

# Színuszos áramfelvételű akkumulátortöltő berendezések

Molnár Károly



## 1. Bevezetés

A váltakozó feszültségű hálózatról működő félvezetős teljesítményelektronikai berendezések nagy teljesítménytényezőjű energiateljesítményének biztosítása a legfontosabb követelmények közé tartozik. Ilyen teljesítményelektronikai berendezések például a korszerű, félvezetős váltakozó feszültségű, ill. egyenfeszültségű szünetmentes áramellátó rendszerek akkumulátortöltői, a különféle technológiai egyenirányítók, ill. frekvenciaváltók, valamint a tápegységek stb.

A váltakozó feszültségű hálózatokra csatlakozó fogyasztók áramfelharmonikusaira érvényes előírásokat — 16 A fázisáram határig — [1–5], ill. e szabványok hatályát a professzionális berendezésekre is kiterjesztő, [6] tartalmazza. A vonatkozó előírások betartása azért fontos, mert a hálózatot nemszinuszos (jelentős felharmonikustartalmú) árammal terhelő fogyasztók nemcsak felesleges veszteségeket hoznak létre, hanem a hálózat impedanciáján keresztül a hálózati feszültség alakját is torzítják, amely a párhuzamosan üzemelő fogyasztók működését zavarhatja.

E cikkben ismertetésre kerülnek a teljesítménytényezővel, ill. a torzítási tényezővel kapcsolatos fogalmak [7], valamint a szabványok szerinti követelmények, kitérve egy — a teljesítménytényezőt növelő — konkrét kapcsolási elrendezésre, ill. a megvalósított berendezésre.

## 2. A teljesítménytényező és a torzítási tényező összefüggése

A teljesítménytényező:  $\lambda = \frac{P}{S}$ ,

ahol a hatásos teljesítmény:  $P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t)dt$ ,

a látszólagos teljesítmény:

$$S = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t)dt \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t)dt} = U_{eff} I_{eff}$$

A színuszos váltakozó feszültségű hálózatra csatlakozó hagyományos áramirányítók (nemlineáris fogyasztók) a hálózatról nem színuszos áramot vesznek fel.

A színuszos feszültség és nemszinuszos (felharmonikusokat tartalmazó) áram esetén — mivel hatásos teljesítményt csak a

hálózati feszültséggel azonos frekvenciájú áramharmonikus hoz létre — a teljesítménytényező a következőképpen írható le:

$$\lambda = \frac{I_1}{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}} \cos \varphi_1,$$

ahol  $I_1$  az alapharmonikus áram effektív értéke,  
 $I_n$  az  $n$ -edik számú felharmonikus áram effektív értéke,  
 $\varphi_1$  az alapharmonikus áram fázisszöge.

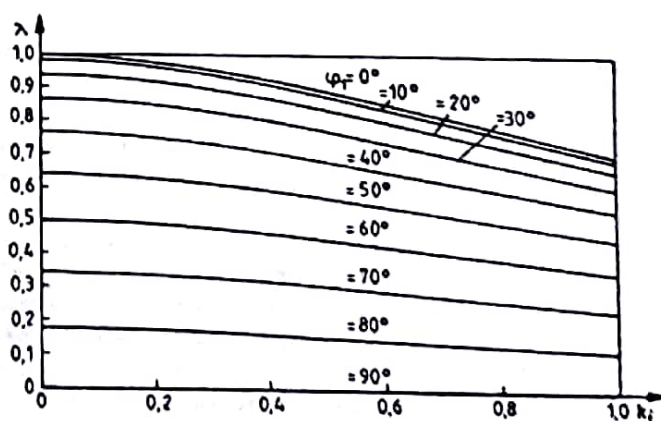
(Az  $\frac{I_1}{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}}$  kifejezést alapharmonikus-tartalomnak, vagy

alapharmonikus-tényezőnek hívják, [1, 3] 4. pont.)

