

Дисципліна

***“Експлуатація і ремонт радіоелектронного
обладнання літаків, вертольотів та
авіаційних ракет”***

Тема 17. “Радіотехнічні системи ближньої навігації”

**Доцент кафедри
кандидат технічних наук, доцент Войчук В. А.**

Київ 2013

Навчальна та виховна мета

1. Ознайомити з призначенням, основними ТТХ, режимами роботи, принципами побудови, особливостями технічної експлуатації і бойового застосування радіотехнічних систем ближньої навігації.
2. Виховувати у студентів – майбутніх фахівців авіації Повітряних Сил ЗСУ самостійність, творчу ініціативу, наполегливість та високу відповідальність за якісну організацію технічної експлуатації та вміле бойове застосування засобів радіонавігації.

Навчальні питання

1. Кутомірні РСБН.
2. Дальномірні РСБН.
3. Комбіновані кутомірно-дальномірні РСБН.
4. Радіотехнічні системи ближньої навігації.

Контрольні завдання (РСБН)

1. Запропонуйте і обґрунтуйте найвигідніше розміщення двох радіомаяків кутомірної РСБН із зоною дії до 300 км (1 бал).
2. Запропонуйте і обґрунтуйте найвигідніше розміщення двох радіомаяків дальномірної РСБН із зоною дії до 400 км (1 бал).
3. Поясніть, чому в кутомірних каналах РСБН з амплітудною пеленгацією застосовується метод мінімуму, а не метод максимуму (1 бал).
4. Проаналізуйте основні причини помилок визначення місцеположення в РСБН (1 бал).
5. Поясніть механізм контролю повітряної обстановки за допомогою ВІКО (1 бал).
6. Запропонуйте і обґрунтуйте найвигідніше розміщення комбінованої кутомірно-дальномірної РСБН для контролю повітряної обстановки в районі аеродрому (1 бал).
7. Якими заходами забезпечується підвищена точність вимірювання азимуту в радіомаяках DVOR? (1 бал)

Примітка. Мінімальна сума балів по темі для отримання позитивної оцінки – 3.0.
Максимальна сума зарахованих балів по темі – 5.0.

1. Кутомірні РСБН

Загальні відомості про РСБН

Радіотехнічні системи ближньої навігації (РСБН) забезпечують вирішення навігаційних задач у межах прямої видимості об'єкту.

РСБН включає наземний радіомаяк і бортове обладнання. Більшість РСБН відноситься до комбінованих, оскільки в них для визначення місцеположення об'єкту використовується лінія рівних дальностей (коло з центром у точці розташування радіомаяка) і рівних азимутів (промінь, який виходить з точки розташування радіомаяка).

В більшості РСБН *наземне* обладнання складається з розташованих в одній і тій же точці з відомими координатами двох радіомаяків – дальномірного (ДРМ) та азимутального (АРМ).

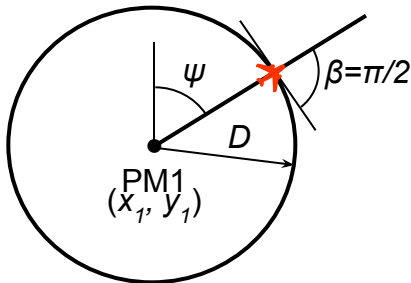
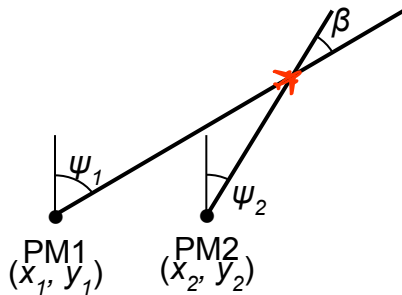
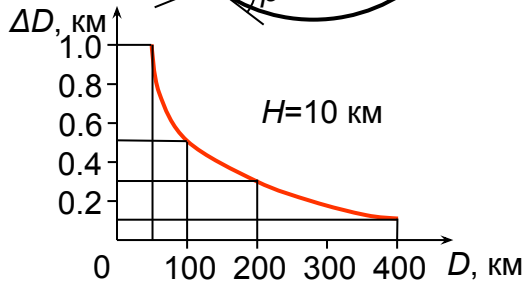
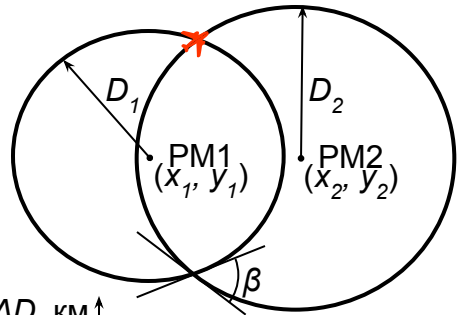
Бортове обладнання включає *запитувач дальноміра, приймач азимутальних сигналів і пристрої обробки та відображення інформації.*

Інформаційними параметрами в азимутально-дальномірних РНС є:

- для визначення азимуту – інтервал часу між моментами випромінювання опорного ("північного") сигналу і прийому на борту азимутального радіосигналу (в РСБН виробництва СРСР) або різниця фаз огинаючих опорного сигналу, який відповідає нульовому напрямку, та прийнятого азимутального сигналу (в РСБН зарубіжного виробництва);

- для визначення дальності – інтервал часу між моментами випромінювання сигналу запита і надходження сигналу відповіді.

Різновиди РСБН



Дальномірні РСБН на поверхні Землі створюють *лінії положення у вигляді концентричних кіл* рівних похилих відстаней від радіомаяка. Горизонтальна дальність D на відстані >100 км практично не відрізняється від похилої ($\Delta D \leq 0.5$ км). Неоднозначність визначення місцеположення усувається додатковим грубим визначенням.

Кутомірні РСБН створюють *лінії положення у вигляді променів*. Місцеположення визначається однозначно і не залежить від висоти.

Комбіновані (кутомірно-дальномірні) РСБН створюють на поверхні лінії положення у вигляді концентричних кіл і променів, які виходять з центру у точці розміщення радіомаяка і перетинаються тільки в одній точці.

Кут β перетинання двох ліній положення дальномірних і кутомірних РСБН залежить від взаємного розташування маяків і літака, а комбінованих – завжди становить $\pi/2$.

*

Застосування РСБН



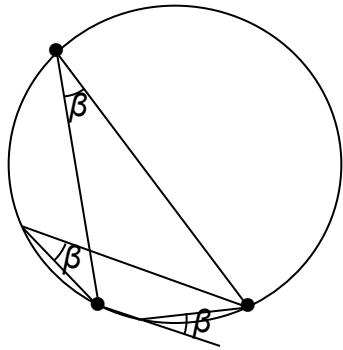
Кутомірні і дальномірні РСБН застосовуються для визначення поточного місцеположення по сигналам двох і більше *рознесених на величину бази* наземних азимутальних радіомаяків або радіомаяків-ретрансляторів запиту дальності.

Комбіновані (кутомірно-дальномірні) РСБН застосовуються для визначення поточного місцеположення по сигналам *одного наземного суміщеного азимутально-дальномірного* радіомаяка або *розміщених в одній точці кутомірного і дальномірного* радіомаяків.

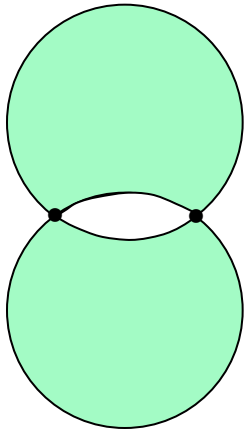
Лінії *рівних пеленгів* літака або *рівних дальностей* можуть використовуватись в якості *ліній заданого шляху*. В першому політ буде здійснюватись *по ортодромії*, а в другому – *по дузі кола з центром у точці розміщення радіомаяка*.

При наявності на борту обчислювача інформацію про поточні координати літака можна використати для польоту по будь-якій траєкторії.

Кутомірні РСБН



Обмеження зони дії мінімально припустимою величиною кута β



В кутомірних РСБН *лінійні помилки Δl* визначення місцеположення і робоча зона залежать від:

- кута β перетинання двох ліній положення,
- дальності ($\Delta l = D \cdot \Delta \psi$),
- відношення сигнал/шум.

Інформація про поточний азимут вноситься в безперервне випромінювання радіомаяка шляхом його модуляції діаграмою спрямованості, яка обертається з постійною швидкістю відносно вертикальної осі: *азимут літака пропорційний затримці модулюючої функції прийнятого сигналу* радіомаяка відносно її початкового положення, інформація про яке передається спеціальним сигналом.

Особливості кутомірних РСБН:

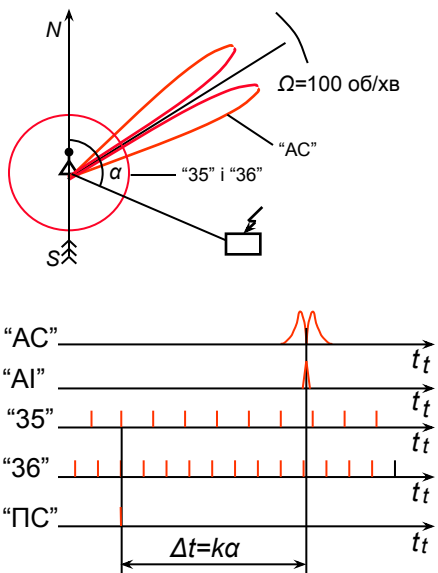
- літаки не демаскуються,
- пропускна здатність необмежена,
- з Землі неможливо визначити повітряну обстановку.

Принцип дії кутомірних РСБН

Кутомірний канал вітчизняних РСБН

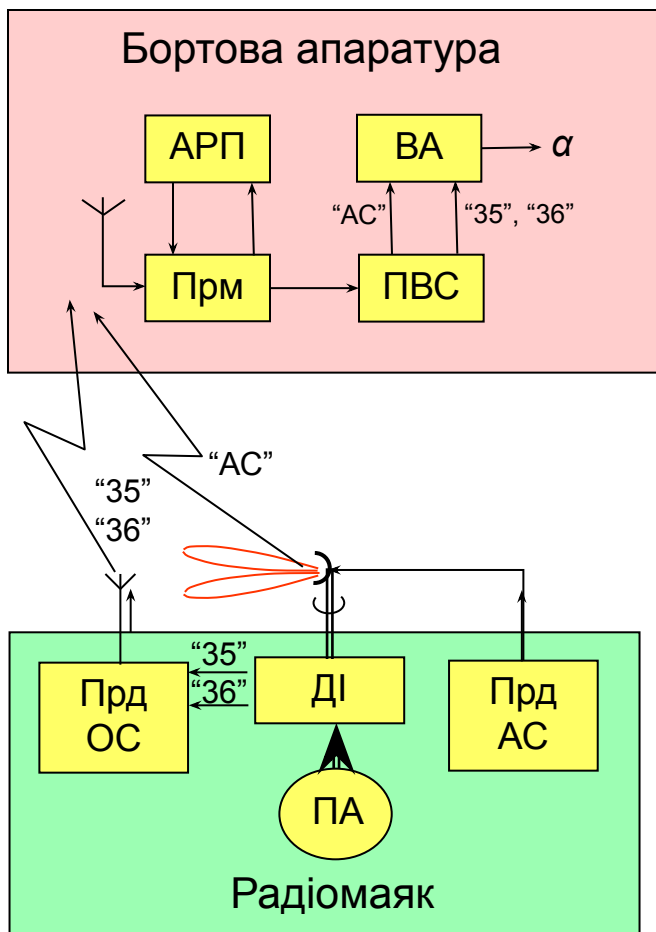
У вітчизняних РСБН вузька двохпелюсткова ДСА радіомаяка з гострим мінімумом обертається навколо вертикальної осі з постійною швидкістю $\Omega=100$ об/хв, тобто з частотою 1.66 Гц. *Випромінюється безперервний немодульований сигнал*. Кожен раз, коли ДСА проходить через напрямок на об'єкт, на виході його азимутального приймача з'являється двогорбий "азимутальний сигнал" (АС), з якого формується короткий "азимутальний імпульс" (АІ).

Чим більший азимут у об'єкта, тим з більшою затримкою у часі формуватимуться ці "азимутальні імпульси". Щоб по їх затримці можна було визначити азимут об'єкта, шляхом випромінювання спеціального опорного сигналу фіксується момент часу, коли двогорба ДСА спрямована на північ.



Цей опорний сигнал складається з двох послідовностей коротких радіоімпульсів. За один оберт антени в першій послідовності формується 36 опорних радіоімпульсів, а в другій – 35, тобто тільки один раз, а саме коли ДСА спрямована на північ, імпульси цих послідовностей співпадають. Завдяки цьому в азимутальному каналі приймача формується опорний сигнал нуля азимута – так званий "північний сигнал" (ПС).

Опорні послідовності імпульсів "36" і "35" випромінюються спеціальною всенаправленою антеною, яка суміщена з антеною, що випромінює азимутальний сигнал.



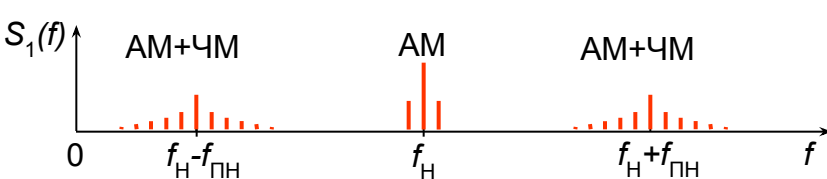
Антенa радіомаяка з електромеханічним приводом (ПА) у горизонтальній площині формує двохпелюсткову ДСА з гострим мінімумом, яка обертається із швидкістю $100 \text{ об/хв} = 1,66 \dots \text{ об/с}$. Передавач азимутального сигналу (ПрдАС) працює у безперервному режимі на одній з 88 робочих частот в діапазоні 873 ... 972 МГц. Електромеханічні датчики опорних імпульсів (ДІ) на осі антени за 1 оберт видають 35 і 36 опорних імпульсів, якими запускається передавач опорних сигналів (ПрдОС). Імпульси "35" і "36" співпадають у момент, коли ДСА орієнтована на північ.

