# Opis przedmiotu zamówienia zawierający szczegółowe wymagania stawiane przedmiotowi zamówienia (w tym przede wszystkim minimalne wymagania techniczne)

Przedmiotem zamówienia jest:

1. Wykonanie i dostawa Systemu Komunikacji Radiowej (SKR) pracującego w pasmie 5GHz dla bezzałogowego statku latającego (BSL).
2. Dostawa przyrządu pomiarowego parametrów radiowych Systemu Komunikacji Radiowej.
3. Przeszkolenie pracowników Zamawiającego w zakresie budowy, funkcjonowania i obsługi Systemu Komunikacji Radiowej dla maksimum 10 osób.

Dostawa SKR oraz dostawa przyrządu pomiarowego SKR obejmuje:

* 2 urządzenia nadawczo-odbiorcze, wraz z niezbędnym do uruchomienia okablowaniem, do zainstalowania na bezzałogowym statku latającym (BSL), nazywane dalej Lotnym Modułem Radiowym (LMR), w tym jeden zapasowy LMR.
* 2 urządzenia nadawczo-odbiorcze, wraz z niezbędnym do uruchomienia okablowaniem, do zainstalowania w stacji naziemnej, nazywanej dalej Ziemnym Modułem Radiowym (ZMR), w tym jeden zapasowy ZMR.
* 2 zestawy anten dla części lotnej, wraz z niezbędnym do uruchomienia okablowaniem, w tym jeden zapasowy zestaw antenowy.
* 1 antenowy system nadążny (ASN) pozwalający na automatyczne śledzenie BSL oraz jeden zapasowy zestaw anten do ASN.
* 1 przyrząd pomiarowy parametrów radiowych systemu antenowego SKR i urządzenia nadawczo-odbiorczego SKR.
* Co najmniej dwuletnią gwarancję i wsparcie techniczne dla SKR i przyrządu pomiarowego SKR.
* Instrukcja obsługi SKR ze schematami blokowymi.

Wsparcie techniczne powinno zawierać:

* Udział w przynajmniej 2 badaniach polowych (lotach) na terenie RP.
* Bezpłatny dostęp do aktualizacji oprogramowania.
* Czas reakcji 1 dnia roboczego na zgłaszane problemy związane z działaniem SKR.

**Uwzględniając zakładane wymagania systemu komunikacji radiowej, wnioski płynące z przeprowadzonych naziemnych i lotnych badań z wykorzystaniem ogólnodostępnych urządzeń WLAN, a także niedostępność nadawczo-odbiorczych urządzeń spełniających zakładane parametry, zasadnym jest stwierdzenie, że zamówienie ma charakter specjalistyczny.**

# Minimalne wymagania techniczne

**Opis Systemu Komunikacji Radiowej (SKR)**

1. **Opis ogólny Systemu Komunikacji Radiowej**

Głównym zadaniem Systemu Komunikacji Radiowej (SKR) jest zapewnienie dwustronnej łączności pomiędzy stacją naziemną i bezzałogowym statkiem latającym (BSL) oraz dwustronną wymianę danych, zgodnie z założonymi wymaganiami SKR, Tabela 1.

**Tabela 1. Ogólne wymagania Systemu Komunikacji Radiowej.**

|  |  |
| --- | --- |
| Zasięg radiowy | w promieniu do 10km |
| Pułap | do 3000m |
| Maksymalna prędkość przelotowa BSL | 80m/s |
| Częstotliwość pracy SKR | 5-6GHz (lub inny zakres po wymianie front-end’u) |

SKR powinien składać się z lotnego modułu radiowego (LMR) i z ziemnego modułu radiowego (ZMR). Modułem nazywamy urządzenie nadawczo-odbiorcze, które wyposażone jest w odpowiednie złącza antenowe, złącza danych wejściowych i wyjściowych i złącze zasilania. Każdy z modułów powinien być wyposażony w odpowiedni zestaw anten, a w przypadku ZMR w antenę o charakterystyce dookólnej a także w antenowy system nadążny z anteną kierunkową. Każdy z modułów LMR i ZMR powinien być zawarty w jednej obudowie, która będzie chronić urządzenie przed wpływem czynników zewnętrznych.

