



**PÖRY ERŐTERV
ENERGETIKAI TERVEZŐ ÉS VÁLLALKOZÓ ZRt.**

1450 Budapest, Pf. 111.
Tel.: (36 1) 455-3600
www.pory.hu

1094 Budapest, Angyal u. 1-3.
Fax.: (36 1) 218-5585
eroterv@pory.com

**LÉVAI PROJEKT, ÚJ ATOMERŐMŰ LÉTESÍTÉSE
Döntés-előkészítő Megvalósíthatósági Tanulmány**

1. KÖTET

**A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok
rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok
hatásainak vizsgálata**

AZONOSÍTÓ KÓD:

MVM: 530303A 00030 ERA
ERŐTERV: 6F121104/0011/O

DÁTUM: 2011. december

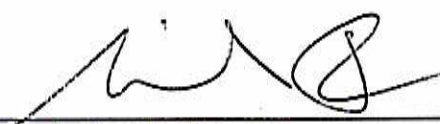
MUNKASZÁM: 6F121104



Nyilvántartási szám:
MS 0624-061
MS 0624/K-061

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 2/86
---	---	----------------	--------------------------------

A TERVDOKUMENTÁCIÓ ELKÉSZÍTÉSÉÉRT FELELŐS

Tervező 
dr. Stróbl Alajos

Minőségellenőr 
Mihály Gyula

Projektvezető 
Szilágyi Ferenc

Jóváhagyó 
dr. Papp Gusztáv

Közreműködött: Arnold Ákos
Szeder László
MAVIR RIG

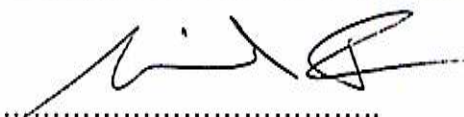
Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 3/86
---	--	----------------	--------------------------------

MÓDOSÍTÁSOK ÁTTEKINTÉSE

Első kiadás dátuma: 2011. december 15.

Módosítás jele	Módosult fejezet	Dátum	Kiveendő oldalak	Befűzendő oldalak


.....
tervező


.....
minőségellenőr

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fojezet	Lap/összes lap 4/86
---	--	----------------	--------------------------------

TARTALOMJEGYZÉK

A TERVDOKUMENTÁCIÓ ELKÉSZÍTÉSÉÉRT FELELŐS	2
MÓDOSÍTÁSOK ÁTTEKINTÉSE.....	3
TARTALOMJEGYZÉK	4
MELLÉKLETEK JEGYZÉKE.....	6
TERVEZŐI NYILATKOZAT	7
1 VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ	8
2 BEVEZETÉS	10
3 A VILLAMOSENERGIA-RENDSZER SZABÁLYOZÁSI TARTALÉKAINAK VIZSGÁLATA	13
3.1 A frekvencia- és csereteljesítmény-szabályozás	13
3.2 Nemzetközi együttműködés.....	18
3.3 A szükséges szabályozási tartalékok	23
3.4 A jelenlegi rendszer működtetése.....	29
3.5 A várható változások a jövőben.....	30
4 AZ ÚJ BLOKKOK KIÉPÍTÉSÉHEZ SZÜKSÉGES HAZAI TERCIER (PERCES) TARTALÉKOK ÉS A KÜLFÖLDI (REGIONÁLIS) KAPACITÁSOK BEVONÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA.....	34
4.1 Hazai perces tartalékok lehetőségei	34
4.2 Külföldi perces tartalékok lehetőségei	39
4.2.1 Üzemzavari tartalékok más szabályozási területről történő beszerzésének szabályai.....	39
4.2.2 Regionális körkép.....	45
4.3 A fogyasztók bevonása a tartaléktartásba	48
4.4 Tárolós megoldások mint tartalékok	54
4.5 A hideg, órás tartalékok kérdései	56
5 RENDSZERÜZEM NAGY ATOMERŐMŰVEKKEL	58
5.1 Rendszerüzem nagy atomerőművekkel a jelenben	58

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 5/86
---	--	-------------------------------	--

5.2	Rendszerüzem nagy atomerőművekkel a jövőben	63
5.2.1	Üzem a [REDACTED] évek közepén.....	64
5.2.2	Üzem a [REDACTED] évek második felében	66
5.2.3	Kiesési példa bemutatása	68
5.3	Szabályozhatóság	70
5.4	A szivattyús, tárolós vízerőművek szerepe.....	74
6	ELŐZETES RENDSZERHASZNÁLATI DÍJ NÖVEKMÉNY BECSLÉS	76
7	A RENDSZERSZINTŰ SZOLGÁLTATÁSOK KÖVETELMÉNYEI AZ ÚJ BLOKKOKRA	80
8	ÖSSZEFOGLALÁS	81

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 6/86
---	--	-------------------------------	--

MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

- | | |
|------------------|---|
| 1. sz. melléklet | Az európai szinten integrált villamosenergia-piac kialakulásának várható hatásai |
| 2. sz. melléklet | Jellemző szabályozási scenáriók bemutatása a villamosenergia-rendszer napi terhelésváltozásának ismeretében |
| 3. sz. melléklet | A rendszerhasználati díj növekedésének becslése |
| 4. sz. melléklet | A rendszerszintű szolgáltatások követelményeinek bemutatása |

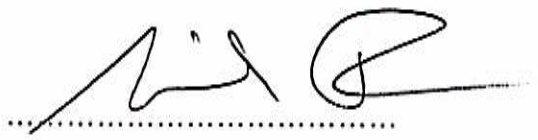
Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségossé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 7/86
---	---	---------	------------------------

TERVEZŐI NYILATKOZAT

A tárgyi tervezési munkát végző tervező(k) a magyar törvényekben, rendeletekben, hatósági előírásokban és a szerződésben kötelezően előírt, valamint a vonatkozó szabványokban és ágazati előírásokban rögzítetteket maradéktalanul betartotta(k).

Budapest, 2011. december 15.


.....
tervező(k)

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 8/86
---	--	---------	------------------------

1 VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

A Paksi Atomerőmű bővítésével foglalkozó Lévai projekt kidolgozásának egyik részfeladatát képezi a rendszerirányítás vizsgálata, a jelenlegi helyzet megváltozásának elemzése arra az esetre, ha a jelenleginél kétszer-háromszor nagyobb egység-teljesítőképességű erőmű-blokkok üzemelnek majd a húszas évek második felében.

A rendszerirányításhoz szükséges primer és szekunder szabályozási tartalékok beszerzését, a szabályozási energia piacát a két új nagy atomerőműves egység alig befolyásolja. Itt elsősorban a jogi szabályozásnak vannak feladatai.

A szükséges perces tartalékok nagysága azonos lehet az [REDACTED] MW-os nettó villamos teljesítőképességű új blokkok nagyságával, de a szekunder szabályozási tartalékok egy részének igénybevétele lehetővé teszi a [REDACTED] MW-ra való mérséklést. Ezt a tartalékot nagyrészt új hazai erőművekkel, kisebb részt a regionális kereskedelemmel, és még kevesebb részben a fogyasztói oldal vezérlésével lehet a leghatékonyabb módon biztosítani.

A szükséges órás (hideg) tartalékok beszerzéséről az érintett mérlegkörök felelősei, a kereskedők fognak gondoskodni – többek között az áramtőzsdék lehetőségeinek a kihasználásával.

A szükséges szabályozási tartalékok rendelkezésre állása piaci kérdés, azonban a nagy blokkok tartalékolásába való beruházás az atomerőművi bővítés előkészületeit látva kedvező befektetésnek bizonyulhat akár hazai, akár regionális (és esetleg magában az atomerőmű létesítésében is érdekelt) piaci szereplők számára. A lehetőség már ma is adott a tartalékok regionális beszerzésére, az európai szintű villamosenergia-piac integrációs törekvések pedig egyre inkább könnyítik ezt a lehetőséget.

Szivattyús, tárolós vízerőművek építésére elsősorban az atomerőmű nagyobb, gazdaságosabb kihasználása érdekében van szükség. Minél kisebb ütemben nő a villamosenergia-igény és minél nagyobb egység-teljesítőképességű új atomerőműves blokkok jönnek, annál hamarabb van szükség ilyen tárolós rendszerre. A regionális kereskedelem átmenetileg pótolhatja ezt a tárolós megoldást, de ha a térségben is új, nagy

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 9/86
---	--	-------------------------------	---

atomerőmű-blokkok épülnek a következő másfél-két évtizedben, akkor erre már egyre kevésbé számíthatunk. A tárolós megoldások egyébként csak korlátozott mértékben vehetők figyelembe tartalékként – főleg perces vagy órás tartalékként.

A rendszerhasználati díjat a bővítés alapvetően a tercier tartalékok költségein keresztül befolyásolja. Ez a költségtöbblet egyértelműen a fogyasztókra hárul, a hazai erőműparkban megjelenő nagy teljesítményű nukleáris blokkok a viszonylag kis termelési költségen keresztül azonban kompenzálhatják a rendszerhasználati díjak miatti árnövekedést.

Maguknak az új blokkoknak más erőművekhez hasonlóan részt kell venniük a rendszerszintű szolgáltatásokban. Ezek tekintetében a Rendszerirányító nem támaszt egyedi előírásokat, az új atomerőműre ugyanazok az Üzemi Szabályzatban rögzített követelmények vonatkoznak, mint más erőművekre. Ezek az előírások az ENTSO-E Üzemviteli Kézikönyvén alapulnak, tehát európai szinten elfogadott normák.

Összességében elmondható, hogy nagyobb egységteljesítményű blokkok nagyobb kihívásokat támasztanak a rendszerirányításban. Ezek a kihívások azonban nem kezelhetetlenek, a rendszerszintű tartalékok szempontjából a szükséges intézkedések meghozatalát követően akár nettó XXXX MW teljesítményű új atomerőművi blokkok villamosenergia-rendszerbe való integrálása is megvalósítható.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségossé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 10/86
---	--	----------------	---------------------------------

2 BEVEZETÉS

Az új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítése során a Teller projekt keretében [REDACTED] [REDACTED] készült el az a végleges megvalósíthatósági tanulmány, mely a korábbi elemzések aktualizálásával, összefoglalásával megalapozta a bővítésről szóló országgyűlési döntéshozatalt. A pozitív határozatot követően az MVM-csoport megalapította a Lévai projektet.

A Lévai projekt célja azoknak a legfontosabb feladatoknak az elvégzése, amelyek révén az Országgyűlés határozatának megfelelően eljuthatunk a paksi atomerőmű bővítésének megkezdéséhez. Ezek közé a feladatok közé tartozik a blokkok villamosenergia-rendszerbe történő illesztése érdekében szükséges rendszerszintű szabályozási és hálózatfejlesztési igények vizsgálata.

A Döntés-előkészítő megvalósíthatósági tanulmány a szabályozási és hálózatfejlesztési igényeket négy különálló témakörben vizsgálja, melyek háttérelmzésként, önálló kötetekben kerülnek majd kiadásra:

1. kötet: A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata
2. kötet: A hazai és a nemzetközi (ENTSO-E) villamos hálózat leképezésével teljesítményáramlás- és zárlatszámítások elvégzése, a hálózatfejlesztési igény meghatározása
3. kötet: A teljesítményáramlás- és zárlatszámítások eredményei alapján a bővítéshez szükséges alállomási és távvezetéki létesítmények megvalósíthatóságának koncepcióterv szintű vizsgálata
4. kötet: Tranziens stabilitási vizsgálatok kidolgozása

Az atomerőmű bővítésének a [REDACTED] as évek közepére tervezett időpontjához igazodva a tanulmány viszonylag nagy időtávra tekint előre a vizsgálatok során. A villamosenergia-piacon jelenleg mutatkozó trendek ezalatt jelentősen is megváltozhatnak, ami ugyan

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 11/86
---	--	-------------------------------	--

magának az atomerőmű bővítésének a szükségességét aligha kérdőjelezi meg, azonban a hálózaton szükséges beruházásokat módosíthatja.

