

ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ РНС БЛИЖНЬОЇ НАВИГАЦІЇ

РНС ближньої навігації використовується для визначення МЗ ЛА поблизу аеродромів і входить до складу пілотажно-навігаційного комплексу (ПНК). Вони поділяються на кутомірні, далекомірні, кутомірно-далекомірні та комбіновані [11, 31]. Розглянемо принципи їх будови та функціонування.

1.1. Кутомірні радіонавігаційні системи

До таких систем відносяться РТС ближньої навігації VOR, DVOR та PDVOR. РНС VOR прийняли як стандартну для забезпечення безпеки польотів ЛА в районах та маршрутах з високою інтенсивністю руху або обмеженою видимістю [33]. Система VOR складається з мережі наземних радіомаяків (НРМ) та бортового обладнання (рис. 1). НРМ працюють в режимі неперервного випромінювання в діапазоні $108 \div 118$ МГц з рознесенням між каналами в 100 кГц. Бортове обладнання (апаратура) дозволяє отримати інформацію про азимут відносно того або іншого радіомаяка. Для визначення географічних координат ЛА необхідно знати висоту та курс ЛА, а також координати двох НРМ. Така РНС формує та випромінює два сигнали: опорний та азимутальний.

Опорний сигнал випромінюється неспрямованою антеною. Він являє собою коливання на несучій частоті f_0 . Опорний сигнал модулюється за амплітудою генератором з піднесучою $f_{\text{пн}} = 9960$ Гц і генератором опорної напруги (ГОН) з постійною початковою фази з частотою 30 Гц. Початкова фаза опорного сигналу відповідає фазі азимутального на нульовому напрямку (напрямок на Північ), де $\beta = 0^\circ$. В опорний сигнал також вкладається інформація про номер та координати радіомаяка шляхом амплітудно-імпульсної модуляції несучої частоти частотою 1020 Гц. Сигнали розпізнавання передаються кожні 30 с зі швидкістю 7 слів за хвилину.

Азимутальний сигнал випромінюється на частоті f_0 спрямованою анте-

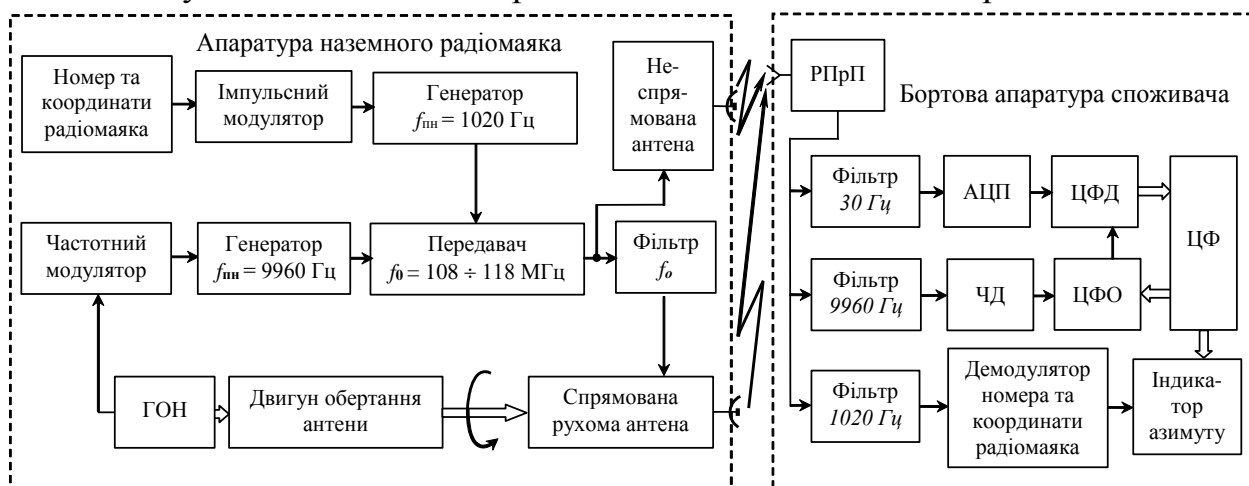


Рис. 1. Структурна схема РНС VOR

ною, яка має діаграму спрямованості у вигляді кардіоїди (рис. 2). Таку форму ДС має антена у вигляді гоніометра, який обертається зі швидкістю

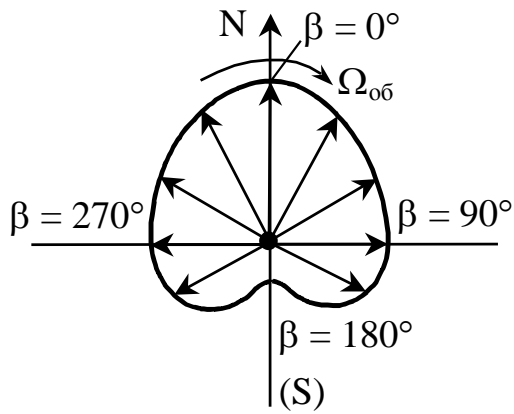


Рис. 2. ДС НРМ РНС VOR

$\Omega_{об} = 30 \text{ }^{\circ}/\text{с}$. В результаті такого обертання у точці знаходження ЛА утворюється амплітудно-модульований сигнал з частотою обвідної **30** Гц. Зміна кутового положення точки прийому (знаходження ЛА) відносно НРМ викликає зміну фази обвідної модульованого сигналу. За опорну приймається фаза сигналу, що відповідає напрямку на Північ у точці розташування НРМ. Прийом азимутального та опорного сигналів з однаковими фазами говорить про азимут точки прийому $\beta = 0^{\circ}$. При відхиленні від напрямку на північ (**N**) фаза азимутального

сигналу у будь-якій точці буде змінюватись за законом $\varphi = \Omega_{об} \tau_{\beta} = \beta$, де τ_{β} – запізнення сигналу, β – азимут точки прийому. Таким чином, при безперервному азимутальному сигналі інформація про азимут знаходиться у різниці фаз між опорним та азимутальним сигналами (рис. 3).

Сигнали НРМ приймаються бортовим приймачем та після амплітудного детектування поступають на відповідні канали виділення. У каналі виділення азимутального сигналу знаходиться фільтр, який пропускає амплітудно-модульоване коливання на частоті **30** Гц. Фаза цього коливання відповідає азимуту ОС. Це коливання перетворюється за допомогою аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) у цифровий вигляд і подається до цифрового фазового детектору (ЦФД).

