

PRAWNE UREGULOWANIA DOTYCZĄCE KLASYFIKACJI FAL ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Streszczenie

W artykule omówiono uregulowania prawne dotyczące klasyfikacji fal elektromagnetycznych ze szczególnym uwzględnieniem mikrofal. W tym kontekście przeanalizowano zarówno uwarunkowania historyczne oraz wynikające z nich zastosowanie konkretnych częstotliwości na potrzeby określonych służb radiokomunikacyjnych (w szczególności służby satelitarnej) oraz zalecenia ITU-R.

WSTĘP

Widmo fal elektromagnetycznych stanowi kluczowe, niezniszczalne bogactwo naturalne, służące zapewnieniu łączności. W świetle znacznego postępu technologicznego posiada ono charakter skończony. Z tego względu gospodarka widmem stanowi przedmiot nieustannych regulacji odpowiednich służb radiokomunikacyjnych, których podstawowym zadaniem jest zaspokojenie wzrastającego popytu na określone zakresy częstotliwości radiowych (w tym na częstotliwości mikrofalowe). Należy podkreślić, że środowisko elektromagnetyczne, jako jedyne (związane z działalnością człowieka) jest celowo zanieczyszczane (stan równowagi możliwy jest poprzez wyłączenie wszystkich urządzeń). Światowe Konferencje Radiokomunikacyjne WRC (ang. *World Radiocommunication Conference*) odbywają się cyklicznie raz na 3, 4 lata. W miarę upływu czasu na kolejnych spotkaniach WRC podejmuje się wciąż aktualną tematykę przydzielania nowych częstotliwości radiowych. Działania pod patronatem Rady ITU (zgodnie z *Konstytucją ITU*) dotyczą m.in. regulacji prawnych pasm częstotliwości radiowych. Wszelkie zmiany w rozporządzeniach dokonywane są z uwzględnieniem wcześniejszych zapisów ogłaszanych na konferencjach WRC.

1. PODZIAŁ WIDMA FAL ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Na przestrzeni wielu lat zarówno organizacje międzynarodowe, jak i krajowe wprowadziły różne podziały widma fal elektromagnetycznych (na ostatecznie obowiązujące nazewnictwo wpłynęły przede wszystkim uwarunkowania historyczne oraz wynikające z nich zastosowanie konkretnych częstotliwości na potrzeby określonych służb radiokomunikacyjnych). Z podanych względów nazwy pasm częstotliwości poniżej 1 GHz najczęściej są zgodne z terminologią ITU-R, zaś nazwy pasm częstotliwości powyżej 1 GHz określone są na ogół według nomenklatury obowiązującej w technikach mikrofalowych i radarowych.

1.1. Dekadowy podział fal radiowych

Niezależnie od aktualnych tendencji rynkowych, w opracowywanych uregulowaniach prawnych, uwzględnia się również interesy niekomercyjnych użytkowników ze szczególnym zwróceniem uwagi na potrzebę: (1) wdrażania innowacyjnych technologii „przyszłości” oraz (2) zagwarantowania efektywnej i wolnej od zakłóceń eksploatacji widma częstotliwości radiowych [1]. W praktyce na całym świecie stosowany jest przyjęty przez ITU w *Regulaminie Telekomunikacyjnym* [2] oraz w zaleceniu ITU-R Rec. V.431-7 [3] dekadowy podział fal radiowych.

