



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Villamos Energetika Tanszék

Kondor Máté András

A MAGYAR KIEGYENLÍTŐENERGIA-PIACI ÁRKÉPZÉSI RENDSZER VIZSGÁLATA

Tudományos Diákköri Dolgozat

KONZULENS

Divényi Dániel

BUDAPEST, 2013.

Összefoglaló

Dolgozatomban a magyar kiegyenlítőenergia-piaci árképzési rendszerrel és annak menetrendtartást ösztönző hatásának vizsgálatával foglalkozom.

Kutatásom alapkérdése, hogy a kiegyenlítő energia árképzési rendszere milyen mértékben ösztönzi a mérlegköröket a pontos másnapi villamosenergia-menetrend megadására. A büntetési tényezőket a rendszerirányító 2013-ban megemelte, hogy a mérlegköröket pontosabb menetrendadásban tegye érdekeltté. Dolgozatomban az ösztönző hatás változását is elemezni fogom.

A Kereskedelmi Szabályzat alapján ismertetem a hazai villamosenergia-piac napi működését, a mérlegkörrendszert, a menetrendadás célját, illetve a kiegyenlítő energia fogalmát. Részletesen bemutatom a kiegyenlítő energia árképzési rendszerét elméleti és gyakorlati szempontból. A vizsgálatokat MATLAB környezetben készített modellen végzem el. Dominánsstratégia-modell segítségével vizsgálom a mérlegkörök várható fajlagos kiegyenlítőenergia-költségét, amint azok alul-, túl-, vagy pontosan fedik másnapi piaci pozícióikat. Historikus adatokra alapozott, sztochasztikus mérlegkör-modellek, valamint valós tartalékpiazi árakból képzett kiegyenlítő energia árak alkalmazásával elemzem a mérlegkörök kiegyenlítőenergia-költségét a régi és az új büntetési tényezők esetében.

A vizsgálataim eredményeként megállapítom, hogy a mind a jelenlegi, mind a megváltoztatott árképzési rendszer a mérlegköröket a piaci pozíciójuk kismértékű túlfedésében teszi érdekeltté. A tényezők idején módosítása ezt lényegében nem változtatta, az ösztönzés jellegét sokkal inkább a piaci árak egymáshoz való viszonya határozza meg.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom konzulensem, Divényi Dániel odaadó és pontos témavezetői munkájáért, amivel nagyban hozzájárult dolgozatom színvonalának emeléséhez és a téma iránti érdeklődésem elmélyítéséhez.

Köszönet illeti továbbá Tóth András Istvánt, az E.ON Energiaszolgáltató Kft. Villamosenergia-beszerezési Osztályának vezetőjét azért, mert lehetővé tette, hogy szakmai gyakorlatomat az osztályán végezzem el. Ennek teljesítése során mind ő, mind pedig az osztály további dolgozói folyamatosan segítségemre voltak, aminek köszönhetően rendkívül hasznos és mély ismereteket szereztem a magyar villamosenergia-piac működéséről.

Tartalomjegyzék

Összefoglaló	i
Köszönetnyilvánítás.....	ii
Tartalomjegyzék	iii
1 A menetrendtartás fogalma és jelentősége	1
2 A kiegyenlítő energia árának meghatározása	3
2.1 Az egységárképzési rendszer elemei	3
2.1.1 A kiegyenlítő energia mennyiségének meghatározása és a Kereskedelmi Szabályzat előjelkonvenciója	3
2.1.2 A hiányos mérlegkör.....	5
2.1.3 A többletes mérlegkör	6
2.2 A kiegyenlítő energia elszámolási díjának meghatározása	8
2.2.1 A menetrendi küszöb.....	8
2.2.2 A hiányos mérlegkör.....	8
2.2.3 A többletes mérlegkör	9
2.3 Az árképzési rendszer áttekintése.....	9
2.4 A kötelező átvételi rendszer és árképzése	12
3 A kiegyenlítő energia ára	14
4 Az árképzési rendszer vizsgálata és működése a gyakorlatban	17
4.1 Az vizsgálat bemutatása	17
4.2 Eredmények.....	17
4.3 Az árképzési rendszer gyakorlati működése	19
5 A menetrendtartás ösztönzése a kiegyenlítőenergia-piacon.....	21
5.1 A vizsgálat bemutatása.....	21
5.2 A mérlegkörmodellek	22
6 Záró gondolatok	28
F1 Felhasznált források	29
F2 Ábrák és táblázatok jegyzéke	30

1 A menetrendtartás fogalma és jelentősége

A szervezett villamosenergia-termelés és szolgáltatás a kezdetektől fogva megkérdőjelezhetetlen jelentőségű gazdaságunk és társadalmunk alakításában. Hatékony és gyors szállíthatósága és felhasználhatósága révén vált a villamos energia az elmúlt évszázad lenyűgöző technológiai fejlődésének hajtóerejévé. A megbízhatóan, egyszerűen és jó minőségben hozzáférhető villamos energia ma már természetesnek mondható a világ legtöbb országában. Kétségtelen előnyei mellett azonban hátránya a hatékony tárolás jelenlegi megoldatlansága, így tehát a bármely pillanatban felmerülő villamosenergia-igényt azonnal ki kell elégíteni, a megtermelt villamos energiát azonnal el kell fogyasztani.

Erőműveink szabályozhatósága műszaki és gazdasági szempontok által korlátozott; valamint az energiaigény jövőbeli értéke csak korábbi évek statisztikái alapján, bizonyos szórással jósolható meg – egyértelmű tehát, hogy a szolgáltatás folyamatosságának és a villamos energia minőségének fenntarthatósága érdekében szükséges a termelés pontos megtervezése és megszervezése.

Magyarországon a villamosenergia-termelés és elosztás hierarchikus rendszert alkot. A rendszer felügyeletét és irányítását a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt. végzi. Ez szerződéses viszonyt tart fent a termelők és/vagy fogyasztók adminisztratív csoportosulásaival, a *mérlegkörökkel*. Minden mérlegkör felelősének a feladata a rendszerirányító felé a menetrend bejelentése illetve a vele-, és a mérlegkör tagjaival való elszámolás lebonyolítása. A naponta leadandó menetrend negyedórás bontásban, a mérlegkör minden mérési-elszámolási pontjára külön tartalmazza a másnapra tervezett összes vásárlást és értékesítést önmaga és más mérlegkörök között, iránnyonként külön feltüntetve. Erőművek termelési menetrendjében, nagyobb beépített teljesítmény esetén a menetrendet gépegységek szerint is differenciálni kell a pontosabb tervezhetőség érdekében.

A rendszerirányító ezeket a menetrendeket fogadja a mérlegköröktől, összesíti és ellenőrzi őket, hogy a szerződésben foglalt formai-, és tartalmi követelményeknek megfelelnek-e, illetve, hogy konzisztens rendszert alkotnak-e. Bármilyen hiba esetén igyekszik elérni, hogy az érintett mérlegkör, vagy mérlegkörök saját belátásuk szerint javítsák menetrendjeiket, azonban ha ez a megadott határidő előtt nem teljesül, akkor a szerződésben foglalt algoritmus segítségével maga oldja fel az inkonzisztenciákat – és szankcionálja az érintett mérlegkört.

A menetrendekben vállalt, és a valóságban bekövetkező villamosenergia-fogyasztás és termelés azonban soha nem fog tökéletesen megegyezni. Nem is egyezhet, hiszen a jövőbeli valódi fogyasztás nem számítható ki, csupán becsülhető hosszú évek alatt felhalmozott statisztikai adatok

segítségével. Az ideális eset az lenne, ha az előre kiszámítható fogyasztási adatok alapján a mérlegkörök folytonos idejű menetrendet tudnának adni – kijelenthető, hogy ehhez soha nem fog elegendő információ rendelkezésre állni.

A rendszerirányító feladata, hogy gondoskodjék tartalékról a villamosenergia-rendszerben, amelyből az éppen hiányos mérlegkörök igényei is minden pillanatban kielégíthetőek maradnak; valamint a folyamatos kapcsolattartás a mérlegkörökkel és a szomszédos országokkal, hogy egy többlettel rendelkező mérlegkör „felesleges” termelt energiája is fogyasztóra találhasson. Az egyes mérlegkörök fogyasztási és termelési értékeinek különbsége a mérlegkör úgynevezett *kiegyenlítő energiája*.

A mérlegkörök teljesítményáramlása mérési-elszámolási pontonként regisztrációra kerül, ami alapján a mérlegkör kiegyenlítőenergia-igénye negyedórás bontásban meghatározható. Ezek az adatok képezik a mérlegkör és a rendszerirányító közti pénzügyi elszámolás alapját.

Az elszámolás másik tényezője a kiegyenlítő energia szintén negyedórás felbontásban megadott egységára. Ennek számítását a rendszerirányító a Kereskedelmi Szabályzatban leírt – és általam a következő fejezetben tárgyalt – algoritmussal számítja. Ez az algoritmus bonyolult és minden részletre kiterjedő, hiszen döntően befolyásolja a piaci szereplők viselkedését, így az egész piac jellegét. Ez az a pont, ahol a rendszerirányító összehangolhatja a mérlegkörök gazdasági optimumra való törekvését a rendszer egészét érintő stabilitási, gazdaságossági és műszaki szempontokkal. Vagyis a mérlegkör gazdasági viselkedése itt befolyásolható.

2 A kiegyenlítő energia árának meghatározása

A kiegyenlítő energia árának meghatározása döntő jelentőségű tehát a villamosenergia-piac jellegének meghatározásában. A rendszerirányító a Kereskedelmi Szabályzatban minden esetre kiterjedően definiálja árképzési politikáját, melyet minden mérlegkörre azonos módon alkalmaz. E jogszabályi érvényű¹ szabályzat részletesen, elemenként építi fel az ár meghatározásának algoritmusát, amelyben figyelembevételre kerül a mérlegkör kiegyenlítőenergia-igényének előjele (vételezés vagy termelés), a *rendszerállapot* (a rendszerben kiegyenlítőenergia-többlet, vagy -hiány van-e), az energiatőzsde aktuális órás záróára, a fel-, vagy leszabályozás ára, illetve ez utóbbi árak egymáshoz való viszonya. Az egységár meghatározásának folyamata egy 13 végpontú fagráffal reprezentálható.

2.1 Az egységárképzési rendszer elemei

Ebben a szakaszban tehát lépésről lépésre, elemenként tekintjük át a kiegyenlítő energia egységárképzési rendszerét, kezdve az abban szereplő mennyiségek előjeleinek értelmezésével, majd pedig az egyes döntési lehetőségek feltételvizsgálatainak áttekintésével.

2.1.1 A kiegyenlítő energia mennyiségének meghatározása és a Kereskedelmi Szabályzat előjel-konvenciója

A kiegyenlítő energia egységárának meghatározásakor két alapvetően fontos mennyiség: a kiegyenlítő energia mennyisége egy adott mérlegkörre és a rendszerállapot. Ezek, és maga a kialakuló egységár is felvesz mind pozitív, mind pedig negatív értékeket is, vagyis szükséges egy előjel-konvenció meghatározása. Kezdjük tehát ennek a megismerésével az árképzés tárgyalását.

