ANALIZA MOGUĆNOSTI UŠTEDE ENERGIJE ZA GREJANJE STAMBENIH OBJEKATA PRIMENOM „DANFOSOVE" OPREME ZA REGULACIJU TERMIČKIH I HIDRAULIČNIH PARAMETARA

POSSIBILITIES TO SAVE ENERGY FOR HEATING RESIDENTIAL BUILDINGS BY USING „DANFOSS" EQUIPMENT FOR THERMAL AND HYDRAULIC PARAMETERS CONTROL

Vladimir Pantović, dipl. inž., i Saša Stojković, inž.,
JKP „Beogradske elektrane", i Vladimir Šuković, dipl. inž.,
„Danfoss d.o.o.", Beograd

Sva naša dosadašnja iskustva pokazivala su da se Beograd greje neracionalno i nekvalitetno, pri čemu, da ne bi bilo nesporazuma, moramo naglasiti da pod nekvalitetnim grejanjem podrazumevamo bitno odstupanje temperature grejane prostorije od projektovane. Tri su osnovna uzroka ovakve situacije:

1. povećani toplotni gubici grejanih objekata kao posledica nesolidne gradnje (neadekvatna termička izolacija, nekvalitetna građevinska stolarija);

2. odsustvo hidauličke regulacije instalacije za grejanje, što predstavlja nedopustivo odstupanje od glavnog mašinskog projekta termotehničkih instalacija, ali se kod nas nažalost, po pravilu, toleriše;

3. oprema za dodatnu regulaciju odlazne temperature u sekundarnom delu predajne stanice uglavnom nije u funkciji, ponekad zbog nekompletnosti, a češće zbog nestručne ugradnje.

Our previous experience indicates that heating in Belgrade is of low quality and cost-effectiveness, thereby, without any misunderstanding, it must be pointed out that low quality heating implies considerable deviation of the heated room temperature from the designed one. There are three reasons for such situation:

1. Increased heat losses of heated rooms due to low quality construction (inadequate thermal insulation, low quality joinery);

2. Lack of hydraulic control of the heating system, representing inadmissible deviation from the main mechanical design of the heating system, which is unfortunately tolerated;

3. Equipment for additional control of output temperature in the secondary part of the connection station is regularly out of function, sometimes due to incomplete and more often due to inexpert installation.

Ključne reči: grejanje prostora; stambena zgrada; termički parametri; hidraulički parametri
Key words: room heating; residential building; thermal parameters; hydraulic parameters

Uvod

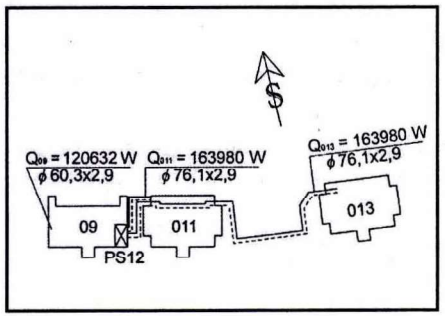
Zakon o izgradnji investicionih objekata i svi prateći pravilnici, kao i posebna Odluka o snabdevanju grada Beograda toplotnom energijom, ne primenjuje se u potpunosti tako da, bez obzir na korektne projekte, u fazi izgradnje nastaju problemi za čije naknadno otklanjanje tokom eksploatacije po pravilu nema dovoljno sredstava. Konačno se sve svodi na obezbeđenje maksimalne funkcionalnosti, dok se kvalitet i racionalnost zanemaruju.

U takvoj situaciji jasno je da postoje brojne i raznovrsne mogućnosti uštede energije za grejanje stambenih objekata. Tako je na inicijativu „Danfossovog" predstavništva u Jugoslaviji došlo do saradnje između Stambene zadruge „Hidrotehnika" (investitor), „Kosovoprojekt – Šaleterm" (projektant) i JKP „Beogradske elektrane" (isporučilac toplotne energije, koji istovremeno održava predajnu stanicu i rukuje njome), iz koje je proistekao i ovaj rad.

