

UDC 615.4

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2023-1-102-108>

ჰიბრიდული სისტემა სუპერმარკეტებისთვის გლობალური დათბობის დაბალი პოტენციალის მქონე მაცივარი აგენტების გამოყენებით

- გია გოლეთიანი** სამრეწველო ინჟინერიისა და ტექნოლოგიების აკადემიური დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: gia_goletiani@yahoo.com
- თამაზ ისაკაძე** სამრეწველო ინჟინერიისა და ტექნოლოგიების აკადემიური დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- გივი გუგულაშვილი** სამრეწველო ინჟინერიისა და ტექნოლოგიების აკადემიური დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: givi.gugulashvili@gmail.com

რეცენზენტები:

ზ. ჯაფარიძე, სტუ-ის ემერიტუსი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

ს. სულაძე, საქართველოს მაცივარი აგენტების შეგროვებისა და რეციკლირების ცენტრის დირექტორი

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

ანოტაცია. მთელ მსოფლიოში დღითიდღე ძლიერდება ბრძოლა გლობალური დათბობის მაღალი პოტენციალის მქონე მაცივარ აგენტებთან დიდი გაჟონვის მქონე სუპერმარკეტების აგრეგატებში. უცხოეთში დაიწყო კლასიკური სამაცივრო სისტემების კონსტრუქციის კასკადური სამაცივრო სისტემებით ჩანაცვლება. სტატიაში წარმოდგენილია ინოვაციური ჰიბრიდული კასკადური სამაცივ-

რო სისტემა, რომლის დაბალტემპერატურულ კონტურში ცირკულირებს მაცივარი აგენტი CO₂, ხოლო საშუალოტემპერატურულ კონტურში – R134_a. ეს უკანასკნელი გამოირჩევა უფრო მაღალი ეფექტიანობით, ვიდრე R404_a და მისი გლობალური დათბობის პოტენციალი R404_a-ზე 2/3-ჯერ დაბალია. გლობალური დათბობის პოტენციალის უფრო დაბლა დასაწევად სისტემაში ჩავტვირთეთ ახალი მაცივარი აგენტი XP10. ამ მაცივარი აგენტის გლობალუ-

რი დათბობის პოტენციალი კიდევ უფრო დაბალია ვიდრე მაცივარ აგენტ R134_a-სი, გარდა ამისა, იგი არააალებადი მაცივარი აგენტია. სტატიაში წარმოდგენილია სუპერმარკეტების სამაცივრო სისტემების სიცივის მწარმოებლობის კალორიმეტრული და ნატურალური შედეგები.

საკვანძო სიტყვები: კასკადური მაცივარი მანქანები; მაცივარი აგენტი დაბალი ოზონდამშლელი პოტენციალით; სამაცივრო სისტემების კალორიმეტრული მეთოდი და ნატურალური ანალიზი.

