BIBLID 0350–1426 (206) 37.4 p. 42–43

Hlađenje

VAZDUŠNI
SISTEMI I MAGNETNI RASHLADNI SISTEMI

MAXIME DUMINIL,
L'Association Française du Froid, Paris

Mehanički sistemi hlađenja troše mehaničku (ili električnu) energiju da bi hladili. Naravno, to je slučaj sa kompresionim sistemima, ali oni nisu jedini. Termoelektrični-gasni i magnetni rashladni sistemi hlađenja takođe spadaju u tu kategoriju. Ispitajmo dva takva sistema.

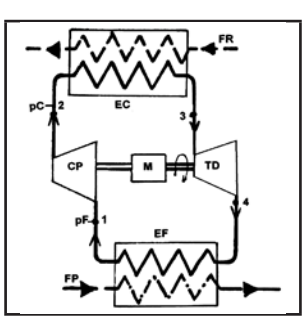
Gasni rashladni sistemi

Rashladni fluid ostaje stalno u gasovitom stanju i izložen je promenama pritiska koje se javljaju zajedno sa temperaturnim promenama.

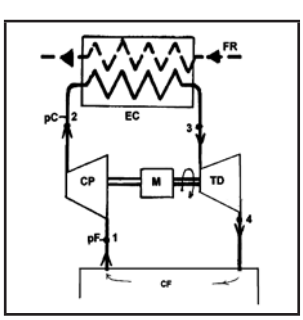
Postoji nekoliko načina komprimovanja ili ekspanzije gasa: bez razmene toplote sa spoljašnjom sredinom (adijabatsko) (slučaj u kome su temperaturne promene najvažnije), ili sa razmenom toplote sa spoljašnjom sredinom (politropsko), ili sa zapreminama gasa održavanim na konstantnim nivoima (izohorsko) itd. Tokom godina, oni su ponekad izvedeni iz gasnih ciklusa korišćenih za proizvodnju mehaničke energije iz toplotne energije.

Na sl. 4 prikazane su 4 karakteristične faze gasnog hladnjaka:

1 – gas je komprimovan i jako zagrejan;
2 – vrući gas se hladi i odbacuje svoju toplotu Q_C u jedan „toplotni ponor" (koji često u tom trenutku čini okolina);
3 – gas je ekspandiran i njegova temperatura opada;
4 – jednom kada je dovoljno ohlađen, on apsorbuje toplotu (ili proizvodi „hladne" temperature) Q_F u medijumu koji treba ohladiti.