Двогорбий та імпульсні відеосигнали з приймача (Прм) з автоматичним регулюванням підсилення (АРП) надходять у перетворювач відеосигналів (ПВС). Імпульсні і двогорбий сигнали обробляються окремими каналами. Виділена послідовність опорних сигналів "35" і "36" видаються безпосередньо у вимірювач азимуту (ВА), де формується "північний сигнал". З двогорбого азимутального сигналу формується і видається у ВА короткий "азимутальний імпульс", співпадаючий у часі з мінімумом азимутального сигналу. Азимут літака α визначається по затримці азимутального імпульсу відносно північного сигналу.

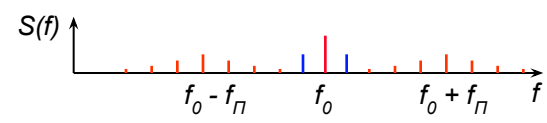
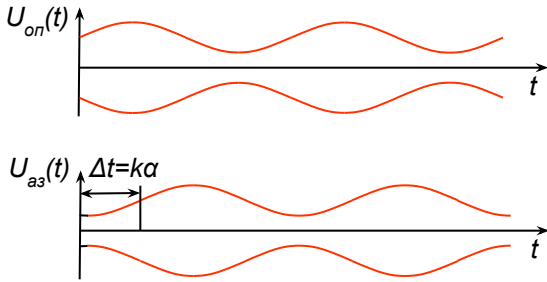
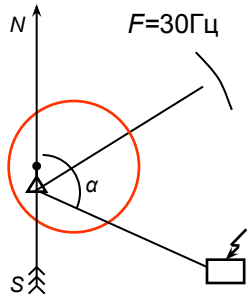
Кутомірний канал радіомаяків іноземного виробництва

Формат сигналів VOR

Діапазон робочих частот, МГц	108 ... 117.975	
Рознос частот сусідніх каналів, кГц	50	
Стабільність частоти	$2 \cdot 10^{-5}$	
Поляризація	горизонтальна	
Дальність дії, км	H=15 км	300
	H=6 км	150
Зона дії, град	по горизонталі	0 ... 360
	по вертикалі	0 ... 40
Помилки, град	± 1	
Пропускна здатність	необмежена	



Спектр азимутального сигналу включає несучу на робочій частоті f_H , дві бічні AM сигналу на частотах $f_H \pm 30$ Гц, дві бічні AM сигналу на частотах $f_H \pm f_{пн}$ сигналом піднесучої $f_{пн} = 9960$ Гц і верхні та нижні спектральних складових ЧМ піднесучої сигналом частотою 30 Гц.



В зарубіжних системах, зокрема, в радіомаяках VOR реалізовано фазовий принцип визначення азимуту.

Антенна азимутального маяка має діаграму спрямованості у вигляді *кола із зміщеним центром* і обертається з частотою $F = 30$ Гц. Тому на вході азимутального приймача сигнал має амплітудну модуляцію з частотою $F = 30$ Гц. Початкова фаза модулюючої функції залежить від азимуту літака α .

В азимутальному радіомаяку VOR для передачі інформації про початкову фазу сигналом $\sin 2\pi Ft$ модулюється по частоті сигнал піднесучої частоти $f_{\Pi} = 9960$ Гц. Після цього отриманим частотно-модульованим сигналом модулюється по амплітуді сигнал передавача радіомаяка.

Результуючий спектр сигналу на вході бортового приймача має ще дві бокові складові спектру на частотах $f_0 \pm F$ (синього кольору) внаслідок модулюючої дії ДСА радіомаяка, яка обертається з частотою $F = 30$ Гц,

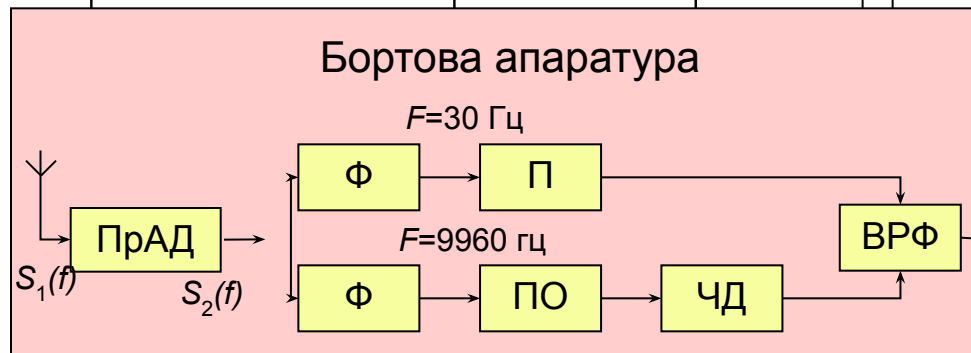
і дві групи спектральних ліній поблизу частот $f_0 \pm f_{\Pi}$ внаслідок амплітудної модуляції сигналів передавача сигналом піднесучої частоти f_{Π} , який попередньо був промодульований по частоті опорним сигналом частотою $F = 30$ Гц.

Бокові складові сигналів на частоті f_0 і на частотах $f_0 \pm f_{\Pi}$ несуть інформацію про фазову структуру азимутального і опорного сигналів відповідно. Після селекції по частоті і демодуляції з них виділяється азимутальний і опорний сигнали:

$$u_{az}(t) = U_{az} \sin(2\pi Ft - \alpha) \qquad u_{on}(t) = U_{on} \sin 2\pi Ft$$

*

Стандартний VOR



ПрАД – приймач з амплітудним детектором

Ф – фільтр

П – підсилювач

ПО – підсилювач-обмежувач

ЧД – частотний детектор

ВРФ – вимірювач різниці фаз

АМ – амплітудний модулятор

ЧМ – частотний модулятор

ГСВ – генератор сигналів впізнавання

ГПН – генератор піднесучої 9960 Гц

ГОН - генератор опорної напруги 30 Гц

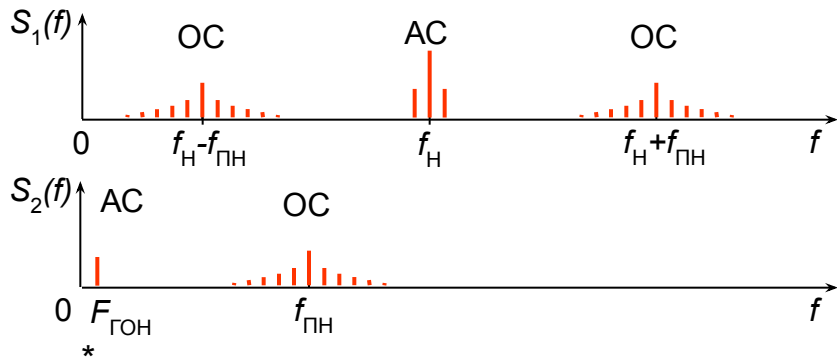
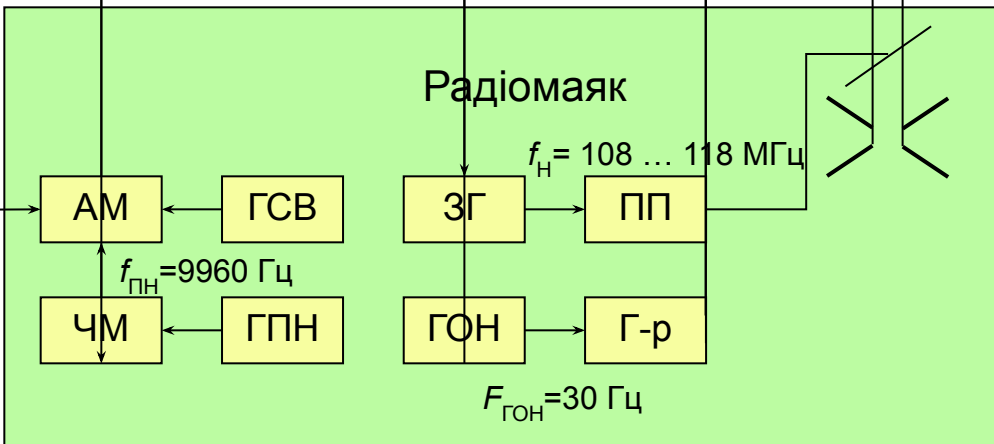
ЗГ – задаючий генератор

ПП – підсилювач потужності

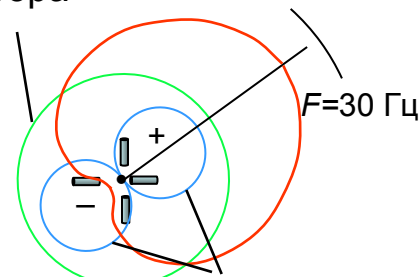
Г-р – гоніометр

АС- азимутальний сигнал

ОС – опорний сигнал



ДСА центрального вібатора



ДСА дипольних вібаторів



Випромінювання *радіомаяка* безперервне.

160 частотних каналів в діапазоні $f_H = 108 \dots 118$ МГц.

Сигнал ГОН частотою $F_{\text{ГОН}} = 30$ Гц модулює по частоті сигнал генератора піднесучої частоти $f_{\text{пн}} = 9960$ Гц і управляє роботою гоніометра.

Частотно модульований сигнал піднесучої, сигнал впізнавання і сигнали з мікрофону (М) шляхом амплітудної модуляції вводяться в сигнал робочої частоти f_H , яким після підсилення живиться центральний активний вібратор антени з чотирьох сегментів; він формує в азимутальній площині кругову ДСА (при відсутності дипольних вібраторів).

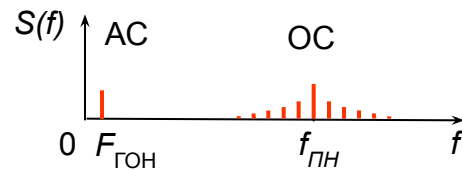
Дві пари взаємно перпендикулярних нерухомих дипольних вібраторів довжиною 0.17λ живляться балансно модульованими коливаннями із зсувом фази модулюючих коливань частотою 30 Гц на 90° електронного гоніометра (Г-р). Завдяки цьому в азимутальній площині формується ДСА у вигляді цифри 8, яка обертається в цій площині з частотою 30 Гц, при чому один її пелюсток синфазний (+) з круговою ДСА центрального вібратора, а другий (-) – протифазний.

Для подавлення паразитних сигналів вертикальної поляризації дипольні вібратори оточені кільцем з вертикальних штирів довжиною 1.8 м радіусу 1 м. Антени розміщені на висоті 2 м над металевим екраном діаметром 5 м.

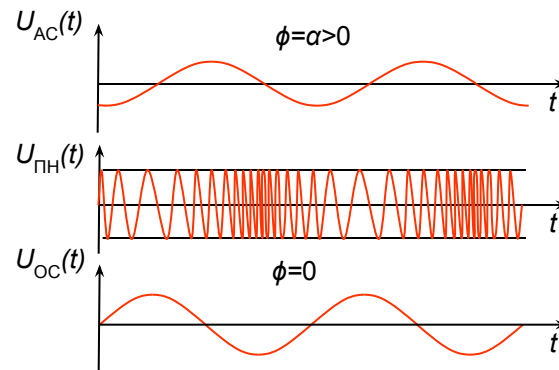
Сигнал впізнавання вводиться амплітудно-імпульсною модуляцією азимутального сигналу частоти f_H трьома літерами коду Морзе (з частотою 1020 Гц).

Результуюча сумарна ДСА радіомаяка має максимум та мінімум і обертається в азимутальній площині з частотою 30 Гц. В точці прийому сигналу радіомаяка це сприймається як амплітудно модульований ($m=30\%$, частота модуляції 30 Гц) азимутальний сигнал, при чому різниця фаз між сигналом ГОН (опорним сигналом) і модулюючою функцією (азимутальним сигналом) залежить від кута повороту ротора гоніометра, тобто від азимуту точки прийому. Інформацію про опорний сигнал несе частотно модульована піднесуча. Підсилювач потужності (ПП) має потужність 25 або 50 Вт.

Спектр сигналу на виході амплітудного детектора приймача (ПрАД) бортової апаратури:



Бортова апаратура розфільтровує (Φ) і підсилює (Π) азимутальний сигнал $U_{\text{AC}}(t)$ частотою 30 Гц і підсилює та обмежує (ΠO) сигнал піднесучої $U_{\text{ПН}}(t)$ частотою 9960 Гц з опорним сигналом ОС, який надалі виділяється частотним детектором (ЧД):



Вимірювач різниці фаз (ВРФ) видає інформацію про азимут літака.
 Дальність дії маяка 185/370 км при потужності передавача 50/200 Вт.

