

Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kar

# A vezérelt áramtól az intelligens mérőrendszerekig

Mayer Martin János

Energetikai mérnök BSc

2012. április 30.

## A villamosenergia-rendszer

A villamos energia a legértékesebb és legtisztább szekunder energiahordozó, mely megjelenése óta folyamatosan növekvő részarányt képvisel a világ energiafelhasználásában. Teljes egészében hővé, és igen jó hatásfokkal mechanikai munkává alakítható, ez rendkívül széles körű felhasználást tesz lehetővé. A gazdasági fejlődés húzóágazatát jelentő elektronikában és informatikában a villamosság nélkülözhetetlen és kiválthatatlan jelhordozó és energiaforrás. A villamos energia részaránya a teljes energiafelhasználáson belül egyes országok fejlettségi mutatójaként is használható.

Számos előnye mellett létezik egy egyedülálló hátránya is: más energiahordozókkal szemben közvetlenül jóformán egyáltalán nem tárolható. Ennek következménye, hogy egy villamosenergia-rendszeren belül a megtermelt és felhasznált hatásos illetve meddő teljesítmény közt minden pillanatban egyenlőség áll fent. A felhasználás növekedése a hálózati frekvencia csökkenésének formájában jelentkezik, míg a csökkenő felhasználás a frekvencia növekedését okozza. A rendszer szabályozásának feladata tehát a termelés-fogyasztás egyensúlyának meghatározott, névleges feszültség szinten történő megvalósítása. A fogyasztók energia-felvétele adja a rendszerterhelést, melyet az erőművek termelésének és az importnak követnie kell. A Magyarországra érvényes nemzetközi szabályozás értelmében az import értékét előzetes tervek szerint alakítják, és bár üzemzavar esetén támaszkodhat külföldi segítségre, ezt a nem tervezett importot legfeljebb 15 percig veheti igénybe [1], tehát a tényleges szabályozás a hazai erőművek segítségével történik. A rendszerterhelés időbeli eloszlását a terhelési diagramok ábrázolják, melyek korábbi adatainak elemzésével előre tervezhetőek a következő napok fogyasztásai. A napi tartamdiagramok jellegzetes részei a magasabb fogyasztást jelentő délelőtti-déli illetve délutáni-esti csúcs, melyeket hosszabb-rövidebb völgyidőszakok választanak el, valamint az éjszakai mélyvölgy, mely a napi legalacsonyabb terhelésű időszak. Ezek pontos elhelyezkedése és nagysága azonban hétköznaponként és hétvégenként valamint évszakonként jelentősen eltér, de jelentős hatást gyakorol rájuk az időjárás is. Az éves terhelési diagram a napi csúcsterhelésekből áll össze, téli és nyári csúcsfogyasztás jellemzi, és jól mutatja a hétvégék és ünnepnapok hatásait. A napi ingadozás átlagosan a csúcsterhelés 25-35%-át jelenti, míg az ezen felüli, tehát napi csúcsok közt számolt éves ingadozás további 10-15% évszakos eltérést jelent [2].

