

lító eljárás, tájékoztatást nyújtson a szükséges variációk számáról és alapadatokat adjon az analóg számológép építéséhez. Az energiarendszerek egyéb számítási feladataival együtt ezek a számítások amúgyis lekötik egy digitális számológép kapacitását, és valamennyi feladatra elosztva valóban kifizetődővé teszik azok alkalmazását. Az egyes analóg gépek, mint például a hálózati kisminta, vagy a gazdaságos teherelosztást számító gép alkalmazásának fontossága ezáltal nem csökken.

Befejezésül szeretném hangsúlyozni, hogy a fentiekben körvonalazott munkák igen széles körűek és eredményei számos munkatársunk kollektív erőfeszítésének gyümölcsei. Ezek közül ki kell emelnem a VILLENKI Automatika osztályáról *Borovszky László* és *Kaiser Mihály*, az *Úzsoky Miklós* által vezetett elektronikus osztályról *Vörös Károly* és *May Péter* munkáját, akik mind az egész megoldás együttes kialakításában, mind az egyes részfeladatok önálló kidolgozásával járultak hozzá az eddigi előrehaladáshoz.

## Gyakorlati módszer turbogenerátorok aszinkron üzemének vizsgálatára

CSÁKI FRIGYES

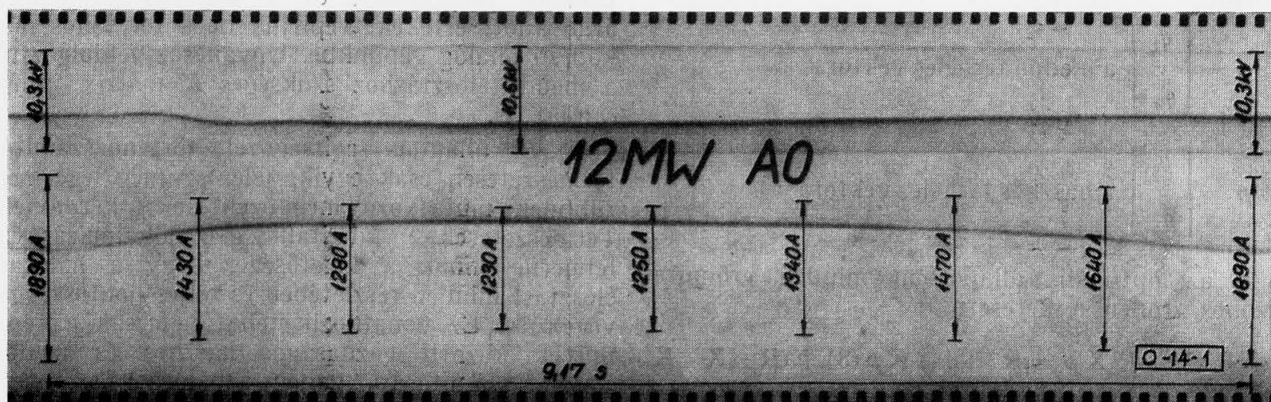
a műszaki tudományok kandidátusa, műegyetemi tanár,  
a VILLENKI volt tudományos munkatársa

621.313.332.018.46:621.313.322—81

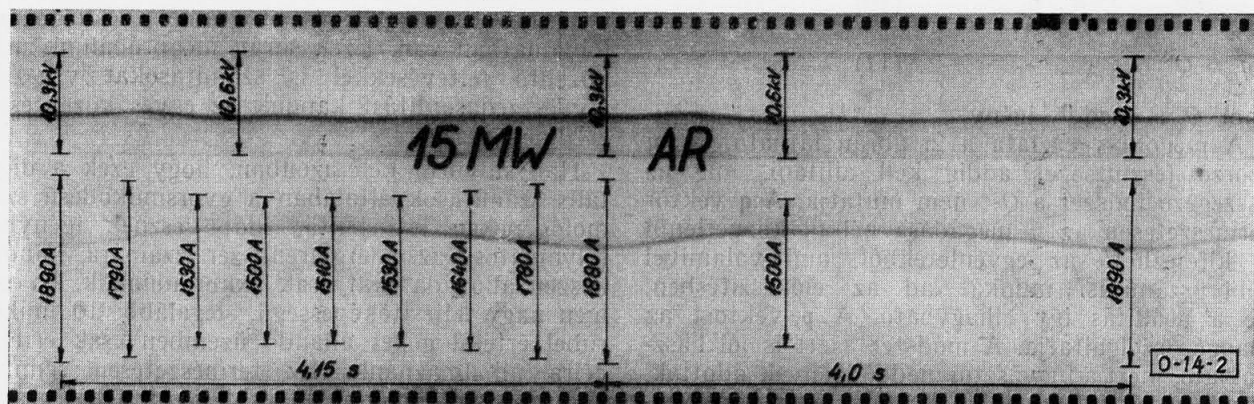
A javasolt grafikus eljárás műszerleolvasásokból származó mérési adatok alapján lehetővé teszi a szlip-idő, a szög-idő, az állórészáram-idő, illetve a látszólagos teljesítmény-idő görbék egyszerű megszerkesztését turbogenerátorok aszinkron üzemére.

