

ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ КОНКУРС НАУКОВИХ РОБІТ
В ГАЛУЗІ ПРИРОДНИХ, ТЕХНІЧНИХ ТА ГУМАНІТАРНИХ РОБІТ

СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА РОБОТА

ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ, ЩОДО МОЖЛИВОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ
ПЕРЕДАВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ КАНАЛУ ВІЗИРУВАННЯ ЦІЛІ СТАНЦІЇ
НАВЕДЕННЯ РАКЕТ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ МАЛОЇ
ДАЛЬНОСТІ З КАНАЛОМ САМОНАВЕДЕННЯ

Шифр: Модернізація

Галузь знань: Радіотехніка

Харків 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ПОБУДОВА І ФУНКЦІОНУВАННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ КАНАЛУ ВІЗИРУВАННЯ ЦІЛІ СТАНЦІЇ НАВЕДЕННЯ РАКЕТ.....	6
1.1 Призначення, склад елементів, технічні характеристики та спрощена функціональна схема передавального пристрою каналу візирування цілі станції наведення ракет	6
1.2 Функціонування передавального пристрою при формуванні зондувальних сигналів у різних режимах.....	10
2. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СХЕМ ПОБУДОВИ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ЗРК.....	14
2.1 Аналіз побудови і функціонування передавальних пристроїв, побудованих за однокаскадною схемою, та оцінка можливості їх застосування в каналі самонаведення ЗРК МД.....	16
2.2 Аналіз побудови і функціонування передавальних пристроїв побудованих за багатокаскадною схемою.....	18
3. ТЕХНІЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОБУДОВИ ПЕРЕДАВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ПІДСВІЧУВАННЯ ЦІЛІ СТАНЦІЇ НАВЕДЕННЯ РАКЕТ ЗА БАГАТОКАСКАДНОЮ СХЕМОЮ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ КАНАЛУ САМОНАВЕДЕННЯ РАКЕТ.....	23
3.1 Розробка структурної схеми передавального пристрою підсвічування цілі станції наведення ракет для забезпечення функціонування каналу самонаведення ракет.....	23
3.2. Оцінка ефективності провадження розроблених пропозицій.....	29
ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	33

ВСТУП

Реалізація новітніх технологій ведення війн неможлива без розробки сучасних і удосконалення існуючих зенітних ракетних комплексів (ЗРК), зокрема зенітного ракетного комплексу малої дальності С – 125М1.

На даний час модернізація ЗРК С – 125М1 проведена рядом країн (Білорусія, Польща, Україна), на озброєнні яких є даний комплекс. При цьому удосконалення проводилося як у напрямку покращення експлуатаційних характеристик (переведення та нову елементну базу, використання твердотільних генеруючих і підсилювальних пристроїв, застосування фазованих антенних решіток), так і у напрямку використання інших систем керування (активного і напівактивного самонаведення) та методів наведення (двоточкових), а також покращення енергетичних характеристик двигунів зенітних керованих ракет.

Так компанія ТЕТРА (Білорусія) розробила варіант модифікації С–125–2ТМ. За рахунок розробки оптимального методу наведення, збільшення часу роботи маршового двигуна ракети до 24 с забезпечується дальня границя зони поразення до 35км. При цьому суттєво покращена маневреність ЗРК, але основні принципи побудови (система керування ЗКР) залишилися штатними.

В Україні ДКБ «ЛУЧ» і компанія «Радіонікс» запропонували варіант модернізації ЗРК С – 125М1, який отримав шифр С – 125М2. У даному варіанті застосована комбінована система керування (інерціальна + самонаведення), СНР отримала фазовану антенну решітку (ФАР), розроблено дві модифікації зенітних керованих ракет з напівактивною (5В27Д – М1) і активною (5В27Д – М2) головкою самонаведення. За рахунок зазначених нововведень, як заявляють розробники, комплекс здатний здійснювати супроводження і обстріл 1, 3 або 4 цілей з наведенням на них 2, 6 або 8 ракет. Необхідно зазначити, що у даному варіанті модифікації ЗРК С–125М1 взагалі не передбачено використання існуючих на озброєнні ЗРВ ракет 5В27Д, запас яких в Україні є значним.

Компанія «Аеротехніка» запропонувала свій варіант модифікації ЗРК, який отримав шифр С – 1252Д1. Основним напрямком модернізації стало використання нової елементної бази, генераторних твердотільних пристроїв з цифровою стабілізацією частоти і практично миттєвим її перестроюванням, а також цифровою системою телеоптичного візиту. Як заявила компанія – розробник, модернізований ЗРК забезпечує виявлення цілі, які летять на висоті 7км, на дальностях 100км, на висоті 15км – 50км, а на висоті 0,02км – 28км. При цьому забезпечується обстріл на зустрічних курсах цілей, які летять зі швидкістю 800 м/с, навздогін – зі швидкістю – 300 м/с. Максимальна висота обстрілюваних цілей складає 21км при збереженні мінімальної висоти – 0,02км. Горизонтальна дальність до дальньої границі зони поразення складає 26,6км, до ближньої границі – 3,5км. Максимальний параметр забезпечується 24км.

Заявлено також, що імовірність поразення цілі однією ракетою на дальності 25км складає 0,72. Час захвату цілі на АС може складати (2,5-3)с.

Виходячи із зазначеного, представляє інтерес напрям модернізації ЗРК МД, в якому буде поєднуватися як існуюча система керування (ТК – 1), так і самонаведення (СН). Це може бути здійснено за рахунок введення в ЗРК каналу самонаведення зі збереженням існуючої системи керування, що дозволить використовувати як штатні зенітні керовані ракети, так і модернізовані ракети з самонаведенням, які будуть побудовані на базі штатних ракет. Для реалізації указанного напрямку модернізації необхідно в першу чергу визначити яку систему самонаведення доцільно реалізувати в ЗРК, визначитися зі способом захвату цілі головкою самонаведення ракети (ГСН) і забезпечення наведення ракети на ціль, напрямком модернізації бортового обладнання ракети.

Проведений аналіз показав, що із трьох можливих варіантів побудови системи самонаведення перевагу потрібно віддати напівактивному самонаведенню, так як при активному самонаведенні на борту ракети потрібно встановити передавальний пристрій з досить потужним джерелом живлення, що практично є неможливим із – за обмежених габаритів планера ракети, на базі якого і передбачається доопрацювання ракети.

Для реалізації напівактивного самонаведення в ЗРК необхідно виконати наступні завдання:

- визначитися побудовою, потрібною потужністю, видом сигналу підсвічування та місцем встановлення передавального пристрою підсвічування цілі каналу самонаведення ЗРК;

- визначитися зі способом випромінювання сигналу підсвічування цілі з урахуванням впливу сигналу підсвічування на процес захвату сигналу цілі ГСН;

- визначитися зі способом попереднього наведення ГСН ракети на ціль та способом захвату головкою сигналу, відбитого від цілі;

- визначитися зі змінами бортового обладнання нової ракети, в першу чергу з побудовою ГСН, автопілота (АП), радіопідривача, бойової частини, а також апаратури приймання прямого сигналу підсвічування для забезпечення роботи ГСН.

На виконання першого із перерахованих пунктів і направлена дана робота. Метою роботи є проведення дослідження, щодо побудови й функціонування передавального пристрою каналу візування цілі станції наведення ракет зенітного ракетного комплексу малої дальності, оцінка можливості його використання у каналі підсвічування цілі та надання технічних пропозицій щодо побудови окремого передавального пристрою підсвічування цілі, побудованого за багатокаскадною схемою, для введення в ЗРК каналу самонаведення ракет.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

1. Побудова і функціонування передавального пристрою каналу візування цілі станції наведення ракет

Для виконання поставленого в роботі завдання необхідно у першу чергу розглянути побудову та функціонування штатного передавального пристрою каналу візування цілі з метою оцінки можливості його використання для формування сигналу підсвічування цілі, що забезпечить роботу головки самонаведення нової зенітної керованої ракети.

1.1. Призначення, склад елементів, технічні характеристики та спрощена функціональна схема передавального пристрою каналу візування цілі станції наведення ракет

Передавальний пристрій каналу візування цілі призначений для генерування коротких високочастотних імпульсів великої потужності, які випромінюються у простір приймально-передавальною антеною. Особливістю передавача є те, що він є одноканальним і в ньому відсутнє бланкування, що значно спростило його конструкцію.

Одноканальність передавача зумовлена тим, що в режимі супроводження цілі ДС приймально-передавальної антени не сканує, а відсутність бланкування за кутовими координатами - тим, що в режимі виявлення скануюча ДС приймально-передавальною антени практично не має зворотного ходу.

