1. Tőke, pénz, kamat 2
2. Egyszeri és folyamatos ráfordítások, diszkontálás, diszkonttényező 4
3. Haszonlehetőség költség 6
4. Keresleti függvény (demand schedule), kínálati függvény (supply schedule) 6
5. A befektetés maximális hasznának kritériuma (Gossen II. törvénye) 8
6. Minimális veszteségi teljesítménnyel történő villamos energia átvitel 11
6.1. Minimális veszteségi teljesítménnyel történő D. C. villamos energia átvitel 11
6.2. Minimális veszteségi teljesítménnyel történő A. C. villamos energia átvitel 12
7. Gazdaságos teherelosztás kondenzációs hőerőművi blokkok között 14
7.1. Általános szempontok 14
7.2. Kondenzációs hőerőművi blokk változó önköltsége 14
7.3. A Lagrange szélsőérték tétel alkalmazása kondenzációs hőerőművi blokkok közötti gazdaságos teherelosztásra 16
7.3. A Lagrange szélsőérték tétel alkalmazása két kondenzációs hőerőművi blokk közötti gazdaságos teherelosztásra 17
8. A lineáris programozás 19
9. A villamosenergia-rendszer elemeinek megbízhatósága 21
10. A napsugárzás energiájának felhasználása 23
11. A világ primer energiahordozó felhasználása 25
12. A tüzelőanyagok optimális felhasználása (Vizsgakérdés orientált feldolgozás) 26

1. Tőke, pénz, kamat

A modern gazdasági rendszer működése nagy mennyiségű tőke, azaz bonyolult gépi berendezések, hatalmas gyárak, áruraktárak, szolgáltató hálózatok, feldolgozott és félkész anyagok felhasználásán alapul. A termelési folyamat a termelési eszközök (tőke) és a munkaerő egyesítése. A gazdasági rendszerben lejátszódó termelési, értékesítési és fogyasztási folyamatok kvantitatív vizsgálatához definiálnunk kell a legfontosabb fogalmakat. Ezek:

Tőke: 1. (capital). Értéket termelő vagyontárgy. Lehet állótőke, azaz épületek, gépek, felszerelések; valamint működő vagy forgótőke, azaz árukészlet, folyamatban lévő munka, földek, tartós fogyasztási cikkek és a fogyasztók kezén lévő egyéb termékek (pl. háztartási gépek).

2. (könyvvitel). Olyan üzleti pénzforrások, amelyekből eszközök vásárolhatók, úgymint épületek, gépek, vagy más cégekbe való befektetések. A törzstőkét a részvények biztosítják a részvények megvásárlása révén vagy úgy, hogy a nyereséget a vállalkozásba visszaforgatják. A kölcsöntőke vagy tartozás a pénzügyi intézményektől vagy egyénektől származó hitel, amely után kamat fizetendő. Tőkeáttétel = kölcsöntőke/törzstőke.

Kamat (interest) Az a pénzösszeg, amelyet a kölcsönadó személy vagy intézmény ró ki a kölcsönt kérőre. Az összeg amely alapján a kamatot számolják a tőke. A kölcsönadó a tőke egy bizonyos %-át kapja kamat gyanánt. A kamat mértéke függ a tőke összegétől, a kölcsön lejártának az idejétől és a fennálló kockázattól. A kamatszintek általában a gazdaság állapotának megfelelően változnak. A közgazdászok a kamatot a "pénz árának" tekintik, mértéke együtt változik a pénz iránti kereslet növekedésével vagy csökkenésével. A kamatláb a fizetendő kamat százalékban kifejezett értéke. Pl. 100 Ft-ra kirótt 8 %-os évi kamat 8 Ft kamatot hoz a kölcsönadónak az év végére. Az egyszerű kamat esetében az egy adott éven belül felgyűlt kamatot kifizetik a kölcsönadónak, tehát a tőke összege nem változik évről évre. A kamatos kamat esetében az adott évre eső kamatot nem fizetik ki, hanem hozzáadják a tőkéhez, ami ezáltal évente növekszik.

Infláció (inflation). Az a gazdasági helyzet, ahol az általános árszínvonal nő, amit többnyire a kiskereskedelmi árindex-szel mérnek. Az infláció hatására a pénz reálértéke csökken, és a megtakarítások értéküket vesztik. A gazdasági növekedés lelassulását is ennek tulajdonítják. Ha az infláció nagyon magas ("vágtató infláció") vagy nagyon súlyos ("hiperinfláció") az ország fizetőeszköze elfogadhatatlanná válik. Az infláció féken tartása több országban a kormány gazdaságpolitikájának fő célja; de okairól és kezeléséről sokat vitatkoznak a közgazdászok.

Fentiek alapján számszerűen is vizsgáljuk meg a tőke és a kamat közötti kapcsolatot (1.1)-(1.3) egyenlet.

$$M_1 = M_0 + \Delta M_1, \Rightarrow M_2 = M_1 + \Delta M_2, \Rightarrow M_3 = M_2 + \Delta M_3, \ldots, M_n = M_{n-1} + \Delta M_n \quad [Ft] \qquad (1.1)$$

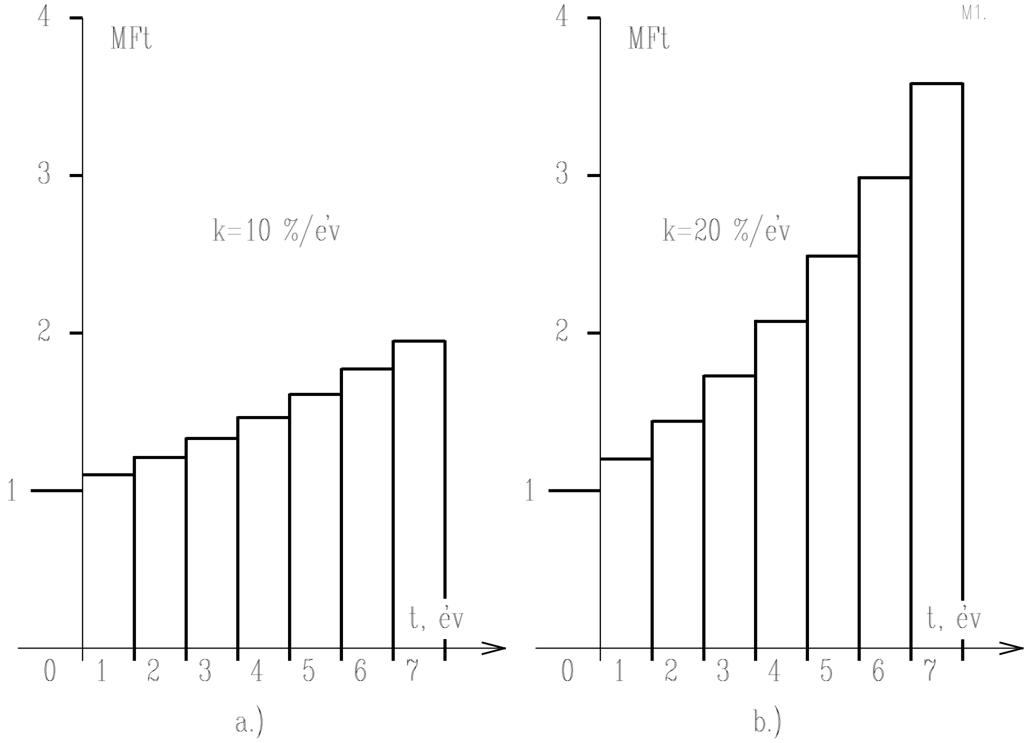
$$k_1 = 100 \cdot \frac{\Delta M_1}{M_0 \cdot \Delta t},\ k_2 = 100 \cdot \frac{\Delta M_2}{M_1 \cdot \Delta t},\ k_3 = 100 \cdot \frac{\Delta M_3}{M_2 \cdot \Delta t}, \ldots,\ k_n = 100 \cdot \frac{\Delta M_n}{M_{n-1} \cdot \Delta t} \quad [Ft] \qquad (1.2)$$

$$\Delta M_1 = M_0 \cdot \frac{k_1 \cdot \Delta t}{100},\ \Delta M_2 = M_1 \cdot \frac{k_2 \cdot \Delta t}{100},\ \Delta M_3 = M_2 \cdot \frac{k_3 \cdot \Delta t}{100}, \ldots,\ \Delta M_n = M_{n-1} \cdot \frac{k_n \cdot \Delta t}{100} \quad [Ft] \qquad (1.3)$$

Ahol:
$M_0, M_1, M_2, \ldots, M_n$,: a tőke értéke a vizsgálat éveiben [Ft];
$\Delta M_1, \Delta M_2, \ldots, \Delta M_n$,: a kamat értéke a vizsgálat éveiben [Ft];
$k_1, k_2, \ldots, k_n$,: a kamat %-os értéke a vizsgálat éveiben [%/év];
Ha feltételezzük, hogy a kamat értéke az idő függvényében állandó, akkor az (1.1)-(1.3) egyenlet alapján:

$$M_n = M_0 \cdot \left(1 + \frac{k \cdot \Delta t}{100}\right)^n \quad \text{[Ft]} \tag{1.4}$$

A (1.4) egyenlet tartalmát szemlélteti az 1.1. ábra; melynek alapján látható, hogy a kölcsönadó tőkéje 10 %-os évi kamat és 7 évi lekötés alatt közel megkétszereződik. Ugyanez 20 %-os kamat esetén több mint 3,5-szörösére növekszik.



1.1. ábra.

A működő tőke névleges értékének időbeli változását szemléltető ábra; a.) k = 10 %, b.) k = 20 % esetére.

A modern banki tevékenységhez hozzá tartozik az egy évnél rövidebb távú befektetések kezelése. Ilyen pl. egy vállalat dolgozói fizetésének a kezelése. Ha a tőke lekötési ideje több hónap, akkor a tőke gyarapodását az (1.5) egyenlettel számoljuk.

$$M_n = M_0 \cdot \left(1 + \frac{k}{12 \cdot 100}\right)^n \quad \text{[Ft]} \tag{1.5}$$

A napi kamatozás figyelembe vételére az (1.6) egyenlet szolgál:

$$M_n = M_0 \cdot \left(1 + \frac{k}{365 \cdot 100}\right)^n \quad \text{[Ft]} \tag{1.6}$$

Az (1.5) egyenletben az n hónapokat, míg a (1.6) egyenletben napokat jelent. Vizsgáljuk meg, hogy mekkora eltérést jelent az, ha egységnyi tőke évi kamatát a (1.4), az (1.5) illetve az (1.6) egyenlettel számítjuk ki, k = 10 % figyelembe vételével.

$$M_n = M_0 \cdot \left(1 + \frac{k \cdot \Delta t}{100}\right)^n = 1 \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right)^n = 1{,}1 \text{ Ft.}$$

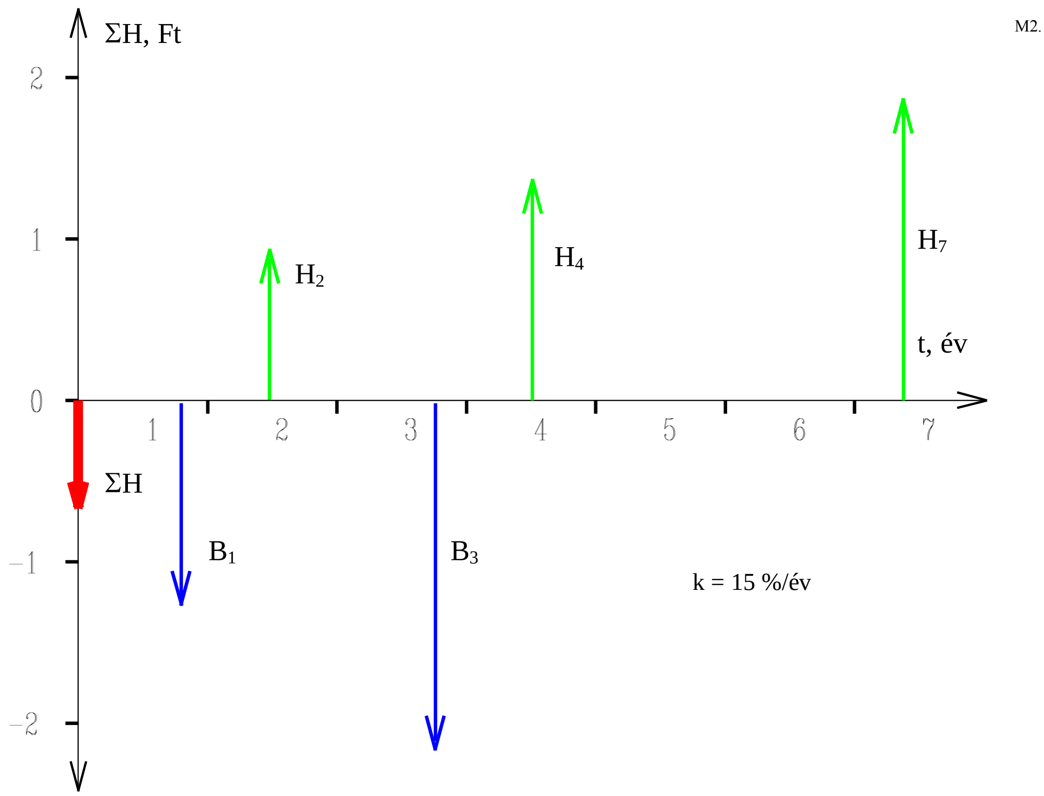
$$M_n = M_0 \cdot \left(1 + \frac{k}{12 \cdot 100}\right)^n = 1 \cdot \left(1 + \frac{10}{12 \cdot 100}\right)^{12} = 1{,}104713 \text{ Ft.}$$

$$M_n = M_0 \cdot \left(1 + \frac{k}{365 \cdot 100}\right)^n = 1 \cdot \left(1 + \frac{10}{365 \cdot 100}\right)^{365} = 1{,}105156 \text{ Ft.}$$

Látható, hogy az eltérés nem számottevő még akkor sem, ha ezt az egyszerű algoritmust alkalmazzuk.

