

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА



ФАКУЛЬТЕТ ВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ

КАФЕДРА ВІЙСЬКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ

Керівник заняття

завідувач кафедри кандидат технічних наук, доцент
Глухов Сергій Іванович

2016 р.

**ПРЕДМЕТ:
ОСНОВИ ПОБУДОВИ
РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ**

**ТЕМА № 3. РАДІОПЕРЕДАВАЛЬНІ
ПРИСТРОЇ ЗАСОБІВ РАДІОЛОКАЦІЇ (ЗРЛ).**

**ЗАНЯТТЯ №1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО
ПЕРЕДАВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ. ОСНОВНІ
ТИПИ ПЕРЕДАВАЧІВ ТА ЇХ
ХАРАКТЕРИСТИКИ.**

ЗАНЯТТЯ №2. ІМПУЛЬСНІ МОДУЛЯТОРИ.

МЕТА ЗАНЯТТЯ

НАВЧАЛЬНА МЕТА:

- 1. Вивчити загальні відомості про РЛС.**
- 2. Вивчити основні характеристики РЛС.**
- 3. Розглянути вимоги, які висуваються до РЛС.**

ВИХОВНА МЕТА:

- 1. Виховувати у студентів культуру поведінки.**
- 2. Виховувати студентів у дусі патріотизму.**

НАВЧАЛЬНІ ПИТАННЯ І РОЗПОДІЛ ЧАСУ:

I. Вступна частина.....10 хв.

II. Основна частина.....220 хв.

Питання 1. Призначення, класифікація і характеристика передавальних пристроїв ЗРЛ.

Питання 2. Автогенератори.

Питання 3. Помножувачі частоти.

Питання 4. Підсилювачі потужності НВЧ - сигналів на клістродах.

Питання 5. Призначення, класифікація і характеристики імпульсних модуляторів.

Питання 6. Схеми побудови імпульсних модуляторів.

Питання 7. Аварійні режими роботи імпульсних модуляторів.

III. Заключна частина.....10 хв.

**ПИТАННЯ І
ПРИЗНАЧЕННЯ,
КЛАСИФІКАЦІЯ І
ХАРАКТЕРИСТИКА
ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ
ЗРЛ**

Передавальні пристрої призначені для одержання електромагнітних коливань, які можуть бути використані (передаватись на відстань у вигляді електромагнітних хвиль) з інформаційною або енергетичною метою.

Передавальні пристрої, які використовуються з інформаційною метою для передачі радіосигналів - називають радіопередавачами.

В передавальних пристроях за рахунок перетворення енергії джерела живлення створюються (генеруються) електромагнітні коливання певної частоти і потужності. Для одержання інформаційного сигналу електромагнітні коливання модулюються згідно з одним або декількома параметрами (амплітуді, фазі, частоті, поляризації).

Радіолокаційні передавальні пристрої (Прд. Пр) можна класифікувати згідно з наступними основними ознаками:

а) за діапазоном хвиль:

- метрові;
- дециметрові;
- сантиметрові;

б) за видом модуляції:

- амплітудна;
- імпульсна;
- частотна;
- фазова;
- амплітудно - імпульсна (АІМ);
- фазо-імпульсна (ФІМ);
- широтно-імпульсна(ШІМ);

в) за типом побудови генераторної частини:

- однокаскадні
- багатокаскадні.

Однокаскадні передавальні пристрої працюють в автоколивальних режимах з потужним автогенератором. Багатокаскадні передавальні пристрої - в режимах підсилення коливань з стороннім зовнішнім збудженням (задаючий генератор - підсилювач потужності).

г) за типом генераторного приладу:

- лампові (тріоди, тетроди) - НЧ;**
- магнетронні (НВЧ);**
- клістронні (НВЧ);**
- платинотронні (НВЧ) і інші;**
- напівпровідникові:**

1) транзисторні:

2) діодні:

а) тунельні діоди;

б) діоди Гана;

в) лавінопролетні діоди (ЛПД);

д) за потужністю:

- малої;
- середньої;
- великої;

е) за мобільністю:

- стаціонарні;
- пересувні (бортові);
- переносні.

Слід відмітити, що кожна класифікаційна група передавальних пристроїв має певну сукупність загальних особливостей і може бути предметом спеціального розгляду. Структурна схема однокаскадного імпульсного Пер. Пр. зображена на рис.1.

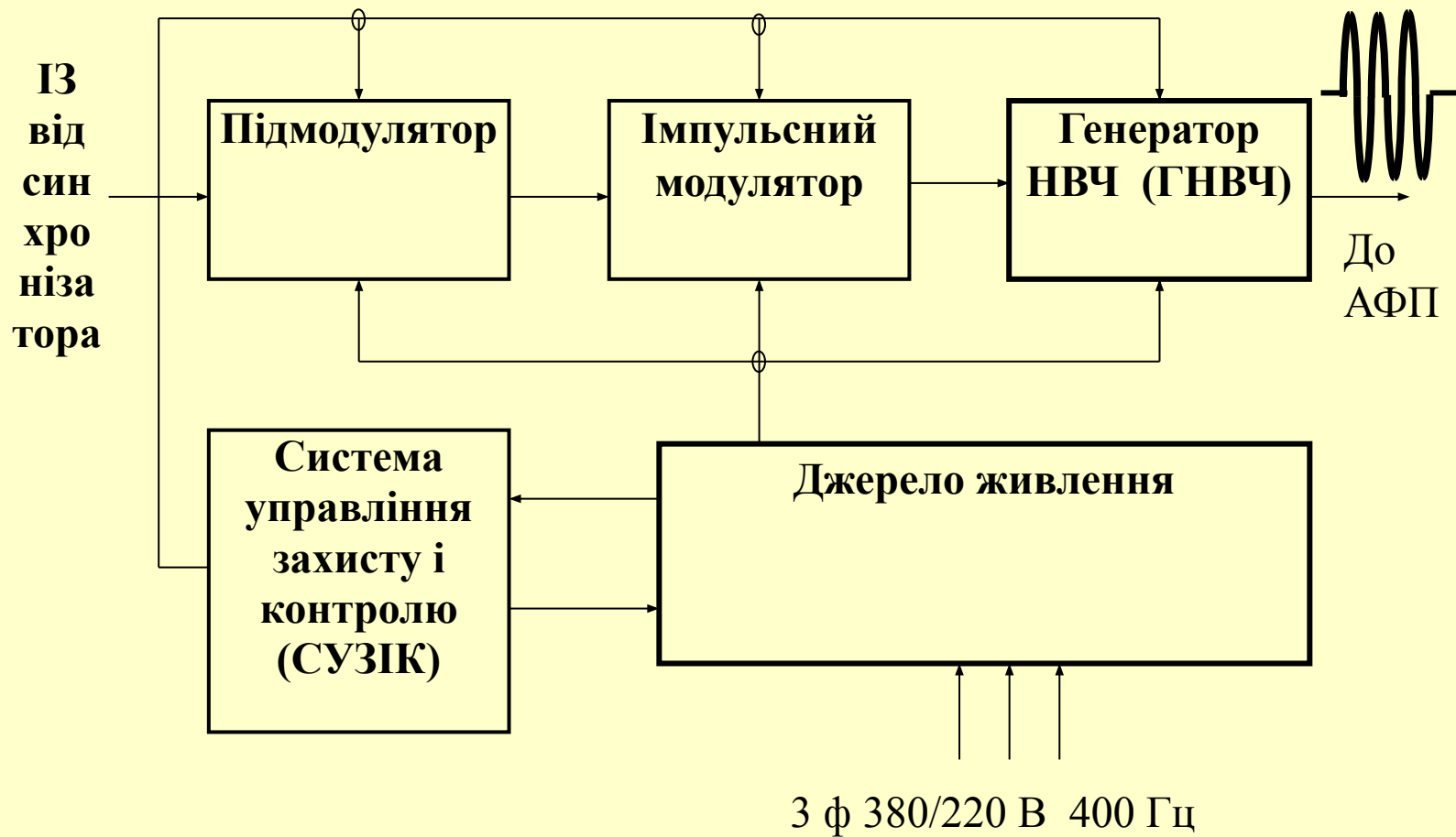


Рис.1.

В якості генераторів НВЧ можуть використовуватись лампові генератори: магнетрони, клістри, лампи зворотної хвилі (ЛЗХ) та інші. Генератор НВЧ (ГНВЧ) - коливач є важливим вузлом Прд. Пр. Крім ГНВЧ до складу однокаскадного Прд. Пр. входять:

- джерело живлення (ДЖ), яке забезпечує Прд. Пр. постійними та змінними напругами живлення, як низьковольтними, так і високовольтними;

- підмодулятор;

- ланцюги керування, захисту і сигналізації;

Крім того, до складу потужних Прд. Пр. можуть входити:

- система автоматичного підстроювання частоти АПЧ;

- система повітряного і рідинного охолодження (ПО, РО).

Часові діаграми роботи однокаскадного передавального пристрою наведені на рис. 2.

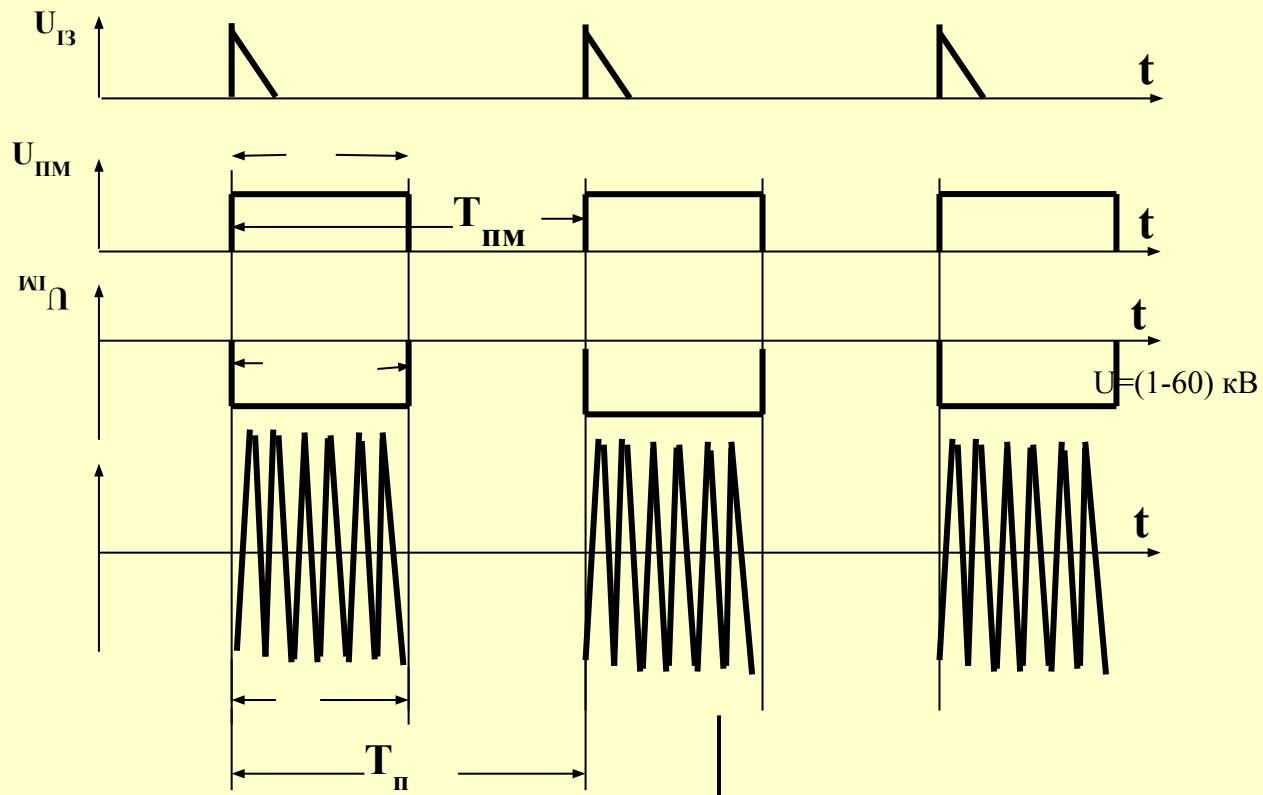


Рис.2.

