ДАЉИНСКО ХЛАЂЕЊЕ У СКОПЉУ

DISTRICT COOLING IN SKOPJE

Драган Битраковски, дипл. инж., и проф. др Марко Серафимов, дипл. инж., Машински факултет, Скопље, Македонија

У раду су приказани основни концепт система за централизовано хлађење и њихове основне предности и недостаци. Изнете су најважније карактеристике расхладних машина које се користе у овим системима. Такође је описано коришћење даљинског хлађења у Скопљу, као и могућност коришћења акумулације топлоте хлађења. Добијена сазнања су део студије која се ради на Машинском факултету у Скопљу, у циљу истраживања различитих аспеката преласка на систем даљинског хлађења климатизационих постројења у Скопљу.

The paper deals with the basic concept of the centralized cooling, as well as its main advantages and shortages. The most important characteristics of the cooling engines, which are employed in these systems are reviewed. The possibilities of the district cooling and cooling energy accumulation utilization in Skopje are also described. The obtained results are the part of a study which is in progress at the Faculty of Mechanical Engineering in Skopje. The aim of that study is investigation of the different aspects of transition to the district cooling system in A/C devices in Skopje.

Кључне речи: *даљинско хлађење; централни системи; акумулација*
Key words: *district cooling; central systems; accumulation*

1. Увод

Постројења за центализовано снабдевање енергијом за грејање користе се у многим градовима и индустријским регионима широм света, више од 80 година. За разлику од њих, хлађење у системима за комфорну и индустријску климатизацију вршила су појединачна постројења. Иако веома једноставни за монтажу и коришћење, појединачни системи имају одређене недостатке, који у знатној мери умањују њихову енергетску економичност и ограничавају њихову примену. Због тога, средином 50-тих година овог века, почињу да се развијају први системи централизованог хлађења. Један од првих је онај из 1957, на аеродрому Кенеди, САД, укупног учинка расхладног постројења од око 5200 kW, који је осплуживао 15 зграда. Касније су са системом повезане нове зграде, тако да је већ у 1965. укупни расхладни учинак већи од 52 000 kW. Протеклих деценија овакви системи су инсталирани у многим градовима Европе, Јапана, САД, бившег СССР-а итд., као што су, на пример, у Хамбургу, расхладног учинка 35 000 kW, у Паризу, расхладног учинка 24 500 kW, на аеродрому Хитроу у Великој Британији и сл. [2]. У Северној Америци постоји Међународно удружење за даљинско грејање и хлађење (International District Heating & Cooling Association). У Јапану је 1972. донет Закон о снабдевању енергијом и оформљено је удружење компанија за снабдевање енергијом (The Japan Heat Service Utilities Association) [3]. Од тада се у експлоатацији налази више од 80 великих система за даљинско грејање и хлађење, расхладног учинка од 10 000 kW до 125 000 kW.

2. Основне одлике система даљинског хлађења

У суштини, систем централизованог хлађења (или даљинско хлађење) састоји се од централног постројења које хлади воду, која иде обично подземним цевоводима до индивидуалних објеката на коришћење, а затим се враћа на поновно хлађење. При томе, сваки појединачни потрошач има сопствену опрему за обраду ваздуха.

Са различитих аспеката, уколико је веће постројење за централно хлађење, утолико су израженије његове предности. Међутим, с обзиром на то да оваква постројења дистрибуирају хладну воду кроз подземне цевоводе, пораст дужине и разуђеност цевовода повећава проблеме дистрибуције и губитке енергије. Због тога је неопходан услов за реализовање система даљинског хлађења концентрисаност потрошача.

