

UČINKOVITO NAČRTOVANJE IN UPRAVLJANJE TOPLOTNIH POSTAJ

II. del

EFFECTIVE PLANNING AND MANAGING OF HEAT SUBSTATIONS

A. Cjuha, P. Matičič, J. Torkar*, B. Koren*, M. Bobič**, D. Vnučec***

Energetika Ljubljana, d. o. o., Ljubljana

*EL-TEC Mulej, d. o. o., Bled

**Danfoss Trata, d. o. o., Ljubljana – Šentvid

***Danfoss, d. o. o., Ljubljana – Šentvid

2.6 USPOSOBITEV (COMMISSIONING)

Učinkovitost delovanja toplotne postaje je odvisna ne samo od pravilne izbire sestavnih delov toplotne postaje, ampak tudi od kakovostne usposobitve. Velikokrat se zgodi, da so bili vgrajeni ustrezni elementi, vendar ob usposobitvi toplotne postaje niso bili ustrezno nastavljeni. Posledice tega so:

- visoki temperaturni povratki na primarni strani,
- preveliki pretoki na primarni strani in s tem posledično previsoka temperatura povratka na primarni strani,
- nastavljena previsoka temperatura na dovodu na sekundarni strani, s čimer izgubljammo toplotno energijo, saj po nepotrebnem pregrevamo sekundarno vodo,
- prevelika hitrost črpalke: če voda prehitro teče skozi prenosnik toplote, ta ne more predati zelene toplotne energije. Posledici sta med drugim prenizka sekundarna dovodna temperatura in previsoka povratna primarna temperatura.

Ob usposobitvi toplotne postaje je zato treba nastaviti vse sestavne elemente, tako toplotne postaje kot tudi internih naprav in napeljav, glede na vrednosti, izračunane po projektu. Projekt strojnih inštalacij mora vsebovati natančne izračune prednastavitev na regulacijskih ventilih, termostatskih radiatorjskih ventilih, ventilatorskih konvektorjih in klimatih. Regulatorji diferenčnega tlaka v radiatorjskih sistemih morajo biti nastavljeni tako, da v dvižnem vodu ohranjajo tlak od 5kPa do 15kPa oziroma čim nižji tlak, da se zagotovi brezšumno delovanje sistema.

Izračun po projektu je teorija in le približek ustreznim nastavitvam. Priporočena je analiza na podlagi arhiviranih podatkov, s katero se med prvo in drugo ogrevalno sezono nastavljeni parametri spremenijo in prilagodijo.

Pri usposobitvi toplotne postaje je nujno izvesti:

- vizualni pregled, s katerim se ugotovi pravilnost mehanske namestitve elementov,
- mehanske nastavitve, npr.: nastavitev največjega pretoka na kombiniranem ventilu, čiščenje lovilnika nesnage, nastavitev varnostnega termostata ...

- ročno preizkušanje delovanja elementov, npr.: kontrola delovanja črpalke, elektromotornega pogona, delovanje tipal, kontrola varnostnih funkcij ...
- usposobitev in nastavitev elektronskega regulatorja,
- predaja dokumentacije uporabniku,
- izobraževanje uporabnika,
- spremljanje ključnih procesnih kazalnikov toplotne postaje ob usposobitvi in vsaj ob rednih servisnih pregledih.

3 OPTIMIRANJE DELOVANJA TOPLOTNE POSTAJE

Živimo v času, ko je postalo pomembno, koliko energije porabimo za neki proces. Poraba toplotne energije oziroma stroški zanjo so glede na druge stroške posameznika ali podjetja njihov velik del. Učinkovito delovanje toplotne postaje in tako tudi primerno temperaturo v prostoru lahko dosežemo, če je vgrajena ustrezna oprema, je izvedena njena usposobitev in se izvajajo v nadaljevanju opisani ukrepi. Velik izziv za vsako distribucijsko podjetje je tok podatkov urediti tako, da se ti čim hitreje pretvarjajo v koristne informacije za učinkovito vodenje sistema daljinskega ogrevanja ter kakovostno in zanesljivo oskrbo strank [6].

