

TÓTH-KATONA TIBOR – FODOR-CSORBA KATALIN – BUKA ÁGNES

Nem légnemű, nem szilárd, nem folyadék

MÁSODIK RÉSZ

A cikk első részében [1] röviden bemutattuk a folyadékkristály állapot szerepét a kijelzéstechikában és különböző optikai elemekben. Most, a második részben elsősorban a folyadékkristályok biológiai aspektusairól szólnunk, valamint kitérünk néhány olyan területre (pl. kozmetikai anyagok, divat, negatív törésmutatójú anyagok, úrkutatás), amelyekben a folyadékkristályos állapot szerepe kevésbé közismert.

Biológia, orvostudomány, gyógyszeripar

A biológiai rendszerek sokasága – például a sejtmembránok, a foszfolipidek, a koleszterinek, a DNS – folyadékkristály (mezogén) fázisokat képez.

Sejt, sejtmembrán. Valójában minden sejtmembrán liotróp folyadékkristály állapotú [2]. Az agy különösen gazdag mezogén anyagokban. A sejt alapállománya (kötőszöveti állomány) ionkoncentrációját, ozmózisát és izotóniáját a cukorpolimerek szabják meg. A sejtek alapállományaának további alkotója a sejten belüli folyadék, amely folyadékkristályos állapotában kötődik a cukor-fehérje biopolimerekhez. Így az alapállomány viszkóelasztikus rendszert képez, amely ütközésmelnyelőként és energetikai kopatóként is működik. A sejten belüli tér vízkészlete labilis és mozgékony, testhőmérsékleten kb. 50%-ban folyadékkristályos állapotban van. Elrendeződése a benne oldott anyagoktól függ. Ez az elrendeződés hosszabb ideig megmarad, még akkor is, ha az adott állapotot előidéző anyagok már nincsenek jelen. Ezért a vízmolekulák dipólus kapcsolatai mintegy információtárolóként működnek. A hibás információk a testhőmérséklet emelésével kitörölődnek, a láz ebből adódóan a szervezet igen jelentős öngyógyító tényezője.

Több betegség is, például az arterioszklerózis vagy a sarlósejtes anémia *folyadékkristályos fázisátmenetekkel* kapcsolatos. Az érlemezésedés az artériák

leggyakoribb és legjelentősebb betegsége, amely az erek megkeményedésével, átmérőjük beszűkülésével és rugalmasságuk elvesztésével jár. A sarlósejtes anémia viszont egy genetikai mutáció következtében kialakuló örökletes betegség, mely során sarló alakú vörösvérsejtek képződnek, ami csökkenti a betegek oxigénfelvétel képességét, ez pedig hajlamossá teszi őket a fertőzésekre és a korai halálra.

A rövid DNS-molekuladarabok folyadékkristály fázisokat mutatnak. Meglepetést váltott ki az a megfigyelés, hogy a vízbe merített rövid DNS-molekuladarabok folyadékkristály állapotba rendeződtek. Ez új megvilágításba helyezheti az élet keletkezését a Földön. A DNS meglepően rövid (akár hat bázispárból álló) darabjai különböző folyadékkristály fázisokba „önrendeződtek”, egymással párhuzamosan, oszlopokba állva. Egyes elképzelések szerint az élet DNS- vagy RNS-szerű molekulák darabjaiból keletkezett az ősi szerves molekulák oldatában, a prebiotikus „levesben”. Mivel az olyan molekuláris láncokat, mint a DNS, a „véletlenszerű” kémia lényegében véve nem hozhatja létre, a kutatók régóta keresik azokat a lehetséges folyamatokat, amelyek során az egyszerű molekulák spontán módon önkiválasztódnak, láncra fűződnek és önméltódnak. Ez az új kutatás azt mutatja, hogy a DNS-törédekkegyében azok a molekulák, amelyek képesek folyadékkristály fázist kialakítani, *szelektíven* cseppekbe kondenzálódnak. Ezekben a cseppekben a feltételek már kedvezőek, hogy egymással kémiaiilag nagyobb molekulákba kapcsolódjanak, tovább növelve ezzel a folyadékkristály állapot kialakítására való hajlamukat. Az RNS-ek és a DNS-ek láncszerű polimerek, nukleotidokkal (bázisokkal), amelyek egy másik lánc megfelelő bázisához szelektíven csatlakoznak. A komplementer bázisszekvenciák lehetővé teszik, hogy a bázisok párokat alkossanak, ezáltal a két szál összekapcsolódjon és kialakuljon az ismert kettősspirál-szerkezet. A folyadékkristály fázisok strukturális elemzése megmutatta, hogy

