

# ELEKTROTECHNIKA

A MAGYAR ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET  
(A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK TAGJA) HIVATALOS KÖZLÖNYE

Официальный орган Венгерского Электротехнического Общества – Official Organ of the Hungarian Electrotechnical Association – Organe officiel de l'Association Électrotechnique Hongroise – Organo ufficiale dell'Associazione Elettrotecnica Ungherese – Offizielles Organ des Ungarischen Elektrotechnischen Vereines

Szerkesztőség: Budapest V., Szabadság tér 17.  
Az egyesület címe: Budapest V., Szabadság tér 17. Távbeszélő: 126–313.

## Transzformátorok zárlatainak megszakításakor fellépő visszaszökő feszültség meghatározása

MIHÁLKOVICS TIBOR, Budapest\*  
A Magyar Elektrotechnikai Egyesület tagja

DK 621.314.2.014.3:621.3.015.334.083

Az energiarendszer nagyütemű fejlődésének egyik jellemzője a blokkok és transzformátorok egységteljesítményének növekedése. A transzformátorok egységteljesítménye az elmúlt években többszörösére nőtt, és még tovább fog növekedni. A megszakítók igénybevételét nagymértékben szigorítja a transzformátorok egységteljesítményének növekedése olyan zárlatok megszakítása esetében, amikor a transzformátor rövidzárlati reaktanciája adja a zárlati kör reaktanciájának nagyobbik részét.

A transzformátorok teljesítményének növekedésével egyrészt nőnek a zárlati áramok, másrészt nagyobb a fellépő visszaszökő feszültség (továbbiakban VSF) frekvenciája, így meredeksége is, tehát két okból is fokozódik a transzformátorok zárlatát lekapcsoló megszakítók igénybevétele. A jelenlegihez képest kisebb teljesítményű transzformátorok esetében a zárlatok ezen fajtája általában nem okozott megszakítási problémákat, a transzformátorok egységteljesítményének növekedése – konkrét tapasztalataink szerint – okozta már megszakítók meghibásodását.

Ezért tartjuk szükségesnek, hogy a végzett méréseink alapján felhívjuk a tervezők és üzemeltetők figyelmét a megszakítók megnövekedett VSF igénybevételére olyan zárlatok esetében, amelyek a transzformátor kapcsain lépnek fel.

### 1. Vizsgált hálózati esetek

A hálózatokon kétféle zárlat esetében lép fel döntően a transzformátor által meghatározott független VSF. A kétféle esetet az 1a. és 1b. ábra mutatja.

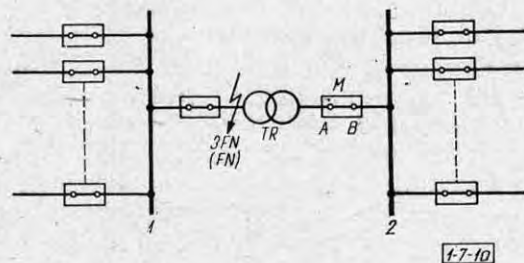
Az 1a. ábra esetében az M megszakító a 2. hálózatról táplált zárlatot szakítja meg. Az M megszakító B pontján a 2. hálózat, az A pontján pedig a TR transzformátor külön rezeg a megszakítást

követő pillanatokban, a megszakítót VSF szempontból az A és B pontokon fellépő feszültségek különbsége veszi igénybe.

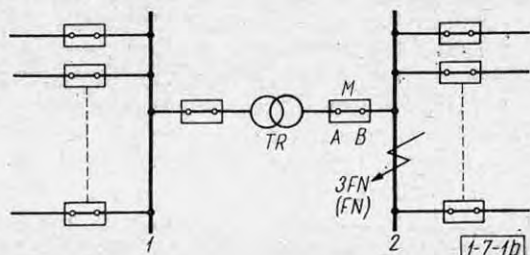
Az 1b. ábra esetében az M megszakító az 1. hálózatról táplált zárlatot szakítja meg, ekkor a megszakító B pontja földpotenciálón van, az A pontján pedig a transzformátor és az 1. hálózat eredő rezgése jelenik meg.

Természetesen nem jelent elvi különbséget az, ha az 1a. ábra 1. hálózatának, illetve az 1b. ábra 2. hálózatának helyén fogyasztói leágazások vannak, amelyek nem táplálnak rá a zárlatra.