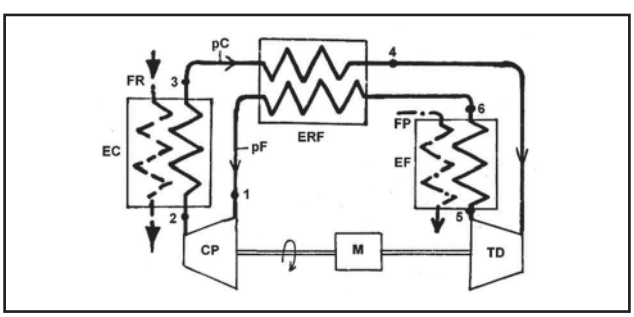


Slika 1

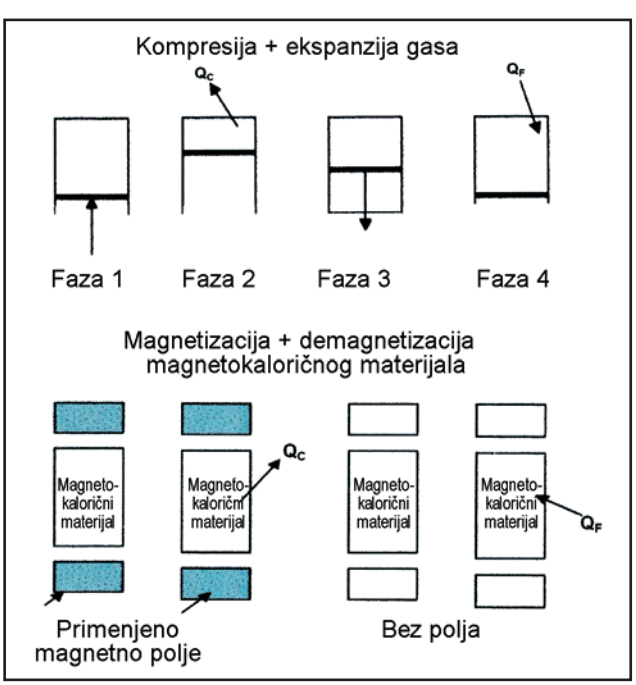


Slika 2

Slika 1 prikazuje ostvarenje te 4 faze u zatvorenom ciklusu, u kome je CP kompresor, EC „vrući" razmenjivač, hlađen rashladnim fluidom FR, TD je ekspanzioni ventil (često turbina) i „hladni" razmenjivač koji hladi sekundarni fluid FP. Sa ovim ciklusom moguće je koristiti bilo koji nestišljivi gas. Slika 2 prikazuje otvoreni „ciklus" sa vazduhom, u kome rashladna komora (CF) prima hladan vazduh koji izlazi iz ekspanzionog ventila. Ovde je neophodan samo jedan razmenjivač toplote EC.



Slika 3. Sa rekuperacijom toplote hlađenja



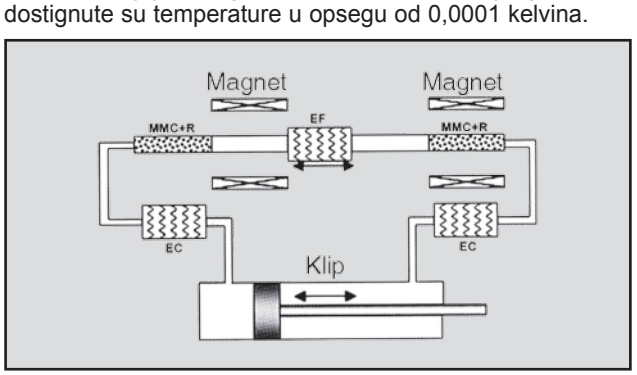
Slika 4

Slika 3 prikazuje hladno-rekuperativni gasni ciklus u razmenjivaču ERF koji prethlađuje vazduh koji ulazi u kompresor CP zahvaljujući vazduhu koji izlazi iz „hladnog“ razmenjivača. (6). Ta rekuperacija, nazvana i regeneracija, omogućuje proizvodnju niskih temperatura. Ne tako prilagođeni klasičnom hlađenju kao kompresioni ciklusi (izuzev u avijaciji, iz specifičnih razloga), ciklusi sa hladnim gasom postali su opet preovlađujući u kriogenici.

Datumi pronalaska	Vrsta sistema	Pronalazač	Napomena
Kasni 18. vek	Prvi motor na vreo vazduh		
1816.	Stirling-ov motor na vreli vazduh	R. Stirling	Briljantan uvod u sisteme za rekuperaciju toplote
1854.	Vazdušni sistem otvorenog „ciklusa“	J. Gorrie	(Sl. 2) – izraz „ciklus“ ovde je diskutabilan
1862.	Vazdušni sistem zatvorenog ciklusa	A. C. Kirk	(Sl. 1)
1876.	Brayton-ov motor sa vrućim gasom	G. Brayton	Toplotno-mlazni motori i klimatizeri za letelice izvedeni su iz Braytonovog otvorenog „ciklusa“ (zvanog takođe Joule-ov ciklus)
1877.	Visoko pritisni zatvoreni rashladni sistem sa vazduhom	A. Leicester	Visok pritisak: 15 bar
1944.	Klimatizacija za letelice	Lockeed	Bazirana na Brayton-ovom „ciklusu“
1950.	Stirling-ov kriohladnjak	Philips	Reverzni Stirling-ov ciklus – taj mali sistem utečnio je vazduh

Magnetni rashladni ciklusi

Ovi sistemi koriste magnetokalorični efekat u gvožđu, koji je 1881. otkrio E. Warburg. U kasnim 1920-im, a onda i u 1930-im, fizičari, po tragu radova W. F. Giauque-a (1926) i P. Debye-a, prvi su postigli temperature od nekoliko desetih, a onda od nekoliko stotih jednog Kelvina[1]. Na kraju 20. veka, zahvaljujući magnetokaloričnim efektima jezgra bakra, dostignute su temperature u opsegu od 0,0001 kelvina.