3.1 KAZALNIKI UČINKOVITOSTI

Učinkovito delovanje sistema daljinskega ogrevanja (SDO) lahko dosežemo le tako, da ga stalno nadzorujemo in optimiramo njegovo delovanje. Za učinkovitost delovanja SDO-ja je zelo pomembno stalno spremljanje delovanja toplotnih postaj (arhiviranje, alarmiranje, analizira podatkov in ključnih procesnih kazalnikov – KPK). Na podlagi teh podatkov se nenehno izvajajo ukrepi, ki izboljšujejo učinkovitost delovanja toplotnih postaj in SDO-ja kot celote. Najpomembnejši KPK-ji toplotnih postaj so:

- Merjenje in analiza pretoka na toplotni postaji

Pregled pretoka na toplotnih postajah pri različnih temperaturah delovanja in primerjava izmerjenega pretoka s projektno vrednostjo. Cilja dejavnosti sta narediti posnetek stanja in definirati največji pretok, ki ga neki objekt potrebuje.

- Merjenje in analiza moči na toplotni postaji

Enako kot pri pretoku se merijo moči pri različnih temperaturah. Izmerjena moč se primerja s projektno vrednostjo. Cilja dejavnosti sta narediti posnetek stanja in definirati največjo moč, ki jo neki objekt potrebuje.

- Merjenje in analiza potrebne temperature na sekundarni strani toplotne postaje

Cilj dejavnosti je preveriti pravilnost obstoječih ogrevalnih karakteristik v objektih z merjenjem sobnih temperatur v prostorih v različnih razmerah delovanja (zunanja temperatura, temperatura na dovodu sekundarja, temperatura v prostoru). Na osnovi meritev se spremeni ogrevalna krivulja ali izvede hidravlično uravnoteženje sekundarne strani. Sledita analiza novega stanja in izračun

najnižje mogoče temperature v dovodu na primarni in sekundarni strani pri določenem pretoku. Rezultat uporabimo kot vhodni podatek v sistemu za dinamično ekonomično vodenje.

- Merjenje in analiza ohlajevanja tople vode na sekundarni strani toplotne postaje

Primerjanje temperature v dovodu in povratku na sekundarni strani. Izračun temperaturne razlike med dovodom in povratkom se uporabi za analizo kakovosti delovanja in pravilnosti hidravličnega uravnoteženja sekundarne strani.

- Merjenje in analiza povratne temperature na primarni strani toplotne postaje

Primerjanje temperature v povratku na primarni strani in temperature povratka na sekundarni strani. Izračun temperaturne razlike med povratkom na primarni in sekundarni strani se uporabi za analizo kakovosti delovanja prenosnika toplote.

- Aktiviranje referenčne stopnice

Aktiviranje funkcije referenčne stopnice (15 minut in 30 minut) na 50–80 % toplotnih postaj, priključenih na sistem daljinskega ogrevanja. Učinkovitost uporabe te funkcije se primerja v diagramu P (moč) – t (čas), kjer se vidi, kako uporaba funkcije referenčne stopnice vpliva na znižanje jutranje konice moči na posameznih toplotnih postajah. V sistemu za dinamično ekonomično vodenje se izvede analiza, kako bi sistematična delitev sistema daljinskega ogrevanja na cone, v katerih se v različnih časih aktivira funkcija referenčne stopnice, vplivala na znižanje konice potrebne moči in toplotne energije na proizvodnih virih v jutranjem obdobju.

- Merjenje tlaka na sekundarni strani

Če je toplotna postaja priključena na daljinski nadzor in ima vgrajen merilnik tlaka na sekundarni strani, lahko preverjamo tlak na sekundarni strani. Informacijo lahko uporabimo kot kazalnik puščanja sekundarnega sistema ali za preverjanje ustreznosti tlaka v sekundarnem sistemu.