A minden pillanatban szükséges teljesítmény biztosítására három erőműcsoportot különböztethetünk meg. Az alaperőművek olyan magas beruházási költségű jellemzően szén és atomerőművek, melyek jó hatásfokkal, alacsony költséggel képesek a villamos energiát előállítani, ennek következtében – a karbantartásokat leszámítva – az év teljes hosszában a névleges teljesítményük közelében üzemelnek. A menetrendtartó erőművek feladata a napi jelentős, tervezhető ingadozások lefedése, napi szintű fel és leterhelésük, vagy akár leállításuk és elindításuk által. Jellemzően a régi, korszerűtlen, drágábban termelő alaperőművek látják el ezt a feladatot. A harmadik csoportot a csúcserőművek alkotják, melyek kis csúcskihasználási óraszámú, drágán termelő, de gyorsan indítható és felterhelhető, jellemzően gázturbinás blokkok, melyek a napi csúcsterhelés kiszolgálására hivatottak. Az ellátásbiztonság biztosítása megköveteli rendszerben meghatározott mértékű hideg illetve meleg tartalékok tartását is. Szabályozás tekintetében szintén három szintet különíthetünk el: a primer szabályozás a csökkenő frekvencia stabilizálására, a szekunder a frekvencia névleges értékére való visszatérítésére szolgál minél rövidebb idő alatt, míg a tercier szabályozás a legkisebb költségű munkapontot állítja be. Látható, hogy az ingadozó terhelés kiegyenlítése csak drágább erőművek segítségével, leállításokkal és újraindításokkal illetve bizonyos blokkok részterhelésű, gyengébb hatásfokú működtetésével érhető el, melyek mind többlet primer energiafelhasználást és költségeket jelentenek. A 2007. május 21-i üzemzavar, melynek során a villamosenergia-rendszer összeomlása csak a fogyasztói korlátozásokkal volt elkerülhető, hiányosságokat fedett fel az ellátásbiztonság tekintetében is [3].

A szabályozás során fellépő jelentős többletköltségek és üzembiztonság fokozására szolgáló törekvések felvetik, és a növekvő energiaárak gazdaságilag ösztönzik azokat a módszereket, melyek a fogyasztói magatartás befolyásolásával igyekeznek a napi terheléelosztást egy, a termelés által gazdaságosabban és könnyebben lekövethető szintre hozni. Ennek régi, Magyarországon ma is elterjedt módja az éjszakai, vezérelt áram, mely az éjszakai mélyvölgyet hivatott feltölteni, valamint ennek továbbgondolása vezet az intelligens mérőrendszerek világszintű elterjedéséhez.

## A vezérelt (éjszakai) áram

A vezérelt áram alapelve, hogy a fogyasztó vállalja, hogy bizonyos berendezései csak meghatározott időszakokban kapnak áramot, cserébe ahhoz lényegesen olcsóbb áron juthat hozzá. Ennek fontos feltétele, hogy a vezérelt áram csak rögzített bekötésű eszközökhöz vehető igénybe. A fogyasztónak mindebből akkor származik előnye, ha több költséget takarít meg a kedvezményes tarifa miatt, mint amennyit a szakaszos energiaellátásból következő kényelmetlenségek jelentenek számára. Ez határozza meg a szolgáltatás hatáskörébe bevonható berendezések körét: míg a háztartási eszközök többségének nem felel meg az esetleges, szakaszos energiaellátás, bizonyos, főként hőtárolós berendezések esetén mindez nem jelenet komoly kellemetlenséget. Manapság a bojler és hőtárolós kályha táplálására jellemző a vezérelt áram, ám mivel ezek a legnagyobb háztartási fogyasztók, jelentős megtakarítás érhető el velük. A szolgáltatás eredeti, köztudatban máig elterjedtebb neve az éjszakai áram, mivel eleinte csak az éjszakai mélyvölgy idejére biztosítottak ellátást. A jelenleg érvényes szabályozást a 115/2007. GKM rendelet tartalmazza [4]. Ez elkülönít egy téli időszámítás szerint 22-06 óráig terjedő völgyidőszakot és a nap fennmaradó részét tartalmazó csúcsidőszakot. A vezérelt áramot jelentő „B árszabás” keretében a szolgáltató naponta legalább 8 órán át köteles villamos energiát biztosítani, melyből 5-6 óra eshet a völgyidőszakra. A B árszabás díja szolgáltatónként kis mértékben eltér, átlagosan 31 Ft/kWh a normál árszabás 49 Ft/kWh árával szemben, tehát jelentős, mintegy 37%-os kedvezményt tartalmaz [5][6][7]. A szolgáltatók és a rendszerirányítás részéről egyértelmű a szolgáltatás előnye, hiszen a rendszerterhelés ingadozása ez által csökkenthető. A vezérelt áram mérésére egy külön mérőóra szolgál, mely működése szerint egy hagyományos villanyórával egyezik, de tartalmaz egy vezérelhető kapcsolót, mely a szolgáltatás be és kikapcsolására szolgál. A vezérlés Magyarországon jellemzően HKV illetve RKV segítséggel történik.

