

# Vivőfrekvenciás átviteltechnika nagyfeszültségű távvezeték szigetelt földvezetékén az FB 441-es berendezéssel Z 12 F—TFE üzemmódban

ETO 621.396.44:621.393.44

A villamos áramot szolgáltató vállalatoknál a vállalatok belső hírközlő hálózata eddig főleg a nagyfeszültségű távvezetéseket használta speciális vivőfrekvenciás készüléktechnikával, ennek összefoglaló megnevezése a német szakirodalomban TFH-technika. Mivel a TFH-technikánál a hálózati nagyfeszültség emelkedése esetén a vivőfrekvenciás csatolási technika egyre nagyobb ráfordítást követel és a zavarbefolyások növekszenek, valamint ezeknek az átviteli sáv szélessége csekély, az utóbbi időben szükségessé vált, hogy a nagyfeszültségű hálózatokban más átviteli utakat keressünk.

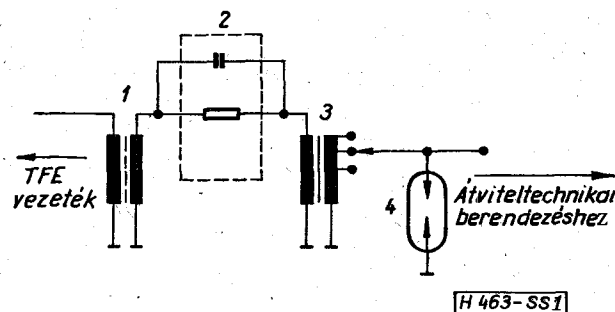
Ennek az útkeresésnek a során a már régebben ismert, de eddig ritkán alkalmazott, a nagyfeszültségű távvezetéseket egy szigetelt földvezetékén keresztül történő vivőfrekvenciás átvitelt, az úgynevezett TFE átviteli technikát választottuk. A TFE átviteli technikánál a nagyfeszültségű távvezetéseket földvezetékét minden oszlopon beépített szikraközzel rendelkező szigetelőkön át vezetjük, és csak a végeiken földeljük galvanikusan egy vivőfrekvenciás csatolóberendezésen keresztül.

Ez esetben a földvezeték védőhatása a nagyfeszültségű átvitel számára üzemmódot fenntartja és a földvezeték egyidejűleg a vivőfrekvenciás hírközlés számára is használjuk.

A TFH-technikával szembeni fő előnyök abból adódnak, hogy a földvezeték erősáramú terhelése lényegesen kisebb, minek következtében sokkal gazdaságosabbak a vivőfrekvenciás csatolóberendezések, kisebb a vezeték zavar szintje, a vezetékcsillapítás és ezzel együtt összességében jobb az átvitel minősége, ugyanakkor lényegesen nagyobb az átviteli sáv szélessége (a csatornaszám).

## A vivőfrekvenciás csatolóberendezéssel ellátott TFE-vezeték

A szigetelt földvezeték, a továbbiakban TFE-vezeték, aszimmetrikus légvezeték, amely nagy keresztmetszete miatt kisebb kilométerenkénti csillapítással rendelkezik, mint a szokásos légvezeték. A vele párhuzamosan futó nagyfeszültségű vezetékkel való induktív és kapacitív csatolás, valamint a földvezeték és a föld közötti távolság kötélbelógás által fennálló különböző nagysága következtében a TFE-vezeték hullámellenállásában és csillapítási jelleggörbéjében

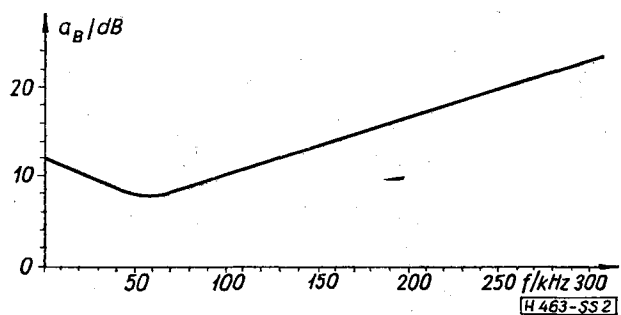


1. ábra. A transzformátoros TFE csatolóberendezés elvi kapcsolási rajza

nem homogén. Ezeket a tulajdonságokat ezenkívül befolyásolja még az alkalmazott vivőfrekvenciás csatolótechnika is. A hagyományos TFH csatolóberendezések nagy kiterjedésű, nagyfrekvenciás légmagos fojtótekeresből és nagyfeszültségálló, nagyfrekvenciás csatoló kondenzátorból állnak. Mi újszerű transzformátoros TFE csatolóberendezést választottunk, amelyet az 1. ábra mutat be. Ez a TFE csatolóberendezés ferritgyűrűmagos, nagy áramerősséget levezető, az ábrán 1 jelű transzformátorral rendelkezik.