2. Egyszeri és folyamatos ráfordítások, diszkontálás, diszkonttényező

A tőkebefektetések értékelésekor csak azonos időpontra átszámított jövedelmeket és költségeket szabad összehasonlítani. Így két eljárás közül választhatunk: a különböző időpontokban fellépő jövedelmeket és ráfordításokat leszámítoljuk az első időszakra (diszkontálás), vagy "felkamatoztatjuk" a vizsgált folyamat végére. Mi a számításainknál az első módszert fogjuk alkalmazni. A diszkontálás tehát a jövőbeni pénzösszeg jelen értékének meghatározása a kamatláb és az időtartam figyelembevételével. Egy gép, berendezés, vállalat vagy rendszer tervezésével, megépítésével és működtetésével kapcsolatos kiadások és bevételek különböző időpontokban lépnek fel (2.1. ábra).



2.1. ábra.

Szemléltető ábra a különböző időpontokban, illetve különböző időintervallumokban jelentkező költségeknek egy adott időpontra való átszámításához.

Vezessük be az (1.4) egyenletbe a

$$q = \left(1 + \frac{k \cdot \Delta t}{100}\right) \tag{2.1}$$

jelölést. Vegyük figyelembe, hogy a 2.1. ábrán szemléltetett esetben az i-edik évben felmerülő költség adott, és ennek a 0-dik évre számított (diszkontált) értékét keressük, vagyis az (1.4) egyenletet M_n-re rendezzük. Ekkor kapjuk:

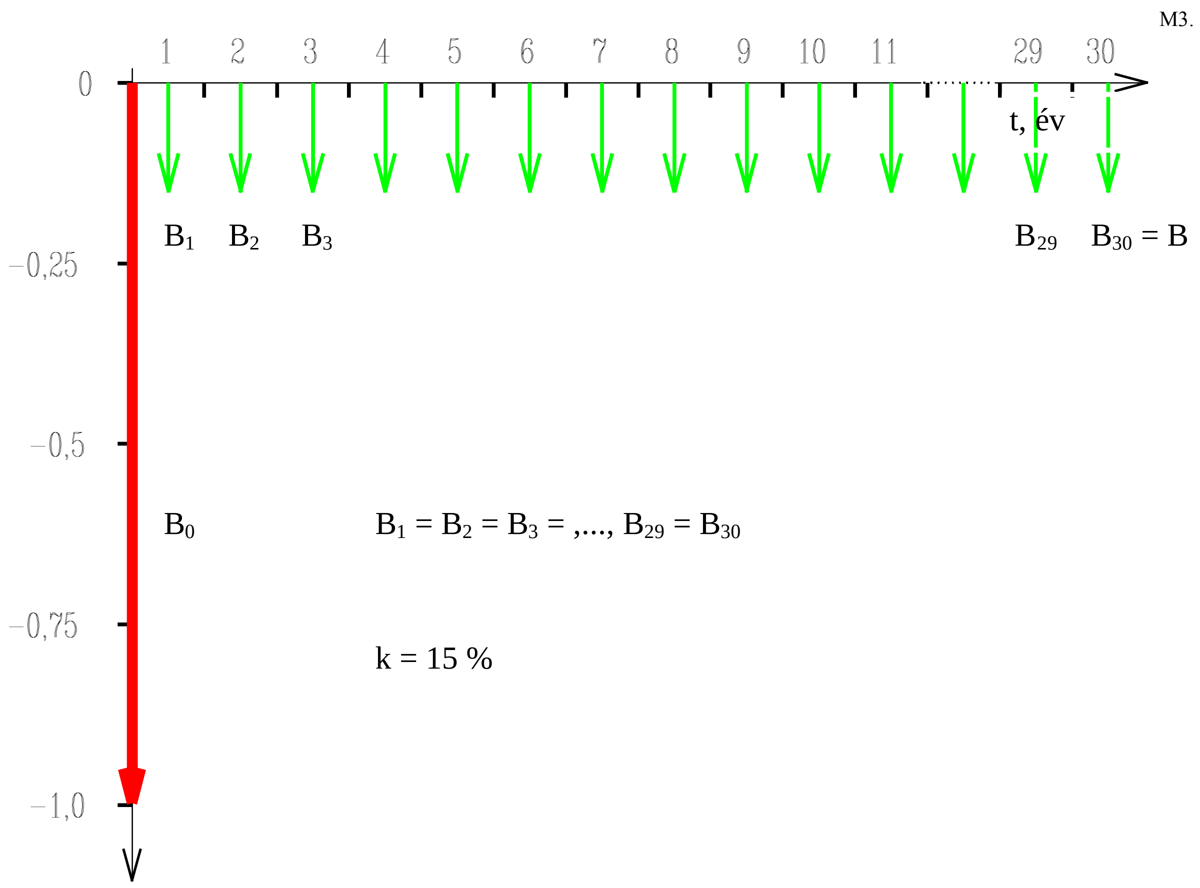
$$M_0 = \sum_{i=1}^{L} M_i \cdot q^{-i} \quad [\mathrm{Ft}] \tag{2.2}$$

Ahol:
q: diszkonttényező,
L: a vizsgált események (ráfordítások vagy bevételek) darabszáma és $M_0 = \Sigma H$.

A 2.1. ábrán a ráfordításokat negatív, a bevételeket pedig pozitív előjellel vettük figyelembe. Mivel az ábrán az egyes mennyiségeket léptékhelyesen vettük figyelembe, és a vizsgált akció eredménye negatívra adódott, ez az üzlet tehát veszteséges.

A közgazdaság-tudomány bírálói azt hangoztatják, hogy a közgazdász nem tesz semmi mást, mint amit egy adott esetben egy józanul gondolkodó nem-közgazdász tenne. A 2.1. ábrán szemléltetett akció azonban éppen azt mutatja, hogy a diszkontálás alkalmazása nélkül "szemrevételezéssel" nem lehet eldönteni azt, hogy az üzlet hatékony-e vagy sem.

Külön figyelmet érdemel az a speciális eset, amikor minden évben azonos nagyságú folyamatos költségeket alakítjuk át a t = 0 pillanatban felmerülő egyszeri ráfordítássá. A probléma a következőképpen merül fel: Létre kell hoznunk egy termelő üzemet (esetünkben egy villamos energiát előállító erőművet). A beruházás lebonyolításához szükséges összeg - a kivételek elhanyagolható számától eltekintve - nem áll rendelkezésre, tehát azt kölcsönből kell biztosítanunk. A kölcsönkapott összeget évente azonos nagyságú részletekben vissza kell adnunk a kölcsönadónak. Kiszámítandók tehát a törlesztés évi részletösszegei (2.2. ábra).



2.2. ábra.

Az egyszeri ráfordítások és a folyamatos költségek egymásnak való megfeleltetését szemléltető ábra

Az (2.2) egyenlet és a 2.2. ábra alapján írható:

$$B_0 = B \cdot \left(q^{-1} + q^{-2} + q^{-3} + ,..., q^{-(n-1)} + q^{-n} \right) \quad [\mathrm{Ft}] \tag{2.3}$$

A (2.3) egyenletben a zárójelben lévő kifejezés egy mértani sor összege. Szorozzuk be a (2.3) egyenletet -q-val, ekkor kapjuk:

$$-q \cdot B_0 = B \cdot \left(-1 + q^{-1} + q^{-2} +, \ldots, q^{-(n-2)} + q^{-(n-1)}\right) \quad [Ft] \tag{2.4}$$

Adjuk össze a (2.3) és a (2.4) egyenletet és fejezzük ki a B értékét. Ekkor:

$$B = B_0 \frac{q-1}{1-q^{-n}} \quad [Ft] \tag{2.5}$$

Legyen pl. : B_0 = 1 MFt, k = 15 %/év, $\Rightarrow$ q = 1,15, n = 30 év. Ekkor, a (2.5) egyenlet alapján:

$$B = B_0 \frac{q-1}{1-q^{-n}} = 1 \frac{1{,}15-1}{1-1{,}15^{-30}} = 152\,300 \text{ Ft}.$$

Ha termelő tevékenységet folytatunk, akkor az évente eladott termékeink árában benne kell lennie a fenti 152 300 Ft-nak. Ez az összeget azzal a tőketeherrel hasonlíthatjuk össze, amely kamatmentes kölcsön esetében adódnék. Értéke: B = B_0/n = 1000 000/30 = 33 333 Ft/év. Az eltérés számottevő. Ez az oka annak, hogy a vállalkozó arra törekszik, minél kisebb kamatot kelljen fizetnie a kölcsöntőke után.

3. Haszonlehetőség költség

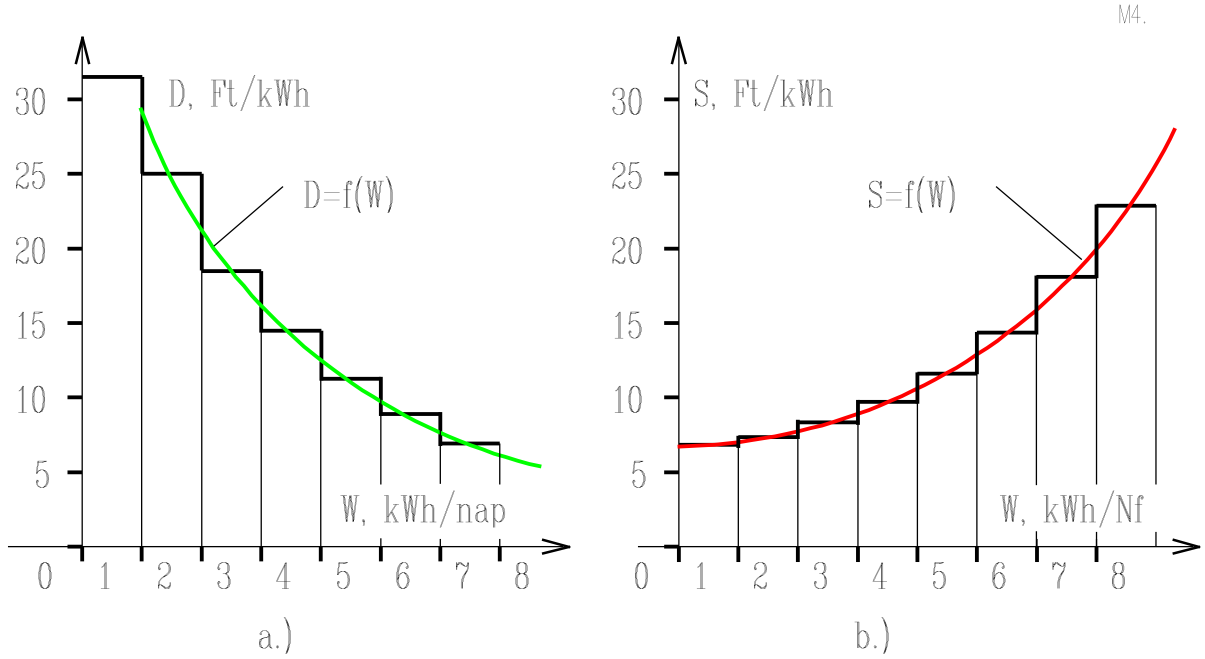
A tőke és a munkaerő nem korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre. Ezért, ha valamilyen tevékenységet folytatunk, egy másik lehetőségről le kell mondanunk. Fentieket két egyszerű példán világítjuk meg.

1. Tekintsünk egy egyszemélyes vállalkozást (újságárus). Egyik este moziba megy. Költségei: 2 mozijegy, pattogatott kukorica, üdítő = 800 Ft. Feláldozott haszna az a 2000 Ft amit az újságeladásból nyert volna, valamint az a kamat amit a mozira szánt 800 Ft-ra kapott volna, ha egy napra kölcsön adja. Látható tehát, hogy ez az este a vállalkozó számára több mint 2800 Ft kiadást jelentene. Haszna az a felüdülés amit a film megtekintése jelent és ennek az a része amely a későbbi munkájára pozitív értelemben hat ki.
2. Az újvidéki Duna híd (jelenleg Novi Sad) lerombolása ill. újjáépítése. Azok a nagy- és kisvállalkozók, fuvarozók akik a hidat használták meg tudják mondani, hogy őket mekkora kár éri (folyamatosan). Ezt pedig nem úgy számítja ki, hogy pl. leolvassa az autó km óráját, megméri a többlet fogyasztást, a többlet időráfordítás∗órabért, hanem azt vizsgálja, hogy az elveszett idő (és) út más célú felhasználásával mennyit keresett volna. Egy évre, és minden érintett félre elvégezve a vizsgálatot megkapjuk azt a feláldozott hasznot amely szembeállítható az új híd felépítésének egy évi törlesztési értékével. Ez a vizsgálat azonban már csak egy erős tőkés csoport megbízásából végezhető el és nem kerülhető meg az érintett állam kormánya sem.

4. Keresleti függvény (demand schedule), kínálati függvény (supply schedule)

A villamos energia árú, tehát érvényesek rá az egyéb fogyasztási cikkek keresletére és kínálatára vonatkozó elvek, összefüggések. Ezekkel a törvényszerűségekkel Marschall amerikai közgazdász foglalkozott. A 4.1. a.) ábra példája egy háztartás villamos energia fogyasztására vonatkozik, de az elv érvényes egy vállalkozásra és nagy ipari fogyasztóra is. Az ábra azt mutatja meg, hogy az adott fogyasztó (jelen esetben egy háztartás) mennyire értékeli az elfogyasztott villamos energiát. Látható, hogy az első kWh-t több mint 30 Ft-ra értékeli. Ennyi energiát kalkulál a világításra, amely mással (gyakorlatilag) nem helyettesíthető. A következő kWh-k: hűtőszekrény, televízió, rádió, videó, vasaló, kávéőrlő, porszívó, hajszárító, mosógép. Az ábrán látható, hogy a növekvő számú kWh-kat egyre kevesebbre értékeli. Ennek oka az, hogy a villamos energia helyett olcsóbban jut hozzá más energia hordozóhoz. Pl. a sütés- főzéshez, a lakás fűtéséhez valamint a mosogató- és fürdővíz melegítéséhez földgázt, szenet vagy fát használhat. (A villamos energiát is elő tudja állítani magának, ha más energia hordozók rendelkezésére állnak. Ezért nem hajlandó pl. 100 Ft-ot adni az első kWh-ért.

A 4.1. b.) ábra a kérdést a termelői oldal szemszögéből vizsgálja. Ha a fogyasztás alacsony, akkor a legkorszerűbb legolcsóbban termelő erőművi blokkok működnek. A fogyasztás növekedésével egyre drágábban termelő blokkokat kell bekapcsolni. Ezért van az, hogy a kínálati függvény emelkedő-, a kereslet függvény pedig eső jellegű.



4.1. ábra.

