

STROJNIŠTVO | KLIMATSKE NAPRAVE | OKOLJE | HLAJENJE

Bo Zemljo ohladila slovenska tehnologija?

Na pragu preboja pri hladilnih napravah, ki bi lahko bile učinkovitejše in okolju prijaznejše

Objavljeno 06. september 2018 06.00

Posodobljeno 06. september 2018 06.00



Na Kitajskem 70 odstotkov gospodinjstev uporablja klimatsko napravo; samo v letu 2010 so jih prodali 50 milijonov. Foto Shutterstock



Jaka Tušek



Si predstavljate vožnjo na morje v razbeljenem avtu sredi pasje vročine ali da bi si tešili žejo s pregretim pivom? V razvitih državah 87 odstotkov gospodinjstev uporablja klimatske naprave, ki pa temeljijo na sto let stari tehnologiji. Ljubljanska fakulteta za strojništvo je pridobila skoraj 1,4 milijona evrov za razvoj nove oblike hlajenja. Končni cilj je razviti napravo, ki bi lahko prinesla prvi večji preboj na tem področju z večjo učinkovitostjo in manjšim onesnaževanjem okolja.

?Kdo je Jaka Tušek

Doc. dr. Jaka Tušek, rojen leta 1983, je doktoriral leta 2012 na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani. Nato je več kot dve leti delal na Danski tehnični univerzi kot podoktorski raziskovalec. Trenutno je zaposlen kot docent in raziskovalec v Laboratoriju za hlajenje in daljinsko energetiko na domači fakulteti. Raziskuje alternativne

tehnologije hlajenja, zadnja leta predvsem elastokalorično hlajenje.

Fakulteta za strojništvo je s prebojnimi idejami že drugič prepričala evropski raziskovalni svet (ERC), da ji je podelil financiranje, tokrat v vrednosti skoraj 1,4 milijona evrov za projekt SUPERCOOL – kratica pomeni superelastične porozne strukture za učinkovito elastokalorično hlajenje (angl. *superelastic porous structures for efficient elastocaloric cooling*). Ob uspešnem razvoju bo predlagani koncept hlajenja lahko široko uporaben na različnih področjih hladilne tehnike, vse od miniaturnega hlajenja do velikih hladilnih sistemov in toplotnih črpalk. Rezultati te raziskave so bili pred kratkim objavljeni v prestižni reviji *Nature Energy*.

Hlajenje – največji porabnik elektrike

87

odstotkov gospodinjstev v razvitih državah uporablja klimatske naprave.

Hladilni sistemi in klimatske naprave nas spremljajo na vsakem koraku: doma, v službi, v avtomobilu. Za pogon klimatskih naprav v ZDA porabijo več elektrike, kot je skupna poraba celotne Afrike. Potem je tu še hlajenje zdravil, elektronskih komponent, računalniških centrov, industrijskih procesov ... S hladilnimi sistemi se tudi ogrevamo. Zadnja leta je za ogrevanje gospodinjstev in pripravo tople sanitarne vode vedno bolj priljubljena toplotna črpalka, ki je pravzaprav »obrnjen« hladilnik.

Potrebe po hlajenju naraščajo tako rekoč eksponentno; še leta 1995 je le 7 odstotkov kitajskih gospodinjstev na podeželju imelo hladilnik, danes ga ima skorajda vsako. Samo leta 2010 so na Kitajskem prodali 50 milijonov klimatskih naprav. Kaj bo, ko bo svojo klimatsko napravo »prižgala« Afrika? S takšnim tempom naraščanja potreb po hlajenju bo poraba elektrike za pogon hladilnih sistemov leta 2060 presegla skupno porabo elektrike za ogrevanje, do konca stoletja pa jo bo presegla za 60 odstotkov in s tem verjetno postala največji potrošnik električne energije.

odstotkov gospodinjestev na kitajskem podežlju je imelo hladilnik leta 1995, danes ga ima skoraj vsako.

Pomanjkljivosti tehnologije hlajenja

Večanje rabe energije za hlajenje ni nujno slabo. Če bi več držav v razvoju imelo dostop do hlajenja, bi lahko prihranili polovico od 1,3 milijarde ton hrane, kolikor je na svetu zavržemo vsako leto. To pomeni, da bi lahko nahranili milijardo ljudi več. Problem se skriva drugje. Vsi hladilni sistemi temeljijo na več kot sto let stari tehnologiji parno-kompresorskega hlajenja, ki ima dve bistveni pomanjkljivosti: prva je učinkovitost, saj na enoto hlada, ki ga ustvari oziroma prenese, potrebuje preveč vložene električne energije.

Eksergijska učinkovitost velike večine hladilnih sistemov je zgolj okoli 30 odstotkov, pogosto še precej manj. Druga težava so hladilna sredstva. Ta niso več za ozon škodljivi klorofluoroogljiki (freoni), a so jih zamenjala hladilna sredstva (hidroklorofluoroogljiki), ki pa povzročajo učinek tople grede,

in sicer več tisočkrat bolj kot ogljikov dioksid.

Tudi ta sredstva so že predmet prepovedi (sporazum iz Kigalija) in jih je treba v naslednjem desetletju zamenjati s hidrofluoroogljiki, ki imajo zgolj nekajkrat večji toplogredni učinek od ogljikovega dioksida, njihova dodatna pomanjkljivost pa je, da so v večjih količinah v stiku z zrakom vnetljivi, kar bistveno otežuje njihovo uporabo v večjih hladilnih sistemih (klimatske naprave, centralni hladilni sistemi, toplotne črpalke). Problem hladilnih sredstev, kljub velikim prizadevanjem stroke in politike, torej še ni ustrezno rešen.