Tab. 1. Dekadowy podział częstotliwości radiowych wg zaleceń ITU-R [3]

Podział dekadowy	Długość fali[λ]	Częstotliwość fal[f]	Oznaczenie zakresu fal*
fale hektokilometrowe	1000 – 100 km	300 – 3000 Hz	ULF
fale myriametrowe	100 – 10 km	3 – 30 kHz	VLF
fale kilometrowe	10 – 1 km	30 – 300 kHz	LF
fale hektometrowe	1000 – 100 m	300 – 3000 kHz	MF
fale dekametrowe	100 – 10 m	3 – 30 MHz	HF
fale metrowe	10 – 1 m	30 – 300 MHz	VHF
fale decymetrowe	100 – 10 cm	300–3000 MHz	UHF
fale centymetrowe	10 – 1 cm	3 – 30 GHz	SHF
fale milimetrowe	10 – 1 mm	30 – 300 GHz	EHF
fale decymilimetrowe	1 – 0,1 mm	300 – 3000 GHz	Mikrofałe**
fale centymilimetrowe	0,1 – 0,01 mm	3-30 THz	
fale mikrometrowe	10 – 1 μm	30-300 THz	
fale decymikrometrowe	1 – 0,1 μm	300-3000 THz	

* Oznaczenia: ULF (ang. *Ultra Low Frequency*) – fale ultradługie, VLF (ang. *Very Low Frequency*) – fale bardzo długie, LF (ang. *Low Frequency*) – fale długie, MF (ang. *Medium Frequency*) – fale średnie, HF (ang. *High Frequency*) – fale krótkie, VHF (ang. *Very High Frequency*) – fale ultrakrótkie, UHF (ang. *Ultra High Frequency*) – fale ultra wielkiej częstotliwości, SHF (ang. *Super High Frequency*) – fale super wielkiej częstotliwości, EHF (ang. *Extremely High Frequency*) – fale nadzwyczajnie wielkiej częstotliwości.

** Wytłuszczonym drukiem oznaczono zakresy fal mikrofalowych, które obejmują pasma: UHF, SHF, EHF (według podziału tradycyjnego). Fale mikrofalowe stanowią rodzaj promieniowania elektromagnetycznego w którym długości fal radiowych zawierają się pomiędzy falami ultrakrótkimi oraz podczerwienią (granice zakresów fal radiowych mają charakter umowny). Niektórzy badacze przyjmują, że termin ‘mikrofałe’ oznacza zakres częstotliwości fal radiowych pomiędzy 300 MHz (w praktyce od około 1 GHz) do 300 GHz, co odpowiada długości fal radiowych od 1 m (30 cm) do 1 mm [4].

1.2. Tradycyjny podział fal radiowych na zakresy

Podział tradycyjny został utworzony w oparciu o właściwości fal oraz sposób ich propagacji. Różni się on od podziału na zakresy przyjętego w radiofonii.

Tab. 2. Tradycyjny podział fal radiowych na zakresy [5]

Nazwa zakresu	Długość fali [λ]	Częstotliwość fali [f]
fale bardzo długie	powyżej 20 km	poniżej 15 kHz
fale długie	20 – 3 km	15 – 100 kHz
fale średnie	3000 – 200 m	100 – 1500 kHz
fale pośrednie	200 – 100 m	1,5 – 3 MHz
fale krótkie	100 – 10 m	3 – 30 MHz
fale ultrakrótkie	10 – 1 m	30 – 300 MHz
mikrofale	poniżej 1 m	powyżej 300 MHz

Mając na uwadze wskazany wyżej tradycyjny podział fal radiowych na zakresy oraz podany przez ITU-R podział dekadowy można przyjąć, że zakres fal mikrofalowych pokrywa pasma fal: (1) decymetrowych UHF; (2) centymetrowych SHF; a także (3) milimetrowych EHF. W rekomendacji ITU-R Rec. V. 431-7 wprowadzono podział fal mikrofalowych na podzakresy (zgodnie z podaną poniżej nomenklaturą) [3].

Tab. 3. Oznaczenia zakresów mikrofalowych częstotliwości radiowych wg zaleceń ITU-R [3]

Nazwa zakresu	Częstotliwość fali [f]
L	1-2 GHz
S	2-4 GHz
C	4-8 GHz
X	8-12 GHz
K _v	12-18 GHz
K*	18-27 GHz
Ka*	27-40 GHz
V	powyżej 40 GHz

* W radiokomunikacji kosmicznej pasma K oraz Ka oznaczane są najczęściej symbolem K_a. Pasmo X zarezerwowane jest na potrzeby wojska oraz organizacji rządowych.