A kevés menetből álló nagy áramerősségű tekercs az 50 Hz-es földáramok számára gyakorlatilag galvanikus földelő elvezetést jelent. A TFE-vezetékén levő vivőfrekvencia a ferritmág mezején át a nagyfrekvenciás tekercsre transzformálódik. Egy 50 Hz-es 2 jelű áramkorlátozó és egy 4 jelű túlfeszültség-levezetővel rendelkező 3 jelű vivőfrekvenciás illesztőtranszformátoron keresztül a vivőfrekvenciás jelek a szokásos módon egy kábelre jutnak, amely az állómáson levő vivőfrekvenciás berendezéshez vezet.

A nagy áramerősséget levezető transzformátor ferritmaga révén jelentős mennyiségű vörösréz takarítható meg. A transzformátor görbült mágneses kivezérlési jelleggörbéje lényegesen korlátozza a zavaró impulzusokat a vivőfrekvenciás jel útjában, ha a földelővezetékben dinamikus hálózati áramlökések lépnek fel. Hátrányként el kell viselni a vivőfrekvenciás jeleknek szokásos hálózati földelőáramnál fellépő csekély morgás-modulációját. A 2. ábra egy 190 km hosszú és mindkét végén transzformátoros TFE csatolóberendezéssel ellátott, 210/50 mm-es acél-alumíniumvezetékű TFE-vezeték csillapításának tipikus görbéjét mutatja. Ennél a TFE csatolóberendezések csillapítására 60 KHz-nél kb. 3 dB esik, az acél-alumínium földelővezeték kilométerenként.



2. ábra. Egy transzformátoros TFE csatolóberendezésekkel ellátott TFE-vezeték csillapítási görbéje. Hosszúság: 190 km, acél/alumínium vezeték, 210/30 mm

terenkénti csillapítása 60 kHz-nél kb. 0,03 dB/km, 150 kHz-nél kb. 0,07 dB/km. A 60 kHz alatti csillapítás csekély emelkedését a TFE csatoló berendezések beiktatási csillapítása okozza.

#### A TFE csatoló berendezés fő paraméterei

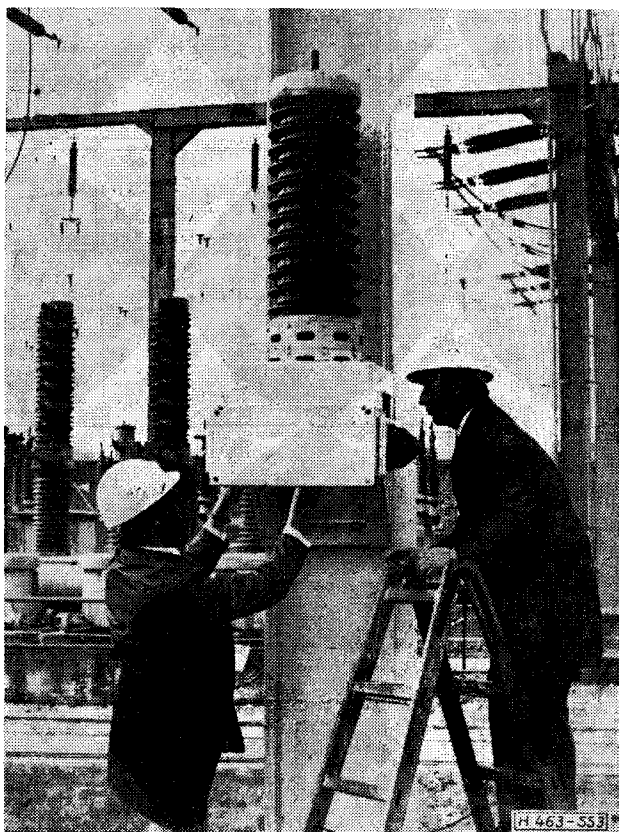
Frekvenciatartomány	36...400 kHz
Beiktatási csillapítás csatoló berendezésenként:	
36 kHz-nál	3 dB
84 kHz-nál	1 db
143 kHz-nál	0,5 dB
Impedancia a TFE-vezeték irányában	kb. 400...750 ohm, 50 ohm-os fokozatonként állítható
Impedancia a vivőfrekvenciás kábel irányában	120 vagy 150 ohm
Földvezetékáram a zavartalan vivőfrekvenciás üzemhez	max. 25 A
Termikus tartós üzemi áram	max. 120 A
Termikus határáram	21 kA, 1 s
Dinamikus határáram	56 kA
Morgásmoduláció csillapítása 25 A földvezetékáramnál	
36...60 kHz	20 dB
60...400 kHz	30 dB
Méret	
Nagy áramerősséget elvezető transzformátor	
magasság	1088 mm
átmérő	350 mm
Súly, kb.	55 kg
További berendezés	360×360×180 mm
Súly, kb.	10 kg