Основні технічні характеристики передавача

1. Потужність в імпульсі P_i на виході шафи передавача-не менше 170 кВт у всьому робочому діапазоні частот.

2. Період повторення високочастотних імпульсів T задається синхронізатором станції. При бойовій роботі передбачено 4 режими повторення зондувальних імпульсів:

– у режимі виявлення цілі (режим великої дальності ВП (80)) – період повторення зондувальних імпульсів постійний-560мкс;

– у режимі супроводження цілі (режим малої дальності МП (37) при вимкнутій системі СРЦ (СДЦ) – період повторення зондувальних імпульсів постійний 280 мкс;

– у режимі супроводження цілі при ввімкнутій системі СДЦ передавач працює з почерговими періодами повторення - 288 і 272 мкс при великих швидкостях цілі (ВШЦ) або 308 і 252 мкс при малих швидкостях цілі (МШЦ).

3. Параметри огинаючої високочастотних імпульсів:

– тривалість на рівні 0,5 амплітуди - $0,26_{(+0,03, -0,02)}$ мкс

– тривалість фронту на рівні 0,1-0,9 амплітуди-не більше 0,1 мкс;

– дрижання фронту відносно імпульсу запуску на рівні 0,5 амплітуди - не більше 0,02мкс;

– нестабільність затримки огинаючої високочастотних імпульсів відносно імпульсів запуску - не більше 0,05мкс;

– скіс вершини огинаючої ВЧ імпульсу-не більше 5%;

– точність компенсації черезперіодної зміни амплітуди огинаючої високочастотного імпульсу-не менше $\pm 1\%$;

– затримка огинаючої високочастотного імпульсу відносно імпульсу запуску на рівні 0,5 амплітуди-не більше 1 мкс.

4. Крутизна фронту модулюючого імпульсу - (150 ± 10) кВ/мкс.

5. Система автоматичного підстроювання частоти магнетрона (АПЧМ) забезпечує точність підтримання проміжної частоти не гірше $\pm 0,5$ МГц в режимі МП і не гірше $\pm 1,0$ МГц в режимі ВП.

6. Час перемикання частоти передавального пристрою з основної частоти на резервну і зворотно-не більше 0,3 с.

Періоди повторення високочастотних імпульсів в режимах МП і ВП (БП) зумовлені масштабами дальності індикаторних пристроїв. Період $T=280$ мкс відповідає масштабу дальності від 2,5 до 40км, період $T=560$ мкс - масштабу дальності від 2,5 до 82км.

В усіх режимах роботи передавального пристрою тривалість огинаючої високочастотних імпульсів не змінюється.

Спрощена функціональна схема передавального пристрою приведена на рис. 1.1.

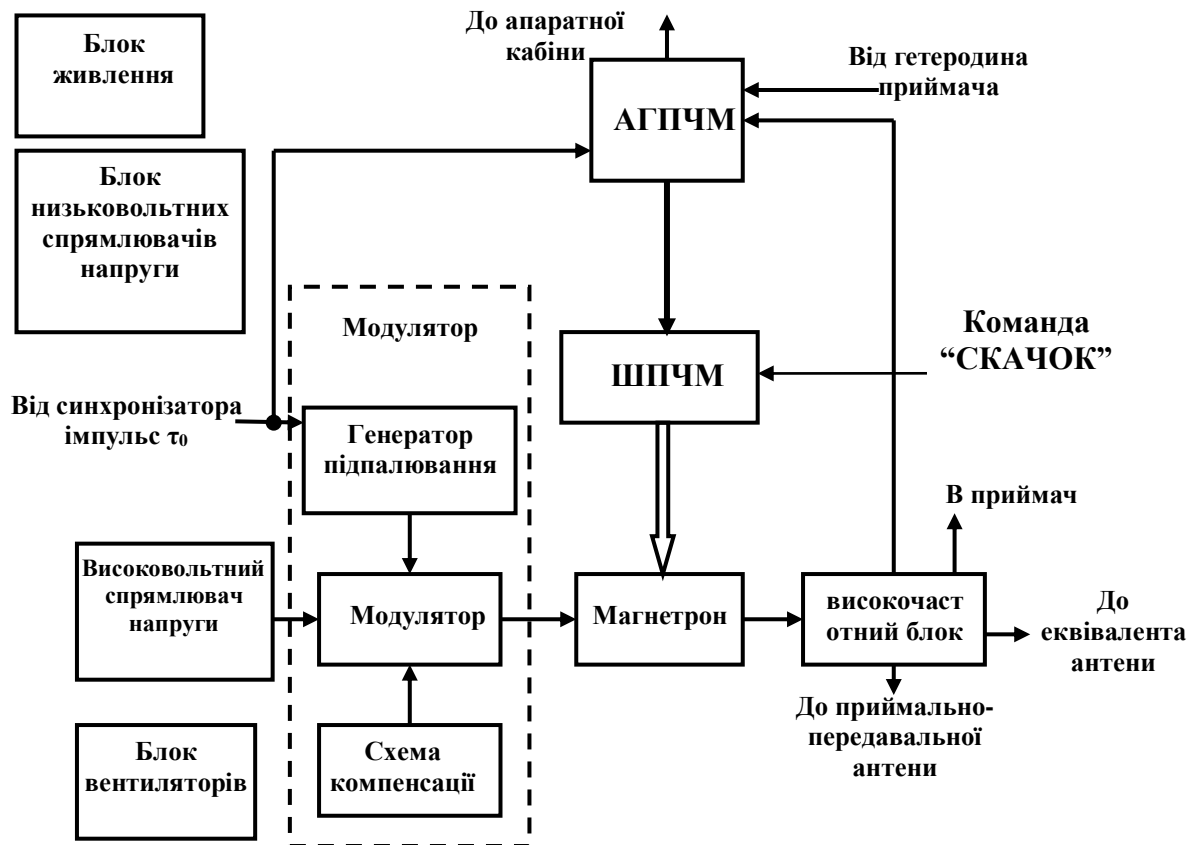


Рисунок 1.1 – Спрощена функціональна схема передавача

До складу передавача входять наступні блоки і вузли:

- модулятор;
- високочастотний блок;
- еквівалент антени;
- блок автоматичного підстроювання частоти магнетрона (АГПЧМ);
- блок швидкого перестроювання частоти магнетрона (ШПЧМ);
- низьковольтні спрямлювачі напруги;
- високовольтний спрямлювач;
- магнетрон;
- вентилятори .

Основними елементами схеми є: модулятор, магнетронний генератор, феритовий дуплексер, розрядник захисту приймача, перемикач антена – еквівалент, електронна схема системи АПЧМ, виконавчий двигун і механізм перестроювання частоти магнетрона.

Модулятор призначений для формування потужних від'ємних прямокутних імпульсів, які керують роботою магнетронного генератора. Модулятор побудований за схемою з повним розрядом накопичувача енергії через комутуючий тиратрон.

Основною перевагою такого модулятора у порівнянні з модулятором з частковим розрядом накопичувача енергії є:

- малі втрати в комутаторі, в наслідок чого досягається високий ККД модулятора;
- зниження майже в два рази напруги високовольтного спрямлювача за рахунок коливального режиму заряджувального ланцюга;
- менш жорсткі вимоги до параметрів запускаючих (підпалюючих) імпульсів, в наслідок чого спрощується схема підмодулятора (генератора підпалювання);
- менші габарити, так як габарити комутуючих тиратронів менші за габарити електронних ламп такої ж потужності.

Модулятор має такі технічні характеристики:

1. Імпульс модуляції від'ємної полярності амплітудою від 20 до 26 кВ тривалістю на рівні 0,5 амплітуди ($0,4 \pm 0,1$) мкс.
2. Тривалість фронту модулюючого імпульсу ($0,15 \pm 0,03$) мкс, тривалість спаду не більше 0,4 мкс.
3. Крутизна фронту модулюючого імпульсу (150 ± 10) кВ/мкс.
4. Дрижання фронту модулюючого імпульсу-не більше 0,005 мкс.
5. Імпульс підпалювання тиратрону амплітудою не менше 70 В (200 В), тривалістю (4 ± 2) мкс, тривалістю фронту не більше 0,3 мкс (при вимкненому тиратроні).

б. Імпульс компенсації позитивної полярності має наступні по позитивної полярності параметри:

- амплітуда не менше 180 В;
- тривалість $(9,0 \pm 2,0)$ мкс;
- затримка відносно імпульсу запуску регулюється в межах від 150 до 280 мкс.