Turbogenerátorok aszinkron üzemében az  $I$  állórészáramban, a  $Q$  meddő- és az  $S$  látszólagos teljesítményben, az  $s$  szlipben stb. periodikus,

de nem harmonikus változások figyelhetők meg. Az  $U$  kapcsol feszültség és az  $I$  állórészáram lefolyásáról példaképpen az 1. és 2. ábra tájékoztat 26 MVA-es gépre vonatkozólag. (Az első kb. 12 MW terhelésre és közvetlenül rövidrezárt gerjesztőkörű gépre, a második kb. 15 MW terhelésre és legerjesztő ellenálláson át zárt gerjesztőkörű gépre



1. ábra. Turbogenerátor aszinkron üzemének oszcillogramja. 12,3 MW-os terhelési állapotban, rövidrezárt gerjesztőkörű, acélekes forgórészű gépre vonatkozólag (12 MW AO). A felső görbe a kapcsol feszültség, az alsó görbe az állórészáram lefolyását mutatja

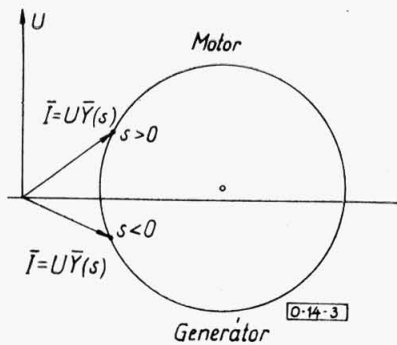


2. ábra. Turbogenerátor aszinkron üzemének oszcillogramja. 15,2 MW-os terhelési állapotban, legerjesztő ellenálláson át zárt gerjesztőkörű, acélekes forgórészű gépre vonatkozólag (15 MW AR). A felső görbe a kapcsol feszültség, az alsó görbe az állórészáram lefolyását mutatja.

vonatkozik.) A következőkben olyan egyszerű és a gyakorlatban könnyen végrehajtható eljárás bemutatására kerül sor, amelynek segítségével a változó szlip, az áram stb. bonyolultnak látszó lefolyása nehézség nélkül meghatározható.

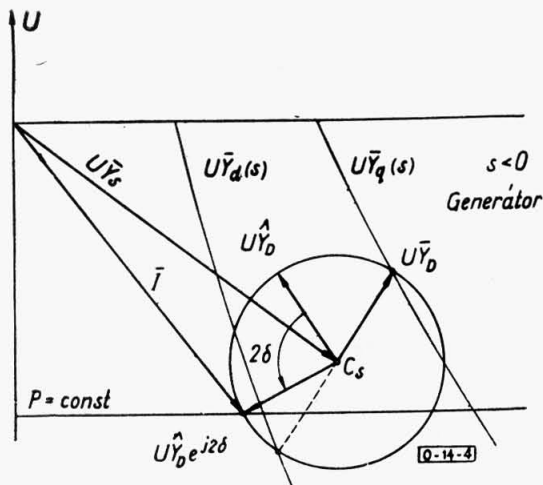
### I. Elméleti alapok

A 3. ábrán a közönséges indukciós gép jólismert  $I = U Y(s)$  kördiagramja látható. Mivel a forgórész szimmetrikus tekercselésű, állandósult üzemben az  $s$  szlip és az  $I$  állórészáram állandó értékű. Tetszőleges teljesítményhez (nyomatékhoz) könnyen meghatározható az áram és a szlip. Az utóbbi motorüzemben pozitív, generátorüzemben negatív.



3. ábra. Közönséges indukciós gép kördiagramja

A turbogenerátor aszinkron üzemében — amint ismeretes [1, 2, 3, 4], a forgórésznek a gerjesztőtekercs által létrehozott aszimmetriája következtében — külön diagram rajzolható fel a  $d$  hossz-tengelyre és a  $q$  kereszt-tengelyre (4. ábra:  $U Y_d(s)$ , ill.  $U Y_q(s)$ ), és ezek a tömör vastest miatt már nem körök.



4. ábra. Aszinkron üzemben járó turbogenerátor hossz-tengely és kereszt-tengely áramdiagramja, valamint az állórészáram vektorának helygörbéi:  $C_s$  és  $P = \text{const}$

Ha a szlip *állandó* lenne, az állórészáram változását [1, 2, 3, 4] az

$$I = U (Y_s + \hat{Y}_D e^{j2\delta}) \quad (1)$$

egyenlet írná le, és az áramvektor végpontja a 4. ábrán látható  $C_s$  körön mozogna. Itt a kör középpontjának vektora

$$U Y_s = \frac{U}{2} (Y_q + Y_d), \quad (2)$$

és a kör sugár vektorának kezdeti helyzete

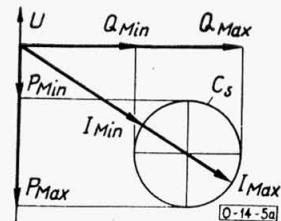
$$U \hat{Y}_D = \frac{U}{2} (\hat{Y}_q - \hat{Y}_d) \quad (3)$$

az  $U Y_q$  és  $U Y_d$  diagramokból adott  $s$  szlipre könnyen megszerkeszthető. A forgórész elfordulásának viszonylagos szöge egyszerűen:

$$\delta = -s\omega_0 t. \quad (4)$$

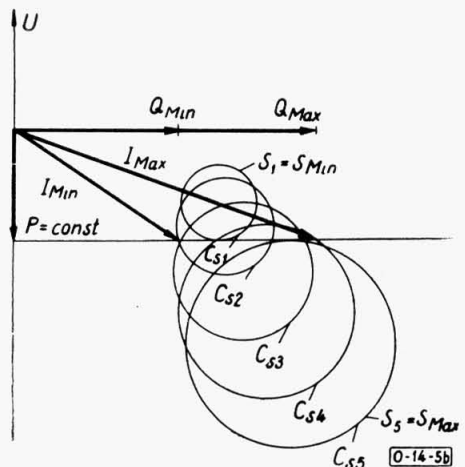
Ez a  $\delta$  szög a sugárvektor  $U \hat{Y}_D e^{j2\delta}$  általános és  $U \hat{Y}_D$  kezdeti helyzetéből könnyen leolvasható.