létrejöttüket a rövid DNS-párok végeinek egymáshoz „tapadási” képessége teszi lehetővé, s ezáltal rúd alakú aggregátumok jönnek létre immár jóval hosszabb DNS-szegmenseként. A „tapadási” képességet a DNS-szegmensek végein talált „olajos foltok” segítik elő, amelyek a tapadást egymáshoz vonzó mágneses gombokhoz hasonlóan valószínűsítik meg, miközben a közöttük lévő vizet kiszorítják. Az élet kialakulásával kapcsolatosan a kulcsmegfigyelés az, hogy a nanométer méretű DNS-szálak aggregációja csak akkor lehetséges, ha párokat képezhetnek. Ha a bázisok nem összeillőek, a láncok nem tudnak kettős spirált kialakítani és a folyadékkristályos rendezettség nem figyelhető meg.

Bioszenzorok. A liotróp folyadékkristályok külön osztályát képezik a *kromonikusok*, amelyeknek molekulái poliariomásmagból és *csak* hidrofil („vízszertető”) szélső részekből állnak (szemben az amfifil molekulákkal, amelyek hidrofil és hidrofób részekkel is rendelkeznek [1]), ezért vízben oldhatók. A molekulák aggregálódnak és tipikusan lineáris rétegeket képeznek, amelyek rendeződésével folyadékkristály fázis alakul ki. A molekulák elhagyhatják a rétegeket, vagy éppen csatlakozhatnak hozzájuk, ezért a környezet hatására a rétegek megváltoztathatók alakjukat. Ezek a folyadékkristályok vízalaptúak és nem mérgezőek, így alkalmasak biológiai ágens detektálására. A baktériumok, vírusok és antitestjeik mérete olyan kicsi, hogy nem befolyásolják a folyadékkristályos rendezettséget. Amikor azonban az antitestekből és antigénekből álló immunkomplexek elkezdnek növekedni és lineáris méretük meghalad egy határt, a folyadékkristály-rendezettség torzul és ezzel a fényáteresztő képesség keresztezett polarizátorok között jelentősen megváltozik. Az ilyen elven működő biotektorok érzékenyek, gyorsak és olcsók; jelenleg folyik az ipari fejlesztésük.

Reaktív mezogének, elasztomerek, gélek. Ezek a kémiai keresztkötésekkel térhálósított, szilárd folyadékkristály polimer anyagok új lehetőségeket nyitnak a mik-