Модулятор виконаний по схемі з тиратроном, формуючою лінією і підвищуючим імпульсним трансформатором. В якості комутуючого приладу використовується потужний імпульсний тиратрон. Штучна лінія формує модулюючі імпульси, близькі до прямокутної форми. Модулюючі імпульси від'ємної полярності з вторинної обмотки підвищуючого трансформатору подаються на катод магнетрона.

Імпульс підпалювання формується генератором тиратрону підпалювання. Пусковий імпульс подається на генератор підпалювання від синхронізатора станції. Для усунення черезперіодної амплітудної модуляції високочастотних імпульсів при роботі передавача у режимах ВШЦ і МШЦ служить схема компенсації. На її вхід від синхронізатора подаються імпульси $T_0/2$. Перемикання схеми компенсації із режиму ВШЦ в режим МШЦ здійснюється по команді із апаратної кабіни.

В режимах ВП (80) і МП (37) з періодами повторення імпульсів $2T_0$ і T_0 схема компенсації не працює.

1.2 Функціонування передавального пристрою при формуванні зондувальних сигналів у різних режимах

Принцип роботи передавального пристрою наступний (див. рис. 1.1). Імпульси запуску передавача t_0 , виробляючі синхронізатором дальності, через контакти мікровимикачів блока перестройки частоти магнетрона і перемикача високочастотного блоку надходять на запуск генератора підпалу блока модулятора. Завдяки цьому запуск передавального пристрою здійснюється лише після перемикання частоти магнетрона або переходу антени на еквівалент (або навпаки). Це необхідно для того, щоб під час перемикання частоти магнетрона противник не зміг

визначити напрям зміни частоти магнетрона, а під час переходу з антени на еквівалент або навпаки виключати можливість роботи магнетрона на неузгоджене навантаження.

Генератор підпалу формує прямокутні позитивні імпульси, які здійснюють підпал тиратрона модулятора. При цьому через тиратрон і первісну обмотку збільшуючого імпульсного трансформатора здійснюється розряд формуючої лінії, яка являє собою накопичувач енергії і заряджається в інтервалі між запускаючими імпульсами від високовольтного випрямлювача через заряджальний пристрій до величини приблизно $2E_0$, де $E_0=5,5\div 5,8$ кВ - напруга високовольтного випрямлювача.

В результаті розряду формуючої лінії на вторинній обмотці імпульсного трансформатора, є входом модулятор, формуються потужні імпульси від'ємної полярності амплітудою 20-26 кВ, які подаються на катод пакетованого магнетрона типу МІ-99Н. Тривалість і форма імпульсу модулятора визначаються параметрами формуючої лінії.

Схема компенсації забезпечує незалежність рівня заряду формуючої лінії від періоду слідкування імпульсу запуску передавача τ_0 і тим самим постійність амплітуди моделюючих імпульсів при роботі передавального пристрою в режимах в режимах БСЦ і МСЦ. Запуск схеми компенсації здійснюється імпульсами $\tau_0/2$ з періодом 560 мкс.

Магнетрон генерує потужні високочастотні імпульси на робочій частоті λ_1 , яка лежить в діапазоні частот $P\pm 2.5\%$. За допомогою механізму перестройки частоти магнетроном може бути стрибком перестроєним на запасну частоту λ_2 .

Високочастотна енергія, генерується магнетроном через феритовий дуплексер і перемикач, є елементами високочастотного блоку, надходять на приймально-передавальну антену.

Феритовий дуплексер забезпечує автоматичне перемикання приймально-передавальної антени з режиму передачі в режим прийому після кожного магнетрона і узгодження магнетрона з навантаженням. При роботі дуплексера на передачу частина високочастотної енергії надходить на захисний розрядник приймача і викликає його пробій. В результаті чого вхід високочастотної частини приймального пристрою виявляється коротко замкнутим і практично відключеним від основного передавального тракту. Після закінчення імпульсу магнетрона розрядник деіонізується і вхід високочастотної частини приймального пристрою виявляється до основного

антенного тракту, а магнетрон вимикається за рахунок блокуючої дії дуплексера. В цьому випадку приймання приймально-передавальною антеною відбиті від цілі сигнали без завад надходять на вхід високочастотної частини приймального пристрою.

Через направляючий розгалужувач, який знаходиться на вході антенного перемикача, частина високочастотної енергії надходить на електронну схему системи АПЧМ.

Для стабілізації частоти магнетрона використовується система автоматичного підстроювання частоти магнетрона АПЧМ.

Система АПЧМ є електромеханічною слідкуючою системою, в склад якої входить: електронна схема перетворення сигналу похибки, схема пошуку, магнітний підсилювач; виконавчий двигун, механізм перестроювання частоти магнетрона, магнетрон.

Система АПЧМ є різницевою системою стабілізації частоти. Тому на електронну схему перетворювача сигналу похибки крім високочастотного сигналу магнетрона подається високочастотний сигнал стабілізаторного гетеродина каналу ланцюга із приймача. Стабілізація частоти магнетрона генерується автоматичною підтримкою постійної різниці частоти магнетрона і гетеродина. Якщо з якихсь причин проміжна частота відхиляється від номінального значення, то електрична схема перетворення сигналу помилки генерує керуючу напругу постійного струму, величина і знак якої визначаються величиною і знаком уходу частоти магнетрона від заданого значення. Ця напруга підсилюється і перетворюється магнітним підсилювачем синусоїдальної напруги частотою 400 Гц, амплітуда якого визначається величиною, а фаза-знаком уходу частоти магнетрона. З виходу магнітного підсилювача керуюча синусоїдальна напруга надходить на виконавчий двигун, напрямком обертання якого визначається фазою цієї напруги. Через механізм перестройки обертання передається на шток магнетрона. Зміщення штока магнетрона призводить до зміни еквівалентної індуктивності резонаторної системи магнетрона і отже, до зміни частоти магнетрона. При цьому різниця частот гетеродина і магнетрона становить близьку до номінальної проміжної частоти.

При включенні передавального пристрою, коли ще не встигає встановитись тепловий режим в приймачі, або після стрибкоподібної перестройки частоти розстроювання магнетрона може виявитися таким, що проміжна частота вийде за

смугу пропускання електричної схеми перетворення сигналу похибки. В цьому випадку на виході електричної схеми перетворювання сигналу помилки сигнал відсутній і автоматично вмикається схема пошуку, яка генерує керуючі напруги для виконавчого двигуна, забезпечуючи цим переміщення штоку магнетрона. Частота магнетрона при цьому змінюється в межах не менше 40 МГц. Коли частота магнетрона досягає значення, на виході електричної схеми перетворення сигналу похибки з'являється керуюча напруга і схема пошуку вимикається. Система АПЧМ переходить в режим автоматичного підстроювання частоти магнетрона.

Напруга проміжної частоти, генерована в електричній схемі перетворення сигналу похибки, використовується також в схемі формування фазуючого імпульсу. Фазуючий імпульс подається в систему СДЦ для фазування когерентного гетеродина. Для того щоб в каналі фазування когерентного гетеродина не потрапляли сигнали і шуми, схема формування фазуючих імпульсів селекується імпульсами τ_0 .

Таким чином, штатний передавач каналу візирування цілі побудований за класичною одно каскадною схемою, формує потужні зондувальні імпульси, частота несучої яких стабілізується спеціальною системою АПЧМ. Точність підтримування частоти сигналів системою АПЧМ (0,5 МГц і 1 МГц у різних режимах) значно перевищує доплерівський діапазон частот сигналів відбитих від цілі, що значно ускладнює як захват сигналу цілі головою самонаведення ракет, так і супроводження цілі ГСН. Це не дозволяє використати його для формування сигналу підсвічування цілі в каналі самонаведення, що вводиться.

Висновки до розділу 1

1. Проведено аналіз побудови та функціонування передавача каналу візирування цілі станції наведення ракет. Показано, що передавач побудований за класичною однокаскадною схемою і забезпечує тільки формування потужних імпульсних сигналів.

2. Низька стабільність частоти сигналу магнетрона в передавачі каналу візирування цілі станції наведення ракет не дозволяє його використання для формування сигналу підсвічування цілі у каналі самонаведення, що розглядається у роботі, тому для цього потрібно розробити окремий передавальний пристрій.

2 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СХЕМ ПОБУДОВИ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ЗРК

Для вибору конструкції передавача підсвічування цілі необхідно провести аналіз варіантів побудови передавальних пристроїв, які відомі в теорії. Сучасні передавальні пристрої (ПП) залежно від вимог, які до них висуваються, будуються за однокаскадною або багатокаскадною схемами.

Однокаскадний передавальний пристрій, як правило, забезпечує значну вихідну потужність, але не може використовувати системи автоматичного підстроювання частоти сигналу.