Prve resne alternative

Za pogon klimatskih naprav v ZDA porabijo več elektrike, kot je skupna poraba celotne Afrike.

Z leti so se razvile tudi alternativne hladilne tehnologije, kot so termoelektrično hlajenje (Peltierov element) v hladilnih torbah višjega cenovnega razreda, sorpcijsko hlajenje za večje sisteme daljinskega hlajenja, evaporativno hlajenje, vorteksova cev, termoakustično hlajenje, Stirlingova toplotna črpalka in še

nekatero. Vsaka od teh tehnologij ima v primerjavi s parno-kompresorsko nekaj prednosti, a žal predvsem slabosti, kot so nizka učinkovitost, majhna specifična moč ali nepraktična uporaba.

V zadnjem desetletju so po mnenju številnih raziskovalcev po vsem svetu najbolj resna alternativa sedanji tehnologiji hlajenja kalorične tehnologije hlajenja z uporabo feroičnih materialov, to so magnetokalorično ali magnetno hlajenje ter elektrokalično, elastokalorično in inbarokalorično hlajenje. Princip delovanja pri vseh je enak.

Kako deluje kalorično hlajenje

Če trdnino izpostavimo magnetnemu ali električnemu polju ali jo mehansko obremenimo, se material zaradi trdninske fazne transformacije segreje. Toploto nato oddamo v okolico in material se ohladi na začetno temperaturo. Ko v tretjem koraku material odstranimo iz magnetnega ali električnega polja ali ga razbremenimo, to povzroči ohlajanje materiala pod začetno temperaturo. Ta

hladni material pa je zdaj sposoben absorbirati toploto iz okolice in tako hladiti prostor.

V vseh primerih je hladilno sredstvo trdnina – kovina, keramika ali polimer. Že to je velika prednost v primerjavi s parno-kompresorskim hlajenjem, saj trdnina ne more uhajati iz sistema in škodovati okolju, prav tako jo je navadno mogoče vso reciklirati. Poleg tega so kalorični učinki nekaterih materialov popolnoma reverzibilni, torej skoraj brez notranjih izgub, kar lahko vodi v izrazito izboljšanje učinkovitosti hladilnega sistema v primerjavi s klasičnim kompresorskim hladilnikom. Potencialno lahko pričakujemo za 30 odstotkov boljšo učinkovitost.

Preboj slovenskih znanstvenikov

Med vsemi kaloričnimi tehnologijami je najbolj razvito magnetno hlajenje. Na svetu je že skoraj sto prototipov magnetnih hladilnikov, od tega štirje na ljubljanski fakulteti za strojništvo. Razvoj drugih dveh kaloričnih tehnologij sicer

nekaj let zaostaja, a potencial ni nič manjši, morda prej nasprotno. Največ verjetno obeta elastokalorično hlajenje, ki ga je v poročilu za leto 2014 tudi ameriško ministrstvo za energijo izbralo za tisto z največjim potencialom med 17 alternativnimi hladilnimi tehnologijami.

Leta 2016 smo skupaj s kolegi z danske tehnične univerze prvi eksperimentalno dokazali ugotovitve ameriškega ministrstva za energijo. Razvili, izdelali in testirali smo elastokalorično hladilno napravo oziroma toplotno črpalko. Že s prvim prototipom smo dosegli specifično moč in eksperimentalno napovedali učinkovitost, ki presega vse do danes testirane alternativne tehnologije hlajenja.

- Tehnologija parno-kompresorskega hlajenja se ni spremenila že stoletje.
- Njeni pomanjkljivosti sta slab izkoristek in obremenjevanje okolja.
- Med novimi tehnologijami največ obeta elastokalorično hlajenje.

- Slovenski raziskovalci so med vodilnimi pri razvoju nove tehnologije.

Raziskava je poleg izrednega potenciala tehnologije razkrila tudi dva ključna izziva, ki ju bo treba premagati, da bo elastokalorična tehnologija hlajenja zaživela v realnih aplikacijah. To sta življenjska doba elastokaloričnih materialov, ki morajo biti podvrženi več milijonom obremenitev, ter razvoj kompaktnega in učinkovitega pogonskega sistema. Prav s tema izzivoma se bomo ukvarjali v projektu Supercool.

Želimo razviti strukturo iz elastokaloričnega materiala, ki bo zagotavljala učinkovit in hiter prenos toplote na delovno tekočino (vodo), bo hkrati mehansko stabilna med obremenjevanjem in bo dosegala trajno dinamično trdnost (dolgo življenjsko dobo). V drugem sklopu bomo razvili kompakten in učinkovit pogonski sistem, ki bo čim učinkoviteje obremenjeval elastokalorične materiale in obenem izkoriščal energijo, ki se sprošča med njihovim razbremenjevanjem. Učinkovito izkoriščanje energije, sproščene med razbremenjevanjem, je namreč eden od pogojev

za učinkovit elastokalorični hladilni sistem.

Oba ključna elementa elastokalorične tehnologije, torej struktura iz elastokaloričnega materiala in pogonski sistem, bosta v zadnjem delu projekta prototip elastokaloričnega hladilnega sistema. S tem bomo lahko definirali hladilno moč in učinkovitost v realnih obratovalnih razmerah ter prve potencialne aplikacije nove, do okolja prijazne tehnologije. Seveda ne kaže pričakovati, da bomo čez pet let vse hladilne naprave zamenjali z elastokalorično tehnologijo. Verjamem pa, da bomo v desetih letih priča prvim nišnim aplikacijam elastokalorične tehnologije hlajenja, ki bo nato postopoma imele vedno pomembnejšo vlogo na področju hladilne tehnike.