#### TFE-készüléktechnika

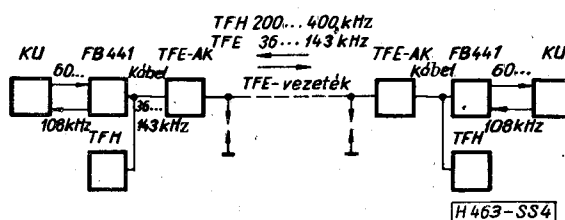
Kézenfekvő, hogy a TFE-vezetékhez olyan készülékeket alkalmazzunk, mint a szokásos légvezetékekhez. Ezért egy FB 441 típusú átviteltechnikai berendezést, amelyet a Z 12/V 24 jelű vivőfrekvenciás rendszer légvezeték üzemére terveztek, úgy módosítottunk, hogy használata lehetséges legyen mind a normál légvezetéseken, mind a TFE-vezetéseken. Ezzel a 36...143 kHz-es sávban a TFE-vezetéken 12 távbeszélőcsatorna vihető át, amelyek sokcsatornás VT, adat-, mérési érték- és távvezérlési jelek átvitele számára is használhatók. A TFH-vezeték

további kihasználása céljából 200 kHz-en felül TFH-készülékek alkalmazhatók. A 4. ábra egy olyan TFE-összeköttetést mutat, amely ezzel a készüléktechnikával van ellátva.

A KU jelű csatornamodem berendezésből vagy egy primercsoport-tranzitszűrőből érkező 60...108 kHz-es frekvenciasáv a 12 csatornás, B jelű primer alapsopornak felel meg. Az FB 441 készülék automatikus csatornapilot-szabályozással rendelkezik és így különösen alkalmas a légvezeték rendszerhez. Erről a készülékről a vonali sávok négyhuzalosan közvetlenül, vagy helyi szétválasztottság esetén egy kábelon keresztül az FB 441 típusú átvivő készülékre jutnak. Itt az adási oldalon a két vonali pilotfrekvenciát betáplálják, a sávot átteszik a vonali frekvenciafekvésbe és felemelik a megfelelő adásszintre, amely teljesítményben 20 W-ot tesz ki. A vonali frekvenciafekvés az iránytól függően 36...84 kHz, ill. 92...143 kHz, ugyanakkor a különböző vonalak érthető áthallásának elkerülése céljából a sávok egymás közötti 8 különböző elrendezésben választhatók. Az FB 441 típusú berendezésből a vonali sáv normál



3. ábra. A TFE csatoló berendezés



4. ábra. Egy TFE-összeköttetés felépítése a leírt készüléktechnikával

esetben egy koaxiális földkábelben keresztül a csatolóoszlopon levő TFE – AK jelű TFE csatoló berendezésre jut és onnan az oszlop-szikrakózzal ellátott TFE-vezetékre.

A vevőoldalon a vonali sávot az FB 441 típusú átvívő készülékben amplitúdó szempontjából kiegyenlítik, felerősítik és átteszik a primer alapsoport helyzetbe. A TFE-vezetéken az időjárás viszonyok változása, ill. a nagyfeszültségű vezeték kapcsolási állapotváltozása által okozott csillapítás-változás kiegyenlítésére automatikus erősítésszabályozás van egyenes és ferde szabályozású pilottal.

A TFE-vezeték maximálisan áthidalható hossza függ a földvezeték fajtájától, azaz a meglévő kilométerenkénti csillapítástól, a csatornánkénti adásszinttől, az extrém időjárás viszonyoktól, ill. csillapítás-ingadozásoktól és a zavar szinttől.

Tizenkétszatornás üzennél kb. 300 km hatótávolság adódik, ha a TFE-vezeték csillapításkarakterisztikája a 2. ábra szerinti, a lehetséges csillapítás és 17 dB és a vezeték zavar szintje kisebb mint -35 dB. Az elméletileg maximálisan áthidalható csillapítás 50 dB.