Перевагами є малою вага та габарити, а також мала вартість.

Отримання стабільності частоти коливань досягається у ПП, які будуються за багатокаскадною схемою. У цьому разі задавальний генератор (ЗГ) (збуджувач) формує, як правило, малопотужний сигнал, що дозволяє забезпечити високу стабільність частоти. Частота коливань, які генеруються, може бути стабілізована кварцом. Оскільки формування сигналу здійснюється на малій потужності, необхідний рівень забезпечується підсилювальним трактом, який складається з підсилювачів потужності. За необхідності перенесення спектра сигналу в область НВЧ до складу ПП включаються помножувачі частоти або перетворювачі частоти. Таким чином, у багатокаскадних ПП одночасно досягається висока стабільність частоти коливань і велика вихідна потужність (за рахунок підсилювального тракту), що визначає широке їх застосування.

Якщо ПП працює в імпульсному режимі, то імпульсна модуляція здійснюється залежно від рівня вихідної потужності або в одному вихідному каскаді, або в декількох кінцевих каскадах підсилення.

Оскільки величина вихідної потужності в сучасних ПП досягає одиниць десятків мегават, то коефіцієнт підсилення підсилювального тракту становить 60..100 дБ. При цьому необхідно, щоб у підсилювальному тракті не було

спотворень структури і форми сигналу. Спотворення можна зменшити шляхом скорочення кількості підсилювачів потужності. З цією метою доцільно застосовувати підсилювачі з підсилення (типу ЛБВ, клістронів). Шляхом раціонального вибору і розміщення каскадів можна отримати високий коефіцієнт корисної дії (ККД) та великий коефіцієнт підсилення за потужністю в передавачі.

Для отримання на виході ПП дуже великої потужності часто з'єднують паралельно декілька ламп, підсумовують потужність в просторі або застосовують спеціальні мости підсумовування. При підсумовуванні потужностей у просторі використовують велику кількість генераторних каскадів, які мають (кожний з них) свій випромінювач (антену). У цьому випадку ПП будується за багатоканальною схемою. Базовим елементом багатоканального передавача є передавальний модуль. За кількістю функцій, які виконують модулі, вони поділяються на одно- та багатфункціональні. Кожний модуль має один або декілька функціональних вузлів, основними елементами яких є діоди Ганна, транзистори, металокерамічні лампи та ін. Передавальні модулі будуються за підсилювальною та генераторною схемами. При використанні передавальних модулів, що є у складі багатоканального ПП, до них ставляться жорсткі вимоги, а саме ідентичність параметрів, надійність й довговічність.

Багатоканальні передавальні широко застосовуються з фазовими антенними решітками в радіолокаційних системах

При побудові ПП метрового, дециметрового, сантиметрового діапазону хвиль використовують відповідну елементну базу. Так, наприклад, у метровому діапазоні ($\lambda \geq 1$ м) як генераторний прилад використовують транзистори, електронні лампи, а як коливальну систему - системи з зосередженими параметрами. У той же час у дециметровому діапазоні - металокерамічні лампи, клістрони, а коливальні системи-на відрізках довгих ліній. У передавачах сантиметрового діапазону хвиль як генераторні прилади використовують магнетронні та клістронні генератори, ЛБХ, ЛЗХ, амплітрони та ін.

Як коливальні системи в сантиметровому діапазоні використовуються коливальні системи з розподіленими параметрами об'ємні резонатори, уповільнюючі системи. У наш час у передавачах сантиметрового діапазону хвиль дуже широко застосовують НВЧ напівпровідникові прилади – лавинно-пролітні діоди, Ганна, НВЧ транзистори, а як коливальні системи – відрізи хвилеводів і смугових ліній.

Особливістю побудови передавачів дециметрового і сантиметрового діапазонів є необхідність використання елементів міжкаскадного узгодження для зменшення енергетичних втрат при формуванні сигналів.

2.1 Аналіз побудови і функціонування передавальних пристроїв, побудованих за однокаскадною схемою, та оцінка можливості їх застосування в каналі самонаведення ЗРК

Типова схема однокаскадного ПП імпульсної РЛС наведена на рис 2.1. Особливістю побудови ПП є використання як джерело НВЧ коливальних потужного автогенератора. Зазвичай таким автогенератором є тріодний генератор, магнетронний генератор або ЛЗХ і М-типу. Автогенератор визначає як стабільність частоти, так і рівень необхідної потужності.

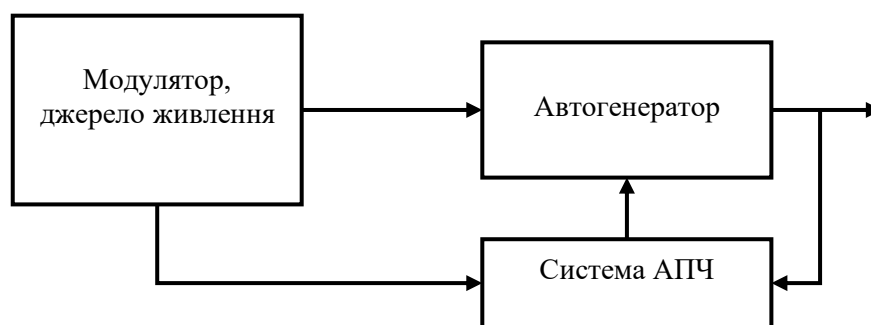


Рисунок 2.1 – Типова схема однокаскадного ПП імпульсної РЛС

Вимоги до ПП у ряді випадків не можуть бути задоволені при однокаскадній побудові імпульсних передавальних пристроїв. Так, при використанні електромеханічних систем автопідстроювання частоти в

імпульсному магнетронному або тріодному передавачі може бути одержана довготривала стабільність частоти до 10^{-4} і короткочасна стабільність до 10^{-5} . Це не може у ряді, випадків задовольнити вимоги до зондувального сигналу, наприклад, у доплерівській РЛС.

Крім того, в однокаскадному ПП обмежені можливості здійснення внутрішньоімпульсної модуляції генератора за частотою та фазою. Так, у магнетроні для управління частотою коливань протягом імпульсу можна використовувати ефект електронного зсуву частоти при зміні анодного струму. Але зміна анодного струму супроводжується значними змінами потужності й порушенням стабільності роботи магнетрона. У деяких випадках для керування частотою магнетрона можна використовувати ефект затягування частоти при роботі магнетрона на узгоджене навантаження. Частотна модуляція здійснюється шляхом зміни фази коефіцієнта відбиття протягом імпульсу швидкодіючим феритовим фазообертачем. Але в цьому випадку досягти високої точності відтворення заданого закону внутрішньоімпульсної модуляції важко.

Використовування потужних імпульсних автогенераторів НВЧ на лампах зворотної хвилі М-типу, що мають велику крутизну електронного перестроювання частоти, також малоефективне з таких причин. По-перше, важко добитися відтворення форми високовольтного модулюючого імпульсу, а отже, і точності відтворення закону внутрішньоімпульсної модуляції. По-друге, складно стабілізувати несучу (середню) частоту сигналу і підтримувати когерентність коливань гетеродина.

Розповсюдженість однокаскадних передавачів у радіолокаційних станціях пояснюється, по-перше, існуючими до недавнього часу труднощами підсилення коливань НВЧ діапазону і, по-друге, рядом переваг, які є в однокаскадних передавачах. До них відносяться простота схемного і конструктивного виконання, мала вага і габарити, невелика вартість, простота і малі експлуатаційні витрати. Широке використання в радіолокаційних станціях лінійно-частотно-модульованих і фазоманіпульованих сигналів, а також

доплерівського методу радіолокації потребувало істотного оновлення принципів побудови ПП.

Таким чином, перевагами однокаскадних ПП є: простота схемного та конструктивного виконання, мала вага та габарити, достатньо низька вартість; простота експлуатації та малі експлуатаційні витрати.

До недоліків однокаскадних ПП відносять: неможливість забезпечення високої стабільності частоти (не більше $10^{-4} \dots 10^{-5}$); обмежена можливість здійснення внутрішньоімпульсної модуляції генератора за частотою та фазою; неможливість забезпечення високої потужності вихідних сигналів.

Широке, до недавнього часу, розповсюдження однакаскадні ПП отримали за рахунок існування труднощів підсилення НВЧ коливань. Однак з розвитком техніки НВЧ і використанням все більш складних сигналів однакаскадні передавачі втратили свої позиції. У теперішній час все більше використовуються багатокаскадні передавальні пристрої.