1.3. Uwarunkowania dotyczące systemów satelitarnych

Cechą optyczną atmosfery ziemskiej jest fakt, że dla szerokiego zakresu promieniowania fal radiowych jest ona nieprzezroczysta. Jak prognozowano jeszcze w ubiegłym wieku: w pierwszej kolejności wykorzystane zostały częstotliwości bliskie górnej granicy 'II okna kosmicznego' (przeznaczono je na rzecz radiodifuzji satelitarnej w związku z niewielkim tłumieniem fal mikrofalowych wprowadzanym przez atmosferę, zaś „w dalszej (kolejności – przyp. J.W.) wykorzystane będą [...] podzakresy fal, położone między kolejnymi maksimami krzywej tłumienia troposferycznego”. Pozostałe 'okna kosmiczne' dotyczą mniejszych częstotliwości: 'I okno kosmiczne' (rząd kHz), 'III okno kosmiczne' (pasmo widzialne rozszerzone w kierunku fal ultrafioletowych i podczerwonych) [6]. Praktyczne zastosowanie fal mikrofalowych spowodowało dążenie projektantów systemów satelitarnych do zagwarantowania możliwie najbardziej stabilnego, jednostajnego poziomu odbioru sygnałów niezależnie od istniejącej na danym obszarze infrastruktury technicznej. Zasadniczo przyjmuje się, że zakres dogodnych dla radiokomunikacji satelitarnej częstotliwości zawiera się w 'II oknie kosmicznym' (pomiędzy 1-10 GHz) [6]. Z uwagi na: powszechne wykorzystanie, małą pojemność, znaczny wpływ promieniowania galaktycznego oraz oddziaływanie jonosfery na propagację fal radiowych poniżej 3 GHz, częstotliwości te nie są brane pod uwagę

dla nowo powstających systemów satelitarnych (częstotliwości poniżej 3 GHz wykorzystywane są m.in. na potrzeby łącz: (1) ruchomych sieci satelitarnych (morskich, lądowych i lotniczych); (2) użytkowników telefonii satelitarnej; (3) badań dalekiej przestrzeni kosmicznej) [7]. Ponieważ w systemach nawigacji satelitarnej łącze *uplink* nie musi posiadać dużej przepustowości, wykorzystywane jest do przesyłania informacji sterujących.

W praktyce na potrzeby ogólnie rozumianej radiokomunikacji satelitarnej przeznaczono tylko pewną część zakresów częstotliwości podanych w tabeli 3. Dla każdego z pasm wydzielono określone podzakresy, które zazwyczaj dla transmisji pomiędzy naziemnym terminalem nadawczym i satelitą (łącze *uplink*) oraz satelitą i naziemnym terminalem odbiorczym (łącze *downlink*) mają taką samą szerokość.

Tab. 4. Zakresy mikrofalowych częstotliwości radiowych stosowane w systemach satelitarnych [8]

Pasmo	Częstotliwość fali [f]
L	1,5 – 2,7 GHz
S	2,7 – 3,5 GHz
C (łącze <i>downlink</i>)	3,7 – 4,2 GHz
C (łącze <i>uplink</i>)	5,9 – 6,4 GHz
X (łącze <i>downlink</i>)	7,2 – 7,7 GHz
X (łącze <i>uplink</i>)	7,9 – 8,3 GHz
K _v (łącze <i>downlink</i>)	10,7 – 12,75 GHz
K _v (łącze <i>uplink</i>)	12,75 – 14,5 GHz
K _a (łącze <i>downlink</i>)	17,3 – 18,1 GHz
K _a (łącze <i>uplink</i>)	18,1 – 21,2 GHz
K _a (łącze <i>uplink</i>)	27 – 31 GHz
Q-V	36 – 51 GHz