Виділення опорного коливання здійснюється фільтром, який налаштовано на частоту $f_H = 9960$ Гц. Частотний детектор демодулює опорне коливання

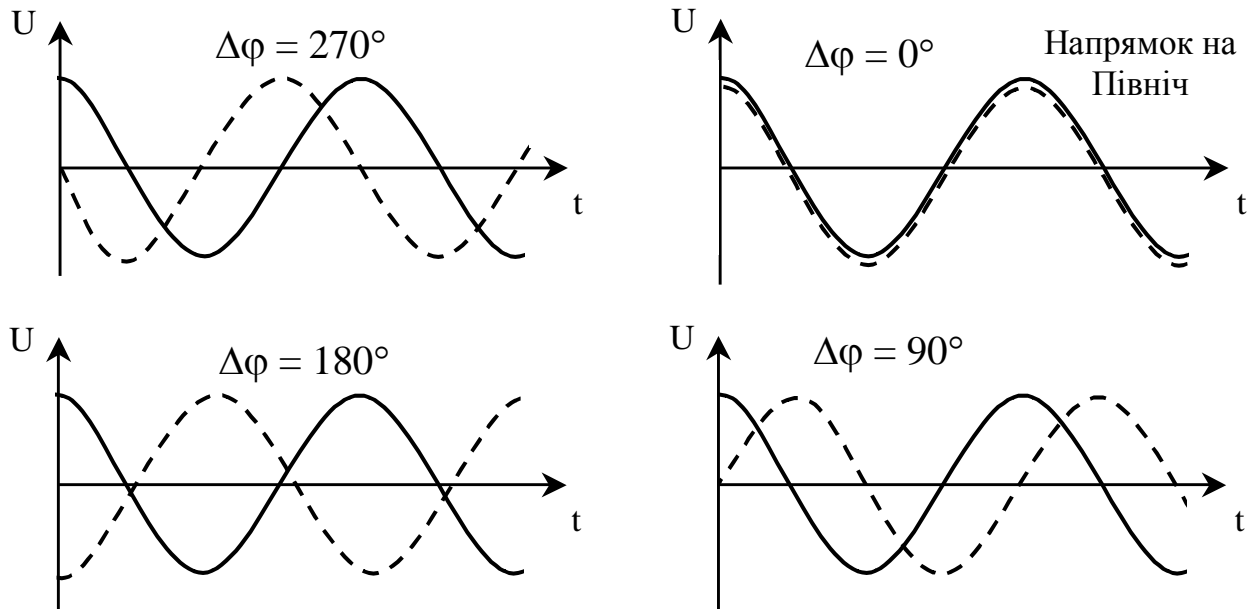


Рис. 3. Епюри напруг опорного та азимутального сигналів:
 — опорний сигнал; - - - азимутальний сигнал

ня. В результаті такого перетворення виділяється опорне коливання на частоті **30** Гц з постійною початковою фазою, яке подається до цифрового фазообертача (ЦФО). ЦФО управляється цифровим фазометром (ЦФ), який здійснює слідування за фазою азимутального сигналу.

Така побудова дозволяє зменшити апаратну похибку визначення азимуту. Азимутальне та опорне коливання порівнюються за фазою у ЦФД. Похибка у визначенні різниці фаз з ЦФД подається для перетворення до ЦФ, а потім відбивається на індикаторі азимуту.

Для визначення номеру та координат НРМ служить відповідний канал. У цьому каналі є фільтр, який налаштований на $f_n = 1020$ Гц. Після ідентифікації НРМ за кодом Морзе він подається на індикатор азимуту.

Дальність дії НРМ у межах прямої видимості ОС складає **185** та **370** км при потужностях випромінення **50** та **200** Вт. Точність РНС VOR дорівнює $\pm 5^\circ$.

Суттєвим недоліком системи VOR є низька точність формування радіонавігаційних полів. Така точність обумовлена впливом підстиляючої поверхні рельєфу місцевості та перевідбиттям від місцевих предметів.

Для підвищення точності система VOR була вдосконалена, в результаті чого з'явилась доплерівська РНС DVOR та точна багатопроменева PDVOR.

ДОПЛЕРІВСЬКА РНС DVOR. У системі VOR на НРМ використовується як антена фазована антенна решітка (ФАР), яка складається з **52** випромінювачів, що розміщені колом з радіусом $R = 7,5 - 13$ м. Завдяки такій ФАР ширина ДС значно звужена, в результаті чого значно зменшився вплив рельєфу місцевості. Основна відмінність доплерівського НРМ РНС DVOR від аналогічної системи VOR полягає у тому, що нерухома антена випромінює опорне коливання на частоті f_0 , яке є амплітудно-модульованим ГОН з частотою **30** Гц. Азимутальний сигнал, який формується ФАР (швидкість електронного сканування променя **30** об/с), випромінюється на частоті $f_0 + f_{\text{пн}}$.

Споживач (ОС) приймає азимутальний сигнал з доплерівським зсувом

$$F_d = \pm \frac{V_r}{\lambda} = \pm \frac{R_k \Omega_{\text{об}} (f_0 + f_{\text{пн}})}{C},$$

де R_k - радіус кола ФАР НРМ; $\Omega_{\text{об}}$ - колова частота обертання променя ФАР; $f_0 + f_{\text{пн}}$ - несуча частота передавача ($f_{\text{пн}} = 9960$ Гц); C - швидкість світла.

В результаті такої роботи ОС приймає частотно-модульований сигнал з доплерівським зсувом частоти F_d . Період частотної модуляції визначається періодом обертання $T_{\text{об}}$ ФАР НРМ, а фаза такого коливання відносно опорного відповідає азимуту споживача (рис. 4). Як видно з рисунку вихідний сигнал амплітудного детектора бортового приймача ОС містить усі частотні складові, які є у сигналі НРМ VOR. Тому для визначення азимуту за НРМ DVOR можна використовувати радіонавігаційні пристрої систем VOR. Похибка такої РНС складає $\pm(0,4 \div 1)^\circ$.

БАГАТОПРОМЕНЕВА РНС PDVOR. Зменшення апаратної похибки в такий РНС досягається застосуванням багатопроменевої ФАР азимутального каналу. Наприклад, **13**-променева ФАР, яка сформована об'єднанням **4**-х антен у **13**

груп, дозволяє на порядок зменшити апаратну похибку. Але однозначність виміру азимуту забезпечується тільки у діапазоні $\pm 14^\circ$.