2.2 Аналіз побудови і функціонування передавальних пристроїв побудованих за багатокаскадною схемою

Передавальні пристрої сучасних РЛС будуються, як правило, за багатокаскадною схемою, що складається із збуджувача (або задавального генератора) і каскадів підсилення. Багатокаскадні ПП у порівнянні з однокаскадними мають можливість управляти частотою або фазою коливань, дозволяють одержувати вищу стабільність несучої частоти або частотних параметрів сигналів складної структури, а також значну потужність вихідних коливань.

У багатокаскадних ПП, на відміну від однокаскадних, є можливим розділення функцій стабілізації частоти, внутрішньоімпульсної модуляції та підсилення потужності між каскадами. Побудова багатокаскадних ПП виявилася можливою завдяки розробці потужних підсилювальних приладів: пролітних клістронів, ЛБХ, амплітронів та ін. Багатокаскадні ПП

використовуються при формуванні як безперервних, так і імпульсних зондувальних сигналів. У загальному вигляді схема багатокаскадного ПП імпульсної РЛС наведена на рис. 2.2.

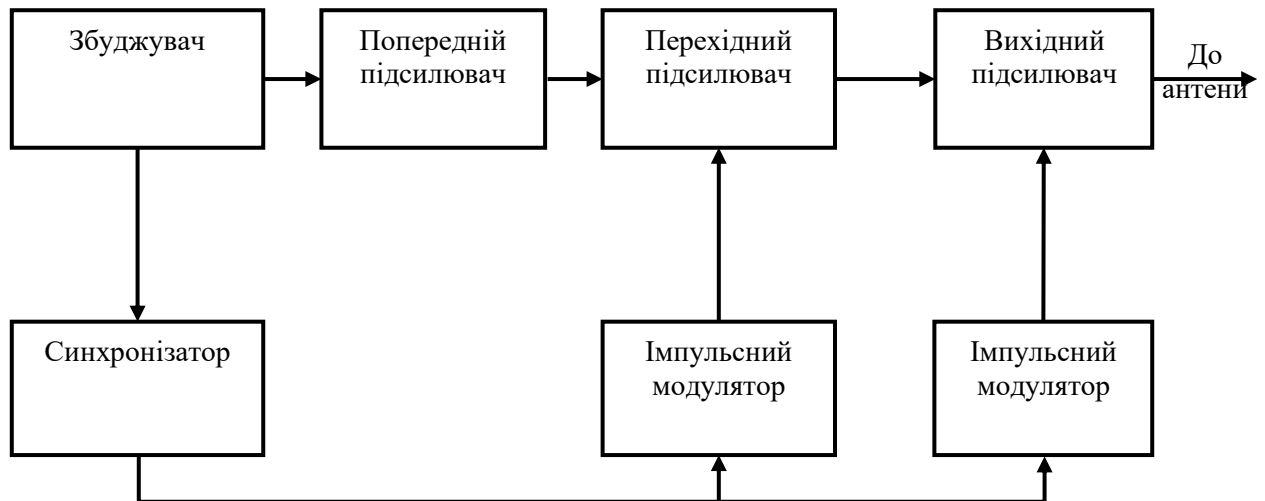


Рисунок 2.2 – Структурна схема багатокаскадного ПП імпульсної РЛС

Багатокаскадний ПП включає в себе збуджувач, попередні каскади підсилення, передвихідний підсилювач потужності та вихідний підсилювач. На збуджувач покладається завдання формування сигналів заданої структури і забезпечення високої стабільності параметрів, що визначають цю структуру. Потужність коливань збуджувача має бути достатньою для збудження попереднього підсилювача. Коливання збуджувача можуть бути стабілізовані кварцом, частота багато разів помножується, наприклад, у якого транзисторно-варакторному колі. Помножувачі такого типу мають малі габарити і вагу, економічні та забезпечують високу стабільність частоти вихідного коливання. За необхідності в збуджувачі здійснюється частотна або фазова модуляція або маніпуляція. Збуджувач залежно від висунутих до нього вимог може-бути однокаскадним або багатокаскадним. Оскільки формування сигналів здійснюється на зниженій потужності, необхідний її рівень забезпечується підсилюючим колом, що складається з підсилювачів напруги та потужності.

При розробці збуджувача на понижений частоті до складу попереднього підсилювача ПП включають або помножувач частоти, або змішувач.

Якщо ПП працює в імпульсному режимі, то залежно від рівня вихідної потужності імпульсна модуляція здійснюється або у вихідному каскаді, або також у проміжному підсилювачі. Якщо збуджувач виконаний на порівняно високому рівні потужності, то імпульсна модуляція може проводитися і у збуджувачі. Структурні схеми варіантів побудови багатокаскадних ПП наведені на рис. 2.3. та рис. 2.4.

На рис. 2.3 наведена структурна схема багатокаскадного ПП. Збуджувач передавача формує фазоманіпульований (ФМ) або частотно-модульований (ЧМ) сигнал на НВЧ і включає в себе кварцовий генератор, помножувач частоти (ПЧ), електронний перемикач (ЕП), перетворювач частоти і формувач ЧМ або ФМ сигналу.

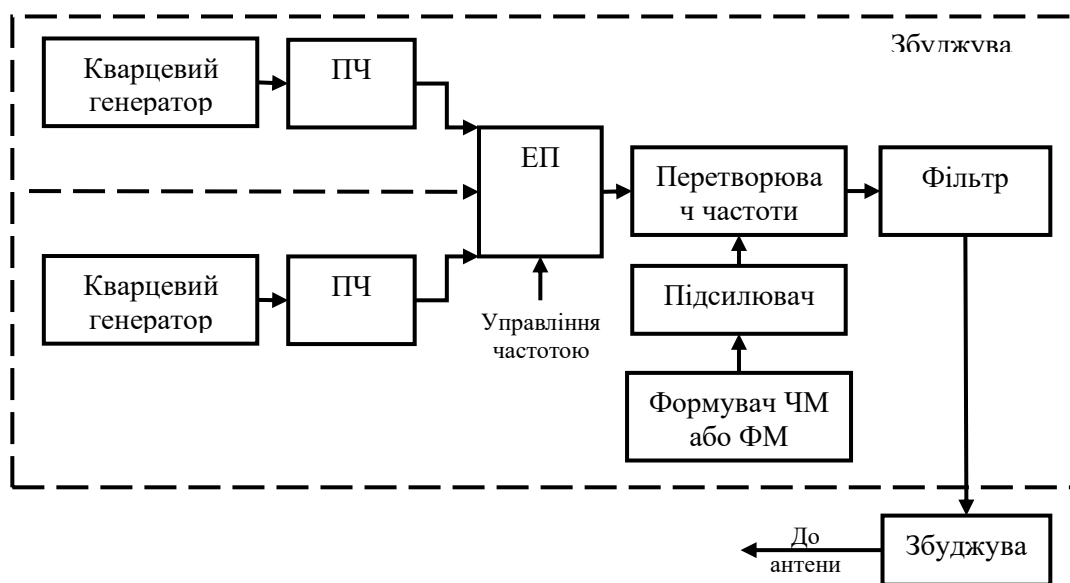


Рисунок 2.3 – Структурна схема багатокаскадного ПП з частотною модуляцією або фазовою маніпуляцією

Звичайно кварцовий генератор, виконаний на транзисторі, має декілька каскадів підсилення. Помножувач частоти також складається з декількох каскадів, що виконані на варикапах (варакторах). Між каскадами множення включають транзисторні підсилювачі та фільтри. Перетворювач частоти може

бути виконаний на напівпровідникових діодах, пролітних клістродах або ЛБХ. Формувач ЧМ і ФМ сигналів виконаний на проміжній частоті.

Якщо як перетворювач частоти використовується пролітний клістрон або ЛБХ, то ФМ або ЧМ сигнал після підсилення може бути поданий на 1-й анод клістрода або ЛБХ. У результаті амплітудної модуляції на виході клістрода або ЛБХ формується фазоманіпульований або частотно модульований сигнал на НВЧ. Якщо як перетворювач частоти використовується пролітний клістрон, то відпадає потреба у фільтрі на виході перетворювача. Роль фільтра виконують резонатори клістрода, які налаштовані на відповідну частоту НВЧ коливань.

У передавачі може бути здійснена електронна перебудова частоти. Це досягається застосуванням декількох кварцових генераторів і помножувачів частоти, сигнали яких подаються по черзі на перетворювач через електронний перемикач. Сигнал з виходу збуджувача підсилюється підсилювачами НВЧ. На виході підсилювачів включають феритові вентиля. Кварцові генератори можуть бути замінені синтезатором частоти, що формує сітку частот з використанням одного або декількох кварцових генераторів. Структурна схема багатокаскадного ПП де формування частотно-модульованого сигналу здійснюється на НВЧ, наведена на рис. 2.4.

