

MAGYAR

HIRADÁSTECHNIKA



Címképünk: Kondenzátorok tekercselése. — Dékány Margit elmunkásmű. (Magyar Képszolgálat felv.)

A röntgenső áramerősségének méréséről

DR GROSZMANN GUSZTÁV

A röntgenső áramerősségét egy Deprez-D Arzon-val-féle műszerrel mérjük. Az ionos röntgenső korszakában a Deprez-egyenárammérő minden másfajta áram mérővel szemben azt az előnyt nyújtotta, hogy egyúttal mint áramirányindikátor szolgált. Sem a váltóárammal táplált röntgengépek, sem az izzókathodás (Coolidge-) röntgenső bevezetése alkalmával az árammérés módján nem változtattunk semmit, hiszen erre elvi szükség nem volt.

Az izzókathodás röntgensővön át csak egyenáram halad. Ezen áram erőssége stacionárius üzemben egyes esetekben, pl. egy Liebenow- (Greinacher-) kapcsolású kondenzátoros terápiai géppel összekapcsolt röntgenső-nél gyakorlatilag állandó nagyságú, de általában periodikusan változó. Így pl. egy négyszzelepes diagnosztikai géppel összekötött röntgenső áramerőssége a tápáram minden félperiódusában egy maximum és egy minimum (amely nagy átlagos áramerősségeknél = 0) között ingadozik (l. 5. ábrát). A csőáram egyes esetekben (3. és 8. ábra) nemcsak lüktető, hanem azonkívül periodikusan megszakított egyenáram. A Deprez-műszer az áramerősség gyors időbeli változásait lengő részének nagy tehetetlensége miatt nem bírja követni. A mérőeszköz mágneses tere által a forgó tekercsre gyakorolt (és az áramerősség pillanatnyi értékével arányos) forgási nyomatékknak csak átlagos értéke jut érvényre. A műszer az áramerősség arithmetikai középértékét méri.

Gyakran megesik az, hogy a műszeren a mérendő csőáramon kívül váltóáram halad át. Ez a Deprez-műszer adatait ugyan nem befolyásolja, de a lengő tekercset felhevíti. Szerencsére már nincsenek használatban ama röntgengépek, amelyeknél a röntgentranszformátor¹ szekundér feszültségének egyenirányítása mechanikailag történt. A mechanikai magasfeszültségű egyenirányító voltaképpen egy a röntgentranszformátor szekundér sarkai és a röntgenső közé kapcsolt kettős szikraközt képezett. Befolyása alatt a (kapacitásokat és önindukciót tartalmazó) magasfeszültségű körben nagy frekvenciás.

¹ Röntgentranszformátornak nevezzük a röntgengép főtranszformátorát, azaz a röntgensövet tápláló, magasfeszültségű és nagyteljesítményű transzformátort.

The first part of the article deals with the requirements for X-ray tube current measurement, and electrical quantity measurement. The seemingly trivial task of current measurement raises a number of problems, and becomes in the case of the modern „touchable“ apparatus, with its earthed screening (apart from the simple half-wave apparatus). In the case of these tubes, the current measuring apparatus is connected in an earthed part of the H. T. circuit. With the ammeter in this position, stray capacity currents are also registered, which disturb, and in the case of the small apparatus, make useless, the measurements. In the case of the machines discussed, a circuit may be used which eliminates these effects completely — except with the Villard type circuit, — where they are much reduced. The variation with time of the current flowing through the ammeter, from which capacity currents have thus been excluded, sometimes differs considerably from that of the tube current to be measured. But this does not effect measurement, because we record the arithmetical mean current.

több száz mA erősségű áram jött létre. Ennek egy része eljutott a csőárammérőhöz és ennek lengő tekercsét nagymértékben veszélyeztette. Megvédése céljából egy kondenzátort kapcsoltunk parallel a Deprez-műszerhez. Egy ilyen védőkondenzátor alkalmazása szelepes röntgengépek esetében is ajánlatos, tekintettel arra, hogy ezek szekundér körében bizonyos üzemzavarok esetében magasfrekvenciájú rezgések felléphetnek.

A Deprez-műszer lengő tekercse tudvalevőleg vékony alumíniumkeretre van feltekercselve. Ez azt a célt szolgálja, hogy a benne a műszer mágneses tereiben végrehajtott forgása közben indukált örvényáramok a lengőtekercs mozgását csillapítsák. Minél erősebb a csillapítás, annál hosszabb a forgó rész kilengésének tartama és annál kisebb a lengések száma, amelyeket a forgórész végez, mielőtt az áthaladó áram $\bar{i}_r$ átlagos erősségének megfelelő egyensúlyhelyzetbe kerül. A mérés gyors lebonyolítása érdekében olymértékű csillapítás kívánatos, hogy a forgó rész legfeljebb két félengés megtörténtével egyensúlyhelyzetébe jusson. Ha a csillapítás gyengébb-fokú, akkor a mutató beigazodási időtartama túlhosszúvá válik és a műszer az átlagos áramerősség minden változására heves lengésekkel válaszol. Túlerős csillapítás sem kívánatos, mert akkor a mutató „mászik”. Egy jól csillapított csőárammérő mutatója 0,8—1,2 mp alatt beigazodódik. Egy ilyen műszer tehát áramerősségmérésre csak oly esetekben használható, ahol az üzemtartam (a felvételi üzemben az expozíciós-idő) 8,0—1,2 mp-et túlhaladja. Más szóval az árammérő csak az átvilágítási és terápiai üzemben, továbbá hosszútartamú felvételeknél használható, de a felvételi üzemben általában véve hasznavehetetlen.

Régebben úgy vélték, hogy a beigazodási időtartamot azáltal megrövidíthetjük, hogy a műszer mutatóját a mérés végrehajtása előtt 0-állásából mechanikailag (egy „beállító” segítségével) elöretoljuk és egy I_c értékre beállítjuk, amely a mérendő, már előbb hozzávetőleg megállapított $\bar{i}_r$ áramerősség 9—9,5 tizedét teszi ki. A műszer előreforgatott lengő részének az áram bekapcsolásánál csak kis kilengést kell végrehajtani. A mutató

előretolásának gyakorlati értékét túlbecsülték. Amint K. W. Müller² egy árammérőn kimutatta, amelynek mutatóját az $I_e = 0,9 \cdot \tilde{i}_r$ értékre beállította, az előreforgatott lengőrész első kilengésének időtartama a 0-ponttól kiinduló első kilengés időtartamának kb. felérését teszi ki. Ebből következik, hogy a mutató előretolása útján a beigazodási időtartamot ennek csak kb. $\frac{3}{4}$ részére rövidíthetjük és így a jól csillapított árammérőt 0,6–0,9 mp. expozíciós időnél még éppen használhatjuk. — Ugyancsak tévesnek bizonyult az a nézet, hogy az előretolt mutató a röntgengép bekapcsolásánál csak az esetben leng ki, ha a megindult csőáram átlagos erőssége $\tilde{i}_r$ a beállított I_e értékét túlhaladja. H. Chartraine³ megállapítása szerint a műszer lengő része az áram megindulásánál oly erős impulzust kap, hogy I_e -nél gyengébb áram hatása alatt is kileng. Az előretolási módszer alkalmazásánál ügyelnünk kell arra, 1. hogy I_e ne haladja túl $\tilde{i}_r$ -nek 0,9-szeresét; 2. hogy csak akkor olvassunk le, miután a mutató egyensúlyhelyzetbe került.

A mondottakból következik, hogy az optimálisan csillapított árammérő segítségével az átlagos csőáramerősséget 0,8–1,2, vagy a mutató előretolása esetében 0,6–0,9 mp-en aluli expozíciós idők esetében nem bírjuk megállapítani. Ilyen esetekben az átlagos áramerősség közvetett megállapítására vagyunk utalva. Ez úgy történik, hogy az ismertnek feltételezett Θ expozíciós időtartamban a röntgensővön áthaladt elektromosság mennyiségét,

Θ
 $\text{az } \int \tilde{i}_r dt = \tilde{i}_r \cdot \Theta$ „árammennyiséget” mérjük és ennek értékéből $\tilde{i}_r$ értékét kiszámítjuk. $\tilde{i}_r$ ily módon megállapításának pontossága első sorban Θ értékének megbízhatóságától függ.

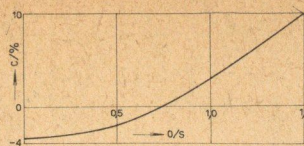
A röntgentechnika ugyan már $2\frac{1}{2}$ évtized óta rendelkezik megbízhatóan működő szinkronmotoros időautomatákkal.⁴ De Θ értékének állandóságát és kielégítő pontosságát M. Pohlmann⁵ csak úgy tudta elérni, hogy a röntgentranszformátor főkapcsolójának kormányzását nemcsak a kikapcsolásnál, hanem a bekapcsolásnál is az időautomatára hárította és kiszűzőlte, hogy a röntgentranszformátor bekapcsolása a tápfeszültség csúcsértékének elérése pillanatában, kikapcsolása a röntgentranszformátor áramának 0-pontjában történik. Így sikerült elérni, hogy Θ -nak még legkisebb értéke (0,01 mp) is $\pm 5\%$ -ra pontos.

Az árammennyiség mérése a „ballisztikus módszer” szerint történik. A mérendő elektromosság mennyiségét egy ballisztikus mérésekre alkalmas Deprez-műszeren hajtjuk át és a lengő rész első kilengését mérjük. Ezen impulzsmérés helyes eredményeket csak akkor szolgáltat, ha az elektromos áramlás időtartama igen csekély a mutató kilengésének T időtartamához képest.

