

MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

A „MAGYAR POSTA“ MELLÉKLETE

SZERKESZTI A M. KIR. POSTAVEZÉRIGAZGATÓSÁG ALTAL KIJELÖLT
SZERKESZTŐ ALBIZOTTSÁG.

SZERKESZTŐSÉG CIME: PETÁINEK JÓZSEF M. KIR. POSTAFŐMÉRNÖK
IX. PAVA-U. 10. — TELEFON: J. 454—48.

TARTALOM:

Dr. Tomits Iván: Távbeszélőösszeköttetések tervezésének és üzemeltetésének elektromos elveiről. — Ström Einar: Földkábelek elektromos korróziója. — Magyar Endre: Vasmagos fojtótekercesek méretezések és mérése. — Külföldi szemle.

Távbeszélőösszeköttetések tervezésének és üzemeltetésének elektromos elveiről.

Irta: Dr. TOMITS IVÁN, posta-műszaki tanácsos.

Les principes électriques de la projection et de l'exploitation des communications téléphoniques.

Résumé: L'auteur décrit les types et le mode de fonctionnement des plus importants suppresseurs d'écho et de réaction, et traite ensuite des phénomènes transitoires et des phénomènes de distorsion de phase, en exposant les relations temporaires de la propagation des courants de conversation sur les circuits téléphoniques.

(Folytatás.)

Az echozáraknak technikai szempontból a következő követelményeket kell teljesíteniök:

a) az echozár jelenléte a le nem blokkolt áramkörben ne okozzon nagy csillapítást;

b) az echozár a keletkezett echoimpulzusoknak biztosan útját vágja, vagyis

először már akkor zárva legyen, mikor az első echoimpulzus eleje már megérkezett,

másodszor az ellenirányú áramkört mindaddig zárva tartsa, míg az összes echoáramok be nem érkeztek;

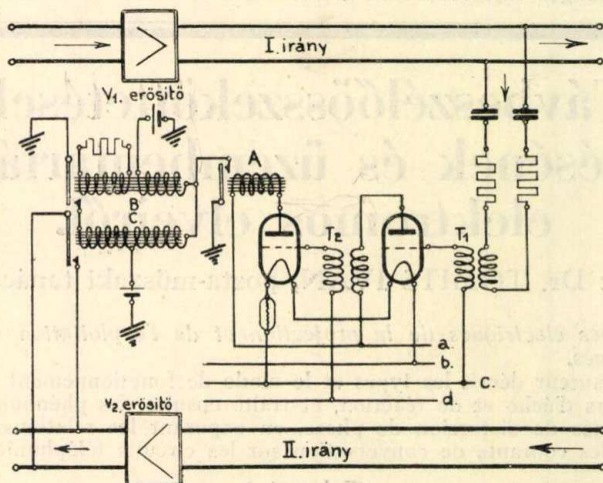
c) zörejekre és mérsékelt áthallásokra ne reagáljon;

d) működése biztos s üzemi ellenőrzése pedig egyszerű legyen.

A gyakorlatban jelenleg két különböző elv alapján konstruált echozár-típus van használatban. Mind a kettő megegyezik abban, hogy az egyik irányból (I) beérkező beszédáramok energiájának egy kicsiny részét alkalmas katódlámpa-berendezések segítségével felerősíti és egyenirányítja. Az így egyenirányított beszédáramok azonban az ellenkező átviteli irány (II) blokkolását különböző módon végzik.

Az első típusnál az egyenirányított áramok egy jelfogó-kombinációt hoznak működésbe, melyek az ellenkező irány áramkörét mechanikusan rövidre zárják. A másik típus nem tartalmaz mechanikai kapcsoló alkatrészeket, hanem tisztán elektromosan működik oly módon, hogy az egyenirányított áramok az ellenkező irány erősítőjében az első lámpa rácskörére megfelelő nagyságú negatív előfeszültséget adnak rá, miáltal az erősítőberendezés erősítését megszüntetik s az echo-áramoknak útját állják.

Az első típusba tartozó ehozárok egyik, gyakorlatban használt példáját mutatja a mellékelt 102. ábra. Az I. beszédirány V_1 erősítőjén épen kilépett felerősített beszédáramok hatnak a T_1 bemenő transzformátorra, továbbá az első lámpán felerősítve a T_2 transzformátorra. Ez utóbbinak szekunderjén keresztül a második lámpa rácsa a berendezésben annyi negatív előfeszültséget kap, hogy mint egyenirányító



102. ábra.

a beérkező felerősített beszédáramokat egyenirányítja, miáltal az A jelfogó nyelve meghúzódik. E nyelv a B késleltetett jelfogót és vele egyidejűleg a C jelfogót hozza működésbe, mely utóbbi a II. beszédirány áramkörét rövidre zárja.

Amint a beszédáramok az I. irányban megszűnnek, az A jelfogó nyelve azonnal elereszt, azonban a II. irány rövidzára csak akkor szűnik meg, amikor a B késleltetett jelfogó nyelve is elereszt és a C jelfogó telepösszeköttetését megszakítja. Ennek a jelfogókombinációnak az az előnye, hogy, amíg a II. irány rövidzárása aránylag rövid idő alatt (20 milliszekundum) történik meg, addig a rövidzárblokk „feloldódásához” a késleltetés miatt mintegy 100 millisecundum időtartam szükséges.

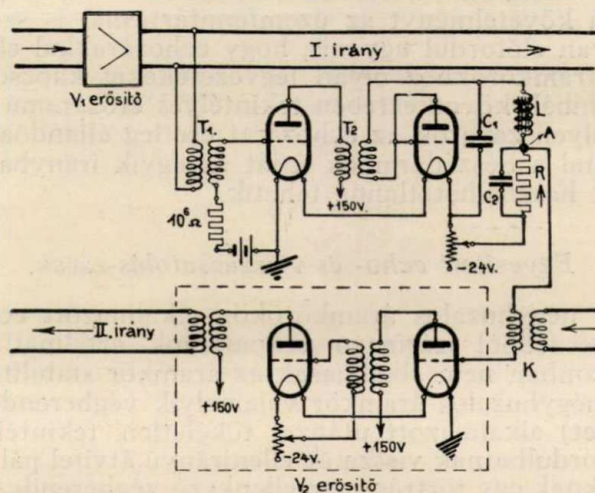
Az ábrában szereplő a, b, c, és d betűk a telepvezetékek jelzésére szolgálnak.

A 102. ábra csak az egyik irány blokkolására szolgáló berendezés kapcsolását szemlélteti. Természetesen hasonló berendezés szolgál a

szóbanforgó erősítőállomáson a másik beszédirány részére is.

Az ismertetett mechanikai alapon működő echozár-típusnál szel-lemesebb és üzembiztosabb konstrukcióval bír a másik típus, mely minden mechanikai kapcsolás nélkül, tisztán elektromosan működik. Egy ilyen berendezést, melyet az angol posta használ üzemében, mutat a 103. alatti ábra.

A V_1 erősítő mögött kilépő erősített beszédáramoknak egy kicsiny részét T_1 transzformátoron keresztül egy katódlámpás erősítőre bocsátjuk, mely T_2 transzformátor közvetítésével azokat második lámpájával egyenirányítja. Amennyiben az I. irányból nem jön beszédáram, a II. ellenirány V_2 erősítőjének rácsa a R ellenálláson és a K transzformátor szekunderjén keresztül olyan előfeszültséget kap, amely az erősítő normális működéséhez épen szükséges. Ha azonban az I. irányból jövő beszédáramok erősítés után a T_2 transzformátor



103. ábra.

szekunderjében erősített váltakozó feszültségeket hoznak létre, úgy az egyenirányítás következtében a második lámpában és az R ellenálláson át a nyíl irányában áram fog folyni, minek folytán a A. pont nagyobb negatív feszültséget vesz fel, mint előbb. A V_2 erősítő első lámpájának rácsán fellépő nagyobb negatív feszültség következtében a nevezett V_2 üzemi erősítő átviteli tényezője (erősítése) annyira lecsökken, hogy a beérkező echoáramokat már nem tudja magán keresztül továbbítani.

Az ábra kapcsolási rajzában látható L fojtótekercsnek és C_1 kondenzátornak szerepe lényegében csupán csak annyi, hogy az echozár felől érkező beszédáramokat a R ellenállástól s így közvetve a V_2 erősítő rácsától távolítsák (szűrés).

A berendezés helyes működéséhez szükséges, hogy az az ellenkező átviteli irány lezárását egy kis idővel a beszédáramok megszűnése után is fenntartsa, vagyis az echoáramok legutoljára beérkező

részeinek is biztosan útját vágja. Ennek a késleltetési effektusnak keresztülvitelére szolgál a R ellenállással parallel kapcsolt C_2 kondenzátor; e kondenzátor az ellenkező irány blokkolására szükséges negatív feszültségét nem vesztí el rögtön a beszédáramok megszűnésével, hanem csak késleltetve, mivel a R ellenállásnak bizonyos időre van szüksége, míg a C_2 kondenzátor töltését levezeti. A R és C_2 alkatrészek elektromos értékeinek megválasztásával az említett késleltetés közepes idejét megfelelően lehet szabályozni.

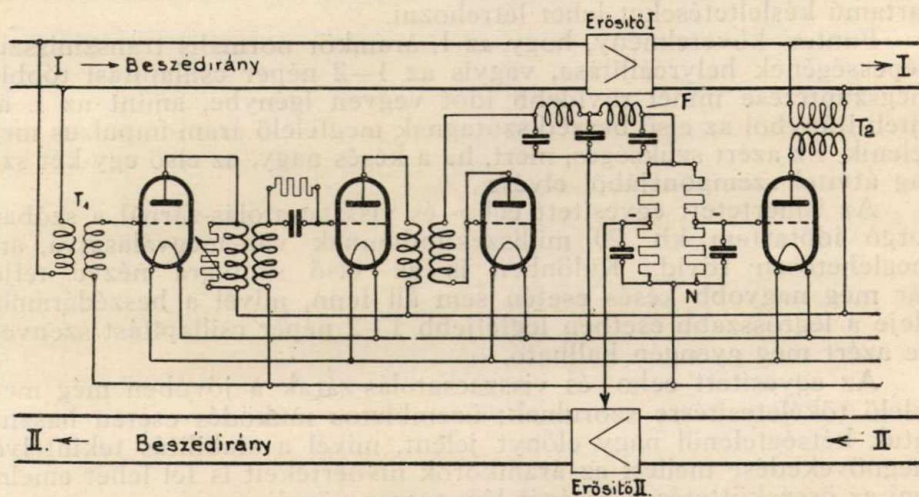
Mint ahogy az echozár tulajdonképpen beszédáramokra működő katódlámpa-relais, azért annak üzembiztos funkciójára nézve az a legfőbb követelmény, hogy elegendően érzékeny legyen, vagyis még a gyengébb beszédáramokra is reagáljon. Mindamellett ennek az érzékenységnak határt szab az a körülmény, hogy az áramkörben fellépő és a megengedett áramintenzitás értéket túl nem haladó idegen áramok (erősáramú zavarok, stb.) a berendezést nem szabad, hogy működésbe hozzák. Ezt a követelményt az üzemfenntartásnál is szem előtt kell tartani; gyakran előfordul ugyanis, hogy echozárakkal ellátott hosszú négyhuzalos áramkörökhöz olyan légvezetékeket kapcsolnak, melyeken durvább hibák következtében tekintélyes erősáramú zúgások észlelhetők. Az ilyen zavarok az echozárát esetleg állandóan gerjeszteni képesek, miáltal a beszédáramok útját az egyik irányban elvágva az összeköttetést használhatatlanná tehetik.

Egyesített echo- és visszacsatolás-zárak.

Hosszabb négyhuzalos áramkörökön alkalmazott echozárak csupán csak a beszédből származó echoáramok ártalmatlanná tételére szolgálnak, azonban nem alkalmasak az áramkör stabilitásának növelésére. Ha a négyhuzalos áramkör valamelyik végberendezésén (villa, terminating set) alkalmazott utánzat tökéletlen, tekintélyes erősségű echoáramok fordulhatnak vissza az ellenirányú átvitel pályájára. Ezeknek az áramoknak egy törtrésze az ellenkező végberendezésen hasonló okok miatt újra visszafordulhat, miáltal a kéthuzalos áramköröknél már ismert visszacsatolási, fűtülési jelenségek léphetnek fel. Az áramkörben elhelyezett echozár az így fellépő visszacsatolási áramok (önrezgések) hatására működésbe jön ugyan, vagyis a visszacsatolás útját elvágja, de ez csak igen rövid ideig tart, mivel az echozár „feloldása” után az egész visszacsatolási folyamat újra kezdődik. A begerjedt négyhuzalos áramkörön ilyenkor nem hallani tartós fűtülést, hanem e helyett megszakgatott fűtülésekből álló hangimpulzusoknak folytonos periodikus sorozatát.

Noha a leírt jelenségek nem okoznak teljes üzemzavart, mivel a beszélgetések megkezdésekor eltűnnek, mégis a technikusok célszerűnek látták az echozárral kapcsolatban olyan megoldást is keresni, amely az áramkör stabilitását minden körülmények között biztosítja. A megoldás technikai kivitelének olyannak kell lennie, hogy azzal a normális echoáramok pályájának elzárásán kívül a visszacsatolásból eredő váltakozó áramok útját is el lehessen vágni és ezáltal az áramkör begerjedését megakadályozni (Kombinált echo- és visszacsatolás-zár).