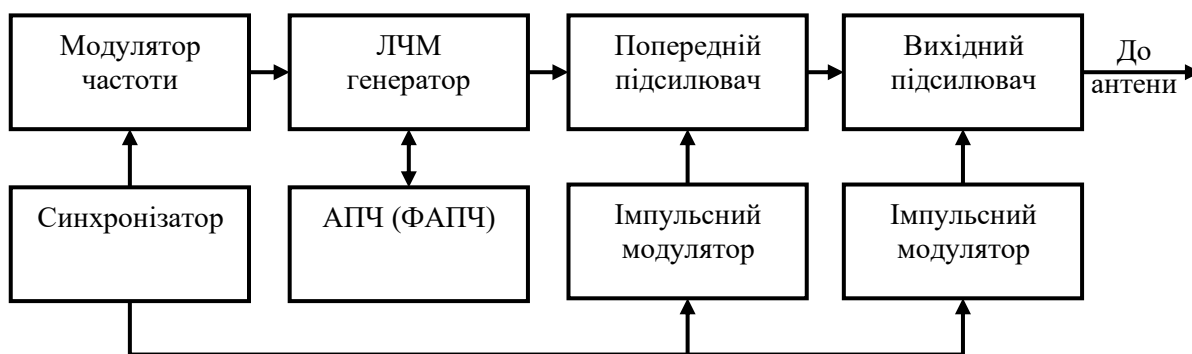


Рисунок 2.4 – Структурна схема багатокаскадного ПП з частотною модуляцією.

Як ЛЧМ генератор можуть бути використані тріодні генератори НВЧ та транзисторні генератори, генератори на ЛПД і діодах Ганна з електричним

перестроюванням частоти, відбивні клістри, ЛЗХ і магнетрони, що настроюються напругою. Для стабілізації частотних параметрів ЧМ сигналів зазвичай використовується фазове або частотне автопідстроювання частоти.

Перевагами цього передавача є висока стабільність несучої частоти.

Недоліками – необхідність використання великої кількості помножувальних та підсилюючих каскадів.

Висновки до розділу 2

1. Проведено порівняльний аналіз побудови та функціонування одно каскадних та багато каскадних передавальних пристроїв, які мають формувати безперервні сигнали без модуляції або з частотною модуляцією. Встановлено, що для формування безперервного сигналу підсвічування цілі для функціонування каналу самонаведення однокаскадні передавачі не можуть бути застосовані.

2. Показано, що для формування сигналу підсвічування цілі каналу самонаведення потрібно будувати передавальний пристрій за багатокаскадною схемою. Такий передавальний пристрій дозволяє здійснювати формування часової і частотної структури сигналу різними каскадами передавача.

3. Для розробки структурної схеми передавального пристрою підсвічування цілі каналу самонаведення необхідно в першу чергу визначити місце нового передавача у складі станції наведення ракет, сформулювати вимоги до сигналу підсвічування і оцінити ефективність впровадження розроблених пропозицій.

3 ТЕХНІЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОБУДОВИ ПЕРЕДАВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ПІДСВІЧУВАННЯ ЦІЛІ СТАНЦІЇ НАВЕДЕННЯ РАКЕТ ЗА БАГАТОКАСКАДНОЮ СХЕМОЮ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ КАНАЛУ САМОНАВЕДЕННЯ РАКЕТИ

3.1 Розробка структурної схеми передавального пристрою підсвічування цілі станції наведення ракет для забезпечення функціонування каналу самонаведення ракет.

Введення в ЗРК МД напівактивного каналу самонаведення не вимагає докорінної реконструкції засобів комплексу та ракети.

Для забезпечення головки самонаведення відбитим від цілі сигналом необхідно організувати підсвічування цілі. В якості антени підсвічування, каналу самонаведення вибрана антена передавача команд, яка жорстко з'юстована з приймально – передавальною антеною і приймальною антеною каналу візування цілі. Передавач підсвічування цілі має працювати в сантиметровому діапазоні, а передавач команд працює в дециметровому діапазоні, що дозволяє уникнути взаємного впливу каналів при одночасній їх роботі на одну антену.

Виявлення та супроводження цілі при стрільбі ракетами з ГСН буде здійснюватися штатним каналом візування цілі з використанням режимів супроводження АС, РС і ТВ – РС.

При такій схемі побудови комплексу з каналом самонаведення забезпечується як роздільне, так і спільне наведення на ціль командних ракет і ракет з ГСН.

Виходячи із зазначеного вище, а також із завдань, які покладаються на передавач підсвічування цілі, він може бути побудований за багатокаскадною схемою, має працювати в безперервному режимі з частотною модуляцією. Необхідність частотної модуляції і її вид буде показано нижче.

Технічні вимоги до передавача підсвічування цілі .

1. Передавальний пристрій повинен працювати на одній з фіксованих частот в діапазоні П 200МГц.

2. Вихідна потужність передавального пристрою бути не менше 1кВт.

3. Відносна стабільність частоти повинна бути не гірше $\pm 10^{-4}$.

4. Смуга пропускання передавача має бути не менше ± 5 МГц.

5. Відношення потужності сигналу до потужності частотних шумів на виході збуджувача має бути не гірше 70дБ/кГц в діапазоні доплерівських частот 5 ± 200 кГц.

6. Відношення потужності сигналу до потужності повних шумів на виході передавального пристрою має бути не гірше 100дБ/кГц в діапазоні доплерівських частот 5 ± 200 кГц.

7. Передавальний пристрій має працювати з частотною модуляцією при дивіації частоти $\Delta F_m = 25$ кГц і частотою модуляції $F_m = 64$ гц.

8. Частота вихідного сигналу передавального пристрою має бути нижче частоти збуджувача $f_{зб}$ на проміжну частоту $f_{пр} = 36$ мГц.

9. Подавлення комбінаційних частот $f_{зб} \pm n \cdot f_{пр}$ у вихідному сигналі передавального пристрою має бути не нижче 50дБ.

Виходячи з вимог до передавача підсвічування цілі каналу самонаведення ЗРК МД його структурна схема буде мати вид, приведений на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Структурна схема передавача підсвічування цілі каналу самонаведення

До складу передавача мають входити наступні елементи:

- збуджувач, призначений для формування малопотужного НВЧ сигналу на частоті $f_{зб}$, і який визначає частотний літер каналу підсвічування цілі та є одним із вхідних сигналів змішувача;
- змішувач, який служить для формування частотної структури вихідного сигналу передавального пристрою і на виході якого формується НВЧ сигнал частоти $f_c = f_{зб} - f_{пр}$;
- вихідний підсилювач, який призначений для підсилення по потужності вихідного сигналу передавача;
- частотний модулятор змішувача, який призначений для здійснення частотної модуляції сигналу передавача підсвічування цілі;
- блок рідинного охолодження;
- джерело живлення.

В якості збуджувача може бути обраний відбивний клістрон; який має мати наступні основні технічні характеристики:

- вихідна потужність P не менше 2вт;
- відношення потужності сигналу до потужності частотних шумів не нижче 70 дБ/кГц в діапазоні доплерівських частот від 5 кГц до 200 кГц;
- напруга живлення відбивача має бути $U_{\text{відб}} \leq 4$ кВ;
- охолодження відбивного клістрона – рідинне.

Так як у якості генератора НВЧ у збуджувачі передавача підсвічування цілі пропонується використати відбивний клістрон, то частота його сигналу має бути застабілізована системою автоматичного підстроювання частоти (АПЧ). Підстроювання має здійснюватися з точністю до фази і така система отримала назву фазової АПЧ (ФАПЧ).

До складу системи мають входити:

- кварцовий генератор, який формує високостабільний за частотою еталонний сигнал для системи ФАПЧ;
- помножувачі частоти на 2 і на N ;
- змішувач, на який подаються сигнали клістрона і сигнали з помножувача на N ;
- підсилювач проміжної частоти, в сигналі якого закладена величина відхилення частоти клістрона від номінального значення;
- фазовий детектор, на другий вхід якого подається сигнал опорної частоти від високостабільного кварцового генератора;
- підсилювач постійного струму;
- відбивний клістрон, частота $f_{\text{зб}}$ якого стабілізується.

Побудова системи ФАПЧ дозволяє забезпечити високу стабільність частоти сигналу клістрона. Відносна нестабільність сигналу при цьому не буде перевищувати $\pm 5 \cdot 10^{-6}$, а нестабільність за дві хвилини не буде перевищувати $\pm 5 \cdot 10^{-7}$.