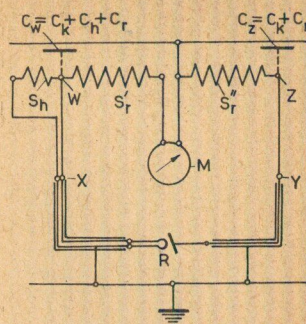
$$T = \pi \sqrt{K/D + \frac{1}{4} (p/D)^2},$$

ahol K a lengő rész tehetetlenségi nyomatékát, p a csillapítási állandó és D az elektromosmágneses erők ellenható rúgókat 1° -ú elfordulásra vonatkoztatott beállító erejét jelenti. A mérésre tehát csak oly műszer alkalmas, amelynél elsősorban K/D és másodsorban p/D lehet nagy.

Egy jó kivitelű árammennyiségmérő kilengési időtartama 12 mp. 1,5 mp-nyi expozíciós idő esetében az impulzus időtartama a mondott kilengési időtartam 12,5%-a, tehát ehhez képest oly hosszú, hogy nagy mérési hibával kell számolnunk. De ennek nagyságát



① ábra. Egy árammennyiségmérő korrekturagörbéje.



② ábra. Egy egyszerű fémhullámú gép magas feszültségű köre.¹

1) Ebben az ábrában és a továbbiakban következetesen használt megjelölések:

- $S_r' + S_r'' + S_r$ = a röntgentranszformátor szekundér tekercse; ennek a két W, Z sarkába összpontosított föld elleni kapacitása = C_r, C_r
- W, Z = a röntgentranszformátor szekundér sarkai; ezek eredő föld elleni kapacitásai = C_w, C_z
- $S_1, S_2, \dots, S_v$ = szelepek fűtőtranszformátorainak szekundér tekercsei; bármelyikük föld elleni kapacitása = $C_v (= C_h)$
- S_h = a röntgenső fűtőtranszformátorának szekundér tekercse; ennek föld elleni kapacitása = $C_h (= C_v)$
- X, Y = a gépsarkok; mindegyikük eredő föld elleni kapacitása általában = $C_k + C_h$
 ahol C_h, C_k -val szemben többnyire elhanyagolható. (Mások a viszonyok az egyszerű fémhullámú gépnél.)
- k = földelt vezető burkolattal ellátott kábel; egy kábel kapacitása = C_k
- u = a röntgentranszformátor szekundér feszültségének pillanatnyi értéke.
- u_r = az X, Y közötti gépészeti feszültség pillanatnyi értéke.

egy hitelesítési mérés útján egyszerismindenkorra megállapíthatjuk. A gyakorlatban úgy járunk el, hogy a mérőeszköz skáláját $\Theta = 0,75$ mp-re vonatkoztatjuk s azután a Θ -függvényekép megállapított mérési hibákat egy korrektúra-görbébe összefoglaljuk (1. ábra). Ennek segítségével a műszer adatait helyesbítjük. Azon árammennyiségmérő, amelyre az 1. ábra vonatkozik, $\Theta = 1,5$ mp-nél még használható. — Az impulzsméréseknél előforduló leolvasási hibák aránygy nagyok. Kisebb árammennyiségeknél ezek $\pm 5\%$ -ot könnyen kitehetnek, úgy hogy ilyen esetekben, Θ -ban rejlő (optimális körülmények között $\pm 5\%$ -ot kitevő) hibát hozzászámítva, legkedvezőbb körülmények között $\pm 10\%$ pontosságot érhetünk el.

Régi kivitelű röntgentelepeknél az árammérő egy magasfeszültségű vezetékbe lévén bekapcsolva, gyakran megesezt, hogy a műszer üvegfedele az üzemben feltöltődött, ezen töltések a műszer mutatójára elektrosztatikai erőket fejtettek ki és ezáltal méréseink teljesen megbízhatatlannokká váltak. (Ilyen zavarok elhárítására alkalmas intézkedések: az üvegfedélnek glycerinnel való bekenése; dupla üvegfedél közbenső glycerinréteggel; az üvegfedél belső felületét takaró, a műszer belső részeivel vezető összeköttetésben álló, finomszálú, nagylyukú fémháló.)

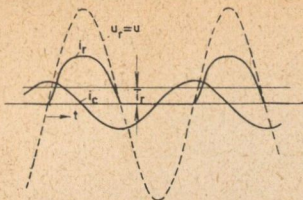
Ily nehézségek a modern, úgynevezett „érintható” röntgenkészülékeknél eleve ki vannak zárva. Ezeknek minden magasfeszültségű alkatrésze földelt fémburkolatokkal van ellátva és ennél fogva veszélytelenül érintható.

² K. W. Müller, Fortschr. Geb. Röntgenstr. 41 (1930.) 610.

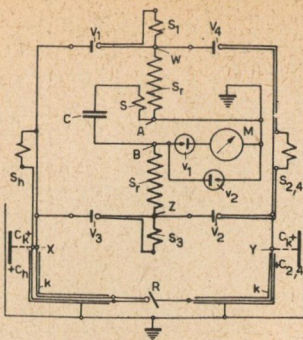
³ H. Chartraine, Fortschr. Geb. Röntgenstr. 37 (1928.) 865.

⁴ D. R. P. 391, 691. (Siemens & Halske).

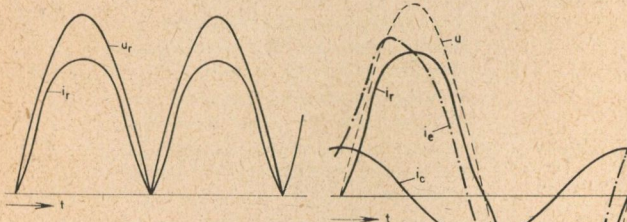
⁵ M. Pohlmann, Röntgenpraxis, 6 (1934.) 2. füzet.



③ ábra. A 2-ik ábrában feltüntetett árammérőn át haladó áramok görbéi. i_r = a röntgeneső árama; i_c = ezen áram arithmetikai középértéke; i_c = a röntgentranszformátor, a fűtőtranszformátor és a kábelek eredő kapacitási árama.



④ ábra. Egy négyszeelepes diagnosztikai röntgengép magasfeszültségű köre egy beléje kapcsolt ($M-v_1-v_2$)-árammérő berendezéssel és egy Ockenden-féle terciér körrel.



⑤ ábra. A négyszeelepes gép magasfeszültségű körének két különböző helyén haladó áramok. Felvételi üzemi: az u_r gépészeti feszültség görbéje gyakorlatilag azonos az egyenirányított u feszültség görbéjével.
a) i_r = a röntgenesővön áthaladó áram;
b) A röntgentranszformátor szekundér tekercsén át két áram halad:
 i_r = a röntgenesőnek még nem egyenirányított árama,
 i_c = az S_p , S_3 és S_3 tekercsek eredő kapacitási árama; ennek útja: W -sarkondenzátor, föld, Z -sarkondenzátor, S_p .

Ilyen telepeknél a magasfeszültségű kör egy pontja (a legtöbb esetben a röntgentranszformátor szekundér tekercsének középpontja) üzemszerűen van földelve. Így önként adódott a gondolat, hogy a röntgenesővel sorbakapcsolt árammérőt a magasfeszültségű körön belül a földelési ponthoz toljuk és a kapcsolási asztalba helyezzük.*

Ennek megfelelően a félhullámú gép M árammérőjét (2. ábra) a röntgentranszformátor két szekundér féltekercse S_p és S_r közé kapcsoljuk és az árammérő egyik sarkát földeljük. M -en azonban nemcsak a csőáram, amely egy megszakított egyenáram (3. ábra), hanem azonkívül még a röntgentranszformátor, a fűtőtranszformátor és az X , Y gépsarkoktól a röntgenesőhöz vezető kábelek eredő kapacitási árama halad át. Ezen a W és Z sarkok és a föld között fekvő gondolt és egymással a föld közvetítésével sorbakapcsolt C_W és C_Z „sarkondenzátorokon” át ömlő i_c áram váltóáram és így a Deprez-műszer adatait nem befolyásolja. Mérésünk tehát kifogástalan.

Ha az M árammérőt a négyszeelepes gép szekundér körének üzemszerűen földelt szimmetriapontjába, azaz A és B közé (4. ábra) helyezzük, már nehézséggel állunk szemben. Ezen a helyen a csőnek még nem egyenirányított i_r árama (5. ábra), tehát váltóáram halad. Ezt a mérést kivitelezés céljából egyenirányítanunk kell. M -et két v_1 , v_2 szeleppel (glim-csővel) a 4. ábrában feltüntetett

módon kapcsoljuk össze. M -en át csak minden második félperiódusban halad áram; M az átlagos csőáramerősség csak fele értékét méri. A -n és B -n át azonban még a röntgentranszformátor és a V_1 , V_2 szelepek fűtőtranszformátorainak szekundér kapacitási árama, i_c is folyik. Ezen áram a felvételi üzemi a csőárammal szemben elhanyagolható. Más a helyzet az átvilágítási üzemi. A kapacitási áramnak a röntgentranszformátor feszültségével arányos effektív intenzitása $1-1.5$ mA, tehát ugyanazon nagyságrendű, mint a csőáram átlagos erőssége. Az i_r csőáram és az ezzel szemben 90° -kal előretolt i_c kapacitási áram az i_c eredő váltóáramot (5. ábra) szolgáltatja. Miután M -en i_c -nek az egyik félhulláma folyik át, hibásan mérünk.