A Döntés-előkészítő megvalósíthatósági tanulmány célja ezért nem a hálózati beruházások megvalósításának közvetlen előkészítése, sokkal inkább az új blokkok létesítéséhez kapcsolódó kulcsfontosságú döntések támogatása, kiemelve ezek közül a finanszírozás, a szállító kiválasztása és az engedélyezési folyamatok kapcsán jelentkező kérdéseket.

Mivel a nukleáris engedélyezési és létesítési folyamatok lényegesen hosszabbak a hálózati beruházásokhoz kapcsolódó folyamatoknál, a hálózatfejlesztési igények elemzéseit újra és újra felül kell vizsgálni az atomerőmű létesítési folyamatával párhuzamosan addig, amíg a hálózati beruházások megvalósításának közvetlen előkészítése meg nem kezdődik. Az időközi felülvizsgálatok biztosítják, hogy a villamosenergia-rendszer atomerőmű-bővítést is érintő változásai nyomon legyenek követve, és hogy a hálózati beruházásokat kellően átgondolva és jól előkészítve, a lehető leggyorsabban lehessen megvalósítani.

A jelen első kötet feladata tehát a Paksi Atomerőmű tervezett bővítéséhez a szükséges többlet szabályozási tartalékok nagyságának megállapítása rendszerszinten.

Be kell mutatni, hogy milyen újabb feladatokkal kell számolnia a rendszerirányításnak akkor, ha nagy egység-teljesítőképességű alaperőművek lépnek üzembe a húszas években hazánkban – és adott esetben még a régióinkban is.

Vizsgálandó, hogy milyen többletfeladataik lesznek azoknak a kereskedőknek, akik a paksi villamos energiát rövid vagy középtávon megvásárolják annak érdekében, hogy az értékesítők a lehető legolcsóbb villamos energiával jelenhessenek meg a fogyasztóiknál.

Az elemzésnek [REDACTED] MW nettó névleges villamos teljesítőképességű, harmadik generációs atomerőműves blokknagyságra kell vonatkoznia úgy, hogy [REDACTED]-ban (legkésőbb [REDACTED]-ben) egy blokk, és [REDACTED]-ben (legkésőbb [REDACTED]-ban) két blokk normál, teljes értékű üzemével lehessen számolni.

Nem hanyagolható el a térségünk (közeli szomszédjaink) fejlődése sem, ha optimális tartaléktartásra törekszünk. Az atomerőmű-fejlesztés kapcsán vizsgálandó, hogy milyen, a

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 12/86
---	---	-------------------------------	--

hazai energiarendszerhez közeli villamosenergia-tárolási kapacitások jöhetnek szóba (pl. Ausztriában vagy Szlovákiában).

Vizsgálni kell a hazai rendszer és szivattyús, tárolós vízerőmű vagy egyéb tárolási megoldás együttműködési lehetőségeit, annak előnyeit és hátrányait. Továbbá vizsgálni kell, milyen kockázati tényezők merülhetnek fel, különös tekintettel arra, hogy a vizsgált időszakra a térségben más, ugyancsak nagyobb atomerőművi blokkok esetleges belépésével is számolnunk kell vagy lehet.

A jelen tanulmány ezekre a kérdésekre ad választ. Bemutatjuk a tartalékokat az alapelvektől a jelenlegi gyakorlaton át a jövő lehetőségeit vázolva. Külön elemezzük a villamosenergia-tárolási lehetőségeket, becsüljük az új atomerőműnek a rendszerhasználati díjra várható hatását és ismertetjük a rendszerszintű szolgáltatások követelményeit az új blokkokra vonatkoztatva. Végül összefoglalásként javaslatokat teszünk a további munkára.

Tanulmányunk közvetlen előzményének tekinthető a 6F121104/0010/O jelű dokumentum (2011. május), mely a Paksi Atomerőmű bővítésével kapcsolatos rendszerszintű szabályozási tartalékok kérdéseit előzetesen vizsgálta. Megrendelő ehhez a 2011. június 16-án tartott zsűrin tett észrevételeket. Ezeknek megfelelően 2011 novemberében kiadásra került a 6F121104/0010/A jelű módosított dokumentum. Ezekre az alapokra, a szerződéses megállapodás 2. sz. melléklete szerinti tartalommal készítettük el jelen dokumentációt.

A széleskörű rendszerirányítási tapasztalatot igénylő kérdésekben vizsgálataink kiegészítésére a MAVIR ZRt. Rendszerirányítási Igazgatóságát kértük fel. Szakértői elemzéseiket anyagunk mellékleteként adjuk közre.

Korábbi anyagunkhoz képest lehetőség volt az év közben megjelent új prognózisok figyelembevételére. Ezek közül is kiemelkednek a MAVIR 2011. évi Kapacitáselemzése kapcsán ismertté vált háttér információk, valamint az Országgyűlés által október 14-én elfogadott „Nemzeti Energiastratégia 2030” című dokumentum. Ezek már ilyen rövid időtávon is apró korrekciókat indokoltak elemzéseinken. Később is rendszeres aktualizálással követhető az új atomerőműre vonatkozó feltétel- és követelményrendszer változása, igazodva mind az itthoni, mind a világszintű tendenciák alakulásához.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 13/86
---	---	----------------	---------------------------------

3 A VILLAMOSENERGIA-RENDSZER SZABÁLYOZÁSI TARTALÉKAINAK VIZSGÁLATA

Az ENTSO-E előírásainak¹, illetve azok módosításainak megfelelően vizsgálhatók a primer és szekunder szabályozási tartalékok – figyelembe véve a telepítendő blokkok nagyságát és a villamosenergia-rendszer egyéb jellemzőit. Az új atomerőművi blokkok rendszerszintű szabályozásra gyakorolt hatásainak vizsgálata során úgy kaphatunk teljes képet, ha az általános érvényű – és több fórumon ERŐTERV által már korábban is publikált² – alapvetéseket nemcsak hivatkozzuk, hanem felidézve közvetlenül illesztjük ezeket a vizsgált kérdésekhez kapcsolódó elemzésekhez. Tanulmányunk így lehet önállóan értelmezhető és közérthető.

3.1 A frekvencia- és csereteljesítmény-szabályozás

Alapvetően két szabályozott jellemzője van a váltakozó áramú villamosenergia-ellátásnak: a villamos *feszültség* és a villamos *frekvencia*. Az egész ellátás e két minőségi mutatóját a hagyományos visszacsatolásos, szabályozó rendszerrel automatikusan állítják be, tehát fizikailag szabályozzák a meghatározott keretek és határok között. Jelen összeállításban csak a villamos frekvencia szabályozásáról adunk rövid ismertetést – koncentrálna a paksi bővítésre –, nem kisebítve a feszültség szabályozásának fontosságát. A két szabályozás ugyan a valóságban összetartozik, kölcsönhatások vannak, de különválasztva egyszerűbben kiemelhetők a fontosabb részletek a tanulmány feladatát teljesítve.

A fogyasztó oldaláról jelentkező wattos *terhelés* (P_t , kW) és a termelő, az erőmű oldaláról jelentkező wattos *teljesítmény* (P_t , kW) egyensúlyának megbomlását a villamos *frekvencia*

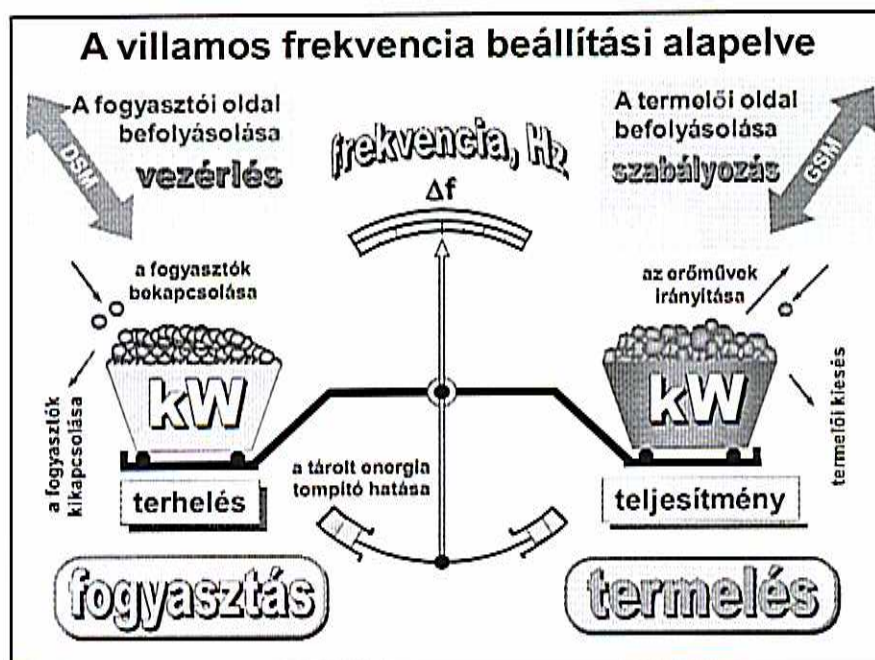
¹ ENTSO-E Üzemviteli Kézikönyv (Operation Handbook), www.entsoe.eu

² Megrendelő számára talán legismertebb: dr. Stróbl Alajos: Szabályozások, A Magyar Villamos Művek Közleményei, XLVII. évfolyam, 2010. 1-2. szám

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fojezot	Lap/összes lap 14/86
---	--	----------------	--

megváltozása (Δf , Hz) jelzi. Amennyiben alkalmas beavatkozással a frekvencia megváltozása határok között tartható, az egyensúly megmaradhat – hasonlóan egy mérleghez (1. ábra).



1. ábra A fogyasztás és a termelés egyensúlyának alapelve

A fogyasztó a meghatározó, ezért az egyensúlyt elsősorban a *termelői oldal* teljesítményének befolyásolásával, a *szabályozással* (GSM³) kell beállítani. Mód van azonban a *fogyasztói oldal befolyásolására* is (DSM⁴), ez azonban már nem szabályozás, hanem vezérlés a fogyasztó érdekeinek, ösztönzésének megfelelően. E tanulmány elsősorban az erőműves szabályozással foglalkozik, de kitér a fogyasztói befolyásolásra is, hiszen a paksi bővítéskor ez is fontos lehet.

A váltakozó áramú villamosenergia-ellátásban a rendszer frekvenciáját összetett módon, többlépcsős megoldással szabályozzák (2. ábra) úgy, hogy a frekvencia által meghatározott

³ GSM = Generating Side Management

⁴ DSM = Demand Side Management

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

ún. *szinkronidő* nagy pontossággal egyezzek meg a nemzetközi világidővel (alapjel-beállítás). Alapvetően három lépcsőt határoztak meg a szabályozásban: *primer*, *szekunder* és *tercier* szabályozást. Ez utóbbi azonban – az irányítástechnika fogalma szerint – csak kisegítő vezérlést jelent a szekunder szabályozás támogatására.