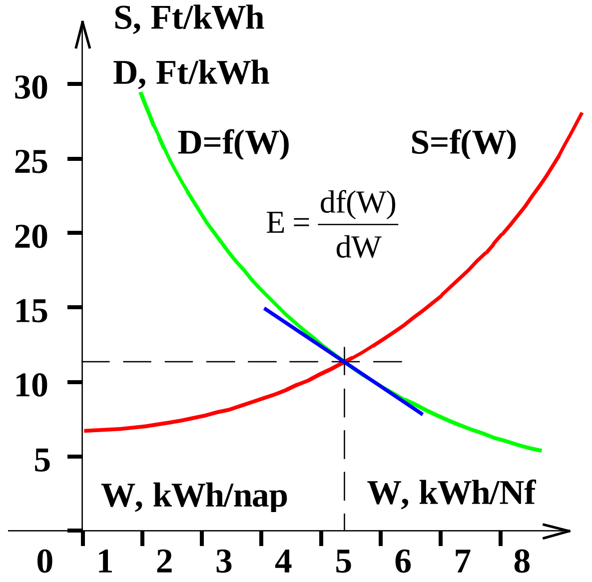
A villamos energia keresleti- és kínálati függvénye egy háztartás vonatkozásában; a.) keresleti függvény, b.) kínálati függvény. Nf: a vizsgált villamosenergia-rendszer háztartási fogyasztóinak a száma.

Az összes fogyasztó keresleti függvényét úgy kapjuk meg, hogy minden függő változó értékhez tartozó független változó értéket összeadunk. Így egy termék piaci kereslete azt fejezi ki, hogy az öszszes vásárló - különböző lehetséges árak mellett - mennyit akar és képes együttesen megvásárolni az adott termékből.

A piaci kínálat fogalmát a piaci keresletéhez hasonlóan definiáljuk: egy termék piaci kínálata azt fejezi ki, hogy az összes termelő különböző lehetséges árak mellett mennyit akar és képes együttesen eladásra termelni az adott termékből.

A keresleti és kínálati függvényeknek közös koordinátarendszerben való ábrázolásával jutunk el az ú.n. "Marschall-kereszt"-hez. {Alfred Marschall (1842-1924) amerikai közgazdászról nevezték el (4.2. ábra).} Kitüntetett szerepe van a D = f(W) és az S = f(W) függvény metszéspontjának. Ebben a pontban az adott termék keresleti és kínálati mennyisége megegyezik, tehát kialakul az egyensúlyi ár. Ezzel a helyzettel mind a vásárlók, mind pedig az eladók elégedettek.

A 4.2. ábra alapján becsülni lehet az ár megváltoztatásának a hatását. Tételezzük fel hogy az ár változás előtt az egyensúlyi ár volt érvényben. Ha a termelők emelik a villamos energia egységárát - amelyet a 4.2. ábrán az S(W) függvénynek a függő változó irányú eltolásával "modellezünk" - akkor a kereslet csökkenni fog. Kis változások esetén - a fogyasztói rendszernek az áremelésre adott válaszát a D(W) függvénynek az egyensúlyi pontban adott differenciálhányadosa alapján számíthatjuk. Ezt a differenciálhányadost a közgazdaságtan irodalma "elaszticitás"-nak nevezi.



M5

4.2. ábra.

A villamos energia keresleti- és kínálati függvénye egy háztartás vonatkozásában, ugyanabban a koordináta rendszerben ábrázolva; Nf: a vizsgált villamosenergia-rendszer háztartási fogyasztóinak a száma.

5. A befektetés maximális hasznának kritériuma (Gossen II. törvénye)

Tekintsünk egy olyan pénzügyi akciót (befektetés) ahol a befektetés eredményeképpen *n* egymástól elkülöníthető objektum valósul meg. Az akció tárgya lehet egy már meglévő rendszer is; ebben az esetben ennek egyes alrendszereiben hajtunk végre pótlólagos beruházást. Az alrendszereknek olyanoknak kell lennie, hogy az egyikben végrehajtott változások ne befolyásolják számottevően a többi alrendszer műszaki-gazdasági működését. (Ha a vizsgálat tárgya pl. egy erőmű, amelyben 4 blokk működik, akkor jogosan állíthatjuk, hogy az egyikben végrehajtott műszaki változások nem befolyásolják számottevően a többi műszaki-gazdasági működését. Ugyanígy: ha a vizsgálat tárgya a villamosenergia-rendszer erőművi-, hálózati- és fogyasztói alrendszere, akkor az egyikben végrehajtott változások szintén nem befolyásolják a többi működését). Az ami a gazdasági vizsgálat során összeköti őket, hogy a befektetésnél rendelkezésre álló pénzösszeg **adott** (és nem léphető túl).

A probléma a Lagrange multiplikátor módszerrel oldható meg a következőképpen:

Az

$$f\left(x_1,\ x_2,\ x_3,\ldots,x_n\right) \quad [1] \tag{5.1}$$

függvénynek szélsőértéke van az

$$x_1 = a_1,\ x_2 = a_2,\ x_3 = a_3,\ldots,x_n = a_n \quad [1] \tag{5.2}$$

helyen, ha

$$\frac{\partial\Phi}{\partial x_1} = \frac{\partial\Phi}{\partial x_2} = \frac{\partial\Phi}{\partial x_3} =,\ldots,\frac{\partial\Phi}{\partial x_n} = 0 \quad [1] \tag{5.3}$$

ahol:

$$\Phi\left(x_1,\ x_2,\ldots,x_n\right) \equiv f\left(x_1,\ x_2,\ldots,x_n\right) + \sum_{j=1}^{m} \lambda_j \cdot \varphi_j\left(x_1,\ x_2,\ldots,x_n\right) \quad [1] \tag{5.4}$$

$$\varphi_1\left(x_1,\ x_2,\ldots,x_n\right) = 0;\ \varphi_2\left(x_1,\ x_2,\ldots,x_n\right) = 0;\ \varphi_m\left(x_1,\ x_2,\ldots,x_n\right) = 0; \quad [1] \tag{5.5}$$

$$m < n \tag{5.6}$$

A λ_j paramétereket (j=1, 2, 3,..., m) Lagrange multiplikátoroknak (határozatlan állandók) nevezzük.

Az (5.1)-(5.5) egyenletrendszer (n+m) ismeretlent tartalmaz. Az (5.3) egyenletből n, míg az (5.5) egyenletből m ismeretlen határozható meg. Az (5.5) egyenlet tartalmazza a kényszerfeltételeket. Az (5.6) egyenlet azt mutatja meg, hogy a kényszer feltételek száma kisebb kell legyen mint az ismeretlenek száma. A parciális differenciálás jelét - amelyet az (5.3) egyenletben tüntettünk fel - a későbbiekben egyszerű differenciálással helyettesítjük, mivel csak egy változó szerint kell differenciálni a kérdéses függvényeket.
Alkalmazzuk a Lagrange multiplikátor módszert egy beruházás vizsgálatára. Ekkor:

$$f(x_1, x_2, x_3,\ldots,x_n) \div H(B_1, B_2, B_3,\ldots,B_n) \quad [1] \tag{5.7}$$

$$\varphi_1(x_1, x_2,\ldots,x_n) = 0 \div B_ö - \sum_{i=1}^{n} B_i \quad [1] \tag{5.8}$$

$$x_1 = a_1 \div B_{10},\ x_2 = a_2 \div B_{20},\ x_3 = a_3 \div B_{30},\ldots,x_n = a_n \div B_{n0} \quad [1] \tag{5.9}$$

Ahol:

$B_1, B_2,\ldots, B_n$: az egyes rész-befektetésekre rendelkezésre álló pénzösszeg [v.e.];

$B_ö$: a teljes beruházásra (befektetésre) rendelkezésre álló pénzösszeg, amely - kényszerfeltétel - nem léphető túl [v.e.];

$H_1=f(B_1)$, $H_2=f(B_2)$,..., $H_n=f(B_n)$: az egyes rész-befektetések alapján elérhető haszon összetevők [v.e.];

$B_{10}, B_{20},\ldots, B_{n0}$: az egyes rész-befektetések azon értékei, amelyek mellett az összes haszon maximumot ér el [v.e.].

A [v.e.] azt jelenti, hogy az adott mennyiséget viszonylagos egységben adtuk meg. A $H_i=f(B_i)$ függvények vagy érték párok (pontsorozat) formájában, vagy analitikusan (egyenlet formájában) állnak rendelkezésre. Jelen példánknál a $H_i=f(B_i)$ függvényeket analitikusan adjuk meg

$$H_i = a_i + b_i \cdot \sqrt{B_i} \quad [\text{v.e.}] \tag{5.10}$$

Esetünkben:

$$f(x_1, x_2, x_3) \div H_1(B_1) + H_2(B_2) + H_3(B_3) \quad [\text{v.e.}] \tag{5.11}$$

$$\varphi_1(x_1, x_2, x_3) = 0 \div B_ö - B_1 - B_2 - B_3 = 0 \quad [\text{v.e.}] \tag{5.12}$$

$$\Phi(B_1, B_2, B_3) \equiv H_1(B_1) + H_2(B_2) + H_3(B_3) + \lambda \cdot (B_ö - B_1 - B_2 - B_3) \quad [\text{v.e.}] \tag{5.13}$$

$$\frac{d\Phi}{dB_1} = \frac{dH_1(B_1)}{dB_1} - \lambda = 0 \quad [\text{v.e.}] \tag{5.14}$$

$$\frac{d\Phi}{dB_2} = \frac{dH_2(B_2)}{dB_2} - \lambda = 0 \quad [\text{v.e.}] \tag{5.15}$$

$$\frac{d\Phi}{dB_3}=\frac{dH_3(B_3)}{dB_3}-\lambda=0 \quad [v.e.] \tag{5.16}$$

Az (5.10) egyenlet figyelembe vételével:

$$\Phi(B_1,\ B_2,\ B_3)\equiv a_1+b_1\cdot\sqrt{B_1}+a_2+b_2\cdot\sqrt{B_2}+a_3+b_3\cdot\sqrt{B_3}+\lambda\cdot(B_ö-B_1-B_2-B_3) \quad [v.e.] \tag{5.17}$$

$$\frac{d\Phi}{dB_1}=\frac{b_1}{2\cdot\sqrt{B_1}}-\lambda=0 \quad [v.e.] \tag{5.18}$$

$$\frac{d\Phi}{dB_2}=\frac{b_2}{2\cdot\sqrt{B_2}}-\lambda=0 \quad [v.e.] \tag{5.19}$$

$$\frac{d\Phi}{dB_3}=\frac{b_3}{2\cdot\sqrt{B_3}}-\lambda=0 \quad [v.e.] \tag{5.20}$$

Abban az esetben (munkapontban) amikor - az (5.12) egyenlet szerinti kényszerfeltétel mellett - a $H_1+H_2+H_3$-nak szélsőértéke van; $B_1\Rightarrow B_{10}$, $B_2\Rightarrow B_{20}$, $B_3\Rightarrow B_{30}$. A Lagrange feltételes szélsőérték tétel kimondja, hogy abban az esetben, ha az egyes $H_i = f(B_i)$ függvények felülről nézve konvexek, akkor a keresett szélső érték maximum. Az (5.12) valamint az (5.18)-(5.20) egyenletből:

$$\lambda=\sqrt{\frac{b_1^2+b_2^2+b_3^2}{4\cdot B_ö}} \quad [v.e.] \tag{5.21}$$

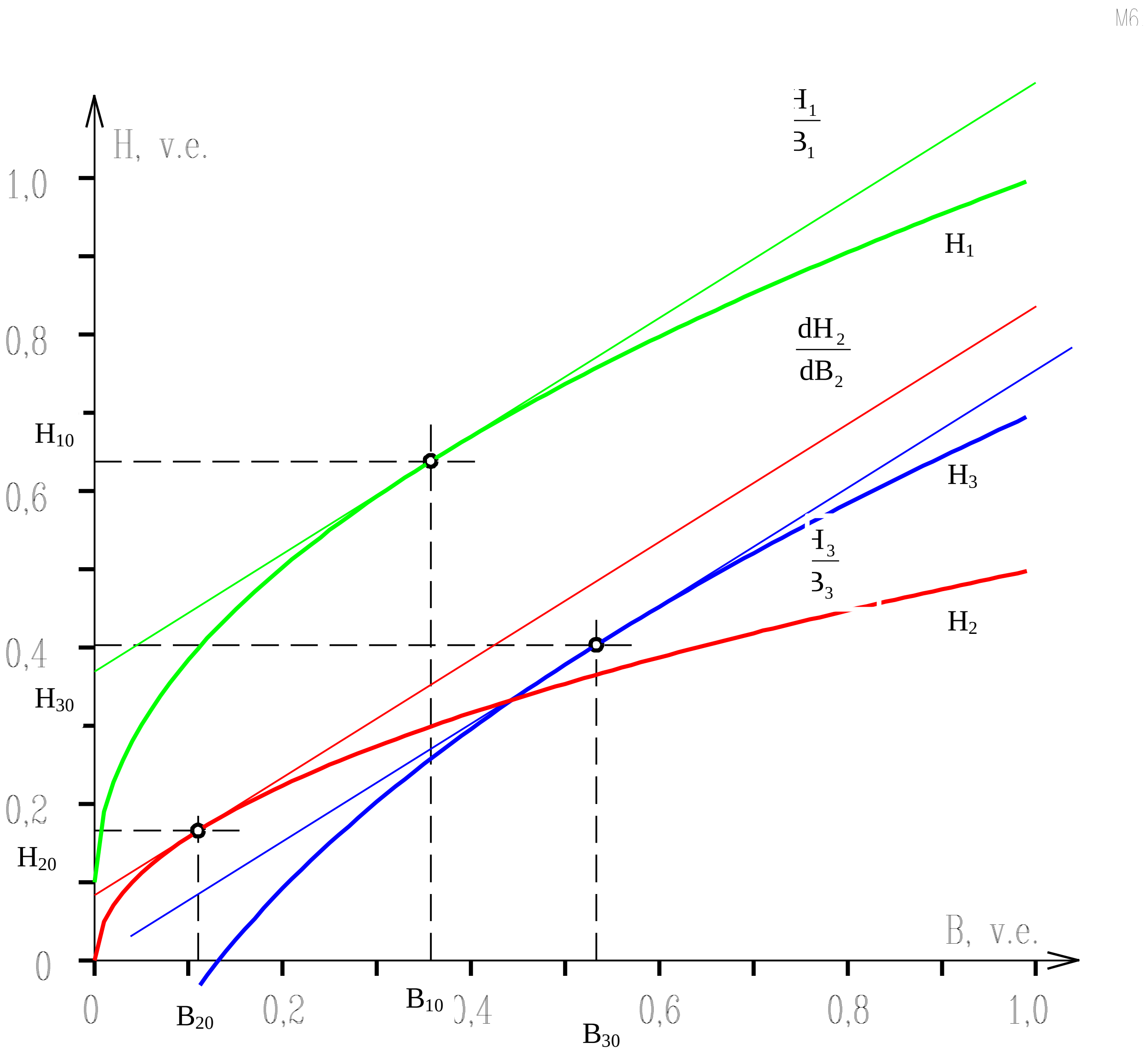
A λ ismeretében az (5.18) egyenletből a B_{10}, az (5.19) egyenletből a B_{20} és az (5.20) egyenletből a B_{30} értéke számítható.