Zastosowane zestawy anten części ziemnej i lotnej powinny pozwalać na utrzymywanie dwustronnej łączności. Anteny części ziemnej i lotnej powinny być odporne na wpływ czynników atmosferycznych.

Zestaw anten dla części ziemnej, nazywany dalej antenowym systemem nadążnym (ASN), powinien pozwalać na automatyczne śledzenie przemieszczającej się części lotnej.

Konstrukcja SKR powinna pozwalać na pracę w pasmie 5-6GHz, a także na pracę w innych pasmach po wymianie front-end’u LMR i ZMR.

**Tabela 2. Warunki środowiskowe SKR**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | LMR | ZMR |
| Temperatura | -25 do +50C | -25 do +50 |
| Wilgotność | dla IP67 | dla IP67 |

1. **Ogólne założenia konstrukcyjne Systemu Komunikacji Radiowej**

Konstrukcja SKR powinna być oparta na rozwiązaniach Software Defined Radio (SDR) i wykorzystywać układy programowalne FPGA. Zastosowanie rozwiązań SDR i FPGA pozwoli na uniwersalność SKR, w którym wszelkie zmiany związane z procesem modulacji i demodulacji oraz zastosowanymi protokołami będą wymagały jedynie przeprogramowania SKR (z wyłączeniem zmian zakresu częstotliwości pracy).

SKR powinien być wyposażony w niezbędne zabezpieczenia chroniące urządzenie przed uszkodzeniem wynikającym z niewłaściwego użytkowania i przed czynnikami atmosferycznymi (w tym wyładowania elektrostatyczne w torze w.cz.).

1. **Założenia funkcjonalne Systemu Komunikacji Radiowej**
   1. **Założenia ogólne**

SKR powinien zapewniać bezobsługowe funkcjonowanie, tj. parametry łącza radiowego (w tym sposób modulacji i przepustowość) powinny być, jeżeli będzie taka konieczność, dobierane w sposób automatyczny, tak aby łączność nie uległa zerwaniu dla zadanej odległości. SKR powinien pozwalać na monitorowanie najważniejszych parametrów łącza radiowego, a także na monitorowanie parametrów pracy modułu ziemnego i lotnego, które powinny być dostępne dla operatora stacji ziemnej bez zbędnej zwłoki.

* 1. **Rekonfiguracja**

SKR powinien posiadać możliwość rekonfiguracji.