Ezt a mérési hibát F. E. J. Ockenden⁶ szerint úgy küszöbölhetjük ki, hogy a röntgentranszformátoron egy néhány menetből álló terciér S tekercset alkalmazunk és ezt egy vele sorbakapcsolt C kondenzátorral együtt A és B közé kapcsoljuk. Az így nyert terciér körben létesülő áram a zavaró i_c árammal fázisban megegyezik és épügy, mint i_r a röntgentranszformátor feszültségével arányos erősségű és ellenkező irányú. Az S tekercs és a C kondenzátor megfelelő méretezése útján elérhetjük, hogy a terciér áram i_c -nek a mérőberendezésre kifejtett hatását kénytelenesen paralizálja. Ily módon hibátlanul mérhetünk. K. Leistner⁷ a mondott hibát úgy küszöböl ki, hogy a zavaró kapacitási áramot a mérőeszköz áramköréből egy kapacitási körbe eltereli és így az árammérőt i_c hatásától felszabadítja. Kapcsolása elvileg azonos Ockenden kapcsolásával.

Még meg kell vizsgálnunk, vajjon a röntgengép X , Y sarkaitól az R röntgenesőhöz vezető nagykapacitású kábelek (valamint a röntgeneső fűtőtranszformátorának és a V_2 , V_4 szelepek közös fűtőtranszformátorának) C_k kapacitásai a mérést befolyásolják-e. A két egymással a földön át sorbakapcsolt C_k kapacitású kábel minden félperiódus első felében a röntgengép feszültségének csúcserősségére feltöltődik és minden félperiódus második felében kisül.⁸ A kisülési áram S -en nem haladhat át, mert a szelepek útjai állják, a kábelek csak az R röntgenesővön át süllhetnek ki. A kábelek i_k töltési áramát (6. ábra) a röntgentranszformátor szállítja; i_k áramlási iránya i_r -ével azonos; ennél fogva i_k a v_1 szelepen és M -en halad át. M tehát az első negyedperiódusban i_r -en kívül még a kábelek töltési áramát is méri. — A második negyedperiódusban a kábelek közvetlenül a röntgenesővön át kisülnek. Kisülési áramuk i_k a mérőberendezéshez nem is jut el. Ez azt a benyomást kelti, mintha M , a két negyedperiódust összevéve, egy i_r -nél nagyobb átlagos áramerősséget mérne. De ez nem felel meg a valóságnak. Miután a második negyedperiódusban a csövet részben (esetleg kizárólag) a kábelek táplálják, a röntgentranszformátor ugyanebben az időszakban a csőnek megfelelően kevesebb áramot juttat (esetleg egyáltalán nem juttat áramot, l. a 6. ábrát). Más szóval az M -en egy periódus tartama alatt áthaladó árammennyiség éppoly nagy, mint a csővön periódusonként áthaladó árammennyiség. — A mondottakból következik, hogy a „külső” kapacitások a mérést semmiképp sem befolyásolják.

A Villard-kapcsolású gépnél (7. ábra) egy nagykapacitású C, C kondenzátorpár a röntgentranszformátor szekundér tekercsével egy V szelepen át van összekapcsolva. A C kondenzátorpárnak így alkalom nyílik, hogy a röntgentranszformátor u feszültségének $\hat{U}$ csúcserősségére feltöltődjen. A töltés befejeződése pillanatában a

⁶ L. G. H. Sarsfield, Electric. Rev. 107 (1930.) 487.

⁷ D. R. P. 648, 050. (Koch & Stenzel.)

⁸ G. Groszmann, Fortschr. Geb. Röntgenstr. 48/1933/450—474 49/1934/1—31.

Ebben a munkában a röntgengépek magasfeszültségű köreiben lezajló elektromos folyamatok elmélete van lefektetve.

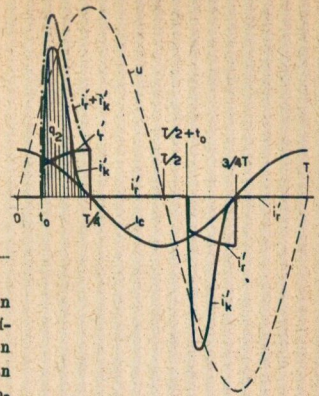
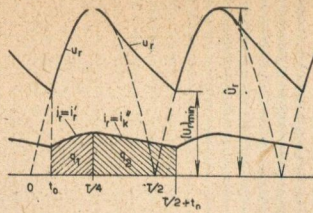
⁹ A kis betűs jelek u , i pillanatnyi értékeket, $\hat{U}$, $\hat{I}$ csúcserősségeket jelentenek.

kondenzátorpár és a röntgentranszformátor között elektromos egyensúly áll fenn, vagyis a C kondenzátorpár u_c összefeszültségének és u pillanatnyi értékének algebrai összege $u_c + u$ (ami nem egyéb, mint az X és Y közti u_r feszültség pillanatnyi értéke) $= 0$. Ha a C kondenzátorok feltöltésénél pl u -nak negatív csúcserké-nél történt, vagyis $u = -\hat{U}$, akkor $u_c = +\hat{U}$. Egy félperiódussal később, tehát azon pillanatban, amelyben $u_a + \hat{U}$ értéket eléri, $u_r (=u_c + u)$ értéke $= \hat{U} + \hat{U} = 2\hat{U}$. Így tehát X Y között létre, amelynek értéke 0 és egy egyenfeszültség jön $2\hat{U}$ közötti periodikusan változik.

Ez azonban csak a gép üresjáratában és ez esetben is csak akkor következik be, ha az X , Y gépsarkok és föld közötti C_k kapacitások elenyésző csekélyek. Ezen feltételek alatt u_c értéke változatlan marad, tehát állandóan $= \hat{U}$ és $\hat{U}$ tényleg $= 2\hat{U}$. A gép megterhelése esetében azonban u_c a C kondenzátoroknak az R röntgencsővön át végbemenő kisülése miatt (gyakorlatilag lineárisan) csökken. Ennek következtében egy $2\hat{U}$ -nál kisebb $\hat{U}_r$ -érték adódik, amely a gép növekvő megterhelésével csökken. — Ha az X , Y sarkoktól az R röntgencsőhöz nagykapacitású kábelek vezetnek, u_c értéke még a gép üres járatában is változásoknak van alávetve (l. a 8a. ábrában feltüntetett pontozott $(u_c)_0$ -görbét). Ennek oka a következő: A kábelek a $T/4$ -től $3/4T$ -ig terjedő időszakban az $\hat{U}_r$ feszültségre feltöltődnek; töltésüket a C kondenzátorokból merítik, ami u_c süllyedését hozza magával. A $3/4T \dots 5/4T$ időszakban a kábelek töltéseiket a C kondenzátoroknak megint vissza szolgáltatják és u_c megint kezdeti $\hat{U}$ értékére emelkedik. $(u_c)_0$ ezen változása a cosinus törvénye szerint megy végbe. Így adódik, hogy u_c értéke a $3/4T$ pillanatban $< \hat{U}$ és $\hat{U}_r < 2\hat{U}$, pl. csak $= 1.8 \hat{U}$. A gép megterhelése egy további okot ad $\hat{U}_r$ -nek csökkenésére.¹⁰

t_0 legyen az az időpont, amelyben a gép az itt feltételezett megterhelésnél a C kondenzátorok kisülése éppen véget ér (8. ábra). A t_0 -tól $T/4$ -ig terjedő időszakban a kondenzátorpár a V szelepen át az $\hat{U}$ feszültségre feltöltődik; eközben $u_r \approx 0$, hiszen V legfeljebb egynéhány száz Volt feszültségesést okoz. A $T/4$ időpontban u_r fenti kifejtéseink értelmében $= 0$. Miután u abszolút értéke a $T/4$ pillanattól fogva csökken, $u_r (=u_c + u)$ értéke pozitív lesz; így a C kondenzátorpár kisülése és a röntgencső árama a $T/4$ pillanatban megindul; u_c lassan csökken. A kezdetben negatív értékű u $T/2$ -től fogva pozitívvá válik és a $3/4T$ pillanatban elveszi az $+\hat{U}$ értéket; így tehát u_r gyorsan nő, egy $3/4T$ előtti pillanatban eléri csúcserkéjét és azután gyors ütemben süllyed. A $(T + t_0)$ pillanatban u_r és vele együtt az i_r csőáramerősség $= 0$ lesz. A röntgencső áramlata tehát $= \frac{3}{4} T + t_0$, tehát $< T$.

A röntgencsővön áthaladt árammennyiség azonos nagyságú a C kondenzátorpárt feltöltő i_t áram mennyisé-



⑥ ábra. A négyszzelepes gép magasfeszültségű körének két helyén haladó áramok. Feltételek: minden egyes kábel hossza $= 4$ m; átvilágítási ütem; $n = 50$ Hz, $U_r = 80$ kV, $i_r = 2$ mA. — A kábelek minden félperiódus első felében az $\hat{U}_r$ értékre feltöltődnek; a $T/4$ pillanatban oly nagy töltéssel rendelkeznek, hogy a csak 2 mA-t fogyasztó röntgencsővet $3/4 T$ -én át táplálhatnának. Erre ugyan nem kerül sor, mert a $(T/2 + t_0)$ pillanatban a röntgentranszformátortól szolgáltatott feszültség az időközben félig kimerült kábelek feszültségén felülkerekedik; a kábelek kisülése fennakad és újra töltődnek. Az u_r feszültség ez esetben nem $\hat{U}_r$ és 0 , hanem $\hat{U}_r$ és $(U_r)_{\min}$ között lüktet.

a) i_r = a röntgencső árama; ezt a $t_0 \dots T/4$ időközben ($i_r = i_r'$) a röntgentranszformátor szolgáltatja, a $T/4 \dots (T/2 + t_0)$ időszakban azonban ($i_r = i_k''$) a kábelpár.