Основні технічні характеристики радіомаяка VOR-4000

Точність вимірювання азимута, градусів, не гірше -1,5

Діапазон частот, МГц - 108...112

Рознесення частот, кГц - 50

Стабільність частоти, % - 0,01

Частота модуляції, Гц - 30 ± 0.01 %

Частота піднесучої, Гц.... .. $9960 \pm 0,1$ %

Глибина АМ, % - 30 ± 1

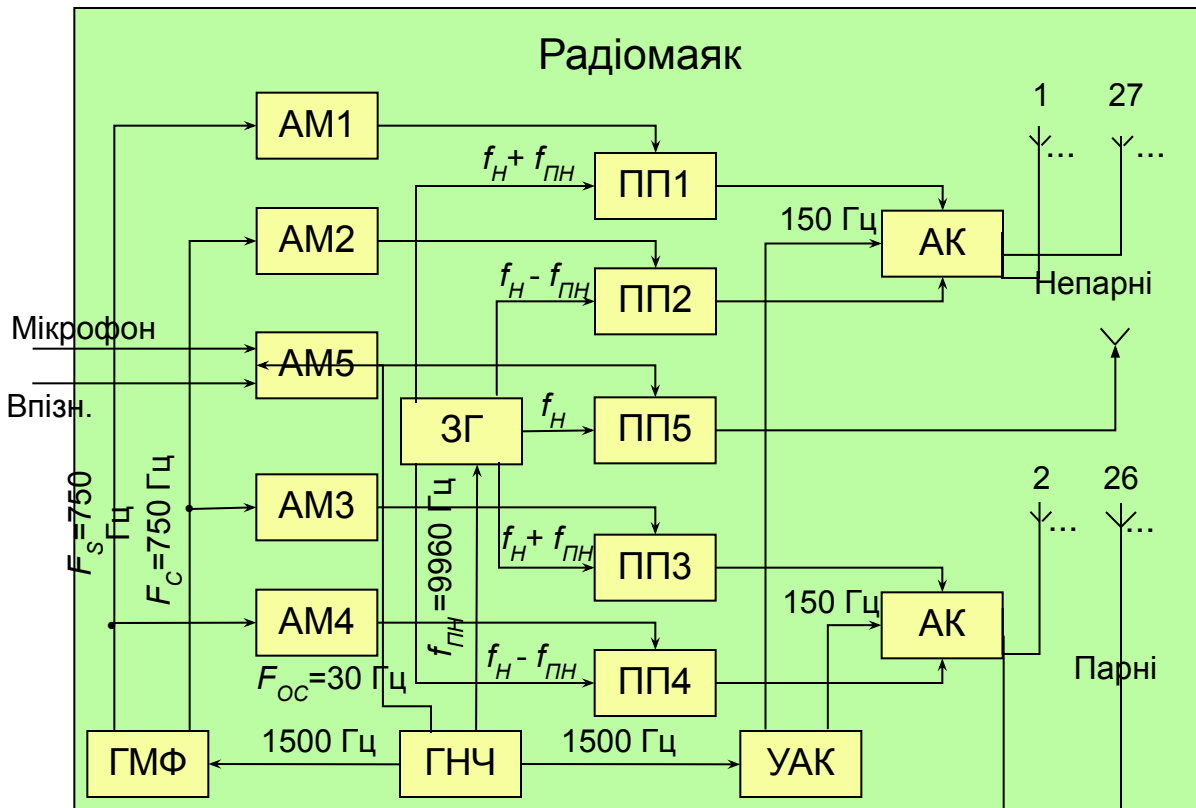
Індекс ЧМ - 16 ± 0.1

Частота сигналу розпізнавання, Гц - $1020 \pm 0,01$ %

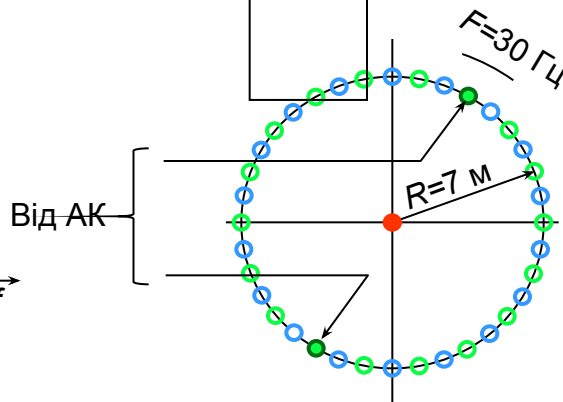
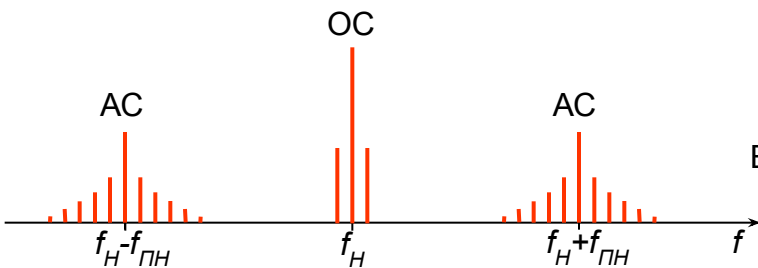
Діапазон частот мовного сигналу, Гц - 300...3000

Вихідна потужність передавача, Вт - 50

Доплерівський DVOR



- АМ – амплітудний модулятор
- АК – антенний комутатор
- ПП – підсилювач потужності
- ЗГ – задаючий генератор
- ГНЧ – генератор низької частоти
- УАК – управління антенними комутаторами
- ГМФ – генератор модулюючих функцій



*

В радіомаяку VOR місцеві рухомі об'єкти могли спотворювати азимутальний сигнал і викликати додаткові помилки визначення азимуту. Тому в РМ DVOR *азимутальний* сигнал передається *частотною модуляцією піднесучої, а опорний – амплітудною модуляцією несучої*.

Антенна має центральний *активний всенаправлений* в горизонтальній площині *вібратор* для випромінювання опорного сигналу і *активну ФАР* з 52 елементів, розміщених рівномірно по колу радіусу $R=6.25$ м на висоті 1.3 м над металевою сіткою діаметром 30 – 40 м, з центром в точці розміщення антени опорного сигналу, аналогічній антені VOR.

Задаючий генератор (ЗГ) формує безперервні сигнали на робочій частоті f_H і на частотах $f_H + f_{ПН}$ та $f_H - f_{ПН}$ (сигнал піднесучої частоти $f_{ПН} = 9960$ Гц надходить з генератора низької частоти ГНЧ).

Сигнал робочої частоти f_H модулюється по амплітуді (АМ5) *опорним сигналом* генератора низької частоти $F_{OC} = 30$ Гц, сигналом *впізнавання* та сигналом з *мікрофону*.

Сигнали частот $f_H + f_{ПН}$ та $f_H - f_{ПН}$ живлять діаметрально протилежні вібратори кільцевої ФАР. Антенними комутаторами (АК) з частотою 150 Гц по черзі до виходів підсилювачів потужності (ПП1 – ПП4) підключаються сусідні пари вібраторів ФАР. Це еквівалентно послідовним дискретним поворотам пари випромінюючих вібраторів стрибками по $360^\circ/52=6.92^\circ$.

Завдяки цьому в точці прийому (на літаку) поточна різниця затримок і фаз між сигналами частот f_H та $f_H \pm f_{\text{ПН}}$ змінюється по гармонічному закону з частотою 30 Гц і має початковий зсув фази, пропорційний азимуту літака. Зміни фази по гармонічному закону викликають гармонічні зміни частоти (як похідної від фази) сигналів частот $f_H \pm f_{\text{ПН}}$, тобто їх *частотну модуляцію*:

$$f(t) = f_H \pm \Delta f_m \cdot \sin(2\pi Ft - \alpha).$$

Девіація частоти в середині діапазону при $f_H = 113$ МГц і $R = 6.75$ м становить

$$\Delta f_m = 2\pi FR f_H / c = 480 \text{ Гц}.$$

Паразитна амплітудна модуляція (у тому числі і місцевими рухомими об'єктами) усувається обмежувачем.

Великий розкриття ФАР ($2R = 13.5$ м) забезпечує отримання вузької ДСА маяка, завдяки чому додатково зменшується вплив навколишніх об'єктів.

Помилки визначення азимуту зменшуються до $\pm (0.4 \dots 1)^\circ$.

Основні технічні характеристики DVOR-2000

Радіомаяк призначений для формування і випромінювання радіосигналів для вимірювання азимутального кута літака, оснащеного бортовою апаратурою VOR.

Радіомаяки розміщуються на аеродромах і на трасі.

Антенна система включає центральний і випромінювачі, рівномірно розміщені по кільцю діаметром 13.5 м.

Випромінювачі встановлені на відбивачі діаметром 30 м.

Зона дії:

у горизонтальній площині - $0 \dots 360^\circ$,

у вертикальній площині - $0 \dots 40^\circ$,

по дальності (в межах прямої видимості):

≥ 340 км (при висоті польоту 12 000 м);

≥ 240 км (при висоті польоту 6000 м).

Помилки інформації про азимут - $\pm 1^\circ$.

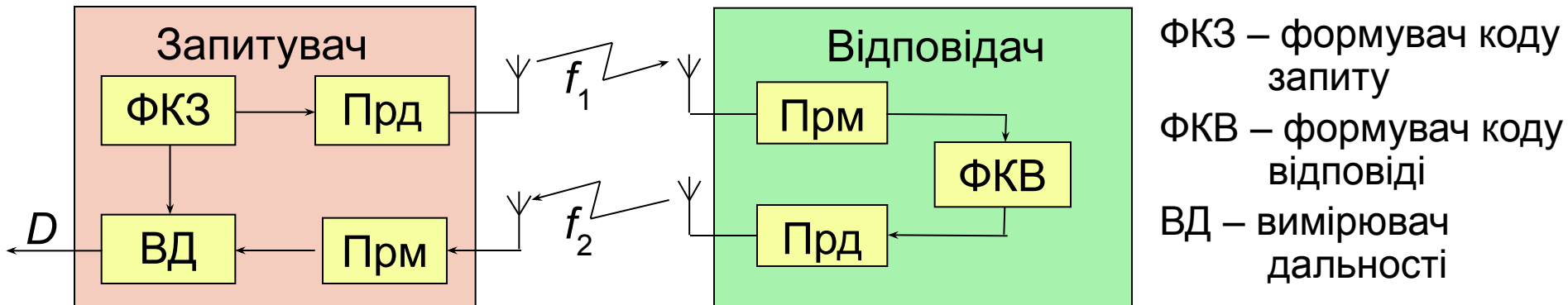
Діапазон робочих частот - 108,000 ... 117,950 МГц.

Діапазон вимірювання азимуту - $0 \dots 360^\circ$.

Помилки вимірювання азимуту - $\pm 0,2^\circ$.

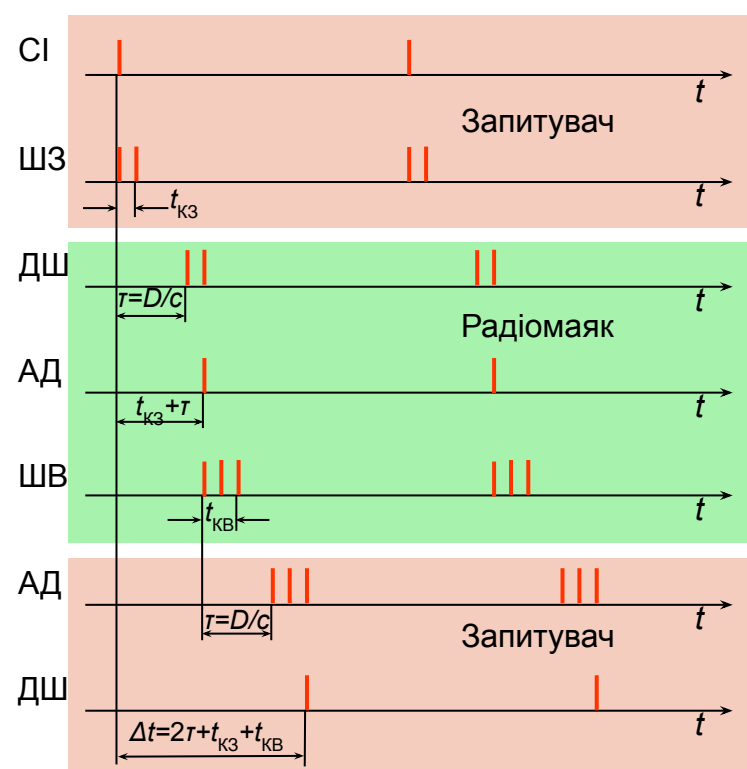
2. Дальномірні РСБН

Загальні відомості про дальномірні РСБН



Запитувач (бортове обладнання) і відповідач (радіомаяк) мають схожу структуру. Для збільшення перешкодозахищеності каналу дальності формувачами кодів запиту (ФКЗ) і відповіді (ФКВ) здійснюється кодування сигналів запиту і сигналів відповіді, які випромінюються на різних частотах і тому не спотворюються пасивними перешкодами від місцевих об'єктів. На формування і обробку сигналів запиту і відповіді витрачається певний, але відомий час. Тому у вимірювачі дальності (ВД), який визначає інтервал часу між моментами надходження імпульсів запиту дальності (ІЗД) і відповіді дальності (ІВД), не враховується ця затримка, яка не несе інформації про вимірювану дальність.

Дальномір вимірює похипу, а не горизонтальну дальність.



Дальність визначається за принципом “запит-відповідь” імпульсним методом по величині вимірної затримки сигналів

$$\Delta t = 2D/c + t_{к3} + t_{кв}$$

внаслідок подолання відстані між об’єктом (літаком) і радіомаяком в прямому і зворотному напрямках:

$$D = c(\Delta t - t_{к3} - t_{кв})/2.$$

$t_{к3}$ і $t_{кв}$ – тривалість імпульсних кодів запиту і відповіді.

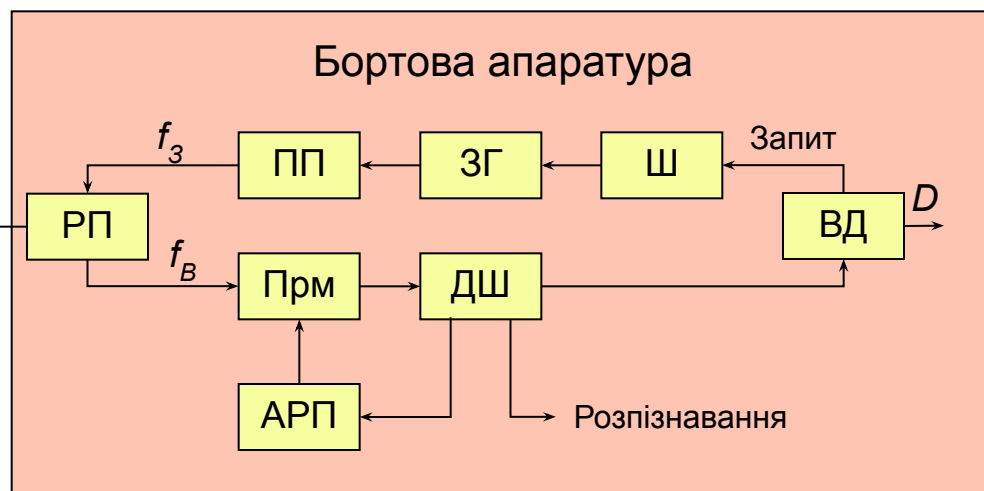
При рішенні навігаційних задач запит здійснюється з літака.

В сигнали відповіді може вводитись додаткова інформація: сигнали *розпізнавання* конкретного радіомаяка (позивні, які видаються автоматично літерами азбуки Морзе, інша інформація з *мікрофону*).

