

VI

Magyar HÍRADÁSTECHNIKA



4

Magyar

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

Felelős szerkesztő:

Balogh Pál
VI., Eötvös u. 11/a
Telefon: 420-536

Szerkesztő:

Boglár Gyula
XI., Fehérvári út 70.
Telefon: 268-940

A Híradástechnikai
Tudományos Egyesület
Titkársága:

V., Szabadság tér 17.
Telefon: 113-027

Előfizetési ár

egész évre 30 Ft
Egyes szám ára 5 Ft

Megjelenik kéthavonként

TARTALOM:

<i>Frischmann Gábor</i> : Vezetékes híradástechnikai létesítmények földelési és érintésvédelmi problémák	121
<i>Lajkó Sándor</i> : BO-12 típusú tizenkétsatornás légvezetékes vivőáramú távbeszélő berendezés	128
<i>Orgovány László—Gáti Józsefné</i> : Alumínium ezüstözés és ezüstözött alumínium híradástechnikai felhasználhatósága	137
<i>Kemény Ádám—Saufert János</i> : Tranzisztoros feszültségstabilizátorok	144
<i>Csurgay Árpád</i> : Mozgó pontok jelátviteli problémájáról	151
Summaries in English	160
Zusammenfassungen in deutscher Sprache	160
Résumés des articles en langue française	B/3

Обобщение на русском языке

Г. Фришман: Проблемы защиты против прикосновения и заземления оборудования проводной связи

Статья рассматривает основные проблемы заземления и защиты против прикосновения оборудования и аппаратур проводной связи, главным образом промежуточных станций. Описывается роль заземления, допускаемые величины сопротивления распространения с точки зрения техники связи и защиты против прикосновения, далее принципы проектирования, трактуются точки зрения соединения кабелей к сети заземления, вопросы помех и способ применения нулевой сети. Показываются преимущества осуществления единой системы заземления и защиты против прикосновения. Описываются величины сопротивления заземления, измеренные до сих пор низкой частотой в диапазоне телефонной связи в ч. Автор наконец установит, что стандарты электротехники по заземлению и защите можно применять только после модификации и дополнения по специальным точкам зрения и требованиям в области техники связи. Поэтому такие новые стандарты для техники связи необходимы.

Ш. Лайко: 12-канальное высокочастотное телефонное оборудование БО-12 для воздушных линий

После осведомления основных показателей и возможностей применения нового 12-канального оборудования для воздушных линий, принадлежащего семейству многоканальных изделий завода им. Белояниса, статья описывает действие оконечных и промежуточных станций. Затрагивается более подробно регуляция пилот, снабжения несущих частот, промежуточная станция преобразования частоты и разные дополнительные оборудования. Наконец следует описание конструкции оборудования.

Л. Орговань — Й. Гати: Серебрение алюминия и применение серебряного алюминия в технике связи

Климатическая устойчивость серебряного алюминия и алюминиевых сплавов зависит от условий мажорного цинкования, от качества и толщины защитных слоев. Тщательным выбором техни-

ческих условий можно создать такое серебряное покрытие, которое соответствует международным требованиям с точки зрения климатической устойчивости. Алюминий, покрытый серебром, применяемый в некоторых областях техники связи и приборостроительной промышленности, имеет технические, технологические и экономические превосходства.

Кемь А. и Сауферт Й.: Стабилизаторы напряжения с транзисторами

В статьях, состоящих из трех частей, изложен принцип действия и точка зрения расчета последовательно регулирующих стабилизаторов с транзисторами. В первой части авторами изложены употребляемые решения действия контуров и их анализ. Целью теоретического анализа является выражение двух основных параметров одинаково важных для качества, именно выходного сопротивления и добротность регулирования. В литературе и настоящее время известен только метод выражения выходного сопротивления. Авторы успели решить проблему выражения добротности регулирования и так, разработали полноценный анализ для стабилизаторов с транзисторами.

В второй части обсуждается два регулирующих параметра, которые можно преобразовать в идеальные с помощью искусственной схемы и из анализа авторы получают формулы для расчета. Третья часть содержит критическое сравнение разных референтных источников напряжения, исследование их схем и обсуждает проблемы расчета и проектирования.

А. Чургаи: О проблеме передачи сигналов движущихся точек

Статья испытывает вообще проблему передачи сигналов движущихся точек в рамках специальной теории относительности, без ограничения величины по относительным скоростям точек, связанных с каналами передачи сигналов. Определяются диаграммы направленности по амплитуде и частоте движущихся антенны и передаваемая информация (временная зависимость). В окончании показываются проблемы возникающие при передаче сигналов высокой скорости, на примерах в некоторых специальных случаях.

Vezetékes híradástechnikai létesítmények földelési és érintésvédelmi problémái

FRISCHMANN GÁBOR

Magyar Posta

A cikk áttekintést ad a vezetékes híradástechnikai berendezések és létesítmények — főként az erősítő-állomások — főbb földelési és érintésvédelmi problémáiról. Ismerteti a földelések szerepét, a szétterjedési ellenállás megengedett értékeit híradástechnikai és érintésvédelmi szempontból és a méretezési elveket. Tárgyalja az üzemi, védő, villámhárító stb. földelések egyesítésének szempontjait, a kábelek földelőláncához való csatlakoztatásának lehetőségeit, a zavarhatások kéréseit és a nullázás alkalmazhatóságát. Rámutat az egységes földelési és érintésvédelmi rendszer kialakításának előnyeire. Ismerteti az eddig kisfrekvenciával mért földelési ellenállások alakulását a vivőfrekvenciás tartományban. A szerző végül megállapítja, hogy az erősáramú biztonsági és földelési szabványok a híradástechnika területén csak a különleges szempontok és követelmények alapján módosítva és kiegészítve alkalmazhatók, ezért ilyen vonatkozású új híradástechnikai szabványok szükségesek.

1. Bevezetés

Közismert, hogy a villamos berendezéseket — az erősáramúakat éppúgy, mint a helytelenül „gyengeáramú”-nak nevezett híradástechnikaiakat — az azokat használó és karbantartó személyek veszélyes érintési feszültséggel szembeni védelme és a zavarhatások elkerülése érdekében földelni kell.

A földelések és az érintésvédelem tervezésére és kivitelezésére az MSZ 172 szabvány ad előírásokat. E szabvány azonban egyrészt csak általános irányelveket ad, kifejezetten csak az erősáramú berendezések számára, másrészt alkalmazása a híradástechnikai létesítményeken a különleges szempontokat figyelembe véve nagy körültekintést igényel.

A földelések helyes tervezése és kivitelezése, az áramkörök zavarhatásának elkerülése, a megfelelő érintés elleni védelem biztosítása és mindezek mellett a gazdaságossági szempontok együttesen azt jelentik, hogy a földelésekkel összefüggő problémák sokkal több figyelmet érdemelnek, mint amennyit általában rájuk fordítanak.

A Magyar Posta 1956 óta behatóbban foglalkozik e kérdésekkel és egy új földelési rendszert a gyakorlatban is kipróbált.

E közlemény célja vázlatos áttekintést adni a híradástechnikai szakemberek előtt viszonylag kevésbé ismert földelési és érintésvédelmi problémákról és felhívni a figyelmet azok sokrétűségére, valamint további ezirányú vizsgálatok szükségességére és fontosságára.

Elsősorban az erősítőállomásokon alkalmazott megoldásokkal foglalkozunk, de a távbeszélő és távíró berendezések kapcsolódó problémáira is kitérünk.

2. Híradástechnikai berendezések üzemi földelése

A földelés egy vezetőknek a földdel való vezetői összekötését jelenti. A földelés magában foglalja a földelőt (földelő-elektrodát), amely a földhöz való áram-átmenetet közvetíti és a földelő vezetékét, amely a földelt vezetőt és a földelőt összeköti. Ha egy üzemszerűen feszültség alatt álló vezetőrendszer valamely erre alkalmas pontját összekötjük a földdel, üzemi földelésről beszélünk.

2.1 Erősítőállomások üzemi földelése

Erősítőállomások hangfrekvenciás és vivőáramú berendezései anódáramforrásának negatív (és a régebbi típusú egyenáramú fűtésű berendezések fűtőáramforrásának pozitív) sarkát földeljük, lényegében csak a szerelvények potenciáljának rögzítése és csatolásmentesítés céljából. Az üzemi tapasztalatok szerint az átviteltechnikai berendezések zavarfeszültsége a földelés révén jelentősen csökkenthető.

Erősítőállomások átviteltechnikai berendezéseinek üzemi földjén át egyenáram nem folyik. (Kivételt képeznek a földvisszavezetéses aszimmetrikus távtáplálású vivőáramú erősítők, de ezzel az üzemmóddal nem foglalkozunk, mert alkalmazásukra a nagyfeszültségű távvezetékek távolbáhatása miatt nálunk alig kerülhet sor.)

Az üzemi földelő vezeték az akkumulátortelegek megfelelő sarkától szigetelten van tovább vezetve, végig a vasszerkezeten és leágaztatva minden keretsor, majd minden kerethely, végül berendezésegység részére. Végeredményben tehát az üzemi földelőlánc csillagrendszer szerint létesült.

2.2 Távbeszélő központok üzemi földelése

Közös telep rendszerű távbeszélő központok akkumulátortelegének pozitív sarkát földeljük, ami által a nagyszámú elágazó áramkör egy közös villamos potenciált kap, az áramvezetés, hibakeresés egyszerűsödik, az előfizetői áramkörök között áthallás nem lép fel a vonal-szimmetria hibája esetén sem, lehetővé válik a hívott állomás foglaltságának egyszerű módon való vizsgálata, az egy vezetékágon való jelzés-átvitel, alközponti teleptáplálás stb.

Az üzemi földön át egyes esetekben (pl. alközpontok táphidas vonalai, ikerállomások hívása, pénzbedobó készülékes állomások esetén) üzemi egyenáram folyik, amelynek nagysága pl. 3—5000 előfizetőt befogadó központban a forgalmas órában átlagban 4—8 amperra tehető. Távbeszélő központok földelt tápsínje általában a vasszerkezetre szigetelés nélkül van felszerelve.

2.3 Távíró berendezések üzemi földelése

Távíró berendezések áramforrásának — az üzem adottságai szerint — pozitív vagy negatív sarkát, vagy a telep középpontját földeljük, hasonló megfontolások alapján, mint a távbeszélő központoknál. Távkábelben üzemeltetett egyenáramú kábeltávíró rendszerek áramforrása földetlen a szomszédos távbeszélő áramkörök zavartatásának elkerülés érdekében.

Egyes esetekben (pl. távolsági előfizetői csatlakozó vonalnál, egyes Morse-üzemmódoknál, előfizetői vagy kisforgalmú távíróhivatal légkélőpósinéhez csatlakozó vonaloknál, simplex üzemben) a távíróföldön át is folyik üzemi egyenáram. Értéke nagyobb távíró gócpontokban a forgalmas időszakban 0,2—0,5 A nagyságrendű.

3. Híradástechnikai berendezések védő(keret) földelése

Védőföldelés a feszültség alatt álló vezető környezetében levő olyan vezető földelése, amely üzemszerűen nem áll feszültség alatt és csak rendellenességek vagy hibák következtében kerülhet feszültség alá.

Az üzemszerű feszültségből ily módon a fémrész és a föld között fellépő legnagyobb feszültséget nevezzük *érintési feszültségnek*. A veszélyes érintési feszültség általában 65 V (kedvezőtlen körülmények között 42, illetve 24 V), azaz ennél nagyobb feszültségnek nem szabad tartósan fellépnie, illetve biztosítani kell, hogy a zárlatos berendezés biztosítója 5 mp (2 mp) alatt leoldjon.

Az erősítőállomások, távbeszélő és távíró központok vasszerkezetét, minden keretet és minden egységet e megfontolások alapján védő földeléssel kell ellátni.

Korábban a vasszerkezet földelésére az üzemi földtől független védőföldet alkalmaztunk és ezt a földet használtuk a különböző villámvédő biztosítók földsinjeinek földelésére is.

A védőföldelés — az üzemi földeléshez hasonlóan — lényegében szintén csillagrendszer szerint épült ki.

4. Erősítőállomások csillagrendszerű földelése

Az üzemi és védőföld csillagrendszer szerinti vezetése azt eredményezte, hogy a berendezés minden földelendő pontját és az állomás belső kábelezésének árnyékolását csak egyszer földeltük. E földelési rendszer eredeti célja a berendezések külső eredetű zavarófrekvenciák-

kal szembeni védelme volt azáltal, hogy a berendezésen belüli úgynevezett földhurok létrejöttét megakadályozta.

A régebbi típusú átviteltechnikai berendezések szerelvényeit részben szigetelten helyezték a szerelőlapra, hogy a két földelés egymással ne jusson kapcsolatba és a csillagrendszerű földelési elv érvényesülhessen. Idővel azonban bebizonyosodott, hogy ennek az elvnek betartása több szempontból hátrányos.

A nagyteljesítményű közép- és hosszuhullámú rádióadóállomások a közelükben elhelyezett azonos frekvenciafekvésben működő vivőáramú berendezéseket zavarhatják. A zavartatást lényegesen csökkenteni lehet az erősítőállomás belső kábelezése árnyékolásának mindkét végén való földelésével.

Mérések azt mutatták, hogy az üzemi és védőföld szétválasztott vezetése a nagyfrekvenciás zavarófeszültségek (pl. kapcsológépek zörejei) közel veszteségmentes terjedését és ezáltal a hírközlő rendszerek zavartatását lehetővé teszi. E zavarok csak úgy mérsékelhetők, ha a berendezések közötti nagyfrekvenciás potenciálkülönbségeket az üzemi és védőföld összekötésével csökkentjük.

Méréstechnikai szempontból sem előnyös az üzemi és védőföld szétválasztott vezetése, mivel közöttük potenciálkülönbség állhat elő és aszerint, hogy a mérőberendezést az üzemi vagy védőföldelésre kötjük, eltérő eredmény adódik.

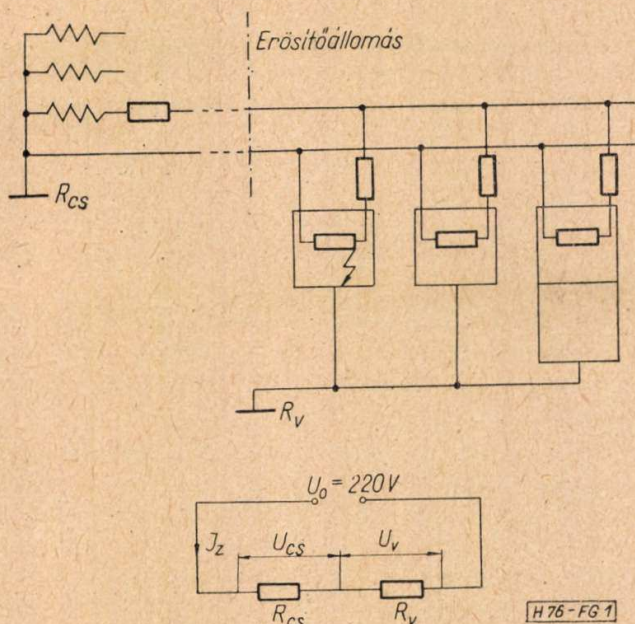
Sok szempont tehát a csillagrendszerű földelési megoldás felhagyását és éppen ellenkezőleg, minden földelő vezeték belső hurkolását indokolja. Így elérhető, hogy a berendezés egész felületére kiterjedő földelővezeték-hálózatot nyerjünk és a különböző földelési pontok között zavaró potenciálkülönbségek többé nem léphetnek fel.

Az újabb típusú berendezések megváltozott szerelési módja következtében az üzemi és védőföld magában a berendezésegységben fémes kapcsolatba jutott egymással — bár az üzemi földet a vasszerkezettől továbbra is elszigetelve vezettük és a kétféle földelést egymástól független földelővel létesítettük.

5. Erősítőállomás egységes földelési és érintésvédelmi rendszere

Egy híradástechnikai létesítmény tervezése és építése során nemcsak a szorosan vett távbeszélő, távíró vagy erősítő berendezések üzemi és védőföldeléséről kell gondoskodni, hanem az MSZ 172 szabvány szerint minden villamos berendezés előírt érintésvédelmét is biztosítani kell.

Érintésvédelemmel kell ellátni az összes erősáramú berendezést (egyenirányító rendszerek, villamos motorok, erősáramú kapcsolótáblák, szükségáramfejlesztők, kézi szerszámok stb.), gondoskodni kell az épület villámvédelméről, a szükségáramfejlesztő üzemanyagtárolójának és csővezetékének statikus villamosság levezetése céljából való földeléséről stb.



1. ábra. A védőföldelés elvi vázlatja

A következőkben röviden áttekintjük az alkalmazható érintésvédelmi módokat és megállapítjuk a híradástechnikai és erősáramú szempontból egyaránt legkedvezőbb megoldást.

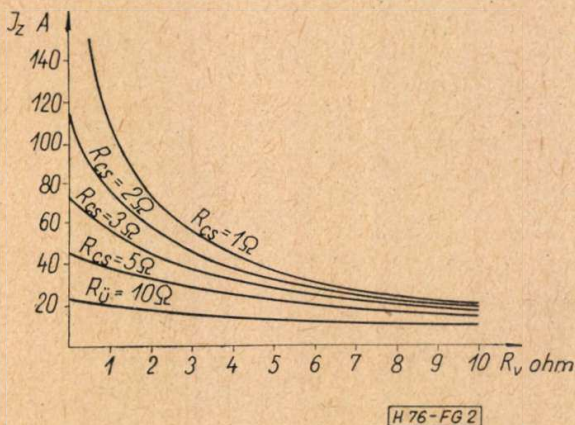
5.1 Védőföldelés alkalmazása

A védőföldelés alkalmazhatóságát közvetlenül földelt csillagpontú $3 \times 380/220$ V feszültségű hálózat esetén az 1. ábra alapján (kisebb elhanyagolásokkal) vizsgáljuk meg.

Az 5 mp-en belüli leoldás érdekében az I_z zárlati áramerősségnek nagyobbak kell lennie az 5 másodperc alatti kioldást biztosító áramerősségnél (kI_b), azaz

$$\frac{U_0}{R_{cs} + R_v} = I_z \cong kI_b$$

ahol I_b a védendő berendezés biztosítójának névleges áramerőssége, k az 5 másodperces kioldás szorzótényezője (a szokásos lomha típusú biztosítókra kb. 4).

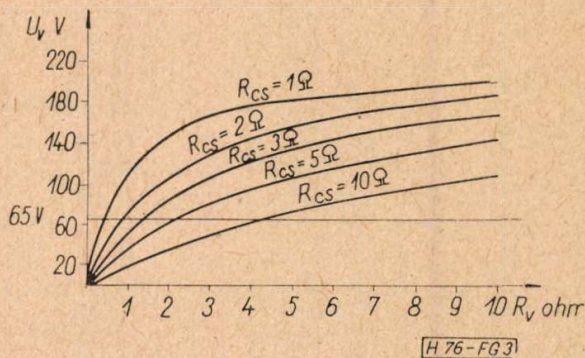


2. ábra. A zárlati áramerősség változása a csillagponti és védőföldelési ellenállás függvényében

A zárlati áram (I_z) nagyságát R_{cs} és R_v függvényében a 2. ábra mutatja, míg a védőföldelésen fellépő érintési feszültség (U_v) nagyságát a 3. ábráról olvashatjuk le.

A földelők szétterjedési ellenállása jó esetben 5–10 ohm és csak igen kedvező körülmények között vagy nagy beruházással lehet egyetlen földelővel 2 ohmos ellenállást elérni. A csillagponti föld ellenállásának megengedett felső határa 5 ohm.

A diagramok és a fenti képlet alapján kiadódik, hogy az egyetlen földelővel megoldott védőföldelés általános esetben kb. 5–8 A névleges biztosító áramerősség (3 fázis esetén kb. 3–4 kW névleges teljesítményig) nyújt a szabvány előírásainak megfelelő érintésvédelmet.



3. ábra. A védőföldelésen fellépő érintési feszültség változása a csillagponti és védőföldelési ellenállás függvényében

Megjegyzés: Ha az üzemi földelés értéke nem ismeretes, a védőföldelés biztonságos méretezésére az

$$R_v = \frac{65}{kI_b}$$

képletet alkalmazzuk, amely biztosítja, hogy ha a kis zárlati áram miatt 5 másodpercen belül leoldás nem is jön létre, akkor sem lép fel 65 V-nál nagyobb érintési feszültség a védőföldelésen. E képlet alkalmazása általában az előzőekben számítottnál is kisebb földelési ellenállásértéket eredményez.

5.2 Védőhálózat

A híradástechnikai létesítmények erősáramú berendezéseinek jelentős része nagyobb teljesítményű, mint amilyen határig a védőföldelés hatásos. A védelem javításának — a földelési ellenállás csökkentésének — kézenfekvő módja a földelők számának növelése és azok párhuzamos kapcsolása.

Egy erősítőállomás vagy távbeszélő központ, de a kettő együtt is viszonylag kis alapterületet foglal el. Az üzemi és védőföldelések, valamint a villámvédő berendezések földelői egymástól legalább 20 m távolságban alig helyezhetők el, ezenkívül a sok fémburkolatú kábel, a víz- és gázcsővezetékek, a központi fűtőberendezés csőhálózata, a föld alatti üzemanyagtároló csővezetéke a földelők potenciáltölcséreit kisebb-nagyobb mértékben összekötik és határozatlan,

de feltétlenül meglevő kapcsolat áll elő az egymástól függetlennek létesített földelő rendszerek között.

Ezek figyelembevételével célszerűnek látszik, hogy egy állomás összes fémrészeinek (beleértve a teljes létraszerkezetet is), a cső-és kábelhálózatnak stb. összekötésével védőhálózatot alakítsunk ki, mert ezáltal igen kis (0,5 ohmnál is kisebb) eredő szétterjedési ellenállást biztosíthatunk.

A védőhálózat az egész létesítmény részére egységes földpotenciált biztosít. (Az erősáramú transzformátor csillagponti földelése azonban még továbbra is teljesen függetlenül létesül a védőhálózattól.)

Az egységes földelő hálózatba bekötött villámvédő berendezés és kábelhálózat különleges problémáival még később foglalkozunk.

Vizsgáljuk meg, hogy a kb. 0,5 ohmos szétterjedési ellenállású védőhálózat érintésvédelmi szempontból milyen védelmet biztosít.

A 2. ábra szerint $R_v = 0,5$ ohm esetén az 5 másodperces leoldás alapulvételével ($k = 4$) alkalmazható legnagyobb kioldó biztosító 10 A, ill. 35 A névértékű, ha a csillagponti földelés értéke 5, ill. 1 ohm. A védőföldeléshez képest tehát a védőhálózat akkor jelent lényeges javulást, ha R_{cs} értéke kicsi. Pl. a 35 A-es lomha biztosítóhoz kb. 19 kW teljesítményű berendezés tartozik. Ha 5 mp-en belül nem is következik be leoldás, a 3. ábra szerint $R_{cs} > 1$ ohm és $R_v < 0,4$ ohm esetén a védőhálózaton fellépő érintési feszültség 65 V-nál kisebb, azaz a védelem megfelelő.

A szabvány szerint azonban a csillagponti földelésen sem léphet fel tartósan 65 V-nál nagyobb feszültség, holott — az R_{cs} ellenállás nagyságától függően — a potenciálemelkedés a csillagponton 200 V-ot is elérhet, mégpedig tartósan. Ezért a földelések méretezésekor erre is figyelemmel kell lenni és legalább a csillagponton tartós potenciálemelkedésének akusztikus és vizuális jelzéséről kell gondoskodni.

5.3 Nullázás. Nullázott védőhálózat

A védelem hatásosságát jelentősen fokozhatjuk azáltal, ha a zárlati áramkört a földelések

helyett végig fémes úton zárjuk, azaz ha a védendő berendezés testét és a tápláló transzformátor csillagpontját vezetőileg összekötjük (4a ábra). A nullázás tehát testzárlat esetén rövidzárt hoz létre, a zárlati kör impedanciája tized ohm körüli értékű, míg a zárlati áram 1000 A nagyságrendűre nőhet, vagyis megfelelő méretezéssel még 150 kW teljesítményű gépegység 5 másodpercen belüli lekapcsolása is biztosítható nullázással.

A nullázás híradástechnikai létesítményeinkben ezideig nem került alkalmazásra, főképpen az erősáramú hálózatból származó zavarhatások elkerülése érdekében.

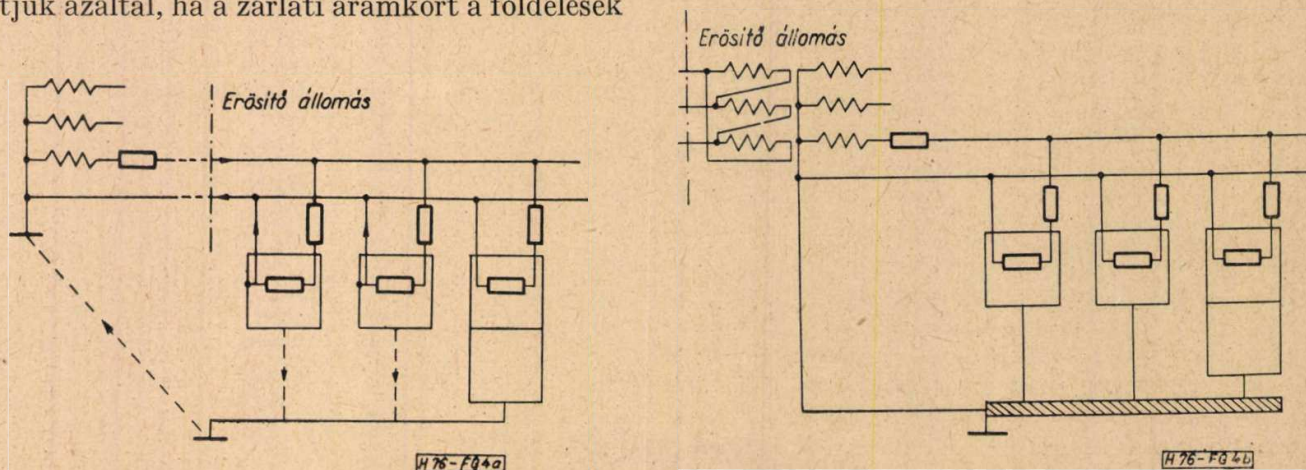
Nullázásnál ugyanis a földelt berendezések fémrészei kapcsolatban vannak a nullavezetővel és így az üzemi váltakozóáram egy része a testen, a berendezés földelésén és az állomás földelőrendszerén át záródhat a transzformátor csillagpontja felé. A földelési rendszerbe bejutó zavaró áramok főként a nagyfokú áthallásmentesség miatt két végén földelt aszimmetrikus koaxiális vezetőkben, de kisebb mértékben a nem tökéletesen szimmetrikus egyéb összeköttetésekben is számottevő zavarokat okozhatnak.

A nullázás okozta zavarhatások elkerülésére két lehetőség kínálkozik:

a) a védőhálózatot egy nullázó jelfogóval csak a tartósan 65 V-nál nagyobb érintési feszültséget okozó zárlat esetén nullázuk.

Ez a megoldás előnyösen alkalmazható akkor is, ha egy kivitelezett védőhálózat a mérések szerint az előírtnál nagyobb szétterjedési ellenállású lett, de költségmegtakarítás céljából további földelők létesítését el akarjuk kerülni.

b) Ha az állomást saját erősáramú transzformátor táplálja, ún. árammentes nullázás alkalmazható. A megoldás lényege az, hogy a nullázáshoz külön áramot üzemszerűen nem vezető nullázóvezetékét építünk ki a transzformátor csillagpontjától a fogyasztókig és a berendezések fémrészeit ehhez kötjük, míg a transzformátor csillagpontját az állomás védőhálózatához csatlakoztatjuk. Még egyszerűbbé válik a megoldás és a külön nullázó vezeték sem szükséges, ha



4. ábra. A nullázás és árammentes nullázás elvi vázlat

az érintésvédelemmel ellátandó összes berendezést a védőhálózathoz csatlakoztatjuk és a földgyűjtő sínrendszert egyszerűen összekötjük a transzformátor csillagpontjával (4b ábra).

