

16. mérés

Erő, nyomaték, gyorsulás mérése

A mérés célja

A nyúlásmérő bélyegek alkalmazástechnikájának megismerése. Húzó, hajlító, csavaró próbatestek anyaga rugalmassági modulusának meghatározása nyúlásmérés alapján. A nyúlásmérő bélyeges átalakítókhöz csatlakoztatott mérőerősítő használatának, kalibrálásának gyakorlása.

Általános útmutató

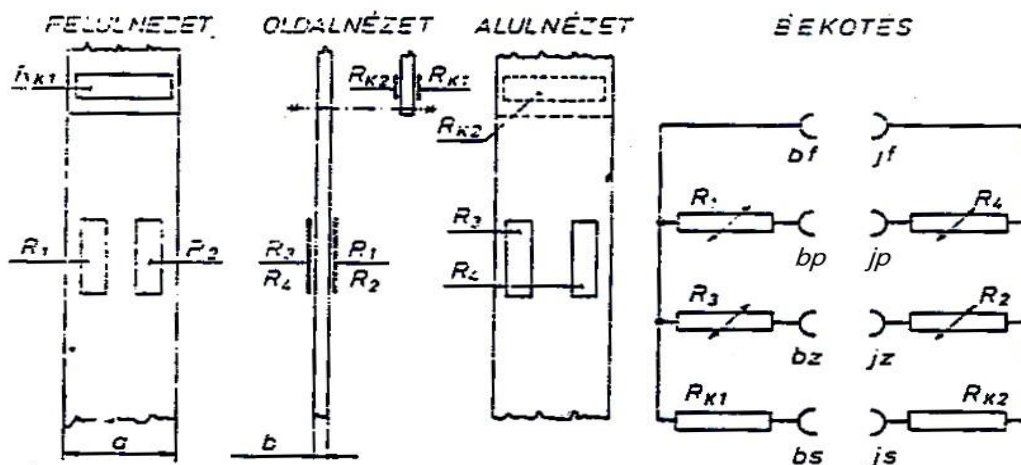
A mérési feladatoknál használt műanyag (plexi, PVC) próbatestekre, az erőmérő cellára a megadott terhelések értékeit - a próbatestek épségének megóvása érdekében - nem szabad túllépni. A mérőerősítőt minden feladat elvégzése után kapcsoljuk ki, a bemenetére csatlakozó kör szétbontását, az új feladat mérőkörének kialakítását feszültségmentes állapotban végezzük el. (A mérőerősítő hálózati kapcsolója a műszer hátoldalán található.) A mérőerősítő bekapcsolása előtt ennek méréshatár-választó kapcsolóját maximális méréshatárra állítsuk.

A mérőátalakítóknak a mérőerősítőhöz történő csatlakoztatását fokozott gonddal alakítsuk ki, ehhez segítséget nyújt az átalakítókon lévő hüvelyeknek és a mérővezetékeken lévő dugóknak - a kapcsolási vázlaton is feltüntetett - színekkel való megjelölése.

Húzó és hajlító vizsgálatokhoz 3 mm vastag plexilemezből készült próbatestet használunk. A próbatesten négy nyúlásmérő bélyeget, a próbatest anyagából készült - a csatlakozó hüvelyek elhelyezésére is szolgáló - szerelőlapon két kompenzáló bélyeget helyeztünk el. A szerelőlapon lévő hüvelyek két oszlopba csoportosítva helyezkednek el. A kapcsolási vázlatokon a hüvelyek oszlopát b(=bal) és j(=jobb) betűkkel jelöltük, színükre f(=fekete), z(=zöld), s(=sárga) és p(=piros) jelzés utal. Például a kapcsolási rajzon a bz jelölés a baloldali oszlop zöld színű csatlakozó hüvelyére hivatkozik. A fekete színű dugók a híd tápfeszültségét szolgáltatják, a piros színű dugók vezetékai a mérőerősítő bemenetéhez csatlakoznak.

A húzó-hajlító próbatest bélyegeinek elhelyezését, a csatlakozó hüvelyekhez való bekötését és az elemek jelölését a következő ábra tartalmazza.