Wprowadzenie szczegółowych uregulowań prawnych dotyczących widma fal elektromagnetycznych przyczyniło się również do wyodrębnienia ściśle określonych zakresów częstotliwości powszechnie wykorzystywanych do celów radiodifuzji satelitarnej. Według definicji ITU-R termin radiodifuzja (ang. *broadcasting*) oznacza: *rozpowszechnianie bezprzewodowe (radiokomunikacyjne) – naziemne i satelitarne – przeznaczone zasadniczo do dostarczania szerokiej publiczności sygnałów wizyjnych, fonicznych, usług multimedialnych i przesyłania danych*. Podobnie, według słownika języka polskiego termin ten oznacza rodzaj telekomunikacji, który polega na przekazywaniu drogą radiową sygnałów fonicznych lub też wizyjnych i fonicznych do dużej grupy odbiorców. Cechą radiodifuzji jest jednokierunkowa transmisja danych bez możliwości potwierdzenia i powtórnego przesłania danych oraz anonimowość odbiorcy [9].

Już podczas Światowej Administracyjnej Konferencji do Spraw Radiokomunikacji Satelitarnej WARC-ST, która odbyła się w 1971 roku w Genewie, dokonano podziału częstotliwości możliwych do wykorzystania przez krajowe i regionalne służby radiodifuzji satelitarnej. W przypadku łącza *downlink* do dyspozycji przeznaczono wstępnie pięć zakresów częstotliwości: 620-790 MHz, 2500-2690 MHz, 11,7-12,5 GHz, 41-43 GHz oraz 84-86 GHz, zaś dla łącza *uplink* trzy zakresy częstotliwości: 10,95-11,2 GHz, 12,5-12,75 GHz oraz 14,0-14,5 GHz. We współczesnej radiodifuzji satelitarnej powszechnie wykorzystywany jest trzeci zakres częstotliwości. W myśl postanowień *Regulaminu Radiokomunikacyjnego* kulę ziemską podzielono na trzy regiony radiodifuzyjne: (1) *Obszar Pierwszy*, który ogranicza się do Europy, Afryki oraz terenów byłego ZSRR; (2) *Obszar Drugi*, który pokrywa Amerykę Północną i Amerykę Południową; a także (3) *Obszar Trzeci*, który obejmuje Azję (za wyjątkiem byłego ZSRR), Australię i Oceanie. Oprócz tego na potrzeby planistyczne wydzielono *Europejski Obszar Radiodifuzyjny*

(ang. *European Broadcasting Area*) obejmujący północną część *Obszaru Pierwszego*, którą ogranicza od kierunku południowego równoleżnik 30° N (Sahara), zaś od kierunku wschodniego południk 40° E (obejmuje Turcję, Syrię, Jordanię oraz Irak) [10].

Enumeratywnie wymienione zakresy częstotliwości fal radiowych skłaniają do analizy ich wykorzystania na potrzeby realizacji szerokopasmowych połączeń satelitarnych. Fale radiowe o częstotliwości od 137 MHz do 401 MHz (przynależne zakresom fal *VHF* oraz *UHF*) ze względu na wąskie pasmo nie są obecnie wykorzystywane do realizacji usług szerokopasmowych [11]. Częstotliwości te użytkowane są w niskoorbitowych systemach *Small Leo* służących do wolnej transmisji danych, której głównym celem jest zebranie i transmisja rozproszonych danych z rozległych obszarów lub instalacji, pomiędzy dwoma dowolnymi punktami na powierzchni Ziemi. Jako przykład użycia można wskazać m.in.: (1) *Leo One* (wykorzystywany przede wszystkim do: (1) monitorowania ruchomych i nieruchomych obiektów; (2) realizacji usług poczty satelitarnej; a także (3) zapewnienia łączności w sytuacjach zagrożenia, o szybkości transmisji na łączu satelita-terminal 24 kb/s oraz 9,6 kb/s na łączu terminal-satelita) oraz (2) *Orbcomm* (system wykorzystywany do dwukierunkowej łączności ruchomej o zasięgu globalnym. Naziemna stacja przekątnikowa może być podłączona do sieci *HAN*, *LAN*, *MAN*. Szybkość transmisji na łączu satelita-Ziemia wynosi około 9,6 kb/s, zaś na łączu Ziemia-satelita około 2,4 kb/s) [11]. W niektórych krajach korzysta się z tych pasm częstotliwości na potrzeby cyfrowej, naziemnej transmisji radiowej *DAB* (ang. *Digital Audio Broadcasting*). System ten (rozpowszechniony głównie w Europie), umożliwia nadawanie cyfrowych programów radiowych. Ocenia się, że w 2006 roku z technologii tej korzystało około 1000 nadawców, z czego w Polsce audycje radiowe nadawane są obecnie przez 12 rozgłośni (częściowo w formie testów) [12].