Az állandó szlippel feltételezése helytelen eredményekre vezet, például a hatásos teljesítmény (és a nyomaték)  $P_{\text{Max}}$  és  $P_{\text{Min}}$  határok között nagymértékben változnék (5a. ábra).



5a. ábra. Állandó szlippel járó turbogenerátor fontosabb jellemzőinek szélsőértékei

A valóságban maga a szlip és változásának értéke igen kicsi, a szöggyorsulással kapcsolatos tehetetlenségi nyomatékok hatása tehát elhanyagolható, a turbina szabályozó szelepe pedig nem érzékeli a kis fordulatszámváltozást. Ezért nem a szlipet, hanem a teljesítményt (illetve a nyomatékot) kell állandónak tekinteni. És megfordítva, éppen a  $P = \text{const}$  feltételből kiindulva lehet a változó szlip időbeli lefolyását meghatározni.



5b. ábra. Változó szlippel járó turbogenerátor  $C_s$  körserege és fontosabb jellemzőinek szélsőértékei

Az áramvektor végpontjának ugyanis a  $P = \text{const.}$  egyenes mentén kell mozognia (4. ábra). A végpont pillanatnyi helyzetét (és így az áram pillanatnyi nagyságát) ennek az egyenesnek és a különböző  $s$  szlipekre megszerkesztett  $C_s$  köröknek a metszéspontja határozza meg (5b. ábra). Eközben minden egyes körben még a  $2\delta$  szög értéke is könnyen leolvasható (4. ábra), tehát az  $s(\delta)$  összefüggés meghatározható.

Minthogy

$$\frac{d\delta}{dt} = -s\omega_0, \quad (5)$$

tehát

$$\omega_0 t(\delta) = - \int_0^\delta \frac{d\delta}{s(\delta)}, \quad (6)$$

vagyis az idő-szög összefüggés meghatározásához a szlip reciprokját kell a szög szerint integrálni. Ha  $t(\delta)$  már ismert, akkor egyrészt inverze a keresett  $\delta(t)$  összefüggést adja meg, másrészt  $s(\delta)$  és  $\delta(t)$  a keresett  $s(t)$  összefüggést szolgáltatja. Mivel a fenti szerkesztésből  $I(\delta)$  is ismert, végeredményben  $I(t)$  is meghatározható.

Az említett eljárás az  $UY_q$  és  $UY_d$  diagramokból indul ki, tehát ismertnek tételezi fel azokat. Sajnos általában ezek a diagramok sem számítással, sem mérésel nincsenek előzetesen meghatározva. A következőkben éppen olyan javaslatra kerül sor, amely az említett nehézségen segít.

## II. A javasolt eljárás

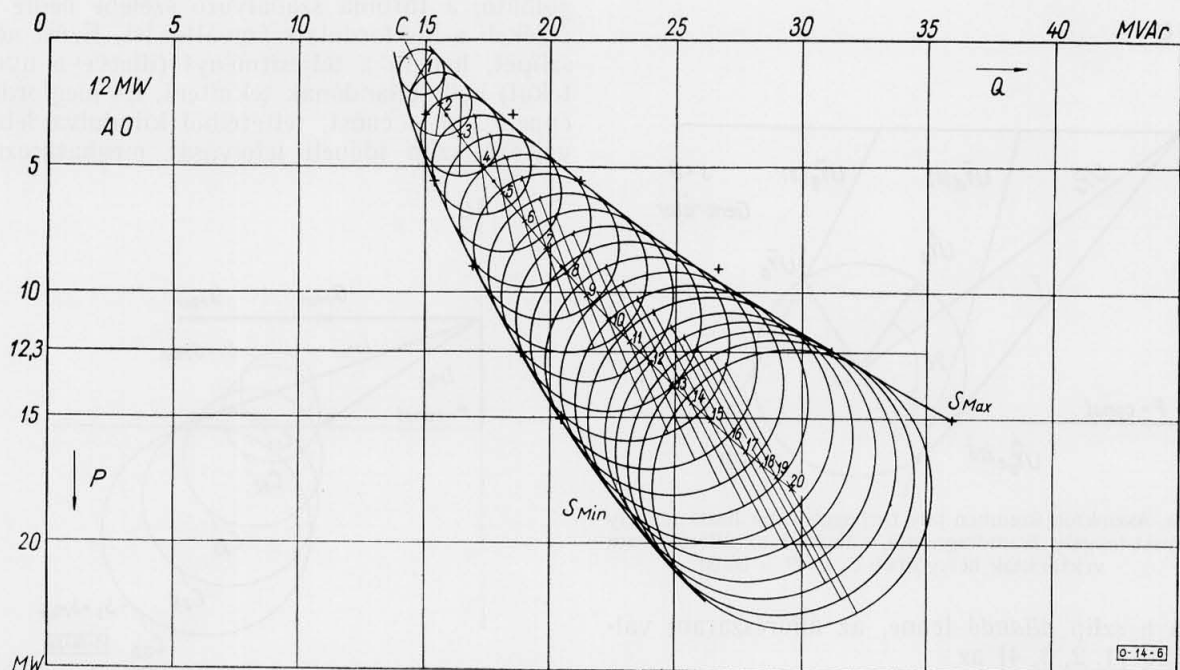
Az aszinkron üzemből műszerleolvasásokból nyert mérési eredmények alapján (lásd: [2, 3, 4]) vigyük fel a  $P$ — $Q$  koordinátarendszerbe az állan-

dónak feltételezett  $P$  hatásos teljesítményhez tartozó  $Q_{\text{Min}}$  minimális és  $Q_{\text{Max}}$  maximális meddő teljesítményt (kereszttek a 6. és 7. ábrán). Az adott pontok alapján megrajzolható az  $S_{\text{Max}}$ , ill.  $S_{\text{Min}}$  burkológörbe, és gyakorlatilag kielégítő pontossággal meghatározható a körsereg középpontjának  $C$  mértani helye. A  $C$  görbét szlip beosztással kell ellátni oly módon, hogy először a görbe és a különböző  $P = \text{const.}$  egyenesek metszéspontjaiba az illető  $P$  teljesítményhez tartozó mért közepes szlipet kell beírni, majd az alappontok alapján több-kevesebb kiegyenlítéssel megszerkeszthető a teljes szlip skála (például  $10^{-4}$ -es osztással.) Az osztópontokból mint körközeppontokból a burkológörbék segítségével megrajzolható a  $C_s$  körsereg.