Az árammentes nullázás (esetleg a nullázó jelfogó) alkalmazásával az állomás erősáramú hálózatából származó zavartatás elkerülhető. Sok esetben azonban a nullázott erősáramú városi hálózatból származó, vagy szomszédos villamos vasútvonal által indukált technikai váltakozó áramok a távbeszélőkábeleken, vagy az állomásra bevezetett csővezetéken át az erősítőállomás földelő rendszerébe jutva okozhatnak zavartatást. Ezeknek az áramoknak erőssége sok esetben a 0,1–5 A-t is eléri.

A kábelköpenyeken folyó zavaró áramokat lényegesen lehet csökkenteni azáltal, ha a kábeleket, víz- gázcsöveket, az épületszerkezet vashuzalait és a központifűtési rendszert nem közvetlenül az erősítőberendezések üzemi földjéhez, hanem az épület pincéjében egy körvezetékhez csatlakoztatjuk, amint ezt az 5. ábra mutatja. A kábelköpenyen és csővezetékeken bejövő zavaró áramok így már az állomás pincéjében más kábelra átléphetnek, a zavaró potenciálkülönbségek kiegyenlítődnének úgy, hogy a berendezések földvezetékére zavaró áram már alig jut.

Ez a földelő körvezeték képezi az állomás nulla potenciálját mind híradástechnikai, mind az erősáramú berendezések számára és az így kialakított — állandóan vagy időszakosan — nullázott védőhálózat tekinthető a legmegfelelőbb földelési és érintésvédelmi megoldásnak.

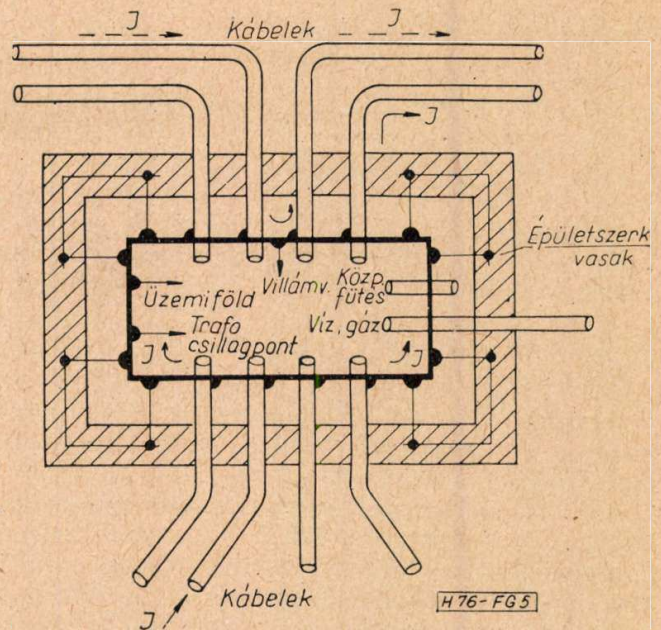
Ha a védőhálózat nullázása valamely ok miatt nem lehetséges (pl. meglévő létesítményen nincs saját transzformátor, vagy az áramszolgáltató a nullázáshoz nem járul hozzá), a nagyobb teljesítményű fogyasztók védelmére a feszültségvédő-, még inkább az áramvédőkapcsoló használata lép előtérbe.

5.4 A villámvédelemmel kapcsolatos kérdések

A híradástechnikai létesítményeket az MSZ 247 szabvány szerinti villámvédelemmel látjuk el. A szabvány szerint a villámvédő rendszert a híradástechnikai, valamint a védőföldeléssel összekötni nem szabad. Ennek ellenére azonban az alábbi megfontolások és a külföldi tapasztalatok alapján is célszerű a két rendszert egyesíteni.

Villámcsapáskor 10 kA nagyságrendű áramerősséggel kell számolni, így pl. a 15 ohmos villámvédő földelőn 150 kV feszültségesés lép fel és az állomás földelő rendszere valamint a villámvédő földelő rendszer közötti nagy potenciálkülönbségek a berendezéseket átütéssel veszélyeztetik.

Az állomás szerteágazó földelő hálózatát figyelembe véve, a kétféle földelő rendszer következetes, átütésbiztos szétválasztása gyakorlatilag alig keresztülvihető, a kétféle földelő rendszerhez tartozó fémrészek egyidejű érintése is jelentős veszéllyel jár, ezért inkább a két



5. Földelő körvezetékrendszer elvi vázlata

rendszer egyesítése kívánatos. A védőhálózattól függetlenül azonban a villámvédő berendezés részére minden levezető alatt külön földelőt is kell készíteni és ezeket a védőhálózattal össze kell kötni.

A villámáramok legnagyobb részét azon a földön át folynak le, amelynek ellenállása a legkisebb, azaz erősítőállomás és távbeszélő központ esetén az igen kis szétterjedési ellenállású kábel földelőkön át, ami kedvezőtlen esetben a kábel átütésére vezethet.

Jó és közepes vezetőképességű talajban gyakorlatilag nincs veszélyeztetve a kábel, ha minden kötési helyen a páncélzat összes huzalát gondosan átkötjük és az ólomköpenyhez csatlakoztatjuk.

Rossz talajvezetőképesség és különlegesen veszélyeztetett épületek esetén (pl. mikrohullámú tornyokhoz csatlakozó kábelek építéskor) a kábel tehermentesítésére vagy külön szalagföldelőt is kell építeni (esetleg zórésvasban fektetni a kábelt), vagy különleges fegyverzetű kábelt kell alkalmazni.

Városokban a behúzókábelek veszélyeztetése kevésbé áll fenn, mert a földben elhelyezett sok cső, vezeték, kábel és villamos sínhálózat potenciálkiegyenlítődést hoz létre.

5.6 A kábelek földelőként való alkalmazásának problémái

A helyi és távkábelek együttes szétterjedési ellenállása általában igen kicsi (néhány tized ohm), ezért az állomás egységes földelő hálózatába való bekapcsolásuk igen kívánatos. A kábelek földelőként való alkalmazásakor azonban néhány szempontot figyelembe kell venni.

a) A kábelek korrózióveszélye

A közös teleprendszerű távbeszélő központok (és kisebb mértékben a távíró berendezések) földön keresztül záródó üzemi egyenáramai részben a kis szétterjedési ellenállású ólomköpenyen haladhatnak, majd onnan kiléphetnek a földbe és kedvezőtlen körülmények esetén a kilépés helyén idővel káros mértékű elektrolitikus korrózió keletkezhet.

A korrózióveszély elkerülhető lenne, ha a távbeszélő központ (és a távíró berendezések) üzemi földjét kivonnánk az egységes földelési rendszerből és a földelőhálózattól távol készítenénk egy független üzemi földet szigetelt bevezetéssel. Ezenkívül az épületbe bevezetett kábeleket a kábelistolyban a továbbmenő szakaszoktól és vasszerkezetektől szigetelni kellene. E megoldás tényleges keresztülvitele igen nagy nehézségekbe ütközik és gyakorlati értéke igen vitatható, mert magának a távbeszélő központnak a berendezéseit és a vasszerkezetet tartósan aligha lehet teljesen szétválasztani a vele kapcsolatban álló erősítőberendezésektől, erősáramú rendszerektől és vezetésektől, védőcsövezéstől, azaz a védőhálózattól. Az erősítőberendezésekkel együtt felszerelt távíróberendezések elkülönítése egyáltalában nem is lenne elvégezhető.

Ehelyett inkább a kábelek eddigi határozatlan kapcsolatát célszerű megjavítani, minden kábelköpenyt fémesen egymáshoz és a földelő rendszerhez kötni, mert így a kábeleken átfolyó egyenáram egyenletes eloszlása jobban biztosítható és a korrózióveszély csökkenthető.

Még kedvezőbb lenne a helyzet, ha a jelenleg földvisszavezetéses üzemműködő távbeszélő szerelvények (alközpontok, ikerállomások stb.) áramait a föld helyett magán a kábelköpenyen át vezetnénk vissza és így a földelőn át záródó áramerősséget lényegesen lecsökkentenénk.

Ugyancsak a kábelek védelme érdekében a réz földelők helyett — a réz—ólom közötti elektrolitikus korrózió elkerülése céljából — ólom vagy (ólmozott) vas földelő alkalmazása előnyös.

b) A kábelköpeny és az érpárok közti csatolás okozta zavartatás

A kábelköpeny impedanciája az 1000 Hz-nél nagyobb frekvenciájú áramokra általában nem nagy, ezért az állomás földelésén megjelenő zavaró áramok legnagyobb része a kábel útján a föld felé kiterjed. Mivel a kábelköpeny és az érpárok között komplex csatolások állnak fenn (kapacitív és valós ellenállás), eme ellenállásnak megfelelő zavaróáram a kábel érpárjain is megjelenik. A gyártással együttjáró kapacitás-

egyenlőtlenységnek (ΔC) megfelelő $\frac{1}{\omega \Delta C}$ látszó-

lagos ellenállás növekvő frekvenciákkal csökken,

ami a zavar növekedését eredményezi. Nagyobb távbeszélő központok által okozott zavartatás egy vivőáramú távkábelben a 100 kHz körüli frekvenciatartományban mérve a forgalmas órában 10—20 mV-ot is, az éjszakai órákban mV nagyságrendű értéket érhet el.

Ilyen zavartatás általában akkor lép fel, ha magának a földelőnek szétterjedési ellenállása lényegesen nagyobb, mint a távkábelé. (Pl. a fent megadott zavaróértékek esetében 19 ohm a 0,7 ohmmal szemben.)

A zavartatások elkerülése érdekében tehát az állomáskábelek nélküli eredő földelési ellenállásának kb. azonos értékűnek kell lennie, mint a kábelek szétterjedési ellenállása. Új kábelépítésnél célszerű az állomásra bevezető kábelszakaszok kapacitás-egyenlőtlenégeit nagymértékben kiegyenlíteni és a kábelt nagy induktivitású vezeték útján csatlakoztatni a földelő rendszerhez.

6. Földelések tervezésének egyes kérdései

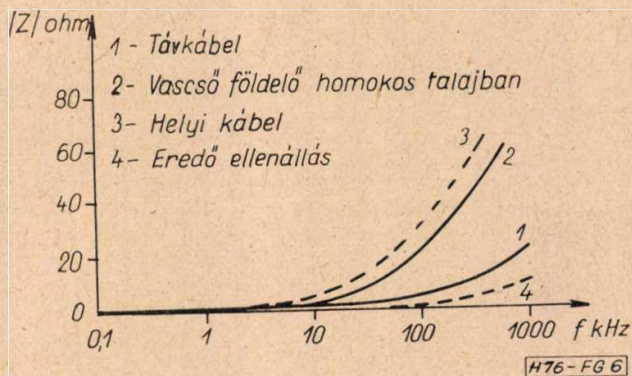
6.1. Megkívánt földelési ellenállások

A vezetékes híradástechnikai berendezések megkívánt üzemi és védőföld ellenállásait általános esetre az alábbi 1. táblázatban foglaljuk össze. A létesítmény erősáramú berendezései részére érintésvédelmi szempontból természetesen gyakran ennél kisebb védőföld ellenállást kell biztosítani, ezért egy létesítmény földelő rendszerének megkívánt eredő földelési ellenállását a tervezés alkalmával esetenként kell megállapítani.

1. táblázat

Vezetékes híradástechnikai berendezések legnagyobb üzemi- és védőföld értékei

Berendezés	Legnagyobb földelési ellenállás, ohm
<i>Erősítőállomás</i>	
Hangfrekvenciás vagy vivőáramú erősítő-állomás	1
<i>Távbeszélőközpont</i>	
LB központ	10
CB manuális vagy gépkapcsolású fő vagy alközpont:	
500 állomásig	7
2000 állomásig	2
2000 állomás felett	1
Helyközi távbeszélő központok	1
<i>Távíró berendezések</i>	
Távíró berendezés (egyedülálló)	15
Távíró üzem 10 egyidejűleg működő vonalig	8
Távíró üzem 40 egyidejűleg működő vonalig	2
Távíró üzem 40 vonal felett	1
Villámvédő berendezés (általában)	15 ohm
(Igen kedvezőtlen talajviszonyoknál)	30 — 50 ohm



6. Földelő berendezés látszólagos ellenállásának változása a frekvencia függvényében (6)

6.2. Földelők ellenállása a vivőfrekvenciás tartományban.

Az eddig megadott földelési ellenállások 50—100 Hz körüli frekvenciákkal mérve értendők, de gyakorlatilag 1 kHz-ig számolhatunk azokkal.

A földelő berendezések kialakítása ezideig tisztán az egyenáramú (ipari frekvenciás) terjedési viszonyok figyelembevételével történt, ami kifejezésre jut a jelenleg alkalmazott mérési eljárásokban is.

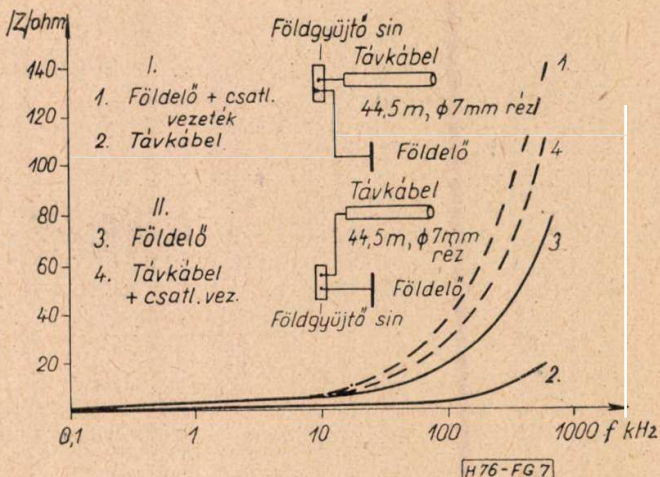
A vivőáramú berendezések azonban több száz kHz-ig terjedő frekvenciatartományban működnek, ezért a zavartalan üzem érdekében a földelőnek a legnagyobb hasznos frekvenciáig is kis látszólagos ellenállásúnak kell lennie.

Néhány ezzel kapcsolatos adatot tüntetnek fel a következő ábrák.

A 6. ábra egy nagyobb állomás földelőjének, valamint helyi és távkábeleinek látszólagos ellenállását mutatja a frekvencia függvényében. A helyi kábelek impedanciája a legnagyobb, a homokos talajban elhelyezett vascső földelőé ennél kisebb, míg a távkábelnek van a legkisebb impedanciája. Az állomás eredő földelési ellenállása — elsősorban a távkábel kedvező hatása folytán — még 100 kHz-nél is igen kicsi marad.

A távkábel, a földelő és a földgyűjtősin viszonylagos elhelyezése és az alkalmazott kapcsolat jelentősen befolyásolja a földelés látszólagos ellenállásának alakulását, amint ezt a 7. ábra mutatja.

Ha csak egyenáramú szempontokat veszünk figyelembe, az I. elrendezés a legkedvezőbb, mert a távkábel nagy frekvenciákon is igen kis szétterjedési ellenállást biztosít, ha azonban a gyakran jelenlevő zavaró váltakozó áramok terjedésére is tekintettel akarunk lenni, akkor a II. elrendezést célszerű választanunk, amelynél a távkábel kis látszólagos ellenállását a bekötő vezetékkel megnöveljük, hogy a földelőnél nagyobb legyen. E megoldás egyenáramra változást nem jelent, viszont a zavaró váltakozó áramok kiterjedését megakadályozza.



7. Földelők bekötési módjának befolyása a látszólagos ellenállásra (6)

7. Összefoglalás

A vezetékes híradástechnikai létesítményeken részben a berendezés konstrukciója és a szerelési megoldások változása, részben az érintésvédelmi, de jelentős mértékben műszaki és gazdaságossági szempontok előtérbe jutása következtében a korábban alkalmazott földelési rendszerek korszerűsítésére, védőhálózat, vagy nullázott védőhálózat, esetleg más érintésvédelmi megoldás alkalmazására van szükség.

A korábbi gyakorlattal szemben csak egyetlen jó minőségű üzemi földelő kiépítését igénylő egységes földelési rendszer azonos potenciált, zavartalan üzemet és egyben fokozott élet- és vagyonvédelmet is biztosít, ugyanakkor azonban több szempontból ellentétben van az érvényben levő MSZ 172 földelési és érintésvédelmi szabvány előírásaival.

Az új szempontok következetes alkalmazása, valamint a tervezés, kivitelezés és üzemeltetés során követendő egységes eljárás érdekében szükséges, hogy a híradástechnikai létesítmények (beleértve a légvezetékes és kábelhálózatot, valamint a rádió és mikrohullámú üzemeiket is) földelésére és érintésvédelmére új szabvány készüljön. Ennek kidolgozásával párhuzamosan még több probléma mérések és helyszíni kísérletsorozatok útján való tisztázása is szükséges ahhoz, hogy a részletes tervezési és kivitelezési előírások létrejöhessenek.

I R O D A L O M

1. Earth-Electrode Systems (P.O. Engineering Dept. Protection General S. 3901).
2. *Endrényi—Dévény: Érintésvédelem* (Műszaki Könyvkiadó 1956.)
3. Erdungsanlagen in der Fernmeldetechnik (Unterichtsblätter, 1951. május).
4. *Frishmann—Borsos: Távkábelerősítőállomások áramellátásának és épületeinek tervezése* (Közlekedési Dokumentációs Vállalat, 1957.)
5. *Greisinger, Popp, Schulz: Über die Verteilung der Blitzströme in der Erdungsanlage eines Funkturmes* (ETZ-A, 1958. aug.).
6. *Hackbart: Über das Verhalten von Erden bei Spannungen mit Frequenzen zwischen 0 und 600 kHz* (Fernmelde Praxis 1958. 7. és 9. szám).

7. *Linde*: Erdung und Nullung bei Fernsprechnebenstellenanlagen (Fernmelde Praxis, 1956. 7. sz.).
8. *Meister*: Blitzschutz an Telephonanlagen (Technische Mitteilungen PTT 1958. január).
9. MSZ 172—50 Földelés és érintésvédelem erősáramú villamos berendezésekben.
10. Posta Kísérleti Intézet földelésekre és korrózióra vonatkozó beszámolója.
11. *Rasch*: Eine neue Methode zur Unterdrückung von niederfrequenten Störsignalen auf Fernsekabeln (NTZ 1959. aug.).
12. *Say*: Electrical Earthing and Accident Prevention (London 1954.).
13. *Schulz, Vogl*: Die Beeinflussung von Fernmeldeanlagen durch technischen Wechselstrom (ETZ-B, 1959. május).
14. *Sunde*: Earth Conduction Effects (New York 1949.).
15. *Vogl, Ziegler*: Das Nebensprechen bei geschirmten Amtsverdrahtungsleitungen (NTZ 1959. november).
16. *Warmers, Ziegler*: Die Flächenerdung in Fernmeldeanlagen (NTZ 1959. október).

BO-12 típusú tizenkétsatornás légvezetékes vivőáramú távbeszélő berendezés

LAJKÓ SÁNDOR, BHG

A BHG sokcsatornás gyártmánycsaládjába tartozó új 12 csatornás légvezetékes berendezés fő jellemző adatainak és alkalmazási lehetőségeinek ismertetése után a cikk tömbvázlat alapján leírja a vég- és erősítő berendezések működését. Kitér részletesebben a pilotszabályozásra, a vivőellátásra, a frekvenciacserező erősítő állomásra és a különféle kiegészítő berendezésekre. Végül a berendezés konstrukciójának ismertetése következik.

Bevezetés

Sok ország híradástechnikai hálózatának alapját még ma is a *légvezetékek* alkotják. A nemzetközi forgalomban is fontos szerepet játszanak még a híradástechnika ezen alapáramkör típusai. Természetesen a vezetékek szerkezete a korszerű igényekhez igazodva a mai napig sokat fejlődött, különösen a megfelelő keresztezési rendszerek kialakítása, valamint a berendezések és a bevezető kábelek közötti jó illesztés megvalósítása által.

A légvezetékek hangfrekvenciás (leginkább csak postaszolgálati célokra történő) kihasználása mellett 15 jó minőségű (0,3—3,4 kHz terjedelmű) beszédcsatornával terhelhetők kb. 150 kHz felső frekvencia határig. Ennél nagyobb frekvenciákon a hosszú hullámú műsorszóró rádióadók zavaró hatása nem volna elkerülhető.

A BHG sokcsatornás átviteltechnikai gyártmánycsaládjában (1) két berendezés-típus teszi lehetővé a 15 csatorna megvalósítását. Ezek a BTO—3/4 típusú 3-csatornás (4 távirócsatornával kombinált) berendezés és a jelen közlemény tárgyát képező BO—12 típusú 12-csatornás berendezés. Az első 3,18—31,11 kHz között, a második 36—143 kHz között használja ki a légvezetéken átvihető frekvenciasávot.

Alkalmazás

A 3- és 12-csatornás légvezetékes berendezések vonalon 2-huzalos üzemmódban működnek, hangfrekvenciás csatornáik azonban szükség szerint 2- vagy 4-huzalos módon használhatók. A kétféle berendezés ugyanazon lég-

vezeték érpáron egyidejűleg üzemeltethető. A két csatornacsoport szétválasztásáról a BO-12 berendezésbe beépített *vonalváltó* gondoskodik. A fizikai beszédcsáv leválasztása a BTO—3/4 berendezésen történik.

Ugyanazon oszlopsoron több légvezeték-érpár lehet kiépítve. A jó kihasználás kedvéért mindkét berendezés többféle frekvencia fekvésben üzemeltethető, amelyek fordítás és viszonylagos frekvenciasáv eltolás által biztosítják a rendszerek közötti érthető áthallás kiküszöbölését. A BTO—3/4 berendezés négyféle, a BO—12 berendezés a CCITT vonatkozó ajánlásainak megfelelő négyféle fő- és kétféle mellék- (összesen tehát hat) frekvencia fekvéssel készül. A 3-csatornás rendszert egy korábbi közleményünkben (2) már ismertettük.

Két 12-csatornás *végberendezés* által áthidalható vezetékcszakasz csillapítása 4 N az átvitt legnagyobb frekvencián mérve. Ez — a vezetéktípustól függően — 80—140 km távolságnak felel meg. Nagyobb távolság áthidalásához közbeiktatott *erősítőberendezésekre* van szükség. Ezek normális erősítése szintén 4 N a legnagyobb frekvencián (143 kHz-en). Ezenfelül elegendő tartalék erősítés áll rendelkezésre mind az erősítő-, mind a végberendezésekben az esős időjárás, valamint a zúzmaras és jégképződés által megnövekedő frekvencia függő többletszillapítás *önműködő kiegyenlítésére*. Az elérhető maximális erősítés 143 kHz-en 8,5 N. Olyan területeken, ahol sohasem kell számolni rendkívüli időjárási viszonyokkal, ezt az erősítési tartalékot természetesen számításba lehet venni a berendezések telepítésénél az erősítő szakaszok meghosszabbítására. A legnagyobb frekvencián haladó csatornán pl. — 3 N normális vételi szintet lehet megengedni olyan helyeken, ahol egyáltalán nem fordulhat elő zúzmaraképződés a vezetékeken.

Lehetséges, hogy az erősítőállomásokon nem mindegyik légvezeték érpárban van erősítő. A csak fizikai beszédcsáv és 3-csatornás frekvenciasáv átvitelével terhelt vezetékek pl. csak

minden második-harmadik állomáson kapnak erősítést. Így a 12-csatornás pontokon átfutó, nem erősített vezetékek az erősítő kimenete és bemenete között közvetített áthallást idézhetnek elő, ami az állomás begerjedését okozhatja. Ennek megakadályozására két lehetőség van: a vívőfrekvenciás sávot *elnyomó szűrők* beiktatása valamennyi nem erősített átmenő vezetékbe, vagy — ha sok ilyen átmenő vezeték van — az erősítő állomásban frekvenciasáv cserét (*frequency frogging*) hajtunk végre, ami lehetetlenné teszi az azonos frekvencián való körerősítést.

A berendezés modulációs rendszere lehetővé teszi a 60-tól 108 kHz-ig terjedő CCI-alapcsoport átkapcsolását más sokcsatornás rendszerre.

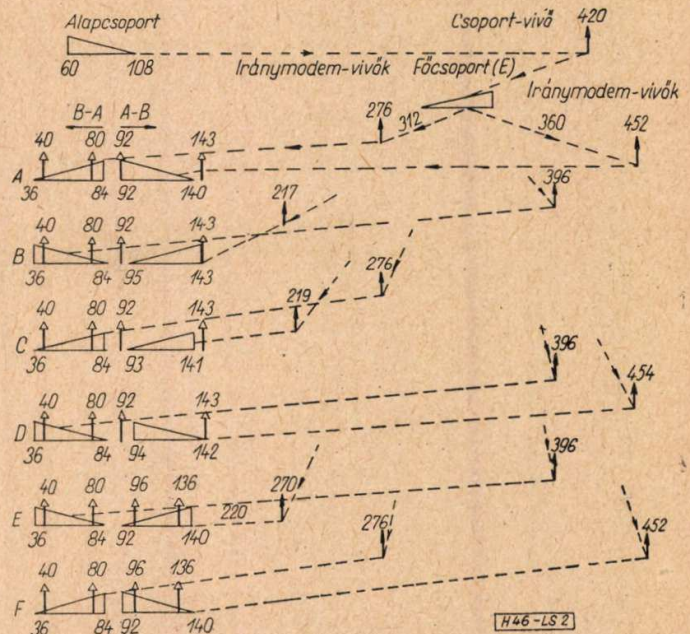
Frekvenciaterv

A vonalon átvitt frekvenciasávokba a 12 csatornát összesen négy modulációs lépésben tesszük át.

A CCITT-alapcsoportot (12 csatorna a 60—108 kHz frekvenciasávban, fordított fekvéssel) megvalósítása a BHG gyártmánycsalád egységes módszerével történik.

Az alapcsoport négy 3-csatornás előcsoportból áll az 1. ábrán feltüntetett modulációs terv szerint. A 0,3—3,4 kHz-es beszédcsávokat egyenként 12, 16, ill. 20 kHz csatornavívőfrekvenciákkal modulálva, majd a felső oldalsávokat felhasználva képezzük a 12—24 kHz előcsoportot. Ezután négy előcsoportot egyenként 84, 96, 108, ill. 120 kHz előcsoportvívőkkel modulálva és ismét az alsó oldalsávokat hasznosítva hozzuk létre az alapcsoportot.

A vonalon átviendő hatféle frekvenciafekvés A—B és B—A irányú egyenes vagy fordított állású átviteli sávjainak megvalósításához a 12-csatornás csoportot előbb a 312—360 kHz főcsoportba helyezük át 420 kHz csoportvívő segítségével. Ugyanilyen modulációs rendszer nyer alkalmazást a BHG BK—60 típusú 60-csatornás berendezésében. A 420 kHz vívőfrekvencia, valamint a 312—360 kHz főcsoport megfelel a CCITT 60-csatornás rendszere vonatkozó ajánlásának is. A felső csoportot a 2. ábrán feltüntetett módon a két átviteli



2. ábra

iránynak és különböző frekvenciafekvéseknek megfelelően *iránymodulációval* helyezük a vonalra átviendő frekvenciasávokba. A 2. ábra feltünteti a pilotfrekvenciákat is.