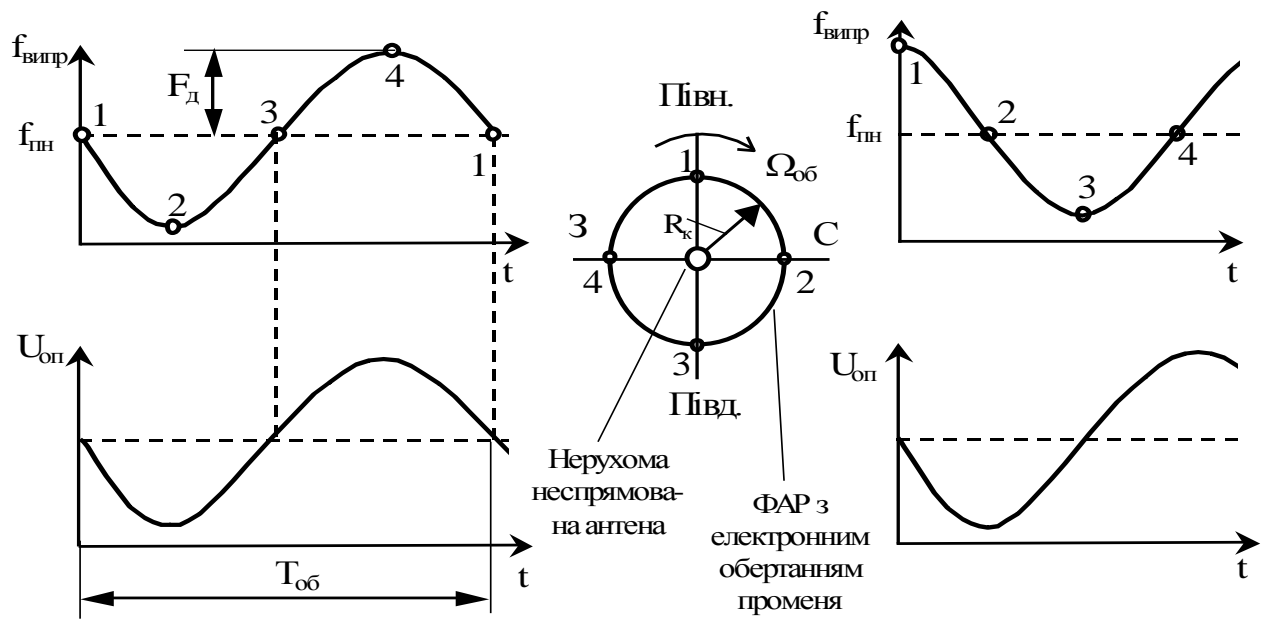


Рис.4. Принципи виміру азимуту у РНС DVOR.

Спільне використання доплерівського та багатопроменевого НРМ VOR дозволяє знизити сумарну похибку виміру пеленгу до $0,25^\circ$. Однак широке застосування такої РНС економічно недоцільне. Це пов'язано з тим, що окрім вартості НРМ значно підвищується вартість бортового обладнання. Точність витримки заданого курсу ОС не перевищує $\pm 1^\circ$. У зв'язку з цим така похибка пілотування не дозволяє реалізувати потенційні точності виміру азимуту ОС в умовах підвищеної інтенсивності повітряного руху.

1.2. Далекомірні РТС ближньої навігації

До таких РНС відноситься далекомірна система DME, яка розроблена для цивільної авіації та прийнята як стандарт міжнародною організацією цивільної авіації ІСАО у 1953 році. Ця система забезпечує безперервну та точну індикацію на борту ОС даних про похилу дальність до НРМ. Система DME складається (рис. 5) з бортового запитувача (передавача) та НРМ. Бортовий передавач працює в діапазоні частот **1025-1150** МГц (**126** частотних каналів, які рознесені на **1** МГц один від одного). Існує два режими роботи РНС DME: пошук та слідкування. В режимі пошуку передавачем формується два гауссівських імпульси запиту, тривалість яких складає **2,5** та **3,5** мкс через **12** мкс. Частота випромінювання імпульсів 150 імп/с . У режимі слідкування імпульси випромінюють через **36** мкс один від одного з частотою 24 імп/с . Імпульсна потужність передавача досягає **2** кВт. НРМ приймає запитні імпульси і після затримки на час, що дорівнює $t_v = 30$ мкс, випромінює відповідні з частотою слідкування 2700 імп/с . Несуча частота таких імпульсів на **63** МГц більша або менша від запитної. Потужність відповідача складає від **1** до **20** кВт.

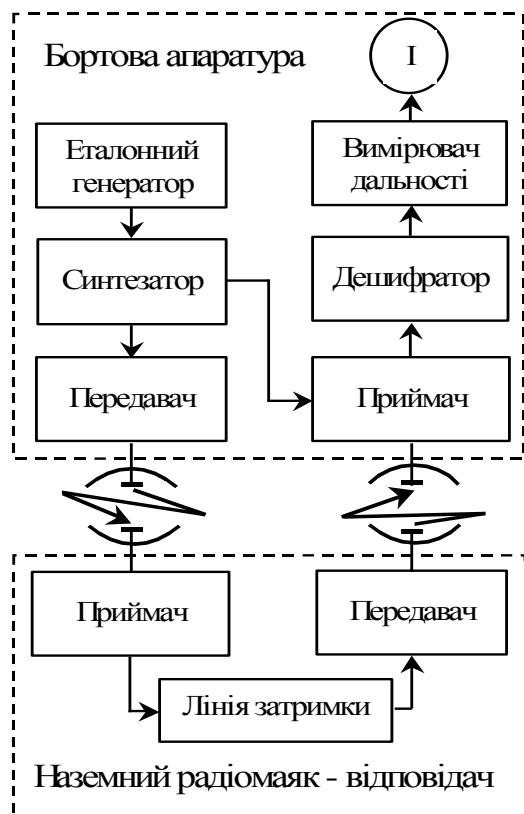


Рис. 5. Структурна схема РНС DME

При прийманні запитних імпульсів формується відповідний сигнал у вигляді двох гауссівських імпульсів з періодом у **12** мкс. Сформовані імпульси випромінюються передавачем НРМ у смугах частот **962 ÷ 1024** або **1151 ÷ 1213** МГц. Вибір смуги здійснюється таким чином, щоб різницева частота між сигналами запиту та відповіді дорівнювала **63** МГц. Таким чином, утворюється **252** канали роботи. У сформованих сигналах знаходиться закодована інформація про номер НРМ та координати, яка витягується бортовим дешифратором.

