1. Odbiór Końcowy

Podczas Odbioru Końcowego, Komisja Odbiorowa powinna wykazać wszystkie usterki powstałe w procesie realizacji zadania.

Usterki zostaną w *Instrukcji* podzielone na następujące klasy:

A – usterki w bezpośredni sposób zagrażające prawidłowemu użytkowaniu obiektu,

B – usterki, które w dłuższym czasie użytkowania mogą spowodować zagrożenie prawidłowego działania obiektu,

C – usterki, które nie powodują zagrożenia prawidłowego działania obiektu.

Usterka – Klasa A

Usterka w bezpośredni sposób zagrażająca prawidłowemu użytkowaniu obiektu. Stwierdzenie usterki klasy A wyklucza możliwość odbioru obiektu od Wykonawcy. Wykonawca zobowiąże się do usunięcia usterek w ciągu 7 dni kalendarzowych.

Usterka – Klasa B

Usterka, która w dłuższym czasie użytkowania może spowodować zagrożenie prawidłowego działania obiektu,

Stwierdzenie usterki klasy B nie wstrzymuje Odbioru od Wykonawcy. Usterki klasy B Wykonawca zobowiąże się do usunięcia w ciągu 14 dni kalendarzowych. Potwierdzenie usunięcia usterek następuje poprzez podpisanie Protokołu Odbiorowego Pousterkowego.

Usterka – Klasa C

Usterka, która nie powoduje zagrożenia prawidłowego działania obiektu.

Stwierdzenie usterki klasy C nie wstrzymuje Odbioru obiektu od Wykonawcy. Usterki klasy C Wykonawca zobowiązuje się do usunięcia w ciągu 30 dni kalendarzowych.

7.6. Procedura postępowania z dokumentacją techniczną

Podczas odbioru Wykonawca jest zobowiązany przedstawić Komisji Odbiorowej następujące dokumenty:

- kompletną dokumentację powykonawczą;
- operat geodezyjny;
- atesty i certyfikaty;
- protokoły odbiorów częściowych i sprawdzeń;
- oryginał dziennika budowy i montażu (gdy był wymagany);
- DTR zainstalowanych urządzeń itp.

7.7. Książka obiektu budowlanego

Szczegółowy zakres oraz wzór Książki obiektu budowlanego określa Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 19 października 1998 r. w sprawie książki obiektu budowlanego (Dz. U. Nr 153 poz. 882 z dnia 6 listopada 1998 r.).

Książka powinna być założona w dniu przekazania obiektu do użytkowania (patrz rozdz. 7.8) i systematycznie prowadzona w całym okresie użytkowania obiektu.

Książka powinna mieć strony ponumerowane oraz zabezpieczone w sposób chroniący przed ich usunięciem lub wymianą.

Wpisy do książki obiektu obejmują:

- 1) podstawowe dane:
 - a) identyfikujące obiekt — rodzaj obiektu i jego adres,
 - b) identyfikujące właściciela, zarządcę – nazwa lub imię i nazwisko,
 - c) protokół odbioru obiektu – numer i data sporządzenia,
 - d) pozwolenie na użytkowanie obiektu – nazwa organu, który wydał, numer oraz data wydania,
 - e) zmianę właściciela lub zarządcy – numer i data protokołu przejęcia obiektu,
 - f) datę założenia książki oraz wpis o jej zamknięciu;
- 2) dane ogólne o obiekcie budowlanym z wykazem dokumentacji, w tym dokumentacji technicznej przekazanej właścicielowi (zarządcy) przy zakładaniu książki obiektu;
- 3) plan sytuacyjny obiektu z zaznaczonymi granicami nieruchomości, określający również usytuowanie miejsc przyłączenia obiektu do sieci uzbrojenia terenu oraz armatury lub urządzeń przeznaczonych do odcięcia czynnika dostarczanego za pomocą tych sieci, a w szczególności gazu, energii elektrycznej i ciepła;
- 4) protokoły:
 - a) kontroli oraz badań określonych w art. 62 ust. 1 i 2 Ustawy *Prawo Budowlane*,
 - b) przeprowadzonych remontów i przebudowy obiektu.

Wpisy do książki obiektu powinny być dokonywane w dniu zaistnienia okoliczności, dla której jest wymagane dokonanie odpowiedniego wpisu.

7.8. Przyjęcie obiektu do eksploatacji i użytkowania

Przejęcie obiektu do eksploatacji następuje po 14 dniach od wydania decyzji o pozwoleniu na użytkowanie. Po spisaniu Protokołu Odbioru dokonuje się zgłoszenia zakończenia prac do odpowiednich organów: PIP, WOŚ, SANEPID,

ILC, DWLot oraz PSP. Jeśli żaden z tych organów nie zgłosi chęci odbioru po 14 dniach od daty dostarczenia dokumentów zgłoszeniowych występuje się do właściwego organu (właściwy WUiA), który wydał Pozwolenie na Budowę, o wydanie decyzji o Pozwoleniu na użytkowanie. W ciągu 30 dni organ wydaje decyzję o Pozwoleniu na użytkowanie obiektu. Do wniosku dołącza się:

- kopię pozwolenia na budowę,
- oryginał dziennika budowy,
- protokoły odbiorów i sprawdzeń,
- inwentaryzację geodezyjną powykonawczą,
- pomiar pionowości wieży/masztu,
- kopię dokumentów zgłoszeniowych do właściwych organów.

Przejmowanie urządzeń i wymagania eksploatacyjne

Przejmowanie urządzeń do eksploatacji jest niezwykle istotnym etapem skomplikowanego procesu, jakim jest budowa i użytkowanie stacji radiokomunikacyjnej. Niedokładny odbiór instalacji i zbyt pochopne przyjęcie jej do eksploatacji może być przyczyną wielu problemów z jej dalszym poprawnym funkcjonowaniem, ze wszystkimi tego faktu skutkami finansowymi, prawnymi, służbowymi itp.

Oczywistym jest fakt, że do eksploatacji może zostać przyjęta tylko instalacja wykonana poprawnie, zgodnie ze sztuką inżynierską i wolna od wad. Należy przy tym (będąc Inwestorem) mieć jasno sprecyzowaną wizję własnych oczekiwań co do ostatecznego kształtu inwestycji, aby przy odbiorze instalacji nie ulegać naciskom wykonawcy czy dostawcy sprzętu.

Niniejszy rozdział *Instrukcji* ma na celu wskazanie sposobu postępowania przy przejmowaniu urządzeń do eksploatacji, tak aby zminimalizować prawdopodobieństwo przeoczenia usterek.

8.1. Zasady ogólne

W ogólności w czasie odbioru czy przejmowania urządzeń należy zwrócić uwagę na:

- niepełne i niechlujne wykonawstwo (niedokończenie prac, nieuprzątnięcie terenu robót itp.),
- braki w osprzęcie (brak np. obejm uziemiających, ochronników, wyposażenia szaf),
- brak zabezpieczeń ludzi i sprzętu,
- niezgodność dostarczonego sprzętu i wykonanych prac z dokumentacją,
- brak odpowiedniej (aktualnej) wersji oprogramowania,
- źle skonfigurowane oprogramowanie,
- brak protokołów częściowych, fabrycznych itp.

- źle przygotowane (niewłaściwe) protokoły odbioru;

8.2. Sprawdzenie drogi kablowej

Sprawdzeniu podlega m.in.:

- przebieg drogi kablowej — droga kablowa musi być tak wykonana, żeby możliwe było pewne i odpowiednie prowadzenie kabla, z minimalną liczbą łuków (o odpowiednim promieniu gięcia, zgodnie z zaleceniami producenta — patrz. Tabela 3.2),
- droga kablowa powinna osłaniać kabel przed uszkodzeniem, zwłaszcza na poziomych odcinkach (osłony przed spadającym lodem lub narzędziami)
- jakość spawania lub sposób skręcania elementów drogi kablowej,
- jakość ochrony przeciwkorozyjnej,
- uszczelnienie przepustów,
- sposób wyrównania potencjałów poszczególnych elementów drogi kablowej,
- przy jednoczesnym wykorzystaniu drogi kablowej jako drabiny komunikacyjnej: stwierdzenie braków kolizji, a także rozwiązanie kompensacji naprężeń, które powstają przy wchodzeniu osób (wyginanie się szczebli drabiny) mogących spowodować uszkodzenie kabla,
- ciągłość elektryczną konstrukcji drabinki

Jest to o tyle istotne, że droga kablowa stanowi ciąg biorący udział w ochronie kabli i urządzeń przed skutkami wyładowań.

Jeżeli droga kablowa nie stanowi elementu ciągłego elektrycznie, pomiędzy poszczególnymi elementami należy stosować połączenia przewodami typowymi dla zastosowań zewnętrznych (np. linka 16[□] lub drut wykorzystywany w ochronie odgromowej).

8.3. Sprawdzenie kabli antenowych

Sprawdzeniu podlega m.in.:

- rodzaj kabla, typ, producent, wykonanie (np. nieprzenoszące płomienia, jeśli jest takie wymagane),
- sposób mocowania kabla na drodze kablowej (ilość uchwytów, ich rozstaw i rodzaj),
- mechaniczny stan kabla — czy nie jest przegięty (sprawdzenie promienia gięcia), przewężony, wybrzuszony, zdeformowany, pozbawiony powłoki (izolacji),
- sposób zaprawienia złączy (jeśli są dostępne),
- sposób uszczelnienia złączy i obejm „uziemiających” (wyrównujących potencjały przewodu i konstrukcji wsporczej),
- poprawność założenia obejm: ułożenie linki (bez zbędnych zapasów), miejsce założenia obejm (generalnie na prostych odcinkach kabla, przed łukami oraz przed wprowadzeniem kabla do pomieszczenia).

8.4. Sprawdzenie anten rozsiewczych

Sprawdzeniu podlega m.in.:

- typ anteny (w tym odmiana), rodzaj, producent,
- pasmo robocze,
- azymut, pochylenie (tzw. *tilt*; może być uzyskiwane przez mechaniczne pochylenie anteny lub metodami elektrycznymi — w tym przypadku zwykle nienastawialne),
- wysokość zainstalowania,
- dostęp do anteny dla serwisu,
- czy wiązka promieniowania nie jest przesłonięta przez metalowe pomosty, barierki, elementy konstrukcji,
- poprawne zawieszenie góra-dół (istotne, gdyż anteny w dolnej ścianie posiadają otwory do odpływu wody),
- czy podpórki anten prętowych utrzymujące antenę w pionie są wykonane z materiałów izolacyjnych (nie z drewna!),
- pionowanie we wszystkich płaszczyznach (dla anten dookólnych),
- poprawność zainstalowania jumperów (powinny być przymocowane tak, by drgania anteny nie przenosiły się na kabel; jednocześnie sam jumper nie może podlegać nadmiernym ruchom od wiatru — najczęściej wymaga przypięcia do konstrukcji wsporczej),
- pewne metaliczne połączenie elementów anteny z konstrukcją wsporczą,
- w przypadku malowania anten ze względu na ruch lotniczy: użycie farb niezawierających cząstek metali.

8.5. Sprawdzenie anten linii radiowych

W ogólności można stwierdzić, że przeglądowi podlegają te same elementy, co w punkcie 8.4 opisującym przegląd anten rozsiewczych. Biorąc jednak pod uwagę, że anteny linii radiowych charakteryzują się bardzo kierunkową charakterystyką promieniowania, należy szczególną uwagę zwrócić na poprawne ustawienie azymutu maksymalnego promieniowania oraz pochylenia anten. Należy także bacznie przyjrzeć się konstrukcji wsporczej, aby stwierdzić czy nie chwieje się ona zbyt mocno w czasie wiatru. Praktycznie można stwierdzić, że maksymalne odchylenie konstrukcji wsporczej, a przez to odchylenie wiązki promieniowania, nie może być większe niż połowa kąta połowy mocy anteny z danych katalogowych. W relacjach dłuższych bilans energetyczny łącza radiowego może wykazać konieczność zaostrzenia tego kryterium.

Jeśli anteny są zasilane przy pomocy falowodów (a nie fiderów koncentrycznych) należy także zwrócić uwagę na elementy torów antenowych umożliwiające poprawne ułożenie falowodu.

Instalacje pracujące z wykorzystaniem częstotliwości pośrednich są mniej rygorystyczne w tym zakresie, ponieważ do transmisji sygnału p.cz. (i zasilania do jednostki wyniesionej ODU) wykorzystuje się cienkie i dość elastyczne kable antenowe np. giętką odmianę kabla 1/4". Jednakże w przypadku instalacji

wykorzystujących częstotliwości pośrednie należy pamiętać o poprawnym i pewnym zainstalowaniu jednostki ODU (tak, aby możliwy był dostęp do niej służb serwisowych) oraz zabezpieczeniu jej przed wpływami atmosferycznymi.

8.6. Sprawdzenie instalacji uziemiającej

Instalacje i połączenia elektryczne z grupy związanej z uziemieniami mają w obiekcie antenowym do spełnienia kilka zadań¹²:

- stanowią uziom roboczy urządzeń, wymagany z różnych względów (także z powodu ochrony przed zakłóceniami elektromagnetycznymi),
- biorą udział w ochronie przeciwporażeniowej ludzi, a także w ochronie przeciwpożarowej ze względu na zwarcia w obwodach elektrycznych,
- zapobiegają przenoszeniu przepięć pochodzących od bezpośrednich i wyindukowanych wyładowań atmosferycznych.

Każdy z wymienionych powodów stosowania połączeń uziemiających związany jest z odmiennymi zjawiskami fizycznymi.

W żadnym jednak przypadku nie należy dopuszczać sytuacji, w której jeden cel stosowania połączeń uziomowych traktowany jest jako nadrzędny, przez co połączenia wykonane są w sposób uniemożliwiający poprawne wykorzystanie ich do innych celów.

Dwa pierwsze powody stosowania takich połączeń mają związek z bezpieczeństwem życia i zdrowia ludzi oraz z zagrożeniem pożarowym, dlatego zasady budowy takich połączeń są dość ściśle określone w przepisach elektrycznych (por. wykaz norm w końcowej części *Instrukcji*). Podczas przyjmowania instalacji należy dokonać sprawdzenia zgodności jej wykonania z tymi przepisami.

Natomiast ostatnie zastosowanie połączeń uziomowych — zapobieganie skutkom przepięć od wyładowań atmosferycznych, rodzi wiele nieporozumień, których najgroźniejszym efektem jest prowadzenie połączeń całkowicie nieskutecznych, w praktyce nigdy niebiorących udziału w zapobieganiu zniszczeniom.

Podstawowe nieporozumienie bierze się z traktowania połączeń tego rodzaju jako jednej z grup połączeń służących uziemianiu elementów metalowych. Stosuje się przy tym podświadomie podejście odpowiadające właściwościom prądu stałego lub o częstotliwości przemysłowej. Tymczasem jedyne poprawne jest traktowanie prądów wzbudzanych przez wyładowania atmosferyczne jako przebiegów o częstotliwościach zakresu fal ultrakrótkich (powyżej 30 MHz). Wynika to z natury tych prądów i w żaden sposób nie jest możliwe zastosowanie jakichś „obejść” czy uproszczeń.

Skoro więc są to przebiegi tak szybkozmienne, którym odpowiadają długości fal mniejsze od 10 m, zrozumiała staje się konieczność minimalizowania dłu-

¹² Połączenia uziomowe omawia podrozdział 3.8.5

gości połączeń. Ze względu na nieuniknione indukcyjności zwykłego prostego (sic!) odcinka przewodu należy przyjąć, że kilkumetrowe połączenie mające służyć ochronie przed przepięciami atmosferycznymi w istocie stanowi przerwę w obwodzie. Wniosek ten może wydawać się zaskakujący i przesadzony, jednak całkowicie odpowiada prawdzie.

Sytuacja pogarsza się jeszcze, gdy przewód mający służyć opisanej ochronie prowadzony jest z zawinięciami, pętlami czy nawet zbyt ostrymi łukami — dla tak wysokich częstotliwości stanowią one prawdziwe **dławiki** włączone szeregowo w obwód prądowy.

W konsekwencji im mniej prosty jest ułożony odcinek przewodu, tym mniej bierze udział w ochronie przepięciowej.

Drugie nieporozumienie związane z połączeniami przeciwprzepięciowymi polega na przypisywaniu nadmiernej roli samemu faktowi połączenia z potencjałem ziemi.

Jak wspomniano, połączenia przeciwprzepięciowe błędnie utożsamia się z innymi, gdzie rzeczywiście najistotniejsze jest zminimalizowanie do nakazanych wartości rezystancji uziemienia obwodu, czyli jak najlepsze uziemienie. Tymczasem z fizycznych zasad ochrony przed skutkami wyładowań atmosferycznych wynika, że rzeczywistą obronę stanowią nie *uziemia* poszczególnych elementów toru antenowego, lecz **wyrównanie potencjałów** pomiędzy tymi elementami a masami (obudowami) urządzeń oraz konstrukcjami nośnymi anten (wieżami, masztami, budynkami).

Choć więc połączenia przeciwprzepięciowe zakwalifikowano jako jeden z rodzajów połączeń uziomowych, zdecydowanie poprawniej jest traktować je jako **połączenia wyrównawcze**¹³.

Ochrona urządzeń i ludzi wystąpi jedynie w przypadku, kiedy zniwelowane zostaną mogące się pojawić duże różnice potencjałów (czyli właśnie szkodliwe napięcia, których skutków pragniemy uniknąć) między kablem antenowym wprowadzanym do pomieszczenia a innymi elementami narażonymi na przepięcia. Takie zadanie mogą spełnić wyłącznie krótkie i gęsto zastosowane połączenia wyrównawcze.

Należy dążyć, by instalacje i połączenia ochrony przed skutkami wyładowań atmosferycznych spełniały przynajmniej następujące wymagania:

- połączenia między elementami toru antenowego a:
 - główną szyną uziemień sali aparatury radiowej,

¹³ Są to połączenia wyrównawcze innego rodzaju niż wynikające z przepisów o ochronie przeciwporażeniowej ludzi. Jednak w obu przypadkach cel stosowania jest taki sam: zwarcie punktów metalowych, w których mogłyby pojawić się duże różnice potencjałów (napięcia) zagrażające życiu lub trwałości urządzeń. Nie ma potrzeby wykonywania tych połączeń przewodami o izolacji żółto-zielonej.

- konstrukcjami antenowymi (wieże metalowe wraz z ich iglicami odgromowymi, maszty metalowe, budynki wraz z ich systemem odgromowym),
- uziemionym (!) zwodem od płyty lub rury metalowej wyrównującej potencjał przed wprowadzeniem kabla antenowego do wnętrza budynku,
- otokowo prowadzoną listwą (tzw. bednarka) uziomową na ścianach pomieszczenia sali aparatury radiowej¹⁴

powinny być jak najkrótsze; zaleca się, by długość odcinków przewodów nie przekraczała 2 m.

- przekrój przewodów wyrównawczych nie powinien być ze względów mechanicznych mniejszy od 16 mm², jednak jego zwiększanie nie ma istotnego znaczenia dla tego rodzaju połączeń (indukcyjność własna przewodu zależy silnie od jego długości, dużo mniej od średnicy),
- całość połączeń wyrównawczych powinna tworzyć maksymalnie gęstą sieć; nie należy przez to rozumieć geometrycznej struktury siatki o kwadratowych oczkach, lecz dążenie do jak najczęstszego spinania poszczególnych elementów jak najkrótszymi odcinkami przewodów.

W tym kontekście połączenia uziomu roboczego i ochrony przed porażeniem (por. klasyfikację na początku podrozdziału) stanowią korzystne uzupełnienie połączeń przeciwprzebiegowych.

Wszystkie trzy zastosowania połączeń związanych z uziemianiem nakładają się na siebie i wzajemnie dopełniają.

- w przypadku wieży antenowej muszą być wykonane przynajmniej cztery wyrównania potencjałów między żyłą zewnętrzną każdego kabla koncentrycznego a konstrukcją wieży (por. Rys. 3.5):
 - w pobliżu anteny,
 - powyżej łuku, jaki powstaje przy zmianie biegu kabla z pionowego na poziomy w kierunku budynku,
 - jeden raz w środku wysokości trasy kabla na wieży, chyba że jest to odcinek krótszy od ok. 20 m,
 - przed wprowadzeniem kabli koncentrycznych do budynku (także w kanale);
- podobnymi zasadami (stosownie do warunków konkretnego rozwiązania) należy się kierować w przypadku lokalizacji anten na innym nośniku niż wolno stojąca wieża antenowa;
- połączenia przeciwprzebiegowe winny być prowadzone bez jawnych lub „ukrytych” załamań i pętli.

¹⁴ Rozwiązanie zalecane

Do elementów toru antenowego podlegających wyrównywaniu potencjałów należy zaliczyć: anteny, dodatkowe iglice chroniące anteny, zewnętrzne przewody kabli koncentrycznych, płyty wyrównania potencjałów przed wprowadzeniem kabla do budynku lub kanału kablowego, ochronniki koncentryczne przed urządzeniami radiowym, obudowy (zaciski uziemienia) urządzeń radiowych i innych współpracujących, dodatkowo także konstrukcje wsporcze przełącznic teletransmisyjnych w obiekcie radiowym.

W podrozdziale 0 zamieszczono przykłady nieprawidłowych połączeń wyrównawczych.

Ponieważ główne elementy obiektów antenowych: wieże, maszty itp., są zawsze uziemiane, istotne jest, by sieć połączeń wyrównujących potencjały od możliwych przepięć atmosferycznych była także — jako całość — poprawnie połączona z resztą instalacji uziomowej. Dlatego należy sprawdzić, czy wszystkie uziomy w budynku, w tym uziemienie siatkowe GPZ, uziom wieży antenowej i budynku mieszczącego aparaturę, były ze sobą trwale połączone¹⁵.

Dodatkowy wymóg podlegający sprawdzeniu to wspomniana już jakość izolacji przeciwwilgociowej zakładanej na połączenia linek wyrównawczych z zewnętrznym przewodem linii koncentrycznej.

8.7. Inne instalacje

Sprawdzeniu podlegają wszystkie instalacje pomocnicze, które znajdują się w obiekcie radiokomunikacyjnym. Mogą to być m.in.:

- instalacja zasilania gniazd wtykowych 230 V do celów pomocniczych,
- instalacja teletechniczna,
- przełącznica telekomunikacyjna (w tym jej uziemienie),
- instalacje ppoż. itd.

8.8. Pomiar torów antenowych

Pomiary torów antenowych służą do weryfikacji poprawności ich wykonania oraz własności użytych elementów składowych. W ogólności elementami torów antenowych są:

1. antena (lub anteny w przypadku stosowania zestawu),
2. kable łączące, tzw. jumperzy (przy antenie, przy urządzeniu radiowym oraz przy dzielnikach mocy, jeśli są stosowane),
3. dzielniki mocy (w przypadku stosowania zestawu antenowego),
4. koncentryczne ochronniki przepięciowe,

¹⁵ Ostrzega się przed rozpowszechnionym poglądem, by wymienionych uziemień nie łączyć ze sobą, gdyż miałyby to rzekomo pogorszyć ochronę przeciwprzepięciową. Brak połączeń wszystkich uziemień cząstkowych jest niezgodny z prawami fizyki — i na szczęście zakazany przez przepisy elektryczne.

5. koncentryczne kable antenowe (w przypadku zestawów antenowych oprócz toru głównego stosuje się też odcinki kabli łącznikowych między wrotami dzielników a antenami; w skład odcinków łącznikowych mogą wchodzić także dodatkowe jumpery).

Minimalny zestaw koniecznych do wykonania pomiarów to:

- pomiar rezystancji pętli zwarcia między żyłą wewnętrzną a zewnętrzną (po zwarceniu na jednym z końców)

Ten pomiar, choć tak prosty, bywa całkowicie pomijany. Nie jest wprawdzie związany ściśle z parametrami radiowymi kabla, jednak powinien być wykonywany jako pierwszy. Duża część usterek w torach antenowych polega na:

- złym osadzeniu złączy, w wyniku czego jedna z żył przewodu koncentrycznego nie ma styku z elementami złącza, niepoprawnej obróbce końców kabla lub osadzeniu złączy w taki sposób, że niezauważony element metalowy zwiera obie żyły,
- zwarceniu lub przerwie w ciągłości kabla wskutek wady fabrycznej lub uszkodzenia transportowego.

Wykonanie testów zwykłym omomierzem pozwala natychmiast na wykrycie którejś z tych usterek; każda z nich od razu dyskwalifikuje tor antenowy.

Jeżeli dostępne są dane katalogowe dotyczące rezystancji żył kabla, warto przy okazji takiego pomiaru porównać otrzymany wynik z informacjami fabrycznymi.

- pomiary parametrów radiowych ($WFS=SWR$, DTF , RL)¹⁶ w paśmie roboczym, informujące o wszelkich niejednorodnościach toru i ich wpływie na transmitowany sygnał, a także o stopniu dopasowania nadajnika i odbiornika do toru;
- pomiary parametrów radiowych ($WFS=SWR$, DTF , RL) w paśmie szerszym niż robocze.

Pomiary parametrów w paśmie szerszym niż wymagane zawsze dostarczają szerszych informacji o torze antenowym, niż otrzymane przy pomiarze w paśmie roboczym. Pozwalają ocenić, czy urządzenia dodatkowe w torze antenowym, jak i sama antena, są optymalnie dobrane.

Autorzy spotykali się z przypadkami zastosowania dzielników mocy nazywanych przez producenta szerokopasmowymi. Podawane pasmo budziło wątpliwości, zważywszy na zasadę fizyczną, na której oparte było działanie tego modelu dzielnika. W rzeczywistości po zmierzeniu parametrów tego elementu w szerszym paśmie okazało się, że jest on optymalizowany na zakresy używane w kraju producenta, a choć dane katalogowe obejmowały pasmo krajowe, parametry dopasowaniowe dzielnika w tym podzakresie były bardzo złe.

¹⁶ Por. opisy parametrów w załączniku IX.

Ponieważ do stwierdzenia tego faktu doszło już po jego ostatecznej instalacji w torze antenowym na znacznej wysokości, niezbędna wymiana wprowadziła koszty równe kosztom zakupu trzech dzielników!