Do realizacji usług szerokopasmowych nie można wykorzystać także zakresów fal radiowych przypisanych do pasma *L* (1610-1625,5 MHz) oraz *S* (2483,5-2500 MHz) – w praktyce częstotliwości te użytkowane są w niskoorbitowych systemach satelitarnych *Big Leo* m.in. *Globalstar* (przeznaczony do realizacji podstawowych usług telefonicznych) [11, 13] oraz *Iridium* (system umożliwia łączność telefoniczną z terminalami stacjonarnymi i mobilnymi na całej Ziemi (łącznie z obszarem oceanów oraz stref biegunowych) [11, 14]. Ich zastosowanie ogranicza się do podstawowych usług telefonicznych m.in. do transmisji wiadomości tekstowych *SMS*. Pasma *L* wykorzystywane jest ponadto w niektórych krajach w systemach cyfrowej, naziemnej transmisji radiowej *DAB* (typowo 1452-1492 MHz). Z jego zakresu korzystają również użytkownicy radiowej służby amatorskiej (ang. *ham radio*, *amateur radio*). Radiowa służba amatorska umożliwia nawiązywanie łączności radiowej w obrębie przydzielonego zakresu częstotliwości fal: (1) długich; (2) średnich; (3) krótkich; (4) ultrakrótkich lub (5) mikrofalowych [15].

Pasma *S* użytkowane jest w systemach *WiMAX* i *WLAN* [16], satelitarnych rozgłoszeniach radiowych oraz radarach meteorologicznych. Częstotliwości mikrofalowe z zakresu pasma *C* znalazły zastosowanie w łączach dasyłowych. Pasma *X* jest używane w komunikacji wojskowej oraz do satelitarnych obserwacji Ziemi [11, 17].

Na potrzeby radiodyfuzji satelitarnej, realizacji połączeń internetowych oraz tworzenia szerokopasmowych, interaktywnych systemów, wykorzystujących w kanale zwrotnym (od abonenta) pasmo K_a , powszechnie użytkowane jest pasmo K_u . W przyszłości planuje się eksploatację częstotliwości przynależnych do pasma K_u do transmisji danych w kierunku abonenta (łącze *downlink*). Komunikację do satelity (łącze *uplink*) zamierza się realizować w paśmie K_a .

W praktycznym użyciu istnieją także systemy, które wykorzystują częstotliwości mikrofalowe pasma K_u do transmisji w obu kierunkach – jako przykład może posłużyć *Skybridge*, który umożli-

wia łączność na etapie 'ostatniej mili' oraz dostęp do powszechnych usług satelitarnych [18, 19]. Zaletą takiego rozwiązania jest zachowanie kompatybilności elektromagnetycznej z innymi sieciami bazującymi na tych samych częstotliwościach [11]. Jako przykład systemów geostacjonarnych użytkujących pasmo K_u posłużyć mogą: (1) *ARCS* (ang. *ASTRA Return Channel System*)¹; (2) *Astra Net*² oraz (3) *DirecPC*³.