A visszacsatolási folyamatok természetébe belepillantva, világosnak látszik, hogy az ú. n. visszacsatolás-zárak konstrukciója csak annak az elvnek alapján lehetséges, hogy a négyhuzalos áramkör egyik, vagy mindkét irányának átviteli nivóját arra az időre, míg beszélgetések nem folynak rajtuk, mesterségesen alászállítjuk. Az átviteli képességnek ez a csökkentése például úgy történhetik, hogy valamelyik irány egyik erősítőjét a szóbanforgó visszacsatolási-zár segítségével automatikusan mindaddig üzemben kívül helyezzük, vagy annak erősítési tényezőjét lecsökkentjük, amíg abban az irányban beszédáramok nem lépnek fel. Ez utóbbiak hatására a visszacsatolási zár természetesen az említett erősítőt pillanatszerűen újra üzemi állapotba kell, hogy hozza, ami azáltal jön létre, hogy az erősítő erősítési tényezőjét a beszéléd megkezdésekor automatikusan a normális értékre állítja be. Minthogy a visszacsatolás-zár egyidejűleg mint echozár is



104. ábra.

működik, a beszélgetés megkezdésekor az a másik átviteli irányt rögtön blokkolja.

A Siemens & Halske rt. egyik ilyenmű konstrukcióját mutatja be az alábbi sematikus kapcsolási ábra (l. a 104. számú ábrát). A I. átviteli pályán a nyíl irányából beérkező beszédáramok egyrészét a T₁ transzformátoron át az első és második katódlámpa felerősíti, a harmadik pedig egyenirányítja. Az így keletkezett egyenáram az „F” szűrőn áthaladva, egy ellenállásokból és kondenzátorokból álló kombináción (N) folyik át, minek következtében ez utóbbi, mint potencióméter, megfelelő negatív előfeszültséget juttat részint a II. irány erősítőjének lámpa-rácsköréhez, részint pedig a berendezés negyedik lámpájának rácsához. Az előbbi negatív feszültség a már ismertetett módon a II. erősítő erősítési tényezőjét szállítja alá, s így mint echozár működik, az utóbbi pedig a negyedik lámpa anódáramát szünteti meg. E lámpa anódkörében lévő transzformátor primár-tekerce ilyen módon a lámpaterheléstől megszabadul, minek folytán az I. erősítő után

az áramkörre kapcsolt szekundár tekercs mint tiszta önindukció működik és így az áramkörben csak lényegtelen csillapítást okoz.

Ha az I. irányban fellépett beszédáramok megszűntek, a legutolsó lámpa rácsa normális előfeszültséget, az anódkör tehát normális anódáramot kap; ez az áram a T_2 transzformátort úgy terheli meg, hogy az az I. erősítő áramkörében tekintélyes csillapítást hoz létre. Ugyanekkor a II. erősítő felszabadul a zár alól.

A T_2 transzformátor méretei és a lámpa-terhelés elektromos szempontból úgy vannak megválasztva, hogy az okozott csillapítás kb. 1—2 néper; ez rendes viszonyok mellett teljesen elegendő arra, hogy a visszacsatolásból eredő önrezgések fellépését, — még kedvezőtlen utánzatviszonyok mellett is, — biztosan megakadályozza.

A kapcsolási sémában F -el jelölt láncszűrő az erősített beszéd-frekvenciás áramoknak állja útját; a N potenciométernél látható kondenzátorok és ellenállások alkalmas megválasztásával különböző időtartamú késleltetéseket lehet létrehozni.

Fontos követelmény, hogy az I. áramkör normális transzmisszióképességének helyreállítása, vagyis az 1—2 néper csillapítási többlet megszüntetése minél rövidebb időt vegyen igénybe, amint az I. átviteli irányból az első beszéd-szótagnak megfelelő áram-impulzus megjelenik. Ez azért szükséges, mert, ha a késés nagy, az első egy-két szótag átvitel szempontjából elvész.

Az ismertetett egyesített echo- és visszacsatolás-zárnál a szóbanforgó időtartam kb. 20 milliszekundumnak van megválasztva, ami meglehetősen rövid. Különben is az első szótagra nézve teljes zár még nagyobb késés esetén sem áll fenn, mivel a beszédáramok eleje a legrosszabb esetben legfeljebb 1—2 néper csillapítást szenved, de azért még gyengén hallható.

Az egyesített echo- és visszacsatolás-zárak a jövőben még megfelelő tökéletesítésre szorulnak; üzembiztos működés esetén használatuk kétségtelenül nagy előnyt jelent, mivel a stabilitás tekintélyes megnövekedése mellett az áramkörök nívóértékeit is fel lehet emelni, ami az összeköttetések jószágát lényegesen növeli.

B) Berezgési jelenségek és fázistorzítás.

Az úgynevezett berezgési jelenségek (Einschwingvorgänge) által okozott torzítások csak nem régóta ismeretesek; azóta váltak fel-tűnővé, amióta a távbeszélőösszeköttetések tekintélyes részét pupinózott távkábel-áramkörökön bonyolítják le. A torzítás jelentékenyebb mértékben hosszú- és főleg középnehéz terhelésű távkábel-áramkörökön lép fel és lényegében abban áll, hogy a rövid időtartamú beszéd-áram-elemek (például egyes mássalhangzók, főként az explóziós jelle-gűek, mint p, b, t, d, g, k, sőt rövidebb időtartamú szótagok is) hang-karakterükben erős változást szenvednek és felismerhetetlenné válnak, minek következtében az átvitt beszéd érthetősége kisebb-nagyobb mértékben romlik. Ez a kvalitás-romlás annál kifejezettebb, minél hosszabb a szóbanforgó áramkör és minél nehezebb terheléssel van ellátva.

Tartósan hangoztatott magánhangzókra a jelzett átvitelek alkal-mával a fent említett torzítást nem lehetett észlelni; viszont a torzí-

tások értelemzavaró képessége a tapasztalás szerint annál intenzívebben jut kifejezésre, minél rövidebb időtartamú az átvitt hang, vagy szótag. Ez, a torzítás-zavar okát illetőleg, arra látszik mutatni, hogy a rövid ideig tartó hangok és szótagok, illetőleg a hosszasan tartó szótagok eleje és vége az áramkör végállomásán nem tudnak megfelelően kialakulni, mivel nincs elegendő idejük a stationaer állapot elérésére.

A viszonyok hasonlóak azokhoz az átmeneti jelenségekhez, melyek a megérkező távíró-jelek kialakulásánál észlelhetők. Például egy hosszú távíró-kábel elejére rákapcsolt feszültség hatására a kábel tulsó végén nem áll elő azonnal a végső stationaer állapot, hanem a kábelkapacitásnak feltöltődése miatt ott az áram csak lassan indul meg és bizonyos idő múlva éri el csak végleges konstans intenzitását. A jelen esetben a váltakozóáramú jelek kialakulásának késését természetesen nem a kábel feltöltődésének, vagyis a kábel részéről egyenáramú energiafelvételnek köszönhetjük, hanem annak, hogy a pupinózott áramkör csévékből és csévemezőkapacitásokból alkotott rezgőköröknek hosszú láncolatából áll, melyek váltakozóáramú beszédenergiát vesznek fel. Ezeknek az energiáknak felvételére bizonyos idő szükséges, aminek következményeképpen az energiák továbbítása is csak késve történik. Példaképpen a mellékelt 105. számú ábrában mutatjuk be egy rezgőkörben az áramerősségnek s vele együtt az energiának növekedését az idő folyamán az önrezgésszámmal történő gerjesztés hatása alatt. Megjegyezzük azonban, hogy az *átmeneti* vagy *berezgési* állapot időbeli lefolyása ugyanilyen lesz akkor is, amikor a szóbanfekvő rezgőkört nem a saját önfrekvenciájával gerjesztjük, hanem egy ahhoz közel álló más frekvenciával.

A pupinózott áramkörök csévéi és csévemezőkapacitásai által alkotott rezgőkörök említett viselkedéséből vezethető le a berezgési folyamatok által okozott torzítás. Amint ismeretes, szinuszoidális váltakozóáramok terjedése ilyen áramkörökön a cséverezgőkörök visszahatása miatt olyan, hogy az áramerősség és a feszültség előrehaladás közben fázisban fokozatosan visszamarad. A mellékelt 106. számú ábra sematikusan mutatja ezt a jelenséget a kábel mentében az áramerősség-, vagy feszültségvektorra nézve. A fázisvisszamaradás arányos az áramkör hosszával. Egy megadott l kilométer hosszú kábelszakaszra nézve tehát az összefáziskésés

$$a = \alpha \cdot l,$$

hol α a fáziskésésnek 1 km. kábelhosszra vonatkozó értékét jelenti.

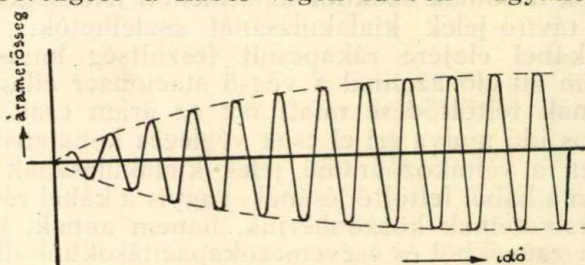
A fáziskésés segítségével, mint már előzőleg láttuk (lásd: Magyar Posta Műsz. Közl., 1929. III. évf. 8. sz. 264. oldal 21. és 24. számú formuláit) egy adott $\omega = 2\pi n$ körfrekvenciára nézve a haladó hullám sebessége V a következő formulával számítható ki:

$$V = \frac{\omega}{\alpha} ;$$

ennek alapján az l kilométer hosszú kábelszakasz befutására szükséges idő

$$t = \frac{l}{V} = \frac{\alpha l}{\omega} = \frac{a}{\omega} \quad \dots 55.$$

Amint látható, egy ω körfrekvenciájú hullám megérkezésének időtartama a kábeláramkör végpontján az „a” összféáziskéséstől, vagy az α fázistényezőtől függ. Amennyiben t az összes, átvitelre fontos frekvenciákra állandó, úgy a beszédáram-elemek (hangok, szótagok) kialakulása, berezgése a kábel végén időben ugyanolyan lefolyást



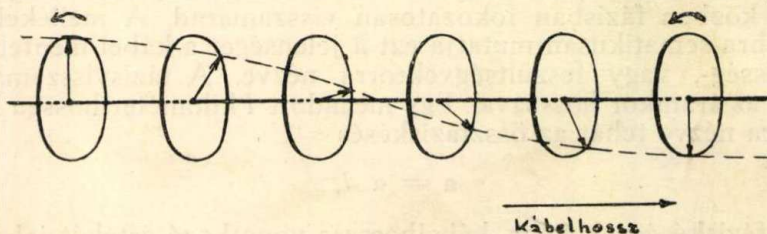
105. ábra.

mutat, mint a kábel elején; torzítás ilyenkor nincsen, csupán a beszédáram-elemek a terjedési időnek megfelelő időtartammal később alakulnak ki az áramkör végén, mint annak elején.

Az elmélet és a tapasztalatok szerint *fázistorzításmentes* berezgési folyamatok állanak elő általában gyakorlatilag légvezetékeknél, papírkábeleknél és folytonos terheléssel bíró krarupkábeleknél. Az ilyen áramköröknél ugyanis a fázisszög-tényező a frekvenciától a következőképpen függ (lásd: Magyar Posta Műsz. Közl. már idézett számának 22. alatti egyenletét):

$$\alpha = \omega \sqrt{L \cdot C},$$

ahol L és C a kilometrikus önindukció- és kapacitásértékeket jelentik.



106. ábra.

A terjedési idő tehát egy l kilométer hosszú áramkörre nézve az 55. formula szerint

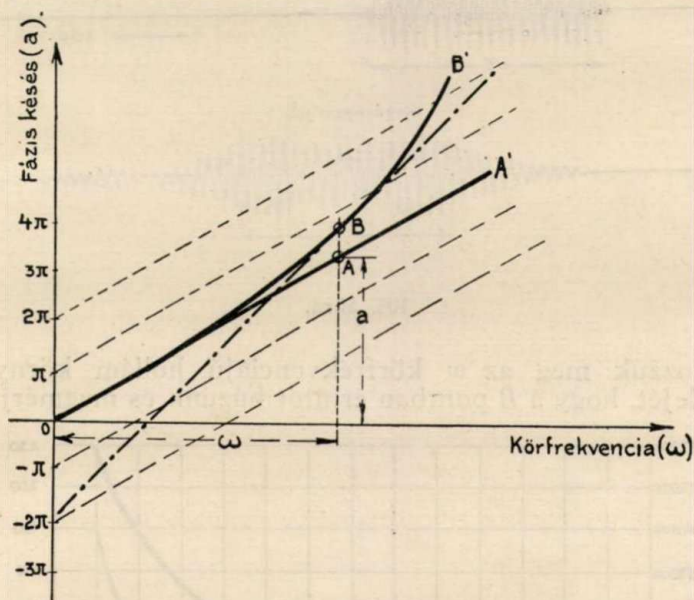
$$t = \frac{a}{\omega} = l \cdot \sqrt{L \cdot C},$$

amely állandó szám és így az áramköröknek fázistorzításmentességét igazolja.

A mellékelt 107. számú ábrában „a” össz-fáziskésés függését ω -tól egy ferden felfelé menő egyenes vonallal lehet ábrázolni, amely a kezdőpontból indul ki (O A A').