Інформація про дальність визначається виміром часу між передаванням сигналу запиту та прийманням сигналу відповіді:

$$R = \frac{(t_3 - t_b)C}{2},$$

де t_b - вимірне значення часу затримки; t_3 - час затримки сигналу у НРМ; C - швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль.

Лініями положення системи DME є концентричні кола з центрами у місцях розташування НРМ, точка перетину яких дає МЗ ОС.

Для обчислення географічних координат служить бортовий обчислювач, в який вводяться окрім вимірів дальності, координати НРМ та висота ОС (вона вимірюється бортовим висотоміром). Бортові запитувачі розраховані на максимальну дальність **370** і **740** км.

Загальна похибка системи DME на дальностях від **0 ÷ 370** км не перевищує ± 925 м або **3%** від дальності, яка вимірюється (в залежності від того, яке із вказаних значень більше). При використанні трьох НРМ точність МЗ досягає **150** м. Висока точність виміру дальності відноситься до переваг РНС DME. В умовах збільшення інтенсивності повітряного руху пропускна спроможність та дальність дії системами DME обмежені що є недоліком системи. Пропускна спроможність не перевищують **100** ЛА.

1.3. Кутомірно - далекомірні РНС ближньої навігації

Кутомірно-далекомірні РНС проводять вимір дальності та кутової координати. Розглянемо особливості будови основних типів закордонних та вітчизняних кутомірно-далекомірних РНС.

РНС “ТАКАН”. Часова кутомірно-далекомірна РНС “ТАКАН” є основним засобом ближньої навігації літаків багатьох держав НАТО. Ця система, що була розроблена на початку 50-х років, дозволяє отримувати інформацію про азимут та дальність ЛА відносно наземного радіомаяка. Вона складається з двох частин: НРМ та бортового прийомопередавача споживача, які працюють в діапазоні **960...1215** МГц.

Запит із всіх ЛА, які обслуговуються даним НРМ, здійснюється *на одній*

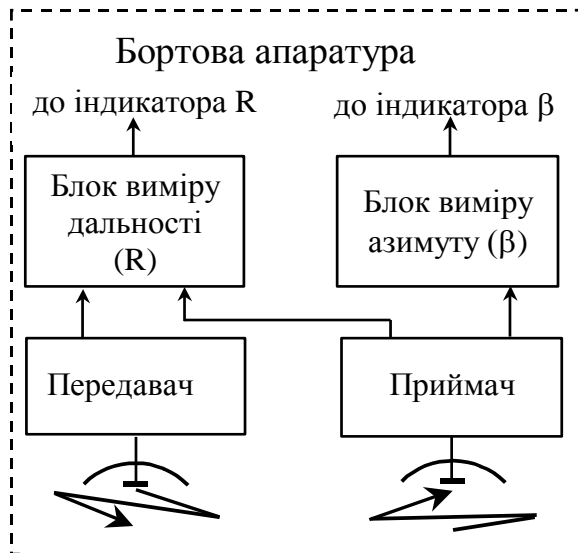


Рис. 6. Структура бортового обладнання РНС “ТАКАН”

і тій самій несучій частоті в діапазоні **1025 ÷ 1150** МГц. Таким чином, є можливість обрати частоту одного з **126** каналів, а потім за командою здійснювати перехід на інші частоти. Розніс між каналами за частотою **1** МГц. Усі сигнали НРМ випромінюються тільки на одній частоті, яка відрізняється від запиту на **63** МГц у діапазонах від **962 ÷ 1024** та **1150 ÷ 1213** МГц. Структура бортової апаратури запитувача подана на рис. 6. Блок виміру здійснює безперервний вимір поточної дальності від ЛА до НРМ. Блок виміру азимуту призначений для безперервного виміру азимуту при використанні двох шкал за частотою.

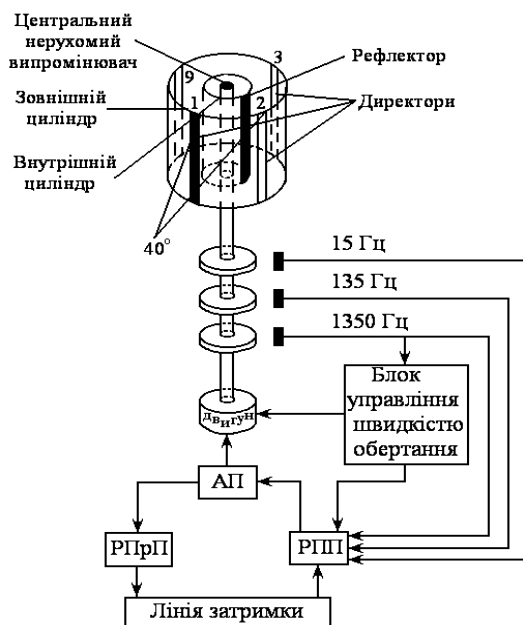


Рис. 7. Структура апаратури НРМ

Система має два канали : далекомірний та кутомірний, які працюють в *одному частотному діапазоні*. Це дозволяє типізувати апаратуру для виміру обох РНП. Антена система НРМ “Такан” складається з центрального випромінювача (антена типу “штир”) та двох радіопрозорих коаксимальних циліндрів (зовнішнього та внутрішнього), які обертаються з однаковою швидкістю **15** °/с (рис. 7). На внутрішньому циліндрі розташований один вібратор (рефлектор). На зовнішньому циліндрі розташовано **9** директорів, які рознесені один від одного на кут у **40°** за колом. Таким чином утворюється дві ДС, які з постійною швидкістю обертаються навколо однієї осі. Перша діаграма це – проста кардіоїда, яка має один

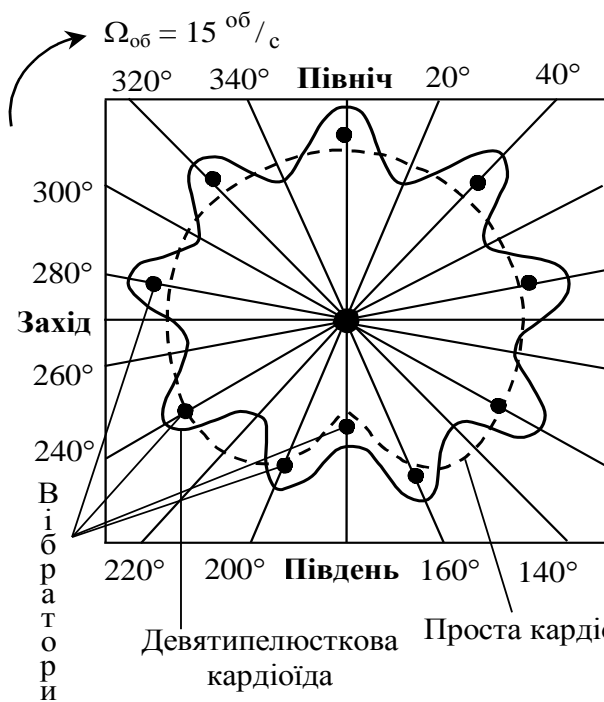


Рис. 8. ДС НРМ РНС “Такан”