Poprzez określenie w normach *ITU* specyfikacji *DVB* dla systemów transmisji danych, możliwe stało się ujednoczenie międzynarodowych standardów dla dwukierunkowych sieci cyfrowych [20]. Obecnie wykorzystywane są także techniki opierające kanał rozszewczy *DVB-S* (ang. *Digital Video Broadcasting-Satellite*) oraz kanał zwrotny na systemie *VSAT* (np. *SkyBlaster*)⁴. Termin *DVB* odnosi się do zbioru powszechnie obowiązujących specyfikacji telewizji cyfrowej, które zostały opublikowane przez ETSI (ang. *European Telecommunications Standards Institute*) – Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych (<http://www.etsi.org>), CENELEC (fr. *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*, *European Committee for Electrotechnical Standardization*) – Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki (<http://www.cenelec.eu>) oraz EBU (ang. *European Broadcasting Union*) – Europejską Unię Nadawców (<http://www.ebu.ch>).

Łączność szerokopasmową można realizować także z użyciem częstotliwości pasma K_a dla łącza *downlink* oraz *uplink*.

W praktyce wpływ rozmaitych uwarunkowań klimatyczno-atmosferycznych na propagację mikrofalowych sygnałów satelitarnych jest znaczny i prowadzi do pogorszenia jakości zarówno nadawanych, jak i odbieranych sygnałów. Z tego względu kluczową kwestią wydaje się być dążenie projektantów sieci do poprawy pracy systemów nawet przy zanikach dochodzących do 20 dB. Przyszłościowym kierunkiem wydaje się być realizacja transmisji satelitarnej metodą transmupleksacji sygnałów [21]. Istotne w tym zakresie również zjawisko rozpraszania światła [22].

PODSUMOWANIE

Z punktu widzenia łączności satelitarnej zapewnienie właściwej wartości zastępczej mocy promieniowanej izotropowo w stacjach naziemnych (łącze *uplink*) nie stanowi problemu. Szczególnie istotny jest natomiast bilans energetyczny satelita-Ziemia (łącze *downlink*) [23, 24]. Jako podsumowanie posłużyć mogą słowa R. J. Zielińskiego wskazujące, że spośród wielu wyznaczonych przez *ITU*

¹ W systemie tym użytkownik za pośrednictwem interakcyjnego terminalu *SIT* (ang. *Satellite Interactive Terminal*) wyposażonego w antenę i komputer, łączy się z interaktywnym serwerem stacji centralnej. Transmisję do abonenta realizuje się poprzez wykorzystanie platformy cyfrowej *DVB-S*. Kanał zwrotny w paśmie K_a służy do przekazywania różnego rodzaju informacji (obrazu, dźwięku, danych). Zob. więcej: A. Brajal, P. France, *A Geostationary Satellite Interactive System*, www.itu.int/TELECOM/wt99/cfp/auth/2715/pap_2715.doc

² Technologia ta umożliwiła dostęp do sieci Internet oraz użytkowanie satelitarnych serwisów multimedialnych w standardzie *DVB*. B. J. Dutson, *The outlook for interactivity via digital satellite*, [w:] *Proceedings of International Broadcasting Conference*, Amsterdam 1997. Zob. także: www.astra-net.com

³ Podobnie jak *Astra Net*, system *DirecPC* umożliwia satelitarny dostęp do Internetu. W celu redukcji kosztów technologia ta wykorzystuje jednostronne, odbiorcze, asymetryczne łącze satelitarne. Żądania użytkowników z całej Europy kierowane są naziemnie do stacji nadawczej położonej w miejscowości Griesheim w Niemczech (*Regional Uplink Facility*), a stąd pakietowo przesyłane do satelity. E. Kamiński, *Bezpośredni satelitarny dostęp do Internetu 'Turbo Internet'*, www.oaza.pl/INE98/turboi.pdf