Багатокаскадні Прд. Пр будуються по схемі, зображеній на рис. 3. Вихідний генератор багатокаскадного Прд. Пр. працює у режимі підсилення, а слід збуджується від стороннього джерела високостабільних (по амплітуді, частоті і фазі) коливань НВЧ - збуджувача.

Збуджувач (рис. 3) у своєму складі має:

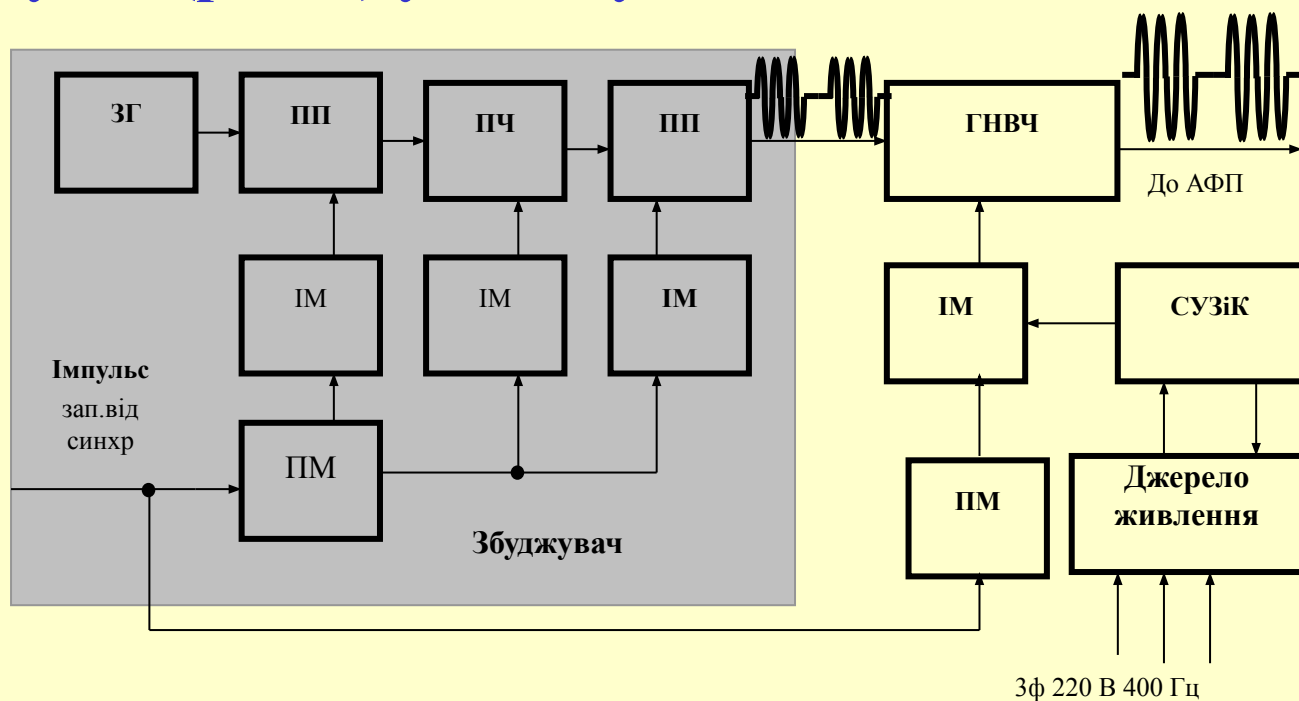


Рис. 3. Структурна схема багатокаскадного передавального пристрою

Структурна схема задаючого генератора зображена на рис. 4 і складається з:

- автогенератора з високою стабільністю частоти (тріоди, стабілітрони, кварцові автогенератори);
- змішувача частот $f_3 = f_{\Gamma} + f_{\text{ПЧ}}$;
- генератора ($f_{\text{ПЧ}}$);
- помножувача частоти (ПЧ);
- підсилювача потужності (ПП) (при необхідності).

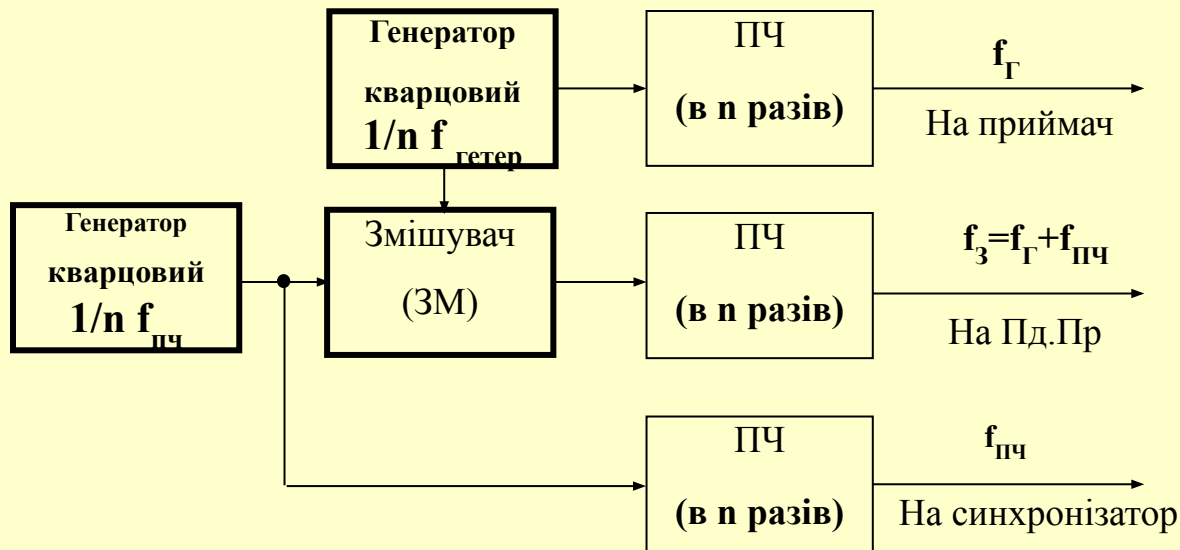


Рис. 4. Структурна схема задаючого генератора

Конструктивні характеристики генераторних приладів.

1. Напруга на аноді (U_a), колекторі - визначає розміри і вартість джерела живлення і імпульсного модулятора, а також інтенсивність рентгенівського випромінювання. Тому в деяких випадках необхідно застосовувати спеціальні заходи захисту особового складу.

2. Коефіцієнт підсилення приладу (K_p) - визначає, як правило, ступінь складності ланцюга підсилювача.

- 3. Коефіцієнт корисної дії (ККД) - визначає масу і вартість Прд. Пр, пред'являє високі вимоги до систем ПО (повітряне охолодження), РО (рідинне охолодження) і потужності первинних джерел живлення.**
- 4. Інтенсивність паразитних коливань і шумів - визначає необхідність застосування спеціальних заходів з метою їх зниження на виході тракту на передачу.**
- Орієнтовні границі максимальних потужностей різних типів генераторів у неперервному режимі роботи в залежності від діапазону довжини хвиль показані графічно на рис. 5.**

Питання 1. Призначення, класифікація і характеристика передавальних пристроїв ЗРЛ.

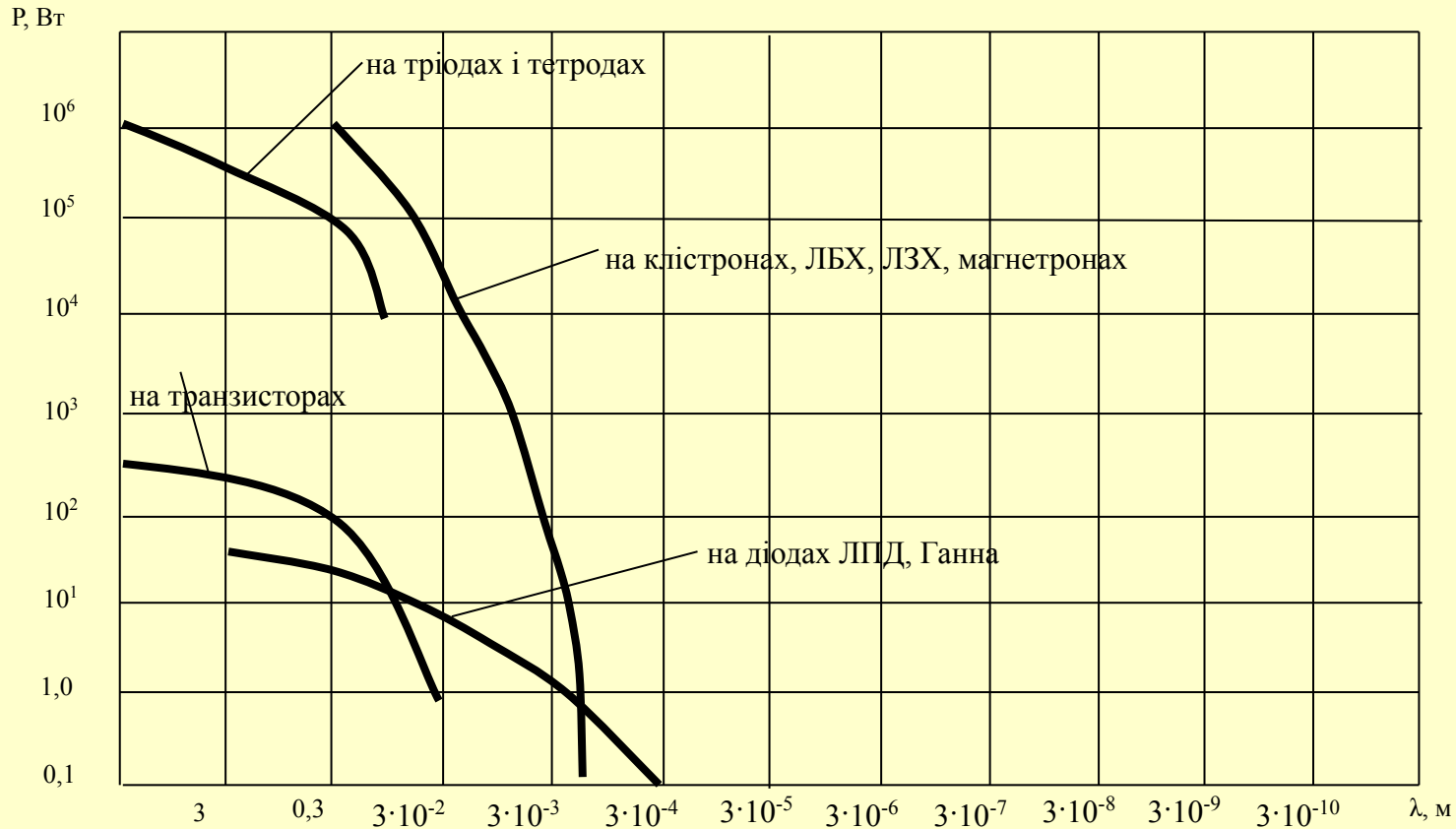


Рис.5

Більш повні характеристики деяких основних типів електронних генераторів і підсилювачів потужності показані в таблицях 1 та 2.

Потужні автогенератори

Тип генератора	Діапазон, см	Діапазон перестроювання		Середнє значення	
		механіч.	електрон.	К.К.Д, %	P_i, МВт
Тріодні генератори	200-500	50	-	50	до 1
Магнетронні	30-1	10	-	30-70	до 10
Клістронні	30-0,1	15	-	6-15	до 10
Стабілітронні	50-1	10	-	60	до 10
ЛЗХ М-типу	30-1,5	-	15	40	до 0,1
Транзисторні	10-5	до 50	30	30-50	до 0,001
ЛПД	30-0,3	до 50	30-40	10-20	до 0,01
Діоди Гана	10-0,5	до 50	30-40	20-12	до 0,001

Потужні підсилювачі

Таблиця 2

Тип генератора	Діапазон, см	Смуга Пропускання, Δf	K_{Π} , дБ	К.К.Д., %	P_i , МВт
Тріодні генератори	200-500	1-5	5-10	50	5
Магнетронні	100-1	10	10-20	60	до 10 і >
Клістронні	150-1	1	40	40	40
ЛБХ	100-0,6	10	30	30	5
Амплітронні	50-1,5	10	3-10	60-70	10
Транзисторні	10-1,5	10	5-10	30-50	0,001
ЛПД	7-0,4	10	5-10	3-18	0,001
Діоди Гана	8-0,7	10	10-30	2-12	0,0001

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРД. ПР.