A vivőfrekvenciás mérőerősítő 5 kHz frekvenciájú szinuszos váltakozófeszültséggel táplálja a mérőátalakítót,

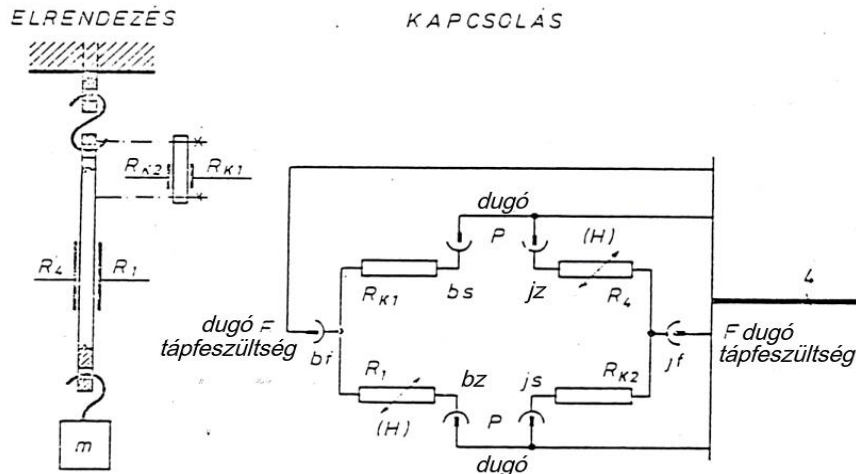


azaz a nyúlásmérő bélyegekből vagy differenciál inductivitásból alkotott hídkapcsolást. A hídtól a mérőerősítőhöz csatlakoztatott feszültséggel változtatható amplitúdójú és fázishelyzetű kompenzáló feszültség összegezhető. Ez lehetőséget ad arra, hogy a mérőátalakító és a mérővezetékek rezisztív és kapacitív asszimetriáját, valamint az átalakító - többnyire önsúlyokból származó - alapterhelése következtében jelentkező kiegyenlítetlenségét kompenzáljuk. A mérőerősítő fázisérzékeny egyenirányítót, aluláteresztő szűrőket tartalmaz, statikus terhelés esetén gyakorlatilag sima egyenfeszültség jut a kimenetre és a kijelző műszerre. A mérőerősítővel 1 kHz felső határfrekvenciáig dinamikus vizsgálatok is végezhetők.

MÉRÉSI FELADATOK

1. HÚZÓ PRÓBATEST VIZSGÁLATA

Elrendezés, kapcsolás



A próbatest két ellentétes lapján elhelyezett két aktív, húzott bélyegből (R1, R4) és két kompenzáló bélyegből (Rk1, Rk2) képezünk hidat. Ezzel a hőmérsékletváltozásra kompenzált, a hajlítónyomatékra érzéketlen mérőátalakítót kapunk. A húzó próbatestet **maximum 5 kg** terheléssel vehetjük igénybe.

Feladatok

A mérőerősítőn teljes híd üzemmódot, 2,5 V tápfeszültséget (Brückenspg.) állítunk be, a legnagyobb méréshatárra (Messbereich) - 100000 $\mu\text{m}/\text{m}$ - kapcsolunk. A próbatestet felszereljük, bekötjük a mérőerősítőhöz, de a terhelést tartó orsóra még nem helyezünk súlyokat. Ezután a mérőerősítőt bekapcsoljuk, majd a következő műveleteket végezzük el:

- Az erősítő méréshatárát addig csökkentjük, míg a mért érték kijelző műszere közel a végkitérésig kitér. Ebben az állapotban a kiegyenlítés (Abgleich) kezelőszerveivel az önsúlyból, aszimmetriából adódó bemenő jelet kompenzáljuk. Az R jel melletti fokozatkapcsoló és potenciométer az amplitúdó kiegyenlítést, a C jelű potenciométer a fázis kiegyenlítést szolgálja. Az R és C potenciométereket - szükség esetén az R fokozatkapcsolót is - felváltva kezelve kiegyenlítjük a mérőerősítőt úgy, hogy mind a kivezrlést (Aussteuerung) mutató, mind a mért értéket mutató műszer nulla kitérésre adjon.
- Kalibráljuk a mérőerősítőt. Ehhez 500 $\mu\text{m}/\text{m}$ méréshatárra kapcsolunk, majd a beépített kalibráló jelforrás feszültségét rákapcsoljuk az erősítőre, a Kalibrierung fokozatkapcsolót +1 helyzetbe forgatva. A méréshatár választó kapcsoló (Messbereich) alatti potenciométer az erősítés fokozatmentes változtatását teszi lehetővé, ennek állításával a mért érték kijelző műszerét végkitérésre szabályozzuk be. A kalibrálást elvégezve a Kalibrierung kapcsolót 0 helyzetbe állítjuk vissza.
- A mérőerősítőt 200 $\mu\text{m}/\text{m}$ méréshatárra kapcsoljuk, majd öt állapotban - 930...940 g-os tömegekkel növelve a terhelést - megvizsgáljuk a húzó igénybevétel hatását. Az értékeléshez jegyezzük fel a mérőerősítő üzemiállapotjának jellemzőit, a terhelő tömegeket és a műszer kitérésait.
- A gyakorlatvezető közreműködésével vizsgáljuk meg a húzóerőre szuperponált hajlító nyomaték hatását.
- A húzó terhelést megszüntetve figyeljük meg, mekkora - a terheletlen állapotban lassan megszűnő - alakváltozást okozott a terhelés.

Értékelés

A mérőerősítő méréshatár választó kapcsolóján (Messbereich) feltüntetett névleges méréshatár $U_{tn} = 5 \text{ V}$ tápfeszültség, 1 aktív ($K=2$ bélyegtényezőjű) bélyeg esetén érvényes. Ettől eltérő esetekben a méréshatár a következő módon határozható meg:

$$\varepsilon'_v = \frac{1}{n} \frac{U_{tn}}{U_t} \frac{K_n}{K} \varepsilon_v = \frac{1}{n} \frac{5}{U_t} \frac{2}{K} \varepsilon_v$$

ε'_v : a mérőerősítő tényleges méréshatára; $\mu\text{m}/\text{m}$

n : a híd aktív bélyegeinek száma; $n = 1, 2, 4$

U_{tn} : a névleges méréshatárhoz tartozó tápfeszültség; $U_{tn} = 5 \text{ V}$

U_t : a híd tényleges tápfeszültsége; $U_t = 1 \text{ V} ; 2,5 \text{ V} ; 5 \text{ V}$

K_n : a bélyegtényező névleges értéke; $K_n = 2$

K : a bélyegtényező tényleges értéke;

ε_v : a mérőerősítő névleges méréshatára; $\mu\text{m}/\text{m}$

Az előző összefüggéssel meghatározzuk a mérőerősítő tényleges méréshatárát. Az alkalmazott nyúlásmérő bélyegek bélyegtényezője $K=2$.

A mérési eredményekből számítjuk a húzófeszültség és a relatív nyúlás értékeit, diagramban ábrázoljuk a kapcsolatot. A húzófeszültség számítása:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{a \cdot b}$$

σ : a húzófeszültség; N/m^2

m : a terhelő tömeg; kg

g : a nehézségi gyorsulás; $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$

a : a próbatest szélessége; 30 mm

b : a próbatest vastagsága; 3 mm

A relatív alakváltozás (esetünkben a nyúlás) számítása:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon'_v}{\alpha_v} \alpha$$