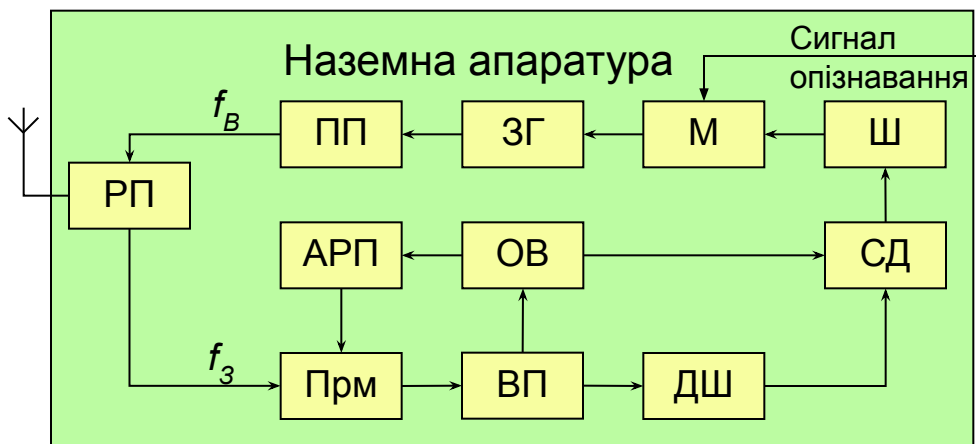
При одночасних запитах маяка кількома літаками відповідь дається на кожен запит. Якщо при цьому середня потужність передавача маяка перевищує припустиму, то частина відповідей блокується.

Можливо запитувати літаки з Землі для отримання інформації про повітряну обстановку. При цьому запитувачем являється апаратура маяка, а відповідачем – апаратура літака.

Дальномірний канал вітчизняних РСБН



- РП – розділюючий пристрій
- ЗГ - задаючий генератор
- ПП – підсилювач потужності
- Прм – приймач
- Ш – шифратор
- ДШ – дешифратор
- АРП – система автоматичного регулювання підсилення
- ВД – вимірювач дальності
- ВП – відеопідсилювач
- ОВ - обмежувач відповідей
- СД – селектор дальності



В бортовому запитувачі імпульс запиту дальності вимірювача дальності (ВД) запускає шифратор (Ш) запиту дальності. Задаючий генератор (ЗГ) формує послідовність імпульсних сигналів запиту, яка після підсилення (ПП) через розподілюючий пристрій (РП) випромінюється всенаправленою у горизонтальній площині антеною.

В відповідачі маяка сигнал запиту через РП надходить в приймач (Прм). Відеосигнал запиту підсилюється (ВП), в дешифраторі (ДШ) формується імпульс запуску шифратора коду відповіді. Селектор дальності (СД) забезпечує захист від несинхронних перешкод. Кодова комбінація відповіді дальності підсилюється модулятором (М) і запускає задаючий генератор (ЗГ) сигналів відповіді. Через розділюючий пристрій (РП) сигнал відповіді надходить в антену і випромінюється. В сигнали відповіді модулятором вводяться сигнали впізнавання. Сигнали відповіді формуються на кожен запит будь-якого літака. Щоб не допустити перевантаження підсилювача потужності, відеосигнали запитів подаються на обмежувач відповідей (ОВ) і в ланцюг автоматичного регулювання підсилення (АРП).

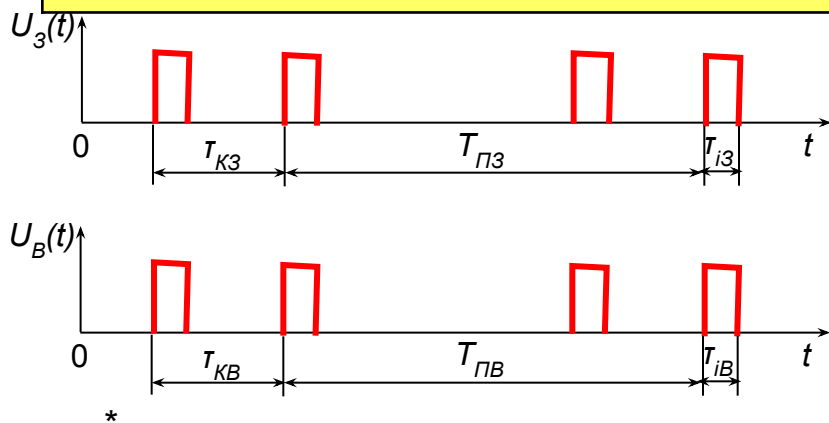
В бортовому запитувачі через РП сигнали відповіді надходять в приймач. Ланцюг АРП забезпечує нормальну роботу приймача у всьому діапазоні дальностей. З відеосигналів дешифратором виділяється код відповіді. У вимірювачі дальності по часовому інтервалу між моментами формування імпульсу запиту і приходу імпульсу відповіді визначається дальність маяка.

Робочі частоти запиту і відповіді встановлюються перемикачами запитувача та відповідача.

Дальномірний канал радіомаяків іноземного виробництва

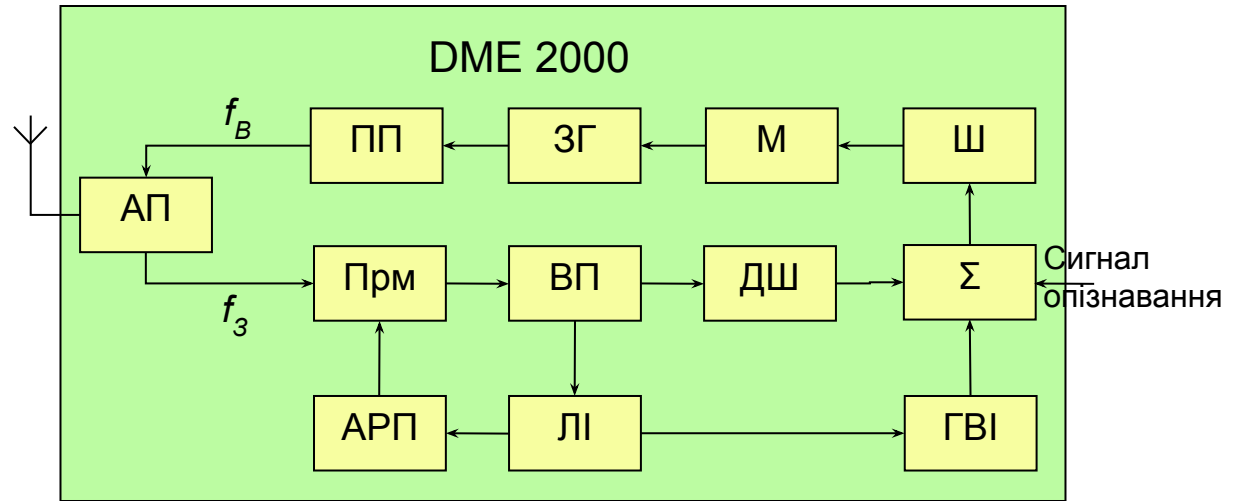
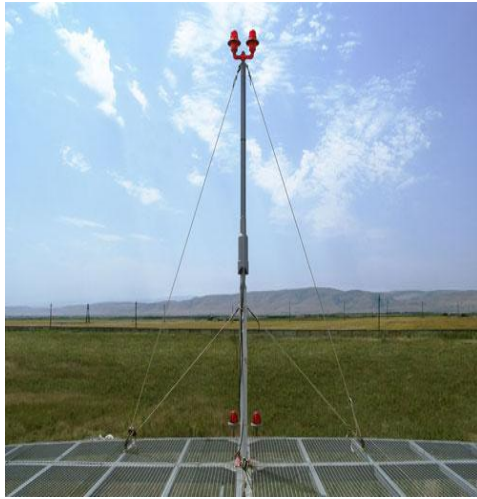
Формат сигналів DME

Діапазон робочих частот, МГц		960 ... 1215
Рознос частот сусідніх каналів, МГц		1
Стабільність частоти		$2 \cdot 10^{-5}$
Поляризація		вертикальна
Дальність дії, км	H=12 км	260
Зона дії, град	по горизонталі по вертикалі	0 ... 360 0 ... 40
Помилки, м	D=0 ... 25 км D=20 ... 560 км	200 400
Пропускна здатність		Не більше 100



Сигнали запиту і відповіді двохімпульсні (парні) з тривалістю імпульсів $t_{i3} = t_{iB} = 3.5$ мкс. Індивідуальною ознакою сигналів запиту і відповіді являються кодові інтервали T_{K3} і T_{KB} . Робочі частоти і кодові інтервали встановлюються перемикачами пультів управління бортового запитувача і радіомаяка.

Радіомаяк дальномірний DME 2000



Радіомаяк в комплексі з бортовим обладнанням системи DME призначений для визначення похилої дальності літака в районі аеропорту і на трасі. Радіомаяк може застосовуватись в комплексі з навігаційним азимутальним радіомаяком VOR (DVOR), системами посадки ILS і автономно.

Антенна маяка в горизонтальній площині всенаправлена, у вертикальній площині за допомогою 4-х рядів напівхвильових вібраторів розміщених на створюючій циліндру діаметром 15 см і висотою 173 см, формує ДСА шириною 10° , ось якої відхилена вгору на 4° .

Маяк являється відповідачем бортового запитувача системи DME.

Кодований *двохімпульсний сигнал запиту* на частоті f_3 через антенний перемикач АП надходить в приймач (Прм) з автоматичним регулюванням підсилення (АРП). Через відеопідсилювач (ВП) відеосигнал коду запиту надходить у дешифратор (ДШ), який формує імпульси запуску шифратора (Ш) каналу відповіді. Лічильник імпульсів (ЛІ) запитів формує управляючий сигнал для управління каналом АРП і генератором випадкових імпульсів (ГВІ).

Суматор (Σ) до імпульсів дешифратора (ДШ) додає імпульси ГВІ, кількість яких залежить від поточного числа прийнятих запитів. Система запуску каналу відповіді побудована так, що сума імпульсів дешифратора і ГВІ становить 2700 пар імпульсів за секунду.

Шифратор каналу відповіді запускає формувач пар імпульсів (ФІ) відповіді, якими після підсилення модулятором (М) запускається задаючий генератор (ЗГ) сигналів відповіді. Кодовані *двохімпульсні сигнали відповіді* частоти f_B підсилюються до необхідної потужності (ПП) і через антенний перемикач надходять в антену.

3. Комбіновані кутомірно-дальномірні РСБН

Загальні відомості про комбіновані РСБН

Характеристика	РСБН-4	Е-324("Поле")	VOR/DME	TACAN
Дальність (H=10 км), км	≥ 350	≥ 400	≥400	≥400
Помилка азимуту, гр. (2σ) дальності, м	0.25	0.25	5 (0.5 DVOR)	1 (0.5 Mitac)
	200	200	185	185
Діапазон частот, МГц	запиту <i>D</i>	726 - 812.2	726 - 812.2	1024 - 1150
	відповіді <i>D</i>	940 - 1000	940 - 1000	960 - 1215
	азимуту	873 - 932	873 - 975	108 118
Кількість каналів	азимуту	88	176	160
	дальності			252
	посадки	40	40	
Пропускна спроможність	100	100	100	100

Наземна складова комбінованої РСБН включає одну радіонавігаційну точку (РНТ), в якій розміщені азимутально-дальномірний (або азимутальний і дальномірний) радіомаяк (РМ) і посадочна радіомаячна група (ПРМГ) у складі: курсовий радіомаяк (КРМ), гліссадний радіомаяк (ГРМ) і ретранслятор дальноміру (РД).

Бортове обладнання включає приймач азимутальних сигналів, запитувач каналу дальності, пристрої виділення, обробки і відображення навігаційної інформації. Воно входить до складу бортового пілотажно-навігаційного комплексу (ПНК).

Поточне місцеположення визначається в координатах “азимут – похила дальність”.

Зона дії комбінованої РСБН – круг із центром в точці розміщення РНТ. Лінії положення в будь-якій точці перетинаються під оптимальним кутом $\beta=90^\circ$. Помилки визначення місцеположення не залежать від напрямку (азимута).

РСБН забезпечує:

- визначення поточного місцеположення літака;
- зчислення поточних координат по вектору шляхової швидкості і їх корекцію;
- політ по обраному маршруту;
- привід в задану точку, на обраний аеродром, і захід на посадку;
- контроль з землі повітряної обстановки в районі аеродрому.

Бортовий пілотажно-навігаційний комплекс

ПНК призначений для здійснення автоматизованого літаковождіння, посадки і управління літаком в польоті.

ПНК забезпечує:

- визначення *положення літака в просторі* (в горизонтальній і вертикальній площинах);
- визначення *параметрів руху літака*;
- політ *по заданому маршруту*;
- політ *в район аеродрому посадки*;
- захід на *посадку* із зниженням до висоти 40 м.

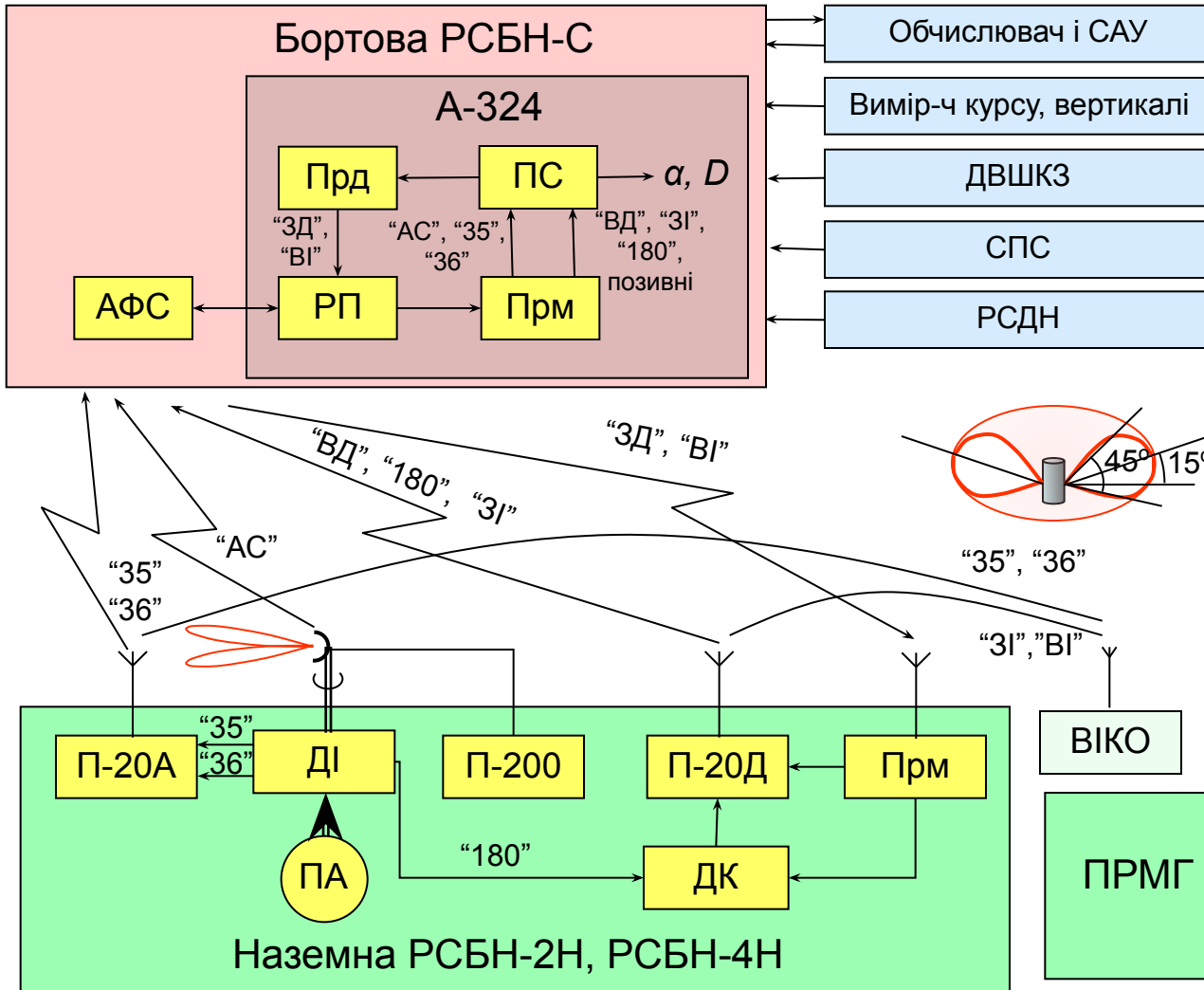
Управління літаком *автоматичне, директорне* (напівавтоматичне) або *ручне*.