A hangfrekvenciás központi vezérlés (HKV) olyan vezérlési technológia, amely az elektromos elosztóhálózatot használja fel adattovábbításra. A rendszer előnye, hogy nincs szükség külön adatátviteli út kiépítésére, és az országos hálózaton keresztül egy adóval több százezer fogyasztó vezérelhető. Az adatátvitel impulzusmodulált hangfrekvenciás jelekkel történik, amellyel kisebb fogyasztói csoportok vagy akár egyes fogyasztók külön vezérelhetőek. A módszer hátránya az egyirányú információáramlás, tehát a vezérlés során nem tudhatjuk, hogy a címzettek megkapták-e az üzenetet és teljesítették-e a kapcsolást, így közvetlen hibafelderítésre nincs lehetőség. A villamos hálózatot 50 Hz frekvenciájú váltakozó áram átvitelére tervezték, így az ettől eltérő frekvenciájú jelek terjedése nem ideális. Probléma jelentkezik a kiserőművek telepítésénél is, melyek HKV jelszintre gyakorolt hatását szabályozás korlátozza, ez szükségessé teheti HKV-zárkör beépítését a beruházások során, mely többletköltségeket jelent. A hangfrekvenciás jelek kimeneti frekvenciaszintje 183,3 Hz és 216,7 Hz, az impulzusok adásszintje a névleges hálózati feszültség 1-4%-a [8]. A frekvencia kiválasztásánál fontos szempont, hogy távol helyezkedjen el a névleges frekvencia páratlan számú felharmonikusaitól, melyek a fogyasztói visszahatásai következtében nagyobb mértékben fordulnak elő a hálózaton, valamint minél kisebb frekvencia választása növeli a terjedési távolságot. A mérőórák vezérlésén és tarifaváltáson túl a HKV segítséggel történik

a közvilágítás vezérlése, a polgári védelmi szirénák, díszkivilágítások kapcsolása valamint használható különálló fogyasztói berendezések vezérlésére is [9].

A rádiófrekvenciás központi vezérlést (RKV) a HKV kiváltására és a hátrányok részbeni kiküszöbölésére hozta létre a német EFR GmbH. Az információ továbbítása hosszúhullámú antennával történik, és a HKV-hez hasonlóan csak egyirányú adatforgalmat képes megvalósítani. Előnye egy jóval szélesebb címzési tartomány, mely lehetővé teszi a fogyasztók egyenkénti indexelését, a jelterjedés független a hálózati topológiától és nagy hatótávolság jellemzi, valamint a kiserőművek zavaró hatása sem lép fel. A nagy hatótávolságot jól érzékelteti, hogy jelenleg három antenna sugároz RKV jeleket, kettő Németországban és egy Magyarországon, ezek együttesen Közép-Európa legnagyobb részét lefedik [10]. Magyarországon a lakiteleki adótorony 135,6 kHz frekvenciasávján valósul meg a szolgáltatás [8]. Az RKV lehetséges alkalmazási területe megegyezik a HKV-ével, valamint a szélesebb címzési tartomány és egyenkénti indexelés további lehetőségeket is hordoz, ezeket azonban Magyarországon még nem használják ki.