2. ábra Többlépcsős szabályozás az ENTSO-E-ben

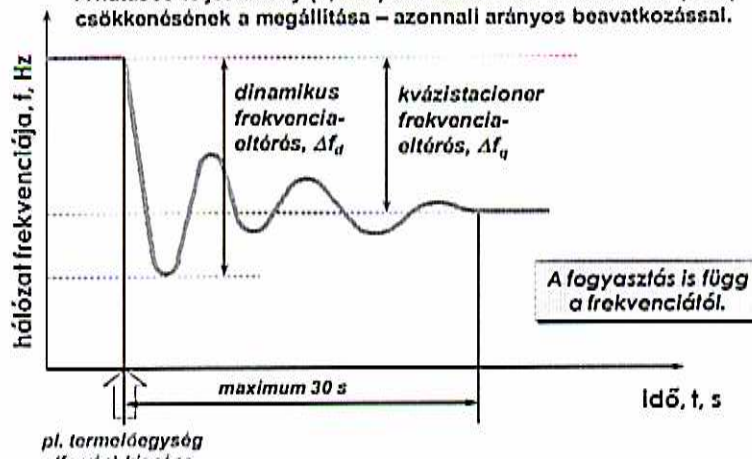
A termelői oldalon minden ún. *szinkrongenerátort* hajtó gépegyeséget, erőgépet szabályozhatóvá tesznek. A gépegyeség fordulatszáma, teljesítménye változtatható, és az üzem összehangolható a termelői oldal többi gépegyeségével. A szabályozónak megfelelő jelleggörbéje, arányossága van.

Elsőként az arányos működésű *primer szabályozás* lép életbe, ha a terhelés és a teljesítmény egyensúlya megváltozik – kiesik például egy termelő egység. A frekvencia ekkor csökkenni kezd, és a primer szabályozó ezt a csökkenést rövid idő alatt, legfeljebb fél percen belül megszünteti (3. ábra).

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

A primer szabályozás alapelve

A határos teljesítmény (P , MW) csökkenésekor a frekvencia (f , Hz) csökkenésének a megállítása – azonnali arányos beavatkozással.



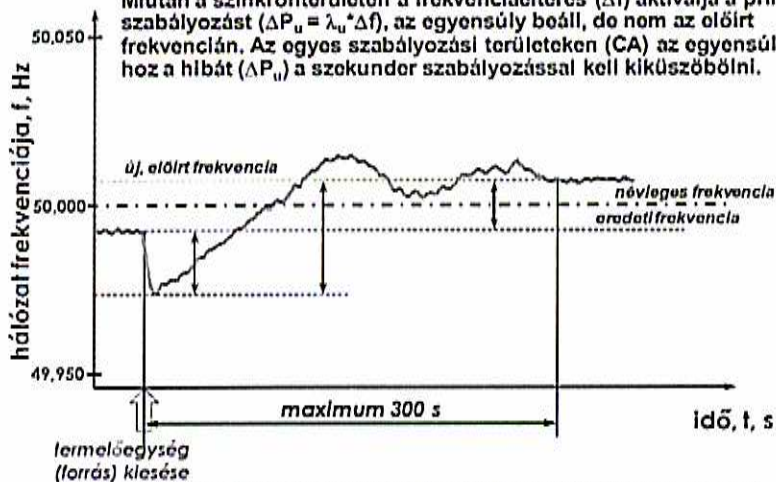
Primer szabályozással új egyensúly adódik új frekvencián.

Forrás: www.entsoe.eu

3. ábra A primer szabályozás alapelve

A szekunder szabályozás alapelve

Miután a szinkronterületen a frekvenciaeltérés (Δf) aktiválja a primer szabályozást ($\Delta P_u = \lambda_u \cdot \Delta f$), az egyensúly beáll, de nem az előírt frekvencián. Az egyes szabályozási területeken (CA) az egyensúlyhoz a hibát (ΔP_u) a szekunder szabályozással kell kiküszöbölni.



Szekunder szabályozással egyensúly az előírt frekvencián.

Forrás: www.entsoe.eu

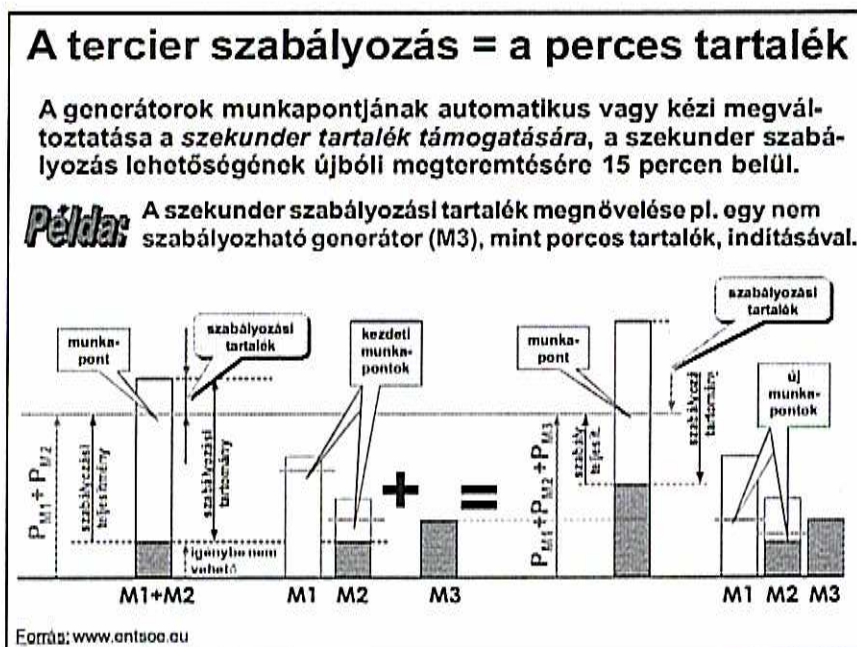
4. ábra A szekunder szabályozás alapelve

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fojezet	Lap/összes lap 17/86
---	--	----------------	---------------------------------

A fogyasztási oldalon lévő motoros hajtások teljesítménye csökken a kisebb fordulatszám miatt, így a terhelés kisebb lesz, tehát az egyensúly kisebb frekvencián áll helyre. Nem elegendő ezért a primer szabályozás. Szükség van a fölérendelt *szekunder szabályozásra*, amely már arányos, integráló jellegű, tehát az egyensúlyt az előírt frekvencián állítja be (4. ábra) meghatározott időn belül.

Minden szabályozási területen – akár egy sziget (pl. Izland) villamos ellátásában is – kellenek olyan egységek, amelyeknek van arányosan és integráltan működő szabályozójuk. Több egység csak így működhet együtt az összekapcsolt rendszerben, még ha egyes egységek korlátozottan szabályozhatók is. Az eredő munkapont a fontos. Ekkor a két említett szabályozással a frekvencia előírt értéken marad, a teljesítmény közel azonos a terheléssel az adott ellátási területen. Ezt a két szabályozást együtt *teljesítmény- és frekvencia-szabályozásnak* (angol rövidítéssel **LFC**-nek) nevezik. Több szabályozás nincs a wattos egyensúly területén, a tercier szabályozás lényegében már vezérlés.



5. ábra A tercier szabályozás alapelve (perces tartalék)

Szükség van ugyanis – ésszerűségi okokból – egy kiegészítő vezérlésre akkor, ha túl nagy zavar támadna a rendszerben. A *tercier szabályozás* lényegében a szekunder szabályozást

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 18/86
---	--	----------------	---------------------------------

támogatja egy adott forrás vezérelt igénybevételével (5. ábra). Nagy termelőegység kiesésekor be kell kapcsolni ezt a tartalékot, és túl nagy fogyasztó kiesésekor ez kikapcsolandó. Ezzel nem kell túlméretezni a szekunder szabályozást. Az ún. *perces tartalék* igénybevételéről van itt szó.

3.2 Nemzetközi együttműködés

A frekvenciát egy ún. szinkronzónában minden termelő együtt tartja be a szolidaritási elvnek megfelelően, hiszen a frekvencia tényleges értéke azonos, ezért a szinkronidőt is együtt kell tartani. A nemzetközi együttműködés fejlődésével azonban kialakultak egy szinkronzónán belül is szabályozási központok (CC), szabályozási tömbök (CB) és szabályozási területek (CA)⁵, abból a célból, hogy a hierarchikus rendszerben (6. ábra) külön-külön állítsák be az egyes területek egyensúlyát. A mi szinkronzónánk (ENTSO-E Kontinentális Európa⁶) bonyolult felépítésű (7. ábra).

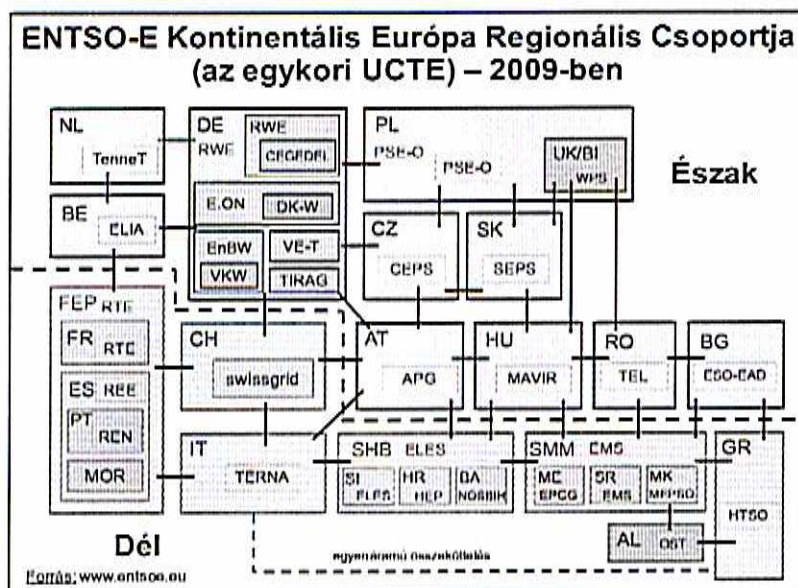


6. ábra Hierarchikus rendszer egy szinkronzónában

⁵ CC = Co-ordination Centre, CB = Control Block, CA = Control Area

⁶ ENTSO-E RG CE = Regional Group of Continental Europe

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O



7. ábra Az ENTSO-E Kontinentális Európa szinkronzónájának felépítése

Ebben a szinkronzónában mi az északi rendszerhez tartozunk. A szabályozási tömbünk (CB), az egykori CENTREL már megszűnt, az egész országunkban egyetlen szabályozási terület van (más országokban több is). Ennek az egyensúlyát a MAVIR ZRt. mint Rendszerirányító teremti meg az ún. *csereteljesítmény* egyensúlyban tartásával, lényegében tehát a *szekunder szabályozással*.