Az 1a. ábra szerinti zárlat esetén az M megszakító helyén fellépő független VSF a 2a. oszcillogramon látható. Az 1b. ábra szerinti zárlat esetén az M megszakító helyén fellépő független VSF-et a 2b. oszcillogramon mutatjuk be. A felvételek a Villamos-



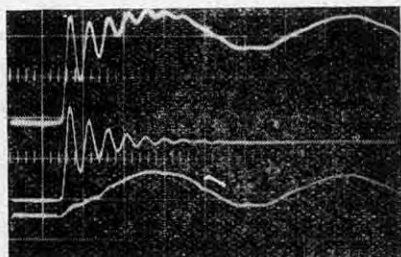
1a. ábra



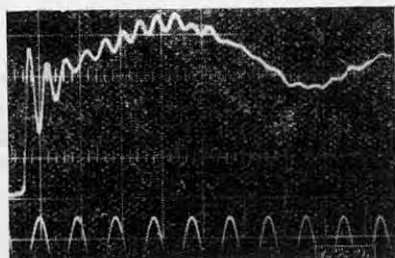
1b. ábra

\* MIHÁLKOVICS TIBOR okl. villamosmérnök, a Villamosenergiaipari Kutató Intézet tudományos munkatársa (Budapest V., Zrínyi u. 1.).

energiaipari Kutató Intézet, Villamos Berendezések Főosztály VSF kismintáján készültek. A vizsgált transzformátor típusa *DHBSM 100 000/220*, az M megszakító a  $220/\sqrt{3}/126/\sqrt{3}$  kV-os transzformátor 126 kV-os oldalán helyezkedik el. A 2a. és 2b. ábrára egyaránt érvényes hitelesítés a 2b. ábra oszcillogramjának alsó sugarán látható, a hitelesítő frekvencia  $f_h = 5$  kHz.



2a. ábra. Felső görbe: eredő VSF; középső görbe: A pont feszültsége; alsó görbe: B pont feszültsége



2b. ábra. Felső görbe: M megszakító VSF-e; alsó görbe: a 2a. és 2b. ábrára egyaránt érvényes hitelesítés:  $f_h = 5$  kHz

Mivel a hazai 220/126 kV-os transzformátorok nagyteljesítményű ( $N_z = 4000 - 5000$  MVA) gyűjtősínhez csatlakoznak, ezért az 1b. ábra transzformátorának nagy frekvenciás rezgéseinek szempontjából a transzformátor közel rövidzártnak tekinthető, így az 1. hálózat és a TR transzformátor rezgése gyakorlatilag egymástól függetlenek. A hazai legnagyobb teljesítményű 220/126 kV-os *DHBSM 100 000/220* típusú transzformátor esetében is a transzformátor rövidzárási reaktanciája az 1a. és 1b. ábra szerinti teljes zárlati reaktanciának kb. 70–75%-a, kisebb teljesítményű transzformátorok esetében a transzformátor rövidzárási reaktanciájának az eredő reaktanciához viszonyított százalékos értéke ennél nagyobb lesz a fenti 4000–5000MVA-es gyűjtősín esetében.

Tehát mindkét (1a. és 1b. ábra szerinti) esetben a VSF-et gyakorlatilag csak a transzformátor önrezgése határozza meg, mivel a viszonylag nagy amplitúdójú transzformátor rezgésének frekvenciája jóval nagyobb a mögöttes hálózat rezgésének frekvenciájánál. Így elegendő a hálózatról leválasztott transzformátor önrezgését megmérni, majd az így kapott önrezgés amplitúdóját a hálózat és a transzformátor reaktanciáinak viszonyától függően korrigálni kell.

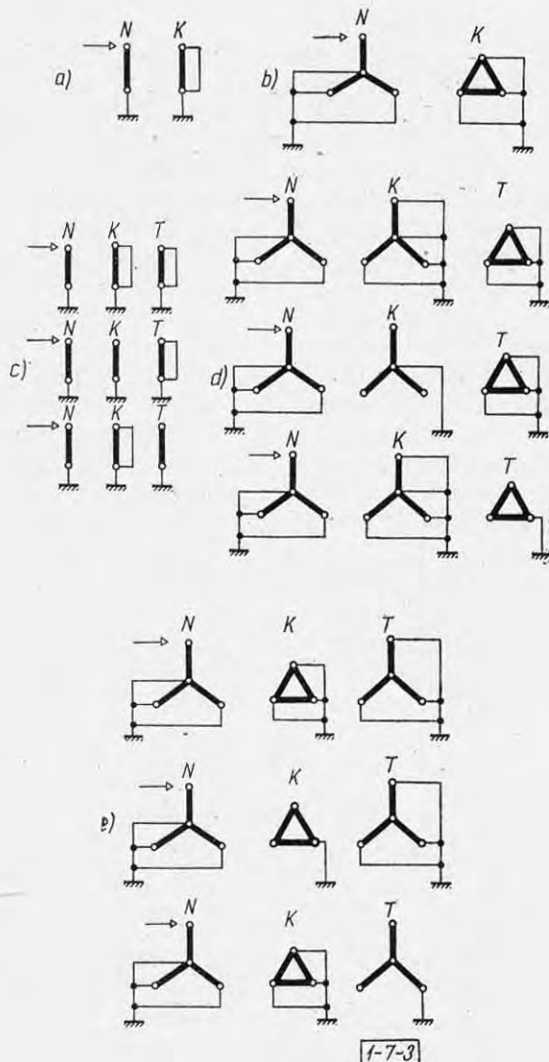
Ezen gondolatmenet lehetővé teszi, hogy a gyakorlatban viszonylag egyszerűen, injektáló módszerrel határozzuk meg a hálózatról leválasztott transzformátorok önrezgéseit.