Slika 5

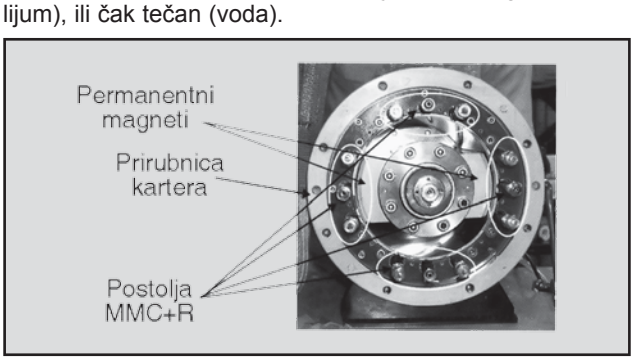
Magnetokalorični efekti predstavljaju analogije sa toplotnim efektima kompresije + ekspanzije komprimovanog gasa. Pojava se takođe može podeliti u 4 faze (slika 4). Tokom 1. faze, magnetokalorični materijal (MCM) je magnetizovan, tj. njegovi nosioci magnetičnog momenta[2] su okrenuti u pravcu nametnutog magnetnog polja; ta mirna magnetna orijentacija ga zagreva zahvaljujući naginjanju nosača. U 2. fazi, MCM je potpuno magnetizovan i ohlađen (evakuacija QC) do temperature toplotnog ponora. U 3. fazi, MCM, ovaj put toplotno izolovan, demagnetizovan je. Pri povratku na haotično magnetno stanje, to novo naginjanje nosača troši energiju koju obezbeđuje materija; MCM se hladi. U 4. fazi, pošto je MCM dostigao svoju najnižu temperaturu, on proizvodi upotrebljivo hlađenje QF na spoljnoj strani. U ovom sistemu, MCM je rashladni fluid.

Danas se istražuje korišćenje ovoga procesa u konvencionalnom hlađenju (hlađenju, klimatizaciji itd.), upotrebom odgovarajućih materijala, predstavljajući Curie-ovu ideju, po kojoj su efekti najveći, bliski temperaturi sredine. Danas je gadolinijum referentan MCM u istraživanju.

Magnetizacija, a zatim demagnetizacija i alternativni protok fluida za razmenu toplote između MCM-ova i razmenjivača sa toplotnim kontaktom sa spoljnom sredinom, izloženi su alternacijama koje zahtevaju mehanizme. Slika 5 pokazuje takav alternativni sistem, u ovom slučaju dvojni. MCM se takođe koristi kao materijal za rekuperaciju toplote[3] (MCM + R). Sledimo njegovo kretanje: kroz kretanje u levo, desni (MCM + R) je upravo ušao u cilindrični prstenasti magnet; on postaje magnetizovan i zagreva se, ali, u isto vreme, klip gura fluid za razmenu u desno, on napušta „hladan“ razmenjivač EF, kreće se kroz desni (MCM+R) koji se hladi dok se on sâm zagreva, da bi konačno odbacio toplotu koja se nakupila prema EC, „topli razmenjivač“ na desnoj strani. U obrnutom kretanju u desno, desni (MCM+R) napušta magnet; on je demagnetizovan i hladi se.

Fluid za razmenu koji ide u levo, kreće se kroz hladan materijal i biva ohlađen pre nego što uđe u „hladni“ razmenjivač EF. Kao i na levoj strani sistema, kretanja i pojave su potpuno obrnuti i to osigurava kvazikontinualno hlađenje koje je uskladišteno u „hladnom“ razmenjivaču EF.

MCM je podeljen na fine deliće da bi se olakšala razmena toplote između čvrstog rashladnog fluida koji je slab toplotni provodnik, fluida za razmenu i koji može biti gasovit (helijum), ili čak tečan (voda).



Slika 6

Druga varijanta, razvijena kao prototip, jeste rotaciona (sl. 6). Permanentni magneti (~1 T) okreću se oko fiksne osnove MCM+R, izazivajući tako magnetizaciju i demagnetizaciju. Racionalna cirkulacija fluida za razmenu, između postolja MCM i „vrućeg“ i „hladnog“ razmenjivača, regulisana je rotacionim distributivnim ventilom pogonjenim celim mehanizmom koji omogućuje rotaciju magneta.

Ovi sistemi i materijali koje oni mogu koristiti, intenzivno se proučavaju.

[1] *Razlika temperatura iz ΔT = 1 K = 1°C. Apsolutna nula (nedostupna) kelvina, 0 K = –273,15°C.*

[2] *Obrtna kretanja elektrona.*

[3] *Takođe da smanji gubitke za vreme prelaza toplote tokom faza.*