Az áramra vonatkoztatott torzítási tényező<sup>1</sup>:  $k_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$

(ill. néhány szakirodalomban:  $k_i = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}{I_1^2}}$ ). A két tényező kis felharmonikustartalom esetén jó közelítéssel egyenlő.)

A teljesítménytényezőt a  $k_i$ -vel kifejezve:  $\lambda = \frac{\cos \varphi_1}{\sqrt{1+k_i^2}}$



1. ábra. A  $\lambda$  teljesítménytényező a  $k_i$  torzítási tényező függvényében (paraméter:  $\varphi_1$ , az alapharmonikus áram fázisszöge)

<sup>1</sup> A külföldi szakirodalomban a  $k_i$  tényezőt THD-nak (Total Harmonic Distortion) jelölik.

Molnár Károly okl. villamos mérnökműv., PowerQuattro Kft., a MEE tagja  
A PowerQuattro Kft. által támogatott cikk  
Szakmai lektor: Ipszts Imre

Az 1. ábra szemléletesen mutatja a teljesítménytényező változását az alapharmonikus fázisszöge ( $\varphi_1$ ), ill. az áramtorzítási tényező ( $k_i$ ) függvényében.

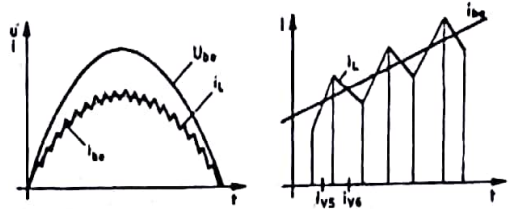
Az [2, 4], ill. az [6] I. táblázata tartalmazza az egyes (páros, ill. páratlan) áramfelharmonikusok legnagyobb megengedett effektív áramértékeit, ezeket az 1. táblázat mutatja<sup>2</sup>.

1. táblázat.  
A harmonikus áramok megengedett határértékei

A harmonikus rendszáma, $n$	A legnagyobb megengedett harmonikus áram, A
Páros harmonikusok	
3	2,3
5	1,14
7	0,77
9	0,40
11	0,33
13	0,21
$15 \leq n \leq 39$	$0,15 \times 15 I_n$
Páratlan harmonikusok	
2	1,08
4	0,43
6	0,3
$8 \leq n \leq 40$	$0,23 \times 8 I_n$

teljesítménytranszisztort), hogy a kimeneti feszültség állandósága mellett az  $L$  fojtótekercs árama az  $x_1$  bemenetre csatlakozó feszültséghez hasonló legyen.

A kapcsolás jellemző jelalakjait mutatja a 3. ábra.

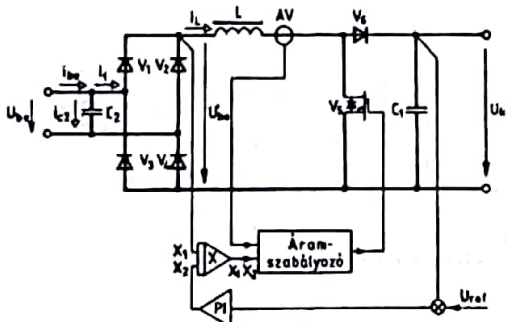


3. ábra. Az egyfázisú aktív teljesítménytényező-korrektor jelalakjai

### 3. Az aktív teljesítménytényező-korrektor

A váltakozó feszültségű hálózatra közvetlenül csatlakozó áramirányítók teljesítménytényező-korrektor nélkül a legtöbb esetben, ill. üzemmódban nem teljesítik a szabványok áramfelharmonikusokra vonatkozó előírásait, ezért a korszerű áramirányítókat a szabvány előírásait teljesítő teljesítménytényező-korrektorral kell ellátni [8, 9, 10].

A leggyakrabban alkalmazott egyfázisú teljesítménytényező-korrektor felépítését a 2. ábra mutatja.



2. ábra. Az egyfázisú aktív teljesítménytényező korrektor felépítése

A kapcsolás főáramköre egy zárüzemű feszültségnövelő (boost) konverter alapkioscsolás, míg vezérlő-szabályozó áramköre értéktartó feszültség szabályozásnak alárendelt áramkövető szabályozás.