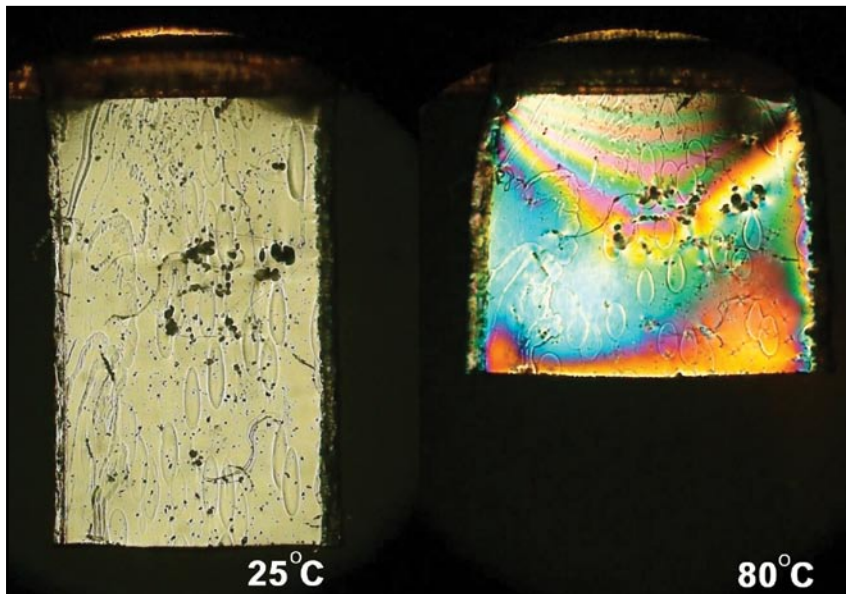
Kozmetika, divat

ro-elektromechanikai és biológiai mikro-elektromechanikai eszközök fejlesztésében. Potenciális alkalmazásaik közé tartoznak a folyadékaramlást kontrolláló mikroszkopikus kapuk a biocipekben, a különböző miniatűr működtetők (aktuátorok) vagy a mesterséges izmok. A reaktív mezogének alkotják a legmoverebb struktúrákat, amelyeknek a legnagyobb a keresztköto-sűrűségük. Az elasztomerek (kisebb keresztköto-sűrűséggel) könnyen deformálható gumyszerű anyagok, míg a gélek rendelkeznek leginkább folyadékszerű tulajdonságokkal, mivel gyenge polimer hálóban telített folyadékkristály oldatok alkotják. A legegyszerűbb konfor-

relmet is benyújtottak folyadékkristály fázisokat mutató rákelenes gyógyszerekre [3], a Tolecine-re és a Tolecine-t egy másik folyadékkristályos készítménnyel, az Apatone-nal kombináló szerre. A Tolecine antivirális és antibakteriális alkalmazásai és herpesz elleni hatása mellett különösen hatásosnak mutatkozik a bőrrák ellen. Az Apatone-t a prosztatarák elleni harcban vetették be, de késleltető hatásokat mutatott a rák végső stádiumában lévő pácienseken is. Ezenkívül a kutatók az Apatone-t intravénás adalékolásra szánják a kemoterápiás kezelés előtt és után alacsony dózisokban, orálisan, hogy megállítsák a burjánzó sejtek újranevelődését a kemo-

Folyadékkristály fázisú anyagokat ma már a kozmetikában is használnak szemhéjfestékekben és szájrúzsokban. Az utóbbi a forgalmazó szerint „a fénytükrözés és fénytörés miatt rendelkezik a kvarc és az opál ragyogásával, így biztosítva az ajkak telítettségét és mélységét”.

Liotróp folyadékkristályokat használnak kozmetikai gélekben és emulziókban, hogy stabilizálják a szuszpenziók struktúráját és megtartsák a nedvességet. A *stratum corneum* (szaruréteg) sejtek közötti lipidjei háromféleképpen is hozzájárulnak az egészséges bőr fenntartásához: hidratációval, a sejtapa-



1. ábra. Folyadékkristály elasztomer nematikus (25 °C) és izotróp (80 °C) fázisban

mációs változás ezekben az anyagokban a folyadékkristály – izotróp fázis átmeneti hőmérsékletének környezetében következik be, ahol az optikai tulajdonságok változása mellett az egész önmegtartó film nagy, makroszkopikus deformációja is létrejöhethet. Ezeket a változásokat demonstrálja az 1. ábrán egy elasztomer mintáról különböző hőmérsékleten (nematikus és izotróp fázisban) készített két felvétel. Az elasztomerek és gélek a hőmérséklet-változtatás mellett elektromos tér, fény vagy vegyszerek hatására egyaránt mutathatnak alakváltozásokat. A fényel kiváltott alakdeformációk különösen ígéretesek, hiszen nem követelnek elektromos összeköttetést és távirányítással is megvalósíthatók. Egyes elasztomerek hatékonyan felhasználhatók elektromos energia termelésére is, különösen azok, amelyek gigantikus flexoelektromos együttartóújú, hajlott törzsű folyadékkristályokat tartalmaznak, és ezáltal hajlítási deformációk hatására elektromosságot generálnak.