## Intelligens mérőrendszerek

Láthattuk, hogy a HKV és RKV Magyarországon is elterjedt, hatékonyan működő vezérlési technológiák, közös hátrányuk azonban, hogy egyirányú kommunikációt valósítanak meg, a fogyasztói visszajelzésre nem adnak lehetőséget. A kétoldalú információáramlás megvalósítása a fogyasztás befolyásolásának teljesen új módszereit rejt magában. Lehetőség nyílik arra, hogy a fogyasztó úgy is megtakarítást érhessen el, hogy közben nem mond le a berendezések tetszőleges idejű használatáról. Az intelligens mérés fejlesztése és elterjedése még alig több, mint 10 éves múltra tekint vissza, így máig nem létezik egységes definíció és szabályozás. A technológia gyakorlati elterjesztésében Olaszország játszotta a vezető szerepet, amikor az Enel SpA áramszolgáltató cég 2001-et követően 5 év alatt 32 millió ügyfélének mérőóráját cserélte le intelligens mérőműszerekre [11]. A kezdeti telepítések után azonban egyértelműen megmutatkozott, hogy pusztán a mérőórák cseréje átgondolt, kidolgozott fejlesztési tervek és szabályozás nélkül nem elegendő az intelligens mérés tényleges bevezetéséhez. A következő években a szabályozás tekintetében is megtörtént az áttörés, a Holland Szabványügyi Hivatal megalkotta az intelligens fogyasztásmérés általános szabályait, melyet azóta számos ország átvett. Az alapelveket a készítőkről NTA (Netherlands Technical Agreement) 8130 néven ismertté vált anyag tartalmazza, mely a villamos energián kívül a gáz mérésére szabályokat, a vízre és hőmennyiségre pedig ajánlásokat is tartalmaz. Az intelligens mérőrendszerektől elvárt alapvető képességek a következők [9]:

- A fogyasztási adatok távparanccsal bekérhetőek legyenek.
- Tegye lehetővé az energiatakarékos fogyasztói viselkedés jutalmazását.
- Távparanccsal le tudja kapcsolni a fogyasztásmérőket csoportosan és egyesével is.
- Legyen képes korlátozni a felvehető energia mennyiségét a fogyasztásmérőkön.
- A szolgáltatónak lehetősége legyen differenciált tarifarendszer biztosítására.
- Támogassa az előre fizetett szolgáltatás („feltöltő kártya”) rendszerét.
- Felhasználható legyen az elosztóhálózat monitorozására.

A szabályozás meghatározza a berendezés technológiai vázlatát és a szükséges kommunikációs portokat is, melyek alapján a berendezések négy szintje különíthető el. Az alsó szinten találhatóak maguk az intelligens mérőműszerek, melyek elsődleges feladata a fogyasztás pontos mérése, és az adatok felsőbb szintre történő továbbítása. A következő szinten az adatkoncentrátor áll, mely általában még a háztartásban található, és a háztartáson belüli mérőkkel – villany, gáz, víz – kommunikál, azok adatait foglalja össze, valamint közvetíti a legfelsőbb szinten álló központi egység felé. A központi adattároló és -feldolgozó rendszer végzi az adatok feldolgozását, kezelését, valamint a szabályozási és számlázási

feladatok is innen láthatóak el. A negyedik szintnek a fentieket összekötő adatátviteli rendszereket tekintjük, melyek országoként és fogyasztói csoportonként is jelentősen eltérhetnek. A háztartások és a központ közti kommunikáció legáltalánosabb módja a PLC (power line communication) technológia, mely a kisfeszültségű elosztóhálózatot használja kétirányú, szélessávú adatátvitelre néhány MHz nagyságrendű frekvenciatartományban. A kisfeszültségű transzformátortól az adatátvitel már nem az közép- és nagyfeszültségű hálózaton, hanem más, szokványos adatátviteli úton – pl. optikai kábelen – történik [12]. Bizonyos országokban a PLC technológia mellett alkalmaznak mobilkommunikációs (GPRS), telefonvonal alapú (DSL) vagy rádiós adatátvitelt is, főleg vidéki területeken [13]. A háztartáson belüli adatforgalomra, az adatkoncentrátor és a hozzá kapcsolódó mérők és berendezések közti kommunikációra az egyéni igényektől és lehetőségektől függően vezetékes vagy vezeték nélküli hálózati kapcsolat, esetleg kis teljesítményű rádiófrekvenciás átvitel is alkalmazható [14][15].