- Faktor učinkovitosti

Pomembni KPK toplotne postaje je faktor učinkovitosti odjemnega mesta F_u na dnevni, mesečni in letni ravni. Omogoča razvrstitev toplotnih postaj po kakovosti odjema toplote. Višji je faktor F_u (enačba 3.1), boljše je delovanje toplotne postaje. S pravilnim načrtovanjem obnove toplotnih postaj z nizkim faktorjem F_u lahko postopoma izboljšamo ekonomiko delovanja distribucijskega sistema.

$$F_u = \frac{\Phi_{od}}{q_{vt}} \left[\frac{J}{m^3} \right] \quad (3.1),$$

kjer je:

Φ_{od} ... toplotni tok odjemnega mesta (W),

q_{vt} ... prostorninski pretok (m^3/s).

- Ključni procesni podatki o delovanju sistema daljinskega nadzora in upravljanja

Ključni procesni podatek o delovanju sistema daljinskega nadzora in upravljanja ter komunikacijskega sistema je razmerje med odjemalci z delujočim sistemom daljinskega nadzora in upravljanja ter odjemalci, ki so v sistem daljinskega nadzora in upravljanja vključeni in kjer bi ta sistem moral delovati. Pri prenizkem KPK_{DNU} je lahko ogrožena zanesljivost delovanja nekaterih orodij celovitega sistema energetskega upravljanja. Hkrati je ta kazalnik pomemben zaradi vzdrževalnih pogodb, kjer je odzivni čas v primeru napak odvisen ravno od tega kazalnika. Naloga orodja za analizo podatkov je zaznavanje teh anomalij in obveščanje odgovorne osebe ob njihovem pojavu.

$$KPK_{DNU} = \frac{\text{Število odjemalcev z delujočim sistemom daljinskega nadzora}}{\text{Skupno število odjemalcev v sistemu daljinskega nadzora}}$$

Izvajanje tega postopka je odvisno tudi od dogovora med distributerjem in odjemalci. Distributer se odloči oziroma določi, katere toplotne postaje so za njegov sistem daljinskega ogrevanja pomembne, in te morajo biti opremljene s potrebnimi elementi, da lahko izvaja nadzor nad celotnim sistemom.

3.2 MERILNIKI TOPLOTNE ENERGIJE

Nalogi merilnika toplotne energije sta merjenje temperature na dovodu in povratku ter merjenje pretoka. Na podlagi dobljenih podatkov izračuna porabo toplotne energije. Podatke, ki so zbrani v računski enoti merilnika toplotne energije, lahko uporabimo pri optimiziranju delovanja toplotne postaje.

Ko nimamo vgrajenega primernelega elektronskega regulatorja z možnostjo komunikacije z merilnikom toplotne energije in potrebujemo podatke samo v neki bazi, se uporabi vmesnik, ki omogoča odčitavanje merilnika toplotne energije in vodomeroev ter zajem digitalnih ali analognih signalov oz. meritev z uporabo GSM/GPRS-omrežja.

3.3 REGULACIJSKA OPREMA

Pri regulacijski opremi je zelo pomemben vidik združevanje več funkcij v en izdelek. Tako je lahko delovanje medsebojno usklajeno, kar je predvsem pomembno za regulacijo pretoka, tlaka in temperature. Pri usklajenih armaturah dobimo boljše regulacijske odzive.

Eden od glavnih delov regulacijske verige pri elektronski regulaciji temperature je prav gotovo elektronski regulator. Če se omejimo na delovanje regulatorja kot samo člena v regulacijski verigi, vidimo, da klasični PI-regulator normalno zadosti večini potreb po še tako zahtevni regulaciji temperature. D-člen je lahko pravzaprav moteč pri krmiljenju zelo hitrih procesov v ploščnih prenosnikih toplote, ki vsebujejo zelo malo vode in so zato sami po sebi hitri. Ravno hitrost odziva regulacijskega sistema pa je problem regulacije, predvsem pri nastavitvah PI-regulatorjev. Zato je dobrodošla funkcija samonastavitve, kjer regulator prek vzbujenega impulza na sekundarni strani in algoritma za nastavitve parametrov sam nastavi zahtevane parametre za ojačanje in integracijski čas. To močno skrajša čas, potreben za nastavljanje regulatorja, na eni

