

В. П. ТАРАНЕНКО

ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРИЛАДІВ НАДВИСОКИХ ЧАСТОТ З ТРИВАЛОЮ ВЗАЄМОДІЄЮ

Розвиток електроніки в галузі створення приладів НВЧ з тривалою взаємодією можна характеризувати розв'язанням таких основних проблем.

Одне з головних завдань полягало у збільшенні вихідної потужності підсилювачів та генераторів. Якщо в 1946 р. потужності лампи біжучої хвилі та лампи зворотної хвилі обчислювались одиницями міліват, то тепер потужність ЛБХ у дециметровому діапазоні в безперервному режимі досягає кількох сотень кіловат, у сантиметровому діапазоні — кількох десятків кіловат. Імпульсні потужності ЛБХ у сантиметровому діапазоні досягають величин у кілька мегават. За опублікованими даними за кордоном розробляються ЛБХ з імпульсною потужністю понад 10 Мвт. Таким чином, за 20 років потужність ЛБХ зросла майже в 10^{10} разів.

Потужність сучасних ламп зворотної хвилі типу О у безперервному (тривалому) режимі досягає сотень ват, ламп зворотної хвилі типу М — одиниць кіловат, а імпульсна потужність — до 100 квт.

Найпотужнішими приладами НВЧ з тривалою взаємодією є амплітрони, імпульсна потужність яких дорівнює десяткам мегават, безперервна — десяткам і навіть сотням кіловат. В США амплітрони використовують для передачі енергії без проводів на великій відстані. Вважають, що з використанням надпотужного амплітрона можна буде утримувати на висоті 15 км платформу з радіолокаційним та телевізійним устаткуванням.

Імпульсна потужність сучасних стабілотронів коливається в межах від сотень кіловат до десятків мегават, безперервна — дорівнює десяткам кіловат. Головною перевагою стабілотрона є його висока стабільність, що в 50—100 разів перевищує стабільність магнетрона.

Успішне рішення проблеми підвищення вихідної потужності приладів обумовлене розв'язанням таких важливих завдань, як створення високоефективних катодів, що допускають навантаження

порядку $5-6 \text{ а/см}^2$ у безперервному режимі та сотень а/см^2 в імпульсному, розробка потужних виводів енергії на основі спеціальної кераміки, потужних електронних пучків, високоєфективних методів охолодження (в 1946 р. найбільше теплове навантаження дорівнювало $300-400 \text{ вт/см}^2$, тепер — до 10 квт/см^2), впровадження в техніку НВЧ нової технології та матеріалів.

Розвиток засобів радіолокації поставив задачу про розширення границь електронної перестройки частоти генераторів та смуги пропускання підсилювачів. Найбільші значення діапазону електронної перестройки (більше октави) одержані на лампах зворотної хвилі; найбільш широкосмуговими підсилювачами є ЛБХ О-типу (20—50%). Амплітрони мають смугу до 15%.

Зростання вихідних потужностей НВЧ приладів вимагає підвищення коефіцієнта корисної дії. Найвищі значення к. к. д. (до 80%) мають прилади типу М. К. к. д. малопотужних приладів типу О досягає 40%, потужних 20—25%.

Найбільші коефіцієнти підсилення мають ЛБХ типу О — до 50 дб. Коефіцієнт підсилення амплітронів набагато менший — 10—15 дб.

Багато зроблено і для зменшення рівня власних шумів малопотужних приймальних ЛБХ. Створені нові класи приладів — параметричні та квантово-механічні підсилювачі, значно кращі за своїми шумовими характеристиками, ніж електронні НВЧ прилади. Як вхідні підсилювачі приймальної апаратури вони, мабуть, у майбутньому відіграватимуть головну роль.

Розвиток різних типів НВЧ приладів з тривалою взаємодією відбувався паралельно, без взаємного витіснення та створення якогось «універсального» приладу, що поєднував у собі всі кращі якості даного класу. На жаль, важко створити прилад, щоб він був і потужний, і широкосмуговий, з великим коефіцієнтом підсилення та високим к. к. д.

Найбільшу смугу та коефіцієнт підсилення мають прилади О-типу, але у них значно нижчий порівняно з приладами М-типу к. к. д. Тому в сучасній передавальній апаратурі електронні прилади встановлюють у такій послідовності: лампа біжучої хвилі О-типу — амплітрон — амплітрон. У потужних вихідних каскадах, де потрібен високий к. к. д., стоять М-прилади, в проміжних, де потрібен високий коефіцієнт підсилення, — О-прилади.