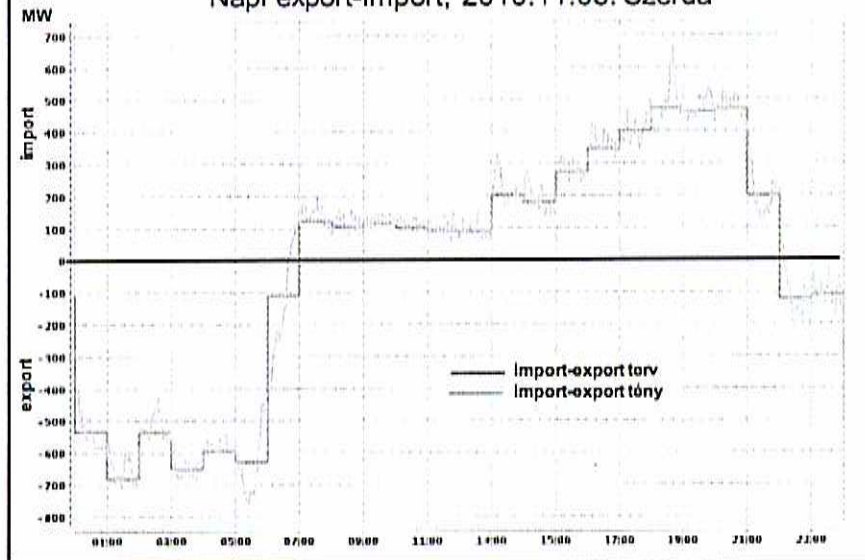
A hierarchikus rendszer „legalján” lévő piaci szegmensek (mérlegkörök) felelősei megadják a következő nap minden negyedórájára, hogy miként kereskednek a szomszédos szabályozási területekkel, és ebből kiadódik, hogy milyen egyensúlyt kell a MAVIR-nak betartania. A szomszédokkal egyeztetett csereteljesítmény most órás intervallumokra szól, és ez teremti meg a szekunder szabályozás alapjelét. A csereteljesítmény lehet pozitív vagy negatív, a szabályozó jól követi az alapjelet – bizonyos eltérésekkel persze (példaképp valós adatok a 8. ábrán).

Az egész szinkronterületen megfelelő szabályokat hoznak az együttműködésre. Meghatározzák például az *aktiválási idők* rendjét (9. ábra) vagy a különféle tartalékok nagyságát (következő fejezetrész).

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

A csereteljesítmény követése (példa)

Napi export-import, 2010.11.03. Szerda

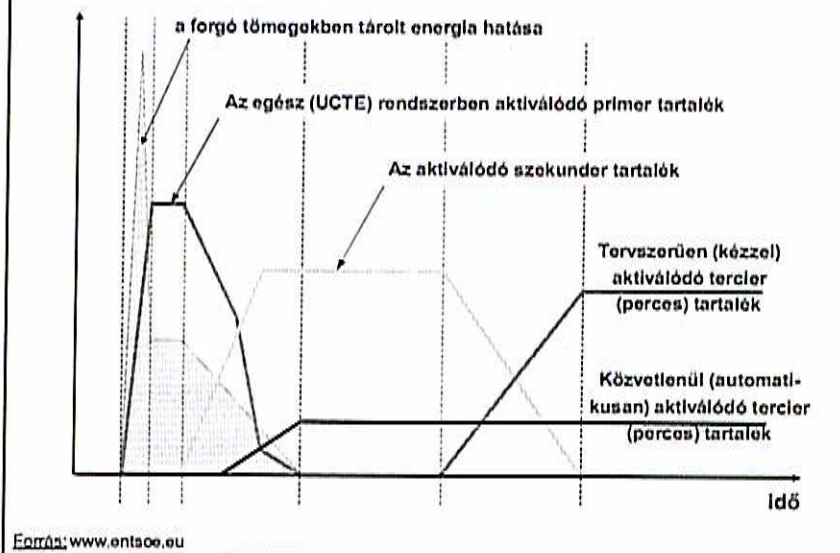


8. ábra Csereteljesítmény a szekunder szabályozásban

Valamely zavar – például termelői egység kiesése – után azonnal indul a *primer* szabályozás, mert a villamosenergia-rendszer forgó gépeiben tárolt energia csak nagyon rövid ideig elegendő a változás tompítására. A ■■■■ másodperc után (alatt) azonban a *szekunder* szabályozásnak is be kell indulnia, hiszen megváltozott a csereteljesítmény, és ezt a szabályozó azonnal észreveszi. Legfeljebb ■■■■ perc alatt ennek is teljes mértékben fel kell futnia. Amennyiben nem elegendő az éppen rendelkezésre álló szabályozási tartalék, akkor beindul – közvetlenül, automatikusan a szekunder tartalék igénybevételével együtt, vagy kézi vezérléssel később – a *perces* tartalék. Ennek ■■■■ perc alatt el kell érnie azt az értéket, amely helyreállítja a szekunder tartalék aktiválhatóságát, azaz a szabályozás megfelelő rendjét. A szomszédos rendszerek legfeljebb negyedóráig segítenek ki minket automatikusan nagyobb zavar esetén, de ■■■■ perc múlva már nekünk kell pótolnunk a kiesett teljesítményt.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

A szabályozás időbeni igénybevétele



9. ábra A szükséges aktiválási idők folyamata és nagysága

Más kérdés, hogy meddig vegyük igénybe a perces tartalékot, hiszen a következő lehetséges zavarra is fel kell készülni. Órákra lehet, napokra nem. A pótláshoz szükséges ún. *hideg vagy órás tartalék* igénybevétele már a mérlegkörök felelőseinek a feladata.

Az összehangolt működés tervezésekor⁷ nem csak a korábbi üzemeltetési biztonságot⁸ kell tekintetbe venni, hanem az egyik legújabb előírást is, amely a *vészhelyzeti* üzemmel⁹ foglalkozik. Egy, a rendszerünk arányaihoz képest meglehetősen nagy termelőegység – például az [REDACTED] MW-os teljesítményt is tudó atomerőmű-blokk – kiesése okozhat jelentős zavarokat a térségi villamosenergia-ellátásban, nem csak nálunk.

Természetesen a múltban is létezett, ma is van ún. *zavarkisegítési szerződés* egyes rendszerirányítók között – kölcsönösségi alapon. Hosszabb távon ez nem biztos megoldás arra, hogy az egyik rendszer pozitív perces tartalékait a másiktól szerezz be, hanem inkább rövid távú megállapodások eredménye, és korlátozott a nagysága. Ez a zavarkisegítés

⁷ P4 – Policy 4: Coordinated Operational Planning (és a hozzá tartozó melléklet: A4 – Appendix 4)

⁸ P3 – Policy 3: Operational Security (és a hozzá tartozó melléklet: A3 – Appendix 3).

⁹ P5 – Policy 5: Emergency Operations (és a hozzá tartozó melléklet: Appendix – Policy 5)

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 22/86
---	--	----------------	---------------------------------

lényegében pozitív perces tartalékok vásárlását jelenti. A gond az, hogy a kölcsönösség csak akkor áll fenn igazán, ha a szomszédos rendszerben is azonos vagy közel azonos a legnagyobb egység-teljesítőképességű erőműegység nagysága.

Röviden be kell mutatni ebben az európai rendszerben újabban kialakult vészhelyzeti (szükséghelyzeti) teendőket, amely erősen érintheti a [REDACTED] MW-osszá növekvő Paksi Atomerőművel kapcsolatos távlati teendőket. Alapvetően négy helyzetet lehet elkülöníteni a következők szerint.

Normál állapot

Nincs kockázat az összekapcsolt rendszer üzemeltetésében: egyensúlyban van a termelés és a fogyasztás, a minőségi jellemzők (frekvencia, feszültség stb.) adott határokon belül vannak; a tartalékok megfelelnek az előre meghatározottnak.

Riadóhelyzet

Kockázatok vannak az egész összekapcsolt rendszer üzemében, de a rendszer elfogadható határok között működik.

Vészhelyzet

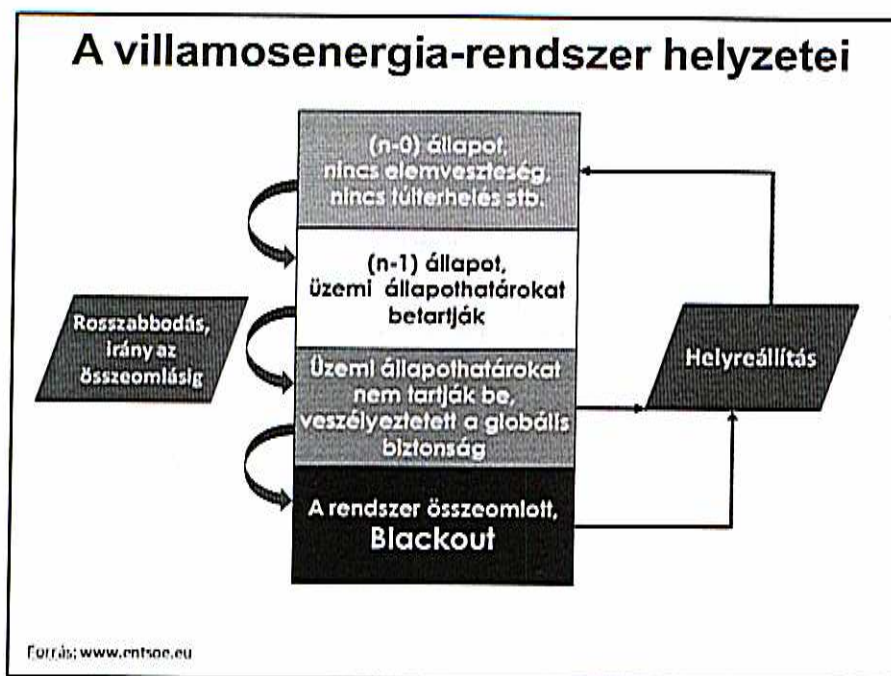
Romlott a helyzet (ide érteve a hálózat nagyobb mértékű bontását), és a szomszédos rendszerekben nagyobb a kockázat. A biztonsági előírások nem teljesültek. Végül az egyik jellemző nagysága kívül kerül az elfogadható tartományon, és ez a rendszert életképtelenné teheti. A globális biztonságot a helyzet veszélyezteti. Megkezdődnek a védelmi tevékenységek (terhelés- és feszültség-változtatás), de a teljes hatás nem garantálható a szomszédos rendszerek között.

Kikapcsolás

Blackout, azaz a sötétségig való kiesés az átviteli energiarendszerben: a feszültség részelegesen vagy teljesen kimaradt, és a TSO-k visszahozási tervei nem teljesültek. Ez a kimaradás lehet részleges (ha a rendszer egyik része még fennmaradt), vagy a teljes összekapcsolt rendszer összeomlott.

A rendszerhelyzet ilyen osztályozása azért szükséges, mert mindig megfelelő – egyeztetett – beavatkozásokra van szükség a normál állapot visszaállítására (10. ábra).

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O



10. ábra A villamosenergia-rendszer helyzeteinek osztályozása

3.3 A szükséges szabályozási tartalékok

Az ENTSO-E-ben definíciókat adnak – többek között – például a hálózati *frekvenciatényezőre* (λ), vagy a szabályozási területek „nagyságára” jellemző ún. *hozzájárulási tényezőre* (C_i) (ez utóbbi Magyarország esetében most $\approx 10\%$ körül van) annak érdekében, hogy meg tudják ítélni, hogy az egyes szabályozási területeken mekkora primer és szekunder szabályozási tartalék szükséges.

Célszerű megtekinteni a frekvencia visszaállításához ($\Delta f > 0,1$ mHz) szükséges primer szabályozási tartalék évente megállapított minimális nagyságát (P_{pl}) és a frekvenciatényezőt (K_f -faktor) országokként (1. táblázat). Fontosnak látszik a kontinentális Európa megismerése.

Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy itt rendszerirányítónként állapították meg az elvárt értékeket. Egy országhoz több rendszerirányító tartozhat. Például Németország (Amprion) +

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítőse A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 24/86
---	--	---------	-------------------------

CEGEDEL (L) + TIWAG Netz AG (A) + VKW-Netz AG (A) + EnBW TNG (A), tehát több osztrák rész is Luxemburgon kívül. Ennek megfelelően az osztrák VERBUND APG nem az egész Ausztriára terjed ki. Az osztrák szabályozási terület egyébként átalakulóban van, visszatérnek a „kiválók”.