A fentiekben leírt számításokat a következő adatokkal végeztük:

a_1 = 0,1 v.e., a_2 = 0, v.e., a_3 = -0,4 v.e., b_1 = 0,9 v.e., b_2 = 0,5 v.e., b_3 = 1,1 v.e., $B_ö$ = 1, v.e..

Eredmények:

λ = 0,753, B_{10} = 0,357 v.e., B_{20} = 0,11 v.e., B_{30} = 0,533 v.e.. A vizsgálat eredményeinek további szemléltetésére közöljük az 5.1. ábrát, amelyen látható, hogy a "munkapont"-ban $\frac{dH_1(B_1)}{dB_1}=\lambda$, $\frac{dH_2(B_2)}{dB_2}=\lambda$, és $\frac{dH_3(B_3)}{dB_3}=\lambda$. Ezt a tényt fogalmazza meg Gossen II. törvénye a következőképpen:



5.1. ábra.

A beruházás (B_i) és a haszon (H_i) összefüggését szemléltető ábra arra az esetre, ha a beruházás három jól elkülöníthető részhalmazra bontható.

6. Minimális veszteségi teljesítménnyel történő villamos energia átvitel

6.1. Minimális veszteségi teljesítménnyel történő D. C. villamos energia átvitel

Egy egyenáramú hálózaton a minimális veszteséggel kívánunk villamos energiát szállítani. Egyszerű példaként kiválasztunk két vezetéket, és meghatározzuk az I_1 és az I_2 áramerősséget úgy hogy a rendszer vesztesége minimális legyen (6.1. ábra). A felírható egyenletek az (5.4) és az (5.5) alapján:

$$f(x_1,\ x_2) \div R_1 \cdot I_1^2 + R_2 \cdot I_2^2 \quad [W] \tag{6.1}$$

$$\varphi_1(x_1,\ x_2) = 0 \div I - I_1 - I_2 = 0 \quad [A] \tag{6.2}$$

Az (5.13) egyenlet alapján írható:

$$\Phi(I_1,\ I_2) = R_1 \cdot I_1^2 + R_2 \cdot I_2^2\ \lambda \cdot (I - I_1 - I_2) \quad [W] \tag{6.3}$$

Az (5.3) egyenlet alapján írható:

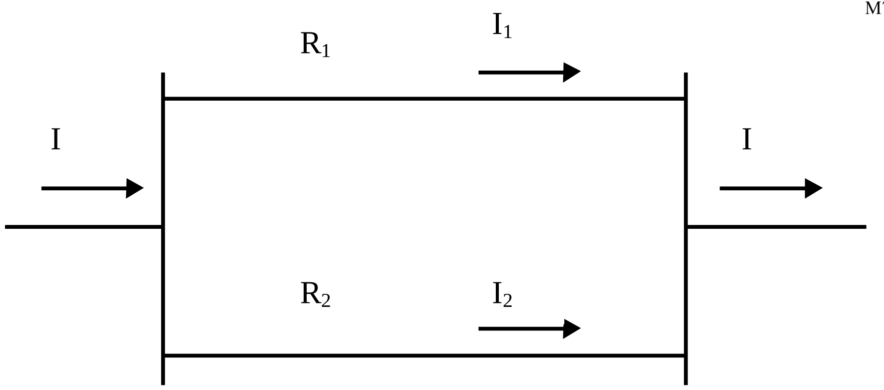
$$\frac{d\Phi(I_1, I_2)}{dI_1} = 2 \cdot R_1 \cdot I_1 - \lambda = 0 \quad [V] \tag{6.4}$$

$$\frac{d\Phi(I_1, I_2)}{dI_2} = 2 \cdot R_2 \cdot I_2 - \lambda = 0 \quad [V] \tag{6.5}$$

Mivel az I értéke adott, a (6.2), (6.4) és a (6.5) egyenletből a λ, az I_1 és az I_2 kiszámítható.

A (6.4) és a (6.5) egyenletből látható, hogy: $R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2$, ami azt jelenti, hogy a legkisebb veszteség akkor adódik, ha az árameloszlás a Kirchhoff egyenletek szerinti. A "természet" tehát az egyenáramú villamos energia átvitelt minimális veszteséggel valósítja meg. A Lagrange feltételes szélsőérték tétel kimondja, hogy abban az esetben, ha az egyes $P_{vi} = f(I_i)$ függvények alulról nézve konvexek, akkor a keresett szélső érék minimum; és esetünkben a feltétel teljesül.

M7.



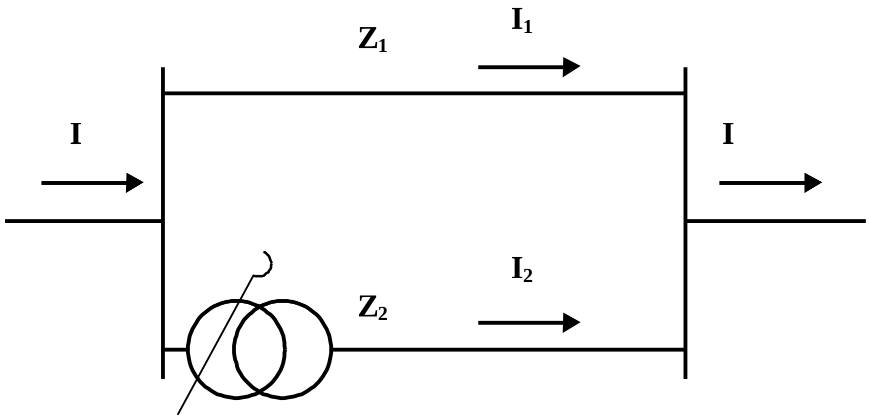
6.1. ábra.

Egyenáramú hálózat része (két vezeték) amelyen minimális veszteséggel kívánunk villamos energiát szállítani.

6.2. Minimális veszteségi teljesítménnyel történő A. C. villamos energia átvitel

Egy váltakozó áramú hálózaton a minimális veszteségi teljesítménnyel kívánunk villamos energiát szállítani. Egyszerű példaként kiválasztunk két vezetéket, és meghatározzuk az $\mathbf{I_1}$ és az $\mathbf{I_2}$ áramerősséget úgy hogy a rendszer vesztesége minimális legyen (6.2. ábra).

M8



6.2. ábra.

Váltakozó áramú hálózat része (két vezeték) amelyen minimális veszteséggel kívánunk villamos energiát szállítani.

Az $\mathbf{I_1}$ és az $\mathbf{I_2}$ most komplex fazorok. Értékük:

$$\mathbf{I_1} = a_1 + j \cdot b_1 \quad [A] \tag{6.6}$$

és

$$\mathbf{I_2} = a_2 + j \cdot b_2 \quad [A] \tag{6.7}$$

valamint:

$$\mathbf{I} = \mathbf{I_1} + \mathbf{I_2} = a + j \cdot b \quad [A] \tag{6.8}$$

A megoldás szempontjából annyi a változás a 6.1. fejezetben leírtakhoz képest, hogy a kényszerfeltétel az áramerősségnek mind a valós, mind pedig a képzetes részére vonatkozik, tehát:

$$f(x_1,\ x_2,\ x_3,\ x_4) \div R_1 \cdot \left|\mathbf{I_1^2}\right| + R_2 \cdot \left|\mathbf{I_2^2}\right| = R_1 \cdot \left(a_1^2 + b_1^2\right) + R_2 \cdot \left(a_2^2 + b_2^2\right) \quad [W] \tag{6.9}$$

$$\varphi_1(x_1,\ x_2,\ x_3,\ x_4) = 0 \div a - a_1 - a_2 = 0 \quad [A] \tag{6.10}$$

valamint:

$$\varphi_2(x_1,\ x_2,\ x_3,\ x_4) = 0 \div b - b_1 - b_2 = 0 \quad [A] \tag{6.11}$$

$$\Phi(a_1,\ a_2,\ b_1,\ b_2) = R_1 \cdot \left(a_1^2 + b_1^2\right) + R_2 \cdot \left(a_2^2 + b_2^2\right) + \lambda_1 \cdot (a - a_1 - a_2) + \lambda_2 \cdot (b - b_1 - b_2) \quad [W] \tag{6.12}$$

$$\frac{d\Phi(a_1,\ a_2,\ b_1,\ b_2)}{da_1} = 2 \cdot R_1 \cdot a_1 - \lambda_1 = 0 \quad [V] \tag{6.13}$$

$$\frac{d\Phi(a_1,\ a_2,\ b_1,\ b_2)}{db_1} = 2 \cdot R_1 \cdot b_1 - \lambda_2 = 0 \quad [V] \tag{6.14}$$

$$\frac{d\Phi(a_1,\ a_2,\ b_1,\ b_2)}{da_2} = 2 \cdot R_2 \cdot a_2 - \lambda_1 = 0 \quad [V] \tag{6.15}$$

$$\frac{d\Phi(a_1,\ a_2,\ b_1,\ b_2)}{db_2} = 2 \cdot R_2 \cdot b_2 - \lambda_2 = 0 \quad [V] \tag{6.16}$$

A (6.10), (6.13) és a (6.15) egyenletből:

$$a_1 = a\frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad [A] \text{ és } b_1 = b\frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad [A] \tag{6.17}$$

A (6.11), (6.14) és a (6.16) egyenletből:

$$a_2 = a\frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad [A] \text{ és } b_2 = b\frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad [A] \tag{6.18}$$

A (6.17) és a (6.18) egyenlet alapján látható, hogy az áramerősségeket ebben az esetben is az ellenállások arányában kell elosztani. A D.C. energiaátvitelnél ez automatikusan teljesül. Jelen esetben azonban az áramerősségek az impedanciák arányában oszlanak el. A szabályozó transzformátor az, amely az ettől eltérő áramelosztást lehetővé teszi. Fenti vizsgálat bemutatta, hogy az A.C. energiaátvitelnél is meg lehet valósítani a minimális hálózati veszteséggel való energia szállítást. Annak oka, hogy ez nem elsőrendű szempont, az, hogy a szellemi és anyagi ráfordítás nagyobb, mint a veszteség csökkenés által elérhető haszon.

7. Gazdaságos teherelosztás kondenzációs hőerőművi blokkok között

7.1. Általános szempontok

Ahhoz, hogy a villamosenergia-rendszert alkotó blokkok között a hatásos villamos teljesítményt gazdaságosan lehessen elosztani, kell működnie egy számítógépnek, amely mért adatok alapján meghatározza a vizsgált villamosenergia-rendszer összes fogyasztói teljesítményét. A blokkoknak rendelkeznie kell olyan szabályozóval, amely az Országos Villamos Teherelosztóból érkező parancsokat végre tudja hajtani. (Ez utóbbi feltétel nem létfontosságú, mivel az utasításokat telefonon is ki lehet adni, és ezeket a blokk vezénylő személyzete végrehajtja.)

A parancsok kiadásának sűrűsége szintén műszaki-gazdasági optimum keresés kérdése. A magyar villamosenergia-rendszert alkotó szénhidrogén- és széntüzelésű 200 MW-os blokkok fel- ill. leterhelési sebessége üzemzavar mentes állapotban 3 MW/perc. Az 1-2 MW-os teljesítmény-változtatás egy 200 MW-os blokknál értelmetlen. Ez azt jelenti, hogy a fel- és leszabályozási parancsok egy percnél rövidebb időközökben nem követhetik egymást. A minél kevesebb szabályozási parancs kiadására azért törekszünk, mert a kazán- turbina oldalon a teljesítmény-változások mechanikai elmozdulásokkal és/vagy hőmérséklet-változásokkal járnak. Így minden munkapont váltás kopásokkal jár ill. az anyagok fárasztó igénybevételét okozza. A minél kevesebb szabályozási parancsnak viszont határt szabnak a rendszerközi együttműködési kötelezettségek amelyek a $V_{r1},...,V_{rn}$ vezetéken áramló teljesítményre, valamint a frekvenciára vonatkoznak (7.1. ábra). Így született meg az a kompromisszum, melynek eredményeképpen egy 200 MW-os szén- vagy szénhidrogén tüzelésű blokk - üzemzavar mentes állapotban - 15 percnél gyakrabban nem kap ellenkező irányú hatásos villamos teljesítmény-változtatásra vonatkozó parancsot. (A 7.1. fejezetben leírtak érvényesek akkor, ha a rendszert alkotó összes erőművi blokk egy jogi személy tulajdonát képezi. Mivel a privatizáció után ez már nem így van, ezeket a vizsgálatokat az egyes erőművek blokkjaira terjeszthetjük ki.)

7.2. Kondenzációs hőerőművi blokk változó önköltsége

Ahhoz, hogy erőművi blokkok között gazdaságosan tudjunk hatásos villamos teljesítményt elosztani,

- a termelői oldalon rendelkezése álló teljesítménynek jóval nagyobbnak kell lennie, mind a fogyasztói rendszer teljesítményének,
- az egyes erőművi blokkok változó önköltségének nem szabad egymástól számottevően eltérnie.

A vizsgált villamosenergia-rendszer i-edik erőművi blokkja változó önköltségének a teljesítménytől való függését a 7.2. ábrán és a (7.1) egyenletben adott polinommal közelítjük. A K_V függvény három részre tagozódik.