Вибір того чи іншого приладу визначається діапазоном хвиль, параметрами, габаритом та вагою. Наприклад, в апаратурі сантиметрового діапазону, де потрібна широка смуга частот та велике підсилення, найкращими є ЛБХ О-типу; там, де потрібен високий к. к. д. при вузькій смузі та малому підсиленні, — амплітрони та ін.

Основні перспективи дальшого розвитку приладів з тривалою взаємодією такі:

- а) просування в область більш високих частот;
- б) збільшення середніх та імпульсних потужностей;

- в) розширення смуги частот, особливо для приладів М-типу;
- г) розширення діапазону електронної перестройки;
- д) збільшення коефіцієнта підсилення, особливо для приладів М-типу;
- е) підвищення к. к. д., особливо для приладів О-типу;
- є) зменшення рівня шумів;
- ж) підвищення стабільності частоти коливань;
- з) зменшення габаритів та ваги приладів завдяки новим методам фокусування електронних пучків;
- и) збільшення строку служби та надійності (для деяких класів приладів до 100 000 год).

На закінчення слід розглянути питання про майбутнє приладів НВЧ порівняно з приладами на основі твердого тіла.

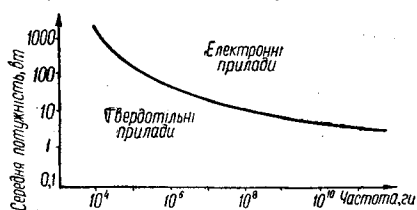


Рис. 1. Розподіл допустимих середніх потужностей та частот.

Швидкий розвиток останніх породжує думку, ніби електронні прилади будуть або зовсім витіснені з вжитку, або відіграватимуть другорядну роль. Але цього, безумовно, не станеться. Електронні прилади мають основну, характерну тільки для них, перевагу — здатність створювати великі потужності в короткохвильовій частині НВЧ діапазону [1],

[4]. Велика вихідна потужність потребує засобів для розсіяння великої кількості тепла. В електронних НВЧ приладах тепло розсіюється на спеціальному, винесеному з області взаємодії, електроді-колекторі. В приладах на основі твердого тіла тепло розсіюється в кристалічній ґратці, і відвід тепла дуже утруднюється.

Цікаво розглянути графік, складений Герольдом [3] (рис. 1). З рисунка видно, що найбільшу конкуренцію твердотільні прилади створюють в області низьких частот та малих потужностей. В області високих частот та великих потужностей електронні прилади ще довго зберігатимуть свою перевагу. Домінуючу роль електронні прилади відіграватимуть в установках височастотного нагрівання, сушки, в живленні фазованих антенних ґрат у потужних радіолокаційних станціях, в установках передачі енергії без проводів та ін. У потужних НВЧ підсилювачах на штучних супутниках як основний електронний прилад використовуються ЛБХ, тому що вони забезпечують значне підсилення в дуже широкій смузі частот при порівняно високому к. к. д.

ЛІТЕРАТУРА

1. N e r g a r d L. S., Microwave research devices for the future, RCA Engineer, 1964, Dec., vol. 10, 4, p. 7.
2. К у к а р и н С. В., Современное состояние и тенденции развития приборов СВЧ, «Советское радио», 1962.

3. Herold E. W., The future of the electron tube, IEEE Spectrum, 1965, Jan., vol. 2, 1, p. 50.
4. Wade G. A., A look at the future of tubes, IEEE Int. Conv. Rec., 1965, March, 22-26, pt. 5, p. 87-91.

V. P. TARANENKO

SOME PROBLEMS AND OUTLOOKS OF THE DEVELOPMENT
OF MICROWAVE TUBES WITH CONTINUOUS INTERACTION

S u m m a r y

In this paper the principal problems and further direction of the development of continuous interaction microwave tubes are presented.

TWT's BWO's of «O» and «M»-type, amplitron, stabilitron and other are considered. For the nearest future the principal problems of microwave tube development are the following: power rise, frequency operation increase, working band and electronic turning band extensions, a rise of the efficiency, noise level decrease, a reduce of tube dimensions and weight. From the competition ability that electronic microwave tubes will remain their main part where high power and large band devices are needed.