strani in poveča robustnost regulacije na drugi strani. V primerih, v katerih pa bi se nihanje kljub temu pojavilo, pa je dobrodošla funkcija zaščite elektromotornega pogona, kjer se parametri regulacije ob zaznavanju nihanja samodejno spremenijo, da nihanje ustavijo.

3.3.1 Elektronski regulator

Elektronski regulator mora zagotavljati regulacijske funkcije, pomembne za učinkovito delovanje primarnega dela toplotne postaje. Zato morajo tehnične karakteristike elektronskega regulatorja omogočati:

- omejevanje največje moči in največjega pretoka,
- omejevanje največje rabe toplote v odvisnosti od temperaturnega primanjkljaja,
- omejevanje temperatur v povratnih vodih,
- prenos podatkov v center vodenja (elektronski regulator, toplotni števci, vodomeri, tlačna zaznavala, sistemi za zaznavanje vlage v cevovodih ...),
- arhiviranje podatkov za analize in arhiviranje nastavitve parametrov,
- obveščanje servisne službe v alarmnih stanjih.

Za posredovanje podatkov v nadzorni center mora biti regulator opremljen z ustreznimi komunikacijskimi vrati, ki omogočajo priklop naprave na komunikacijski medij za izmenjavo podatkov s sistemom daljinskega nadzora in upravljanja. Pomembno je tudi, da elektronski regulator omogoča povezavo z merilnikom toplotne energije (običajno vmesnik M-bus). Priporoča se izbira standardnih komunikacijskih možnosti, kot sta LonWorks ali Modbus RTU, s pripadajočima protokoloma LonTalk ali Modbus.

3.3.2 Regulacijski ventili in pogoni

Za pogon ventilov je priporočljivo izbrati elektromotorne pogone z linearno karakteristiko ne glede na to, ali so tritočkovni ali modulacijski. Načeloma je za hitrejšo regulacijo priporočljivo izbrati tritočkovno različico. Pri višjih temperaturah primarnega dovoda je priporočljivo izbrati elektromotorne pogone z varnostno funkcijo po DIN 14597, saj le ti v kombinaciji z varnostnimi bimetalnimi termostati zagotavljajo potrebno varnost proti pregretju sistema.

Za krmiljenje pretoka se kot izvršni členi uporabljajo ventili, pri katerih je pomembna njihova karakteristika. Ta na splošno določa hod ventila, prek katerega je definirana hitrost regulacije, saj hitrost pogona, pomnožena s hodom, da celotni čas delovanja. Karakteristika poleg hoda definira tudi ojačanje in posredno regulacijsko razmerje. Samo ojačanje in regulacijsko razmerje sta bistvenega pomena za stabilnost regulacijske zanke. Priporoča se uporaba ventilov z relativno kratkim hodom, konkavno obliko karakteristike in regulacijskim razmerjem > 50 . Zelo dober primer take karakteristike je lomljena karakteristika, sestavljena iz dveh linearnih odsekov, med katerima je polinomska krivulja višjega reda. Tako prvi odsek zadosti potrebi po majhnem ojačanju, naklon drugega dela pa je manjši od naklona karakteristike pri regulacijskem razmerju, kar omogoča stabilnost, polinomski prehod pa odpravlja singularnost. Zaradi regulacijskega razmerja je pomembno, da ventili, ki delujejo pri pretočni pripravi sanitarne tople vode, nimajo

integriranih omejevalnikov pretoka, saj se z nastavitvijo največjega pretoka zniža regulacijsko razmerje.