Основне предности система даљинског хлађења су:

- укупна улагања у опрему су мања, јер је цена великих јединица често за око 30% мања од цене појединачних постројења; веома често се постројење монтира на месту непогодном за друге сврхе, односно на јефтинијој локацији;
- у индивидуалним зградама јавља се уштеда у капиталу због елиминације машинских хала и простора за расхладне куле. За исти укупни капацитет, веће јединице заузимају знатно мањи укупни простор од већег броја појединачних јединица, а пропорционално су мањи и трошкови за изградњу. Поред тога, избегава се дуплирање помоћног прибора и резервних делова, а смањује се и број људи потребних за одржавање;
- укупни учинак централног постројења је мањи од збирног капацитета индивидуалних постројења, због тога што свим потрошачима није потребно максимално хлађење једновремено. Фактор снижења се креће и до око 30%. При томе, у већем делу времена, централно постројење не ради са максималним оптерећењем, тако да се може постићи оптимални режим рада;
- конверзија енергије је ефикаснија код великих постројења. Осим тога, централно постројење има већу флексибилност у погледу употребе алтернативних извора енергије;
- систем контроле рада постројења је ефикаснији и савршенији него за појединачна постројења, чиме се повећава сигурност и поузданост у раду. Одвајањем места централног постројења од (корисника) повећава се контрола буке и загађења, а умањују се вибрације од рада машина и пумпи;
- наведене предности су израженије у комбинацији система даљинског хлађења са системом даљинског грејања.

Главни недостатак централних система је велика количина спољашњих цеви за дистрибуцију хладне воде. Уобичајено је да се цеви воде у подземним каналима, чиме се повећавају инвестициони трошкови и потрошња енергије за рад пумпи, као и губици енергије због транспорта. Уједно је већа и опасност од корозије, електростатичког дејства и вибрација. У неким случајевима, предности које пружа централни систем нису довољне за покривање повећања трошкова. Не постоји једноставан метод доношења

одлуке да ли централно расхладно постројење одговара за све објекте, због различитих локалних услова који утичу на повољности оваквог система. Због тога се пре евентуалног преласка на систем за даљинско хлађење, морају извршити детаљне анализе за сваки појединачни пројекат.

Из досадашњих искустава, утврђено је да расхладно постројење у централизованим системима мора имати учинак већи од 5 000 kW јер су, у супротном, инвестициони трошкови за дистрибутивну мрежу веома високи, тако да је постројење неисплатљиво. Због појаве делимичних оптерећења у току дана, пожељно је предвидети најмање две расхладне машине. Пракса показује да се могу употребљавати центрифугалне компресорске или апсорпционе расхладне машине.

За расхладни учинак до 5600 kW, може се употребљавати херметичка центрифугална машина. Основне предности су њена једноставност и велика сигурност у раду. Међутим, на великим постројењима са две или више машина, не може се вршити упоредна контрола при мањим оптерећењима.

Уобичајено је да се апсорпционе машине користе у постројењима за даљинско хлађење капацитета већег од 12 000 kW. Погонска енергија, због мале термичке ефикасности апсорпционих машина, мора бити или веома јефтина, или неупотребљива у друге сврхе. Главне предности апсорпционих расхладних машина су да систем ради без опслуживања и да има одличне перформансе при раду са делимичним оптерећењем, чиме се елиминишу скупи регулатори.

На постројењима за даљинског хлађење могу се употребљавати и отворене центрифугалне машине, са погонском парном турбином. Тиме се постижу енергетске уштеде у периоду хлађења. Међутим, исплатљиве су при капацитетима већим од 15 000 kW.

3. Неке могућности примене даљинског хлађења у Скопљу

Економичност преласка на систем даљинског хлађења, као што је речено, у знатној мери зависи од концентрације потрошача на одређеном простору. У Скопљу, поред реке Вардар, на релативно малом простору налази се одређени број објеката са изведеним системима за климатизацију. Овим је испуњен услов концентрације, чиме се умањују трошкови за дистрибутивну мрежу, губици енергије услед транспорта, као и проблеми дистрибуције. Сем тога, у Скопљу постоји мрежа даљинског грејања, са свим пратећим елементима. Коришћењем постојеће мреже (са одређеним корекцијама) у знатној мери се умањују почетни инвестициони трошкови за извођење оваквог система, што даје реалне основе за реализовање једног оваквог подухвата.

