

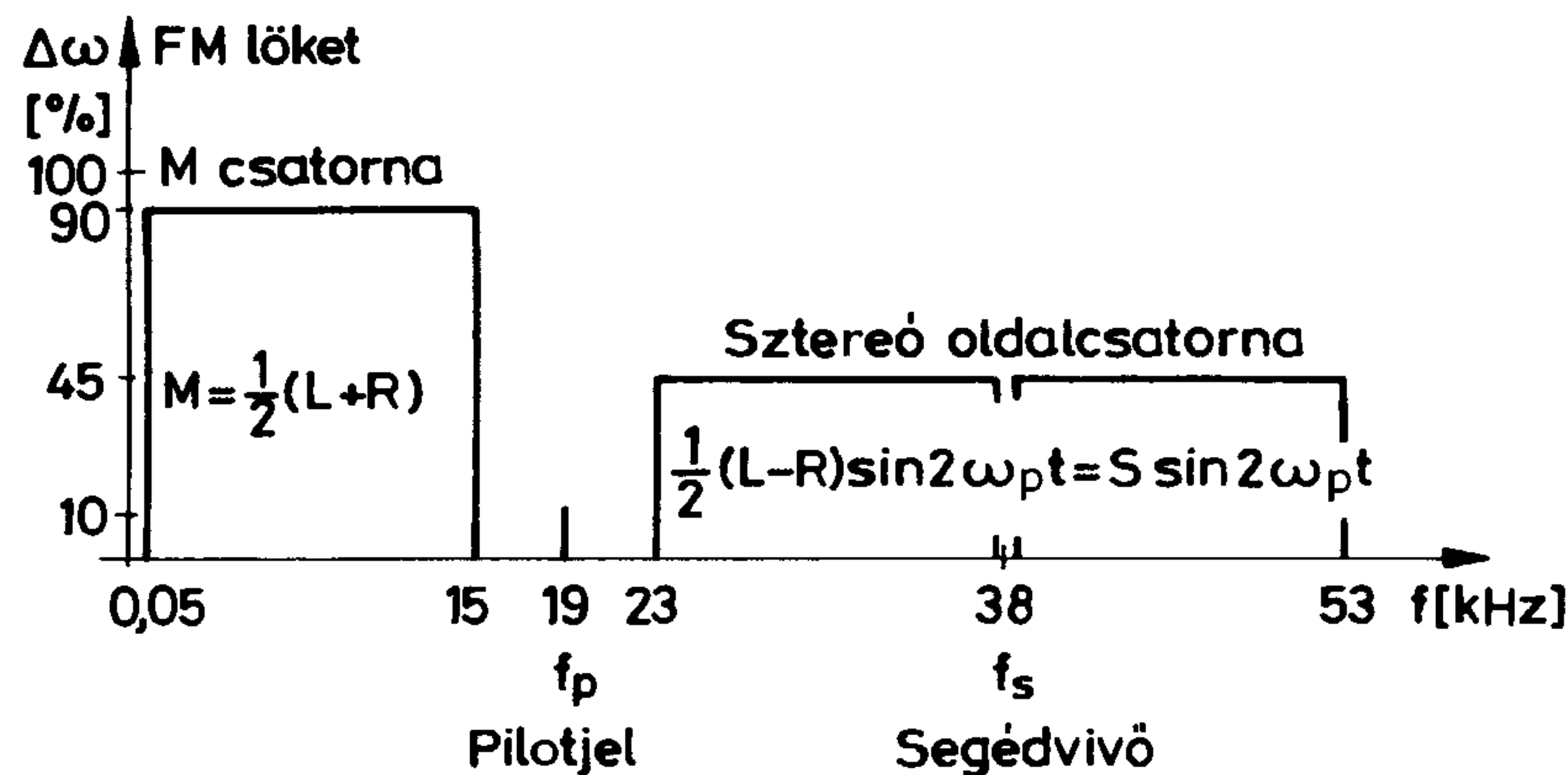
## URH-FM sztereo rendszertechnika

Az egy adóval kisugározott kompatibilis sztereo jelek előállítására az 1950-es évek végén megindult kutatások eredményeként kétféle megoldást ajánl a CCIR, valamint az OIRT nemzetközi rádiós szervezet. A két módszer megegyezik egymással abban, hogy a sztereo multiplex átvitel során az alapsávban a sztereofonikus információk összegét (tehát a jobb és bal oldali információkat:  $M = (L + R)$ , míg az alapsáv fölött elhelyezkedő segédvívő modulációjával a sztereofonikus információk különbségét ( $S = L - R$ ) viszik át (12.52. ábra).

A sztereofonikus információk összeg- és különbségképző átvitele lehetővé teszi, hogy a régebbi — és így a segédhordozó csatorna vételére alkalmatlan — vevőkészülékek teljes értékű egycsatornás műsorjelet is adjanak. Ezzel a módszerrel tehát a kompatibilitás biztosítható. Az összeg- és különbségjelek képzésének folyamatát mátrixolásnak, míg a kombinált jeleknek az eredeti oldalinformációs jelekké történő vételoldali visszalakítását remátrixolásnak nevezik:

$$(M + S = 2L; M - S = 2R).$$

A kompatibilitás feltétele megköveteli, hogy a mono vevővel kapott vétel esetén a jel—zaj viszony ne romoljék jelentős mértékben egy monofonikus adó műsorának vételéhez képest. E követelmény közelítő biztosítására a segédhordozó csatorna energiatartalmát célszerű minél kisebb értéken tartani, hogy az adó által kisugárzott teljes spektrum (a kétcsatornás modulálójel sávszélessége miatt természetesen FM moduláció történik) kiszélesedése az alapsáv energiatartalmát csak lehetőleg kis mértékben csökkentse. Ezért a segédvívő-csatorna modu-