1. A c_i-vel jellemzett rész a leadott hatásos villamos teljesítménytől független. Ilyen: a személyzet munkabére, a karbantartási költségek, kenőanyagok, pótalkatrészek költségei, a blokk üresjárási gőzfogyasztásával kapcsolatos tüzelőanyag költségek, az üzemzavarok által okozott károk költségei, stb. (A K_V függvényt azért hívjuk változó önköltségnek, mert nem tartalmaz egy igen fontos állandó költség összetevőt, nevezetesen a tőketerhet. Ennek számértéke közel akkora, mint a

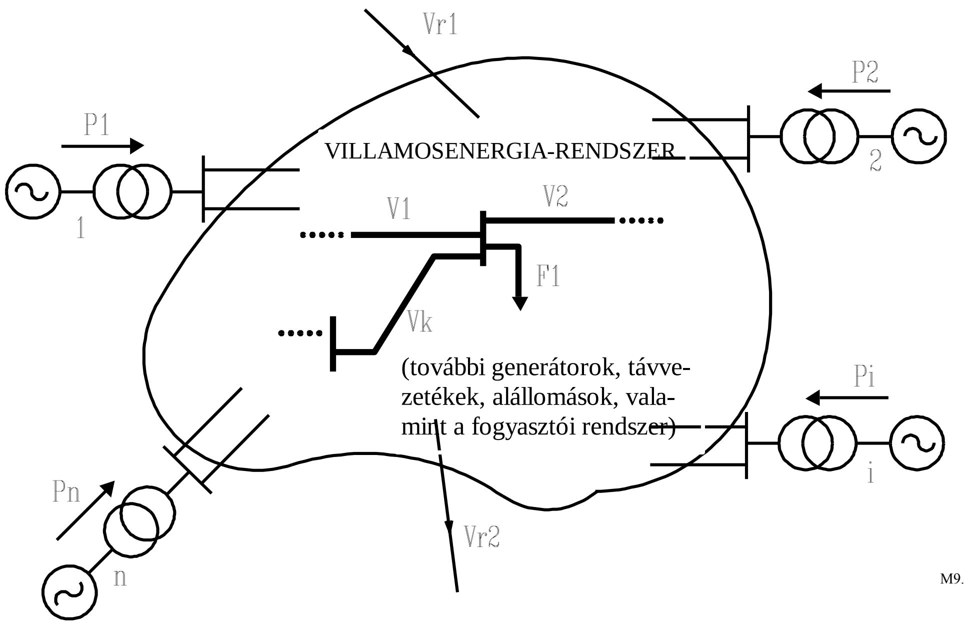
K_V függvény névleges teljesítményhez tartozó értéke. Annak oka, hogy ezt a költség összetevőt a gazdaságos teherelosztásnál nem vesszük figyelembe nem csak az, hogy ilyen módon egy 25 éve működő erőművi blokk számítás nélkül is gazdaságosabb lenne mint egy most üzembe helyezett, hanem azért, mert a Lagrange feltételes szélsőérték tétel alkalmazásánál a c_i összetevő kiesik.)

2. Az $a_i \cdot P_i$ -vel jellemzett rész a leadott hatásos villamos teljesítménytől lineárisan függ. Ezt a költségrészt döntően az üzemanyag felhasználás determinálja. A $K_V = f(P)$ függvénynél úgy vesszük figyelembe, hogy a $P = 0$ környezetében a függvényhez egy érintőt húzunk.

3. A $b_i \cdot P_i^2$ szerinti összetevő azt veszi figyelembe, hogy a teljesítménytől közel lineárisan függő üzemanyag-, levegő- és víz tömegáramok szállításához szükséges teljesítmény a tömegáramnak egynél magasabb kitevőjű hatványával arányos. Ugyanígy: a leadott teljesítmény a turbina megcsapolási hőmérsékleteinek közel lineáris függvénye. A hőenergia veszteség azonban a hőmérsékletnek szintén egynél magasabb kitevőjű hatványával változik.

$$K_{Vi} = c_i + a_i \cdot P_i + b_i \cdot P_i^2 \quad [\mathrm{Ft/s}] \tag{7.1}$$

A $K_V = f(P)$ függvényt méréssel határozzák meg. A mérés menete: a $0<P<1{,}05 \cdot P_n$ tartományban megmérik a mérés időtartama alatt elfogyasztott tüzelőanyag mennyiségét. Az egyes teljesítményekhez tartozó mérés időtartama annyi amennyi alatt a nyomások és a hőmérsékletek beállnak az új teljesítmény munkapont által determinált értékre. (A hatásfok mérés alatt - természetesen - a kazán, turbina, generátor egység üzemére vonatkozó számos paramétert mérnek, ezek azonban a $K_V = f(P)$ függvény meghatározásához nem szükségesek.)
A P_n a vizsgált blokk névleges teljesítménye.



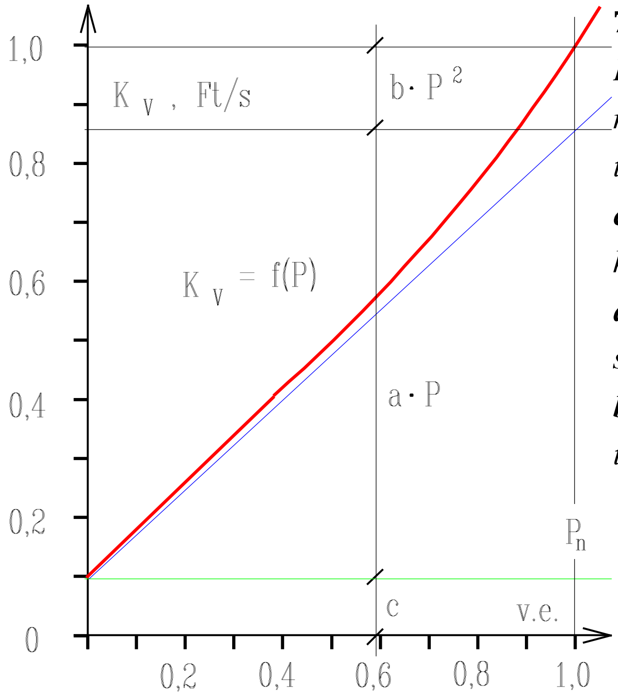
7.1. ábra.

Valamely gazdasági rendszerhez tartozó, más energiarendszerekkel együttműködő villamosenergia-rendszer elvi sémája a gazdaságos teherelosztás vizsgálatához. Az ábrán: 1, 2,..., i,..., n: a vizsgált erőművi blokkok sorszáma; P_1, P_2,...,P_i,..., P_n az egyes vizsgált kondenzációs erőművi blokkok által a villamosenergia-rendszerbe beadott hatásos villamos teljesítmény; V_1, V_2,..., V_k: a vizsgált villamosenergia-rendszer alap- és főelosztó hálózatát alkotó vezetékek; F_1: a fogyasztói rendszer 1. számú egysége; V_{r1}, V_{r2}: a rendszerközi kapcsolatokat biztosító vezetékek.

A gazdaságos teherelosztás azt jelenti, hogy a teljes villamosenergia-rendszer változó önköltsége minimális:

$$\Sigma K_V = K_{V1}(P_1) + K_{V2}(P_2),\dots,+K_{Vi}(P_i),\dots,+K_{Vn}(P_n) \quad [\mathrm{Ft/s}] \qquad (7.2)$$

legyen minimum.



7.2. ábra.
Egy erőmű változó önköltség teljesítmény függvénye. Az egyes költségösszetevők:
c: *a leadott teljesítménytől független költség összetevő;*
a*P: *a leadott teljesítménytől lineárisan függő költség összetevő;*
b*P²: *a leadott teljesítménytől négyzetesen függő költség összetevő.*

7.3. A Lagrange szélsőérték tétel alkalmazása kondenzációs hőerőművi blokkok közötti gazdaságos teherelosztásra

Alkalmazzuk a Lagrange multiplikátor módszert *n* db. kondenzációs erőművi blokk közötti gazdaságos hatásos villamos teljesítmény elosztás vizsgálatára. Ekkor:

$$f(x_1,\ x_2,\ x_3,\dots,x_n) \div K_{V1}(P_1) + K_{V2}(P_2),\dots,+K_{Vi}(P_i),\dots,+K_{Vn}(P_n) \quad [\mathrm{Ft/s}] \qquad (7.7)$$

$$\varphi_1(x_1,\ x_2,\dots,x_n) = 0 \div \Sigma P - \sum_{i=1}^{n} P_i \quad [\mathrm{MW}] \qquad (7.8)$$

$$x_1 = a_1 \div P_{10},\ x_2 = a_2 \div P_{20},\dots,\ x_i = a_i \div P_{i0},\dots,x_n = a_n \div P_{n0} \quad [\mathrm{MW}] \qquad (7.9)$$

Ahol:
P_1, P_2,..., P_n: az egyes erőművi blokkok által leadott teljesítmény [MW];

ΣP: a fogyasztói rendszer hatásos villamos teljesítménye;

$K_{V1}(P_1)$, $K_{V2}(P_2)$,...,$K_{Vn}(P_n)$: az egyes erőművi blokkok változó költség teljesítmény függvénye [Ft/s];

P_{10}, P_{20},..., P_{n0}: az egyes erőművi blokkok hatásos villamos teljesítményének azon értékei, amelyek mellett villamosenergia-rendszer összes működő blokkjának a változó önköltsége minimumot ér el [MW].

Esetünkben:

$$\Phi(P_1,\ P_2,...,P_n) = K_{V1}(P_1) + K_{V2}(P_2),...,K_{Vn}(P_n) + \lambda\cdot(\Sigma P - P_1 - P_2,...,-P_n)\quad [Ft/s] \tag{7.10}$$

$$\frac{d\Phi}{dP_1} = \frac{dK_{V1}(P_1)}{dP_1} - \lambda = 0\quad \left[\frac{Ft}{MW\cdot s}\right] \tag{7.11}$$

$$\frac{d\Phi}{dP_2} = \frac{dK_{V2}(P_2)}{dP_2} - \lambda = 0\quad \left[\frac{Ft}{MW\cdot s}\right] \tag{7.12}$$

•

•

•

$$\frac{d\Phi}{dP_n} = \frac{dK_{Vn}(P_n)}{dB_n} - \lambda = 0\quad \left[\frac{Ft}{MW\cdot s}\right] \tag{7.13}$$

Az (7.1) egyenlet figyelembe vételével a (7.11)-(7.13) egyenletekre kapjuk:

$$a_1 + 2\cdot b_1\cdot P_{10} - \lambda = 0\quad \left[\frac{Ft}{MW\cdot s}\right] \tag{7.14}$$

$$a_2 + 2\cdot b_2\cdot P_{20} - \lambda = 0\quad \left[\frac{Ft}{MW\cdot s}\right] \tag{7.15}$$

•

•

•

$$a_n + 2\cdot b_n\cdot P_{n0} - \lambda = 0\quad \left[\frac{Ft}{MW\cdot s}\right] \tag{7.16}$$

A (7.11)-(7.13) egyenletekből láthatóan a P_{10}, P_{20},..., P_{n0} -hoz tartozó $\frac{dK_{V1}(P_1)}{dP_1} = \frac{dK_{V2}(P_2)}{dP_2} =,...,= \frac{dK_{Vn}(P_n)}{dP_n} = \lambda$-val. Tehát a $K_{V1}(P_1)$, $K_{V2}(P_2)$,...,$K_{Vn}(P_n)$ függvények differenciálhányadosa a minimális rendszerszintű változó önköltséghez tartozó munkapontban azonos.

7.3. A Lagrange szélsőérték tétel alkalmazása két kondenzációs hőerőművi blokk közötti gazdaságos teherelosztásra

Példaként alkalmazzuk a Lagrange multiplikátor módszert 2 db. kondenzációs erőművi blokk közötti gazdaságos hatásos villamos teljesítmény elosztás vizsgálatára (7.3. ábra). Ekkor:

$$f(x_1,\ x_2) \div K_{V1}(P_1) + K_{V2}(P_2)\quad [Ft/s] \tag{7.17}$$

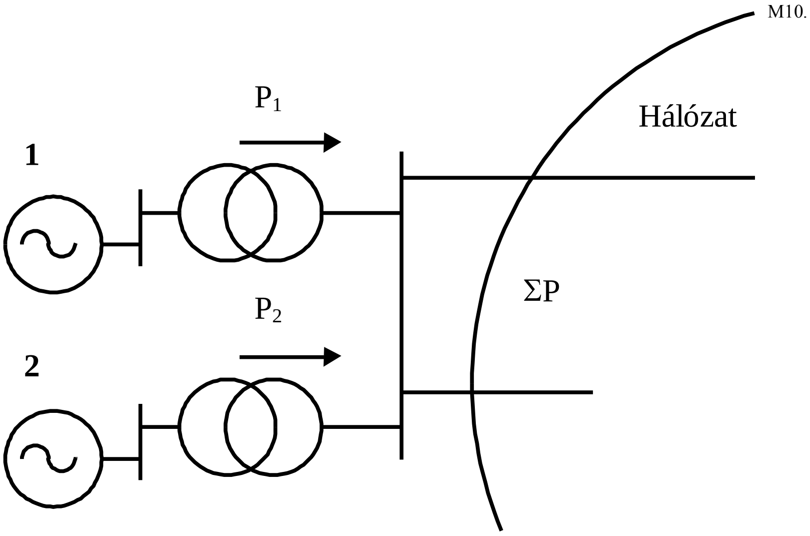
$$\varphi_1(x_1,\ x_2,...,x_n) = 0 \div \Sigma P - P_1 - P_2\qquad [MW] \tag{7.18}$$

$$x_1 = a_1 \div P_{10},\ x_2 = a_2 \div P_{20}\ \ [\mathrm{MW}] \tag{7.19}$$

Ahol:

P_1, P_2: az egyes erőművi blokkok által leadott teljesítmény [MW];

ΣP: a két blokk által a fogyasztói rendszerbe táplált hatásos villamos teljesítmény [MW];



7.3. ábra.

Együttműködő villamosenergia-rendszer elvi sémája két blokk közötti gazdaságos teherelosztás vizsgálatához. Az ábrán: 1, 2: a vizsgált erőművi blokkok sorszáma; P_1, P_2 az egyes vizsgált kondenzációs erőművi blokkok által a villamosenergia-rendszerbe beadott hatásos villamos teljesítmény.

$K_{V1}(P_1)$, $K_{V2}(P_2)$: az egyes erőművi blokkok változó költség teljesítmény függvénye [Ft/s];

P_{10}, P_{20},..., P_{n0}: az egyes erőművi blokkok hatásos villamos teljesítményének azon értékei, amelyek mellett villamosenergia-rendszer összes működő blokkjának a változó önköltsége minimumot ér el [MW].