### 2. Transzformátorok önrezgésének mérési módszere

Egyfázisú transzformátorok önrezgését FN (egyfázisú föld) zárlat megszakításának, a háromfázisú transzformátorok önrezgését 3FN (háromfázisú föld) zárlat először megszakító pólusának esetére vizsgáltuk meg.

A két- és háromtekerceslű, egy- és háromfázisú transzformátorokra alkalmazott mérési kapcsolásokat a 3. ábrán foglaltuk össze, feltételezve, hogy a mérés az N tekercse felől történik.

Fenti kapcsolások autótanszformátorok mérésére is alkalmasak és értelemszerűen vonatkoznak a transzformátor K, illetve T tekercse felől történő önrezgés mérésére is. A 3e. ábra a hazai  $120/\sqrt{3}/36,75/22$  kV-os transzformátorok mérési kapcsolását adja.



3. ábra. Mérési kapcsolások a VSF méréséhez

1. táblázat

Sor- szám	Névleges teljesít- mény (MVA)	Tercier teljesít- mény (MVA)	Névleges feszültség $U_N/U_K/U_T$ (kV)	Droppok			Kapcsolási csoport	VSF frekvencia		
				$\epsilon_{NK}$ (%)	$\epsilon_{NT}$ (%)	$\epsilon_{KT}$ (%)		$f_N$ (kHz)	$f_K$ (kHz)	$f_T$ (kHz)
1	360/3	100/3	$400/\sqrt{3}/126/\sqrt{3}/18$	15,15	9,0	4,5	Yo/Yo/ $\Delta$	5,22	14,8	62,0
2	120/3	60/3	$220/\sqrt{3}/126/\sqrt{3}/10,5$	11,0	14,0	12,3	Yo/Yo/ $\Delta$	12,0	20,0	136,0 (52%) 29,8
3	160	50	$220/\sqrt{3}/126/\sqrt{3}/10,5$	9,55	11,3	7,3	Yo/Yo/ $\Delta$	9,45	11,7	88,0
4	100/3	60/3	$220/\sqrt{3}/126/\sqrt{3}/10,44$	12,8	14,5	5,45	Yo/Yo/ $\Delta$	6,3	13,2	125,0
5	40/30/20	—	$120 \pm 15\%/\sqrt{3}/36,75/22$	11,9	11,9	3,06	Yo/ $\Delta$ /Y	6,7	60,0	91,6
6	25/16/16	—	$120 \pm 15\%/\sqrt{3}/36,75/22$	7,15	10,9	3,35	Yo/ $\Delta$ /Y	6,7	43,0	85,0
7	25	—	$120 \pm 15\%/\sqrt{3}/22$	8,8	—	—	Yo/Y	8,5	37,5	—
8	16	—	$120 \pm 15\%/\sqrt{3}/22$	10,2	—	—	Yo/Y	5,7	26,0	—
9	40	—	$120 \pm 15\%/\sqrt{3}/36,75$	11,1	—	—	Yo/ $\Delta$	8,4	21,1	—
10	63	—	$120 \pm 15\%/\sqrt{3}/11$	14,2	—	—	Yo/ $\Delta$	9,4	73,0	—
11	40	—	$126 \pm 15\%/\sqrt{3}/11$	10,7	—	—	Yo/ $\Delta$	9,0	73,5	—
12	16	—	$126/\sqrt{3}/6,3$	10,9	—	—	Yo/ $\Delta$	8,55	88,5	—
13	16	—	11,5/6,3	12,6	—	—	$\Delta/\Delta$	—	91,5	—
14	16	—	18/6,3	9,2	—	—	$\Delta/\Delta$	—	107,0	—

2.1. Háromtekercselésű transzformátorok mérése

Háromtekercselésű transzformátoroknál több eset lehetséges aszerint, hogy a másik két tekercs mindegyike, végtelen zárlati teljesítményűnek tekintett gyűjtősin feltételezésével, rövidre van-e zárva, vagy csak az egyik. Számos transzformátoron végzett mérésünk eredményét a következőkben foglalhatjuk össze.