A berezgési viszonyok torzításmentesen zajlanak le akkor is, ha a vezeték két ágát bárhol az áramkörön egyszer, vagy többször megcseréljük, azaz kommutáljuk. Ilyenkor az egyes fázisterjedési viszonyokat a 107. ábra szerint olyan egyenes vonalakkal is ábrázolhatjuk, melyek az előbbivel párhuzamosak, azonban a függőleges koordinátának $\pm\pi$, $\pm 2\pi$, $\pm 3\pi$, $\pm 4\pi$, ... stb. pontjairól indulnak ki (lásd az ábrában a szakgatott ferde fekvésű egyenes vonalakat).

Fázistorzítás áll elő azonban olyan áramköröknél, ahol annak össz-fáziskésése (a), vagy fázistényezője (α) nem egyenesen arányos



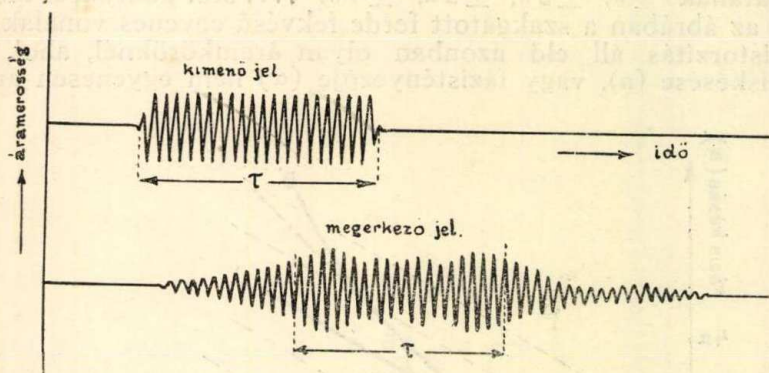
107. ábra.

a frekvenciával, hanem attól eltérő viselkedést mutat. Grafikusan ez a jelenség abban jut kifejezésre, hogy az „a” össz-fáziskésés diagramja eltér az egyenes vonaltól, mint azt a 107. ábra O B B' görbéje mutatja. Az elmélet szerint az egyes frekvenciák terjedési idejét ilyenkor nem az 55. alatti egyenlet szolgáltatja, azaz a 107. ábra szerint ω körfrekvenciára az O B egyenesnek (az ábrában nincs szemléltetve) a vízszintes tengellyel alkotott szögének tangense. Hosszabb elméleti számítások révén, amit e helyen nem közlünk (lásd Sandemann: Fáziskiegyenlítés, I. rész; Electrical Communication, 7. kötet, 4. füzet, 319. oldal, 1929.), ki lehet mutatni, hogy ilyenkor terjedési időre nézve nem az egyes frekvenciák abszolút terjedési sebessége irányadó, hanem azok közvetlen környezetének együttes terjedési sebessége, az ú. n. csoportos terjedési sebesség (Gruppenschwindigkeit, vagy envelope velocity). A terjedési idő (envelope delay) ennek alapján egy l hossz-

szúságú áramkörnél az össz-fáziskésésnek a körfrekvencia szerint vett differenciál-hányadosa lesz, azaz

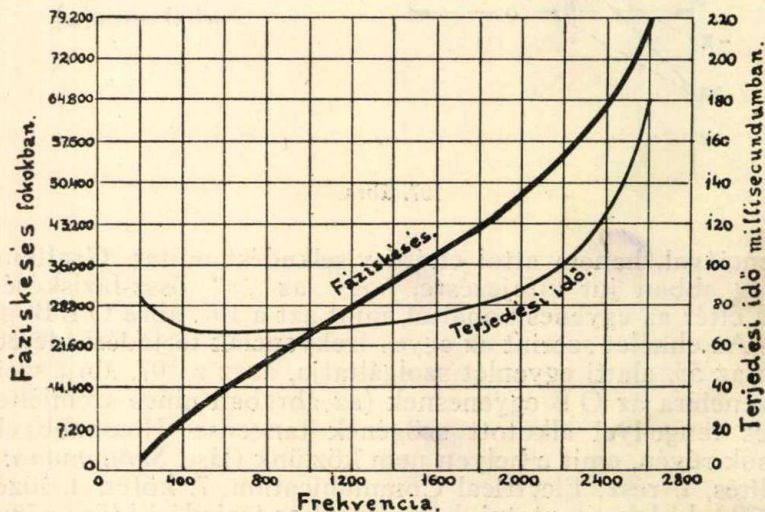
$$t = \frac{d a}{d \omega} \quad \dots 56.$$

E differenciál-hányados grafikus jelentése szerint a mellékelt 107. sz. ábrában szemléltetett $O B B'$ fáziskésés-görbének B pontjában



108. ábra.

úgy határozzuk meg az ω körfrekvenciájú hullám környezetének haladási idejét, hogy a B pontban érintőt húzunk és megmérjük annak



109. ábra.

a vízszintes tengellyel bezárt hajlásszögét; e szög tangense lesz a keresett haladási-ideő.

Könnyen belátható, hogy a fázisterjedési időnek ez a megállapítása a fázistorzításmentességet minden olyan esetben igazolja, mikor a fáziskésén „a” ω -ával arányos, azaz annak diagrammja egyenes vonal. Ilyenkor ugyanis minden frekvencia mellett a differenciálhányados állandó szám, vagyis a fázisterjedési idő

$$t = \frac{da}{d\omega} = \frac{a}{\omega} = \text{konstans.}$$

A beszédáramjeleknek az áramkör végpontján való felépítése ennélfogva ilyen esetben tényleg torzításmentesen történik.

A mondottak alapján azt hihetnők, hogy, ha egy rövid időtartamú tiszta szinuszos váltakozóáramot bocsátunk egy fázistorzítással bíró áramkörre (lásd a 108. ábra felső váltakozóáramú jelét), úgy az pontosan ugyanolyan alakban, tehát torzításmentesen fog az áramkör végén megérkezni, minthogy csak egy frekvenciáról van szó. Valóságban azonban minden rövid ideig tartó szinuszoidális váltakozóáramú jel a Fourier-féle elv szerint nem csupán egy frekvenciát tartalmaz, hanem ennek a frekvenciának közelében egy teljes folytonos frekvenciaspektrumot is. Ebben a frekvenciaspektrumban azonban az egyes frekvencia-csoportok különböző idő alatt érkeznek meg a végállomásra, tehát különböző késéssel vesznek részt a megérkező jel felépítésében; ennek eredményeképp a jelnek főleg az eleje és a vége amplitúdóra, sőt frekvenciára nézve is erős deformációt szenved.

A 108. számú ábra mutatja egy ilyen tiszta szinuszoidális impulzus torzulását a megérkezéskor. A felső diagramm a kimenő jel alakját ábrázolja grafikusán, az alsó pedig, — időben egy kissé eltolva, — a megérkező jelét; mint látható, a megérkező jel meglehetősen deformált.

A görbék felvétele oszcillograf segítségével kísérleti alapon történt.

A 109. alatti ábra egy kb. 960 km. hosszú, közepnehéz terhelésű Western-rendszerű távkábeláramkör fázistorzítási viszonyait ábrázolja. A vastagon kihúzott görbe az össz-fáziskésést szemlélteti az áramkör végén fokokban, míg a másik a fázisterjedési idő nagyságát jelzi különböző frekvenciáknál ezredmp.-ekben.

A görbék felvétele mérések segélyével üzemszerű viszonyok közt történt, vagyis a kábeláramkör erősítőivel együtt; az erősítési tényezők a mérés alatt a normális üzemi értékekre voltak beállítva.

(Folytatjuk.)

Földkábelek elektromos korróziója*.)

Irta: STRÖM EINAR mérnök,
a svéd táviró és távbeszélő vezérigazgatóság vezetékosztályának
vezetője.

Franciából fordította: Zs. L.

Electrolyse des câbles sous-terrains.

Résumé: Dans le présent article, l'auteur traite la juste application des feeders de retour des tramways électriques et la pose des rails sous le point de vue des courants vagabondants.

(Harmadik közlemény.)**

A villamos vasutak a vontatási áramok visszavezetésére tudva-
levőleg a sineket használják fel. Ennek következtében a sínhálózatban
nagy feszültségkülönbségek keletkeznek. A feszültségek a lehető leg-
rövidebb úton igyekeznek kiegyenlítődni, tehát kóboráramok kelet-
keznek, melyek a földalatti fémlétesítményeket korrodálják.

Gondoskodni kell tehát arról, hogy káros feszültségkülönbségek
ne keletkezhessenek, amit azáltal érünk el, hogy az erőközpontba
visszatörékvő áramokat szigetelt visszavezető kábeleken át vezetjük
és a sineket, különösen azokon a helyeken, ahol legnagyobb a feszült-
ségkülönbség, száraz, nagy ellenállású alépítményre helyezzük.

Jelen közleményünkben e kérdések helyes megoldását tárgyaljuk.

4. Visszavezető kábelek.

A C. C. I. 1927. évi javaslata szerint:

1. A sínhálózat egyes pontjai közötti feszültségeloszlás szabályo-
zása a következő módokon történhetik: a visszavezető kábelek üze-
mét hozzákapcsolt ellenállásokkal, vagy önműködő feszültségszabá-
lyozókkal szabályozzuk, vagy pedig a terhelést több erőközpont kö-
zött osztjuk meg.

2. A visszavezető kábeleknek a földtől *szigetelve* kell lenniök. E
kábelek szigetelése, valamint a sinekhez való csatlakozása *legalább*
évenként megvizsgálandó.

3. Ha a sinek az áramtermelő gép negatív sarkához vannak kötve,
akkor a visszavezető kábeleknek a sinekhez való bekötési pontjául
olyan helyet kell választani, ahol a talaj száraz, azaz olyan helyet, mely:
a lehető legszárazabb, és

amennyire csak lehetséges, távol van minden fontos csővezeték-
től és kábeltől, mert a visszavezető kábeleknek a sínhez való bekötési
pontjai korrózió szempontjából a legveszélyesebbek.

4. A városi közúti vasút által igénybe vett területnek azon a pont-
jain, ahol a kóboráramok a csövekből, vagy a kábelek fémköpenyeiből

*) Megjelent a „The L. M. Ericsson Review” 1919. évi 4—6. számában.

**) E közlemények egyenként zárt egészek, minthogy azonban egymással szo-
rosan kapcsolódnak, az egység kedvéért az ábrák és a fejezetek sorszámai folytató-
lagosak.

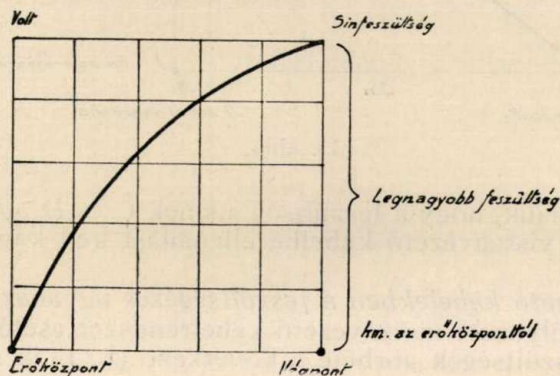
kilépnek, a 24 órás középterhelésre vonatkoztatott középfeszültség a sinek és csövek, illetve a kábelek fémburkolata között sehol sem haladhatják meg a 0.8 voltot.

A visszavezető kábeleket, melyek a sinekben folyó áramokat felszívják, szigetelni kell, továbbá úgy kell méretezni és elhelyezni, hogy az egész sínhálózatban mégis keletkező feszültségkülönbség a lehető legkisebb legyen.

Azokban a városokban, melyekben a közúti vasút forgalma nagy, általánosságban a következő szabályt tartjuk szem előtt: *valamely közúti vasúti hálózatban rendes terhelés mellett valamennyi visszavezető kábelben előálló feszültségesés a rendes terhelés mellett amennyire csak lehetséges, ugyanaz legyen.*

Ez az egyenfeszültségű (equipotentialis), vagy másképp kiegyensúlyozott hálózatnak első és főszabálya.

Ennek elérése céljából legjobb, ha rövid és aránylag kevés szigetelt visszavezető kábelt alkalmazunk és több erőközpontot létesítünk.



12. ábra.

Az így elérhető eredményt nagyszámú, de hosszú visszavezető kábellel és nagy, de kevés erőközponttal sokkal nehezebb megvalósítani.

Ha a terhelés az egész sínhálózatban egyenletesen oszlik meg, azaz, ha a kocsik a vonalakon egyenletesen vannak elosztva, és ha a sínellenállás a vonal egész hosszának minden részében ugyanaz, a sinekben lévő feszültség görbéje parabola lesz, mint azt a 12-ik ábrában láthatjuk.

A parabola az erőközpontból merőleges tengellyel indul ki és legnagyobb értéke a vonal legszélsőbb pontján van, ott, ahol a sinekben legnagyobb a feszültség.

(A sinek és a föld közötti legnagyobb feszültségkülönbség a Djursholm-svalnäsi vasúti vonal végpontján 1926-ban a 40 voltot is meghaladta.)

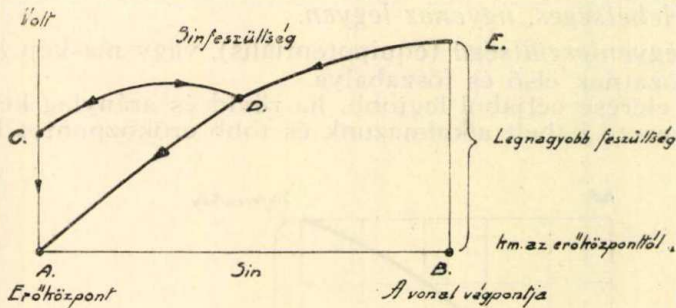
Visszavezető kábelek nélküli vonalon tehát a sinek és a föld közötti feszültség

a sinek minden pontján más és

a sinekben folyó áram iránya mindenütt ugyanaz.