Ország		TSO	P _{pl}	K _{ri} -faktor
Röviden	Teljesen		MW	MW/Hz
DE	Németország	Amprion	662	5892
FR	Franciaország	RTE	608	5407
ES	Spanyolország	REE	389	3462
IT	Olaszország	Terna S.p.A.	321	2854
PL	Lengyelország	PSE	166	1474
NL	Hollandia	TenneT	111	986
BE	Belgium	Elia	97	867
CZ	Cseh Köztársaság	CEPS	91	808
CH	Svájc	Swissgrid	74	654
RO	Románia	Transelectrica	63	560
AT	Ausztria	VERBUND APG	62	552
GR	Görögország	HTSO/DESMIE	59	521
PT	Portugália	REN	50	443
RS	Szerbia	JP EMS	43	386
BG	Bulgária	ESO-EAD	43	379
HU	Magyarország	MAVIR Zrt.	42	370
SK	Szlovák Köztársaság	SEPS	29	259
DK-W	Dánia Nyugat	Energinet.dk	26	234
SI	Szlovénia	ELES	15	130
BA	Bosznia-Hercegovina	ISO BiH	13	117
HR	Horvátország	HEP-OPS	12	110
UA-W	Ukrajna Nyugat	NDC-WPS Ukenergo	8	82
MK	Macedónia	MEPSO	7	60
AL	Albánia	OST	6	53
ME	Montenegro	EPCG	2	20

1. táblázat A primer szabályozás minimális tartalékai országonként¹⁰

¹⁰ Forrás: Operation Handbook – Policy 5 – Appendix (5. fejezet, p. 29.) – 2010. augusztus

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 25/86
---	--	-------------------------------	--

Az 1. táblázatból kitűnik az egyes rendszerek nagysága, az egész 3000 MW elosztása a nagyság alapján. A 25 rendszerirányító nem mind tagja a Kontinentális Európa regionális csoportnak, de az együttműködésben részt vesznek (pl. Dánia vagy Ukrajna nyugati része). Itt Magyarországra 42 MW perces szabályozási tartalékot állapítottak meg 370 MW/Hz K-faktor mellett.

A primer szabályozási tartalékokat az ENTSO-E Kontinentális Európa regionális csoportjában (az egykori UCTE-ben) az egyes szabályozási területekre jutó évi villamosenergia-fogyasztás arányában állapítják meg (11. ábra). Ez az érték természetesen nettó teljesítmény és szimmetrikus (felfelé és lefelé azonos nagyságú). Maximális zavar esetén az ENTSO-E Kontinentális Európában a [] MW-ot [] másodpercen belül teljesen aktiválni kell. Kisebb zavarkor arányosan kisebb mértékben. A Rendszerirányító ma [] MW primer tartalékra írja ki beszerzéseit (ld. 3.4. fejezet), mely kis mértékben eltér ugyan az 1. táblázatban szereplő értéktől, azonban ez a gyakorlat, így ezt tekintjük kiindulási alapnak.

A primer szabályozási tartalék (P_p)

Az adott szinkronterületen (az egykori UCTE-ben) a primer szabályozás közös feladata az összes résztvevő TSO-nak (minden szabályozási területnek, CA-nak vagy tömbnek, CB-nek). A közös beavatkozás itt alapkövetelmény.

A szinkronterület teljes primer szabályozási tartaléka $P_{pu} = 3000$ MW.

Az egyes szabályozási területek (CA) vagy szabályozási tömbök (CB) primer szabályozási tartalékait (P_{pi}) az említett arányosítási tényezővel, a hozzájárulási együtthatóval (C_i) határozzák meg: $P_{pi} = C_i \cdot P_{pu}$, MW.

Feltételek:

- A rendszerterhelés önszabályozási képessége: 1%/Hz;
- A legnagyobb kvázistacioner frekvencia-eltérés: ± 180 mHz;
- A legnagyobb dinamikus frekvencia-eltérés: ± 800 mHz;
- A rendszer indítási időállandója: 10-12 s;
- A zavar előtti legnagyobb stacioner frekvencia-eltérés: ± 50 mHz;
- A turbinaszabályozó érzéketlensége: ± 20 mHz;
- A teljes primer szabályozási tartalék aktiválódik 200 mHz túllépésakor.

A magyarországi szabályozási területünkön (CA) 2008-ban: $C_i = 0,0132$ volt, tehát a szükséges primer szabályozási tartalék: $P_{pi} = C_i \cdot P_{pu} = 0,0132 \cdot 3000 = 39,7$ MW ≈ 40 MW volt 2008-ban.

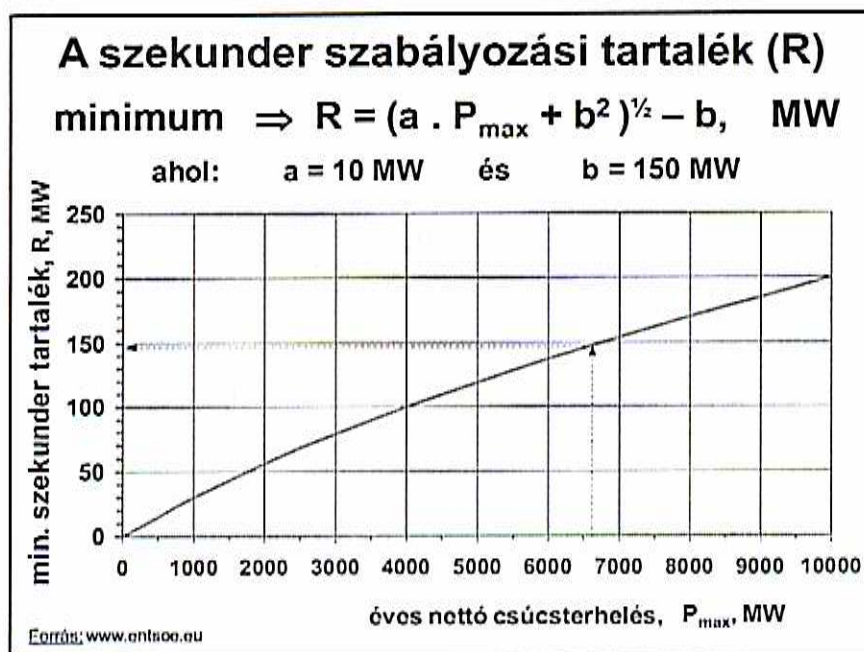
Forrás: www.entsoe.eu

11. ábra A primer szabályozási tartalék nagyságának megállapítása

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezel	Lap/összes lap 26/86
---	--	----------------	---------------------------------

A szekunder szabályozási tartalékok legkisebb értékére az ENTSO-E említett csoportja egy képletet határoz meg, amelyben a független változó a nettó évi csúcsterhelés az adott szabályozási területen (CA). Ez a minimális érték ma Magyarországon [redacted] MW körül van, és a húszas-harmincas évekre [redacted] MW közelébe – esetleg kicsit fölé – kerülhet (12. ábra).



12. ábra A szekunder szabályozási tartalék minimális nagysága

Ezek alapján nekünk például idén, ha a bruttó éves csúcsterhelésre [redacted] MW körüli értéket becsülnénk, azaz a nettó csúcsterhelés mintegy [redacted] MW lehetne, akkor a képlet alapján legalább [redacted] MW-ot kellene szekunder tartalékként beszerezni.

Nagyon sok függ azonban a szabályozási terület erőműparkjának a jellegétől, összetételétől, továbbá a rendszer működését meghatározó jogszabályoktól, például a kötelező átvételektől vagy a mérlegkör-rendszer érdekeltségi feltételeitől. Ezért a magyarországi rendszerben biztonsági többletet vesznek fel. Ma ezt a biztonsági többletet [redacted] MW-nak tekintik, mint az optimálisnak adódót, ezért a szekunder szabályozási tartalék nagysága ebben az évben [redacted] MW.

Ezzel a szabályozási tartalékok nagysága jelenleg [redacted] MW és [redacted] MW, ami gyakorlatilag

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 27/86
---	--	----------------	---------------------------------

független a Paksi Atomerőmű gépnagyságaitól. A rendszerirányítás gondjai nem ebből, hanem a jogszabályi keretből és a piaci beszerzés feltételeiből adódnak, mert önmagában ez a két szabályozási tartalék még nem túl nagy.

A perces (tercier) tartalékot a szabályozási területen üzemelő legnagyobb teljesítőképességű gépegység tényleges nettó teljesítőképességéhez szokták illeszteni. Ezt nevezik *pozitív perces tartaléknak*, amely azt a célt szolgálja, hogy még a legnagyobb blokk kiesésekor se legyen zavar a rendszer primer és szekunder szabályozásában, azaz a frekvencia- és csereteljesítmény-szabályozásban.

Természetesen van *negatív perces tartalék* is, amely a legnagyobb fogyasztói terhelés hirtelen megszűnésekor aktiválható. A Paksi Atomerőmű bővítésével összhangban ennek túl nagy jelentősége nincs, ezért ezzel a következőkben nem foglalkozunk. A lényeg azonban az, hogy itt már nem szimmetrikus (nem $\pm$) a perces tartalék szükséges nagysága, hiszen a legnagyobb fogyasztói kiesés független a legnagyobb termelői kiesés mértékétől.

Nálunk most a Paksi Atomerőmű egy egységének a névleges bruttó villamos teljesítőképességéhez, azaz az [REDACTED] MW-hoz igazítják a szükséges pozitív perces tartalék nagyságát, tehát [REDACTED] MW-ot kérnek az árverésen az ajánlattevőktől. Ez részben indokolható, részben azonban nem egészen.

A legnagyobb paksi blokk névleges nettó villamos teljesítőképessége kerekén [REDACTED] MW [REDACTED] % az önfogyasztás). Elvben elég lenne tehát [REDACTED] MW perces tartalék lekötése is. A gyakorlatban azonban nem. Az igaz, hogy névleges teljesítményen járva és onnan kiesve valóban [REDACTED] MW hiányzik a rendszerből, azonban az atomerőmű-egység számos (majd' mindegyik) segédberendezése tovább működik még a primer körben és a hűtéseknél jó ideig. Legfeljebb a tápszivattyúk és a csapadékvíz-szivattyúk teljesítményigénye csökken, amikor áttérnek a legkisebb vízmennyiség szabályozására. Az önfogyasztás túlnyomó többsége tehát megmarad, azaz [REDACTED] MW mégis indokoltabbnak látszik, mint igénybe veendő tartalék.

A valóságban mégsem egészen ez a helyzet. Az atomerőmű egységei – hasonlóan más erőműves blokkokhoz – nem csak a névleges teljesítményükön üzemelnek, hanem kihasználják a tényleges teljesítőképességükből adódó többletet is. Hidegebb hűtővíznél,

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 28/86
---	--	---------	-------------------------

jobb vákuumnál az atomerőmű egységei akár a téli hónapok mindegyikében [REDACTED] MW átlagterhelésen üzemelnek – a tapasztalat szerint. A hatásfokjavulásnak köszönhetően tehát télen a névlegeshez képest kb. [REDACTED]-kal nagyobb villamos teljesítmény leadására is képesek a blokkok. Ennek megfelelően akár [REDACTED] MW pozitív perces tartalékot is igényelhetne a Rendszerirányító, hiszen ekkora teljesítmény eshet ki.