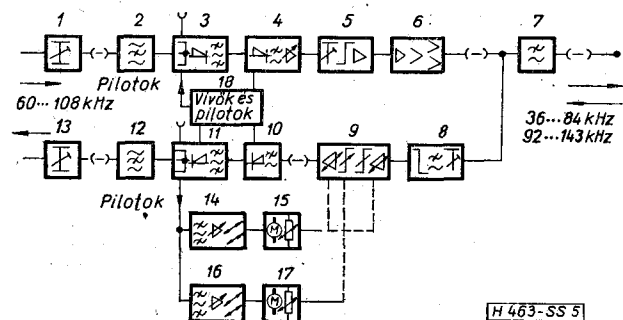
Fennáll az a lehetőség, hogy három csatornát vagy egy speciális információátvitellel rendelkező csatorna szintjét az adásban a többi csatornával szemben megemeljük, ami a megemelt szintű csatornák számára a zavarásvédelem megfelelő növelését jelenti a TFE-vezeték üzemzavara esetén. Ez esetben a maximális csatornaszám 11-re redukálódik. A leírt TFE-összeköttetésnél védőjel átvitele nincs előírva.

Ahogy az a 4. ábrán látható, a 200...400 kHz-es frekvencia-tartományban a szokásos TFH átvívő készülékek az FB 441 típusú készülékekkel párhuzamosan üzemeltethetők.

**Az FB 441 típusú készülék a Z 12 F – TFE üzemmódban**

Az 5. ábra ennek a készüléknek a blokk-sémáját mutatja. A primer alapsoport 60...108 kHz-es sávja az 1 jelű fővonali kábelkiegyenlítőn és a 2 jelű pilotzárán át az első 3 jelű modulátorfokozatba jut. Itt megtörténik a 64 kHz-es és 104 kHz-es vonali pilotfrekvenciák betáplálása, valamint a 456...504 kHz-es frekvenciasávba való modulálás.

Egy második a 4 jelű modulátor létrehozza a vivőfrekvenciák megválasztásától függően a 36...84 kHz-es alsó átviteli sávot, ill. a 92...140 kHz-es és a



5. ábra. Az FB 441 típusú átviteltechnikai berendezés blokk-sémája

95...143 kHz-es felső átviteli sávokat, mindenkor 1 kHz-el eltolódva. Az így feldolgozott sáv az 5 jelű erősítőre jut, amely vagy széles sávban erősít, vagy három vagy egy csatornát a többi csatornával szemben 9 dB, 18 vagy 26 dB értékkel megemel. Az utána következő többfokozatú, az ábrán 6 jelű ellenütemű erősítő szintje állítható, úgy, hogy akár egy csatornával is előállítható a 20 W értékű kimenő teljesítmény. Az ellenütemű erősítő túlvezérlés védelemmel és tirisztiros túlfeszültség védelemmel van ellátva. A tirisztorok a végfokozati tranzisztorok védelmére szolgálnak a TFE-vezetéken fellépő atmoszférikus és a távvezetékben fellépő kapcsolásokból származó feszültséglökések ellen. A 7 jelű aluláteresztő védő szűrőn át, amely 200 kHz-től nagyimpedanciás a párhuzamosan kapcsolódó TFH-berendezések felé és egy illesztő transzformátoron át az adási sáv a TFE csatolóberendezéshez vezető kábelre jut.

A vételi sáv a 7 jelű aluláteresztő védőszűrőn való áthaladása után egy nagyohmos ellenálláscsatolóra, majd a 8 jelű szűrőbe kerül. Ez az adási sávotól való nagy szelektivitású elválasztásra szolgál. Ezenkívül ide vagylagosan bekapcsolható egy kiegyenlítő a három, vagy egy csatorna adási oldalon történő megemelésének kompenzálásához. A vételi sávnak a TFE-vezeték és a csatolóberendezés által meghatározott frekvencia-karakterisztikáját a 9 jelű erősítőben rögzítetten kiegyenlítő kompenzálja, és a sáv szűrőjét megemelik a 10 és 11 jelű modulátorberendezés szintjére. Ez az erősítő ezen kívül szint- és ferdeségállító automatikus szintszabályozással rendelkezik.