мінімум та максимум. Друга ДС представляє дев’ятипелюсткову кардіоїду (рис. 8). Кожен раз, коли антена мінімумом простої кардіоїди спрямована на південь, а максимумом – на північ, випромінюються опорні імпульси. Їх створює датчик опорних імпульсів, який знаходиться передатчі. Опорні імпульси представляють собою 12 пар імпульсів, тривалістю 3,5 мкс (рис. 9). Наступне випромінювання імпульсів буде здійснено через один оберт антени (через 360°). Через кожні 40° оберту дев’яти пелюсткової кардіоїди додатково випромінюється 6 пар допоміжних імпульсів. Між допоміжними та опорними сигналами

передатчик НРМ випромінює відповідні ретрансльовані імпульси, які відповідають (синхронні) запитним імпульсам передатчиків літака. Запитні імпульси представляють собою періодичну послідовність пар імпульсів (рис. 9).

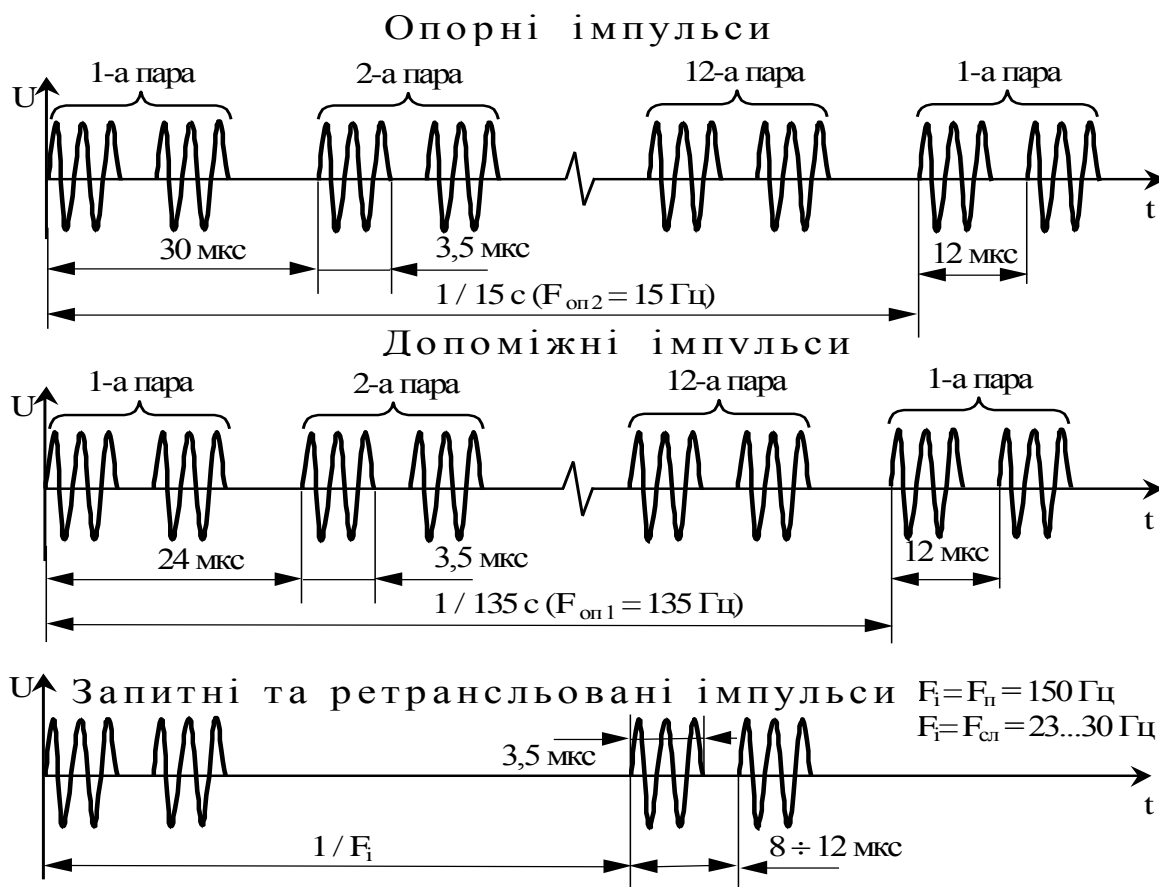


Рис. 9. Епюри напруг імпульсів, які формуються у РНС “Такан”

Азимут вимірюється двошкальним фазовим методом. Відеоімпульси на вході лінійного амплітудного детектора бортового приймача (рис. 6) поступають до блоку виміру азимуту. Послідовність цих відеоімпульсів промодульована за амплітудою з частотами **15** та **135** Гц (рис. 11). Вхідними пристроями цього блоку є піковий детектор та обмежувач. На виході пікового детектора виділяється напруга, яка складається із сукупності двох гармонічних коливань з частотами **15** та **135** Гц. Фаза цих коливань залежить від азимуту об'єкту, що рухається. З виходу обмежувача послідовність відеоімпульсів поступає до каналів формування опорних сигналів з частотами **15** та **135** Гц, які необхідні для виміру азимуту. При роботі в режимі “пошук” вимірювач обирає один з періодів коливань частоти **15** Гц, тобто грубо визначає азимут α .