На слици 1 приказан је распоред 18 објеката опремљених система за климатизацију, као и постојећа главна дистрибутивна мрежа која повезује топлану "Исток" са приказаним објектима. Ради коришћења постојеће дистрибутивне мреже и за систем централизованог хлађења, за локацију централног расхладног постројења предвиђена је локација садашње топлане "Исток". Објекти су различите намене (хотели, робне куће, тржни центри, банке), са веома различитим радним временом, због чега је потре-

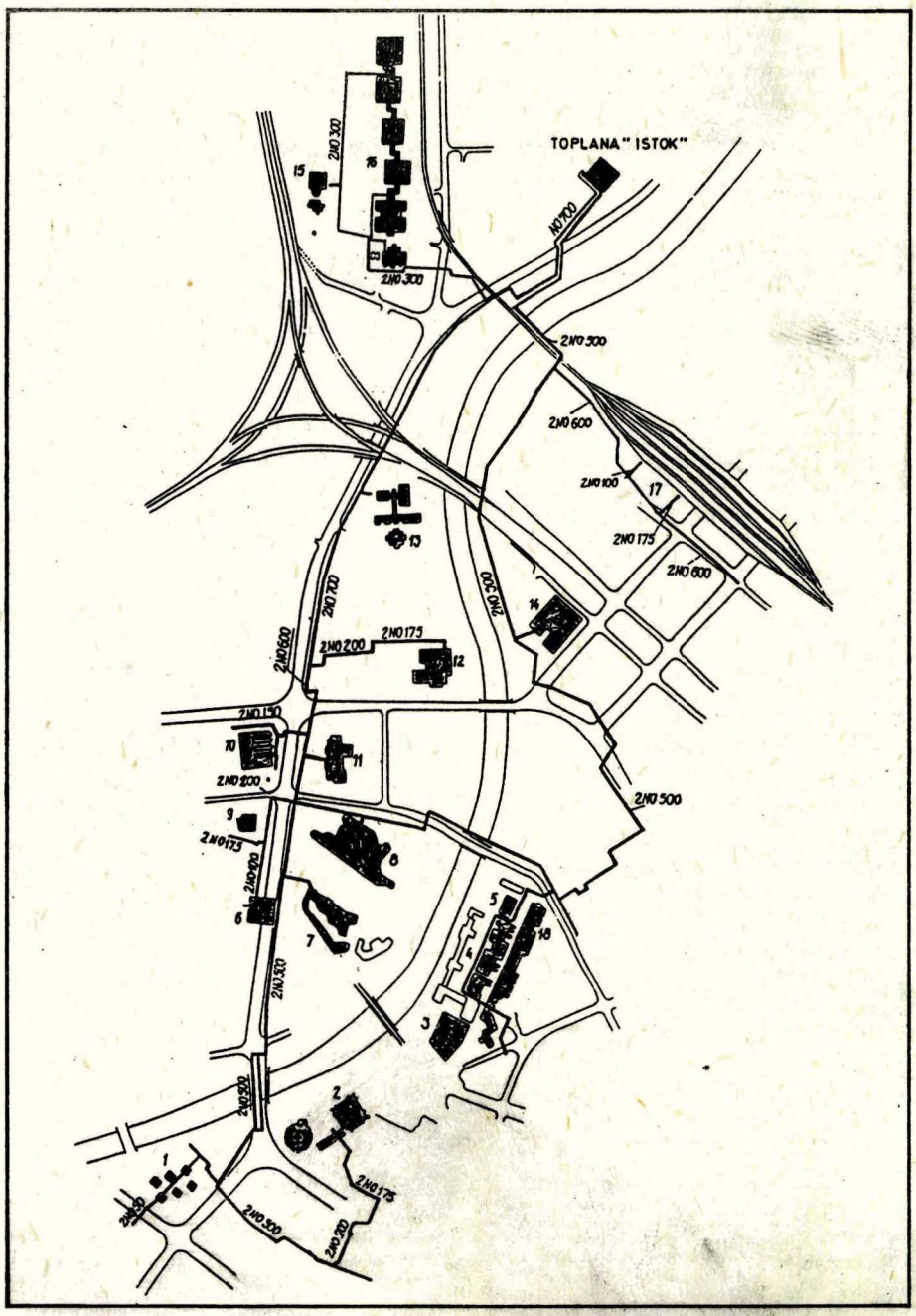
бно обезбеђивати хлађење у току целога дана. Имајући у виду да је само последњи објекат у фази изградње, у новијим зградама су веома мале уштеде у инвестицијама, али постоји уштеда у раду и гориву. Код старијих постројења, код којих предстоји замена, повезивањем са системом даљинског хлађења отпадају трошкови за поправку/замену, што је у ствари уштеда у инвестицијама. Већина постројења у приказаним објектима је старија од 20 година, па се може рачунати на уштеду у инвестицијама при преласку на систем даљинског хлађења. У времену неизвесних цена различитих енергената, централни систем пројектован за више алтернативних горива омогућава употребу тренутно економски најповољнијег решења. Уједно, избегава се утрошак енергије који се јавља при честом пуштању у рад пумпи.