Ha ellenben ahelyett, hogy a sineket közvetlenül az erőközpont negatív sínjéhez kötnők, visszavezető kábeleket alkalmazunk, az alábbi feszültség-görbét kapjuk. (L. 13-ik ábra.)

AC és AD szigetelt visszavezető kábelek. A legnagyobb feszültség itt is a szóban lévő vonalak végpontján van, azonban a sínfeszültség sokkal egyenletesebb, mint előbb, bár, miként azt az ábra is mutatja, az AC visszavezető kábelben a feszültségesés aránylag kisebb, mint az AD visszavezetőben. Az ábrából látható, hogy CD szakaszban az áram ellentétes irányban folyik, az AD visszavezető kábel D bekötési pontjának mind a két oldaláról szívja az áramot.

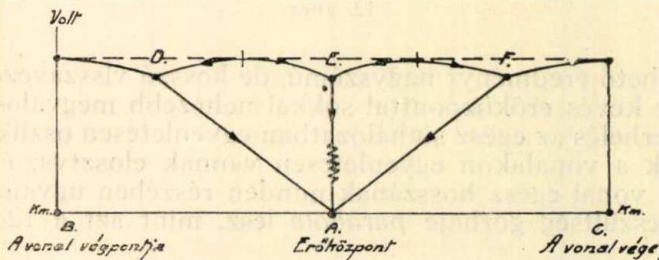


13. ábra.

Ha azt akarjuk, hogy a feszültség a sinek C és D pontjain egyenlő legyen, az AC visszavezető kábelbe ellenállást kell kapcsolni akként, hogy

a visszavezető kábelekben a feszültségesés ugyanaz legyen.

Jól egyensúlyozott visszavezető kábelrendszer esetén a sinek és a föld közötti feszültségek görbéje a következő (L. 14-ik ábra):



14. ábra.

AD és AF kiegészítő ellenállás nélküli kábelek. AE — a legrövidebb — ily ellenállással meg van toldva.

E módon a visszavezető kábelek ellenállását egyenlővé tettük, következésképpen a

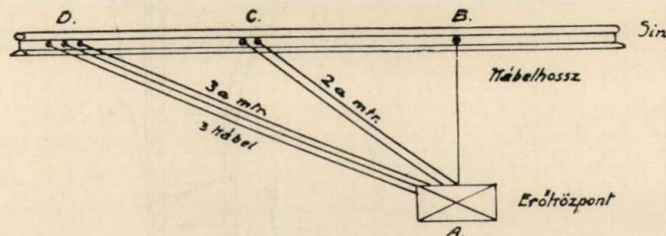
sín D, E és F pontjain a sínfeszültség ugyanaz, így azután a feszültség a sineknek minden egyes pontján közel egyenlő.

Ezek az ellenállások természetesen veszteséget okoznak, melyek annál nagyobbak, mennél helytelenebbül vannak a visszavezető kábelek méretezve. Ez a rendszer feltétlenül megköveteli, hogy a visszavezetők és az erőközpontok áramtermelő gépei a földtől tökéletesen szigetelve legyenek, mert amint az az ábrából is látható, az erőközpont kapcsolótáblájának negatív sínjén a földhöz képest tekintélyes feszültségkülönbség keletkezhetik.

Szigorúan véve, az egyensúlyozás kérdését úgy kellene megoldani, hogy a leghosszabb visszavezető kábeleket megkét-szerez-zük, vagy megháromszorozzuk (a mexikói villamos közúti vasutak a vonalak leg-távolabbi pontjaihoz nem kevesebb, mint 6 drb, párhuzamosan kap-csolót kábelt terveztek).

Ezt a megoldást olyan vasút hálózatában alkalmazva, melyben a terhelés a sinekben egyenletesen oszlik meg, a 15-ik ábrát kapjuk.

Ha valamennyi kábelnek keresztmetszete ugyanaz, és a C pont az erőközponttól még egyszer oly távolságban van, mint a B pont, a C



15. ábra.

pontból kiinduló kábelek száma is még egyszer annyi legyen és így tovább.

Ebben az esetben a visszavezető kábelekben nem kell mesterséges feszültségesést létrehozni és így az emiatt előálló veszteségeket elkerüljük.

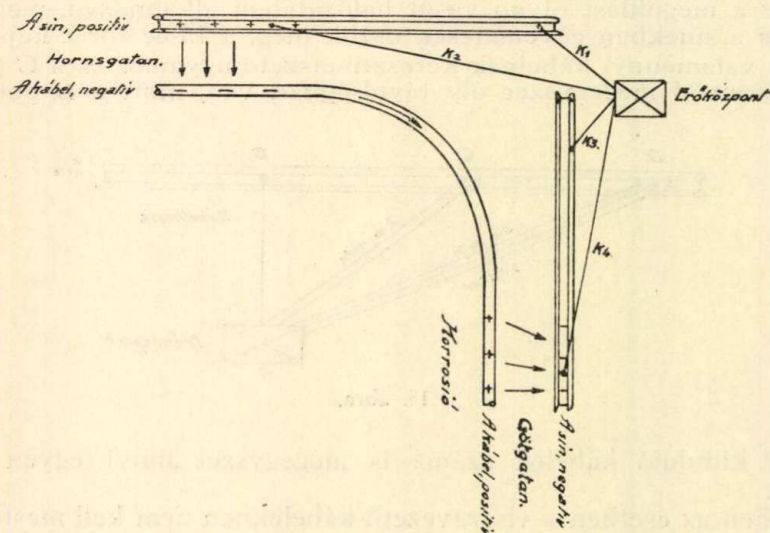
Az, hogy a sínfeszültség egyensúlyának megvalósítása céljából melyik módot válasszuk, attól függ, hogy az áramnak az ára és a réz ára miként viszonylik egymáshoz. Rendszeren a két módozatot összeegyeztetve alkalmazzák. A sínek helyes egyensúlyozásának elérése miatt szükséges, hogy a terhelés eloszlása állandó legyen.

Példa: Stockholm déli részén a feszültségviszonyok nagy nehézséget okoznak, mert a visszavezető kábelek nincsenek egyensúlyozva. Ezt az egész városrészt a Götgatan alsó részén lévő Katarina erőközpont egymaga táplálja. Ebbe a központba Hornsgatan felől három — a 32, 33 és 34 számú —, Götgatan felől pedig öt — a 35, 37, 37a, 38 és a 40. számú — visszavezető kábel torkollik.

A hornsgatani nagyon erősen megterhelt vonalról induló visszavezető kábelek kis száma és nagy hossza, valamint a götгатani rész visszavezetőinek rövidsége és nagy száma miatt Hornsgatan külső részeiben a sinek nagyon nagy mértékben *pozitívok* a földhöz, illetve az ott lévő földalatti távbeszélő kábelekhez képest. A götгатani sinek viszont a földhöz és a távbeszélő kábelekhez viszonyítva erősen *negatívok*.

tívek. Ekként a sinek nevezett részei között feszültségkülönbség keletkezik s ez a földön és a földalatti távbeszélő kábeleken át kiegyenlítődni törekszik. Végeredményben Hornsgatan külső részein lévő sinekből tekintélyes erősségű kóboráramok lépnek ki, utat keresnek maguknak Götgatan külső részei felé s itt a földalatti kábelekből kilépve, azokon súlyos korróziós károkat okoznak. Ezt felrajzolva a 16-ik ábrát kapjuk:

A korrózió oka tehát az, hogy a feszültség a sinekben nem egyenletes. Hogyha e baj kiküszöbölését az ellenállások szabályozásával tervezzük, mindenekelőtt meg kell győződnünk, hogy a terhelés eloszlása állandó-e, azaz — egyebektől eltekintve, — hogy a délelőtti helyes ellenállás délután épp oly megfelelő lesz-e?



16. ábra.

(Göteborgban a Längedrag felé menő helyiérdekű vasuton különböző napokon más és más ellenállást alkalmaztak és pedig:

egyét a téli,

egyét a nyári hétköznapiakra,

egyét pedig a nyári vasárnapokra, amikor a forgalom különösen nagy. Az ellenállások ily gondos szabályozásával elérték, hogy a legnagyobb feszültségkülönbség az egyes visszavezető kábelek bekötési pontjai között 0.3 voltra süllyedt.

Oly vonalakon azonban, melyeken a forgalom nagyon szabálytalan, az ellenállások folytonos változtatása túlságosan költséges és nehézkes ahhoz, hogy ez a módszer alkalmazható legyen.)

Stockholm déli részében a terhelésre vonatkozóan a túloldali táblázatot nyertük.

E táblázatból láthatjuk, hogy a különböző órákban a terhelés csekély mértékben változik. Így tehát a hálózat eme részére az ellenállások szabályozása alkalmazható.

Például megállapíthatjuk, hogy a 33. számú visszavezető kábel ter-

Katarina-erőközpont, 1926. IX. 29.

Különböző terhelések.

A táplálási pont száma	A tápvezeték ellenállása	A mérés napja 1926. IX. 29. Óra 10,28—10,33.			A mérés napja 1925. IX. 29. Óra 5,05—5,10			A mérés napja 1926. IX. 29. Óra 5,25—5,30.		
		Közép terhelés ampèrek-ben	Feszültségesés voltok-ban	Feszültség a legnagyobb feszültség o/o-ban	Közép terhelés ampèrek-ben	Feszültségesés voltok-ban	Feszültség a legnagyobb feszültség o/o-ban	Közép terhelés ampèrek-ben	Feszültségesés voltok-ban	Feszültség a legnagyobb feszültség o/o-ban
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	(0,156)	63	(9,9)	(95,2)	94,6	(14,9)	(100)	98,3	(15,4)	(100)
33	0,110	94,4	10,4	100	131,6	14,4	96,6	136	15,0	97,4
34	0,0471	195	9,2	88,4	282,7	13,0	87,2	296	13,6	88,3
35	0,0205	230,7	4,8	46,1	403,7,	8,9	59,7	317	7,0	45,5
36	0,0375	218,8	8,2	78,8	317,3	11,7	78,5	307	11,4	74,0
37	0,0285	249	7,1	68,3	350	10,0	67,0	347	9,9	65,6
38	—	184,4	—	—	258	—	—	240,7	—	—
39	0,0221	379,0	8,3	79,8	583,3	12,5	83,9	585,7	12,6	81,8
40	0,055	120,6	6,6	63,4	162,3	8,8	59,0	173,3	9,3	60,4
—	—	1734,9	—	—	2583,5	—	—	2501,0	—	—

helése csupán 3.4%-kal változik, a 34. számúé pedig állandónak mondható.

A mi szempontunkból nem fontos, hogy a terhelés a délelőtti órákban mért 1734.9 amperről a délutáni órákban 2583.5 amperre emelkedett, ha csak a terhelés valamennyi visszavezető kábelben egyenletesen emelkedett.

Ezekután kísérletképpen a visszavezető kábelekbe szabályozó ellenállásokat iktattak és a túloldali táblázatba foglalt eredményeket kapták.

(Megjegyzendő, hogy a 37. számú kábelt a két mérés ideje között a 37. és 37a. számú kábelekre osztották.

A bekapcsolt ellenállások hatása következtében a *Hornsgatanból* kiinduló három hosszú, előbb csak kevésbé terhelt kábelek terhelése megnövekedett és pedig:

a 32. számú kábelnél	63.0 amperről	99.0-re
a 33. számú kábelnél	94.4 amperről	139.0-re
a 34. számú kábelnél	195.0 amperről	315.0-re
ami összesen . . .	352.4 amperről	553.0-re

vagyis a *növekedés* 201 amper.

Minthogy időközben a teljes terhelés 1734.9 amperről 1845 amperre emelkedett, ezt a növekedést ugyanarra a terhelésre kell vonatkoztatni, lesz tehát:

$$\frac{201 \times 1734.9}{1845} = 189 \text{ amper}$$

A götgatani *túlterhelt* kábeleken vezetett áramok sűrűsége a következőképpen csökkent:

a 35. számú kábelnél	230.7 amperről	84-re,
a 37. számú kábelnél	249.0 amperről	98-ra,
a 37a. számú kábelnél	— amperről	245-re,
a 38. számú kábelnél	184.4 amperről	42-re,
a 40. számú kábelnél	120.6 amperről	42-re,

összesen. . 784.7 amperről 511-re,

tehát a csökkenés 273.7 amper, ami az előző alkalommal terhelt terhelésre vonatkoztatva lesz:

$$\frac{273.7 \times 1734.9}{1845} = 257 \text{ amper.}$$

Ilymódon tehát lényegesen egyenletesebb terhelési eloszlást kapunk. A hornsgatani sinekben folyó áramokat kényszerítettük, hogy ezek e terület visszavezető kábelein sokkal nagyobb mértékben folyjanak vissza, mint az ellenállások beiktatása előtt. A földalatti kábelek nem kényszerültek többé, hogy a közúti vasút vontatási áramát Hornsgatanból Götgatanba vezessék. Így a kóbor áramok, legalább is gyakorlati értelemben, megszűntek.

Erről a szabályozás előtt és után végzett mérésekkel meggyőződünk.

Katarina-erőközpont, 1926. XII. 15.