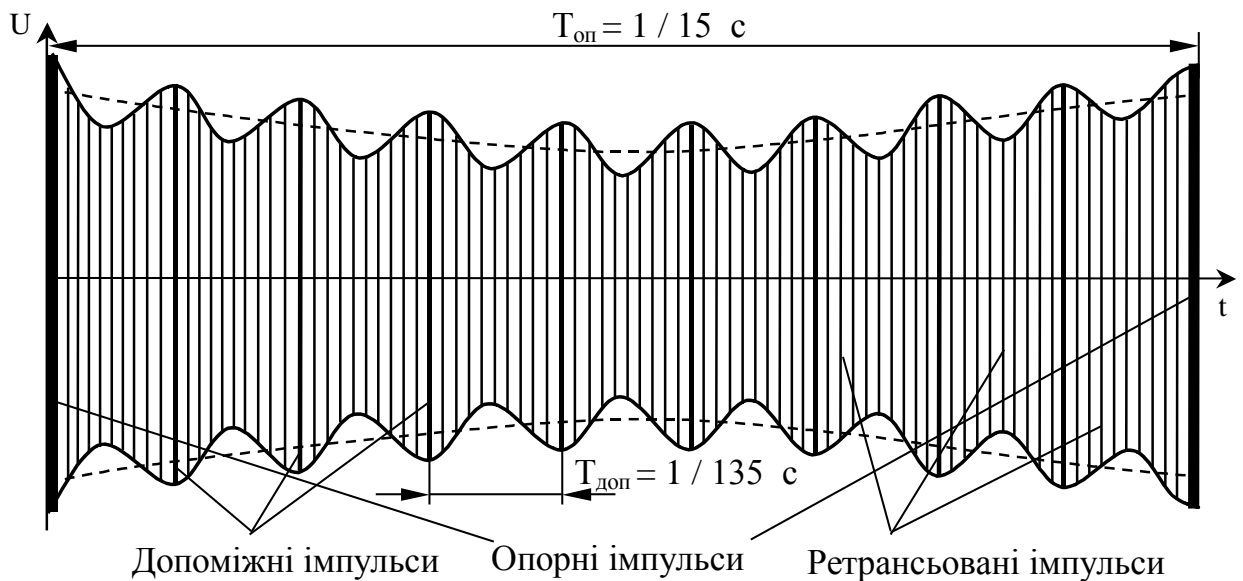


Рис. 11. Напруга на вході вимірювача азимуту

При цьому усувається багатозначність відліку. У режимі “слідкування” вимірне значення азимуту уточнюється в межах обраного інтервалу. Таке уточнення здійснюється за розузгодженням між фазами опорного та азимутального сигналів частоти **135** Гц.

Принцип виміру дальності полягає у наступному. Блок виміру дальності працює у двох режимах: пошуку та слідкування. Частота випромінення імпульсів складає (**23...30**) Гц для режиму слідкування і **150** Гц у режимі пошуку (рис.9).

Маяки системи “Такан” встановлюються на аеродромах базування тактичної авіації вздовж трас їх польотів та на авіаносцях. РНС “Такан” має наступні основні ТТХ. Дальність дії при висоті польоту літака **15** км досягає **550** км. Помилка визначення азимуту складає $\pm 1^\circ$, що у **5** разів вище, ніж у системі VOR при тих самих умовах. Помилка визначення дальності ± 180 м. Діапазон робочих частот : при запиті **1025 ÷ 1150** МГц, при відповіді – **962 ÷ 24** МГц та **1150 ÷ 15** МГц. Таким чином, утворюється **126** частотних каналів двостороннього зв'язку. Тривалість імпульсу $\tau_i = (3,5 \pm 0,5)$ мкс. Потужність передавача **6 ÷ 7** кВт.

Одним з резервів підвищення точності РСБН їх комплексне застосування, що також підвищує перешкодостійкість та надійність випромінювань. Широке розповсюдження отримали комбіновані системи VOR/DME та VORTAC.

У кутомірно-далекомірній системі VOR/DME вимір азимуту здійснюється системою VOR, дальність – DME. У цій системі для частоти кожного каналу VOR встановлюється робоча частота апаратури DME та загальний селектор частотних каналів. НРМ цієї системи представляє собою суміщення двох радіомаяків. Дальність дії кожного НРМ обмежується дальністю прямої видимості, потужністю передавачів та багатопроблемним характером розповсюдження радіохвиль і складає **90-360** км (в залежності від висоти польоту споживача).

Система VORTAC є комбінацією РНС VOR та “Такан”. Маяки цієї системи складаються з маяків однойменних систем. РНС “Такан” тільки далекомірний канал. У зв’язку з одним частотним діапазоном (**960-1215** МГц) система “Такан” повністю забезпечує роботу запитників системи DME, а маяки-відповідники РНС DME – роботу далекомірного каналу бортової системи “Такан”.

Створення системи VORTAC обумовлені наступним. Радіомаяки “Такан” простіші та швидше встановлюються, ніж VOR на кораблях та в районах бойових дій. Тому військові літаки обладнуються бортовою апаратурою “Такан”. Однак, у зв’язку з вимогами міжнародного комітету авіації ІКАО радіомаяки системи VOR та DME встановлюються на трасах польоту як стандартні. Тому для забезпечення польотів воєнних літаків на таких трасах вони повинні бути обладнані відповідною апаратурою VOR та DME.

ВІТЧИЗНЯНА кутомірно-далекомірна РНС БЛИЖНЬОЇ НАВІГАЦІЇ (РСБН) складається з наземного (НРМ) та бортового обладнання. Загальна структура типової системи РСБН подана на рис. 12. Наземне обладнання РСБН включає азимутально-далекомірний РМ та посадочну радіомаячну групу (ПРМГ). До складу останньої входить курсовий радіомаяк (КРМ), глісадний РМ (ГРМ) та радіодалекомір (РД). До складу бортового обладнання входить антенно-фідерна система (АФС), приймач (РПрП), передавач (РПП), вимірювачі азимуту та дальності. Вимірювання значення азимуту відбиваються у навігаційно-пілотажному (НПП), а дальність – у прямопоказувальному приладі (ППД).

РСБН забезпечує роботу в одному з двох основних режимів: “навігація” та “посадка, а також у допоміжному режимі ”індикація”. Останній режим призначений для спостереження на землі за повітряною обстановкою в радіусі дії НРМ.

Азимутально-далекомірний НРМ складається з приймача та передавача далекоміру, передавача опорних сигналів, передавача азимутальних сигналів з антеною, яка має провал і обертається (АО), індикатора колового огляду (ІКО), контрольно-вимірювальної апаратури та радіостанції зв’язку. Дальність **R** визначається на борту ЛА імпульсним методом за часом запізнення сигналів відповіді відносно моменту випромінювання запитних імпульсів. Запитні си-

гнали утворюються передавачем ЛА та випромінюються АФС на частоті за-
 питу. Кожний запитний сигнал представляє собою групу з двох імпульсів, час
 між якими відповідає запитному коду. Запитні сигнали приймаються НРМ та
 декодуються. Імпульси відповіді на частоті відповіді перевипромінюються до
 ЛА.