A rendszerirányító egy mérlegkörre a kiegyenlítő energia mennyiségét a fogyasztás és termelés különbségeként határozza meg². Természetesen ezek több részből tevődnek össze, de ebből a számítási elvből már látszik, hogy a kiegyenlítő energia mennyiségének előjele:

- *Pozitív*, ha a fogyasztás nagyobb, vagyis a mérlegkör *hiányos* és kiegyenlítő energiát *vásárol*.
- *Negatív*, ha a termelés nagyobb, vagyis a mérlegkör *többletes* és kiegyenlítő energiát *ad el*.

¹ A villamosenergia-piac működésének kereteit a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény definiálja, amely jogforrásként illetve jogértelmezésként hivatkozik a rendszerirányító, és egyéb piaci szereplők által létrehozott szabályzatokra.

² A mérlegkör kiegyenlítőenergia-mennyiségének pontos meghatározása egy adott mérési-elszámolási intervallumra: a mérlegkör teljes fogyasztásának és teljes utasított eltérésének összege, amiből le kell vonni a mérlegkörhöz tartozó erőművek teljes mért termelési értékét és a mérlegkör kereskedelmi szaldóját. A kereskedelmi szaldó a mérlegkörbe beáramló és a mérlegkörből kiáramló energia különbsége; az utasított eltérés pedig az utasított termelésnövelés és fogyasztáscsökkentés összege, amiből le kell vonni az utasított termelésnövelést és fogyasztáscsökkentést.

A vizsgált előjel-konvenció második eleme a rendszerállapot, amely a Kereskedelmi Szabályzat definíciója szerint a kiegyenlítő szabályozáshoz igénybevett tercier utasítások, rendszerirányítói menetrend-módosítások, nemzetközi kisegítés, szekunder szabályozás és üzemzavari tartalék előjelhelyes összege, ahol a felszabályozás pozitív, a leszabályozás negatív előjelű. Tekintve, hogy normál üzemállapotban a rendszerirányító minden mérlegkör minden szabályozási igényét maradéktalanul kielégíti, könnyen belátható, hogy a rendszerállapot az ország összes mérlegkörének kiegyenlítőenergia-mennyiségek előjelhelyes összegével egyezik meg. Ezek szerint tehát:

- A *pozitív* rendszerállapot azt jelenti, hogy a fentebb felsorolt szabályozási forrásokat oly módon kellett igénybe venni, hogy a rendszerbe történő betáplálásokat meg kellett növelni, vagyis a *rendszer energiahiányos volt*. A másik értelmezés szerint a pozitív rendszerállapot azt jelenti, hogy az ország mérlegkörei összességében több kiegyenlítő energiát vételeztek, mint amennyit értékesítettek, vagyis az ország villamosenergia-rendszere szabályozási tartalékok nélkül hiányos lett volna.
- A *negatív* rendszerállapot pedig azt jelenti, hogy az erőműveket termeléséből vissza kellett venni, le-irányú szabályozási tartalékot kellett igénybe venni, vagyis a *rendszer többletes volt*. A másik megközelítésben tehát negatív rendszerállapot esetén a mérlegkörök több kiegyenlítő energiát értékesítettek, mint amennyit vételeztek, tehát az országban szabályozás nélkül energiatöbblet lett volna tapasztalható.

A kiegyenlítőenergia-mennyiség és a rendszerállapot előjeleinek négy kombinációja adja a kiegyenlítő energia egységárképzésének négy alapesetét. Jelöljük KE -vel a kiegyenlítő energia mennyiségét és R -el a rendszerállapotot, és tekintsük ezeket át:

	$KE > 0$	$KE < 0$
$R > 0$	A mérlegkör energiahiányos rendszerből vásárol kiegyenlítő energiát.	A mérlegkör energiahiányos rendszerbe ad el kiegyenlítő energiát.
$R < 0$	A mérlegkör energiatöbbletes rendszerből vásárol kiegyenlítő energiát.	A mérlegkör energiatöbbletes rendszerbe ad el kiegyenlítő energiát.

1. táblázat: A kiegyenlítőenergia-mennyiség és rendszerállapot előjel-konvenciója.

Látható a táblázatból, hogy a rendszer stabilitásának szempontjából az azonos előjelű rendszerállapot és kiegyenlítőenergia-mennyiség rossznak, az eltérő előjelű pedig jónak mondható.

Az egységár-számítás későbbiekben tárgyalt rendszerének értelmében pedig a kiegyenlítést, mint szolgáltatást a rendszerirányító nyújtja a mérlegkörnek, tehát:

- A *pozitív* egységár a mérlegkör által a *rendszerirányítónak* fizetendő.
- A *negatív* egységár a rendszerirányító által a *mérlegkörnek* fizetendő.

A kiegyenlítő szabályozás díja pedig a kiegyenlítő energia mennyiségének és egységárának szorzata. Jelöljük P -vel az egységárat és tekintsük át, hogy itt az egyes előjelek milyen irányú pénzmozgást jelentenek:

	$KE > 0$	$KE < 0$
$P > 0$	A mérlegkör kiegyenlítő energiát vásárol és az egységár pozitív: a mérlegkör fizet.	A mérlegkör kiegyenlítő energiát ad el, az egységár pozitív: a rendszerirányító fizet.
$P < 0$	A mérlegkör kiegyenlítő energiát vásárol, az egységár negatív: a rendszerirányító fizet.	A mérlegkör kiegyenlítő energiát ad el, az egységár negatív: a mérlegkör fizet.

2. táblázat: A kiegyenlítőenergia-mennyiség és egységár előjel-konvenciója.

Megjegyezzük, hogy ugyan az árképzési rendszer fel van készítve negatív egységárak kezelésére, de a gyakorlatban, mint ahogy ezt később látjuk is, az árak a negyedórás időszakok döntő többségében pozitív előjelűek.

2.1.2 A hiányos mérlegkör

A hiányos mérlegkör kiegyenlítő energiát vásárol a rendszerirányítótól; az aktuális rendszerállapottól függően ezt történhet többletes vagy hiányos rendszerből. Ha a rendszer maga is hiányos volt, tehát felszabályozást kellett végezni, akkor annak költsége megjelenik az egységárképzésben – és így a rendszerirányító a mérlegkörrel történő havi végi kiegyenlítő-elszámolásában. Ha a rendszer maga többletes volt, akkor az ár alapja a villamosenergia-tőzsde aktuális ára lesz.

2.1.2.1 Nem negatív rendszerállapot

Nem negatív rendszerállapot tehát azt jelenti, hogy a rendszer hiányos. Figyelembe véve, hogy azt az esetet tekintjük, amikor a mérlegkör maga is hiányos, kijelenthetjük, hogy a rendszer stabilitásának szempontjából ez az egyik legrosszabb állapot. Ennek megfelelően a rendszerirányító ebben a helyzetben adja legdrágábban a kiegyenlítő energiát a mérlegköröknek. Ilyenkor annak egységára

$$P_{fel} = (1 + b) \max \{ \overline{p_{fel}}; p_x \},$$

ahol a büntető tényező értéke $b = 0,12$, $\overline{p_{fel}}$ a felszabályozási alapegységár, vagyis a rendszerállapot meghatározásakor felsorolt fel-irányú tételek mennyiséggel súlyozott átlagára, p_x pedig az energiatőzsde aktuális órás záróára.

2.1.2.2 Negatív rendszerállapot

Ez már a rendszer szempontjából egy jobb esetnek tekinthető, hiszen a mérlegkörnek többlet-igénye van, de mivel az egész rendszerben energiátöbblet van, ez az igény könnyedén kielégíthető. Ilyen esetben tehát nincsen felszabályozási egységár; tehát a tőzsdei ár az, ami alapján meghatározhatóvá válik a kiegyenlítő energia egységára.

Pozitív óras záróár

Pozitív óras ár esetén a kiegyenlítő energia felszabályozási egységára

$$P_{fel} = (1+b)p_x,$$

vagyis ilyenkor az aktuális piaci ár 12%-kal megemelt értéke fizetendő a rendszerirányítónak.

Nem pozitív óras záróár

Negatív óras ár esetén a kiegyenlítő energia felszabályozási egységára

$$P_{fel} = (1-b)p_x,$$

vagyis a rendszerirányító csak az aktuális piaci ár 12%-kal csökkentett értékét fizeti meg a mérlegkörnek.

2.1.3 A többletes mérlegkör

A többletes mérlegkör kiegyenlítő energiát értékesít. Az ár meghatározása ugyanolyan elven történik, mint a hiányos mérlegkör esetében.

2.1.3.1 Pozitív rendszerállapot

Ez az eset hasonlóan „kevésbé rossz” a villamosenergia-rendszer szempontjából, mint amikor mérlegkör hiányos, és a rendszer negatív állapotban van. Itt a mérlegkör energiátöbbletet termel, amit a villamosenergia-rendszer probléma nélkül fel tud venni, hiszen az éppen hiányos. Természetesen ebben az esetben is vizsgálendő a piaci ár előjele.

Pozitív óras záróár

Pozitív óras ár esetén a kiegyenlítő energia leszabályozási egységára

$$P_e = -p_x(1-b),$$

vagyis ilyenkor a rendszerirányító az aktuális piaci ár 12%-kal csökkentett értékét fizeti a mérlegkörnek.

Nem pozitív órási záróár

Nem pozitív órási ár esetén a kiegyenlítő energia leszállítási egységára

$$P_{le} = -p_x (1 + b),$$

vagyis ilyenkor az aktuális piaci ár 12%-kal megemelt értéke fizetendő a rendszerirányítónak.

2.1.3.2 Nem pozitív rendszerállapot és negatív leszállítási alapegységár

A nem pozitív rendszerállapot a másik legrosszabb kombináció a rendszer szempontjából (amellett, amikor a hiányos mérlegkör van a pozitív rendszerben). Ebben az esetben egy új döntési szint jelenik meg az árképzési rendszerben, és ezen a szinten történik meg a leszállítási alapegységár előjelének vizsgálata. Ezen egységár értéke a szabályozási piacon a rendszerirányító és az energiatermelők között fennálló szerződések szerint alakul és előjelez esetek többségében negatív lesz, hiszen leszállításkor legtöbbször az erőművek visszafizetnek a rendszerirányítónak, mert teljes lekötött kapacitásuk nem került kihasználásra.

Pozitív órási záróár

Pozitív órási ár esetén a kiegyenlítő energia leszállítási egységára

$$P_{le} = (1 - b) \max \{ \overline{p_{le}}; -p_x \},$$

ahol $\overline{p_{le}}$ a leszállítási egységára, vagyis a rendszerállapot meghatározásakor felsorolt le-irányú tételek mennyiséggel súlyozott átlagára. Vagyis ilyen esetben a rendszerirányító az aktuális piaci ár mínusz egyszerese és a leszállítási egységár közül a nagyobbik (mivel mindkettő negatív, ezért abszolút értékben a kisebbik) 12%-kal csökkentett értékét fizeti a mérlegkörnek.