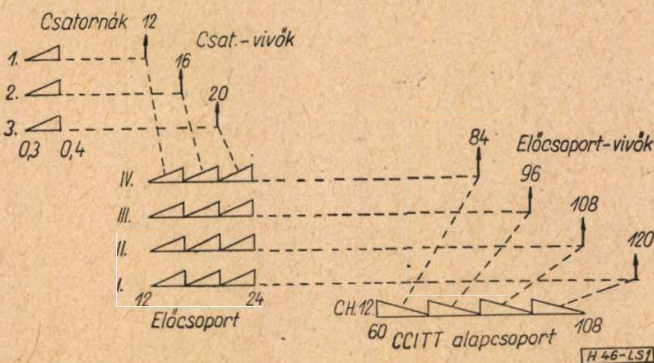
Végberendezés

Beszédáramkör

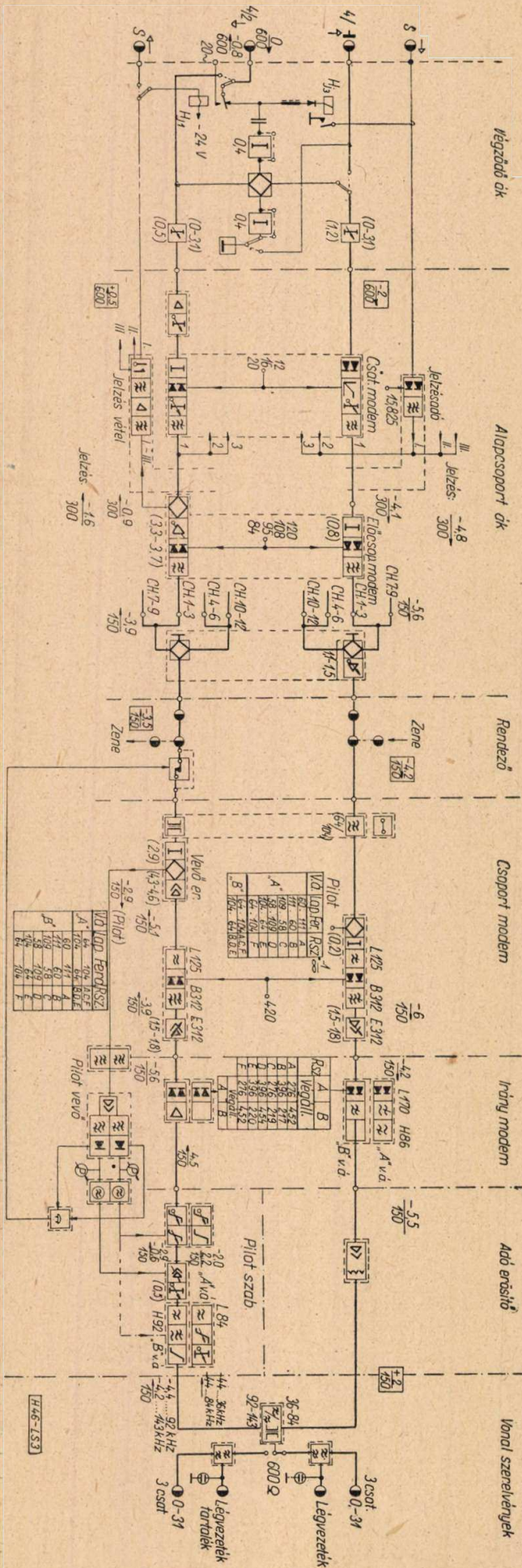
A 3. ábrán bemutatott tömbvázlat alapján követhetők adási és vételi irányban a csatornák és csatornacsoportok modulációs fokozatai és a fontosabb kiegészítő áramkörök. A rajz csak egyetlen csatorna 2/4-huzalos végződő áramkörét és csatornamodem áramkörét, valamint csak az egyik előcsoport-modem áramkörét tünteti fel, de jelzi a többi hasonló áramkör párhuzamos kapcsolásának helyét és módját is.

A *végződő-egység* lehetőséget nyújt 2- vagy 4-huzalos csatorna-csatlakozásra a központ felé a megadott (vagy a csillapító tagokkal beállítható más) szintadatokkal. Mód van a beépített egyezményes művonal helyett kívülről tetszőleges művonal bekötésére is a villa-áramkör pontos kiegyenlítése végett. A kapcsolat alkalmas a 2- vagy 4-huzalos (az elsőnél 16—50 Hz váltóáramú, a másodiknál egyenáramú) jelzésátvitel tetszés szerinti csatlakoztatására is a központ felé.

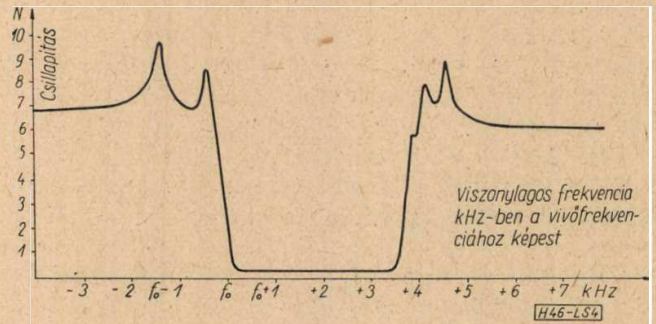
Adási irányban a csatorna-modulátor bemenete előtt diódákból kiképzett és tetszés szerint (pl. VT átvitel esetén) kikapcsolható *amplitúdókorlátozó* található. A modulációs termékek közül a felső oldalsávot továbbengedi és az alsó oldalsávot kellő mértékben elnyomja a *csatornasávszűrő*, melynek csillapítás-jelleggörbáját a 4. ábra mutatja be. Az elnyomott alsó oldalsávból — normális beszédteljesítményt és spektrumeloszlást véve számításba — az alsó szom-



1. ábra



3. ábra



4. ábra

szédos csatornában kevesebb mint 50 pW pszofometrikusan értékelt zajteljesítmény keletkezik. Ez, valamint a későbbiekben még megemlítendő további áramköröknek jó felhang csillapítási tulajdonságai kis zajszinthezőkat eredményeznek. A csatornasávszűrő 8 ferritfazékmagú tekercset és 11 polisztirol kondenzátort tartalmaz. Az átviteli sáv kifogástalan kiegyenesítése érdekében a 600 ohm hullámimpedanciára méretezett szűrők parallel kapcsolt közös kimenetén „alállesztett” lezárás (300 ohm) van. A keletkező illesztetlenségi többletcillapítás kiegyenlítőleg hat az üzemi csillapítás menetére.

Az előcsoport-modulátort ismét sávszűrő követi, amely három csatorna együttes sávját engedi tovább. A négy előcsoportot hibrid transzformátor útján egyesítjük. A keletkezett 60—108 kHz alcsoporthók szintjét alapsoporthók erősítő emeli fel a megadott — 4,2 N szintre. Ezen a helyen lehet kívülről becsatlakoztatni a 4., 5., 6. csatornák helyett, vagyis a 84—96 kHz sávba, a zene csatornát.

Adó irányban az alapsoporthók erősítőtől a jel közvetlenül vagy sávzáró szűrőn át villátranszformátorba jut. Ezen tápláljuk be a pilotfrekvenciákat is. A sávzáró szűrő nagy csillapítást visz be az áramkörbe 64 és 104 kHz-en és ezzel megakadályozza, hogy az ugyanilyen frekvenciájú vívóáram kiszivárgások a pilot jel szintjét befolyásolják. Ha az állomáson nem 64 és 104 kHz pilotfrekvenciákat táplálunk be, a sávzáró szűrő nem kell beiktatni az áramkörbe.

A villaáramkörből a pilotfrekvenciával kiegészített jel csillapító tagon és a zajcsökkentés végett beiktatott aluláteresztő szűrőn (L—125) át a csoportmodulátorba jut. A csoportmodulátor kimenetén megjelenő modulációs termékek közül a 312—360 kHz hasznos sávot („E” főcsoport) sávszűrő (B312) választja ki és továbbítja a csoporterősítő bemenetéhez. Ennek kimenete az iránymodulátorhoz csatlakozik. A vonalra küldendő hasznos oldalsávot aluláteresztő szűrő (L 170) választja ki, mely az irányváltó csillapítását is növeli. Az A végállomásokon egy felületáteresztő szűrő (H 86) is alkalmazást nyer, mely az irányváltó csillapítás görbéjét egyenlítő ki.

Az *adóerősítő* háromfokozatú, erősen negatív visszacsatolt erősítő végfokozatában három párhuzamosan kapcsolt teljesítménycsővel. A kb. 4 N-nyi negatív visszacsatolás és a három paralel csöves végfok a megkövetelt igen nagy linearitás és túlterhelési határ követelmények teljesítése miatt szükségesek. Az erősítő második felhangcsillapítása 9,2 N, harmadik felhangcsillapítása 9,6 N a normális +2N kiadott teljesítményszint esetén. Az erősítő túlterhelési szintje +4,3 N. Mindezen adatok lényegesen túlteljesítik a CCITT ajánlásait.

Következik az *irányváltó*, amely a 84 kHz alatti és a 92 kHz feletti átviteli frekvenciasávokat választja szét egymástól. Kimenetéhez csatlakozik vagy közvetlenül, vagy egyes esetekben hosszabb bevezető kábel után a *vonaltváltó*, amely a fizikai és 3-csatornás sávot (0—31 kHz) választja szét a 36 kHz fölötti frekvenciasávra. E váltóból üzemi és tartalék példányokat találhatunk a végberendezésben az üzemi és tartalék légvezeték érpár megfelelő lezárására.

A berendezést a vonalon esetleg fellépő káros feszültségek ellen gyors működésű gáz-töltésű villámvédő csövek védik.

Mindkét váltó a legkorszerűbb méretezési elvek alapján készült és teljesíti az előírt igen szigorú (3 N-nél nagyobb) reflexiócsillapítási és (14 N-nél nagyobb) felhangcsillapítási előírásokat. A méretek csökkentése érdekében itt is ferrit fazékmagokat alkalmaztunk megfelelően kis hiszterézis-tényezőjű anyagból és viszonylag nagy légréssel készítve.

Vételi irányban a vonalról érkező frekvenciasávokból a vonal- és irányváltók választják ki a venni kívánt sávot. Az A és B végállomás vételi ágai kissé különböznek egymástól, amint a tömbvázlaton is látható, részint a különböző frekvenciatartomány, részint a kissé eltérő pilotszabályozási mód miatt.

Az A végállomáson beállítható csillapító taggal, az irányváltó csillapítását növelő L 84 aluláteresztő szűrővel és az *önműködő pilotszabályozás* termisztoros ferde kiegyenlítőjével kezdődik a vételi áramkör. Ezt követi az egyenes szabályozást végző termisztoros *szabályozó erősítő*. Utána fix és kézzel beállítható *vonaltalpakkiegyenlítő* fejezi be a szabályozó szakaszt.

A B végállomáson is megtanuljuk mindezen elemeket, de más sorrendben és elől még egy *rádiózavarást elnyomó* magas határfrekvenciájú aluláteresztő szűrőt is iktattunk az áramkörbe az irányváltót kipótló H 92 feluláteresztő szűrőn kívül. Itt sorrendbe nézve az önműködő szabályozó szervek közül előbb az egyenes szabályozó erősítőt, majd a ferdekiegyenlítőt találjuk. A szabályozó szakasz vége ezen az állomáson is a forrasztással beállítható *vonaltalpakkiegyenlítő*.

A *pilot-szabályozó* áramkör kimenetén a jel szintje minden frekvencián — 4,5 N. Ezután

következik (B állomáson egy impedancia illesztő *segéderősítő* közbeiktatásával) az *irány-demodulátor*. Utána a lecsökkent szint felemelésére (az adási irányban levőhöz hasonló) *erősítő* következik (E 312), majd a *csoport-demodulátor* sávszűrő és aluláteresztő szűrő közé iktatva. A kimenő jelet *vevőerősítő* emeli fel a szükséges szintre. Ezen erősítő kimenetéről hibrid-transzformátor segítségével választjuk le a pilot-frekvenciákat. A szakasz befejezésekképpen szimmetrizáló transzformátor, vagy — ehelyett külön kívánságra (alapsoport-átkapcsolás egyes eseteiben) — 60 kHz-es pilot-elnyomó kristálysűrő van az áramkörben. Ezután történik — ha van — a már említett zenecsatorna levétele.

Az alapsoport felbontása a 12 beszédsávra és a demoduláció az adási irányhoz hasonló áramkörben történik. A különbség annyi, hogy mind az *előcsoport-demodulátor*, mind pedig a *csatorna-demodulátor* után erősítő van. Az *előcsoport-erősítő* megfelelő szintet ad a csatorna-demodulátor fokozatokra és emellett biztosítja a jelzészvétel szintjét is, kimenetében levő hibrid-transzformátorról tápláljuk ui. a jelzészvevő berendezést.

A *csatorna-erősítő* fokozatkapcsolóval 0 és +1 N közötti kimenő szintekre állítható be. Szabványos üzemből a fokozatkapcsoló középállása mellett +0,5 N a vételi szint.

Jelzészvétel

A berendezésben a gyártmánycsaládban általában alkalmazott *beszédsávon kívüli* — *jelzészvétel* valósítottuk meg (3825 Hz frekvenciával). A beszédcsatornák természetesen minden további nélkül (egyszerűen a beépített jelzészadó-vevő fiók kihagyása után) alkalmasak bármely szokásos sávon belüli jelzőfrekvencia átvételére is.

Jelzészadásra a csatornának megfelelő (15, 825, 19,825 vagy 23,825 kHz) jelző frekvenciát egyenáramú impulzusokkal moduláljuk száraz egyenirányítókkal működő sztatikus modulátorok útján. A moduláló egyenáram vagy közvetlenül a központból érkezik (4-huzalos üzemmód), vagy *jelzészáttevő* jelfogó szerelvényen keresztül, a központból 2-huzalos áramkörön érkező 16—50 Hz csengető áram hatására.

A jelzészadó áramkörök a csatornák párhuzamosan kapcsolt kimenetéhez csatlakoznak.

Vételi irányban a *jelzőáramokat* hibrid-transzformátor útján ágaztatjuk le az *előcsoport* közös jelzészvevő egységéhez. A három jelzőfrekvenciát kombinált sávszűrő választja ki és közös erősítő erősíti, majd a sávszűrőkkel szétválasztott jelző frekvenciákat egyenirányítás után sarkított jelfogók vezérlésére használjuk fel. A jelfogó a vett jelzőimpulzusok hatására egyenáramú impulzusokat továbbít a központ felé 4-huzalos üzemmód esetén, vagy

pedig jelfogó közvetítésével 16—50 Hz csengetőáramot küld a központ felé 2-huzalos kapcsolásban.

A beszédsávon kívüli jelzőáramkör alkalmas mind jelzés (csengetés) átvitelére, mind pedig választóimpulzusok átvitelére. Mivel a csatornán átvitt beszédfrekvencia komponensei nem zavarhatják a jelzőcsatornát, ezért beszélgetés alatt is lehet jelzéseket, például számológépimpulzusokat közvetíteni, ami egyes táv választó hálózatokban megkövetelt szolgáltatás.

Pilotszabályozás

Az átviteli irányonként két-két végighaladó pilotfrekvencia segítségével vezéreljük a vég- és középállomások önműködő szintszabályozó berendezéseit. A vevőerősítő (végállomáson), vagy vonalerősítő (erősítőállomáson) kimenetéről nagy impedanciájú kristálysűrőkkel választjuk le a két pilotfrekvenciát, majd közös erősítés és újbóli szétválasztás után egyen-áramú jelekké alakítjuk át őket. E feszültségekkel egy-egy segédoszillátor kimenő teljesítményét szabályozzuk meredek karakterisztika szerint. Az oszcillátorok kimenő teljesítményét közvetett fűtésű termisztorok fűtésére használjuk fel. Három termisztort alkalmazunk, részben a szabályozó erősítő, részben pedig a passzív kiegyenlítő vezérlésére. Az előbbi a frekvencia függvényében konstans (*lapos*), az utóbbi a frekvencia függvényében változó csillapításkarakterisztika (*ferde*) szerint végzi a szabályozást.

A ferde karakterisztikájú szabályozó a mindenkori vezetékcsillapításhoz annyi, a frekvencia függvényében változó többletcsillapítást ad hozzá, hogy a különböző frekvenciájú jelek azonos szintre kerüljenek. Az egyenes szabályozást végző erősítő változása oly mértékű, hogy a jelek szintje előírt konstans értékre álljon be. A különböző vezetékhozsaktól és a változó időjárástól függő vezetékcsillapítás egyenesre való kiegyenlítése a várható legrosszabb időjárási viszonyok mellett is önműködően bekövetkezik. A szabályzásban fenn-

maradó hiba 0,1 N-nél kisebb. Magának az önműködő szabályozásnak mértéke A—B átviteli irányban 5 N egyenes és 2,5 N ferde szabályozás, B—A irányban pedig 5 N egyenes és 3,2 N ferde szabályozás (5. ábra).

A pilotszintek értékét egy-egy középállású műszer indikálja. Az egyenirányított pilotjelek ezenkívül egy-egy középállású sarkított jelfogót is gerjesztenek. Ha a pilotjel szintje a beállított normál értékhez képest 0,3 N-rel növekszik, vagy 1 N-rel csökken, akkor a hozzátartozó jelfogó kb. 4 mp késleltetés után akusztikus és vizuális alarmjelzést ad.

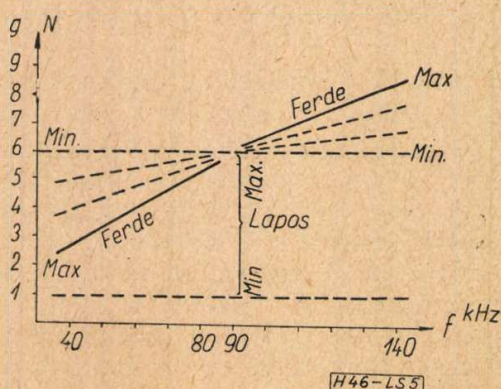
Abban az esetben, ha 0,3 N-nél nagyobb szintnövekedés áll elő, „nem sürgős” alarm keletkezik. Az 1 N-es szintcsökkenés azonban, ami rendszerint a pilotfrekvencia kimaradása miatt következik be, „sürgős” alarmjelzést ad és egyidejűleg működteti az átváltóáramkört. Ez az áramkör a berendezés üzembehelyezésekor tetszőlegesen kiválasztandó kétféle üzemmód valamelyikét működteti. Az egyik esetben az önműködő pilotszabályozást átkapcsolja *kézi szabályozásba*. Kézi szabályozásra egyébként is átkapcsolható az áramkör kulcs segítségével. Erre a berendezés üzembehelyezésekor és rendszeres vizsgálatokor van szükség. E vizsgálatok alkalmával mind az egyenes, mind a ferde szabályozást a kézi szabályozókkal — melyek ilyenkor beállítható ellenállásokkal helyettesítik a termisztort — úgy kell beállítani, hogy a pilotindikátor műszerek normál szintet mutassanak. Ha tehát automatikus üzem közben az említett szintcsökkenés miatt az átváltó áramkör kézi szabályozásra vált át, ott már egy közelítőleg jól beállított szabályzási helyzetet talál, tehát a csatornák üzemét csupán valamelyik pilotjel kimaradása nem teszi lehetetlenné.

A másik üzemmód szerint az önműködő átkapcsoló az állomás átviteli áramkörét megszakítja és ezzel megakadályozza, hogy az állomás az automatikus pilotvezérlés útján beállított nagy erősítés miatt begerjedjen, ha a normális szint hirtelen visszaállna. Ha az automatikus megszakítás után a normális pilot szint visszaáll, a berendezés önműködően automatikus szabályozásra vált vissza és kiszabályoz. Ha rövid ideig tart a pilotjel kiesése, akkor a késleltető áramkörök megakadályozzák a riasztást és az átkapcsolást.

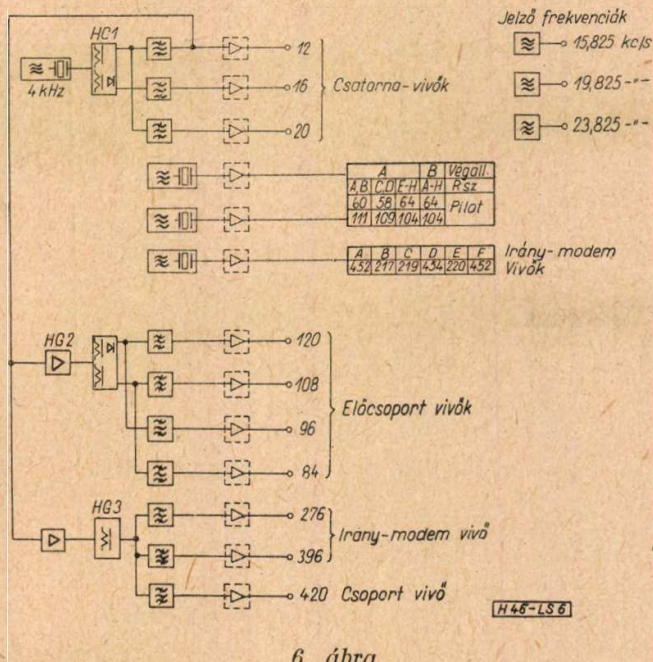
Fenti módszerek alkalmazásával még több ezer km hosszúságú összeköttetéseknel is el lehet kerülni a felesleges átvitel megszakítást, vagy szabályzási lengések végigfutását.

Vivőfrekvencia ellátás

A végállomás szerves része a vivő-, jelző- és pilotfrekvenciákat szolgáltatató szekrény. E berendezés szolgáltatja mindazokat a frekvenciákat, amelyek a 3- és 12-csatornás berendezések működtetéséhez szükségesek és teljesítménye elegendő maximum 240 csatorna táplálására.



5. ábra



6. ábra

A vivőellátó szekrény két komplett készletét tartalmazza a frekvencia szolgáltató áramköröknek. Az egyik készlet az *üzemi*, a másik a készleteti *tartalék*. Ha az üzemi készletben valamely frekvencia kiesik, vagy szintje 0,3 N-nél nagyobb mértékben lecsökken, akkor egy önműködő átkapcsoló áramkör lép üzembe és átkapcsolja a meghibásodott frekvenciaforrást, és vele együtt még néhány azzal egy csoportba sorolt frekvencia ellátó áramkört az említett tartalék áramkörbe. Ily módon a vivőfrekvencia szolgáltatásban a folyamatosság biztosított; a csatornákon működtetett váltóáramú távirócsatornák átvitelében nem áll be zavart okozó megszakítás.

Mindkét vivőellátó készlet alapját egy-egy nagystabilitású, kristályvezérelt, 4 kHz frekvenciájú *alaposzcillátor* képezi (6. ábra).

Az alaposzcillátort a HG_1 jelű *harmonikus generátor* követi, amelyben telített vasmagú tekercs állítja elő a 4 kHz páratlan harmonikusait. A harmonikus generátor egyik kimenetéről sávszűrőkkel választják ki ezen harmonikusok közül a 12 és 20 kHz csatornavivőket. A harmonikus generátor második kimenő áramkörében egyenirányító áramkör van, mely páros harmonikusokat állít elő. Erről a kimenetről választjuk le sávszűrő útján a 16 kHz vivőfrekvenciát.

A 84, 96, 108 és 120 kHz előcsoport vivőfrekvenciákat a 12 kHz-cel táplált HG_2 jelű második harmonikus generátor állítja elő. HG_3 jelű, hasonló 12 kHz-es harmonikus generátor által termelt harmonikusok közül szűrjük ki a 420 kHz csoportvivő frekvenciát is, valamint az irány-vivőfrekvenciák közül a 12 kHz többszöröseiként keletkező 276 és 396 kHz-et. A többi irány-vivőfrekvenciát, az állomás típusa szerint, egyéni kristályvezérelt oszcillátorok szolgáltatják. Kristályvezérelt oszcillátorok

állítják elő a pilotfrekvenciákat is. Ezek nagyfokú stabilizálásáról külön szintstabilizátorok gondoskodnak.

A kristályvezérelt oszcillátorok frekvencia stabilitásának biztosítása végett a kvarc kristályok termosztátokban vannak elhelyezve, melyek belső hőmérséklete $60 \pm 0,3$ C°. A termosztátok a fűtőáramkör önműködő szabályzó elemein kívül riasztó elemekkel is rendelkeznek, melyek az előírt hőmérsékleti értéktől való durvább eltérés esetén riasztójelzést (akusztikus jelzést és lámpajelzést) adnak.

A jelzőfrekvenciák előállítása (15, 825; 19, 825 és 23,825 kHz) szintén kristályvezérelt egyéni oszcillátorokkal történik. Ezen oszcillátorok kristályai azonban nincsenek termosztátban.

Valamennyi felsorolt frekvencia teljesítményének erősítésére megfelelő erősítőket alkalmaz a vevőellátó berendezés.

A frekvenciák elosztása a szekrény tetején levő forresúctávokról történik, de nagy csatornaszámú állomás esetén külön vivőelosztó keret is felszerelhető.

Itt említjük meg, hogy az egész berendezésben alkalmazott egységes csőtípus, mellett a vivőellátó berendezés már tranzisztorizált áramköröket is tartalmaz (pl. a jelzőfrekvenciás oszcillátorok és a szintellenőrző áramkör).

Erősítő berendezés

Az erősítő berendezés tömbvázlatát a 7. ábra mutatja. Az A—B és B—A irányok szétválasztását, valamint a 3- és 12-csatornás sávok szétválasztását a végberendezésben alkalmazott irány- és vonalváltókkal azonos típusú váltók végzik. Mindkét átviteli irányban megtalálhatók az ugyancsak a végberendezésben levővel azonos pilotszabályzó áramkörök és vonalerősítők.

A pilotszabályzó áramköröket a végberendezéshez hasonló módon kétfrekvenciás pilotvevő vezérli, mely a vonalerősítő magas szintű kimenetéhez csatlakozik kristályszűrőn át. A pilotfrekvenciák értéke 40 és 80 kHz az A—B irányban és 92 és 143 kHz a B—A irányban. Kivételt képeznek az E és F rendszerek, melyek középállomásain az A—B irányban a pilotfrekvencia 136 és 96 kHz.

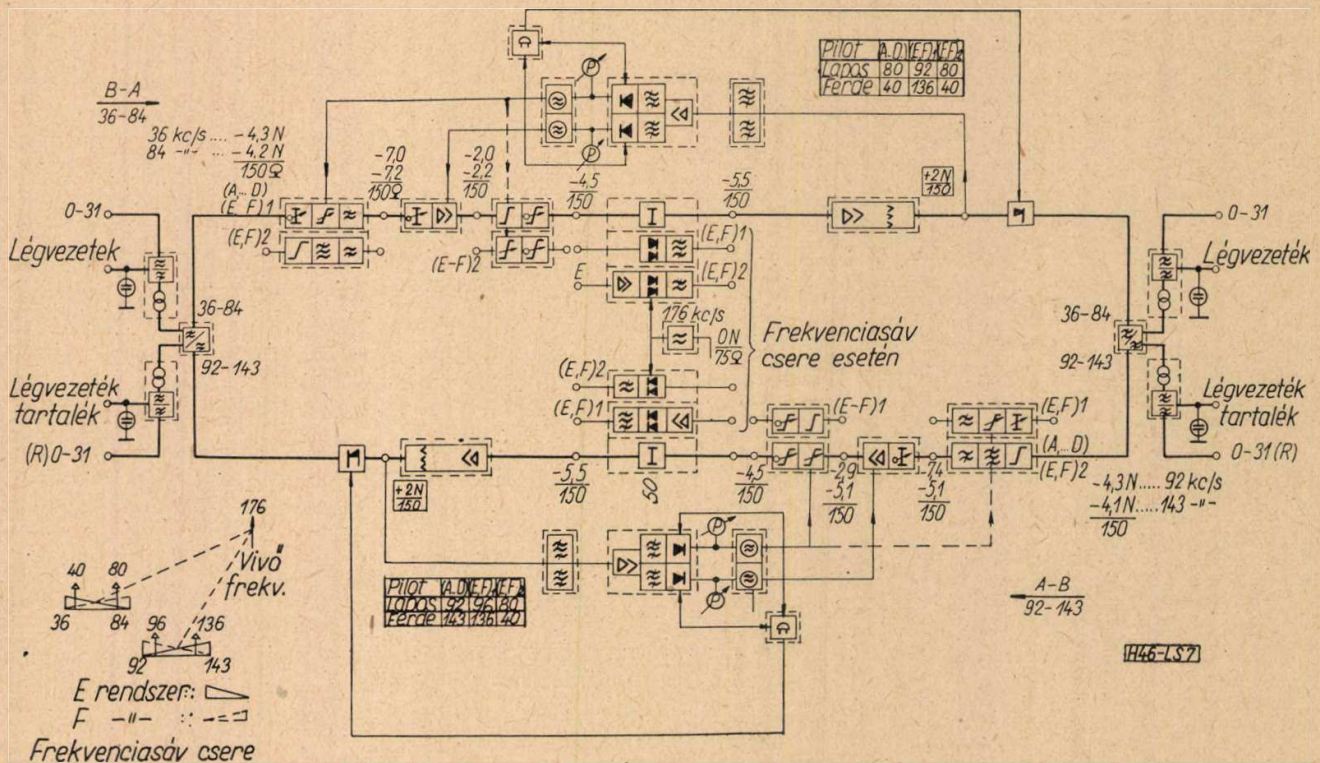
Az E és F rendszerek középállomásain frekvenciacserelelő modulátor áramkört is alkalmazunk, melyeket 176 kHz frekvenciát szolgáltató kristályvezérelt oszcillátor táplál.