Gyógyszeripar. 2007-ben a Kenti Állami Egyetem kutatói két szabadalmi ké-

terápiás kezelések között. A legtöbb kemoterápiás gyógyszer toxikus, nem különbözteti meg a rákos sejteket a gyorsan osztódó, de egyébként egészséges sejtektől a beteg gyomrában, heréiben és a csontvelőben – mindegyiküket megcélozza. Az Apatone toxicitása alacsonyabb, és nem célozza az osztódó sejteket, ezért megkíméli a gyorsan növekvő, de egészséges sejteket. Normális esetben a sejtek cukrokat és zsírokat használnak energiaforrásként. A rákos sejtek energiaigényüket elsősorban glükózzal elégítik ki. Az Apatone-ban található C-vitamin a glükózra emlékeztet, ezért akkumulálódik a rákos sejtekben. Azonban ez trójai faló a rákos sejt számára, ugyanis az Apatone K₃-vitamin is bevisz: ez a kombináció hidrogénperoxidot termel, ami a sejtet károsítja. Az Apatone-nal ily módon stresszelt sejtnek 3-4 órára van szüksége, hogy felépüljön. Ez időablakot biztosít a kemoterápiás kezelésre, amíg a rákos sejt védtelen marad, lehetővé téve a gyógyszer széles körű alkalmazását a rák majdnem minden típusával szemben, beleértve a leukémiát is.



2. ábra. Folyadékkristály alkalmazások a divat világában: színváltoztató ruha és gombnyomásra sötétülő bukósisak

dás elősegítésével és a bőrön keresztül zajló (transzepidermális) vízvesztés csökkenésével. Mindezek a lipidmolekulák önrendeződési tulajdonságainak köszönhetők. Az ún. lamelláris gélek – új generációs bőrápoló szerek – szintetikus pszeudoceramidokat tartalmaznak és ezáltal a szokványos emulzióknál jobb bőrápolási jellemzőkkel rendelkeznek az áteresztőképesség, a bőr hidratációja és a felszívódás szempontjából. Ezek a jobb tulajdonságok annak köszönhetők, hogy a lamelláris géleknek ugyanolyan önrendező tulajdonságai vannak, mint a szaruréteg lipidjeinek, következésképp nagy affinitást mutatnak a bőrrel szemben.

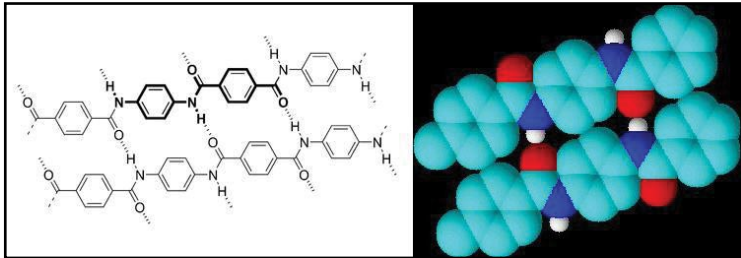
Nemrégiben a folyadékkristály-alkalmazások utat találtak a divat világába is. Az Uvex cég olyan folyadékkristályos szemszemüvegeket gyárt, amelyeknek fényszűrő képessége egy érintéssel szabályozható. Várható a napszemüvegek és az orvosi receptre kapható lencsék gyártásának megkezdése is. Már a folyadékkristályok kettős törésén alapuló bifokális kontaktlencsék ötlete is felmerült. A fotokróm festékeket tartalmazó koleszterikus folyadékkristály polimerek UV-fény hatására megváltoztatják a csavarállandójukat és ezáltal a szivárvány színeiben játszó reflektált színüket is. Ezekből az anyagokból flitterek készültek, amelyek színe finoman, de hatásosan változik a környezet megvilágításának megváltozásakor. Ezeket a divathoz kapcsolódó alkalmazásokat illusztrálják az AlphaMicron cég által készített felvételek (2. ábra).

A kevlár

1965-ben a Du Pont cég fejlesztette ki az azonos súlyú acélnál ötször erősebb polimert. Ez a polimer a *p*-fenilén-diamin és a tereftálsav polikondenzációjával állítható elő, kereskedelmi nevén kevlárként ismert. A szerkezetigazolások megállapították, hogy a polimer láncokat hidrogénhidak fűzik szorosan egymáshoz (3. ábra). Ez a szerkezeti felépítés okozza a nagymértékű szakítószilárdságot és az anyag kiváló ellenálló képességét [4].

A kevlár szintézise óta további hasonló szerkezetű anyagok egész sorát állították elő. Ezek a *para*-aramid típusú szintetikus szálak NOMEX, TECHNORA, TWARON stb. márkanévvel kerültek forgalomba.