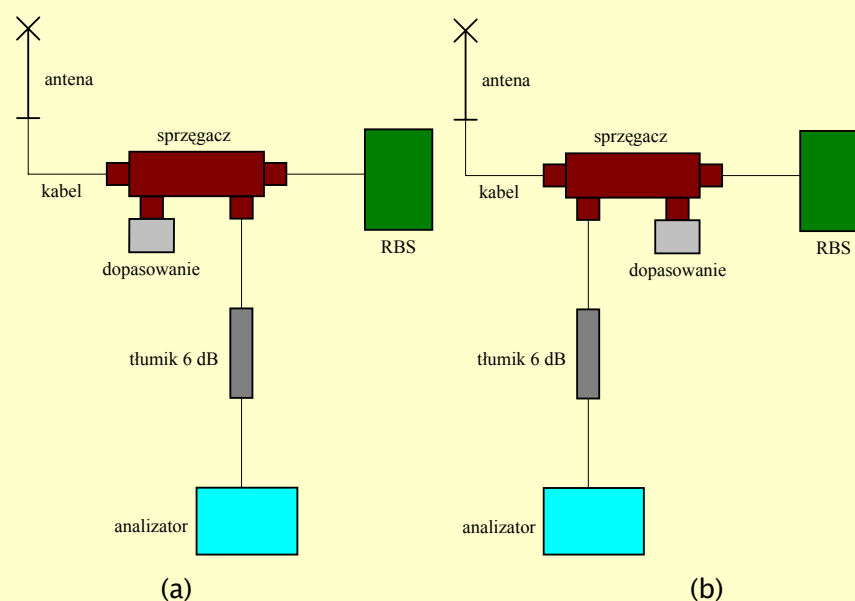
Tymczasem pomiar toru w szerokim zakresie częstotliwości przed jego ostatecznym uruchomieniem umożliwiłby wykrycie tego „nadużycia” producenta we wczesnej fazie i załatwienie problemu w trybie reklamacji lub rezygnacji z zakupu.

Uwagi o możliwie wszechstronnym pomiarze elementów toru antenowego dotyczą także poszczególnych urządzeń (anten, dzielników, ochronników koncentrycznych itp.), nie tylko toru antenowego jako całości.

Dopiero taki zestaw pomiarów pozwala na zorientowanie się w jakości podstawowego czynnika poprawnej pracy stacji radiowej, jaką jest tor antenowy.

Pomiar mocy padającej i odbitej oraz współczynnika fali stojącej przy braku reflektometru

Pomiar mocy padającej i odbitej można wykonać zestawiając układ pomiarowy jak na rysunku:



Jeśli moc padająca P_p i odbita P_o mają tę samą miarę (W, mW), to współczynnik fali stojącej WFS można wyznaczyć według wzoru:

$$WFS = \frac{1 + \sqrt{\frac{P_o}{P_p}}}{1 - \sqrt{\frac{P_o}{P_p}}}$$

Zaleca się, aby wartości WFS dla stacji RBS były mniejsze od 1,5.

8.9. Sprawdzenie pomieszczenia stacji

Sprawdzeniu podlega m.in.:

- zgodność wykonanych prac z dokumentacją,
- sprawdzenie czy użyto odpowiednich materiałów (np. wykładzin antyelektrostatycznych, płyt gipsowo-kartonowych o odpowiednich właściwościach itd.),
- poprawne działanie instalacji klimatyzacyjnej oraz wentylacyjnej (w tym wentylacji grawitacyjnej umożliwiającej odprowadzenie ciepła przy ewentualnej awarii innych urządzeń klimatyzacyjno wentylacyjnych),
- poprawne działanie zabezpieczeń, oświetlenia awaryjnego, instalacji alarmowych,
- odległości pomiędzy stojakami i ścianami (w kontekście dostępu do urządzeń),
- spełnienie warunków bhp i ppoż.,
- poprawne i logiczne rozmieszczenie instalacji i urządzeń

Należy zapewnić, aby możliwy był swobodny dostęp do każdego elementu wyposażenia stacji, zgodny z zasadami bhp i zaleceniami dostawców sprzętu.

Ważne jest także, by montaż jednego urządzenia nie ograniczał możliwości montażu innych urządzeń, i aby w przyszłości możliwe było zamontowanie dodatkowych instalacji (wynikających np. z postępu technologicznego).

8.10. Przykłady niepoprawnych szczegółów instalacyjnych

W tym podrozdziale przedstawiono fotografie niepoprawnych szczegółów instalacyjnych lub ich skutków. Wady te przedstawione zostaną w kilku grupach tematycznych.

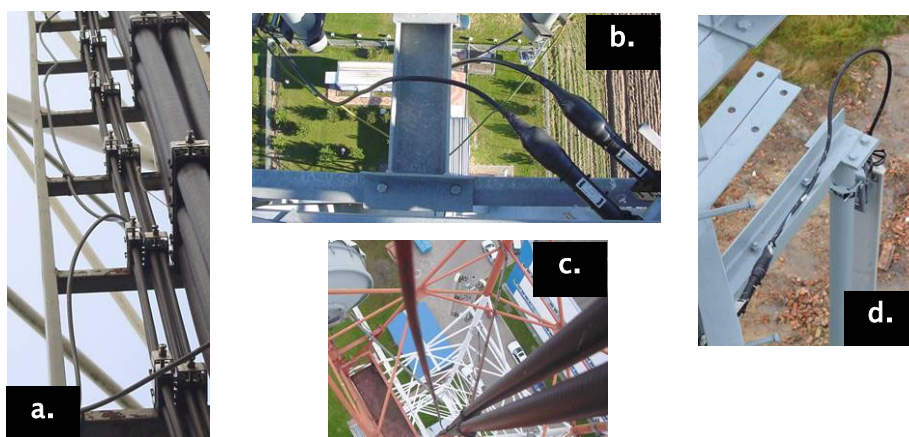
W intencji autorów zamieszczone ilustracje stanowią uzupełnienie porad przedstawionych w treści rozdziału 8.

Błędy przy mocowaniu kabli koncentrycznych

Na Rys. 8.1 przedstawiono cztery przykłady zaniechania mocowania kabli w sytuacjach, gdy takie mocowanie było niezbędne.

Fotografia a. przedstawia kabel koncentryczny doprowadzający sygnał do ODU linii radiowej beztrosko rozwinięty z krawężka (widoczne falowanie) i rzucony z góry bez jakiegokolwiek mocowania. W konkretnym przypadku groza polegała na tym, że nie był to stan przejściowy, np. zastany podczas przerwy w montażu, lecz docelowy.

Fotografie b. i d. ilustrują przypadki długich kabli typu jumper pozostawionych bez mocowania. Kable podlegają silnym ruchom przy wietrze, co po pewnym czasie doprowadziłoby do zniszczenia. Należy przyjąć, że *jumper* o długości ponad 1 m wymaga mocowania w okolicach środka długości.



Rys. 8.1. Brak mocowania kabli koncentrycznych

Fotografia c. to przykład grubych fiderów koncentrycznych zainstalowanych bez zachowania wymaganych przez producenta odstępów mocowania (przekroczono je w tym przypadku ponadtrzykrotnie). W tej sytuacji kable prowadzone na odcinkach pionowych podlegają nadmiernemu wydłużaniu pod własnym ciężarem, a co za tym idzie, zmniejszaniu przekroju. Konsekwencją jest zmiana impedancji charakterystycznej, od której silnie zależą parametry transmisyjne toru.



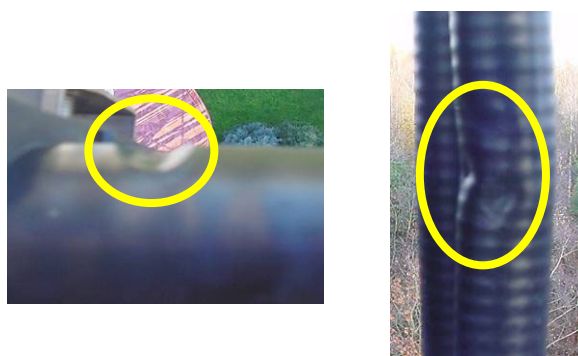
Rys. 8.2. Brak mocowania falowodów

Jak wynika z fotografii na Rys. 8.2, spotyka się niezrozumienie wymogów dotyczących odległości mocowania także w odniesieniu do falowodów.

Błędy osłony kabli

Fotografie na Rys. 8.3 przedstawiają skutki nieosłonięcia kabli antenowych przed przedmiotami mogącymi spadać z wieży antenowej.

Jak widać uszkodzeniu mogą ulegać zarówno odcinki poziome (przypadek lewy), jak i pionowe (prawy) kabli.

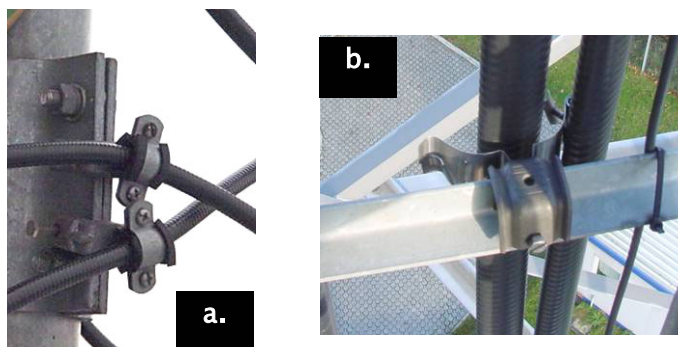


Rys. 8.3. Konsekwencje braku mechanicznej osłony kabli koncentrycznych

Niewłaściwe elementy mechaniczne

Na Rys. 8.4 przedstawiono dwa przykłady stosowania niewłaściwych uchwytów mocujących kable koncentryczne.

Przypadek z fotografii a. jest spotykany dość często. Błąd polega na zastosowaniu stosunkowo tanich uchwytów, których zasada polega na ściskaniu chwytanego przedmiotu poprzez przykręcanie wkrętów widocznych z boku każdego uchwytu. Niestety uchwyty tego rodzaju nie są wyposażone w żadne ograniczniki stopnia ściśnięcia kabla, stąd należy się spodziewać większego lub mniejszego spłaszczenia toru antenowego pod każdym uchwytem. Konsekwencją jest częste (co 1...2 m) naruszanie impedancji falowej.



Rys. 8.4. Niewłaściwy osprzęt do kabli — elementy mocujące

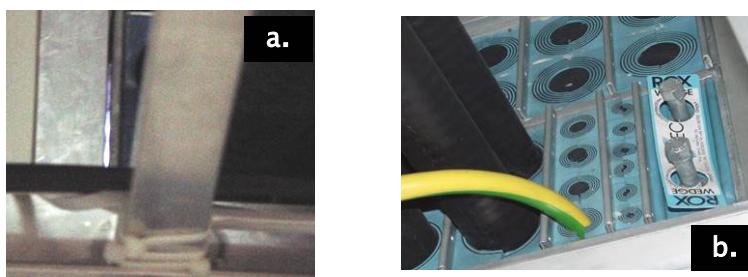
Na fotografii b. widoczne jest rozpięcie uchwytu toru falowodowego. Ze względu na wadę tego typu uchwytów stwierdzano częste otwarcia zapieć zatraskowych, w konsekwencji niekontrolowanie zmniejszanie gęstości mocowania.

Warto wspomnieć, że sama zasada mocowania kabli przez uchwyty tego rodzaju, jak na fotografii b., jest poprawna i godna polecenia. Polega ona na wykorzystaniu sprężystości blachy stalowej oraz karbowania żyły zewnętrznej istniejącego w kablach koncentrycznych. Dzięki cechom uchwytu kabel spoczywa oparty na karbie, a jednocześnie lekko ściśnięta blacha uniemożliwia mu jakiegokolwiek ruchy.

Błędy uszczelnień przepustów kablowych

Na fotografiach z Rys. 8.5 przedstawiono wady uszczelnień przepustów przy wprowadzeniu torów antenowych do budynku.

Choć zastosowano bardzo profesjonalne rozwiązanie techniczne (w obu przypadkach przepusty renomowanej firmy *Roxtec*), popełniono błędy wykonawcze. W przypadku a. pozostawiono pionową szczelinę widoczną z lewej strony. W ten sposób zastosowanie złożonego rozwiązania straciło sens, skoro przepust nie spełnia swojej podstawowej funkcji.



Rys. 8.5. Wadliwe uszczelnienia przepustów kablowych

Przypadek b. ilustruje niechlujny montaż przepustu, dla którego przecież producent opracował procedury postępowania przy instalacji. Zasady montażu zostały zlekceważone przez wykonawcę, do tego stopnia, że śruby regulacji uszczelnienia pozostawiono na zewnątrz obiektu, zamiast wewnątrz (w ten sposób ewentualny intruz może bez przeszkód uzyskać dostęp do pomieszczenia).

Błędy uszczelnień przepustów kablowych

Fotografie z Rys. 8.6 przedstawiają trzy przykłady fatalnego poprowadzenia połączeń wyrównawczych. Stanowią one doskonałą ilustrację tezy o zupełnym niezrozumieniu zasady działania tego rodzaju ochrony przed skutkami wyładowań atmosferycznych (por. podrozdział 8.6).



Rys. 8.6. Pętle na połączeniach wyrównania potencjałów

Wśród wykonawców, a także wśród części projektantów, przeważa wyobrażenie o takiej samej roli odgromowego połączenia wyrównawczego, jak stosowane dla ochrony przeciwporażeniowej, gdzie mamy do czynienia z prądami o częstotliwości 50 Hz. Jeśli by takie podejście było słuszne, zagmatwanie

przewodów¹⁷ przedstawione na fotografiach rzeczywiście niczemu by nie przeszkadzało. Rzeczywistość fizykalna jest jednak zupełnie odmienna, jak omówiono wcześniej.

Na przedstawionych fotografiach bez trudu można rozpoznać zapętlenia przewodów wyrównawczych; zdarzają się jednak nieprawidłowe instalacje, w których spostrzeżenie błędu jest trudniejsze.



Rys. 8.7 Półpętla z przewodu taśmowego

Prowadzenie przewodu sztywnego (taśmy lub drutu) biorącego udział w przewodzeniu prądów odgromowych w taki sposób, jak przedstawia Rys. 8.7, jest dość często spotykane. Z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, iż impedancja takiego „kolanka” jest takiego rzędu, że połączenie to praktycznie nigdy nie będzie przewodzić prądów wyładowania.

W kontekście tego przypadku warto wspomnieć też niezdawanie sobie sprawy z następującego faktu:

doziemna impedancja wieży stalowej, posiadającej trzy lub cztery krawędzie stalowe o dużym przekroju połączone równoległe, jest znacznie mniejsza od impedancji każdego dodatkowego przewodu prowadzonego wzdłuż wieży. Nie ma przy tym znaczenia przekrój tego przewodu (spotyka się miedziane płaskowniki o rozmiarach np. 30×5 mm) ani materiał, z jakiego jest wykonany.

Dodatkowy przewód mający stanowić „upewniający” zwód odgromowy jest w przypadku wież antenowych całkowicie zbędny i świadczy o niezrozumieniu zachodzących zjawisk.

Uwaga ta nie dotyczy jednak połączeń służących jako przewód PE lub TE prowadzony na wieżę antenową na potrzeby urządzeń elektrycznych.

¹⁷ Trudno oprzeć się wrażeniu, że niepoprawnemu rozumieniu zasady działania tych połączeń sprzyja powszechne stosowanie przewodów o żółto-zielonych kolorach izolacji właściwych dla przewodów bezpośrednio łączonych z uziemieniem (jak dla przewodu PE).

Zwyczaj ten wziął się zapewne właśnie ze spostrzegania odgromowych połączeń wyrównawczych jako łączenia elementów antenowych z uziemieniem. A przecież konstrukcja wieży czy inne wsporniki antenowe, do których doprowadza się te połączenia nie stanowią uziomu ani szyny uziomowej, choć nie ulega wątpliwości, że same są uziemione.

Podobne błędy spotyka się powszechnie także w przypadku budynkowych zwodów odgromowych, w których w okolicy dolnego naciągu stosuje się niedozwolone łuki drutu ku górze, po czym po zawróceniu drut prowadzi się ku ziemi. Jeżeli powstałe kolanko (o zarysie półokręgu) nie zostanie dodatkowo zwarte odcinkiem drutu, zwód taki nie zadziała. Jest to błąd o podobnej naturze, jak przedstawione na Rys. 8.8:



Rys. 8.8. Półpętla z linek wyrównujących potencjały żyły zewnętrznej kabla koncentrycznego

W obu przypadkach fabryczne linki łączące żyłę zewnętrzną kabla antenowego z metalową szyną wyrównawczą (przed wprowadzeniem kabli do budynku) nie zostały skrócone, choć warunki tego wymagały. Pozostawienie odcinków fabrycznych powoduje powstanie półpętli znacznie zmniejszających skuteczność połączenia wyrównawczego.

Dążenie do możliwie krótkich odcinków przewodów wyrównawczych nie może jednak prowadzić do takich rozwiązań, jak przedstawione na kolejnych fotografiach.



Rys. 8.9. Zbyt naprężone przewody wyrównawcze

Naprężenie linki w obiekcie przedstawionym na prawej fotografii było tak duże, że spowodowało wyrwanie rury osłonowej z uchwytu, zapewne po obniżeniu się temperatury otoczenia.

Drugą skrajnością jest prowadzenie linki tak długimi odcinkami, jak na kolejnym rysunku (fotografia nie pokazuje górnego fragmentu linki prowadzonej po nodze stojaka anteny linii radiowej).



Rys. 8.10. Zbyt długa linka wyrównawcza

Instalatorowi przyświecała chęć spełnienia wymogów właściciela, zgodnie z którymi należy uziemiać bezpośrednio samą antenę (czy ma to w konkretnych warunkach uzasadnienie, czy nie). Dlatego użyto czteroipółmetrowego odcinka przewodu, który — jak wiadomo z wcześniejszych opisów — dość silnie tłumi przepływ prądów pochodzących od wyładowań. Tymczasem wystarczyło połączyć ze zwodem odgromowym samą podstawę trójno-
gu; połączenie miałoby długość 0,5 m i doskonale by się spisywało.

Stosowanie „żelaznych” reguł rozwiązywania szczegółów instalacyjnych, niedopuszczanie do ich indywidualizowania dla konkretnych obiektów, jest — jak pokazuje powyższy przykład — jednym z powodów popełnianych błędów w tak istotnej dziedzinie, jaką jest ochrona przed skutkami wyładowań atmosferycznych.

Powstaje więc paradoksalna sytuacja: niedopuszczanie do rozważnych zmian zamiast zapobiec błędom, sprzyja ich szerzeniu.

Przedstawiono już przykłady błędnych połączeń wyrównawczych, w których powstanie szkodliwych pętli nie było oczywiste. Jeszcze trudniej na pierwszy rzut oka dostrzec błąd w sytuacji przedstawionej na Rys. 8.11:



Rys. 8.11. Pętla „ukryta”

W istocie połączenie takie ma wszystkie cechy pełnej pętli, stanowi więc dławik. Dla zobrazowania drogi prądów wyrównawczych ta sama fotografia została uzupełniona dodatkowymi liniami:



Rys. 8.12. Droga prądów wyrównawczych w pętli „ukrytej”

Podstawowe zagadnienia prawne

9.1. Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym

Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym z dnia 27 marca 2003 r. (Dz. U. 2003 r. Nr 80 poz. 717) oraz dokumenty wykonawcze, określają zakres oraz sposoby postępowania w sprawach przeznaczenia terenów na określone cele i ustalają zasady ich zagospodarowania, przyjmując rozwój zrównoważony jako podstawę tych działań. Określają też zasady i tryb rozwiązywania konfliktów między interesami obywateli, wspólnot samorządowych i państwa w tych sprawach.

Ustawa zajmuje się także problematyką dotyczącą ochrony i kształtowania środowiska w opracowaniach planistycznych, tj.: koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju, planie zagospodarowania przestrzennego województwa, studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy oraz miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego.

Przebudowa i remont przyłączy telekomunikacyjnych do budynków i sieci telekomunikacyjnych prowadzonych po dotychczasowych trasach oraz budowa przyłączy telekomunikacyjnych do budynków **nie wymaga** pozwolenia na budowę.

Pozwolenia nie wymaga także **instalowanie urządzeń o wysokości do 3 m na obiektach budowlanych**. Instalowanie urządzeń o wysokości **powyżej 3 m** wymaga jedynie **zgłoszenia** właściwemu organowi: wydział budownictwa i architektury w starostwie powiatowym lub UM (w większych miastach).

9.1.1. Decyzja o Warunkach Zabudowy — WZ

Wszystkie działania mające na celu realizację zamierzenia inwestycyjnego nazywamy **Procesem Inwestycyjnym**. Projektant lub służby Inwestora Zastępczego działające w imieniu i na zlecenie Inwestora precyzują wymagania dotyczące Inwestycji i występują z wnioskiem o wydanie decyzji WZ. Decyzja

wydawana jest Wnioskodawcy, który spełni wymagania stawiane w Rozdziale 5 *Ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym* (patrz rozdz. 9.1).

Ustawa (patrz rozdz. 9.1) określa uproszczony tryb, gdy na terenie zainteresowania Inwestora obowiązuje miejscowy plan zagospodarowania terenu. W takim przypadku Inwestor (lub osoby w jego imieniu) występuje bezpośrednio z wnioskiem o wydanie pozwolenia na budowę, przy czym projekt budowlany musi w pełni spełniać wymagania planu zagospodarowania.

9.2. Ustawa Prawo budowlane

Ustawa *Prawo Budowlane* z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz. U. 1994 r. Nr 89 poz. 414) z licznymi kolejnymi nowelizacjami oraz dokumentami wykonawczymi, normuje działalność obejmującą sprawy projektowania, budowy, utrzymania i rozbiórki obiektów budowlanych oraz określa zasady działania organów administracji publicznej w tych dziedzinach.

Projektowanie to zbiór działań pozwalających określić zamierzenia Inwestora w sposób zgodny z przepisami techniczno-budowlanymi (art. 5 ustawy). *Budowa* to wykonanie obiektu budowlanego w określonym miejscu, a także działania takie jak odbudowa, rozbudowa, nadbudowa oraz przebudowa. *Utrzymanie* to okres funkcjonowania obiektu budowlanego zgodnie z jego zakładanym przeznaczeniem. O *rozbiórce* mówimy, gdy wynika z powodu zużycia się technicznego, moralnego lub z innych względów leżących po stronie Inwestora/Właściciela.

Z punktu widzenia eksploatacji obiektów antenowych istotne jest także pojęcie *robót budowlanych*, szersze niż tradycyjnie najpopularniejsze pojęcie *budowy*. Z *robotami budowlanymi polegającymi na montażu urządzeń* mamy do czynienia w przypadku instalowania anten radiowych (jeśli nie towarzyszą im poważniejsze działania budowlane, kwalifikujące się jako *budowa*).

9.2.1. Decyzja pozwolenia na budowę

Roboty budowlane (w tym także budowę) można rozpocząć jedynie na podstawie ostatecznej decyzji o pozwoleniu na budowę, z zastrzeżeniem art. od 29 do 31 *Ustawy Prawo budowlane*. Szczególną uwagę należy zwrócić na konieczność uzyskania zgody na realizację w uzgodnieniu z właściwym ILC i DWLot.

Przebudowa i remont przyłączy telekomunikacyjnych do budynków i sieci telekomunikacyjnych prowadzonych po dotychczasowych trasach oraz budowa przyłączy telekomunikacyjnych do budynków **nie wymaga** pozwolenia na budowę.

Pozwolenia nie wymaga także **instalowanie urządzeń o wysokości do 3 m na obiektach budowlanych**. Instalowanie urządzeń o wysokości **powyżej 3 m** wymaga jedynie **zgłoszenia** właściwemu organowi: wydział budownictwa i architektury w starostwie powiatowym lub UM (w większych miastach).

Pozwolenie na budowę może być wydane po uprzednim przeprowadzeniu postępowania w sprawie oceny oddziaływania na środowisko – patrz rozdz. 9.1.

9.2.2. Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

Warunki techniczne reguluje Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz. U. 2002 r. Nr 75 poz. 690). Poniżej zebrano działy Rozporządzenia najistotniejsze dla obiektów radiowych.

Dział I Przepisy ogólne – zakres stosowania i definicje

Szczególną uwagę należy zwrócić na definicję typów pomieszczeń ze względu na pobyt ludzi § 4 i § 5 oraz § 6, § 7 i § 8 definiujące wysokość budynku.

Dział II Zabudowa i zagospodarowanie działki budowlanej (uwaga: z wyłączeniem Rozdziału 3, 4, 6, 7 i 8)

- Rozdział 1 – wymagania techniczne dotyczące usytuowania obiektów,
- Rozdział 2 – wymagania techniczne dotyczące dojazdów i dojazdów, tj. szerokość, nachylenie, ze szczególnym uwzględnieniem dostępu do drogi publicznej,
- Rozdział 5 – wymagania techniczne dotyczące uzbrojenia technicznego działki i odprowadzenia wód powierzchniowych,
- Rozdział 9 – wymagania techniczne dotyczące ogrodzeń, tj. wys., rodzaj materiału;

Dział III Budynki i pomieszczenia (uwaga: z wyłączeniem Rozdziału 3, 6, 7, 10 i 11)

- Rozdział 1 – wymagania ogólne dotyczące budynków z pomieszczeniami przeznaczonymi na pobyt ludzi,
- Rozdział 2 – wymagania techniczne dotyczące oświetlenia i nasłonecznienia w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi,
- Rozdział 4 – wymagania techniczne dotyczące schodów i pochylni, tj. komunikacji pionowej ze szczególnym uwzględnieniem wys. i liczby stopni oraz szer. biegów,
- Rozdział 5 – wymagania techniczne dotyczące pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi,
- Rozdział 8 – wymagania techniczne dotyczące pomieszczeń technicznych i gospodarczych w szczególności wyposażenie w instalacje oraz ich wielkość,
- Rozdział 9 – wymagania techniczne dotyczące dojazdów i przejść do urządzeń technicznych ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa pracy (zabezpieczenie przed upadkiem);

Dział IV Wyposażenie techniczne budynków

- Rozdział 6 – wymagania techniczne dotyczące wentylacji i klimatyzacji,
- Rozdział 8 – wymagania techniczne dotyczące instalacji elektrycznej.