Az áramkövető szabályozás vezetőjele az  $U_{be}$  hálózati feszültségből a  $V_1$ - $V_4$  diódás híd kapcsolással egyenirányított kétütemű feszültség ( $U'_{be}$ ), amely a szorzóáramkör  $x_1$  bemenetére jut. Az  $x_2$  bemenetre a kimeneti feszültség állandóságát biztosító értéktartó szabályozás kimenőjele kerül. A szorzóáramkör kimenőjele az áramszabályozó egységen keresztül úgy vezérli a  $V_5$  kapcsolóelemet (jelen esetben a térvezérlésű

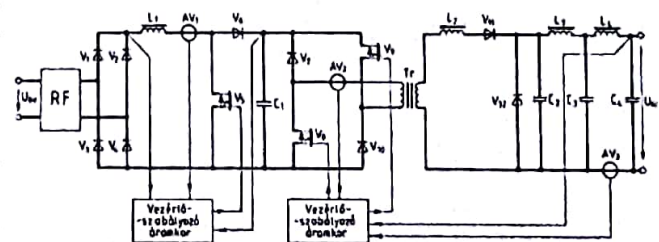
A 3. ábrán látható, hogy az  $L$  fojtótekercs árama ( $i_L$ ) a  $V_5$  kapcsolóelem be-, vagy kikapcsolt állapotától függően növekvő, ill. csökkenő áramszakaszokból áll, ill. az  $i_L$  áram növekvő áramszakaszait a  $V_5$  térvezérlésű teljesítménytranszisztor, míg a csökkenő áramszakaszokat a  $V_6$  dióda vezet. Az  $i_L$  áram átlagértéke szinuszos, fázishelyzete [a  $C_2$  kondenzátor kis értékű (a gyakorlatban  $2...3^\circ$ -os) fázistolásától eltekintve] megegyezik a bemeneti feszültség ( $U_{be}$ ) fázishelyzetével.

A kapcsolás működéséhez elvileg nem, de a gyakorlatban szükséges a  $C_2$  kondenzátor, amely a tápláló hálózat kis impedanciáját biztosítja. A  $C_2$  kondenzátor — a bemenő áramban ( $i_{be}$ ) létrehozott — fázistolását az  $x_1$  jel fázishelyzetének megfelelő módosításával lehet kiküszöbölni.

### 4. A gyakorlati megvalósítások

A PowerQuattro Kft. 1993. évben fejlesztette ki az első, teljesítménytényező-korrektorral ellátott, HPQ 48/40<sup>3</sup> típusú, kapcsolóüzemű, modul kialakítású, akkumulátortöltő berendezéseit. Célunk az volt, hogy a HPQ 48/40 típusú akkumulátortöltő fejlesztési eredményeire alapozva olyan akkumulátortöltő/tápegység gyártmánycsaládokat hozzuk létre, amelyek eleget tesznek az 1. táblázat alapján a felharmonikus áramok iránt támasztott követelményeknek.

A HPQ 48/40 típusú berendezések felépítését a 4. ábra mutatja.



4. ábra. A HPQ 48/40 típusú akkumulátortöltő felépítése

Az akkumulátortöltő berendezés két jól elkülöníthető részből áll. Az első rész a 3. ábrán bemutatott kapcsolási elrendezésű, követőszabályozású, 40 kHz maximális működési frekvenciájú aktív teljesítménytényező-korrektor, amelynek kimenetén [a  $C_1$  kondenzátoron] 380 V stabilizált egyenfeszültség jelenik

<sup>2</sup> A táblázatban szereplő maximálisan megengedett áramfelharmonikusok, ill. a  $I_{n11} = 16$  A áramértékhez tartozó áramalapharmonikus 19%-os  $k_i$  értéket határoznak meg.

<sup>3</sup> Az első szám a névleges kimeneti feszültséget, míg a második szám a névleges kimenőáramot jelöli.