Для формування частотної структури сигналу підсвічування цілі каналу самонаведення доцільно використати змішувальний пролітний клістрон. Це дозволяє застосувати на його виході НВЧ фільтри для подавлення

комбінаційних частот $f_c = f_{зб} \pm f_{пр}$ на низькому рівні потужності і забезпечити електромагнітну сумісність радіолокаційних засобів ЗРК.

Сигнал з виходу змішувача подається на вхід підсилювача потужності через вентиль, атенюатор 2 і НВЧ фільтр. Атенюатор 2 забезпечує встановлення на вході змішувального клістрону оптимальної вхідної потужності, при якій на його виході формується сигнал максимальної потужності. Перед входом підсилювача потужності встановлений направлений розгалужувач, який відводить частину малопотужного сигналу на додатковий рупорний випромінювач. Цей сигнал випромінюється у бік ракет з самонаведенням перед стартом і використовується для підстроювання бортового гетеродину ракети під частоту сигналу передавача підсвічування цілі.

В якості вихідного підсилювача потужності може бути застосований серійний прольотний клістрон, який у підсилювальному режимі має мати наступні основні характеристики:

- вихідна потужність не менше 1 кВт;
- відношення потужності сигналу до потужності повних шумів на виході не гірше 100 дБ/кГц в діапазоні доплерівських частот від 5 кГц до 200кГц;
- напруга анодного живлення $U_a \leq 8$ кВ;
- охолодження прольотного клістрона – рідинне.

Сигнал з виходу підсилювача потужності подається на антену передачі команд на борт ракети, на якій суміщено як канал підсвічування цілі, що працює у сантиметровому діапазоні хвиль, так і канал передавання команд керування для ракет з телекеруванням, який працює у дециметровому діапазоні.

До складу передавача підсвічування цілі каналу самонаведення (входить модулятор, який забезпечує частотну модуляцію сигналу передавача. Необхідність введення частотної модуляції пояснюється наступним. Якщо в каналі самонаведення використовувати монохроматичний сигнал, спектр якого приведено на рис. 3.2.

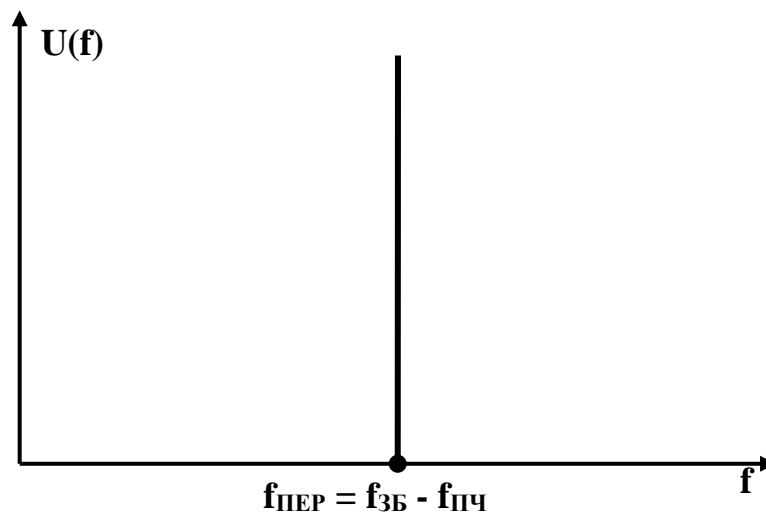


Рисунок 3.2 – Спектр монохроматичного сигналу передавача підсвічування цілі

При відсутності точної інформації про швидкість цілі процеси захвату і супроводження цілі ГСН ракети значно ускладнюються. Тим більше що захват здійснюється після старту ракети і виникає необхідність враховувати і доплерівський зсув частоти за рахунок швидкості ракети.

Для підвищення надійності захвату сигналу цілі головкою самонаведення ракети в передавачі застосовується частотна модуляція по синусоїдальному закону (рис.3.3.) з параметрами приведеними у технічних вимогах (девіації частоти $\Delta F_m = \pm 25 \text{кГц}$ і частотою модуляції $F_m = 64 \text{Гц}$).

В результаті частотної модуляції спектр сигналу передавача підсвічування цілі становиться дискретним (рис. 3.4).

Ширина спектра частотно модульованого сигналу складає не менше 50кГц, що дозволяє перекрити похибки цілеуказування ГСН ракети і забезпечити захват відбитого від цілі сигналу після старту ракети.

Ширина спектра частотно модульованого сигналу складає не менше 50кГц, що дозволяє перекрити похибки цілеуказування ГСН ракети і забезпечити захват відбитого від цілі сигналу після старту ракети.

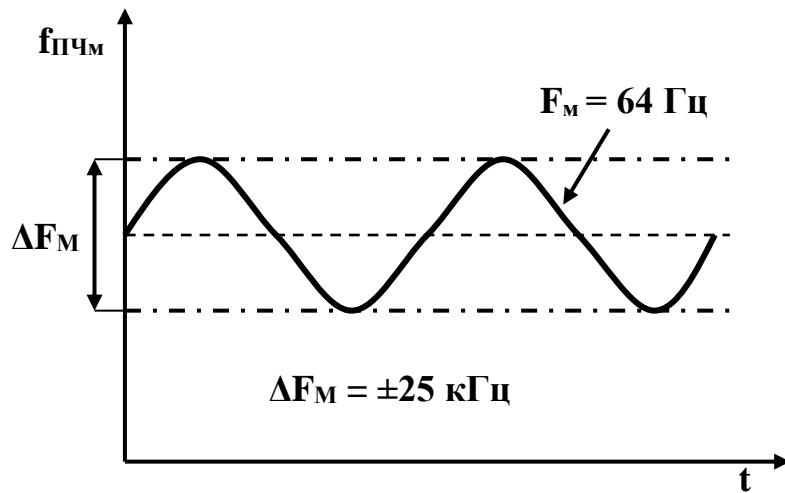


Рисунок 3.3 – Закон частотної модуляції сигналу передавача підсвічування цілі

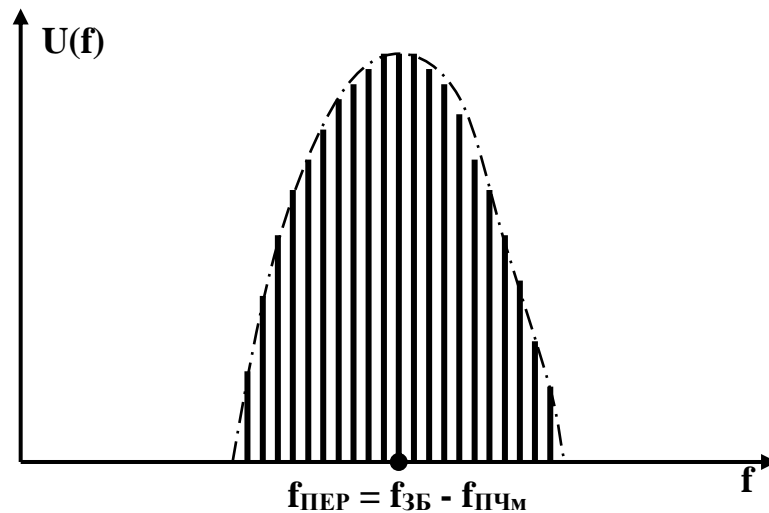


Рисунок 3.4 – Спектр частотно модульованого сигналу передавача

Конструктивно передавач підсвічування цілі має складатися із двох окремих вузлів. Вузол 1 – шафа живлення передавача, вузол 2 – шафа з приладами НВЧ, хвилевідними елементами і системою рідинного охолодження.

Система охолодження передавача має забезпечувати тепловий режим клістронів передавача в широкому діапазоні температур (–50 + 55 град.). У якості робочої рідини може використовуватися "антифриз-65". У робочому режимі передавач підсвічування з блоком термостатування буде споживати енергію приблизно 12кВт.

3.2. Оцінка ефективності провадження розроблених пропозицій

Оцінка ефективності впровадження приведених технічних пропозицій може бути здійснена на основі оцінки дальності захвату головою самонаведення ракети відбитого від цілі сигналу. При цьому потрібно вжити спеціальні заходи для забезпечення потрібного для нормальної роботи ГСН співвідношення потужності сигналу відбитого від цілі і потужності шуму передавача у смузі доплерівських частот на вході ГСН.

До таких заходів відносяться:

- вимоги до граничних рівнів амплітудних і фазових шумів передавача підсвічування цілі;
- вимоги до рівнів і форм основних і бокових пелюсток діаграм спрямованості антен ГСН і каналу підсвічування цілі;
- вимоги до взаємного розташування ГСН і передавача підсвічування цілі на момент захвату сигналу цілі ГСН і в умовах наведення ракети на ціль.