Dział V Bezpieczeństwo konstrukcji

Wymagania techniczne projektowania konstrukcji ze szczególnym uwzględnieniem niekorzystnych warunków pracy, np. teren podlegający wpływom eksploatacji górniczej i sposobem ich zredukowania;

Dział VI Bezpieczeństwo pożarowe (uwaga: z wyłączeniem Rozdziału 8, 9 i 10)

- Rozdział 1 – zasady ogólne ze szczególnym uwzględnieniem definicji i podział na strefy pożarowe ZL,
- Rozdział 2 – wymagania techniczne dotyczące odporności ogniowej budynków, tj. określenie klas odporności ogniowej: A, B, C, D, i D,
- Rozdział 3 – wymagania techniczne dotyczące oddzielenia stref pożarowych,
- Rozdział 4 – wymagania techniczne dotyczące dróg ewakuacyjnych,
- Rozdział 5 – wymagania techniczne dotyczące elementów wykończenia wnętrz,
- Rozdział 6 – wymagania techniczne dotyczące palenisk, przewodów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych,
- Rozdział 7 – wymagania dotyczące odległości między budynkami ze względu na ochronę przeciwpożarową.

Dział VII Bezpieczeństwo użytkowania

Wymagania techniczne zwiększające bezpieczeństwo użytkowania, w szczególności dostęp do urządzeń zainstalowanych na dachu.

Dział VIII Higiena i zdrowie

Rozdział 3 – wymagania techniczne dotyczące ochrony przed promieniowaniem jonizującym i polami elektromagnetycznymi (§ 314) czy dopuszczalny poziom oddziaływania pola (patrz rozdz. 10.1.1).

9.2.3. Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych¹⁸

Warunki są zbiorem wymagań ujętych w obowiązujących PN i przeznaczonych do stosowania przy wykonawstwie i odbiorze robót budowlano-montażowych.

Warunki podzielone są na następujące tomy:

Tom I – Budownictwo ogólne

Warunki, jakie powinny być spełnione podczas planowania, wykonania i odbioru robót budowlanych. Opisano podstawowe grupy i typy robót budowlano-montażowych.

Tom II – Instalacje sanitarne i przemysłowe

Nie dotyczy niniejszego opracowania.

Tom III – Konstrukcje stalowe

- Rozdział 1 – określa układ warunków technicznych i zakres stosowania,
- Rozdział 2 – określa warunki:
 - ogólne wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych,
 - szczególne, jakie powinna spełniać dokumentacja techniczna wykonawcza (techniczna, techniczno-organizacyjna i powykonawcza) i dokumenty budowy,
- Rozdział 3 – zawiera warunki szczegółowe wykonania i odbioru różnych obiektów: punkt 3.6 Wieże, maszty i kominy.

Tom IV – Obmurza pieców przemysłowych i kotłowni oraz kominy i chłodnie energetyczne

Nie dotyczy niniejszego opracowania.

Tom V – Instalacje elektryczne

Patrz rozdz. 5.

Dla potrzeb niniejszej *Instrukcji* szczegółowy opis warunków technicznych wykonania i odbioru nie jest konieczny.

¹⁸ Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych, Wydawnictwo Arkady, 1989

9.2.4. Decyzja pozwolenia na użytkowanie

Uzyskanie pozwolenia na użytkowanie jest wymagane, jeśli właściwy organ nałożył taki obowiązek w wydanym pozwoleniu na budowę lub stwierdził, że zgłoszony przez inwestora obiekt budowlany został wykonany z naruszeniem warunków, określonych w pozwoleniu na budowę.

Inwestor, w stosunku, do którego nałożono obowiązek uzyskania pozwolenia na użytkowanie obiektu budowlanego, jest obowiązany zawiadomić, zgodnie z właściwością wynikającą z przepisów szczególnych, organy: WOŚ, SANEPID, PIP, PSP, ILC, DWLot – o zakończeniu budowy obiektu budowlanego i zamiarze przystąpienia do jego użytkowania. Organy zajmują stanowisko w sprawie zgodności wykonania obiektu budowlanego z projektem budowlanym.

Właściwy organ wydaje decyzję o pozwoleniu na użytkowanie obiektu budowlanego, po przeprowadzeniu obowiązkowej kontroli dokonanej na wezwanie Inwestora po zawiadomieniu o zakończeniu budowy lub złożeniu wniosku o wydanie pozwolenia na użytkowanie, który przedkłada się co najmniej 21 dni przed zamierzonym terminem przystąpienia do użytkowania.

Podczas kontroli sprawdzeniu podlega zgodność obiektu budowlanego z projektem:

- zagospodarowania działki lub terenu,
- architektoniczno-budowlanym, uporządkowania terenu budowy.

9.3. Ustawa Prawo ochrony środowiska

Ustawa *Prawo Ochrony Środowiska* z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. 2001 r. Nr 62 poz. 627) z kolejnymi nowelizacjami oraz dokumenty wykonawcze, określa zasady ochrony środowiska oraz warunki korzystania z jego zasobów, z uwzględnieniem wymagań zrównoważonego rozwoju. Informuje o obowiązku zapobiegania niekorzystnemu oddziaływaniu wszystkich działań mogących negatywnie oddziaływać na środowisko. Każdy, kto powoduje zanieczyszczenie środowiska, ponosi koszty usunięcia skutków i zapobiegania temu zanieczyszczeniu. Podkreśla także, że każda decyzja wydana z naruszeniem przepisów dotyczących ochrony środowiska jest nieważna.

Emisja niejonizującego promieniowania elektromagnetycznego, czyli fal radiowych, także jest zaliczana do zanieczyszczeń środowiska.

W Ustawie określono zasady:

- dostępu do informacji na temat środowiska i jego ochrony,
- monitoringu stanu środowiska,
- udziału społeczeństwa w postępowaniu w sprawie ochrony środowiska,
- postępowania w sprawie oceny oddziaływania na środowisko,
- edukacji,
- ochrony zasobów.

Tytuł I – PRZEPISY OGÓLNE, DZIAŁ VI – Postępowanie w sprawie oceny oddziaływania na środowisko (od art. 46 do art. 57)

Wydanie decyzji w sprawie planowanego przedsięwzięcia mogącego znacząco oddziaływać na środowisko wymaga przeprowadzenia postępowania w sprawie oceny oddziaływania na środowisko. Postępowanie dotyczy decyzji o:

- warunkach zabudowy,
- pozwoleniu na budowę lub rozbiórkę obiektu budowlanego,
- pozwoleniu na zmianę sposobu użytkowania obiektu budowlanego lub jego części.

Jedynie instalacje radiowe, w których sumaryczna równoważna moc promieniowana izotropowo (EIRP) jest mniejsza lub równa 15 W nie są zaliczane do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko.

W szczególności w postępowaniu w sprawie oceny oddziaływania na środowisko określa się, analizuje i ocenia bezpośredni i pośredni wpływ danego przedsięwzięcia na środowisko oraz zdrowie i warunki życia ludzi. Postępowanie przeprowadza właściwy organ administracji budowlanej (powiatowy lub wojewódzki) właściwy do wydania decyzji po uzgodnieniu z organem ochrony środowiska. Organ występujący o uzgodnienie przedkłada:

- projekt budowlany (gdy nie jest on wymagany wystarczy wniosek o wydanie decyzji wraz z wymaganą na podstawie przepisów odrębnych dokumentacją),
- raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko (kiedy jest on wymagany).

Sporządzenia raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko wymagają przedsięwzięcia:

- planowane mogące znacząco oddziaływać na środowisko,
- dla których obowiązek jest ustalony na podstawie Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 24 września 2002 r. (Dz. U. z dnia 29 października 2002 r.).

Z układu poszczególnych przepisów ustawy oraz aktów wykonawczych wynika, iż:

- jeżeli sumaryczna EIRP nie przekracza 15 W, instalacja nie jest kwalifikowana jako mogąca znacząco oddziaływać na środowisko (por. poprzednia ramka),
- jeżeli sumaryczna EIRP nie przekracza 100 W, dla inwestycji **może być ustalony** obowiązek sporządzenia raportu oddziaływania na środowisko jako niezbędnego dokumentu przy ubieganiu się o decyzję WZ lub PnB,
- jeśli EIRP przekracza 100 W, sporządzenie raportu oddziaływania na środowisko przy ubieganiu się o WZ lub PnB **jest obowiązkowe**.

Niestety, postępowanie formalne dla inwestycji pomiędzy 15 a 100 W EIRP, a więc „łagodniejszych” dla środowiska, jest o wiele bardziej skomplikowane (sic!). Powstaje to z przyjętych założeń, że dla tego rodzaju inwestycji o potrzebie raportu winny decydować instytucje znajdujące się na zagadnieniach środowiskowych: Państwowa Inspekcja Sanitarna i samorządowy (powiatowy) organ ochrony środowiska. Dlatego do obu instytucji organ prowadzący sprawę kieruje obowiązkowe zapytanie o konieczność raportu, a po tej konsultacji nakład taki obowiązek lub nie.

Tyle teoria, w praktyce dla instalacji radiowej raport jest zarządzany zawsze. Nie ma więc różnicy między obiektami powyżej a poniżej 100 W EIRP, tyle że Inwestor jest zmuszony odczekać **kilka** okresów na konsultacje, co często oznacza 3...4 miesiące zwłoki.

Dla obiektów „silniejszych”, powyżej 100 W EIRP konsultacje na temat obowiązku raportu odpadają, do tego organem środowiskowym jest Wojewoda, a w sprawie nie bierze udziału Państwowy Inspektor Sanitarny. Przez to sprawy są załatwiane szybciej.

Raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko powinien uwzględniać oddziaływanie przedsięwzięcia na etapach jego realizacji, eksploatacji oraz likwidacji (utyliczacji). Zakres raportu określony w postępowaniu o wydanie decyzji o warunkach zabudowy, uwzględnia się w postępowaniu o wydanie decyzji o pozwoleniu na budowę dla tego samego przedsięwzięcia.

Szczegółowe wymagania dotyczące zawartości raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko opisane w art. 52 ust. 1 Ustawy.

Uwaga: Dla inwestycji o EIRP większym od 100 W wnioskodawca przed wystąpieniem o wydanie decyzji może zwrócić się z zapytaniem do właściwego organu o określenie zakresu raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko.

Tytuł II – OCHRONA ZASOBÓW ŚRODOWISKA, DZIAŁ VI – Ochrona przed polami elektromagnetycznymi (od art. 121 do art. 124)

Ochrona polega na zapewnieniu jak najlepszego stanu środowiska poprzez:

- utrzymanie poziomów pól elektromagnetycznych poniżej dopuszczalnych lub co najmniej na tych właśnie poziomach,
- zmniejszanie poziomów pól elektromagnetycznych, co najmniej do dopuszczalnych, gdy nie są one dotrzymane.

Dopuszczalne poziomy pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposoby sprawdzania dotrzymania tych poziomów – patrz rozdz. 10.1.

Oceny poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku i obserwacji zmian dokonuje się w ramach państwowego monitoringu środowiska. Organy wojewody są odpowiedzialne za prowadzenie okresowego badania kontrolnego poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz za aktualizowany corocznie, rejestr zawierający informacje o terenach, na których stwierdzono przekroczenie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku.

Tytuł III – PRZECIWDZIAŁANIE ZANIECZYSZCZENIOM, DZIAŁ IV – Pozwolenia na wprowadzanie do środowiska substancji lub energii (w szczególności Rozdział 7)

Pozwolenie na emitowanie pól elektromagnetycznych (od art. 234 do art. 236) jest wymagane dla:

- linii i stacji elektroenergetycznych o napięciu znamionowym 110 kV lub wyższym,
- instalacji radiokomunikacyjnych, radionawigacyjnych i radiolokacyjnych, których równoważna moc promieniowana izotropowo jest równa 15 W lub wyższa, emitujących pola elektromagnetyczne o częstotliwościach od 0,03 MHz do 300 000 MHz.

Pozwolenie wydaje się na wniosek, który powinien:

- zawierać określenia zakresów częstotliwości pól elektromagnetycznych emitowanych przez instalacje oraz napięcia znamionowe w odniesieniu do linii i stacji elektroenergetycznych,
- wskazywać w formie opisowej i graficznej miejsca występowania w otoczeniu instalacji pól elektromagnetycznych o wartościach granicznych dla obszarów zabudowy mieszkaniowej oraz dla miejsc dostępnych dla ludności,
- zawierać propozycje zabezpieczenia przed dostępem ludności,
- zawierać oznaczenia obszarów występowania pól elektromagnetycznych o wartościach większych niż dopuszczalne.

Szczegółowe wymagania, które powinien spełniać wniosek o wydanie pozwolenia są opisane w art. 184 Ustawy oraz w kilku innych jej miejscach.

Po spełnieniu wszystkich niezbędnych formalności jest wydawane, w trybie decyzji administracyjnej, pozwolenie na czas oznaczony, nie dłuższy niż 10 lat. Pozwolenie na emitowanie pól elektromagnetycznych, powinno zawierać:

- określenie granic obszarów w otoczeniu instalacji niedostępnych dla ludności, w których będą występowały pola elektromagnetyczne o wartościach większych niż dopuszczalne,
- sposoby zabezpieczenia ww. obszarów przed dostępem ludności,
- sposoby oznaczenia ww. obszarów.

W pozwoleniu ustala się:

- napięcia znamionowe linii i stacji elektroenergetycznych,
- maksymalną równoważną moc promieniowaną izotropowo dla instalacji radiokomunikacyjnych, radionawigacyjnych i radiolokacyjnych emitujących pola elektromagnetyczne o częstotliwościach od 0,03 MHz do 300 000 MHz.

Szczegółowy zakres, który powinno określać pozwolenie jest opisany w art. 188 Ustawy.

Ponieważ granicą konieczności uzyskiwania pozwoleń na emisję promieniowania elektromagnetycznego jest $EIRP=15\text{ W}$ (odpowiada to poziomowi mocy $+11,8\text{ dBW}$), należy przyjąć, że **obowiązek uzyskiwania pozwolenia dotyczy ogromnej większości stacji radiokomunikacyjnych przedsiębiorstw energetycznych.**

Zarówno nadajniki RBS, jak i nadajniki terminali stacjonarnych, mają moc wyjściową 10 W , co odpowiada poziomowi mocy $p_{nad}=10\text{ dBW}$. Następujący rachunek:

$$p_{nad} + G_{ant} - A_{toru} = p_{EIRP}$$

przy przyjęciu tłumienności toru 2 dB (jest to dobre uśrednienie tłumienności spotykanych w praktyce) prowadzi do nierówności:

$$10\text{ dBW} + G_{ant} - 2\text{ dB} \leq 11,8\text{ dBW}$$

By nie przekroczyć $EIRP=15\text{ W}$, należy zapewnić, by $G_{ant} \leq 3,8\text{ dBi}$.

W praktyce stosowane anteny RBS i terminali mają zyski energetyczne przynajmniej $+5\text{ dBi}$. Przy przyjęciu tłumienności toru 2 dB oznacza to poziom mocy promieniowanej $+13\text{ dBW}$, co odpowiada mocy $EIRP=20\text{ W}$, a więc więcej niż granica określona w Prawie ochrony środowiska.

Postępowanie w przypadku budowy obiektu kwalifikowanego jako stanowiącego zagrożenie dla środowiska

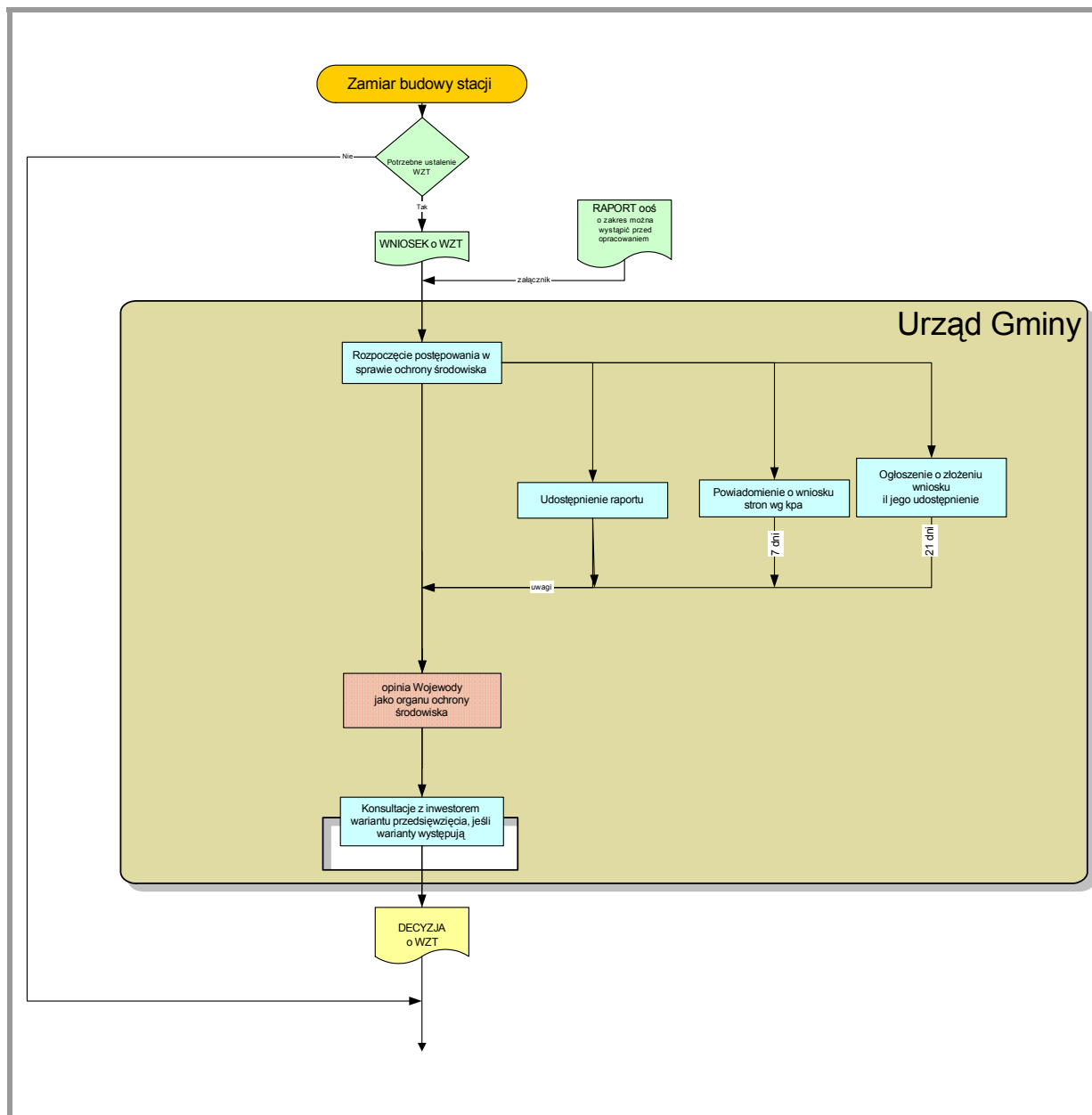
Z układu przepisów zawartych w ustawach: *O planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym*, *Prawo budowlane* i *Prawo ochrony środowiska* (wraz z aktami wykonawczymi — rozporządzeniami) wynika następujący obraz inwestycji mogących mieć miejsce w związku z pojawieniem się instalacji antenowej¹⁹:

1. instalacja polega wyłącznie na montażu anten (traktowanych jako urządzenia), przy czym wysokość anteny wraz z nowo instalowanym nośnikiem nie przekracza 3 m — nie jest wymagane pozwolenie na budowę ani żadne inne postępowanie poprzedzające instalację,
2. instalacja polega wyłącznie na montażu anten (traktowanych jako urządzenia), przy czym wysokość anteny wraz z nowo instalowanym nośnikiem przekracza 3 m — nie jest wymagane pozwolenie na budowę, należy jednak dokonać zgłoszenia robót budowlanych (w sposób przewidziany w ustawie), do których można przystąpić, jeśli w ciągu 30 dni organ nie wniesie sprzeciwu,
3. instalacji anten towarzyszą tego rodzaju prace związane z postawieniem lub rozbudową nośnika, że zgodnie z ustawą *Prawo budowlane* kwalifikują się jako roboty budowlane, dla których z art. 29 i 30 nie wynika zwolnienie od konieczności uzyskiwania pozwolenia na budowę — wymagane uzyskanie pozwolenia na budowę, a w trakcie postępowania przeprowadzenie przez organ postępowania oceniającego wpływ na środowisko; konieczne sporządzenie *Raportu oddziaływania inwestycji na środowisko*;

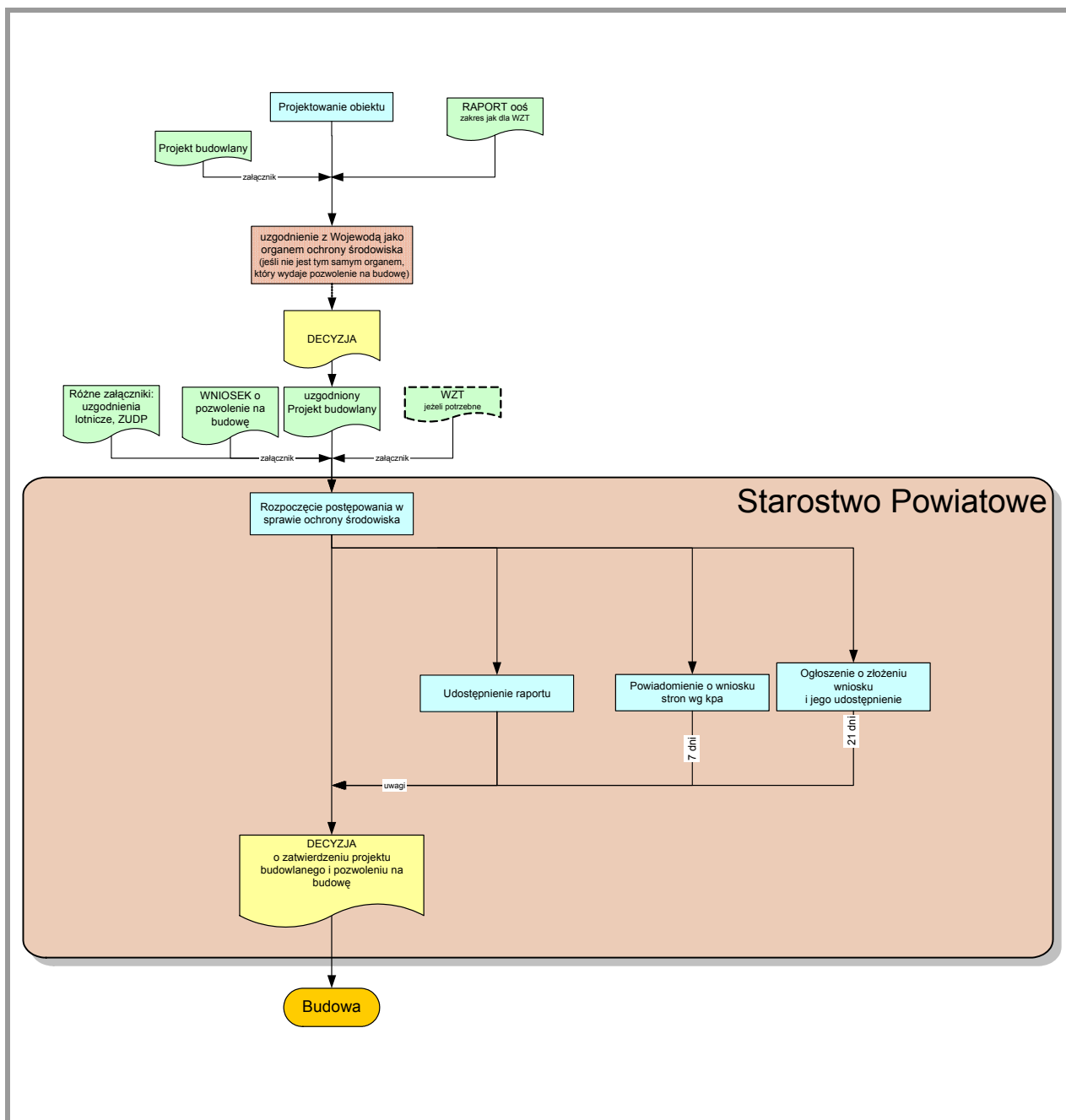
¹⁹ Dotyczy instalacji o łącznej $EIRP$ przekraczającej 100 W — por. ramka na str. 124.

4. inwestycja polega na budowie wieży, przy czym teren ma takiego rodzaju przeznaczenie w miejscowym planie zagospodarowania (lub planu tego w ogóle brak), że wymagane jest ustalenie warunków zabudowy terenu (WZ) przed sporządzeniem projektu budowlanego i uzyskaniem pozwolenia na budowę.

W zależności od sytuacji należy postępować odmiennie. Proces formalny zilustrowano schematycznie na Rys. 9.1 i Rys. 9.2.



Rys. 9.1. Schemat postępowania formalnego przy uzyskiwaniu WZ dla inwestycji o EIRP przekraczającym 100 W



Rys. 9.2. Schemat postępowania formalnego przy uzyskiwaniu PnB dla inwestycji o EIRP przekraczającym 100 W

9.4. Ustawa o Państwowej Inspekcji Sanitarnej

Ustawa o Państwowej Inspekcji Sanitarnej z dnia 14 marca 1985 r. (Dz. U. 1985 r. Nr 12 poz. 49) z kolejnymi nowelizacjami oraz dokumentami wykonawczymi, określa organy, formę, zakres wykonywania inspekcji sanitarnej oraz powołuje Państwową Inspekcję Sanitarną (tzw. SANEPID) do realizacji zadań z zakresu zdrowia publicznego, w szczególności poprzez sprawowanie nadzoru nad warunkami:

- higieny środowiska,

- higieny pracy w zakładach pracy,
- higieny radiacyjnej,
- higieny procesów nauczania i wychowania,
- higieny wypoczynku i rekreacji,
- zdrowotnymi żywności, żywienia i przedmiotów użytku,
- higieniczno-sanitarnymi, jakie powinien spełniać personel medyczny, sprzęt oraz pomieszczenia, w których są udzielane świadczenia zdrowotne,

w celu ochrony zdrowia ludzkiego przed niekorzystnym wpływem szkodliwości i uciążliwości środowiskowych, zapobiegania powstawaniu chorób, w tym chorób zakaźnych i zawodowych. Określa także skutki prawne i przepisy karne.

Wykonywanie zadań z zakresu zdrowia publicznego polega na sprawowaniu zapobiegawczego i bieżącego nadzoru sanitarnego oraz prowadzeniu działalności zapobiegawczej i przeciwepidemiologicznej w zakresie chorób zakaźnych i innych chorób powodowanych warunkami środowiska, a także na prowadzeniu działalności oświatowo-zdrowotnej.