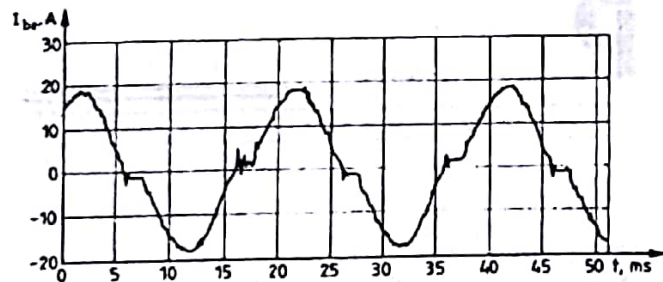


meg. A következő fokozat, amely a galvanikusan leválasztott 48 V névleges kimeneti egyenfeszültséget állítja elő, egy rezgőkörös, 100 kHz maximális működési frekvenciájú, kvázi rezonáns frekvenciamodulált átalakító [11, 12, 13, 14]. A kvázi-rezonáns frekvenciamodulált átalakító előnyös tulajdonsága, hogy a  $V_8$ - $V_9$  kapcsolóelemeken a kapcsolási veszteség minimális, így a hatásfok névleges terhelésnél, a 100 kHz működési frekvencián is mintegy 94%-os. Miután az alkalmazott korszerű félvezető kapcsolóelemek, ill. kapcsolástechnika eredményeképpen névleges terhelés esetén a teljesítménytényező-korrektor is minimum 94%-os hatásfokú, az eredő berendezés hatásfoka nagyobb, mint 88%. Az aktív teljesítménytényező-korrektor alkalmazásával névleges terhelés esetén a teljesítménytényező 0,98-nál nagyobb.

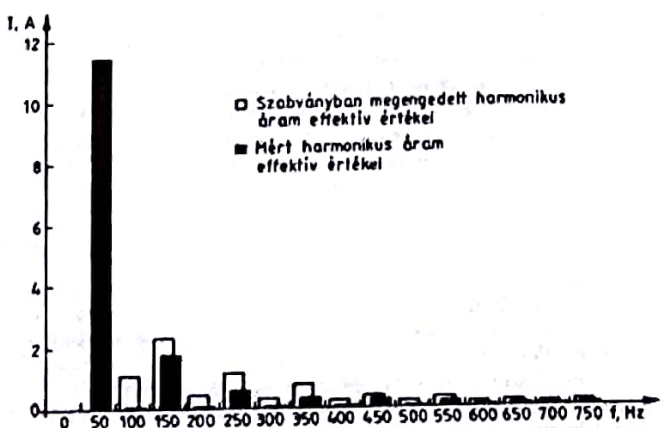
A berendezések MATÁV alkalmazástechnikai vizsgálatát a Magyar Távközlési Részvénytársaság PKI Távközlésfejlesztési Intézete végezte el.

Az 5. ábrán a PKI által a berendezés minősítésekor mért bemenőáram jelalakja, míg a 6. ábrán a bemenőáram mért áramharmonikusai, valamint az 1. táblázatban megadott felharmonikus határáramok vannak feltüntetve.

Mivel a berendezés szabályozóköre a bemeneti feszültséggel fázisban lévő (alapharmonikus) bemenőáramot állít elő — al-



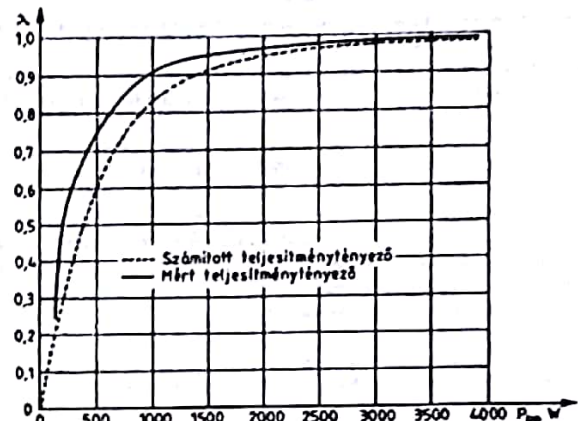
5. ábra. A hálózati áram hullámformája teljes terhelés esetében