1. Імпульсна потужність (P_i). Визначає дальність дії РЛС (разом з F_p , T_i), дальність розвідки противником, а також вимоги до електричної міцності АФП і впливає на перешкодозахищеність РЛС в умовах дії АШП, визначає вимоги до джерел живлення.

2. Середня потужність ($P_{сер}$).

3. Потужність, яка витрачається ($P_{витр}$) - визначає вимоги, які висуваються до первинних і вторинних джерел живлення (габарити, потужність та ін.), а слід визначає час готовності РЛС та її мобільність.

4. Час готовності ($t_{гот}$) - визначає час готовності РЛС і залежить від часу готовності первинних джерел живлення та від часу готовності генераторного приладу.

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРД. ПР.

5. Відносна нестабільність несучої частоти (може бути $\Delta f \leq 10^{-4}$) істотно впливає на перешкодозахищеність РЛС (іншими словами на ефективність подавлення пасивної перешкоди (ПП) в системах селекції рухомих цілей (СРЦ).
6. Ширина основної пелюстки ЗС. Визначається на рівні 0,25 амплітуди в [МГц] - визначає розмір імпульсного об'єму РЛС і впливає на роздільну спроможність δД, а також на перешкодозахищеність РЛС в умовах пасивної перешкоди (ПП) та точність вимірювання дальності.
7. Амплітуда бічних пелюсток енергетичного спектру [%] - визначає перешкодозахищеність РЛС.
8. Тривалість ЗС (τ і.) визначає енергію імпульсу ($E_i = P_i \cdot \tau_i$, Г, МП).

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРД. ПР.

9. Довжина хвилі (λ).

10. Діапазон перестроювання - визначає можливість РЛС при роботі в умовах АШП, тобто перешкодозахищеність.

ПИТАННЯ II

АВТОГЕНЕРАТОРИ



Рис. 6. Структурна схема автогенератора

До складу автогенератора входять: коливальна система, джерело постійної напруги, елемент підсилення, який перетворює енергію джерела постійної напруги в енергію НВЧ - коливань, ланцюг ЗВЗВ, який забезпечує передачу напруги з виходу автогенератора на вхід підсилувача.

АГ генерує постійні за амплітудою незатухаючі коливання тільки при певних умовах:

- 1) коли виконується баланс амплітуд вимушених і власних коливань;
- 2) коли виконується баланс фаз вимушених і власних коливань.

Таким чином, такий АГ створює коливання тільки при одночасному виконанні балансу амплітуд і балансу фаз, що залежить від правильного вибору параметрів ланцюга ЗВЗВ. АГ можуть функціонувати в двох режимах самозбудження:

- м'яке самозбудження (рис. 9);
- жорстке самозбудження (рис. 10).

Питання 2. Автогенератори

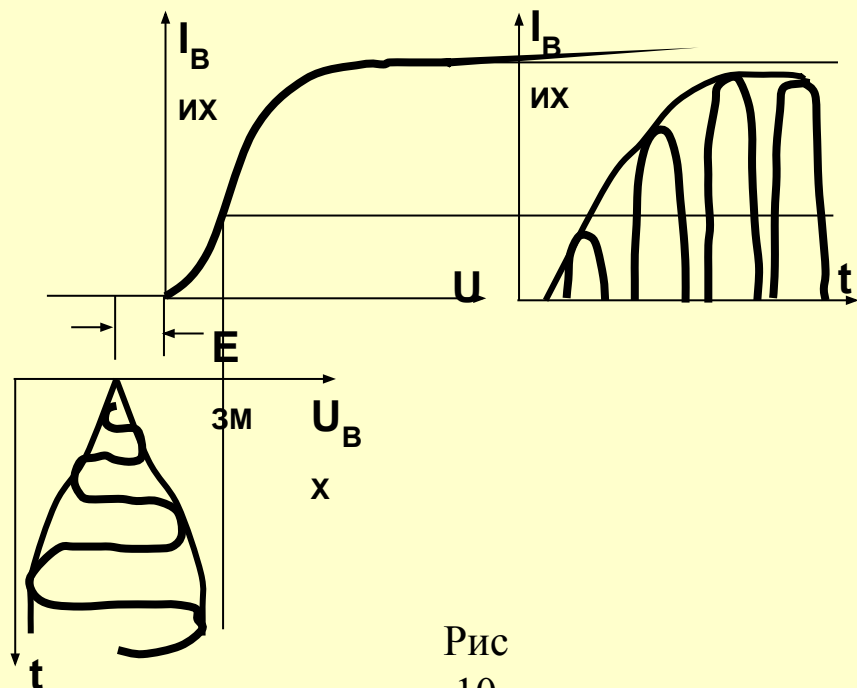


Рис
.10

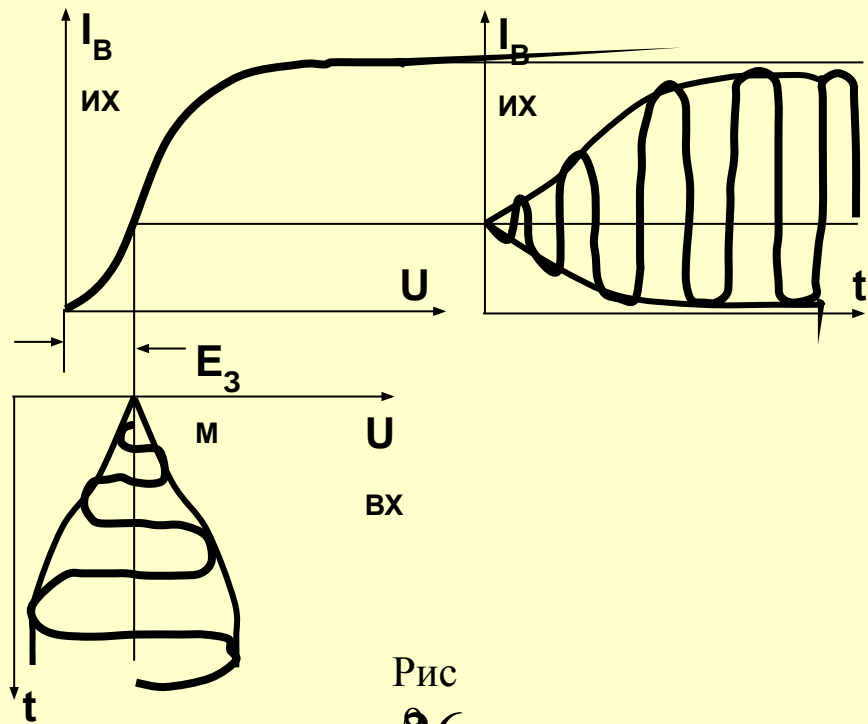


Рис
.26

ПИТАННЯ ІІІ

ПОМНОЖУВАЧІ ЧАСТОТИ

ПОМНОЖУВАЧІ ЧАСТОТИ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Помножувачі частоти на транзисторах будуються за схемою генератора з незалежним збудженням (підсилювач потужності). Будь-який підсилювач потужності шляхом перестроювання його коливального контуру і деякої зміни режиму роботи можна перетворити у помножувач частоти. Вихідний контур помножувача частоти, настроюється не на першу гармоніку вхідних коливань, як у підсилювачі потужності, а в залежності від ступеня помноження на другу, третю і так далі, гармоніки. Режим роботи помножувача частоти повинен забезпечувати максимальне значення тієї гармоніки струму у навантаженні (R_n), яке відповідає ступеню множення частоти. Основними параметрами будь-якого помножувача частоти є:

- а) коефіцієнт множення - n ;
- б) вихідна потужність - $P_{\text{вих}}$ (на f_1);
- в) вихідна потужність - $P_{\text{вих}}$ (на nf_1);
- г) рівень подавлення побічних складових у спектрі вхідного сигналу:

де P_n - вихідна потужність на nf_1 ;

д) смуга робочих частот: $f = f_v - f_n$;

Для транзисторних помножувачах частоти енергетичні параметри:

- коефіцієнт підсилення потужності:

$$K_P = P_{вих} / P_{вх};$$

- коефіцієнт корисної дії:

$$\eta = P_{вих} / P_{витр} \text{ (від джерела постійного струму).}$$

Для діодних помножувачів частоти:

- коефіцієнт перетворення:

$K_{пер} = P_{вих} / P_{вх}$, може досягати 60-70%, тому їх застосовують у потужних каскадах Пд. Пр. На рис.24 показана типова схема транзисторного помножувача частоти з $n=2$.

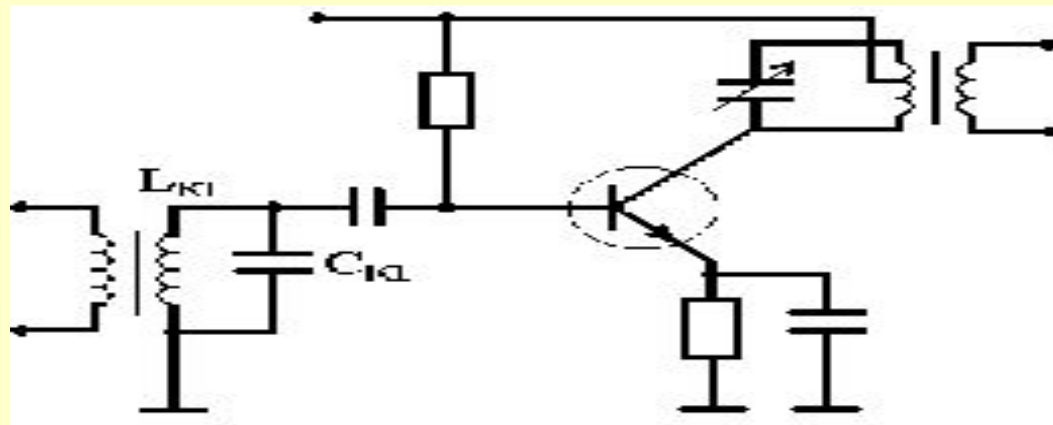


Рис.24

Для одержання потрібної частоти застосовують ланцюги підсилювачів помножувачів. Однак з підвищенням частоти коливань і з переходом в область, де інерційні властивості транзисторів проявляються сильніше ефективність таких помножувачів різко падає, що суттєво обмежує їх практичне застосування. ККД транзисторних помножувачів різко падає зі збільшенням номера гармоніки. Помножувачі частоти на транзисторах практично застосовують на частотах 1500-2000 МГц.

ПОМНОЖУВАЧІ ЧАСТОТИ НА ДІОДАХ

В діодних помножувачах застосовуються напівпровідникові діоди спеціальної конструкції, які під дією напруги змінюють ємність закритого р-п переходу. Такі діоди називають варакторами (параметричні діоди).

Вони працюють на частотах 0.5-1ГГц...8-12ГГц, де робота транзисторних помножувачів вже не ефективна. Варактори працюють при великих амплітудах ВЧ - сигналу і забезпечуються корпусом з добрим тепловідводом.

Залежність ємності від зворотної напруги нелінійна і визначається за формулою:

$$C_U = C_0 \left(\frac{\varphi_K}{\varphi_K + U} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad q = CU \quad i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(CU)}{dt}$$

де C_U - ємність діода при зворотній напрузі;

C_0 - ємність діода при нульовій напрузі;

φ_K - контактна різниця потенціалів (залежить від типу р-п переходу 0,3...0,96);

γ - коефіцієнт, яркий характеризує ступінь переходу (плавний $\gamma=3$).

Принцип дії діодного помножувача полягає в тому, що при подачі на діод змінної напруги буде змінюватись величина заряду на ємності діода:

ПИТАННЯ ІV

ПІДСИЛЮВАЧІ ПОТУЖНОСТІ НВЧ - СИГНАЛІВ НА КЛІСТРОНАХ

В Прд. Пр. НВЧ - діапазону застосовують електровакуумні і напівпровідникові прилади (елементи). В якості приладів НВЧ великої потужності в даний час застосовуються клістроци.