Esetünkben:

$$\Phi(P_1,\ P_2) = K_{V1}(P_1) + K_{V2}(P_2) + \lambda \cdot (\Sigma P - P_1 - P_2)\ \ [\mathrm{Ft/s}] \tag{7.20}$$

$$\frac{d\Phi}{dP_1} = \frac{dK_{V1}(P_1)}{dP_1} - \lambda = 0\ \ \left[\frac{\mathrm{Ft}}{\mathrm{MW \cdot s}}\right] \tag{7.21}$$

$$\frac{d\Phi}{dP_2} = \frac{dK_{V2}(P_2)}{dP_2} - \lambda = 0\ \ \left[\frac{\mathrm{Ft}}{\mathrm{MW \cdot s}}\right] \tag{7.22}$$

A (7.1) egyenlet figyelembe vételével a (7.21)-(7.22) egyenletekre kapjuk:

$$a_1 + 2 \cdot b_1 \cdot P_{10} - \lambda = 0\ \ \left[\frac{\mathrm{Ft}}{\mathrm{MW \cdot s}}\right] \tag{7.23}$$

$$a_2 + 2 \cdot b_2 \cdot P_{20} - \lambda = 0\ \ \left[\frac{\mathrm{Ft}}{\mathrm{MW \cdot s}}\right] \tag{7.24}$$

A (7.18), (7.23) és a (7.24) egyenlet alapján:

$$P_{10} = \frac{a_2 - a_1}{2 \cdot (b_1 + b_2)} + \frac{b_2}{(b_1 + b_2)} \Sigma P \quad [\mathrm{MW}] \tag{7.25}$$

8. A lineáris programozás

8.1. Általános szempontok

Az alapfeladat lényege az, hogy a változók egy adott függvényének, az ú.n. célfüggvénynek a szélsőértékét keressük bizonyos mellékfeltételek esetén. Ha e mellékfeltételek a változókra vonatkozó lineáris egyenlőtlenség rendszerrel adhatók meg, akkor matematikai programozásról beszélünk. Abban az esetben, ha ezen kívül a célfüggvény is a változók lineáris függvénye, akkor speciálisan a lineáris programozás feladatához jutunk.

A 7. fejezetben is "célfüggvény"-ek szélső értékeit kerestük, de itt a vizsgált függvényeknél nem volt megkötés a lineáris kapcsolat. A konkrét feladat megoldása kapcsán olyan esetekben is elérhetjük a célt, ha nem teljesül a linearitás követelménye. Ilyenkor a munkapont körüli linearizálással oldjuk meg a feladatot.

8.2. A probléma matematikai megfogalmazása

A (8.1) egyenlet szerinti függvény a maximális értékét veszi fel a (8.2) egyenlet szerinti peremfeltételekkel:

$$L(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) \equiv \sum_{k=1}^{n} c_k \cdot x_k \quad [1] \tag{8.1}$$

$$\sum_{j=1}^{n} c_{ij} \cdot x_j \le b_i \quad (i = 1, 2, 3, \ldots, m) \quad [1] \tag{8.2}$$

A vizsgálatokat a valós elemű mátrixok közötti összefüggések felhasználásával végezzük (8.3)-(8.5) egyenlet. (Az eddigiekben azt a módszert követtük, hogy minden képlet mellett feltüntettük a benne szereplő változók mértékegységét. Mivel ebben a fejezetben a későbbiekben már csak számok szerepelnek, ezek mértékegységének a feltüntetésétől eltekintünk.)

$$\underline{\mathbf{x}} \ge 0 \tag{8.3}$$

$$\underline{\underline{\mathbf{A}}} \cdot \underline{\mathbf{x}} \le \underline{\mathrm{b}} \qquad (\underline{\mathbf{b}} \ge 0) \tag{8.4}$$

$$\underline{\mathbf{c}}' \cdot \underline{\mathbf{x}} \Rightarrow \max. \qquad (\underline{\mathbf{c}}' \ge 0) \tag{8.5}$$

A (8.3)-(8.5) egyenletben:

$$\underline{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \bullet \\ \bullet \\ x_n \end{bmatrix} \tag{8.6}$$

Az $\underline{\mathbf{x}}$ a (8.4) egyenlőtlenséget kielégítő ismeretlenek oszlopvektora.

$$\underline{\underline{A}} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \bullet & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \bullet & a_{2n} \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \bullet & a_{mn} \end{bmatrix} \tag{8.7}$$

Az $\underline{\underline{A}}$ a (8.4) egyenlőtlenség $m*n$ méretű együtthatómátrixa.

$$\underline{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \bullet \\ \bullet \\ b_n \end{bmatrix} \tag{8.8}$$

A $\underline{b}$ a (8.4) egyenlőtlenség együtthatóinak oszlopvektora.

A $\underline{c}'$ a (8.5) egyenlőtlenség együtthatóinak sorvektora:

$$\underline{c}' = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & \bullet & \bullet & c_{1n} \end{bmatrix} \tag{8.9}$$

A (8.4) egyenlőtlenség rendszert, a (8.1) egyenlet által determinált célfüggvény figyelembevételével, a lineáris egyenletrendszerek elmélete alapján oldjuk meg. A konkrét megoldás az ú.n. "szimplex táblázatok" segítségével történik. A kézi módszerrel történő megoldástól eltekinthetünk, mivel rendelkezésre állnak a digitális számítógépi szubrutinok.

8.3. A feladat geometriai értelmezése

Ha a (8.4) és a (8.5) egyenletben az ismeretlenek száma $\leq$ 3-mal, akkor az egyenlet megoldása a 3 dimenziós térben szemléltethető, ill. síkproblémaként kezelhető.

Oldjunk meg egy egyszerű feladatot az eddigiek bemutatására. Keressük a

$$2 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2$$

lineáris függvény maximumát

$$6 \cdot x_1 + 4 \cdot x_2 \leq 24$$
$$x_1 + 2 \cdot x_2 \leq 8$$

mellékfeltételeket kielégítő esetben, x_1 és x_2 nem negatív értékei mellett. A feladat megoldását a 8.1. ábrán szemléltetjük. Az x_1 és x_2 számára szóba jöhető megoldások a bevonalkázott területre esnek. Számítsuk ki a célfüggvény értékét az A, B, illetve a C pontban:

$$\text{max.}(A) = 2 \cdot 0 + 3 \cdot 4 = 12$$

$$\text{max.}(B) = 2 \cdot 2 + 3 \cdot 3 = 13$$

$$\text{max.}(C) = 2 \cdot 4 + 3 \cdot 0 = 8$$

Toljuk el önmagával párhuzamosan a 8.1. ábrán a célfüggvény által determinált egyenest a vonalkázott terület felé. Ahol érinti, ott kapjuk meg a célfüggvény maximális értékét (jelen esetben a B pontban).

A gyakorlati problémák megoldásánál a feladatok - az esetek döntő részében - 3 -nál több ismeretlent tartalmaznak. Ilyenkor a megoldást az n dimenziós térben értelmezzük. A feladatok megoldása abban áll, hogy megvizsgáljuk a lehetséges megoldások által meghatározott konvex poliéder csúcspontján a lineáris célfüggvény által felvett értékeket. A feladatot - természetesen - digitális számítógépi szubrutin segítségével oldjuk meg.

8.1. ábra

Szemléltető ábra a lineáris programozás alapfeladatának geometriai értelmezéséhez

9. A villamosenergia-rendszer elemeinek megbízhatósága

9.1. Általános szempontok

Egy termék, berendezés vagy rendszer megbízhatóságán azt a képességét értjük, hogy előírt funkciót elvégezzen, adott működési és környezeti feltételek mellett, miközben a meghatározott tényleges működés alatt szabatos állapotú. A termék (berendezés, rendszer) megbízhatóságát hibamentessége valamint részeinek élettartama határozza meg.

Az esetek döntő részében az a feladat, hogy valamely nagyfogyasztót ellátó 10 kV-os gyűjtősínen stabil, megbízható energiaellátást kell fenntartani. A feladatot egy konkrét példa kapcsán világítjuk meg: Adott egy vegyi üzem *egyik csarnokának* 10 kV-os alállomása. A villamos energia ellátásnak olyannak kell lennie, hogy 5 másodpercnél hosszabb feszültség kimaradás csak 25 évenként következhet be. Az energia ellátást a következőképpen biztosítottuk:

- a vegyi üzemtől 3 km-re lévő erőmű 10 kV-os sínjéről kábelen vezettük el az energiát a fogadó állomás 10 kV-os sínjéig. Két párhuzamos tat alakítottunk ki olymódon, hogy az egyik kiesése estén a másik automatikusan bekapcsolódik;
- a vegyi üzemnek az - erőműtől független csomópontról táplált - 120/10 kV-os állomásától is kiépítettünk egy betáplálást a kérdéses üzemrészhez. Az első betáplálás kiesésekor ez lép automatikusan üzembe;
- építettünk egy diesel motor generátor egységet, amely az első bekezdésben leírt esemény bekövetkeztekor automatikusan indult. Bekapcsolását arra az esetre terveztük, ha a 120/10 kV-os hálózaton sem lett volna feszültség.

Az elmúlt 30 évben nem volt olyan súlyos üzemzavar, hogy a diesel generátornak kellett volna az energiaellátást biztosítani. Mindez annak tulajdonítható, hogy az erőmű 10 kV-os gyűjtősínjén is csak 30 évenként fordul elő, hogy nincs 10 kV-os feszültség.

Az egyes csomópontok üzemzavar mentes energia ellátása fontos feladat. Fenti példánál az 5 másodpercnél hosszabb ideig tartó feszültség kimaradás robbanást okozhat. Egy forgácsoló gépeket működtető üzemcsarnokban egy 100 ms-os feszültség-kimaradás esetén is alap állapotba kell állítani a késeket, mivel a hajtó gépek újraindítása esetén eltörnének. Az újraindítás költségei sokkal nagyobbak mind a kiesés időtartama alatti áramdíj.

Ugyanígy pl. egy tojástálca gyár gépsorainál egy 1 másodperces áramkimaradás után 1 óráig tart a normál üzem helyreállítása. A feszültség-kimaradás okozta kár kb. 200 000 Ft/esemény. Nagyságrenddel nagyobb mint az egy órára vonatkozó áramszámla.

Fenti példákból látható, hogy az egyes gyűjtősínek üzemzavarmentes állapotának biztosítása fontos műszaki gazdasági feladat. Az üzemzavarmentes állapotot az üzemzavar ok statisztikai módszerekkel történő feldolgozása alapján vizsgáljuk. A rendszerre vonatkozó vizsgálatokhoz az egyes elemekre vonatkozó események vizsgálatából indulunk ki.

9.2. A rendszer egyetlen eleme üzemállapotainak leírása

Tekintsük a rendszer egy elemének (pl. egy erőművi blokknak) az üzemállapotait az idő függvényében (9.1. ábra).

Az ábrán:

T_N: a vizsgálat időintervalluma [h];

$t_{ü1}$, $t_{ü2}$, $t_{ü3}$,...,$t_{ün}$: a berendezés működésének ideje (üzemidők) [h];

t_{z1}, t_{z2}, $t_{üz}$,...,t_{zn}: az üzemzavari kiesés ideje (előre nem tervezhető időintervallum), valószínűségi változó [h];

t_{k1}, t_{k2}, t_{kz},...,t_{kn}: üzemi kísérlet céljából történő leállás, előre meghatározható (determinisztikus) idő [h];

t_{j1}, t_{j2}, t_{jz},...,t_{jn}: javítás céljából történő leállás, előre meghatározható (determinisztikus) idő [h].

Mivel T_N éves nagyságrendű, az órában kifejezett idők a vizsgálathoz megfelelőek.

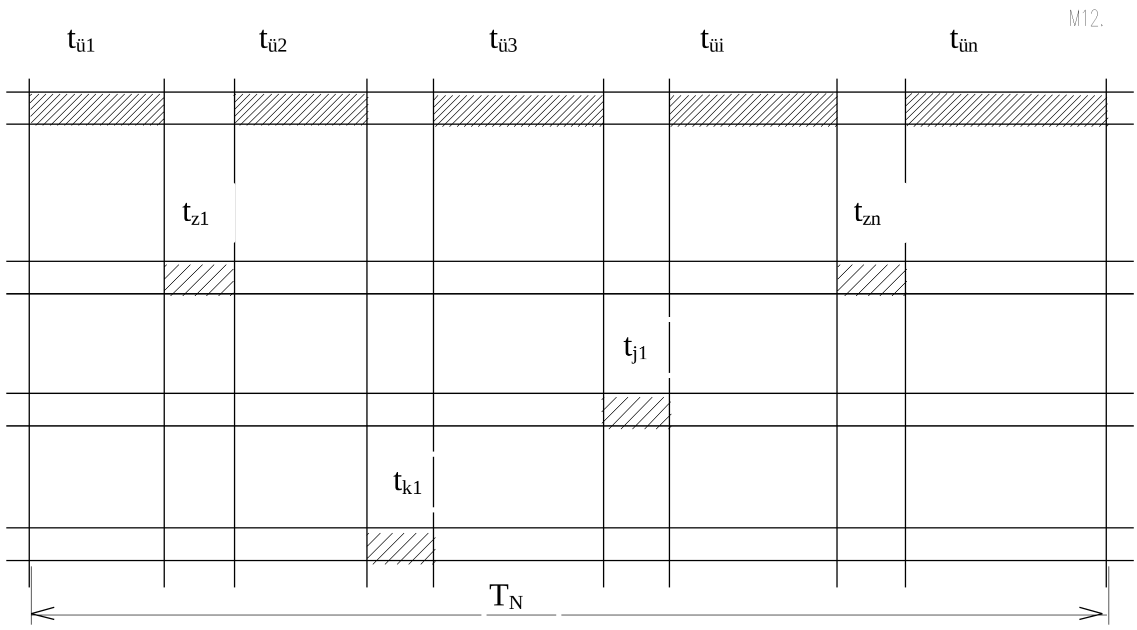
Ha egy kísérletben az eseménytér *n* számú egyenlően valószínű elemi eseményt tartalmaz, akkor a kísérlettel kapcsolatban megfogalmazható bármely véletlen esemény valószínűségét megkapjuk, ha összeszámoljuk a véletlen eseményben foglalt elemi események számát, és elosztjuk *n*-nel, az összes elemi esemény számával. Ha tehát az *A* esemény *k* elemi esemény összegeként állítható elő, akkor:

$$p_{val}(A) = \frac{k}{n} \tag{9.1}$$

Esetünkben az *A* esemény az, hogy a vizsgált berendezés üzemképes. Legyen: n = T_N = 8760 h, és k = 8497,2 h akkor:

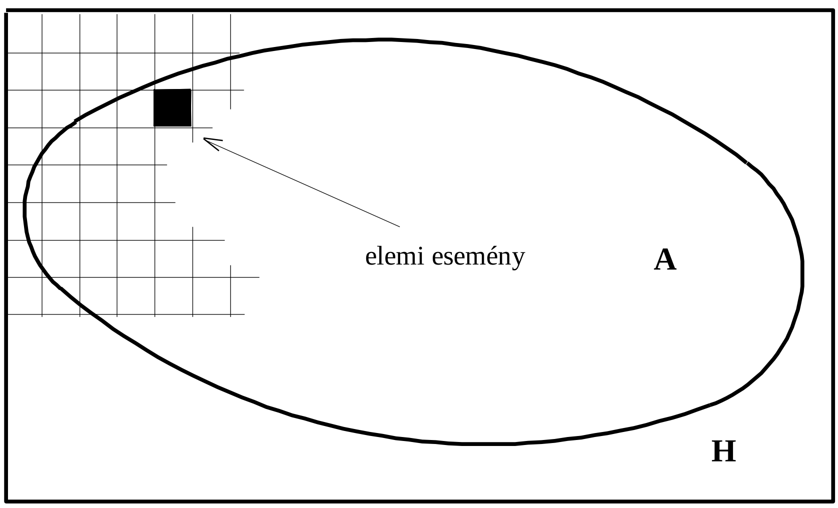
$$p_{val}(A) = \frac{k}{n} = \frac{8497{,}2}{8760} = 0{,}97.$$

A determinisztikus üzemszünet időket $(t_k + t_j)$ definíciószerűen üzemidőnek tekintjük, mert nem teljes értékű információ a berendezés üzembiztonsága vonatkozásában.



a.)