12.52. ábra

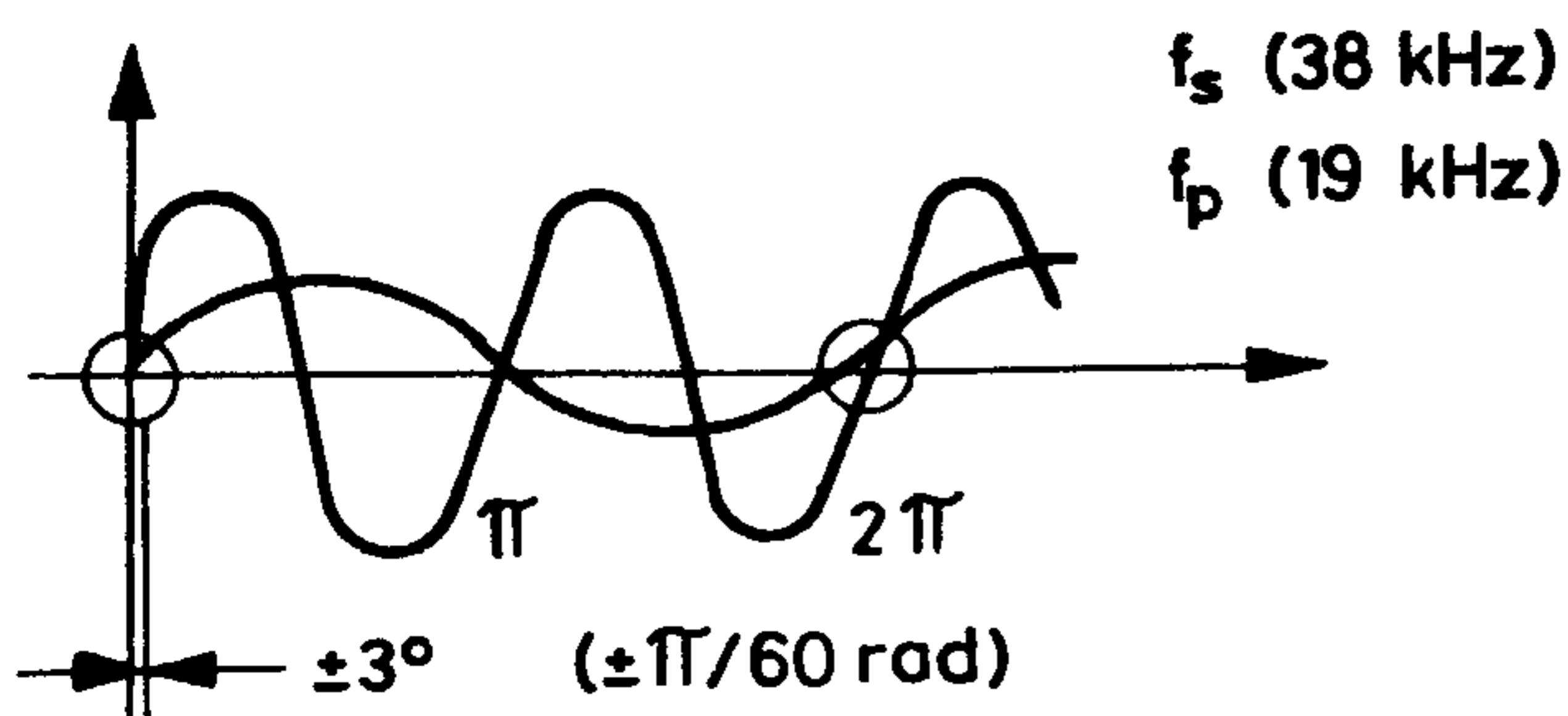
Az FCC rendszerű MPX jel spektruma

lációja amplitúdómodulált rendszerű, és magát a segédvívőt vagy részlegesen, vagy teljesen elnyomják. Az OIRT és a CCIR rendszer által ajánlott egyik módszer a segédvívőt teljes mértékben, a másik pedig csak részlegesen nyomja el.

### ● Pilotjeles módszer

Az Egyesült Államokban 1961 óta bevezetett sztereo rendszer (FCC) az alapsávi csatornán 30...15 000 Hz sávszélességgel a két oldalinformáció összegét, az amplitúdómodulált segédvívő csatornán az ugyancsak 30...15 000 Hz sávszélességű két oldalinformáció különbségét viszi át. A segédvívő frekvenciája 38 kHz. Az amplitúdómodulált segédvívő képezi a 2. átviteli csatornát, amelynek  $f_s \pm f_{m \max}$  oldalsávjaiból adódó sávszélessége ( $f_B = 2f_{m \max}$ ) 30 kHz.

Az előmoduláció során a 38 kHz frekvenciájú segédvívő jelet eredeti értékhez képest (40 dB-lel)



12.53. ábra

Pilotjel és a segédvívő fázishibájának értelmezése

elnyomják. Minthogy azonban a vételi oldalon az AM jel demodulálásához a segédhordozó frekvenciáját biztosítani kell, az adóoldalon elnyomott segédvívőt a vevőben kell előállítani. Ennek érdekében az adó kisugározza az elnyomott segédhordozójel frekvenciájának a felét (19 kHz), az FM adó maximális modulációjának 10%-os szintjén. Az így kisugárzott jelet pilotjelnak nevezzük. Mivel a pilotjel frekvenciájának környezetében egyéb moduláló jelkomponens nem szerepel, ennek vevőoldali kiemelése, erősítése, majd frekvenciakétszerezése megoldja a segédhordozó jelének a vevőben történő helyreállítását.

Az oldaljelek torzítatlan demodulálása érdekében a pilotjelnak a segédvívő jelével szigorú fáziskapcsolatban kell állnia. Ezért az adóoldalon a segédvívőt (38 kHz ± 4 Hz) egy 19 kHz ± 2 Hz pontosságú generátor frekvenciájának kétszeresével állítják elő. A segédvívő és a vezérlő fázisának ±3°-on belül egybe kell esnie a két rezgés negatívból pozitívba történő nullaátmeneteinél (12.53. ábra).

Az előmoduláció során létrehozott pilotjeles rendszerű alapsávi komplex jel (30 Hz...53 kHz) képezi a sztereo műsorszóró adó (FM) modulálójelét. Az alapsáv és a segédsáv az adó vivőfrekvenciáját a maximális frekvencialöket 45-45%-áig modulálhatja ( $\Delta f_{v \max}$  CCIR-nél ± 75 kHz, OIRT-nél ± 50 kHz), ha csak egyetlen oldaljel (tehát csak *B* vagy csak *J*) van jelen. Az *M* fősáv és az *S* segédsáv amplitúdó- és fáziskarakterisztikájának a 30...15 000 Hz-es frekvenciatartományban ±3°-on belül azonosnak kell lennie, bármelyik oldaljel vezérelje is az adót. A csatornák polaritását úgy kell megválasztani, hogy az *R* jel pozitív irányú növekedése az alapsávban az adó vivőfrekvenciáját növelje.

A kivezérésre és a fázishibára vonatkozó követelmények teljesülésével a sztereo csatornák áthallási csillapítása a teljes frekvenciatartományban (30...15 000 Hz) eléri a 29,7 dB értéket (30-szoros viszony). Az alap- és a segédsávok közötti áthaladási csillapítás 40 dB-nél nem lehet kevesebb. Az FM moduláció előkiemelése CCIR rendszerrel 75 μs, OIRT rendszerben 50 μs.

A pilotjeles módszerrel létrehozott sztereo multiplex jel az FM adó modulálójele ( $\omega_m$ ). Az adó  $m = k U_m / \omega_m = \Delta \omega / \omega_m$  modulációs indexében a modulálójel legnagyobb frekvenciája  $\omega_{m \max} = 53$  kHz. Az  $U_m$  modulálójel legnagyobb amplitúdója az adó frekvenciáját ( $\omega_v$ ) úgy változtatja, hogy  $U_{m \max}$ -nál a löket  $\Delta \omega_v = k U_{m \max} = \pm 50$  kHz lehet (100%-os moduláció). Az adót azonban csak legfeljebb 90%-ig modulálják, ezért a multiplex jellel vezérelt adó lökete:

$\Delta \omega_v = 0,9(M + S \sin 2\omega_p t + 0,1 \sin \omega_p t) \cdot 50$  kHz, ahol  $M = \frac{1}{2}(L + R)$  kompatibilis összegjel,  $S = \frac{1}{2}(L - R)$  különbségi (oldal) jel,  $\omega_p$  a 10%-ban kisugárzott pilotjel ( $\omega_p / 2\pi = 19$  kHz),  $\omega_p$  az elnyomott vezérlőjel (38 kHz), (a maradék jel szintje max. 1%).