Kiegészítő áramkörök

A berendezésekben sokféle kiegészítő és segédáramkört is alkalmazunk.

Hálózati tápáramkörök

A szekrények tápárammal való ellátása történhet telepekről (24 V és 206 V), illetve központi tápegyenirányító berendezésről, vagy pedig hálózatról. Minden szekrényben bedugaszolható tápegység van, amely a hálózati üzemet teszi lehetővé. Ebben találjuk a fűtő-



7. ábra

transzformátorokat, az anód és jelfogó egyenfeszültségek egyenirányítóit, továbbá kioldható biztosítókat, riasztó jelfogókat, jelzőlámpákat és a feszültségek ellenőrzését lehetővé tevő mérő csatlakozó hüvelyeket. A tápegységet automatikus átkapcsoló egység egészíti ki, amelyben jelfogórendszer gondoskodik hálózat kiesése esetén az anód, fűtő és jelfogó tápfeszültségeknek gyors átkapcsolására a készenléti tartalék telepekre. Ezzel biztosítjuk a kiesés nélküli folyamatos táplálását a berendezésnek hálózati üzemzavar esetén.

Riasztó áramkörök

A berendezések üzembiztonságának növelése és a fenntartási munka tökéletesítése céljára különféle figyelő és riasztó áramkörök szolgálnak. A jelzések akusztikusak (csengő) és vizuálisak (lámpák). Megkülönböztetünk „sürgös” és „nem sürgös” alarmot. Az első arra utal, hogy a bekövetkezett hiba mind a 12 csatorna üzemét veszélyezteti, a másik csoport az egyes csatornákat vagy áramköri részleteket érintő hibákat jelzi. A jelzéseket előállítják a tápfeszültségeket és az egyes csövek emissziós áramát figyelő jelfogók, a biztosítók kioldását jelző áramkörök, a pilot szabályzó áramkörben levő riasztó jelfogók, a vivőfrekvenciák szintjét figyelő jelfogók stb.

Átviteli mérő műszer

A szekrényekben bedugaszolt átvitelmérő műszer szolgál arra a célra, hogy néhány fontosabb szintadatot ellenőrizni lehessen és az ellenőrző mérésekhez mérőfrekvenciát szolgáltatson. A műszer a végállomásra 800 Hz frekvenciájú mérőjelet tud kiadni kapcsolóval be-

állítható különféle, a berendezés vizsgálatához szükséges szinttel. A középállomás műszere átkapcsolhatóan 60 és 120 kHz frekvenciájú jeleket adhat ki a két átviteli irány vizsgálatára. Mindkét műszerben szintmérő is van, amelynek kapcsolóval beállítható mérési határai +3 N-től -1 N-ig terjednek. A műszer mérési határai és pontossága korlátozott, tehát csak egyszerűbb, gyorsan végrehajtandó ellenőrző mérésekre szolgál. A vivőfrekvencia ellátó szekrény a frekvenciáknak standard frekvenciával való összeütése céljára oszcilloszkópot is tartalmaz.

Figyelő és távbeszélő készülék

Szolgálati beszélgetések és a csatornába való befigyelés lehetőségének biztosítására mind a központ, mind pedig a vonal felé a végberendezésben különféle üzemmódra átkapcsolható távbeszélő egységet alkalmazunk, külön bedugaszolható kézibeszélővel.

Vonali kiegészítő és illesztő készülékek

A légvezetékes üzem egy csoportját igényli a különféle kiegészítő és illesztő szerelvényeknek, mint pl. vonalillesztő transzformátorok, bevezető kábelek és ezek illesztő és terhelő transzformátorai, túlfeszültség ellen védő és levezető szerelvények, hosszanti folytató tekercsek, vivőfrekvenciás áthallás elnyomó szűrők. Mindezen szerelvényeket a mindenkor adott vonal és állomástervnek megfelelően nyernek alkalmazást.

A berendezés konstrukciója

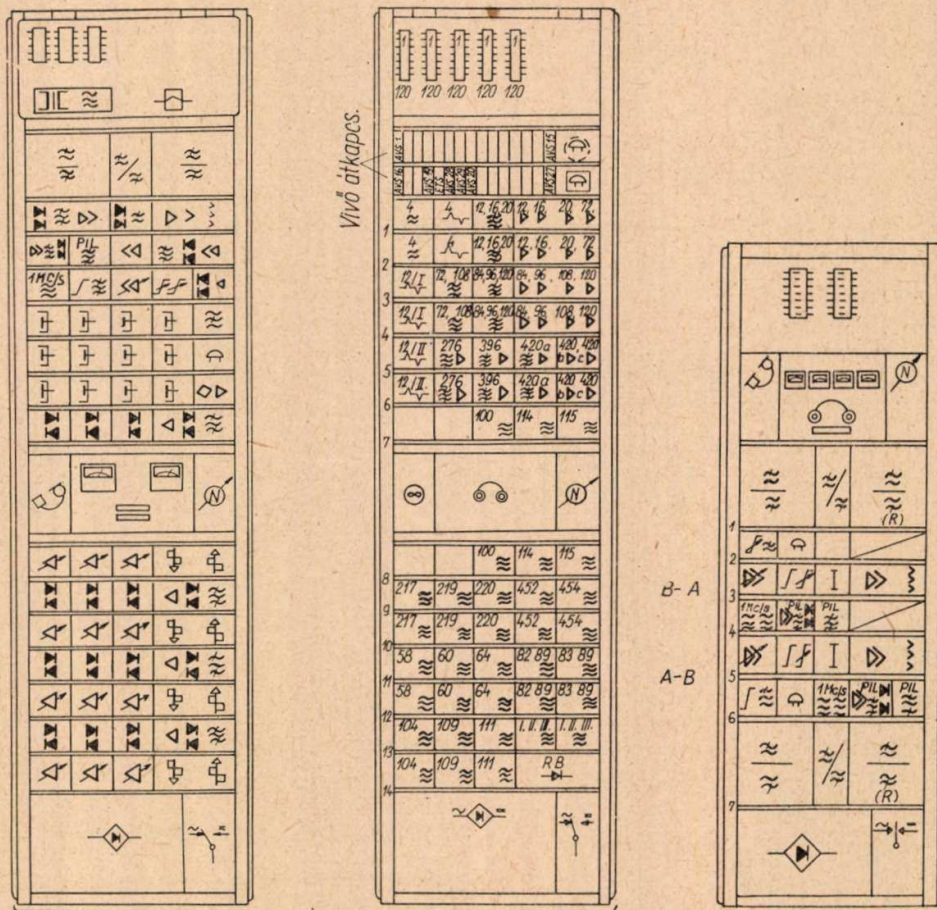
A végberendezés két normál méretű szekrényből (csatorna és vivőellátó szekrényből) áll, az erősítő berendezés pedig törpeszekrény (lásd. a 8. ábrát).

A szekrények szerkezete és belső felépítése, valamint a fiókos egységek konstrukciós rendszere megegyezik a *BHG átviteltechnikai gyártmány-család egységes, dugaszolható rendszerű konstrukciójával*. E konstrukciós rendszer részletes ismertetésével egy másik közleményünk foglalkozik (3).

Fő műszaki adatok

Telefoncsatornák száma	12
Egy telefoncsatorna átvihet	24 távírócsatornát
A vonalon átvitt legkisebb frekvencia	36 kHz
A vonalon átvitt legnagyobb frekvencia	143 kHz
Legnagyobb csillapítás egy 143 kHz-es erősítő szakaszon átlagos csapadéknál.	4 N
A csillapítás határa egy erősítő szakaszon 143 kHz-	

nél (erős zúzmaránál) ...	8,5 N
A hangfrekvenciás áramkörök impedanciája	600 ohm
Átvitt hangfrekvenciás sáv	300—3400 Hz
Az egyes csatornák teljes frekvencia átvitele két végállomási berendezésből álló összeköttetésben, mindkét átviteli irányban	A CCITT ajánlás 2/5-e
A torzítási tényező normál szinten 800 Hz-cel mérve	k ₂ : 2%-nál kisebb k ₃ : 1%-nál kisebb
Viszonylagos teljesítmény szint a csatornamodulátor bemeneténél	— 2N/600 ohm 0,1 N-es lépésekben változtatható + 0,5 N/600 ohm 0,05 N-es lépésekben változtatható 0 N és + 1 N között
a csatornaerősítő kimeneténél az alaps csoport modulátor áramkör kimeneténél	— 4,2 N/150 ohm



	Forrcsúcs		Vonalváltó		Szab. er.		Iránymod.		Frekv.össz.
	Jelf. sáv		Irányváltó		2/4-huz.vég.		Therm.korr.		xkHz aszc.
	Vivóelosztó		Csoport mod.		Alapcs.hyb.		Rendsz.von.k.		xkHz harm.g.
	Riasztó		Vonalerős.		Csatorna modem		Irány.dem.		xkHz viv.er.
	Figyelő egys.		Vevőerősítő		Előcsop. modem		Transzf.		xkHz viv.szű.
	Hűvelysáv.		Csoport demod.		Csát. er.		HCLP egys.		xkHz szür.+er.
	Szintmérő		1MHz aszcill.		Jelz. ad. vev.		Vivóelnyom.		Jelz. fr. aszc.
	Tápegys.						Pilot vevő		Stab.fesz.for.
	Átkapcsoló						Pil.szűrő		

H46-LS 8

az alapesoport demodulátor áramkör bemeneténél	— 3,5 N/150 ohm
az átviteli vonalerősítő kimeneténél csatornánként	+ 2 N/150 ohm
A pilotszint a 0 viszonylagos szintű ponton	— 2,3 N
A vivőfrekvencia generátorok stabilitása	5×10^{-6} -on belül
Pilotfrekvenciák stabilitása	± 2 Hz
Maximális különbség bármilyen, a csatornabemenetre adott hangfrekvencia és a vételi végződésen vett frekvencia között	2 Hz-nél kisebb
Vivőszivárgás a vonalon a viszonylagos csatornaszint alatt egy csatornán a felső frekvenciacsoportban	legfeljebb 3 N
az alsó frekvenciacsoportban	legfeljebb 2 N
Összes szivárgás szintje az adási szint alatt	legfeljebb 1,7 N
A vonalszűrő névleges impedanciája	576 ohm
Reflexiócsillapítás a berendezés vonalcsatlakozásánál, a vonalon átvitt felső frekvenciacsoportban	> 3 N
alsó frekvenciacsoportban	> 2,6 N
Zajfeszültségek két végállomási berendezésnek 4 N-es (143 kHz-nél) művonalon át történő összeköttetésével psophometrikusan mérve a + 0,5 N szintű ponton:	
a) Alapzajfeszültség	max. 1 mV
b) Szomszéd csatornákat beszéddel terhelve	max. 1,2 mV
c) Zajfeszültség szomszédos beszédcsoportokban a tárcsázási impulzusok átvitelénél	max. 2 mV

d) Jel-zaj viszony a számológó impulzusok átvitele miatt ugyanazon a csatornán	legalább 5 N
Érthető jel- áthallás viszony két csatorna között	min. 7,5 N
Jelzési frekvencia az egyes csatornák 0 frekvenciájára vonatkoztatva	3.825 kHz
Jelzési szint a hangcsatorna viszonylagos 0 szintjére vonatkoztatva	— 0,7 N
A tárcsázási jel torzítása 30/30 ms impulzusaránytal és ± 3 N-es szintváltozással a vevőrészen	max. ± 3 msec.
Csővek	18 046 és 6760
A csövek átlagos élettartama	kb. 10 000 óra
Áramellátás váltakozó áramú hálózatból	110, 125, vagy 220V $\pm 3\%$ 40—60 per.
Állomás telepek	206 V $\pm 3\%$ anód, 21 V $\pm 3\%$ fűtés és 24 V jelfogó
A szekrény méretei:	
Magasság (normál méret)	2735 mm (változtatható: 2600 mm)
Magasság (törpe kivétel)	1920 mm
Szélesség	660 mm
Mélység	250 mm
Megközelítő súly (normál méret)	kb. 300 kg.

Irodalom

- Lajkó S.: Sokcsatornás vivőáramú gyártmánycsalád. Magyar Híradástechnika 9. évf. 2—3 sz.
Lajkó S.: Háromcsatornás légvezetékes vivőáramú távbeszélő berendezés. Magyar Híradástechnika X. 1959. évf. 1 sz.
Baján T.: Egységes átviteltechnikai konstrukció. Magyar Híradástechnika 8. évf. 1957. 6 sz.

GYÁRTMÁNYAINK:



- TV. és URH. vevőantenna
Antenna szerelvények, szigetelők
Központi antennák és erősítők
Adóantennák 1 kW-ig
Híradástechnikai csatlakozó
Erősáramú csatlakozó
Telefontechnikai töltőberendezések
Fényjelző személyhívó berendezések (kórházi, szállodai stb.)
Esőszámos számjelző
Vészlámpák (üzemekhez, raktárakhoz stb.)
Távírányítású fényújság
Feszültségszabályozó berendezések
Tranzisztoros transzverterek
Szikraforgácsoló tápegységek
Különleges száraz egyenirányító berendezések

HIRADÓTECHNIKAI VÁLLALAT BP XI. DARÓCZI ÚT 1/3.

Alumínium ezüstözése és ezüstözött alumínium híradástechnikai felhasználhatósága

ORGOVÁNY LÁSZLÓ és GÁTI JÓZSEFNÉ

Mechanikai Laboratórium
Híradástechnikai Kísérleti Vállalat

Az ezüstözött alumínium és alumíniumötvözetek klímaállóságát erősen befolyásolják a mártó horganyzás körülményei, a védőrétegek minősége és vastagsága. A technológiai körülmények gondos megválasztásával előállítható olyan ezüstbevonat, mely klímaállóság szempontjából a nemzetközi követelményeket is kielégíti. Az ezüsttel bevont alumínium alkalmazásának a híradástechnika és a műszeripar egyes területein műszaki, technológiai és gazdaságossági előnyei vannak.

I. Bevezetés

A fejlődő híradástechnika és műszeripar egyre újabb szerkezeti anyagokat és felületvédelmi eljárásokat igényel. Ez a törekvés fejlesztette ki az alumínium ezüstözését is. Így egyesíthető az alumínium könnyűsége, jó hővezetőképessége, előnyös technológiai tulajdonságai az ezüst kiváló elektromos sajátságai. Az ezüstözött alumínium felhasználása a következő előnyökkel járhat:

1. Csökken az alkatrészek és így a készülékek súlya. Az alumínium fajsúlya $2,7 \text{ kg/dm}^3$, a rézé $8,9 \text{ kg/dm}^3$. Ugyanolyan térfogatú alumínium munkadarab súlya tehát 3,3-szor kevesebb, mintha az rézből készült volna.

2. Ezüstréteggel való bevonásnál a felület az alumínium egyéb előnyös tulajdonságainak megtartása mellett kiváló elektromos vezető lesz.

3. Az alumínium könnyen forgácsolható, stanzolható, hidegfolyatható, kokilla- és présönthető. Nagy jelentőségű a készüléképítésében, hogy az ezüstözött alumínium könnyen köthető lágú és kemény forrasszal.

4. A híradástechnikában rendkívül fontos a mikrofóniás zavarok kiküszöbölése. Irodalmi források szerint ezüstözött alumínium kondenzátorok alkalmazásával a mikrofóniás zavarok csökkennek. Az alumínium árnyékolódobozok helyettesítése ezüstözött alumíniummal az árnyékoló hatás növekedését eredményezi. Feltehetően jól ki lehet használni az ezüstözött alumínium kiváló felületi áramvezetőképességét nagyfrekvenciás készülékek sasszéinak készítésénél.

5. Ezüstözött réz vagy rézötötvözetek helyettesítése ezüstözött alumíniummal komoly gazdasági megtakarítást eredményez. A fajsúlykülönbség miatt a helyettesítésre használt alumínium értéke 3,0—3,5-ször kisebb, mint a megfelelő réz vagy rézötötvözeté. Az alumínium hazai anyag, a réz pedig importáljuk.

II. Elvi alapok

Az alumínium erősen elektronegatív fém, ezért a levegő oxigénjével gyorsan alumínium-oxidá egysül. Az alumíniumoxid szigetelő

sajátságú, ezért rá galvanikus úton fémréteget leválasztani nem lehet. A jól tapadó galvánbevonat létrehozásához a legtisztább fém-fém kapcsolatra van szükség. A galvánműveletek előtt ezért az oxidréteget tökéletesen el kell távolítani. Ez az előkészítő műveletek feladata. A lehetőségek közül legkönnyebben megvalósíthatónak a kémiai előkészítés — oxideltávolítás — mutatkozott. A kémiai előkészítés utolsó lépcsője a később ismertető mártóhorganyzás, amelynek elve, hogy a fémtiszta felületre ioncsere folytán fémhorgany válik ki.

A jó korrózióvédelem érdekében célszerű, ha a bevont fém és a bevonó fém elektropotenciálja egymáshoz közel esik. Ezt figyelembe véve kívánatos, hogy az egymástól távol eső elektropotenciálú alumínium és ezüst közé potenciál szempontjából közbeeső fémet vagy fémeket válasszunk le. Mivel az alumínium erősen elektronegatív, ezért felületére a szintén elektronegatív horganyt közbeeső réteggént leválasztani elméleti szempontból is indokolt.

Ismeretes, hogy az ezüst tapadása rézre kiváló és a réz elektropotenciálja az alumínium és az ezüst közé esik.

Elektropotenciálok:

alumínium	—1,67 V
horgany	—0,762 V
réz	+0,344 V
ezüst	+0,798 V

Ezért a kémiailag leválasztott horganyra galvánosan vörösrezt vittünk fel, amely egyrészt növeli az ezüstréteg tapadóképességét, másrészt javítja a bevonat klímaállóságát.

III. Elvégzett kísérletek

1. Előkészítés módja

A laboratóriumi kísérletek feladata elsősorban az alumínium és alumíniumötvözetek galvanizálás előtti előkészítésének tanulmányozása volt. Az előkészítéssel F. Keller, W. G. Zellej, H. W. Dettner és G. L. J. Bailey foglalkoztak. Az irodalomban ismertett eljárásokból a következő előkészítési technológiát alakítottuk ki:

- durva zsírtalanítás szerves oldószernel
- oxideltávolítás nátriumhidroxidban
- kénsavas dekapirozás
- salétromsavas rézeltávolítás, vagy hidrogénfluoridos szilícium leoldás
- mártóhorganyzás

Részletes ismertetés a technológiai leírásban szerepel.

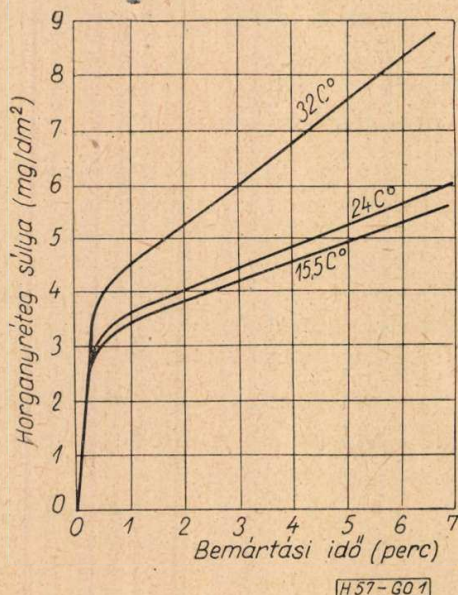
2. Mártóhorganyzás körülményeinek vizsgálata

E vizsgálatokat az indokolta, hogy a vonatkozó irodalmi adatok eléggé ellentmondóak. A horganyréteg képezi a további bevonatok alapját. A felvitel körülményei feltétlenül hatással lesznek az ezüstözött alumínium ellenállóképességére, klímaállóságára. Ezért a horganyzás körülményeinek elbírálására az IEC. 68. által javasolt klímaállósági igénybevételeket alkalmaztuk. A mártóhorganyzást *Keller* és *Zelley* által javasolt tömény cinkátos oldatban végeztük, amely 525 g/l NaOH-t és 100 g/l ZnO-t tartalmazott. Ezt kiegészítettük az ASTM által javasolt technológia szerinti 30 g/l káliumnátriumtartaráttal.

A mártóhorganyzáselvé az, hogy az alumínium és ötvözetek, mivel erősen elektronegatívak, számos más fémet kiválasztanak sóiknak oldatból. Ez történik a nátriumcinkát oldatnál is. A cinkátfürdőnek feladata még, hogy az esetleg visszamaradt, vagy a művelet közben képződött alumíniumoxidot feloldja és az alumínium-horgany ioncsere részére fémtiszta felületet biztosítson. Az így képződött vékony, jól tapadó horgany-rétegre a szokványos galvanotechnikai műveletekkel lehet a további fémbevonatokat leválasztani. A bevonat minőségét természetesen befolyásolja az ioncsere sebessége. Ha a leválás túl gyors, akkor vastagabb, szivacsosabb horganyréteg képződik, amely további galvanizálásra kevésbé alkalmas. A leválás gyorsaságát — ha a fürdő összetételének állandóságát biztosítjuk — a fürdő hőmérsékletével lehet befolyásolni.

A hőmérséklet befolyását az egységnyi felületre leváltott anyagmennyiségre *Keller* és *Zelley* által szerkesztett görbék mutatják.

A hőmérsékletnek a tapadóképessegre, klímaállóságra gyakorolt hatását vizsgáltuk. Elméleti és kísérleti alapon bebizonyosodott, hogy azok a körülmények, amelyek a legerősebb tapadást



1. ábra

okozzák, egyben a legjobb korrózióállóságot is biztosítják. Ezért horganyzást végeztünk 22, 27, 29 és 31 C°-on. Ezeket a lemezeket rezeztük, ezüstöztük és vizsgáltuk gyorsított nedves-meleg, nedves-meleg tartam, valamint sósköd kamrában. A vonatkozó eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Bullough, *Gardam*, majd *Bailey* elektron-difrakciós vizsgálatai azt bizonyítják, hogy a bevonatok „kristályfák”-ból épülnek fel amelyek méretei nem idomulnak az alumínium kristályalakzatához. Természetszerűleg minden kristály kiinduló pontja az alumíniumnak egy kicsiny felülete, ahol az adhézió maximális. Ezek a „kristályfák” — a bemártás idejét növelve — oldalirányban növekednek. Tekintve, hogy az aktív helyek már le vannak foglalva, ezért a bemártási idő növelésével már nem növekszik az alumíniummal érintkező felület és az adhézió mértéke. Lehetőség van azonban arra, hogy a „fák” növekedésük során összekapcsolódjanak, ezáltal olyan feszültségek keletkeznek, amelyek csökkentik az egész réteg adhézióját.

Keller és *Zelley* kimérték, hogy a leválás legnagyobb részét a bemártás első szakaszában játszódik le. A képződött horganyréteg vastagsága 0,02—0,07 μ között kell, hogy legyen. Ha eltekintünk a szivacsosságtól és tiszta fémet tételezünk fel, akkor ez 1,6—4,8 mg horgany/dm²-nek felel meg.

Mindezekből nyilvánvaló, hogy a mártóhorganyzás idejének optimuma van, amelynél rövidebb idő alatt túl vékony, hosszabb idő alatt rosszul tapadó, szivacsos horganyréteg képződik. Ezért vizsgáltuk a horganyzás idejének hatását a klímaállóságra, tapadóképessegre. Kísérleteket végeztünk 0,5; 1; 1,5; 2; 4 perces horganyzási idővel. A lemezeket rezeztük, ezüstöztük, majd utána különböző klímaállósági igénybevételeknek vetettük alá. A vonatkozó eredményeket a 2. táblázat szemlélteti.

A vizsgált lemezeket a technológiai eljárásban leírt módon kezeltük, csupán a horganyzás idejét változtattuk. Minden vizsgálatot 5 párhuzamos lemezen végeztünk el. A vizsgálati eredményeket értékelve az 1. táblázatban látható, hogy a 22 C°-on horganyzott mintalemezknél már 7 nap után felhólyagosodás mutatkozott gyorsított nedves-meleg kamrában; a többi hőmérsékleten horganyzott lemeznél csak 14 nap, vagy azután lépett fel. A sósköd kamrában 2 nap után változás nincs, de 7 nap után már súlyos korróziós elváltozások lépnek fel minden változatnál. Tengeri klímára ezért az így kezelt változatok nem alkalmasak. A tengeri klímára is alkalmas bevonat kialakítását külön kísérlet-sorozattal végeztük. Tartamigénybevételnél 56 nap után csak kismértékű elszíneződést lehetett megállapítani.

A 2. táblázatnál a horganyzási hőmérsékletet 27 C°-on stabilizáltuk, de a horganyzási időt változtattuk. Gyorsított nedves-meleg és

Különböző ideig horganyzott, majd ezüstözött mintalemezek klímaállósági vizsgálata
Horganyzási hőmérséklet 27 °C

Vizsgálati idő napokban	Horganyzási idő 1 perc			Horganyzási idő 1,5 perc			Horganyzási idő 2 perc		
	Tartam	Gyorsított nedves — meleg	Sóskód	Tartam	Gyorsított nedves — meleg	Sóskód	Tartam	Gyorsított nedves — meleg	Sóskód
	vizsgálatok			vizsgálatok			vizsgálatok		
2	Változás nincs	Változás nincs	Változás nincs	Változás nincs	Változás nincs	Változás nincs	Változás nincs	Változás nincs	Változás nincs
7	Enyhe elszíneződés	Felső élen és a le- mezek felületén több hólyag	Enyhe elszíneződés	Enyhe elszínező- ződés	Széleken felhólya- gosodás Lemez felületén változás nincs	Enyhe elszínező- ződés	Enyhe elszínező- ződés	Felső széleken fel- hólyagosodás. 3 lemeznél 1—2 hó- lyag	
14	Lyukaknál és az oldaléleken hólya- gosodás		Lyukaknál és az oldaléleken hólya- gosodás	Barnás elszínező- dés		Barnás elszínező- dés	Barnás elszínező- dés		
27	Változás nincs	Lyukaknál és az oldaléleken hólya- gosodás és a lemez felületén barna pontok		Változás nincs	Barnás elszínező- dés		Változás nincs	Barnás elszínező- dés és kezdődő barna pontok	
36		Hólyagosodás nem fokozódott. Erős barna pont- szerű elszíneződés			Erős barna pont- szerű elszínező- dés, lyukaknál hólyagosodás			Erős barna pont- szerű elszíneződés	
56	Enyhe elszínező- ződés		Enyhe elszínező- ződés	Enyhe elszínező- ződés		Enyhe elszínező- ződés	Enyhe elszínező- ződés		

Galvanizálási idő változásának hatása a sóskötéllőságra

3. táblázat

Sóskötéllős tartás ideje napokban	Galvanizálás ideje percekben		
	Rezezés 15 perc Ezüstözés 30 perc	Rezezés 15 perc Ezüstözés 60 perc	Rezezés 40 perc Ezüstözés 60 perc
2	Változás nincs	Változás nincs	Változás nincs
7	Felső élen felhólyagosodás. Részleges rétegleválás. Lemezek felületén is több hólyag	Enyhe mattulás. Az éleken barna és zöld elszíneződés. Az él mentén néhány helyen hólyag	Az éleknél és sarkoknál néhány helyen zöld sókiválás. Felhólyagosodás nincs

4. táblázat.