Na mocy Ustawy Wojewódzkiej (a nie Powiatowej, jak określa przepis ogólny Prawa ochrony środowiska) Inspektor Sanitarny jest organem uczestniczącym w wydawaniu pozwolenia na budowę lub decyzji o warunkach zabudowy dla obiektów radiowych, gdyż wszelkiego rodzaju promieniowanie radiowe wchodzi w zakres tzw. ochrony radiologicznej.

Niestety istnienie oprócz postanowień ogólnych także przepisu szczególnego bywa zupełnie ignorowane przez urzędy lokalne, przez co powstaje chaos kompetencyjny i krążenie dokumentów między Starostą, Powiatowym i Wojewódzkim Inspektorem Sanitarnym.

Jak wspomniano w poprzedniej ramce, Inspektor Sanitarny bierze udział w postępowaniu jedynie dla inwestycji o EIRP pomiędzy 15 a 100 W (spodziewane jest skorygowanie tego oczywistego odstępstwa w mającej się ukazać nowej Ustawie dotyczącej ochrony środowiska).

9.5. Ochrona pracy w świetle wymogów Państwowej Inspekcji Pracy

Szczegóły – patrz rozdział 10.

9.5.1. Czynniki zagrożeń i ich wartości dopuszczalne

Czynniki mechaniczne

Czynniki zagrożenia:

- upadki z wysokości,
- wybuchy, uderzenia, wstrząsy, zgniecenia,

- przekłucia,
- przecięcia,
- otarcia,
- poślizgnięcia,
- upadki,
- drgania.

Szczegóły – patrz rozdział 10.3 i 10.4.

Pola elektromagnetyczne (niejonizujące)

Pod pojęciem niejonizującego²⁰ pola elektromagnetycznego rozumie się pole elektryczne, magnetyczne oraz elektromagnetyczne o częstotliwościach od 0 Hz (prąd stały) do 300 GHz – patrz rozdział 10.1

Prąd elektryczny

Szczegóły – patrz rozdział 10.1 i 10.4.

9.5.2. Środki ochrony

Szczegóły – patrz rozdział 10.3.

²⁰ Pole elektromagnetyczne jonizujące to promieniowanie zakresu rentgenowskiego, gamma i kosmicznego.

Zasady bhp i środowiskowe

10.1. Zasady ogólne

Według rozporządzenia Ministra Środowiska *w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów utrzymania tych poziomów* – w otoczeniu źródeł wytwarzających elektromagnetyczne promieniowanie niejonizujące w zakresie częstotliwości powyżej 300 MHz do 300 000 MHz, wartość średniej gęstości mocy nie może przekroczyć $0,1 \text{ W/m}^2$. W przypadku przekroczenia wartości normatywnych na danym obszarze otaczającym źródło, według Ustawy *Prawo ochrony środowiska* tworzy się obszar ograniczonego użytkowania, na którym obowiązuje zakaz przebywania ludzi. Pojęcie „obszar” dotyczy oczywiście terenu, a nie fragmentu przestrzeni powietrznej unoszącej się nad ziemią.

Do pracy mogą zostać dopuszczone tylko osoby z ważnymi bieżącymi badaniami lekarskimi. W przypadku prowadzenia robót montażowych na wysokości, prace mogą być prowadzone tylko przez wykwalifikowane osoby legitymujące się uprawnieniami do prowadzenia robót na wysokości.

10.2. Natężenia pól magnetycznych i elektrycznych

W celu wyznaczenia na obiekcie stref, w których przebywanie jest ograniczone ze względu na zbyt wysokie natężenia pól elektrycznych lub magnetycznych, przeprowadza się pomiary tych pól. Ich wartości graniczne określa Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 *w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy* (Dz. U. Nr 217 z dnia 18 grudnia 2002, poz. 1833).

Pola elektryczne i promieniowanie elektromagnetyczne dopuszczalne nie powinny przekraczać następujących wartości:

- H_0 – natężenia pól magnetycznych o częstotliwości f , rozgraniczające strefę pośrednią od niebezpiecznej,
- E_0 – natężenie pola elektrycznego o częstotliwości f , rozgraniczające strefę pośrednią od niebezpiecznej,

- H_1 – natężenia pól o częstotliwości f , odgraniczające strefę zagrożenia od strefy pośredniej,
- E_1 – natężenie pola elektrycznego o częstotliwości f , rozgraniczające strefę zagrożenia od strefy pośredniej,
- H_2 – natężenia pól o częstotliwości f , rozgraniczające strefę niebezpieczną od strefy zagrożenia,
- E_2 – natężenie pola elektrycznego o częstotliwości f , rozgraniczające strefę niebezpieczną od strefy zagrożenia.

Zależności pomiędzy poszczególnymi wartościami kształtują się następująco:

$$H_2 = 10 \cdot H_1; E_2 = 10 \cdot E_1$$

$$H_0 = H_1/3; E_0 = E_1$$

W strefie zagrożenia ekspozycja powinna spełniać jednocześnie następujące warunki podane w poniższych tabelach:

Tabela 10.1. Dopuszczalne natężenia pól magnetycznych

L.p.	Zakres częstotliwości	H_1 [A/m]	Dd_H
1	$0 \text{ Hz} \leq f \leq 0,5 \text{ Hz}$	8000	$512 (\text{kA/m})^2 \cdot \text{h}$
2	$0,5 \text{ Hz} < f \leq 50 \text{ Hz}$	200	$0,32 (\text{kA/m})^2 \cdot \text{h}$
3	$0,05 \text{ kHz} < f \leq 1 \text{ kHz}$	$10/f$	$800/f^2 (\text{A/m})^2 \cdot \text{h}$
4	$1 \text{ kHz} < f \leq 800 \text{ kHz}$	10	$800 (\text{A/m})^2 \cdot \text{h}$
5	$0,8 \text{ MHz} < f \leq 150 \text{ MHz}$	$8/f$	$512 f^2 (\text{A/m})^2 \cdot \text{h}$
6	$0,15 \text{ GHz} < f \leq 3 \text{ GHz}$	0,053	$0,022 (\text{A/m})^2 \cdot \text{h}$

Dd_H jest dopuszczalną dozą pola magnetycznego.

Tabela 10.2. Dopuszczalne natężenia pól elektrycznych

L.p.	Zakres częstotliwości	E_1 (f) [V/m]	D_{dE} (f)
1	$0 \text{ Hz} \leq f \leq 0,5 \text{ Hz}$	20000	$3200 (\text{kV/m})^2 \cdot \text{h}$
2	$0,5 \text{ Hz} < f \leq 300 \text{ Hz}$	10000	$800 (\text{kV/m})^2 \cdot \text{h}$
3	$0,3 \text{ kHz} < f \leq 1 \text{ kHz}$	$100/f$	$0,08/f^2 (\text{kV/m})^2 \cdot \text{h}$
4	$1 \text{ kHz} < f \leq 3 \text{ MHz}$	100	$0,08 (\text{kV/m})^2 \cdot \text{h}$
5	$3 \text{ MHz} < f \leq 15 \text{ MHz}$	$300/f$	$0,72/f^2 (\text{kV/m})^2 \cdot \text{h}$
6	$0,015 \text{ GHz} < f \leq 3 \text{ GHz}$	20	$3200 (\text{V/m})^2 \cdot \text{h}$
7	$3 \text{ GHz} < f \leq 300 \text{ GHz}$	$0,16 f + 15$	$(f/2 + 55)^2 (\text{V/m})^2 \cdot \text{h}$

Gdy ekspozycja o działaniu miejscowym dotyczy wyłącznie kończyn, dopuszcza się zwiększone ich narażenie na pola magnetyczne o natężeniach 5 razy

większych od dopuszczalnych dla całego ciała, z równoczesnym dopuszczeniem dozy²¹ dla kończyn 25 razy większej od dozy dla całego ciała.

Przebywanie pracowników w strefie niebezpiecznej jest dopuszczalne pod warunkiem stosowania odpowiednich środków ochrony indywidualnej. Pojawienie się jednak strefy niebezpiecznej w obiekcie radiokomunikacyjnym przedsiębiorstwa energetycznego jest praktycznie wykluczone.

10.3. Bhp przy budowie

Zastosowanie znajdują przepisy zawarte w Rozporządzeniu Ministra Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych z dnia 28 marca 1972 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy wykonywaniu robót budowlano-montażowych i rozbiórkowych (Dz. U. z dnia 10 kwietnia 1972 r.) wraz z uzupełnieniami.

W szczególności przestrzegać należy następujących zasad:

- praca na wysokości może odbywać się tylko w zespołach dwuosobowych (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 28 maja 1996 r.) a osoby te powinny posiadać kwalifikacje osób na stanowiskach wymagających szczególnych zdolności psychofizycznych (zgodnie z rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 28 maja 1996 r.; Dz. U. z dnia 1 czerwca 1996);
- prace należy wstrzymać w przypadku, gdy prędkość wiatru przekroczy wartość 10 m/s;
- prace należy wstrzymać w przypadku wystąpienia: burz i opadów atmosferycznych oraz warunków ograniczonej widoczności – mgła i zmrok;
- wszystkie osoby powinny posiadać ważne badania lekarskie dopuszczające do pracy na wysokości. Po chorobie trwającej dłużej niż 30 dni pracownik powinien zostać skierowany na badania stwierdzające jego zdolność do powrotu do pracy na stanowisku;
- wszystkie osoby powinny przejść szkolenie bhp stanowiskowe;
- pracownicy powinni zostać wyposażeni w niezbędny sprzęt do pracy na wysokości, w którego skład wchodzi m.in.:
 - a) oddzielne uprząże,
 - b) urządzenie przepinkowe z tłumikiem,
 - c) kask,
 - d) rękawice robocze,
 - e) obuwie robocze,
 - f) odzież ochronna,
 - g) urządzenie samohamowne (wózek itp.),

²¹ Doza jest proporcjonalna do iloczynu natężenia pola magnetycznego i elektrycznego

- h) lina główna (min. 75 m) i zapasowa (min. 50 m),
 - i) dwie „ósemki”,
 - j) dwa zaczepy taśmowe,
 - k) trzy karabinki,
 - l) zestaw pierwszej pomocy – 1 na zespół.
- teren pod trwającymi pracami na wysokości powinien zostać odgradzony taśmą (strefa min. 6 m od budowli, lecz nie mniej niż 1/8 wysokości najwyższego stanowiska pracy), a w jego obrębie nie powinni przebywać ludzie.

10.4. Bhp przy pracy

Wszystkie prace konserwacyjne i remontowe powinny być prowadzone z zachowaniem przestrzegania przepisów bhp obowiązujących w kraju oraz szczegółowych przepisów bhp obowiązujących podczas pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych.

Pracownicy zajmujący się eksploatacją urządzeń i instalacji sieci powinni być do tego uprawnieni i posiadać ważne świadectwa kwalifikacyjne na stanowisku dozoru (D) i eksploatacji (E) lub dozoru i eksploatacji, zależnie od zajmowanego stanowiska. Są to:

- kierujący zespołem pracowników – pracownik wyznaczony przez polecniodawcę, posiadający ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku eksploatacji, kierujący zespołem pracowników;
- polecniodawca – pracownik upoważniony pisemnie przez prowadzącego eksploatację urządzeń i instalacji energetycznych do wydawania poleceń na wykonanie pracy, posiadający ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku dozoru;
- koordynujący – wyznaczony przez polecniodawcę pracownik komórki organizacyjnej sprawującej dozór nad eksploatacją urządzeń i instalacji energetycznych, przy których będzie wykonywana praca, posiadający ważne świadectwo na stanowisku dozoru;
- dopuszczający – wyznaczony przez polecniodawcę pracownik posiadający ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku dozoru lub eksploatacji, wykonujący wyłącznie czynności nadzoru.

Pracodawca jest zobowiązany zapewnić pracownikom bezpieczne i higieniczne warunki pracy. Każdy pracownik powinien posiadać ważne zaświadczenie o przebytych szkoleniach bhp.

Każdorazowo przed rozpoczęciem prac, każdy z pracowników obowiązkowo powinien zapoznać się z rozkładem pól elektromagnetycznych na stacji, wynikający z aktualnych pomiarów pól elektromagnetycznych²² (według Rozporządzenia – patrz rozdz. 10.1). Dopiero po zapoznaniu z rozkładem pól pra-

²² Ponowne wykonanie pomiarów jest niezbędne po każdej zmianie konfiguracji źródeł promieniowania oraz mocy zasilającej mogącej mieć wpływ na rozkład natężenia pola.

ownicy mogą przystąpić do prac. Dodatkowo każda ze stref powinna zostać oznakowana według załącznika VI.

Szczególną uwagę w trakcie prowadzenia robót na wysokości należy zwrócić na:

- w czasie przebywania ludzi na pomostach, powinny być one zabezpieczone poręczami o wysokości 1,1 m oraz krawężnikami o wysokości 15 cm, przy czym należy zabezpieczyć przestrzeń pomiędzy krawężnikiem a poręczą (np. poprzeczka w połowie wysokości poręczy). Przy robotach na wysokości wykonywanych przejściowo, poręcze i krawężniki można zastąpić przez inne środki zabezpieczające pracownika od upadku z wysokości – patrz rozdz. 6.4;
- niepotrzebne narzędzia i drobne przedmioty znajdujące się na pomostach powinny być natychmiast zbierane do specjalnie do tego przygotowanych skrzyń;
- należy przestrzegać przepisów dotyczących ochrony przed porażeniem prądem;
- w okresie zimowym należy sprawdzać stan pomostów, przejść, aby nie dopuścić do pracy na oblodzonych i śliskich, pomostach itp. Jeśli nie jest to konieczne, należy unikać pracy zimą;
- pracownicy skierowani do pracy na wysokości powinni posiadać ważne badania lekarskie dopuszczające ich do tych prac;
- wszyscy pracownicy pracujący na wysokości (szczególnie montażyści) są zobowiązani do używania środków zabezpieczających przed upadkiem (np. pasy, uprząże), których stan sprawdzany jest przed każdym wyjściem osób na obiekt;
- osoby przebywające na pomostach pod pracującymi powinny posiadać kaski ochronne;
- należy zapewnić łączność pomiędzy kolejnymi stanowiskami roboczymi. Jeśli łączność głosem jest uniemożliwiona należy posłużyć się radiotelefonami;
- konstrukcje stalowe, na których prowadzi się roboty powinny posiadać uziemienie, które powinno zostać sprawdzone przed podjęciem prac;
- prowadzenie prac podczas burzy jest niedozwolone;
- roboty prowadzone na działających urządzeniach nadawczych mogą być wykonywane jedynie w miejscach dopuszczonych do przebywania dla ludzi, zgodnie z pomiarami rozkładu pola;
- nie wolno prowadzić prac przy prędkości wiatru przekraczającej 10 m/s, podczas burz i opadów atmosferycznych oraz w okresie ograniczonej widoczności.
- w trakcie prowadzenia prac w pobliżu urządzeń elektrycznych należy zachować następujące odległości dla stanowisk pracy*:
 - 3 m od urządzeń nn;
 - 5 m od urządzeń nn do 15 kV;
 - 10 m od urządzeń powyżej 15 kV, lecz nieprzekraczającej 30 kV;
 - 15 m od urządzeń powyżej 30 kV, lecz nieprzekraczającej 110 kV;
 - 30 m od urządzeń powyżej 110 kV.

* Są to odległości odmienne od wymaganych przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych pod napięciem, określonych rozporządzeniem MG z 17.09.1999 r.

10.5. Kwalifikacje pracowników nadzoru

Dozorem przy eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci, analogicznie do Rozporządzenia Ministra Gospodarki *w sprawie wymagań kwalifikacyjnych dla osób zajmujących się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci itd.* z dnia 16 marca 1998 r. (Dz. U. Nr 59 poz. 377 15 maja 1998 r.), mogą zajmować się osoby, które spełniają następujące wymagania kwalifikacyjne dla pracowników technicznych i innych osób kierujących czynnościami osób wykonujących prace w zakresie: obsługi, konserwacji, napraw, kontrolno-pomiarowym i montażu oraz stanowiska osób sprawujących nadzór nad eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci.

Uzyskiwanie kwalifikacji reguluje Rozporządzenie Ministra Łączności z dnia 18 czerwca 2001 r. *w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie telekomunikacyjnym* (Dz. U. Nr 71 poz. 741).

Według powyższego rozporządzenia do uzyskania uprawnień jest wymagane posiadanie odpowiedniego lub pokrewnego wykształcenia wyższego albo odpowiedniego wykształcenia średniego, odbycie wymaganej praktyki zawodowej monterów, zdanie egzaminu lub posiadanie co najmniej wykształcenia zasadniczego zawodowego, dyplomu mistrza monterów i zdanie egzaminu.

Za wykształcenie odpowiednie dla uzyskania uprawnień budowlanych w telekomunikacji uważa się:

- studia o kierunku elektronika o specjalności monterów zakresu telekomunikacji,
- studia o kierunku elektrotechnika w specjalności z zakresu telekomunikacji,
- szkołę średnią w zawodzie technik telekomunikacji,
- szkołę średnią w zawodzie technik elektronik w specjalności z zakresu telekomunikacji.

Uprawnienia wydawane są w zakresie:

- projektowania,
- kierowania robotami budowlanymi,
- projektowania i kierowania robotami budowlanymi.

Wymagana praktyka zawodowa do kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń obejmuje:

- posiadanie odpowiedniego wykształcenia,
- odbycie dwuletniej praktyki na budowie.

Wniosek o nadanie uprawnień budowlanych w telekomunikacji składa się Prezesowi Urzędu Regulacji Telekomunikacji i Poczty (URTIP), który wydaje decyzję o nadaniu uprawnień budowlanych w telekomunikacji.

Następuje to po:

- ustaleniu na podstawie dokumentów złożonych przez ubiegającego się o uprawnienia, że spełnił on warunki w zakresie przygotowania zawodowego niezbędnego do uzyskania uprawnień we wnioskowanym zakresie,

- złożeniu egzaminu przez ubiegającego się o uprawnienia budowlane w telekomunikacji przed komisją egzaminacyjną.

10.6. Kwalifikacje monterów – instalatorów

Eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci, analogicznie do Rozporządzenia Ministra Gospodarki *w sprawie wymagań kwalifikacyjnych dla osób zajmujących się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci itd.* z dnia 16 marca 1998 r. (Dz. U. Nr 59 poz. 377 z dnia 15 maja 1998 r.), mogą zajmować się osoby, które spełniają następujące wymagania kwalifikacyjne dla pracowników wykonujących prace w zakresie: obsługi, konserwacji, napraw, kontrolno-pomiarowym i montażu oraz stanowiska osób sprawujących nadzór nad eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci.

Kwalifikacje do wykonywania zawodu montera są sprawdzane na podstawie egzaminu pisemnego. Egzamin przeprowadzany jest dla absolwentów szkół o profilu telekomunikacyjnym. W zakresie egzaminu znajdują się między innymi zagadnienia:

- przetwarzania danych liczbowych i operacyjnych,
- bezpiecznego wykonywania zadań zawodowych zgodnie z przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska,
- planowania czynności związanych z wykonaniem zadania,
- egzamin praktyczny z wykonania określonego fragmentu sieci telekomunikacyjnej, sieci kablowej w zadanej technologii zgodnie z dokumentacją,
- wykonanie instalacji dla wskazanych urządzeń telekomunikacyjnych, podłączenie i uruchomienie ich zgodnie z dokumentacją.

Na podstawie ukończonego pozytywnie egzaminu, absolwent uzyskuje zawód montera sieci telekomunikacyjnych.

Eksploatacja obiektów radiowych

Poprawna i zgodna ze wszelkimi regułami (wytycznymi producenta sprzętu, instrukcjami, normami itp.) eksploatacja jest podstawowym warunkiem poprawnej pracy całej sieci RRL. Pozwala ona użytkować urządzenia zgodnie z ich przeznaczeniem, co wydłuża ich żywotność i zmniejsza awaryjność; w konsekwencji właściwa eksploatacja prowadzi do zmniejszenia kosztów bieżących i zakupów. Mniej jest bowiem usterek i związanych z nimi napraw, rzadziej trzeba przeprowadzać remonty, a w ogólności angażować mniej sił i środków na zapewnienie normalnej, zgodnej z oczekiwaniami pracy urządzeń.

W niniejszym rozdziale opisano typowe procesy związane z eksploatacją i utrzymaniem sieci RRL, w tym m.in.: kto powinien nadzorować poprawną eksploatację, tryb i zakres kontroli okresowych, sposób powoływania komisji kontrolnej, gromadzenie sił i środków niezbędnych do zapewnienia poprawnej pracy urządzeń, o naprawach i remontach oraz szereg innych zagadnień.

Wszystkie opisane tu zasady dotyczą także obiektów terminali stacjonarnych.

11.1. Nadzór nad eksploatacją

Bardzo ważną kwestią jest określenie zakresu odpowiedzialności poszczególnych osób (stanowisk) nad odpowiednimi fragmentami majątku wchodzącego w skład sieci RRL. Każde urządzenie czy instalacja powinna być pod nadzorem wykwalifikowanego personelu, który będzie dbał o poprawne eksploataowanie urządzeń. W zakresie, o którym traktuje niniejsza *Instrukcja*, obowiązek zorganizowania odpowiednich służb odpowiedzialnych za pracę systemów łączności spoczywa na kierownictwie wydziałów telekomunikacji poszczególnych zakładów. Powinni oni (działając w ścisłym porozumieniu z kierownictwem zakładu) zorganizować podległych sobie pracowników i dostępne środki w sposób optymalny dla struktury danego przedsiębiorstwa.

Zdaniem autorów wspierani oni być powinni przez:

- kierownictwo poszczególnych obiektów, w których są zlokalizowane stacje radiowe lub znajdują się inne urządzenia objęte zakresem *Instrukcji*,

- służby bhp odpowiedzialne za użytkowanie urządzeń w sposób niezagrażający zdrowiu i życiu ludzkiemu

oraz wszystkie jednostki, które kierownictwo zakładu uzna za odpowiednie i wymagane.

Ważną, choć często żmudną i pracochłonną kwestią jest sformalizowanie wszelkich reguł postępowania w czasie normalnej pracy sieci, a także w czasie awarii, tak aby proces eksploatacji był możliwie płynny i angażował możliwie najmniej czasu i środków. *Instrukcja* w tym, a także w poprzednich rozdziałach zawiera propozycje organizacyjne oraz przydatne formularze.

11.2. Kontrole okresowe

Jednym z najważniejszych narzędzi służących do kontrolowania poprawności procesów eksploatacyjnych, jakimi dysponuje kierownictwo przedsiębiorstwa, jest *kontrola (inspekcja) okresowa*. Jej częstotliwość, zakres, a także skład komisji kontrolnej jest z pewnością regulowany w każdym przedsiębiorstwie wewnętrznymi ustaleniami, tym niemniej sugeruje się, aby:

- kontrola nie odbywała się rzadziej niż raz do roku,
- jej zakres był nie mniejszy niż to przedstawiono w rozdziale 11.14,
- w składzie komisji znaleźli się przedstawiciele m.in.:
 - kierownictwa przedsiębiorstwa;
 - kierownictwa wydziału telekomunikacji,
 - wydziału nadzoru nad majątkiem trwałym,
 - wydziału ds. inwestycji,
 - służb bhp,
 - służb utrzymania odpowiedzialnych bezpośrednio za poprawną eksploatację stacji,
 - wszystkie osoby których kierownictwo Zakładu uzna za odpowiednie i wymagane.

11.3. Typowe prace eksploatacyjne

Praca opisanej wyżej komisji nie polega na fizycznej obecności we wszystkich obiektach i dokonania osobistego sprawdzenia instalacji (tym bardziej, że dla części członków komisji zasady, którymi rządzą się instalacje radio- i tele-techniczne, nie muszą być znane). Z reguły komisja dokonuje przeglądów i weryfikuje p o p r a w n o ś ć d o k u m e n t ó w : raportów, dzienników zdarzeń, protokołów przeglądów itd., których autorami są służby utrzymania. To na nich bowiem spoczywa główny obowiązek wykonania prac eksploatacyjnych i nadzór nad urządzeniami, a w szczególności:

- wykonywania i protokolowania przeglądów okresowych;
- obserwacja urządzeń i notowanie zdarzeń;
- weryfikacja pracy stacji bazowych, terminali stacjonarnych i samochodowych (patrz p. 11.7);

- dbanie o terminy gwarancji i przeglądów okresowych;
- gromadzenie protokołów odbiorów, instrukcji fabrycznych itp.
- dokonywanie napraw, konserwacji i remontów w ramach posiadanych kwalifikacji lub zlecanie (i nadzorowanie przebiegu) takich prac jednostkom wyspecjalizowanym, aby powierzona sieć spełniała w 100% zadania, do których została zbudowana.

W trakcie eksploatacji obiektu, zwłaszcza po burzy, należy zwracać uwagę na stan zabezpieczeń przepięciowych: elementów w instalacji zasilania napięciem 230/400 V instalowanych w rozdzielnicach oraz „kapsułek” w ochronnikach koncentrycznych montowanych przy urządzeniu radiowym w torze antenowym

11.4. Zgromadzenie sił i środków

Poprawna eksploatacja sieci łączności radiowej wymaga od odpowiedzialnych za to jednostek zgromadzenia odpowiednich sił i środków. Odpowiednio przeszkoleni pracownicy, dysponujący właściwym sprzętem, będą z jednej strony mogli (przy normalnej pracy sieci) na bieżąco śledzić stan powierzonych im urządzeń, a z drugiej odpowiednio szybko i pewnie zareagować w sytuacjach awaryjnych.

Poniżej przedstawiono minimalny zakres środków, które pozwolą na eksploatację na odpowiednio wysokim poziomie:

- sprzęt pomiarowy: tester antenowy, analizator (np. *Site Master* prod. *Anritsu*, *Site Analyzer* prod. *Bird*), analizator widma (np. analizatory prod. *Rohde&Schwarz*, *Agilent*, *MS2711* prod. *Anritsu*), multimetr;

Doświadczenie wskazuje, że na sprzęcie pomiarowym pomimo jego stosunkowo wysokiej ceny nigdy nie należy oszczędzać. Brak możliwości wykonania specjalistycznego pomiaru w ciągu kilku lat eksploatacji sieci z pewnością prowadzi do powstania kosztów większych niż wydatek na przyrząd.