ε : a relatív alakváltozás; $\mu\text{m}/\text{m}$

ε'_v : a mérőerősítő tényleges méréshatára; $\mu\text{m}/\text{m}$

α_v : a mérőerősítő végkitérése; $\alpha_v = 100$ skálafok

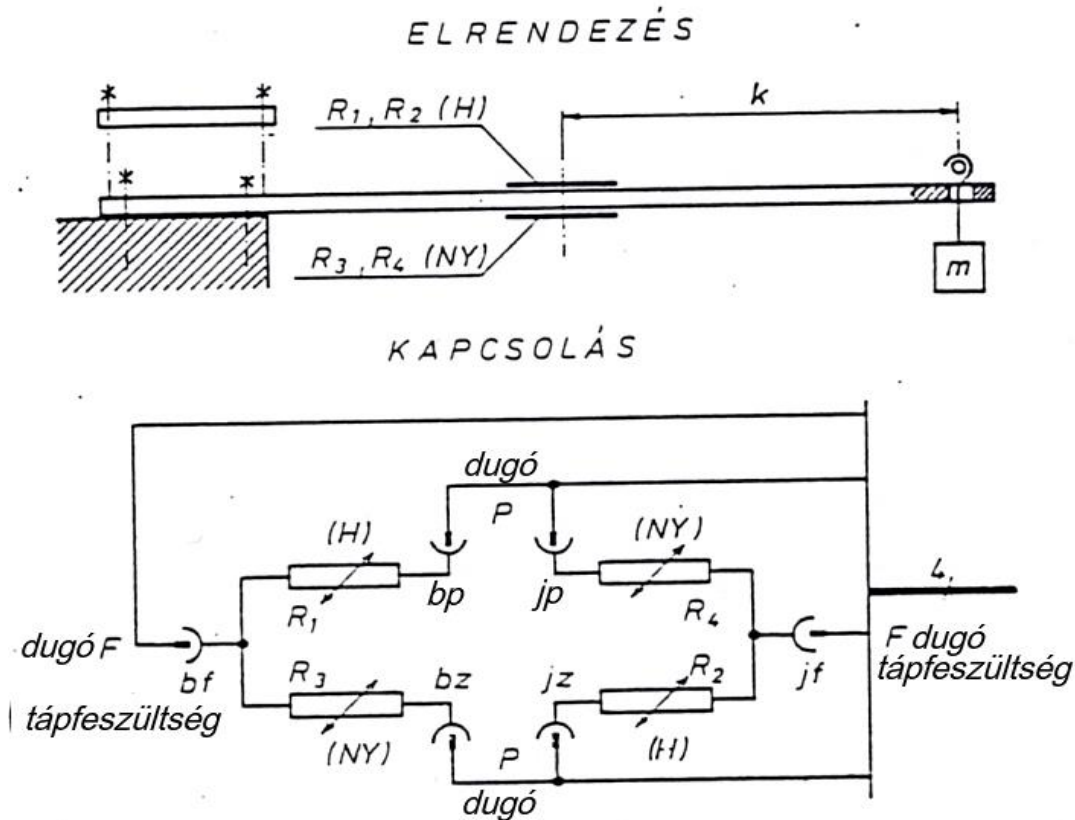
α : a mért kitérés; skálafok

Meghatározzuk a próbatest anyagának rugalmassági modulusát (E) a maximális terhelésnél számított húzófeszültség és mért alakváltozás alapján.

$$E \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] = \frac{\sigma \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]}{\varepsilon \left[\frac{\text{m}}{\text{m}} \right]} = 10^6 \frac{\sigma \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]}{\varepsilon \left[\frac{\mu\text{m}}{\text{m}} \right]}$$

2. HAJLÍTÓ PRÓBATEST VIZSGÁLATA

Elrendezés, kapcsolás



A húzóvizsgálatnál is használt próbatestet egyik végén befogjuk és hajlító igénybevétellel terheljük. A próbatest két ellentétes lapján elhelyezett négy aktív (két húzott és két nyomott) bélyegből képezzük hidat. A híd a hőmérséklet változásaira kompenzált, a húzó és a nyomó igénybevételre érzéketlen. A hajlító próbatest szabad végét **maximum 20 g** terheléssel vehetjük igénybe.

Feladatok

A próbatest terheletlen állapotában az 1.feladatban részletezett módon kiegyenlítjük és kalibráljuk a mérőerősítőt, majd a következő műveleteket végezzük el:

- A mérőerősítőt 500 $\mu\text{m/m}$ méréshatárra kapcsoljuk, ezután 20 g terhelést helyezünk a próbatest szabad végén lévő tálcára. Az értékeléshez jegyezzük fel a mérőerősítő üzemiállapotának jellemzőit, a műszer kitérését és a terhelő tömeget.
- A terhelést megszüntetve figyeljük meg, hogy mekkora - a terheletlen állapotban lassan megszűnő - alakváltozást okozott a terhelés.
- A gyakorlatvezető közreműködésével vizsgáljuk meg a húzó és a nyomóerő hatását.

Értékelés

Az 1. feladatban ismertetett módszerrel meghatározzuk a mérőerősítő tényleges méréshatárát és a hajlító próbatest szélső szálainak relatív alakváltozását.