6. ábra. A HPQ 48/40 típusú akkumulátortöltő berendezés hálózati felvett áram spektruma teljes terhelés esetében

kalkulálva az 1. táblázatban megengedett áramfelharmonikusokat — felrajzolható a  $\cos\phi_1 = 1$  esetre a bemenőteljesítmény

függvényében a [2] betartásához szükséges teljesítménytényező (7. ábra szaggatott vonal).



7. ábra. A HPQ 48/40 típusú akkumulátortöltő berendezés mért, ill. a [2]-ben megengedett áram-felharmonikusokból számított teljesítménytényezője a  $P_{be}$  bemeneti teljesítmény függvényében

A 7. ábrába folyamatos vonallal berajzolva a berendezés bemeneti teljesítménye függvényében mért teljesítménytényezője látszik, hogy az — az előírások által megkövetelt teljesítményhatár határ alatt is — a megkövetelt görbe fölött van.

A PowerQuattro Kft. 1993 óta több — aktív teljesítménytényező-korrektorral ellátott — akkumulátortöltő, ill. tápegység-családot fejlesztett ki, ill. gyárt. Ezek a következők.

A HPQ24/15, HPQ 24/25, HPQ 24/50, típusú 24 V, ill. a HPQ 48/7,5, HPQ 48/15, valamint a HPQ 48/40, 48 V névleges kimeneti feszültségű 7,5, 15, 25, 40, ill. 50 A névleges kimenőáramú akkumulátortöltők/tápegységek elsősorban hűtőközlési fogyasztók tápáramellátására. Az SPQ 220/8, SPQ 220/15, SPQ 220/20 típusú, 220 V névleges kimeneti feszültségű 8, 15, ill. 20 A névleges kimenőáramú akkumulátortöltők elsősorban erőművi, áramszolgáltatói segédüzemi áramellátási célokra. Az SPQ 336/8, SPQ 336/15, valamint az SPQ típusú 336 V névleges kimeneti feszültségű 8, 15, ill. 20 A névleges kimenőáramú akkumulátortöltők a 336 V névleges közbensőkörű feszültségű komplett szünetmentes egyenfeszültségű és/vagy váltakozó feszültségű áramellátó rendszerek számára.

Az egyes egységeket a kimeneti teljesítmény növelésére, vagy a szükséges redundancia kialakítására párhuzamosan lehet kapcsolni úgy, hogy a terhelőáramot névleges kimeneti teljesítményük arányában osztják. Ez azt jelenti, hogy azonos felépítésű, ill. azonos kimeneti feszültségű, de eltérő névleges kimenőáramú berendezéseket is lehet párhuzamosan üzemeltetni. A kifejlesztett és gyártott akkumulátortöltő családok mindegyik tagja alkalmas — szeleppel zárt — akkumulátorok töltésére, ill. távfelügyeleti rendszerrel való kommunikációra.

A mérési eredményekre visszatérve megállapítható, hogy tervezési elgondolásaink helyességét a mért adatok bizonyítják, amelyekből látható, hogy viszonylag egyszerű felépítésű energiatálcák megvalósítható a szinuszos, kis áramtorzítási tényezőjű áramfelvétel.

További célunk, hogy — az általunk kifejlesztendő berendezéseknél — nagyobb egység teljesítmények esetén is megvalósítsuk a nagy teljesítménytényezőjű hálózati áramfelvételt.