Nem pozitív órási záróár

Nem pozitív órási ár esetén a kiegyenlítő energia leszállítási egységára

$$P_{le} = (1 + b) \max \{ \overline{p_{le}}; -p_x \}.$$

Vegyük észre, hogy ezen a ponton a Kereskedelmi Szabályzat fenti definíciója redundáns. Abból indultunk ki, hogy a leszállítási alapegységár ($\overline{p_{le}}$) negatív, az órási záróár (p_x) pedig nem pozitív értékű. Ez utóbbi mínusz egyszerese egy nem negatív szám, vagyis a maximum-képzés elvégzése után szükségképpen a piaci ár lesz a nagyobb. Számításának képlete a szükségtelen maximum-képzést elhagyva

$$P_{le} = -p_x (1 + b),$$

ami megegyezik a pozitív rendszerállapot és nem pozitív órák záróár esetén érvényessel. Ilyenkor tehát az aktuális piaci ár 12%-kal megemelt értéke fizetendő a rendszerirányítónak.

2.1.3.3 Nem pozitív rendszerállapot és nem negatív leszályozási alapegységár

Ennek az esetnek a bekövetkezését ritkábban várjuk, hiszen itt a leszályozási egységár nem negatív, vagyis tulajdonképpen a mérlegkör fizet a rendszerirányítónak, hogy átadhassa a többlet kiegyenlítő energiáját. Ebben az esetben a kiegyenlítő energia leszályozási egységára

$$P_{le} = (1 + b) \max \{ \overline{p_{le}}; -p_x \}.$$

Vegyük észre, hogy a képlet ugyanaz, mint a nem pozitív rendszerállapot és órák ár mellett negatív leszályozási egységár esetén, azonban itt értelmet nyer a maximum-keresés. Ilyen esetben tehát az aktuális piaci ár mínusz egyszerese és a leszályozási egységár közül a nagyobbik 12%-kal megnövelt értékét fizeti a mérlegkör.

2.2 A kiegyenlítő energia elszámolási díjának meghatározása

A kiegyenlítő energia elszámolási díja elvileg annak egységárának és a mérlegkör kiegyenlítőenergia-mennyiségének a szorzata lenne, azonban az egységárképzésnél alkalmazott büntetési tényezőkön kívül a rendszerirányító egy másik, a menetrendtartást pénzügyileg ösztönző eszközt is alkalmaz: a *menetrendi küszöb* túllépése esetén érvényre jutó *sávtényezőt*.

2.2.1 A menetrendi küszöb

A menetrendi küszöb egy mérlegkör menetrendjének valamekkora hányadának megfelelő energiamennyiség. Amennyiben a mérlegkör kiegyenlítőenergia-igénye ezt a küszöbértéket túllépi, a rendszerirányító az egységárképzésnél bemutatott büntetési tényezőkön kívül további pénzügyi szankciót alkalmaz. A K menetrendi küszöbérték számításának képlete:

$$K = \max \{ m_{term}; m_{fogy} \} \cdot n,$$

ahol m_{term} és m_{fogy} a mérlegkör termelési és fogyasztási menetrendjeinek értékét jelöli, n pedig rögzített paraméter, melynek értéke $n = 0,035$.

2.2.2 A hiányos mérlegkör

A kiegyenlítő energia elszámolási díját (D) a rendszerirányító az alábbi módon állapítja meg hiányos mérlegkörre, amint a rendszerállapot nem negatív – tehát a rendszer maga is hiányos – és a mérlegkör kiegyenlítőenergia-mennyisége (KE) meghaladja a menetrendi küszöbértéket:

$$D = KE \cdot P_{fel} \cdot (1 + s),$$

ahol P_{fel} a felszabályozási egységár és s a sávtényező, melynek értéke $s=0,25$; vagyis ha egy mérlegkör a rendszer stabilitásának szempontjából káros módon, 3,5%-nál jobban eltér menetrendjétől, a rendszerirányító további 25%-os árrést alkalmaz.

Amennyiben a rendszerállapot negatív, vagy a mérlegkör kiegyenlítőenergia-mennyisége nem haladja meg a menetrendi küszöbértéket, úgy az elszámolási díj

$$D = KE \cdot P_{fel} .$$

2.2.3 A többletes mérlegkör

A kiegyenlítő energia elszámolási díját a rendszerirányító a többletes mérlegkör esetében is ugyanolyan logika szerint számítja, mint hiányos mérlegkörnél, azonban itt a döntési algoritmus több lépcsőből áll. Amennyiben a rendszerállapot nem pozitív – vagyis a rendszer többletes –, a mérlegkör kiegyenlítőenergia-mennyiségének abszolút értéke magasabb a menetrendi küszöbértéknél – vagyis a mérlegkör 3,5%-nál jobban eltér a menetrendjétől – és a leszabályozási alapegységár nem negatív, vagy a piaci ár nem pozitív, a rendszerirányító az elszámolási díjat az alábbi képlettel számítja:

$$D = |KE| \cdot P_{le} \cdot (1 + s) ,$$

ahol P_{le} a leszabályozási egységár.

Amennyiben a rendszerállapot nem pozitív – vagyis többletes –, a mérlegkör kiegyenlítőenergia-mennyiségének abszolút értéke magasabb a menetrendi küszöbértéknél, a leszabályozási alapegységár negatív és a piaci ár pozitív, az elszámolási díj képlete a következő:

$$D = |KE| \cdot P_{le} \cdot (1 - s) .$$

Bármely egyéb esetben az elszámolási díj képlete pedig a következő:

$$D = |KE| \cdot P_{le} .$$

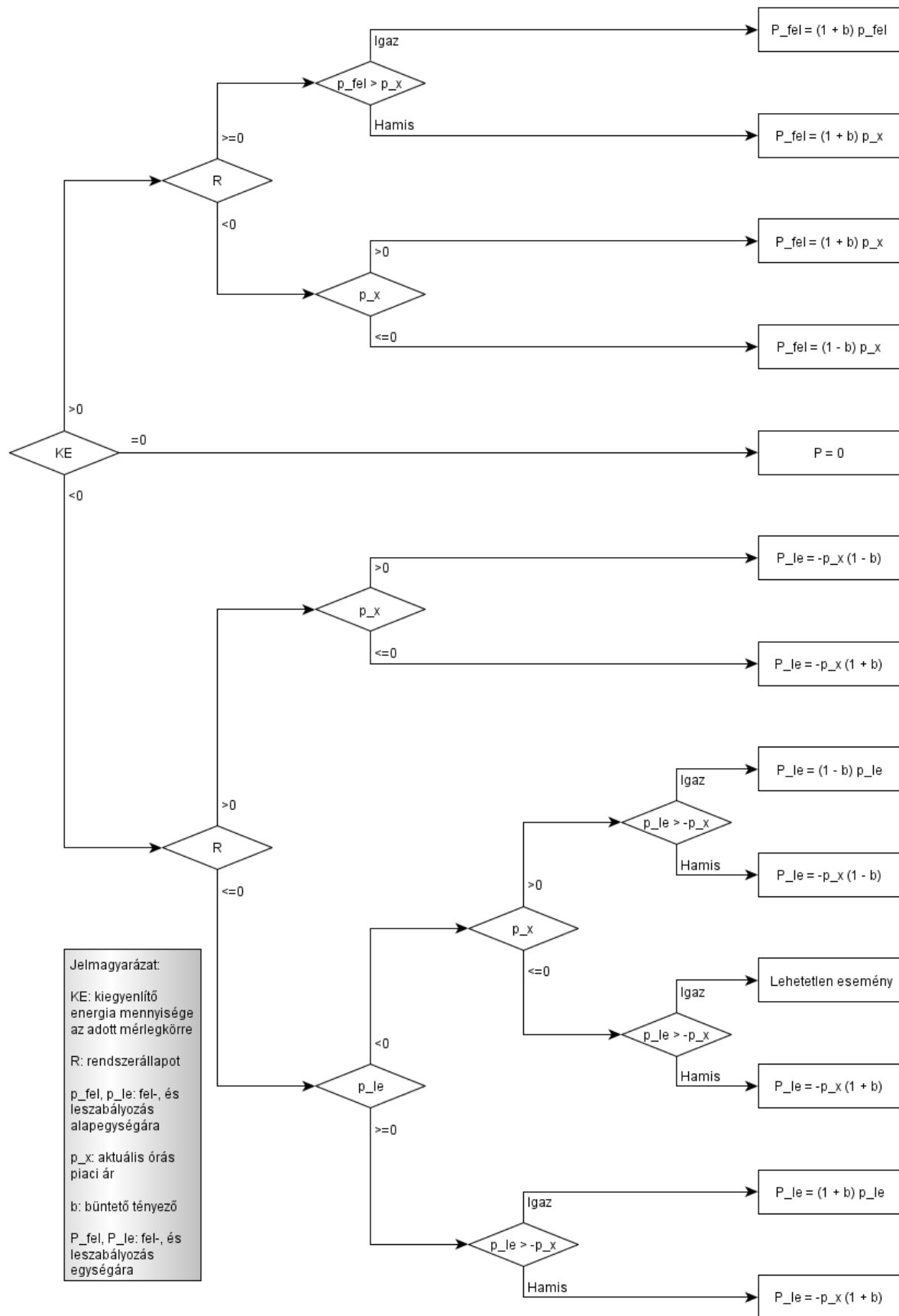
2.3 Az árképzési rendszer áttekintése

Az árképzési rendszer elemeinek áttekintésekor világosan láthatjuk, hogy az teljesen definiált rendszert alkot: a lehetőségek minden szóba jöhető kombinációjára meghatározza a kiegyenlítő energia egységárát.