⁴ Technologia *SkyBlaster VSAT* umożliwia szerokopasmowy dostęp do transmisji audio-wideo oraz danych bezpośrednio z poziomu sieci *LAN* lub komputera stacjonarnego. System ten jest dedykowany do zastosowań korporacyjnych (np. konferencje, szkolenia, dostęp do sieci Internet) niezależnie od istniejącej na danym obszarze infrastruktury naziemnej. Zob. więcej: *SkyBlaster™ VSAT, High-speed interactive DVB platform for the enterprise*, <http://kambing.ui.ac.id/onpopurbo/library/library-ref-eng/ref-eng-1/physical/vsat/skyblaster.pdf>

zakresów częstotliwości, największe szerokości pasma posiada zakres V. Jak podkreśla R. J. Zieliński: „wiele firm złożyło w FCC (ang. *Federal Communications Commission*) zapotrzebowanie na te częstotliwości” [11]. Okazuje się, że przy tak wysokich częstotliwościach – w przypadku wystąpienia opadów atmosferycznych – sygnały są znacznie tłumione, co z kolei wpływa na pogorszenie bilansu łącza. W konsekwencji konstrukcja urządzeń warunkujących możliwie najlepszy odbiór fal mikrofalowych w paśmie V stała się przedmiotem nieustannych wysiłków naukowców. W praktyce pasmo V może zostać również wykorzystane do budowy regionalnych centrów multimedialnych ze stacjami ulokowanymi w stratosferze na wysokości około 20 km od powierzchni Ziemi (łącze Ziemia-stratosfera 47,9-48,2 GHz oraz łącze stratosfera-Ziemia 47,2-47,5 GHz) [11]. Nowe techniki udostępniania widma zasadniczo można podzielić na dwie grupy. Jedną z metod polega na ograniczonym dla wolnego dostępu dynamicznym współdzieleniu widma (podzakresy częstotliwości), z kolei druga ukierunkowana jest na autoryzowany dostęp (z możliwością przydzielania priorytetów) [29].