Táplálási pont	Tápvezeték ellenállása ohmokban	A mért összes ellenállás	A mérés napja 1926. XII. 15. Óra 11,39 — 11,54			A bekötött szabályozó ellenállás (+ sorba kapcsolást jelent)
			középterhelés ampèrekben	feszültségesés voltokban	feszültség a legnagyobb feszültség %/c-ban	
31	—	—	—	—	—	
32	0,156	—	99	15,4	100	
33	0,110	—	139	15,3	99,3	
34	0,471	—	315	14,3	92,9	
35	0,0205	0,18	84	15,1	98,1	2 + 2 + 2 (à 0,1 ohm)
36	0,0375	0,043	301	14,4	93,6	8 („ 0,1 „)
37a	0,0285	0,057	245	14,0	90,9	7 + 7 („ 0,1 „)
37	0,0376	0,147	98	14,4	93,6	2 + 2 („ 0,1 „)
38	0,152	0,34	42	14,3	92,9	1 + 1 („ 0,1 „)
39	0,0221	0,09	475	13,8	89,6	13 („ 0,1 „)
40	0,055	0,344	42	14,4	93,6	1 + 1 + 1 („ 0,1 „)
—	—	—	1845	—	—	—

A legnagyobb középfeszültség Hornsgatanban -1.6 voltról -0.5 voltra csökkent.

A legnagyobb csúcsfeszültség Hornsgatanban -3.0 voltról -2.0 voltra csökkent.

A legnagyobb középfeszültség Götgatanban $+3.3$ voltról $+1.0$ voltra csökkent.

A legnagyobb csúcsfeszültség Götgatanban $+4.5$ voltról $+1.6$ voltra csökkent.

Tehát a hornsgatani negatív és a götgatani pozitív feszültségek számottevően estek. (Meg kell jegyezni, hogy az előjelek a kábelekre vonatkoznak.) A kiegyenlítő ellenállások beiktatásával a pozitív feszültségek Götgatan egész területén a kábelekre teljesen ártalmatlannokká lettek, elektromos korróziótól ezeket féltetni többé nem kell.

Az adatok *nincsenek* a 24 órás középterhelésre vonatkoztatva, a legnagyobb forgalom idején észlelt feszültségek tehát az átlagos értékeknél sokkal nagyobbak. A C. C. I. idevonatkozó előírása, mely a legnagyobb feszültségre 0.8 voltot enged meg, így kétségtelenül teljesítve van.

Mindezek után tekintsük meg Söder térképét, melyre azok az értékek vannak feljegyezve, melyeket a kiegészítő ellenállások bekapcsolása előtt és után a kábelek és a sinek között mért feszültségkülönbségre nyertünk.

Ebből a térképből látható, hogy a visszavezető kábelekben keletkező feszültségesés a legnagyobb mértékben ki van egyenlítve. Mint-hogy azonban a visszavezető kábelek méretei olyanok, hogy a rájuk kapcsolt ellenállások néhány esetben $6-7$ -szer akkora, mint azok saját ellenállása, e kábelek terhelése majdnem semmi. Így például a 40. számú kábelén az ellenállások bekapcsolása előtt $120-173.3$ amper folyt, míg ennek megtörténte után 42 amper, ez a kábel tehát majdnem teljesen felesleges. A kábelek másik csoportját ellenben nagyon megterheltük.

Ezeknek az ellenállásoknak bekapcsolása az előbbi állapothoz képest nagy energiaveszteséget jelent. Ez a veszteség, az áramot önköltségen számítva, a közúti vasútnak évenként mintegy 10.000 svéd korona többköltséget okoz. Az ellenállásoknak ily módon való kiegyenlítését állandóan fenntartani a nagy költségek miatt legkevésbé sem volt gazdaságos, ezért a kérdést úgy oldották meg, hogy

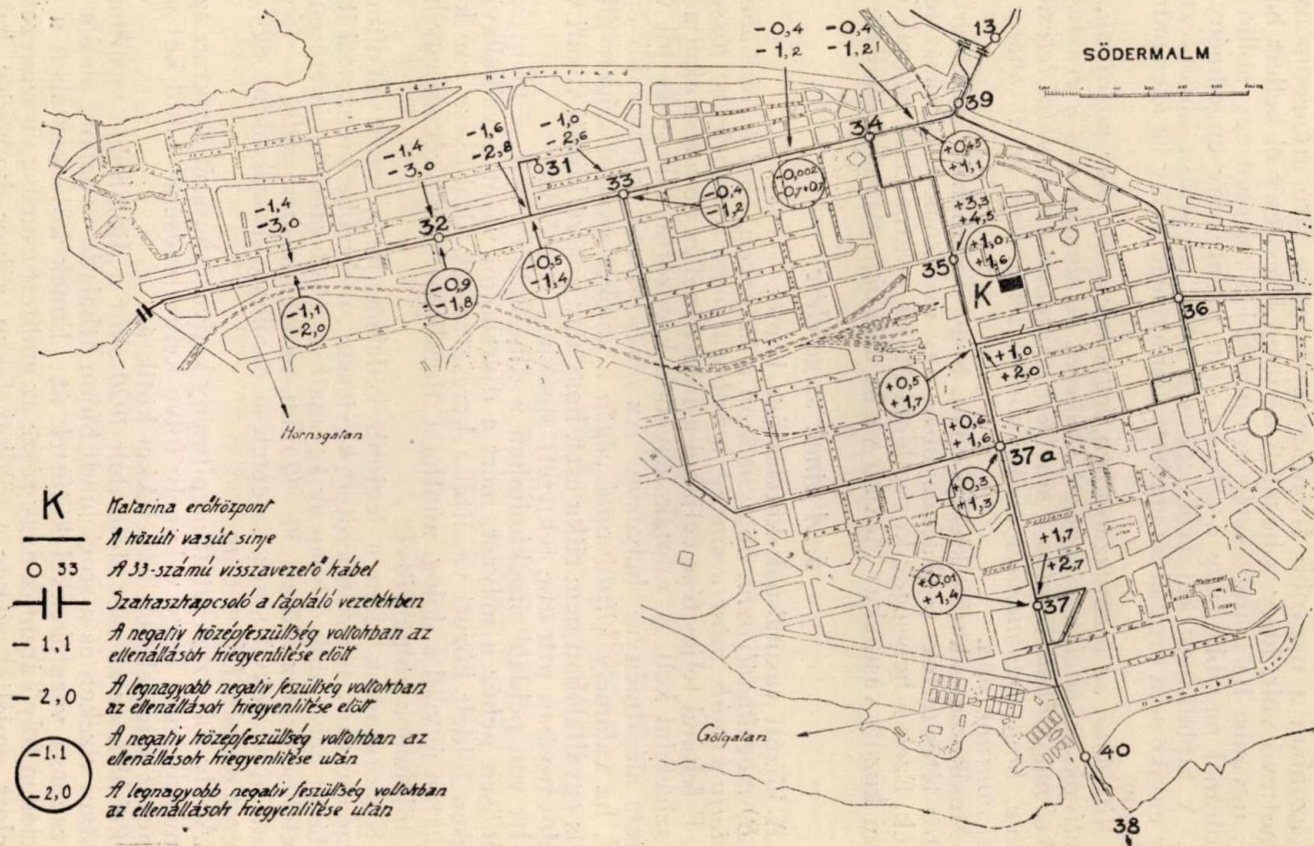
a) Hornsgatan külső részét a liljeholmi erőközpontba kötötték át,

b) a Götgatanba visszavezető kábelek közül a 35. és 40. számúakat kikapcsolták.

Ezeket a munkálatokat 1927. IV. 22-én fejezték be.

Ilyképpen a hornsgatani visszavezető kábelek túlterhelése megszűnt és a Götgatanból induló túlméretezett kábelek száma csökkent. Így aztán az lett az eredmény, hogy a Hornsgatanban észlelt negatív feszültség és a götgatani pozitív feszültség megfelelő értékre csökkent, amint az a kiegyenlítő ellenállások bekapcsolásakor történt.

A közúti vasúttal folytatott tárgyalások alkalmával a táp- és visszavezető kábelek nagy hossza miatt előálló nagy veszteségekre való tekintettel a szerző felvetette, hogy a vasútra is előnyös volna, ha



Högalidban egy új erőközpontot állítanának fel, ezek a veszteségek ugyanis új erőközpontok létesítésével valóban csökkennek. Jelen esetben azonban a nagyobb áramfogyasztás után járó árengedmény oly számottevő volt, hogy a högalidi új telep létesítését el kellett halasztani; ugyanis, ha a fogyasztás ugyanabból a telepből egy millió kilowattóránál nagyobb, úgy a többlet után jelentékeny engedményt adnak. A táplálásnak két erőközpontra való elosztása következtében ezek egyike sem érné el az említett mennyiséget s így az árengedmény is elesne.

Általában az áramvezetőkben, legyenek azok akár pozitívok, akár negatívok, szigetelt visszavezető-kábelek alkalmazásával a veszteségek sokkal nagyobbak, mintha a sinekkel közvetlen kapcsolatot létesítünk, feltéve, hogy ugyanannyi erőközpontot létesítünk, mint ahány táplálási pontunk van.

Mexikóban sikerült kieszaközölni, hogy Tacubaban egy új erőközpontot létesítettek és Tacubayaban egy másiknak felállítását tervbe vették. Ezek a helységek közvetlenül Mexikó város előtt vannak és az ottani közúti vasutakat Mexikó város erőközpontjából táplálják.

5. A sinek szigetelése.

A közúti vasutaknak kötelessége lenne:

B) megakadályozni, hogy azokon a helyeken, ahol a földkábel potenciálja kisebb, mint a sineké, a kóboráramok a kábelekre jussanak.

E feltétel teljesítése céljából a földellenállás növelése által a sineket szigetelni kell. A talpfák legyenek kreozóttal telítve és jól víztelenített alépítményre helyezve. Az elképzelhető legrosszabb építési mód, ha valamely *kifutóvonal végén* a sineket rosszul szigeteljük. És mégis egyáltalában nem ritka eset, hogy egy hosszú közúti vasúti vonal az elővárosban úttestbe fektetett sinekben végződik.

Itt van például Stockholmban a djursholmi vasút végpontja. Itt különösen nehéz a helyzet, mert a djursholmi vasút a valhallavägeni teljesen földelt közúti vasúttal a keresztezések által össze van kötve. Így aztán úgy áll a dolog, mintha a djursholmi vasút végére egy hatalmas földlemez volna kötve.

Kóboráramok ellen a legjobb védelem, ha a vasút alépítménye macadam, vagy jól víztelenített kavicságy, melyekbe kreozóttal itatott talpfákat helyezünk. Ebben az ágyazatban a sínszálak kilométerenkinti szigetelése száraz időben 30–40 ohm, nedves időben pedig 9–15 ohm. Betonra fekvő sinek szigetelése azonban sínszálankint egy kilométerre csupán 1.5–4 ohm.

Az ily jól víztelenített alépítmény kedvező hatását gyakran azáltal semmisítik meg, hogy valamely folyó keresztezésénél a híd két végén a sineket szigeteletlen kábelekkel kötik át.

Például: ez az eset előfordult 1920 előtt a djursholmi vasútnak az älkistani vizeken és a stocksundi hídon áthaladó vonalain, ahol a sineket csupasz vezetékekkel kötötték át. Ennek következtében a földkábeleken folyó áramok nagy része az említett csupasz visszavezetőkre áramlott, amiáltal ezeken a földkábeleken súlyos korróziós hatások keletkeztek.

Magától értetődik, hogy a vasúti vonal minden részét a leggondo-

sabban szigetelni kell, így a sineket, a visszavezetőkábeleket, a keresztirányú átkötéseket, a vágányhálózat különböző részei között lévő feszültségkülönbség kiegyenlítő kábeleket és a különösen nehéz helyeken az áram vezetésére létesített átkötéseket.

Mióta az említett vizeken áthaladó vonalakon szigetelt visszavezetőket alkalmaztak, a földkábelek korróziója teljesen megszűnt.

A Djursholm—stocksundi vasúti vonal visszavezető kábeli Stockholm—Stockholm szakasz mind a két végén földelve van. Ennek az a következménye, hogy a kóboráramok Stockholmban a szintén földelt kábeleinkre átlépve, azokon Stocksundba mennek, hogy a vasútnak szigeteletlen kábelin térjenek vissza. Ezáltal a stocksundi kábelek nagymértékben korródáltak, úgy, hogy a köpenyáramokat kénytelenek voltunk levezetni olyképpen, hogy a kábelköpenyt a villamosvasút visszavezető kábeliével összekötöttük. 1924-ben, mikor a sínillesztések kötése még nem voltak hegesztve, ebben a levezető csatlakozásban nem kevesebb, mint 200 ampért mértünk. Amióta a visszavezető kábeleket Älkestánál és a stocksundi hídnál szigetelték és valamennyi sínkötést hegesztettek, e levezető kábelben folyó kóboráram legnagyobb értéke 84 amperre csökkent, az átlagérték pedig 43 amper volt, ami azonban az egész vontatási áramnak még mindig 15 százaléka. Ennek a hátrányos állapotnak megszüntetésére két mód kínálkozik:

a) a vasút földelt vágányait Stockholmban a többi vágánytól szigeteljük, amit azáltal érünk el, hogy a sinekbe az östrai pályaudvarnál, ahol a vágálynak saját jól víztelenített, jó szigetelést adó alépítménye van és a djursholmi vasútnak Stockholm területén lévő vonalait a stockholmi közúti vasút hálózatából táplálják (ami jelenleg bizonyos körülmények között előfordul), a sineket szigetelő kötésekkel kötjük össze. Ezáltal az a „hatalmas földlemez”, mely a djursholmi vasútnak stockholmi végpontján van rákötve, a hálózat többi részétől le volna választva.

b) a visszavezető kábeleket és az áramtermelő gépet Stocksundban szigeteljük és az új, szintén szigetelt visszavezető kábeleket száraz és jól víztelenített helyeken kötjük a sinekhez. A kábelekhez csatlakozó, előbb említett levezető kábel, mint felesleges, eltávolítandó lenne, vagy pedig oly ponton kell bekötni, ahol a szigetelt visszavezető kábel a sinekre van kapcsolva. Ezáltal Stocksundban a sinek földelése eltűnik, aminek következtében természetesen a korróziós veszedelem lényegesen csökken.