Склад ПНК:

- система автоматичного управління (САУ) літаком;
- бортове обладнання РСБН і РСДН;
- система курсу і вертикалі (СКВ);
- система повітряних сигналів (СПС);
- доплерівський вимірювач швидкості і кута зносу (ДВШКЗ);
- антенно-фідерна система.

Комбіновані РСБН вітчизняного виробництва

РСБН із всенаправленими радіомаяками (РСБН-2Н, РСБН-4Н)



АФС – антенно-фідерна система

РП – розділюючий пристрій

ПС – процесор сигналів

ДК – дальномірний канал

ДІ – датчик імпульсів

ПА – привід антени

П-20А, П-20Д – передавачі імпульсних сигналів

П-200 – передавач безперервних сигналів

ВІКО – виносний індикатор кругового огляду

ПРМГ – посадочна радіомаячна група (КРМ, ГРМ, РД)

“АС” – азимутальний сигнал

“ЗД”, “ВД” – запит і відповідь дальності

“ЗІ”, “ВІ” – запит і відповідь індикації

“35”, “36” і “180” – опорні сигнали

*

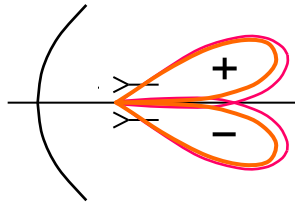
Дальномірний канал

Імпульси запиту дальності з частотою повторення $F_{\text{п}}=30$ Гц з процесору сигналів (ПС) запускають шифратор передавача (Прд), який формує *парні імпульси* “ЗД” з кодовим інтервалом $t_{\text{кз}}=19, 21, 23$ або 25 мкс. Передавач через розділюючий пристрій (РП) видає в АФС радіоімпульси запиту дальності “ЗД” в діапазоні 772 ... 808 МГц на одній з робочих частот (40 в РСБН-2н або 88 в РСБН-4н).

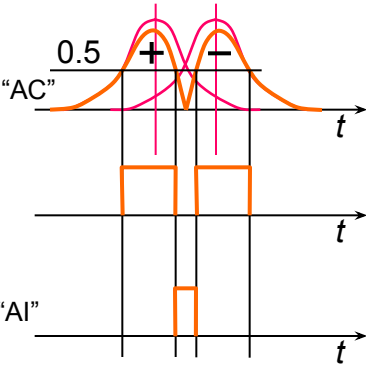
В приймачі (Прм) радіомаяка імпульси “ЗД” дешифруються і через обмежувач запусків, який при необхідності проріджує ці імпульси (щоб уникнути перевантаження передавача П-20Д), додатково затримуються на час t_3 і запускають шифратор імпульсів відповіді дальності. Він формує *парні імпульси* “ВД” тривалістю 1.4 мкс з кодовим інтервалом $t_{\text{кв}}=14, 26, 18$ або 20 мкс. Передавач П-20Д потужністю 30 кВт в імпульсі формує радіоімпульси відповіді дальності “ВД” в діапазоні 939.6 ... 966.9 МГц в РСБН-2Н та 939.6 ... 1000.5 МГц в РСБН-4Н на одній з робочих частот (40 в РСБН-2Н або 88 в РСБН-4Н). Кожній з робочих частот відповідає своя затримка t_3 .

В *двохканальному* (роздільно азимут і дальність) азимутально-дальномірному бортовому приймачі (Прм) після дешифрації виділяються імпульси відповіді дальності, по величині затримки яких відносно імпульсів запуску шифратора передавача в процесорі сигналів обчислюється дальність D маяка.

Азимутальний канал



Частота обертання антени передавача П-200 $F = 1\frac{2}{3}$ Гц (100 об/хв). Двогорба ДСА з гострим мінімумом створюється параболічним дзеркалом з двома зміщеними у фокальній площині опромінювачами, які живляться у протифазі. Передавач генерує безперервний сигнал на робочій частоті в діапазоні 905.1 ... 932.4 МГц і 873.6 ... 903.7 МГц (тільки РСБН-4).



В азимутальному каналі бортового приймача з двогорбого азимутального сигналу "АС" формується короткий азимутальний імпульс "АІ", по затримці якого в процесорі сигналів (ПС) визначається азимут літака.

Імпульсні сигнали "35", "36" і "180" на робочій частоті в діапазоні 905.1 ... 932.4 МГц і 873.6 ... 903.7 МГц (тільки РСБН-4) формуються передавачем П-20А маяка за допомогою датчиків імпульсів (ДІ) на осі азимутальної антени передавача П-200 і випромінюються *всенаправленою* антеною. Сигнали "35" і "36" кодуються *парними імпульсами* тривалістю по 5.5 мкс кожен з кодовим інтервалом між імпульсами $t_{35} = 58, 68, 78$ або 88 мкс і $t_{36} = 18, 28, 38$ або 48 мкс.

В азимутальному каналі приймача вони дешифруються і видаються в процесор сигналів для визначання моментів початку відліку затримки азимутальних імпульсів.

*

Наземна індикація повітряної обстановки

Імпульси “180” (2-х градусні, з частотою повторення $F \cdot 180 = 1\frac{2}{3} \cdot 180 = 300$ Гц і періодом $3\frac{1}{3}$ мс) в дальномірному каналі маяка формують *трьохімпульсні комбінації сигналів запиту індикації “3I”* передавача П-20Д тривалістю 1.5 мкс кожен. Кодові інтервали сигналів “3I” - 6 і 12 мкс, 8 і 14 мкс, 10 і 16 мкс або 12 і 18 мкс.

В дальномірному каналі бортового приймача сигнали “3I” декодуються. При *співпадінні* одного з декодованих імпульсів “3I” з *азимутальним імпульсом “AI”*, тобто коли літак опромінюється азимутальним сигналом, запускається формувач *трьохімпульсних комбінацій імпульсів відповіді індикації “VI”* тривалістю 1.5 мкс з кодovими інтервалами 5 і 14 мкс або 9 і 14 мкс. Сигнали “VI” випромінюються на частоті дальномірного каналу.

В приймачі маяка сигнали “VI” декодуються і передавачем П-20Д ретранслюються на ВІКО.

В ВІКО сигнали “35” і “36” використовуються для формування *кругової розгортки азимуту*, синхронної з положенням ДСА передавача азимутального сигналу П-200, а сигнали “3I” передавача П-20Д – для запуску *радіальної розгортки дальності*. Прийняті сигнали “VI” на цій лінії розгортки дальності формують *відмітку літака* з затримкою відносно початку розгортки дальності, яка відповідає відстані між маяком і літаком.

Опізнавання літака, розпізнавання радіомаяка

Опізнавання будь-якого з групи літаків, що спостерігаються на ВІКО, здійснюється по команді, яку дає його екіпажу оператор ВІКО по каналу радіозв'язку.

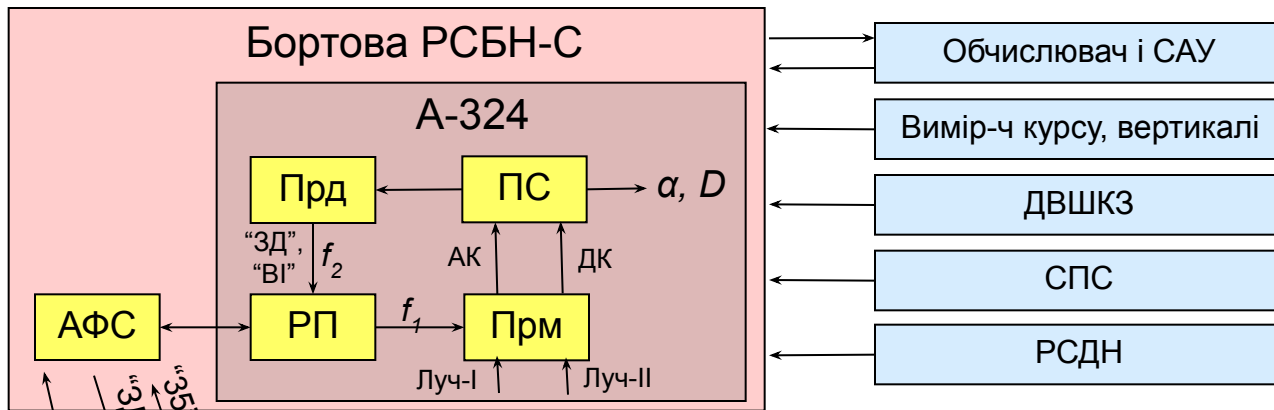
По цій команді пілот натискає кнопку ОПОЗНАВАНІЕ. При цьому на кожен сигнал запиту індикації формується парний сигнал відповіді індикації з інтервалом 64 мкс.

На екрані ВІКО відмітка літака, що опізнається, роздвоюється.

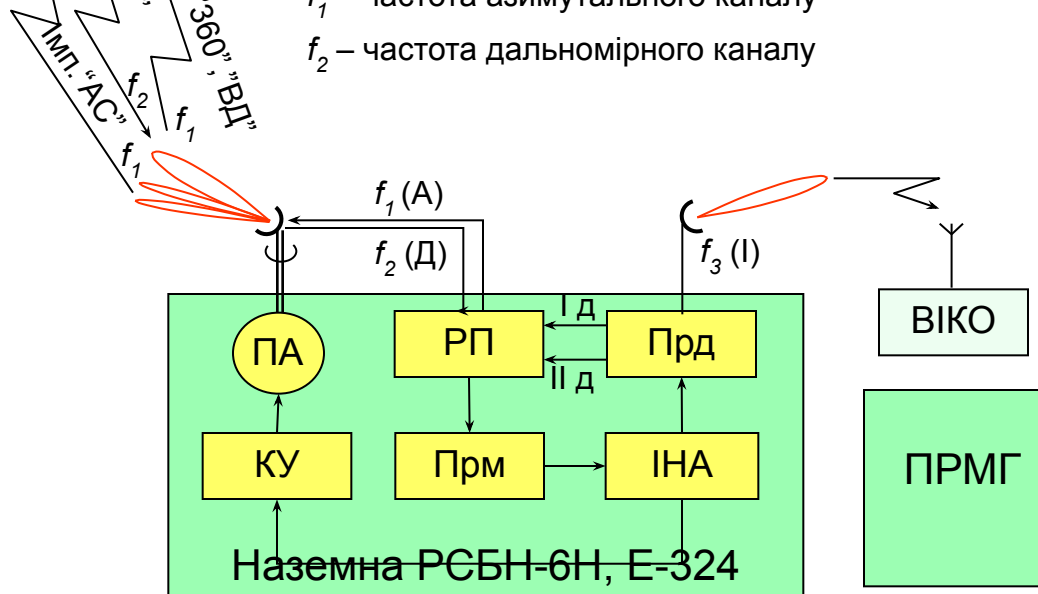
Радіомаяк розпізнається по його позивним, які передаються присвоєним йому кодом азбуки Морзе. Для передачі відповідних символів коду Морзе (крапок або тире) 3-х імпульсні сигнали "180" передавача П-20Д доповнюються четвертим імпульсом, тобто формується одна з 4-х імпульсних комбінацій з інтервалами між імпульсами 6, 12 і **16** мкс, 8, 14 і **18** мкс, 10, 16 і **20** мкс або 12, 18 і **22** мкс. Четвертий імпульс маніпулюється кодом азбуки Морзе відповідно позивним радіомаяка.



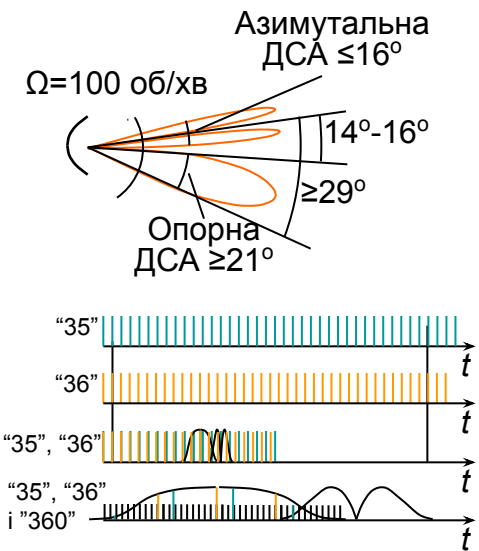
РСБН з направленими радіомаяками (РСБН-6н, Е-324 "Поле-Н")



f_1 – частота азимутального каналу
 f_2 – частота дальномірного каналу



- АФС – антенно-фідерна система
- РП – розділюючий пристрій
- ПС – процесор сигналів
- АК – азимутальний канал (Луч-1)
- ДК – дальномірний канал (Луч-2)
- ПА – привід антени
- КУ – канал управління
- ІНА – імпульсно-навігаційна апаратура
- ВІКО – виносний індикатор кругового огляду
- ПРМГ – посадочна радіомаячна група (КРМ, ГРМ, РД)
- І д – канали 1 ... 88
- ІІ д – канали 89 ... 176



Направлені радіомаяки забезпечують роботу у направленому і у всенаправленому режимах.