A második modulátor fokozat kimeneténél a primer alapsoport helyzetben történik a vonali pilotjelek leválasztása a 14 és 16 jelű pilotvevőkkel, melyek az automatikus egyenes és ferde szintszabályozás elektromechanikus állítótagjait vezérlik. A pilotfrekvenciának a primer alapsoport helyzetében történő betáplálása és levétele azzal az előnnyel jár, hogy a pilotfrekvenciák viszonylagos helyzete a sávban független a TFE-vezetéken választott sávelrendezéstől, és csak két pilotszűrőre van szükség. Az így kiszabályozott és kiegyenlített 60...108 kHz-es sávból a 12 jelű pilotzár távolítja el a pilotfrekvenciát és a sáv a 13 jelű állomási kábel kiegyenlítőn keresztül a csatornamodulátorhoz jut.

A modem berendezések megfelelő vivő- és pilotfrekvenciáit egy központi 18 jelű berendezés állítja elő. Ebben a berendezésben valamennyi szükséges frekvenciát egy alapfrekvenciából szintetizálnak. Az alapfrekvenciát a berendezés maga állítja elő, vagy bevezethető a készülékbe mint 60 kHz-es vezérlőfrekvencia.

**Az FB 441-es átvívő készülék fő paramétereit**

Maximális rendszerszám	
végállomási üzennél	2
középállomási üzennél	1
Vonali frekvencia-sávok	
alsó sáv	36...84 kHz
felső sáv	92...140 kHz
	vagy 93...141 kHz
	vagy 94...142 kHz
	vagy 95...143 kHz

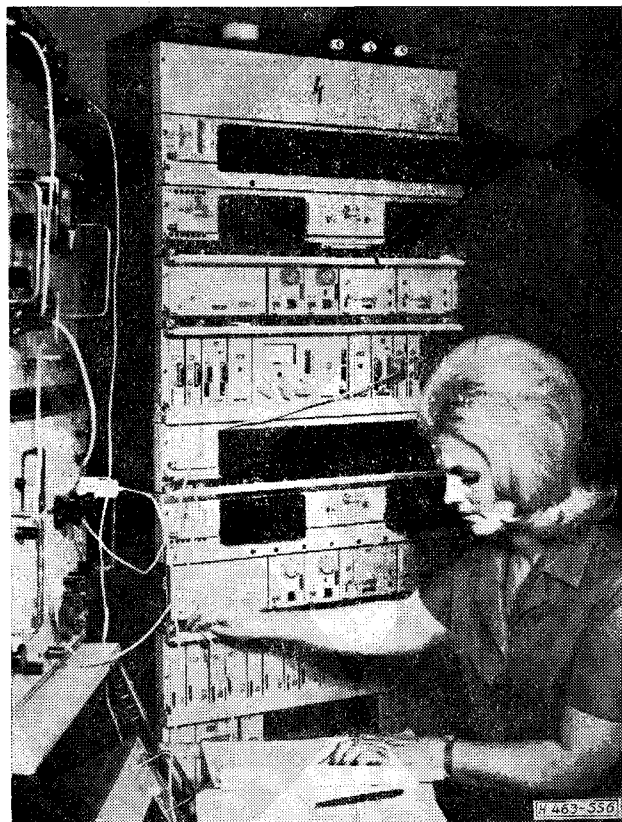
Maximálisan csatornaszám	12
három- vagy egycsatorna-emeléses üzemnél	11
Adási teljesítményszint	
12 csatornánál	+23 dBr
1 csatornánál	+42 dBr
Szintemelési fokozatok	
három vagy egy csatorna számára	9 dB vagy 17 dB vagy 26 dB
Maximálisan áthidalható csillapítás	50 dB
Impedancia	120 vagy 150 vagy 180 ohm
Sáv a csatornamodemhez	60...108 kHz (primer alapsoport)
A primer alapsoport csatlakozási szintjei	
adási irányban	-36 dBr
vételi irányban	-30 dBr
Impedancia	150 ohm
Vonali pilotfrekvenciák a primer alapsoport sávjában	64 és 104 kHz
Pilotszint	-16,5 dBmO
A primer alapsoport szabályozási tartománya szint	26 dB
ferdeség	11 dB
A szabályozás indulási küszöbe	±0,45 dB
Áramellátás módjai	
hálózati váltakozó feszültség	220 V vagy 110 V +10%, -20%
állomási telep	60 V vagy 48 V +20%, -10%

Teljesítményfelvétel	
maximális kiépítésnél	kb. 200 VA
Félvezető-elemek	szilícium
Méretük	1400×600×225 mm
Súly	kb. 130 kg