КЛІСТРОЦИ РОЗДІЛЯЮТЬ НА: ПРОЛІТНІ І ВІДБИВНІ.

Пролітні клістроци за призначенням розділяють на: підсилювальні, генераторні, помножуючі. Крім того, клістроци класифікують згідно з числом резонаторів (двох, трьох, чотирьох і т.д.). Якщо в клістроци число резонаторів більше двох, то його називають багаторезонаторним. Частіше всього зустрічаються і знаходять велике застосування багаторезонаторні пролітні клістроци в якості підсилювачів потужності.

Відбивні клістри - малопотужні НВЧ-генератори, які застосовуються в схемах задаючих генераторів. В даний час вони знаходять все менше застосування в техніці НВЧ діапазону.

Клістри - це електровакуумні прилади НВЧ, в яких модульований НВЧ полем з потужності електронний потік передає кінетичну енергію електронів НВЧ полю резонатора. Взаємодія електронів з НВЧ полем здійснюється протягом короткого проміжку часу. Будова трьохрезонаторного клістрина показана на рисунку 26. Електронний потік, який виходить з електронного випромінювача, переміщується під дією різниці потенціалів між катодом і колектором. Фокусування потоку здійснюється магнітним полем соленоїда. Всі резонатори, звичайно, настроюють на однакові частоти. В першому резонаторі електронний потік модулюється з швидкості НВЧ полем, яке подається на вхід клістрина.

Питання 4. Підсилювачі потужності НВЧ - сигналів на клістронах



Рис.26

Питання 4. Підсилювачі потужності НВЧ-сигналів на клістродах

В просторі дрейфу між першим і другим резонаторами модуляція електронного пучка з швидкості перетворюється в модуляцію з площини. Електронний потік переміщуючись в другому резонаторі збуджує в ньому НВЧ - коливання. Потужність цих коливань при певних конструкційних параметрах і режимі роботи клістрода значно більше, ніж в першому, а також добротність цих (проміжних, холостих) резонаторів значно більша (1000 і більше) ніж вхідного і вихідного за рахунок того, що вони не навантажені.

Таким чином, в другому резонаторі здійснюється поглиблення модуляції електронного потоку з швидкості, яка в наступному просторі дрейфу (між другим і третім вихідним резонаторами) перетворюється в модуляцію з щільності. В багаторезонаторному клістріні досягається краще групування електронного потоку в згустки, що приводить до збільшення ККД і КП приладу.

Електронний потік, модульований з щільності, енергія якого зростає від резонатора до резонатора, в останньому резонаторі збуджує НВЧ-коливання, амплітуда яких досягає максимальної величини при гальмуванні електронного потоку в НВЧ-полі цього резонатора, тобто за рахунок віддачі кінетичної енергії електронів НВЧ-полю.

Таким чином, одержані потужні НВЧ коливання через вихідний пристрій подаються в антенно-фідерну систему.

Для забезпечення доброго каскадного групування електронного потоку проміжні резонатори клістрона повинні бути розстроєні по відношенню до частоти вхідного сигналу, причому в сторону більш високих частот.

Настроювання резонаторів буде визначати ширину смуги пропускання клістрона. Розрізняють клістриони згідно з методом настроювання:

- а) клістриони з синхронною настройкою, які мають дуже вузьку смугу пропускання (рис.27,а);
- б) клістриони, резонатори яких настроєні на близькі частоти, мають більш широку смугу пропускання (рис.27,б).

Як правило, на практиці кількість резонаторів $N \leq 8$, так як збільшення числа резонаторів ускладнює конструкцію, настройку, підвищує вірогідність самозбудження. При цьому загальний КП такого клістрона буде визначатись емпіричним виразом

Питання 4. Підсилювачі потужності НВЧ - сигналів на клістронах

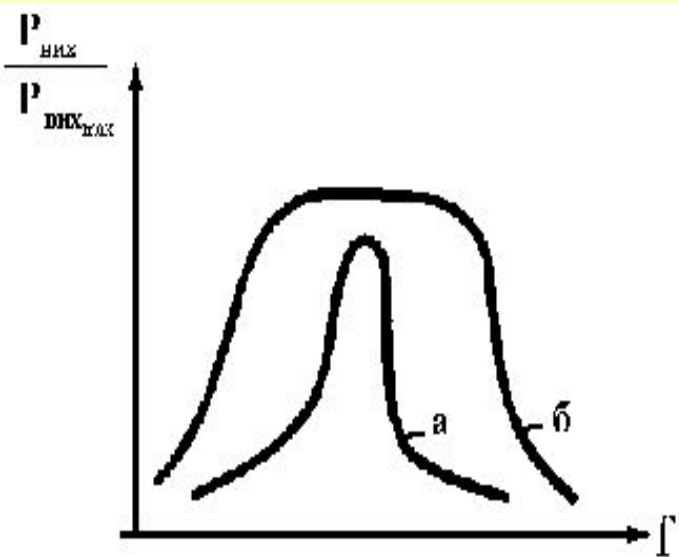


Рис.27. АЧХ клістронів

Настроювання резонаторів буде визначати ширину смуги пропускання клістрона. Розрізняють клітрони згідно з методом настроювання:

а) клітрони з синхронною настройкою, які мають дуже вузьку смугу пропускання (рис. 27, а);

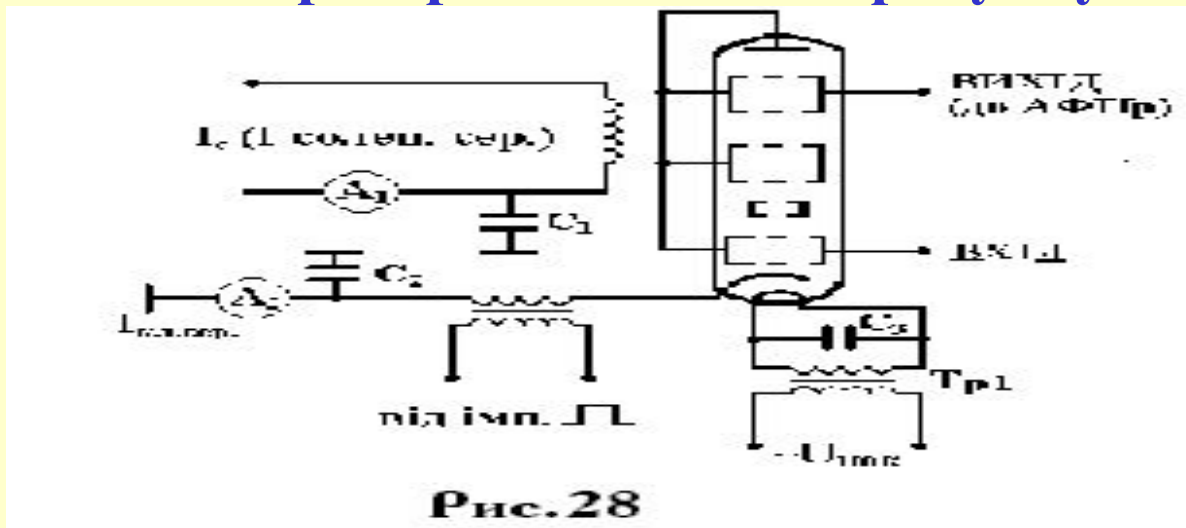
б) клітрони, резонатори яких настроєні на близькі частоти, мають більш широку смугу пропускання (рис. 27, б).

Вихідна потужність сучасних клістронів знаходиться в межах від долів Вт до 100МВт, тому клітрони розділяють на:

- а) клітрони малої потужності (до 10кВт);
- б) клітрони середньої потужності (до 1МВт);
- в) потужні клітрони (1-100МВт);
- г) надпотужні клітрони (>100МВт).

ККД сучасних клістронів 40% і більше. Стабільність частоти ПД. Пр з клістронними генераторами може бути високою, так як визначається стабільністю частоти збуджувача.

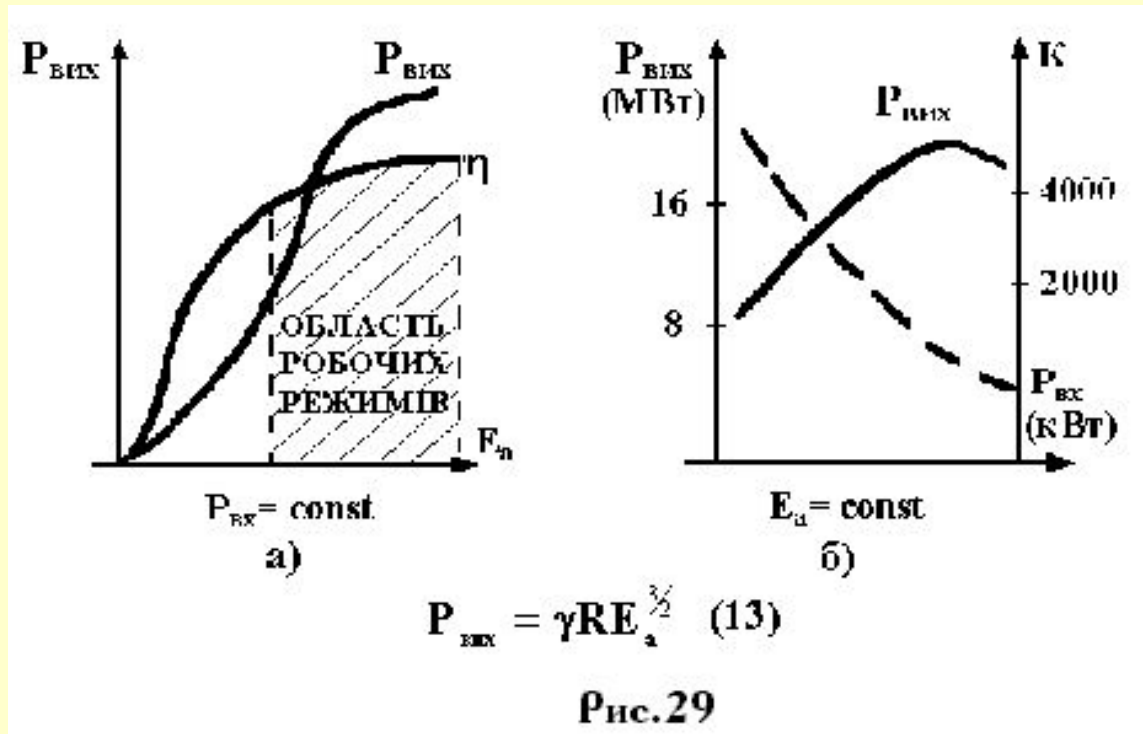
Маса, габарити, Р витрач. клістронних генераторів (крім самих клістронів) визначається фокусуючою системою. Фокусуючі системи можуть бути: електромагнітні і електростатичні. КП у клістронів з електростатичною фокусуючою системою такий, як і у клістронів з магнітним фокусуванням. Електромагнітні фокусуючі системи мають трохи більший ККД. Це пояснюється тим, що відпрацьовані (повільні електрони, які віддали свою енергію ЕМ полю) вилучаються із загального потоку. Вони осідають на стінках вихідного резонатора, збільшуючи цим його струм. Схема клістронного генератора наведена на рисунку 28.



Характеристики пролітних клістронів.

Робочою характеристикою клістрона

називають залежність РВИХ. від анодної напруги E_a (рис.29,а) при постійній потужності збудження.



ПИТАННЯ V

ПРИЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ І ХАРАКТЕРИСТИКИ ІМПУЛЬСНИХ МОДУЛЯТОРІВ

Імпульсний режим роботи Прд. Пр здійснюється шляхом подачі на генераторний прилад в потрібний момент часу імпульсів напруги, які формуються імпульсним модулятором. Таким чином, для формування послідовності зондувальних сигналів необхідно сформувати послідовність імпульсів, які описуються наступними параметрами:

- а) амплітудою модулюючих імпульсів – U_{MI} ;
- б) тривалістю модулюючих імпульсів – τ_{MI} ;
- в) частотою повторення MI – $F_{п=1/T_{п}}$;
- г) фазою MI (відносно несучої) – φ_{MI} .