В направлених РМ випромінювання і прийом сигналів азимуту і дальності забезпечується направленою антеною, яка обертається навколо вертикальної осі і в *направленому режимі* формує дві незалежні ДСА (широку *однопелюсткову опорну* та вузьку *двохпелюсткову азимутальну* з гострим мінімумом).

Через *широку* опорну ДСА:

- випромінюються на частоті f_1 азимутального каналу опорні імпульси "35", "36" і одноградусні сигнали "360", а також - сигнал "ВД";

- приймаються на частоті f_2 дальномірного каналу сигнали "ЗД" та "ВІ".

Через *двохпелюсткову* ДСА на частоті f_1 випромінюється імпульсний азимутальний сигнал "АС" з двогорбою обвідною.

Одноградусні сигнали "360" в бортовій апаратурі використовуються для кращої синхронізації імпульсів "35" і "36".

В ВІКО кожен парний імпульс "360" (імпульси "180") забезпечує формування кругової азимутальної розгортки. Сигнали "360" і "ВІ" передаються до ВІКО спеціальним радіоканалом на частоті f_3 .

Під час опромінювання літака широкою ДСА приймається не менше 20 одноградусних імпульсів "360" і по 1 чи 2 імпульсів "35" і "36". Це забезпечує виявлення імпульсів "35" і "36" і синхронізацію вимірювача азимуту.

Визначення азимуту літака

Всі імпульсні сигнали радіомаяка формуються імпульсно-навігаційною апаратурою (ІНА) і запускають передавач (Прд) на частоті f_1 . В залежності від номера обраного робочого частотного каналу запускається канал Ід (частотні канали №№1 ... 88) або канал ІІд (частотні канали №№1 ... 88) передавача.

Всі імпульсні сигнали радіомаяка через розділюючий пристрій (РП) надходять у двохканальний приймач (Прм) бортової сапаратури РСБН. Канали АК і ДК (“азимутальний канал” і “дальномірний канал” при роботі з ненаправлнним маяком) ідентичні. Канал АК підключається командою “Луч-I” при роботі на частотних каналах №№1 ... 88, а канал ДК – командою “Луч-II” при роботі на частотних каналах №№89 ... 176.

Після обробки у відповідному каналі приймача з автоматичним регулюванням підсилення (АРП) імпульсні відеосигнали в перетворювачі відеосигналів (ПВС) з відеопідсилювачів опорних сигналів “35”, “36” та “360” і сигналів відповіді дальності (“ВД”) надходять у відповідні дешифратори імпульсних кодів. Надалі опорні сигнали та імпульси відповіді дальності надходять у процесор сигналів (ПС).

Імпульсний азимутальний сигнал (“АС”) з двогорбою обвідною надходить у формувач азимутальних імпульсів (ФАІ). З виділеної обвідної шляхом її порівняння з порогом формується короткий азимутальний імпульс (“АІ”), який співпадає з мінімумом двогорбої обвідної. “АІ” також надходить у ПС.

В процесорі сигналів шляхом аналізу часових інтервалів між опорними імпульсами “35”, “36” і “360” відтворюється момент формування “північного сигналу” (“ПС”), визначається інтервал часу між “ПС” та “АІ” і азимут літака.

Визначення дальності радіомаяка

Для визначення дальності процесор сигналів бортової апаратури РСБН запускає передавач (Прд), який на частоті f_2 формує двохімпульсний сигнал запиту дальності (“ЗД”).

Через широку опорну ДСА радіомаяка і розділюючий пристрій (РП) сигнал “ЗД” надходить в приймач (Прм). З його виходу відеоімпульс “ЗД” надходить в імпульсно-навігаційну апаратуру (ІНА), декодується і запускає формувач відеоімпульсів відповіді дальності (“ВД”), якими запускається канал Ід або Іід передавача. Парні радіоімпульси “ВД” частоти f_1 через розділюючий пристрій (РП) надходять в антену і випромінюються через широку опорну ДСА.

Сигнали “ВД” з антенно-фідерної системи (АФС) через розділюючий пристрій бортової апаратури РСБН-с надходять в двохканальний приймач. Відеоімпульси “ВД” з приймача надходять в процесор сигналів (ПС). По величині їх затримки відносно імпульсів “ЗД” визначається дальність радіомаяка.

Відображення повітряної обстановки

Для індикації повітряної обстановки на виносному індикаторі кругового огляду (ВІКО) використовується дальномірний канал. Імпульсно-навігаційна апаратура радіомаяка формує двохімпульсні коди запиту індикації (“ЗІ”), які з частотою 300 Гц (кожним парним імпульсом “З60”) запускають передавач. Сигнали “ЗІ” на частоті f_1 випромінюються широкою опорною ДСА маяка. В бортовій апаратурі прийняті сигнали “ЗІ” запускають передавач, який на частоті f_2 формує сигнали відповідь індикації (“ВІ”). В маяку ці сигнали на частоті f_3 ретранслюються на ВІКО через спеціальну антену.

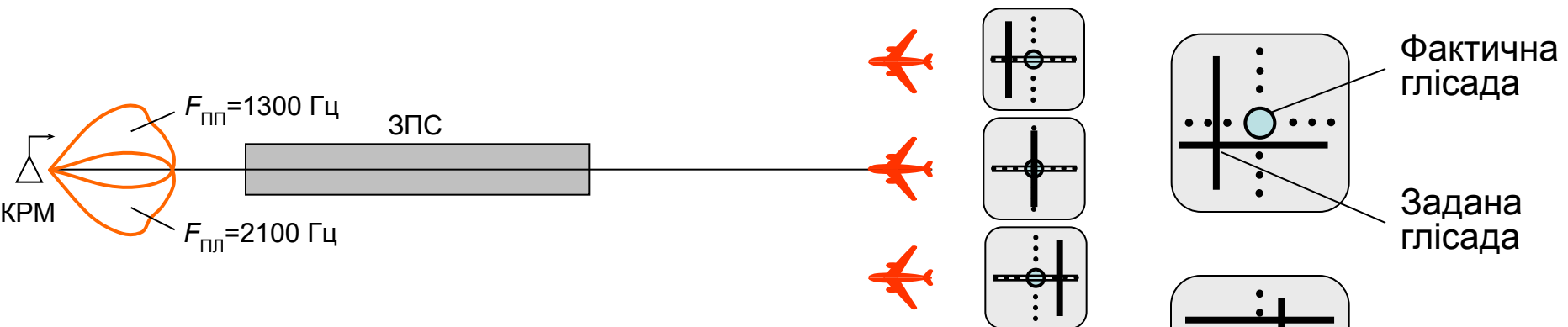
У ВІКО сигнали “З5”, “З6” і “2⁰” формують розгортку азимуту, імпульси “ЗІ” запускають радіальну розгортку дальності, а імпульси “ВІ” – відмітку літака.

Робота РСБН в режимі “Посадка”

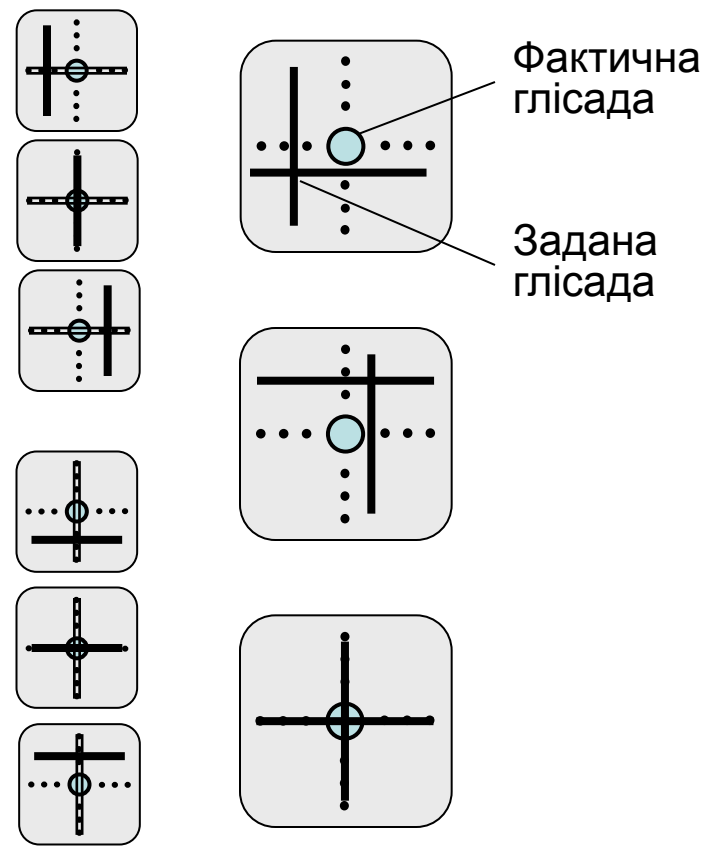
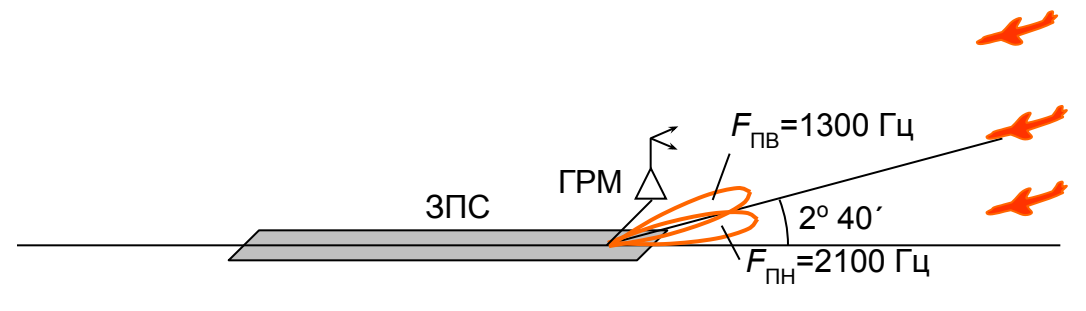
В режимі “Посадка” зниження літака по заданій гліссаді забезпечується курсовим та гліссадним радіомаяками (КРМ та ГРМ) і ретранслятором дальноміру (РД) зі складу ПРМГ-4 або ПРМГ-5, які розміщуються поблизу ЗПС аеродрому, та бортовим обладнанням РСБН-с.

КРМ працює на одній з 40 робочих частот азимутального каналу і випромінює навігаційні сигнали із скважністю 2. Його антена в горизонтальній площині формує дві ДСА, які перетинаються. Рівносигнальний напрямок (РСН) ДСА співпадає з віссю ЗПС. Ці ДСА по черзі з частотою 12 ... 17 Гц підключаються до передавача. При комутації ДСА відповідно змінюється частота повторення сигналів ($F_{\text{пл}}=2100$ Гц, $F_{\text{пп}}=1300$ Гц). До складу об'єданого дальномірно-курсowego радіомаяка (ДКРМ) входить радіодальномір РД, який працює на одній з 40 робочих частот дальномірного каналу.

ГРМ працює аналогічно КРМ, але на одній з 40 робочих частот дальномірного каналу і його антена в вертикальній площині формує дві ДСА, які перетинаються. При комутації ДСА відповідно змінюється частота повторення сигналів ($F_{\text{пн}}=2100$ Гц, $F_{\text{пв}}=1300$ Гц). РСН формується під кутом $2^\circ \dots 4^\circ$ до горизонту.



Рухоме перехрестя вказує положення заданої глісади зниження відносно фактичної – нерухомого перехрестя.



В бортовому азимутально-дальномірному приймачі виділяються модулюючі сигнали посадочних маяків і по співвідношенню амплітуд сигналів частот 1300 Гц і 2100 Гц визначається знак та величина відхилення від заданої глісади зниження. Індикація відхилення здійснюється шляхом відповідного переміщення горизонтальної і вертикальної планок навігаційно-пілотажного приладу (НПП) системи автоматичного управління (САУ) літаком. Дальність до аеродрому посадки в діапазоні 0 ... 49.5 км видається трьохзначним числом на показуючому приладі дальноміру ППД-2.

Літакова апаратура ближньої навігації А-324, А-323

А-324 є складова навігаційно-пілотажого комплексу і забезпечує літаководіння і посадку при автоматичному, напівавтоматичному чи ручному пілотуванні.

А-324 забезпечує рішення задач:

- визначення координат літака відносно наземного радіомаяка;
- зчислення поточних координат літака з використанням інформації про шляхову швидкість і курс;
- корекцію поточних координат по даним РСБН і РСДН;
- видачу команд управління літаком в горизонтальній площині для польоту по запрограмованому маршруту;
- видачу команд управління літаком в горизонтальній площині для повернення на незапрограмований аеродром;
- видачу команд управління літаком в горизонтальній і вертикальній площинах для повернення на один з 4-х запрограмованих аеродромів з пробиванням хмарності, передпосадочним маневром, виходом на курс посадки, автоматичним включенням режиму посадки і здійсненням повторного заходу на посадку;
- видачу команд управління по курсу і глісаді зниження в режимі посадки;
- розпізнавання наземних радіомаяків.

А-323 має незначні відмінності від А-324 (наприклад, не передбачена корекція від РСДН).

Основні ТТХ бортової апаратури А-324

1. Дальність дії: при $H=250$ м - 50 км, при $H=5000$ м - 250 км, при $H=10000$ м - 355 км, при $H=20000$ м - 450 км.
2. Потужність передавача ≥ 0.5 кВт.
3. Чутливість приймачів:
 - в режимі “Навігація” азимутального -130 дБ/Вт, дальномірного -115 дБ/Вт;
 - в режимі “Посадка” азимутального -110 дБ/Вт, дальномірного -110 дБ/Вт.
4. Помилки:
 - визначення полярних координат - $2\sigma_A = \pm 0.25^\circ$; $2\sigma_D = \pm (0.2 + 0.0003 \cdot D)$ км;
 - розрахунку дальності до цілі - $2\sigma = \pm (5 \pm 0.02 \cdot D)$;
 - розрахунку виходу у створ ЗПС на дальності 21 км - $2\sigma = \pm 500$ м;
5. Діапазон робочих частот у напрямку:
 - “літак-земля” – 726 ... 812.8 МГц;
 - “земля-літак” – 873 ... 1000.5 МГц.
6. Кількість частотно-кодівих каналів: “Навігація” – 176, “Посадка” - 40.
7. Робоча область при автономному зчисленні координат - ± 3276.8 км.
8. Маса - ≤ 50 кг.