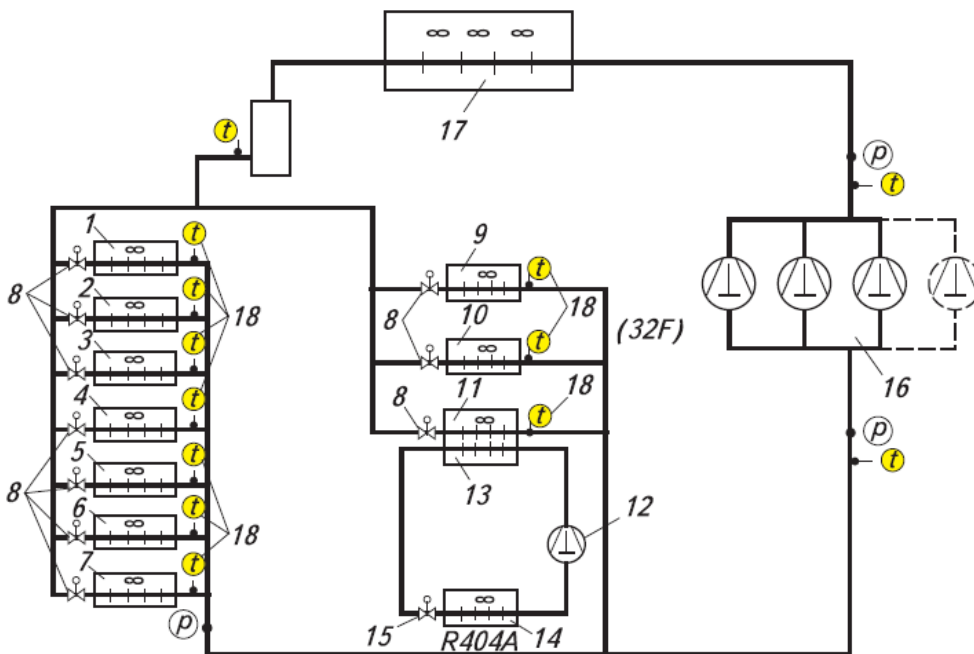
შესავალი

საცდელი ექსპერიმენტები ტარდებოდა ისრაელის ქალაქ ბერშევაში. სუპერმარკეტის ფართობი იყო 1000 მ². სამაცივრო სისტემა შედგებოდა შვიდი მრავალიარუსიანი საშუალო ტემპერატურული კარადისგან და სამი საშუალო ტემპერატურული სამაცივრო კარადისაგან, რომელთაც ემსახურებოდა მრავალკომპრესორული სამაცივრო აგრეგატი. სამაცივრო აგრეგატი აღჭურვილია სამი ნახევრად ჰერმეტიკული კომპრესორით, რომელიც მუშაობს მაცივარ აგენტ R134_a-ზე. ყველა საორთქლებელზე დამონტაჟებულია თმვ. დაბალტემპერატურულ სამაცივრო კამერას ემსახურება მაცივარ აგენტ R404_a-ზე მომუშავე ერთი კომპრესორულ-კონდენსატორული აგრეგატი, საიდანაც კონდენსაციის სითბო მიეწოდება საშუალო ტემპერატურული აგრეგატების საორთქლებლებს. R404_a-ზე მომუშავე ერთი

კომპრესორულ-კონდენსატორული აგრეგატის კონდენსატორი დამონტაჟებულია შენობის სახურავზე, რომელიც აღჭურვილია ინვერტორული ტიპის ჰაერით გაცივების ვენტილატორული სისტემით.

ძირითადი ნაწილი

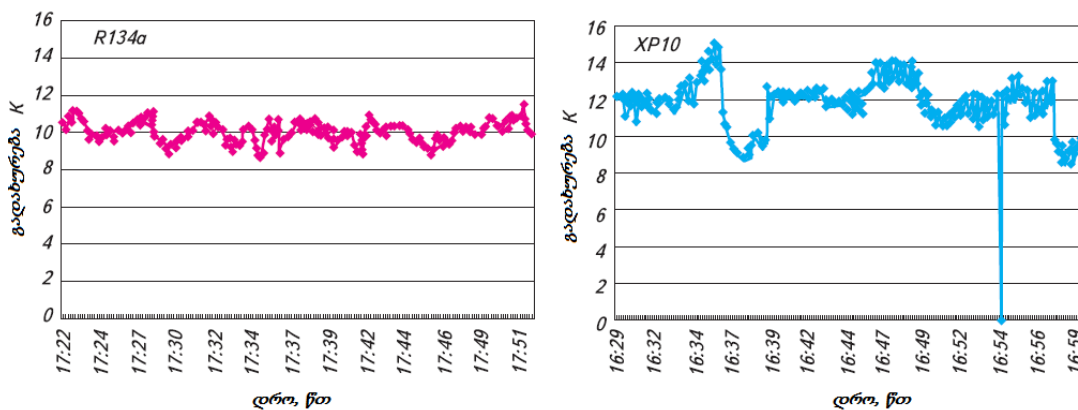
პირველ სურ-ზე გამოსახულია გაყინული პროდუქტებით შევსებული 16 ვიტრინა, რომელთაც აქვთ მოძრავი მინის კარები. სიცივით მომარაგების სისტემას, რომელიც მუშაობს R134_a/R404_a მაცივარ აგენტებზე აქვს მოდულარული ელექტრონული მართვა. ეს იძლევა სისტემის მუშაობის ეფექტურობის სრული ანალიზის დისტანციური განხორციელების საშუალებას. ტელეკომუნიკაციის პროგრამული უზრუნველყოფა კი ახორციელებს სამაცივრო სისტემის სრულ სადღეღამისო მონიტორინგს. თითოეული სამაცივრო კარადისათვის იანგარიშება მაცივარი აგენტის დუდილის თეორიული ტემპერატურა, რა დროსაც გათვალისწინებულია კარადის შესასვლელსა და გამოსასვლელში ჰაერის ტემპერატურული მაჩვენებლები. სამაცივრო სისტემის ანალიზისათვის თითოეულ კარადაში დუდილის თეორიული ტემპერატურა უტოლდება ფაქტობრივ ტემპერატურას. ამ მეთოდით ადვილად დგინდება, თუ როგორ მუშაობს ესა თუ ის სამაცივრო კარადა ან კამერა. ყველა სამაცივრო კარადა და კამერა აღჭურვილია სამი გადამწოდით: შესასვლელსა და გამოსასვლელში ჰაერის ტემპერატურის გადამწოდით და ტემპერატურის გადამწოდით საორთქლებლის ზედაპირზე.