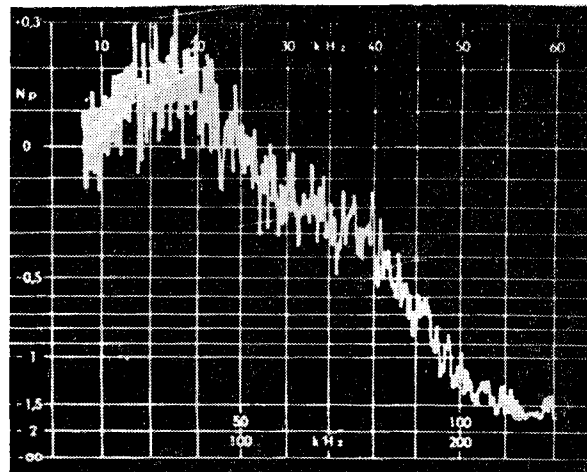
Üzemi tapasztalatok a TFE-hírközléssel

Néhány különböző erősáramú távvezeték-hálózatban sikerrel próbálták ki a 4. ábra szerinti felépítésű TFE hírközlő berendezéseket. Itt néhány jellemző eredményt kívánunk bemutatni.

A TFE csatolóberendezésekkel ellátott TFE-vezeték csillapításának frekvencia-karakterisztikája az 5. ábrán található. A 7. ábra egy TFE-összeköttetés vételi szintjének frekvencia-karakterisztikáját mutatja a 30...240 kHz-es tartományban. Ez megfelel a csillapítás 2. ábra szerinti menetének, tipikus a szuperpozíciója néhány-száz Hz frekvenciájú, 0,5...2 dB-es ritmikus amplitúdó-rezgéseknek. Ezek az amplitúdó-rezgések a TFE-vezeték nem homogén tulajdonságai alapján adódnak, aminek oka főleg a TFE-vezetékek végeiről való reflexió. Ezért ezeknek a rezgéseknek az amplitúdója minimálisra csökkent-

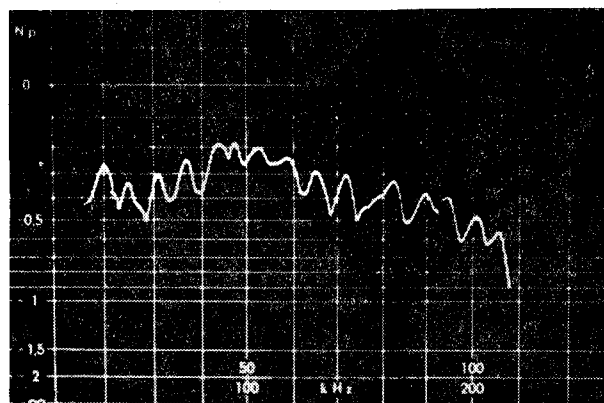


6. ábra. Az FB 441 berendezés mérése alatt



H 463-SS 7

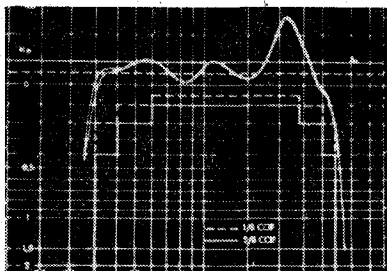
7. ábra. Egy TFE-összeköttetés vételi szintje a 30...240 kHz frekvenciatartományban. Adási szint: +1,0 névleges szint. Hosszúság: 85 km, acél/alumínium vezeték, 125/30 mm



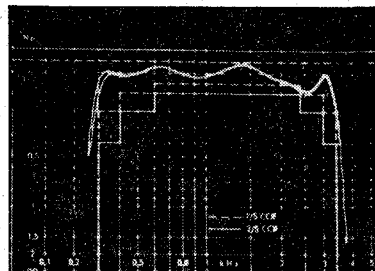
H 463-SS 8

8. ábra. Kiegyenlített és kiszabályozott primer alapsoport a 60...180 kHz tartományban (nyújtott ábrázolás)