3.3.3 Regulatorji pretoka in tlačne razlike

Zadnja v nizu potrebne regulacijske opreme je oprema za hidravlično uravnoteženje omrežja sistema daljinskega ogrevanja. To so regulatorji pretoka in tlačne razlike. Predvsem regulatorji tlačne razlike so pomembni za zagotavljanje stabilnega delovanja krmilne verige v toplotni postaji, saj zagotavljajo idealno avtoriteto ventila. Prav tako lahko ob pravilni izbiri ventila skrbijo tudi za nastavitev največjega pretoka. Čeprav nekje prevladujejo ideje, da lahko več regulatorjev tlačne razlike v omrežju povzroči nezaželeno tlačna nihanja, to ne drži, saj tlačni regulatorji ob normalnem delovanju ne nihajo, lahko pa ob nepravilni izbiri okrepijo inducirana nihanja iz omrežja. To se lahko odpravi z dušenjem tlačnih regulatorjev, ki se lahko izvede na več načinov (npr. zaslonke na impulznih ceveh, daljše impulzne cevi) in je zelo učinkovito, na delovanje regulacijske zanke tlačne regulacije pa bistveno ne vpliva.

Pri manjših tlačnih nihanjih v omrežju se lahko regulatorji tlačne razlike namestijo tudi na veje omrežja. Tako sicer izgubimo pomembno prednost regulatorjev tlačne razlike, to je vzdrževanje visoke avtoritete ventilov v posameznih toplotnih postajah (1), vendar je taka rešitev stroškovno učinkovitejša. Pri načrtovanju take rešitve je treba biti zelo pazljiv, saj omrežje razdelimo na tlačne cone, znotraj katerih je mogoča prevelika ali premajhna tlačna razlika, kar je treba upoštevati pri izbiri ventila glede na lokacijo toplotne postaje.

Pomembna je tudi obtočna črpalka, ki jo izberemo oziroma določimo na podlagi količine vode, ki jo mora potiskati skozi cevi, in tlaka, s katerim mora potiskati vodo, da bo želena količina vode prispela na drugi konec cevovoda. Kjer imamo vgrajene termostatske glave, je nujno vgraditi elektronsko regulirano črpalko. Ob zapiranju termostatskih glav se v sistemu zmanjša pretok, kar elektronsko regulirana črpalka zazna in se premakne na novo delovno točko. Tako zmanjšamo možnost šumenja na drugih odprtih termostatskih ventilih in hkrati zmanjšamo porabo električne energije.

3.4 SISTEMI ZA NADZOR NAD SISTEMOM DALJINSKEGA OGREVANJA IN NJEGOVO VODENJE

Toplotna postaja, ki ima vgrajeno zgoraj opisano regulacijsko opremo, omogoča učinkovito izvajanje sistemov za nadzor nad distribucijo in proizvodnjo toplote ter njuno vodenje.

SCADA-sistem (Supervisory Control and Data Acquisition) [6] se uporablja za zbiranje podatkov in nadzor nad procesom na daljavo. Številna stanja in meritve oziroma parametri o delovanju procesa se prek ene ali več komunikacijskih tehnologij prenašajo v SCADA-sistem, ki omogoča sprotni pregled nad delovanjem procesa, po potrebi takojšnjo izvedbo ukrepov, hkrati pa prek podatkovne baze pregled nad preteklim dogajanjem. Ti podatki se v izbranem intervalu shranjujejo v bazo, kjer so hkrati na voljo za nadaljnjo obdelavo in prenos v nadrejene sisteme. SCADA-sistem mora biti zasnovan tako, da omogoča samodejni povratni vpliv na procese na

osnovi ukrepov, predvidenih z orodji za energetska upravljanje, spremljanje in optimizacijo procesov. Med glavne prednosti SCADA-sistema spadajo:

- obveščanje o nepravilnostih v obratovanju (dvig kakovosti storitve, znižanje stroškov servisnih posegov),
- arhiviranje podatkov v baze podatkov (zajem meritev in parametrov delovanja za potrebe nadrejenih sistemov, poznavanje delovanja sistema, reševanje reklamacij),
- sprotno izvajanje krmilnih ukrepov (na podlagi določenih parametrov nadrejenih sistemov, optimizacija delovanja, znižanje stroškov obratovanja in vzdrževanja).