**Irodalom**

- [1] MSZ EN 60555-1 Háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek által keltett hálózati zavarok. Fogalom meghatározások.
- [2] MSZ EN 60555-2 Háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek által keltett hálózati zavarok. Harmonikusok.
- [3] IEC STANDARD Publication 555-1 1982. „Disturbances in supply systems caused by household appliances and similar electrical equipment.” Part 1: Definitions
- [4] IEC STANDARD Publication 555-2 1982. „Disturbances in supply systems caused by household appliances and similar electrical equipment.” Part 2: Harmonics
- [5] IEC STANDARD Publication 555-2 „Disturbances in supply systems caused by household appliances and similar electrical equipment.” Part 2: Harmonics. Amendment 1988.
- [6] IEC 77A. „Low frequency phenomena” 1993-09-30.
- [7] Csáky—Gauszky—Martí: Teljesítményelektronika. Műszaki Könyvkiadó, 1976.
- [8] James J. Lo Cascio (MicroLinear Corp. San Jose California): „The Use of a New SMPS Array to Implement a Power Factor Controller IC”. 1989. High Frequency Power Conversion.
- [9] M. Herfurth: „Aktives Oberschwingungsfilter mit konstanter Betriebsfrequenz und 600 W Ausgangsleistung”. Siemens PD 22 9002. 1990.
- [10] Mark J. Kocher and Robert L. Steigerwald (General Electric Company): „An AC-to-DC Converter with High Quality Input Waveforms”. 1987.
- [11] Bill Andreyak (UNITRODE): „1 MHz. 150 W Resonant Converter” UNITRODE Linear Integrated Circuits Data and Applications Handbook, 1990.
- [12] James A. Martin, David W. Clemans, David M. Landis (Martin Marietta Denver Aerospace): „New Two-Switch Forward Resonant Topology”. 1986. High Frequency Power Conversion.
- [13] Steve Freeland (Rockwell International Corporation): „An Introduction to the Principles and Features of Resonant Power Conversion.” Recent Developments in Resonant Power Conversion, 1988.
- [14] Fred C. Lee (Virginia Power Electronics Center): „Zero-Voltage Switching Techniques in DC-DC Converter Circuits”. 1987. High Frequency Power Conversion.

**SZÜNTELEN BIZTONSÁG – AZ ÖN IGÉNYE SZERINT  
ENERGIATAKARÉKOS,  
SZINUSZOS KIMENETI FESZÜLTSGŰ  
és  
EGYENÁRAMÚ SZÜNEMENTES ÁRAMFORRÁSOK  
MEEI ENGEDÉLLEL.**

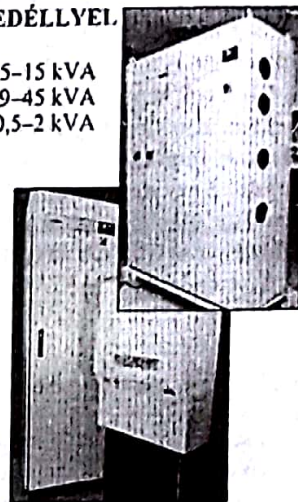
Egyfázisú készülékek 2,5–15 kVA  
Háromfázisú készülékek 9–45 kVA  
24 V DC készülékek 0,5–2 kVA

Abszolút szünetmentes  
off line kivitelben

Mikroprocesszoros és egyéb  
töltők zárt akkumulátorokhoz

YUASA zárt akkumulátorok  
teljes típusválasztéka

**KERESSE  
VEVŐSZOLGÁLATUNKAT!**



**Tervezés + Gyártás + Megrendelés + Kivitelezés + Szerviz**



**IPARI ELEKTRONIKAI  
KFT.**  
Műegyetem  
Innovációs Park tagja

1119 Budapest, Andor u. 60.  
Tel.: 208-4630-161 208-4635-ig  
Fax: 208-4636

**Helyesen, jól „műszakiul”**

Folytatjuk az *Elektrotechnika* 1997/1. számában e címmel megjelent sorozatunkat az SI alkalmazásával kapcsolatban.

Az SI-rendszer alapegysége a *hosszúság*, mértékegysége a méter, jele: m, amelynek századrésze a centiméter (cm). Gyakran hallani még a televízióban, rádióban is, hogy 170 centi magasságú. Ez nem helyes! A mértékegységek többszöröseit, ill. tört részeit SI-előléttszavakkal (prefixumokkal) fejezzük ki, tehát a centi önmagában százat jelent. Ne legyünk kényelmesek, mondjuk tehát végig, hogy 170 centiméter magas emberről van szó.