Alkalmassint a második változatot fogják megvalósítani.

Az előadottakból látható, hogy miként terveznek és építenek villamosvasutat akkor, ha a korróziót nem veszik figyelembe és ezért nem vetnek súlyt arra, hogy a sinek a lehető legjobban legyenek szigetelve.

Az, hogy itt állandóan a djursholmi villamosvasutat vettük példaképpen, nem jelenti azt, hogy ez a vasút más elővárosi vasutaknál sokkal rosszabb volna. Egyedüli ok az, hogy a legrészletesebben és a legtúzetesebben éppen ezt a vasutat tanulmányoztuk, mert ennek közelében haladt a Stockholm—norrtäljei nagyfontosságú többszörös üzemű kábel, melyet a Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson szállított.

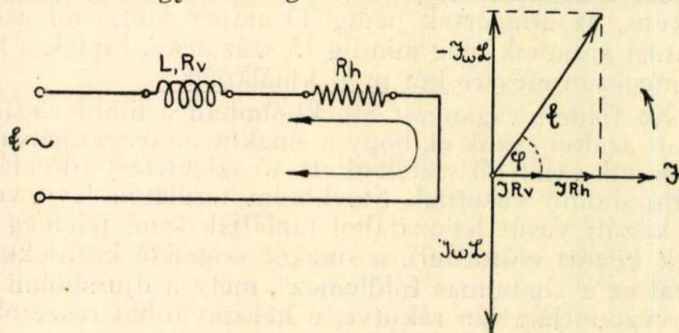
Vasmagos fojtótekercsek méretezése és mérése.

Irta: MAGYARI ENDRE postamérnök.

Mesurage de bobines de choc à noyau de fer.

Résumé: L'auteur donne quelques exemples pour l'emploi des bobines de choc, leur construction et les diverses méthodes de les mesurer.

A vasmagos fojtótekercsek használata az utolsó évtizedben az elektrotechnika minden ágában erősen előtérbe került. Magyarázata abban van, hogy aránylag kis köbtartalma mellett oly nagyértékű önindukció halmazható fel, — még nagyobb áramterhelés esetén is, — ami az önindukció jelenségének előnyös felhasználását lehetővé tette. A vasmag-anyag minőségének továbbfejlesztése a permeabilitás és a reversibilis permeabilitás szempontjából az önindukciós tekercsek további szerkezeti méretcsökkentését eredményezte. Nem akarok másra mutatni, mint a nagytávolságú vezetékes átvitelnél használt vas-



1. ábra.

anyagra: Permalloy, magas nikkeltartalmú vasötvözet, kezdeti 80.000 egys. permeabilitással, a közönséges vasfajták 1000—3000 egys. permeabilitásával szemben.

Váltakozóáramú körökben használják lényeges wattvesztesség nélküli feszültség szabályozásra, nagytávolságú átviteleknél a távvezeték csillapításának csökkentésére, elektromos rezgőkörökben frekvenciaszűrés céljaira, egyenáramú körökben, mint elektromágnes, egyes áramkörökben, főleg egyenirányítók és dynamók után szűrőkörökben, zavaró frekvenciák kiküszöbölésére, az egyen- és váltakozóáramú komponensek szétválasztására: mindenütt megtaláljuk a vasmagos fojtótekercsek használatát.

Jelen cikkemmel célom: áttekintést adni a fojtótekercsek önindukció értékének számításáról és méréséről.

A számításokban nem használom fel a szigorú elméleti összefüggéseket, hanem azokkal a képletekkel dolgozom, melyek a gyakorlatban beváltak, azaz: a velük való számítás kényelmes és a mért értéktől való eltérés százalékosan oly csekély, ami nem teszi indokolttá a szigorúbb és áttekinthetetlen egyenletek alkalmazását.

A számítást három tipikus esetben fogom ismertetni:

a) tisztán váltakozóáramú körben (feszültség-, ill. áramszabályozás),

b) tisztán egyenáramú körben (elektromágnesek),

c) vegyes áramkörökben (szűrőkör).

A méréseket szintén e három típusra fogom bemutatni.

a) Önindukciós tekercs tisztán váltakozó áramkörben.

Ha váltakozóáramú körben (l. 1. ábra) a hasznos fogyasztásra (R_h) nem szükséges, vagy esetleg káros a teljes hálózati feszültség rákapcsolása, úgy a fogyasztóval sorbakapcsolunk egy — lehetőleg kis ohmikus ellenállású — önindukciós tekercset. A tekercsen átfolyó áram önindukciós feszültséget létesít, mely az általános Kirchhof-féle 2. törvény alapján a hálózati feszültség egy részét kiegyensúlyozza. Ha az áramkörben J az átfolyó áramerősség, úgy előáll a tekercs mentén $E_o = \omega JL$ önindukciós feszültségesés, a fogyasztó mentén JR_h ohmikus feszültségesés. Ezenkívül az önindukciós tekercsben is keletkezik ohmikus feszültségvesztesség, melynek megfelelő R_v összes ellenállása 3 részből tevődik össze:

1. a tekercs saját ohmikus ellenállása, ami nagy rézkeresztmetszet és nagyobb frekvenciától függően, az egyenáramú ellenállásnál magasabb értékű lehet;

2. a hyszterézis területnek és periodussszámnak megfelelő fiktív veszteségi ellenállás;

3. az örvényáramoknak megfelelő fiktív veszteségi ellenállás.

(A fiktív ellenállások a számított Watt-vesztéséből kaphatók meg I/J^2 beszorzásával.)

Az eddigiek alapján megszerkeszthető a kör feszültségvektor-diagramja:

J vektorával fázisban vannak az eddig felsorolt ohmikus feszültségvesztések összegben, 90° fáziskéséssel az önindukciós feszültség. Utóbbi negatív felmérésben az $J(R_h + R_v)$ vektorral megadja eredőként az E hálózati feszültség vektor helyzetét és a EJ fázisszöget.

Az önindukcióval történő feszültség szabályozás határfok szempontjából nagyon előnyös.

Az első ábra szerint a szabályozás határfoka:

$$\eta_o = \frac{r_h}{r_v + r_h},$$

mert az önindukciós feszültség fenntartása nem fogyaszt wattot. Ha tisztán előtétellenállással akarnók elemészteni a felesleges feszültséget, a határfok:

$$\eta_\Omega = \frac{r_h}{r_e + r_h},$$

ahol $r_e \gg r_v$, tehát a határfok lényegesen rosszabb, különösen, ha $r_h \ll r_e$ értékénél.

A vektor-diagramm alapján két gyakorlati eset könnyen kiszámítható:

1. adott áramerősség menjen keresztül adott hasznos fogyasztón át, adott kapocsfeszültség mellett.

2. Adott feszültségosztást végezni a hasznos fogyasztó és a fojtótekercs közt.

A számításokban akár csúcs (vektor) értékekkel, akár effektív $\left(\frac{\text{csúcs}}{\sqrt{2}}\right)$ értékekkel lehet dolgozni, de következetesen. Célszerűségi szempontokból effektív értékekkel fogok számolni.

ad 1. Elhanyagolható r_v mellett egyszerű a számítás:

A kör impedanciája

$$Z = \frac{E}{J} = \sqrt{R_h^2 + \omega^2 L^2},$$

azaz

$$\omega L = \sqrt{Z^2 - R_h^2},$$

ebből adott hálózati frekvencia (ν) mellett:

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R_h^2}}{2\pi\nu};$$

Ha R_v nem hanyagolható el, úgy a megoldás bonyolultabb.

Segítségül vesszük azt a tényt, hogy az $R_v J$ feszültségveszteségre megengedünk a hálózati feszültségből α hányadot, tehát $R_v = \frac{\alpha E}{J} = \alpha Z$.

Ily módon leolvasható a vektordiagramm és előbbi képletünk alapján, hogy

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - (\alpha Z + R_h)^2}}{2\pi\nu}$$

Utólag a kész tekercsnél ellenőrizzük az α értékének helyességét. Ha α tényleges $< \alpha$ felvett, úgy az áramerősség valamivel nagyobb lesz és a fázisszög is növekszik; ellenkező esetben az áramerősség és a fázisszög csökken. Túlságos nagy eltérésnél célszerű a számítást a tényleges értékkel megismételni.

Gyakorlati eseteknél $\alpha = 0.05-0.25$ értékek közt vehető fel.

ad 2. A vektor-diagrammból leolvasható, hogy

$$\frac{E_h + E_v}{E} = \cos \varphi; \text{ ha ismét } E_v = J R_v = \alpha E, \text{ úgy } \frac{E_h}{E} + \alpha = \cos \varphi;$$

az $\frac{E_h}{E}$ épp az adott feszültségmegosztás, úgy $\varphi = \arccos\left(\frac{E_h}{E} + \alpha\right)$

Ebből kiszámítható, hogy

$$J = \frac{E(\cos \varphi - \alpha)}{R_h}, \quad Z = \frac{E}{J}, \quad \text{és} \quad L = \frac{(R_h + \alpha Z) \operatorname{tg} \varphi}{2\pi\nu}$$

Az önindukció érték kiszámítása után áttérhetünk a fojtótekercs méretezésére.

Teljesen zárt vasmag esetén, sűrű csévélést feltételezve, a tekercs önindukciója henryben

$$L = \mu \frac{1.257 \cdot n^2 \cdot q}{l} \cdot 10^{-9},$$

ahol l a zárt vasmag középvonala cm-ben, q az egyenletes effektív vas keresztmetszet területe cm^2 -ben, n a felcsévélt menetek száma, μ a maximálisan elért mágneses indukció vonalsűrűségnek (B) megfelelő közepes permeabilitás érték.

Az önindukciós tekercs két sarkán keletkező önindukciós feszültséget ismerjük: $E_s = J\omega L$ és ezt

$$\Phi = B q = \frac{E_s}{4.44 \cdot v \cdot n} \cdot 10^8$$

Maxwell mágneses fluxus tartja fent.

A közelítő méretezés menete a következő:

A q értékét kifejezzük úgy az önindukció képletéből, mint a mágneses fluxus összefüggéséből

$$q = \frac{L \cdot l \cdot 10^9}{\mu \cdot 1.257 \cdot n^2} = \frac{J \cdot 2\pi \cdot v \cdot L \cdot 10^8}{4.44 \cdot v \cdot n B}$$

megfelelő rövidítések után nyerjük az 1 cm-re szükséges menetek számát:

$$\frac{n}{l} = \frac{5.6 \cdot B}{\mu J}$$

B és μ értéke táblázatból veendő. Jelöljük a számított értéket c -vel,

így $l = \frac{n}{c}$; ezt az értéket az önindukció képletébe helyettesítve, a menetszám nagysága:

$$n = \frac{L \cdot 10^9}{\mu \cdot 1.257 \cdot q \cdot c}$$

A keresztmetszet felvételével úgy n , mint l értéke kiszámítható.

Ezután a fluxus képletéből ellenőrizzük a B nagyságát

$$B = \frac{E_s}{4.44 \cdot v \cdot n \cdot q} \cdot 10^8$$

a felvett értéktől kis eltérés esetén nem számítjuk át mégegyszer, nagyobb eltérés esetén közbeeső értékkel új számítást végzünk.

Példa: 100 voltos 50 ~ hálózatra 15 Ω -os hasznos fogyasztót kapcsolunk, melyet $J = 0.5$ Amp. árammal akarunk terhelni. Méretezendő a teljes berendezés.

Az impedancia $Z = \frac{100}{0.5} = 200 \Omega$; $\alpha = 0.10$ értékre felvéve

$$L = \frac{\sqrt{200^2 - (20 + 15)^2}}{314} = 0.63 \text{ Henry}$$

A kapcsolás hatásfoka $\eta = \frac{15}{35} = 43\%$, tehát kb. annyi wattot

emészt a szabályozó fojtótekercs, mint a hasznos fogyasztó.

Ha csak ellenállással szabályoznók az áramerősséget, 185Ω volna a hasznos ellenállás elé kapcsolandó előtét, a kapcsolás hatásfoka

$$\eta = \frac{15}{200} = 7.5\%$$

lenne, azaz a szabályozó a hasznos terhelés több, mint 12-szeresét venné magára.

A fojtótekercses szabályozásnak ott van jelentősége, ahol nem akarunk se áttételi, se autotranszformátort használni, tehát nem célszerű a fokozatos feszültségszabályozás, hanem folytonos szabályozást akarunk alkalmazni. Ily esetben vagy a vasmagot húzzuk ki lassan a tekercsből, vagy a fojtótekercset két tekercsfélből állítjuk elő (mint pl. a fáziscsévélésű indukciós motorok) és a két mágneset azonos vagy ellenkező, vagy közbeeső fázisban engedjük egymásra működtetni. Ezek az ú. n. forgó transzformátorok. (Ugyanezt az elvet lehet megtalálni a vevőkészülékek variométereinél is.)

Ezekután hogyan történik a fent kiszámított értékű tekercs méretezése?

Mindenekelőtt ismernünk kell a vasmag mágnesezési görbét. Ezt vagy megadja a szállító cég, vagy magunknak kell felvenni megfelelő méréssel, vagy a minden elektromos kézikönyvben található mágnesezési görbékre támaszkodunk.