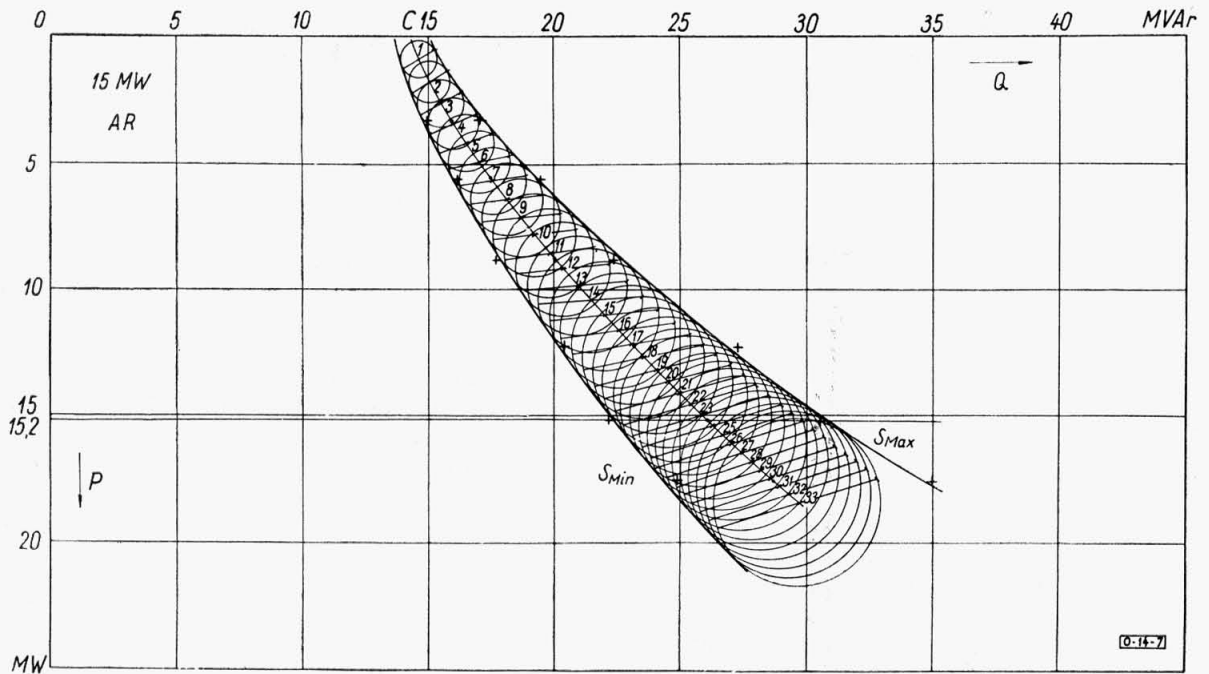
Meg kell még határozni a sugárvektoroknak a szögolvasáshoz szükséges kezdeti helyzetét is. Ez a következőképpen állapítható meg:

A  $C_s$  körsereget két esetre kell megszerkeszteni. A 6. ábra közvetlenül rövidrezárt gerjesztőkörű, a 7. ábra legerjesztő ellenálláson keresztül rövidrezárt gerjesztőkörű turbogenerátorra vonatkozik. A két körsereget egymásra helyezve, az azonos  $s$  szliphez tartozó körök általában jobboldali metszéspontjának az  $UY_q$  görbén kell feküdnie, hiszen a legerjesztő ellenállás áthidalása vagy beiktatása csak az  $UY_d$  hossz-tengely diagramot befolyásolhatja. Az említett metszéspontokhoz tartozó (a 6. és 7. ábrán vékony vonallal megrajzolt) két-két átmérő másik végpontja pedig az  $UY_d$  diagram egyes pontjait szolgáltatja.

Igy tehát az említett akadályt sikerült áthidalni, az  $UY_d$  hossz-tengely és az  $UY_q$  kereszt-tengely diagram most már ismertnek tekinthető és az I. pont végén javasolt eljárás alkalmazható.



6. ábra. Rövidrezárt gerjesztőkörű turbogenerátor  $C_s$  körseregének megszerkesztése



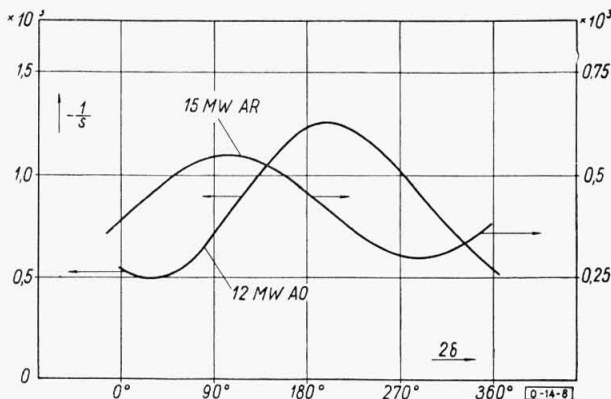
7. ábra. Legerjesztő ellenálláson keresztül zárt gerjesztőkörű turbogenerátor  $C_s$  körseregének megszerkesztése

Megjegyzendő, hogy az előzőekben leírt szerkesztés több elhanyagolást tartalmaz. Aszinkron mérés közben ugyanis sem a feszültség, sem a hatásos teljesítmény, sem a nyomaték szorosan véve nem állandó, és elméletileg a mért közepes szlip is bizonyos mértékig eltér attól a szlip értéktől, amely ahhoz a  $C_s$  körhöz tartozik, amelyeknek középpontja épp a  $P = \text{const.}$  egyenesre esik.