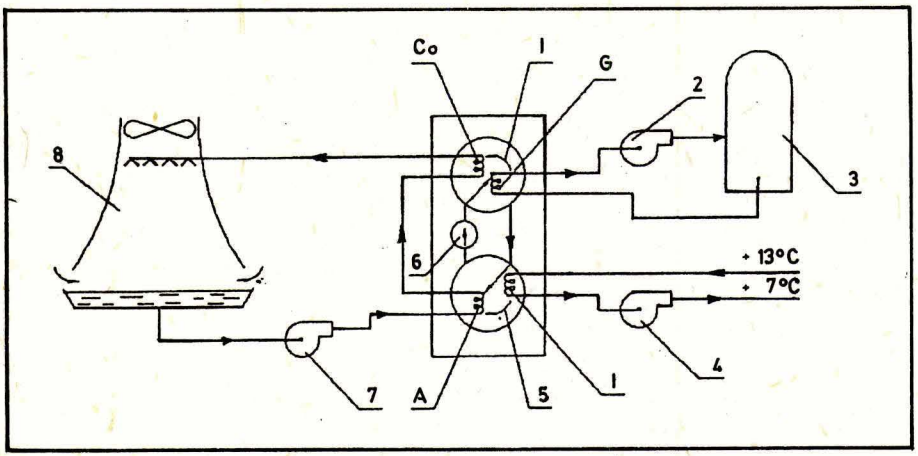
У табели 1 приказани су објекти обухваћени разматрањем, као и њихови оријентациони расхладни капацитети.

У табели се види да је укупно расхладно оптерећење веће од 20 000 kW. Имајући у виду намену објеката и време појаве максималног оптерећења у сваком од њих усваја се апсорпциона расхладна машина, укупног расхладног учинка од Q_o = 17 000 kW. На слици 2 приказана је шема централ-

Табела 1. Преглед расхладних оптерећења објеката

Редни број	Објекат	Расхладно оптерећење [kW]
1.	Комплекс административних зграда	250
2.	ПТТ "Македонија"	1 200
3.	Робна кућа "Скопје"	650
4.	Градски тржни центар	1 450
5.	Хотел "Гранд"	550
6.	Робна кућа "Мост"	200
7.	Комерцијална и Стопанска банка	2 400
8.	Културни центар	1 200
9.	Робна кућа "Илинден"	100
10.	Тржни центар "Мавровка"	1 500
11.	НУБ "Климент Охридски"	430
12.	МАНУ	340
13.	Македонска Радио телевизија	1 000
14.	Комплекс банака	1 550
15.	Хотел "Континентал"	500
16.	Скопски сајам	600
17.	Транспортни центар	3 540
18.	Светски бизнис-центар	2 600
	Укупно	20 060


TOPLANA "ISTOK"
2N0 300
2N0 700
2N0 500
2N0 600
2N0 100
2N0 175
2N0 600
2N0 500
2N0 175
2N0 200
2N0 150
2N0 200
2N0 175
2N0 200
2N0 300
2N0 300
2N0 175
2N0 300
2N0 300
2N0 300



Слика 2. Шема централног апсорпционог расхладног постројења; 1. блок кондензатор–генератор; 2. пумпа; 3. котао; 4. пумпа; 5. блок испаривач–апсорбер; 6. пумпа; 7. пумпа; 8. расхладна кула; I – испаривач; A – апсорбер; Co – кондензатор; G – генератор

ног постројења са апсорпционом расхладном машином, са литијум–бромид–водом.