a) A transzformátor N oldaláról végzett mérés esetén, ha a K tekercs rövidrezárt, az önrezgés gyakorlatilag nem függ a T. tekercs (rövidrezárt vagy üres) állapotától.

b) A transzformátor T oldaláról végzett mérés esetén, ha a K tekercs rövidrezárt, az önrezgés gyakorlatilag nem függ az N tekercs (rövidrezárt vagy üres) állapotától.

c) A transzformátor N oldaláról végzett mérés esetén a T tekercs rövidrezárt állapotában fontos a K tekercs állapota. A K tekercs rövidrezárt állapotában az önrezgés frekvenciája nagyobb, mint a K üres állapotában.

d) A transzformátor T oldaláról végzett mérés esetén az N tekercs rövidrezárt állapotában fontos a K tekercs állapota. A K tekercs rövidrezárt állapotában az önrezgés frekvenciája nagyobb, mint a K üres állapotában.

e) A transzformátor K oldaláról végzett mérés esetén a VSF az N és T tekercsek állapotától is függ, mindkét tekercs rövidrezárt állapotában a VSF meredeksége nagyobb, mint akár az N, akár a T tekercs üres állapotában.

A d és e pontokban leírt hatások különösen erősen jelentkezők a hazai 120/36,75/22 kV-os transz-

formátoroknál. Mivel ezen transzformátoroknál a K (36,75 kV) és T (22kV) tekercsek közötti dropp igen kicsiny, ( $\epsilon_{KT} = 3 - 4\%$ ), a K illetve a T tekercs felőli mérésnél a VSF frekvenciája —  $f_K$  illetve  $f_T$  — erősen függ a T illetve a K tekercs állapotától, ha az N tekercs végig rövidrezárt állapotban volt.

Jól szemlélteti ezt az 1. táblázat 5. és 6. számú transzformátorán végzett mérések eredményét bemutató 2. táblázat. A 2. táblázattal kapcsolatban megjegyezzük, hogy a K oldalon levő zárlat esetén a T tekercs üres állapota, illetve a T oldalon levő zárlat esetén a K üres állapota sokszor jobban megfelel a valóságnak, mint a rövidrezárt állapot. Az adott hálózatkép mérlegelése alapján dönthető el, hogy milyen állapotra vonatkozó VSF értékkel számoljunk.

2. táblázat

Tekercsek állapota		5. sz. transzfor- mátor frekven- ciája (kHz)	6. sz. transzfor- mátor frekven- ciája (kHz)
N (120 kV):	rövidrezárt	$f_k = 60,0$	$f_k = 43,0$
T (22 kV):	rövidrezárt		
N (120 kV):	rövidrezárt	$f_k = 18,2$	$f_k = 15,0$
T (22 kV):	üres		
N (120 kV):	rövidrezárt	$f_T = 91,6$	$f_T = 85,0$
K (36,75 kV):	rövidrezárt		
N (120 kV):	rövidzárlat	$f_T = 21,4$	$f_T = 20,2$
K (36,75 kV):	üres		

Amint a 2.1. alapján belátható, a legnagyobb VSF frekvenciát N, K illetve T tekercs felőli mérés esetében is a másik két tekercs rövidrezárt állapotában kapjuk. Ezért a hazai transzformátorokon az N, K és T tekercs felől mért értékek közül a másik két tekercs rövidrezárt állapotában mért VSF frekvenciákat tüntettük fel az 1. táblázatban.

Az 1. táblázatban feltüntetett frekvenciákat  $C = 0$  esetben, tehát külső kapacitás nélküli esetben mértük, azaz a frekvenciát csak a transzformátor elosztott kapacitásai és egyes esetekben a transzformátor kivezetéseiről le nem választható 5–25 méter gyűjtősínszakasz járulékos kapacitásai szabták meg.

A 13. és 14. számú transzformátorok blokkok hónaljtranszformátorai, a generátor felőli oldalukon nincs megszakító, ezért VSF-et csak a K (6,3 kV) tekercs felől mértünk. Az 1. számú transzformátor

egyfázisú egységekből álló autotranszformátor, a 2. és 4. számú egyfázisú egységekből álló transzformátor, a 3. számú háromfázisú autotranszformátor.

## 2.2. Két- és háromtekercselésű transzformátorokon mért VSF-ek jellegzetességei

a) A háromtekercselésű transzformátor N tekercsének (K és T tekercs rövidrezárt) VSF-e gyakorlatilag mindig egyfrekvenciás.

b) A háromtekercselésű transzformátor K tekercsének (N és T tekercs rövidrezárt) VSF-e többnyire egyfrekvenciás, főként ha a K tekercs 120 kV-os feszültségű.

c) A háromtekercselésű transzformátor T tekercsének (N és K tekercs rövidrezárt) VSF-e többnyire többfrekvenciás.

d) A kéttekercselésű transzformátor N tekercsének VSF-e gyakorlatilag mindig egyfrekvenciás.

e) A kéttekercselésű transzformátor K tekercsének VSF-e egy- és többfrekvenciás is lehet.