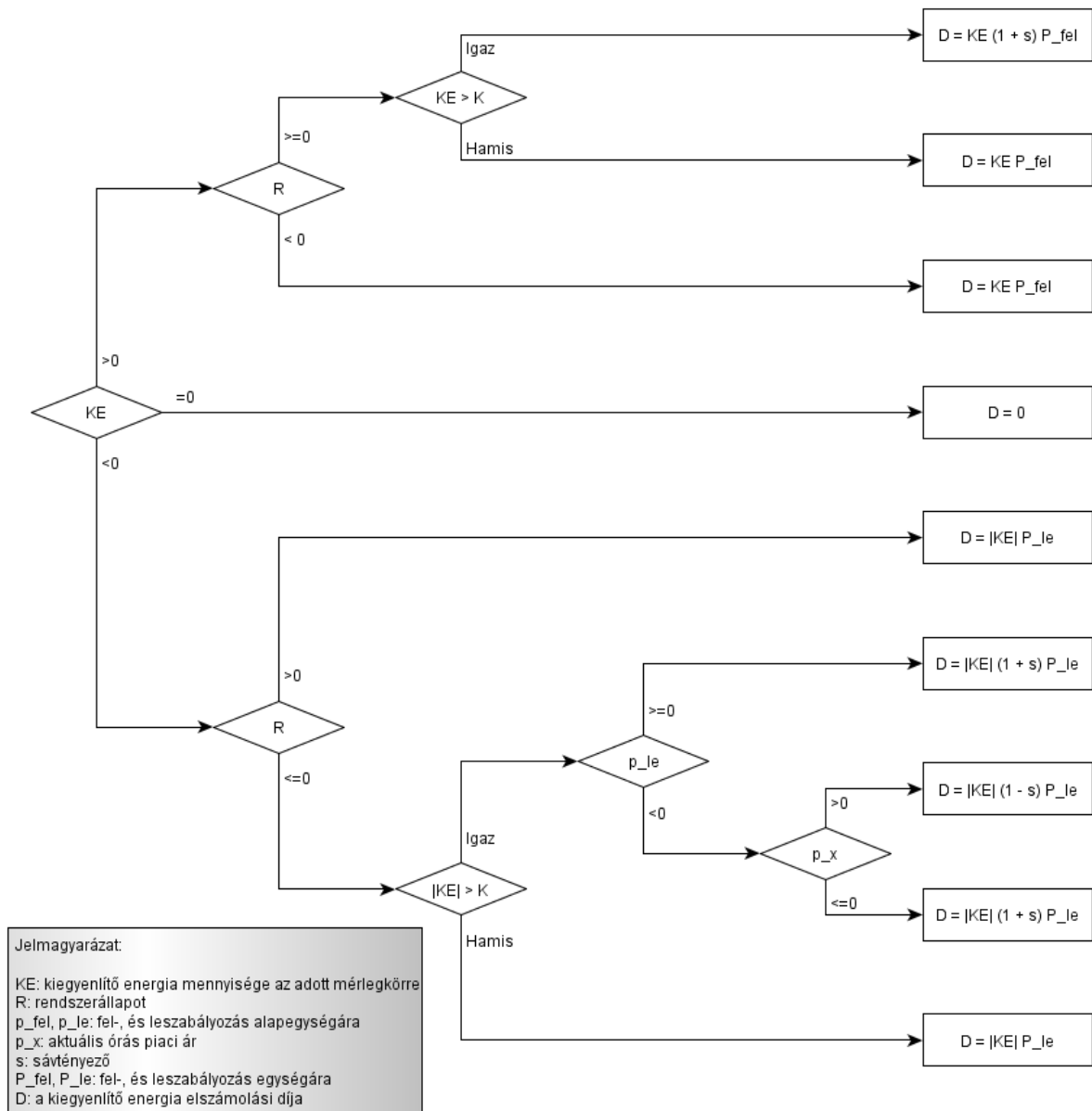
Megfigyelhető továbbá, hogy akármilyen bonyolultnak is látszódjék elsőre ez a rendszer, valójában a legalapvetőbb gazdasági racionalitás, a termék mennyiségének és árának fordított aránya jut érvényre benne, de természetesen megjelenik benne azon esetek kezelése is, amikor a tőzsde

egyedi működéséből adódóan negatív ár keletkezik. Szintén jól követhető az a szisztematikusság, amellyel a rendszerirányító a büntető tényezőt alkalmazza: ez – nevéhez híven – minden esetben növeli a mérlegkörök költségét és csökkenti bevételeit. Szintén jól látható, hogy a rendszerirányító a sávtényező alkalmazásával milyen erőteljesen szankcionálja a rendszert instabilizáló mérlegköröket.

A fentebb ismertetett bonyolult árképzési rendszer akkor válik áttekinthetővé, ha az egységárképzés, valamint a sávtényező alkalmazásának döntési algoritmusát gráfon ábrázoljuk.



1. ábra: A fel- és leszabályozási kiegyenlítő energia egységárának meghatározása.



2. ábra: A kiegyenlítő energia elszámolási díjának meghatározása.

2.4 A kötelező átvételi rendszer és árképzése

Nem tartozik szorosan vizsgálatunkhoz, de néhány szó erejéig érdemes megemlékezni a kötelező átvételi rendszerről. Ezt 2007-ben hozták létre azzal a céllal, hogy ösztönözzék az alternatív forrásokból nyerhető energia hasznosítását. Egy olyan *véde*t piacot hoztak létre, amelyben a termelők sem egymással, sem pedig a hagyományos erőművekkel nem állnak versenyhelyzetben, mivel a rendszerirányító az általuk termelt villamos energiát *garantáltan* átveszi. A gyakorlatban ez egy speciális mérlegkör létrehozását jelentette, amelyhez azok a termelők csatlakozhatnak, akik megújuló energiaforrásokból, vagy hulladékból állítanak elő villamos energiát.

Fentiek után érthető, hogy a KÁT-mérlegkör esetében a kiegyenlítő energia egységárának meghatározása is speciális szabályok szerint történik.

A KÁT-mérlegkörben a kiegyenlítő szabályozás díja egyenlő a kiegyenlítő energia mennyisége abszolút értékének és a fel-, vagy leszállás árának szorzatával, vagyis

$$D = \begin{cases} KE \cdot \overline{p}_{fel} & \text{ha } KE > 0 \\ |KE| \cdot \overline{p}_{le} & \text{ha } KE < 0 \\ 0 & \text{ha } KE = 0 \end{cases}$$

Érdemes megjegyezni, hogy a KÁT-mérlegkör felelőse maga a rendszerirányító, vagyis a fenti kiegyenlítőenergia-díj a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt. belső elszámolásában jelenik meg. A mérlegkörön belüli elszámolást a megújuló energiaforrásból vagy hulladékból nyert energiával termelt villamos energia, valamint a kapcsolatosan termelt villamos energia kötelező átvételéről és átvételi áráról szóló 389/2007. (XII. 23.) Kormányrendelet szabályozza, amely az energiaforrás típusának és az erőmű beépített teljesítményének függvényében a menetrendtől való eltérés körül sávokat biztosít, amelyekben belül a szabályozási pótdíjat a rendszerirányító nem alkalmazza.

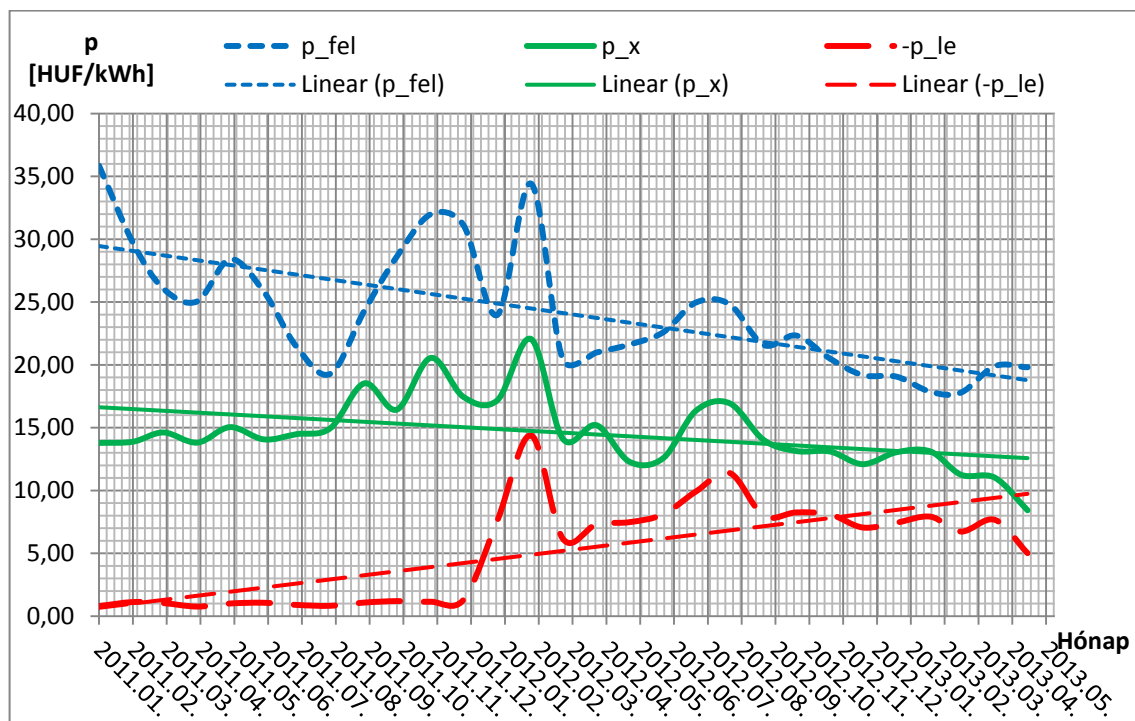
Világos, hogy ezt az árképzési rendszert a hagyományos mérlegkörökben nem volna célszerű bevezetni, hiszen a termelőket hamar leszoktatná a tudatos, gondos és előrelátó menetrend-tervezésről. Ez azt eredményezné, hogy a rendszerirányítónak jóval több kiegyenlítő energiát kellene kiszabályoznia, ami sem gazdaságilag, sem műszakilag nem volna optimális.

3 A kiegyenlítő energia ára

Ebben a fejezetben áttekintést adunk arról, hogy a kiegyenlítő energia imént ismertett árképzési rendszerében szereplő $\overline{p_{fel}}$, $\overline{p_{le}}$ és p_x adatok milyen módon alakultak az elmúlt évek folyamán: mik a jellemző értékeik, milyen intervallumra esnek és milyen tendenciákat követnek az idő előrehaladtával.

A fel-, és leszabályozási alapegységárat a rendszerirányító honlapján közzéteszi negyedórás bontásban, HUF/kWh egységben. A piaci árakat a HUPX Magyar Villamosenergia-tőzsde publikálja órás bontásban, EUR/MWh egységben. A koherens, HUF és kWh egységrendszer megteremtéséhez szükséges tehát a mindenkori HUF/EUR árfolyam ismerete, amelyet a Magyar Nemzeti Bank publikál banki napi bontásban.

A piaci ár HUF/kWh egységbe történő átszámítását követően tekintsük át, hogy miképpen alakult ez a három egységár a 2011. január 1., 0:00 és 2013. május 31., 24:00 közötti időszakban. Ekkor e három egységár az alábbi havi átlagokat mutatta. A jobb összehasonlíthatóság érdekében a leszabályozási alapegységár mínusz egyszerese van ábrázolva; valamint mindhárom ár lineáris trendje is látható az ábrán.



3. ábra: Az árak változása 2011 és 2013. 05. között.

Az ábrából sok érdekes következtetés vonható le. A grafikon talán legszembeűnőbb jellegzetessége, hogy a leszabályozási alapegységár 2011 novemberéig közel zérus értékű és csak

ezek után kezd együtt mozogni a másik két görbével. Ennek oka, hogy a cseh-szlovák-magyar piacösszekapcsolás előkészítésének részeként ebben az időben alakította ki a rendszerirányító a kiegyenlítő energia elszámolásának ma ismert és alkalmazott rendszerét. Azelőtt az árképzési algoritmus nem volt felkészítve negatív piaci árak kezelésére, valamint a negatív kiegyenlítő energiáért a rendszerirányító nem fizetett a mérlegköröknek.