Alumínium és alumíniumötvözetek ezüstözésének technológiája

Technológiai lépés megnevezése	Fürdő összetétel	Áramviszonyok	Hőmérséklet C°	Időtartam perc	Megjegyzés
Benzines zsirtalanítás	Foltbenzin		20	—	Kétszeri lemosás
Lúgozás	50 g/1 NaOH		65—70	10	
Folyóvízes öblítés	—		—	—	
Réz eltávolítás	25 s. % HNO ₃ fs. 1,146		20	2—4	Csak réztartalmú ötvözeteknél
Szilícium eltávolítás	3 tf. 65 %-os HNO ₃ 1 tf. 40 %-os HF		18—20	6—10 sec.	Csak 0,5 %-nál magasabb Si tartalmú ötvözeteknél
Folyóvízes öblítés	—		—	—	
Kénsavas dekapírozás	25 s. % H ₂ SO ₄ fs. 1,1783		80—85	3	
Folyóvízes öblítés	—		—	—	
Salétromsavas áthúzás	25 s. % HNO ₃		20	0,5	
Folyóvízes öblítés	—		—	—	
Horgany leválasztás	100 g/1 ZnO 525 g/1 NaOH 30 g/1 káliumnátrium-tartarát		27—29	2	
Hideg folyóvízes öblítés	—		—	—	
Meleg folyóvízes öblítés	—		90	—	
Vörösrezezés	41 g/1 Cu ₂ (CN) ₂ 49 g/1 NaCN 30 g/1 Na ₂ CO ₃ sicc. 60 g/1 káliumnátrium-tartarát	2 percig 2,6 A/dm ² 13 percig 1,3 A/dm ²	48±2	2+13	Tengeri klímára 2 perc 2,6 A/dm ² 38 perc 1,3 A/dm ²
Folyóvízes öblítés	—	—	—	—	
Ezüstözés keményezüst fürdőben	35 g/1 KAg(CN) ₂ 35 g/1 K ₂ Cd(CN) ₄ 38 g/1 KCN 20 g/1 KOH	0,8 V	20	30	Tengeri klímára 60 perc
Folyóvízes öblítés	—	—	—	—	
Melegvízes öblítés	—	—	90	—	
Szárítás					

sósködállóság szempontjából a 2 percre horganyzott lemezek adták a legjobb eredményt. A próbalemezek gyorsított nedves-meleg igénybevételénél a legnagyobb nemzetközi követelményt (6 nap) is messze túlhaladták azzal, hogy 14—27 napig lényeges változás nélkül is ellenálltak az az agresszív körülményeknek. A tartamigénybevételénél az 56 napos nemzetközi követelményt az ismertett változatok mindegyike károsodás nélkül kiállotta. Sósköd-kamrában a legnagyobb nemzetközi követelmény 7 nap. Ezt azonban egyetlen változat sem teljesítette, mivel 7 nap után kisebb, vagy nagyobb mértékben korróziós változások léptek fel.

Az itt közölt eredményekből leszűrhető, hogy a mártóhorganyzás optima 27—29 °C-nál és 2 perc bemártási időnél adódik. Tengeri klímára az így kezelt lemezek nem alkalmasak.

3. Közbenső rétegek szerepe

Szisztematikusan vizsgáltuk, hogy milyen közbenső réteget kell alkalmazni az alumínium és az ezüst közé a maximális klímaállóság biztosítása érdekében.

Alumínium közvetlen ezüstözése: Közvetlenül alumíniumra ezüst bevonatot nem sikerült leválasztani.

A horganyzott alumínium közvetlen ezüstözése: az alumínium mártóhorganyzását részletesen vizsgáltuk és annak eredményét az előbbiekben ismertettük. Közvetlen horganyra nem sikerült jól tapadó ezüstreteget leválasztani. E lemezek az ezüstbevonat részben azonnal, de 6 nap után kivétel nélkül felhólyagosodott.

Alumínium mártóhorganyzása, rezezése és ezüstözése: ismeretes, hogy az ezüst tapadása rézre, kiváló. Ezért a mártóhorganyzással bevont lemezeket ezüstözés előtt a következő fürdőben rezeztük:

- 120 g/l rézcianid
- 140 g/l nátriumcianid
- 1,5 g/l nátriumszulfát
- 4 g/l nátriumhidroxid
- 2 g/l ammóniumrodanid

Hőmérséklet: 20—25 °C, feszültség: 1 volt, időtartam: 25 perc. Az ezüstözést az ún. kemény-ezüst fürdőben, 30 percre végeztük. Az így kezelt próbalemezek gyorsított nedves-meleg kamrában 4—12 nap után felhólyagosodást mutattak. A lemezek igen nagy százaléka már a réz és ezüsfürdőből hóllyagosan került ki. Ennek oka az, amint az a későbbiekben igazolódott, hogy a nagy karbonát- és lúgtartalmú rézfürdő megtámadja és részlegesen leoldja a vékony horganyréteget. Ahol a horganyréteg leoldódott, ott a rézréteg nem tapad.

Amikor a rezezést káliumnátriumtartarátot tartalmazó fürdőben végeztük, a felhólyagosodás teljesen megszűnt. A tartarátos rézfürdő és a rezezés körülményei a technológiai leírásban kerülnek ismertetésre.

4. Rétegvastagságok szerepe klímaállóság szempontjából

A következő kísérletek a sósködállóság növelését célozták. A mártóhorganyzás körülményeinek klímaállósági vizsgálatánál megállapítást nyert, hogy a lemezek a 7 napos sósköd-igénybevétel alatt erősen károsodnak. Ha a rezezési időt 40 percre, az ezüstözési időt 60 percre emeltük, akkor a mintalemezek a 7 napos sósköd-igénybevétel alatt lényeges károsodást nem szenvedtek.

A klímaállósági vizsgálat eredményét a 3. táblázatban foglaltuk össze. Az eredményeket a 2. ábra is szemlélteti.

5. Az alumíniumlemez összetételének hatása

A lemez ötvöző elemeitől függően az előkezelésnél változtatást kell végrehajtani. Az erre vonatkozó adatok a technológiai leírásban szerepelnek. A különböző előkezelést követő galván fémválasztások alumínium, rézzel ötvözött alumínium próbalemezekre azonos módon történtek. Klímaigénybevételénél a két anyag-típus nem mutatott eltérést. Hasonlóképpen, ha hegesztett próbalemezekkel dolgoztunk, a hegesztés helye nem mutatott észlelhető különbséget klímaállóság szempontjából.

6. Klímaállósági vizsgálatok

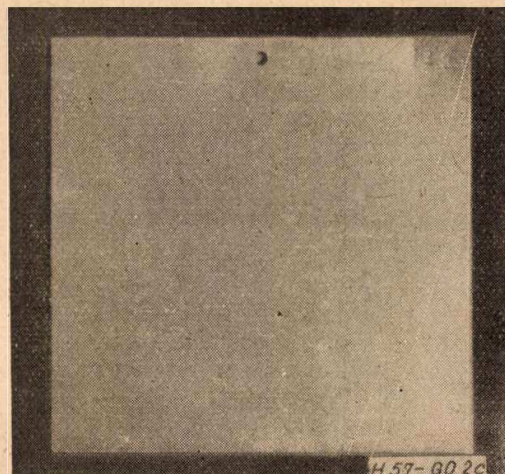
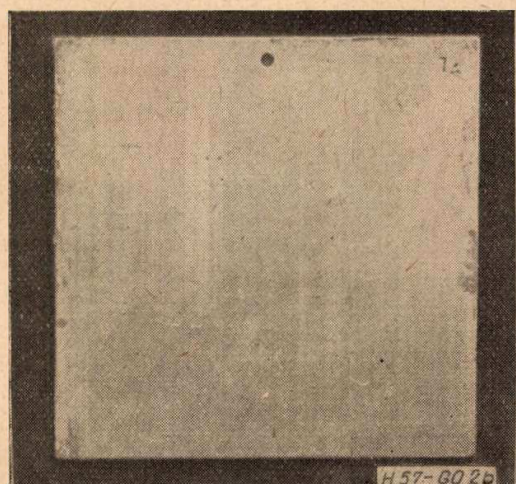
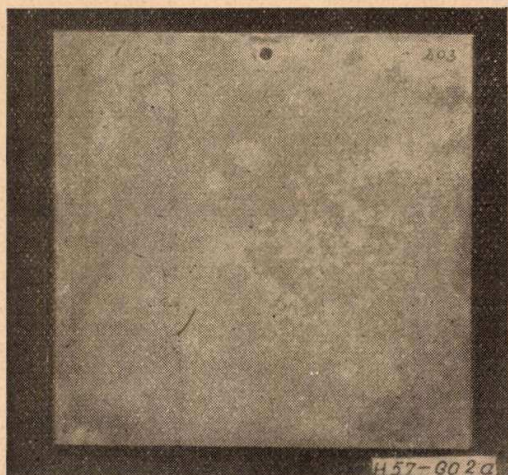
A klímaállósági vizsgálatokat az IEC 68. igénybevételi előírásainak megfelelően hajtottuk végre.

a) Gyorsított nedves-meleg igénybevétel. Az igénybevételi teret laboratóriumi hőmérséklet-ről, a lemezek behelyezése után, 55 °C-ra fűtöttük fel, majd 16 órán keresztül hőmérsékletét ± 1 °C értékkel ingadoztattuk. Az óránkénti ingadoztatások száma kb. 4,5—5 volt. Ezalatt a vizsgálóteret relatív légnedvessége 95—98% között változott. Ezt követően a fűtés megszüntetésével a vizsgáló teret ismét laboratóriumi hőmérsékletre hűtöttük vissza, miközben a tér relatív légnedvessége elérte a 100 %-ot. A hűtés sebessége olymértvű volt, hogy közben a lemezekon kondenzáció nem keletkezhetett. Egy ciklus időtartama 24 óra. A második ciklus megkezdésekor a vizsgálóteret felfűtésének sebessége olymértvű, hogy a próbalemezekon közben kondenzáció lépett fel.

b) Tartam, nedves-meleg igénybevétel. Az igénybevételi tér hőmérséklete 40 ± 1 °C, relatív légnedvessége 95—96%. Az igénybevételi tér hőmérséklet és relatív légnedvesség viszonyai a vizsgálat egész időtartama alatt a fent megjelölt határokon túlmenően nem változtak.

c) Sósköd igénybevétel. Az igénybevétel céljára aerosol rendszerű vizsgáló berendezést alkalmaztunk. Az igénybevételi tér hőmérséklete 24—30 °C között ingadozott. Sósköd előállításához a következő összetételű oldatot használtuk:

- 27 g nátriumklorid
- 6 g magnéziumklorid
- 1 g kalciumklorid
- 1 g káliumklorid



2. ábra. ezüstözött Al lemezek 7 napos sóskád vizsgálat után: a) rezezési idő 40 perc, ezüstözési idő 03 perc; b) rezezési idő 15 perc, ezüstözési idő 15 perc; c) rezezési idő 40 perc, ezüstözési idő 60 perc

desztillált vízzel egy literre kiegészítve. A ködporlasztó óránként 15 percig működött, a fennmaradó 45 percen az igénybevételi teret fűtve, annak hőmérsékletét 3 C°-kal emeltük.

IV. Technológia

Az ismertetett kísérletek alapján a 4. táblázatban összefoglalt, technológiát alakítottuk ki. Az így összeállított technológia szerint dolgozva, a selejt képződésének mértéke nem haladta meg a más galvánbevonatoknál megengedett mértéket.

V. Az ezüstözött alumínium mechanikai tulajdonságai

Ezüstözéssel az alumínium és alumínium-ötvözetek mechanikai tulajdonságai, így a szakítószilárdság, folyási határ nem változik. Terhelésre méretezett alkatrészeknél figyelembe kell venni, hogy a galvanizált darabok kifáradási határa kb. 10%-kal csökken.

Vizsgáltuk váltakozó hőmérsékleti igénybevételnél az ezüst bevonat viselkedését. Változva hirtelen 0 C° és + 80 C°-nak tettük ki a lemezeket. Elváltozást nem észleltünk. Az igénybevételt megismételtük —45 C° és +50 C°-on váltakoztatva. Elváltozást így sem észleltünk. Mindkét váltakoztatást 10 alkalommal ismételtük meg.

Magasabb hőmérsékleti igénybevételre is megvizsgáltuk az alumínium lemezeket. Kétszer 2 órán át 350 C°-on tartottuk. Az ezüst réteg enyhe elszíneződésén kívül elváltozást nem mutattak. Nem alkalmazható az ezüstözött alumínium ott, ahol a tárgy sorozatos deformációnak, vagy folyamatos ütődési igénybevételnek van kitéve.

IRODALOM

1. E. Meyer—Rüsler: Verchromen von Leichtmetallzylinder Metalloberfläche, 5, S. a 33. (1951).
2. F. Keller—W. G. Zelle: Conditioning Aluminium Alloys for Electroplating J. Electrochem. Soc. 1950. ápr. p.: 143—151.
3. Wallbank A. W.: Production Plating of Aluminium Metal Industry 1952. máj. p.: 442—444.
4. G. L. J. Bailey: Electrodeposition on Aluminium a Study of the Zincote Process. Metal Finishing 49. 1951. dec. p: 66—67.
5. G. L. J. Bailey: Vernickeln von Aluminiumlegierungen Suppl. (1951). Book of A. S. T. M. Stand Teil 2, S. 287. A. S. T. M. B. 254—5 1T.
6. R. F. Hafer: Elektroplating on Aluminium Metal Progress (Cleveland), 1955. máj. 67. k. 5. sz.
7. Charles Etienne: Les applications du chromage sur de l'aluminium et de alliages. Revue de l'Aluminium 1954. ápr. p: 139—43.
8. Paige H. James J. H. Williams F. S.: How tough are nickel and chromium electroplates for aluminium. Product Engineering 1953. dec. p: 162—167.
9. H. W. Dettner: Elektroplattieren von Aluminium. Aluminium, 1957. okt.
10. J. Fischer: Die galvanotechnische Behandlung von Aluminium. Metalloberfläche, 3, S. B. 117, 134, (1949).

Tranzisztoros feszültségstabilizátorok

KEMÉNY ÁDÁM ÉS SAUFERT JÁNOS

Híradástechnika Ipari Kutató Intézet

II. rész

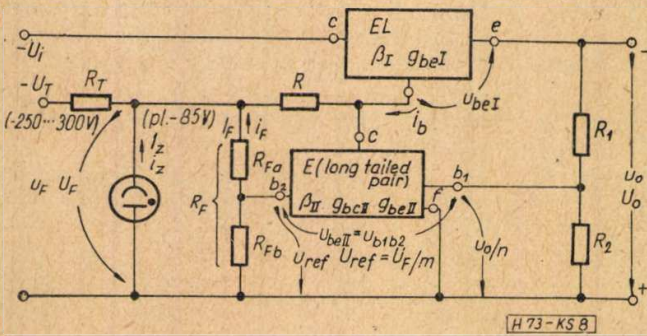
A három részből álló cikksorozat a tranzisztoros soros szabályozó feszültségstabilizátorok működési elvével és méretezési szempontjaival foglalkozik. Az első részben a szerzők a használatos áramköri megoldások működését és áramköri analízisét tárgyalják. Az elméleti analízisnél a minőségre jellemző két egyformán fontos paraméter, a kimenő ellenállás és a szabályozási jóság kifejezését tűzték ki célul. Az irodalomból eddig csak a kimenő ellenállás kifejezésének módja ismeretes. A szerzőknek sikerült a szabályozási jóság kifejezésének módját is megoldani és ezzel a tranzisztoros stabilizátorokra teljes értékű analízist fejlesztettek ki.

A második rész a két szabályozási paraméter működésükkel való ideálissá tételét tárgyalja a hozzájuk tartozó analízissel együtt, amelyből a szerzők pontos méretezési formulákat vezetnek le.

A harmadik rész a különböző referencia feszültségforrások kritikai összehasonlítását, az azokkal realizált kapcsolások vizsgálatát és a tervezési és méretezési problémákat tárgyalja.

8. A referenciafeszültség bemenő feszültségtől való függésének hatása a kimenőfeszültségre

Ha a referencia feszültséget a hálózati feszültségből (bemenő tápfeszültségből) állítjuk elő [2, 3, 4, 5, 7, 10] pl. Zener-diódával vagy parázfénylammával, akkor a tápfeszültség (hálózat) ingadozásával a referenciafeszültség is bizonyos mértékig ingadozni fog. Ez az ingadozás maga után vonja a kimenőfeszültség megváltozását is, holott a stabilizátor változatlan referenciafeszültség mellett teljesen ki tudná egyenlíteni a tápfeszültség kisebb ingadozásait. Ha a referenciafeszültséget állandónak tekintjük (1. 5. pontot), úgy az emitterkövető lánc relatíve alacsony $h'_{22(1)}$ értéke miatt az s' szabályozási jóság igen nagy, 10^4 nagyságrendűnek adódik. A bemenő feszültségtől függő, fent említett referencia-forrásoknál a szabályozási jóságot emiatt első sorban a referenciafeszültségnek a bemenő tápfeszültségtől való függése szabja meg. Ez a probléma telep- vagy kis akkumulátorreferencia esetén, mivel azok a bemenő feszültségtől függetlenek, elesik; de ezek egyéb hibái miatt célszerű a Zener-dióda, ill. parázfény stabilizátor referenciaforrások alkalmazása.



8. ábra. Parázfénycső referencia és referencia osztólánc

Vizsgáljuk meg numerikusan, hogy a referenciafeszültség ingadozása milyen változást idéz elő a kimenőfeszültségnél. E célból a 8. ábrán egy parázfény-stabilizátorcsöves referenciafeszültségforrással ellátott kapcsolási vázlatot tüntettünk fel. A parázfénylammával párhuzamosan az R_F referencia-osztólánc van kapcsolva. Az osztásviszony változtatásával lehet a stabilizátor kimenőfeszültségét változtatni. Ha a cső égésfeszültsége U_F , úgy

$$U_o = \frac{n}{m} \cdot U_F \quad (66)$$

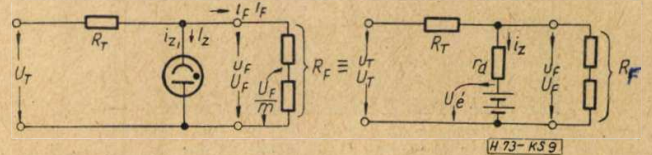
$$\text{ahol } m = R_F/R_{Fb} \quad (67)$$

a referencia-osztó osztásviszonya. A (66) egyenlet természetesen a váltakozó mennyiségekre is igaz:

$$u_o = \frac{n}{m} \cdot u_F \quad (66a)$$

Az exact analízisnél figyelembe kéne venni magának a stabilizátor kapcsolásnak bemenőfeszültség függését. Előljáróban már említettük, hogy ez (s') 10^4 nagyságrendű; míg a parázfénycsöves referenciafeszültség szabályozási jósága ennél legalább egy, de inkább két nagyságrenddel rosszabb. Így magának a stabilizátor kapcsolásnak hatásával itt nem foglalkozunk. Az exact analízist elvégeztük, és eredményül egy rendkívül hosszú kifejezést nyertünk, amely az ésszerű elhanyagolásokkal az itteni egyszerűbb analízis végeredményét adja.

A parázfénycső táplálására az U_F égésfeszültségénél lényegesen magasabb U_T segéd-tápfeszültség szolgál, a soros R_T tápellálláson keresztül.



9. ábra. Parázfénycsöves referenciaforrás és helyettesítő kapcsolása

Vizsgáljuk meg először, hogy a referenciafeszültségforrás rendszer önmagában véve milyen szabályozási jóságú. Ehhez felrajzoljuk a parázfénycsöves kapcsolás helyettesítő áramkörét, az 9. ábra szerint.

A parázfénycsövet az U_e égésfeszültséggel (katódcsés) és a vele sorba kötött r_d differenciális ellenállással helyettesítettük. A differenciális ellenállás definíciója:

$$r_d = \frac{u_F}{i_z} \quad (68)$$

ahol u_F az égésfeszültség megváltozása az i_z kisülési áram megváltozásának hatására.

A 9. ábrára felírható hurokegyenletekből a referenciaforrás szabályozási jósága

$$S^* = \left(\frac{dU_T}{dU_F} \right) = \left(\frac{u_T}{u_F} \right) = \frac{R_T}{r_d} + \frac{R_T}{R_F} + 1 \quad (69)$$

A következő lépésben a szabályozási jóságot a teljes stabilizátor U_0 kimenőfeszültségére kell vonatkoztatnunk.

A változtatásokra felírt (66a) egyenlethől u_F -et kifejezve

$$u_F = \frac{m}{n} u_0$$

A (69)-ből felírhatjuk, hogy

$$u_F = u_T / S^*$$

A két egyenlet jobb oldalát egyenlővé téve:

$$\frac{m}{n} u_0 = \frac{u_T}{S^*}$$

amelyből a keresett

$$\frac{u_T}{u_0} = S^* \cdot \frac{m}{n} \quad (70)$$

További lépést tesz szükségessé az, hogy a teljes rendszer szabályozási jóságát nem az U_T segéd tápfeszültség, hanem az U_i bemenő feszültség megváltoztatására kell felírnunk.

Mivel úgy az U_i , mint az U_T tápfeszültségeket közös forrásról — a hálózatról — állítjuk elő a hálózati transzformátor megfelelő két szekunder feszültségének egyenirányításával, azok relatív változása egyforma. Így felírható, hogy

$$\frac{u_i}{U_i} = \frac{u_T}{U_T}$$

$$\text{ebből } u_T = u_i \frac{U_T}{U_i}$$

Ebben az esetben a (70) kifejezést átírhatjuk:

$$\frac{m}{n} \cdot S^* = \frac{u_T}{u_0} = \frac{u_i}{u_0} \cdot \frac{U_T}{U_i}$$

és ebből kaphatjuk végeredményünket a teljes rendszer s' szabályozási jóságára:

$$\boxed{s'} = \left(\frac{u_i}{u_0} \right) = \frac{U_i}{U_T} \cdot \frac{m}{n} \cdot S^* = \frac{U_i}{U_T} \cdot \frac{m}{n} \left(1 + \frac{R_T}{R_F} + \frac{R_T}{r_d} \right) \quad (71)$$

amelybe m és n (67), ill. (24) szerinti kifejezését beírva

$$s' = \left(\frac{u_i}{u_0} \right) = \frac{U_i}{U_T} \cdot \frac{R_F}{R_{Fb}} \cdot \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \left[1 + \frac{R_T}{R_F} + \frac{R_T}{r_d} \right] \quad (71a)$$

Vizsgáljuk meg eredményünket minőségi szempontból. A (69), ill. (71) egyenletekből egyértelműen látszik, hogy nagy szabályozási jóságot az R_T/R_F és az R_T/r_d viszonyok növelésével érhetjük el. Az 1 az R_T/r_d mellett elhanyagolható.

Hogy az R_T/R_F és R_T/r_d viszonyok nagyok legyenek, úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a parázsfénylámpa „konstans áramú generátorról” nyerjen táplálást.

Ennek érthetőbbé tételére vizsgáljuk meg, hogy a (69) szerinti szabályozási jóság milyen szélsőértéket mutat, ha az U_T -vel mérték nélkül a végtelenhez közeledünk. Ehhez (69) kifejezést átírjuk a következő alakra:

$$R_T = \frac{U_T - U_F}{I_Z + I_F} \text{ kifejezést behelyettesítve}$$

$$s^* = 1 + \frac{U_T - U_F}{I_Z + I_F} \left(\frac{R_F + r_d}{R_F \cdot r_d} \right) = 1 + \frac{U_T - U_F}{I_Z + I_F} \left(\frac{1}{R_F} + \frac{1}{r_d} \right) \quad (69a)$$

Az előbbieket szerint az $1/R_F$ érték elhanyagolhatóan kicsinnyé válik $1/r_d$ -hez képest; így $1/R_F$ -et elhanyagolva, a kijelölt szorzások elvégzése után

$$S^* = 1 + \frac{U_T}{(I_Z + I_F)r_d} - \frac{U_F}{(I_Z + I_F)r_d}$$

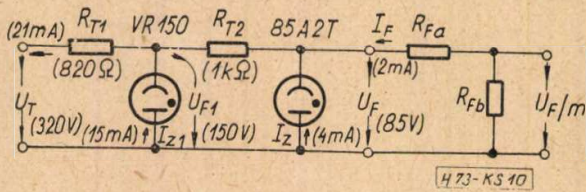
alakra jutunk.

Így a második, végtelen nagyságú tag mellett elhanyagolható lenne az első és harmadik tag. A szabályozási jóság tehát végtelen nagyra adódik. Értelmesebb az S relatív szabályozási jóság meghatározása ebből:

$$S_{max} = \left(\frac{u_T}{u_F} \cdot \frac{U_F}{U_T} \right) = \left(S^* \cdot \frac{U_F}{U_T} \right) = \frac{U_F}{(I_Z + I_F)r_d} \quad (72)$$

Ez már realizálható szélső érték. Világosan látszik ebből, hogy az I_F osztóáramot minél kisebbre kell választanunk a parázsfényeső áramához képest. Az U_T/U_F lehetőleg nagy legyen.

10^3 nagyságrendű szabályozási jóság eléréséhez az U_T/U_F viszonytal feljebb kell mennünk, egészen 6...10 értékig, amely $U_F = 85$ V esetében már csak $U_T = 500...850$ V értékénél valósítható meg. Ilyen nagy feszültség egyenirányítása egyszerűen már csak vákuum egyenirányítóval gazdaságos. Láncha kapcsolt



10. ábra. Kaszkád parázfénylámpás, „előstabilizált” referencifeszültségforrás

két parázfény stabilizátorral a 10. ábra szerint, ennél alacsonyabb U_T tápfeszültségről is nagyobb szabályozási jóságot érhetünk el.

Hasonló a helyzet, ha parázfénylámpa helyett Zener-diódát használunk, hálózati táplálással, és a diódával paralel egy R_F referencia osztóval. A 8. és 9. ábrák helyesek maradnak, úgyszintén a fejezet összes levezetése, kifejezése is, abban az esetben, ha a parázfényecső helyett a kapcsolásba záróirányban bekötött Zener-diódát helyettesítünk. Az U_F feszültség ilyenkor a zenerfeszültséget, az I_Z a zeneráramot jelenti.

Egyetlen Zener-dióda, mivel zenerfeszültsége 6 V körül van, nagyobb kimenőfeszültségekkel működő stabilizátorhoz nem alkalmas. Ilyenkor több diódát sorba lehet kötni. A zenerdiódák r_d értéke kb. 10 ohm. Több dióda sorbakapcsolása esetén az r_d értékek összeadódnak.

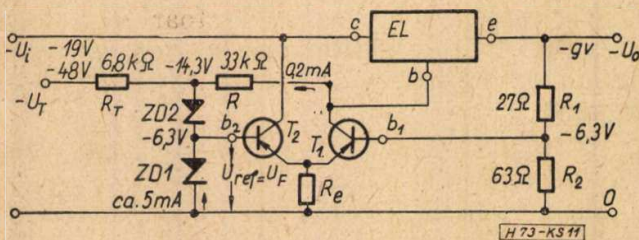
Kedvezőbb a helyzet fix feszültségű stabilizátoroknál, ahol a Zener-dióda mellett nem szükséges az R_F osztólánc, hanem a „long tailed pair” hibajelerősítő b_2 bázispontja közvetlenül a Zener-diódához kapcsolódik, a 11. ábra szerint.