A fentiek szemléltetésére a 4. ábra oszcillogramjain mutatunk be VSF felvételeket. Az oszcillogramokon feltüntetett számok azt jelzik, hogy az 1. táblázat szerint számozott transzformátorok milyen feszültségű tekercsén történt a mérés.

## 2.3. A VSF kiértékelésének módszere

A VSF oszcillogramok időalapjának hitelesítése szinusz-generátor frekvenciájának segítségével történt.

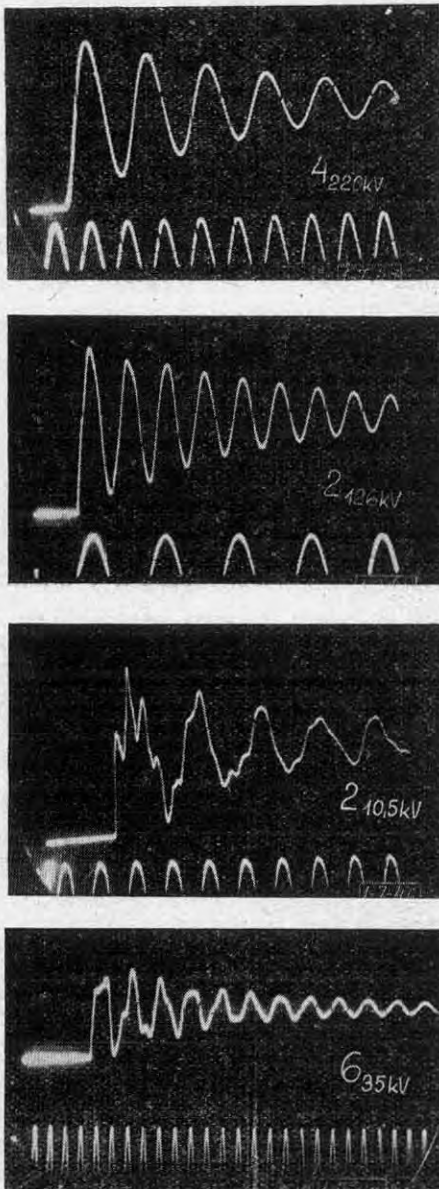
Ha a rezgés többfrekvenciás, de a nagyfrekvenciás komponens amplitúdója a teljes amplitúdó 75%-ánál nagyobb, a kiértékelésnél csak ezen komponenset vettük figyelembe, azaz igyekeztünk a VSF-et két paraméterrel jellemezni. Ha a többfrekvenciás rezgés komponensei közel egyenlő amplitúdóval jelentkeztek, ezeket külön is feltüntettük a táblázatban. (1. táblázat, 2. transzformátor.)