Ponadto dysponowanie zupełnie podstawowym sprzętem do pomiarów radiotechnicznych owocuje ulepszeniem jakości pracy sieci. Przykładem może być konieczność optymalnego dostrajania anten terminali samochodowych do pasma częstotliwości wykorzystywanego w przedsiębiorstwie, jaka pojawiła się po zakupie prostego testera torów antenowych firmy *Bird*. Dopiero po wyposażeniu służby technicznej w ten przyrząd okazało się, że optimum dostrojenia fabrycznych anten leży w innym miejscu, a dostrojenie WFS we wszystkich pojazdach spowodowało statystycznie zauważalną poprawę jakości połączeń.

- zapasy materiałów²³: złączy, kabli, obejm uziemiających, koncentrycznych ochronników przepięciowych i kapsuł do nich, anten, elementów wyposażenie stojaków (płyt) itp.
- kopie zapasowe oprogramowania (najlepiej we wszystkich dostępnych do tej pory wersjach)
- przenośny komputer serwisowy;
- środki łączności: telefony komórkowe, radiotelefony pracujące w obsługiwanej sieci i poza nią;
- odpowiednio wyposażone samochody służbowe (jeśli stacje są w górach, to także pojazdy terenowe);
- narzędzia (typowe i specjalistyczne np. klucze do złączy);
- sprzęt bhp: uprząże, liny, rękawice, odpowiednia odzież robocza itp.

Ponadto należy zadbać o to, aby pracownicy utrzymania przeszli wszystkie niezbędne przeszkolenia (np. szkolenie bhp, szkolenie prowadzone przez producentów urządzeń lub dostawców — np. kurs zarabiania złączy antenowych prowadzony przez ich dystrybutora, szkolenie wysokościowe itd.).

11.5. Naprawy i remonty

Służby utrzymania muszą być gotowe do przeprowadzenia w sytuacjach awaryjnych napraw, które mogą przywrócić normalny stan pracy sieci. Ważne jest, aby wszystkie takie naprawy wykonywane były zgodnie z wytycznymi dostarczonymi przez producentów sprzętu i urządzeń.

Efektom niepoprawnie przeprowadzonych napraw sprzętu oraz zaniedbania wymaganych środków ochrony technicznej przed przepięciami jest bardzo często utrata gwarancji i praw do bezpłatnego serwisu.

Zdarzyć się jednak może, że awaria przekroczy możliwości ekipy utrzymania. Należy wówczas mieć jasno sformułowane procedury dalszego toku postępowania. Z reguły informuje się producenta o zaistniałej sytuacji, a on (zobligowany odpowiednimi umowami gwarancyjnymi i pogwarancyjnymi) w ciągu określonego czasu winien zareagować.

W przypadku planowych remontów należy przed ich rozpoczęciem jasno określić, czy uda się go przeprowadzić w ramach dostępnych środków, czy wymagane będzie skorzystanie ze specjalistycznych firm zewnętrznych.

²³ Racjonalne gospodarowanie materiałami zapasowymi (tzn. nieprzechowywanie ich nadmiernych ilości) sprzyja obniżeniu nakładów na eksploatację i lepszemu zarządzaniu środkami finansowymi. Z drugiej strony należy zawsze brać pod uwagę możliwości pozyskania potrzebnego podzespołu u dostawcy (szczególnie istotne, jeśli eksploatuje się urządzenia wycofane z produkcji), a także możliwości przeprowadzenia szybko niezbędnej naprawy (bez konieczności kontaktowania się z dostawcą).

Istotne jest, że jeśli remontu czy naprawy dokonuje obca ekipa, jej pracę należy kontrolować, np. poprzez oddelegowanie własnego pracownika utrzymania, który dbał będzie o mienie zakładowe i zminimalizuje swoimi działaniami możliwość spowodowania usterki przez pracowników, wykonujących roboty w nieznanym sobie obiekcie.

11.6. Szkolenie dla użytkowników radiotelefonów

Z punktu widzenia poprawnej eksploatacji sieci bardzo istotną kwestią jest odpowiednie przeszkolenie tych wszystkich członków załogi przedsiębiorstwa, którzy będą użytkownikami nowego systemu łączności. Mija się z celem utrzymywanie specjalistycznych służb nadzorujących pracę stacji bazowych, jeśli sprzęt dostarczony do użytkowników końcowych będzie źle wykorzystywany czy wręcz niszczone z powodu niezgodnego z przeznaczeniem użytkowania.

Szkolenie dla załogi powinno zawierać między innymi:

- przedstawienie idei trunkingu wraz z podkreśleniem skoku jakościowego w stosunku do sieci simpleksowej;
- podkreślenie możliwości wybierania indywidualnego (analogicznie do telefonii), możliwość zdefiniowania grup roboczych, nadawanie priorytetów, możliwość wywoływania na kanale otwartym (analogicznie do sieci simpleksowej) i zasady korzystania z takiego trybu;
- przedstawienie sprzętu, z którym będą pracować użytkownicy: różnego rodzaju terminali abonenckich, zapoznanie z ich możliwościami i nauka obsługi;
- określenie zasad pracy z urządzeniami i ich poprawnego użytkowania.

Pomocne może okazać się opracowanie i rozpowszechnienie pośród załogi skróconych instrukcji obsługi sprzętu umożliwiających szybkie opanowanie podstawowych zasad pracy z terminalami abonenckimi.

11.7. Weryfikacja instalacji stacji bazowych, terminali stacjonarnych i samochodowych

Jednym z istotnych elementów eksploatacji jest okresowa kontrola parametrów podległych urządzeń. O ile kontrola parametrów elektrycznych stacji (gdy dostępny jest odpowiedni sprzęt pomiarowy) jest stosunkowo prosta, o tyle weryfikacja mocy emitowanej poprzez antenę w eter może nastęrczać problemy. Dlatego w tym podrozdziale zostaną przedstawione dwie metody: obiektywna, oparta na pomiarach, oraz subiektywna. Najlepsze rezultaty uzyskuje się łącząc obie metody.

11.7.1. Metoda obiektywna

Okresowo (co najmniej raz w roku) lub w przypadku awarii należy realizować pomiary parametrów radiowych stacji RBS. Ich zakres oraz spodziewany wyniki są zdefiniowane w protokole odbioru stacji RBS.

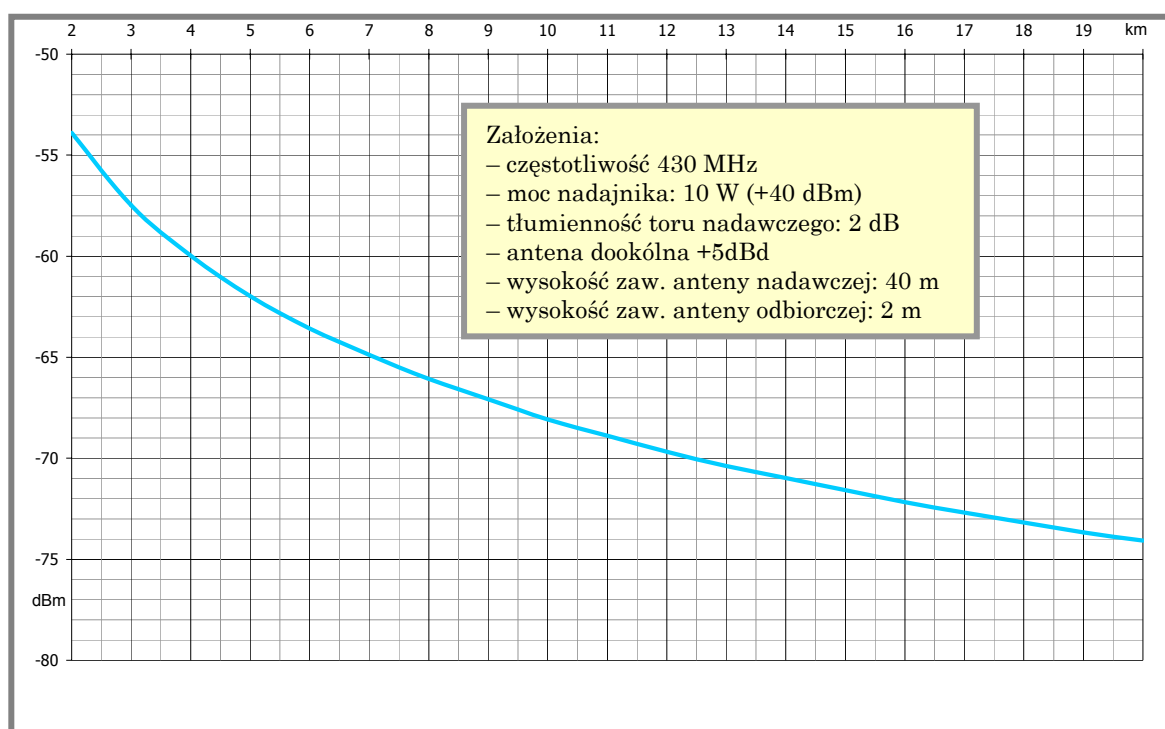
Mierzonymi parametrami powinny być co najmniej:

- częstotliwość nośna każdego kanału radiowego,
- odstęp dupleksowy (10 MHz), jeżeli istnieje możliwość takiego pomiaru,
- szerokość kanału radiowego (12,5 kHz),
- moc wyjściowa nadajnika,
- współczynnik fali stojącej WFS toru antenowego (por. załącznik IX oraz rozdział 8.8).

11.7.2. Metoda subiektywna

Co pewien czas (np. pół roku) należy wykonywać prosty test, który natychmiast pozwoli sprawdzić poprawność działania stacji bazowej jako całości (urządzeń wraz z torem antenowym i anteną) i potwierdzi (bądź wyeliminuje) możliwość wystąpienia poważniejszej usterki.

Test ten polega na tym, że w pewnym miejscu, oddalonym o znaną odległość od stacji bazowej, z którego bezpośrednio widoczna jest antena stacji bazowej, dokonuje się odczytu (np. przy pomocy zawsze tego samego terminala ręcznego) natężenia pola pochodzącego od tej stacji. Następnie, odnajdujemy przy pomocy poniższego wykresu przewidywane w tym miejscu natężenie pola:



Rys. 11.1. Zmiana poziomu natężenia pola elektromagnetycznego przy zmianie odległości między nadajnikiem a odbiornikiem (propagacja w wolnej przestrzeni)

Wykres został sporządzony przy założeniach podanych w ramce; jeżeli różnią się one od rzeczywistych dla danej stacji bazowej, korygujemy wynik odczytany z wykresu o odpowiednią liczbę decybeli, uwzględniając dodatkowo zysk

energetyczny anteny terminala²⁴. Następnie porównujemy wartość przewidywaną z wartością zmierzona.

Jeśli wartości zmierzona i odczytana z wykresu (po korektach) są zbliżone w granicach kilku decybeli, można uznać, że w ogólności stacja bazowa pracuje poprawnie. Gdy natomiast są znacząco rozbieżne, to jest poszlaka, że w instalacji stacji jest jakaś usterka i należy ją poddać dokładnym testom.

Podobną metodą, po pewnych nieznaczących modyfikacjach, można weryfikować instalacje terminali stacjonarnych.

Jakość wykonania instalacji antenowej na pojazdach weryfikuje się jeszcze prościej: ustawiamy samochód w miejscu o znanym natężeniu pola (zmierzonym innymi metodami), np. na parkingu przyzakładowym (z dala od murów, które mogą powodować odbicia), i dokonujemy pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego terminalem zainstalowanym w tym samochodzie. Wynik (po uwzględnieniu zysku energetycznego anteny zainstalowanej na pojeździe i tłumienia jej toru) powinien być zbliżony do zmierzonego wcześniej.

11.7.3. Specyfika terminali w pojazdach

Konieczne jest częste sprawdzanie poprawności instalacji w pojazdach, np. dostrojenia anteny, poprawnego styku anteny z metalowym dachem, jakości kabli antenowych (wrażliwe na przetarcie!), poprawności zarobienia złączy itp.

Źle wykonana instalacja może z jednej strony uniemożliwić nawiązanie łączności, a z drugiej narazić kierowcę i pasażerów na ponadnormatywne oddziaływanie pola em.

Dla własnej wiedzy i doświadczenia warto wykonać eksperyment polegający na określeniu charakterystyki promieniowania anteny samochodowej w płaszczyźnie poziomej.

Można to wykonać np. stawiając samochód na obrotnicy i obracając go co pewien kąt (np. 5°) dokonywać pomiaru natężenia pola – terminal w samochodzie musi być cały czas w trybie nadawania.

Wyniki mogą okazać się zaskakujące: może na przykład okazać się że umieszczenie anteny teoretycznie w najlepszym miejscu np. na środku dachu daje w efekcie kilku lub kilkunastodecybelowe odkształcenia poziomej charakterystyki promieniowania, a przesunięcie anteny w inne miejsce zdecydowanie poprawi sytuację.

11.8. Inwentaryzacja systemu

Określenie stanu wyposażenia instalacji powinno przeprowadzać się przynajmniej raz na pół roku oraz przy każdej zmianie w wyposażeniu instalacji.

²⁴ Typowy zysk energetyczny anteny terminala doreęcznego jest w rzeczywistych warunkach ujemny lub co najwyżej zerowy; mieści się w zakresie $-4...0$ dBi.

Zaleca się, aby baza danych zawierająca dane inwentarzowe o sieci RRL była utworzona na zewnętrznym i niezależnym komputerze. Dostęp do danych powinien być możliwy bez konieczności ingerencji w system.

11.9. Kontrola wyposażenia zapasowego

Celem tego zadania jest zgromadzenie informacji dotyczących części zapasowych systemu na wypadek awarii lub rozbudowy. Zadanie należy wykonywać przynajmniej raz w kwartale oraz po każdej zmianie konfiguracji sprzętu.

Wykonuje się bilans wyposażenia zapasowych całego systemu dla uzyskania następujących informacji:

- liczby i rodzaju podzespołów zapasowych,
- liczby i rodzaju podzespołów znajdujących się w naprawie,
- liczby i rodzaju pakietów rezerwowych (zainstalowanych w systemie, ale w danej chwili niewykorzystywanych).

Baza danych o wyposażeniach zapasowych systemu powinna być utworzona na zewnętrznym i niezależnym komputerze. Dostęp do danych powinien być możliwy bez konieczności ingerencji w system.

11.10. Konserwacja sprzętu i urządzeń zewnętrznych

W ramach tego zadania weryfikuje się stan szaf i stojaków oraz porządkuje się otoczenia obiektów. Czynności te powinno się wykonywać przy każdej wizycie, lecz nie rzadziej niż co 6 miesięcy.

Wszystkie zabiegi konserwacyjne wewnątrz szafy należy wykonywać po odłączeniu napięć zasilających.

Szafy wykonane są najczęściej z elementów aluminiowych i z blachy nierdzewnej, w większości dodatkowo zabezpieczonych warstwą chromu i lakieru poliestrowego lub anodowane. Daje to bardzo dobrą odporność antykorozyjną elementów. W związku z powyższym zaleca się raz w roku jedynie odkurzanie przegród szafy oraz zmycie zewnętrznych zabrudzeń wodą z dodatkiem detergentów.

Raz na rok należy dokonać oględzin szafy z uwzględnieniem następujących elementów:

- powierzchnie zewnętrzne,
- powierzchnie styku drzwi z konstrukcją, w tym uszczelnienia elektromagnetyczne
- przepusty do wyprowadzenia kabli,
- zamki,
- zawiasy.

W razie konieczności wykonać prace konserwacyjne:

- oczyścić powierzchnie zewnętrzne środkami przeznaczonymi do elementów malowanych proszkowo,

- styki drzwi oczyścić środkami do aluminium,
- uszczelki silikonowe oczyścić i przesmarować wazeliną techniczną natomiast uszczelki przewodzące przecierać środkiem poprawiającym kontakt,
- w razie potrzeby uszczelnić wejścia kablowe,
- nasmarować zamki i zawiasy środkiem wypierającym wodę, nieprzyciągającym kurzu (np. na bazie silikonu).

W szafach wyposażonych w instalację elektryczną, oświetleniową, ogrzewacze, wentylatory, regulatory temperatury i inny osprzęt należy:

- co 12 miesięcy sprawdzić prawidłowość działania zainstalowanego osprzętu i oczyścić go z kurzu,
- co 6 miesięcy przedmuchać filtry przeciwpyłowe jeżeli takie zostały zainstalowane, a co 12 miesięcy wymienić wkłady filtracyjne na nowe,
- sprawdzić i ewentualnie korygować stan zacisków prądowych,
- raz na 24 miesiące zdemontować dach i oczyścić przestrzeń pomiędzy dachem zewnętrznym a wewnętrznym.

Ponadto należy dbać o bezpośrednie otoczenie szafy, w okresie letnim kosić trawę w promieniu 1 m wokół obudowy urządzeń, w okresie zimowym po opadach należy odśnieżać teren wokół szafy tak, aby obudowa nie była obsypana śniegiem.

Pozostałe czynności konserwacyjno eksploatacyjne wykonywać zgodnie z DTR zainstalowanych w szafie urządzeń.

Teren, na którym ustawiony jest fundament, powinien być uprzednio odpowiednio utwardzony, jeżeli szafa ustawiona jest na zboczu dodatkowo należy podłoże zabezpieczyć przed możliwością obsuwania.

Po zainstalowaniu szafy teren w promieniu 1 m od obudowy należy wzmocnić za pomocą materiału utwardzającego (kostka brukowa, wylewka betonowa itp.). Sposób utwardzenia powinien zapewniać nachylenie 2% w kierunku od szafy, tak aby zapewnić swobodny odpływ wody (opady atmosferyczne).

11.11. Kontrola zasilania i stanu instalacji elektrycznej

Kontroli podlega poprawność działania urządzeń zasilających i instalacji elektrycznej systemu. Weryfikację powinno przeprowadzać się:

- na bieżąco — poprzez kontrolę alarmów związanych z zasilaniem,
- raz na miesiąc — w przypadku ogłędzin siłowni telekomunikacyjnych i akumulatorów (VRLA),
- przy każdej wizycie, lecz nie rzadziej niż raz na kwartał (jeżeli warunki lokalne eksploatacji szafy nie wymagają częstszych kontroli) — dla szaf wolno stojących.

Do ważniejszych zadań wchodzących w pakiet okresowego utrzymania zespołu zasilającego należą: pomiar prądu „konserwacyjnego” baterii, pomiar napięcia spoczynkowego zestawu baterii, pomiar napięć poszczególnych ogniw, przegląd połączeń pomiędzy ogniwami i pomiar pojemności baterii.

Uwaga: Kontrolę zasilania i stanu instalacji elektrycznej oraz wszelkie inne związane z tym czynności powinny być przeprowadzone ze szczególną ostrożnością (choćby ze względu na doprowadzenie napięcia 230 V). Wszelkie czynności związane z modyfikacją instalacji elektrycznej oraz zasilania mogą być wykonywane wyłącznie przez osoby uprawnione.

Manipulowanie przy baterii akumulatorów i innych obwodach niskonapięciowych może przynieść groźniejsze skutki niż przy obwodach 230 V.

Impedancja źródeł prądu stałego jest w normalnych warunkach bardzo mała, gdyż ich zadaniem jest dostarczanie stosunkowo dużego natężenia prądu. Dlatego w przypadku zwarcia źródła prądu stałego o napięciu zaledwie 48 V można spowodować ogromne szkody dla zdrowia i mienia: poparzenia, pożary, wybuchy. Energia baterii akumulatorów i niska impedancja mogą z łatwością doprowadzić do odparowania (sic!) narzędzia metalowego, które przez nieuwagę zwarłoby bieguny. Dlatego zaleca się na czas manipulacji przy baterii i we wnętrzu siłowni zdejmowanie obrączek, pierścionków, zegarków i innych elementów metalowych mogących wymknąć się spod kontroli, a także rozważne posługiwanie się narzędziami metalowymi. W szczególności należy używać kluczy do śrub o fabrycznie powleczonej izolacji (nigdy nie „gołych”).

11.12. Ocena stanu ogólnego sieci RRL

Ocenę stanu ogólnego można podzielić na następujące czynności:

- Konsultacja z pracownikiem kończącym zmianę lub innym odpowiedzialnym za system pracownikiem.
- Sprawdzenie, uzupełnienie i zinterpretowanie zawartości dzienników pracy oraz awarii.
- Sprawdzenie poprawności działania systemu zarządzania — sprawdzenie, a także interpretacja rezultatów, podjęcie odpowiednich działań w przypadku niepoprawnego funkcjonowania.
- Kontrola aktywnych alarmów — zinterpretowanie rezultatów i usunięcie ewentualnych uszkodzeń.

11.13. Dzienniki

Zaleca się prowadzenie następujących dzienników:

- dziennik awarii – zawierający opis wszystkich awarii, które wystąpiły w systemie,
- dziennik pracy i eksploatacji systemu (zadania codzienne i okresowe) – zawierający opis głównych działań eksploatacyjnych.

Dzienniki można prowadzić w wersji papierowej, jednak zaleca się wersję elektroniczną (np. *Excel* czy *Access*). Zaleca się okresowe wykonywanie kopii zapasowych tych plików przynajmniej jeden raz w tygodniu oraz ich przechowywanie w bezpiecznym miejscu.

Poniżej zaprezentowano typy danych, które powinny być zawarte w każdym z dzienników.

Dziennik awarii i podjętych kroków interwencyjnych

Dla każdej awarii dziennik powinien opisywać szereg informacji, które podaje Tabela 11.1.

Tabela 11.1. Pola Dziennika awarii i podjętych kroków interwencyjnych

Pole	Opis
IDENTYFIKATOR WPISU	A – awaria I – interwencja
DATA	Data
GODZINA	Godzina/minuta zdarzenia
LOKALIZACJA USZKODZENIA	System /urządzenie, w którym wystąpiło uszkodzenie (pole to można podzielić na bardziej szczegółowe kategorie w zależności od potrzeb) — w przypadku awarii A
RODZAJ INTERWENCJI	Rodzaj wykonanej interwencji (np. wymiana karty) — w przypadku interwencji I
OPIS	Szczegółowy opis: <ul style="list-style-type: none">▪ uszkodzenia w przypadku awarii A,▪ wykonanych czynności interwencyjnych w przypadku interwencji I
NAZWISKO	Nazwisko osoby: <ul style="list-style-type: none">▪ zgłaszającej wystąpienie awarii w przypadku awarii A,▪ wykonującej interwencję w przypadku interwencji I

Dziennik pracy i eksploatacji systemu

Dla każdego działania dziennik powinien opisywać szereg informacji, które przedstawia Tabela 11.2.

Tabela 11.2. Pola dziennika pracy i eksploatacji systemu

Pole	Opis
ADRES ELEMENTU SIECI	Adres elementu sieci
DATA	Data wykonania zadania
GODZINA	Godzina/minuta wykonania zadania
ZADANIA	Wykaz wykonywanych zadań
NAZWISKO WYKONUJĄCEGO	Nazwisko lub numer służbowy osoby realizującej zadanie i oceniającej jego wynik
WYNIKI, UWAGI	Wyniki wykonanego zadania oraz czynności podjęte po analizie otrzymanych rezultatów
BADANE WYPOSAŻENIE	Oznaczenia stojaków, półek, zespołów itp. przewidzianych do badania danego dnia

11.14. Podstawowe czynności utrzymania antenowych obiektów wysokościowych

Dla utrzymania wież w stanie zapewniającym prawidłowe i bezpieczne użytkowanie powinny być wykonywane:

- pomiary i regulacje,
- konserwacje okresowe,
- naprawy bieżące,
- inspekcje bieżące,
- inspekcje okresowe,
- remonty.

Poniżej omówiono zagadnienia związane z inspekcjami i naprawami.

11.14.1. Inspekcje bieżące

Inspekcja bieżąca obiektu wysokościowego winna obejmować:

- ocenę pionowości obiektu za pomocą metod geodezyjnych,
- oględziny konstrukcji dla ujawnienia uszkodzeń.

Inspekcji dokonuje się wizualnie i przy użyciu lornety i lupy oraz podstawowych narzędzi mechanicznych.

Komisję do ocen bieżących powołuje kierownictwo przedsiębiorstwa, wprowadzając do niej:

- przedstawiciela obiektu wyznaczonego przez jego kierownika,,
- przedstawiciela służb technicznych przedsiębiorstwa związanych z eksploatacją sieci RRL,
- przedstawiciela służb odpowiedzialnych za remonty i utrzymanie majątku,

- inne niezbędne osoby w zależności od organizacji przedsiębiorstwa i potrzeb wynikających ze specyfiki obiektu.

Oprócz przeprowadzenia oględzin komisja dokonuje przeglądu książki obiektu budowlanego, sprawdzając wykonanie poprzednich zaleceń oraz bieżące prowadzenie zapisów. Wynikiem prac komisji jest protokół oraz wpis w książce obiektu budowlanego. Wzór protokołu zamieszczono w załączniku VIII (definicje klas usterek — por. podrozdział 7.5.1, str. 96).

11.14.2. Inspekcje okresowe

Inspekcja okresowa obejmuje zakres czynności podobny, jak inspekcje bieżące, jednak w komisji winien brać udział dodatkowo inżynier konstruktor z uprawnieniami budowlanymi bez ograniczeń. Należy przeprowadzić badania stanu obiektu bardziej szczegółowe niż przy inspekcjach okresowych, a protokół uzupełnić o opinię na temat dalszej eksploatacji obiektu, sporządzoną przez członka komisji inżyniera konstruktora.

Wynikiem prac komisji jest tenże protokół oraz wpis w książce obiektu budowlanego. Wzór protokołu zamieszczono w załączniku VIII (definicje klas usterek — por. podrozdział 7.5.1, str. 96).

11.14.3. Naprawy bieżące

Naprawy bieżące obejmują:

- usunięcie usterek wykrytych w trakcie bieżącego nadzoru oraz na podstawie wyników inspekcji bieżącej i okresowej,
- wymianę żarówek oświetlenia terenu i oznakowania przeszkodowego,
- drobne zabiegi konserwacyjne przy powłokach ochronnych i powierzchniowej izolacji fundamentów,

Naprawy bieżące mogą być wykonywane razem z przeprowadzaniem czynności inspekcyjnych, jeśli ich zakres to umożliwia.

Wykonane naprawy bieżące wpisuje się do książki obiektu.

11.14.4. Konserwacje okresowe

Konserwacje okresowe obejmują czynności przekraczające swoim zakresem naprawy bieżące, takie jak:

- zabezpieczenie konstrukcji żelbetowych, w tym fundamentów,
- malowanie konstrukcji stalowych farbami ochronnymi (z uwzględnieniem przepisów o oznakowaniu przeszkód lotniczych),
- konserwacja lin odciągowych masztów nadachowych,
- inne czynności zapobiegawcze wykonywane okresowo stosownie do specyfiki obiektu.