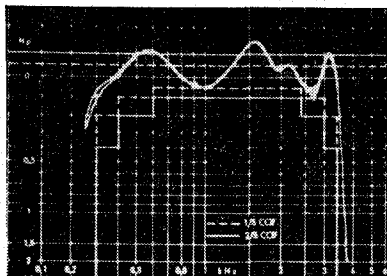
K 1



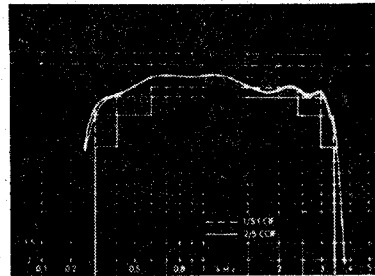
K 7



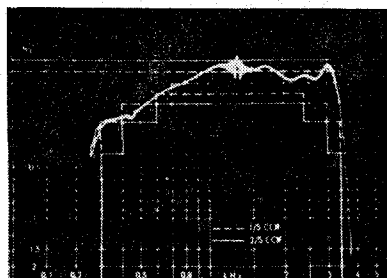
K 2



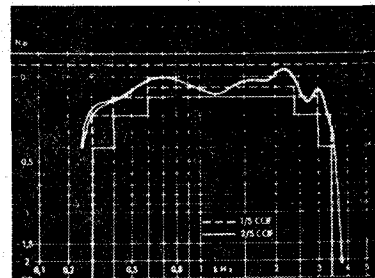
K 8



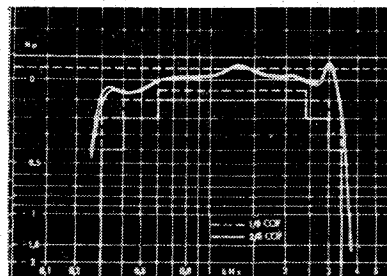
K 3



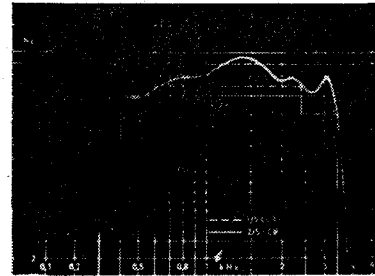
K 9



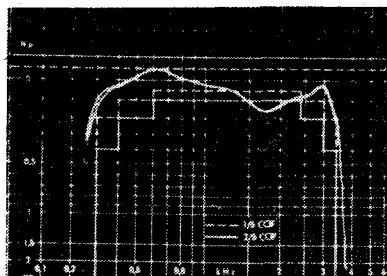
K 4



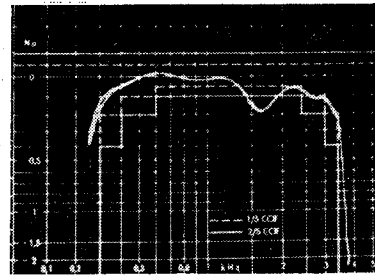
K 10



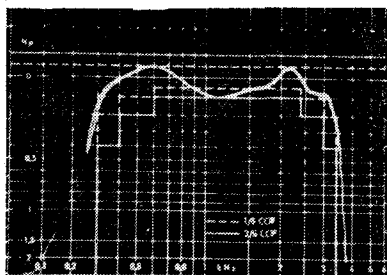
K 5



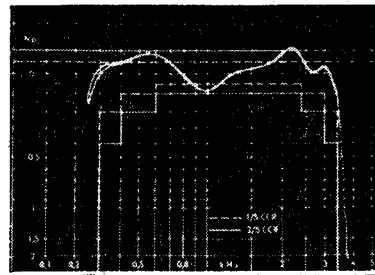
K 11



K 6



K 12



H 463-SS 9

9. ábra. Egy átviteli irány 12 kisfrekvenciás csatornájának (K 1...K 12) csillapítás torzításai

hető impedancia illesztéssel. A frekvencia főleg a TFE-vezeték hosszúságának függvénye. A kiegyenlítés nem lehetséges gazdaságos ráfordítással. Az ennek során adódó amplitúdótorzítások, melyek a primer alapsoportban az FB 441 típusú átvívó készülék kiegyenlített és kiszabályozott állapotában állnak elő a 8. ábrán láthatók. A Z 12/V 24 (FB 311) típusú csatornamodemben levő 12 hangfrekvenciás csatorna maradéktorzításaira való kihatásokat a 9. ábra mutatja, ennek ellenére a csatornáknak kb. 75%-a megfelel a 2/5 CCITT követelménynek.

A megfelelő TFH-összeköttetésekkel való összehasonlítás alapján a TFE-vonal kb. 4 dB-lel kevesebbet csillapít az egész sávban.