Felvesszük B értékét 6000 Gaussra, közepes permeabilitást a mágnesezési görbe szerint $\mu = 2000$ egys.-re, a vaskeresztmetszetet 6 cm^2 -re.

Itt megjegyzem, hogy a ma használatos lemezes, erősen aláosztott vasmagoknál nem szabad a mértani keresztmetszetet felvenni, mert az egyes lemezek közti szigetelőanyag is sok helyet foglal el. Ezért a készítési mód szerint $0.85 \sim 0.95$ -ig terjedő hasznosítási vaskeresztmetszet tényezőt kell figyelembe venni. Fenti értéknek tehát 0.85 tényező mellett $\sim 7 \text{ cm}^2$ -es mértani keresztmetszet felel meg.

A felvett adatokkal

$$\frac{n}{l} = \frac{5.6 \cdot 6000}{2000 \cdot 0.5} \approx 33,$$

a menetszám

$$n = \frac{0.63 \cdot 10^9}{2000 \cdot 1.252 \cdot 6 \cdot 33} \approx 1250;$$

a teljes vasmag középvonalhossz

$$l = \frac{1250}{33} = 38 \text{ cm.}$$

Ellenőrizzük az önindukció értékét

$$L = 2000 \cdot \frac{1'257 \cdot 1250^{-2} \cdot 6}{38} \cdot 10^{-9} \approx 0'62 \text{ (1.8\% hiba)}$$

a mágneses indukció értékét:

$$B = \frac{0'5 \cdot 314 \cdot 0'63}{4'44 \cdot 50 \cdot 1250 \cdot 6} \cdot 10^8 \approx 5950 \text{ (0.8\% hiba)}$$

Ezek után ellenőrizzük az $\alpha = 0.1$ felvétel helyességét. Ez összesen $R_v = 20 \Omega = R_{\Omega} + R_{hy} + R_{\text{örv}}$ részekből adódik ki.

Először kiszámítjuk a hysztérezis és örvényáramú veszteségnek megfelelő fiktív ellenállásokat, a fennmaradó ellenállásértékre fogjuk venni a tekercs ohmikus ellenállását.

Hysztérezis veszteség:

$$N_{hy} = 6'31 \cdot \eta \left(\frac{B}{1000} \right)^{1.6} \cdot v \cdot K,$$

ahol $\eta = 0.0007 - 0.002$ értékig ötvözet szerint, K a vasmagköbtartalom dm^3 -ben, példánkban $K = \frac{6 \cdot 38}{1000} = 0.22 \text{ dm}^3$.

$$N_{hy} = 6'31 \cdot 0'001 \cdot 6^{1.6} \cdot 50 \cdot 0'22 \approx 1'1 \text{ watt.}$$

Az örvényáramú veszteség:

$$N_{\text{ö}} = \epsilon \left(\frac{b}{0'5} \cdot \frac{v}{10} \cdot \frac{B}{1000} \right)^2 K,$$

ahol $\epsilon = 0.001 - 0.005$ értékig ötvözet szerint, b az egyes lemezek vastagsága m/m -ben.

$$N_{\text{ö}} = 0'002 \left(\frac{0'5}{0'5} \cdot \frac{50}{10} \cdot 6 \right)^2 \cdot 0'22 \approx 0'4 \text{ watt.}$$

Összes vasveszteség 1.5 watt, ami

$$R_{hy} + R_{\text{örv}} = \frac{N_{\text{ö}} + N_{hy}}{J^2} = \frac{1'5}{0'25} = 6 \Omega.$$

fiktív ellenállásnak felel meg.

Marad tehát a tekercs ohmikus ellenállására $R_r = 14 \Omega$.

A felvett keresztmetszet és vasmaghossz mellett megállapítható, hogy legfeljebb 23 cm. lehet egy menet közepes hossza. A vezetőképességet $\sigma = 50$ egységre felvéve, a rézkeresztmetszet

$$q = \frac{n l_0}{\sigma \cdot R} = \frac{1250 \cdot 0'23}{50 \cdot 14} \approx 0'4 \text{ mm}^2.$$

Az áramsűrűség $s = \frac{0.5}{0.4} = 1.25 \text{ Amp m/m}^2$, ami teljes biztonságot nyújt. (Vör. réznél S megengedhető $= 3.5 \text{ Amp. m/m}^2$).

A keresztmetszetet $0.7 \text{ m/m } \varnothing$ huzal adja ki, mely kettős pamut-szigeteléssel 1.0 m/m -re vehető bruttó átmérőben. A csévéléshez 1250 m/m^2 helyre van szükség, rendelkezésre áll 4200 m/m^2 , tehát a csévé kenyelmesen elfér.

Az összes wattvesztés 5 watt , számítható hűtőfelület közel 7 dm^2 , tehát a még megengedhető 3.5 watt/dm^2 érték helyett csak 0.7 W/dm^2 a hűtőfelület megterhelése.*)

Az önindukció értéke kihúzott vasmag esetén

$$L_o = \frac{L_{\text{vas}}}{\mu} = \frac{0.63}{2000} = 0.000315 \text{ Henry.}$$

Ez azt jelenti, hogy ha mást nem változtatok a körben, az áramerősség felemelkedik

$$J = \frac{100}{\sqrt{(14 + 15)^2 + 314^2 \cdot 0.000315^2}} = 3.45 \text{ Amperre.}$$

Ez azt jelenti, hogy a vasmag beállításával előálló légrés csökkenti az önindukció nagyságát, tehát az áramerősség nő. A szabályozás folytonos, tehát a vasmag csavarmenettel történő elmozdítása teljesen finom szabályozást enged meg. Ha eredetileg is ez volt a célunk, úgy a tekercs rézkörmetszetét a legnagyobb használandó áramerősség szerint kell méretezni és e szerint kell a hűtést is számítani.

A vasmagot nem kell újra átszámítani ilyen esetben veszteség szempontjából, mert itt az a kedvezőtlen eset, mikor a vasmag zárt: a mágneses indukció nagy.

b) Elektromágnes tisztán egyenáramú körben:

Tisztán egyenáramú körben, főleg, mint bizonyos munkák végzésére alkalmas elektromágnesek szerepelnek a vasmagos tekercsek.

Ilyszerű elrendezések a mágneses relék, az emelő elektromágnesek, a fékmágnesek stb.

A hatásos működése két ténytől függ:

1. Elég ampermenet áll-e rendelkezésre, hogy a megkívánt húzóerőt a légrésen át is kifejtse?

2. Mily nagy a relé időállandója $\left(\tau = \frac{L}{R} \right)$, nem összemérhető-e a végzendő munkaperiódus időtartamával?

Az esetek legtöbbszörében az időállandót nem kell túlságosan megfontolni, pár tized-, vagy századmásodperc nem játszik szerepet több másodperces munkaperiódusnál. De ha a munkaperiódus összemérhető az időállandóval, az elektromágnes megbízhatósága megszűnik.

A nyugalmi állásban levő légrés kedvezően befolyásolja az időállandót: az önindukció csökken. Viszont nem szabad használni nagy remanenciával rendelkező vasanyagot, mert ily esetben szintén megbiz-

*) A kiszámított vasmag felrajzolását négyzetes alak és keresztmetszetek mellett az olvasóra bízom helymegtakarítás végett.

hatatlanná válik az elektromágnes működése. Az elektromágnes hordereje:

$$G = 4 \cdot 10^{-5} \frac{\Phi^2}{F} \text{ gramm,}$$

ahol F az elektromágnes saruinak összes felülete cm^2 -ben, Φ a rendszeren átfolyó mágneses fluxus a horgony oly helyzetében, melynél a munkát megindítjuk.

Minden kézikönyvben megtalálható, hogy a fluxus (mágneses Ohm-törvény):

$$\Phi = \frac{1'257. \text{ n. i.}}{\sum \frac{l}{\mu q}} = \frac{\text{magnetomotoros erő}}{\text{összes mágneskör ellenállás}}$$

Ebből a kifejezésből és a szükséges fluxus ismeretéből a szükséges ampermenet kiszámítható.

Az ohmikus wattveszteség kellő lesugárzására fokozott gondot kell fordítani, mert rendszerint a teljes feszültséget kapcsoljuk az elektromágnesre, hacsak nem alkot egyéb szerkezettel soros rendszert.

Mint szerkesztési műfogást megemlítem: ha kis feszültség áll rendelkezésre és nem akarjuk a csévét túlságosan vastag vezetékből csévélni, úgy több, egymással párhuzamosan kapcsolt, vékony huzallal készített cséverésszel is elérhető a szükséges ampermenetszám. Ennek a rendszernek előnye, hogy más alkalmazási helyen, nagyobb feszültség esetén a tekercsrészek sorba kapcsolhatók, közel változatlan ampermenetszám mellett.*)

C) Vegyes áramkörbe kapcsolt fojtótekerccs.

A modern elektrotechnikában rendkívül nagy tért foglaltak legkülönbözőbb célokra az egyenirányító berendezések: higanygőzátalakítók vasut-, akkumulátor-töltés céljaira, elektroncsöves egyenirányítók rádió-vétel és -adás céljaira, fémegyenirányítók, mindoly helyeken tehát, ahol egyenáramra van szükség és váltakozó feszültség áll rendelkezésre. Sok esetben zavart okoz, hogy az egyenirányítás után pulzáló egyenáramot nyerünk, pl. ha rádió adó- v. vevőberendezések anódáramát egyenirányítókból fedezzük.

A pulzálás megszüntetésére felső határfrekvenciával rendelkező szűrőkört használunk (l. 2. ábra). A szűrőkör lehet egytagú — mint az ábra, — de lehet több egyforma láncszemet is egymás után kapcsolni, mikor is a szűrőhatás emelkedik.

Tökéletes egyenirányító (csak egyirányú áramlás) után kapcsolt π szűrőkörnek hármas feladata van:

1. A fogyasztó részére a pulzáló áramból egyenáramú komponenszt készíteni, ebből következőleg:

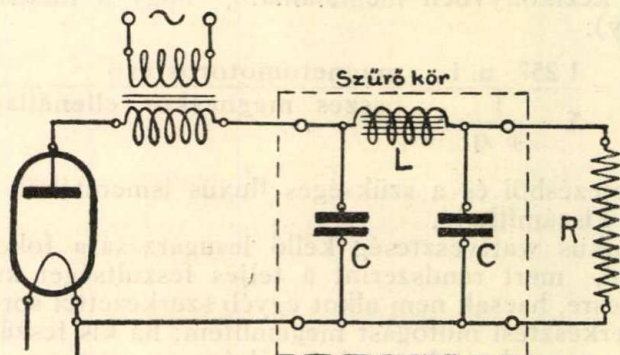
2. A szűrőkör felső határfrekvenciájától kezdve a nagyobb frekvenciákat erősen csillapítani.

*) Tekintettel arra, hogy egyenáramú elektromágneseknek nagy az irodalma, nem foglalkozom e kérdéssel behatóbban; csak a teljesség kedvéért írtam róla Szerző.

3. A fogyasztó felé eső kondenzátor kis belső ellenállású áramforrást jelent a fogyasztó (adó v. vevő) áram ingadoztatásai részére.

Az egyes feladatokat csak annyiban érintem, amennyire az a szűrőkörben szereplő fojtótekercek méretezéséhez szükséges.

Dinamók után használatos szűrőköröknél az egyenáramú komponens mindig jelen van, csak a kommutálás miatt keletkező váltakozóáramú komponenst kell kiszűrni. Itt a szűrés-effektus elérése végett mindig terhelni kell a szűrőkört.



2. ábra.

A szűrőkörök elméletéből* ismeretes, hogy a szűrőkör kezdeti (J_o) végső áramerőssége (J_n) közti összefüggés reflexiomentes energiatovábbításnál n tagú szűrőkör esetén

$$\left| \frac{J_o}{J_n} \right| = e^{n\beta},$$

ahol s egy láncszem csillapítási tényezője. A csillapítás értékét

$$\cos. \text{ hip. } \beta = \frac{1 - 2 \left(\frac{\omega}{\omega_o} \right)^2}{\cos \alpha}$$

kifejezés abszolút értéke határozza meg, ahol ω a szűrőkörre kényszerített frekvencia, ω_o egy láncszem rezonancia-frekvenciája, α a láncszem szögmenyisége (Winkelmass), ami első megközelítésben $= 0$, azaz $\cos \alpha = 1$.

A fenti összefüggés alapján látható, amíg $\omega < \omega_o$ addig β értéke $= 0$, tehát csillapítás nélkül haladhatnak mindazok a frekvenciák át a szűrőkörön, melyek frekvenciája kisebb, mint a kör önfrekvenciája. Az önfrekvencia kiszámításánál a két kondenzátor sorbakapcsoltnak számít.

$$\omega = \omega_o = \frac{1}{\sqrt{L \cdot \frac{C}{2}}}$$

*) K. W. Wagner: Kettenleiter. Arch. f. Elektrotechnik 8. köt. 61. old. (1919).

értéktől felfelé a β értéke rohamosan növekszik a fenti tört abszolút értéke után számított arc. cos. hiperb. függvény szerint, amit nagyon jó megközelítéssel

$$\omega \gg \omega_0 \text{ esetén} \quad \beta = \log. \text{ nat } 4 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \quad \text{vagy} \quad e^\beta = 4 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2$$

összefüggésből számíthatunk.

Az e^β értékét nevezzük a szűrés jóságának.

Ha a szűrőkör n láncszemből áll és reflexió nélküli, úgy a szűrés jósága $= e^{n\beta}$.