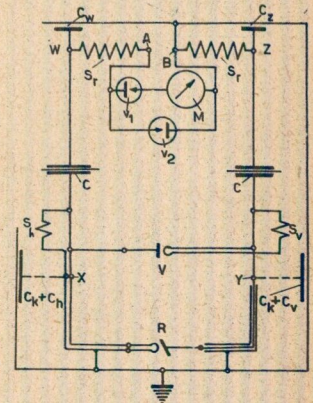
A röntgencsővön félperiódusonként áthaladó árammennyiség $= q_1 + q_2$. b) A röntgentranszformátor szekundér tekercsén át folyik:

1. a röntgentranszformátor részéről a $t_0 \dots T/4$ időszakban szolgáltatott i_r' csőáram (ennek mennyisége $= q_1$).

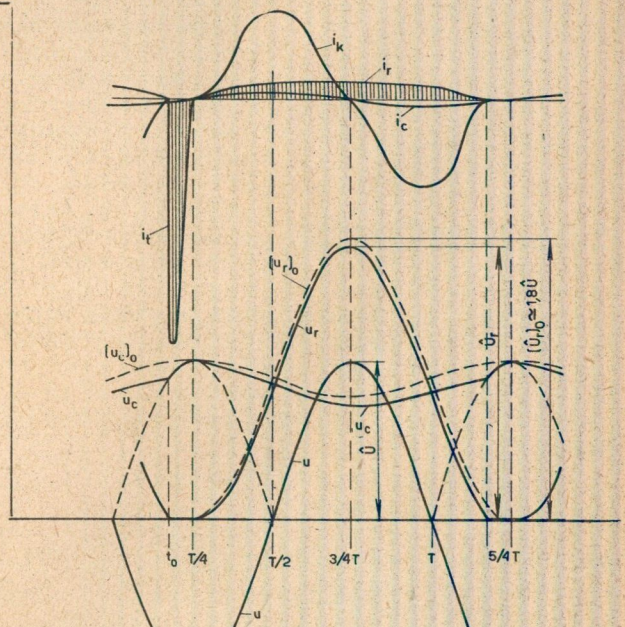
2. a kábelek i_k' töltőárama (a kábelekbe ümlő egész árammennyiség azonos nagyságú az i_k'' -nek a) alatt sraffozás által feltüntetett időintegráljával, tehát $= q_2$ -vel),

3. az S_r , S_1 és S_2 tekercsek i_c kapacitási árama.

Az M -en félperiódusonként áthaladó árammennyiség ugyancsak $= q_1 + q_2$.



⑦ ábra. Egy szimmetrikus Villard-kapcsolású gép magasfeszültségű köre.



⑧ ábra. A Villard-kapcsolású gép magasfeszültségű körében fellépő feszültségek és áramok. Feltételek: $C = 4000$ cm, $C_k = 500$ cm; $n = 50$ Hz, $\hat{U} = 200$ kV, $i_r = 2$ mA.

a) $(u_c)_0$ = a két C -kondenzátor összefeszültségének pillanatnyi értéke, a gép üresjáratánál, u_c = ugyanaz a gép megterhelésénél. $(u_r)_0$ = gép-feszültség az üresjáratban, u_r ugyanaz a gép megterhelésénél.

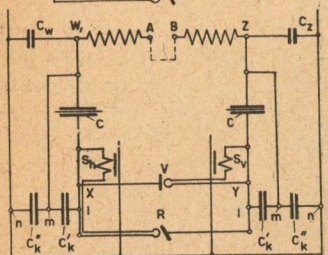
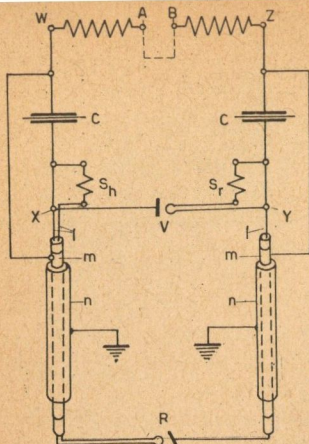
b) A röntgentranszformátor szekundér tekercsén át haladnak:

1. i_t = a C -kondenzátor töltési árama; ennek össz mennyisége azonos azzal az árammennyiséggel, amely a $T/4 \dots T + t_0$ időszakban a röntgencsővön halad át.

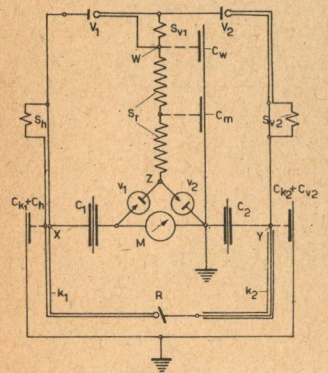
2. i_c = a röntgentranszformátor kapacitási árama (sarkkondenzátorok $C_w = C_g = C_p$).

3. i_k = a kábelek töltési és kisülési árama.

¹⁰ G. Groszmann, 1. c.



9a és 9b ábra Egy Claassen szerinti módosított Villard kapcsolású gép



10 ábra. Egy Liebenow-Greinacher kapcsolású gép magasfeszültségi köre

csúcsértéke $\hat{U}_r$ -rel és C_k -val arányos. Az, hogy $\hat{i}_k$ a gyakorlatban mily értékeket szokott felvenni, a legjobban egy példából kiviláglik. 200 kV névfeszültségű Villard-kapcsolású terápiai gépet veszünk alapul, amelynél $C = 4000$ cm nagyságú, egy kábel hossza = 2.5 m, $C_k = 500$ cm nagyságú; a következő üzemi feltételeket tételezzük fel:

$$n = 50 \text{ Hz}, \hat{U} = 200 \text{ kV}, i_r = 2 \text{ mA}.$$

A gép üres járatában adódik: "

$$(\hat{i}_k)_0 = \frac{U}{2} C_k \frac{C}{C + C_k} 2\pi n = 100 \cdot 10^3 \cdot \frac{500}{9 \cdot 10^{11}} \cdot \frac{4000}{4500} \cdot 314 = 15.5 \text{ mA}.$$

A gép mondott megterhelésénél a C kondenzátorok lassú kisülése következtében $\hat{U}_r$ és $\hat{i}_k$ értékei 4%-kal alacsonyabbak, mint üresjáratban; $\hat{i}_k$ tehát ~ 14.8 mA. Ebből folyólag a C_k kapacitások töltési áramának $\hat{i}_k$ átlagos értéke ~ 9.5 MA. $-i_r$ és $\hat{i}_k$ eredője $(i_r + \hat{i}_k)$ egy változó irányú áram; ennek pozitív része a v_1 szelepen és M -en, negatív része a v_2 szelepen halad át. Az, amit M mér, $\sim (\hat{i}_r/2 + \hat{i}_k)$; ez a mi esetünkben kb. $1 + 9.5 = 10.5$ mA-t tesz ki. M tehát főleg a C_k kondenzátorok töltési áramát és nem $\hat{i}_r$ -t méri.

Tekintettel a röntgenológust terhelő felelősségre $\hat{i}_r$ mérésének megbízhatónak kell lennie. Mérési adatok

" Groszmann, G., 1. c.

gével. Ennélfogva közömbös, vajjon $\hat{i}_r$ avagy $\hat{i}_k$ átlagos értékét mérjük. A röntgentranszformátor két szekundér féltekercse közé kapcsolt mérőberendezésünk a 7. ábra szerint úgy van kapcsoltva, hogy i_r a v_2 szelepen i_r a v_1 szelepen és M -en folyik át. M $\hat{i}_r$ -t kifogástalanul mérné, ha két $A-B$ -n áthaladó kapacitási áram a mérést nem zavarná.

Ezek egyike a röntgentranszformátor szekundér kapacitási árama i_c . Miután ennek periodusa $= T$, i_r -nek tartama azonban kisebb, az általában gyenge i_c áram negatív félhullámának egy része a v_2 szelepen megy át és így pozitív félhullámának M -re gyakorolt hatása nem semmisül meg teljesen; M egy $\hat{i}_r$ -nél nagyobb értéket mér. De ezt a mérési hibát az Ockenden-féle kapcsolás segítségével kiküszöbölhetjük.

Sokkal kellemetlenebb a C_k kapacitású gépsark-kondenzátorokon (főleg a kábelek dielektrikumán) áthaladó i_k kapacitási áram jelenléte. A C_k kapacitások u_r hatása alatt a $T/4$ -től $(5/4) T$ -ig terjedő időszakban feltöltődnek és ki is sülnék; i_k

megbízhatósága kétségbe vonandó, ha a mérendő mennyiség egy másik, époly nagyságú mennyiséggel társulva van; hiszen általában kérdéses, vajjon a kettő egymástól tisztán elválasztható-e. Már az $\hat{i}_r$ -rel hasonló nagyságú i_c kapacitási áram jelenléte is aggasztó. De az a tény, hogy i_c az Ockenden-féle kapcsolás segítségével maradéktalanul paralizálható, eloszlatja aggodalmainkat. Most azonban azon tényállással állunk szemben, hogy $\hat{i}_r$ még egy másik sokszor erősebb árammal járt együtt.