A poliamidok közönséges szerves oldószerekben nem, vagy igen nehezen oldható vegyületek, azonban tömény



3. ábra. A kevlár szerkezeti felépítése

kénsavban oldódnak. 10–20%-os oldatuk jól megmunkálható *liotrop nematikus* folyadékkristály-rendszert alkot. A 20% feletti koncentrációjú oldat nagyobb viszkozitású, nem megmunkálható. A koncentrációt tovább növelve a rendszer már szilárdszerű állapotba jut. A nagy erősségű és szakítószilárdságú poliamid szálakat, mint a kevlárt is, kénsavas oldatukban egy megfelelő nyíláson préselik át, miközben szálát húznak. Ha a szálakat ebben a nematikus folyadékkristály állapotban tovább húzzák, rendezett *nematikus folyadékkristály* állapot érhető el. A szál elkészítése után az erős savat vizes fürdőben kimossák, így a rendszer rendezettsége szilárd halmazállapotban megmarad.

Mechanikai tulajdonságaik miatt ezeket az anyagokat elsősorban golyóálló páncélat, sportszerek, kötelek, kábelek, repülőgépek, helikopterek gyártásában használják. Ugyanakkor, alkalmazzák őket például hangszórókban az akusztikai tulajdonságok javítására, optikai kábelek védelmére vagy a gépkocsigyártásban az azbeszt helyettesítésére a fékberendezésekben. Felhasználhatók továbbá kompozit anyagokban, elsősorban szénszállakkal, üvegszállakkal és epoxi-ragasztókkal kombinálva.

Negatív törésmutatójú anyagok (Negative Index Materials, NIM)

A Veselago által megjósolt, negatív törésmutatójú anyagok (ún. metaanyagok) valószínűleg a legizgalmasabb optikai anyagok manapság. Olyan izgalmas alkalmazások lehetőségét vetik fel, mint a sík, apertúra nélküli lencsék, „tökéletes” lencsék fényhullámhossznál kisebb felbontással, újszerű antennák, a „láthatatlanság” létrehozása speciális bevonatokkal (ruházattal), újszerű tiltott sávval rendelkező anyagok, nagy sűrűségű optikai tárolás stb. A 4. ábrán a negatív törésmutató hatását demonstráljuk egy szívószálon.

A probléma csak az, hogy a természetben ilyen anyagok nem léteznek. Mesterségesen állítottak már elő komplex metaanyagokat, amelyek az elektromágneses sugárzás bizonyos (általában szűk) tartományában a felsorolt tulajdonságokkal rendelkeznek, de működésük frekvencia-

a nanorészecskék irányrendezettek lesznek folyadékkristályt alkotva, míg az őket körülölelő mátrix szintén folyadékkristály lehet. A rendszer folyadékkristály állapota következtében ezek az anyagok érzékenyek, elvben könnyen megmunkálhatóak és könnyen kapcsolhatóak.

Úrkutatás

A folyadékkristályban található szingularitások (defektek, hibahelyek) topológiai „töltéssel” rendelkeznek és stabilitásukat a töltésmegmaradás határozza meg. A defektek a direktortér torzulásán keresztül kölcsönhatnak egymással. Az ellentétes topológiai töltéssel rendelkező hibahelyek vonzzák egymást és kioltódnak. Ezen tulajdonságaik alapján a folyadékkristályok laboratóriumi modellként használhatók a korai univerzum topológiai defekt elméleteinek tesztelésére. Ugyanis a Higgs-mező durvulását (coarsening) a felté-



4. ábra. A bal oldali pohárban a levegő és a víz törésmutatójának különbségéből adódó fénytörés és hatását látjuk a szívószálon. A jobb oldali pohárban lévő (hipotetikus) „negatív törésmutatójú vízben” a szívószál „rossz irányban” törik [5]

tartománya az igazán izgalmas és széles körben alkalmazható (pl. látható fény) frekvenciáktól távol esik.

A kutatók jelenleg olyan anyagok megalkotásán dolgoznak, amelyek negatív elektromos és mágneses állandóval (permittivitással, illetve permeabilitással) rendelkeznek – ez a kombináció negatív törésmutatót eredményez – a látható és/vagy infravörös fény tartományában. A tervek szerint ezek az anyagok fém nanorészecskék diszperziói lesznek egy mátrixban. A negatív permittivitást a részecskék egyedi válaszáként, míg a kulcsfontosságú negatív permeabilitást a rendeződött nanorészecskék kollektív válaszáként akarják megvalósítani. Ezekben az anyagokban

telezések a folyadékkristályokban hibahelykioltáson keresztül történő durvuláshoz nagyon hasonlóan gondolják.