Az intelligens mérési rendszerek három fokozatát különböztethetjük meg. Az első és legegyszerűbb, kezdeti fokozat az AMR (Automatic Meter Reading), mely a mérőórák automatikus leolvasását jelenti. Előnye, hogy nem kell a mérőkhöz közvetlenül hozzáférnünk, és a fogyasztási adatok emberi munkaerő ráfordítás nélkül eljutnak a szolgáltatóhoz, azonban ez még csak egyirányú kommunikációt jelent a szolgáltató irányába, így nem is felel meg az intelligens méréssel szemben felállított követelményeknek. A következő fokozat az AMM (Advanced Meter Management), mely már kétirányú adatátvitelt jelent, és a leolvasáson túl számos további funkciót tartalmaz. A részletes adatszolgáltatás mellett, mely a hibák és illetéktelen hozzáférések felderítésében is segít, itt már lehetőség van bizonyos fogyasztók vezérlésére, ezáltal komoly szabályozási lehetőséget ad a szolgáltatók és a rendszerirányítás kezébe. Megfelelő infrastruktúra és programozhatóság esetén ezek a lehetőségek sokáig és széles körben bővíthetőek. Ez az infrastruktúra az AMI (Advanced Metering Infrastructure), melynek három részét különíthetjük el: a fogyasztó eszközei, a szolgáltató eszközei, és az informatikai háttér. A fogyasztó eszközei a mérőrendszer háztartáson belüli részét és az azon keresztül vezérelhető berendezéseket jelenti, a szolgáltató eszközei közé pedig gyakorlatilag a kiépített hálózat sorolható. A legágabb részét az informatikai háttér jelenti, hiszen az egyre fejlődő szoftverek biztosítják a nagy mennyiségű adat hatékony kezelését és az elérhető funkciók egyre szélesebb körét [9].

A technológia rövid bemutatása után felmerül a rendszerszabályozás számára legfontosabb kérdés: hogyan használható mindez a fogyasztás befolyásolására? A vezérlés tekintetében három különböző felfogás különböztethető meg. Az első esetben a szolgáltató részéről nem történik direkt vezérlés, azonban lehetősége nyílik az energia folyamatos árazására. Az aktuális energiaár minden pillanatban megjelenik a fogyasztónál egy kijelzőn, aki ez alapján eldöntheti, hogy az adott ár mellett használja-e bizonyos berendezéseit. A második eset ehhez hasonló, annyi eltéréssel, hogy a fogyasztó itt már egy programozható vezérlőegység segítségével automatizálhatja a berendezései be- illetve kikapcsolását a villanyár megváltozása esetén. A harmadik esetben a vezérlés átkerül a szolgáltató kezébe, aki a berendezéseket szerződésben rögzített feltételek mellett maga kapcsolhatja.

Az intelligens mérőrendszerek tárgyalása esetén nem lehet elmenni azok az adatvédelmi problémák mellett, melyek a technológia terjedését komolyan hátráltathatják. A villamos energia fogyasztási szokások megfigyelése – ami részben a rendszer alapelve – ténylegesen betekintést enged a háztartás mindennapi szokásaiba, így nem alaptalan az a félelem, hogy az intelligens mérőrendszer az otthonunkba épített kémné válnak. Ennek elkerülésére és az efféle aggályok lecsillapítására feltétlenül oda kell figyelni a szabályozás és a szolgáltatások kidolgozása során, különben felerősödve a terjedés komoly akadályát képezhetik, hiszen fogyasztói hajlandóság nélkül nincs lehetőség a technológia alkalmazására [16].