Ha $\hat{i}_k$ a megterhelt gépnél $\hat{U}$ értékével arányos lenne, i_k -t az Ockenden-kapcsolás segítségével (i_c -vel egyetemesen) hatástalanná tehetnénk. (Az a körülmény, hogy i_k időtartama $= \frac{3}{4} T + t_0$ -val és nem T -vel, célunk elérését nem gátolná.) De $\hat{i}_k$ valóban $\hat{U}_r$ -rel arányos; $\hat{U}_r$, $\hat{U}$ -nak és $\hat{i}_r$ -nak egy lineáris, $a\hat{U} - b\hat{i}_r$ formájú függvénye. Ennek megfelelően az i_k -t kompenzáló áramnak is két $\hat{U}$ -val, ill. $\hat{i}_r$ -rel arányos komponensből kellene állnia. Az elsőt Ockenden terciér köre szolgáltathatja, de a másikat a gyakorlatban csak megközelítőleg állíthatjuk elő. A berlini Sanitas kft. az Ockenden-féle terciér kört a röntgentranszformátor primárárama által befolyásoltatja. De ennek effektív értéke nem lévén arányos $\hat{i}_r$ -rel, i_k -nak tökéletes paralizációja így nem érhető el. Tehát arra kell törekednünk, hogy i_k -t magát eltüntessük.

Amint fent kifejtettük, a C_k kapacitások a gépfeszültség $\hat{U}_r$ csúcs értékét erősen leszorítják. Fr. Claassen, aki ezen feszültségapadás elhárítását tűzte ki céljává, egy kapcsolást dolgozott ki, amelynél a kábelnek nem játsszák a „gépsark-kondenzátorok” szerepét és ártalmas hatást többé nem gyakorolhatnak. Miután mérésünket tulajdonképpen csak a C_k gépsark-kondenzátorok zavarják, úgy kétségtelen, hogy a Claassen-féle kapcsolás a csőáram-erősség mérését lehetővé teszi. — Claassen szerint a kábeleket egy közbelső vezető m burkolattal látjuk el és a 9. ábrában feltüntetett kapcsolást vesszük ki. A C_k kábelkapacitás ezáltal két egymással sorbakapcsolt C'_k és C''_k kapacitásra bomlott fel (9a. ábra). A magasfeszültségű l kábelér és az m burok közti C_k kapacitás a megfelelő C kondenzátor mellé parallelkapcsolásba került, ezt működésben támogatja és így a gép egy hasznos alkatrészévé vált, amíg az m burok és a kábel földelt külső n burka közti C''_k kapacitás a röntgentranszformátor megfelelő sarka és föld közé kapcsolódott. A nagykapacitású kábelek, mint „gépsark-kondenzátorok” nem jönnek többé tekintetbe; csak két fűtőtranszformátor S_1 és S_2 szekundér tekercseinek kis kapacitásai fekszenek még az X, Y gépsarkok és föld között. Ezek a fent nevezett körülmények között egy 1...1.5 mA csúcsértékű i_k képződésére adnak alkalmat; de ezt a gép minden megterhelésénél megközelítőleg paralizálhatjuk. A C_k kapacitásoknak az X, Y sarkoktól való elválásukkal kapcsolatban a C_k -nál kisebb C''_k kapacitások a röntgentranszformátor W, Z sarkaihoz vonultak; ennek következtében a röntgentranszformátor i_c kapacitási árama most kb. ötször akkora, mint volt. A mérendő áram tehát ez esetben is egy — ha nem is 10...15-ször, csak 5-ször, de mindenestre — sokkal erősebb árammal van összekapcsolva; de ez az i_r áram a gép minden megterhelésénél $\hat{U}$ -val arányos s u -val szemben 90°-kal előre van tolva és így az Ockenden-féle terciér kör azonos jellegű árama által teljesen paralizálható.

Ily módon földelt árammérőberendezésünk a Villard kapcsolásnál is a csőárammérésének mérésére alkalmassá vált; — csak $\hat{i}_r$ -nek 1.5 mA-en aluli értékeinél a mérési adatok kissé bizonytalanok.

A Liebenow-Greinacher kapcsolású gép (10. ábra) egy a röntgentranszformátor feszültségét kétszeresítő gép. Ennek szimmetrikus kivételénél a röntgenszó táplálását

két egymással sorbakapcsolt nagykapacitású C_1 , C_2 kondenzátor szolgálja, amelyekben felhalmozott elektromos energiamentiség a tőlük periódusonként elvont és a röntgensőben felhasznált energiamentiségnek igen nagy sokszorosa. A C_1 , C_2 kondenzátorpár a röntgentranszformátorral és két V_1 , V_2 szeleppel úgy van összekapcsolva, hogy a röntgentranszformátor C_1 -nek és C_2 -nek töltésveszteségét minden periódusban egyszer pótolja, úgy hogy a kondenzátorok összefeszültsége kis ingadozásoktól eltekintve, állandó marad. Ezen gép tehát igen kis mértékben lüktető egyenfeszültséget szolgáltat; ennek értéke $\approx 2U$.

Ennél a gépnél a röntgentranszformátor egyik, és pedig Z sarka van üzemszerűen földelve. Az M árammérőt tehát a C_1 , C_2 kondenzátorok közé helyezjük, továbbá két kis v_1 , v_2 szeleppel a 10. ábrában feltüntetett módon összekapcsoljuk.¹² C_1 töltési árama v_1 -en, C_2 -é v_2 -n halad át; mindkettő M -et érintetlenül hagyja. Ennek ellenében C_1 , C_2 nek a röntgensővet tápláló kisülési árama M -en áthalad. De méréseinket a röntgentranszformátornak és a V_1 szelep fűtőtranszformátorának kapacitási árama zavarja. Ennek egyik félhulláma M -en és v_1 -en, másik félhulláma azonban v_2 -n folyik át. Ebből következik, hogy M i_1 -en kívül a kapacitási áram egyik félhullámának átlagos erősségét is méri. Ezért kívánatos, sőt tekintettel a mérendő i_1 kis értékeire szükséges, hogy a jövőben ennél a gépnél is a kapacitási áramot pl. az Ockenden-féle kapcsolás alkalmazásával hatástalanná tegyük.

A két kábelnek (továbbá az X , Y sarkokhoz kapcsolt két fűtőtranszformátornak) a föld közvetítésével egymással sorbakapcsolt C_{k1} , C_{k2} kapacitása a C_1 , C_2 kondenzátorpárral parallelkapcsolásban áll. A kábelpár a röntgensövet épúgy táplálja, mint a C_1 , C_2 kondenzátorpár és így a C_1 , C_2 energiataitály egy kibővítését képezi. A kettő között azonban az a különbség, hogy M -en a C_1 , C_2 kondenzátorpár kisülési árama, de nem a kábeleké

halad át. De M -en a k_1 kábel töltési árama is átmegy. Ennek mennyisége az esetben, ha ($C_1 = C_2$ -vel és) $C_{k2} = C_{k1}$ -gyel, ugyanakkora, mint a két egymással sorbakapcsolt kábel kisülési áramának mennyisége. Ez esetben tehát M az átlagos csőárammennyiséget helyesen méri. $C_{k1} \pm C_{k2}$ esetében hibásan mérünk. Ezért C_{k1} és C_{k2} egyenlőségére súlyt kell fektetnünk.

A röntgengépeknek csak négy legfontosabb fajtáját tárgyaltuk. Az egyszerű félhullámu gép nem okoz gondot. A többi háromnál a zavaró áramok hatástalanítása (a Villard-kapcsolású gépnél ugyan csak egy bizonyos minimális áramerősségen felül) elvileg sikerült. Ezt a célt gyakorlatilag csak akkor érjük el, ha 1. a magasfeszültségű kör alkatrészeinek földelleni szigetelése oly jó, hogy a levezetési áram a csőárammal szemben elhanyagolható, 2. ha a szükséges kompenzációkat a legnagyobb gondossággal hajtjuk végre. (A különböző dielektrikumok sajátos tulajdonságaira is kell ügyelnünk.) — Mint a négyszelepes gépnél láttuk, az árammérőn áthaladó áram időbeli változása i_1 kis értékeinél nagy mértékben eltér a mérendő csőáramétól (ld. a 6. ábrát). De ez a körülmény a mérés eredményét nem befolyásolja, mert mindkét áram erősségének aritmetikai középértéke azonos. Ha nem ezt, hanem az áramerősség effektív értékét mérnénk, az elektromos potenciál mélypontjában elhelyezett árammérő egy sokkal nagyobb áramerősséget mutatna mint az esetben, ha azt a röntgensővel közvetlenül összekapcsolnánk. Ha a Villard-gépnél az árammérővel összekapcsolt v_1 , v_2 szelepeket fordítva bekapcsolnánk, a C_1 , C_2 kondenzátorok i_1 töltési áramának effektív értékét mérnénk. Ez a csőáram effektív értékének egy nagy sokszorosa (ld. 8. ábrát). Ebből kiviláglik, hogy az árammérés a modern gépeknél csak a Deprez-műszerrel lehetséges. Itt olyan ritka eset forog fenn, amelyben egy régi hagyományhoz való ragaszkodás jól bevált.

¹ D. R. P. 495 653 (Siemens & Halske).