Ha az adó mono üzemben dolgozik, akkor  $\omega_m = 15$  kHz, és a kivezérés:

$$\Delta \omega_v = 0,9 M \cdot 50 \text{ kHz.}$$

Az *m* modulációs index mono üzemben:

$$m_m = \frac{45}{15} = 3,$$

sztereo üzemben:

$$m_{st} = \frac{45}{53} = 0,849.$$

Az FM modulált adó jele tehát:

$$U_{FM} = U_v \cos \left( \omega_v t + \frac{\omega_v}{\omega_m} \sin \omega_m t \right).$$

A továbbiakban ismertetett sztereo modulációs és demodulációs eljárásoknál feltételezzük a különböző modulációk ismeretét.

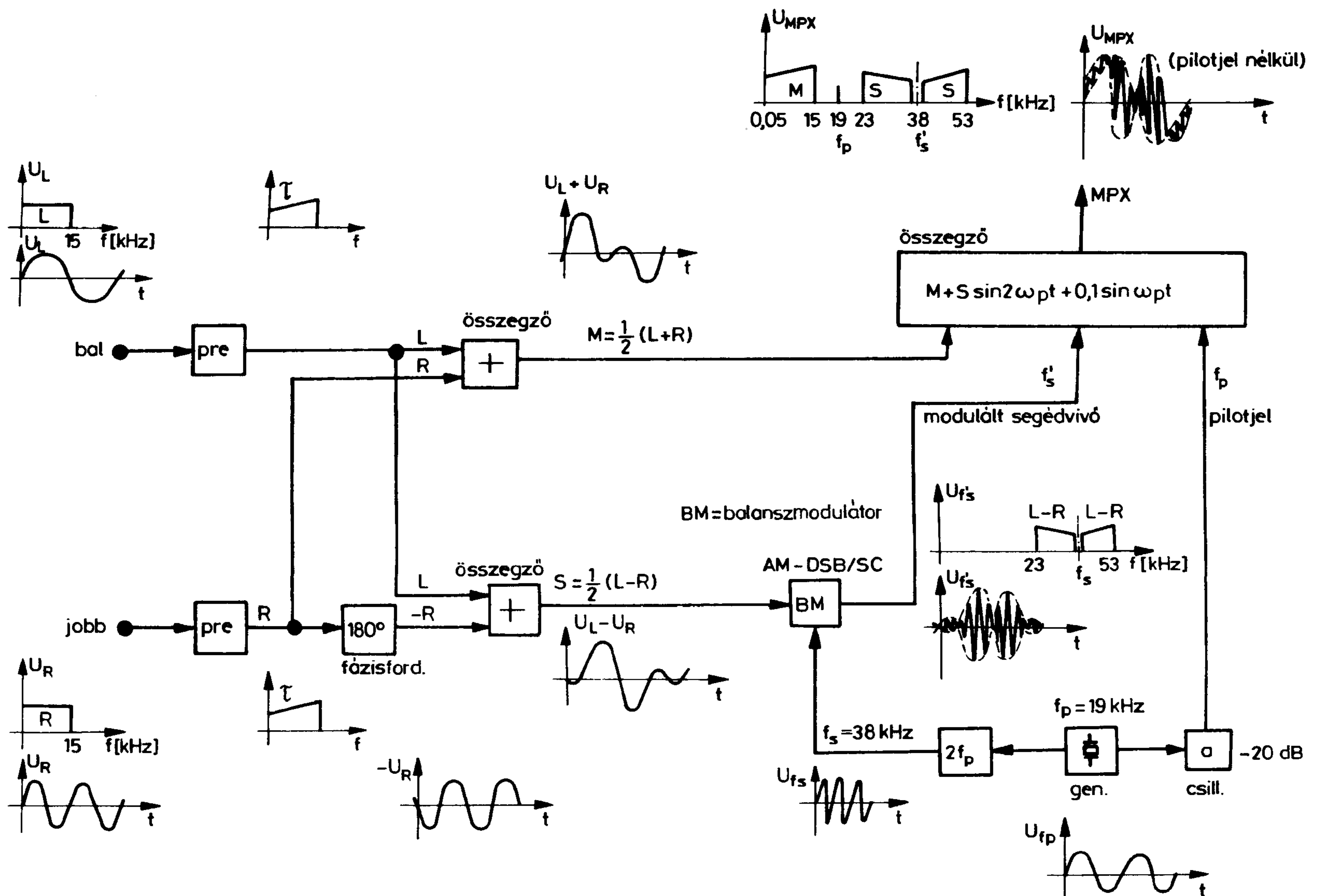
#### ● Pilotjeles sztereo multiplex jelek előállítása (kódolása)

A kompatibilis sztereo jelnek egy adóval történő továbbítása multiplex rendszerrel történik. A multiplex rendszer két alapvető módszere ismeretes:

- frekvenciamultiplex (frekvenciaosztás), ill.
- időmultiplex (időosztás).

A frekvenciamultiplex elven működő kódoló felépítése a 12.54. ábrán látható. Az ábrázolt jelalakok (*L* és *R*) csak két hangfrekvencia, pl. 1 kHz és 2 kHz esetére érvényesek. A beszéd vagy a zene összetett jele nehezen vizsgálható. Ezért az ábrázolásban mindig állandó frekvenciát alkalmazunk.

Az alapsávi *M* jelet előkiemelés után egyszerű összegezéssel (*L* + *R*) kapjuk. Az *L* jelet összeadva az *R* ellenfázisú jelével az *S* = *L* - *R* oldaljelet adja. Az oldaljel AM-DSB/sc modulációval az  $f_s = 38$  kHz