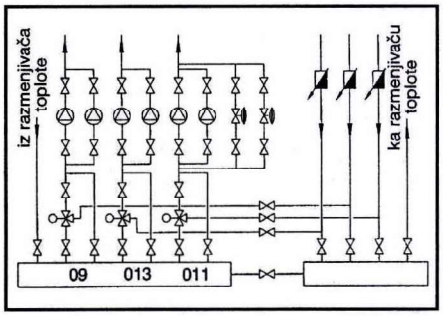
Opis objekta analize

Za analizu su izabrana dva novosagrađena objekta, K011 i K013, koji se toplotnom energijom snabdevaju iz zajedničke predajne stanice, priključene na grejni sistem toplane „Mirijevo". Iz situacije na slici 1 vidi se da je predajna stanica smeštena u objektu K09, a da su objekti K011 i K013 praktično identični (rotacija jednog u odnosu na drugi je tako mala da se može zanemariti). Praktično jedina razlika između njih je u tome što je objekat K011 – „pilot-objekat", snabdevena „Danfosovom" regulacionom opremom, dok je drugi opremljen klasično. U oba objekta su ugrađeni ventili za mešanje i kalorimetri, dok je objekat K011 snabdeven još:

1. termostatskim radijatorskim ventilima RDT 3640,
2. granskim regulatorima diferencijalnog pritiska ASV-PV,
3. granskim regulatorskim i mernim ventilima ASV-I,
4. prestrujnim ventilom i



Slika 1



Slika 2

5. sigurnosnim ventilom.

Tehnološka šema sekundarnog dela instalacije za grejanje je na slici 2.

Granski regulator diferencijalnog pritiska ASV-PV osigurava konstantnu razliku pritiska u instalaciji. Na njemu se željena vrednost diferencijalnog pritiska može podesiti između 5 i 25 kPa (fabrički je podešen na 10 kPa). Ugrađuje se na povratnoj grani usponskih vodova, a pored regulacionog ima zaporno delovanje i snabdeven je slavinom za pražnjenje. ASV-I se ugrađuje na odlaznoj grani usponskih vodova i ima kombinovano regulaciono, zaporno i merno delovanje. ASV-PV i ASV-I su povezani impulsnim vodom i omogućuju maksimalno smanjenje protoka vode u pojedinim delovima instalacije, kako bi se osigurala raspodela među njima u uslovima dinamičkog delovanja termostatskih radijatorskih ventila RDT 3640.

Prestrujni i sugurnosni ventili služe da zaštite pumpe od preopterećenja do koga eventualno može doći u opisanom sistemu dinamičke regulacije termičkih i hidrauličnih parametara.

Rezultat analize

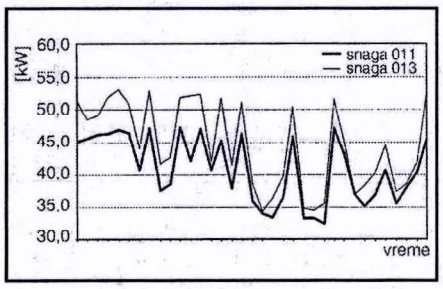
Merenja su izvršena u periodu 12.02.–23.04.2001. godine, a obuhvaćeni su sledeći parametri:

1. broj časova rada – τ [h],
2. spoljašnja temperatura – t_s [°C],
3. temperatura ulazne vode sa primarne strane razmenjivača toplote – t_{pu} [°C],
4. temperatura odlazne vode u sekundarnom razvodu – t_{od} [°C],
5. temperatura povratne vode iz sekundarnog razvoda – t_{pov} [°C],
6. trenutno angažovana snaga potrošača za ogranak sekundarnog razvoda – P [kW],
7. trenutni protok za ogranak sekundarnog razvoda – $\dot{V}$ [L/h],
8. utrošena energija za grejanje – Q [MWh],
9. ukupna protekla količina vode – V [m^3].

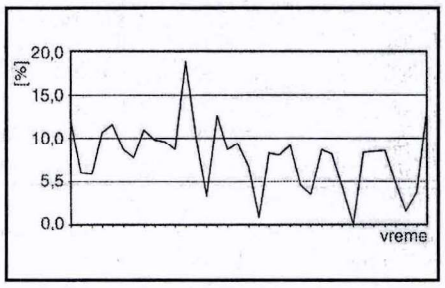
Rezultati merenja navedeni su u tabeli 1.

U tabeli se vidi da je angažovana snaga za grejanje „pilot-objekta" konstantno manja u odnosu na angažovanu snagu za grejanje drugog objekta (slika 3). Procentualna ušteda angažovane snage prikazana je na slici 4, pri čemu je procenat računat u odnosu na neregulisani objekat K013.