**III. Példa a javasolt eljárás alkalmazására**

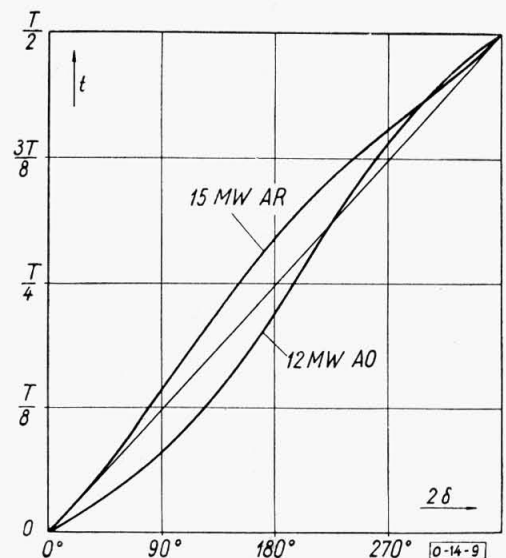
Az előzőekben leírt eljárás — pontosságának, célszerűségének és gyakorlati használhatóságának megítélése céljából — mérési eredményekkel kerül összehasonlításra.

A javasolt eljárás szerint a 6. ábrán  $P = 12,3 \text{ MW}$  egyenes felhasználásával, a 7. ábrán pedig  $P = 15,2 \text{ MW}$  egyenes alapján — az előzőekben leírt módon — meghatározhatók az összetartozó  $\delta$ ,  $s$  és  $I$  értékek. A 8. ábrán  $s$  és  $\delta$  összetartozó értékeiből meghatározott reciprok szlip:  $-1/s(\delta)$  görbéje

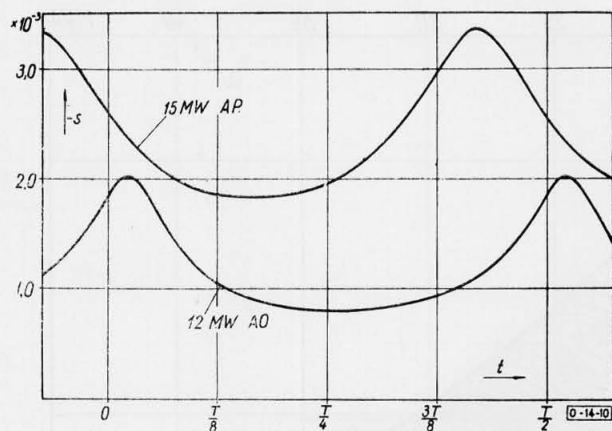


8. ábra. A szlip reciprokja a viszonylagos szögelfordulás függvényében

látható. Ez a görbe  $\delta = 10^\circ$ -os intervallumokban a közepes ordináták leolvasásával és egyszerű összeadásával nehézség nélkül integrálható. Az integrálás eredményeként kiadódó  $t(\delta)$  görbét a 9. ábra mutatja (pontosabban a  $t/T$  görbét, mert a teljes  $\delta = 2\pi$  körülfordulás  $T$  periódusideje önkényesen egységnyi mindkét esetre.) A  $t(\delta)$  görbe inverze a keresett  $\delta(t)$  függvényt, vagyis a szög időbeli lefolyását szolgáltatja. A  $\delta(t)$  összefüggés és a szerkesztésből leolvasott  $s(\delta)$  értékek alapján a 10. ábrán a keresett  $s(t)$  függvény menete, vagyis a szlip időbeli lefolyása látható. Végül a szerkesztésből leolvasott  $I(\delta)$  összefüggés és az integrálással meghatározott  $\delta(t)$  függvény alapján a keresett  $I(t)$  görbe, tehát az állórészáram időbeli lefolyása is megállapítható.

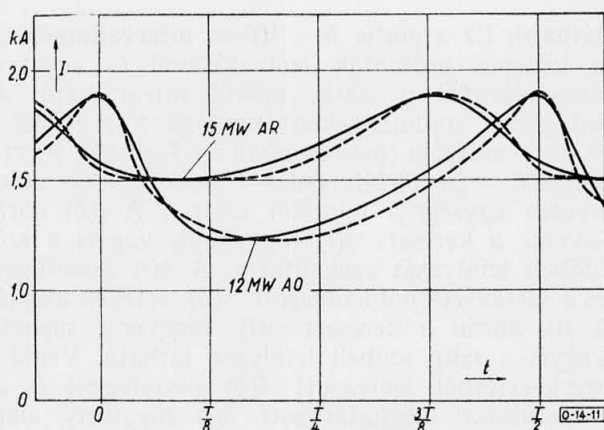


9. ábra. Az idő a szögelfordulás függvényében



10. ábra. A szlip lefolyása az idő függvényében

A 11. ábrán a javasolt eljárással meghatározott  $I(t)$  görbét teljes vonal, az 1. és 2. ábra oszcillogram felvételei alapján felrajzolt  $I(t)$  görbét pedig szaggatott vonal jelzi. (A görbék maximumainak időpontja önkényesen egybeesőnek van választva, mert a valóságos szögelfordulásra nézve nincs adat.)



11. ábra. Az állórészáram lefolyása az idő függvényében. Teljes vonal a szerkesztés alapján, szaggatott vonal a mérés alapján.