## Összefoglalás

A rendelkezésre álló és tervezett technológia rövid bemutatása után rátérhetünk az igazán lényeges kérdésre, hogy mindez milyen és mekkora lehetőségeket nyit meg? A lehetőségek méretét elsősorban a rendszerbe bekapcsolt eszközök összeteljesítménye határozza meg. A vezérelt áram részaránya az elmúlt 10 évben jelentősen visszaesett a hőtárolós kályhák és a bojlerok számának csökkenésével, melyet a fűtési és használati melegvíz gázkazánok elterjedése okozott. Az intelligens mérés szolgáltató általi vezérlése esetén az érintett berendezések körébe ugyanezek tartozhatnak, hosszú távon még legfeljebb egy esetleges hőszivattyús rendszer, így bár ez jelenti a legnagyobb megtakarítást és az ingadozások legjobb kiegyenlítését, rövid távon nem nyújtana áttörést a jelenlegi rendszerhez képest. A berendezéseinek felhasználó általi programozhatósága már jelentősen kibővítené a kört: a fagyasztó, légkondicionáló hőfok és energiaár függvényében történő szabályozása, esetleg mosó- és mosogatógép bevonás is racionális elképzelés. Az egyre terjedő akkumulátoros berendezések és azon belül főleg az elektromos járművek, mint jelentős fogyasztók töltése szintén ezen az elven valósulhatna meg, az aktuális ár mellett a töltöttségi szintet használva bemeneti paraméterként. Abban az esetben, amikor a felhasználó maga dönt az ár láttán, gyakorlatilag minden fogyasztó, akár a porszívó, vasaló, sütő, hajszárító vagy vízforraló használata is befolyásolható, de csak közvetetten és kis mértékben. Személyes álláspontom szerint az intelligens mérőrendszer úgy működhet a leghatékonyabban és legszélesebb körben, ha a három vezérlési mód párhuzamosan elérhető benne. A szolgáltatói vezérlésnek az üzembiztonság szempontjából is komoly szerepe van, bár ehhez a szolgáltató helyett, vagy azon keresztül a rendszerirányítás kezébe kell adni a vezérlési lehetőséget, ami egy liberalizált energiapiacra egyébként kézenfekvőnek is tűnik. A másik két esetben a felhasználó akár napi szinten eldönthetné, hogy a kézi vagy a programozott vezérlést választja.

Mindezek ismeretében lehetőségünk nyílik a legfontosabb kérdéskör megválaszolására is, hogy milyen lehetőségeket biztosít számunkra a fogyasztók befolyásolása. A legalapvetőbb, amint korábban már említettem is: az ingadozó terhelés simításával csökkenthetőek az rendszerirányítás költségei, a drágábban üzemelő erőművek szükségszerű alkalmazásából, blokkok leállításából és újraindításából és a nem optimális munkapontban való működésből adódó többletköltségek csökkentésén keresztül. Hasonlóan az elosztóhálózat is kisebb veszteséggel képes adott mennyiségű energia egyenletes, mint ingadozó átvitelére. Látható, hogy a rendszer megtérülése már a jelenlegi körülmények közt is vizsgálható, ám nem elégedhetünk meg ennyivel, keresnünk kell az új lehetőségeket is – összhangban a nemzetközi véleménnyel, mely mindezt az intelligens mérést az intelligens hálózatok részének, alapjának tekinti [18]. A egyenletesebb rendszerterhelés lehetőséget adhat az alaperőművi részarány növelésére, így a Magyarországon jelenleg számos vitát generáló paksi bővítés – mely elleni egyik legkomolyabb érv, hogy túlzott alaperőmű kapacitást jelent – indokoltsága is könnyebben alátámasztható. A megújuló bevonásában azonban talán még ennél is fontosabb a rendszer mielőbbi kiépítése. Magyarország kevés vízenergia-potenciállal rendelkezik, ennek ráadásul töredékét használja ki, így az egyéb megújuló – jelenleg szélturbinák – termelésének kiegyenlítése csak drága fosszilis erőművekkel oldható meg. A megújuló elterjedésének így más országokhoz viszonyítva kiemelt feltétele, hogy szabályozásuk részben az intelligens mérőrendszereken keresztül, a fogyasztás befolyásolásával legyen megvalósítható. Az ország érdeke a rendszerből kialakuló, kiserőművek és megújuló bevonását megkönnyítő intelligens hálózatok kiépítése is.