Többsatornás ultrarövidhullámú berendezések

SÁRKÖZY GÉZA

Több beszéd- vagy távíró-csatorna egyidejű átvitelére általában vivőfrekvenciás berendezések használatosak, amelyeknél a végberendezések, illetve erősítőállomások közötti kábel- vagy légvezeték képezi az összeköttetést. Ezen berendezések ma már a fejlődésnek magas fokát érték el és a koaxiális kábelnek, mint összekötő elemnek használata újabb jelentős lépést jelent ezen a téren.

Ezzel a fejlődéssel párhuzamosan már kb. egy évtizede foglalkoztatja az átvitel-technikusokat a feladatnak olyan irányú megoldása is, amelynél az összekötő vezeték kiküszöbölhető és helyette az átvitendő jelek hordozására elektromágneses hullámok alkalmazhatók. Ez a megoldás különösen olyan esetekben nyújthat előnyöket a vezetékes összeköttetéshez képest, amikor a vezeték szerelése — akár kábeltől, akár légvezetékéről van szó — nagy nehézségekbe ütközik, pl. erősen szaggyalagott, hegyes terepen, tavak vagy tengeröblök áthidalásánál, esetleg tengeri szigetek között. Máskor viszont olyan ideiglenes jellegű összeköttetés létesítését kell megoldani, amelyek pl. csak az év bizonyos szakában vannak kihasználva, tehát a nagy beruházási költségeket igénylő helyhez kötött vezetékes összeköttetés túldrága volna. Végül előfordulhat, hogy bizonyos létezõ túlterhelt vezetékes összeköttetéseket kell ideiglenesen vagy véglegesen tehermentesíteni. Mindezen feladatok megoldására ma már teljesen megbízható, nagymértékben állandó átviteli tulajdonságokkal bíró, vezetéknélküli összeköttetések létesíthetők elektromágneses hullámok segítségével.

Az alábbiakban röviden összefoglaljuk azokat a főbb szempontokat, amelyek figyelembevételével az elektromágneses hullámoknál az ultrarövid sávba eső deciméteres, illetve centiméteres hullámtartomány (mikrohullámok) jöhet csak szóba a fenti feladat megoldására.

Messze vezetne, ha a terjedési viszonyok részletes ismertetésével foglalkoznánk, csupán azt a közismert tényt említjük meg, hogy ezen hullámok az optikai látás határán túl rohamosan lecsillapodnak, tehát az adó és vevő, illetve erősítő állomások között az op-

tikai láthatóságot biztosítani kell. Kis adóenergiákkal aránylag nagy térerősséget csak erősen koncentrált sugárnyalábbal érhetünk el, amire a fenti hullámsáv aránylag kisméretű sugárzók és reflektorok mellett kiválóan alkalmas. Sok beszédcsatorna átviteléhez jó jel-zaj viszony mellett széles sávra van szükség, ami csak ebben a hullámsávban áll rendelkezésre. A légköri zavarok térerőssége ebben a hullámsávban rendkívül kicsi és így a vételi térerősséget lényegében a vevőberendezés saját zajsintje határozza meg, különösen olyan esetekben, amikor nem amplitudóban modulált hullámokat használunk a jelközvetítésre. A modulációs rendszer megválasztásánál a vivőfrekvenciás berendezésekhez hasonlóan alkalmazható volna az a módszer, hogy az egyes beszédcsatornákat keveréssel magasabb frekvenciasávokra transzponáljuk és az így nyert összetett modulációs frekvenciasávval moduláljuk meg az ultrarövid vivőhullámot. Az első ilyen berendezéseknél valóban ezt a módszert próbálták alkalmazni, — de mint az a vivőhullám vezetékes összeköttetéseknél is ismeretes, — különösen súlyos problémát okozott a szomszédos csatornák áthallása és a kellő jel-zaj viszony biztosítása. Az áthallás elsősorban az alkalmazott áramkörök nem-lineáris viselkedésétől függ, a jel-zaj viszonyt pedig csak az átvitt modulációs sáv szélesítésével és az amplitudó-moduláció kiküszöbölésével lehet megjavítani. Széles modulációs sávot tesz továbbá szükségessé ezen hullámsávban az a körülmény is, hogy sem a vivőfrekvencia állandóságát az adó-oldalon, sem a segéd-oscillátor frekvencia-állandóságát a vevő-oldalon nem lehet egy bizonyos határon túl fokozni. Szóba jöhetne elvileg a frekvencia-modulációs rendszer is, de a széles modulációs sáv miatt a gyakorlati megvalósításnál igen nagy nehézségek mutatkoznak.

A feladat megoldását egészen új irányba terelte az impulzus-technika egy újszerű alkalmazása, amely impulzus-időmoduláció vagy impulzus-helyzetmoduláció név alatt ismeretes. A rendszer működési elve röviden a következő:

Mint ismeretes hangfrekvenciós jelek (beszéd, zene) közvetítésére két jellemző adat szükséges: frekvencia és

amplitudó. Ezen két adatot a jelen rendszernél egy feszültség- vagy áramlökés (impulzus) viszonylagos helyzetváltoztatásával jellemezzük oly módon, hogy a frekvenciának az impulzus középhelyzetéből való mindkét irányú kimozdulásnak gyakorisága, az amplitudónak pedig a középhelyzettől mért mindkét irányú kimozdulás távolsága felel meg. Az impulzus középhelyzetét egy ú. n. jelző-impulzushoz képest kell időben rögzíteni. Világos, hogy ha minden beszéd-csatornához elegendő egyetlen, ily módon befolyásolható impulzus, annyi beszédcsatornát lehet átvinni, ahány ilyen impulzus két jelző-impulzus között elhelyezhető anélkül, hogy egymást legnagyobb kimozdulásaik közben — a kellő biztonsági időköz közbeiktatása mellett — megzavarnák.

Az első pillanatra meglepőnek látszik, hogy a beszédet, amely folytonosan változó frekvenciájú és amplitudójú jelekből áll, időszakosan ismétlődő diszkrét impulzusokból álló jelekké át lehet vinni. Azonban könnyen bebizonyítható, hogy ilyen diszkrét impulzusok tartalmazzák a szükséges átvitendő jel-információt és visszalakíthatók folytonosan változó amplitudójú és frekvenciájú jelekké.

Az 1. ábrán a) alatt feltüntetjük a moduláló hangfrekvenciás feszültség egy teljes hullámát, amelynek frekvenciája legyen f_m . Ekkor a görbe kifejezhető a következő képlettel:

$$V = V_{\max} \sin 2 \pi f_m t. \dots 1.$$

A b) alatt egy egységnyi magasságú impulzusokból álló sorozat van feltüntetve, amelynek két szomszédos impulzus időbeli távolsága T_i kisebb, mint a moduláló feszültség egy teljes hullámának T_m időtartama. Az U -impulzus-sorozat a következő képlettel fejezhető ki:

$$U = k + 2k \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos n 2 \pi f_i t. \dots 2)$$

ahol

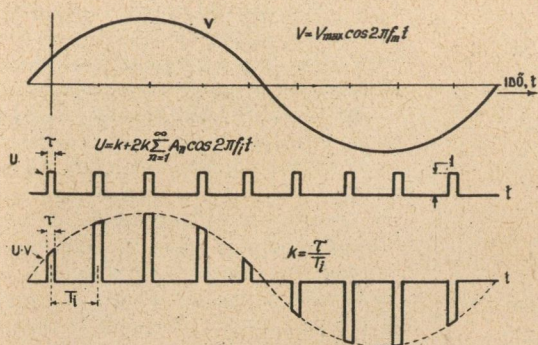
$k = \frac{\tau}{T_i} \ll 1$, az impulzus-szélesség viszonya az ismétlődés időtartamához,

$f_i = \frac{1}{T_i} > f_m$, az ismétlődés frekvenciája.

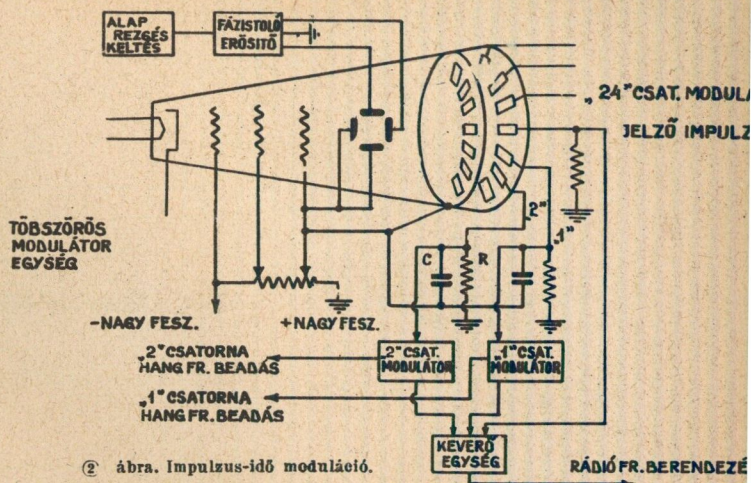
$A_n = \frac{\sin n k \pi}{n k \pi}$, az n -ik harmonikus amplitudója

Ez egy egyenáramú komponensből, az alapprofreciás komponensből és végtelen számú harmonikusból álló sorozat, amelynek frekvencia-spektuma növekvő frekvenciáknál aránylag lassan csökkenő amplitudókat mutat.

Ha az U és V függvényeket össze-szorozzuk, a c) alatt feltüntetett impulzus-sorozatot kapjuk, amelynek frekvencia-spektuma tartalmazza a V függvény frekvenciáját és nagy-



① ábra. Hangfr-ás rezgések átalakítása amplitúdóban modulált impulzusokra.



