

Mikrohullámú FET tranzisztoros teljesítményerősítők

LUKÁCS GYÖRGY
KKVMF Híradásipari
Intézet

Az utóbbi néhány évben a mikrohullámú tranzisztorok területén ugrásszerű fejlődést tapasztalhattunk. Megjelentek a GaAs alapú FET tranzisztorok a 4–6 GHz-es frekvenciasáv felett, ahol bipoláris tranzisztorral már nem lehetséges megfelelő aktív eszközt építeni. A FET-ek gyártástechnológiája oly mértékben fejlődött, hogy egyes cégek ajánlataiban 10–20 GHz frekvenciájú eszközt is találunk mind kisszintű, mind nagy teljesítményű alkalmazásra. Ezek az eszközök ma még igen drágák azonban áraik határozottan csökkenő tendenciát mutatnak.

Technológiai kérdések

A mikrohullámú FET tranzisztorok legfontosabb alkalmazástechnikai jellemzői kisjelű működésnél a zajtényező, nagyjelű működésnél a diszzipáció. Mind a leadott teljesítmény, mind az elérhető zajtényező szempontjából döntő jelentőségű a gate elektróda kapacitása. Az 1. ábra egy FET tranzisztor aktív részének felépítését és a szerkezet helyettesítő áramkörét mutatja.

A nagyfrekvenciás működés szempontjából a gate elektródának minél keskenyebbnek kell lennie. Ez a követelmény a szubmikronos méretek technikájához vezet. Egy 0,5 μm szélességű GaAs FET tranzisztorban a kivezető elektróda felülete hetvenszeres lehet az aktív gate elektróda felületnek. A bemenő

kapacitás kis értéken tartása érdekében tehát a kivezető elektróda alatt extrém kis adalékolási szintet valósítanak meg. A kivezetések induktivitása és a kivezető elektróda kapacitása aluláteresztő szűrőt képez, amelynek a levágási frekvenciája a kialakítástól függően 10–30 GHz között van. Ezért különös jelentősége van az aktív terület és a tokozási kivezetés között kialakított belső felépítésnek [1]. Ugyancsak a nagyfrekvenciás szempontból hosszúra és keskenyre készített gate elektróda okozza azokat a termikus nehézségeket, amelyek a nagy teljesítményű FET tranzisztoroknál fellépnek. Mivel itt többszörös gate elektródát alkalmaznak, az elektródák közötti hőkicserélődés jön létre.

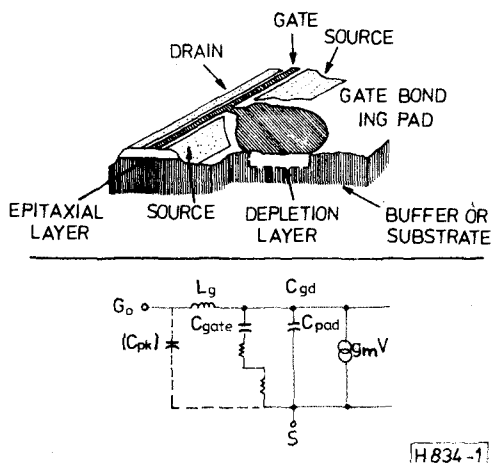
A GaAs FET tranzisztorok fejlesztése és alkalmazása során igen sok probléma vetődik fel, amelyek többnyire technológiai és alkalmazástechnikai jellegűek. Mint minden nagyfrekvenciás eszköznél az áramkör és az eszköz lényegében csak együttesen specifikálható, ezért a fejlesztő cégek ajánlásait és katalógusadatait a felhasználók csak korlátozottan, illetve saját tapasztalataik figyelembevételével tudják használni.

Alkalmazási lehetőségek

Vizsgáljuk meg a FET tranzisztorokat abból a szempontból, hogy alkalmazásukkal milyen változások várhatók a mikrohullámú berendezések felépítésében. A kisszintű alkalmazást vizsgálva az irodalmi adatok alapján laboratóriumi példányokkal 4 GHz-en 1 dB, 6–10 GHz 2 dB, és 20 GHz-ig 3 dB alatti zajtényezőt sikerült elérni. Ezek a kisszintű eszközök 6–12 dB erősítésűek 6–12 GHz-en. A nagyszintű eszközök jelenlegi kimeneti csúcsteljesítménye 2–3 W körüli 8–12 GHz-en erősítésük 3–6 dB.