Jasno se može uočiti da „pilot-objekat" troši manje energije za grejanje u odnosu na drugi identičan objekat. Dinamički posmatrano, procenat te uštede je varijabi-



Slika 3



Slika 4

Tabela 1

τ	t_s	t_{pz}	K011 – "pilot-objekat"						K013					
			t_{ul}	t_{pov}	P	$\dot{V}$	Q	V	t_{ul}	t_{pov}	P	$\dot{V}$	Q	V
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[kW]	[lit/h]	[MWh]	[m³]	[°C]	[°C]	[kW]	[L/h]	[MWh]	[m³]
0	6	65	42,3	40,3	45,1	7944	184,26	0	45,7	40,3	51,3	8244	50,20	0
24	4	65	44,9	40,0	45,6	7944	184,87	116	45,3	40,1	48,5	8256	50,87	120
48	4	65	45,0	40,0	46,2	7980	185,36	200	45,4	40,2	49,1	8280	51,43	206
72	1	65	45,2	40,1	46,3	7992	186,02	321	45,5	40,1	51,8	8304	52,17	330
95	4	65	45,5	40,3	46,9	7860	186,68	440	45,9	40,3	53,0	8304	52,91	454
167	1	65	45,0	40,0	46,4	7920	188,37	742	45,4	40,1	50,8	8256	54,80	763
192	6	65	44,6	40,1	40,7	7944	189,07	866	44,8	40,2	44,1	8208	55,58	892
216	4	60	45,3	40,2	47,1	7908	189,69	986	45,6	40,1	52,9	8208	56,30	1016
240	6	60	44,2	39,9	37,6	7764	190,32	1113	44,1	39,5	41,7	8184	57,01	1147
263	6	60	45,2	40,2	38,6	7860	190,89	1222	44,7	40,2	42,7	8088	57,64	1259
336	0	65	44,5	39,3	47,3	7944	192,75	1530	44,8	39,3	51,8	8244	59,70	1573
360	–2	65	44,2	39,1	42,2	8004	193,38	1634	44,6	39,1	52,0	8232	60,41	1679
408	3	65	43,4	38,3	47,0	7968	194,69	1855	43,8	38,3	52,3	8208	61,86	1905
432	7	65	42,5	38,0	40,7	7824	195,21	1947	42,4	37,9	42,1	8076	62,48	1999
527	5	65	43,4	38,5	45,2	7992	196,00	2096	43,8	38,3	51,7	8244	63,34	2149
552	7	65	43,7	39,4	37,8	7860	196,66	2216	43,5	39,1	41,4	8124	64,07	2272
576	6	65	44,7	39,7	46,3	7812	197,30	2331	45,0	39,6	51,1	8220	64,79	2389
600	11	65	40,2	36,2	36,0	7848	197,35	2378	40,1	35,4	38,6	8004	65,06	2437
719	8	65	41,7	37,8	34,1	7776	198,40	2539	41,3	37,5	34,4	7992	66,02	2598
744	10	65	40,4	36,7	33,4	7884	198,81	2631	40,2	36,3	36,4	8028	66,48	2691
767	12	65	40,9	36,9	36,6	7848	199,02	2674	40,6	36,3	39,8	8016	66,71	2685
864	6	65	45,3	40,3	45,8	8004	199,24	2707	45,7	40,4	50,4	8232	66,96	2768
911	10	65	40,3	36,6	33,3	7860	200,01	2863	40,3	36,5	34,9	8052	67,81	2927
936	11	65	40,3	36,6	33,3	7812	200,42	2955	40,1	36,4	34,5	8016	68,25	3021
1031	9	65	41,0	37,3	32,5	7812	200,67	3007	40,7	36,9	35,6	7944	68,54	3073
1079	5	65	45,3	40,2	47,2	7992	201,81	3227	45,7	40,3	51,4	8292	69,82	3299
1174	4	65	43,2	38,3	43,3	7704	203,75	3585	43,0	38,1	45,3	8100	71,97	3665
1198	10	65	41,1	37,0	37,0	7788	204,00	3630	40,8	36,7	37,0	8004	72,24	3650
1271	10	65	40,8	30,9	35,1	7752	204,25	3678	40,8	36,5	38,3	7944	72,53	3759
1293	8	65	41,7	37,5	37,0	7680	204,65	3752	41,6	32,1	40,4	7920	72,98	3834
1366	7	65	42,8	38,2	40,7	7692	205,19	3860	42,6	37,8	44,5	7968	73,58	3944
1392	10	65	40,7	36,7	35,6	7860	205,74	3972	40,6	36,6	37,4	7980	74,16	4058
1535	9	65	41,3	37,1	38,0	7824	207,95	4383	41,2	37,0	38,6	8028	76,50	4477
1558	8	65	42,4	37,8	40,3	7692	208,39	4474	42,2	37,7	41,9	8160	76,96	5369
1679	6	65	45,2	40,3	45,5	8004	208,73	4536	45,2	39,6	52,4	8124	77,36	4632

lan, jer zavisi od niza faktora među kojima su i neki koji se ne mogu sagledati, kao što su recimo toplotni dobici usled dodatih izvora energije (električni šporeti i slično).