Az intelligens mérés bevezetésének lehetőségei annyiból szerencsésnek mondhatóak, hogy bármely, környezeti vagy ellátásbiztonsági szempontból az atomenergia, a megújuló, vagy mindkettő mellett elkötelezett szervezet és cég érdekeltté tehető a technológia támogatásában. Előnyösen befolyásolná a terjedést az is, ha az intelligens mérők legyártása és a rendszer kiépítése egy hazai cég által, vagy legalább az ország területén, hazai munkaerő

felhasználásával valósulhatna meg, mert így a munkahelyteremtés és egyéb járulékos gazdasági hozadékok miatt a kormányzat is komolyabb figyelmet fordítana rá. Mindamellert még komoly szabályozási munkára és odafigyelésre van szükség ahhoz, hogy a helyi sajátosságoknak megfelelően, a nemzetgazdasági érdekeknek megfelelő rendszert lehessen létrehozni, és a megjelenő hasznok ne ragadjanak meg a szolgáltatók szintjén.

## Felhasznált irodalom:

1. *MAVIR honlap*, Ellátásbiztonság, Online: <http://www.mavir.hu/web/mavir/ellatasbiztonsag> (2012. április 29.)
2. *MAVIR honlap*, Rendszerterhelés, Online: <http://www.mavir.hu/web/mavir/rendszerterheles> (2012. április 29.)
3. *Magyar Energia Hivatal*, Határozat száma 446/2007., Online: [http://www.eh.gov.hu/gcpdocs/200710/4462007tiszaai\\_zemzavarlezrsa.pdf](http://www.eh.gov.hu/gcpdocs/200710/4462007tiszaai_zemzavarlezrsa.pdf) (2012. április 29.)
4. 115/2007. (XII. 29.) GKM rendelet, *Magyar Közlöny 187. szám*, Online: <http://www.kozlonyok.hu/nkonline/MKPDF/hiteles/mk07187.pdf> (2012. április 29.)
5. *E.ON honlap*, Egyetemes szolgáltatói árak, Online: [http://www.eon-energiaszolgáltato.com/index\\_eiroda.php?menu=2110201](http://www.eon-energiaszolgáltato.com/index_eiroda.php?menu=2110201) (2012. április 29.)
6. *ELMŰ honlap*, Tarifatablázat, Online: <http://www.elmu.hu/tarifatablázat-lakosság> (2012. április 29.)
7. *DÉMÁSZ honlap*, Lakossági egyetemes szolgáltatói egységárak, Online: <https://www.edfdemasz.hu/pages/aloldal.jsp?id=18223> (2012. április 29.)
8. *DÉMÁSZ Elosztói Szabályzat*, Mellékletek, Online: *EDF DÉMÁSZ honlap*, <https://www.edfdemaszhalozat.hu/servlet/download?type=file&id=2210> (2012. április 29.)
9. DÁN ANDRÁS DR., RAISZ DÁVID, KISS PÉTER, VOKONY ISTVÁN, DIVÉNYI DÁNIEL, HARTMANN BÁLINT: HKV-RKV és az intelligens fogyasztásmérés. In: *Elektrotechnika folyóirat*, 2011/01. szám, Magyar Elektrotechnikai Egyesület
10. SÁGI JÓZSEF (2009): Az EFR RKV rendszerének általános áttekintése. Online: *Magyar Elektrotechnikai Egyesület honlapja*, [http://www.mee.hu/files/images/5/EFR\\_general\\_HU\\_25\\_Juni\\_09.pdf](http://www.mee.hu/files/images/5/EFR_general_HU_25_Juni_09.pdf) (2012. április 29.)
11. *Enel Group honlap*, Smart metering, Online: [http://www.enel.com/en-GB/innovation/smart\\_grids/smart\\_metering/index.aspx](http://www.enel.com/en-GB/innovation/smart_grids/smart_metering/index.aspx) (2012. április 29.)
12. *Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium*, Klímapolitika, A "mini megújuló" kapacitás integrációja a magyar villamosenergia-rendszerbe, Online: [http://klima.kvvm.hu/documents/14/NES\\_minimegujulo.pdf](http://klima.kvvm.hu/documents/14/NES_minimegujulo.pdf) (2012. április 29.)
13. THOMAS SCHAUB (2009): Smart metering in Europe, Online: *Magyar Elektrotechnikai Egyesület honlapja*, [http://www.mee.hu/files/images/5/I\\_2\\_ThomasSchaub.pdf](http://www.mee.hu/files/images/5/I_2_ThomasSchaub.pdf) (2012. április 29.)
14. SOMA SHEKARA SREENADH REDDY DEPURU, LINGFENG WANG, VIJAY DEVABHAKTUNI (2011): Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status. Online: *ScienceDirect*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111000876> (2012. február 27.)
15. KMETHY GYÖZÖ (2009): Okos fogyasztásmérés, Online: Magyar Mérnöki Kamara honlapja, <http://mmk.hu/wp-content/uploads/2010/03/Kmethy-Gyozö-Okos-fogyasztasmérés.pdf> (2012. április 29.)
16. EOGHAN MCKENNA, IAN RICHARDSON, MURRAY THOMSON (2011): Smart meter data: Balancing consumer privacy concerns with legitimate applications. Online: *ScienceDirect*, Energy Policy, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511009438> (2012. február 27.)
17. SOMA SHEKARA SREENADH REDDY DEPURU, LINGFENG WANG, VIJAY DEVABHAKTUNI (2011): Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status. Online: *ScienceDirect*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111000876> (2012. február 27.)
18. TAMAR KRISHNAMURTI, DANIEL SCHWARTZ, ALEXANDER DAVIS, BARUCH FISCHHOFF, WANDI BRUINE DE BRUIN, LESTER LAVE, JACK WANG (2011): Preparing for smart grid technologies: A behavioral decision research approach to understanding consumer expectations about smart meters. Online: *ScienceDirect*, Energy Policy, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511009244> (2012. február 27.)