Ismeretes, hogy a hazánkban gyártott mikrohullámú berendezések a kimenő adószintet frekvenciasokszorozós lokáljel előállító egységgel és keverővel állítják elő. A nagyszintű keverő kimenetén megjelenő jel 300–1500 mW nagyságú. Ezen jel előállításánál jelenleg az a cél, hogy lehetőleg minél magasabb frekvencián működjön a lokáloszcillátor és így a sokszorozási szám csökkenjen. Ezzel jelentős hatásfokjavulás is elérhető a rendszerparaméterek javulása mellett. Egy másik korszerű megoldásnál kap szerepet a nagyszintű többfokozatú FET tranzisztoros erősítő. A megoldás lényege, hogy kisszintű keverőt alkalmaznak és a keverő után megjelenő kb. 1–5 mW teljesítményű jelet a kívánt szintre erősí-

Előadásként elhangzott a KKVMF VII. tudományos ülészakán



1. ábra

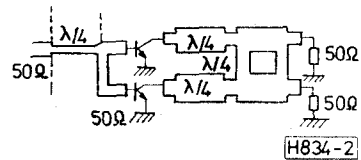
tik. Itt a több fokozatú erősítő lényegében H. H. csövet pótol. Megfelelően széles sávú és elegendően kicsi intermodulációs torzítású erősítővel akár több RF csatorna jele erősíthető egyszerre. Ilyenkor az erősítő közvetlenül az antenna előtt helyezkedik el. Vevőoldalon alkalmazott kiszajú széles sávú erősítő alkalmazása esetén a mikrohullámú összeköttetés rendszer értékei a FET-ek alkalmazásával még tovább javíthatók.

A nagyszintű erősítők megvalósítási lehetőségei

A FET erősítők kisszintű és nagyszintű alkalmazásánál egyaránt kulcskérdés a sáv szélesség. Akár egy, akár több RF csatorna együttes erősítése történik, lényeges, hogy az RF sávot 1–3 törésben átfogjuk. A 8 GHz-es sávban tehát 7,9–8,4 GHz közötti 500 MHz-es sávot célszerű megvalósítani lehetőleg egyetlen törésben. A feladat igen nehéz, mivel a FET-ek négy pólus paraméterei erősen változnak a frekvencia függvényében. A megvalósítási lehetőségek a következők:

- Párhuzamos vonalcsonkokkal és impedancia transzformátorokkal történő illesztés.
- Impedancia transzformátorokkal történő illesztés.
- Aktív reaktancia kompenzáció alkalmazása.
- Visszacsatoló hálózat használata.

Az utóbb említett visszacsatoló hálózat alkalmazása jelenleg még kidolgozatlan. Az irodalmi hivatkozások hiányosak. Konkrét eredményekről nem tudunk. Az első két helyen említett megvalósítási lehetőségek ismertek. Ilyen módszerekkel készítettek illesztő hálózatot a TKI-ban ill. a KKVMF-en. Segítségükkel kb. 5–10% határfok érhető el. Nagyobb teljesítményszint és kicsiny intermodulációs torzítás eléréséhez a végfokozatokban célszerű hibridekkel párhuzamosan kapcsolt erősítőket alkalmazni. Az említett megoldással a TKI-ban sikerült 8 GHz-en kb. 500 MHz sáv szélességű (1 dR-es sáv szélesség) 1 W kimenő teljesítményű erősítőt készíteni. A KKVMF-en készült erősítő hibrides végfok nélkül 12 dR erősítés mellett 1,2 W kimenő teljesít-



2. ábra

ményt produkált. Itt a sáv szélesség csak kb. 100 MHz volt. A továbbiakban vizsgáljuk meg, hogy aktív reaktancia kompenzációval milyen eredmény elérése várható.

A módszer lényege a 2. ábra alapján a következő:

Két egyforma erősítőt párhuzamosan kapcsolunk. A két bemeneti illesztetlenség azonos, így ha $\lambda/4$ hosszúságú vonallal a bemeneteket összekötjük, akkor a reaktanciák egymást kompenzálják [2]. Egy egyszerű $\lambda/4$ hosszú transzformátorral 50 ohmra illeszthető a kompenzált pont. A kimeneti oldalon hibriddel közösítjük a két erősítőt. A vázolt esetben az erősítők bemeneti sáv szélessége kisebb, mint a kimeneti sáv szélesség, ezért csak a bemeneten alkalmaznak reaktancia kompenzációt. Lehetséges a be- és kimeneten egyaránt kompenzálni. Ez a megoldás alkalmas széles sávú erősítő építésére viszont a két erősítő alkalmazása jelentősen növeli a költségeket. Mégis az irodalmi adatok alapján ez látszik a legjárhatóbb útnak széles sávú alkalmazásnál.

Ezzel a megoldással a KKVMF-en 10% relatív sáv szélességű, 8 GHz-es, 2,5 W kimenő teljesítményű 5 dR erősítésű végerősítőt építettünk. Az erősítőhöz két Mitsubishi gyártmányú MGF-2148 típusú tranzisztort használtunk.

I R O D A L O M

- [1] H. F. Cooke: Microwave Field Effect Transistors in 1978. Microwave Journal, April 1978.
- [2] K. Madoni: Investigation into the technique of active reactance Compensation to improve the gain-bandwidth performance of microwave bipolar transistor amplifiers. IEE Proc. oct. 1980.
- [3] Fukuden, Ishiyama, Arai: A 9–10 GHz 5 Watt GaAs FET Amplifier. Microwave Semiconductor Engineering Dept. Fujitsu Ltd. Kawasaki, Japan. European Microwave Conference 1981. Amsterdam.