Рис.1. Види імпульсної модуляції

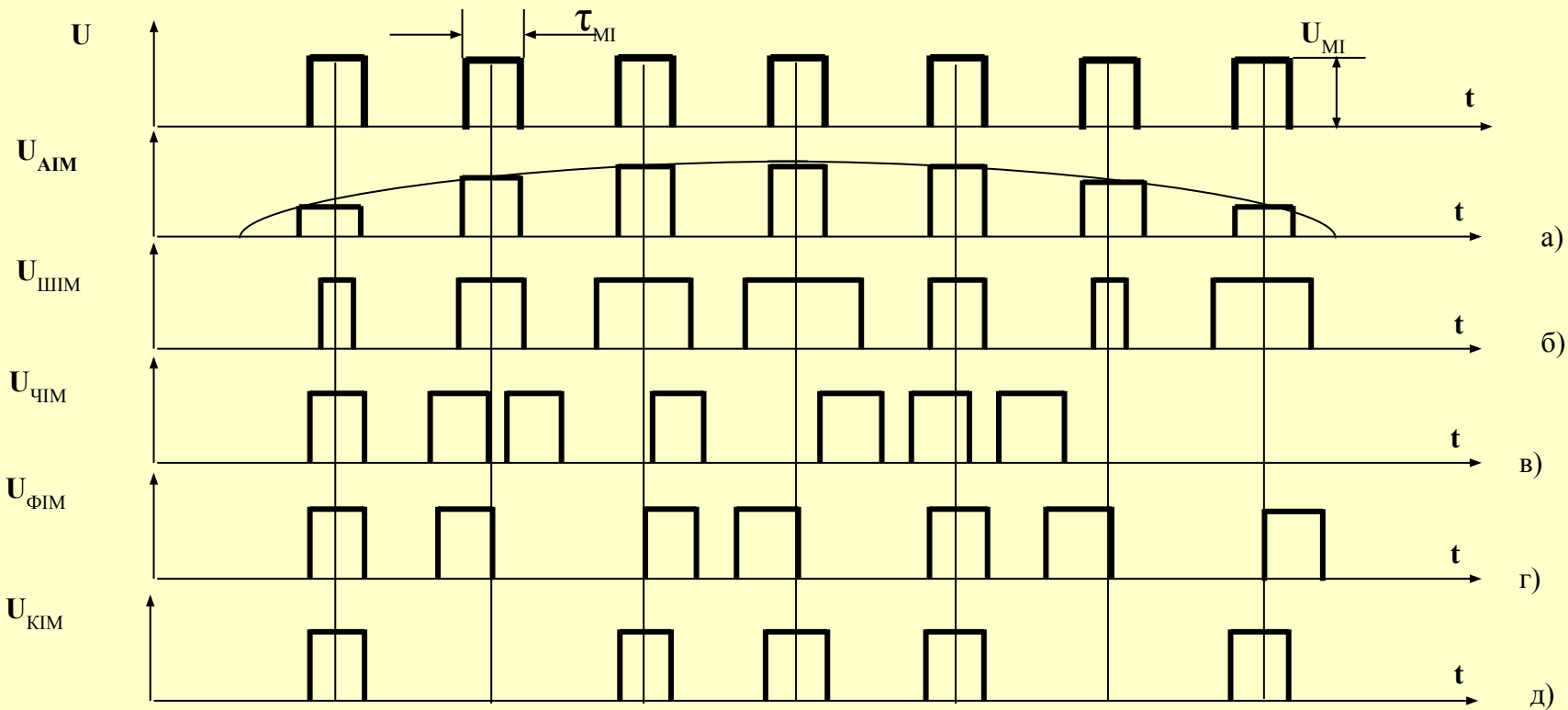


Рис. 1. Види імпульсної модуляції

Змінюючи один із параметрів у відповідності з модулюючою функцією, можна здійснити наступні види імпульсної модуляції: а) амплітудно - імпульсна (АІМ); б) широтно - імпульсна (ШІМ); в) частотно - імпульсна (ЧІМ); г) фазо - імпульсна (ФІМ); д) кодово-імпульсна (КІМ), змінна послідовність імпульсів в групі.

Види імпульсної модуляції показані на рис.1,а,б,в,г,д – відповідно.

В радіолокації, як правило, застосовують системи з прямокутними короткими імпульсами $F_{PI} = 500...2000$ Гц, $P_{IM} = 0,01...10$ МВт.

Використовування прямокутних імпульсів (імпульсів прямокутної форми) постійної амплітуди дає наступні переваги:

- 1) точну фіксацію часу приходу імпульсу до індикаторного пристрою (а значить точність визначення дальності до об'єкту), перешкодозахищеність;
- 2) постійність режиму роботи електронних приладів в границях тривалості імпульсу - τ_{MI} ;
- 3) найбільшу енергію імпульсів при заданій амплітуді, тобто найбільшу дальність визначення та ін.

Таким чином, відхилення від прямокутної форми імпульсів розцінюється як одна із форм спотворень. Ступень відхилення характеризується наступними параметрами:

- тривалістю фронту MI (MI);
- тривалістю спаду MI (MI);
- нестабільністю амплітуди MI (ΔU), які показані на рис.2.

Питання 5. Призначення, класифікація і характеристики імпульсних модуляторів.

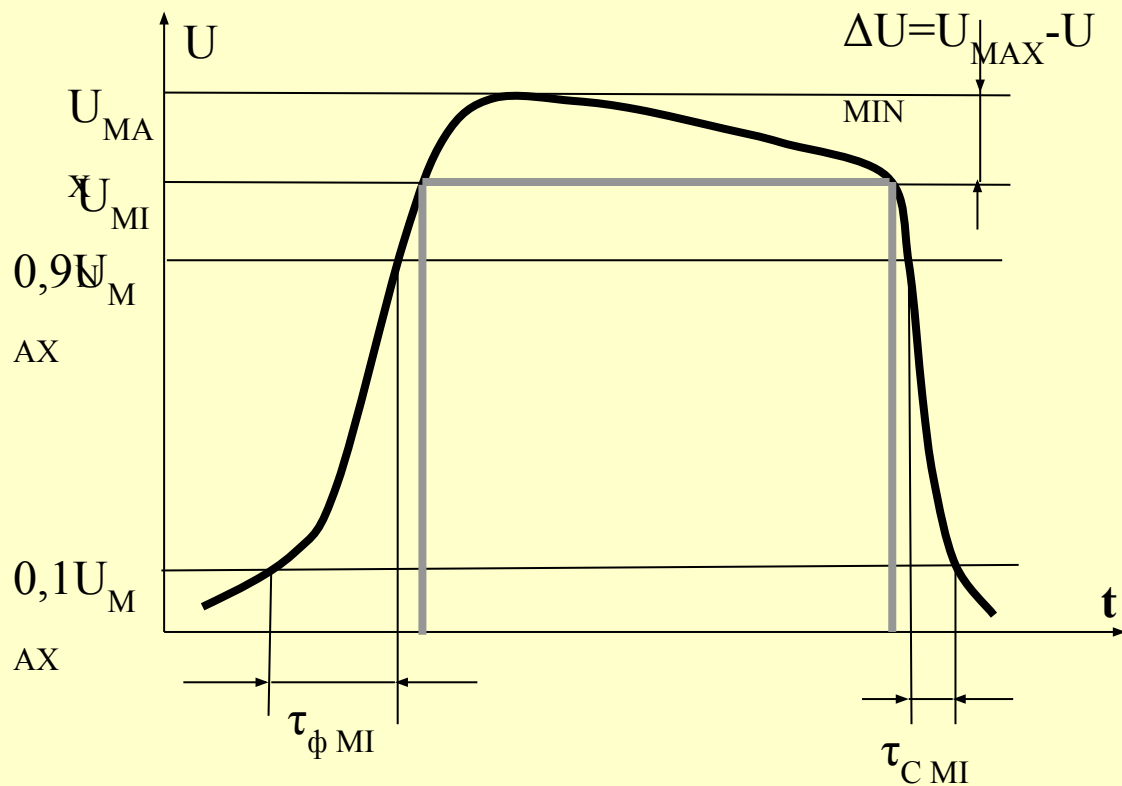


Рис. 2. Вигляд і параметри прямокутного імпульсу

Таким чином, імпульсними модуляторами (ІМ) називаються – радіотехнічні (імпульсні) пристрої, які призначені для керування обвідною коливаних несучої частоти генераторів НВЧ.

Призначення ІМ полягає в тому, щоб підключити на час проходження імпульсу джерело живлення до генератора НВЧ (підсилювача потужності). При цьому створюється висока різниця потенціалів між анодом і катодом ГНВЧ. Це забезпечує генерування НВЧ - коливаних несучої частоти великої потужності, або їх підсилення на час, який рівний тривалості ІМ, рис.3.

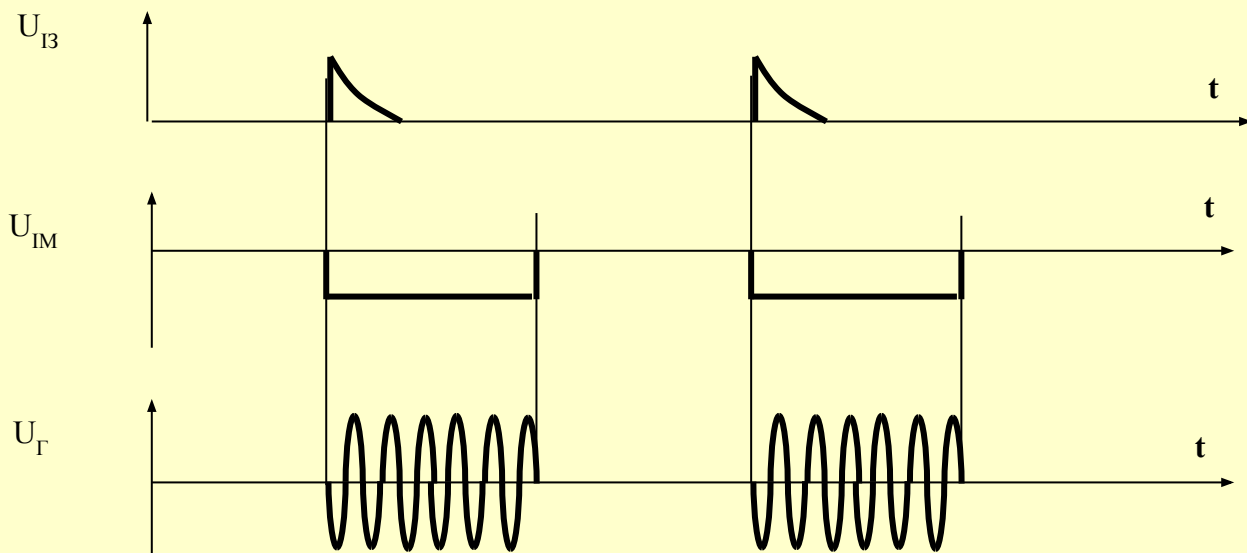


Рис. 3. Часові діаграми роботи передавального пристрою

Тому в радіолокації застосовують імпульсні модулятори з накопичувачами енергії, а між ІМ і ГНВЧ для створення МІ великої амплітуди встановлюють імпульсні трансформатори (ІТ). До складу імпульсного модулятора з накопичувачем входять наступні елементи: обмежуючий елемент, накопичувач енергії, комутуючий пристрій. Такий імпульсний модулятор в однокаскадному Прд. Пр показаний на рис. 4.