A TFE-vezeték csillapításának megváltozása a következő okokból adódhat: időjárási befolyások, a TFE-vezetékhez tartozó nagyfeszültségű vezetékek kapcsolási állapotának megváltozása, ill. a TFE-vezeték földzárata az oszlop szikraközének meghibásodása, vagy az oszlopon végzett munkák következtében. Az időjárási befolyások következtében fellépő változás csekélyebb, mint a normál légvezetéknel, és a 30...150 kHz-es tartományban csaknem független a frekvenciától. A 2. ábra szerinti, szokásos üzemi csillapítású TFE-összeköttetések olyan extrém feltételek mellett, mint köd, hóolvadás, dér, a megfigyelt csillapítás-növekedés nem haladta meg a 10 dB értéket. A többi változás nagyságát a felhasznált oszlopforma is befolyásolja. A kapcsolási állapot megváltozása által okozott csillapítás-változások értéke átlagosan 0,5...2 dB volt, szélsőséges esetekben 6 dB is volt 2...3 dB-es ferdeséggel a 30...150 kHz tartományban. A földzárlat következtében a TFE-vezeték hosszának  $\frac{1}{4}$ ... $\frac{3}{4}$ -es tartományában fellépő változások átlagosan 15 dB alatt voltak és a reflexiók körülmények megváltozása következtében adalékos csillapítás, ritmikus amplitúdóingadozások jöttek létre és ezzel együtt a csatorna maradékcillapítás megváltozása állt elő. Ezen utóbbi torzítások kivételével az átvívó berendezés szabályozói a többi csillapításváltozást jól ki tudták egyenlíteni.

A TFE-összeköttetések külső zajszintjei lényegesen kisebbek, mint a megfelelő TFH-vonalakon, mert a koronajelenség által okozottak csaknem teljesen elmaradnak. Főleg impulzusszerű széles sávú külső zajok állnak elő véletlenszerű sorrendben,

melyek atmoszférikus kisülések, ill. a nagyfeszültségű kapcsolók működtetése következtében keletkeznek és szelektív kommerciális külső zajszintek. A TFE-vezeték külső zajszintje általában -40 dB volt a 3,1 kHz-es sáv szélességre vonatkoztatva, és a csatornáknak kb. 55 dB-es külső zajszint-távolságok adódtak. A külső szelektív zajszintek még kifogástalan távbeszélőüzemet biztosítottak, mert zajszint-távolságaik 35 dB-nél nagyobb értéket mutattak. Arra nem volt szükség, hogy kompondorokat használjunk a csatornamodulátorban a külső zajszint-távolságok javítása céljából. Az impulzusszerű széles sávú külső zajok a csatornáknak pattogásokat okoznak. Az átviteltechnikai berendezéseket az említett impulzusszerű zavaroktól hatásosan megvédték a berendezésben alkalmazott túlfeszültség védelmi áramkörök. Az újszerű transzformátoros TFE csatolóberendezések a nagyfeszültségű hálózatban lehetséges valamennyi terhelésnél nagyon megbízható átvívó elemeknek bizonyultak mind az 50 Hz-es földáram, mind a vivőfrekvenciás jelek számára. Az 50 Hz-es földáramok által keltett bűgásmoduláció a vivőfrekvenciás csatornáknak átlagosan 50 dB volt.

Az üzemeltetési tapasztalatok összességükben azt bizonyították, hogy úgy a TFE csatolóberendezések, mint az FB 441 típusú átvívó készülékek a TFE-üzemmódban teljesen megfelelnek a követelményeknek és megbízható vivőfrekvenciás összeköttetéseket biztosítanak.

#### I R O D A L O M

- [1] Podazek, H. K.: Nachrichtenübertragung über Hochspannungsleitungen. Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag 1971.
- [2] Alsleben, E.: Richtwerte für die Planung von Trägerfrequenzverbindungen auf Hochspannungsleitungen und Angaben für die Bestimmung der Kenngrößen der Leitungen, Elektrizitätswirtschaft, 61. (1962), 363...367. oldal.
- [3] Matthias, H.: Trägerfrequenzübertragung auf isolierten Erdseilen v4n Hochspannungsleitungen in den USA. ETZ—B, 19. kötet (1967. 26. fűzet, 737...741. oldal.)
- [4] Gärtner, H.: Trägerfrequenzübertragung über Erseile von 380 und 220 kV-Leitungen, Fernmeldetechnik 8 (1968), 8. fűzet, 185...189. oldal.
- [5] Lautensach, H.: Nachrichtenübertragung in Hochspannungsnetzen, ETZ—A, 95. kötet (1974), 11. fűzet, 582...583. oldal.
- [6] Berkiing, M.: Das neue Zwölfkanal-Freileitungsgerät Z 12/V 24.