Származtatott SI egység a *terület*, mértékegysége a négyzetméter, jele m<sup>2</sup>, de *földterületek* megadására alkalmazható terület-mértékegység a hektár, jele: ha. 1 ha = 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>. Gyakran látni gépelt anyagokban, hirdetésekben a m<sup>2</sup> helyett m2 használatát. (Ez egyszerűen gépirói lustaság; megkiméli magát a félsoros emeléstől!) Még nagyobb hiba, amikor a hirdetésekben pl. 60 nm területű lakásról írnak. Ez azt jelenti, hogy olyan lakást ajánl az illető, amelynek hossza — mivel 1 nanométer = 10<sup>-9</sup> m — 60 × 10<sup>-9</sup> m, azaz 0,00006 mm, szélessége pedig nincs!

Nem használható a négyzetögl: □ öl, amely kb. 3,6 m<sup>2</sup>-nek felel meg, valamint a hold (magyar), amely 4316 m<sup>2</sup>-nek, és a katasztális hold, amely 5754 m<sup>2</sup>-nek felel meg.

Származtatott SI-egység a *sebesség*, mértékegységének jele m/s, de korlátozás nélkül megengedett sebesség-mértékegység a kilométer per óra, jele km/h használata is. Vajon miért van számos sebességkorlátozó KRESZ-táblán hosszegység, pl. 40 km feltüntetve? Már az általános iskola alsó osztályaiban megtanulják a gyerekek, hogy a sebesség a hosszúság és az idő hányadosa. Miért nem lehet ezt használni? Elfogadható, ha csak a mennyiséget írják ki, tehát pl. 40, de leghelyesebb a 40 km/h használata, amely sajnos elég ritka.

Még az Országos Meteorológiai Szolgálat szakértői is gyakran mondják a tv-ben és a rádióban, hogy 80 kilométeres erősségű szél volt valahol, esetleg a bonyolult 80 kilométeres óránkénti sebességű szél kifejezést használják, csak nagyritkán hallható a helyes és szabatos 80 kilométer per óra kifejezés!

A nyomás az SI származtatott egysége, mértékegysége a pascal, jele: Pa, ami a gyakorlat számára nagyon kis egység, ezért annak milliószorosát, a MPa (megapascal) egységet használják, ami közelítőleg 10 at (technikai atmoszféra) értékének felel meg. Megszűnt a torr, az at és a mmHg (higanyoszlop-milliméter) és ezeket — szerencsére — már tényleg nem használják. (Átszámítások: 1 torr = 1 mmHg = 133,3 Pa; 1 at = 98 066 Pa.) Folyadékok és gázok nyomásának meghatározására megengedett a bar használata is. (De nem: bár, amint ez sok helyen látható!) 1 bar = 10<sup>5</sup> Pa = 0,1 MPa és értéke nagyjából megfelel az at = technikai atmoszféra értékének.

Az elektrotechnikában használt egységek terén hozta a legkisebb változást az SI.

Származtatott SI-egység a *mágneses fluxus*, SI mértékegysége a weber, jele: Wb. 1 Wb = 1 Vs, a maxwell egység átszámítása: 1 M = 10<sup>-8</sup> Wb.

Szintén származtatott SI-egység a *mágneses indukció*, azaz a területegységre eső fluxus. SI mértékegysége a tesla, jele: T. 1 T = 1 Wb/m<sup>2</sup>, a Gauss-féle egység átszámítása: 1 G = 10<sup>-4</sup> T. Ha tehát azt halljuk, hogy egy transzformátor vasmagjában az indukció 1,6 T, akkor — aki a régi egységhez szokottan tudja csak érzékelni ennek nagyságát — szorozza be gyorsan fejben 10 000-rel, és így a 16 000 G már jobban felfogható számára. (Folytatjuk)

Luspay Ödön