Természetesen a [REDACTED] MW pozitív perces tartalékra érkeznek ajánlatok. A GTER által üzemeltetett gázturbinák (Lörinci, Litér, Sajószöged) összesen [REDACTED] MW névleges (hideg időben sokkal nagyobb) teljesítőképessége mellett vannak egyéb [REDACTED]percen belül aktiválható kapacitások. Újabban a Bakonyi Erőmű területén üzembe helyezett két nyíltsiklusú gázturbinával [REDACTED] MW többlet is adódik már, ha kell. Ma tehát nincs nagyobb gond az [REDACTED]MW-tal, vagy akár az [REDACTED]MW hirtelen kiesésével, van pótlási lehetőség, perces tartalék.

A magyar tartaléktartási filozófia már jobban illeszkedik a nemzetközi gyakorlathoz. Mivel a nagy egység-teljesítőképességek hirtelen kiesése viszonylag ritka, ezért nem pontosan ehhez igazítják a szükséges pozitív perces tartalékok nagyságát. Úgy tartják, hogy előbb a szekunder tartalék egy részét veszik igénybe (csak a szükséges minimumot tartják meg), és csak utána a perces tartalékot. Példa erre a német vagy a francia rendszer. A legkorszerűbb német atomerőmű-blokk, az Isar 2 Atomerőmű bruttó teljesítőképessége [REDACTED] MW, nettó teljesítőképessége [REDACTED] MW, de az E.ON rendszerirányítója mégis csak [REDACTED] MW pozitív perces tartalékot köt le. Hasonló a helyzet Franciaországban: a legnagyobb második generációs Civaux Atomerőmű [REDACTED] MW bruttó és [REDACTED] MW nettó teljesítőképességű egységekből áll, és a szükséges perces tartalék ennél kisebb. Igénybe veszik tehát a szekunder szabályozási tartalék egy részét ilyen nagy kieséskor, ill. annak csak egy részét állítják előbb vissza a perces tartalék aktiválásával.

A szekunder tartalékból visszaállítandó szükséges minimum az ENTSO-E által előírt érték, tehát a perces tartalék nagyjából a biztonsági többlet értékével csökkenthető. Ez tükröződik a következő fejezetben bemutatott jelenlegi gyakorlaton.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

3.4 A jelenlegi rendszer működtetése

A MAVIR a szükséges primer és szekunder szabályozási tartalékokat a szabályozási energia piacán szerzi be – jelenleg az éves árveréseken (aukciókon) – a következő esztendőre, a kiírások alapján és a legkisebb költségek elvét követve. A szükséges fizikai feltételeket megadva, az ajánlattevők szerződéses kötelezettséget vállalnak a szabályozási tartalékok mindenkor biztosítására.

2010 augusztusában a MAVIR ZRt. versenytárgyalási pályázatán akkreditálási feltételekkel kiírt, és 2011-re vonatkozó rendszerszintű szabályozási tartalékok¹¹ láthatók a 2. táblázatban.

Tartaléktípus	Primer	Szekunder	Perces	Összesen
Felfelé	40 MW	280 MW	370 MW	690 MW
Lefelé	40 MW	280 MW	150 MW	470 MW
Megjegyzések	szimmetrikusan az ENTSO-E előírása alapján	az ENTSO-E képleto alapján minimum nettó 145 MW	a legnagyobb egység bruttó teljesítőképessége 500 MW	

2. táblázat Rendszerszintű szabályozási tartalékok 2011-ben

A nehézségek abból adódnak, hogy a mérlegkörök felelősei nincsenek kellően ösztönözve arra, hogy betartsák – megfelelő toleranciával – a megadott jelzéseiket. Gyakran előfordul, hogy a túl nagy átmeneti eltérésekhez nincs elég ajánlat a szekunder szabályozásban (mind felfelé, mind lefelé való módosításhoz). A helyzet azonban javul, ahogy a jogi szabályozás korszerűsödik, illeszkedik a gyakorlathoz, és a piaci rendszer is egyre jobban működik hazánkban.

¹¹ www.mavir.hu/portal/page/Mavir/Adatpublikacio – Rendszerszintű tartalékok

Sziliági F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

3.5 A várható változások a jövőben

Célszerű lehet megnézni, hogy a paksi bővítés előtt, például [REDACTED] ban miként fognak esetleg megnőni (legfeljebb) a rendszerszintű szabályozási tartalékok (3. táblázat) – itt is nettó értékekkel jelezve a módosulást.

Tartaléktípus	Primer	Szekunder	Perces	Összesen
Felfelé	[REDACTED] MW	[REDACTED] MW	[REDACTED] MW	[REDACTED] MW
Lefelé	[REDACTED] MW	[REDACTED] MW	[REDACTED] MW	[REDACTED] MW
Megjegyzések	szimmetrikusan az ENTSO-E előírása alapján	az ENTSO-E képlete alapján minimum nettó [REDACTED] MW	a legnagyobb egység bruttó teljesítőképessége [REDACTED] MW	

3. táblázat Rendszerszintű szabályozási tartalékok [REDACTED] ban

A [REDACTED] as években megnövelhetik az ENTSO-E Kontinentális Európa regionális csoportjában a primer szabályozási tartalékot, így számunkra [REDACTED] MW tartalék adódhat. Ennek mértékét az atomerőmű bővítése csak annyiban befolyásolhatja, hogy amennyiben az új paksi blokkokkal jelentős exportot bonyolítanánk le, a hazai nettó villamosenergia-termelés aránya megnőhet a regionális csoporton belül, így megnövelhetnék a tőlünk várt értéket [REDACTED] MW-ra, netán egy kicsivel többre). Feltehetően az igénybevétel nem fog mértékadóan szigorodni, és az sem jelent kockázatot, hogy ekkora primer szabályozási tartalékot a hazai erőműparkból piaci alapon mindig beszerezzenek a húszas és a harmincas években.

Várhatóan a fogyasztói csúcsterhelés is megnövekszik, eléri akár a nettó [REDACTED] MW-ot is, ha a gazdaság megfelelően fejlődik, és nagyobb visszaesések nem lesznek. Ennek megfelelően a minimális szekunder szabályozási tartalék [REDACTED] MW-ra nőhet. A biztonsági tartalékot is figyelembe véve – a jogi szabályozástól és a fizikai feltételektől (pl. szél- és naperőmű-park) függő módon – feltételezhető, hogy a szekunder szabályozási tartalék [REDACTED] MW-ra nő a húszas évekre. Ezt a nagyságot nem befolyásolja azonban a Paksi Atomerőmű bővítése, hiszen nem ettől függ, hanem a rendszerünk (szabályozási területünk) csúcsterhelésétől az ENTSO-E képlete alapján. Pontosabb szám évtizedekkel előre való jóvendölése értelmetlen lenne, mert egyelőre a Paksi Atomerőmű bővítése nem játszik meghatározó szerepet e két szabályozási tartalék nagyságának megállapításában.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 31/86
---	--	----------------	---------------------------------

Egyedül a *pozitív perces tartalékok* nagyságát érinti a Paksi Atomerőmű bővítésekor üzembe kerülő blokk névleges teljesítőképessége és főleg ténylegesen várható legnagyobb nettó terhelhetősége.

Hazánkban hamarosan új, [REDACTED] MW-os CCGT egységek lépnek üzembe több erőműben, és ezek is „hirtelen” kieshetnek. Egyre nagyobb jelentősége lesz tehát a kellően nagy pozitív perces tartalék beszerzésének és üzemének, hiszen a nagy egységek kiesési valószínűsége megnövekedhet.

Az igazi gondot azonban az jelentheti, ha majd [REDACTED] MW-os nettó villamos egység-teljesítőképességű¹² blokkok eshetnek ki a húszas évek közepétől és a harmincas, majd a későbbi években. Ragaszkodva a szekunder tartalékot figyelmen kívül hagyó filozófiához, ezekhez már összesen [REDACTED] MW (a maradó önfogyasztást beszámítva ennél is nagyobb) pozitív perces tartalékok kellenének.

Amennyiben átvennénk a „nyugati” tartalékfilozófiát, tehát a szekunder tartalék egy része igénybe vehető lenne, akkor is legalább [REDACTED] MW pozitív perces tartalékra lenne szükség. Ez is nagyon soknak tűnik a jelenlegihez képest.

A szóba jöhető új, *harmadik generációs atomerőmű-egységekről* semmiféle részletes információ nem áll egyelőre rendelkezésünkre, ezért csak a következő négy blokk típust vesszük fel (kerekített nettó betáplálással):

- [REDACTED] MW majd [REDACTED] MW;
- [REDACTED] MW majd [REDACTED] MW;
- [REDACTED] MW majd [REDACTED] MW;
- [REDACTED] MW majd [REDACTED] MW.

Tekintettel arra, hogy részletekben nem állt módunkban tájékozódni a lehetséges gépegységekről, főleg azok nettó terhelhetőségi értékeiről, feltételezzük, hogy a leírt teljesítmények a legnagyobb nettó villamos terhelhetőségüknek felelnek meg.

¹² Ma még nem lehet pontosan megmondani, hogy milyen új, III. generációs blokkra szerződnek le.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 32/86
---	---	----------------	---------------------------------

A Rendszerirányítónak tehát az első blokk üzembe lépésétől már [REDACTED] MW-ra kellene kiírnia a szükséges pozitív perces tartalékok nagyságát, és az árveréseken ilyen mértékű kapacitást kellene lekötnie erre a tartalékra.

Meg kell jegyezni, hogy a szükséges pozitív perces tartalék nagysága nem függ attól, hogy az adott típusú blokkból hányat építünk be. A perces tartalék tervezésénél ugyanis nem kell számolni azzal az igen kis valószínűséggel, de nem elképzelhetetlen esettel¹³, hogy egyszerre mindkét blokk kieshet.

Feltételeztük ugyanakkor, hogy a korszerű rendszerirányítási feltételek mellett a legnagyobb teljesítőképességű blokk kiesésekor a pozitív szekunder tartalékok egy része – a minimálisan szükséges feletti – is tekintetbe vehető a jövőben. Lényegében tehát [REDACTED] ban (vagy tágabb értelemben: a harmincas években) a pozitív perces tartalékok¹⁴ igénye a következő lehet:

- [REDACTED] MW-os blokkokhoz [REDACTED] MW,
- [REDACTED] MW-os blokkokhoz [REDACTED] MW,
- [REDACTED] MW-os blokkokhoz [REDACTED] MW,
- [REDACTED] MW-os blokkokhoz [REDACTED] MW.

A [REDACTED] ban várható, rendszerszintű szabályozási tartalékokról már az új blokknagyság függvényében lehet tájékoztatást adni (4. táblázat).

Elvben háromféle lehetőség van a pozitív perces tartalékok beszerzésére, és mind a három együtt adhatja ki a szükséges mértéket. Ma még egyik lehetőséget sem térképezték fel kellő részletességgel, így nem tudni, hogy másfél évtized múlva mely megoldások lesznek optimálisak a Rendszerirányító aukcióin. Egyelőre csak a lehetőségeket mutathatjuk be, de távlati gazdasági kérdések részleteibe nem bocsátkozhatunk. Feltehetően egy lehetőség kihasználása nem elég, többre van szükség – integrált megoldásokkal több lábon állva.

¹³ Valóságos volt, hogy [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] én délután a Paksi Atomerőműben [REDACTED] [REDACTED] MW-os turbógenerátor- gépogység egyszerre kiesett – bár csak rövidebb időre.