Zaleca się włączenie do zakresu konserwacji okresowych także zagadnień związanych z antenami i torami antenowymi i instalacjami elektrycznymi (por. 11.7 i 11.11).

11.14.5. Remonty

Remonty obejmują:

- instalowanie nowych linii zasilających, instalacji oświetleniowej i uziemniającej oraz złożonych systemów antenowych;
- naprawy, które mają wpływ na stateczność obiektu wysokościowego, jak:
 - naprawę fundamentów,
 - wymianę elementów nośności trzonu wieży (prócz wymiany pojedynczych łączników),
 - wymianę odciągów masztów nadachowych,
- inne naprawy mające wpływ na stateczność konstrukcji.

11.15. Okresowe wykonywanie kopii zapasowych danych systemowych

W zależności od wielkości bazy danych wykonywanie kopii zapasowych powinno być przeprowadzane każdego dnia lub raz na tydzień.

Raz w miesiącu powinno się wykonywać kopię zapasową baz danych wszystkich elementów w sieci na dysku serwera systemu zarządzania.

Dane dotyczące konfiguracji elementów sieciowych powinny być przedmiotem tworzenia kopii zapasowych przed i po każdej znaczącej zmianie konfiguracji.

Dodatkowo kopie zapasowe powinny być wykonywane w specyficznych przypadkach:

- przed (w celu zachowania spójności bazy danych) i po aktualizacji oprogramowania zarządzającego,
- po zmianach w danych opisujących elementy sieciowe (tylko dla elementów, których zmiany te dotyczą).

Archiwa powinny być tworzone na mediach alternatywnych np. na taśmie magnetycznej lub nośniku optycznym. Do archiwizowania można wykorzystać funkcję archiwizowania systemu operacyjnego.

12

Kolokacja różnych służb w obiekcie radiowym

Obserwowany w obecnej chwili dynamiczny rozwój nowoczesnych systemów łączności bezprzewodowej powoduje, że w otaczającym krajobrazie pojawia się coraz więcej radiowych stacji bazowych różnych sieci i różnych operatorów. Budowa wieży antenowej to najbardziej widoczny i kosztowny etap w procesie powstawania stacji.

Dlatego często zdarza się, że z różnych przyczyn nie można jej wybudować. Może to wynikać z ograniczeń prawnych, własnościowych, być wynikiem sprzeciwów społecznych lub z braku odpowiednich środków po stronie inwestora. Często więc różni operatorzy decydują się na lokalizację stacji na istniejących obiektach. Mogą to być kominy, elewatory, wysokie budynki lub (o czym traktuje obecny rozdział) stacje radiokomunikacyjne innych operatorów.

Należy jednak mieć świadomość, że rozwiązanie takie, choć z reguły jest z proceduralnego punktu widzenia prostsze, z pewnością tańsze i najczęściej szybsze, niż budowa stacji od podstaw, generuje jednak wiele problemów, które na obiekcie eksploatowanym przez jednego operatora nie występują. Są one omówione w kolejnych częściach niniejszego rozdziału.

12.1. Przyczyny zakłóceń kolokacyjnych

Lokalizacja urządzeń radiowych na wspólnej podbudowie antenowej może spowodować wzajemne zakłócenia w ich pracy. Szczególnego znaczenia problem ten nabiera, gdy wśród urządzeń znajdują się odbiorniki sygnałów radiowych.

Wpływ silnego pola elektromagnetycznego na urządzenia nadawcze może objawić się głównie przez zawyżenie wartości odczytywanych na wskaźnikach fali powrotnej zainstalowanych w torze antenowym nadajników. Zjawiskiem o wiele groźniejszym jest wpływ pola elektromagnetycznego na część odbiorczą urządzeń.

Indukowanie się napięcia od obcego źródła może powodować:

- zakłócenia od produktów intermodulacji;
- zakłócenia od częstotliwości lustrzanych odbioru superheterodynowego;
- zakłócenia od harmonicznych częstotliwości roboczych nadajników;
- zakłócenia lub zmniejszenie czułości odbiornika wynikające z przenikania obcych sygnałów przez obwody wejściowe lub ekrany urządzeń.

12.2. Intermodulacje

12.2.1. Mechanizm powstawania zakłóceń typu intermodulacyjnego

Zakłócenia intermodulacyjne powstają, gdy co najmniej dwa silne sygnały niepożądane zdudniają się (intermodulują) w nieliniowym stopniu odbiornika oraz na nieliniowościach w torze antenowym. Wytwarzają się wówczas produkty o częstotliwościach pasożytniczych lub — co gorsza — o częstotliwości sygnału pożądanego.

W ogólnym przypadku sygnały mogące powodować zakłócenia intermodulacyjne można opisać w następujący sposób:

$$\sum_{i=1}^N m_i f_i = f_{odb} \pm u \cdot B_o; \quad 0 \leq u \leq \frac{1}{2}$$

gdzie: f_{odb} – częstotliwość dostrojenia odbiornika;
 f_i – częstotliwość niepożądana;
 B_o – szerokość pasma (filtru) sygnału pożądanego — odbieranego;
 N – liczba niepożądanych częstotliwości;
 m_i – liczby całkowite.

Jeżeli produkty intermodulacyjne są wynikiem kombinacji dwóch sygnałów niepożądanych, mówimy o intermodulacji dwusygnałowej; w przypadku oddziaływania na siebie trzech sygnałów mówimy o intermodulacji trójsygnałowej itd. Tak więc możliwe są również zakłócenia intermodulacyjne wielosygnałowe.

Innym parametrem charakteryzującym tego typu zakłócenia jest rząd intermodulacji określający, czy odbywa się ona na częstotliwościach podstawowych sygnałów zakłócających czy też na którejś z ich harmonicznych (przy czym każdy sygnał zakłócający może oddziaływać inną swoją częstotliwością harmoniczną).

Przy określaniu rzędu intermodulacji X_{IM} można posłużyć się poniższą równością:

$$X_{IM} = \sum_{i=1}^N |m_i|$$

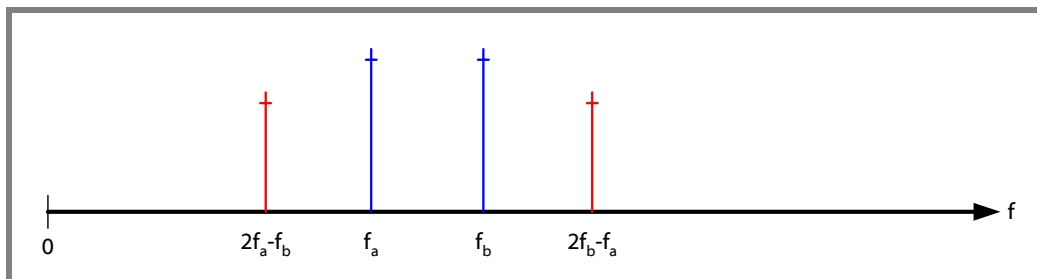
Na przykład, jeżeli spełniona byłaby równość

$$2f_1 - f_2 = f_{odb} \pm \frac{B_o}{2},$$

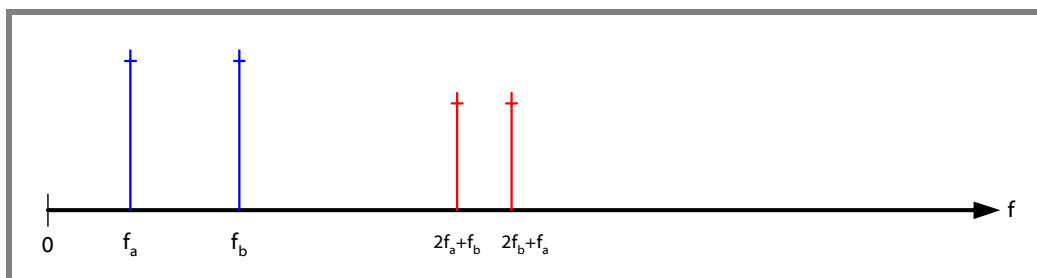
wskazuje to na intermodulację dwusygnałową trzeciego rzędu.

Intermodulacje dwusygnałowe

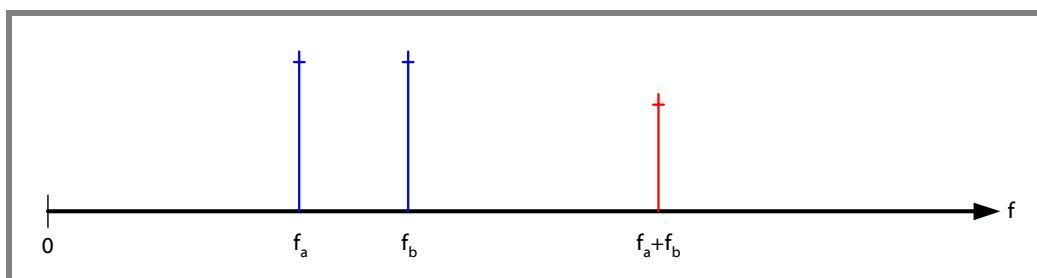
1. kombinacje częstotliwości typu $2f_a - f_b$, $2f_b - f_a$, przy czym uwzględnione muszą być także kombinacje typu $f_a - 2f_b$, $f_b - 2f_a$:



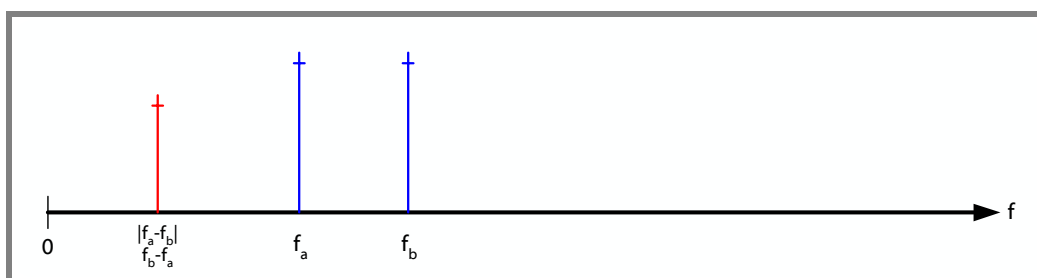
2. kombinacje częstotliwości typu $2f_a + f_b$, $2f_b + f_a$:



3. kombinacje częstotliwości typu $f_a + f_b$:

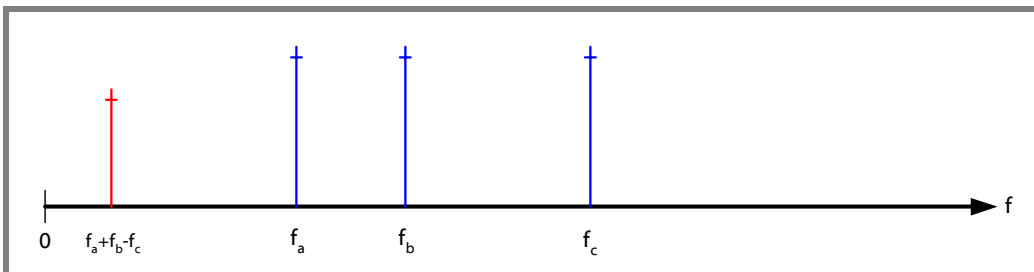


4. kombinacje częstotliwości typu $f_a - f_b$, $f_b - f_a$:



Intermodulacje trójsygnalowe

kombinacje częstotliwości typu $f_a + f_b - f_c$:



Rys 12.1. ilustruje przykładowe wyniki obliczeń intermodulacji trójsygnalowych. Kolorem czerwonym zasygnalizowano wyniki operacji matematycznych mogących świadczyć o zakłóceniach. Wyniki te są następnie analizowane dla określenia stopnia rzeczywistego zagrożenia wynikającego z możliwości pojawienia się niepożądanych produktów.

f_{st}	użytkownik	częstotliwość	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}	f_{16}	f_{17}	f_{18}	f_{19}	f_{20}	f_{21}	f_{22}	f_{23}			
f_1	B02N	427,8675 MHz	427,8675	428,21	428,65	1285,45	1285,89	463,55	464,77	466,02	467,27	463,32	933,75	935,95	1855,95	1855,35	935,75	938,35	942,75	948,75	1852,75	1855,35	1873,35	1880,35				
f_2	3 harm.(B02N)	1 283,6625 MHz	427,34	428,69	429,88	1285,45	1285,89	392,21	391,09	389,75	388,89	392,25	97,57	100,17	100,19	100,58	79,97	82,57	86,97	92,97	99,97	99,97	1017,95	1017,95	1024,95			
f_3	B35N	428,3 MHz	428,02	1283,89	1285,04	1285,45	463,14	464,36	465,61	466,85	463,11	933,34	935,54	1855,54	1854,94	935,34	937,94	942,34	948,34	1852,34	1854,94	1872,34	1879,34					
f_4	3 harm.(B35N)	1 284,9 MHz	428,58	427,20	428,16	1285,45	1285,89	393,45	392,24	390,99	389,74	393,49	96,74	98,94	99,94	1008,34	78,74	81,34	85,74	91,74	95,74	99,34	1016,34	1023,34				
f_5	B46N	428,4375 MHz																										
f_6	3 harm.(B46N)	1 285,3125 MHz	428,99	426,79	428,58	1285,03	1285,45	393,89	392,65	391,40	390,15	393,90	96,32	98,52	99,53	1007,53	78,32	80,92	85,32	91,32	95,32	99,92	1015,93	1022,93				
f_7	NMT 001	463,0 MHz	393,32	1249,10	393,74	1250,34	1250,75	429,66	430,91	432,16	428,41	918,64	920,84	1820,84	1820,84	900,64	903,24	907,64	913,64	1817,64	1820,24	1838,24	1845,24					
f_8	NMT 050	464,225 MHz	392,10	1247,88	392,51	1249,11	1249,53	427,21	429,68	430,94	427,19	917,41	919,61	1819,61	1820,01	899,41	902,01	905,41	912,41	1816,41	1819,01	1837,01	1844,01					
f_9	NMT 100	465,475 MHz	390,85	1246,63	391,25	1247,85	1248,28	425,96	427,19	429,69	425,94	916,16	918,36	1818,36	1827,76	898,16	900,76	905,16	911,16	1815,16	1817,76	1835,76	1842,76					
f_{10}	NMT 150	466,725 MHz	389,60	1245,39	390,01	1246,61	1247,03	424,71	425,94	427,16	424,69	914,91	917,11	1817,11	1826,51	896,91	899,51	903,91	909,91	1813,91	1816,51	1834,51	1841,51					
f_{11}	NMT 200	467,975 MHz	393,35	1249,13	393,76	1250,36	1250,78	428,44	429,69	430,94	432,19	918,66	920,86	1820,86	1820,86	900,66	903,26	907,66	913,66	1817,66	1820,26	1838,26	1845,26					
f_{12}	GSM 091	953,2 MHz	95,88	758,99	95,46	760,14	760,55	61,76	60,54	59,29	58,04	61,79	426,24	430,64	1328,44	1330,64	1340,04	410,44	413,04	417,44	423,44	1327,44	1330,04	1348,04	1355,04			
f_{13}	GSM 102	955,4 MHz	99,08	759,70	98,66	757,94	758,35	63,95	62,74	61,49	60,24	63,99	426,24	430,64	1328,44	1330,64	1340,04	408,24	410,84	415,24	421,24	1325,24	1327,84	1345,84	1352,84			
f_{14}	GSM 763	1 855,4 MHz	999,08	143,30	998,66	142,06	141,65	963,95	962,74	951,49	950,24	963,99	473,76	471,56	470,36	437,84	491,76	489,16	484,76	478,76	425,24	427,84	445,84	452,84				
f_{15}	GSM 810	1 864,8 MHz	1008,48	152,70	1008,06	151,46	151,05	973,35	972,14	970,89	969,64	973,39	483,16	480,96	479,76	419,04	501,16	498,56	494,16	488,16	415,84	418,44	436,44	443,44				
f_{16}	GSM 001	935,2 MHz	78,88	776,90	78,46	778,14	778,55	43,76	42,54	41,29	40,04	43,79	446,44	448,64	1348,64	1356,04	425,84	431,04	435,44	441,44	1345,44	1348,04	1365,04	1372,04				
f_{17}	GSM 014	937,8 MHz	81,48	774,30	81,06	775,54	775,95	45,36	44,14	42,89	41,64	45,39	443,64	446,04	1346,04	1354,44	425,84	431,04	435,44	441,44	1342,84	1345,44	1363,44	1370,44				
f_{18}	GSM 036	942,2 MHz	83,88	769,92	83,46	771,14	771,55	45,76	44,54	43,29	42,04	45,79	446,44	448,84	1344,84	1353,24	421,44	424,04	428,44	434,44	1338,44	1341,04	1359,04	1366,04				
f_{19}	GSM 066	948,2 MHz	91,88	763,90	91,46	765,14	765,55	46,76	45,54	44,29	43,04	46,79	449,64	452,04	1342,04	1350,44	415,44	418,04	422,44	428,44	1332,44	1335,04	1353,04	1360,04				
f_{20}	GSM 747	1 852,2 MHz	995,88	140,10	995,46	138,86	138,45	960,76	959,54	958,29	957,04	960,79	470,56	468,36	431,64	441,04	488,56	485,96	481,56	475,56	431,04	433,64	449,64	456,64				
f_{21}	GSM 760	1 854,8 MHz	998,48	142,70	998,06	141,46	141,05	963,35	962,14	960,89	959,64	963,39	473,16	470,96	429,04	438,44	491,16	488,56	484,16	478,16	425,84	428,44	446,44	453,44				
f_{22}	GSM 850	1 872,8 MHz	1016,48	160,70	1016,06	159,46	159,05	981,35	980,14	978,89	977,64	981,39	491,16	488,96	411,04	420,44	509,16	506,56	502,16	496,16	407,84	410,44	428,44	435,44				
f_{23}	GSM 885	1 879,8 MHz	1023,48	167,70	1023,06	166,46	166,05	984,35	983,14	981,89	980,64	984,39	493,16	490,96	405,04	404,04	413,44	516,16	513,56	509,16	503,16	400,84	403,44	421,44				

Rys. 12.1. Przykładowe wyniki poszukiwań potencjalnie groźnych produktów intermodulacji w konkretnym obiekcie
Widoczne są wyniki leżące w pasmie operatora GSM oraz w pasmie sieci przedsiębiorstwa energetycznego.

12.2.2. Konsekwencje zakłóceń intermodulacyjnych

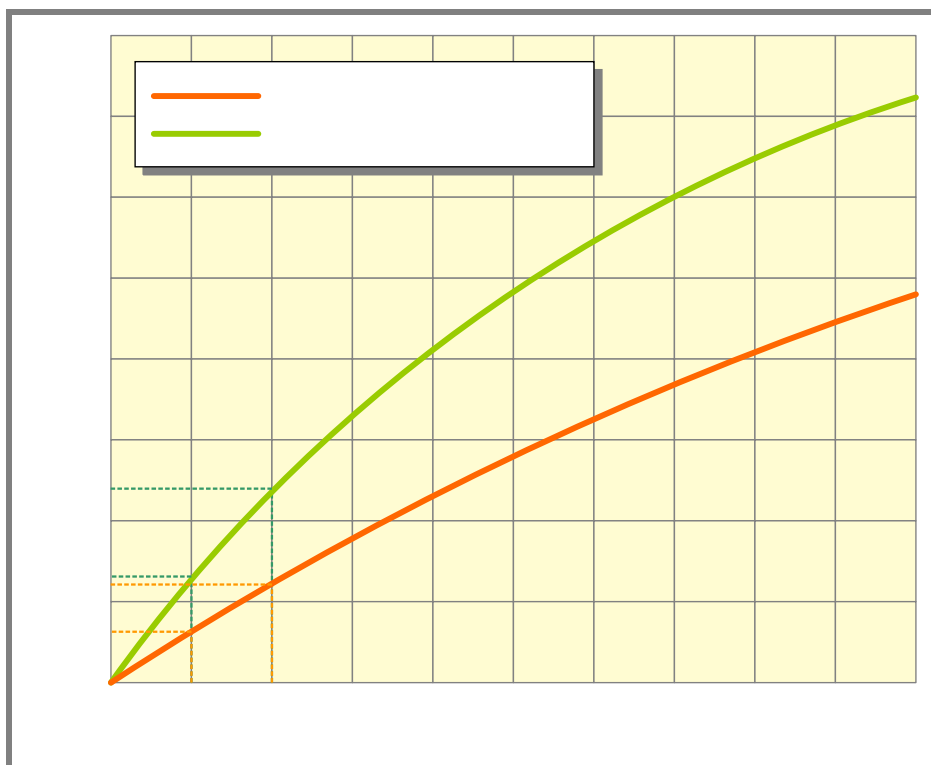
Intermodulacje powstające w obcych systemach radiokomunikacyjnych są zawsze istotnym zakłóceniem. W zależności od charakteru sygnałów poszczególne

gólnych służb pojawienie się niepożądanego sygnału może się objawiać silniej lub słabiej. Na przykład: szerokość kanału używanego w trunkingu standardu MPT1327 wynosi 12,5 kHz, natomiast szerokość jednego kanału GSM (częsty sąsiad na tym samym obiekcie antenowym) wynosi 200 kHz, a więc 16 razy więcej. Z punktu widzenia odbiornika GSM sygnał pasożytniczy pochodzący od nadajnika trunkingowego stanowi sygnał wąskopasmowy; jego szkodliwość zależy oczywiście od amplitudy oraz od wzajemnego ułożenia się widm obu sygnałów. Może się zdarzyć, że sygnał zakłócający „trafiający” w pewien zakres kanału GSM wyrządzi więcej szkody, niż gdyby jego częstotliwości leżała np. o 50 kHz wyżej.

Odwrotnie, z punktu widzenia odbiornika trunkingowego sygnał zakłócający o szerokości kanału GSM jest wybitnie szerokopasmowy.

Traktowanie zakłóceń intermodulacyjnych jako szumu jest uzasadnione. Na takim modelu opiera się analiza szkodliwości powstających produktów intermodulacji. Choć brak analiz dotyczących wrażliwości instalacji opartych na urządzeniach DIGICOM 7, przedstawione tu zostaną wyniki analiz dotyczących stacji GSM. Jest to dość dobra ilustracja problemu, w obu bowiem sieciach mamy do czynienia z zasięgami stacji w układzie wielokomórkowym.

Stwierdzono teoretycznie, że wzrost poziomu szumów w układzie odbiornika o 1 dB zmniejsza promień komórki o 6%. Jeżeli przyjąć komórki o kształcie koła, oznacza to zmniejszenie powierzchni obsługiwanej o 11%. Można założyć mniej więcej równomierny rozkład terminali na tereni komórki; oznacza to spadek liczby obsługiwanych odbiorców o procent tego samego rzędu.



Rys. 12.2. Redukcja promienia i powierzchni komórki przy wzroście poziomu tła szumów

12.2.3. Sposoby zapobiegania intermodulacjom

Aby zminimalizować możliwość wystąpienia zakłóceń intermodulacyjnych należy w ogólności przestrzegać następujących zasad:

- zapewnić separację pionową anten różnych systemów — co najmniej 3 m;
- wszystkie kable antenowe użyte do budowy torów antenowych powinny zapewniać współczynnik ekranowania większy od 85 dB;
- należy stosować kable i złącza o znanym współczynniku intermodulacji, nie mniejszym niż 140 dB (złącza typu N są pod tym względem wyraźnie gorsze);
- w miarę możliwości należy zastosować anteny kierunkowe o wąskich charakterystykach promieniowania w płaszczyźnie pionowej, a więc o dużym zysku energetycznym;
- zaleca się również zachować separację poziomą anten, tzn. żeby anteny jednego systemu zostały tak zamocowane do konstrukcji wsporczej (np. wieży), by nie tworzyły jednego ciągu w pionie z antenami innego systemu;
- unikać używania w jednym systemie radiowym par kanałów, pomiędzy którymi jest odstęp identyczny z odstępem dupleksowym w innym systemie, może to bowiem spowodować powstanie produktów intermodulacji trzysygnałowych.

Np. na stacji, na której używany jest kanał trankingowy B09 o częstotliwościach $f_{nadB09} = 428,6$ MHz oraz $f_{odbB09} = 418,6$ MHz (odstęp dupleksowy 10 MHz), dobudowano system antenowy operatora GSM.

Operator ten planuje użyć między innymi par kanałów GSM5 oraz GSM55 o częstotliwościach nadawczych odpowiednio $f_{nad05} = 936$ MHz oraz $f_{nad55} = 946$ MHz, czyli oddalonych od siebie o 10 MHz.

Łatwo zauważyć, że powstaje zależność:

$$f_{nadB09} + f_{nad05} - f_{nad55} = f_{odbB09}$$

czyli istnieje ryzyko, że w torze odbiorczym stacji trankingowej mogą pojawić się produkty intermodulacji trzysygnałowych.

Można przyjąć, że instalacja dowolnej następnej linii radiowej pasm powyżej 5 GHz nie spowoduje zakłóceń w pracy innych sieci, pod warunkiem, że nie nastąpi wpromieniowywanie energii z jednej anteny do drugiej z powodu ich zbytowego zbliżenia i ukierunkowania ku sobie.

Założenie o braku wpływu dotyczy także sytuacji, w której nastąpiłoby „skrzyżowanie” wiązek dwóch anten linii radiowych pod kątem mniejszym od ok. 100° (jest to wartość empiryczna). Przez kąt skrzyżowania wiązek równy 180° rozumie się tutaj sytuację, w której promienniki anten byłyby zwrócone dokładnie ku sobie (0° oznacza promieniowanie wiązek równoległych)

12.3. Wspólne użytkowanie jednego obiektu

W niniejszym rozdziale opisano kwestie organizacyjno-techniczne, które pojawiają się w przy wspólnym użytkowaniu stacji przez różnych operatorów.

12.3.1. Określenie zasad dostępu do obiektu służb utrzymania wszystkich operatorów

Problem dostępu do stacji może na pierwszy rzut oka wydawać się błahy, ale autorom znane są z autopsji wypadki jazdy na obiekt, gdzie okazywało się, że przywiezione klucze nie pasują do kłódek wiszących na bramie, ponieważ (jak się okazało później) służby utrzymania drugiego współużytkującego obiekt operatora nie mogąc dostać się na obiekt zerwały kłódkę i powiesiły nową nikogo o tym nie informując. Niestety, we współużytkowanych obiektach GSM jest to zjawisko powszechne.