## 2.4. Külső kapacitás hatása a transzformátor rezgésére

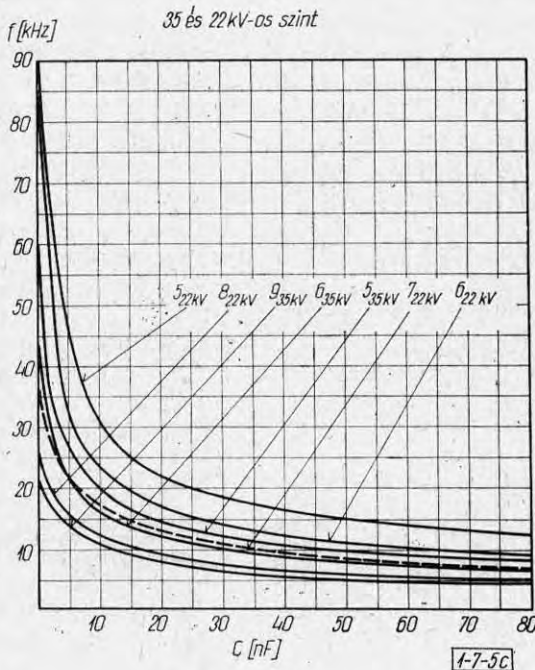
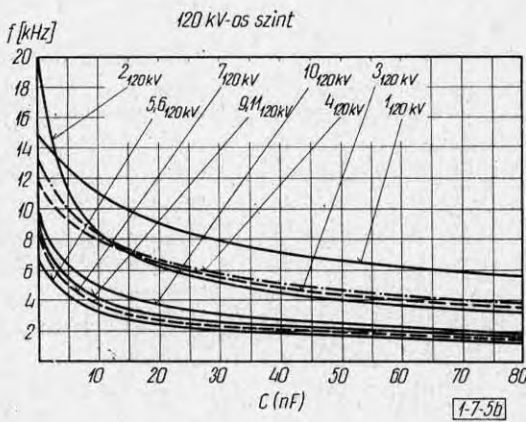
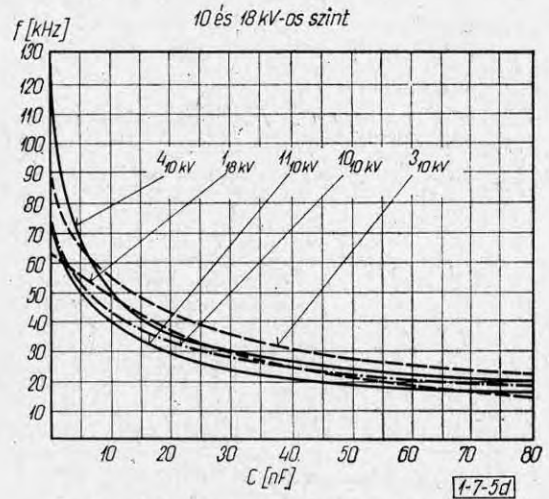
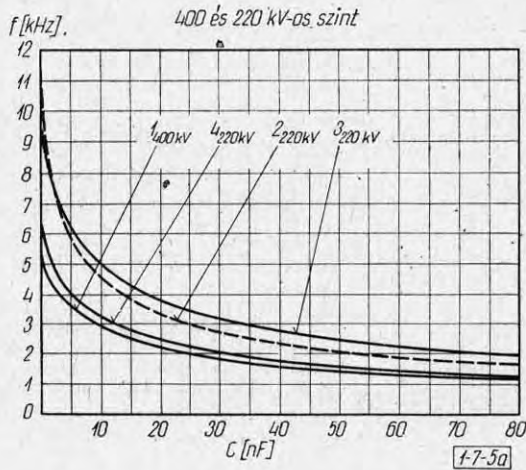
Az 5a., 5b., 5c. és 5d. ábrákon mutatjuk meg a transzformátor injektált pontjai közé kapcsolt külső koncentrált kapacitás hatását a transzformátor VSF-ének frekvenciájára. Az egyes görbék mellé írt számok azt jelzik, hogy az 1. táblázat szerint számozott transzformátorok milyen feszültségű tekercsén történt a mérés.

Ha a VSF görbéje többfrekvenciás, kis külső kapacitás (2–5 nF) lényegesen csak a nagyfrekvenciás komponenszt változtatja, a külső kapacitást növelve a nagyfrekvenciás komponens eltűnik, a rezgés egyfrekvenciássá válik. Különösen szembe-tűnő ez a hatás az 5. és 6. számú 120/36,75/22 kV-os transzformátorok K és T tekercsének VSF-énél. Amint az 5c. ábra mutatja, 5–6 nF külső kapacitás a nagyfrekvenciás komponenszt megszünteti, a frekvencia erősen lecsökken.

Méréseinknél általában lekötöttük a transzformátor kapcsairól a sodronyokat, azaz kapacitásoktól mentesen, közvetlenül a transzformátor átvezető szigetelőire csatlakoztunk. A tényleges hálózatba bekötött transzformátor rezgéseinek megállapítá-



4. ábra. Jellegzetes VSF oszcillogramok



5. abra. Külső koncentrált kapacitás hatása a transzformátor rezgésére

A hálózati elemek kapacitásait a 3. táblázat tartalmazza. Megjegyezzük, hogy VSF szempontból a feszültségváltó tekercse földkapacitásának 1/3- 1/2 részével kell, mint koncentrált kapacitással számolni [2,3].

3. táblázat

Áramváltók 120 kV; 600/5 A (olaj) 35 kV; 400/5 A 10 kV; 300/5 A	Földkapacitás 172 pF/fázis 135 pF/fázis 123 pF/fázis
Feszültségváltók 120 000/√3/100/√3 V (olaj) 35 000/100 V 20 000/100 V	Földkapacitás 650 pF/fázis 400 pF/fázis 340 pF/fázis
Átvezetők 120 kV 35 kV	Földkapacitás 150 pF/fázis 66 pF/fázis
Megszakító (olajszegény) 120 kV; 2700 MVA	Földkapacitás 70 pF/fázis
Gyűjtősínek	Pozitív sorrendű kapacitás 10–18 pF/méter