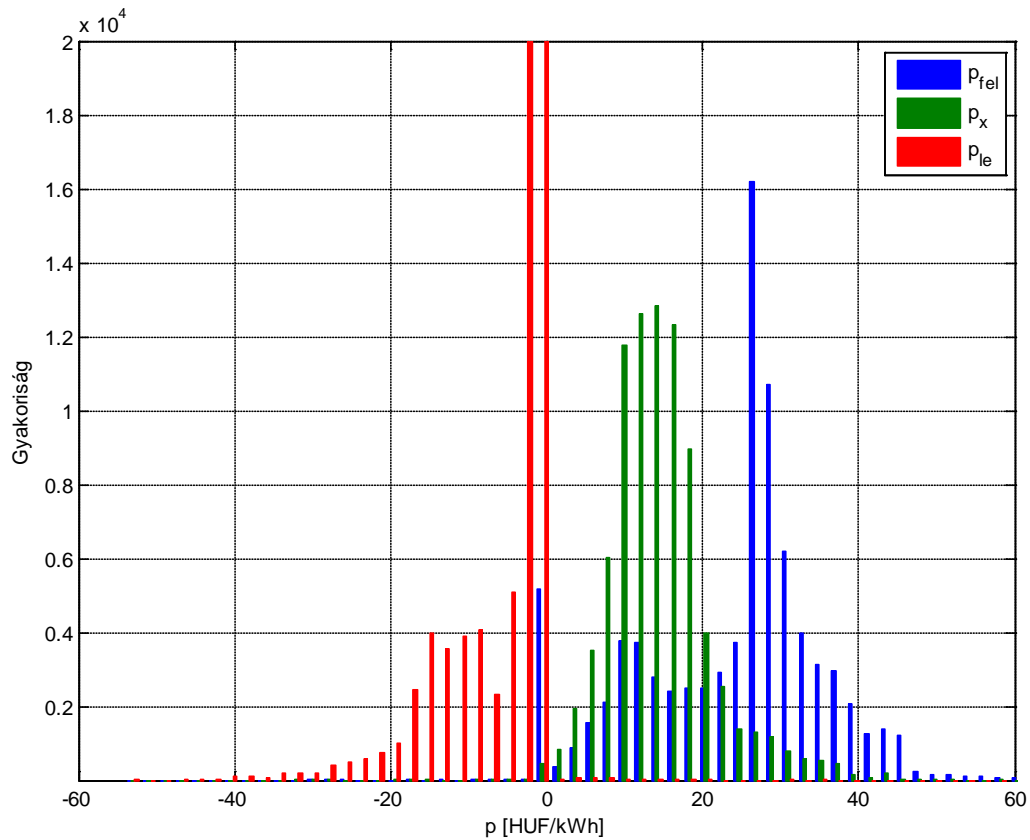
2011 novembere után viszont kialakult az a rendszer, amit ma is alkalmaznak. Jól látható, hogy a fel-, és leszabályozási egységár a piaci árra közel szimmetrikusan helyezkednek el, hogy az árak nagyjából együtt mozognak, valamint, hogy mind az árak, mind pedig azok egymáshoz képesti különbsége az egész időintervallumot tekintve csökkenő tendenciát mutatnak.

További következtetések vonhatók le az árak egyszerű statisztikai adataiból.

		<i>Átlag</i>	<i>Szórás</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
p_{fel} $\left[\frac{\text{HUF}}{\text{kWh}} \right]$	2011	27,29	12,20	0,00	61,35
	2012	23,07	10,91	-29,97	155,92
	2013	18,09	9,51	-8,06	83,71
	<i>Teljes</i>	24,10	11,65	-29,97	155,92
p_x $\left[\frac{\text{HUF}}{\text{kWh}} \right]$	2011	15,63	5,89	0,00	42,87
	2012	14,89	7,56	-32,58	58,76
	2013	11,35	5,05	-8,77	43,87
	<i>Teljes</i>	14,59	6,66	-32,58	58,76
p_{le} $\left[\frac{\text{HUF}}{\text{kWh}} \right]$	2011	-1,03	0,82	-3,00	10,80
	2012	-8,63	8,49	-54,06	35,18
	2013	-6,94	5,18	-40,36	14,58
	<i>Teljes</i>	-5,19	6,88	-54,06	35,18

3. táblázat: A kiegyenlítőenergia-egységárak és a villamosenergia-piaci árak alakulása.

Az előbb levont következtetéseken túl a táblázatból látható, hogy az egységárak nagyon széles tartományon szórnak: a minimum-, és maximumértékek különbsége minden esetben nagyon nagy, az árak szórása mindig egy nagyságrendbe esik a várható értékükkel. Ábrázoljuk az árak hisztogramjait, hogy képet kapjunk eloszlásaikról.



4. ábra: A kiegyenlítőenergia-piaci árak sűrűségfüggvényei.

A sűrűségfüggvényből látható, hogy bár az árak eloszlása távol áll a haranggörbétől (leginkább még a piaci ár követ normáleloszlást, legkevésbé pedig a leszabályozási alapegységár), az egyes mennyiségek átlagai legalább is közel vannak az adott ár leggyakoribb értékéhez, vagyis az eloszlás széleire eső elemek hatása összességében nem mondható jelentősnek.

4 Az árképzési rendszer vizsgálata és működése a gyakorlatban

A korábbiakban bemutatottak alapján látható, hogy a Kereskedelmi Szabályzat által definiált árképzési rendszer milyen pontos, részletes és szisztematikus. Érthető, hogy erre a precizításra valóban szükség van az árpolitika központi jelentősége miatt.

Felmerül azonban a kérdés, hogy mindez hogyan működik a gyakorlatban. Az árképzés döntési algoritmusának kimenetelei közül melyik hány esetben jut érvényre? A gyakorlati vizsgálatok és az áttekinthetőség érdekében egyszerűsíthetjük-e a döntési fát úgy, hogy az eredmények közel változatlanok maradjanak? Az alábbi fejezetben ezekre a kérdésekre keressük a választ.

4.1 Az vizsgálat bemutatása

A rendszer tulajdonságainak vizsgálatára tekintünk egy esettanulmányt, amelyben azt vizsgáljuk, hogy a korábban vázolt elszámolóár-képzési algoritmus kimenetelei közül melyik hány alkalommal vált a döntési folyamat végeredményévé a 2011. január 1., 0:00 és 2013. május 31., 24:00 közötti intervallumban. A vizsgálathoz szükséges adatok az előző szakaszban leírt három hivatalos és publikus forrásból származnak.

A fenti adatokat egy Excel-táblába rendeztem úgy, hogy annak minden sora a vizsgált időszak egy negyedórás intervallumára vonatkozzék, oszlopaiban pedig fenti listákból származó adatok legyenek feltüntetve koherens (kWh és HUF) egységrendszerben. Az így keletkezett táblában pedig, az árképzési algoritmus feltételvizsgálatait elvégezve a kérdéses időszak minden negyedórájára meg tudtam határozni, hogy fel-, és leszabályozás esetén mely döntési kimenetel valósult meg.

4.2 Eredmények

Az esettanulmány eredményei az árak jellemző értékeinek ismerete nélkül meglepőek lehetnek – arra lehetne ugyanis számítani, hogy a megvalósult döntések az egységárképzési algoritmus különböző kimenetelei között nagyjából egyenletesen oszlanak el, és talán egy-két eset van, amelyik az átlagosnál észrevehetően kevesebbszer vagy többször jut érvényre. Ehhez képest az adatok azt mutatják, hogy az összes, 84668 döntési esemény túlnyomó többségének esetében összesen két tényező befolyásolja a végső döntést, ez pedig a rendszerállapot és a kiegyenlítőenergia-mennyiség előjele.

Az árak alakulásának ismeretében azonban rájöhethetünk, hogy ez egyáltalán nem meglepő: az adott mérlegkör kiegyenlítőenergia-mennyiségének és a rendszerállapot előjelén kívül az egységárképzési algoritmus többi döntési szintjén a fel-, és leszabályozási alapegységár, valamint a piaci ár előjele, valamint egymáshoz való viszonya van kiértékelve. Ezen egységárak értékei pedig,

mint várhatjuk, illetve mint az előző fejezetben láthattuk, a gazdasági racionalitás elvei szerint alakulnak: normális, hétköznapi üzemi és piaci körülmények között

- a villamos energia, mint termék piaci ára pozitív előjelű lesz, vagyis az előjel-konvenciónk értelmében az energiát elfogyasztó szereplő fizet az azt megtermelőnek,
- a leszállítási alapegységár negatív előjelű lesz, hiszen ilyenkor a mérlegkör szolgáltat energiát a rendszernek, valamint, hogy
- a felszállítási alapegységár pozitív előjelű, és nagyobb abszolút értékű lesz, mint a piaci ár.

Az alábbi tábla mutatja a döntési algoritmus különböző kimeneteleinek előfordulási valószínűségeit, kiemelve a négy leggyakoribb esetet.

	Algoritmus kimenetele	Számosság [db]	Résarány [%]	Megjegyzés
Hiányos mérlegkör	$R \geq 0 \rightarrow \overline{p_{fel}} > p_x$	46894	55,38	
	$R \geq 0 \rightarrow \overline{p_{fel}} \leq p_x$	802	0,95	
	$R < 0 \rightarrow p_x > 0$	36810	43,47	
	$R < 0 \rightarrow p_x \leq 0$	162	0,19	
Többletes mérlegkör	$R > 0 \rightarrow p_x > 0$	47665	56,29	
	$R > 0 \rightarrow p_x \leq 0$	30	0,04	
	$R \leq 0 \rightarrow \overline{p_{le}} < 0 \rightarrow p_x > 0 \rightarrow \overline{p_{le}} > -p_x$	36404	42,99	
	$R \leq 0 \rightarrow \overline{p_{le}} < 0 \rightarrow p_x > 0 \rightarrow \overline{p_{le}} \leq -p_x$	67	0,08	
	$R \leq 0 \rightarrow \overline{p_{le}} < 0 \rightarrow p_x \leq 0 \rightarrow \overline{p_{le}} > -p_x$	0	0,00	Lehetetlen
	$R \leq 0 \rightarrow \overline{p_{le}} < 0 \rightarrow p_x \leq 0 \rightarrow \overline{p_{le}} \leq -p_x$	3	0,00	
	$R \leq 0 \rightarrow \overline{p_{le}} \geq 0 \rightarrow \overline{p_{le}} > -p_x$	489	0,58	
	$R \leq 0 \rightarrow \overline{p_{le}} \geq 0 \rightarrow \overline{p_{le}} \leq -p_x$	10	0,01	

4. táblázat: Az esettanulmány eredményei.

Látható, hogy a két-két kiemelt eset milyen erőteljesen domináns a továbbiak felett: hiányos mérlegkör esetén a döntési események 98,85%-a, többletes mérlegkör esetén 99,28%-a végződik valamelyikben.