Az asztrofizikához kapcsolódik, hogy az árapály-vonzások a neutroncsillagok külső köpenyeiben található magokat hosszúka alakúra nyújtják és ezért azokról azt feltételezik, hogy folyadékkristály fázisokat alkotnak. Következésképp az várható, hogy a köpeny rugalmas tulajdonságai a folyadékkristályokéhoz hasonlóak. Ez viszont hatással van azokra a folyamatokra, amelyek a rugal-

5. ábra. A Pathfinder űrjármű légszáka felfújt állapotban és leszállás után a Mars felszínén



mas energia tárolásával kapcsolatosak – mint például a lemeztectonika, a csillagregések vagy az alakváltozások –, és alapvetően módosítja a csillag felszínéhez csatolt mágneses terek evolúcióját.

Az űrkutatási alkalmazások szempontjából megemlítendő, hogy a NASA igényeinek megfelelő, erős, de ugyanakkor papírvékony folyadékkristály polimert (LCP) fejlesztettek ki. Ez az anyag különféle elektronikus áramköröket foglalhat magába, bármilyen alakúra formálható és ellenálló az extrém hőmérsékletekkel, valamint az intenzív besugárzásokkal szemben. Egyik legnagyobb előnye a kis súlya: flexibilis antennák készíthetők belőle, amelyek sokkal könnyebbek a ma használatos antennáknál, és az LCP-be nyomtatott áramkörök kiválthatnák a nehéz fémdobozokat, amelyekbe a mai merev áramköröket helyezik. Az LCP-k további előnyei közé tartozik, hogy: 1. közel hermetikusak – ellenállóak a nedvességre és más környezeti feltételekre; szinte tapétaként felvihetők bármilyen felületre nagy területű antennákat képezve; 2. 110 GHz-ig hatásosan feldolgozzák a rádiófrekvenciákat – lehetővé téve a radar-alkalmazásokat és a tudományos és katonai kommunikációt, szemben a konvencionális rádiófrekvenciás áramkörökkel, melyek teljesítménye 5GHz felett gyorsan csökken; 3. az LCP-k olcsóbban előállíthatók, mint más hermetikus technológiák (pl. kerámiaanyagok); 4. a hőterjedési tulajdonságaik megengedik a sokréteges struktúrák kialakítását anélkül, hogy azok repedeznének, vagy a rétegek szétváljanának – ez pedig lehetővé teszi megbízható, kis helyigényű, háromdimenziós áramkörök létrehozását. Mindezek az előnyök az LCP-k alkalmazását valószínűsítik nemcsak az űrkutatásban és a telekommunikációban, hanem például a repülőgépgyártásban és az autópárhuzamban is. A Marsra leszállt Pathfinder űrjármű légszákja is folyadékkristály polimerből (aromás poliészterből), a Vectranból készült (5. ábra).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kutatásainkat az OTKA gyakorlatilag alapításától kezdve folyamatosan támogatta (T-14957, F-22771, T-20905, T-30401, T-31808, T-32667 – csak az utóbbi évtized pályázatait említve) és jelenleg is támogatja a K-61075 sz. pályázat keretében.

IRODALOM

- [1]Tóth-Katona T., Fodor-Csorba K., Buka Á., Természet Világa, 2009. augusztus
- [2]http://en.wikipedia.org/wiki/Lyotropic_liquid_crystal
- [3]http://www.kent.edu/Magazine/Winter2007/BetterMedicine.cfm
- [4]http://en.wikipedia.org/wiki/Kevlar
- [5]Hess O., Nature, **455**, 299 (2008)

Okos konnektorok

Beszélgetés Hamar Jánossal

Hamar János a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszékének egyetemi docense. Abba a valamivel több mint harminc főt számláló „klubba” tartozik, amelynek tagjai sikeresen vették az akadályt a Norvég Alap és az OTKA „Nemzetközi ismertséggel rendelkező fiatal kutatók tudományos életpályájának elősegítése” című pályázatán. Az OTKA elnökével, Makara B. Gáborral éppen egy éve beszélgettünk ennek a pályázatnak a kiírásáról.