2.5. A VSF csúcstényezője

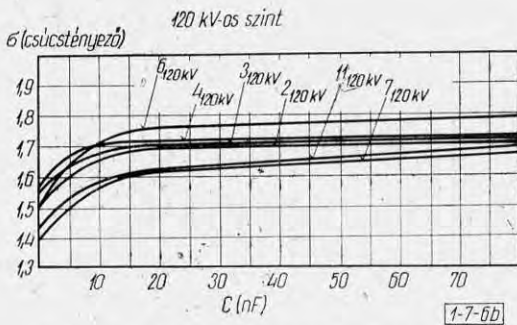
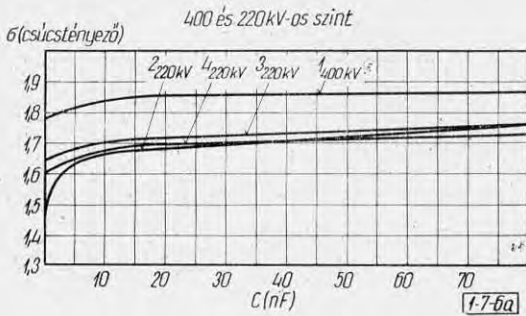
A transzformátorok 220 kV-os tekercsén mért csúcstényező 1,45–1,7, a 120 kV-os tekercsén mért csúcstényező 1,4–1,6 értékek közt változnak. A középfeszültségű (35, 22 és 10,5 kV) tekercseken mért VSF-ek csúcstényezője a VSF nagyobb frekvenciája miatt tovább csökken.

A 6a. és 6b. ábrán a hazai transzformátorokon mért VSF-ek csúcstényezőjét ábrázoltuk a külső koncentrált kapacitás, így lényegében a frekvencia függvényében.

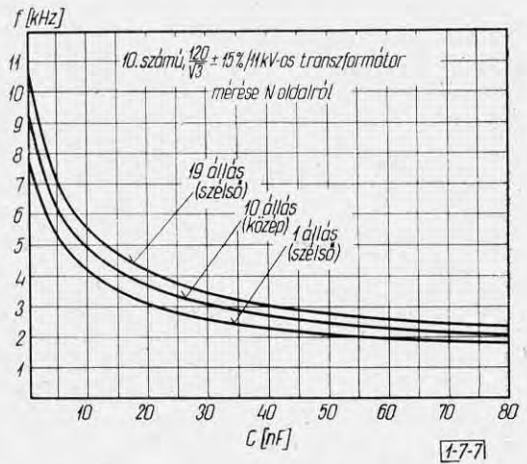
2.6. A transzformátor feszültség szabályozó pozíciójának hatása a VSF-re

A transzformátorokon végzett méréseinket a transzformátor feszültség szabályozójának középső pozíciójában hajtottuk végre, erre vonatkoznak az 1. táblázat adatai, az 5. és 6. ábra görbéi is.

sánál azonban figyelembe kell venni a transzformátor és a megszakító között elhelyezkedő hálózati elemek koncentrálnak tekinthető kapacitásának – sokszor jelentős mértékű – frekvenciát csökkentő hatását.



6. ábra. Külső koncentrált kapacitás hatása a VSF csúcstényezőjére



7. ábra. A feszültségszabályozó helyzetének hatása a transzformátor rezgésére

Végeztünk méréseket azonban abból a célból is, hogy megállapítsuk, milyen mértékben változik a VSF a feszültségszabályozó pozíciójának függvényében. Mivel a hazai transzformátorok legtöbbször a 120 kV-os oldalon rendelkeznek  $\pm 15\%$ -os szabályozással, a 120 kV-os tekercsen a feszültségszabályozó középső és két szélső pozíciójában végeztünk VSF mérést. Méréseink eredményét a 4. táblázatban foglaltuk össze, a méréseknél nem volt külső koncentrált kapacitás a transzformátor kapcsain.

4. táblázat

Vizsgált transzformátor száma és feszültsége	Feszültség szabályozó helyzete	Önrezgés (kHz)
5120 kV	1 szélső	5,9
	10 középső	6,7
	19 szélső	7,9
7120 kV	1 szélső	7,8
	8 középső	8,5
	15 szélső	10,4
10120 kV	1 szélső	8,0
	10 középső	9,4
	19 szélső	10,7
11120 kV	1 szélső	7,0
	10 középső	9,0
	19 szélső	10,3

A 10. számú transzformátor 120 kV-os tekercsén a feszültségszabályozó középső és két szélső pozíciójában a VSF frekvenciájának mért értékeit a külső koncentrált kapacitás függvényében a 7. ábrán mutatjuk be.