Ovde je neophodno naglasiti kako prilikom ove analize poseban problem predstavlja činjenica da se isporučilac toplotne energije, zbog svima dobro poznate krize

sa energentima, nije mogao striktno pridržavati kliznog dijagrama, što donekle utiče na sliku dobijenu analizom. Ovaj problem donekle je ublažen relativno visokim spoljašnjim temperaturama u posmatranom periodu, jer je svega 14% temperatura bilo od –2 do 3°C, 48,6% temperatura od 4 do 7°C, dok je 37% temperatura bilo 8°C ili više.

Tabela 2

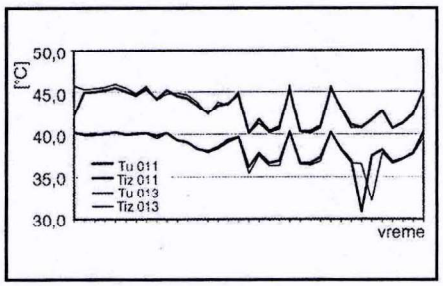
Spoljna temperatura t_s = 8°C											$t_{prosečno}$
Lamela 011	[°C]	20,0	20,1	20,1	20,4	20,4	20,5	20,5	20,8	20,8	20,4
Lamela 013	[°C]	20,0	20,8	20,9	21,0	21,0	21,1	21,3	21,3	21,3	21,0
Spoljna temperatura t_s = 5°C											$t_{prosečno}$
Lamela 011	[°C]	19,5	19,5	19,5	19,6	19,6	19,7	19,8	20,0	20,0	19,7
Lamela 013	[°C]	19,6	20,3	20,4	20,5	20,5	20,5	20,6	20,6	20,7	20,4

Sa druge strane, može se uočiti da su temperature odlazne vode u sekundarnom razvodu (t_{od}) kao i temperature povratne vode iz sekundarnog razvoda (t_{pov}), gotovo identične (slika 5), dok slika 6 prikazuje promenu protoka. Neznatna odstupanja temperatura u razvodu uz konstantno manji protok za „pilot-objekat" pokazuju nam da se ušteda energije ostvaruje kvalitetnom raspodelom protoka u grejnoj instalaciji. Međutim, slika 5, kao i tabela 2, koja sadrži izmerene temperature u stanovima prilikom kontrolnih merenja, pokazuju kako ova ušteda nije imala negativan uticaj na kvalitet grejanja. Može se uočiti da su u „pilot-objektu" temperature ravnomernije raspoređene kao i to da je u njemu srednja temperatura niža, pri čemu istovremeno manje odstupa od željene (20°C), što ukazuje da se, sa druge strane, ušteda ostvaruje i ravnomernijom raspodelom temperatura.

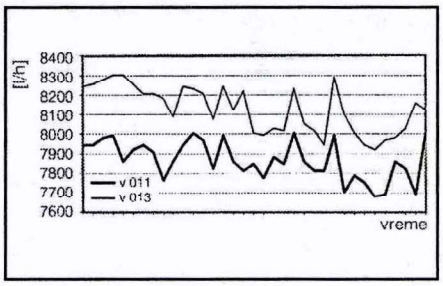
Ako se sada vratimo na tabelu 1 i pogledamo koliko je svaki objekat utrošio energije za svoje grejanje u toku 70 grejnih dana, koliko je obuhvaćeno ovom analizom:

Q_{011} = 208,73 – 184,26 = 24,47 MWh

Q_{013} = 50,20 – 77,36 = 27,16 MWh



Slika 5



Slika 6

vidi se da je za grejanje pilot-objekta utrošeno skoro 10% manje energije u odnosu na drugi objekat.

$$\Delta Q = \frac{(27{,}16 - 24{,}47)}{27{,}16} \times 100 = 9{,}9\%.$$

Zaključak

Dakle, ova analiza nedvosmisleno je pokazala da se kvalitetnom regulacijom termičkih i dinamičkih parametara, dakle optimalnom raspodelom protoka i temperatura, mogu ostvariti značajne uštede energije za grejanje stambenih objekata, što u potpunosti opravdava investiciju uloženu u odgovarajuću opremu kojom se ta regulacija ostvaruje. Čak i u uslovima restriktivne isporuke toplotne energije, može se očekivati ušteda od cca 10%, dok je u odsustvu restrikcije sasvim realno očekivati i njeno značajno povećanje. U svakom slučaju, nama samo preostaje da sačekamo bolja vremena u kojima će neka nova analiza potvrditi ili demantovati opravdanost naših očekivanja.