Aby uniknąć tego typu niespodzianek, jak opisana powyżej, należy bardzo szczegółowo określić (obowiązek ten spada z reguły na właściciela obiektu) sposób dostępu do stacji, a w szczególności:

- ustalić kogo należy informować o zamiarze wejścia na obiekt (np. centra nadzoru operatorów GSM z którymi są połączone instalacje alarmowe znajdujące się na obiekcie);
- miejsce przechowywania kluczy i sposób ich wypożyczania;
- jeśli stacja zlokalizowana jest w obiekcie energetycznym, poinformowanie o zasadach poruszanie się po obiekcie, wystawienie przepustek, uprzedzenie wartowników o możliwości przyjazdu ekip spoza macierzystego zakładu;
- sposób czasowego rozbrajania instalacji alarmowych, określenie osób które należy poinformować jeśli alarm się włączy;
- szczegółowe opisanie drogi dojazdu do obiektu, a jeśli obiekt jest duży (np. elewator) także drogi dojścia do urządzeń i anten.

Należy pamiętać o oczywistym fakcie, że im bardziej szczegółowy opis drogi dojścia, tym mniej czasu zmarnują służby utrzymania jadąc np. nocą w deszczu lub zadymce śnieżnej do awarii do nieznanego sobie obiektu.

12.3.2. Współużytkowanie przez różnych operatorów jednej konstrukcji podantenowej

Właściciel obiektu, wpuszczający na swój teren innych operatorów powinien w sposób jasny i czytelny określić dozwolone miejsca instalacji anten i innych urządzeń na wieży czy maszcie. Powinien także z pełną odpowiedzialnością podchodzić do kwestii akceptacji cudzych projektów.

Należy przy tym zwracać uwagę na sytuacje konfliktowe, które mogą się pojawić, np.:

- krzyżujące się kable antenowe;
- zasłanianie wiązek anten wiszących przez anteny, konstrukcje czy pomosty nowo projektowane;
- ograniczanie dostępu przez nowo powstałe urządzenie do urządzeń istniejących.

Będąc właścicielem obiektu powinno się także zarezerwować sobie miejsce pod przyszłe (często bardzo hipotetyczne) potrzeby, tak aby chęć rozbudowy obiektu, spowodowana np. postępem technologicznym, nie okazała się niemożliwa do zrealizowania z powodu braku miejsca.

Wynajmując obiekt od innego operatora należy z kolei bardzo rygorystycznie odnosić się do wszelkich zaleceń właściciela, a podczas prowadzenia prac niedopuszczalne jest pod żadnym pozorem naruszenie jakiegokolwiek istniejącej instalacji (kable antenowych, anten lub innych urządzeń, czy np. instalacji oświetlenia przeszkodowego).

12.3.3. Współużytkowanie przez różnych operatorów pomieszczeń stacyjnych

W ogólności obowiązuje w tym przypadku to, co napisano powyżej: nowa instalacja nie może w jakimkolwiek zakresie naruszyć funkcjonalności i dostępu do instalacji czy urządzeń istniejących.

W razie konieczności skorzystania ze wspólnych instalacji np. zasilania lub uziemienia, trzeba stosować się do nakazów właściciela i podłączeń dokonywać w miejscach przez niego wskazanych.

12.3.4. Współużytkowanie przez różnych operatorów urządzeń stacji bazowych

Niekiedy zdarza się, że dwóch operatorów pracujących w tym samym paśmie korzysta np. ze wspólnego toru antenowego i anteny. Wówczas do podłączenia dwóch kompletów urządzeń stacji bazowych do jednego toru wykorzystuje się sprzęgacze. Wykonujący takie instalacje musi być przygotowany np. na przeprowadzenie powykonawczych pomiarów radiowych zgodnie z wytycznymi właściciela obiektu, przy użyciu akceptowanego przez niego sprzętu pomiarowego, a wyniki pomiarów i ich interpretacja musi być zgodna z jego zaleceniami.

12.3.5. Rozstrzygnięcia formalne

W celu uniknięcia konfliktów i sytuacji spornych należy bardzo precyzyjnie formułować umowy dotyczące warunków i opłat za wynajem miejsca na obiekcie. Nie należy przy tym zapominać o określeniu wysokości i sposobu rozliczeń za zużyta energię elektryczną lub np. ogrzewanie.

Załączniki

W tej części przedstawiono:

I. Terminarz oględzin/przeglądów obiektów i instalacji	163
II. Schemat procedury dostępu do obiektu	165
III. Wzór karty dostępu do obiektu	166
IV. Wzór karty przeglądu technicznego	167
V. Wzór karty wyposażenia pomieszczenia technicznego	168
VI. Symbole znakowania stref	169
VII. Tablice	171
Wykaz obiektów pracujących w systemie DIGICOM 7	173
Podstawowe dane o RBS/CN	174
Wzór spisu telefonów alarmowych	175
VIII. Protokoły	177
Protokół odbioru branży budowlanej	179
Protokół odbioru branży elektrycznej	181
Protokół odbioru instalacji zabezpieczającej przed upadkiem	183
Protokół badania rozdzielnic niskiego napięcia	185
Protokół z badania stanu izolacji odwodów elektrycznych	187
Protokół z pomiarów ochrony przeciwporażeniowej	188
Protokół z pomiarów rezystancji uziemień	189
Protokół z pomiarów skuteczności ochrony przeciwporażeniowej	190
Protokół z pomiarów stanu izolacji kabla	191
Protokół z pomiarów kondycji energetycznej baterii	192
Protokół z pomiarów natężenia oświetlenia	193
Protokół inspekcji bieżącej obiektu wysokościowego	194
Protokół inspekcji okresowej obiektu wysokościowego	196
IX. Podstawowe parametry radiowe	198

I. Terminarz oględzin/przeeglądów obiektów i instalacji

	Okres	Czynność	Blizsze wyjaśnienie czynności w Instrukcji
na bieżąco		kontrola alarmów	11.12
		odczytanie wskazań przyrządów kontrolnych i wskaźników	
		ogłędziny urządzeń w obiektach z załogą	
według okresów czasu	co tydzień	tworzenie kopii zapasowej danych systemowych	11.15
		zbieranie informacji o uszkodzonym sprzęcie	0 i 11.9
	co 2 tygodnie	sprawdzenie prądu ładowania baterii akumulatorów w obiektach z załogą	11.11
	co miesiąc	sprawdzenie stanu wymiennych elementów ochrony przepięciowej oraz stanu zabezpieczeń ochronników zasilania	
		sprawdzenie pracy siłowni i stanu baterii	11.11
	co kwartał	ogłędziny urządzeń w obiektach bezzałogowych	
		sprawdzenie pracy siłowni i stanu baterii urządzeń <i>out-door</i>	11.11
		sprawdzenie stanu wyposażenia zapasowego na potrzeby systemu	11.9
	co pół roku	sprawdzenie stanu urządzeń <i>out-door</i> ; czyszczenie filtrów przeciwpyłowych	11.10
		test stałego poziomu sygnału od stacji w punktach kontrolnych	11.7.2
		określenie stanu wyposażenia	0
	co rok	pomiary kontrolne stacji RBS	8.8
		sprawdzenie i podstawowe pomiary terminali stacjonarnych	11.7
		ogłędziny stanu szafy urządzenia <i>out-door</i> , czyszczenie, wymiana filtrów	11.10
		sprawdzenie statusu legalizacyjnego przyrządów pomiarowych; dokonanie atestacji, sprawdzeń, legalizacji itp.	

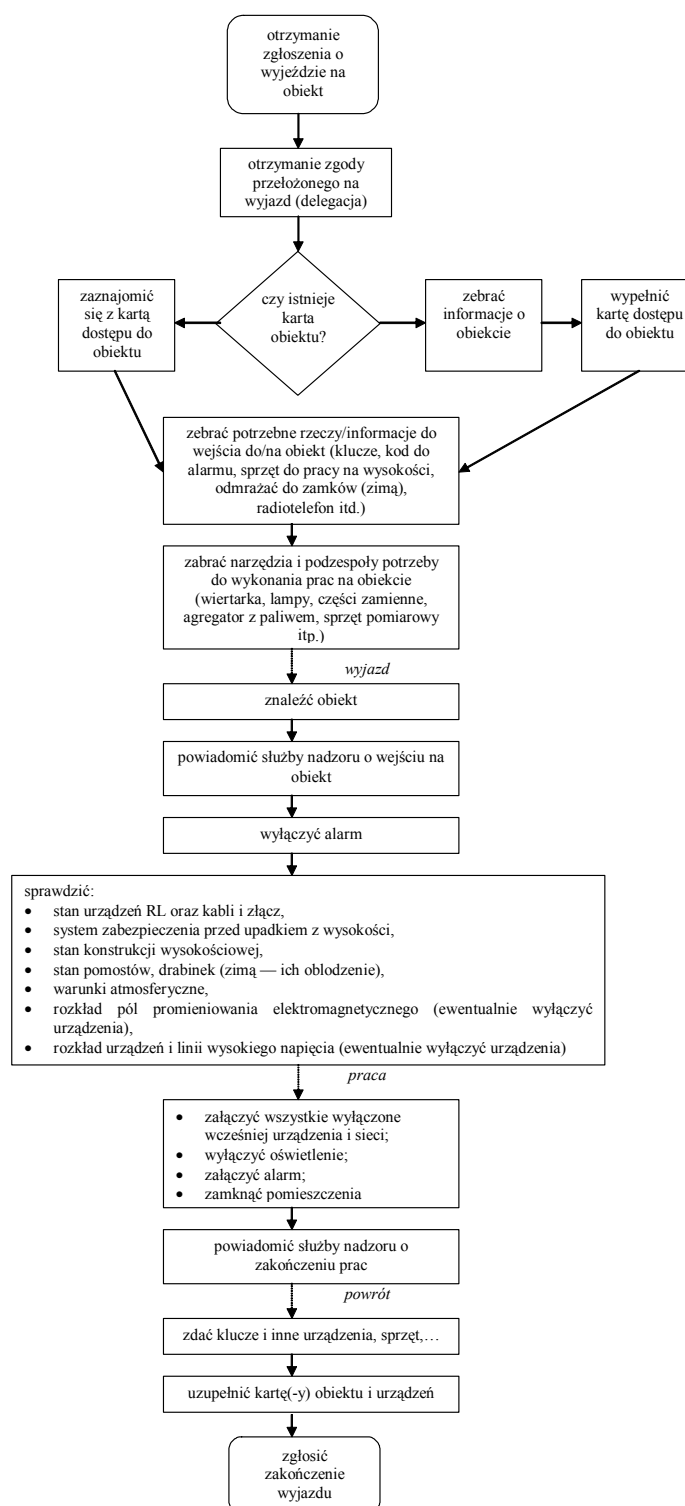
	Okres	Czynność	Blizsze wyjaśnienie czynności w Instrukcji
wg okresew czasu	co dwa lata	sprawdzenie i podstawowe pomiary terminali ruchomych oraz dorecznych**	11.7
		inspekcja biezaca	11.14.1
	co trzy lata	pomiary rozkladu pola elektromagnetycznego wg zasad bhp	10.1
	co cztery lata	inspekcja okresowa	11.14.2
konserwacja okresowa		11.14.4	
według zachodzących zdarzeń	podczas pobytu w obiekcie bezzałogowym	ogledziny urzadzzen	
		kontrola alarmow	11.12
		odczytanie wskazan przyrzadzow kontrolnych i wskaznikow	
		sprawdzenie stanu wymiennych elementow ochrony przepieciowej oraz stanu zabezpiezen ochronnikow zasilania	
		sprawdzenie pracy silowni i stanu baterii	11.11
	przy zmianie oprogramowania	tworzenie kopii zapasowej oprogramowania systemowego	11.15
	przy zmianie warunkow emisji anten	pomiary rozkladu pola wg zasad bhp i ochrony srodowiska	10.1
		uzyskanie pozwolenia na emisje pola w nowych warunkach***	9.3
	po burzy i przed okresem burzowym (marzec)	sprawdzenie stanu wymiennych elementow ochrony przepieciowej oraz stanu zabezpiezen ochronnikow zasilania	
	przed zainstalowaniem anten innych sluzb	sprawdzenie mozliwosci zaklodec	12
kazdorazowo przed uzyciem	kontrola sprzetu zabezpieczajacego przed upadkiem z wysokosci	6.4, 10.3, 10.4	
wg por roku	w okresie lata	koszenie trawy przy szafach <i>out-door</i>	11.10
	w okresie zimy	odsniezanie terenu wokol szaf <i>out-door</i>	
wg instrukcji	jak w instrukcji dot. instalacji i obwodow elektrycznych nie rzadziej niz co rok	instalacje elektryczne	
	jak w instrukcji uzytkowania nie rzadziej niz co rok	przeglad sprzetu zabezpieczajacego przed upadkiem z wysokosci	6.4, 10.3, 10.4

** Zaleca się podzielenie terminali dorecznych na kilka grup, dzięki czemu uniknie się spiętrzenia terminow przegladu w jednym okresie.

*** Jezeli warunki dotychczasowego pozwolenia zostaly naruszone

II. Schemat procedury dostępu do obiektu

Dostęp do obiektu na podstawie karty — patrz Załącznik III.



III. Wzór karty dostępu do obiektu

KARTA DOSTĘPU DO OBIEKTU

Lp.	Dane:	Uwagi:
a	b	c
1.	OBIEKT (nazwa RBS)	d
2.	NUMER (numer)	
3.	ADRES (adres)	
4.	DOJAZD (krótki opis dojazdu, np. drogą krajową nr XXX jadąc od miasta XXX skręcić w kierunku XXX, ewentualnie zdjęcie dojazdu jako załącznik)	
5.	LOKALIZACJA URZĄDZEŃ (typu in-door, typu out-door, np. na dachu, wyjście przez wylaz dachowy na klatce schodowej)	
6.	KONFIGURACJA SPRZĘTU (podać)	
7.	OSOBA KONTAKTOWA (dyżurny obiektu, strażnik, dyspozytor: imię i nazwisko, nr służbowy, nr telefonu)	
8.	SYSTEM URZĄDZENIA ZABEZPIECZENIA PRZED UPADKIEM Z WYSOKOŚCI (tak/nie – podać typ)	
9.	SCHEMAT ROZKŁADU NATĘŻENIA POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO (załącznik)	
10.	LOKALIZACJA WYŁĄCZNIKA GŁÓWNEGO (podać, wraz z wielkością zabezpieczenia)	

IV. Wzór karty przeglądu technicznego

Zakres oględzin i czynności w ramach przeglądu obiektu (skrótowy/pełny)

Dane podstawowe: RBS nr (CN nr):

1. Lokalizacja stacji: (adres – miejscowość, ulica)
2. Pozwolenie na budowę: BP nr z dnia
3. Pozwolenie na użytkowanie: UP nr z dnia
4. Pozwolenie na emisję pól elektromagnetycznych: EMV nr z dnia
5. Wysokości wieży/masztu: antenowego
6. Zasilanie w energię elektryczną o mocy:

V. Wzór karty wyposażenia pomieszczenia technicznego

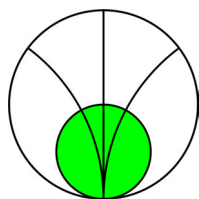
Karta wyposażenia pomieszczenia

OBIEKT

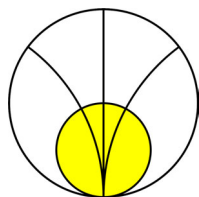
ADRES

NAZWA SPRZĘTU	TYP	ILOŚĆ	UWAGI
a		1	Termin kontrolny:
a		1	
		1	
ka pierwszej pomocy		1	
)		1	
i szufelka		1	
a śmieci			

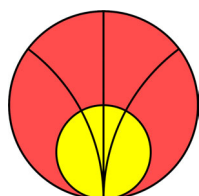
VI. Symbole znakowania stref



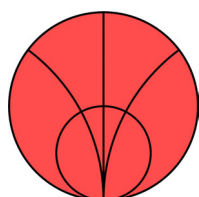
Strefa bezpieczna



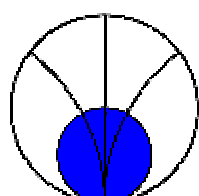
Strefa pośrednia



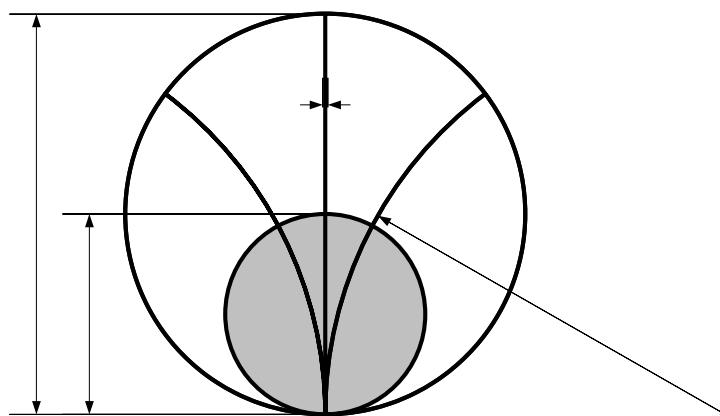
Strefa zagrożenia



Strefa niebezpieczna



znak źródła niejonizującego promieniowania elektromagnetycznego (promieniowania radiowego)



proporcje elementów znaku

VII. Tablice

Wykaz obiektów pracujących w systemie DIGICOM 7

Tablica NR 1

Wykaz obiektów pracujących w systemie DIGICOM 7										
LP:	Nazwa stacji (nazwa lub numer):	Współrzędne geograficzne stacji):	Adres lub najbliższa lokalizacja:	Lokalizacja (typ OE):	Wysokość zawieszenia anten [m]:	Azymut [st.]	Ilość kanałów rozmównych + sygnalizacyjnych:	Rodzaj anten (oraz typ):	Cechy łącza (parowe) i długość:	Uwagi:
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
1	Aaa	...	ul. Ddd w Ttt 99-999	RDR	...	...	3+1	Kierunkowa	1 x 1p + 2 x 2 - 50 km	
2	Bbb	...	...	DPZ	...	...	3+1	dookólna	...	
3	Ccc	...	...					
4										
5										
6										
7										
8										
9										
...										
...										
...										
10										

Uwagi:
Wpisać wszystkie obiekty P., pracujące w systemie DIGICOM 7 oraz złącza do terminal systemu na mocy rys. nr 2 z Instrukcji.

Podstawowe dane o RBS/CN

Tablica NR 2

Podstawowe dane obiektu RBS/CN (nazwa obiektu/numer)

LP: a	Pozycja: b	Dane: c	Jednostka SI: d	Uwagi: e
1	Lokalizacja obiektu:	(RDR, GPZ..../adres)		
2	Pozwolenie na budowę:	(numer i data/organ)		
3	Pozwolenie na użytkowanie:	(numer i data/organ)		
4	Antena nr 1:	(wysokość npm/npt)	[m]	
		(azymut)	[st]	
		(typ)		
5	Antena nr 2:	(wysokość npm/npt)	[m]	
		(azymut)	[st]	
		(typ)		
6	Antena nr n:	(wysokość npm/npt)	[m]	
		(azymut)	[st]	
		(typ)		
7	Terminal nr 1:	(typ nr 1)		
8	Terminal nr 2:	(typ nr 2)		
9	Terminal nr n:	(typ nr n)		
10	Sygnalizacja ppoż.:			
11	Sygnalizacja włamania:			
12	Sygnalizacja awarii:			
13	Sygnalizacja zaniku zasilania:			
15	Schemat zasilania wg rys. nr:			
14	Zasilanie w energię elektryczną:	(moc)	[kVA]	
15	Schemat rozdzielnic głównej 230/400V AC wg rys. nr:			
16	Oznakowanie przeszkodowe/liczba poziomów/źródła światła:	(moc/jest/brak)	[W]	
17	Pomiar energii zlokalizowanej na tablicy licznikowej (rozdzielnic):			
18	System klimatyzacji:	(moc/typ)	[W]	
19	Schemat uziemienia wg rys. nr:			
20	Wartość siatki uziemiającej:		[Ohm]	
21	Data pomiaru parametrów siatki uziemiającej:	(data)		
22	Uziemienie wieży/masztu wg rys. nr:			

Wzór spisu telefonów alarmowych

Opis (Nazwisko)	Lokalizacja (Imię)	Telefon
centrala		xxx-xx-xx
dyspozytor		xxx-xx-xx
główny energetyk		xxx-xx-xx
Kowalski	Jan	zzzz
ochrona		xxx-xx-xx 0-yyy-xxx-xxx
pogotowie ratunkowe		999
policja		997
straż pożarna		998
węzeł 1	stacja Wąchock	xxx-xx-xx
XXX		

VIII. Protokoły

PROTOKÓŁ ODBIORU BRANŻY BUDOWLANEJ

z dnia

1. INWESTOR
2. OBIEKT
3. ADRES

I. Komisja branży budowlanej w składzie:

1.
2.
3.
4.
5.
6.

dokonała w dniu przeglądu robót budowlanych
i stwierdziła następujące usterki:

L.p.	Nazwa usterki	Klasa usterki

II. Wnioski Komisji branży budowlanej:

Komisja branży budowlanej po dokonaniu przeglądu robót wnioskuje o dopuszczenie do przystąpienia do odbioru końcowego

.....
.....
.....
.....
.....

Termin usunięcia usterek klasy B: do dnia

Termin usunięcia usterek klasy C: do dnia

Podpisy członków Komisji branży budowlanej:

1.

2.

3.

4.

5.

6.

Koniec protokołu

PROTOKÓŁ ODBIORU BRANŻY ELEKTRYCZNEJ

z dnia

1. INWESTOR
2. OBIEKT
3. ADRES

I. Komisja branży elektrycznej w składzie:

1.
2.
3.
4.
5.
6.

dokonała w dniu przeglądu instalacji elektrycznych i stwierdziła następujące usterki:

L.p.	Nazwa usterki	Klasa usterki

II. Wnioski Komisji branży elektrycznej:

Komisja branży elektrycznej po dokonaniu przeglądu robót wnioskuje o dopuszczenie do przystąpienia do odbioru końcowego

.....
.....
.....
.....
.....

Termin usunięcia usterek klasy B: do dnia

Termin usunięcia usterek klasy C: do dnia

Podpisy członków Komisji branży elektrycznej:

1.

2.

3.

4.

5.

6.

Koniec protokołu

PROTOKÓŁ ODBIORU INSTALACJI ZABEZPIECZAJĄCEJ PRZED UPADKIEM

z dnia

1. INWESTOR.....
2. OBIEKT.....
3. ADRES.....

I. Komisja w składzie:

1.
2.
3.
4.
5.
6.

dokonała przeglądu instalacji zabezpieczającej przed upadkiem produkcji firmy i stwierdziła następujące usterki*:

L.p.	Nazwa usterki	Klasa usterki

* Każda usterka wstrzymuje automatycznie możliwość przekazania obiektu do użytkowania.



II. Wnioski Komisji:

Komisja po dokonaniu przeglądu instalacji wnioskuje o dopuszczenie do użytkowania powyższej instalacji

.....

.....

.....

.....

.....

Podpisy członków Komisji:

1.
2.
3.
4.
5.
6.