BIBLIOGRAFIA

1. *Urząd Komunikacji Elektronicznej, Strategia regulacyjna prezesa UKE w zakresie gospodarki częstotliwościowej*, Warszawa 2006, http://www.kigeit.org.pl/FTP/kl/stirc/2006_12_Proj_Strategii_Gosp_Czestotl_UKE.pdf
2. *ITU, Radio regulations. Edition of 2008*, <http://www.itu.int/opb/itemdetails.aspx?lang=e&item=R-REG-RR-2008-A5-ZPF-E&folder=R-REG-RR-2008>
3. *ITU-R Rec. V. 431-7, Nomenclature of the frequency and wavelength bands used in telecommunications*, Genewa 2000, <http://www.itu.int/rec/R-REC-V.431-7-200005-l/en>
4. Szóstka J., *Mikrofale*, WKiŁ, Warszawa 2006.
5. Szóstka J., *Fale i anteny*, WKiŁ, Warszawa 2006.
6. Pawłowski W., *Propagacja fal radiowych w warunkach łączności satelitarnej*, [w:] *Systemy radiokomunikacji satelitarnej*, (red.) L. Knoch, WKiŁ, Warszawa 1980.
7. Ippolito L. J., *Satellite communications. Systems engineering. Atmospheric effects, satellite link design and system performance*, JohnWiley & Sons, Chichester 2008.
8. *Ekspertyza PAN: Strategia działań w Polsce dotyczących przestrzeni kosmicznej w warunkach członkostwa w Unii Europejskiej*, (red.) J. Zieliński, Warszawa 2003.
9. *Słownik języka polskiego PWN*, <http://sjp.pwn.pl/slownik/2573265/radiodyfuzja>
10. Bem D. J., *Telewizja satelitarna*, Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych SIGMA NOT Sp. z o.o., Warszawa 1991.
11. Zieliński R. J., *Satelitarne sieci teleinformatyczne*, WNT, Warszawa 2009.
12. *Digital Audio Broadcasting Systems and their impact on the terrestrial radio broadcast service*, Federal Communications Commission, Washington 2010, http://fjallfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DA-10-208A1.pdf
13. Smith D., Hendrickson R., *Mission control for the 48-satellite Globalstar constellation*, [w:] *Military Communications Conference MILCOM '95*, San Diego 1995.
14. *Iridium: A technology ahead of its time?*, <http://www.altech.com/tidbits/t050800.htm>
15. *ITU, Amateur and amateur-satellite services, Edition of 2008*, <http://www.itu.int/pub/R-HDB-52-2008>
16. Wilk J. Ł., *Home Networking. Sieci domowe. Specyfika sieci oraz rozwiązania techniczne*, Wydawnictwo Stowarzyszenia Współpracy Polska-Wschód. Oddział Świętokrzyski, Kielce 2012.
17. Elbert B. R., *Satellite communication applications handbook*, Artech House, Norwood 2004.
18. Fraise P., Coulomb B., Monteuis B., Soula J. L., *SkyBridge LEO satellites: optimized for broadband communications in the 21st century*, [w:] *Aerospace Conference Proceedings IEEE 2000*, Montana 2000.
19. Sourisse P., Rouffet D., Sorre H., *SkyBridge: a broadband access system using a constellation of LEO satellites*, <http://www.itu.int/newsarchive/press/WRC97/SkyBridge.html>
20. Kindler-Jaworska E., *Przewodnik po telewizji cyfrowej*, Wyd. TVP SA Ośrodek Szkolenia – Akademia Telewizyjna, Warszawa 2000.
21. Ciosmak J., *Algorytm wyznaczania nieseparowalnych dwuwymiarowych zespołów filtrów dla potrzeb systemów transmultipleksacji*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2011, tom 87, zesz. 11.
22. Marciniak M., Natarov D. M., Sauleau R., Nosich A. I., *Effect of Periodicity in the Resonant Scattering of Light by Finite Sparse Configurations of Many Silver Nanowires*, „Plasmonics” 2014, nr 2.
23. Karwowski A., *Systemy łączności satelitarnej stałej*, [w:] *Systemy radiokomunikacji satelitarnej*, (red.) L. Knoch, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1980.
24. Wilk J. Ł., *The influence of the antenna aperture on the quality of a satellite signal*, [w:] *XII International PhD Workshop OWD 2010*, (red.) G. Kłapyta, PTETiS, Vol. 28, Wisła-Kopydło 2010.
25. Brajal A., France P., *A Geostationary Satellite Interactive System*, www.itu.int/TELECOM/wt99/cfp/auth/2715/pap_2715.doc
26. Dutson B. J., *The outlook for interactivity via digital satellite*, [w:] *Proceedings of International Broadcasting Conference*, Amsterdam 1997.
27. Kamiński E., *Bezpośredni satelitarne dostępy do Internetu 'Turbo Internet'*, www.oaza.pl/INE98/turboi.pdf
28. *SkyBlaster™ VSAT, High-speed interactive DVB platform for the enterprise*, <http://kambing.ui.ac.id/onnopurbo/library/library-ref-eng/ref-eng-1/physical/vsat/skyblaster.pdf>
29. Struzak R., Tjelta T., Borrego J. P., *On Radio-Frequency Spectrum Management*, „Radio Science Bulletin” 2015, Nr 354.

LEGAL REGULATION OF CLASSIFICATION OF ELECTROMAGNETIC WAVES

Abstract

The paper discusses the legal regulations concerning the classification of electromagnetic waves, especially microwaves. In this context the Author analyzes both historical conditions and applications of specific frequencies for a selected radio services (in particular satellite services) and the ITU-R regulations.

Autorzy:
dr inż. **Jacek Łukasz Wilk** – Politechnika Świętokrzyska, Zespół Szkół Elektrycznych im. R. Kaczorowskiego w Kielcach.