Ez más szóval azt jelenti, hogy elérhető ugyanaz a szűrési jóság kisebb β értékkel több láncszemmel, vagy nagy β értékkel és kevés láncszemmel. Annak eldöntése, hogy több láncszem legyen, vagy kevesebb, a feladattól függ: kivihető-e a megoldás 1 taggal úgy, hogy az elkészítendő kondenzátorok és önindukciós tekercs normális szerkezeti méretűek legyenek, vagy célszerűbb lenne több tagból készíteni, nem sányli-e meg a fogyasztó az utolsó kondenzátor kisebb kapacitását?

A β csillapítás megválasztása az elérendő feladattól függ. Adóknál és erősítőknél, rácselektromosság-szűrőknél $\beta = 8 \sim 10$, ennek megfelelő $\frac{\omega}{\omega_0} = 28 \sim 70$, vevőknél anódfeszültség céljaira $\beta = 6 \sim 8$, megfelelő $\frac{\omega}{\omega_0} 10 \sim 28$, izzítóköröknél nagy hőkapacitású szálaknál (nagy

adólámpák v. indirekt izzítás) $\beta = 4 \sim 6$ megfelelő $\frac{\omega}{\omega_0} \cong 3.5 \sim 10$ érték.

Ha ismerjük tehát a tápláló áramforrás után előálló legmélyebb frekvenciát, fenti adatok birtokában megállapítható a szűrőkör önfrekvenciája is. A felső harmonikusokra a β értéke még nagyobb lesz.

Az előálló legmélyebb hang egyenirányítóknál v hálózati frekvencia esetén:

Egy fázis, fél periódus egyenirányító után	= 50 = ν
Egy fázis, teljes „ „ „	= 100 = 2ν
Három fázis, fél „ „ „	= 150 = 3ν
Három fázis, teljes „ „ „	= 300 = 6ν
Hat fázis, fél „ „ „	= 300 = 6ν

Dinamók után n percenkénti fordulat és p kollektorszelet esetén

$$\omega = \frac{n p}{60} \cdot 2\pi$$

a számításba veendő körfrekvencia.

Az ω számított értéke és a cél szerint felvett β érték meghatározza ω_0 értékét

$$\omega_0 = 2\omega \cdot e^{\frac{-\beta}{2}}$$

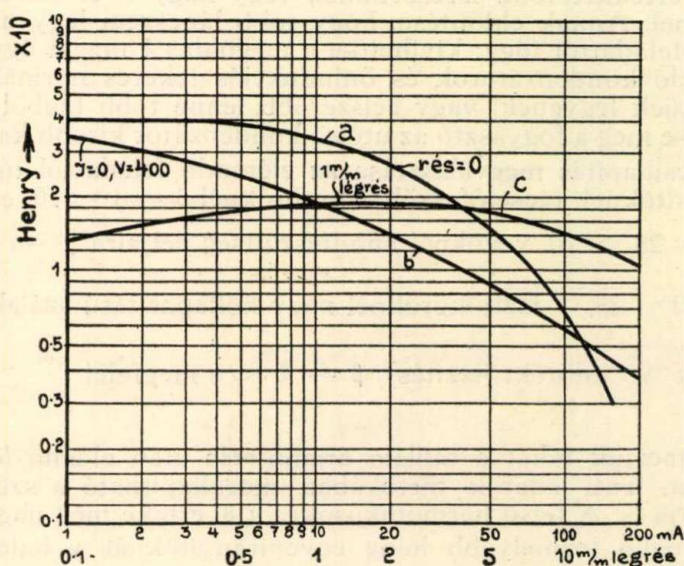
ezt továbbá egyenlővé tesszük a rezonancia-frekvenciával

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \frac{C}{2}}} ;$$

a C megválasztása előnyösebb, mert ezzel előre beállíthatunk magunknak a kedvező, utolsó kapacitás-értéket. Így az L értéke kiszámítható:

$$L = \frac{2}{\omega_0^2 C} \text{ Henry,}$$

ha C értéke Faradban van véve.



3. ábra.

Következik a számított L önindukciós tekercs méretezése. Ha nem folynék a szűrőkörön át egyenáram is, a méretezés az a) fejezet szerint volna megoldandó. Az egyenáramú komponens azonban szintén készít a vasmagban mágneses fluxust, mely már kis áramerősségnél is elérheti a telítettséget. Az egyenáramú komponensre adott váltakozó áramú komponens csak úgy tud erővonalszám-ingadozást létesíteni, és így a váltakozó áramokkal szemben a tekercs csak akkor képviseli a számított önindukció-értéket, ha a reverzibilis permeabilitás*) értéke nagymértékben különbözik a 0-tól. Telítettség esetén azonban a $\mu_{rev} \cong 0$, tehát a számítottnál lényegesen kisebb önindukció-érték szerepel a szűrőkörben mint effektív önindukció. Ezen

*) A klasszikus elektrotechnikában (Maxwell) ennek nagyságát a mágnesezési görbe illető pontjának érintője $\left(\frac{dB}{dH}\right)$ szabja meg. Újabb kutatások kisebb értéket állapítottak meg. Következtetéseimet ez nem befolyásolja lényegesen.

csak úgy lehet segíteni, hogy a vasmagot felhasítjuk és légrést iktatunk be. Így az egyenáramú mágneses fluxust csökkentjük, a reversibilis permeabilitás értéke előnyösen emelkedik. Bizonyos — számítható, — légrésnél a váltakozó áramú önindukció megadott és számításba vett egyenáramú terhelésig közel állandó.

Az elmondottakat a 3. ábrán szemléltetem. Az *a*) görbe légrés nélküli fojtótekercs, melyet 1—160 mA egyenárammal terheltem, közben a váltakozóáramú önindukciója 40 Henryről lecsökkent 3 Henryre (7.5%-ra). A *b*) görbe ugyanannak a tekercsnek váltakozóáramú önindukciója egyenáramú terhelés nélkül 0.1—20 mm-ig változtatott légrés mellett. A *c*) görbe mutatja az egyenáramtól (1—200 mA) átjárt tekercs váltakozóáramú önindukcióját 1 mm légrés mellett. Jól ki-vehető, hogy a *b*) és *c*) görbe egymást 1 mm légrésnél, ill. 10 mA egyenáramú terhelésnél metszik, továbbá 20~50 mA egyenáramú terhelésnél éri el a reversibilis permeabilitás legkedvezőbb értékeit, tehát ott, ahol teljesen zárt vasmag esetén a váltakozóáramú önindukció már erőteljesen csökken. Igaz, hogy légréssel a váltakozóáramú önindukció sohasé éri el a 40 Henry értéket, de ezzel szemben a megadott egyenáramú terhelésen belül értéke csak 20%-kal ingadozik. Ha ezt a tényt előre számításba vesszük, nem érhetnek az *a*) görbe szerinti meglepetések.

Alábbi számítási gondolatmenet nagyon jó megközelítéssel követi az eddig elmondottakat. Az önindukciós feszültség, mint ismeretes

$$e_s = -n \frac{d\Phi}{dt},$$

ahol *n* a tekercs menetszáma és a differenciál-hányados jelenti a mágneses fluxus változásának sebességét. Ha *e* kifejezésbe a mágneses fluxus jól ismert értékét helyettesítjük:

$$e_s = - \frac{1'257 \cdot n^2}{\sum \frac{1}{\mu q}} \cdot \frac{di}{dt} = -L \frac{di}{dt},$$

ha feltesszük, hogy az önindukció *i* értékétől független. Ezt közelítő számításoknál légréssel rendelkező tekercsnél — mint láttuk — feltételezhetjük. A $\sum \frac{1}{\mu q}$ kifejezés pedig $\frac{l_0}{q}$ értékre redukálódik (l_0 = légrés),

ha meggondoljuk, hogy 2 mm légrés 4 méter hasonló keresztmetszetű vasmagvonalhossznak felel meg, $\mu = 2000$ permeabilitás mellett.

$$\text{Az } L = \frac{1'257 \cdot n^2 \cdot q}{l_0} 10^{-9} \text{ és } \Phi = B_{\max} \cdot q = \frac{1'257 \cdot n \cdot i_0 \cdot q}{l_0}$$

kifejezésekből megfelelő átalakítás után a menetszám

$$n = \frac{L \cdot i_0 \cdot 10^9}{B_{\max} \cdot q}$$

és a légrés hossza

$$l_0 = \frac{1.257 \cdot n \cdot i_0}{B_{\max}}$$

az *L* értéke ismeretes; i_0 , az egyenáramú komponens adott, $B_{\max}$ úgy veendő fel a mágnesezési görbéből, hogy azon a helyen lehetőleg még

meredek legyen az érintő (könyökérték kb. $\frac{2}{3} \sim \frac{3}{4}$ részében), a q keresztmetszet érték szerint vehető fel. Túlságosan kis keresztmetszetnél olyan nagy menetszám adódik, hogy úgyszólván nagyobb keresztmetszet felvételére kell áttérni. *)

(Folytatjuk.)

KÜLFÖLDI SZEMLE.

Revue étrangère.

Az első pupinozott zeneátviteli kábel Oroszországban. Az első ilyen kábel 38 km hosszú és az új, 70 Kw-os adónak a moszkvai stúdióval való összekötésére szolgál. Az adó Cselkovóban épült. Az új kábelt a Siemens & Halske cég építette és szinte pontos hasonmása a mi lakihegyi zeneátviteli kábelünknek. Az orosz kábel két, fémfóliával elektrosztatikusan árnyékolt zeneközvetítő érpárral bír, ezeknek érvastagsága 1.4 mm. Van ezenkívül három érpár, 0.9 mm. átmérőjű erekkel a szolgálati berendezések lebonnyolítására. (A lakihegyi kábelben négy ilyen érpár van). A zeneátviteli érpárok kb. 1 km távolságokban speciális zeneátviteli célokra készült igen könnyű pupinozással terhelve vannak. A csévék önindukciója 15.5 m Hy. (A lakihegyi csévetávolság 1015 m., a csévék öio-ja azonos az oroszsal.) Az orosz kábel torzítatlanul visz át 150–9000 Hz frekvenciasávot. (A lakihegyi kábel határfrekvenciája 13.000 Hz, alsó határa pedig 80 Hz.) A moszkvai kábel kilométerikus csillapítása 5000 Hz-nél 0.02 néper. Az egész kábelvonalra nézve az 1000 és 10.000 Hz. frekvenciák csillapításának különbsége ($b_{10.000} - b_{1000}$) 0.33 néper.

A két zeneátviteli érpár közti áthaladási csillapítás 14.5 néper, a zeneérpár és valamely telefonérpár közt pedig 14.3 néper. Minden ér látszólagos ellenállásának a földdel szemben való különbsége, az ú. n. zavartatási szimmetriátlanság kisebb mint 6.02%, úgy hogy a szomszédos közúti (egyenáramú) vasutakból jövő befolyásolás nem érezhető. (Ezek az adatok kb. ugyanilyenek a mi kábelünkre nézve is. (Siemens Ztschr. 1930. 10 f., 459. l.)

Katódporlasztású fémrétegek vezetőképessége. Ujabban Perucca E. vizsgálta ezeket a fémrétegeket, mégpedig a lecsapódás időtartamának függvényében és így egészen 10^{14} ohm ellenállást volt képes meghatározni. Megállapította, hogy állandó értékű fémmellenállások készíthetők ily módon platínából és aranyból kvarcon

10^{10} – 10^{12} ohm értékben 70 V. feszültségre. A fémréteg vezetőképessége szigorúan követte az Ohm-féle törvényt, ellenelektromotoros erőt egyáltalán nem lehetett kimutatni, tehát a vezetés tisztán fémes természetű, nem elektrolit. A feszültségcsés az egész réteg mentén egyenletesen oszlott el. A hőmérsékleti együttható kvarcon vagy üvegen levő vékony platina-rétegeknél erősen negatív, aranyrétegeknél ellenben gyakorlatilag nulla volt. (Am. d. Phys. 1930., 253. l.)

A svéd állami táviró-távbeszélő vezetőség a kormánytól három új hírszóróadó felállítására kért hitelt. Az új adók néhány régi adó pótlására szolgálnának. Úgy tervezik, hogy az új adókat a 231 m. svéd hullámhosszon működtetik. Azt is tervezik, hogy az ország 23 reléállomása közül csaknem valamennyit egymásután pótolni fogják. Az új adók teljesen új rendszerűek lesznek, nem használnak mozgó gépi berendezést bennük. Hogy a folyó üzemi kiadásokat csökkentse üzemük automatikus, vagy félautomatikus lesz. Az antennateljesítmény mindegyiknél 330 W. (E. u. M. 1930. nov., 360 l.)

A nedvesség befolyása a távbeszélő központokra. Nemcsak a túlságosan nedves, hanem a túlságosan száraz levegőjű helyiségek is károsak a választóberendezésekre a svájci posta megállapítása szerint. A túlságosan száraz helyiségben a beszédátvitelnek a gépzaj hallható. Rendszeres vizsgálattal megállapítható volt, hogy a gépzörej oka a nedvesség hiányával egyidejűleg a kontaktusok tisztátlansága volt. A magyarázat erre nézve az volt, hogy a mozgásban lévő választóberendezés kissé rezeg. Az említett kedvezőtlen viszonyok közt így a kontaktusokban ellenállásváltozások lépnek fel, amelyek mint zörgés hallható a beszélgetésre kapcsolt áramkörökön. A zörgés nem lép fel, ha a kontaktusok érdesek és levegő eléggé nedves. (Tech. Mitt. Schweiz. T. T. 1930., 76. l.)

*) Az adott esetre vonatkozó példát helyszűke miatt következő számunkban fogjuk ismertetni.