A javasolt eljárás alapján  $P = 12,3$  MW terhelés és rövidrezárt gerjesztőkör esetén a közepes szlip  $s_m = 0,1143\%$  értékűnek adódott, míg a mérésből

$$s_m [\%] = \frac{2}{T [\text{sec}]}$$

képlettel  $s_m = 0,111\%$  átlagos érték nyerhető. Hasonlóképpen  $P = 15,2$  MW terhelés és legerjesztő ellenálláson át zárt gerjesztőkör esetén  $s_m = 0,2352\%$ , illetve  $s_m = 0,243\%$  adódik a szerkesztésből, illetve a mérésből.

#### IV. Összefoglalás és következtetések

Amint az előzőkből kitűnik, a javasolt eljárás nemcsak egyszerű, hanem a közelítések és elhanyagolások ellenére a mutatkozó eltérések a gyakorlat számára megengedhető mértékűek. A meg-

szerkesztett és a mért áramgörbék csaknem fedik egymást, eltérésük alig számottevő. Nagyobb pontosságra nem is nagyon érdemes törekedni, mert maguknak a mért áramgörbéknek egyes periódusaiban is megfigyelhetők különbségek (lásd az 1. és 2. ábrát).

Hasonlók mondhatók el a szlipről is. A szerkesztéssel és a mérésből meghatározott közepes szlip értéke még a legkedvezőtlenebb esetben sem tér el 5%-nál jobban. Ennyi eltérés magában az egyes félperiódusokban mért szlipben is megmutatkozik.

Mint hogy a szlip-idő és a szög-idő görbék közvetlen mérése, oszcillográf felvétele nem mindennapi feladat, így a javasolt eljárás egyik gyakorlati eredményének kell tekinteni az utóbbi két görbe meghatározását.

Mint hogy továbbá az eljárás kiindulási alapját csupán műszerleolvasások képezik, és a szög-idő, valamint a szlip-idő görbe mellett az állórészáram-idő görbe is egyszerűen kiadódik, a javasolt eljárás a hurkos oszcillográf használatát is feleslegessé teheti vagy helyettesítheti.

A javasolt eljárás mellékeredményeként az  $UY_q$  és  $UY_d$  diagramnak, illetve az  $Y_q$  és  $Y_d$  hossz- és kereszt-tengely admittancia diagramnak kis szlipekre (kis frekvenciákra) vonatkozó szakasza adódott ki, amelynek egyéb mérési módszerekkel való megállapítása nehézségekbe ütközik.

#### V. Függelék

A III. pontban ismertetett két példa részleteiről a jelen függelékben található táblázatok tájékoztatók.

A 6. ábra (illetve a 7. ábra) alapján meghatározott  $\delta$  szög,  $s$  szlip, és  $I$  állórészáram összetartozó értékeit az 1. táblázat (illetve a 3. táblázat) tartalmazza. Ugyanitt megtalálhatók a 8. ábra felrajzolásának alapjául szolgáló  $-1/s$  reciprok szlip értékek is.

A numerikus integrálás részleteit a 2. táblázat (illetve a 4. táblázat) ismerteti. A közepes ordinátákat a 8. ábráról  $5^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $25^\circ$ ... stb. szögekre kell leolvasni.

Az egyes ordináták összegezésének eredménye ugyancsak megtalálható a 2. táblázat (illetve a 4. táblázat) második és negyedik oszlopában. A harmadik és hatodik oszlop ezeket a részleteredményeket az egységnyinek vett félperiódus törtrészeként tünteti fel. A 9. ábra a 2. táblázat (illetve a 4. táblázat) első és harmadik, negyedik és hatodik oszlopából nehézség nélkül felrajzolható.

Az 1. és 2. táblázat (illetve a 3. és 4. táblázat) azonos  $\delta$  szögekhez tartozó (interpolálással meghatározott) megfelelő értékeiből az  $s(t)$  szlip-idő összefüggés (10. ábra) és az  $I(t)$  idő-szög összefüggés (11. ábra) ugyancsak könnyen felrajzolható.

Az 1. és 3. táblázatban az alábbi léptékeket alkalmaztuk:

$$\left. \begin{aligned} \text{Léptékek: } \frac{22,60 \text{ MVA}}{1,23 \text{ kA}} &= 1,836 \text{ MVA/kA} \\ \frac{33,73 \text{ MVA}}{1,88 \text{ kA}} &= 1,794 \text{ MVA/kA} \end{aligned} \right\} (1. \text{ tábl.})$$

$$\left. \begin{aligned} \text{Léptékek: } \frac{27,16 \text{ MVA}}{1,50 \text{ kA}} &= 1,81 \text{ MVA/kA} \\ \frac{34,50 \text{ MVA}}{1,89 \text{ kA}} &= 1,825 \text{ MVA/kA} \end{aligned} \right\} (3. \text{ tábl.})$$

Összetartozó értékek  
(12 MW AO)

1. táblázat

$-s$ $10^{-4}$	$-\frac{1}{s}$ $10^8$	$2\delta'$ °	$2\delta''$ °	$I'$ kA	$I''$ kA
8	1,25	189°	211°	1,29	1,35
9	1,11	152°	252°	1,23	1,492
10	1,0	133°	273°	1,23	1,583
11	0,9	119°	288°	1,25	1,653
12	0,833	108,5°	302°	1,28	1,714
13	0,769	99°	313°	1,32	1,76
14	0,714	92°	324°	1,36	1,803
15	0,666	83°	332,5°	1,405	1,836
16	0,625	76°	342°	1,46	1,858
17	0,583	68°	349°	1,51	1,874
18	0,555	60°	357°	1,57	1,88
19	0,526	52°	5°	1,642	1,88
20	0,500	37°	21°	1,745	1,84

Összetartozó értékek  
(15 MW AR)