**12.54. ábra**  
 Frekvenciamultiplex elven működő kódoló felépítése

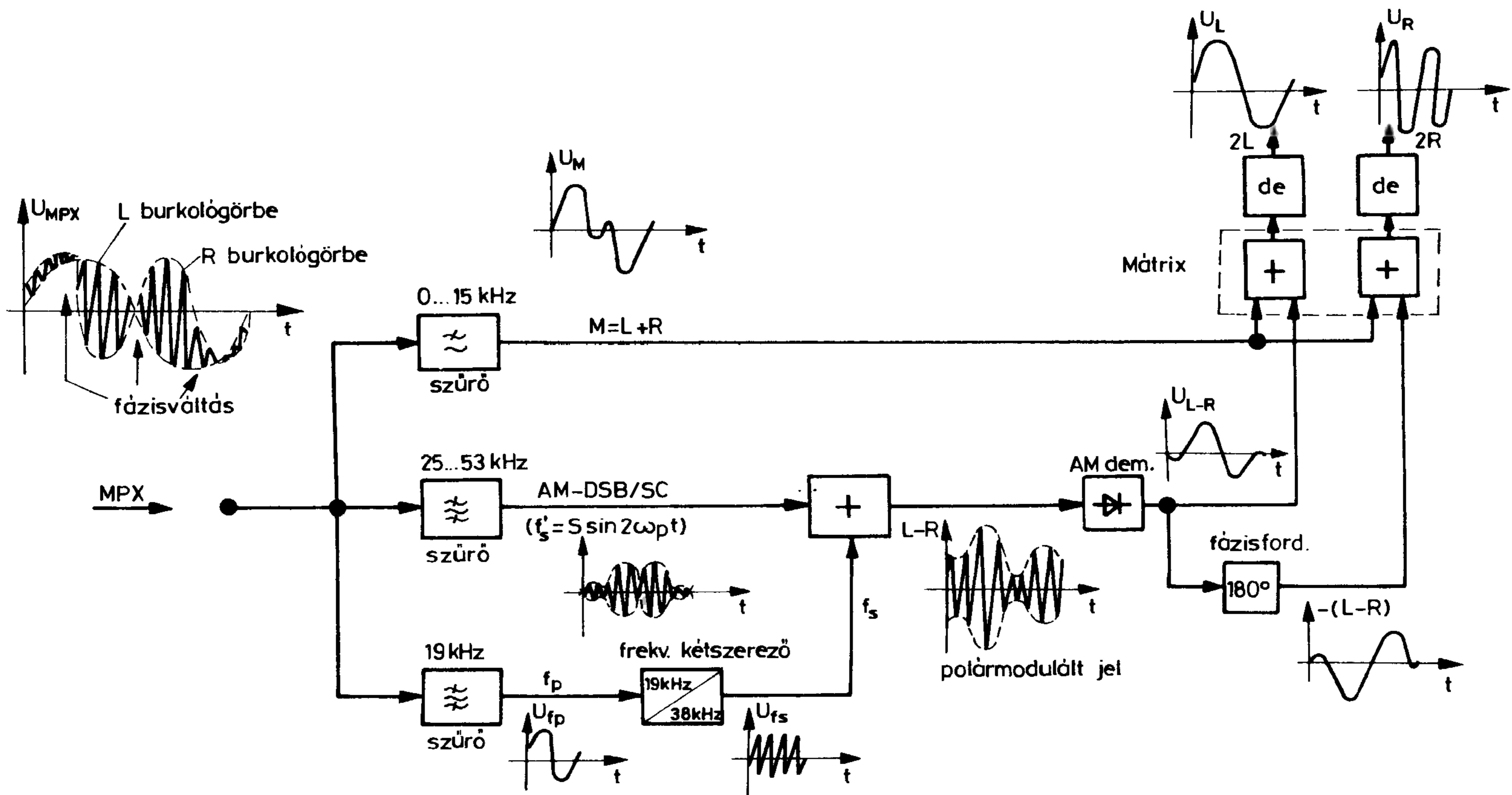
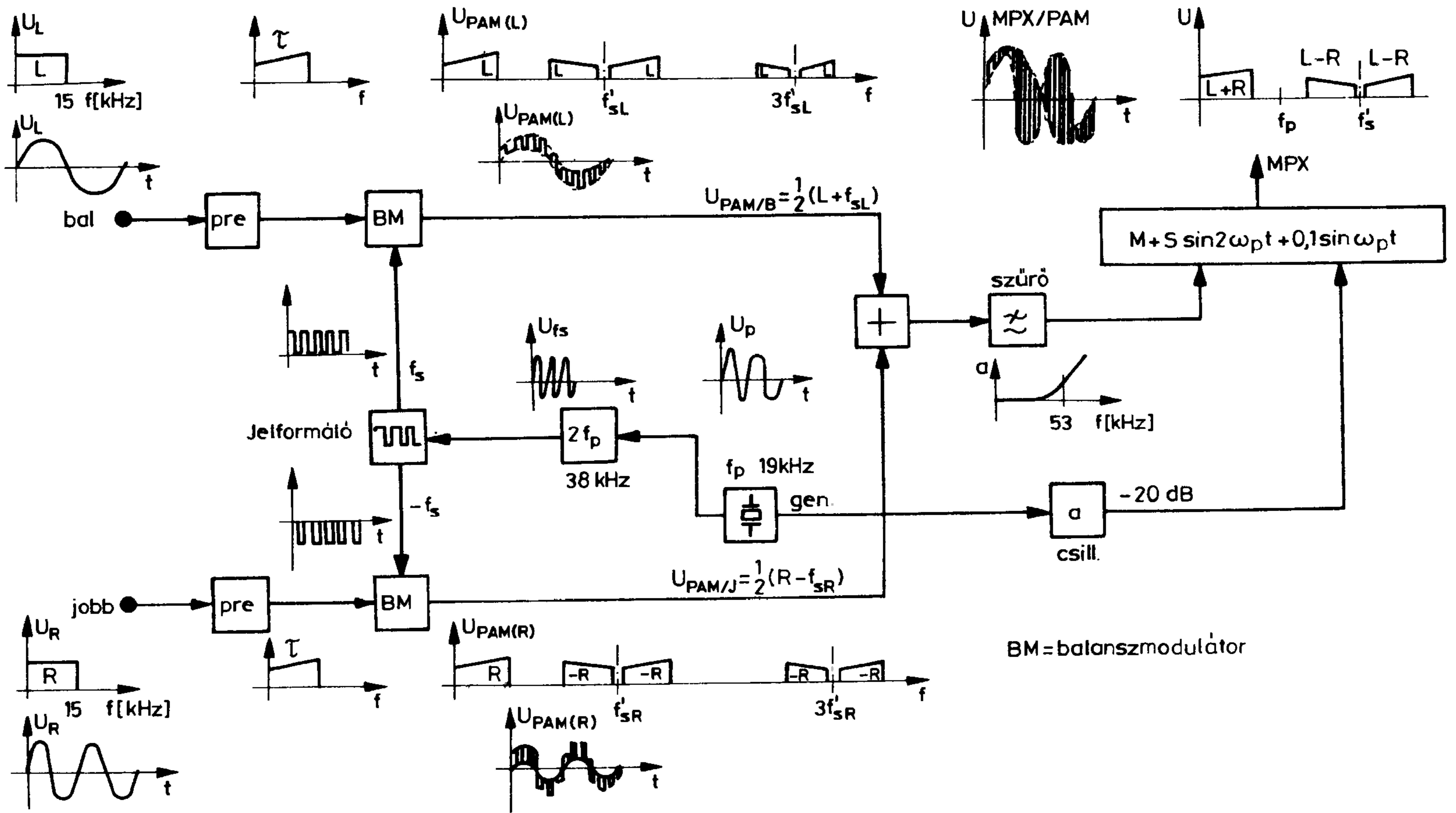
segédvívő frekvenciájával eltolva, annak oldalsávjaként a frekvenciatengely jól elhatárolt részére kerül. A két spektrum közé eső  $f_p = 19$  kHz-es vezérjel ( $-20$  dB csillapítással)  $10\%$ -a összeadva az  $M+f$  jellel képezi a sztereo MPX jelet. Az időmultiplex elven működő kódolás menetét a 12.55. ábra mutatja. Előkiemelés után a két jelet külön-külön kapcsolóáramkörbe vezetik. A  $19$  kHz-es generátorból kapott, majd a frekvenciakétszerezőben és jelformálóban előállított  $38$  kHz-es kapcsolójel váltott irányú mintavételével PAM jön létre. Az impulzusamplitúdó-moduláció után mindegyik jelet tartalmazza a modulálójelet az eredeti helyén (alapsávban), és a kapcsolójel ( $f_s$ ) frekvenciájának páratlan számú többszöröseinél jobbra-balra mint oldalsávot. A két modulált jelet összegéből aluláteresztő szűrővel eltávolítják az  $53$  kHz feletti komponenseket. Így a két modulált jelet összegezve a pilotjellel teljesen azonos, kompatibilis sztereo multiplex jelet keletkezik.