Za prenos in izmenjavo podatkov med različnimi lokalnimi bazami podatkov ali med lokalnimi in centralno bazo podatkov se uporabljajo posebna programska orodja [6]. Njihova naloga je, da imajo različna orodja sistema za celovito energetska upravljanje, spremljanje in optimizacijo zagotovljene ažurne podatke in parametre o delovanju sistema, na podlagi katerih se izvajata analiza in odločanje. Kot podpora se uporabljajo programska orodja za enostaven pregled nad vsemi projekti oziroma objekti, njihovimi parametri in učinkovitostjo delovanja. Običajno so ločena na servisni in analitični del. V servisnem delu je poudarek na centralnem spremljanju vseh alarmov za objekte. Omogoča lažje zaznavanje in analizo napak ter z vgrajeno bazo znanja podaja mogoče rešitve. Baza se stalno gradi, nove rešitve pa se vnesejo v bazo. Zajema:

- pregled delovanja strojne in elektro opreme,
- pregled delovanja programske opreme,
- koledar opravil (servisov, meritev, periodičnih pregledov ...),
- dnevnik opravljenih del na objektu (baza znanja, pogosto zastavljena vprašanja),
- kontaktni podatki (predstavniki naročnika, projektni vodja ...).

V analitičnem delu se preverjajo parametri, s katerimi analiziramo rabo energije in vode v nekem procesu. Program omogoča zaznavanje neobičajnega povišanja rabe od postavljenih (izračunanih) vrednosti in pošlje obvestilo. Poleg tega samodejno ustvarja tedenska, mesečna in letna poročila v obliki, kot jo določi upravljavec. Ta navadno zajemajo:

- nadzor nad pogodbenimi vrednostmi,
- izdelavo analiz (možnost samodejnega ustvarjanja),
- samodejni popis merilnikov toplotne energije,
- bazo splošnih podatkov (vremenski podatki, cene goriv ...).

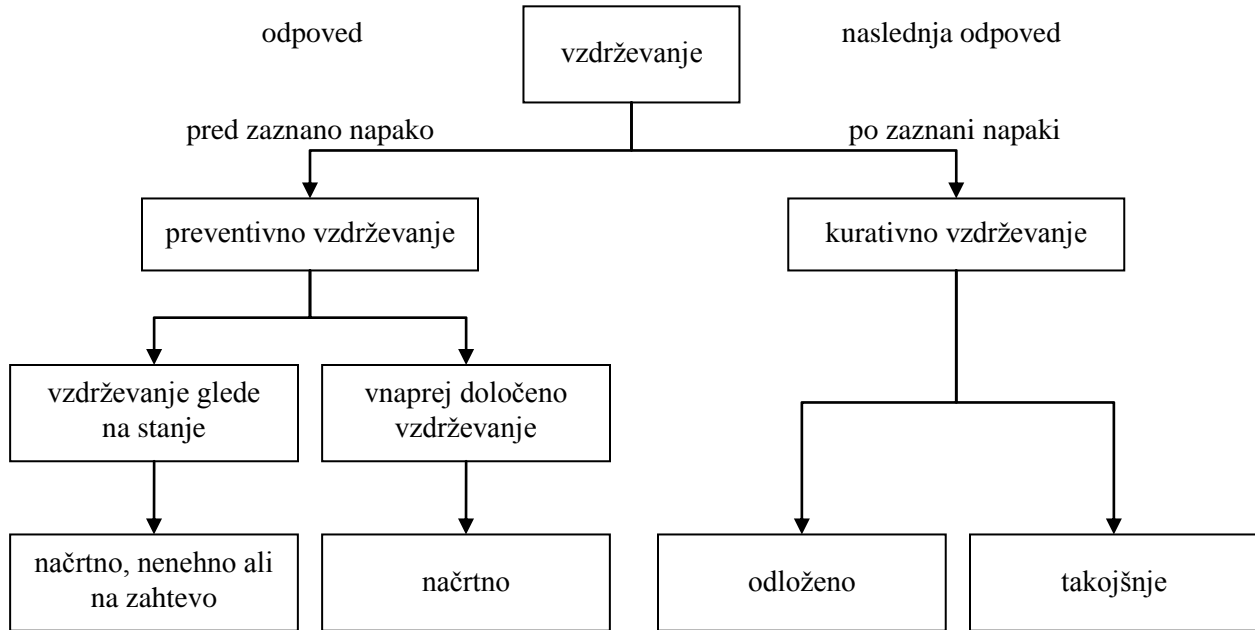
Orodja za vodenje distribucije in proizvodnje [7,8] se uporabljajo za učinkovito vodenje sistema daljinskega ogrevanja. Ključni sestavni deli takega orodja so:

- modul za modeliranje termohidravličnih razmer v distribucijski mreži,
- modul za napovedovanje rabe toplotne energije na osnovi vremenske napovedi (zunanja temperatura in hitrost vetra) in preteklih podatkov o toplotni obremenitvi,
- modul za vodenje procesa proizvodnje in distribucije,

za delovanje pa potrebujejo tudi podatke iz toplotnih postaj, ki so zaradi velikosti ali lokacije na omrežju ključne za obratovanje sistema daljinskega ogrevanja.

3.8 UČINKOVITO VZDRŽEVANJE

Poseben pomen v obratovanju toplotne postaje ima vzdrževanje. Poznamo dve vrsti vzdrževanja, in sicer preventivno in kurativno vzdrževanje (slika 3.1). Preventivno vzdrževanje se izvaja pred zaznano napako v toplotni postaji in glede na vnaprej določen načrt vzdrževanja. S tem se lahko izognemo večini kurativnega vzdrževanja, ki ga izvajamo šele po zaznani napaki in lahko povzroči tudi motnje v preskrbi odjemalcev ali manj učinkovito obratovanje toplotne postaje.



Slika 3.1: Načini vzdrževanja

Za preventivno vzdrževanje je treba izdelati načrt, s katerim bomo preprečili ali pravočasno odkrili in odpravili vzroke za morebitne poznejše okvare. V načrtu vzdrževanja opredelimo pogostost in dejavnosti preventivnih posegov in pregledov, ki so tudi povratna informacija za načrtovanje vzdrževanja glede na stanje posameznih komponent (preglednica 3.1). Vzrokov ne smemo odpravljati ne prezgodaj (še dobra oprema) ne prepozno (slaba učinkovitost toplotne postaje, motnje oskrbe). Obvezni so preventivni pregledi in posegi, ki jih predpisujeta zakonodajalec in proizvajalec vgrajene opreme, praktične izkušnje pa dajo osnovo za določitev pogostosti pregledov in posege poleg predpisanih.

Priporočeno je, da se pred ogrevalno sezono izvede vsaj preventivni pregled toplotne postaje in očisti lovilnik nesnage. Preostala oprema med obratovanjem praktično ne potrebuje posebnega vzdrževanja.

Preglednica 3.1: Kontrolni list vzdrževanja toplotne postaje za pripravo sanitarne tople vode

postavka	TP za STV št. _____	obratovalne ure do vizualnega pregleda [h]	obratovalne ure do testa funkcionalnosti [h]	opažanja
1	cevni sistem			
1.1	kontrola na korzijo (vizualni pregled)			
1.2	kontrola izolacije (vizualni pregled)			
1.3	izenačevanje potenciala (ozemljitev) (vizualni pregled)			
1.4	kontrola polnilnih, izpustnih in odzračevalnih ventilov (vizualni pregled)			
1.5	kontrola vgradnje (vizualni pregled)			
1.6	kontrola protipovratnih ventilov			
2	zaporne armature			
2.1	test funkcionalnosti			
2.1	kontrola puščanja (vizualni pregled)			
3	polnilna črpalka			
3.1	kontrola puščanja (vizualni pregled)			
3.2	kontrola zvoka delovanja (poslušanje)			
4	manometer			
4.1	kontrola puščanja (vizualni pregled)			
4.2	test funkcionalnosti			