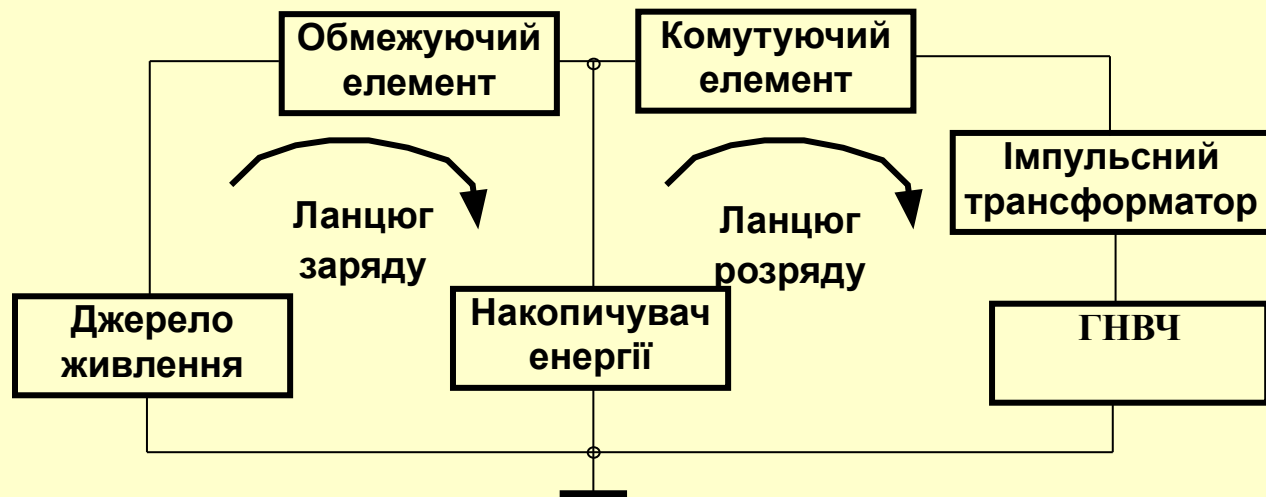


Рис. 4. Структурна
схема ІМ

Питання 5. Призначення, класифікація і характеристики імпульсних модуляторів.

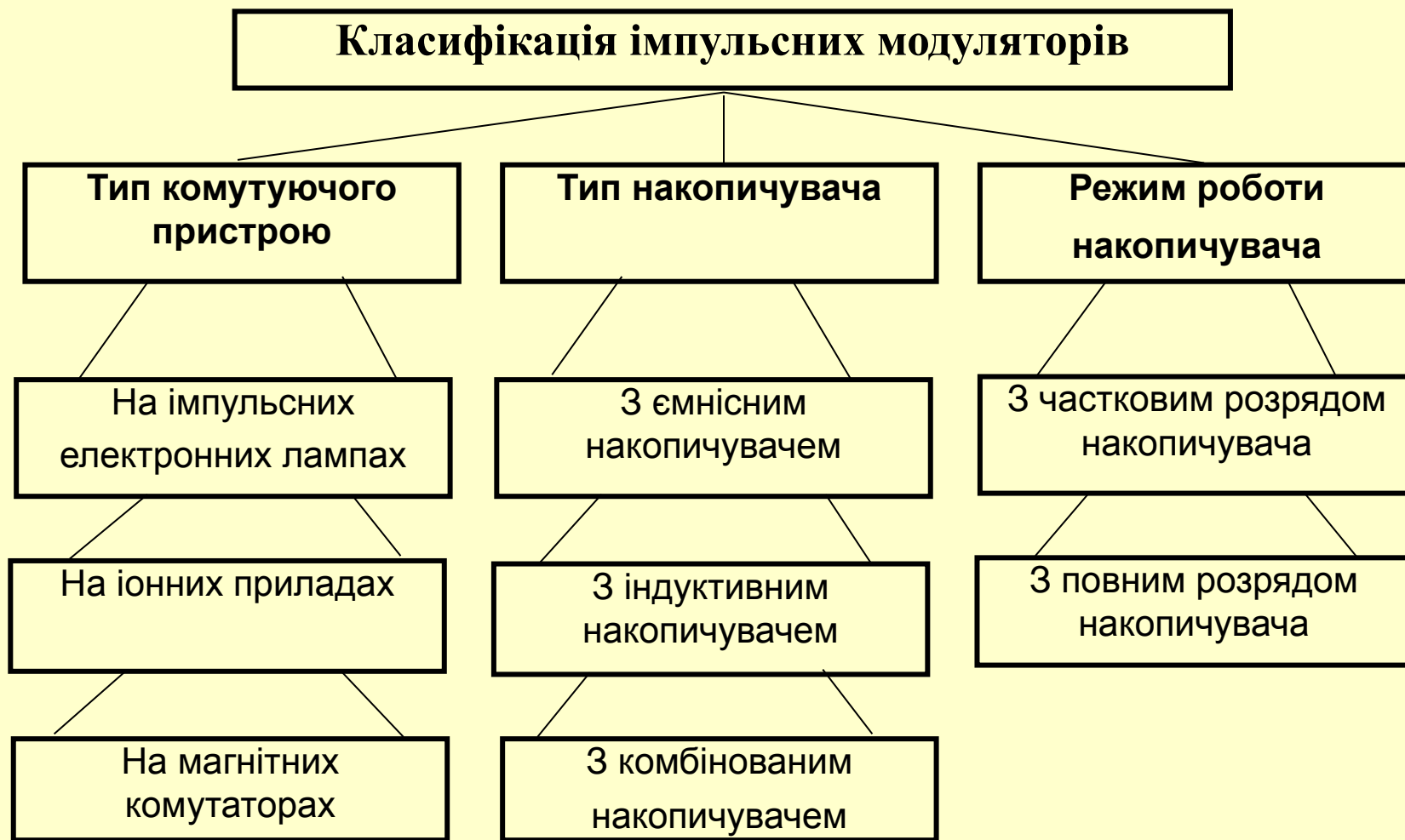


Рис.5. Класифікація імпульсних модуляторів

Часові діаграми роботи магнітного комутатора (симетричний режим) показані на рис. 7.

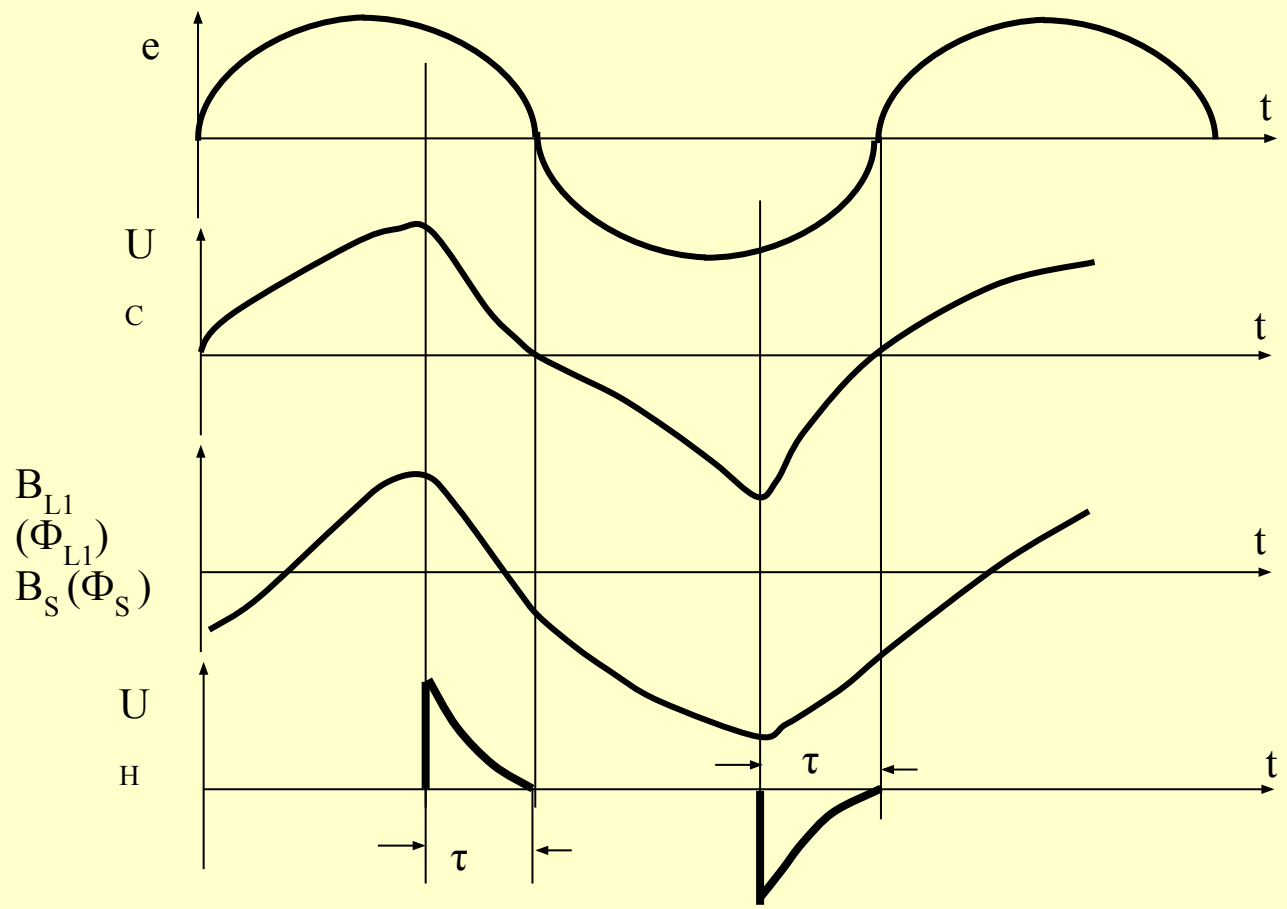


Рис. 7. Часові діаграми роботи магнітного комутатора

Щоб одержати на навантаженні однополярні імпульси дросель $L1$ підмагнічують постійним струмом I_{13} (рис. 6), який протікає в обмотці зміщення. Тобто сердечник буде перемагнічуватись згідно з несиметричною петлею гістерезису (рис. 8).

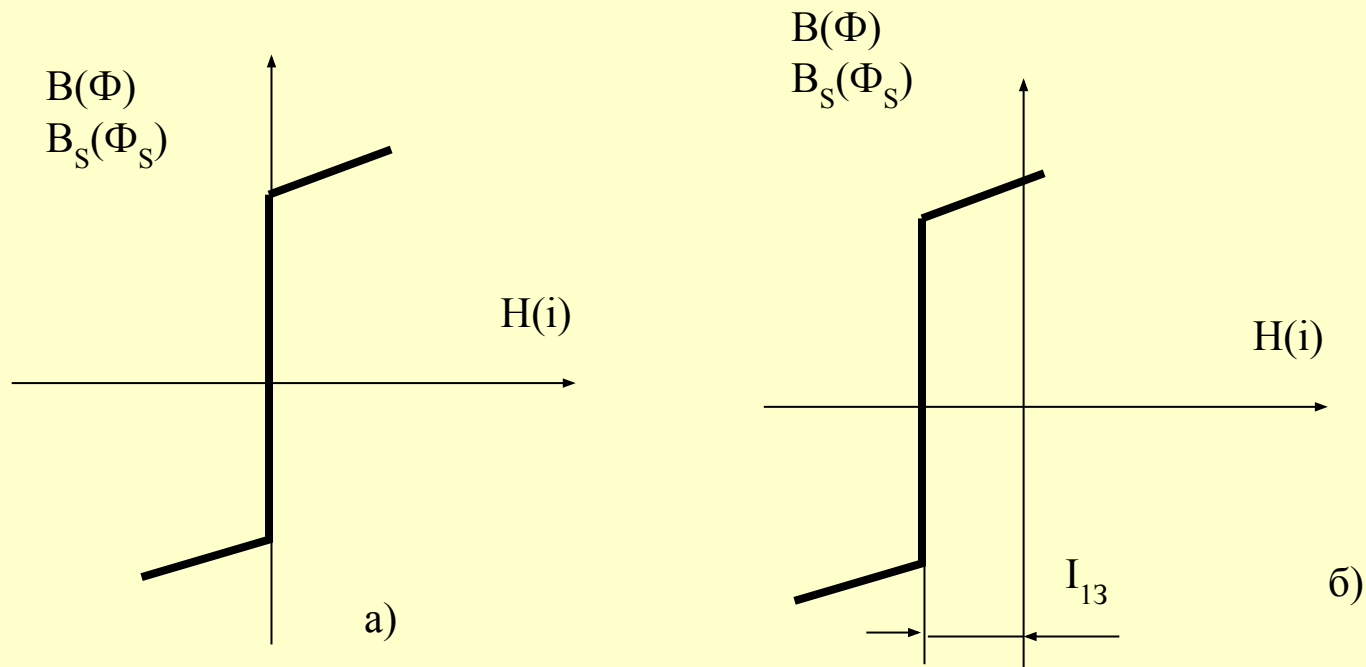


Рис.8

При цьому накопичувач C заряджається не тільки від джерела e , але й струмом I_{131} . Такий асиметричний режим роботи з одним циклом насичення застосовують в магнітних імпульсних модуляторах (рис.9).