A „long tailed pair” fogyasztása (i_{b_2} bázisáram) az I_Z zeneráram mellett elhanyagolható, akárcsak az előző esetekben az R_F osztó keresztáramához képest. Ilyenkor $R_F = \infty$ és így a (69) kifejezés redukálódik az

$$S^* = 1 + R_T/r_d \approx R_T/r_d \quad (69b)$$

és a (71) kifejezés az

$$S' = \frac{1}{n} \cdot \frac{U_i}{U_T} \left(1 + \frac{R_T}{r_d} \right) \approx \frac{U_i}{n \cdot U_T} \cdot \frac{R_T}{r_d} \quad (71b)$$

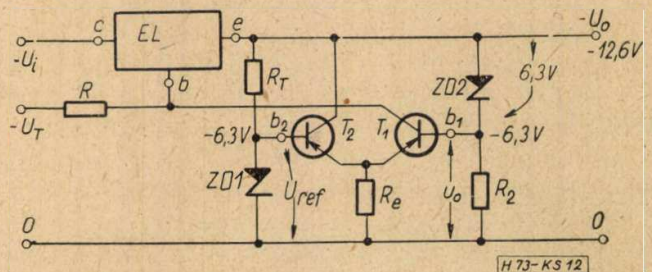


11. ábra. Stabilizátor a bemeneti segéd feszültségről táplált Zenerdiódás referencia-forrással és Zenerdiódás segéd feszültségstabilizálással

alakokra, tehát a referencia forrás szabályozási jósága az R_T/r_d feszültségosztó osztásviszonyával fog megegyezni. Világos, hogy itt is a „konstans áramú tápforrás” elvét kell megvalósítanunk, tehát R_T -t és így U_T -t is minél nagyobbra választani, míg r_d -t minél kisebbre.

A legkedvezőbb eset, amely különösen fix feszültségű stabilizátoroknál alkalmazható Zener-diódás referenciánál az, mikor a Zener-dióda tápellentállása a stabilizált kimenő feszültségre kapcsolódik. Ennek előnye, hogy a Zener-diódán fellépő áramváltozás és így a referencia feszültség megváltozása is gyakorlatilag zérus, és így elérhető a (36), ill. (37) kifejezések szerinti 10^4 nagyságrendű elméleti szabályozási jóság. Ilyen módon az előbbieknél lényegesen kisebb R_T értékkel is megelégedhetünk, másképpen az U_o stabilizált kimenőfeszültség (most a Zener-dióda tápfeszültsége is) és az $U_F = U_{ref}$ közötti viszony kicsiny lehet, — a gyakorlatban $U_o/U_F \approx 1,3 \dots 2$. Minél kisebb ez az arány, annál közelebb állhat az $R_1 - R_2$ kimentő osztó n osztásviszonya az egységhez, az $n = U_o/U_{ref}$ kifejezés értelmében.

Célszerű az ilyen megoldást az 5. ábra szerinti kapcsolással kombinálni, ahol R_1 helyében szintén Zener-dióda van, és így, bár a kimeneti osztó az egyenfeszültséget leosztja, a váltóáramú n osztásviszony egységnyi marad. Ilyen kapcsolást a 12. ábrán láthatunk.



12. ábra. Fix feszültségű stabilizátor a stabilizált kimenetről táplált Zener-diódás referencia-forrással és Zener-diódás kimentő osztóval

9. A kimenőellenállás csökkentésének és zérussá tevésének kapcsolási módszere

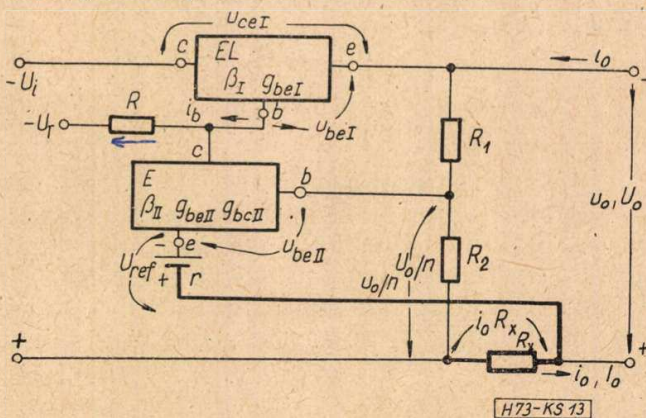
Eddigi eredményeinkből nyilvánvaló, hogy az eddig ismertetett kapcsolásoknál a szabályozási paraméterek nem tehetők ideálissá, mert ahhoz a kapcsoláson belüli hurokerősítésnek végtelen nagyok kéne lennie. Ez a helyzet abban az esetben, ha a hibajelerősítőt egyedül a szabályozni kívánt mennyiség — tehát az U_o kimenő feszültség — megváltozása vezérli. A javításnak a „klasszikus” kapcsolásoknál nincsen elméleti határa — az emitterkövető lánc áramerősítési tényezőjének (β_1), továbbá a hibajelerősítő A_u feszültség-erősítésének növelésével, esetleg kaszkádba kapcsolt több fokozatú hibajelerősítővel [8].

A határ inkább gyakorlati: a működés hőfokstabilitása, az áramkör mértéktelen bonyolódása és gazdasági kérdések szabják meg az ésszerű határt.

Egy új kapcsolási elv, a két paraméteres hibajelvezérlés lehetőséget ad arra, hogy a szabályozási paramétereket közel vagy teljesen ideálissá tegyük. Röviden, arról van szó, hogy a hibajelerősítőt ne csak U_o megváltozása vezérelje, hanem egy másik paraméter is, és pedig

- a) a kimenő ellenállás zérussá tévése esetén a kimenőellenállás (5) szerinti definíciójában szereplő másik mennyiség, a kimenő áram i_o megváltozása is; míg
- b) a szabályozási jóság végtelenné tétele esetén ugyanígy a másik változó mennyiség, az U_i bemenő feszültség u_i megváltozása is.

A hibajelerősítő bemenetén például, kellő arányban és nagyságban szuperponálva u_o -t és a másik változó mennyiséget, tökéletes szabályozást kaphatunk. Ha a másik mennyiség aránya az u_o -hoz túl nagy, úgy a túlszabályozás esete jön létre (negatív szabályozási paraméterek), míg ha az arány a kellő értéknél kisebb, a rendszer alul szabályozott lesz (pozitív szabályozási paraméterek).



13. ábra. A kimenő ellenállás zérussá tétele

Vegyük először az a) esetet, az r_o zérussá tévéseinek módszerét. A hibajel u_o -on kívüli második komponensének i_o -al arányos feszültségnek kell lennie. Ezt a legegyszerűbben a 13. ábra szerint valósíthatjuk meg, az R_x ellenállás beiktatásával, a kimenő kapocs alsó (pozitív) és a kimeneti osztó alsó pontja közé. Az (R_x) ellenálláson a teljes I_o terhelőáram

keresztül folyik, így rajta az $i_o R_x$ kimenő áramváltozással arányos feszültség esik, amely az u_o/n vezérlő hibafeszültséggel kapcsolódik sorba, mivel az U_{ref} referenciafeszültség alsó pontja az R_x fogyasztó-felőli végéhez csatlakozik.

Így az u_{beII} vezérlő feszültség, ha az erősítő felőli terheléstől eltekintünk, $u_o/n - i_o R_x$ értékű lesz. Az $i_o R_x$ hibajelkomponens olyan irányú, hogy az tovább csökkenteni igyekszik a terhelés változása által okozott kimenőfeszültség megváltozást. Így a kapcsolásba R_x segítségével egy negatív áramvisszacsatolást építünk be.

Az R_x megfelelő értéke mellett — amely néhány milliohm nagyságrendbe esik — a kimenő ellenállás zérussá tehető.

Nézzük meg mennyiségileg, hogyan befolyásolja R_x értéke a stabilizátor kimenőellenállását. Itt nem fogjuk figyelembe venni az r_B tápforrás belsőellenállás hatását, mivel a (10), (11) és (13), továbbá (38) és (39) kifejezések tanulsága szerint ez elhanyagolható. Ugyancsak elhagyjuk a hurokegyenletek felírásához a (31) egyenlet második tagját, mivel az r_o kiszámításánál a $h'_{22(I)} \cdot u_{ceI}$ tag úgy is kiesik, definíció szerűen;

$$R(i_b - g_{bcII} u_{beII}) = u_{beI} + u_o \quad (28)$$

a baloldali kis huroknál, miként eddig is. Az alsó kis huroknál bejön az $R_x i_o$ tag:

$$R_x i_o + \frac{u_o}{n} - u_{beII} - g_{bcII} \cdot u_{beII} \cdot r = 0 \quad (73)$$

A felső kis huroknál érvényben marad a

$$u_{beI} = \frac{-i_{eI}}{g_{beI}} = \frac{u_o}{nR_2} - i_o \quad (32)$$

kifejezés; míg a „nagy” huroknál (31) egyenletből az u_{ceI} -el szorzott tagot rögtön kiejtve

$$i_{eI} = i_o - \frac{u_o}{nR_2} = (1 + \beta_I) i_b \quad (74)$$

Fejezzük ki a (74) egyenletből i_b -t, a (73) egyenletből u_{beII} -t, és (32) szerint u_{beI} -et az (28) egyenletbe helyettesítve, rendezés után kapjuk a rendszer kimenő ellenállását:

A kimenő ellenállást egyszerűen úgy tehetjük

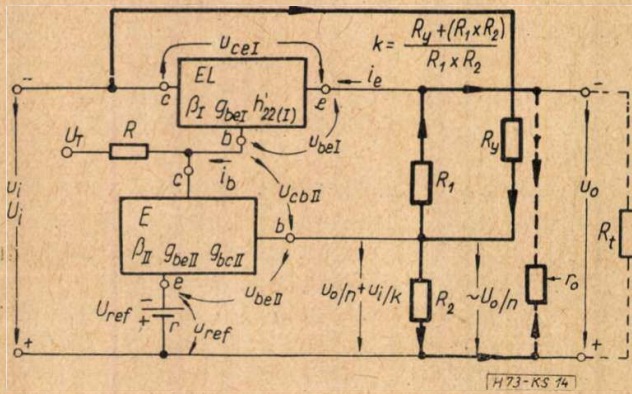
$$r_o = \left(\frac{u_o}{i_o} \right) = \frac{1}{1 + \frac{1}{nR_2} \left[\frac{1}{g_{beI}} + \frac{R}{1 + \beta_I} \right] + \frac{g_{bcII} \cdot R}{n \cdot (1 + g_{beII} \cdot r)}} \cdot R_x \quad (75)$$

zérussá, ha a számlálót zérussá tesszük. Ilyenkor

$$R_{x(o)} = \frac{1 + g_{beII} \cdot r}{g_{bcII} \cdot R} \left[\frac{1}{g_{beI}} + \frac{R}{1 + \beta_I} \right] = \frac{1}{A_\mu} \left[\frac{1}{g_{beI}} + \frac{R}{1 + \beta_I} \right] \quad (76)$$

Ha ismét élünk az ésszerű elhanyagolásokkal, miként az (5) fejezetben (34) kifejezésnél tettük:

$$r_o = \frac{n}{A_\mu} \left(\frac{1}{g_{beI}} + \frac{R}{\beta_I} - A_u R_x \right) \quad (75a)$$



14. ábra. A szabályozási jóság végtelenné tétele

tehát az r_o (35) szerinti kifejezése a $-A_\mu R_x$ taggal bővült.

Mivel a g_{beI} és β_I a terhelő áramtól erősen függenek az emitterkövető láncnál, ilyen módon csak egy bizonyos terhelőáramnál lehet teljesen zérussá tenni a kimenőellenállást. Változó terhelésű stabilizátoroknál ez az áram célszerűen a közepes terhelő áramra választandó. Ettől kisebb terhelőáramnál a kimenőellenállás negatív, míg nagyobb áramoknál pozitív.

10. A szabályozási jóság növelésének és végtelenné tételének kapcsolási módszere

Az alapelv teljesen hasonló az r_o zérussá tevésénél követett módszerhez. Az előző fejezet b) pontja szerint u_o/n hibajelkomponensre itt a bemenő feszültség megváltozásával arányos második vezérlő komponenst kell szuperponálnunk, u_i/k -t, mint azt meg látjuk. Helyes irányítás esetén a szabályozási jóság nő, elérheti a végtelent, majd magas negatív értékbe csap át, az u_i/k második vezérlő komponens fokozatos növelésével u_o/n -hez képest.

$$S' = \left(\frac{u_i}{u_o} \right) = \frac{1 + \frac{1}{nR_2} \left[\frac{1}{g_{beI}} + \frac{R}{1 + \beta_I} \right] + \frac{A_\mu}{n} + \frac{R \cdot h'_{22(I)}}{1 + \beta_I}}{\frac{R \cdot h'_{22(I)}}{1 + \beta_I} - \frac{A_\mu}{k}} \quad (79)$$

A 4. ábra egyszerű kapcsolására vonatkozó (36) kifejezés nevezője tehát a $-A_\mu/k$ taggal bővült. — Az előbbieket szerinti jó közelítéssel:

$$s' = \left(\frac{u_i}{u_o} \right) = \frac{k \beta_I A_\mu}{n (k \cdot R \cdot h'_{22(I)} - \beta_I A_\mu)} \quad (80)$$

Az s' szabályozási (simítási) viszony úgy lesz végtelen, ha a nevezőt zérussá tesszük akár (79), akár (80) kifejezésnél.

* Az R_y -on folyó áramot R_1 és R_2 -n keresztül folyó áramhoz képest elhanyagolhatjuk, mivel R_y kb. 2 nagyságrenddel nagyobb, mint $R_1 + R_2$.

A legegyszerűbb kapcsolási megoldást a 14. ábra mutatja. Ez a 4. ábra alapkapsolásától csak egyetlen R_y ellenállás alkalmazásában különbözik, amelyen keresztül a stabilizátor U_i tápfeszültség bemenő pontját a hibajel-erősítő bemenetére (a kimeneti osztó közepére) kötöttük. Így a bemenő feszültség u_i megváltozása részére egy osztót képeztünk, melynek felső tagja R_y , míg alsó tagja az R_1 és R_2 ellenállások paralel kötéséből eredő ellenállás. A kimeneti osztó ellenállásai azért kapcsolhatók paralel az u_i szempontjából, mivel a stabilizátor r_o kimenő ellenállása sőtöli az osztó két végpontját (az ábrán szaggatottan jelölve), és ennek értéke milliohm nagyságrendű, tehát $R_1 \times R_2$ -vel sorban rövidzárnak tekinthető. Így a feszültségosztó osztásviszonya:

$$k = \frac{R_y + (R_1 \times R_2)}{R_1 \times R_2} \quad (77)$$

($A \times -$ replusz $-$ jel itt az ellenállások paralel eredőjét szimbolizálja.)

Az analízist ismét a hurokegyenletek felírásával kezdjük. A 4. ábrára vonatkozó, 5. fejezet szerinti egyenletek: a (28), (30), (31), ill. (31a), végül a (32) kifejezések változatlanul érvényesek;* egyedül (29) bővül egy taggal:

$$u_{beII} = \frac{u_o}{n} - g_{beII} \cdot u_{beII} \cdot r + \frac{u_i}{k} \quad (78)$$

A (78) és a fent említett 5. fejezet alap-egyenleteinek megoldásából, ha az u_i -t tesszük zérussá, a kimenőellenállás adódik, amely meg-egyezik a 4. ábrára vonatkozó (34) egyenlettel. A simítási viszonyt megkapjuk, ha a rendszer működési egyenletében az i_o -t tesszük zérussá:

$$k_{(\infty)} = \frac{\beta_I \cdot A_\mu}{R \cdot h_{22(I)}} \quad (81)$$

Az így kiszámított k értékből meghatározható az $s' = \infty$ -hez tartozó R_y érték:

$$R_{y(\infty)} = (k_{(\infty)} - 1) \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (82)$$

Itt is, tekintve, hogy a tranzisztorok paramétereit erősen terhelésfüggők, csak egy bizonyos terhelő áramnál lehet a szabályozási jóságot végtelenné tenni. Célszerűen R_y értékét is közepes terhelő áramnál és a névleges bemenő (hálózati) feszültségnél kell kísérletileg beállítanunk. Ugyanúgy, mint R_x alkalmazásánál, itt sem ajánlatos egy kis hurokerősítésű

(rossz paraméterekkel bíró) rendszert így „feljavítani”, mivel akkor az egy pontban végtelenné tett szabályozási jóság, a terhelést megváltoztatva, nagyon rohamosan fog romlani; míg eleve jó szabályozási paraméterekkel bíró alaprendszerrel a szabályozási jóság szélső értékei a terhelés szélső értékeire vonatkoztatva sokkal szűkebb határokon belül változnak. Ugyanez vonatkozik a kimenő ellenállásra is.

$$S' = \left(\frac{u_i}{u_o} \right) = \frac{1 + \frac{A_u}{n} + \frac{1}{nR_2} \left[\frac{1}{g_{beI}} + \frac{R}{1 + \beta_I} \right] + \frac{R \cdot h'_{22(I)}}{1 + \beta_I}}{\frac{R \cdot h'_{22(I)}}{1 + \beta_I} - \frac{A_u}{k} + \frac{U_T}{U_i} \cdot \frac{A_u}{m \cdot S^*}} \quad (83)$$

A kifejezés formailag azonos (79)-cel, de a nevező egy új taggal bővült, amely nem más, mint a (71) kifejezés reciproka, A_u -val szorozva. Az S^* a (69)-nek megfelelő. Az ésszerű egyszerűsítéseket itt is elvégezve:

$$S' = \left(\frac{u_i}{u_o} \right) = \frac{1}{n \left[\frac{R \cdot h'_{22(I)}}{A_u \cdot \beta_I} + \frac{U_T}{U_i} \cdot \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{S^*} - \frac{1}{k} \right]} \quad (83a)$$

Az $S' = \infty$ -hez tartozó helyzet akkor áll elő, ha a nevezőt zérussá tesszük, tehát, ha S^* -nél az egyszerűsített (69b) kifejezést használva:

$$S' \rightarrow \infty, \text{ ha } \frac{R \cdot h'_{22(I)}}{A_u \cdot \beta_I} + \frac{U_T}{U_i} \cdot \frac{1}{m} \cdot \frac{r_d}{R_T} \cong \frac{1}{k(\infty)} \quad (84)$$

A (84.) képlet baloldalán az első tagot elhanyagolhatjuk és az így adódó $k(\infty)$ -hez meghatározható az $R_{y(\infty)}$, amely jó közelítéssel ($n \cong 1$ feltétellel)

$$R_{y(\infty)} \cong R_1 \cdot \frac{R_F}{R_{Fb}} \cdot \frac{R_T}{r_d} \cdot \frac{U_i}{U_T} \quad (85)$$

A (85) kifejezésből egy érdekes következtést lehet még levonni. Változtatható kimenő feszültségű, nagy átfogású stabilizátoroknál az U_i -t fokozatosan át kell kapcsolni, és emiatt U_i/U_T arány sávonként változik, tekintettel arra, hogy az U_T segéd feszültség — pl. a parázsfény stabilizátor cső részére — állandó kell, hogy legyen. Ezért a végtelen szabályozási jóság kritériumát ilyen esetben csak egyetlen sávnál lehet biztosítani. Ebben az esetben a 8. ábra szerinti kapcsolás kivitelezése nem célszerű, hanem a referenciaforrásnál a 10. ábra szerinti kaszkád parázsfénylámpa (vagy Zener-dióda) kapcsolás szerinti előstabilizálást alkalmazhatjuk. — Másrészt, mivel az $S' = \infty$ helyzet m -től is függ, változtatható feszültségű kapcsolásoknál a referenciafeszültség nagyfokú előstabilizálása mindenképpen szükséges.

A fenti levezetés arra az esetre érvényes, ha a referenciafeszültség független a (hálózati) tápfeszültségtől. A 8. fejezetben tárgyalt referenciaforrások esetén — a 12. ábra szerinti kapcsolást kivéve — a helyzet sokkal bonyolultabb, és lényegesen kisebb R_y érték kell az S' végtelenné tételéhez, mint az előbb tárgyalt esetben. A pontos analízis elvégzése hosszadalmas. Ezért az általunk levezetett végeredmény közlésére szorítkozunk:

II A kimenőfeszültség tartomány kiterjesztése a zérus felé [2]

Tranzisztoros feszültség stabilizátoroknál szükségünk lehet egészen alacsony — közel zérus — stabilizált feszültségre is. Így tehát a kimenőfeszültség-tartomány alsó határát ki kell terjesztenünk a zérus felé. Vizsgáljuk meg ennek lehetőségét. E végből vegyük szemügyre a 15. ábrán levő kapcsolási vázlatot. Az ábráról leolvasható az alábbi egyenfeszültségek közötti összefüggés

$$U_o/n = U_F/m + U_{b1b2} \quad (86)$$

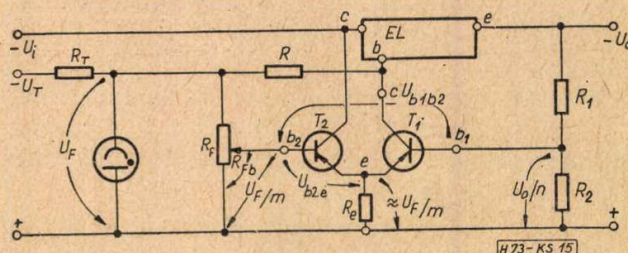
A kimenőfeszültség változtatásához itt az m osztásviszony értékét változtatjuk, amely szélső értékben lehet végtelen is (a b_2 pont potenciálja zérus) és így írható, hogy

$$U_o/n = U_{b1b2}$$

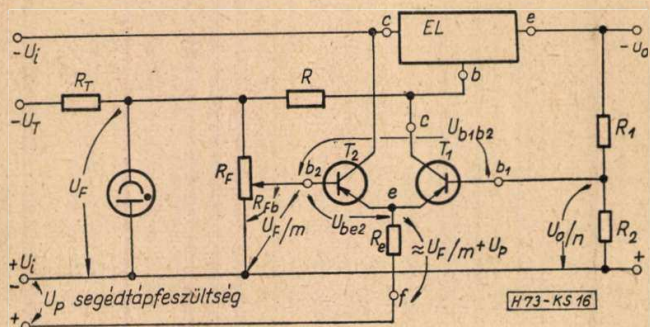
azaz:

$$U_o = n U_{b1b2} \quad (87)$$

Tekintve, hogy az U_{b1b2} értéke nagyon kicsiny, mert a „long-tailed pair” két tranzisztornak bázis-emitter feszültségei egymással szembe vannak egyenfeszültség szempontjából kapcsolva és az n értéke is az egység körül van, az U_o értéke is kicsi lesz. Sajnos ez így nem igaz, mert ha a b_2 pont közel zérus potenciálra kerül, akkor a „long-tailed pair” tranzisztorai „leülnek” és így a készülék a hibajelerősítés hiányában nem fog működni. Ezen úgy segítünk, ha az e pont potenciálját a zérusnál valamivel pozitívabbra vesszük. Ez a módosított kapcsolás a 16. ábrán látható. Itt jegyezzük meg, hogy ahhoz, hogy a „long-



15. ábra. A legkisebb kimenőfeszültség létrejövése



16. ábra. A kimenő feszültség zérusig való leszállóztatása

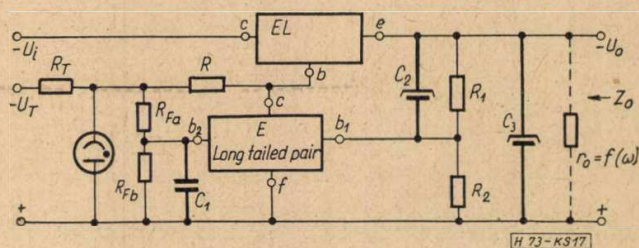
tailed pair”, mint emitter-követő, működés képes legyen, az R_E értéke nem lehet tetszőlegesen kis értékű. A jó működéshez fenn kell állnia az $R_E \gg 1/g_{be12}$ egyenlőtlenségnek. Tehát, hogy az e pont megfelelő pozitív potenciálra kerüljön, ahhoz az R_E ellenállást elég nagy pozitív segédfeszültségre kell kötni az R_E -n való feszültségésés miatt.

A 16. ábra kapcsolásával és a pozitív segédfeszültség helyes megválasztásával a b_2 pont a zérus potenciálra (m értéke végtelen) kerülhet anélkül, hogy a „long-tailed pair” tranzisztorai leülneek és így érvényben marad a (87) képlet. Ha a két tranzisztor nagyon jó közelítéssel egyforma és a munkaponti beállításuk is jó közelítéssel azonos, akkor az U_{b1b2} nagyon kis értékű. Így a pozitív segédfeszültség alkalmazásával a kimenőfeszültség értéke néhány század V-ig is lecsökkenthető.

12. A zúgófeszültség és a nagyfrekvenciás viselkedés kérdései

Tekintettel arra, hogy a zúgófeszültség frekvenciája (50—100 Hz) jóval a soros teljesítménytranzisztor f_β levágási frekvenciája alatt van, így a stabilizátor bemenetére jutó zúgófeszültség szempontjából is érvényesek mindazok a változásokra felírt eredmények, melyeket a stabilizátor jellemzésére eddig levezettünk, tehát a tápegyenirányító kimenetén megjelenő hullámosságot a stabilizátor S' -szeresen csökkenti le. Mégis, hogy a kimenőfeszültség hullámosságát egész alacsony szinten tudjuk tartani, ahhoz a tápfeszültséget is szűrni kell. A tápfeszültség szűrése szükséges még azért is, mert ha ezt nem tesszük, akkor a zúgófeszültség amplitúdója a stabilizátor bemenetén olyan nagy lehet, hogy alacsonyabb hálózati feszültség és teljes terhelés esetén a zúgófeszültség egyik félperiódusában a stabilizátor kiesik a szabályozásból — holt még a terhelés változásra a stabilizátor jól működne — és a zúgófeszültség a stabilizátor kimenetén ugrásszerűen megnövekszik. Emiatt a tápegyenirányító kimenetén megjelenő hullámosságnak egy legnagyobb megengedhető értéke van (I. III. rész).

Ha referencia forrásként Zener-diódát vagy parázsfénycsövet (tehát hálózati ingadozástól függő referencia forrást) alkalmazunk, akkor a



17. ábra. A zúgófeszültség csökkentése és a nagyfrekvenciás kimenő ellenállás csökkentése

zúgófeszültség a kimeneten az $u_o = u_F \cdot n/m$ (66a) szerint jelenik meg. Ezt elkerülhetjük a referencia feszültség alapos szűrésével. A 17. ábra szerint nagyon hasznos a referencia feszültség szűrése közvetlenül a hibajelerősítő bemenete előtt is.

A C_2 -es kondenzátor zúgófeszültség szempontjából az R_1 osztóellenállást rövidrezárja és így a kimeneten megjelent teljes zúgófeszültség rákerül a hibajelerősítőre. A szabályozási jóság tehát a zúgófeszültségre nézve n -szer jobb, mint a lassú váltakozásokra (n a kimenőosztó osztályviszonya). Mivel az $n = 1,2 \dots 1,3$ körüli érték, így 20—30%-os zúgófeszültség csökkenést érhetünk el a C_2 kondenzátor alkalmazásával.