Érdekes megfigyelni, hogy a kis gyakoriságú esetek mikor következtek be a vizsgált időszakban. Nyilvánvalóan az összes ilyen negyedóra felsorolására nincs mód, de az adatbázist ezekre az esetekre szűrve bizonyos mintázatok megfigyelhetők ezen esetek időbeli eloszlásában. Foglaljuk össze tehát, hogy a vizsgált időszakban jellemzően mikor és miért következtek be a kis gyakoriságú esetek.

<i>Időszak</i>	<i>Negyedórák</i>	<i>Közvetlen ok</i>
2011 tavaszi napok	hajnal és késő este	$p_x > \overline{p_{fel}}$
2011 nyári és őszi napok	hajnal, késő délután és késő este	$p_x > \overline{p_{fel}}$
2011 december vége – 2012 január eleje	délután és kora este	$p_x > \overline{p_{fel}}$
2012 nyári és őszi napok	hajnal, dél körül és késő este	$p_x > \overline{p_{fel}}$
2012 Karácsony és Szilveszter	éjszaka és kora reggel	$p_x < 0; \overline{p_{fel}} < 0; \overline{p_{le}} > 0$
2013 március 11., 24.	hajnal	$p_x \leq 0; \overline{p_{fel}} \leq 0; \overline{p_{le}} \geq 0$

5. táblázat: A kis gyakoriságú esetek előfordulásának időszakai és közvetlen okai.

A táblázatból egyértelműen látszik, hogy ezen esetek előfordulása jellemzően két közvetlen okra vezethető vissza: a gyakoribb, hogy a felszabályozási alapegységár a piaci árnál olcsóbbá vált, a ritkább pedig, hogy a piac árak „felborultak”, vagyis mindhárom egységár a jellemzővel ellentétes előjelet vett fel.

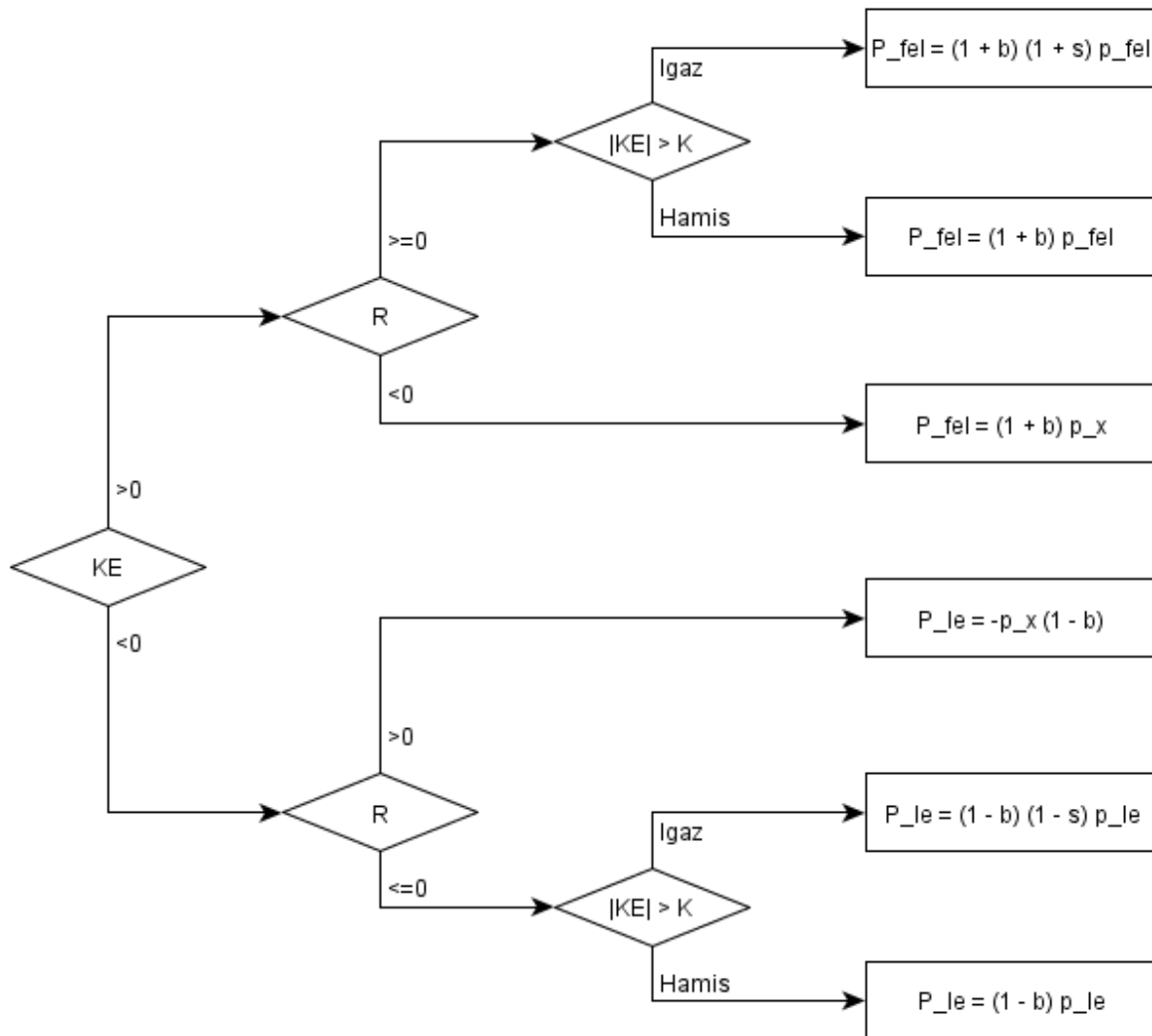
Érdemes megjegyezni, hogy amikor $p_x > \overline{p_{fel}}$ következett be, akkor valójában a piaci ár vált drágává: az mozdult el átlagos értékétől felfelé, majd haladta meg a felszabályozás árát, amely az átlagos értéke körül maradt. Megfigyelhető, hogy ezekben a negyedórákban a rendszerállapot az átlagosnál jóval nagyobb, pozitív értéket mutatott. Mivel egy adott napi piaci ár egy nappal korábban alakul ki, feltételezhetjük, hogy a mérlegkörök a magas ár miatt a szükségesnél kevesebbet vásároltak, így hiányosakká váltak és nagy lett a kiegyenlítőenergia-igényük.

A piaci árak felborulása a vizsgált időintervallumon belül négy, jól elkülöníthető, ám rövid időszakban fordult elő: 2012 Karácsonyának napjaiban, 2012-2013 Szilveszterén, 2013. március 11-én és 24-én, mind a négy alkalommal azokban az órákban, amikor a villamosenergia-fogyasztás egyébként is alacsony. Ezekben a periódusokban a rendszerállapot az átlagosnál jóval alacsonyabb, negatív értékű volt, így feltételezhető, hogy ezeket az időszakokat illetően a kereskedők korábban jóval több energia átvételére szerződtek, mint amennyi ekkor tényleg fogyasztóra tudott találni, és ez okozta az árak felborulását.

4.3 Az árképzési rendszer gyakorlati működése

Láthattuk tehát, hogy az egységárképzés bonyolult rendszere a gyakorlatban – gazdasági elvek mentén – egyszerűsödik. Láthattuk, hogy a kis gyakoriságú döntési kimenetelek az esetek alig 1%-ában következnek be, speciális piaci körülmények között. Ezek alapján kijelenthetjük, hogy ezek az

esetek a hétköznapi üzem vizsgálata szempontjából, az áttekinthetőség javítása érdekében elhagyhatóak. Ha ezt megtesszük, és egyesítjük az egységár-, és elszámolásdíj-képzési algoritmusokat reprezentáló gráfokat, az alábbi, egyszerű döntési folyamatot láthatjuk.



5. ábra: A kiegyenlítőenergia-árképzési rendszer gyakorlati működése.

5 A menetrendtartás ösztönzése a kiegyenlítőenergia-piacon

A korábbi fejezetekben bemutattuk a magyar kiegyenlítőenergia-piac szereplőit és szabályait. A Kereskedelmi Szabályzat alapján áttekintettük a kiegyenlítő energia árképzésének algoritmusát, bemutattuk ennek gyakorlati működését és képet adtunk az árak eddigi alakulásáról. Láttuk, hogy a rendszer stabilitásának szempontjából milyen jelentős szerepe van az árképzési politikának és megismertük, hogy milyen eszközöket alkalmaz a rendszerirányító abból a célból, a mérlegköröket menetrendjeik minél pontosabb betartására szorítsa.

Érdekes és hasznos eredményekre juthatunk, ha megvizsgáljuk, hogy ezek az eszközök valóban a mérlegkörök menetrendtartását ösztönzik-e, amely kérdésnek különös aktualitást ad az a tény, hogy 2013. június 1-jétől a rendszerirányító a büntetési-, és sáv tényezőt megemelte – előbbit $b=0,08$ -ról $b=0,12$ -ra, utóbbit pedig $s=0,195$ -ről $s=0,25$ -ra. Ebben a fejezetben arra keressük a választ, hogy milyen hatással volt ez a változtatás a mérlegkörökre.

5.1 A vizsgálat bemutatása

A korábbi fejezetekben ismertetett vizsgálataink kizárólag publikus adatokat használtak fel. Ebben az esetben azonban szükségünk van mérlegkörök menetrendi-, és tényleges fogyasztási adatsoraira is, hogy ezek alapján negyedórás kiegyenlítőenergia-költségeiket kiszámíthassuk. Az energiaszolgáltatók azonban ezen adatsoraikat stratégiai jelentőségű vállalati titokként kezelik, így a vizsgálat elvégzéséhez szimulációt végzünk: mérlegkörmodelleket hozunk létre, amelyekhez véletlenszám-generátorral képezzük a szükséges adatsorokat – természetesen ügyelve arra, hogy a létrehozott modellek a valósághoz minél közelebb állóak legyenek.

Szintén tartsuk szem előtt, hogy a valóságos piaci folyamatok minél jobb megértése érdekében a rendelkezésünkre álló publikus adatokat – tehát a rendszerállapot, a fel-, és leszabályozási alapegységárak, valamint a piaci ár negyedórás értékeit – nem módosíthatjuk: szimulált piaci szereplőinknek ezekhez az adatokhoz kell természetesen alkalmazkodniuk.

Hogy az év közbeni szabályozásváltozások hatásait kiküszöböljük, ehhez a vizsgálatához az előbbiekkal ellentétben csak a 2012. január 1., 0:00 és 2012. december 31., 24:00 közötti piaci adatokat használjuk.