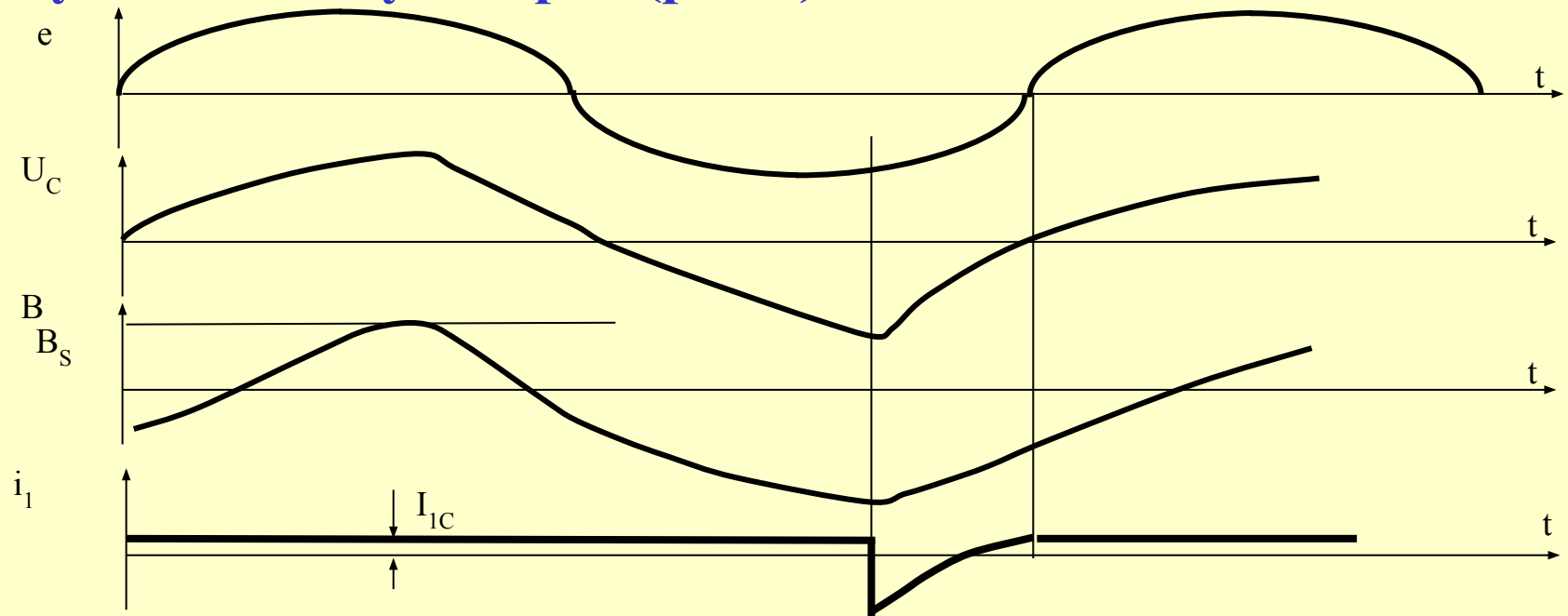


Рис. 9. Часові діаграми роботи магнітного комутатора (асиметричний режим)

ПИТАННЯ VI

СХЕМИ ПОБУДОВИ ІМПУЛЬСНИХ МОДУЛЯТОРІВ

Імпульсний модулятор з частковим розрядом накопичувача

Імпульсний модулятор з накопичувальною ємністю, який працює в режимі часткового розряду називається імпульсним модулятором з частковим розрядом. Принципова схема такого ІМ наведена на рис.10, а, де комутуючим приладом є імпульсна електронна лампа – тетрод.

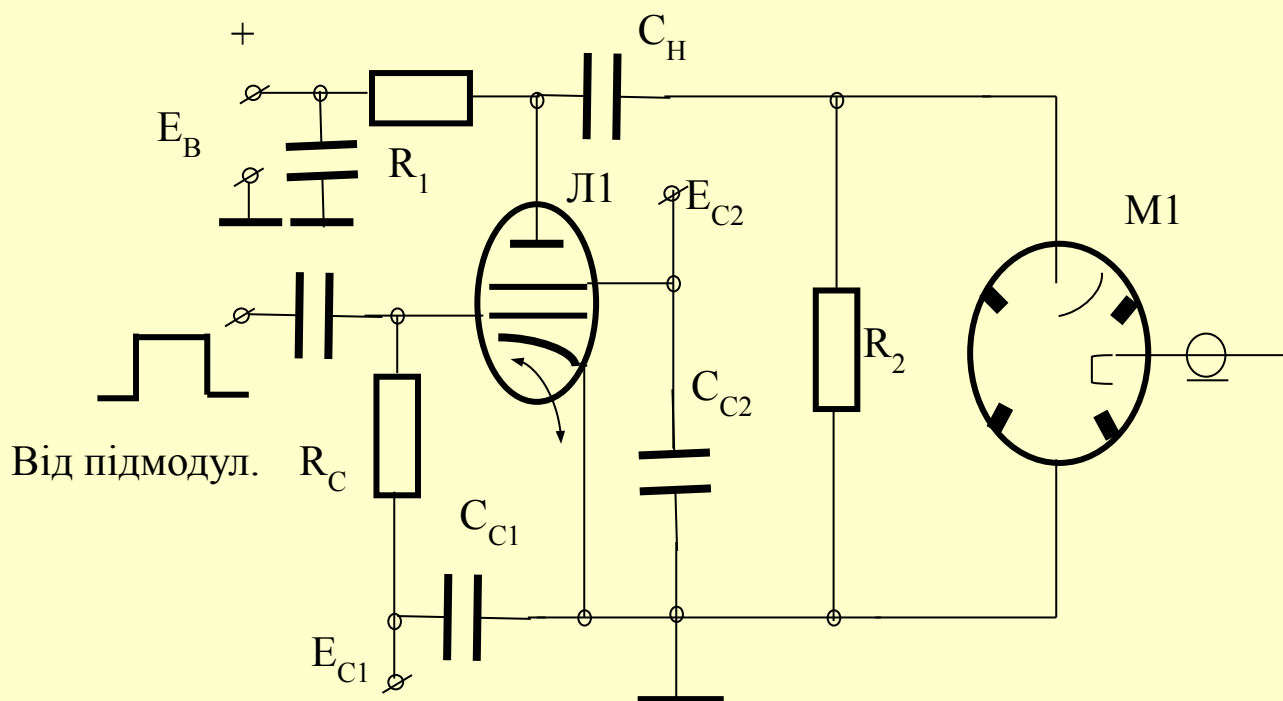


Рис.10, а. Імпульсний модулятор з накопичувальною ємністю.

Питання 6. Схеми побудови імпульсних модуляторів.

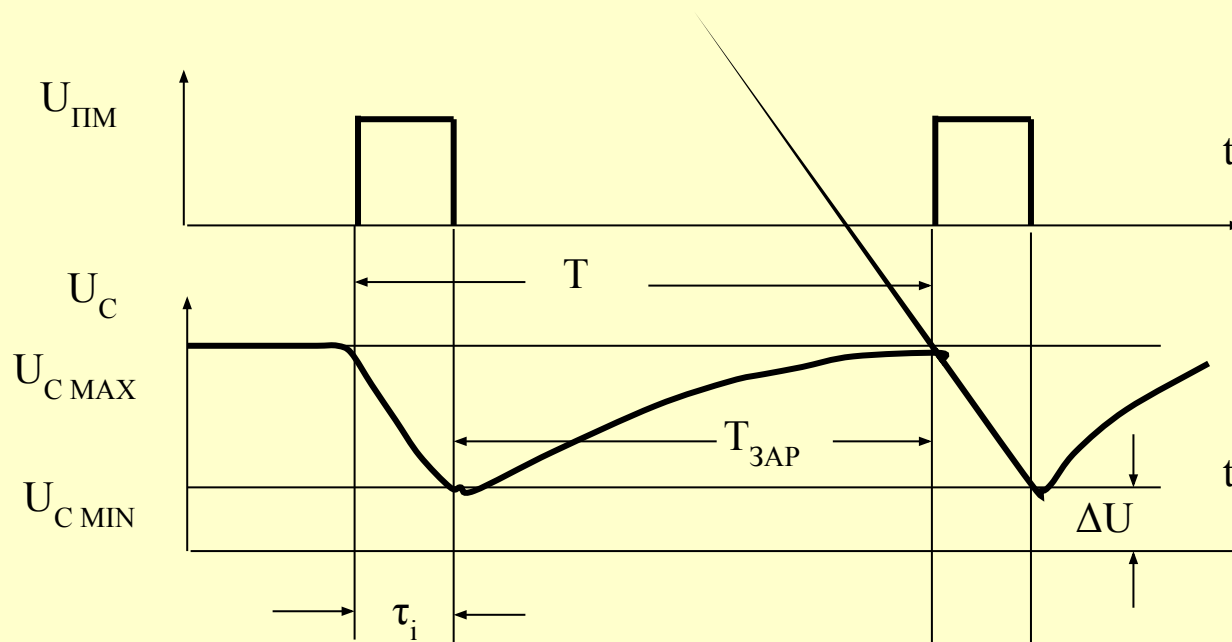


Рис. 10, б. Часові діаграми роботи ІМ модулятора з накопичувальною ємністю

Імпульсний модулятор з повним розрядом накопичувача

В імпульсних модуляторах з повним розрядом накопичувача комутатор тільки замикає ланцюг розряду на початку імпульсу. Закінчується імпульс після того як накопичувач повністю розрядиться. Тому в якості комутатора можна використовувати або газонаповнені лампи (водневі тиратрони), або тиристори. Модулятори з такими комутаторами мають ряд переваг:

- малі значення падіння напруги на комутаторних елементах;
- можливість пропуску через них значних розрядних струмів;
- менш жорсткі вимоги до форми керуючих імпульсів і до джерел напруги.

Однак модулятори з повним розрядом простого ємнісного накопичувача практично не застосовують внаслідок незадовільної форми (параметрів) імпульсу в навантаженні.

Для одержання прямокутної форми обвідної НВЧ - коливань використовують накопичувачі з формуючою лінією –

Г-подібним фільтром високого порядку (рис.11) і (рис.12). Такі імпульси називаються лінійними. В якості комутуючих елементів використовуються тиратрони.

Питання 6. Схеми побудови імпульсних модуляторів.