3. táblázat

$-s$ $10^{-4}$	$-\frac{1}{s}$ $10^8$	$2\delta'$ °	$2\delta''$ °	$I'$ kA	$I''$ kA
18	0,555	105°	105°	1,56	1,56
19	0,526	67°	144°	1,51	1,64
20	0,500	51°	159°	1,50	1,69
21	0,476	39°	172°	1,51	1,73
22	0,454	30°	182,5°	1,52	1,755
23	0,435	20°	192°	1,53	1,785
24	0,417	12,6°	200,6°	1,55	1,81
25	0,400	5°	209°	1,57	1,83
26	0,385	359°	216°	1,587	1,845
27	0,371	352,5°	223°	1,594	1,86
28	0,357	346°	231°	1,63	1,868
29	0,345	339°	236°	1,655	1,88
30	0,333	332,5°	243°	1,684	1,888
31	0,323	323°	251°	1,717	1,89
32	0,313	314°	261°	1,758	1,882
33	0,303	303°	272°	1,8	1,873

Numerikus integrálás

2. táblázat

(12 MW AO)  $1/C = 0,5 \cdot 10^8 \pi/180^\circ$

$\delta^\circ$	$-C \int_0^\delta \frac{1}{s} d\delta$	$\frac{2}{T} t$	$\delta^\circ$	$-C \int_0^\delta \frac{1}{s} d\delta$	$\frac{2}{T} t$
0°	0,00 5,23	0,0000	180°	139,42 12,45	0,4425
10°	5,23 5,07	0,0165	190°	151,87 12,58	0,4815
20°	10,30 4,99	0,0325	200°	164,45 12,57	0,5215
30°	15,29 5,02	0,0485	210°	177,02 12,43	0,5610
40°	20,31 5,11	0,0645	220°	189,45 12,20	0,6005
50°	25,42 5,34	0,0805	230°	201,65 11,80	0,6390
60°	30,76 5,71	0,0975	240°	213,45 11,47	0,6760
70°	36,47 6,20	0,1160	250°	224,92 10,96	0,7135
80°	42,67 6,80	0,1355	260°	235,88 10,47	0,7470
90°	49,47 7,35	0,1570	270°	246,35 9,81	0,7815
100°	56,82 8,14	0,1800	280°	256,16 9,36	0,8130
110°	64,96 8,79	0,2060	290°	265,52 8,76	0,8415
120°	73,75 9,45	0,2340	300°	274,28 8,20	0,8700
130°	83,20 10,13	0,2640	310°	282,48 7,62	0,8950
140°	93,33 10,74	0,2960	320°	290,10 7,09	0,9200
150°	104,07 11,30	0,3300	330°	297,19 6,49	0,9355
160°	115,37 11,87	0,3660	340°	303,68 6,02	0,9630
170°	127,24 12,18	0,4035	350°	309,70 5,61	0,9815
180°	139,42	0,4425	360°	315,31	1,0000

Numerikus integrálás

4. táblázat

(15 MW AR)  $1/C = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 10^8 \pi/180^\circ$

$\delta^\circ$	$-C \int_0^\delta \frac{1}{s} d\delta$	$\frac{2}{T} t$	$\delta^\circ$	$-C \int_0^\delta \frac{1}{s} d\delta$	$\frac{2}{T} t$
0°	0,00 8,00		180°	180,80 8,97	0,5905
10°	8,00 8,45	0,0261	190°	189,77 8,57	0,6200
20°	16,45 8,89	0,0540	200°	198,34 8,15	0,6480
30°	25,34 9,35	0,0825	210°	206,49 7,75	0,6750
40°	34,69 9,80	0,1135	220°	214,24 7,35	0,7000
50°	44,49 10,16	0,1455	230°	221,59 6,96	0,7240
60°	54,65 10,46	0,1790	240°	228,55 6,64	0,7470
70°	65,11 10,67	0,2130	250°	235,19 6,34	0,7690
80°	75,78 10,83	0,2480	260°	241,53 6,16	0,7890
90°	86,61 10,94	0,2830	270°	247,69 6,05	0,8095
100°	97,55 10,99	0,3195	280°	253,74 6,01	0,8285
110°	108,54 10,94	0,3550	290°	259,75 6,01	0,8490
120°	119,48 10,85	0,3915	300°	265,76 6,09	0,8685
130°	130,33 10,69	0,4265	310°	271,85 6,25	0,8880
140°	141,02 10,47	0,4605	320°	278,10 6,49	0,9090
150°	151,49 10,16	0,4950	330°	284,59 6,76	0,9300
160°	161,65 9,80	0,5285	340°	291,35 7,12	0,9515
170°	171,45 9,35	0,5600	350°	298,47 7,52	0,9750
180°	180,80	0,5905	360°	305,99	1,0000

## IRODALOM

1. Csáki Frigyes: 44 000 kVA-es turbogenerátor aszinkron üzeme. Elektrotechnika, Budapest, 1956. 8. sz. 229—239. old.
2. Csáki Frigyes: Turbogenerátorok aszinkron üzeme I. és II. Villamos Energetikai Kutató Intézet és Villamos Gépek Üzemtana Tanszék közleménye. Budapest, 1955. 92. szám és 1957. 179. szám.

3. Kovács K. Pál—Csáki F.: Marche asynchrone des turbo — alternateurs. CIGRÉ rapport No. 115. Paris, 1958.
4. Kovács K. Pál—Csáki F.: Asynchronous Running of Turbo — Alternators. Periodica Polytechnica, Electrical Engineering, Budapest, 1959. Vol 3. No 1. p. 1—19.
5. Сыромятников И. Ф.: Режимы работы синхронных генераторов. Госэнергоиздат. 1952.