¹⁴ A perces tartalék ugyan a nettó teljesítményhez igazodik, de az atomerőmű-egység technológiájától függően a kiesés után még jelentős önfogyasztása van a blokknak, tehát gyakrabban illosztik ezt a tartalékot a bruttó teljesítőképességhez.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 33/86
---	--	---------	-------------------------

Blokknagyság	Irány	Primer	Szekunder	Perces	Összes
 MW	Felfelé	 MW			
	Lefelé	 MW			
 MW	Felfelé	 MW			
	Lefelé	 MW			
 MW	Felfelé	 MW			
	Lefelé	 MW			
 MW	Felfelé	 MW			
	Lefelé	 MW			
Megjegyzések		szimmetrikusan az ENTSO-E előírása alapján	az ENTSO-E képlete alapján minimum nettó  MW	a legnagyobb egység bruttó teljesítőképessége alapján	

4. táblázat Rendszerszintű szabályozási tartalékok  ban

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fojezet	Lap/összes lap 34/86
---	---	----------------	---------------------------------

4 AZ ÚJ BLOKKOK KIÉPÍTÉSÉHEZ SZÜKSÉGES HAZAI TERCIER (PERCES) TARTALÉKOK ÉS A KÜLFÖLDI (REGIONÁLIS) KAPACITÁSOK BEVONÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA

4.1 Hazai perces tartalékok lehetőségei

A szokásos megoldást azok az erőművek kínálhatják, amelyek negyedórán belül képesek a vállalt teljesítőképességük elérésére, ha automatikus vagy kézi parancsot kapnak az indításra (álló helyzetből) vagy a teljesítménynövelésre (forgó állapotból). Mivel tartalékról van szó, az igénybevétel ritka, és ennek megfelelően érdekeltek az ajánlattevők berendezéseikkel szerződéses kötelezettségeiket teljesíteni.

Lehetnek olyan gépegységek a jövőben is, amelyeket rendszeresen a *névleges teljesítőképességük alatt* üzemeltetnek. Elvben tehát néhány nagyerőműves blokk – főleg a földgáztüzelésű CCGT gépek – jelentkezhetnek a versenyben úgy, hogy például ■■■■os terhelésről gyorsan felterhelnek ■■■■ra. Amennyiben ezek a gépek nem nyernének a szabályozási energia piacán a primer és szekunder szabályozási tartalékok versenyében, úgy alternatív ajánlatot adhatnak a percesre.

A *kapcsolt termeléssel* nem kellően kiterhelt, földgáztüzelésű nagy- vagy kiserőművek rugalmasan illeszkedhetnek a villamosenergia-rendszerhez is, ha van például hőtárolójuk. Ekkor ugyanis jobban rendelkezésre állhatnak a villamos rendszer irányításához, akár mint tartalékok. Mivel hazánkban egyelőre nem érdekeltek az ilyen erőművek a hő tárolásában, ez a megoldás (nem úgy, mint pl. Dániában) aligha használható addig, amíg az érdekeltség nem változik. A mai rendeleti változások egyébként nem kedveznek a kapcsolt termelés terjedésének, bár másfél évtized alatt lehetnek változások.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségossé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 35/86
---	--	----------------	---------------------------------

Az álló tartalékoknál a legolcsóbb megoldást a *nyíltciklusú gázturbinák* (OCGT) nyújthatják, hiszen ezek fajlagos beruházási költsége a legkisebb a mai nagyerőművek közül. Elvben kiserőművek, például gázmotorok is indulhatnak ennyi idő alatt, de azok fajlagosan (Ft/kW) sokkal drágábbak a gázturbináknál. A ritkán járó tartalékoknál a hatásfok, a változó költség kevésbé fontos, csak a megbízhatóság a lényeges.

Jelenleg az MVM GTER üzemeltetésében három olajtüzelésű OCGT egység (Lőrinci [REDACTED] MW, Litér [REDACTED] MW és Sajószöged [REDACTED] MW) működik, melyek összesen [REDACTED] MW tartalékot adhatnak névleges feltételek mellett – télen többet, nyáron kevesebbet a külső levegő hőmérsékletétől függően.

Ezt a három régebbi OCGT-t egészítheti ki [REDACTED] től az Ajkai Hőerőmű telephelyén létesített Bakonyi Gázturbinás Erőmű két, lekötött földgázzal üzemelő OCGT egysége, amelyeket eredetileg nem perces tartalékként méreteztek. Az aeroderivatív típusú, Rolls-Royce fejlesztésű, [REDACTED] jelű, hazai átlaghőmérsékleten [REDACTED] MW-os gázturbina-egységek hatásfoka elérheti a [REDACTED]-ot, de ez elmarad a földgázra épített CCGT-egységekéétől, így kihasználása minimálisra korlátozódik: alkalmas pozitív perces tartalékként.

Eredőben tehát az idő függvényében a hazai erőműparkban rendelkezésre álló OCGT egységek együttes teljesítőképessége a következők szerint alakulhat (5. táblázat) – gyakorlatilag csökkenhet.

Év	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Lőrinci	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Litér	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Sajószöged	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Bakony	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Összesen	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

5. táblázat Az OCGT egységek névleges teljesítőképessége, MW

Felül kellene vizsgálni, hogy ezeknek az egységeknek az üzeme felújításokkal mennyire hosszabbítható meg a harmincas évekre, hiszen az eddigi üzemidejük igen kevés (évi kihasználásuk főleg az üzemi próbák miatt éri csak el a [REDACTED] órát).

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

Mindenesetre látható, hogy a Paksi Atomerőmű bővítésekor [redacted] körül csak [redacted] MW, [redacted] ban pedig alig [redacted] MW pozitív perces tartalékként használható gázturbinás egység üzemeltetésére számíthatunk a maiak közül. A többi szükségest vagy meg kell építeni, vagy venni kell a szomszédos szabályozási területekről (CA-kból). A meglévő gázturbinás egységek fokozatos leállítása miatt a szükséges tartalékokra nem egyik évről a másikra lesz szükség, a létesítés időben csúsztható. [redacted] ban azonban gyakorlatilag a következő, [redacted] perc alatt indítható többlet kapacitásokra van szüksége a rendszernek:

- [redacted] MW-os blokkokhoz [redacted] MW,
- [redacted] MW-os blokkokhoz [redacted] MW,
- [redacted] MW-os blokkokhoz [redacted] MW,
- [redacted] MW-os blokkokhoz [redacted] MW.

A 6. táblázatban bemutatjuk, hogy mennyi gázturbinát kellene beépíteni a hazai rendszerbe, ha nyíltciklusú gázturbinákkal (például a SIEMENS cég gázturbinájával) akarnánk megoldani a helyzetet.

Blokknagyság	SGT5-3000E [redacted] MW)	SGT5-4000F [redacted] MW)
[redacted] MW	[redacted] egység [redacted] MW)	[redacted] egység [redacted] MW)
[redacted] MW	[redacted] egység [redacted] MW)	[redacted] egység [redacted] MW)
[redacted] MW	[redacted] egység [redacted] MW)	[redacted] egység [redacted] MW)
[redacted] MW	[redacted] egység [redacted] MW)	[redacted] egység [redacted] MW)

6. táblázat Torcior tartalék biztosítása OCGT egységekkel

Természetesen nem feltétlenül kell Siemens-gépeket venni, sem azonos egységeket használni, de célszerű az adott kor egyik legnagyobb egységteljesítményű gépét figyelembe venni, hogy ne növekedjék az egységszám, és csökkenjen a fajlagos beruházási költség.

[redacted] nyíltciklusú gázturbina szükségességének kimutatásakor arról sem feledkezhünk meg, hogy ezeket a gépeket csatlakoztatni is kell a hálózathoz, azaz vizsgálni kell, hogy van-e Magyarországon elegendő olyan telephely, ahol ezek a tartalék erőművek létesíthetők.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 37/86
---	--	----------------	---------------------------------

Mindez természetesen egy részletes, komplex elemzést igényel, ahol a lehetséges telephelyeknél mind a villamos, mind a földgáz hálózat elérhetőségét, bővíthetőségét vizsgálni kell. Habár ez tanulmányunk keretein túlmutat, néhány szempont bemutatásával már most is megítélhető, van-e megfelelő számú telephely, ahol egy ilyen beruházás – legalább a villamos hálózat közelsége okán – viszonylag kedvező körülmények között megvalósítható lehet.

Ebben az áttekintésben független telephellyel vesszük figyelembe az összes gépegyiséget, ami kedvez az igénybevétel biztonságának, várhatóan nem igényel komolyabb hálózatfejlesztést, ugyanakkor nagyobb számú telephely kialakítására van szükség, ami elsősorban a földgázellátás biztosítása szempontjából jelenthet jelentős mértékű vezetéképítést.

A hálózati csatlakozás szempontjából a kisebb, legfeljebb [REDACTED] MW-os erőművek a [REDACTED] kV-os hálózatra is csatlakoztathatók. Ebben a tekintetben csak átviteli hálózati táppontok [REDACTED] kV-os gyűjtősinjei vagy kivételes esetben erős [REDACTED] kV-os csomópontok jöhetnek szóba. A [REDACTED] MW-nál nagyobb egységeket már a [REDACTED] kV-os hálózatra kell csatlakoztatni. Olyan csomópontok kerülhetnek itt előtérbe, ahol nincs meglévő vagy a közeljövőben létesíteni tervezett jelentősebb erőművi betáplálás.

Mindkét esetben szóba jöhet több, korábban már vizsgált erőművi telephely. Ezek egy része leállított vagy a következő [REDACTED] évben leállítani tervezett nagyerőmű telephelye, ahol nagy biztonsággal állítható, hogy egy új gázturbina által betáplált teljesítmény kiszállítható. A leállítandó GTER gázturbinák telephelyei mellett akár az Oroszlányi vagy a Borsodi Erőmű telephelye is alkalmas lehet új létesítésre. A korábban már vizsgált erőművi telephelyek között van olyan, ahol később mégsem valósult meg erőmű (pl. Kisvárdai-Vásárosnamény térségében), így ezen a helyen is nagy biztonsággal található a tartalék erőművek számára alkalmas csatlakozási pont.

Elképzelhetők természetesen eddig még nem vizsgált telephelyek is, ahol az erőmű zöldmezős beruházásban létesíthető. Itt is fontos azonban az átviteli hálózati csomópont közelsége ([REDACTED] km). Főleg [REDACTED] kV-os csatlakozás esetén nőhetnek jelentősen a költségek és engedélyeztetési nehézségek a meglévő hálózattól távolabbi telephely esetén.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 38/86
---	---	-------------------------------	---

Mind a paksi, mind a többi hazai erőmű földrajzi elhelyezkedése azt helyezi előtérbe, hogy a paksi nagyblokkok kiesése esetén a közelben lévő és egyébként is forráshiányos területen (Közép- és Dél-Dunántúl) létesülő tartalék erőművek pótolják a kieső teljesítményt. A meglévő litéri OCGT telephelyen túlmenően a szombathelyi, hévízi, toponári és pécsi ■■■■kV-os állomások lehetnek alkalmasak a gázturbinák fogadására. Ezek az állomások ■■■■kV-on bővíthetők, ■■■■kV-on azonban mind a négy esetben a gyűjtősin kiépítése is szükséges. A litérit is beszámítva mind az öt állomás elhelyezkedése biztosítja, hogy a Paksi Atomerőmű legfőbb kiszállítási irányában közvetlenül pótolva legyen az esetlegesen kieső teljesítmény, és ne kelljen azt az ország távolabbi területeiről, az ott meglévő nagyerőművek betáplálásával együtt a hálózatot jelentősen igénybe véve, a veszteséget megnövelve szállítani.