– *Azt írja projektjéről, hogy az energia-megtakarítás, a korszerű és megbízható villamosenergia-elosztás, a megújuló források hatékony integrálása révén szorosan kapcsolódik a környezetvédelemhez; s az alacsony teljesítményű (kb. 0–10 kW-os) jövőbeli, intelligens, lakossági villamos elosztórendszerek megalkotására törekszik. Hadd kezdjem egy földhözragadt kérdéssel: milyen berendezéseket kívánnak táplálni ezzel az új rendszerrel?*

– A 0–10 kW-os tartományba elsősorban azok a fogyasztók tartoznak, amelyekkel a leggyakrabban találkozunk a háztartásokban, irodákban: nyomtató, számítógép, DVD-lejátszó, mobiltelefon, digitális fényképezőgép, elektromos borotva, elektromos fogkefe stb. Vagy a belsejünkben, vagy hozzájuk kapcsolva egy olyan tápegység szolgáltatja a működésükhöz szükséges energiát, amely a 230 V-os hálózati váltakozó feszültségből kis egyenfeszültséget állít elő. Az irodai és a háztartási berendezések a leggyakrabban 0–20 V közötti tápfeszültséget igényelnek, de ezen a skálán szinte minden érték előfordul; a szabványosítás még nem nagyon jellemző.

Minden egyes fogyasztónak megvan tehát a maga tápegysége. A gyártók sok esetben törekednek arra, hogy ezeket minél olcsóbban állítsák elő, ezért gyakran csökken a megbízhatóságuk, ami pedig alapvetően meghatározza a hozzájuk kapcsolt rendszer működését.

– *Hogyan orvosolhatják ezt a bajt az intelligens elosztórendszerek?*

– Egyrészt jó szolgálatot tehetnek a veszteségek csökkentésében, az energiamegtakarításban, másrészt segíthetnek abban, hogy a megújuló energiaforrásokat integráljuk a helyi elosztóhálózatokba.

Hogyan érhetjük el az első célt? Szükségünk lesz nagyobb számú, azonos, egyenáramú átalakítóra (DC-DC konverterre). Fontos, hogy mindenhol ugyanolyan típust használjunk – ezeket majd nagy sorozatban gyárthatják, ami gazdaságos lesz. A kis, többnyire néhány száz wattos, de legfeljebb néhány kW-os fogyasztókhoz szánt átalakítókat egy egyenfeszültségű hálózatra kapcsoljuk rá. Tehát az



átalakítóból keletkező sokcsatornás rendszer bemenete azonos, de a kimenetek különbözőek, és egy irányítórendszer határozza meg, hogy a kimenetekre milyen feszültség kerüljön. Az intelligens rendszert – például falba építve – egy speciális kialakítású, a mai konnektorokhoz hasonlítható egységben helyezük el, amelyhez csatlakoztathatjuk például a mobiltelefont vagy a DVD-lejátszót. Az elosztórendszer úgy szervezi a konvertereket, hogy a fogyasztók igényeit optimálisan kielégítsék. Előfordulhat, hogy csak egy konverter szolgálja ki az eszközt, de az is, hogy a berendezésünk több, párhuzamosan kapcsolt átalakítóból kapja meg a működéséhez szükséges energiát. A döntés egy optimalizálási feladat eredményén alapszik. Az optimalizálásnak több célja is lehet. A költségfüggvényünket minimalizálva juthatunk el például a hatásfok maximalizálásához, a veszteség minimalizálásához vagy előírhatjuk, hogy a kimeneti feszültség hullámmosságát simítsuk ki, amennyire lehet, mert a fogyasztó ezt igényli. Esetleg hibrid megoldások is szóba jöhetnek. Az egyenáramú átalakítók így elosztórendszeré válnak – a fogyasztó igényeinek megfelelően.

Tehát nem kellene legyártani rengeteg különböző (és különböző megbízhatóságú) adaptert, majd ezeket minden egyes készülékhez külön eladni, hanem minden fogyasztó ugyanabból az elosztóból kapja meg a szükséges energiát, számára „testre szabott” formában.