A C_3 nagyértékű (1—2000 μF) elektrolit kondenzátor reaktanciája 1—2 ohm körüli a zúgófeszültség frekvenciáján és a stabilizátor kimenőellenállása néhány mohm, így a C_3 a zúgófeszültséget gyakorlatilag nem szűri. A C_3 szerepe a gyors terhelésváltozások esetén fontos — a változás gyorsaságát f_β felett már soros teljesítménytranzisztor nem tudja követni. Amíg a stabilizátort olyan lüktető egyenárammal terheljük, amelynek a frekvenciája messze a soros teljesítménytranzisztor f_β levágási frekvenciája alatt van, addig a változásokra levezetett képletek érvényesek. A levágási frekvencia fölött, ahol a soros tranzisztor β -ja és meredeksége rohamosan csökken, ott a stabilizátor paraméterei nagymértékben romlanak. A kimenőellenállás értéke a frekvencia növekedésével gyorsan nő; a simítási viszony — illetve a szabályozási jóság — pedig rohamosan csökken. Éppen ezt a hibát javítjuk ki a C_3 kondenzátorral. Ha pl. a soros tranzisztor levágási frekvenciája 10 kHz, akkor ezen a frekvencián a C_3 által képviselt reaktancia

$$X_{c3} = \frac{1}{2 \pi \cdot 10^4 \cdot 10^{-3}} = 16 \text{ mohm és ez az}$$

érték söntöli a stabilizátor megnövekedett kimenőellenállását.

Így a 17. ábrán bemutatott elv alapján készített stabilizátor jól működik az f_β fölötti terhelésváltozásokra is.

(Az irodalomjegyzéket lásd a cikknek a f. évi 3. számában megjelent I. részénél.)

(Folytatjuk)

Mozgó pontok jelátviteli problémájáról

CSURGAY ÁRPÁD
Távközlési Kutató Intézet

A dolgozat a mozgó pontok jelátviteli problémáját a speciális relativitás elmélet keretein belül általánosan vizsgálja, nem téve megkötést a jelátviteli csatornával összekötendő pontok relatív sebességének nagyságára. Meghatározza a mozgó antennák amplitúdó és frekvencia iránykarakterisztikáit és az átvitt információt (időfüggvényt). A befejező részben néhány speciális esetben példákon mutatja meg a nagysebességű jelátvitelnél felmerülő problémákat.

1. Bevezetés

Mivel a relativitás elmélet szerint az anyagi testek számára elérhető maximális sebesség a fény terjedési sebessége ($3,10^8$ m/sec), a mozgó pontok jelátviteli problémájának általános vizsgálatában az összekötendő pontok relatív sebessége 0 és a fénysebesség között bármilyen értéket felvehet.

A probléma vizsgálatánál eddig hallgatólagosan mindig feltették, hogy az összekötendő két pont relatív nyugalomban van, vagy legalábbis relatív sebességük az elektromágneses hullámok terjedési sebessége mellett elhanyagolható, tehát a viszonyok a klasszikus Doppler-elv alkalmazásával vizsgálhatók. (Pl.: Rádiolokáció: mozgó céltárgyak felderítése.) Ez a feltevés természetes, mert az összekötendő pontok teljesítik ezt a feltételt. Még a második kozmikus sebességgel induló rakéta sebessége is csak 0,04 ezreléke a fénysebességnek.

Ennek ellenére a mozgó pontok jelátviteli problémájának általános vizsgálata érdekes, mert egyrészt megmutatja a klasszikus közelítések érvényességének határát, másrészt pedig rámutat a közel fénysebességgel haladó relativisztikus rakéták — amelyek megvalósítása a közlemények egybehangzó véleménye szerint a távoli jövő reális lehetősége — jelátviteli problémáira.

A következőkben a relatív sebesség nagyságára nem téve megkötést, megvizsgáljuk, hogy v relatív sebességű jelátviteli pontok esetén az adóba adott $f_A(t')$ időfüggvényt milyen $f_B(t)$ időfüggvényként észleli a vevő. Annak, hogy erre a kérdésre választ adjunk, előfeltétele a nagy sebességű antennák elektromágneses terének ismerete. Ezért először ezt a kérdést vizsgáljuk meg és csak azután térünk rá az átvitt időfüggvény meghatározására.

2. Nagysebességű antennák elektromágneses tere

2.1. A válaszra váró kérdés: Milyenek észleli egy B vevőantenna a hozzá képest v relatív sebességgel mozgó A adóantenna terét?

Tegyük fel, hogy az A adóantenna egy K' koordinátarendszer origójában nyugszik és elek-

tromágneses hullámokat sugároz. A K' koordinátarendszerben az antenna létrehozta elektromágneses teret írjuk le az $\mathbf{E}'(\mathbf{r}', t')$ és $\mathbf{B}'(\mathbf{r}', t')$ vektorfüggvényekkel.

A K' koordinátarendszer mozogjon a K koordinátarendszerben, melynek x tengelye az x' tengely irányába mutasson, a mozgás iránya az x irány legyen. A B vevőantenna a K koordinátarendszerben legyen nyugalomban és helyzetét \mathbf{r}_0 helyzetvektor jellemezze (1. ábra).

Tegyük fel továbbá azt is, hogy a $t = t' = 0$ időpillanatban a K és K' koordinátarendszer origói egybeesnek.

Kérdés: Milyenek észleli az elektromágneses teret a B megfigyelő? Mivel egyenlők az $\mathbf{E}(\mathbf{r}_0, t)$ és $\mathbf{B}(\mathbf{r}_0, t)$ függvények? Ismeretes, hogy a K és K' koordinátarendszerek közötti kapcsolatot a Lorentz transzformáció írja le. Ha egy térben pontszerű, időben pillanatszerű eseményt a K koordinátarendszerben x, y, z, t jellemeznek, akkor ugyanazt az eseményt a K' koordinátarendszerbeli megfigyelő x', y', z', t' „helyen” észleli.

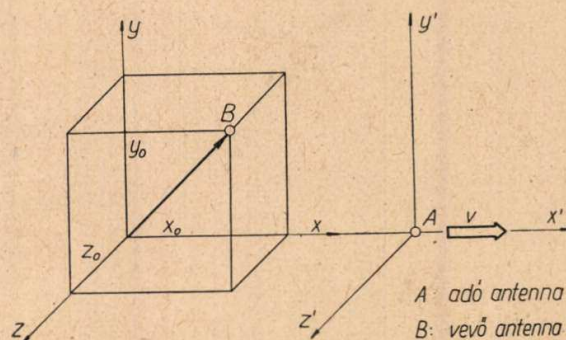
Az x, y, z, t és az x', y', z', t' értéknégyesek közötti kapcsolat:

$$\begin{aligned} x' &= \kappa(x - vt) \\ y' &= y \\ z' &= z \end{aligned} \quad (2)$$

$$t' = \kappa\left(-\frac{v}{c^2}x + t\right)$$

ahol:

$$\kappa = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad (3)$$



H81-CA1

1. ábra

Ismeretes továbbá, hogy ha az elektromágneses teret a K' -ban \mathbf{E}' és \mathbf{B}' írja le, akkor a K rendszerbeli megfigyelő:

$$\mathbf{E} = f(\mathbf{E}', \mathbf{B}') = \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E'_x \\ \kappa(E'_y + vB'_z) \\ \kappa(E'_z - vB'_y) \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$\mathbf{B} = f(\mathbf{E}', \mathbf{B}') = \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B'_x \\ \kappa\left(B'_y - \frac{v}{c^2}E'_z\right) \\ \kappa\left(B'_z + \frac{v}{c^2}E'_y\right) \end{pmatrix} \quad (5)$$

teret észlel.

Az antenna terét a vele együttmozgó koordinátarendszerben ismerjük, \mathbf{E}' és \mathbf{B}' tehát ismeretek. A K -ban észlelt tér (amit a vevőantenna észlel) (4) és (5) egyenletekből meghatározható.

2.2. *Elemi dipólus elektromágneses tere K -ban és K' -ban*

Jelölje \mathbf{p} az \mathbf{I}' irányú és l' hosszú elemi dipólus nyomatékát.

A problémához tartozó Hertz vektor:

$$\mathbf{II}' = \frac{\mathbf{I}'}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{I\left(t' - \frac{r'}{c}\right)}{r'} ds' \quad (6)$$

Ebből:

$$\mathbf{E}' = -\epsilon\mu \frac{\partial^2 \mathbf{II}'}{\partial t'^2} + \text{grad div } \mathbf{II}' \quad (7)$$

$$\mathbf{B}' = \epsilon\pi \frac{\partial}{\partial t'} \text{rot } \mathbf{II}' \quad (8)$$

A továbbiakban csak az antenna távoli terének vizsgálatára szorítkozunk. (Az $\frac{l}{r}$ szerint változó tagok mellett az $\frac{l}{r^2}$ és $\frac{l}{r^3}$ szerint változó tagokat elhanyagoljuk.) Így kapjuk:

$$\mathbf{E}' = \frac{\mu_0}{4\pi r'} (\ddot{\mathbf{p}} \times \mathbf{r}'^{\circ})_{\left(t - \frac{r'}{c}\right)} \times \mathbf{r}'^{\circ} \quad (9)$$

$$\mathbf{B}' = \frac{\mu_0}{4\pi cr} (\ddot{\mathbf{p}} \times \mathbf{r}'^{\circ})_{\left(t - \frac{r'}{c}\right)} \quad (10)$$

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{A}{r'} \cos \varphi' \cdot \sin \varphi' \cdot e^{j\omega'(t - \frac{r'}{c})} \\ -\frac{A}{r'} \cos \varphi' \cdot \kappa \left(\cos \varphi' + \frac{v}{c} \right) \cdot e^{j\omega'(t - \frac{r'}{c})} \\ 0 \end{pmatrix} \quad (20)$$

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -\frac{A}{cr^2} \cdot \cos \varphi' \cdot \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \cdot e^{j\omega'(t - \frac{r'}{c})} \end{pmatrix} \quad (21)$$

ahol

$$\mathbf{r}'^{\circ} = \frac{\mathbf{r}'}{r'} \quad (11)$$

2.2.1. A dipólus nyomatéka y' irányú. \mathbf{i}' az x' , \mathbf{j}' az y' és \mathbf{k}' a z' irányba mutató egységvektort jelent.

$$\mathbf{p} = p_0 \mathbf{j}' e^{j\omega't} \quad (12)$$

Ha (12)-t (9)-be és (10)-be behelyettesítjük, kapjuk:

$$\mathbf{E}' = \frac{\mu_0 \omega'^2 p_0}{4\pi r'} \left(\mathbf{j}' \times \frac{\mathbf{r}'}{r'} \right) \times \frac{\mathbf{r}'}{r'} e^{j\omega'(t - \frac{r'}{c})} \quad (13)$$

$$\mathbf{B}' = \frac{\mu_0 \omega'^2 p_0}{4\pi cr'} \left(\mathbf{j}' \times \frac{\mathbf{r}'}{r'} \right) e^{j\omega'(t - \frac{r'}{c})} \quad (14)$$

Jelöljük a $\frac{\mu_0 \omega'^2 p_0}{4\pi} t$ A -val és helyettesítsük be az

$$\mathbf{r}' = x' \mathbf{i}' + y' \mathbf{j}' \quad (15)$$

(a térerősségeket az általánosság megrövidítése nélkül csak a $z' = 0$ síkban vizsgáljuk).

$$\mathbf{E}' = \frac{A}{r'^3} (x' y' \mathbf{i}' - x'^2 \mathbf{j}') e^{j\omega'(t - \frac{r'}{c})} \quad (16)$$

$$\mathbf{B}' = -\frac{A x'}{r' c r'} \mathbf{k}' e^{j\omega'(t - \frac{r'}{c})} \quad (17)$$

Ha bevezetjük x', y' helyett az r', φ' koordinátákat, ahol φ' jelenti az (x', y') pontnak a mozgás irányával bezárt szögét, és \mathbf{E}', \mathbf{B}' vektorokat derékszögű komponensekre bontjuk, akkor kapjuk:

$$\mathbf{E}' = \begin{pmatrix} E_x' \\ E_y' \\ E_z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{A}{r'} \cos \varphi' \cdot \sin \varphi' \cdot e^{j\omega'(t - \frac{r'}{c})} \\ -\frac{A}{r'} \cos \varphi' \cdot \cos \varphi' \cdot e^{j\omega'(t - \frac{r'}{c})} \\ 0 \end{pmatrix} \quad (18)$$

$$\mathbf{B}' = \begin{pmatrix} B_x' \\ B_y' \\ B_z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -\frac{A}{cr^2} \cos \varphi' \cdot e^{j\omega'(t - \frac{r'}{c})} \end{pmatrix} \quad (19)$$

Ha (18) és (19)-et behelyettesítjük (4) és (5) egyenletekbe, akkor kapjuk a K -ban észlelt \mathbf{E} és \mathbf{B} vektorokat:

Az r' , φ' helyen levő megfigyelő

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} = \frac{A}{r'} \cos \varphi' \cdot \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \quad (22)$$

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} = \frac{A}{r'c} \cos \varphi' \cdot \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \quad (23)$$

amplitudójú teret észlel.

(20) és (21)-ből az is látható, hogy \mathbf{E} merőleges \mathbf{B} -re, a terjedés iránya pedig (a Poynting vektor irányába mutató egységvektor):

$$\mathbf{n} = \frac{\begin{pmatrix} \mathbf{E} \times \mathbf{B} \\ \mu_0 \end{pmatrix}}{\left| \frac{\mathbf{E} \times \mathbf{B}}{\mu_0} \right|} = n_x \mathbf{i} + n_y \mathbf{j} \quad (24)$$

Behelyettesítve (20) és (21)-et kapjuk:

$$\mathbf{n} = \begin{pmatrix} n_x \\ n_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{v}{c} + \frac{\cos \varphi'}{\kappa^2 \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right)} \\ \frac{\sin \varphi'}{\kappa^2 \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right)} \end{pmatrix} \quad (25)$$

(20) és (21) egyenletekben látható, hogy a vett jel Φ fázisa egyenlő az adott Φ' fázisával. Ez a tény vezet a síkhullámoknál ismert Doppler-hatás jelenségéhez. Azt eredményezi, hogy a φ' iránytól függ az észlelt frekvencia. Ha ω' az adott és ω a vett frekvencia, akkor:

$$\omega = \omega' \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \quad (26)$$

A fenti egyenletekben szereplő r' , φ' , t' jelentik a K rendszerbeli megfigyelő $B(x_0, y_0, t)$ helyét a K' rendszerben.

$$r' = \sqrt{\kappa^2 (x_0 - vt)^2 + y_0^2 + z_0^2} \quad (27)$$

$$\varphi' = \arccos \frac{x'}{r'} = \arccos \frac{\kappa(x_0 - vt)}{\sqrt{\kappa^2 (x_0 - vt)^2 + y_0^2 + z_0^2}} \quad (28)$$

Ha a (27) és (28) egyenleteket behelyettesítjük (22), (25) és (26)-ba, akkor láthatjuk, hogy a K rendszerben nyugvó $B(x_0, y_0)$ vevőantenna időben változó amplitudójú (22), irányú (25) és frekvenciájú (26) jelet észlel.

2.2.2. Az elemi dipólus \mathbf{p} nyomatéka nem az y' , hanem az x' tengely irányába mutat, tehát:

$$\mathbf{p} = p_0 \mathbf{i}' e^{i\omega' t'} \quad (29)$$

akkor a számítást hasonló módon elvégezve azt kapjuk, hogy a vett jel amplitudója:

$$E = \frac{A}{r'} \sin \varphi' \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \quad (30)$$

$$\text{iránya: } \mathbf{n} = \begin{pmatrix} n_x \\ n_y \end{pmatrix} \quad (31)$$

$$\text{frekvenciája pedig: } \omega = \omega' \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \quad (32)$$

2.2.3. Izotróp sugárzó tere

Izotróp sugárzó (a tér minden irányában egyenletesen sugárzó antenna) elvégezve a fenti számítást, kapjuk:

$$E = \frac{A}{r'} \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \quad (33)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{n}_i &= \mathbf{n}_{dipol} \\ \omega_i &= \omega_{dipol} \end{aligned} \quad (34)$$

2.2.4. Általában, ha egy antenna iránykarakterisztikája a K' rendszerben $A(\varphi', \vartheta')$, akkor az r' , φ' helyen levő K -beli megfigyelő:

$$E = \frac{A(\varphi', \vartheta')}{r'} \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \quad (35)$$

amplitudójú és

$$\omega = \omega' \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \quad (36)$$

frekvenciájú jelet észlel.

2.3. Antennák iránykarakterisztikái

Ha az átvételi csatornával összekötendő pontok relatíve nyugalomban vannak, iránykarakterisztika alatt az $E = [f(\varphi, \vartheta)]_r = \text{konstans}$ függvényt értjük.

A (22) és (26) egyenletekből két dolog látható:

1. Az amplitudó iránykarakterisztika a sebességtől is függ.

2. A tér különböző irányában levő K rendszerbeli megfigyelők különböző frekvenciájú jelet észlelnek.

Ezért mozgó antennák esetében a térbeli viszonyok jellemzésére két iránykarakterisztikát kell bevezetnünk.

1. Az amplitudó iránykarakterisztika:

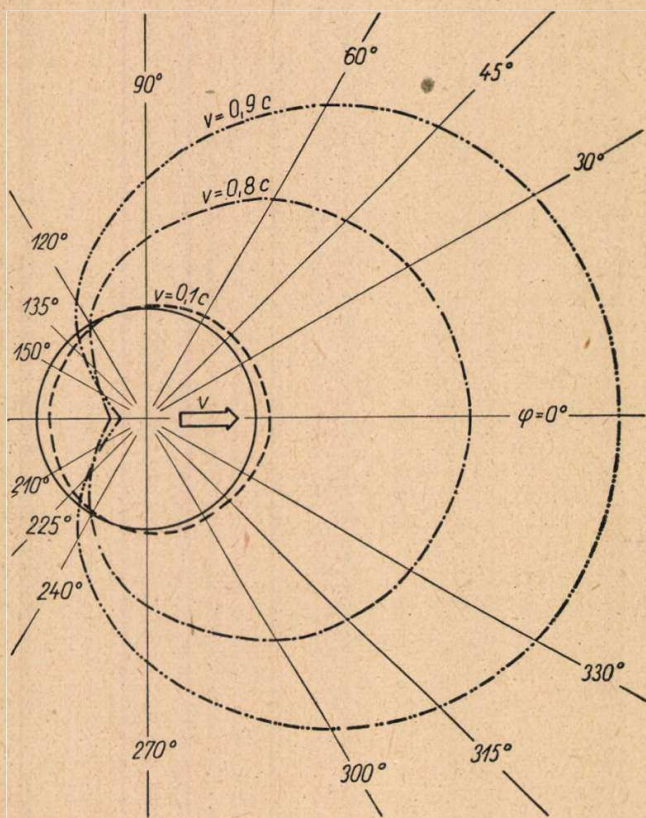
$$E = [f(\varphi', \vartheta', v)]_r = \text{konstans} \quad (37)$$

2. Frekvencia iránykarakterisztika:

$$\omega = [\psi(\varphi', \vartheta', v)]_r = \text{konstans} \quad (38)$$

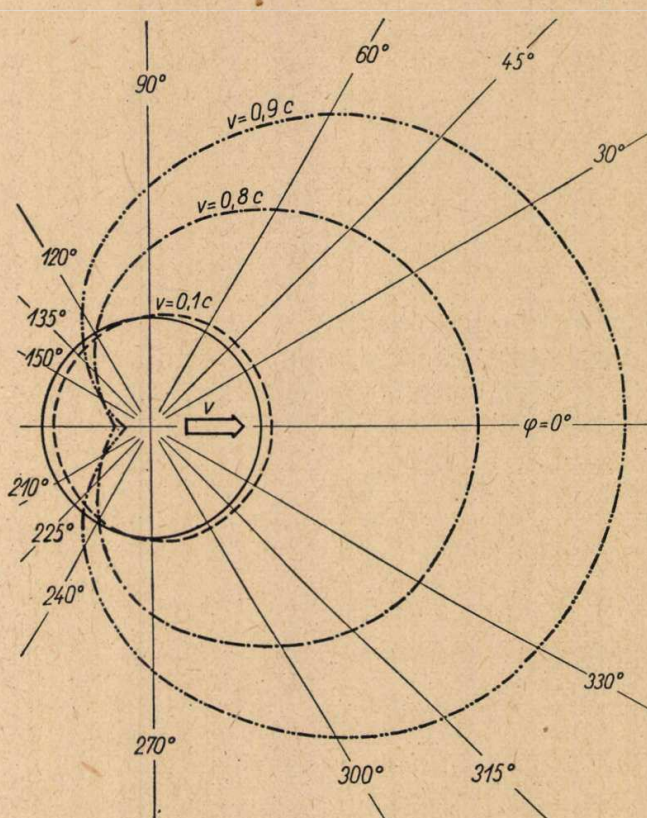
Ha az adó- és vevőantenna nyugalomban van, frekvencia iránykarakterisztikáról nincs értelme beszélni, hiszen minden irányból azonos frekvenciát észlelnek a megfigyelők. Ezt a tényt úgy is fogalmazhatjuk, hogy ha $\mathbf{v} = 0$, akkor az antennák izotróp frekvenciasugárzók.

Az iránykarakterisztikát mérésrel úgy vehetjük fel, hogy a tér minden irányában az adóantennától egyenlő távolságra vevőantennákat helyezünk el és mérjük az észlelt amplitudót



$$\omega(\varphi') = \omega_0 \frac{1 + \frac{v}{c} \cos \varphi'}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} \quad \text{[H81-CA2]}$$

2. ábra



$$A(\varphi') = A_0 \frac{1 + \frac{v}{c} \cos \varphi'}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} \quad \text{[H81-CA3]}$$

3. ábra

és frekvenciát, majd polárkoordinátákban ábrázoljuk az így kapott függvényeket. Azt mondtuk, hogy a vevőantennákat az adótól egyenlő távolságban helyezük el. Ez a meghatározás azonban nem egyértelmű, ugyanis más jelent a K és más a K' koordinátarendszerben. Így más karakterisztikát kapunk, ha a K' -ban egyenlő r' távolságra helyezük el az antennákat, vagy ha K -ban egy gömb felületén helyezük el őket és abban a pillanatban mérünk, amikor az adóantennát a gömb középpontjában tudjuk.

Az iránykarakterisztikákat az előző 2.2 részben már meghatároztuk. Mivel minden nyugvó antenna izotróp frekvenciasugárzó, ezért az egyes antennák frekvencia iránykarakterisztikája azonos. Frekvencia iránykarakterisztika:

$$\omega = \omega' \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \quad (39)$$

Ezt a függvényt különböző $\frac{v}{c}$ értékeknél a 2. ábrán rajzoltuk meg.

Az izotróp sugárzó amplitudó iránykarakterisztikáját a (33) egyenlet adja meg:

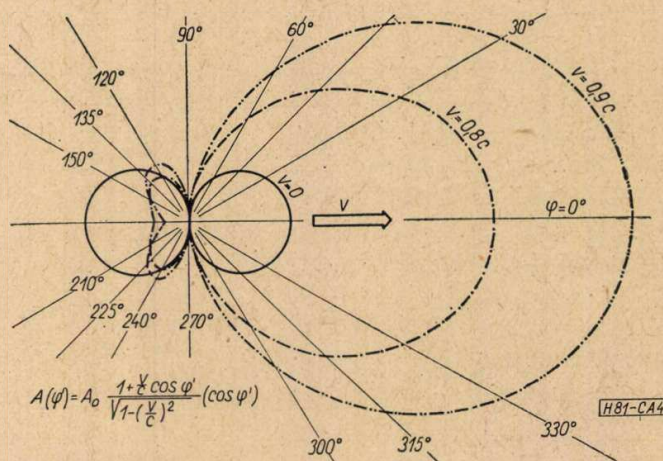
$$E = \frac{A}{r'} \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \quad (41)$$

A függvény különböző $\frac{v}{c}$ értékeknél a 3. ábrán látható.

Az y' tengely irányában álló dipólus amplitudóiránykarakterisztikáját a (22) egyenlet adja meg:

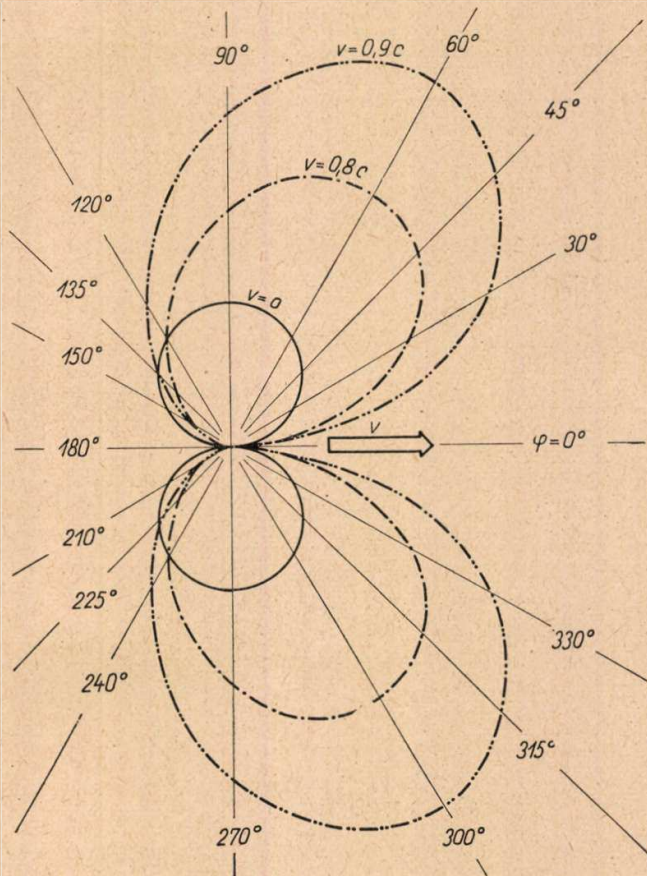
$$E = \frac{A}{r'} \cos \varphi' \cdot \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \quad (42)$$

A függvény a 4. ábrán látható.



$$A(\varphi) = A_0 \frac{1 + \frac{v}{c} \cos \varphi'}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} (\cos \varphi') \quad \text{[H81-CA4]}$$

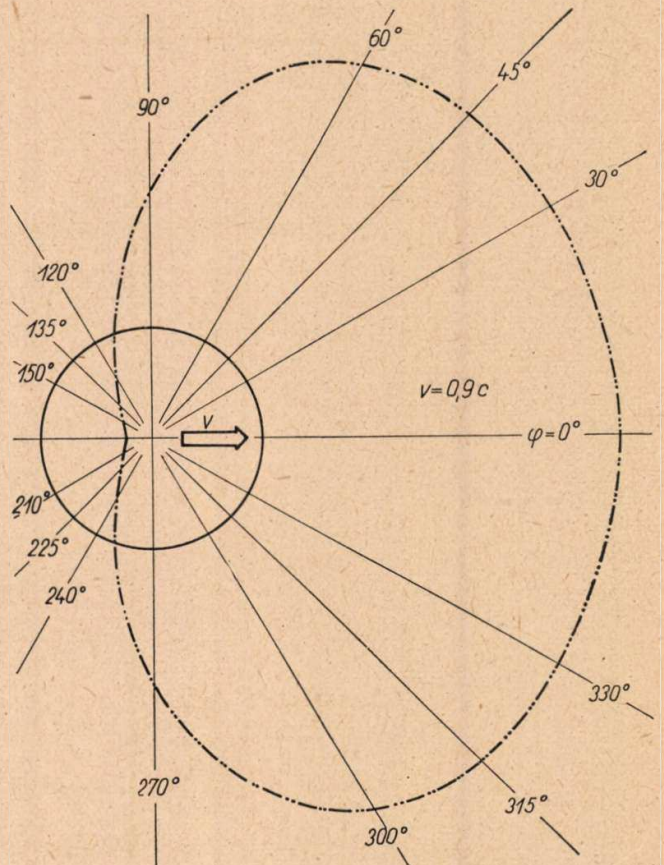
4. ábra



$$A(\varphi) = A_0 \frac{1 + \frac{v}{c} \cos \varphi'}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} (\sin \varphi')$$

H81-CA5

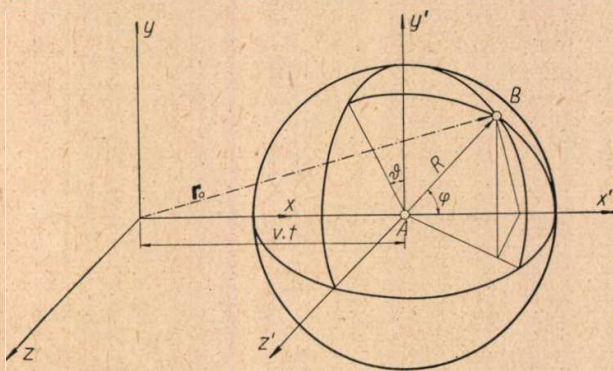
5. ábra



$$\omega = \omega_0 x \left[1 + \frac{v}{c} \frac{x \cdot \cos \varphi}{\sqrt{x^2 \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi}} \right]$$

H81-CA7

7. ábra



H81-CA6

6. ábra

Az 5. ábra az x' tengely irányában álló dipólus amplitudó iránykarakterisztikáját mutatja a (30) egyenlet szerint.