M13.



b.)

9.1. ábra.

A rendszer egy eleme működésének szemléltetése; a.) a berendezés (készülék) működésének bemutatása az idő függvényében, b.) a berendezés (készülék) működésének szemléltetése a Venn- diagramban.

10. A napsugárzás energiájának felhasználása

(Vizsgakérdés orientált feldolgozás)

Igaz ugyan, hogy az árapály-energia és a nukleáris energiahordozók energiáját kivéve minden energiahordozó energiája a Napból származtatható, de a fosszilis tüzelőanyagok energiájukat évmilliárdok alatt halmozták fel, és mi néhány évszázad alatt eltüzeljük őket. Ezek tehát nem megújuló energiaforrások. A most szóban forgó energia azonban minden nap megújul. A Föld a nappal megvilágított félteke által befogott energiát éjszaka kisugározza a világűrbe. (Ha nem így lenne, akkor a Föld átlagos hőmérséklete állandóan növekedne, vagy csökkenne.)

Mivel a napsugárzás energiája nem szennyezi a környezetet, érdemes foglalkozni felhasználása lehetőségeivel. A vizsgálatok első lépése: megállapítani, hogy felhasználása mekkora szerepet játszik a vizsgált gazdasági rendszer (esetünkben Magyarország) energia mérlegében.

A Naptól földtávolsárnyira (tehát a légkör külső határán) a Napra merőleges minden m^2-re

$$p_N \approx 1{,}4\,\mathrm{kW/m^2} \tag{10.1}$$

sugárzási teljesítmény jut. A Föld felszínére érkező teljesítmény ennél kisebb, mivel a légkörben ennek egy része visszaverődik. Ennek a mértékéről az elmúlt 20 évben különböző számértékeket adtak meg. A jelenleg elfogadott érték a föld felszínén:

$$p_{Nf} = 1\,\mathrm{kW/m^2} \tag{10.2}$$

Becsüljük meg azt a felületet amelyet napkollektorokkal fedhetünk le. Az ország felszíne kb. 93 000 km^2. Ennek 10 %-ára becsüljük azt a részt ahol építmények vannak. Az építmények minden 100 m * 100 m –es darabjának 1- m^2 ét napkollektorokkal fedünk be. Így az a felület, amely az országban rendelkezésünkre áll:

$$A_{MO} = 93000 \cdot 10^6 \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m^2} = 9{,}3 \cdot 10^5\ \mathrm{m^2} \tag{10.3}$$

Becsüljük a napbesugárzás szempontjából mértékadó időtartamot. Mivel a nyert energiát az éves primer energiahordozó felhasználással hasonlítjuk össze, a vizsgálat időintervalluma egy év. Másodpercben: $T = 3600 \cdot 24 \cdot 365 = 3{,}1536 \cdot 10^7$ s. A következő csökkentő tényezőket vesszük figyelembe:

- a Nap éjjel nem süt (1/2),
- a napfényes napok száma az év napjainak egy negyede (1/4),
- nem készítünk mozgó napkollektort, tehát a napsugarak az idő döntő részében nem a kollektorra merőlegesen esnek (1/2);

Így a mértékadó idő:

$$T_M = T \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} = 3{,}1536 \cdot 10^7 / 16 = 1{,}971 \cdot 10^6\ \mathrm{s}. \tag{10.4}$$

Feltételezzük, hogy a napkollektorokkal vizet melegítünk, és az energia átalakítás hatásfokát η=0,85-re vesszük fel. Így az egész évben nyert energia:

$$W_{NAP} = p_{Nf} \cdot A_{MO} \cdot T_M \cdot \eta\ \ [\mathrm{J}] \tag{10.5}$$

$$W_{NAP} = 1000 \cdot 9{,}3 \cdot 10^5 \cdot 1{,}971 \cdot 10^6 \cdot 0{,}85 = 1{,}558076 \cdot 10^{15}\ \mathrm{J}.$$

Magyarország primer energiahordozó felhasználását az átlagos hatásos villamos teljesítmény alapján becsüljük. Az elmúlt években: P_{MO}^{Vill} = 4000 MW. Az energia átalakítás hatásfokát η_e = 0,38-ra becsülve; a villamos energia előállításához felhasznált primer energiahordozók átlag teljesítménye:

$$P_{MO}^{Pr(Vill)} = P_{MO}^{Vill} / \eta_e\ [\mathrm{W}] \tag{10.6}$$

Vegyük figyelembe, hogy a primer energiahordozók kb. 1/4-ét használják villamos energia előállítására. Így a teljes primer energiahordozó felhasználásból számítható átlag teljesítmény:

$$P_{MO}^{Pr} = 4 \cdot P_{MO}^{Pr(Vill)}\ [\mathrm{W}] \tag{10.7}$$

Magyarország villamosenergia-felhasználása ezekkel az adatokkal:

$$W_{MO}^{Pr} = P_{MO}^{Pr} \cdot T\ \ [\mathrm{J}] \tag{10.8}$$

$$W_{MO}^{Pr} = 4000 \cdot 10^6 / 0{,}38 \cdot 4 \cdot 3{,}1536 \cdot 10^7 = 1{,}327832 \cdot 10^{18} \quad [J]$$

Képezzük a következő hányadost:

$$100 \cdot \frac{W_{NAP}}{W_{MO}^{Pr}} = 100 \cdot \frac{1{,}558076 \cdot 10^{15}}{1{,}327832 \cdot 10^{18}} = 0{,}11734 \ [\%]$$

A (10.8) egyenletben a W_{MO}^{Pr} becsült értéke szerepel. A pontos érték - amely a statisztikai nyilvántartásból olvasható ki - 1996-ban: $1{,}515841 \cdot 10^{18}$ J. (Azért nem ezt a számértéket írtuk be a képletbe, mert értéke évről évre változik. Látható azonban, hogy ez a konkrét érték nem tér el számottevően a képletben feltüntetett értéktől.)

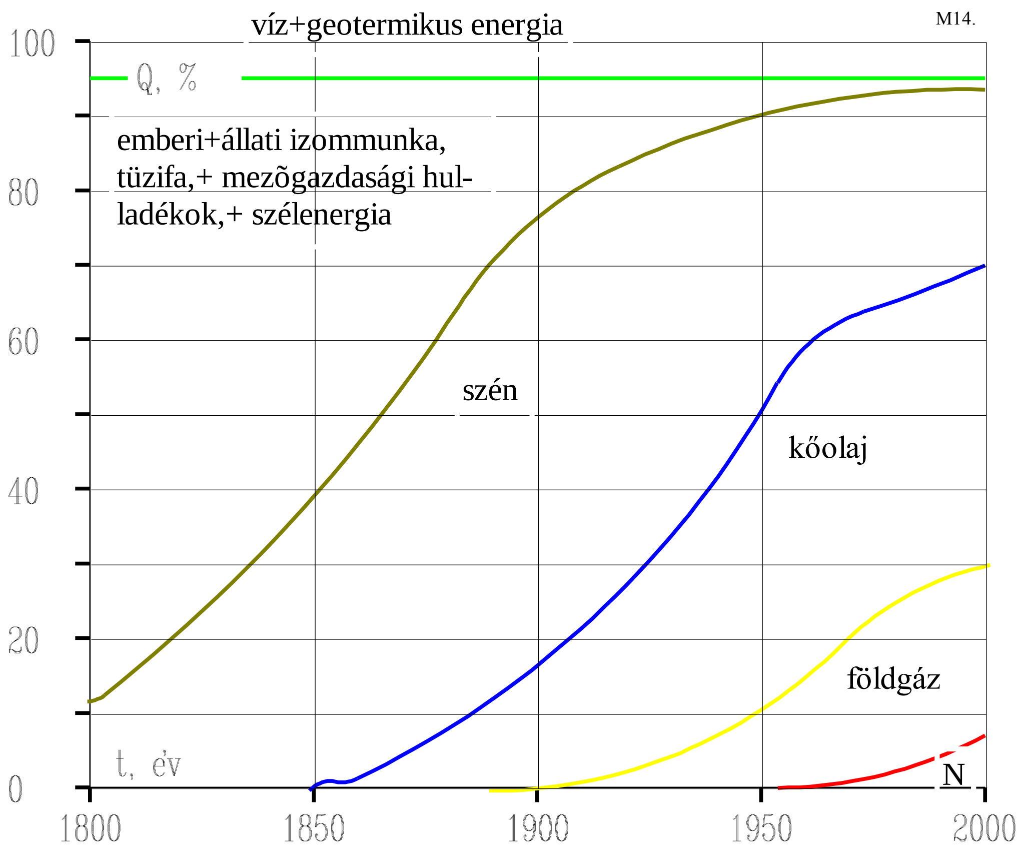
A W_{NAP} szintén becsült mennyiség. A becslésben szereplő paraméterek azonban reálisak. Ha feltételezzük, hogy a W_{NAP} értékét egy nagyságrenddel alábecsültük, akkor is csak 1-2 százaléka lenne a teljes energiahordozó felhasználásnak.

11. A világ primer energiahordozó felhasználása

(Vizsgakérdés orientált feldolgozás)

A probléma nem vizsgálható nagyszámú statisztikai adat feldolgozása nélkül. Ezek ismerete nem várható el sem írásbeli sem szóbeli vizsgán. A lényeges mozzanatok, tendenciák ismerete azonban hozzá tartozik a villamos energetikus szakember általános műveltségéhez. Ezek:

- a víz- és a geotermikus energia felhasználás 5-7 % között mozog;
- 1800-ban a szén felhasználás 12 % körüli;
- a kőolaj felhasználás az 1850-es években, míg a földgáz felhasználás az 1880-as években kezdődött;
- az 1190-es évek végén, az egyes primer energia hordozóknak az energia mérlegben való részesedése kb.: szén⇒25 %, földgáz⇒20 %, kőolaj⇒40 %, atomenergia⇒7 %, víz+geotermikus energia⇒7 %.



11.1. ábra.

A világ évenként felhasznált primer energiahordózó felhasználásának %-os értékei az idő függvényében. A vizsgált időintervallum: 1800-2000 év. Az ábrán N a nukleáris (atomenergia) felhasználást jelenti.

12. A tüzelőanyagok optimális felhasználása (Vizsgakérdés orientált feldolgozás)

A tüzelőanyagok optimális elosztása nem érinti a nukleáris üzemanyaggal működő erőműveket valamint a vízerőműveket. A fosszilis tüzelőanyaggal működő erőművi blokkokban azonban egyszerre többféle tüzelőanyag is felhasználható. (Pl. az olaj tüzelésű blokk kazánjába gáz égők is be vannak szerelve.) Az általunk - jelen esetben - vizsgált erőművi blokkban kétféle tüzelőanyag használható fel. Az ezekre vonatkozó adatok:

Fűtőérték [kJ/kg]	Ára [Ft/GJ]
$e_1 = 10420$	$a_1 = 54{,}1$
$e_2 = 12700$	$a_2 = 61{,}5$

Feladat: a blokk által megtermelhető maximális energiát minimális költséggel kívánjuk előállítani. A korlátozó feltételek:

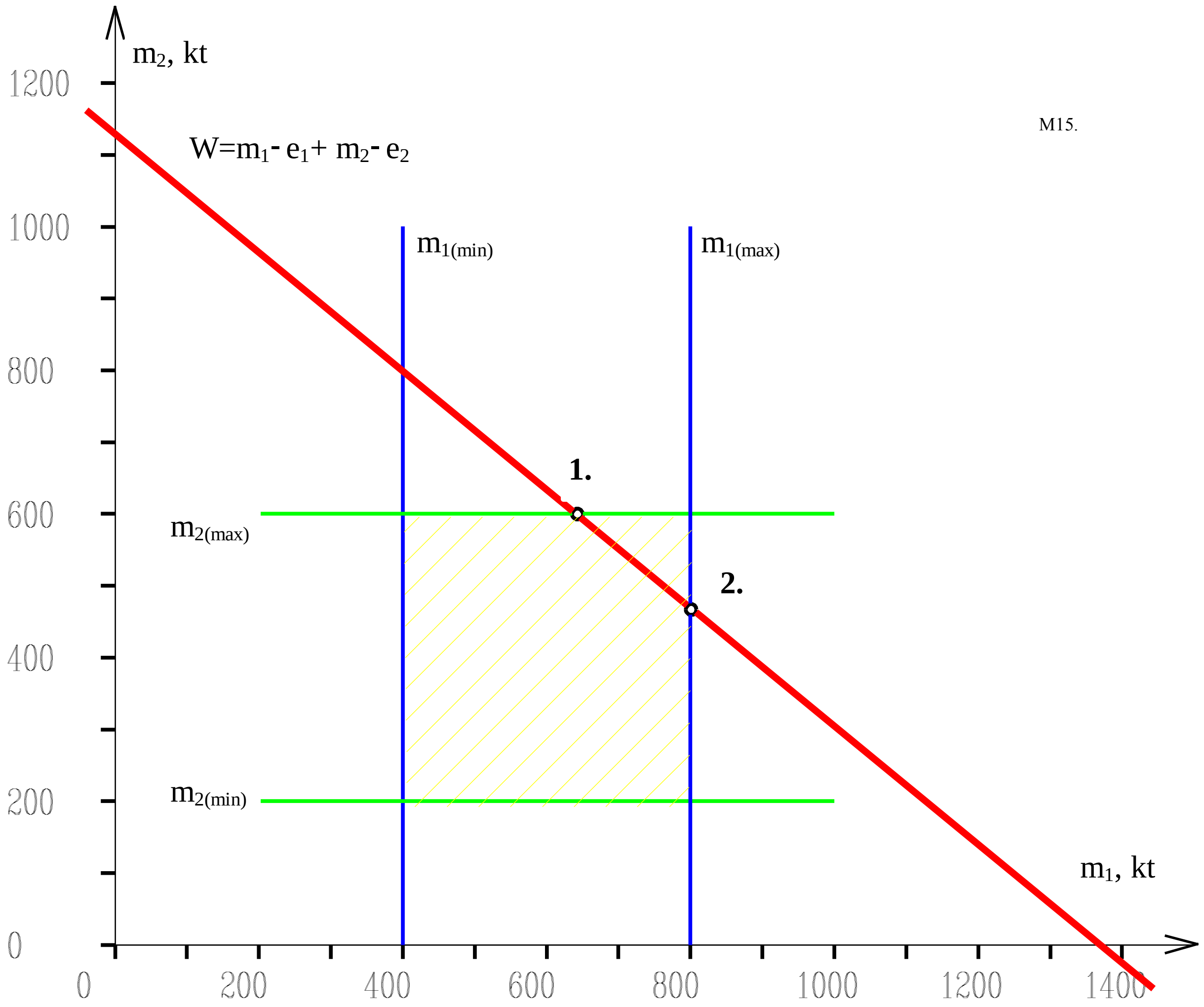
1. A vizsgált erőművi blokk által termelt villamos energia: $W \leq 14260$ TJ.
2. Az 1. számú tüzelőanyagra vonatkozó korlátozó feltétel: $400 \leq m_1 \leq 800$ ktonna.
3. A 2. számú tüzelőanyagra vonatkozó korlátozó feltétel: $200 \leq m_1 \leq 600$ ktonna.

Az 1. számú korlátozó feltétel magyarázata a következő: ha a blokk névleges teljesítménnyel üzemel, ekkora villamos energiát tud megtermelni.

A 2. számú korlátozó feltétel magyarázata a következő: ez a szénbánya az erőmű közelében van, 400 ktonna/év termelés alatt üzeme gazdaságtalan; 800 ktonna/év -nél nagyobb teljesítményre nem képes.

A 3. számú korlátozó feltétel magyarázata a következő: működtetése 200 ktonna/év teljesítmény alatt gazdaságtalan, a 600 ktonna/éves teljesítményt a szállítási kapacitás korlátozza.

M15.



12.1. ábra.

A lineáris programozás alkalmazása tüzelőanyagok optimális felhasználására 5 korlátozó feltétel esetére

A 12.1. ábra alapján látható, hogy a tüzelőanyag felhasználásra vonatkozó korlátok a megoldásul szóba jöhető m_1 és m_2 értékeket a vonalkázott területre korlátozzák. A vizsgált blokk által évenként megtermelhető villamos energia:

$$W = m_1 \cdot e_1 + m_2 \cdot e_2 \text{ [J]} \qquad (12.1)$$

A (12.1) egyenlet, kiegészítve a 8.3. fejezetben ismertetett megfontolásokkal a megoldást az 1. vagy a 2. számú munkapontban determinálja.

Az évi tüzelőanyag felhasználás költsége:

$$K = m_1 \cdot e_1 \cdot a_1 + m_2 \cdot e_2 \cdot a_2 \text{ [Ft]} \qquad (12.2)$$

Az 1.-es munkaponthoz tartozó évi tüzelőanyag felhasználás: m_1=637,236 ktonna, m_2=600 ktonna.
Az évi tüzelőanyag felhasználás költsége az 1.-es munkapontban:

$K_1 = m_{11} \cdot e_1 \cdot a_1 + m_{21} \cdot e_2 \cdot a_2 =$

$637{,}236 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot 10420 \cdot 10^3 \text{J/kg} \cdot 54{,}1/10^9 \text{J} + 600 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot 12700 \cdot 10^3 \text{J/kg} \cdot 61{,}5/10^9 \text{J} =$

827,854 MFt.

A 2.-es munkaponthoz tartozó évi tüzelőanyag felhasználás: m_1=800 ktonna, m_2=466,4567 ktonna.

$K_2 = m_{12} \cdot e_1 \cdot a_1 + m_{22} \cdot e_2 \cdot a_2 =$

$800 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot 10420 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot 54{,}1/10^9 \text{J} + 466{,}4567 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot 12700 \cdot 10^3 \text{J/kg} \cdot 61{,}5/10^9 \text{J} =$

815,3036 MFt.

A két munkapont közötti költségek %-os eltérése nem jelentős. A Ft-ban mért eltérés azonban több mint 12 millió. Ez azt jelenti, hogy ilyen nagy összegeknél a szellemi energia ráfordítás már igen kis %-os megtakarítás esetén is megtérül.

13. A villamos energia piac működése

13.1. Általános áttekintés

A villamos energia piac kialakulásának elvi alapját az a tény adja, hogy a villamos energia is áru, tehát jellemző rá, a piackutatás-, ⇒ előállítás-, ⇒ szállítás-, ⇒ elosztás-, ⇒ felhasználás lánc kialakulása. A villamos energiát nagy tömegben háromfázisú, 50 Hz-es, nagyfeszültségű hálózatra dolgozó generátorokkal állítjuk elő. Ilyen módon a többi árutól az különbözteti meg, hogy gyakorlatilag nem tárolható. Az üzletkötéseket, szerződéseket és az akciók lebonyolítását ez a tény nagymértékben befolyásolja. Az egyes gazdasági rendszerek ismertetésénél bemutattuk, hogy azok egymástól nagymértékben különbözhetnek. Így érthető, hogy az egyes országok villamos energia piacán érvényes szabályok is eltérnek egymástól.

1. Marzano, L., G., B., Melo A., C., G., Souza, R., C.: An Approach for Portfilio Optimization of Energy Contracts in the Brazilian Electric Sector 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23th - 26th, Bologna, Italy
2. Lee, Stephen, T.: Community Activity Room™ as a New Tool for Transmission Operation and Planning Under A Competitive Power Market 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23th - 26th, Bologna, Italy
3. Rivoiro, A.: Planning and operation of multi-area power systems under market conditions: a direct method to differentatiate the market price on each node of a triangular mesh 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23th - 26th, Bologna, Italy
4. Dicorato, M., Minoia, A., Sbrizzai, R., Trovato, M.: Impact of advanced technologies on the Italian Electricity Market 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23th - 26th, Bologna, Italy
5. Budulan, P., Rugina, V., Bogzianu, R.,: Electricity Market Development in Romania 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23th - 26th, Bologna, Italy
6. Pinto, L., Szczupak, Ramos, D.: Evolutionary Representation of Energy Markets and Systems 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23th - 26th, Bologna, Italy

7. Barquin, J., Centeno, E., Lopez-Nicolas, A., Quinteros, R.: Forecasting the Chilean Short-term Electricity market Behavior under a New Proposed Regulation 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23th - 26th, Bologna, Italy
8. Ionescu, V., Cernat, A.: Romanian Proposal for the Establishment of a Power Reserve Market 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23th - 26th, Bologna, Italy
9. Zheng, D., Zhou, W.: A Design for Regional Ancillary Services Auction Markets in China 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23th - 26th, Bologna, Italy
10. Outhred, H., R.: Some Strengths and and Weaknesses of Electricity Industry Restructuring in Australia 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23th - 26th, Bologna, Italy

14. Egy napkollektor által termelt energia számítása

(Vizsgakérdés orientált feldolgozás)

A 14.1. ábrával kívánjuk szemléltetni a napkollektorok/napelemek működését meghatározó paramétereket. A vizsgakérdés megoldásához a feladatot ennél sokkal egyszerűbbnek tételezzük fel.

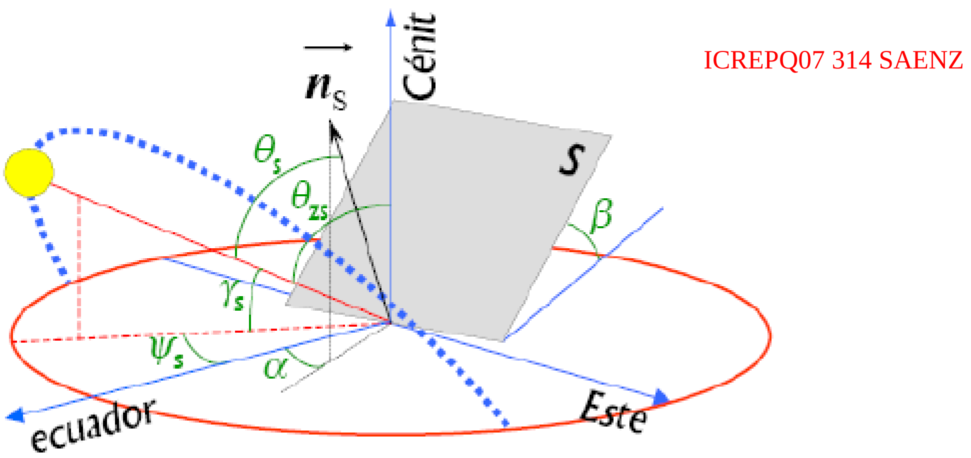
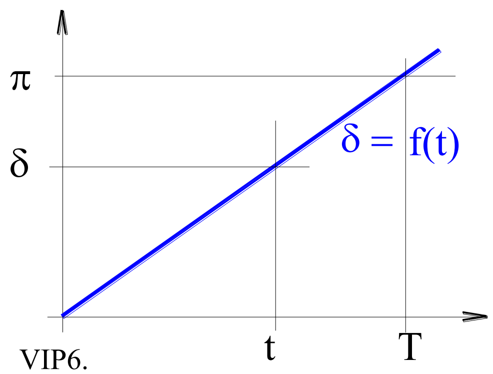


Figure 2: Different orientation angles of a photovoltaic solar panel

14.1. ábra.

Szemléltető elvi ábra napkollektorok/napelemek működésének vizsgálatához felhasználandó fogalmak betűjeleinek feltűntetésével



VIP6.

14.2. ábra.

Szemléltető ábra. A Nap látszólagos mozgása az égbolton az idő függvényében. Az ábrán szereplő betűk jelentése:

t: az idő (független változó) [sec],

T: az $\alpha = \pi$ szögelforduláshoz tartozó idő [sec],

δ: a Naphoz húzott sugárnak a kollektor egy kiválasztott oldalvonalával bezárt szöge [fok],

Határozzuk meg az A_k = 4 m^2 felületű kollektor által egy nap alatt termelt energiát. Ehhez abból indulunk ki, hogy a légkör külső határán a Napnak a rá merőleges 1 m^2 –re eső sugárzási teljesítménye p_N= 1,4 kW/m^2 (10.1) egyenlet. A jelen estben is azt tételezzük fel, hogy a Föld felszínén mért érték: p_{Nf}= 1,0 kW/m^2 . A Nap látszólagos pályája legyen egy kör, melynek jó közelítéssel– a középpontjában helyezkedik el az általunk vizsgált kollektor. Legyen a napsugárzás teljesítménye a δ függvényében:

$$p_k(\delta) = p_{Nf} \cdot \sin(\delta) \quad [W] \tag{14.1}$$

Ahol a 14.2. ábra alapján:

$$\delta = \frac{\pi}{T} \cdot t \quad [rad] \tag{14.2}$$

Legyen a vizsgált napon T = 12 óra = $12 \cdot 3600$ sec = 43200 sec

A (14.1) és a (14.2) egyenlet alapján írható:

$$p_k(t) = p_{Nf} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{T} \cdot t\right) \quad [W] \tag{14.3}$$

Az A_k felületű kollektor/napelem által a T idő alatt megtermelt villamos energia:

$$W = A_k \cdot p_{Nf} \cdot \int_0^T \sin\left(\frac{\pi}{T} \cdot t\right) \cdot dt \quad [W \cdot sec] \tag{14.4}$$

Ebből:

$$W = A_k \cdot p_{Nf} \cdot \frac{T}{\pi} \cdot \left[-\cos\left(\frac{\pi}{T} \cdot t\right)\right]_0^T = A_k \cdot p_{Nf} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot T \quad [W \cdot sec] \tag{14.5}$$

A konkrét számértékek behelyettesítésével kapjuk:

$$W = A_k \cdot p_{Nf} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot T = 4 \cdot 1\,kW \cdot \frac{2}{\pi} \cdot 12\,h = 30{,}56\,kWh$$

Határozzuk meg, hogy hány köbméter víz hőmérsékletét emeli a „W” energia 15 ^0C-ról 80 ^0C-ra (14.7) egyenlet. Tételezzük fel, hogy a hőátadás hatásfoka a melegítésnél $\eta_m = 0{,}75$. Ekkor:

$$W_m = \eta_m \cdot W \quad [J] \tag{14.6}$$

és

$$W_m = c_{víz} \cdot m_{víz} \cdot \Delta t \quad [J] \Rightarrow m_{víz} = \frac{W_m}{c_{víz} \cdot \Delta t} \tag{14.7}$$

Mivel $c_{víz}$ = $4{,}186 \frac{kJ}{kg \cdot {}^0C}$ és Δt= 65 ^0C, Így:

$$m_{víz} = \frac{W_m}{c_{víz} \cdot \Delta t} = \frac{30{,}56 \cdot 3{,}6 \cdot 10^3 \cdot 0{,}75}{4{,}186 \cdot 65} = 303{,}25 \text{ kg}$$