Az említett ■■■■ csomópont tehát kiszolgálhatja akár az ■■■■MW-os blokkokhoz jelzett ■■■■ nagyobb gázturbinát vagy – ■■■■ további telephelyet (például ■■■■ és ■■■■ figyelembe véve – a ■■■■ kisebb OCGT-t is. Természetesen jóval több változat is felvázolható.

A mai kilátások szerint a szükséges tartalék a magyar villamosenergia-rendszerbe beépíthető, ez azonban a piaci befektetők döntései nyomán valósulhat meg, az általuk gazdaságosnak ítélt – és a rendszerirányító valamint a Magyar Energia Hivatal által elfogadható – megoldásokkal.

Mindemellett ezeket a gépegységeket vagy ezek egy részét a szomszédos szabályozási zónákban is beépíthetik, vagy ezek egy részét onnan is leköthetjük. Mindez attól függ, hogy kedvezőbb-e a külföldi telepítéseket igénybe venni szerződéses alapon, mint a magyarországi lehetőségeket kihasználni. Természetesen egy ilyen gázturbina külföldi létesítése sem lehet sokkal olcsóbb.

Az előírások szerint minimum ■■■■ot itthon kell tartani a szekunder szabályozási tartalék és a perces tartalék összegéből (a rendszerirányítási tartalékok szabályozási területen kívüli, Magyarország esetében gyakorlatilag külföldi beszerzésére vonatkozó szabályokat a 4.2 fejezetben mutatjuk be). Ez azt jelenti, hogy legalább ■■■■(esetleg ■■■■gépegységet itthon kell felépíteni.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 39/86
---	--	-------------------------------	--

Újabb külföldi szakirodalmi források¹⁵ alapján egy új, nagy OCGT egység fajlagosan feleannyiba kerülhet, mint egy hagyományos, korszerű CCGT. Ezek alapján feltételezhető, hogy a bemutatott nagyságokban [redacted]-es euróval számolva mintegy [redacted] €/kW-ba kerülhet az OCGT megoldás.

A jelzett kisebb Siemens-gép mintegy [redacted] €-ba (kb. [redacted] Ft-ba) kerülhet, a nagyobb pedig [redacted] €-ért (kb. [redacted] Ft-ért) lehet kapható – a beépítés helyén. Előzetes becslésünk szerint tehát telephelytől és a csatlakozási feltételektől függően összességében [redacted] Ft lehet egy ilyen OCGT gép hazánkban. Ebből kell maximum [redacted] egység a legnagyobb [redacted] MW), de legalább [redacted] blokk a legkisebb paksi blokknagysághoz [redacted] MW).

4.2 Külföldi perces tartalékok lehetőségei

4.2.1 Üzemzavari tartalékok más szabályozási területről történő beszerzésének szabályai

A rendszerszintű szabályozási tartalékok egy részét – például a pozitív perces tartalékokat – és a mérlegkör-felelősök üzemzavari tartalékait külföldről, más szabályozási területekről is be lehet szerezni megfelelő előkészítés és szerződéskötések alapján az ENTSO-E ismert szabályai szerint – akár többféle megoldásban is¹⁶. Itt csak a fontosabb részeket emeljük ki.

Az ENTSO-E által elfogadott és engedélyezett megoldások, hogy egy rendszerirányító (TSO) a szomszédos szabályozási területről vagy szabályozási tömbből rendszerirányítási szabályozási tartalékokat szerezzen be, mindhárom szabályozási tartalékra értendők. A primer szabályozásra egy, a szekunder szabályozásra kettő, a perces tartalék vételére három megoldást is említ a szabályzat.

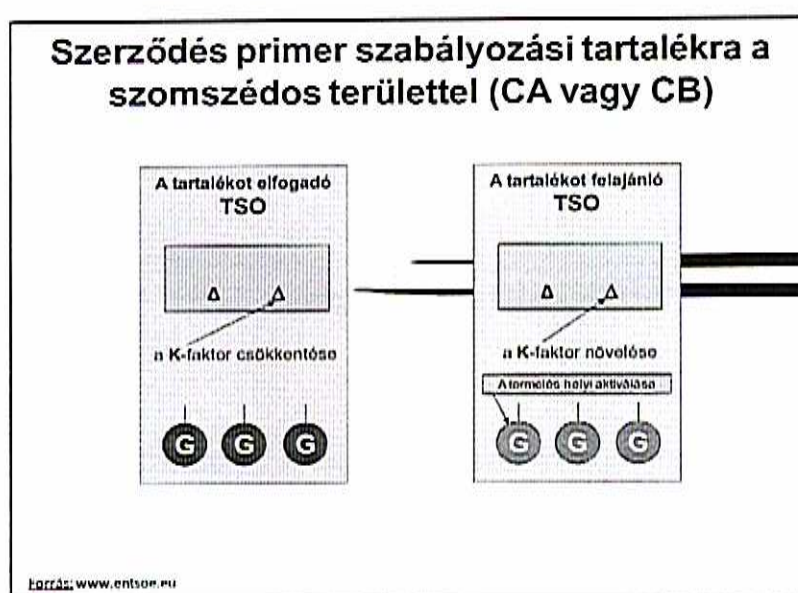
¹⁵ EURELECTRIC – EU 2050 Roadmap, 2011. október

¹⁶ Erről részletes leírás jelent meg az MVM Közleményei XLVII. évf. 2010. 1-2. sz. p. 16-29.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

	LÉVAI PROJEKT, Új atomerőmű létesítése A villamosenergia-rendszerben szükségessé váló tartalékok rendelkezésre állásának, valamint az indokolt intézkedések és azok hatásainak vizsgálata	Fejezet	Lap/összes lap 40/86
---	--	----------------	---------------------------------

A primer szabályozásnál a csereteljesítmény a frekvencia alapján módosítható (13. ábra). A szerződésekkel, a vevő és eladó rendszerirányítók, TSO-k közötti információkkal lehet elérni, hogy a K -tényező (a frekvencia-szabályozás ún. erősítő tényezője, a K -faktora) miként csökkenjen vagy növekedjen a csereteljesítmény ilyen feltételek melletti beállításakor. Lényegében tehát a tényező értékének meghatározására, módosítására vonatkozik a szerződés. Ez a megoldás hazánkban egyelőre nem – és várhatóan a jövőben sem – szükséges a mintegy 3000 MW igényhez.



13. ábra A primer szabályozási tartalék vételének lehetősége

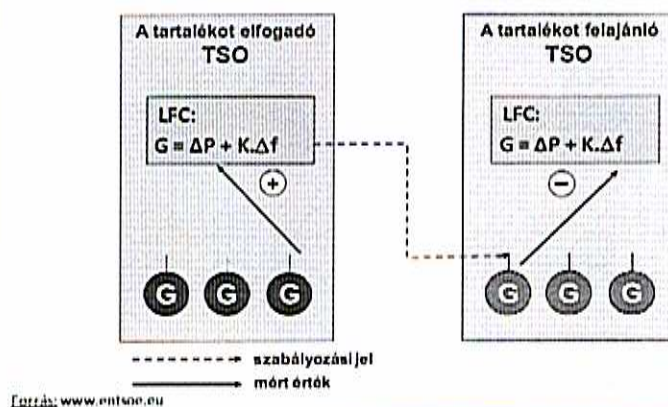
Szekunder tartaléknál az első esetben a szomszéd szabályozási terület egyik gépegységét a vásárló TSO irányíthatja – természetesen a szomszédos TSO informálása mellett (14. ábra). A másik esetben a szerződés szerint a szomszédos TSO választja ki, hogy melyik gépegységeit aktiválja a vételi igények alapján (15. ábra).

Ezek a megoldások egyelőre nem terjedtek el a térségünkben, de egy adott ország több szabályozási területei (pl. a négy német szabályozási zóna) között ilyen megoldások létezhetnek. Nálunk egyelőre ilyen megoldásokra nincs szükség. Várhatóan a következő évtizedben sem lesz még.

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

Szerződés szekunder szabályozási tartalékra a szomszédos területtel (CA vagy CB)

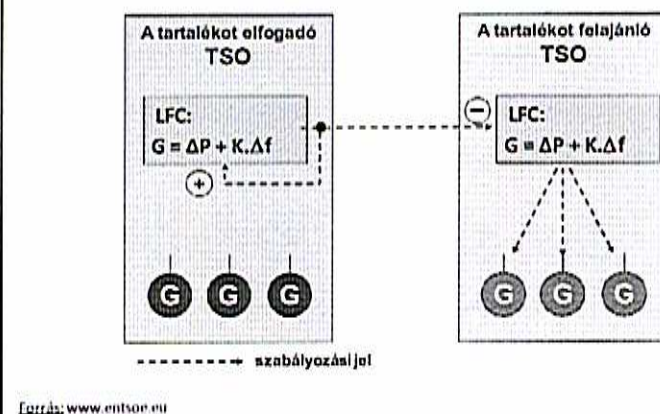
1. Más termelő egység szabályozásával



14. ábra A szekunder szabályozási tartalék a szomszédos gép irányításával

Szerződés szekunder szabályozási tartalékra a szomszédos területtel (CA vagy CB)

2. Szerződéses kapcsolattal

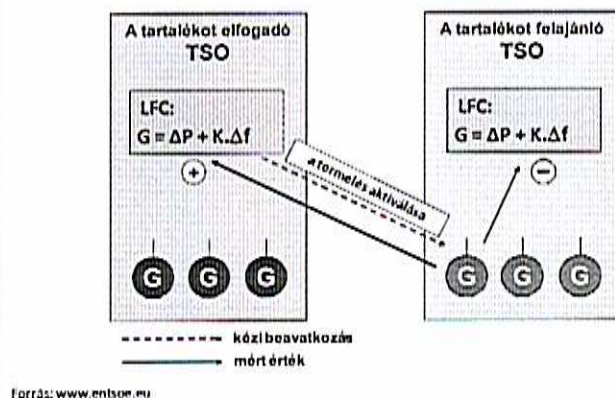


15. ábra A szekunder szabályozási tartalék a szerződések alapján

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O

Szerződés tercier szabályozási tartalékra a szomszédos területtel (CA vagy CB)

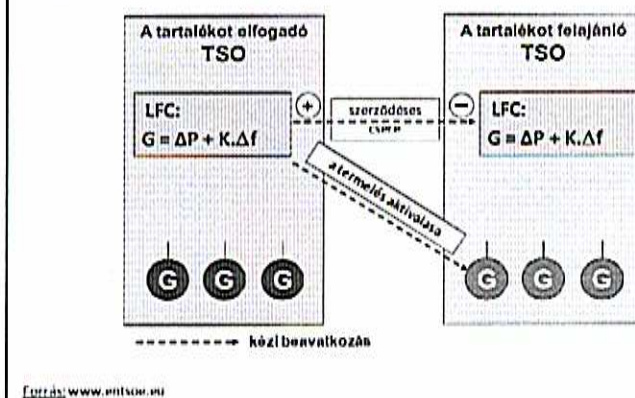
1. Közvetlen beavatkozással



16. ábra Percos tartalékok vétele közvetlen beavatkozással

Szerződés tercier szabályozási tartalékra a szomszédos területtel (CA vagy CB)

2. Közvetlen beavatkozás és menetrend-módosítás



17. ábra Percos tartalékok vétele irányított beavatkozással

Szilágyi F.		2011.12.	MVM azonosító: 530303A 00030 ERA
Név	Aláírás	Dátum	ERŐTERV azonosító: 6F121104/0011/O