სურ.1 სუპერმარკეტის სიცივით მომარაგების სქემა. 1-7 საშუალო ტემპერატურული კარადების საორთქლებლები, 8 - საშუალო ტემპერატურული კამერის თმგ, 9,10,11 - ხილისა და ბოსტნეულის გასაცივებელი საშუალო ტემპერატურული კარადების საორთქლებლები $t = 6^{\circ}\text{C}$, ხორცის გასაცივებელი საორთქლებლები $t = 0^{\circ}\text{C}$, რძის პროდუქტების გასაცივებელი საორთქლებლები $t = 4^{\circ}\text{C}$, 12 - დაბალტემპერატურული კომპრესორი, 13 - დაბალტემპერატურული კონდენსატორი, 14 - დაბალტემპერატურული კამერის საორთქლებელი $t = -18^{\circ}\text{C}$, 15 - დაბალტემპერატურული კონტურის თმგ, 16 - საშუალო ტემპერატურული კომპრესორები, 17 - საშუალო ტემპერატურული კონდენსატორი, 18 - გადახურების გადაძწოდი საორთქლებლის გამოსასვლელში.

გადახურების გასაზომად საორთქლებლის გამოსასვლელში დამონტაჟებულია დამატებითი გადაძწოდები (პოზ. 18). ორივე სისტემის შედარებისათვის მონაცემები შევადგოვეთ 14 დღე-ღამის განმავ-

ლობაში სისტემის ახალ მაცივარ აგენტზე გადაყვანამდე და მის შემდეგ. მე-2 სურ-ზე გამოსახულია გადახურების მონაცემები R134a და XP10 მაცივარი აგენტებისათვის.



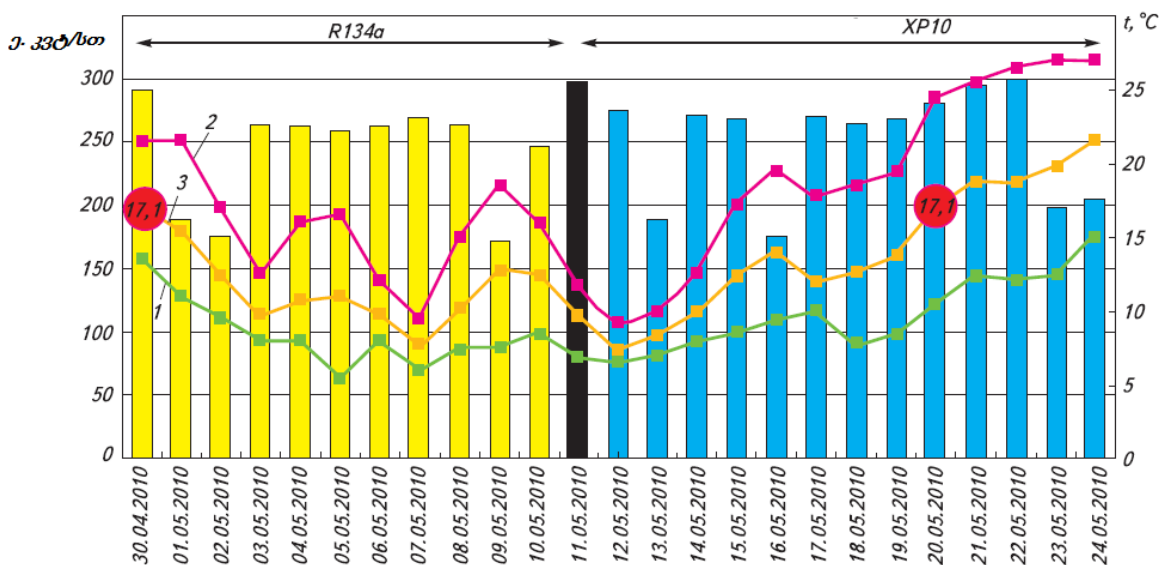
სურ. 2 გადახურების მონაცემები R134a და XP10 მაცივარი აგენტებისათვის.