② ábra. Impulzus-idő moduláció.

számú magasabb frekvenciájú harmonikus. Ha tehát az UV komplex impulzus-sorozatot felülvágó szűrőn eresztjük át, amely a magasabb harmonikusokat levágja, visszanyerjük az eredeti V burkológörbét a felszabdalalt c) impulzus-sorozat tehát alkalmas a moduláló jelek hordozására és a vétel helyén való formahű visszaadására.

Ezek az amplitúdóban modulált impulzus-sorozatok közvetlenül is felhasználhatók volna olyan átviteli rendszerekben, amelyek pozitív és negatív jeleket egyaránt tudnak továbbítani és amplitúdó-modulációval dolgoznak. Ha azonban ultrarövid hullámokat használunk hordozónak, a különböző amplitúdójú pozitív és negatív impulzusokat az impulzus-időmodulációs elv segítségével egyirányú, állandó amplitúdójú impulzusokkal helyettesítjük, amelyek középhelyzetükből mindkét irányban ki-mozdulnak.

Az adásnál és vételnél megoldandó feladatok természetesen közösleges többelektródás vakuum-csővekkel és többé-kevésbé szokványos áramkörökkel is megoldhatók, de a Federal Telephone and Radio Corporation által kifejlesztett „Cyklophon” katódsugár-cső ezeket kompendiózusan, egyszerűen és olcsón oldja meg. Ennek működését vázlatosan már ismertettem, de most egy kissé részletesebben fogom megvilágítani működés-módját adásnál és vételnél.

A 2. ábrán az adás oldalán alkalmazott Cyklophon áramkör van feltüntetve. A katódsugarat a szokásos módon állítjuk elő a katódból emittált elektronok szűk nyalábolása útján. Az f_s impulzus-ismétlődési frekvenciának megfelelő szinusz-alakú alaprezgést egy alaphullámú rezgéskeltő állítja elő, amely két azonos frekvenciájú, de egymáshoz képest 90° -kal eltolt fe-

sztültséget állít elő fázistoló segítségével. E feszültségeket a katódsugárcső két lemezpárjára vezetve, a katódsugarat az alapfrekvenciának megfelelő szögsebességgel forgásba hozzuk. A sugár körforgása közben egymásután áthalad az útjába tett fémlemez körben elrendezett kivágásain, amelyeknek szélessége megfelel egy-egy impulzus szélességének. A nyílások mindegyike mögött szekunder-elektron kibocsátó ú. n. dynódák vannak elhelyezve, amelyek a rájuk eső katódsugár hatására elektron-áramot hoznak létre a külső R ellenállásból és C kondenzátorból álló körben. Ezáltal az R ellenállás kapcsán feszültség-lökés (impulzus) jön létre. Mivel az egyenletes sebességgel forgó katódsugár egymásután éri a nyílásokon át a szekunder-elektron kibocsátó lemezeket, ezáltal egy alapperióduson belül, annyi egyenletesen elosztott impulzus jön létre, ahány nyílás van. Egy különleges kettős impulzus szolgál az alapperiódus kezdetének és végének jelzésére. Ily módon a modulálatlan, több csatornának megfelelő impulzus-sorozat előállítása egyszerű módon megoldást nyert. A C kapacitás megfelelő értéke biztosítja — a kör időállandójának megfelelően — a kellő meredek homlokú, fokozatosan lineárisan emelkedő impulzus kialakulását. Erre a kisugárzott impulzus-időmodulációja miatt van szükség.

A modulációs folyamat első része a csatorna-modulátorokban játszódik le, amelyekbe a cyklophon-impulzusok és moduláló hangfrekvenciás rezgések egyaránt bele vannak vezetve. A csatorna-modulátor lényegileg egy, a hangfrekvenciás beadás által vezérelt olyan áramkör, amely az R ellenálláson létrejövő lineárisan emelkedő homlokú impulzusból egy keskeny, vízszintes szeletet metsz ki, amely a moduláló rezgés amplitúdójától függően

változó magasságban fekszik az impulzus mentén. Ezek a diszkrét kímetszett szeletek tartalmazzák a modulációs hangfrekvenciák jellemző adatait abban az időpillanatban, amidőn az impulzus keletkezik. Ugyanazon csatorna következő impulzusa idő múlva jön létre, miközben a modulációs hangfrekvencia jellemző adatai megváltoztak és így a kímetszett szelet természetesen más szinten fog feküdni az impulzus magassága mentén.

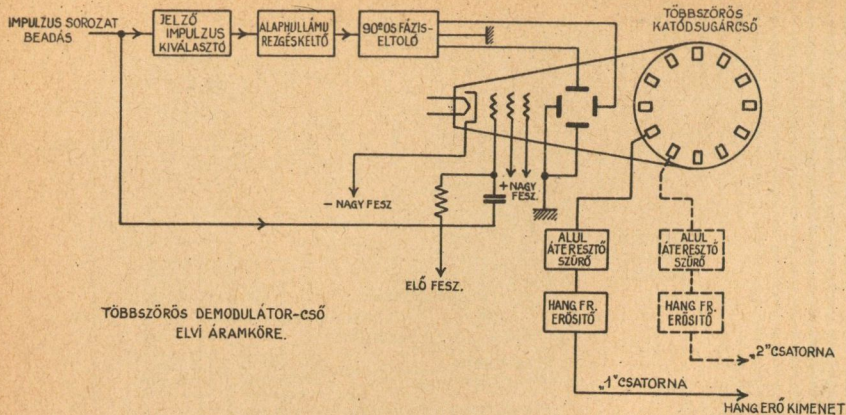
Ily módon szélességben modulált impulzus-sorozat keletkezik, amely viszont egyszerű differenciáló áramkörrel (transzformátorral) és lemetező áramkörrel (clipper) átalakítható időben modulált impulzus-sorozatra.

A cyclophonból kijövő impulzusnak tehát csak lineárisan emelkedő homloka fontos a helyes működéshez, mert a lemenő ágban a vízszintes szelettel való metszése folytán előálló második impulzust a differenciáló áramkör kiküszöböli és csak a felmenő ágban a vízszintes szelettel való metszések képezett első impulzus marad meg.

Minden csatorna-modulátor ily módon egy-egy időben modulált impulzus-sorozatot szállít a keverőegységbe, amelybe eljut a kettős jelző-impulzus is. A keverőegységben összerendeződött komplex impulzus-sorozat használható fel az ultrarövid hordozó-hullám modulálására.

A vételnél a feladat a következő részekből áll (lásd a 3. ábrát):

- El kell választani a jelző-impulzust a csatorna-impulzusoktól.
- Szét kell választani az egyes csatornák időben modulált impulzusait.
- Vissza kell alakítani az időben modulált impulzusokat hangfrekvenciás jelekké.
- Fel kell erősíteni a hangfrekvenciás jeleket a megkívánt szintre.



3. ábra. Impulzus-idő moduláció.

A fenti feladatok elvégzésére részben szintén a cyclophon-csövet lehet felhasználni.

A jelző-impulzusok leválasztására egy kiválasztó-áramkör (diszkriminátor) szolgál, amely vezérli a T_1 rezgési alaphullámú rezgéskeltőt. Az ebből és a 90°-os fázistolóból nyert feszültségekkel — az adásnál leírthoz hasonlóan — a katódsugarat körpályán mozgatjuk a lyuggatott lemez mentén. A katódsugárcső vezérlőrácsa annyira elő van feszítve, hogy impulzus hiányában lezárja az elektron-áramot.

Attól függően, hogy a jelző-impulzus és valamely csatorna-impulzus milyen időbeli távolságban van egymástól pillanatnyilag, a vezérlőrács más és más viszonylagos időpontban kerül pozitívabb potenciálra a csatorna-impulzus jelenléte folytán, amikor is a katódsugár megjelenik a lemezen is a nyíláshoz képest különböző relatív helyzetbe kerül. Modulálatlan állapotban a katódsugár félig a lemezre, félig a nyílásra kerül, teljes pozitív modulációnál teljesen a nyílásra, teljes negatív modulációnál pedig teljesen a lemezre. Ily módon tehát demoduláció jön létre, amely azt eredményezi, hogy a nyílások möött lévő dnyódák amplitúdóban változó nagyságú impulzusokat hoznak létre szekunder-emisszió folytán, a csatorna-impulzus időbeli eltolódástól függően. A további feladat ezen változó magasságú impulzus-sorozat burkoló-görbét előállítani, ami az előbbieket szerint alul-áteresztő szűrővel megoldható és utána a visszaállított hangfrekvenciás rezgések szükség szerint felerősíthetők.

Ezek után most még azt kell megvilágítanunk, hogy mennyiben előnyös az ilyen időben megosztott többszörös átviteli rendszer a szokásos frekvenciasávban megosztott rendszerhez képest, amilyen pl. a vezetéken továbbított többszörös vivőfrekvenciás rendszer.

Az első lényeges különbség, hogy a frekvencia-sávban megosztott rend-

szerekhez bonyolult és drága, főleg kvarckristályokból álló, szűrőkörökre van szükség, amire a most ismertetett rendszernek nincs szükség. További előny, hogy a jó jel-zaj-viszony egyszerű eszközökkel biztosítható a szélessávú átvitel és az amplitúdó-moduláció mellőzése folytán.