Kiszámítjuk a próbatest szélső szálaiban kialakuló húzó-nyomó igénybevételt:

$$\sigma = \frac{M}{K} = \frac{F \cdot k}{K} = \frac{m \cdot g \cdot k}{a \cdot b^2 / 6}$$

σ : a szélső szálakban ébredő mechanikai feszültség; N/m²

K: a hajlító keresztmetszeti tényező; m³

m: a hajlító terhelés tömege; kg

g: a nehézségi gyorsulás; 9,81 m/s²

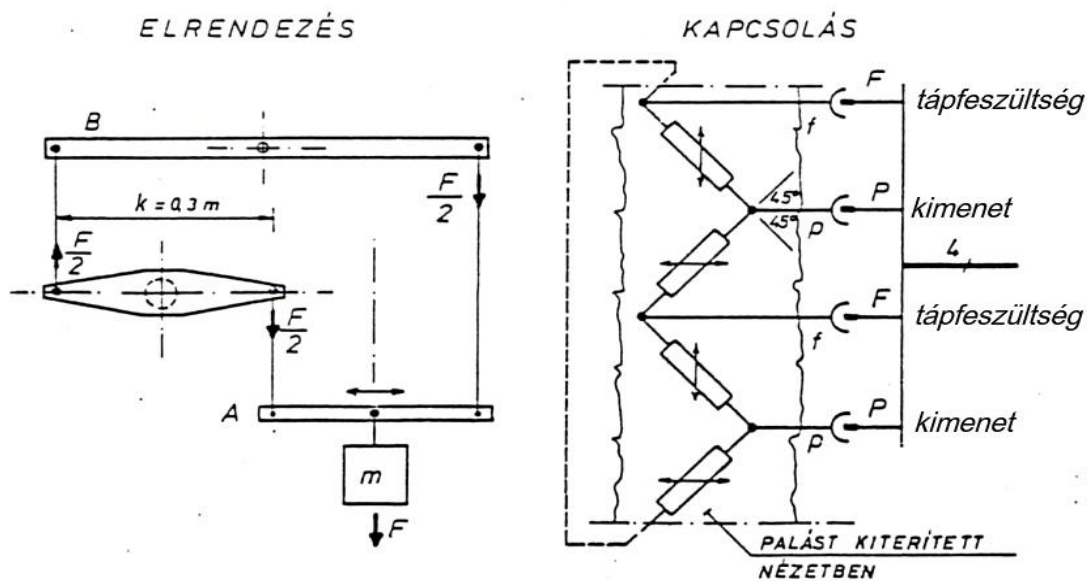
k: a hajlító erő karja; 0,15 m

a: a próbatest szélessége; 30 mm

b: a próbatest vastagsága; 3 mm

Meghatározzuk a hajlító terhelési vizsgálat eredményéből is a rugalmassági modult, összehasonlítjuk a húzópróbánál kapott értékkel.

3. CSAVARÓ PRÓBATEST VIZSGÁLATA



Elrendezés, kapcsolás

A PVC csőből készült csavaró próbatestre felragasztott négy aktív bélyegből képezzük hidat. Az egyes nyúlásmérő bélyegek hossz tengelye a hengerpalást alkotójával $+45^\circ$ illetve -45° szöget zár be, tiszta csavaró igénybevétel esetén a főfeszültségi síkokkal párhuzamosak a tengelyek. Ez a híd a hőmérséklet változásaira kompenzált, a húzó, nyomó és hajlító igénybevételre érzéketlen. A terhelő mechanizmus lehetővé teszi tiszta csavaró igénybevétel létrehozását (amikor a terhelő tömeg az „A” tartó közepén helyezkedik el). A tömeg

áthelyezése a karon járulékos hajlító igénybevételt okoz, a csavaró nyomaték viszont változatlan marad. A mechanizmus **maximum 1,5 kg** tömeggel terhelhető.