### ● Pilotjeles sztereo multiplex jelek dekódolása

Az FM adó által kisugárzott kompatibilis sztereo-fonikus MPX jelet a vevőkészülék FM demodulátorán jelenik meg. A multiplex jelet a sztereo dekódoló bontja fel oldaljelekre. Lényeges, hogy a dekódolási folyamat a jel-zaj viszonyt és a csatornaáthallást a lehető legkisebb mértékben rontsa. Működési elvük alapján háromféle dekódolóeljárást alkalmaznak:

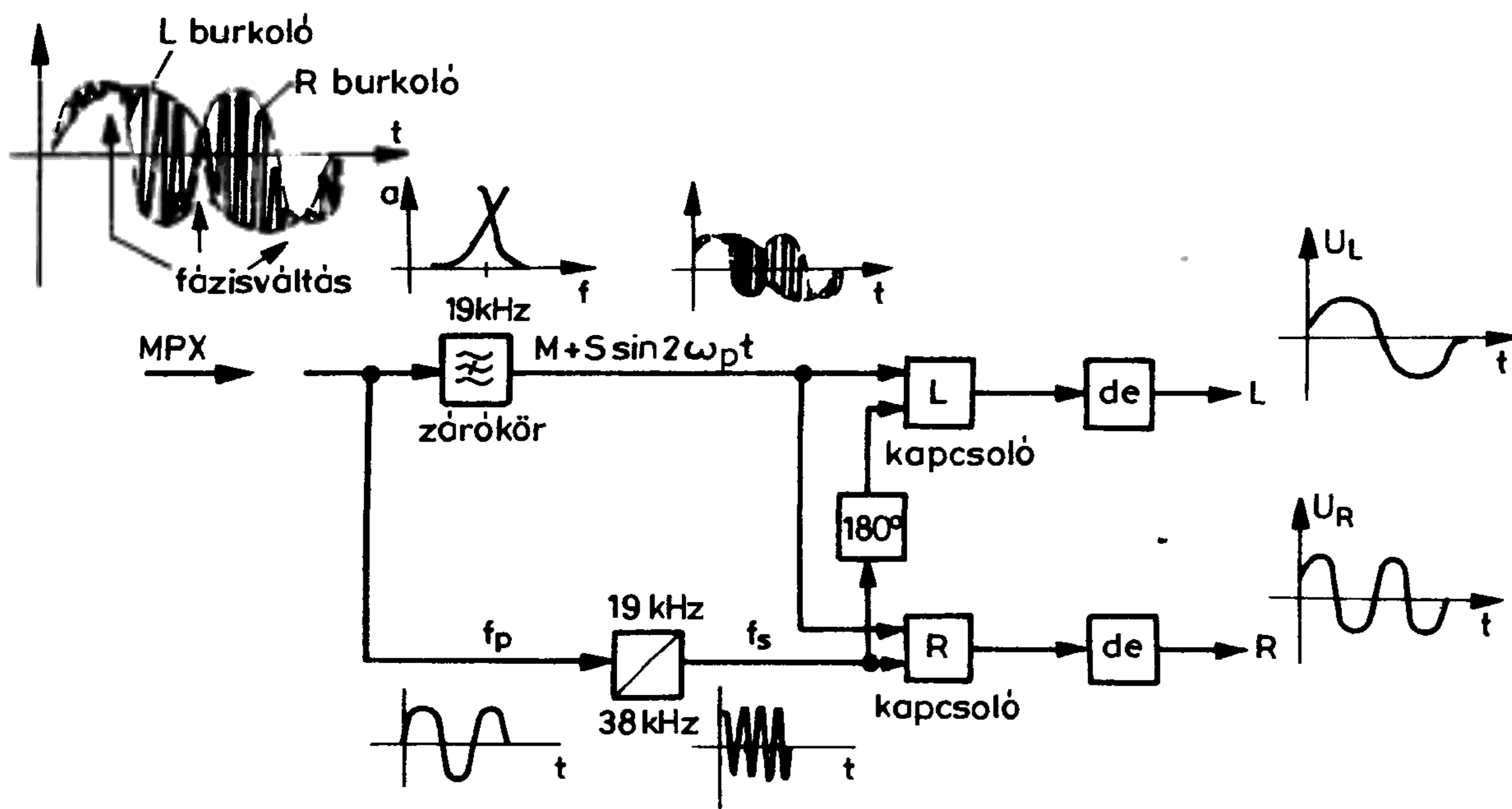
- mátrix (frekvenciamultiplex),
- időmultiplex (idő szerinti mintavétel),
- polármoduláció (burkolódetektoros).

A 12.56. ábrán bemutatott mátrix elven működő dekódoló bemenetére érkező MPX jelet összetevőit az  $M$  alapsávra, az  $f_s$  segédsávra és az  $f_p$  pilotjelre hangolt szűrőkkel szétválasztják. Az AM burkolódemodulátor számára a vezérjel  $19$  kHz-es frekvenciájából kétszerezés után előállítják a segédvívőt. Az



**12.55. ábra**  
Az időmultiplex elven működő kódoló felépítése

**12.56. ábra**  
A mátrixelven működő dekódoló felépítése



**12.57. ábra**  
Az időmultiplex (kapcsoló) elven működő dekódoló

elnyomott vivőjű segédsávi jelet összeadva a regenerált segédvivővel, polármódulált jel keletkezik, amelynek burkológörbéje az  $S$  különbségi jellel arányos. Az AM demodulálás után a rematrixolási folyamathoz rendelkezésre áll az  $S$ , és fázisfordítás után a  $-S$  különbségi információ.

Az időmultiplex (kapcsoló) elven működő dekódolóban (12.57. ábra) a pilotjelet szűrővel kiemelik a multiplex jelből és frekvenciakétszerezéssel helyreállítják a segédvivőt. A segédvivő — az adóoldali modulátorral szinkronban — elektronikus kapcsolókat működtet, amelyek az  $L$  és  $R$  információt ol-