Ha az iránykarakterisztikát úgy vesszük fel, hogy a K koordinátarendszerben egy gömb felületén helyezük el a vevőantennákat az adóantennától egyenlő R távolságra.

$$\mathbf{r}_0 = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} vt + R \cos \varphi \\ R \sin \varphi \cdot \cos \delta \\ R \sin \varphi \cdot \sin \delta \end{pmatrix} \quad (42)$$

$$r' = R \sqrt{\kappa^2 \cdot \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi} \quad (43)$$

$$\cos \varphi' = \frac{x'}{r'} = \frac{\kappa \cdot \cos \varphi}{\sqrt{\kappa^2 \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi}} \quad (44)$$

Ha (43) és (44)-et behelyettesítjük az izotróp sugárzó iránykarakterisztikájának egyenleteibe (39)-be és (40)-be, akkor kapjuk a K -beli egyenlő távolsághoz tartozó iránykarakterisztikákat:

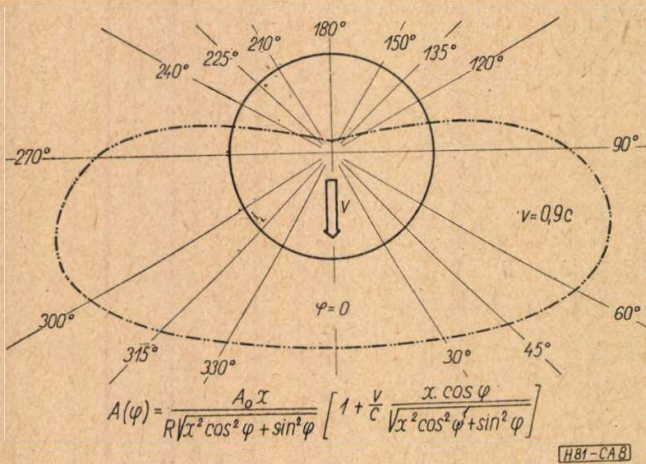
Frekvencia iránykarakterisztika:

$$\omega = \omega' \cdot \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cdot \frac{\kappa \cdot \cos \varphi}{\sqrt{\kappa^2 \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi}} \right) \quad (45)$$

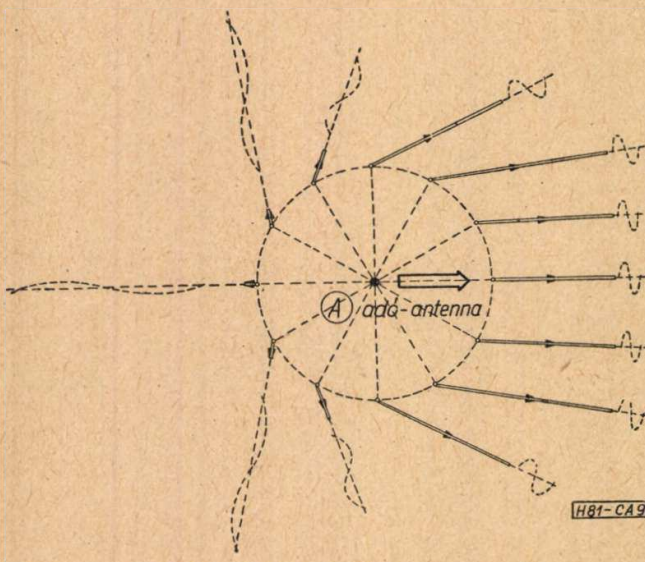
A 7. ábrán $\frac{v}{c} = 0,9$ esetében látható ez a függvény.

Amplitudó iránykarakterisztika:

$$A(\varphi) = \frac{A_0 \cdot \kappa}{R \sqrt{\kappa^2 \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi}} \left(1 + \frac{v}{c} \frac{\kappa \cos \varphi}{\sqrt{\kappa^2 \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi}} \right) \quad (46)$$



8. ábra



9. ábra

Ezt a függvényt mutatja $\frac{v}{c} = 0.9$ esetén a 8. ábra.

$$f_B(t) = \frac{A(\varphi', \vartheta')}{r_0'} \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right) \sum_{i=1}^{\infty} C_i e^{j\omega' t \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right)} \left(t - \frac{n r_0}{c} \right) \quad (49)$$

$$r_0' = \sqrt{\kappa^2 (x_0 - vt)^2 + y_0^2 + z_0^2} \quad (50)$$

$$\mathbf{n} = \begin{pmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{v}{c} + \frac{\cos \varphi'}{\kappa^2 \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right)} \\ \frac{\sin \varphi' \cdot \cos \vartheta'}{\kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right)} \\ \frac{\sin \varphi' \cdot \sin \vartheta'}{\kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi' \right)} \end{pmatrix} \quad (51)$$

$$\cos \varphi' = \frac{x_0'}{r_0'} = \frac{\kappa (x_0 - vt)}{r_0'} \quad (52)$$

A térbeli viszonyok szemléltetésére a 9. ábrán felrajzoltuk, hogy egy a K -koordináta rendszerbeli R sugarú gömb felületén levő vevőantennák milyen irányú, frekvenciájú és amplitudójú jelet észlelnek abban a pillanatban, amikor az adóantenna a gömb középpontjában tartózkodik.

Az ábrán a nyilak iránya jelzi a vett elektromágneses hullám irányát; a nyilak hossza arányos a vett amplitudóval; a felrajzolt szinuszcörbék pedig képet adnak a vett jel frekvenciájáról.

3. Jelátvitel nagy relatív sebességgel mozgó pontok között

3.1. Az elektromágneses tér ismeretében választ adhatunk az 1. pontban feltett kérdésre: ha az A adóantenna $f_A(t')$ időfüggvényt sugároz, akkor milyen $f_B(t)$ időfüggvényt észlel a B vevőantenna?

A kisugárzott $f_A(t')$ időfüggvény mindig megadható Fourier-sorba (vagy Fourier-integrál) fejtve, harmonikus komponenseinek összegeként.

$$f_A(t') = \sum_{i=1}^{\infty} C_i e^{j\omega' t'} \quad (47)$$

A K' koordináta rendszerbeli \mathbf{r}' pontban, ha az A antenna iránykarakterisztikája $A(\varphi', \vartheta')$, az észlelt télerősség:

$$E' = \frac{A(\varphi', \vartheta')}{r'} \sum_{i=1}^{\infty} C_i e^{j\omega' t' \left(t - \frac{\mathbf{r}' \cdot \mathbf{r}_0'}{r'} \cdot \frac{1}{c} \right)} \quad (48)$$

Ez $\frac{\mathbf{r}'}{r'}$ irányban terjedő síkhullám.

Ha (48)-ra alkalmazzuk a 2. pontbeli transzformációs formulákat, továbbá behelyettesítjük a B vevőantenna K' -beli időben változó helyét, \mathbf{r}_0' -t, akkor megkapjuk a vevőantenna által észlelt időfüggvényt: ahol

$$\operatorname{tg} \vartheta' = \frac{z_0'}{y_0'} = \frac{z_0}{y_0} \quad (53)$$

Mindezek behelyettesítve (49)-be, mivel $v, x, \omega', c, x_0, y_0, z_0$ konstans számok, látható, hogy a (49) egyenlet egy időfüggvény. A (49)-es egyenlet számításunk végeredménye. Tartalmazza a feltett kérdésekre adható válaszokat. A következőkben néhány speciális \mathbf{r}_0' helyzetben megvizsgáljuk az $f_B(t)$ időfüggvényt, hogy képet kapjunk a jeltorzulásokról.

Mielőtt azonban ehhez hozzákezdünk, a (49) egyenletből vonjunk le néhány közvetlenül adódó tanulságot:

1. A vett síkhullám amplitúdója, frekvenciája és iránya más függvénye t -nek, mint az adott jel

t' -nek. Ez azt jelenti, hogy a szabad tér, mint átviteli rendszer, általános esetben (amikor relatív mozgó pontokat köt össze) az átvitt jel modulációs torzítását okozza.

Tehát az egyes komponensek amplitudója is, frekvenciája is változik az idő függvényében.

2. A (48) és (49) Fourier-sorokat összehasonlítva láthatjuk, hogy az egyes komponensek amplitudóinak és frekvenciáinak aránya minden időpillanatban állandó és egyenlő a megfelelő komponensek eredeti értékeinek arányával.

Ugyanis:

$$\begin{aligned}\omega_i &= \omega'_i \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi'\right) \\ \omega_k &= \omega'_k \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi'\right)\end{aligned}\quad (54)$$

$$\begin{aligned}A_i &= \frac{A_0}{r'} \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi'\right) \cdot C_i \\ A_k &= \frac{A_0}{r'} \kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi'\right) \cdot C_k\end{aligned}\quad (55)$$

tehát:

$$\frac{\omega_i}{\omega_k} = \frac{\omega'_i}{\omega'_k} \quad \text{és} \quad \frac{A_i}{A_k} = \frac{C_i}{C_k}\quad (56)$$

Ez azt jelenti, hogy a vett jel relatív sávzélessége minden időpillanatban egyforma és egyenlő az adott relatív sávzélességgel. Azaz az abszolút sávzélesség és a vivőfrekvencia arányosan változnak az időben.

3.2. Ha az adóantenna izotróp sugárzó $A(\vartheta', \varphi') = A_0$; továbbá ha bevezetjük

$$\kappa \left(1 + \frac{v}{c} \cos \varphi'\right) = g_1(t) \quad \text{és} \quad (57)$$

a

$$\frac{g_1(t)}{r_0'(t)} = g_2(t)\quad (58)$$

$$f_B(t) = A_0 g_2(t) \frac{\tau'}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin \frac{\omega' \tau'}{2}}{\frac{\omega' \tau'}{2}} \cos \left[g_1(t) \omega' \left(t - \frac{nr_0}{c} \right) \right] d\omega' \quad (63)$$

Helyettesítsük be $g_1(t) \cdot \omega'$ helyébe ω -t, akkor kapjuk:

$$f_B(t) = A_0 g_2 \frac{\tau'}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin \frac{\omega \frac{\tau'}{g_1}}{2}}{\frac{\omega \frac{\tau'}{g_1}}{2}} \cos \omega \left(t - \frac{nr_0}{c} \right) d\omega \quad (64)$$

rövidítő jelöléseket, akkor a vett időfüggvényt:

$$f_B(t) = A_0 g_2(t) \sum_{i=1}^{\infty} C_i \cdot e^{j\omega'_i \cdot g_1(t) \cdot \left(t - \frac{nr_0}{c} \right)} \quad (59)$$

A $g_1(t)$ időfüggvény azt mutatja meg, hogy hogyan változik a frekvencia az idő függvényében, $g_2(t)$ pedig az amplitudó változását mutatja. (Ez minden komponensre igaz.)

3.3. Izotróp sugárzó adóantenna amplitudómodulált jelet sugároz

Ebben az esetben az adott jel:

$$f_A(t') = e^{j\omega' t'} + \frac{m}{2} e^{j(\omega' + \nu') t'} + \frac{m}{2} e^{j(\omega' - \nu') t'} \quad (60)$$

a vett időfüggvény:

$$\begin{aligned}f_B(t) &= A_0 g_2(t) \left[e^{j\omega' g_1(t) \left(t - \frac{nr_0}{c} \right)} + \right. \\ &\quad \left. + e^{j(\omega' + \nu') g_1(t) \left(t - \frac{nr_0}{c} \right)} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{m}{2} e^{j(\omega' - \nu') \cdot g_1(t) \cdot \left(t - \frac{nr_0}{c} \right)} \right]\end{aligned}\quad (61)$$

A vett időfüggvény is amplitudómodulált jel, melynél a vivőhullám frekvenciája $\omega = g_1(t) \omega'$ szerint változik az idő függvényében, a moduláló ν pedig: $\nu = g_1(t) \cdot \nu'$ szerint. Itt is látható, hogy a relatív sávzélesség:

$$\frac{\nu'}{\omega'} = \frac{\nu}{\omega} = \text{állandó}$$

3.4. Az adó τ' időtartamú impulzust sugároz

Az adott függvény:

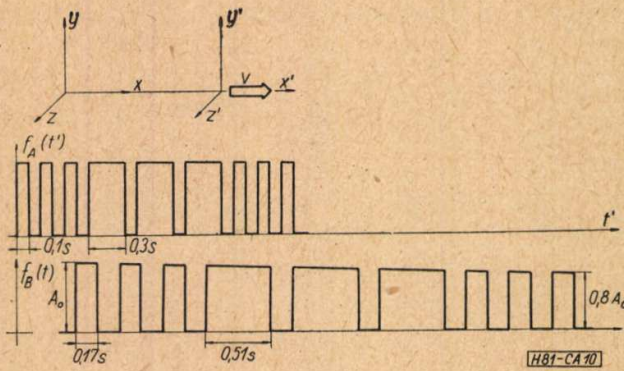
$$f_A(t') = \frac{\tau'}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin \frac{\omega' \tau'}{2}}{\frac{\omega' \tau'}{2}} \cos \omega' t' \cdot d\omega' \quad (62)$$

A vett jel:

A vett jel is impulzus, melynek hossza: $\tau = \frac{\tau'}{g_1}$

3.5. Példák: A következő részben a legegyszerűbb esetekben bemutatjuk, hogy az adó és vevő közötti relatív sebesség hogyan változtatja meg az átvinni kívánt jeleket.

3.5.1. A földtől v sebességgel távolodó rakéta SOS jelet sugároz. A rakéta sebessége: $v = 0,5 c$.



10. ábra

A jelet a földtől (az álló koordinátarendszerben mérve) $x_0 = 1\,740\,000$ km távolságban kezdi sugározni. Milyen jelet észlel a földi vevőállomás? A vett impulzusok hossza :

$$\tau = \frac{\tau'}{g_1} = \frac{\tau'}{\sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}}} = 1,73 \tau'$$

Az amplitudó burkológörbe pedig : $\frac{1 - \frac{v}{c}}{v \cdot t}$ szerint az idő növekedésével hiperbolikusan csökken.

A 10. ábra mutatja az adott $[f_A(t')]$ és vett $[f_B(t)]$ időfüggvényeket.

3.5.2. A távolodó rakétán hallgatják egy földi zenekari hangverseny közvetítését. Beethoven IX. szimfóniájának főtémáját milyenek észlelik a $v = 0,385 \cdot c$ és $v = 0,6 c$ sebességgel távolodó rakétán ? $v = 0,385 \cdot c$ esetén :

$$g_1 = \sqrt{\frac{1 - 0,385}{1 + 0,385}} = \frac{2}{3}$$

A vett jelek frekvenciája :

$$\omega = \frac{2}{3} \omega'$$

időtartama :

$$\tau = \frac{2}{3} \tau'$$

Látható, hogy az egész darabot egy kvinttel mélyebbnek és minden hangot 1,5-ször hosszabbnak hallunk.

$$\frac{v}{c} = 0,6 \text{ esetén } g_1 = \frac{1}{2};$$

A vett jel frekvenciája :

$$\omega = \frac{1}{2} \omega'$$

időtartama :

$$\tau = 2 \tau'$$

Tehát a darabot egy egész oktávval mélyebbnek és minden hangot kétszer hosszabbnak hallunk.

A 11. ábra első sora mutatja a főtémát úgy, ahogy azt a hangversenyteremben ülő közönség hallja, második és harmadik sora pedig úgy mutatja, ahogy a rakéta utasai hallják $\frac{v}{c} = 0,385$, illetve $\frac{v}{c} = 0,6$ sebesség esetén.

3.5.3. Közeledő rakéta

A vevő helye K-ban :

$$\mathbf{r}_0 = \begin{pmatrix} x_0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$g_1 = \frac{1 + \frac{v}{c}}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} \quad g_2 = \frac{1 + \frac{v}{c}}{x_0 - v t}$$

A jel amplitudója :

$$A = \frac{A_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right)}{x_0 - v t}$$

frekvenciája :

$$\omega = g_1 \omega' = \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} \omega'$$

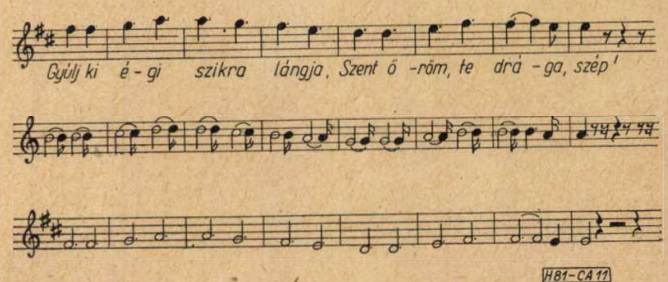
az impulzushossz pedig :

$$\tau = \frac{\tau'}{g_1} = \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}} \tau'$$

szerint változik.

Láttuk, hogy a távolodó rakéta impulzusának hossza

$$\sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}}$$



11. ábra

arányban megnő. Ez azt jelenti, hogy a rakéta utasának egy órai életéről jövő tudósítást a földi vevőben

$$\sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}}$$

óra hosszát hallják.

Ezt az információt „dilatációt” két tényező okozza:

1. A távolodás következtében a később adott jeleknek hosszabb utat kell megtenniük, ezt fejezi ki az $1 + \frac{v}{c}$ tényező (Doppler-hatás).

2. Relativisztikus idődilatáció:

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

A kettő szorzata:

$$\sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}}$$

Közeledő rakéta esetén a fentemlített két tényező (Doppler-hatás) és relativisztikus idődilatáció hatása ellentétes. A Doppler-hatás ugyanis csökkenti $\left(1 - \frac{v}{c}\right)$, a relativisztikus idődilatáció viszont most is növeli az időtartam hosszát. Végeredményben

$$\frac{\tau}{\tau'} = \frac{1 - \frac{v}{c}}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}}$$

az időtartam hossza csökken.

3.5.4. Utazzunk el a 9 fényévre levő Siriusra. Rakétánk sebessége $v = 0,6 \cdot c$. Életünk eseményeiről menet is jövet is folyamatosan beszámolunk.

Az oda-utat $t_1 = 15$ év alatt teszi meg a rakéta — így látják ezt a Föld-koordinátarendszerbeli megfigyelők. Ezalatt mi csak

$$t_1 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 12$$

évet öregedtünk.

A 12 év történetéről rádiókon keresztül beszámolunk. A földi vevő a 12 év történetét

$$12 \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} = 24$$

évig hallja. Megérkezésünk után azonnal visszaindulunk és újra mindenről beszámolunk. Az út megtételére most is 12 évre van szükségünk. A 12 év történetét a földi vevő most azonban

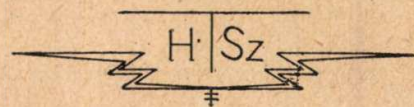
$$12 \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}} = 6$$

évig hallja.

Miközben mi 24 év alatt megjártuk a Sziroszt, a Földön 30 év tel el. Ez alatt az idő alatt állandóan hallottak hírt rólunk. A 30 év nagyobbik első felében, 24 évig hallották a Földről a Szirosra vezető út történetét, míg az utolsó 6 év alatt hallották azokat az eseményeket, amelyek hazafelé történtek velünk.

IRODALOM:

1. *Simonyi Károly*: Elméleti villamosságtan. (Tankönyvkiadó, 1958.)
2. *Novobátszky Károly*: A relativitás elmélete. (Tankönyvkiadó, 1951.)
3. *Franz Ollendorf*: Die Welt der Vektoren. (Springer Verlag, 1950.)
4. *Fodor György*: Relativisztikus elektrodinamika. (Jegyzetellátó Vállalat, 1955.)
5. *Albert Einstein*: Zur Elektrodynamik bewegter Körper. (Annalen der Physik, 17, 891, 1905.)



HÍRADÁSTECHNIKA KTSZ.

VII., PÉTERFFY S. UTCA 51.

TEL.: 225-216

Televíziós

és egyéb elektronikus

mérőműszerek

Zusammenfassungen in deutscher Sprache

G. Frischmann: Die Erdungs-, und Sicherheitsprobleme der fernmeldetechnischen Anlagen für Leitungen

Der Artikel gibt einen wertvollen Überblick über die wichtigsten Erdungs-, und Sicherheitsprobleme der fernmeldetechnischen Leitungseinrichtungen und Anlagen — hauptsächlich des Verstärkerarmes. Es werden die Rolle der Erdungen und die zulässigen Werte des Ausbreitungswiderstandes vom Standpunkt der Fernmeldetechnik und Sicherheit bekanntgegeben. Der Verfasser beschreibt die Dimensionierungsprinzipien, die einzelnen Standpunkte der Verbindung von Betriebs-, Sicherheits-, Blitzableiter-, etc.-Erdungen, die Möglichkeiten der Verbindung der Kabel mit dem Erdnetz, die Fragen der Störungen und die Anwendbarkeit der Nullung. Er weist auf die Vorzüge der Ausbildung der einheitlichen Gründungs- und Sicherheitssysteme hin. Er zeigt die Gestaltung des bisher mit Niederfrequenz gemessenen Erdwiderstandes im Trägerfrequenzbereich. Der Verfasser konstatiert im letzten Teil, dass im Gebiete der Fernmeldetechnik die Starkstromsicherheits- und Erdungsnormen nur im Sinne der speziellen Standpunkte und Forderungen, modifiziert und ergänzt, anwendbar sind.

S. Lajkó: 12-Kanal Trägerfrequenz-Fernsprecheinrichtung für Freileitungen — Typ BO—12

Nach Bekanntgebung der charakteristischen Daten und Anwendungsmöglichkeiten des neuen 12-Kanal-Systems, die unter anderen Mehrkanaleinrichtungen im BHG-Werk hergestellt wird, wird im Artikel auf Grund des Blockschaltbildes die Funktion der Zwischenstelle und Endstelle beschrieben. Der Verfasser beschäftigt sich eingehend mit der Pilot-Regelung, der Trägerstromversorgung, dem Frequenzumsetzer und verschiedenen Ergänzungseinrichtungen. Ferner wird die Konstruktion der Einrichtung bekanntgegeben.

L. Orgovány—Frau J. Gáti: Die Silberung des Aluminiums und die fernmeldetechnische Anwendung des versilberten Aluminiums

Die Klimabeständigkeit des versilberten Aluminiums und der Aluminiumlegierung wird von dem Umständen der Verzinkung durch Tauchverfahren, der Qualität und der Dicke der Schutzschichten sehr beeinflusst. Mit sorgfältiger Auswahl der technologischen Verhältnisse kann solch ein Silberüberzug hergestellt werden, der auch die internationalen Bedingungen der Klimabeständigkeit befriedigt. Die Anwendung des versilberten Aluminiums hat in einzelnen Gebieten der Fernmeldetechnik und der Instrumentindustrie technische, technologische und ökonomische Vorteile.

J. Kemény und J. Saufert: Transistor-Spannungsstabilisatoren

Die aus drei Teilen bestehende Artikelserie beschäftigt sich mit dem Arbeitsprinzip und den Gesichtspunkten der Bemessung von Spannungsstabilisatoren mit in Serie geschaltetem Regeltransistor. Im ersten Teil befassen sich die Autoren mit der Funktion der angewandten Schaltungen und ihrer Analyse. Bei der theoretischen Analyse haben sich die Autoren den Ausdruck der zwei auf gleiche Weise wichtigen Regelparameter — den Ausgangswiderstand und die Regelungsgüte — zum Ziele gesetzt. Aus der Literatur ist bisher nur die Ausdrucksmethode des Ausgangswiderstandes bekannt. Den Autoren ist es gelungen die Ausdrucksart der Regelungsgüte zu lösen und damit haben sie eine vollständige Analyse der Transistorstabilisatoren entwickelt.

Im II. Teil wird beschrieben, wie die zwei Regelparameter mit schaltungstechnischen Methoden und den zugehörigen Analysen ideal gemacht werden können, wonach die Autoren exakte Bemessungsformeln ableiten.

Der III. Teil beschäftigt sich mit dem kritischen Vergleich der verschiedenen Referenzspannungsquellen, mit den Prüfungen der damit realisierten Schaltungen und mit den Planungs- und Bemessungsproblemen.

Á. Csurgay: Über das Signalübertragungsproblem der Bewegungsstellen

Der Artikel prüft im allgemeinen das Signalübertragungsproblem der Bewegungsstellen im Rahmen der speziellen Relativitätstheorie ohne eine Bindung machend über die Grösse der relativen Geschwindigkeit der mit dem Kanal verbindenden Punkte. Er stellt fest, die Amplitudo- und Frequenzcharakteristiken der Bewegungsantennen und die übertragene Information (Zeitfunktion). Im Schlussteil zeigt er an Hand von einigen speziellen Beispielen die aufkommenden Probleme welche sich bei der grossgeschwindigen Signalübertragung ergeben.

Summaries in English

G. Frischmann: The Grounding and Safety Problems of the Wire Telecommunication Technical Establishments

The paper gives a survey of the principal grounding and safety problems of the wire telecommunication technical equipments and establishments, particularly of relay stations. It gives an account of the role of the groundings, of the permissible values of the spreading resistance respectively telecommunication technique and safety, and further describes the dimensioning principles. It discusses the view points of the communication of operating-, protection-, lighting arester-, etc.-groundings, the possibility of connecting the cables to the ground network, the questions of disturbances and the adaptability of neutral grounding. The paper points out the advantages of development of the unanimous grounding and safety systems. Further it presents the development of grounding resistance in the carrier frequency range, measured with low-frequency until now. Finally the author states, that the power current, safety and the grounding standards can be applied on the field of telecommunication technique only after modifying and amending them on the basis of the special view points and requirements. Therefore such new relevant telecommunication technical standards are necessary.

S. Lajkó: BO—12 Twelve-Channel Open Wire Carrier Current Telephone Equipment.

The paper after giving account of the main characterising data and adaptability of the twelve-channel open wire equipment belonging to the multi-channel products of the BHG, describes on the hand of the block-schematic the operation of the terminal and repeater equipment. It discusses in details the pilot control, the carrier supply, the frequency frogging repeater and the different supplementary equipments. Finally the author describes the construction of the equipment.

L. Orgovány—Mrs. J. Gáti: The Silvering of Aluminium and the Use of Silvered Aluminium in Telecommunication

The climatic durability of silvered aluminium and aluminium alloys is greatly influenced by the circumstances of the dipping zincing and by the quality and density of the protecting sheets. With the careful selection of the technological circumstances a silver plating can be produced, which satisfies the international requirements concerning climatic durability. The use of the silver plated aluminium has in certain fields of telecommunication and instrument industry technical, technological and economical advantages.

MAGYAR HIRADÁSTECHNIKA

Felelős szerkesztő: Balogh Pál — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó, Budapest, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. — Telefon: 113-450

Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 1300 példányban

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hirlapirodánál (Budapest V., József nádor tér 1. Telefon: 170-850) vagy bármely postahivatalnál. Előfizetési díj félévre 15 Ft, egész évre 30 Ft. Egyes szám ára: 5 Ft. Megjelenik kéthavonta — Csekszámlaszám: egyéni: 61.254, közületi: 61.066 vagy átutalás az MNB 47. sz. folyószámlájára)

60.11370 Egyetemi Nyomda, Budapest Dohány utca 12. — F. v.; Janka Gyula igazgatja