Hozzunk létre tehát MATLAB környezetben 80 db mérlegkörmodellt az alábbi paraméterek szerint:

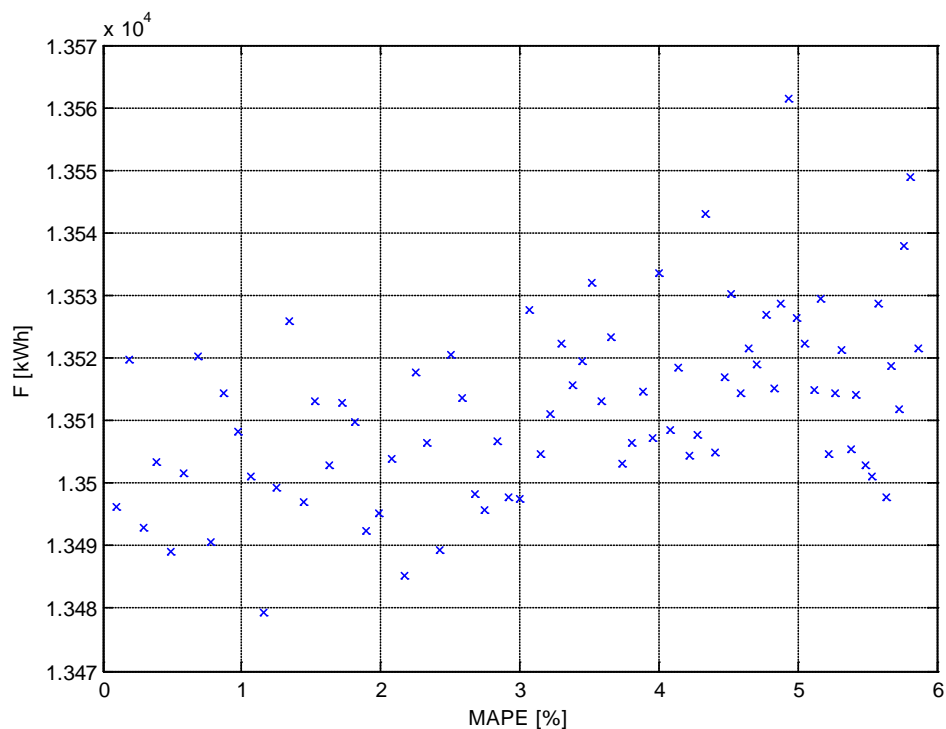
- Menetrendjeik negyedórás értékei essenek egyenletes eloszlással a $[9000;18000]$ kWh intervallumra. Ezáltal modelljeink teljes éves villamosenergia-fogyasztása 37,8 TWh, ami körülbelül egyezik Magyarország éves fogyasztásával.
- Kiegyenlítőenergia-adatsoraik negyedórás értékeit pedig határozzuk meg oly módon, hogy azok minden egyes negyedórában az aktuális rendszerállapot-érték $\pm 3\%$ -ának intervallumába essenek, szem előtt tartva azt a megkötést, hogy a 80 mérlegkörmodellünk negyedóránkénti összes kiegyenlítőenergia-mennyisége mindig az adott negyedóra rendszerállapot-értékével kell, hogy megegyezzen.

Az így előállított adatsorokat rendezzük növekvő sorba aszerint, hogy abszolút értékben mennyire „részesülnek” a rendszerállapotból. Ezáltal az első mérlegkörmodell válik a legpontosabban tervezővé, a későbbiek esetében pedig egyre romlik a pontosság.

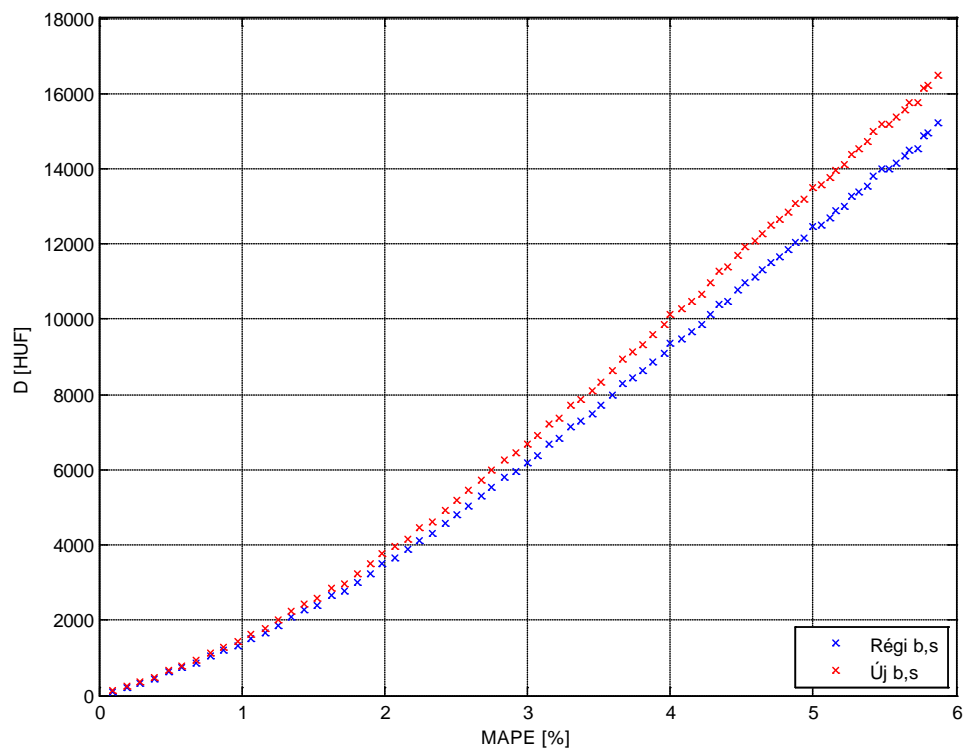
Ki fogjuk számítani, hogy hogyan alakultak a fenti paraméterekkel létrehozott mérlegköreink költségei a 2012-ben érvényes, illetve az újonnan bevezetett b és s paraméterekkel és az eredményeket összehasonlítva fogunk következtetéseket levonni a változtatást illetően.

5.2 A mérlegkörmodellek

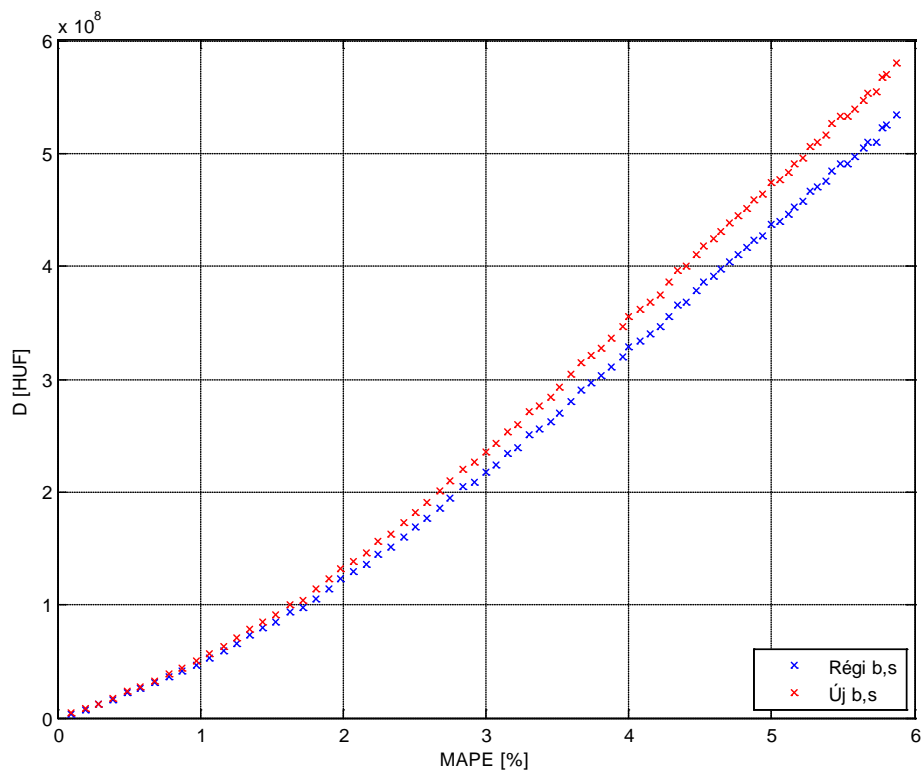
Ábrázoljuk az imént létrehozott mérlegkörmodelljeink jellemző adatait: átlagos negyedórás fogyasztásukat (F) és negyedórás kiegyenlítőenergia-mennyiségüket (KE) a menetrendezési hibájuk ($MAPE$ – Mean Absolute Percentage Error, vagyis átlagos abszolút hibaszázalék) függvényében!



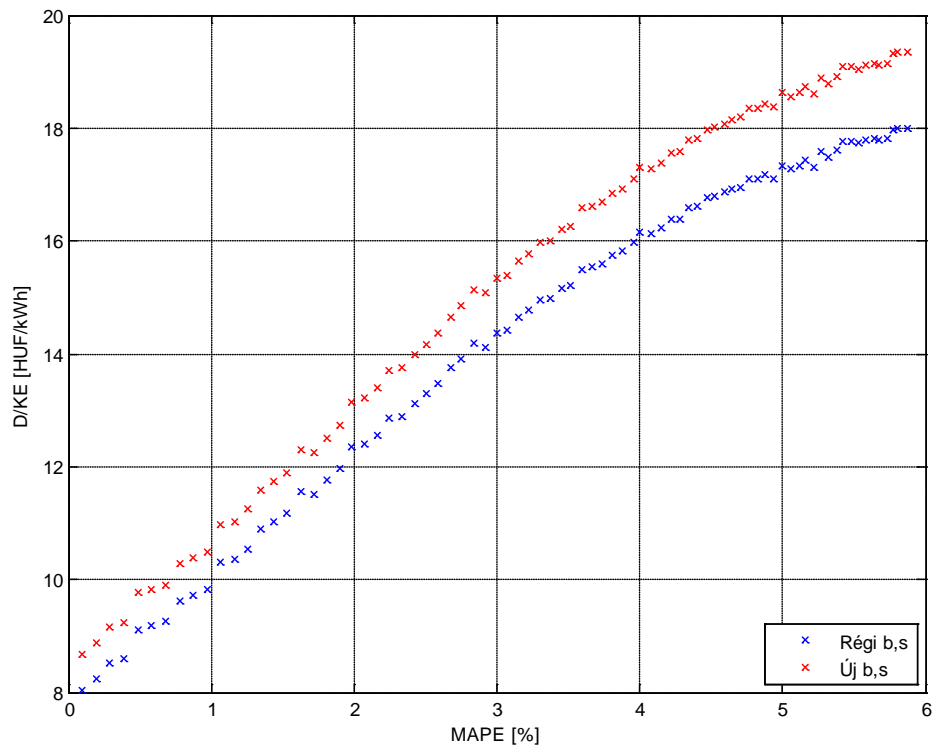
6. ábra: A mérlegkörmodellek átlagos fogyasztása a menetrendezési hibájuk függvényében.