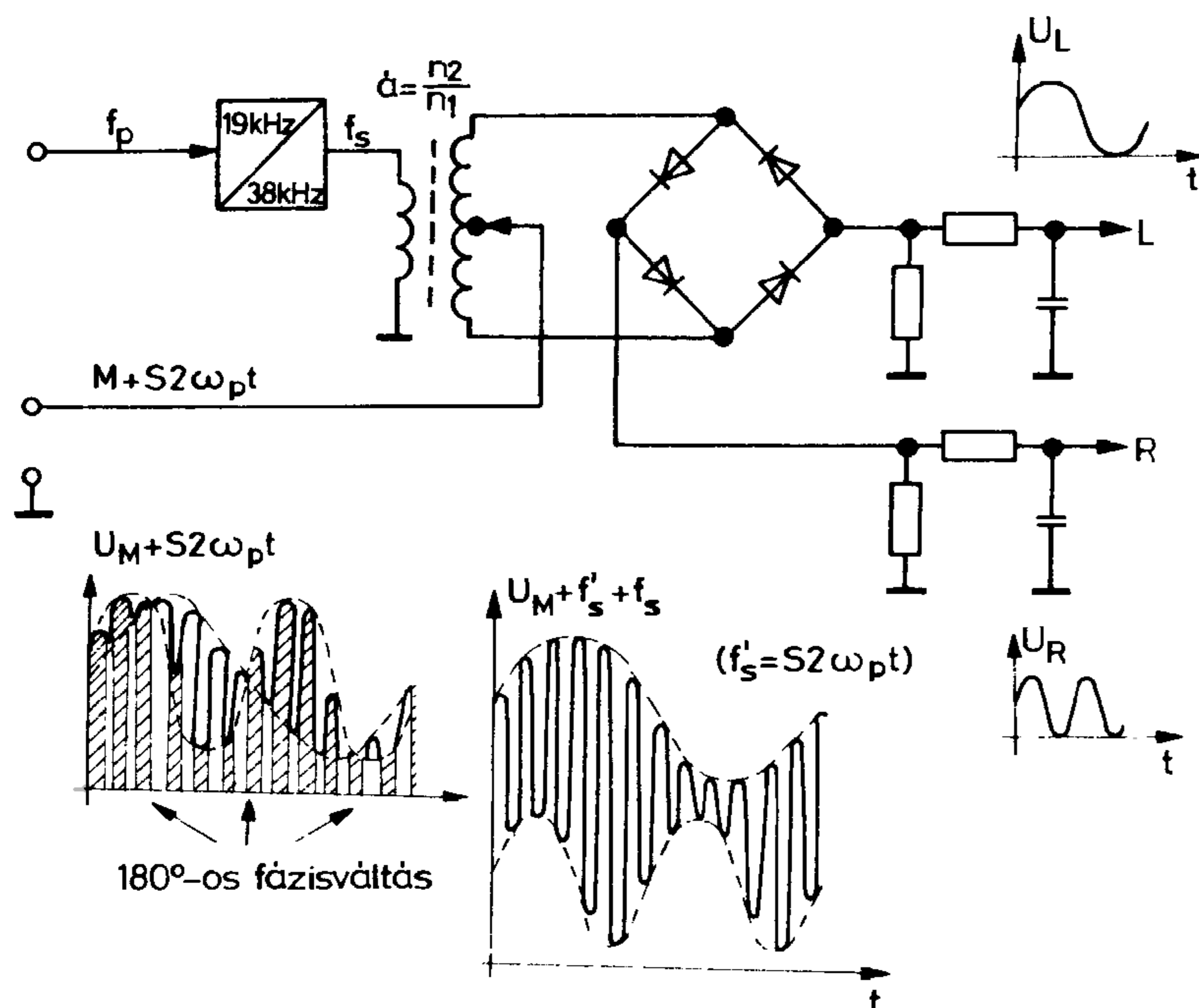
dalhelyesen szétválogatják. Egy fajta kapcsoló működését külön is ábrázoltuk. A segédvivő által meghajtott transzformátor szekundere egy ellenütemű csatolótekerecs, amely a hídba kapcsolt diódák része (12.58. ábra). A középleágazáshoz vezetett  $MPX$  jel a tekerecs mindkét végén megjelenik. A párhuzamosan kapcsolt és páronként ellentétes polaritású diódákat a kapcsolójel folytonos periódusai váltakozva nyitják, ezáltal az  $L$  és  $R$  kimeneteken a megfelelő oldaljel pillanatnyi értékével arányos amplitúdójú impulzusfeszültség jelenik meg. A kimenetek aluláteresztő szűrői után  $U_L$  és  $U_R$  folytonos feszültség keletkezik.

A burkológörbe-demoduláció elvét a 12.59. ábrán mutatjuk be. Itt a regenerált segédvivő és az  $MPX$  jel egy összeadó áramkörbe kerül, amely kimenetén polármódulált jel keletkezik. A polármódulált jel alsó és felső burkolója más-más információt ( $L$  és  $R$ ) hordoz. A két egymással szembekapcsolt csúcsegyenirányító (AM burkológörbe demodulátor) a két oldaljelet szétválasztja. A dem-fázistagok egyben aluláteresztő szűrők is, amelyek a maradék 38 kHz-es jelet kiszűrik.