მე-3 სურ-ზე ნაჩვენებია ენერჯის მოთხოვნა სისტემის ახალ მაცივარ აგენტზე გადაყვანამდე და გადაყვანის შემდეგ. სისტემის XP10 მაცივარ აგენტზე გადაყვანის შემდეგ გარე ჰაერის ტემპერატურა 10,6°C-იდან გაიზარდა 12,6°C-მდე, რამაც იმოქმედა ენერჯის მოხმარებაზე. ენერჯის გაზრდილი მოხმარება დაკავშირებულია გადახურების მომატებასთან.

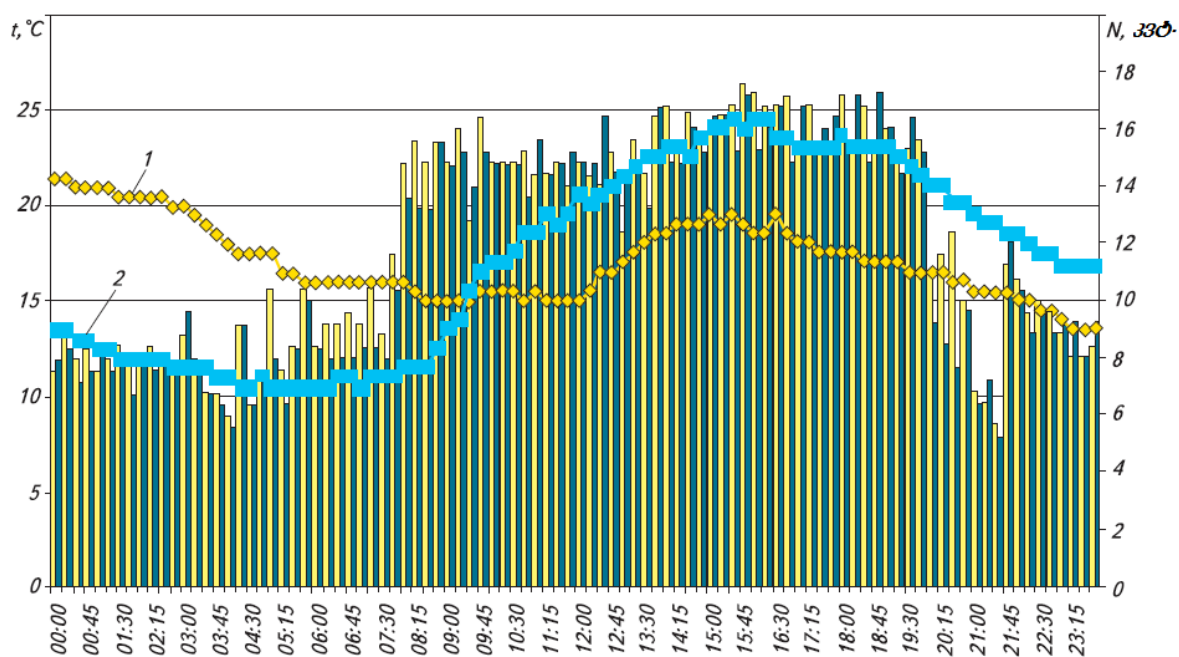
გარე ჰაერის ტემპერატურის განაწილება დღის განმავლობაში და ფაქტობრივი ენერგომოხმარება R134a და XP10 მაცივარი აგენტებისათვის გამოსახულია მე-4 სურ-ზე.