Проведемо оцінку умов, при яких забезпечується можливість захвату ГСН сигналу цілі при заданих характеристиках ГСН, передавача підсвічування цілі і антени каналу підсвічування цілі. Із вихідних даних до роботи маємо:

- потужність сигналу передавача підсвічування цілі $P_p = 1000\text{Вт}$;
- коефіцієнт підсилення антени каналу підсвічування цілі $G_p = 15\,000$;
- рівень першої бокової пелюстки діаграми спрямованості антени каналу підсвічування цілі – $(23 - 40)$ дБ (тобто коефіцієнт підсилення по боковій пелюстці буде складати $75 - 1,5$);
- рівень амплітудних і фазових шумів в сигналі передавача підсвічування цілі складає відповідно – $(130 - 140)$ дБ і – 100дБ ;
- шуми у діапазоні доплерівських частот;
- поляризація антени каналу підсвічування цілі – лінійна, вертикальна.

Спочатку потрібно визначити мінімальну відстань від СНР, на якій забезпечується захват ГСН відбитого від сигналу з урахуванням впливу прямого сигналу підсвічування цілі.

Мінімальна дальність між ракетою і передавачем підсвічування цілі на якій виконується умова захвату ГСН сигналу визначається із умови

$$r_p \geq (P_{\text{шпа}} G G_{\text{ГСНз}} \lambda^2 / 64\pi^2 P_{\text{шпадоп}}),$$

де: r_p – дальність між ракетою і передавачем підсвічування цілі, на якій виконуються умови захвату ГСН цілі;

$P_{\text{шпа}}$ – потужність шуму передавача підсвічування цілі у робочій смузі частот;

G – коефіцієнт підсилення антени підсвічування цілі, який складає 15 000 при знаходженні ГСН у головній пелюстці діаграми спрямованості і (75 – 1,5) – при знаходженні ГСН у боковій пелюстці;

$G_{\text{ГСНз}}$ – коефіцієнт підсилення антени ГСН при прийманні сигналу підсвічування із задньої півсфери;

λ – довжина хвилі, на якій працює канал підсвічування цілі;

$P_{\text{шпадоп}}$ – допустиме значення потужності шуму передавача підсвічування цілі у робочій смузі частот, яке складає $2 \cdot 10^{-17}$ Вт.

Розрахунки за приведеною формулою показують, що при знаходженні ГСН у боковій пелюстці діаграми спрямованості антени підсвічування цілі відстань між нею і передавачем підсвічування має складати

$$r_p = (100 - 450)\text{м},$$

а при знаходженні ГСН у головній пелюстці мінімальна відстань має бути

$$r_p = (3,5 - 6,0)\text{км}.$$

При виконанні умов захвату цілі ГСН після старту і приведених вище технічних характеристик передавача і антени каналу підсвічування цілі дальність захвату ГСН цілі може складати:

- по цілі з ефективною поверхнею розсіювання 1м^2 – 29км;
- по цілі з ефективною поверхнею розсіювання 2м^2 – 35км;
- по цілі з ефективною поверхнею розсіювання 5м^2 – 44км.

Висновки до розділу 3

1. На основі завдань, які покладаються на передавач підсвічування цілі каналу самонаведення ЗРК, визначено технічні вимоги до передавача. Показано, що передавач має формувати неперервний частотно модульований сигнал потужністю не менше 1кВт.

2. Досліджена структурна схема передавача підсвічування цілі та визначено перелік та призначення окремих його елементів. Показано, що передавач має складатися і трьох основних каскадів: збуджувача, змішувача та підсилювача потужності. Запропонована структурна схема системи стабілізації частоти збуджувача передавача підсвічування цілі. У якості системи АПЧ вибрана система фазової автоматичної підстройки частоти (ФАПЧ)

3. Оцінено дальність захвату цілі ГСН при отриманих характеристиках передавача каналу підсвічування цілі. Показано, що при виконанні умов захвату цілі ГСН після старту дальність захвату ГСН цілі може складати для цілей з ЕПР 1м, 3м і 5м відповідно 29км, 35км і 44км.

ВИСНОВКИ

Робота була направлена на дослідження можливості удосконалення одноканального ЗРК малої дальності за рахунок введення додаткового каналу самонаведення ракет.

Для досягнення поставленої мети в роботі виконано наступне.

1. Проведено аналіз побудови та функціонування передавача каналу візування цілі станції наведення ракет. Показано, що передавач побудований за класичною однокаскадною схемою і забезпечує тільки формування потужних імпульсних сигналів. Низька стабільність частоти сигналу магнетрона в передавачі станції наведення ракет не дозволяє його використання для формування сигналу підсвічування цілі у каналі самонаведення.

3. Проведено порівняльний аналіз побудови однокаскадних та багатокаскадних передавальних пристроїв, які мають формувати безперервні сигнали без модуляції або з частотною модуляцією. Встановлено, що для функціонування каналу самонаведення однокаскадні передавачі не можуть бути застосовані.

4. Показано, що для формування сигналу потрібно будувати передавальний пристрій за багатокаскадною схемою. Такий передавальний пристрій дозволяє здійснювати формування часової і частотної структури сигналу.

5. На основі завдань, які покладаються на передавач підсвічування цілі каналу самонаведення ЗРК, визначено технічні вимоги до передавача. Показано, що передавач має формувати неперервний частотно модульований сигнал потужністю не менше 1кВт.

7. Розроблена структурна схема передавача підсвічування цілі. Показано, що передавач має складатися і трьох основних каскадів: збуджувача, змішувача та підсилювача потужності. У якості системи АПЧ вибрана система фазової автоматичної підстройки частоти (ФАПЧ).

8. Оцінено дальність захвату цілі ГСН при отриманих характеристиках передавача каналу підсвічування цілі. Показано, що при виконанні умов захвату цілі ГСН після старту дальність захвату ГСН цілі може складати для цілей з ЕПР 1м, 3м і 5м відповідно 29км, 35км і 44км.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурцев В. В. Системотехнічні основи побудови та бойового використання комплексів і систем зенітного ракетного озброєння :навч. посіб. / В. В. Бурцев, – Х. : ХУПС, 2018. – 424 с.
2. Принципи побудови одноканального зенітного ракетного комплексу малої дальності: навч. посіб. / [В. В. Шулежко, В.В. Джус, М. І. Камчатний та ін.]; за заг. ред. М. І. Камчатного. – Х. : ХНУПС, 2019. – 320 с.
3. Довідник з протиповітряної оборони / [Торопчин А. Я., Романенко Ю. І., Даник Ю. Г. та ін.]. – К. : МО України, Х. : ХВУ, 2003. – 368 с.
4. Радіолокаційна системотехніка: навч. посіб. / [Багдасарян С.Т., Кулявець Ю.В., Шипіцин С.І.] – Харків: ХВУ, 2002. – 272 с.
5. Основи побудови радіолокаційних засобів розвідки повітряного простору: консп. лекцій / К.С. Васюта, О.В. Тесленко, В.М. Купрій та ін] – Харків; ХУПС, 2014.- 212 с.
6. Технічні пропозиції щодо введення в одноканальний ЗРК малої дальності канала самонаведення ракети / М.І. Камчатний, І.В. Помогаєв, Ю.В. Коробков; І.І. Чернушич]. – тези доповіді 16 НК ХНУПС, 2020. - с.264.
7. Технічні пропозиції щодо побудови каналу підсвічування цілі одноканального ЗРК малої дальності для реалізації напівактивного самонаведення ракет / М.І. Камчатний, О.Е. Стьопкін, Д.В. Кулішов; Д.О. Богатир]. – тези доповіді 16 НК ХНУПС, 2020 - 264.
8. Основи побудови багатоканальних зенітних ракетних систем малої дальності. Навч. посіб. / В.В. Бурцев, М.Я. Кузь. – Х.: ХВУ, 2001. – 82 с.
9. Радіотехніка. Навч. Посіб. /Ткач М.В. ЧНУ, 2010 – 108с.
10. Генерування та формування сигналів, Навч. посіб. /ЛПНУ, 2011- 171.с.
11. Приймально – передавальні пристрої радіотехнічних систем. Частина 1. Під загальною редакцією Ю.Н. Седешива. 2014 р., с.186.
12. Медведєв Ю.М. Теоретичні основи побудови ЗРК. Навчальний посібник. Ю. М. Медведєв, В.М. Клименко, В.Я. Головятенко – Х.: ХВУ, 1994.