## A VILLENKI-ben kifejlesztett kooperációs teljesítmény-szabályozó berendezés energetikai elvi kérdései

RONKAY FERENC dr.  
a műszaki tudományok kandidátusa,  
az Erőmű Tröszt OÜSZ vezetője és a VILLENKI tudományos munkatársa

621.316.728:621.311.062.1

Az önmagukban szorosan csatolt, de egymással laza kapcsolatban levő erőműrendszerek között átáramló teljesítmény időbeli lefolyása egy lassúbb lengésre szuperponálódó gyorsabb lengéssel jellemezhető. A lassúbb lengések hálózati jelleggörbe szerinti szabályozással gyakorlatilag megszüntethetők, de akkor a szabályozást végző erőmű teljesítménye erősen ingadozik. Höerőműves rendszerben, ilyen a magyarországi rendszer is, az erőműveket nem szabad túlzott teljesítményingadozásokkal terhelni, ezért a kooperációs teljesítményt csak hosszabb időre eső állagértékre célszerű szabályozni. E célkitűzés a Villamos Energetikai Kutató Intézetben kifejlesztett, félig automatikus rendszerű és több erőművet irányító szabályozó berendezéssel megoldható.

A magyar villamosenergia-rendszer Csehszlovákiából párhuzamos üzemben villamosenergiát importál. E villamosenergia importot a szerződésekben körülhatárolt menetrendek szerinti teljesítményértékkel kell Magyarországnak hálózatának Csehszlovákia hálózatából vételeznie. A vételezést tehát szabályozni kell, illetve az országhatáron átjövő teljesítmény értékét a kölcsönös megállapodásnak megfelelő menetrendi érték meghatározott tűrésén belül kell tartanunk. A két állam hálózatának összes teljesítményéhez viszonyítva kb. egy nagyságrenddel kisebb teljesítőképességű kapcsolata műszaki okokból is gondos szabályozást követel, mert különben a csatlakozó állomások berendezései és a vezetékek időnként túlterhelődnének és az üzemet zavaró feszültségingadozások, valamint teljesítménylengések is káros következményekkel járnának.

A felvetett kérdésre, tehát önmagukban szorosan csatolt hálózatoknak egymásközötti viszonylag laza kapcsolatán átfolyó teljesítménynek szabályozására ma már kiforrott megoldások vannak. E kérdéssel a VILLENKI 1953 óta rendszeresen foglalkozik, több tanulmányt is adtunk közre e témakörből és több előadást is tartottunk.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>E tárgykörből a szerzőnek eddig a következő tanulmányai jelentek meg:

Kooperációs hálózat szabályozása I. 110 sz. VILLENKI tanulmány, 1955.

Kooperációs hálózat szabályozása II. (Félautomatikus szabályozó berendezés). 125 sz. VILLENKI tanulmány, 1956.

Kooperációs hálózat szabályozása III. 154. sz. VILLENKI tanulmány, 1957.

Együttműködő erőműrendszerek teljesítmény- és periódusszám szabályozásának alapelve. Elektrotechnika, 1957. jan.—febr.

A nemzetközi villamosenergia kooperáció szabályozásának elvi kérdései. Elektrotechnika, 1958. apr.—jún.

Villamosenergia-rendszerünk teljesítmény- és frekvencia-szabályozása. Elektrotechnika, 1959. nov.—dec.

Ennek megfelelően a mostani előadásomban az általános elvi problémákat nem érintem, hanem inkább azokat az alapvető szempontokat vázolom, amelyek a kooperációs teljesítményt úgynevezett félig automatikus módszerrel szabályozó első hazai berendezés kifejlesztésének és létesítésének alapjául szolgáltak.

Párhuzamos üzemünk az úgynevezett klasszikus rendszerben indult: külön a frekvenciára és külön a határon átvett teljesítményre szabályozó felekkel. Mivel műszakilag előnyösebb, ha a nagyobb teljesítőképességű partner tartja a frekvenciát, a mi feladatunk a határt átszelő teljesítmény szabályozása lett. E szabályozás erőműveink forgótartalékának változó igénybevételével a *Teherelosztó*-ból diszpécseri irányítással, távmérőberendezés és telefonok segítségével is megoldható. E módszer fáradtságos, széles toleranciát követel és így ma az automatikák korszakában már nem nevezhető korszerűnek. Részben a műszaki fejlődésre való törekvés, részben a ČSK villamosenergia hálózata részéről egyre szigorúbban jelentkező követelmények, arra indították iparágunk irányítóit, hogy a VILLENKI-t a kooperációs teljesítményt szabályozó berendezés létesítésével bízzák meg.

A szóbanforgó célnak megfelelő automatikák kifejlesztése nálunk iparilag sokkal haladottabb államok vállalatai részére is komoly feladatokat jelentettek, ugyanakkor hozzánk képest lényegesen nagyobb anyagi, műszaki és főleg nagyobb technológiai lehetőségekkel már egy évtizeddel ezelőtt kezdtek hozzá a probléma megoldásához. Ezek tudatában az első megbeszéléseken a külföldi behozatal mellett foglaltunk állást és az Intézetben a hálózati követelményeinknek megfelelő önműködő szabályozóberendezésre ajánlati felhívást dolgoztunk ki. A közben felmerült devizanehezvételeket mérlegelve, mégis a VILLENKI kapott megbízást a csehszlovák-magyar párhuzamos üzem magyar oldali szabályozására alkalmas teljesítményszabályozó berendezés kifejlesztésére és hazai előállítására.

Az akkori feltételek szerint a határunkat átszelő teljesítményt egy-negyedórás átlagban  $\pm 5$  MW pontossággal kellett tartani. A csehszlovák és magyar hálózatok közötti természetes teljesítménycsere — hasonlóan az egyéb hasonló jellegű rendszerek közötti teljesítménycseréhez — egy lassúbb