მე-5 სურ-ზე ნაჩვენებია დუღილის ტემპერატურის t_0 , კონდენსაციის ტემპერატურის, კომპრესორის შეწოვისა დაჭირხვნის ტემპერატურების მნიშვნელობები.

კონდენსატორის ვენტილატორებზე ინვერტორული ძრავების გამოყენება იძლევა ორივე მაცივარი აგენტისათვის მუდმივი ტემპერატურის მიღების საშუალებას. XP10 მაცივარი აგენტებისათვის დაჭირხვნის ტემპერატურა 6K-ით დაბალ ნიშნულზე იყო, რასაც თეორიული გაანგარიშებაც ადასტურებს. რაც შეეხება გადახურებას, საორთქლებლიდან გამოსული ჰაერის ტემპერატურა ხასიათდება გადამეტებული იმპულსური ცვალებადობით.

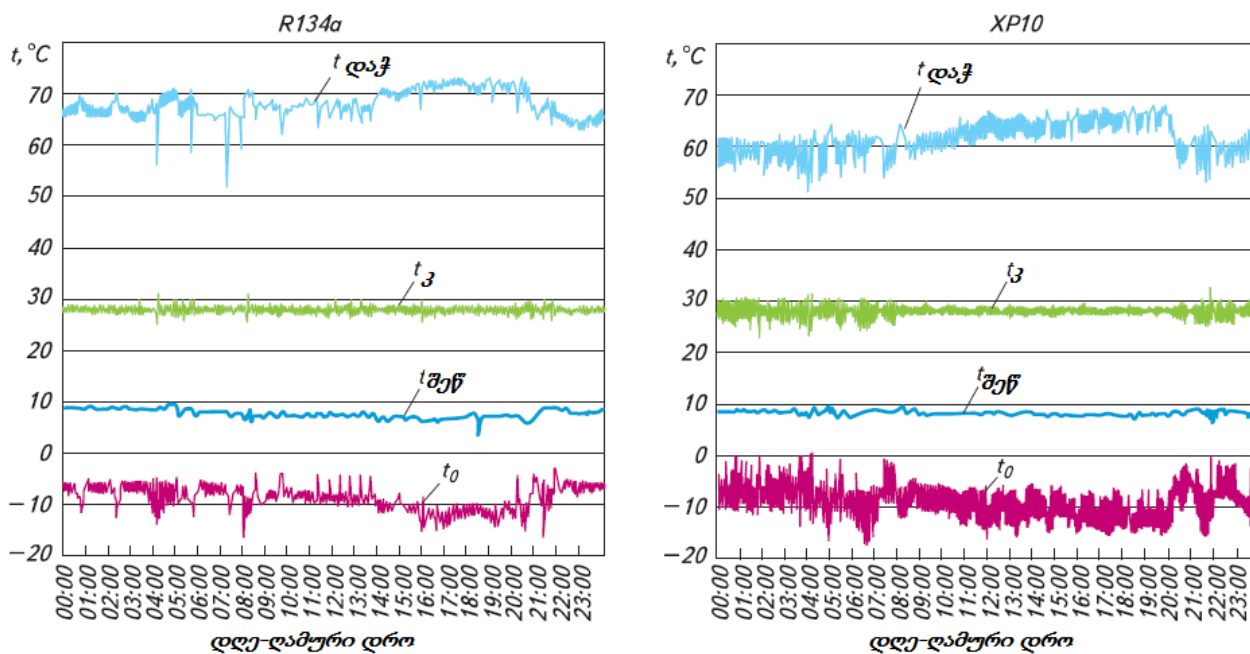


სურ. 3 ენერჯის მოხმარება ძველ და ახალ მაცივარ აგენტებზე. 1 – გარე ჰაერის მინიმალური ტემპერატურა, 2 – გარე ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურა, 3 – გარე ჰაერის საშუალო ტემპერატურა.



სურ. 4 ტემპერატურული მონაცემები და ენერგომომარება სისტემაში R134a და XP10 მაცივარი აგენტებისათვის.

- 1 – გარე ჰაერის საშუალო ტემპერატურა R134a მაცივარი აგენტისათვის,
- 2 – გარე ჰაერის საშუალო ტემპერატურა XP10 მაცივარი აგენტისათვის.