Склад А-324

1. Літаковий запитувач дальноміра А-312-002.
2. Азимутально-дальномірний приймач А-312-001.
3. Перетворювач гіперболічних координат А-324-016.
4. Процесор сигналів А-324-001.
5. Щиток управління А-324-031.
6. Прилад показуючий дальності ППД-2.

Апаратура А-324 взаємодіє з:

1. радіомаяками:
 - всенаправленими РСБН-2н, РСБН-4н,
 - направленими РСБН-6н, Е-324,
 - посадочними радіомаячними групами ПРМГ-4, ПРМГ-5.
2. системою повітряних сигналів (V_{Icm} , H_T).
3. системою курсу і вертикалі (ψ_{Opt} , крен, тангаж).
4. ДВШКЗ (шляхова швидкість).
5. САУ (заданий та істинний курс, курсовий кут радіомаяка, відхилення по висоті, відхилення від посадочного курсу і гліссади).
6. РСДН (параметри двох ліній положення).

Азимутально-дальномірний приймач А-312-001

Приймач А-312-001 уніфікований для різних модифікацій РСБН призначений для прийому і обробки сигналів наземних радіомаяків (режим “Навігація”) та посадочних радіомаяків ПРМГ-4 або ПРМГ-5 (режим “Посадка”).

Приймач двохканальний, забезпечує прийом сигналів двох маяків в двох різних діапазонах частот: азимутальному - 873.6 ... 935.2 МГц, (I діапазон) і дальномірному – 939.6 ... 1000.5 МГц (II діапазон).

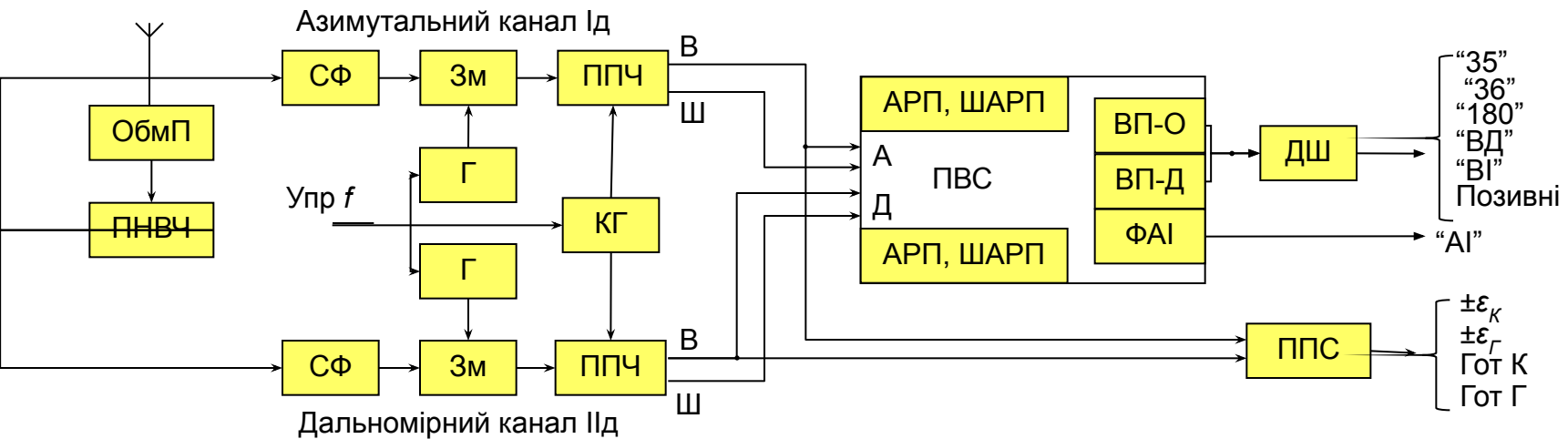
Гетеродини працюють на одній з фіксованих частот (Γ_A – 12 частот, Γ_D – 11 частот). Перша $f_{\text{ПЧ1}}=62.55 \dots 67.47$ МГц (8 фіксованих значень), друга $f_{\text{ПЧ2}}=26.09$ МГц встановлюється зміною частоти кварцового генератора.

В режимі “Навігація” прийом інформації про азимут і дальність здійснюється при роботі з маяками:

- всенаправленими – на різних несучих частотах: в каналі азимуту Ід обробляються “АС”, “35” і “36”; в каналі дальності Ід - “ВД”, “3І”, “180”, “360” і позивні;

- направленими – на одній несучій частоті: всі азимутальні і дальномірні сигнали частоти f_1 надходять і обробляються в каналі азимуту Ід (по команді “Луч-1”) або в каналі дальності Ід (по команді “Луч-2”).

Структурна схема приймача



- В – вузька смуга,
- Ш – широка смуга,
- ОбмП - обмежувач потужності,
- ПНВЧ – приймач НВЧ,
- СФ – смуговий фільтр,
- Зм – змішувач,
- Г – гетеродин,
- ППЧ – підсилювач проміжної частоти,
- КГ – кварцовий генератор,
- ВП-О, ВП-Д – відеопідсилювачі опорних і дальномірних сигналів,
- ФАІ – формувач азимутальних імпульсів,
- АРУ, ШАРУ – автоматичне та шумове автоматичне регулювання підсилення,
- ДШ – дешифратор,
- ПВС – перетворювач відеосигналів,
- ППС – перетворювач посадочних сигналів.

Смугові фільтри (СФ) розподіляють азимутальні і дальномірні сигнали по своїм каналам.

З виходу “В” (вузькосмугового) ППЧ азимуту знімаються опорні “35” і “36”, а з виходу “Ш” (широкосмугового) – “АС”.

Парні опорні сигнали в перетворювачі відеосигналів (ПВС) підсилюються і видаються в дешифратор (ДШ) . З дешифратора одиночні опорні імпульси видаються в обчислювач азимуту процесору сигналів.

Двогорбий “АС” в ПВС підсилюється і надходить в формувач азимутальних імпульсів, які теж видаються в обчислювач азимуту процесору сигналів.

З виходу “Ш” ППЧ дальності кодовані дальномірні сигнали поступають у відеопідсилювач (ВП-Д), а з його виходу – на дешифратор. З дешифратора знімаються дальномірні одиночні імпульси і сигнали позивних маяка.

В перетворювачі відеосигналів розміщені вузли автоматичного регулювання підсилення (АРП та ШАРП) каналів обробки сигналів.

Всі азимутальні і дальномірні сигнали радіомаяка імпульсні і випромінюються на одній робочій частоті f_1 азимутального (канали 1 ... 88) чи дальномірного (канали 89 ... 176) діапазонів. В приймачі вони обробляються в одному з каналів, який включається командами “Луч-I” або “Луч-II”.

З широкосмугового виходу (Ш) відповідного ППЧ всі імпульсні сигнали надходять в перетворювач відеосигналів.

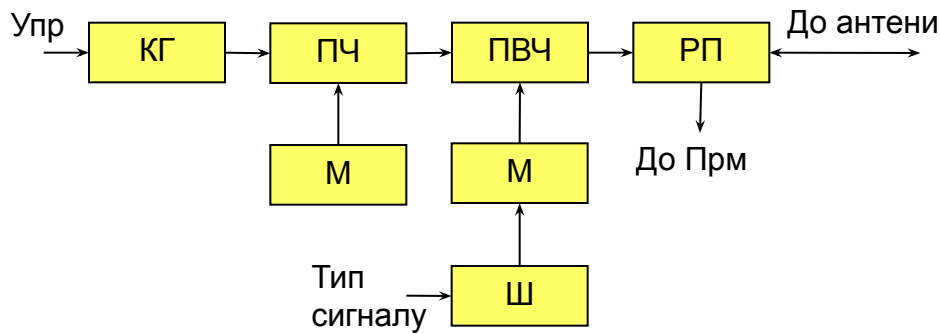
Обробка дальномірних і опорних азимутальних сигналів аналогічна обробці цих сигналів всенаправлених маяків.

Обробка імпульсного азимутального сигналу з двогорбою обвідною відрізняється тільки додатковою операцією виділення двогорбої обвідної пачки азимутальних імпульсів.

В режимі “Посадка” сигнали курсового і гліссадного радіомаяків надходять одночасно, їх обробка здійснюється паралельно в азимутальному (сигнали КРМ) і дальномірному (сигнали ГРМ) каналах.

В кожному з каналів виділяються, детектуються і порівнюються сигнали модуляції частот 1300 і 2100 Гц – формуються сигнали відхилення від курсу посадки $\pm\varepsilon_K$ і гліссади зниження $\pm\varepsilon_G$.

Літаковий запитувач дальноміра А-312-002



КГ – кварцовий генератор

ПЧ – перемножувач частоти

ПВЧ – підсилювач високих частот

РП – розділюючий пристрій

Ш – шифратор

М - модулятор

Кварцовий генератор (КГ) працює на одній з 44 робочих частот.

Перемножувач частоти (ПЧ) стробується модулятором (М) і перетворює гармонічний сигнал генератора в послідовність радіоімпульсів, підсилює їх і підвищує частоту їх повторення в 18 разів.

В підсилювачі високих частот (ПВЧ) формуються кодові послідовності радіоімпульсів потрібної потужності. Для цього шифратор (Ш) формує необхідну кодову комбінацію сигналів передавача (сигналів “ЗД” або “ВІ”), якою модулюється (М) сигнал в ПВЧ.

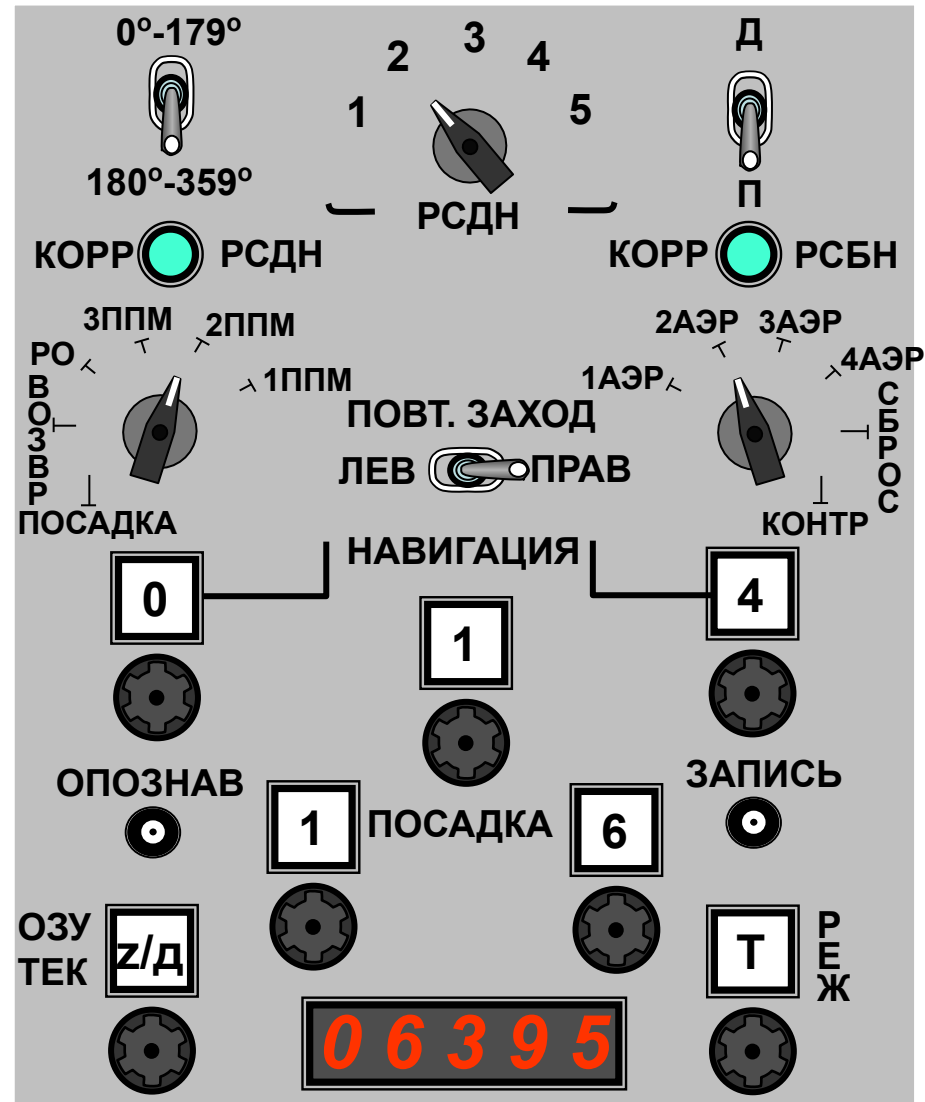
Розділюючий пристрій (РП) за допомогою фільтрів сигнали передавача частоти f_2 направляє в антену, а сигнали радіомаяків частоти f_1 – до двохканального азимутально-дальномірного приймача.

Щитки управління РСБН-с

А-323-008



А-324-031



*

Щитки управління А-323-008 і А-324-031 призначені для:

- управління апаратурою на землі і в повітрі;
- введення програми польоту;
- індикації заданих параметрів;
- контролю справності апаратури.

Щиток управління А-323-008

- перемикач ИКВ: ОСН-ЗАП вибору курсовертикалі,
- перемикач способу вибору каналів КАНАЛЫ: АВТ-РУЧ,
- перемикачі вибору № ППМ та аеродрому: ППМ-АЭР,
- перемикачі вибору № маяка МАЯКИ,
- перемикач засобу визначення ККР: РСБН-АРК,
- перемикач напрямку польоту відносно маяка КУРС: 0°-179° - 180°-359°,
- перемикач напрямку польоту по колу КРУГ: ЛЕВ-ПРАВ,
- перемикач режимів НАВИГАЦІЯ-ПОСАДКА,
- кнопку включення режиму повернення на аеродром ВОЗВРАТ,
- ручки та індикатори вибору №№ робочих каналів НАВИГАЦІЯ і ПОСАДКА,
- кнопка ОПОЗН для включення режиму розпізнавання літака.