Végeztünk méréseket a kéttokercselésű transzformátorok ( $N = 120$  kV,  $K = 36,75$ ,  $22$  vagy

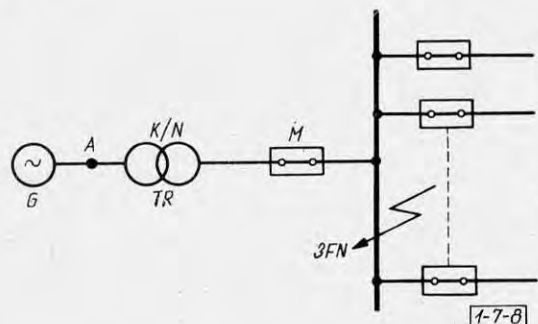
10,5 kV) K tekercse felől is az N oldalon levő szabályozó középső és két szélső pozíciójában. Ebben az esetben a szabályozó két szélső pozíciójában mért VSF-ek eltérése a középső pozícióban mért VSF-től a 4. táblázatban levő eltéréseknél kisebb volt, sokszor a mérési pontosságon belül esett.

Általában összefoglalhatjuk, hogy a transzformátor feszültségszabályozójának pozíciója módosíthatja, de lényegesen nem változtatja meg a VSF paramétereit.

### 3. Generátor-transzformátor egységek VSF-e

A transzformátorok VSF-ének problémaköréhez kapcsolódik a blokkok, tehát a generátor transzformátor egységek VSF-ének kérdése. A 8. ábra egy erőmű gyújtósínjén fellépő zárlat esetét mutatja. Az M megszakítónak a G-TR egységet kell a gyújtósínről lekapcsolnia. A 8. ábra tulajdonképpen az 1b. ábrának felel meg, de a 8. ábra A pontjához az 1b. ábra közel végtelen zárlati teljesítményű I. hálózatának kis reaktanciája helyett a G generátor jóval nagyobb – a TR transzformátorával egyenlő, vagy még nagyobb – reaktanciája kapcsolódik.

A blokkot lekapcsoló megszakítók igénybevétele a gyújtósínen fellépő zárlat esetén, tehát két okból is kisebb a transzformátorok zárlatát tisztázó megszakítók igénybevételénél. Egyrészt kisebb a zárlati áram, másrészt kisebb a fellépő VSF frekvenciája is.



8. ábra

Az 5. táblázatban a fontosabb hazai blokkok VSF-ének frekvenciáját hasonlítjuk össze a blokk transzformátorának önfrekvenciájával, így látható, hogy a generátor hatására milyen mértékű a frekvencia csökkenése.

5. táblázat

	Blokk adatai	Blokk önrezgése (kHz)	Blokk-transzformátor adatai	Blokk-transzformátor önrezgése (kHz)
1	Dunamenti H. V. 50 MW	7,5	75 MVA; 132/10,5 kV	9,7
2	Bánhidai H. V. 100 MW	5,07	125 MVA; 132/11,5 kV	8,8
3	Dunamenti H. V. 150 MW	8,8	200 MVA; 132/18 kV	13,4

A blokk TR transzformátorának N tekercsén fellépő VSF meghatározásánál az A pontban szigetelt háromfázisú (3F) rövidzárlatot létesítettünk, így lehet a TR transzformátor és a G – TR blokk mérését legjobban összehasonlítani.

Méréseinknél a VSF-et az N oldalon, azaz a gyűjtősinen fellépő háromfázisú földelt rövidzárlat (3FN) először megszakító pólusának esetére határoztuk meg.

Megjegyzés: A Bánhidai H. V. 100 MW-os blokkjának transzformátoránál a csillagpont és a föld közé üzemszerűen fojtótekercs van kapcsolva. (5. táblázat 2. számú mérés.)

### Köszönetnyilvánítás

Ezúton is köszönetet mondok dr. SZABÓ – BAKOS RÓBERT-nek, a műszaki tudományok kandidátusának, a VEIKI tudományos osztályvezetőjének, hogy a cikk megírásában értékes tanácsaival segített, valamint a hálózaton az általa mért transzformátorok oscillogramjait a rendelkezésemre bocsátotta. Ez tette lehetővé, hogy közel kétszeres mérési anyagra támaszkodhattam.

Köszönetet mondok BÁNFAI GYÖRGY kartársnak, az Országos Villamostávvezeték Vállalat főosztályvezetőjének, aki mindig megtalálta és biztosította a lehetőséget arra, hogy a szükséges méréseket elvégezhessem.

### IRODALOM

- [1] ЧЕРНЫШЕВ, Н. М. – ЩЕГЛОВ, И. П. – КУЗНЕЦОВА, В. В.: Определение восстанавливающегося напряжения на выключателях в цепи мощных трансформаторов. Электрические станции, 1966, június.
- [2] HAMMARLUND, T.: Transient recovery voltage subsequent to short-circuit interruption. Stockholm, 1946.
- [3] MIHÁLKOVICS T.: A hálózati független visszaszökő feszültség számítási módszerei. VEIKI HV 12. 1968.

Érkezett: 1971. II.