Koniec protokołu

PROTOKÓŁ BADANIA ROZDZIELNICY NISKIEGO NAPIĘCIA

z dnia

4. INWESTOR.....
5. OBIEKT.....
6. ADRES.....
7. MIERNIK.....
8. DATA POMIARÓW.....
9. Wyniki pomiarów:

I. OGLĘDZINY

L.P.	ROZDZIELNICA (nazwa)	LICZBA PÓL	NAPIĘCIE ZNAMION- OWE	STAN						
				zacisków	połączeń	izolatorów	bezpieczni- ków	wyłączników	napędów	przekładni- ków

II. STAN IZOLACJI

L.P.	ROZDZIELNICA (nazwa)	WYNIKI POMIARÓW W MEGAOMACH									
		PE + N	PE + L1	PE + L2	PE + L3	N + L1	N + L2	N + L3	L1 + L2	L1 + L3	L2 + L3

III. POMIAR NAPIĘĆ I OBCIĄŻEŃ

L.P.	ROZDZIELNICA (nazwa)	WYNIKI POMIARÓW U [V] I I [A]										
		U _{L1-N}	U _{L2-N}	U _{L3-N}	U _{L1-PE}	U _{L2-PE}	U _{L3-PE}	U _{L1-L2}	U _{L2-L3}	U _{L1-L3}	I ₁	I ₂	I_{3}

10. ocena pomiarów:

ZGODNE NIEZGODNE z PN-91/E-05160/01

.....
podpis

PROTOKÓŁ Z BADANIA STANU IZOLACJI ODWODÓW ELEKTRYCZNYCH

z dnia

1. INWESTOR
2. OBIEKT
3. ADRES
4. MIERNIK
5. DATA POMIARÓW
6. Wyniki pomiarów:

L.P.	NR OBWODU ELEKTRY- CZNEGO	NAZWA OBWODU	REZYSTANCJA IZOLACJI									OCENA	
			PE + N	PE + L1	PE + L2	PE + L3	N + L1	N + L2	N + L3	L1 + L2	L1 + L3		L2 + L3

7. ocena pomiarów: ZGODNE NIEZGODNE z PN-93/E-05009/61 poz. 612

.....
podpis

PROTOKÓŁ Z POMIARÓW OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ

z dnia

1. INWESTOR.....
2. OBIEKT
3. ADRES
4. UKŁAD SIECI
5. MIERNIK.....
6. DATA POMIARÓW
7. Wyniki pomiarów:

L.P.	URZĄDZENIE OCHRONNE	WYŁĄCZNIK RÓŻNICOWOPRĄDOWY (TYP)	IMPEDANCJA PĘTLI ZWARCIA [Ω]	CZAS WYŁĄCZANIA T _A [ms]			PRĄD ZADZIAŁANIA WYŁĄCZNIKA I _A [mA]		
				L1	L2	L3	L1	L2	L3

1. ocena pomiarów: ZGODNE NIEZGODNE z PN-92/E-05009-41 poz. 413

.....
podpis

**PROTOKÓŁ Z POMIARÓW REZYSTANCJI UZIEMIŃ**

z dnia

1. INWESTOR
2. OBIEKT
3. ADRES
4. RODZAJ GRUNTU
5. STAN GRUNTU
6. WSPÓŁCZYNNIK k 7. RODZAJ UZIOMÓW
8. MIERNIK
9. DATA POMIARÓW
10. Wyniki pomiarów:

L.P.	CHRONIONE URZĄDZENIE	REZYSTANCJA [Ω]	
		ZMIERZONA	PRZELICZONA

11. ocena pomiarów: ZGODNE NIEZGODNE z PN/E-05003.....
podpis

PROTOKÓŁ Z POMIARÓW SKUTECZNOŚCI OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ

z dnia

1. INWESTOR.....
2. OBIEKT.....
3. ADRES.....
4. SYSTEM OCHRONY
5. MIERNIK
6. DATA POMIARÓW.....
7. Wyniki pomiarów:

L.P.	RODZAJ ODBIORNIKA	NAPIĘCIE U_0 [V]	IMPEDANCJA PĘTLI ZWARCIA Z_s [Ω]	$Z_s \times I_a$ [V]	WIELKOŚĆ PRĄDU ZABEZ- PIECZENIA [A]	WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA k

8. ocena pomiarów: ZGODNE NIEZGODNE z PN-92/E-05009-41 poz. 413

.....
podpis

PROTOKÓŁ Z POMIARÓW STANU IZOLACJI KABLA

z dnia

1. INWESTOR
2. OBIEKT
3. ADRES
4. MIERNIK
5. DATA POMIARÓW
6. Wyniki pomiarów:

L.P.	DŁUGOŚĆ KABLA	TYP KABLA	TRASA KABLA		WYNIKI POMIARÓW [$M\Omega/km$]										
			OD	DO	PE - N	PE - L1	PE - L2	PE - L3	N - L1	N - L2	N - L3	L1 - L2	L1 - L3	L2 - L3	

7. ocena pomiarów: ZGODNE NIEZGODNE z PN-93/E-90401

.....
podpis

PROTOKÓŁ Z POMIARÓW KONDYCJI ENERGETYCZNEJ BATERII

z dnia

1. INWESTOR
2. OBIEKT
3. ADRES
4. MIERNIK
5. DATA POMIARÓW
6. Wyniki pomiarów:

L.P.	TYP BATERII	I. BATERIA								II. BATERIA								OCENA WYNIKÓW
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
1.	Rezystancja wewnętrzna [mΩ]																	
2.	Temperatura [°C]																	
3.	Napięcie ogniwa [V]																	
4.	Napięcie buforu [V]																	

7. UWAGI:

.....
podpis

PROTOKÓŁ Z POMIARÓW NATĘŻENIA OŚWIETLENIA

z dnia

1. INWESTOR
2. OBIEKT
3. ADRES
4. MIERNIK
5. DATA POMIARÓW
6. Szkic obiektu z naniesioną siatką pomiarową:

7. Wyniki pomiarów

L.P.	OBIEKT BADANY	NATĘŻENIE OŚWIETLENIA [lx]	
		ZMIERZONE	DOPUSZCZALNE

8. ocena pomiarów: ZGODNE NIEZGODNE z PN-84/E-02033

.....
podpis

PROTOKÓŁ INSPEKCJI BIEŻĄCEJ OBIEKTU WYSOKOŚCIOWEGO

z dnia

1. OBIEKT.....
 2. ADRES.....
 3. WARUNKI ATMOSFERYCZNE W TRAKCIE INSPEKCJI.....
-

I. Komisja w składzie:

1.
2.
3.
4.
5.
6.

dokonała inspekcji antenowego obiektu wysokościowego, przeprowadzając następujące czynności:

L.p.	Czynność

i stwierdziła następujące usterki:

L.p.	Nazwa usterki	Klasa usterki

II. Wnioski i zalecenia pokontrolne Komisji:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Podpisy członków Komisji:

1.
2.
3.
4.
5.
6.

Koniec protokołu

PROTOKÓŁ INSPEKCJI OKRESOWEJ OBIEKTU WYSOKOŚCIOWEGO

z dnia

- 1. OBIEKT.....
- 2. ADRES.....
- 3. WARUNKI ATMOSFERYCZNE W TRAKCIE INSPEKCJI.....
.....

I. Komisja w składzie:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

dokonała inspekcji antenowego obiektu wysokościowego, przeprowadzając następujące czynności:

L.p.	Czynność

i stwierdziła następujące usterki:

L.p.	Nazwa usterki	Klasa usterki

II. Wnioski i zalecenia pokontrolne Komisji:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

III. Opinia uprawnionego inżyniera konstruktora na temat dalszej eksploatacji obiektu:

.....
.....
.....
.....
.....

podpis:

Podpisy członków Komisji:

- | | |
|---------|---------|
| 1. | 4. |
| 2. | 5. |
| 3. | 6. |

Koniec protokołu

IX. Podstawowe parametry radiowe

W tym podrozdziale zostaną pokrótce przedstawione parametry radiowe służące ocenie właściwości toru antenowego i jego elementów.

Tłumienie sygnału; tłumienność elementów toru

Rzeczywiste tory antenowe zawsze są urządzeniami stratnymi. Dlatego sygnały przesyłane w torze antenowym podlegają nieuniknionemu tłumieniu.

Główną przyczyną jest rozpraszanie energii pola elektromagnetycznego w dielektryku pomiędzy żyłą wewnętrzną a zewnętrzną kabla koncentrycznego, ale istnieją także inne powody tłumienia sygnału w torze antenowym. Należą do nich:

- nieuniknione niedoskonałości styku na elementach złącznych,
- odbicia energii od wszelkich niejednorodności impedancji wzdłuż toru,
- stosowanie niezbędnych elementów dodatkowych, jak dzielniki mocy i ochronniki przepięciowe.

Aby zmniejszyć tłumienie sygnału w kablach koncentrycznych stosuje się typy kabli wyposażonych w dielektryk spieniony. Tłumienność jednostkowa (wyrażana w decybelach na jednostkę długości) jest w tym przypadku niższa od kabli o dielektryku pełnym. Jeszcze niższą tłumiennością jednostkową cechują się kable o dielektryku powietrznym, są to jednak konstrukcje zbyt drogie w zakupie i eksploatacji, by stosować je w stacjach trankingowych (wymagają instalacji powietrznych utrzymujących nadciśnienie we wnętrzu kabla oraz szczelnych złączy).

Prawidłowo wykonane złącze wprowadza w pasmie 420 MHz stosunkowo małe tłumienie. Tłumienność kompletnego złącza nie powinna przekraczać 0,2 dB, zwykle jest jednak mniejsza.

Odbicie energii od niejednorodności impedancji jest zjawiskiem nieuchronnym, należy jednak zapewnić jak najmniej powodów do powstawania odbić. Przede wszystkim każdy element toru antenowego, z anteną i kablem na czele, powinien być skonstruowany i wykonany na tę samą impedancję charakterystyczną. Nie spotyka się torów antenowych o impedancji innej²⁵ niż 50 Ω.

Jednakże wprowadzenie każdego złącza, których w typowym torze antenowym spotyka się kilka, zawsze jest powodem powstania lokalnej niejednorodności, a więc odbicia energii. Obecność złącza, jak również niejednorodności spowodowanej np. uszkodzeniem kabla (zgniecieniem, przewężeniem, przedziurawieniem, złamaniem lub nadmiernym przegięciem) daje się wykryć metodami pomiarowymi przedstawionymi w kolejnym podpunkcie. Każda niejednorodność toru antenowego przyczynia się do zmniejszenia sprawności

²⁵ W torach przesyłowych, których podstawowym przeznaczeniem jest transmisja sygnałów o niewielkiej mocy, niepodlegających emisji, typowa wartość impedancji to 75 Ω.

przesyłania energii (dotyczy to oczywiście w równym stopniu sygnałów przesyłanych do anteny z nadajnika, jak odbieranych przez antenę i przesyłanych do odbiornika).

Tłumienności jednostkowe najczęściej stosowanych kabli koncentrycznych przedstawia Tabela 3.2 na str. 41.

Współczynnik fali stojącej

Współczynnik fali stojącej (WFS) jest parametrem charakteryzującym dopasowanie linii transmisyjnej lub innego elementu toru antenowego do innego elementu połączonego z nim kaskadowo.

Nazwa współczynnika nawiązuje do zjawiska powstawania *fali stojącej*, czyli takiego rozkładu amplitud wzdłuż długości linii przesyłowej, iż przez cały czas utrzymują się niezmiennie lokalne maksima i minima napięcia lub natężenia prądu wielkiej częstotliwości. Zjawisko fali stojącej jest spowodowane następującymi faktami fizycznymi:

- jak wiadomo energia elektromagnetyczna (jak i każde inne oddziaływanie między materią) może rozchodzić się jedynie ze skończoną prędkością; w typowych liniach kablowych jest to prędkość rzędu 66...88% prędkości światła. Przy częstotliwościach rzędu 400 MHz oznacza to, że w ciągu 1 okresu transmitowanego sygnału energia pokona w kablu drogę zaledwie rzędu 60 cm²⁶;
- po napotkaniu niejednorodności cech ośrodka każde zjawisko falowe doznaje odbicia, czyli zmiany kierunku rozchodzenia się części energii. Jeżeli byłoby to odbicie doskonałe, całość energii zostałaby w tym punkcie zawrócona do źródła. W praktyce jeżeli sygnał napotka zwarcie lub zupełne rozwarcie, może nastąpić odbicie znacznej większości energii;
- energia skierowana od źródła ku antenie oraz odbita, skierowana w przeciwną stronę, w każdym punkcie linii przesyłowej sumują się arytmetycznie.

W efekcie w torze przesyłowym powstaje wynikowy rozkład amplitud o kształcie sinusoidalnym, to znaczy wzdłuż toru stwierdza się sinusoidalnie zmienny poziom napięcia (natężenia prądu), czyli wspomniana *fala stojąca*. Zależności arytmetyczne między poziomem fali odbitej i padającej są takie, że „długość” fali stojącej jest taka sama, jak długość fali transmitowanego sygnału (z uwzględnieniem faktu, że fala w kablu jest tyle razy krótsza od fali w powietrzu, ile razy szybkość transmisji w kablu jest mniejsza od prędkości światła $c \approx 300\,000$ km/s).

Gdyby jednak zbudować linię idealną, bez odbić, nie byłoby interferencji fali padającej i odbitej; nie byłoby więc żadnej fali stojącej, a rozkład amplitud

²⁶ Energia pola elektromagnetycznego w sieci przemysłowej o częstotliwości 50 Hz podlega tym samym prawom, jednak w ciągu jednego okresu drgań fala przebyłaby drogę aż 6 000 km, czyli 10 milionów razy większą. Tym należy tłumaczyć niezauważalność falowego charakteru rozchodzenia się energii o tak niskich częstotliwościach — fala stojąca dałaby się wykryć dopiero po zmierzeniu rozkładu napięcia na odcinku ok. 10 000 km.

napięć wzdłuż toru byłby linią prostą, a nie sinusoidą. Tak więc wielkość wysokości (amplitudy) fali stojącej może być kryterium dopasowania jednego elementu toru do następnego. Przy braku odbicia amplituda sygnału wzdłuż toru jest równa dokładnie amplitudzie fali padającej, przy całkowitym odbiciu nie ma w dowolnym punkcie linii żadnego sygnału (napięcie sygnału wynosi 0 V), gdyż występuje doskonale wygaszanie się fali padającej i odbitej.

Tego rodzaju punkt widzenia doprowadził do definicji WSPÓŁCZYNNIKA FALI STOJĄCEJ (ang. *Standing Wave Ratio*):

$$\text{WFS} = \frac{\text{maksimum napięcia w linii transmisyjnej}}{\text{minimum napięcia w linii transmisyjnej}}$$

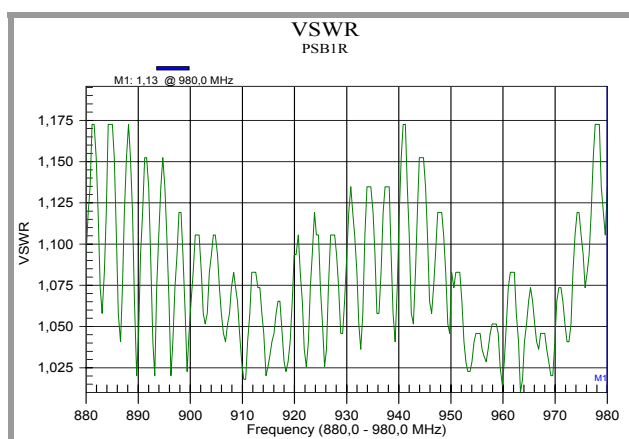
Z powyższego wzoru definicyjnego wynika, iż:

- jeżeli nie ma odbicia energii, minimum napięcia w dowolnym punkcie linii jest równe jego maksimum — brak interferencji między falą padającą a odbitą, gdyż fala odbita nie istnieje. W tym przypadku **wartość WFS jest równa jedności**;
- jeżeli występuje całkowite odbicie energii, w dowolnym punkcie linii obie fale doskonale się znoszą (fala odbita jest zawsze w przeciwfazie wobec padającej), minimum napięcia — podobnie jak maksimum, jest równe zero. Wartość WFS **zmierza do nieskończoności**.

Wszystkie inne sytuacje dają **pośrednią** wartość WFS.

W odniesieniu do instalacji trankingowych należy przyjąć, że wartość WFS mniejsza od 1,5 świadczy o wysokiej jakości wykonania toru antenowego²⁷. Tor antenowy lub antenę o WFS większym od 2 można uznać za uszkodzony.

Rys. 13.1 przedstawia rozkład WFS w pasmie roboczym przykładowego toru antenowego.



Rys. 13.1. Przykład rozkładu WFS w funkcji częstotliwości. Wartość WFS nie przekracza 1,18 (tor wysokiej jakości)

²⁷ O jakości toru antenowego w pełni można przekonać się wykonując oprócz pomiaru WFS także badania rozkładu niejednorodności opisanego w ostatnim podpunkcie (DTF).

Ekwiwalentem WFS jest parametr zwany tłumiennością odbiciową (ang. *Return Loss*). W definicji tego parametru wykorzystano porównanie wartości napięcia fali padającej i odbitej:

$$a = 20 \cdot \log \frac{\text{napięcie fali padającej}}{\text{napięcie fali odbitej}}$$

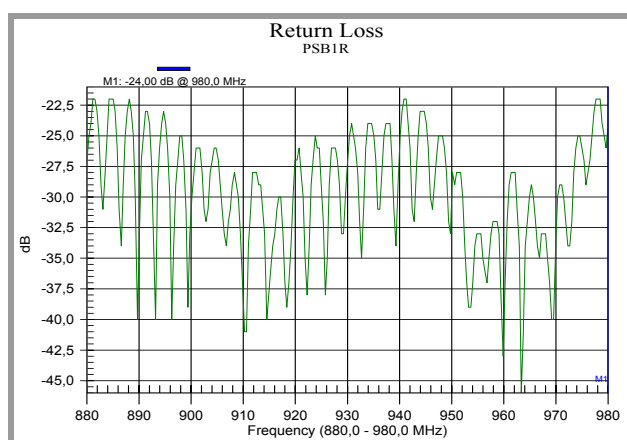
Tłumienność odbiciowa jest związana ze współczynnikiem fali stojącej następującą zależnością:

$$a = 20 \cdot \log \frac{\text{WFS} + 1}{\text{WFS} - 1}$$

Jak wynika z tego równania, współczynniki fali stojącej równemu 1 (całkowite dopasowanie) odpowiada tłumienność niedopasowania nieskończenie wielka, natomiast całkowitemu niedopasowaniu, gdy WFS zmierza do nieskończoności, odpowiada dążenie a do zera.

Warto zapamiętać, że przytoczonej granicznej wartości $\text{WFS}=1,5$ dla torów dobrej jakości odpowiada $RL=14$ dB; im większa wartość tego parametru, tym mniejsze nieposasowanie.

Rys. 13.2 przedstawia wykres rozkładu RL równoważny wykresowi WFS z Rys. 13.1.



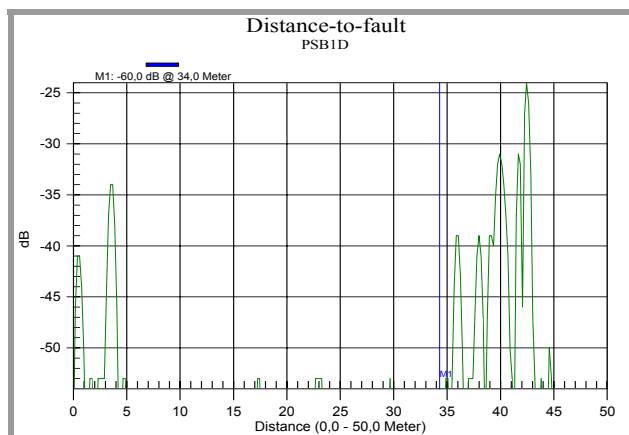
Rys. 13.2. Przykład rozkładu tłumienności odbiciowej dla tego samego toru, co na Rys. 13.1

Pomiar rozkładu niejednorodności w torze (DTF)

Pomiar WFS daje tylko „połowiczną” informację o rzeczywistym torze antenowym. Może się zdarzyć, że pomimo istnienia wyraźnego uszkodzenia WFS pozostanie na dobrym poziomie, a w każdym razie jego przebieg w funkcji częstotliwości nie wzbudzi podejrzeń.

Dlatego o wiele pełniejszy obraz stanu toru daje pomiar, a właściwie zobrazenie rozkładu niejednorodności wzdłuż toru. Zasad pomiaru polega na wysyłaniu przez przyrząd kontrolny paczki impulsów, odbiorze powracającego echa (odbić na każdej niejednorodności), a następnie ich zobrazeniu na za-

sadzie analogicznej jak oscyloskop. Dla wygody obsługi zobrazowaniu podlega jedynie obwiednia paczki impulsów, a oś pozioma jest przeliczona na jednostki odległości w miejsce czasu.



Rys. 13.3. Przykład rozkładu niejednorodności w torze antenowym

Rys. 13.3 przedstawia przykładowy wykres DTF dla pewnego toru antenowego o długości ok. 42 m. Widoczne są następujące impulsy:

1. złącze jumpera od strony urządzenia radiowego (ok. 0,5 m od początku skali),
2. złącze między jumperem stacyjnym a głównym kablem fiderowym (3 m dalej),
3. ślady uszkodzeń kabla (36, 38 i 40 m),
4. złącze antenowe i antena (ostatnie dwa impulsy).

Literatura

1. Ustawa *O planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym* z dnia 27 marca 2003 r. (Dz. U. 2003 r. Nr 80 poz. 717)
2. Ustawa *Prawo Budowlane* z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz. U. 1994 r. Nr 89 poz. 414)
3. Ustawa *Prawo Ochrony Środowiska* z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. 2001 r. Nr 62 poz. 627)
4. Ustawa *O Państwowej Inspekcji Sanitarnej* z dnia 14 marca 1985 r. (Dz. U. 1985 r. Nr 12 poz. 49)
5. Ustawa *Kodeks Pracy* z dnia 26 czerwca 1974 r. (Dz. U. 1974 r. Nr 24 poz. 141)
6. Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych, Wydawnictwo Arkady, 1989
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury *w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz. U. 2002 r. Nr 75 poz. 690)
8. Rozporządzenie Rady Ministrów *w sprawie rodzaju przedsięwzięć wymagających sporządzenia raportu oddziaływania na środowisko* z dnia 24 września 2002 r. (Dz. U. z dnia 29 października 2002 r.)
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska *w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów utrzymania tych poziomów* z dnia 30 października 2003 r. (Dz. U. Nr 192, poz. 1883)
10. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury *o wymogach dotyczących instalacji oświetlenia przeszkodowego* z dnia 25 czerwca 2003 r. (Dz. U. Nr 130 z dnia 24 lipca 2003 r.)
11. Rozporządzenie Ministra Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych *w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy wykonywaniu robót budowlano-montażowych i rozbiórkowych* z dnia 28 marca 1972 r. (Dz. U. z dnia 10 kwietnia 1972 r.)
12. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej *w sprawie rodzajów prac, które powinny być wykonywane przez co najmniej dwie osoby* z dnia 28 maja 1996 r. (Dz. U. Nr 62 poz. 288 z dnia 1 czerwca 1996 r.)
13. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej *w sprawie rodzajów prac wymagających szczególnej sprawności psychofizycznej* z dnia 28 maja 1996 r. (Dz. U. Nr 62 poz. 287 z dnia 1 czerwca 1996 r.)
14. Rozporządzenie Ministra Gospodarki *w sprawie wymagań kwalifikacyjnych dla osób zajmujących się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci itd.* z dnia 16 marca 1998 r. (Dz. U. Nr 59 poz. 377 z dnia 15 maja 1998 r.)
15. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej *w sprawie klasyfikacji zawodów i specjalności dla potrzeb rynku pracy oraz zakresu jej stosowania* z dnia 10 grudnia 2002 r.

-
16. Rozporządzenie Ministra Łączności *w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie telekomunikacyjnym* z dnia 10 października 1995 r.
 17. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji *w sprawie książki obiektu budowlanego* z dnia 19 października 1998 r. (Dz. U. Nr 153 poz. 882 z dnia 6 listopada 1998 r.)
 18. Zalecenia dla instalacji elektrycznych w obiektach telekomunikacyjnych TP SA z punktu widzenia kompatybilności elektromagnetycznej. Wprowadzona zarządzeniem nr 56 Prezesa Zarządu TP SA z dnia 18.12.1998 r.
 19. Instrukcja EE-15. Instrukcja eksploatacji baterii akumulatorów regulowanych wentylami (VRLA). Wprowadzona Zarządzeniem nr 18 Prezesa Zarządu TP SA z dnia 5 maja 1997 r.
 20. Instrukcja TZ-20. Eksploatacja siłowni telekomunikacyjnych; załącznik do Zarządzenia nr 27 Dyrektora TP SA ds. Eksploatacji i Rozwoju Technicznego z dnia 28.01.1999 r.

Polskie Normy, Normy Branżowe itp.

Lp.	Nr Normy	Treść	Uwagi
1.	PN-65/L-49002	Oświetlenie przeszkodowe. Ruch lotniczy. Oznaczenia naziemnych przeszkód lotniczych	
2.	PN-70/H-97052	Ochrona przed korozją. Ocena przygotowania powierzchni stali	
3.	PN-71/H-97053	Ochrona przed korozją. Malowanie konstrukcji stalowych.	
4.	PN-76/B-03001	Konstrukcje i podłoża budowli. Ogólne zasady obliczeń.	
5.	PN-76/E-05125	Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.	
6.	PN-77/B-02011	Obciążania w obliczeniach statycznych. Obciążenia wiatrem.	
7.	PN-79/H-97070	Ochrona przed korozją. Pokrycia lakierowe.	
8.	PN-80/B-02010	Obciążania w obliczeniach statycznych. Obciążenia śniegiem.	
9.	PN-82/B-02000	Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.	
10.	PN-82/B-02001	Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.	
11.	PN-82/B-02003	Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.	
12.	PN-82/B-02402	Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.	
13.	PN-83/B-02482	Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.	Z wyłączeniem załączników.
14.	PN-84/B-02035	Urządzenia elektroenergetyczne. Oświetlenie elektryczne obiektów energetycznych.	
15.	PN-84/B-03205	Obliczenia statyczne i projektowanie. Stalowe konstrukcje wsporcze.	
16.	PN-86/B-02015	Obciążania w obliczeniach statycznych. Obciążenia temperaturą.	
17.	PN-87/B-02013	Obciążania w obliczeniach statycznych. Obciążenia oblodzeniem.	
18.	PN-90/B-03200	Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne a projektowanie.	
19.	PN-90/E-01242	Oznaczenia identyfikacyjne zacisków urządzeń i zakończeń przewodów oraz ogólne zasady systemu alfanumerycznego.	

Lp.	Nr Normy	Treść	Uwagi
20.	PN-90/E-05030/00	Ochrona przed korozją. Elektroochrona katodowa. Wymagania i badania.	
21.	PN-90/E-05030/10	Ochrona przed korozją. Elektrochronna ochrona katodowa i anodowa.	
22.	PN-91/B-01813	Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie.	
23.	PN-92/E-01200/02	Symbole graficzne stosowane w schematach. Elementy symboli, symbole rozróżniające i inne. Symbole ogólnego zastosowania.	
24.	PN-92/E-01200/08	Symbole graficzne stosowane w schematach. Przyrządy pomiarowe, lampy i sygnalizatory.	
25.	PN-92/E-0509/41	Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Ochrona ppoż.	
26.	PN-93/E-01200/10	Symbole graficzne stosowane w schematach. Telekomunikacja. Transmisja.	Z wyłączeniem załączników
27.	PN-B-03204:2002	Konstrukcje stalowe. Wieże i maszty. Projektowanie i wykonanie.	
28.	PN-B-03215:1998	Konstrukcje stalowe. Połączenia z fundamentami. Projektowanie i wykonanie.	
29.	PN-B-03264:1999	Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.	
30.	PN-E-05204:1994	Ochrona przed elektrycznością statyczną. Ochrona obiektów, instalacji i urządzeń.	
31.	PN-IEC 60050-826:2000	Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych.	
32.	PN-IEC 60364-1:2000	Ochrona przeciwporażeniowa.	
33.	PN-IEC 60364-4-444:2001	Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed zakłóceniami elektromagnetycznymi (EMI) w instalacjach obiektów budowlanych.	
34.	PN-IEC 60364-4-473:1999	Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Dobór środków ochrony zapewniających bezpieczeństwo. Środki ochrony przed prądem przetężeniowym.	

Lp.	Nr Normy	Treść	Uwagi
35.	PN-IEC 61024-1: 2001	Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. (stosować dla obiektów H do 60 m).	
36.	PN-IEC 61024-1-1: 2001	Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. (stosować dla obiektów H ponad 60 m).	
37.	PN-IEC 61024-1-2: 2002	Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Część 1-2. Zasady ogólne. Przewodnik B. Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych.	
38.	PN-T-45000-1: 1998	Uziemienia i wyrównanie potencjałów w obiektach telekomunikacji, radiofonii i telewizji.	
39.	PN-65/L-49002	Oświetlenie przeszkodowe. Ruch lotniczy. Oznaczenia naziemnych przeszkód lotniczych.	
40.	PN-90/E-05030/10	Ochrona przed korozją. Elektrochromna ochrona katodowa i anodowa	
41.	PN-90/E-05030/00	Ochrona przed korozją. Elektroochrona katodowa. Wymagania i badania	