Щиток управління А-324-031

- перемикач напрямку польоту відносно маяка : 0° - 179° або 180° - 359° ,
- перемикач РСДН вибору ланцюжка РСДН,
- перемикач Д-П для вибору типу радіомаяка РСБН (“Дорога” або “Поле”),
- сигнальні лампи КОРР РСДН і КОРР РСБН наявності навігаційної інформації від РСДН та РСБН,
- перемикач на 6 положень для вибору одного з трьох ППМ, РО – вибору радіомаяка аеродрому в якості ППМ, ВОЗВР – включення режиму повернення на один з чотирьох аеродромів посадки, ПОСАДКА – примусове включення режиму посадки,
- перемикач на 6 положень для вибору маяка РСБН чи аеродрому в якості ППМ або аеродрому посадки, для скидання інформації про запрограмовані радіомаяки, для наземного контролю бортової апаратури РСБН і РСДН,
- перемикач вибору напрямку маневру для повторного заходу на посадку,
- перемикачі НАВИГАЦИЯ вибору № частотно-кодowego каналу,
- перемикачі ПОСАДКА вибору № частотно-кодowego каналу,
- кнопка ОПОЗНАВ для включення режиму розпізнавання літака,
- перемикач ОЗУ/ТЕК на 10 положень,
- перемикач РЕЖ для вибору режимів поточної роботи, запису в ОЗП і перенесення інформації з ОЗП в ПЗП,
- табло для індикації заданого переметра.

Комбіновані РСБН іноземного виробництва

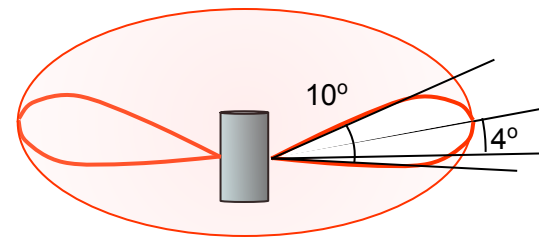


Система TACAN (Tactical Air Navigation System) для визначення МП літака має канали вимірювання дальності (КД) і азимуту (КА).

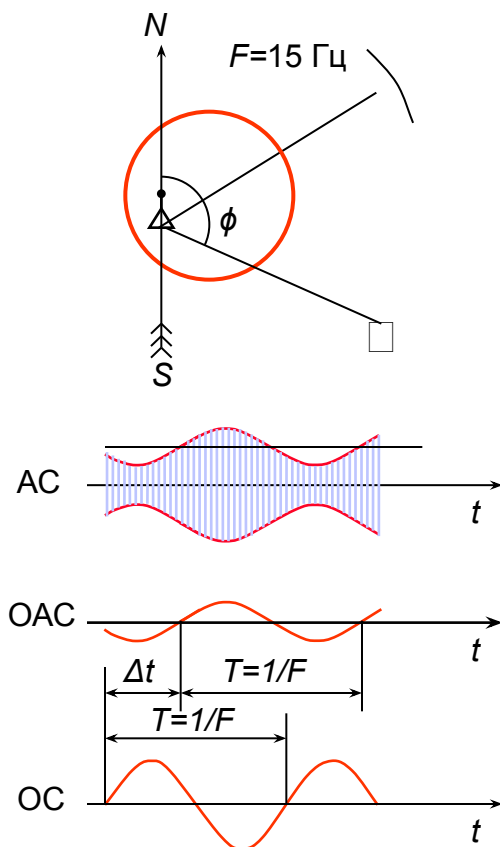
Канал дальності імпульсного типу; працює по принципу „запит – відповідь”. Запит на одній з 126 частот f_3 в діапазоні 1025 ... 1150 МГц, а відповідь – на частоті f_B в діапазоні 962 ... 1024 МГц і 1150 ... 1213 МГц, при чому $f_3 - f_B = 63$ МГц. Запит періодичними парними імпульсами тривалістю 3.5 мкс з інтервалом 8 ... 12 мкс. Відповідь ретрансляцією запиту.

Незалежно від кількості запитів, частота відповідей підтримується постійною автоматичним регулюванням рівня шумів приймача ретранслятора і становить 2700 імпульсів/сек, тобто за один оберт ДСА випромінюється 180 імпульсів.

Антенна всенаправлена у горизонтальній площині. У вертикальній площині ДСА шириною 10° зміщена вгору на 4° .



*

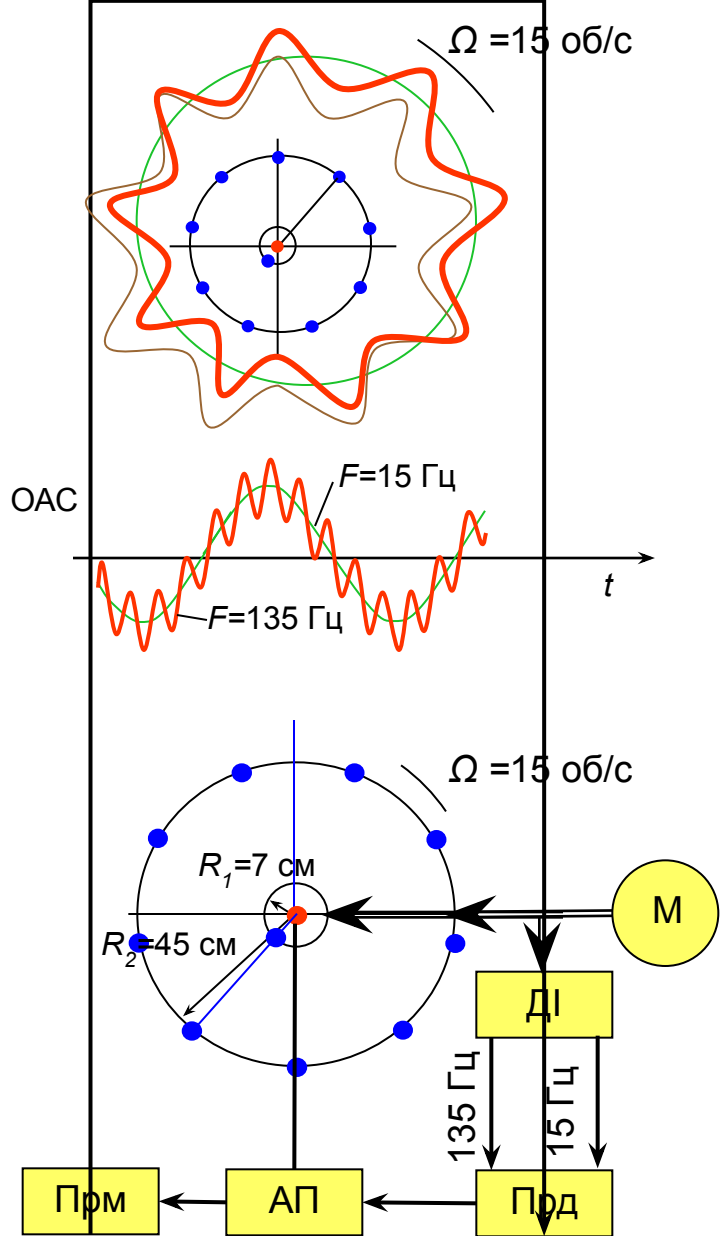


$$\Delta t = T \cdot \phi / 360^\circ$$

$$\phi = 360^\circ \cdot \Delta t \cdot F$$

Канал азимуту фазового типу. Антена азимутального р/маяка формує ДСА у вигляді кола із зміщеним центром, яке обертається з частотою $F=15$ Гц, що викликає зміну амплітуди сигналів, які надходять в приймач літака. Це сприймається, як амплітудна модуляція з частотою 15 Гц. Фаза обвідної азимутального сигналу (ОАС) залежить від азимуту ϕ приймача (літака). В сигналі маяка міститься інформація і про початкову фазу опорного сигналу (ОС) видається.

Передавач азимутального маяка живить активний нерухомий вібратор. ДСА у вигляді кола із зміщеним центром (зелений пунктир), що обертається із частотою $F=15$ Гц, створюється завдяки пасивному вібратору (рефлектору), розміщеному на створюючій циліндру радіусом 7 см, який обертається навколо активного вібратора.



Щоб підвищити точність вимірювання азимуту, використовується двохшкальний метод: для цього азимутальний сигнал додатково модулюється по амплітуді з частотою 135 Гц і з періодом $T/9$, якому відповідає поворот антени на 40° . Така модуляція забезпечується ще 9-ма пасивними вібраторами (директорами), які розміщені рівномірно по створюючим другого циліндру радіусом 42 см.

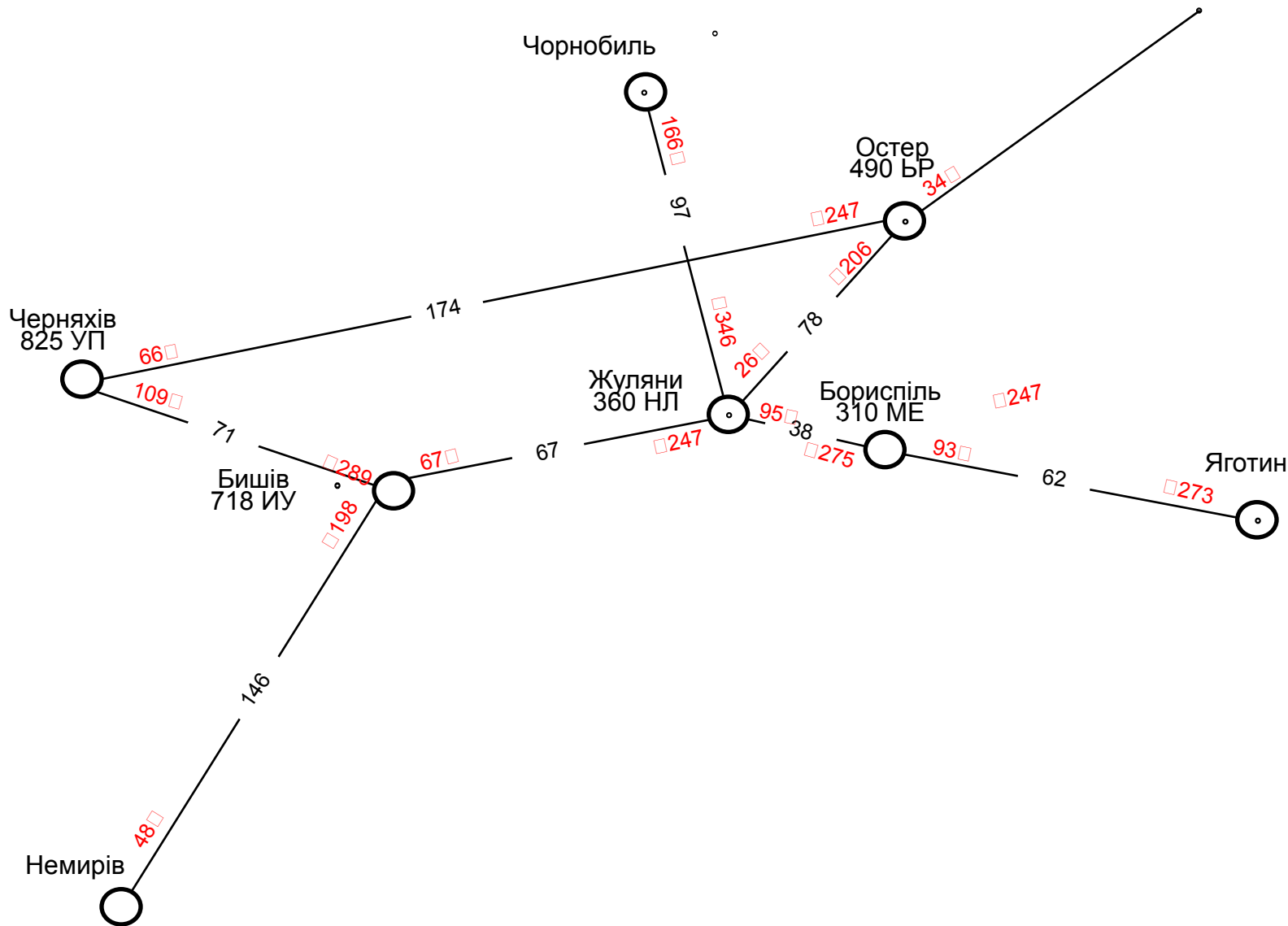
Обидва циліндри обертаються синхронно. На валу циліндрів розміщені датчики опорних імпульсів (ДІ), які видаються в моменти, коли глобальний або один з локальних максимумів ДСА орієнтовані в початковому напрямку. При цьому випромінюються опорні парні сигнали тривалістю по 3.5 мкс: "стартовий" з 12 пар імпульсів і решта - з 6 пар імпульсів.

*

Питання для самоконтролю

1. Співставте системи РСБН та РСДН.
2. Поясніть вибір діапазону радіохвиль для РСБН.
3. Принцип роботи кутомірної РСБН.
4. Принцип роботи дальномірної РСБН.
5. Принцип роботи кутомірно-дальномірної РСБН.
6. Бортове обладнання системи ближньої навігації А-324.
7. Застосування РСБН для рішення польотних та бойових задач.

Польотна карта



*

Завдання на самостійну роботу

1. Конспект по темі заняття доповнити матеріалом з навчального посібника і підручників.
2. Презентації РСБН.ppt, РСДН. ppt.
3. О.В.Власов, И.В.Смокин. Радиооборудование летательных аппаратов. – М.: Воениздат, 1971, с. 257-261,274-277.
4. Радиооборудование летательных аппаратов. Ч 1. Под ред. В. И.Ветроградова. – М.: Воениздат, 1979, с. 83-102.
5. Радиоэлектронное оборудование. Под ред. В.М. Сидорина. – М.: Воениздат, 1990, с. 225-226.
6. В.А.Войчук та ін.. Бортові радіоелектронні системи. Ч.1. – К.: НАУ, 2006, с. 65-74, 83-87.
7. В.А.Войчук, В.І.Романенко, Д.В.Васягін. Експлуатація й ремонт радіоелектронного обладнання літаків, вертольотів та авіаційних ракет. (Електронний підручник). – К.: НАУ, 2011, тема 17.