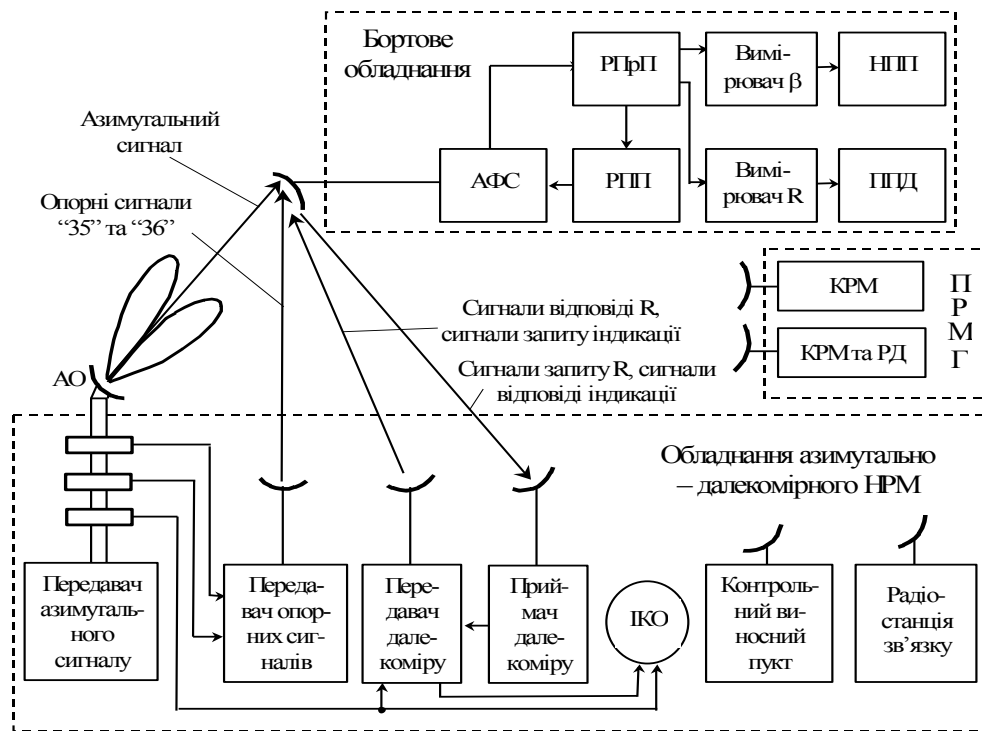


Рис.12. Типова структура РСБН

У бортовій апаратурі РСБН 7С вимір дальності здійснюється із застосуванням цифрових елементів. Структурна схема такого вимірювача зображена на рис. 13. У такому вимірювачі визначення часу запізнення базується на підрахунку числа лічильних імпульсів за інтервал часу між запитним та відповідним імпульсами. Лічильні імпульси отримуються від стабільного бортового генератора. Частота слідування лічильних імпульсів обирається з урахуванням максимальної дальності (стабільність) та допустимої похибки з-за дискретності відліків (визначається ціною наймолодшого розряду). Так для РСБН-7С при вартості молодшого розряду **0,156** км, число розрядів лічильника, яке вимагається для виміру дальності **500** км, дорівнює **12**. При цьому частота лічильних імпульсів $F_{\text{ліч}} = (C / 2) \cdot 0,156 = 0,95$ МГц.

Цифровий імпульсний далекомір слідкувального типу складається з аналого-цифрового перетворювача сигналу помилки (ПСП), індикатора та генератора імпульсів стробування (ГІС). Робота такого вимірювача полягає у наступному. Відповідний імпульс з бортового РПрП (рис. 13) поступає на вхід часового дискримінатора. Одночасно цей імпульс подається на дві схеми співпаданя. На другі входи цих схем подаються напівстроби (імпульси стробування). Якщо часове положення напівстробів симетричне відно відповідного імпульсу (імпульсу приймача), то сигнал похибки дорівнює нулю. При невиконанні умови симетричності на вході перетворювача напруга-код виникає напруга визначеного значення та знаку. Дана напруга пропорційна вели-

чині часового розузгодження середини між стробами та максимуму сигналу відповіді. З перетворювача напруга-код код помилки записується до регістру помилки дальності. Двійкове число помилки з відповідним знаком вводиться до суматора. Там це число додається до числа, яке пропорційне дальності і зберігається у регістрі дальності (уточнюється апріорне значення дальності). Апріорне значення дальності у кодовому вигляді записується до лічильника в момент випромінення запитного імпульсу. Окрім того, у лічильник дальності поступають лічильні імпульси, які підраховуються ним впродовж часу, що пропорційний дальності. Двійковий код з лічильника дальності поступає до пристрою формування переднього та заднього напівстробів. Таким чином часове положення напівстробів визначається числом, яке було записане в регістр дальності у попередньому циклі рахування.



Рис. 13. Структурна схема цифрового імпульсного далекоміру

Відлік дальності в РСБН проводиться за ППД. На точність виміру дальності впливають фактори, які викривлюють часове положення максимуму імпульсу відповіді. До числа таких факторів відносяться відбиття від місцевих предметів, радіоперешкоди, частотні викривлення в бортовому приймачі і т.д.

Зниження впливу відбиттів від місцевих предметів в НРМ забезпечується запиранням приймача на час $t_{зап}$ після прийому імпульсу запиту. Це пояснюється тим, що відбиття запізнюється у порівнянні з імпульсом запиту.

Істотно впливає на точність робота запитників сусідніх ЛА. Цей вплив пояснюється двома причинами. По-перше, збільшення числа запитників приводить до перевантаження передавача НРМ. При такому перевантаженні зменшується число відповідних імпульсів на запит кожного ЛА, що знижує відношення сигнал/шум на вході бортового приймача і збільшує похибку виміру дальності. По-друге, зростання числа запитних імпульсів збільшує число відповідних НРМ. Відповідні імпульси сусідніх ЛА є паразитними на вході власного приймача. Їх збільшенні приводить до зростання рівня перешкод, а значить, і похибки виміру дальності. Важливим фактором, який впливає на то-

чність є нестабільність затримки сигналу у бортовому приймачі. Така затримка необхідна для компенсації запізнення сигналу у колах відповідача (НРМ).