1. **Ogólne wymagania techniczne SKR**
   1. **Wymagania wspólne**
   * Platforma SDR powinna być zdolna do obsługiwania modulacji PSK, QPSK, QAM, OFDM, Direct Spread Modulation.
   * Dane przesyłane przez łącze radiowe powinny być szyfrowane (AES128 lub AES256).
   * Powinna być zaimplementowana sprzętowa korekcja błędów.
   * Kanał uplink oraz kanał downlink powinny być realizowane na tej samej częstotliwości (kanale radiowym), z podziałem czasowym asymetrycznym.
   * Transmisja danych dla TT&C (telemetria i sterowanie) dwukierunkowa do 115kbps dla każdego kierunku, transmisja danych szerokopasmowych (payload) dwukierunkowa do 10Mbps dla kierunku down i do 1Mbps dla kierunku up.
   * Łącze TT&C z czasem opóźnienia do 50ms i priorytetem utrzymania i szyfrowaniem blokowym dostosowanym rozmiarem do ramki danych.
   * Front-end oparty o moduł RF pracujący w paśmie 5-6GHz.
   * Powinna być możliwość pomiaru podstawowych parametrów pracy urządzeń nadawczo-odbiorczego zespołu ziemnego i lotnego takich jak:
     1. Współczynnik fali stojącej (VSWR) – po dołączeniu przyrządu pomiarowego;
     2. Poziom sygnału TX – po dołączeniu przyrządu pomiarowego;
     3. Poziom sygnału RX – wbudowane w moduły;
     4. Pomiar jakości łącza down (stopa bitowa błędów BER) wbudowany w moduł ziemny;
     5. Pomiar parametrów lokalnych modułów (temperatura, napięcie zasilania) – wbudowane w moduły;
   * Powinien być możliwy lokalny i zdalny dostęp do mierzonych parametrów pracy.
   1. **Część lotna**
   * Moduł nadawczo-odbiorczy powinien być wyposażony w łącze Ethernet oraz port szeregowy.
   * Dane przesyłane poprzez łącze szeregowe powinny mieć najwyższy priorytet.
   * Łącze szeregowe powinno być zgodne ze standardem RS232 (TTL), 115kbps, tylko linie TxD, RxD oraz GND.
   * Łącze Ethernet powinno być zgodne ze standardem 10/100base-TX.
   * Złącze szeregowe dla TT&C, Ethernet dla payload.
   * Zasilanie 8-30V.
   * Dostępna moc nadajnika do 2W – mierzona dla modulacji PSK.
   * Możliwość wymiany front-end’u.
   * Masa, części lotnej bez anten i okablowania: do 400g.
   * Zestaw anten.
   1. **Część ziemna**
   * Moduł nadawczo-odbiorczy powinien być wyposażony w łącze typu Ethernet oraz port szeregowy.
   * Dane przesyłane poprzez łącze szeregowe powinny mieć najwyższy priorytet.
   * Łącze szeregowe powinno być zgodne ze standardem RS232 (TTL), 115kbps, tylko linie TxD, RxD oraz GND.
   * Łącze Ethernet powinno być zgodne ze standardem 10/100base-TX.
   * Złącze szeregowe dla TT&C, Ethernet dla payload.
   * Zasilanie 12-15V.
   * Dostępna moc nadajnika do 5W – mierzona dla modulacji PSK.
   * Możliwość wymiany front-end’u,
   * System z dwiema antenami: dookólna, kierunkowa nadążna oparta o GPS (opcjonalnie śledzenie po sygnale RF).
   * Anteny przełączane automatycznie w zależności od dystansu do samolotu.
2. **Wyposażenie dodatkowe**

SKR powinien być dostarczony z niezbędnym okablowaniem pozwalającym na uruchomienie dostarczonego systemu.

**Opis przyrządu pomiarowego Systemu Komunikacji Radiowej**

System Komunikacji Radiowej powinien być dostarczony z niezbędnym przyrządem pozwalającym na pomiar podstawowych parametrów systemu toru nadawczego modułu naziemnego oraz lotnego. Przyrząd pomiarowy powinien umożliwiać pomiar następujących parametrów:

* + Współczynnika fali stojącej VSWR (dopasowanie anteny).
  + Pomiar mocy nadawczej.

Przyrząd pomiarowy powinien być wyposażony w złącze typu Ethernet, RS232 i USB, oraz wyświetlacz na którym będą wyświetlane mierzone parametry. Wraz z przyrządem powinno być dostarczone oprogramowanie umożliwiające zobrazowanie pomiarów na komputerze typu PC – pomiary lokalne. Przyrząd pomiarowy dla pomiarów lokalnych powinien być podłączony do komputera poprzez złącze USB lub RS232. W przypadku pomiarów zdalnych przyrząd pomiarowy powinien być podłączony do modułu lotnego poprzez złącze Ethernet lub RS232.

Urządzenie analizująco-pomiarowe powinno być wyposażone w niezbędne zabezpieczenia chroniące urządzenie przed uszkodzeniem wynikającym z niewłaściwego użytkowania.

**Dokumentacja techniczna**

Wykonawca SKR jest zobowiązany dostarczyć instrukcję obsługi ze schematami blokowymi.

**Opis szkoleń**

Wykonawca SKR jest zobowiązany przeszkolić odbiorcę zamówienia w zakresie budowy, funkcjonowania i obsługi Systemu Komunikacji Radiowej. Szkolenia będą odbywać się w siedzibie zamawiającego. Szkolenie będzie zrealizowane dla maksimum 10 osób.