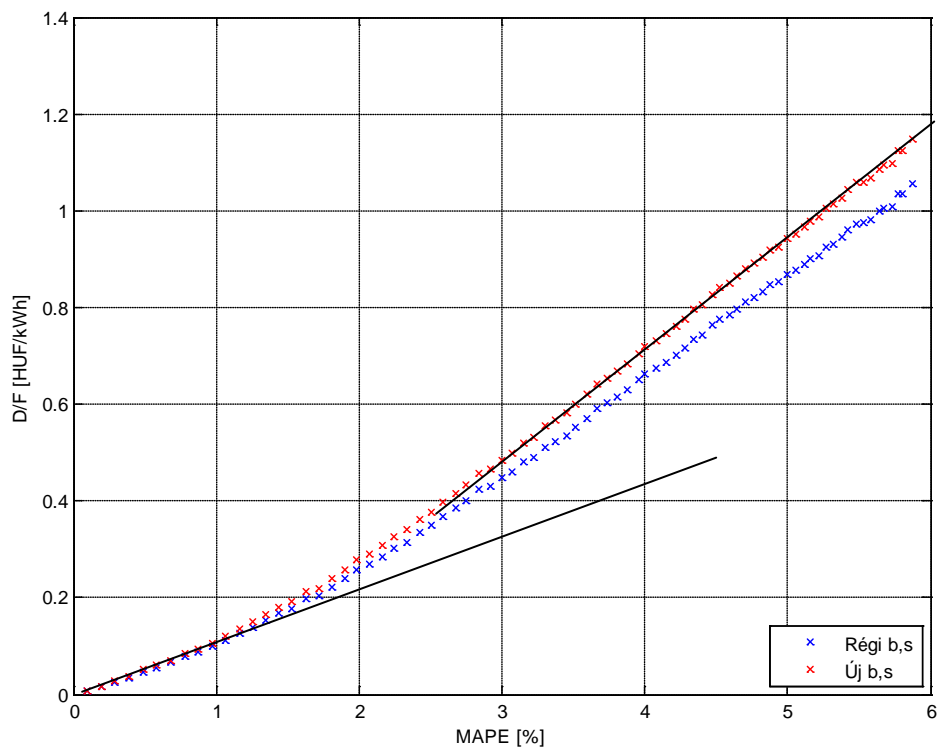
8. ábra: A mérlegkörök negyedóránkénti átlagos kiegyenlítőenergia-díja.



9. ábra: A mérlegkörök éves teljes kiegyenlítőenergia-díja.



10. ábra: A mérlegkörök negyedóránkénti kiegészítőenergia-egységára.



11. ábra: A mérlegkörök negyedóránkénti átlagos fajlagos kiegészítőenergia-egységköltsége.

5.4 Konklúziók

Az ábrákból érdekes következtetéseket vonhatunk le. Elsőként, hogy bár várhatnánk, hogy a sávtényező hatása az ábrán is látszódnia fog egy 3,5%-nál látható lépcső vagy meredekség-változás képében, ilyet mégsem tapasztalunk. Ennek oka valószínűleg az, hogy modellünkben, mint ahogy a valóságban is, a mérlegkörök – ha nem is minden negyedóránként, de gyakran – átlélik a 3,5%-os sáv határát, így az átlagolás elsimítja azt az éles határt, amit a sávtényező alkalmazása okozhatna. Természetesen látható lenne egy éles határ, ha olyan, egymáshoz menetrendezési pontosságukban egyébként közel álló mérlegköröket hasonlítanánk össze, amelyek kiegyenlítőenergia-mennyiségei túlnyomó részt a sávon belül, illetve kívül találhatóak – ez azonban azt feltételeznénk, hogy ezen mérlegkörmodellek menetrendezési pontosságai irreálisan kis szórásúak legyenek.

Ahol mégis tetten érhető ábráinkon a sávtényező hatása, az az 1% és 2% menetrendezési pontosság között látható meredekségváltozás. A nagyon pontosan menetrendező mérlegkörök csak nagyon ritkán lépnek ki a 3,5%-os sávból, így az ő költségeik átlagában nagyon kis súllyal jelenik meg a sávtényező által okozott árrés. Az átlagos pontosság romlásával azonban a mérlegkörök egyre gyakrabban és gyakrabban kilépnek a sávból, így az ő átlagaikban egyre nagyobb és nagyobb súllyal jelenik meg ez a büntetés. A könnyebb áttekinthetőség érdekében ezt a jelenséget a 11. ábrába berajzolt közelítő meredekség-vonalak is szemléltetik.

További konklúzió, hogy a kiegyenlítőenergia-költség negyedóránkénti átlaga jó előrejelzője az éves teljes költségnek, ennek oka valószínűleg a véletlen változók egyenletes eloszlásában keresendő, valamint abban, hogy modellünk nem tartalmaz hálózati üzemzavarokat, hirtelen erőművi termelésekieséseket, és egyéb olyan körülményeket, amelyek a mindennapi életben előfordulnak, de előrejelezhetetlen mivoltuk miatt rövid időre jelentősen tudják növelni az érintett mérlegkörök kiegyenlítőenergia-igényét.

Az átlagos kiegyenlítőenergia-egységár diagramján láthatjuk, hogy a pontosság egységnyi romlása egy ponton túl már nem eredményez ugyanakkora egységár-növekedést, ha még pontatlanabb mérlegköröket is tekintenénk, azt látnánk, hogy a pontok rásimulnak az éves kiegyenlítőenergia-egységárra.

A legfontosabb következtetést azonban az összes diagramon megfigyelhető meredekség-különbségből vonhatjuk le. Ez mutatja ugyanis meg számunkra, hogy a büntető-, és sávtényező megemlése fajlagosan emeli a mérlegkörök költségeit, ami alapján kijelenthetjük, hogy a rendszerirányító ezen intézkedése pénzügyileg valóban jobban ösztönzi a mérlegköröket

menetrendjeik pontosabb megtervezésére, hiszen a pontosság egységnyi romlása nem csak abszolút értékben, hanem egységnyi energiára vonatkozóan is növeli a mérlegkör költségeit.

Érdemes megemlíteni természetesen, hogy a büntetőszorzók nem emelhetők tetszőlegesen, hiszen egy bizonyos pontosságnál jobban a régóta piacon lévő, tehát nagy historikus adatbázissal rendelkező cégek sem fognak tudni menetrendet tervezni; illetve új cégek számára, amik nem rendelkeznek sok visszamenőleges adattal, a magas büntetőszorzók akár a piacra lépés korlátját is jelenthetik, ami hosszú távon torz gazdasági szerkezet kialakulásához vezethet. Az optimális büntetőszorzó-értékek keresése ezen szempontok figyelembevételével azonban már egy másik vizsgálat témája.

6 Záró gondolatok

Vizsgálatunk során megismertük a magyar kiegyenlítőenergia-piac szereplőit, szabályait, árképzési rendszerét az elméletben és a gyakorlatban, valamint szimuláció segítségével vizsgáltuk a villamosenergia-rendszer stabilitásának szempontjából kulcsfontosságú menetrendtartást ösztönző eszközöket és működésüket. A szimuláció eredményeként arra a következtetésre jutottunk, hogy a nemrégiben bekövetkezett szabályozás-változás a menetrendtartás erősebb ösztönzésének irányába hat.

A kiegyenlítőenergia-piac azonban további tanulmányokra tartogat lehetőséget. Megfelelően hosszú idő eltelte után lehet csak valóban értékelni a rendszerirányítói büntetősorzó-növelést. Az intézkedés dátuma kapcsán logikusan adódik egy 2014 januárjában kezdhető vizsgálat, amelyben össze lehetne hasonlítani a 2013. év első és második felének adatait egymással, valamint az előző év azonos időszakaival. Ez a vizsgálat tudná valóban igazolni vagy cáfolni a büntetősorzó-növelés hasznosságát.

F1 Felhasznált források

- [1] A magyar villamosenergia-rendszer Kereskedelmi Szabályzata. Mindenkor érvényes változata megtalálható a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt. honlapján, a <http://www.mavir.hu/web/mavir/kereskedelmi-szabalyzat> címen.
- [2] A Magyar Villamosenergia-ipari Rendszerirányító ZRt. kiegyenlítő energia elszámolási egységárainak táblázatai, amelyek megtalálhatók annak honlapján, a <http://www.mavir.hu/web/mavir/78> címen.
- [3] A Magyar Energia Tőzsde piaci adatai, melyek megtalálhatóak a <http://www.hupx.hu/market/electricity/auction.html> címen.
- [4] A Magyar Nemzeti Bank honlapja, ahol a hivatalos napi devizaárfolyamokat közlik: <http://www.mnb.hu/arfolyam-lekerdezes>

F2 Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. TÁBLÁZAT: A KIEGYENLÍTŐENERGIA-MENNYISÉG ÉS RENDSZERÁLLAPOT ELŐJEL-KONVENCIÓJA.	4
2. TÁBLÁZAT: A KIEGYENLÍTŐENERGIA-MENNYISÉG ÉS EGYSÉGÁR ELŐJEL-KONVENCIÓJA.	5
1. ÁBRA: A FEL-, ÉS LESZABÁLYOZÁSI KIEGYENLÍTŐ ENERGIA EGYSÉGÁRÁNAK MEGHATÁROZÁSA.	11
2. ÁBRA: A KIEGYENLÍTŐ ENERGIA ELSZÁMOLÁSI DÍJÁNAK MEGHATÁROZÁSA.	12
3. ÁBRA: AZ ÁRAK VÁLTOZÁSA 2011 ÉS 2013. 05. KÖZÖTT.	14
3. TÁBLÁZAT: A KIEGYENLÍTŐENERGIA-EGYSÉGÁRAK ÉS A VILLAMOSENERGIA-PIACI ÁRAK ALAKULÁSA.	15
4. ÁBRA: A KIEGYENLÍTŐENERGIA-PIACI ÁRAK SŰRŰSÉGFÜGGVÉNYEI.	16
4. TÁBLÁZAT: AZ ESETTANULMÁNY EREDMÉNYEI.	18
5. TÁBLÁZAT: A KIS GYAKORISÁGÚ ESETEK ELŐFORDULÁSÁNAK IDŐSZAKAI ÉS KÖZVETLEN OKAI.	19
5. ÁBRA: A KIEGYENLÍTŐENERGIA-ÁRKÉPZÉSI RENDSZER GYAKORLATI MŰKÖDÉSE.	20
6. ÁBRA: A MÉRLEGKÖRMODELLEK ÁTLAGOS FOGYASZTÁSA A MENETRENDEZÉSI HIBÁJUK FÜGGVÉNYÉBEN.	22
7. ÁBRA: A MÉRLEGKÖRMODELLEK ÁTLAGOS KIEGYENLÍTŐENERGIA-MENNYISÉGE A MENETRENDEZÉSI HIBÁJUK FÜGGVÉNYÉBEN.	23
8. ÁBRA: A MÉRLEGKÖRÖK NEGYEDÓRÁNKÉNTI ÁTLAGOS KIEGYENLÍTŐENERGIA-DÍJA.	24
9. ÁBRA: A MÉRLEGKÖRÖK ÉVES TELJES KIEGYENLÍTŐENERGIA-DÍJA.	24
10. ÁBRA: A MÉRLEGKÖRÖK NEGYEDÓRÁNKÉNTI KIEGYENLÍTŐENERGIA-EGYSÉGÁRA.	25
11. ÁBRA: A MÉRLEGKÖRÖK NEGYEDÓRÁNKÉNTI ÁTLAGOS FAJLAGOS KIEGYENLÍTŐENERGIA-EGYSÉGGKÖLTSÉGE.	25