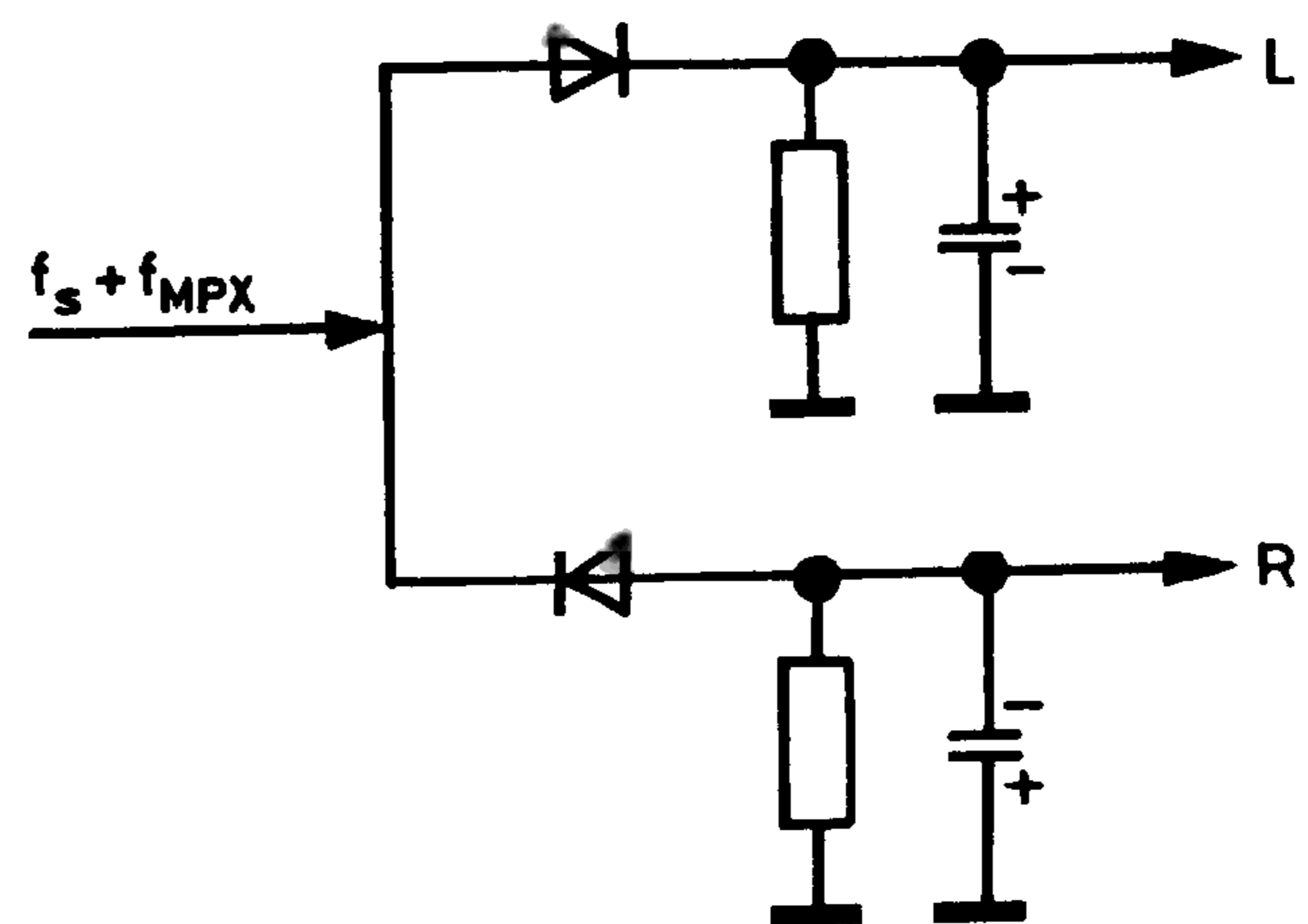
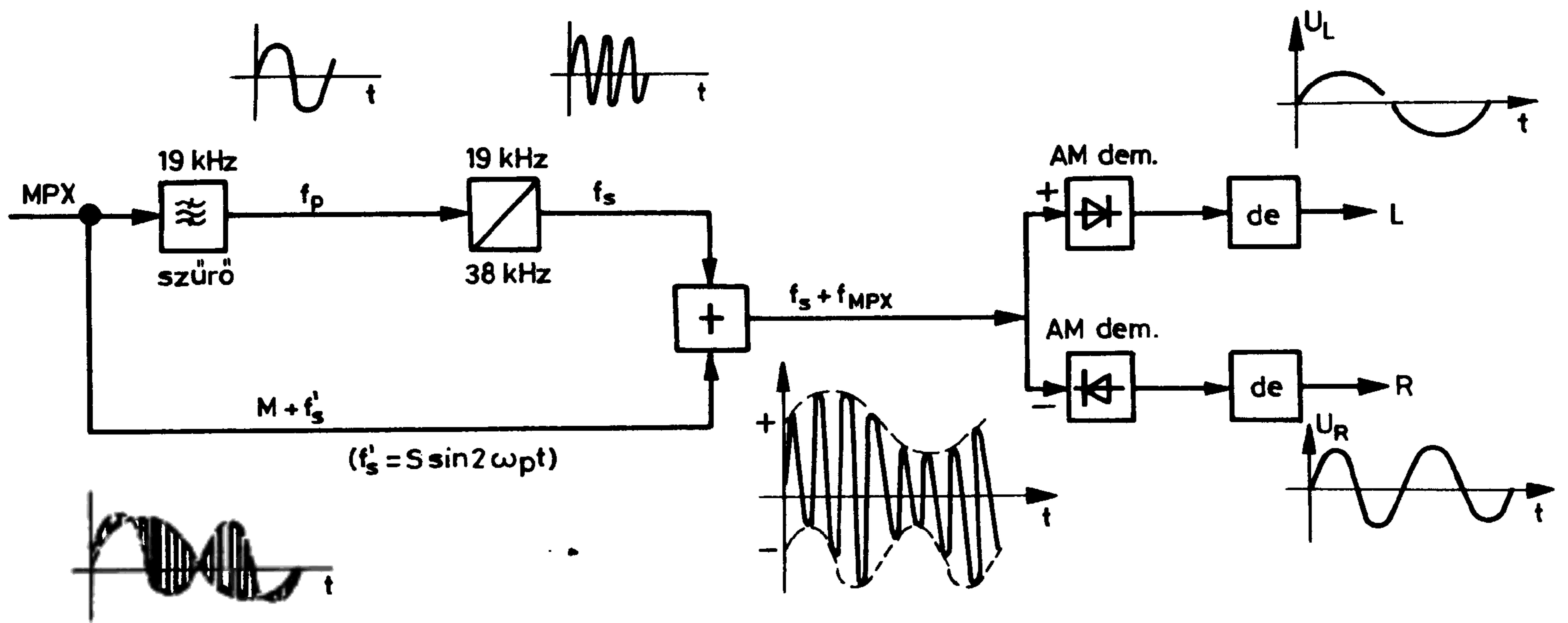
#### ● A dekódoló típusok összehasonlítása

A frekvenciamultiplex dekóder főleg Amerikában terjedt el. Az eljárás viszonylagos bonyolultsága következtében fellépő fázishibák miatt (pl. futási idő), valamint a közel sem ideális szűrőkarakterisztika miatt a minőség rosszabb a másik két típusnál.

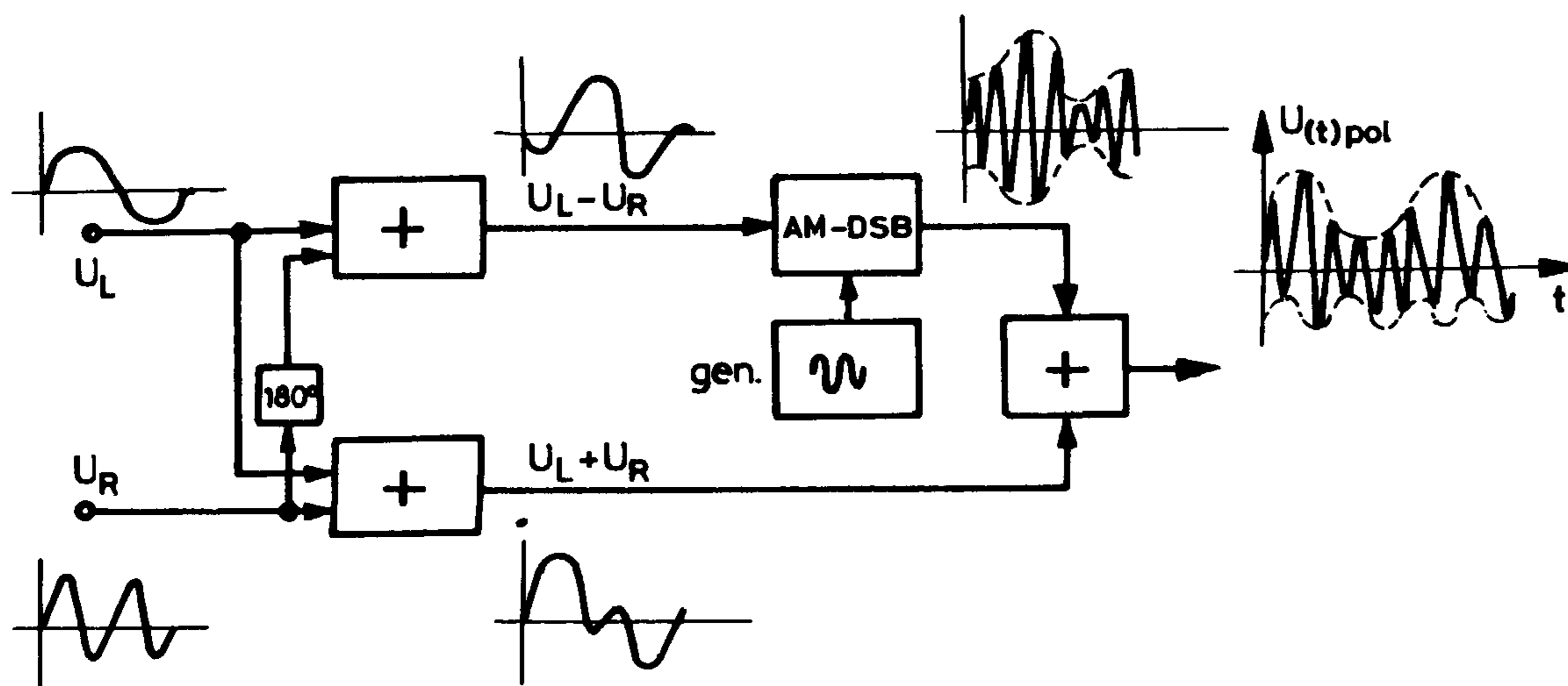
A mintavételes dekódoló jó működésének alapfeltétele a megfelelő nagyságú (az  $MPX$  jelnél leg-