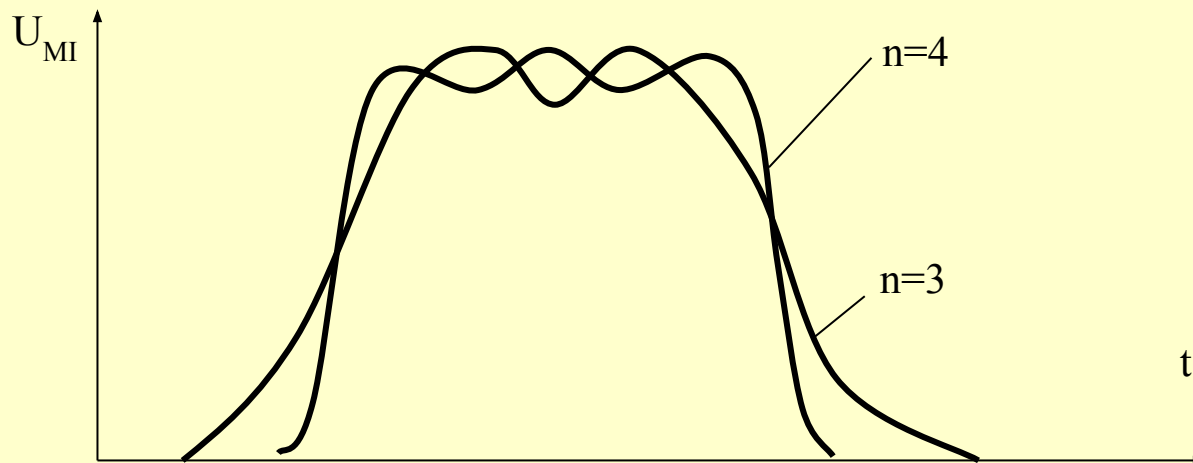


Рис. 11. Форма модулюючого імпульсу в ІМ з повним розрядом накопичувача

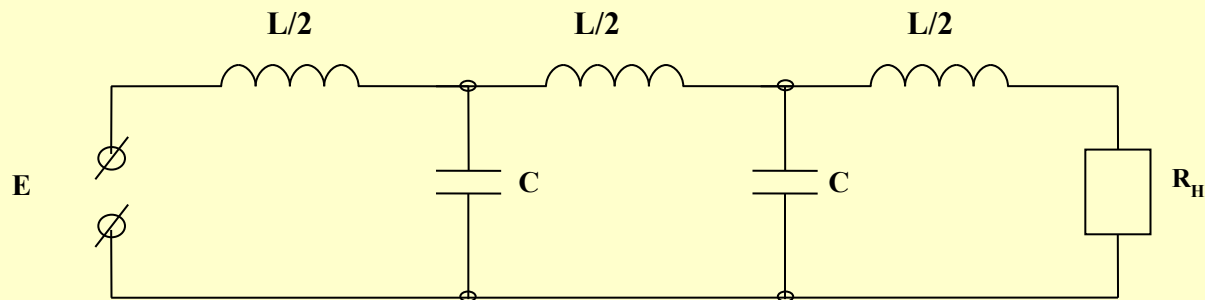


Рис. 12. Формуюча лінія (Г-подібний фільтр)

Питання 6. Схеми побудови імпульсних модуляторів.

Принципова схема лінійного модулятора зображена на рис. 13

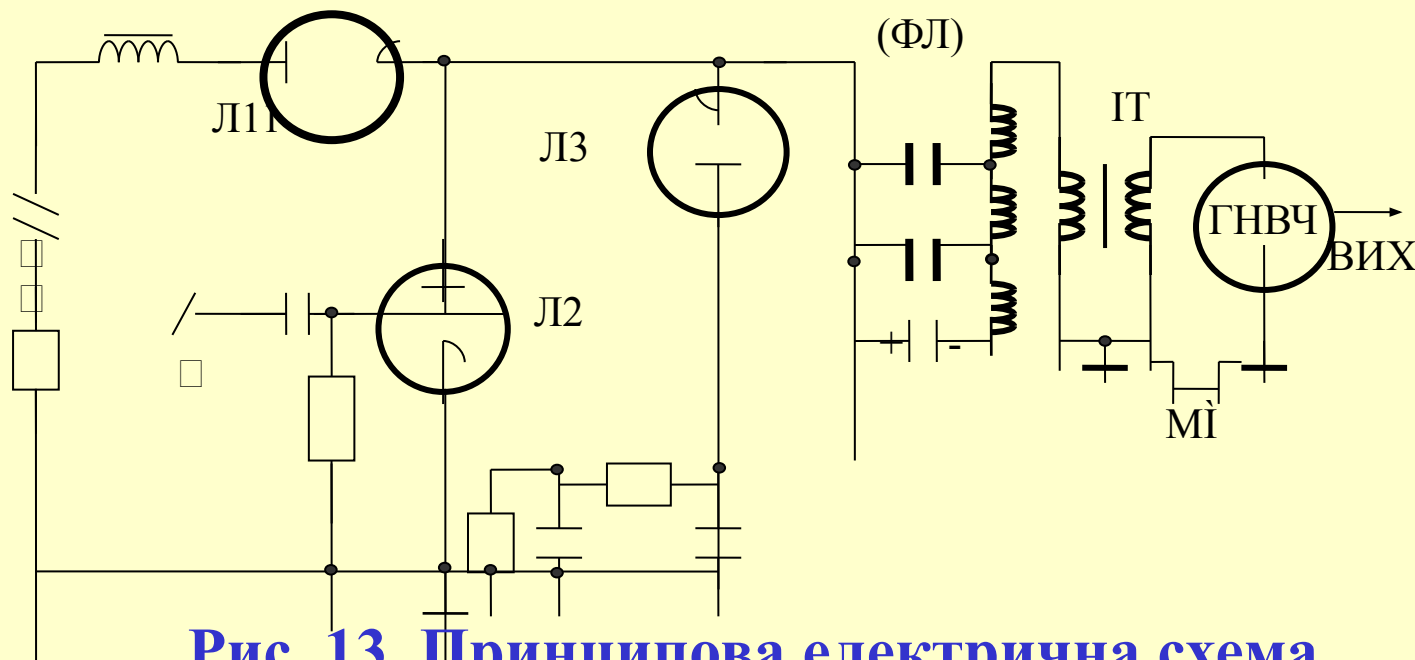


Рис. 13. Принципова електрична схема лінійного імпульсного модулятора з повним розрядом накопичувача

Він складається з штучної лінії (ШЛ), комутуючого елемента (тиратрон Л2), зарядного дроселя Др, фіксуючого діода Л1, імпульсного трансформатора (ІТ), елементів захисту від аварійних режимів (Л3, Р1, Р2, С2, С3, R2).

Навантаження модулятора - через імпульсний трансформатор ГНВЧ.

Зарядний ланцюг модулятора складає випрямляч, зарядний дросель, фіксуючий діод, лінія, імпульсний трансформатор. Еквівалентна схема наведена на рис.13.

Заряд накопичувача від випрямляча напруги E_v починається в момент перемикавання накопичувача з розряду на заряд, що відповідає замиканню ключа на схемі.

Індуктивність дроселя значно більша індуктивності ланок лінії, якою можна нехтувати. Тому зарядний ланцюг можна уявити у вигляді послідовного коливального контуру з параметрами $L_{др}$ (рис.14).

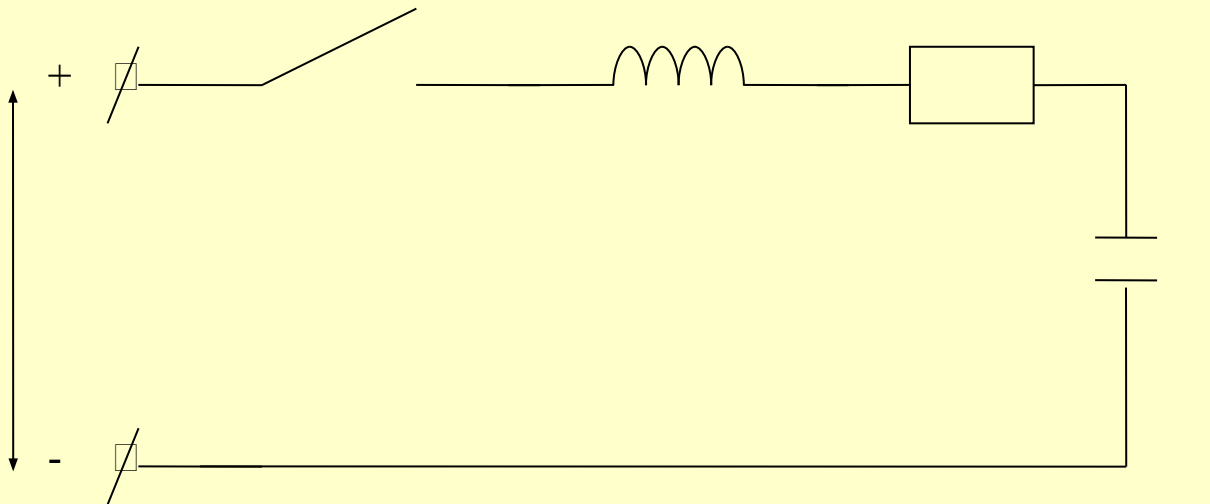


Рис. 14. Еквівалентна схема ланцюга заряду

ПИТАННЯ VII

АВАРІЙНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ІМПУЛЬСНИХ МОДУЛЯТОРІВ

При зміні величини опору навантаження лінійний модулятор працює на неузгоджене навантаження, тобто:

Залишкова енергія на лінії негативно впливає на роботу модулятора і може привести до аварії.

Якщо, наприклад вмикання високої напруги здійснено без попереднього прогріву розжарювальної нитки генераторного приладу, емісія електронів з катода буде недостатньою, тобто генерації не буде. Даний факт означає, що можна говорити про збільшення опору навантаження (R_n), тому R_n набагато більший рл. Очевидно, що енергія в даному випадку використовується не повністю і залишкова напруга "затягує" вимикання тиратрона. Це приводить до збільшення струму через тиратрон і може вивести його з ладу.

При збільшенні величини опору навантаження (іскрінні або пробої у генераторному приладі), залишкова енергія проявляється у вигляді негативної полярності на лінії і складаючись з зарядною напругою, приводить до підвищення напруги на лінії від імпульсу до імпульсу. У результаті може виникнути дуговий пробій елементів схеми модулятора. Для захисту передавачів від аварійних режимів передбачене попереднє ввімкнення напруги розжарення, на час, достатній для розігріву спіралі, застосовують спеціальні схеми захисту і контролю, на схемі, яку ми розглядали, рис. 13 - це ЛЗ, Р1, Р2, С2, С3, R2. Дія схем контролю застосована на вмиканні вимірювальних приладів (пристроїв) в зарядний або розрядний ланцюг модулятора та дистанційній передачі результатів вимірювань на робоче місце оператора (стрілочні прилади, світова, звукова сигналізація).

Крім того, для захисту обслуговуючого персоналу від поразки високою напругою, передбачається вимикання напруг живлення і розряд накопичувача при відкриванні дверей шаф передавачів і витягуванні блоків.

Розглянемо взаємодію елементів схеми захисту при "крайній" зміні величини опору навантаження або обриві навантаження (режим холостого ходу), або короткого замикання навантаження.

а) R_n набагато більше r_l - режим холостого ходу.

У цьому випадку тиратрон може перейти у режим безпосереднього горіння і джерело E_v буде зашунтованим малою величиною опору відкритого тиратрона.

Питання 7. Аварійні режими роботи імпульсних модуляторів

Для захисту від цього у зарядний ланцюг ввімкнено реле Р1. При підвищенні струму у зарядному ланцюгу воно спрацьовує і відключає напругу живлення від випрямляча.

б) R_n набагато менше r_l - режим короткого замикання.

Якщо величина опору навантаження мала, то лінія після розряду перезаряджається до негативних значень. Так як за рахунок індукції дроселя, напруга на лінії подвоюється, то через два - три періоди повторення, напруга на лінії може збільшитись до значень більше ніж $(3...4)E_v$ - що може привести до пробою ізоляції елементів модулятора.

Для захисту від режиму короткого замикання в схему ввімкнений діод ЛЗ і RC - фільтр (C2,C3,R2 і реле P2). При підвищенні напруги на області P2 (порогове реле) воно спрацьовує і відключає напругу від випрямляча.

ВИСНОВОК: Таким чином, застосування ефективних схем керування захисту і контролю в ІМ забезпечує довговічність роботи ІМ, високу експлуатаційну надійність, ремонтну здатність, малий час відновлення, а значить високі перспективи Пд. Пр.

ЛІТЕРАТУРА

1. **ОСНОВИ ПОБУДОВИ РЛС РТВ**
ПІД РЕДАКЦІЄЮ Б.Ф. БОНДАРЕНКО, КВІРТУ
ППО, 1987.
2. **ОСНОВИ ПОБУДОВИ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ**
ТЕХНІКИ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК ППО,
1989.
3. **ТХОРЖЕВСЬКИЙ В.І. СИСТЕМИ**
РАДІОЛОКАЦІЙНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ.
НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК. ЧАСТИНА 1. КИЇВ,
2007 РІК.
4. **ТЕОРІЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ:**
ПІДРУЧНИК / Б.Ф. БОНДАРЕНКО, В.В.
ВИШНІВСЬКИЙ, В. П. ДОЛГУШИН ТА ІНШІ;
ЗА ЗАГАЛЬНОЮ РЕДАКЦІЄЮ С.В. ЛЄНКОВА,
2008.