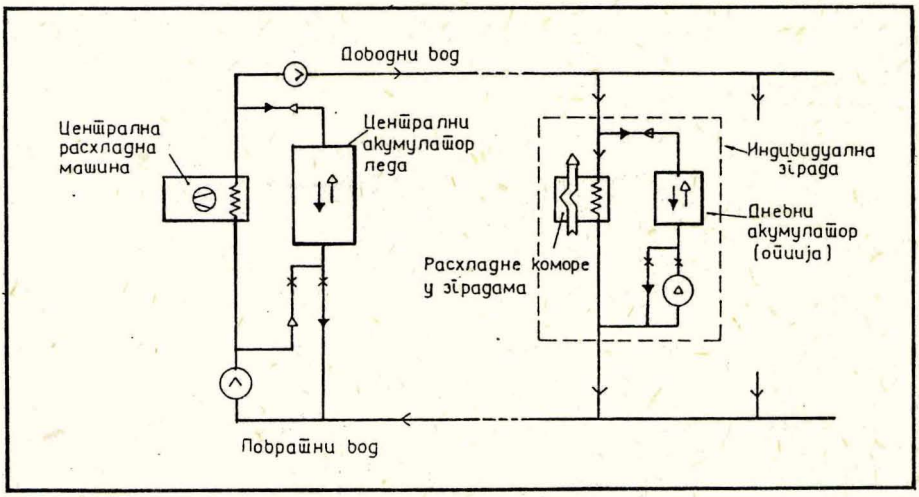
Овако одабрано расхладно постројење у већем делу дана је предимензионисано, односно ради под делимичним оптерећењем. Уштеде у експлоатацији могу се постићи применом акумулације топлоте хлађења, при чему долази до повећања улагања. Због тога се мора извршити детаљна анализа за сваки појединн случај при увођењу акумулације. Овим се чине још сложенијим анализа и оптимизација преласка на систем даљинског хлађења.

У принципу, акумулација топлоте хлађења може се постићи акумулацијом осетне и латентне топлоте. За прву снижава се температура акумулационог средства, обично воде, песка, земље, камених наслага и сл. За друге врши се промена агрегатног стања акумулационог средства. Типични материјали су вода/лед, еутектичке мешавине или одређени полимери. При томе, може се примењивати пуна или делимична акумулација. У системима даљинског хлађења најчешће коришћени начини акумулације су помоћу: резервоара са водом, акумулацијом леда, природних подземних акумулација воде као и фабрички произведених постројења за акумулацију. Сваки од ових начина има своје предности и недостатке, а избор зависи од анализе услова у сваком појединачном случају.

Почетна сазнања указују да је у Скопљу најповољнија варијанта делимична акумулација леда. У том случају, рачунајући са фактором 0,8 и за просечни период рада свих објеката од 14 часова, учинак расхладне машине $\dot{Q}_{oa}$ износи:

$$\dot{Q}_{oa} = \dot{Q}_o \cdot 0{,}8 \cdot 14 / 24 \cong 8000 \text{ kW}$$

односно капацитет расхладне машине смањен је на око 47%. Да би се ус-



Слика 3. Шема система за акумулацију леда

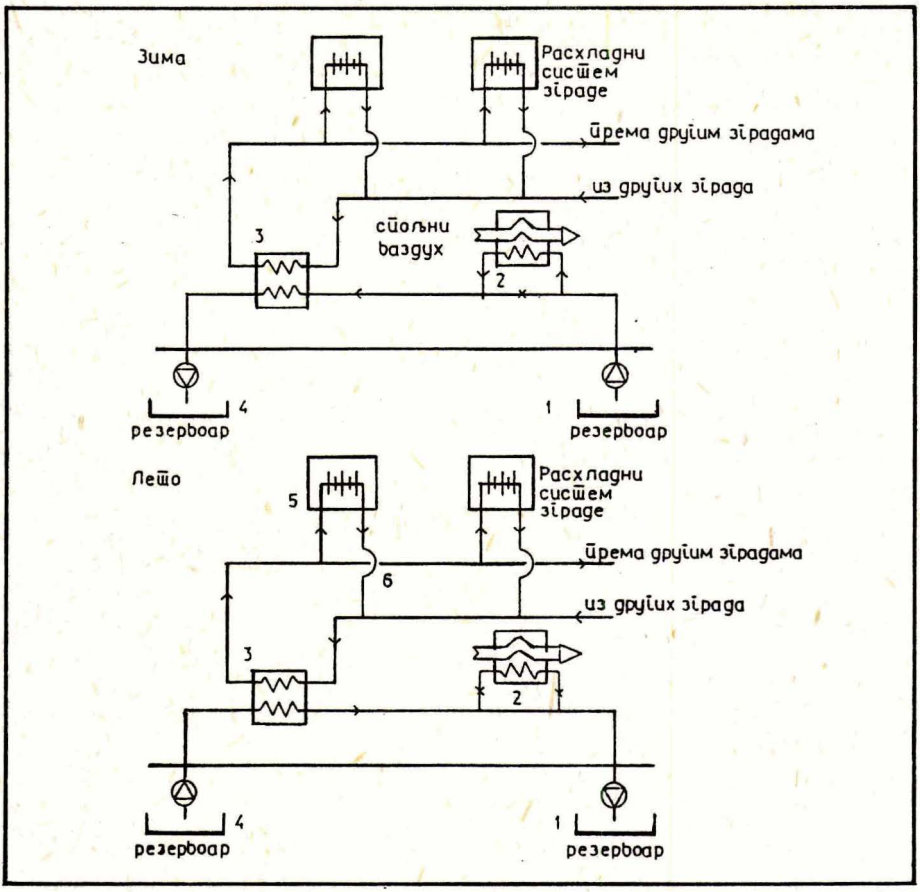
тановило јесу ли уштеде у експлоатацији и смањивање почетних трошкова за расхладну машину довољни за покривање трошкова за акумулатор леда и његову монтажу, треба извршити детаљну економску анализу. На жалост, у условима недефинисаних цена и променљивих банкарских камата, немогуће је установити тачан период враћања уложених средстава. Груба оцена указује да тај период не би био већи од 8 година. На слици 3 представљена је поједностављена шема система за акумулацију леда.

Као алтернативно решење може се узети употреба сезонског природног подземног резервоара за хладну воду. На слици 4 приказан је основни концепт акумулације у природном резервоару. У току зиме, пумпа се подземна вода из резервоара (1) и хлади у размењивачу топлоте (2), који користи хладни околни ваздух. Охлађена вода пролази кроз други измењивач топлоте (3), где се делимично загрева покривајући зимске потребе у хлађењу, а затим се акумулира у другом резервоару (4). Лети се вода пумпа из резервоара за хладну воду (4) до измењивача топлоте (3), где се хлади носилац топлоте који струји ка потрошачима (5). Загрејана подземна вода се из резмењивача враћа у резервоар (1).

У Скопљу, на подручју топлане "Исток", постоје подземне воде које се могу употребити као природни резервоар. У овом тренутку не постоје прецизнији подаци о величини и дубини тих подземних вода, тако да су потребна детаљнија испитивања.

4. Закључак

Досадашња истраживања указују да је прелазак на систем централизованог хлађења климатизационих постројења у Скопљу реално изводљив. Прва фаза би обухватила 20-так објеката, при чему би се користила постојећа дистрибутивна мрежа. Детаљнија испитивања треба да укажу на потребна прилагођавања, и детаљном економском анализом би се установио период враћања уложених средстава.



Слика 4. Акумулација у природном резервоару

Литература

[1] **Trevor, G.:** *The district cooling idea*, The Journal of the IHVE, 41, pp. A43-A45, USA, 1974.

[2] **Меликиин, З. А.:** *Централизованное теплохладоснабжение гражданских и промишлених сооружениа*, Москва, СССР, 1985.

[3] * * *: District Heating & Cooling in Japan, Japan, 1988.

[4] * * *: ASHRAE HVAC Handbook, Heating and cooling from a central plant, pp. 12.1–12.16, USA, 1987.

[5] * * *: ASHRAE HVAC Handbook, Thermal storage, pp. 46.1–46.24, USA, 1987.

[6] **Metz, P. and Margen P.:** *The feassibility and economics of slush ice district cooling systems*, ASHRAE Transactions, pp. 1671–1686, USA, 1989.

[7] **Spurr, C. M.:** *Aquifer storage of chilled water for district cooling,* ASHRAE Transaction, pp. 1661–1671, USA, 1989.