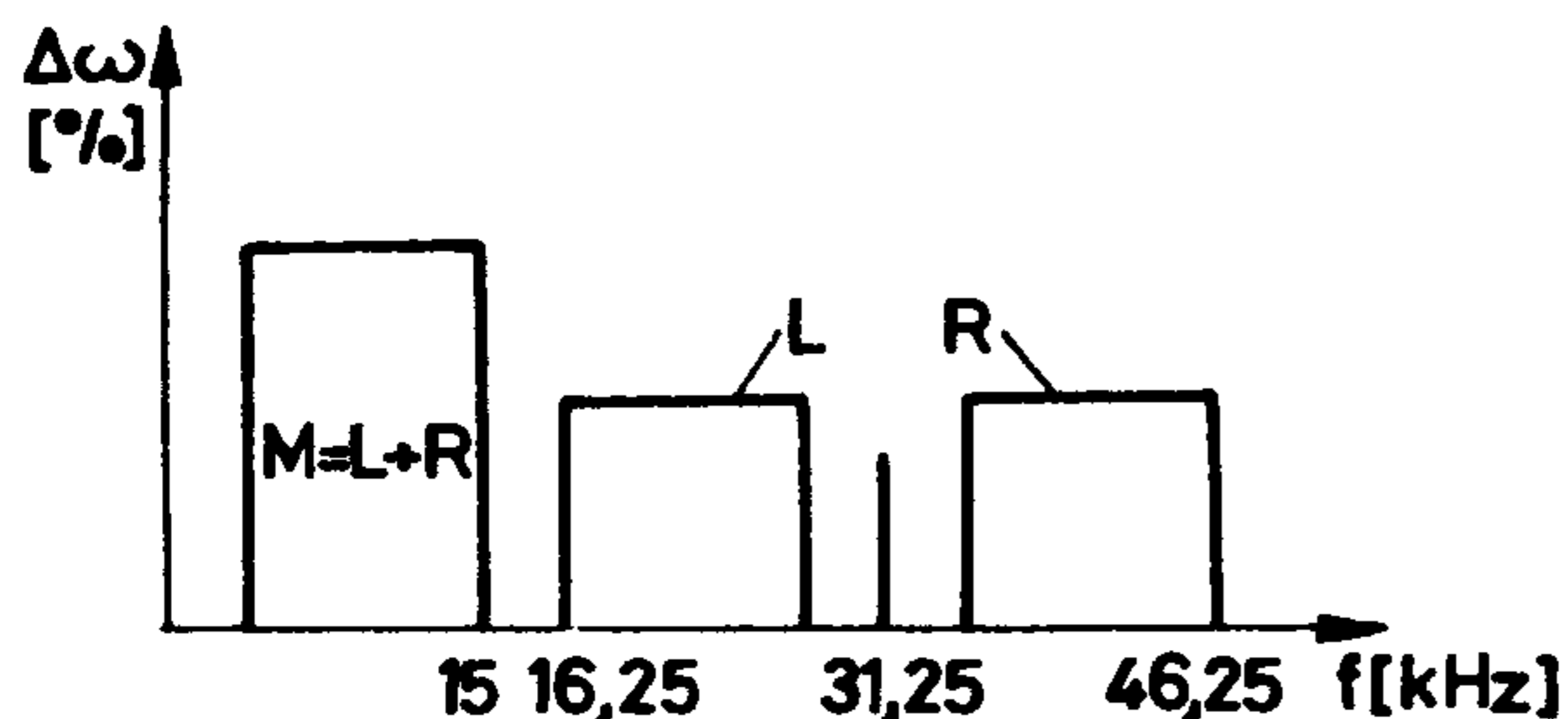
**12.58. ábra**  
A balanszmodulátor működése



12.59. ábra  
A burkológörbés demodulátor működése



12.60. ábra  
A polármodulált jel előállítása



12.61. ábra

A polármodulált MPX jel frekvenciatartománybeli képe

alább 10 dB-lel nagyobb) kapcsolójel biztosítása. A diódák nemlineáris karakterisztikáját — a nem kívánt felharmonikusok csökkentése miatt — soros ellenállásokkal linearizálják. Hibája, hogy a diódák soha nincsenek teljesen lezárva, így bizonyos mértékű vivőszivárgás — túlságosan nagy kapcsolójel esetén fokozottan — mindig van, amely az áthallást rontja. Az áthallási csillapítás max. 30 dB körül van.

Polármoduláció esetén a csúcsegyenirányítók nemlineáris torzítása hátrányos. Mivel a demodulátor a 15 kHz-es jelet is képes egyenirányítani, egyúttal keverés is fellép, így az oldalfrekvenciák között pl. a 9,5 kHz is megjelenik, ennek viszont a ne-

gyedik felharmonikusa éppen 38 kHz. Ugyanez más harmonikusokra is fennáll (pl. 7,6 kHz; 6,63 kHz), s ezek nagyfrekvenciás fütty formájában rontják a vételt.

Az eddigiekből belátható, hogy bármelyik pilotjeles modulációs rendszerrel létrehozott MPX jel kompatibilis a monóval és az átvitt információ bármelyik dekódolóeljárással visszanyerhető.

### ● Részlegesen elnyomott segédhordozós rendszer

A Szovjetunióban bevezetett eljárás. A segédhordozó frekvenciáját 31,25 kHz-re választották (a tv-sorfrekvencia kétszerese). A segédvivővel az AM-DSB rendszerhez hasonló polármodulációt hoznak létre. A moduláció elvét és a polármodulált jel időbeli képét a 12.60. ábrán ismertetjük. A segédvivő eredeti amplitúdójának 30%-át kisugározzák. Az MPX jel vezérjelet (pilot) nem tartalmaz. A részlegesen elnyomott segédvivő helyreállítása a vevő oldalon a jel szelektív kiemelésével történhet. Ez az átviteli rendszer a pilotjeles sztereo multiplex elven működő kódoló- és dekódolóeljárásokkal nem kompatibilis. A polármodulációs rendszerű, részlegesen elnyomott segédhordozós, pilotjel nélküli sztereo MPX jel frekvenciatartománybeli képét mutatja a 12.61. ábra.