Вимір азимуту здійснюється беззапитним часовим методом на борту ЛА. Використання цього методу ґрунтується на вимірі часового інтервалу між моментом прийому опорного сигналу (початок відліку) та моментом прийому азимутального сигналу. Такий метод реалізований у РСБН-2С, РСБН-6С, РСБН-7С. При цьому проводиться вимір зворотного пеленгу, тобто вимір азимуту відносно НРМ.

Азимутальний РМ має два передавачі, які працюють на частотах у діапазоні $873,6 \div 935,2$ МГц. Передавач азимутальних сигналів генерує безперервні коливання, які випромінюються рухомою гостроспрямованою антеною двохпелюстковою ДС (рис. 14) – $F_1(\beta)$. Азимутальна антена обертається (для РСБН - 4Н та РСБН - 2Н) з постійною швидкістю $\Omega_{об} = 100$ об/хв, що відповідає частоті $F_{об} = 1,66$ Гц. Передавач опорного сигналу працює в імпульсному режимі випромінювання. Його навантаженням є неспрямована антена, у якій ДС $F_2(\beta)$ (рис. 14), що випромінює опорні сигнали. Опорний сигнал складається з двох послідовностей радіоімпульсів.

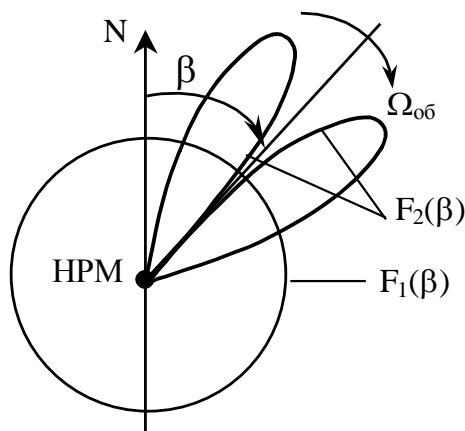


Рис. 14. ДС НРМ

режимі випромінювання. Його навантаженням є неспрямована антена, у якій ДС $F_2(\beta)$ (рис. 14), що випромінює опорні сигнали. Опорний сигнал складається з двох послідовностей радіоімпульсів.

За кількістю кодових посилок цих послідовностей за час одного оберту антени T_a (рис. 9.15) їх називають опорними сигналами “35” та “36”. Кожна кодова послілка складається з двох радіоімпульсів, тривалістю кожного $5,5$ мкс.

Опорні імпульси мають частоти слідування $F_{35} = 58,1$ та $F_{36} = 59,76$ Гц, а різницева частота $F_{36} - F_{35} = 1,66$ Гц = $F_{об}$. Пристрій формування цих імпульсів синхронізується приводом азимутальної антени НРМ. У момент проходження імпульсом ДС азимутальної антени північного напрямку N (рис. 14) у точці розташування НРМ імпульси обох серій співпадають. Таке співпадіння називають “північним”. Північне співпадіння опорних імпульсів $U_{35}(t)$ та $U_{36}(t)$ фіксується бортовою апаратурою і приймається за початок відліку азимуту t_c (рис. 15). Цей момент не залежить від кутового положення ЛА відносно НРМ, тому що опорні імпульси випромінюються неспрямованою антеною. Азимутальний сигнал на вході бортового приймального пристрою $U_{аз}(t)$ дзвоноподібну огинаючу з гострим мінімумом всередині, за яким і визначається час надходження t_β . Момент t_β пов’язаний з азимутом співвідношенням

$$t_\beta = t_c + \tau_\beta = t_c + \beta / \Omega_{об},$$

де t_c – час запізнення азимутального сигналу у відношенні до опорного.

З цього виразу можна знайти невідомий азимут β за виміром t_β .

Вимір часу t_β визначається аналоговими або цифровими вимірювачами, останні з яких знайшли широке розповсюдження у теперішній час. Принцип дії цифрових вимірювачів азимуту аналогічний дії вимірювачів дальності. Ре-

зультати виміру азимуту відбиваються на НПП.

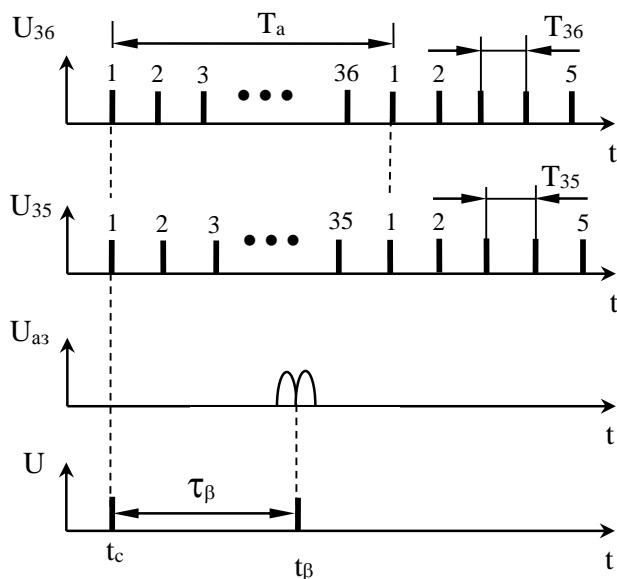


Рис. 15. Вимір азимуту у вітчизняних РСБН

Часовий метод визначення кутових координат реалізується також в радіомаячній системі посадки сантиметрового діапазону для виміру курсу та глісади ЛА.

РСБН-7С при роботі НРМ типу РСБН-4Н має наступні тактико-технічні характеристики:

- дальність дії системи
 $R = 400$ км при висоті польоту $H > 10$ км
 $R = 195$ км при $H = 300$ м;
 $R = 50$ км при $H = 250$ м;
- похибки виміру азимуту $2\sigma_\beta = 0,25^\circ$;

дальності $2\sigma_R = (0,2 + 0,03 \% R)$, км;

- діапазон частот за азимутальним каналом (873,6 ÷ 935,2) МГц, за далекомірним каналом (772 ÷ 812,8) МГц в режимі запиту (939,6 ÷ 1000,5) МГц в режимі відповіді. Підвищення перешкодозахищеності забезпечується використанням частотного та кодового розділення сусідніх каналів. Система налічує 88 частотно-кодових каналів в режимі навігації.

- кількість ЛА, які одночасно обслуговуються НРМ РСБН-4Н за далекомірним каналом – до 100, за азимутальним – необмежено.

У режимі наземної індикації наземний передавач випромінює запитні сигнали у вигляді трьохімпульсної кодової послідовності, а бортовий передавач відповідає також трьохімпульсним кодом. Канал наземної індикації працює одночасно та незалежно від роботи далекомірного та азимутального каналів.