## További források:

- AHMAD FARUQUI, DAN HARRIS, RYAN HLEDIK (2010): Unlocking the €53 billion savings from smart meters in the EU: How increasing the adoption of dynamic tariffs could make or break the EU's smart grid investment. Online: *ScienceDirect*, Energy Policy, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510004738> (2012. február 27.)
- ASZÓDI ATTILA DR.–YAMAJI BOGDÁN: A villamosenergia-rendszer felépítése és működése, Online: *BME Nukleáris Technikai Intézet honlapja*, [http://www.reak.bme.hu/fileadmin/user\\_upload/felhasznalok/aszodi/FF\\_2011\\_2012\\_tavasz/Aszodi\\_FF\\_09\\_20120404.pdf](http://www.reak.bme.hu/fileadmin/user_upload/felhasznalok/aszodi/FF_2011_2012_tavasz/Aszodi_FF_09_20120404.pdf) (2012. április 29.)
- LUIS OLMOS, SOPHIA RUESTER, SIOK-JEN LIONG, JEAN-MICHEL GLACHANT (2011): Preparing for smart grid technologies: Energy efficiency actions related to the rollout of smart meters for small consumers, application to the Austrian system. Online: *ScienceDirect*, Energy, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544211002520> (2012. február 27.)
- PRIKLER LÁSZLÓ: Hálózat üzemvitele, Teljesítmény-átvitel korlátai, Primer és szekunder szabályozás. Online: *BME Villamos Energetika Tanszék honlapja*, [http://www.vet.bme.hu/okt/energv/vet/tananyag/VIEN\\_2011\\_E13.pdf](http://www.vet.bme.hu/okt/energv/vet/tananyag/VIEN_2011_E13.pdf) (2012. április 29.)