Feladatok

Elvégezzük a mérőerősítő kiegyenlítését és kalibrálását az 1. feladatban részletezett módon. A további tennivalók:

- A mérőerősítőt 500 $\mu\text{m/m}$ méréshatárra kapcsoljuk, majd három állapotban - 430...440 g-os tömegekkel növelve az „A” tartó közepén ható terhelést - megvizsgáljuk a tiszta csavaró igénybevétel hatását. Az értékeléshez jegyezzük fel a mérőerősítő üzemmódjának jellemzőit, a kitéréseket és a terhelő tömegeket.
- Helyezzük át a terhelő erő hatásvonalát az „A” tartón, figyeljük meg a járulékos hajlítónyomaték hatását.
- A terhelést megszüntetve figyeljük meg, hogy mekkora - a terheletlen állapotban lassan megszűnő - alakváltozást okozott a terhelés.

Értékelés

Az 1. feladat szerinti módon meghatározzuk a mérőerősítő tényleges méréshatárát és a csavaró próbatest főfeszültségi síkjában a relatív alakváltozást. A terhelő mechanizmus geometriája és a terhelés alapján számítjuk a csavaró nyomatékot a következő módon:

$$M_{cs} = \frac{F}{2}k = \frac{m \cdot g \cdot k}{2}$$

M_{cs} : a csavaró nyomaték; Nm

m : a terhelő tömeg; kg

g : a nehézségi gyorsulás; 9,81 m/s^2

k : a csavaró próbatest karjának hossza; $k = 0,3$ m

Tiszta csavaró igénybevétel esetén a szélső szálakban, a főfeszültségi síkokban a húzó-nyomó igénybevétel ($|\sigma_1|=|\sigma_2|$) abszolút értéke azonos a keresztmetszet síkjában a szélső szálban ébredő csúsztató feszültség (τ) abszolút értékével.

$$\sigma = \tau = \frac{M_{cs}}{K_p} = \frac{M_{cs}}{\frac{(D^3 - d^3)\pi}{16}}$$

σ : a főfeszültségi sík húzó- nyomófeszültsége; N/m^2

τ : a keresztmetszet síkjában, a szélső szálban ébredő csúsztató feszültség; N/m^2

M_{cs} : a csavaró nyomaték; Nm

K_p : a csavaró (poláris) keresztmetszeti tényező; m^3

D : a próbatest (a cső) külső átmérője; 40 mm

d : a próbatest (a cső) belső átmérője; 36 mm

Az előző összefüggéssel számítjuk σ értékét a vizsgált terhelési esetekre.

Diagramban ábrázoljuk a főfeszültségi síkokra vonatkozó σ feszültség és az ε relatív alakváltozás kapcsolatát.

A maximális terhelés mérési eredményeiből meghatározzuk - az 1. feladatban megadott módszerrel - a próbatest anyagának rugalmassági modulusát (E).

4. ERŐMÉRŐ CELLA, GYORSULÁSMÉRŐ ÁTALAKÍTÓ KALIBRÁLÁSA.

A gyakorlatvezető irányításával csatlakoztassuk a mérővevőhöz az erőmérő cellát, illetve a gyorsulásmérő átalakítót. Az átalakítók paramétereit alapján végezzük el a mérővevő kalibrálását, figyeljük meg a mérőrendszer működését.

ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Húzóerő mérés nyúlásmérő bélyegekkel. Hőkompenzált, csak húzóerőre érzékeny bélyegrendezés, hídkapcsolás jellemzői. Húzott rúdra ható erő és a relatív alakváltozás kapcsolata.
2. Hajlítónyomaték mérése nyúlásmérő bélyegekkel. Hőkompenzált, csak a hajlító nyomatéokra érzékeny bélyegrendezés, hídkapcsolás jellemzői. A hajlított rúdra ható hajlítónyomaték és a rúd szélső szálai relatív alakváltozásának kapcsolata.
3. Csavarónyomaték mérése nyúlásmérő bélyegekkel. Hőkompenzált, csak a csavaró nyomatéokra érzékeny bélyegrendezés, hídkapcsolás jellemzői. A csavarónyomaték és a cső alakú csavaró próbatest főfeszültségi síkjai relatív alakváltozásának kapcsolata.
4. A rugalmassági modulus meghatározási módszerei ismert geometriai méretű, terhelésű húzó, hajlító illetve csavaró próbatesten végzett nyúlásmérés eredményeiből.
5. A vivőfrekvenciás mérőerősítő használatának szabályai. Kiegyenlítés, kalibrálás; tényleges méréshatár és mért érték(relatív alakváltozás) számítása.