სურ. 5 ტემპერატურული მონაცემები R134a და XP10 მაცივარი აგენტებისათვის

TEWI-ს ანალიზი.

გლობალური დათბობის საერთო ეკვივალენტი TEWI არის სამაცივრო სისტემის გარემოზე ზემოქმედების ინსტრუმენტი. სხვადასხვა მარკის მაცივარი აგენტებისათვის ჩატარდა საანგარიშო ანალიზი TEWI, სტატიაში წარმოდგენილი სუპერმარკეტის სამაცივრო სისტემისათვის.

დასკვნა

XP10 ნივთიერება არის არაალეზაბადი აზეოტროპული მაცივარი აგენტი, რომელიც R134_a მაცივარი აგენტის შემცვლელია. თბოფიზიკური თვისებების მიხედვით XP10 და R134_a ნივთიერებები ძალზე

უახლოვდება ერთმანეთს. მაგრამ გლობალური დათბობის პოტენციალის მიხედვით XP10 გამოირჩევა გაცილებით დაბალი მაჩვენებლებით. XP10 ასევე გამოირჩევა ოზონის შრის დაშლის ნულოვანი პოტენციალით და ენერგოდანახარჯების სიმცირით. აღნიშნული სუპერმარკეტის სამაცივრო სისტემა გადაყვანილ იქნა R134_a მაცივარ აგენტიდან XP10 ნივთიერებაზე. კონსტრუქციული თვალსაზრისით სისტემას დასჭირდა თმვ ხელსაწყოების აწყობის მცირეოდენით შეცვლა, დანარჩენი კვანძები და დეტალები საერთოდ არ შეცვლილა.

ლიტერატურა

1. Brouwers, C. (2007) *Trends in Supermarket Technology within the European Union*. International Conference on Co2ol Food, Berlin, Germany.;
2. Seinel, T., Finckh, O. (2007). *CO₂ DX systems for Medium and Low Temperature Refrigeration in Supermarket Applications*. 22nd International Congress of Refrigeration, Beijing, China.;
3. *Refrigerant Properties Honeywel*. (2006). Honeywell International Inc., USA.;
4. *System Trouble Shooting Measuring Instruments. Danfoss A/S (RC-SM/MWA)*. (2002).;
5. Megrelidze, T., Jafaridze, Z., Suladze, S., et al. (2009). *Refrigerator machines (Piston compressors)*. Tbilisi: Technical University Publishing. pp. 52-53.

UDC 615.4

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2023-1-102-108>

Hybrid Supermarket System Using GWP Refrigerants

- Gia Goletiani** Academic Department of Mechanical Engineering and Industrial Technology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.
E-mail: gia_goletiani@yahoo.com
- Tamaz Isakadze** Academic Department of Mechanical Engineering and Industrial Technology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Givi Gugulashvili** Academic Department of Mechanical Engineering and Industrial Technology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.
E-mail: givi.gugulashvili@gmail.com

Reviewers:

Z. Japaridze, Doctor of Technical Sciences, Emeritus of GTU

E-mail: Z.Jafaridze@gmail.com

S. Suladze, Doctor of Technical Sciences, Director of Georgian Refrigerant Recovery and Recycling Center

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Abstract. Global pressure has intensified to reduce the use of R404_a with high global warming potential and relatively high leak rates in supermarket systems. In Europe, several design modifications such as cascade systems and new refrigerant choices are being investigated. One of the new leading options is to utilize a hybrid cascade system using CO₂ in low temperature refrigeration circuit and R134_a in medium temperature. R134_a has higher efficiency than R404_a and about one third the direct global warming potential (GWP). To make even greater gains in GWP reduction, a new lower GWP refrigerant has been developed that is retrofittable in the medium temp R134_a circuit with minimal system changes. This refrigerant has less than half the GWP of R134_a and is also non-flammable. This paper will show results of experimental calorimeter and supermarket system performance. A TEWI analysis will also be presented to demonstrate the significant reduction in environmental impact if XP10 is used in a hybrid cascade system with CO₂.

Keywords: cascade refrigerating systems; calorimetric method and on-place system analysis; refrigerant with low GWP.

განხილვის თარიღი 11.03.2022

შემოსვლის თარიღი 27.05.2022

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 21.03.2023