Mivel nem kell súlyt helyezni az összes áramkörök lineáritására — ami annyira fontos a frekvenciasávban megosztott rendszereknek a csatornák közötti áthallások csökkentése miatt — könnyűszerrel lehet hosszú összeköttetéseket létesíteni, több közbelső erősítő állomással. Az áthallás a fent ismertetett, időben megosztott rendszernek kizárólag attól függ, hogy mekkora biztonsági időközök hagyunk két szomszédos csatorna impulzusai között, a maximális modulációnak megfelelő szélső kimozdulások figyelembevételével. Mivel a teljes sáv szélesség növelésével ezt tetszés szerint növelhetjük, az áthallás leszorítása igen egyszerű eszközökkel elérhető.

Nincs szükség az átvitel szintjének biztosítására külön „pilot”-frekvenciára az erősítő-állomások befolyásolására, az átvitel szintje több kaszkádba kapcsolt erősítőállomás esetén is teljesen kielégítő állandóságot mutat.

A moduláció megvalósítása ultrarövid sáv deciméteres és centiméteres részében, ahol magnetronok vagy üregrezonátoros klystronok nyernek alkalmazást, sokkal egyszerűbb, mint más modulációs módszerrel.

A teljesség kedvéért röviden ismertetjük az adó és vevő rádiófrekvenciás részét és antenna-rendszerét is, ámbar itt a megszokott megoldásokat alkalmazták.

Az adónál a nagymértékben nyaláboltság miatt aránylag kis teljesítmény szükséges, amelyet rendszerint üregrezonátoros rezgéskeltővel állítanak elő. A kisugárzásra parabolikus reflektor gyújtópontjában elhe-

lyezett szélessávú félhullám, dipól, szolgál.

A vétel hasonló antenna-rendszerrel történik, szuper-rendszerű vevővel, amelynek segéd-rezgéskeltője szintén üregrezonátoros. A középtekvenciát a széles modulációs sávnak megfelelően, aránylag magasra kell választani.

A végberendezések és közbelső állomások teljesen azonos telepítésűek és egymás között cserélhetők. A végállomásokon egy adó- és egy vevőberendezés szükséges, a közbelső állomásokon pedig két adó és két vevő, a mindkét irányú forgalom biztosítására.

Az impulzus-idő modulációs elv a fenti, távbeszélő- vagy táviróforgalomra való többszörös berendezésen kívül, igen előnyösen alkalmazható többszörös hírszóró-műsor közvetítésére is. Csupán a rendelkezésre álló T_1 időt kell kevesebb csatornára megosztani és a magasabb átvitendő modulációs frekvenciáknak megfelelően az impulzus-ismétlődési frekvenciát növelni. Mivel korszerű távbeszélő áramkörökben a legmagasabb átvitendő frekvencia 3400 periódus másodpercenként, hírszóró-műsornál viszont 10.000 periódus, azt mondhatjuk, hogy egy műsor-csatorna átvitelére háromszor nagyobb impulzus-ismétlődési frekvencia szükséges. A jelzaj-viszony az itt megkövetelt jobbminőségű adásnak megfelelően szintén könnyen megjavítható.

Egy ilyen többszörös hírszóróberendezésnek a ma szokásos középhullámú hírszóró rendszerekkel szemben az alábbi előnyei lesznek:

1. Az adást egy központi nagyadó helyett több kisebb teljesítményű és hatósugarú körzeti adóval, körsugárzó antennával lehet megoldani, amelyek mindegyike egyidejűleg több műsort sugároz azonos hullámhosszon. Ezáltal egy ország lakossága egyenletesen látható el egyformán zavarmentes és fading-mentes több műsorral.

2. A moduláció ezen körzeti adókhöz többszörös ultrarövidhullámú átvivőberendezéseken továbbítható egyetlen központi helyről, ahol a több műsor elállításához szükséges műszaki személyzet, stúdió-berendezések, művészek és egyéb szereplők rendelkezésre állanak.

3. A vevőkészülékek egy élesen az adó felé irányított antennával dolgoznak, ami a zavarmentes vételt fokozza és egyetlen fixen beállított vivőfrekvenciával bírnak, ami a kezelést megkönnyíti. A műsor kiválasztása a megfelelő modulációs csatorna kiválasztásával történik.

4. Külföldi műsorok közvetítésénél is ugyanaz a hangminőség biztosítható ultrarövidhullámú moduláció-átvitel segítségével.

5. A deciméteres és centiméteres hullámsávban — figyelembevéve ezek terjedési viszonyait is — könnyűszerrel biztosíthatók a kifogástalan minőségű műsorátvitelhez szükséges frekvenciasávok és a középhullámú sávban jelenleg tapasztalható zsúfoltság és az ebből eredő kényszerű sávszélesítés-szűkítés vagy a szomszédos csatorna zavarása kiküszöbölhető.

Arra vonatkozólag, hogy a fenti műszaki előnyök egyúttal az egész berendezés gazdaságosságát milyen mértékben biztosítják, ma még nem lehet megbízható választ adni. Az azonban kétségtelen, hogy a fejlődés ebbe az irányba mutat és a berendezések olcsóbbodása magával fogja hozni azok gazdaságosságát is.

Az itt előforduló teljes modulációs sáv szélesség — amely 0-tól néhány MC-ig terjed — természetesen nemcsak beszédátvitelt tesz lehetővé, hanem mindenféle egyéb moduláció-fajták: táviró, géptáviró, facsimile stb. átvitelét is. Ilyen jelek rádió útján való továbbítása közép- és rövidhullá-

mokon eddig is szokásos volt, de a légköri és egyéb zavarok, továbbá a különböző okból előálló térerősségingadozások és fading-jelenségek az üzembiztos működést rendkívül megnehezítették.

Befejezésül felsorolom egy 23 csatornás berendezés főbb műszaki adatait:

Csatornák száma: 23 duplex hangfrekvenciás csatorna.

Vivőfrekvenciasáv: 1825—2100 MC.

Teljes modulációs frekvenciasáv: ± 2.8 MC.

Jelzaj-viszony: jobb, mint 60 db.

Hangfrekvenciás sáv csatornánként: 300—3400 per. +1, —2 db.

Athallás csatornák közt: jobb, mint 60 db. a szomszédos csatorna csúcsmodulációja alatt.

Torzítás: kisebb, mint 5%.

Impulzus-ismétlődési frekvencia (csatornánként): 8333 impulzus másodpercenként.

Impulzus-elmozdulás csúcsmodulációnál: ± 1 microsec.

Impulzus-szélesség: 0.5 microsec.

Biztonsági időköz: 2.5 microsec.

Adó vivőfrekvencia-állandóság: $\pm 0.05\%$.

Adó vivőfrekvenciás teljesítménye: 10—20 watt.

Vevő átviteli sávja: 8 MC.

Szükséges vivőfrekvenciás beadott teljesítmény 50 db jel-zaj viszonyánál: 3.5×10^{-8} watt.

Középfrekvencia: 30 MC.

A berendezés alkalmas közepes minőségű hírszóró-műsor átvitelére is két beszéd-csatorna párhuzamos működtetése által. Ez esetben a fontosabb műszaki adatok a következők:

Hangfrekvenciás sáv: 40—7200 per. +1, —2 db.

Torzítás: kisebb, mint 1.5%.

A fent elmondottakkal természetesen távolról sem meríthettem ki ezt a tárgykört, de remélem sikerült a legfontosabb szempontokra és fejlődési lehetőségekre a figyelmet felhívni. A jövő még sok új lehetőséget ígér és várható, hogy e rendszerek különböző változatai széleskörű gyakorlati alkalmazást fognak találni.

MAGYAR HÍRADÁSTECHNIKA

A Magyar Mérnökök és Technikusok Szabad Szakszervezete Híradástechnikai Szakosztályának lapja. - Szerkesztők: Gerő István, Salló Ferenc, Valkó Iván Péter. — Szikra Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, V., Honvéd-utca 10. Felelős nyomdavezető: Nedeczky László műszaki igazgató.

Goldberger Sám. F. és Fiai Rt.

Állami tulajdonban

Központ: V., Arany János-utca 32. Telefon: 128-520*

Gyár: III., Lajos-utca 138. Telefon: 162-070*

Fonó- és szövőüzem: XI., Budafoki-út 113. Telefon: 258-900*

LINUM
LENFONÓ- ÉS SZÖVŐIPARI RT.

LENFONÓGYÁRA: KELENFÖLD
SZÖVŐGYÁRA: GYŐR

*

PANNONIA
KENDER- ÉS LENIPAR RT.
KENDER- ÉS ZSINEGGYÁRA: NAGYLAK

*

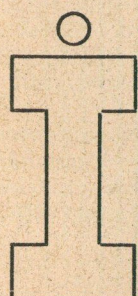
SZOMBATHELYI
KENDER- ÉS LENGYÁR RT.
LENKIKÉSZÍTŐGYÁRA: SZOMBATHELY

*

KÖZPONTI IRODÁK: BUDAPEST, V., SAS-UTCA 20-22
TELEFONSZÁM: 128-610

*

ÁLLAMI TULAJDONBAN!

 **ndanthren
és Naphtol**

FESTÉSBEN SPECIALISTA

GYÖNGYÖSI FESTŐDE
ÁLLAMI TULAJDONBAN

BUDAPEST, IX. KER.,
SOROKSÁRI-ÚT 33.
TELEFONSZÁM 138-432

FONALAK FESTÉSE LÁNCHEGEREN, X. ORSÓN ÉS MOTRINGBAN

 **PERUTZ TESTVÉREK**

extilgyár

ÁLLAMI KEZELÉSBEN

BUDAPEST,

*

V., JÓZSEF ATTILA-U. 18.

*

GYÁRTELEP: PÁPA