Sistemi za daljinski nadzor poenostavijo in izboljšajo učinkovitost vzdrževanja toplotnih postaj. Z dnevnim spremljanjem toplotne postaje prek kazalnikov učinkovitosti analiziramo odstopanja od optimalnega obratovanja in ažurno odpravljamo napake. Pri tem se veliko dela in časa prihrani s programskimi orodji, ki zbirajo in analizirajo dobljene podatke.

4 EKONOMIKA

Pri odločanju glede izgradnje, obnove ali nadgradnje toplotne postaje ali katerekoli druge naprave v sistemu daljinskega ogrevanja je treba upoštevati vse stroške v njenem življenjskem ciklu (metoda LCCA) in analizirati mogoče prihranke pri distribuciji toplote zaradi ugodnejših parametrov proizvodnje in distribucije toplote. Temu sledi še izračun enostavne vračilne dobe naložbe.

4.1 METODA LCCA

Analiza stroška življenjskega cikla LCCA (Life Cost Cycle Analysis) upošteva celotne stroške v življenjski dobi toplotne postaje. To so stroški nakupa, namestitve oziroma montaže, usposobitve, obratovanja, vzdrževanja in demontaže. Določanje celotnih stroškov vključuje prepoznavanje in merjenje vseh elementov (enačba 4.1).

$$LCCA = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{enc} + C_d \quad (4.1)$$

Kjer je:

C_{ic} = začetni stroški, nakupna cena,

C_{in} = namestitev in usposobitev (vključno z uvajanjem uporabnika),

C_e = stroški energije (stroški toplotne in električne energije),

C_o = stroški operacij (stroški nadzornega sistema),

C_m = vzdrževanje in stroški popravila (preventivno in kurativno),

C_s = stroški čakanja odprave okvare,

C_{env} = stroški okolja,

C_d = demontaža in odstranjevanje.

4.2 IZRAČUN PRIHRANKOV PRI DISTRIBUCIJI TOPLOTE Z IZVEDBO UKREPOV NA TOPLOTNI POSTAJI

Za primer izračuna prihranka pri distribuciji toplote z izvedbo ukrepov na toplotni postaji vzemimo sistem daljinskega ogrevanja z letno proizvodnjo toplotne energije na pragu toplarne 85.000 MWh, 80-odstotnim izkoristkom mreže in povprečnim letnim temperaturnim sistemom delovanja 91/63 °C.

Predpostavimo, da na toplotnih postajah izvedemo naslednja ukrepa:

- zamenjamo dotrajane toplotne postaje z novimi, ki dosejajo večje pohlajevanje,
- z rekonstrukcijo sistemov za pripravo sanitarne tople vode znižamo povratno temperaturo na primarni strani,

s katerima znižamo temperaturo povratka distribucije za npr. 10 °C.

Preglednica 4.1: Vhodni podatki za primer izračuna prihranka

Proizvedena toplota [MWh]	Prodana toplota [MWh]	Toplotne izgube [MWh]	Izkoristek mreže [%]	Cena proizvedene toplote [€/MWh]
85.000	68.000	17.000	80	45

Zmanjšanje toplotnih izgub se izračuna po enačbi 4.2:

$$\text{Zmanjšanje [\%]} = 100 - ((T_{so} - T_{out}) + (T_{ro} - T_{out})) / ((T_{st} - T_{out}) + (T_{rt} - T_{out})) \times 100 \quad (4.2)$$

Kjer je:

- T_{st} temperatura v dovodu – danes [°C]
- T_{rt} temperatura v povratku – danes [°C]
- T_{out} temperatura okolice cevi – povprečna [°C]
- T_{so} temperatura v dovodu – optimizirana [°C]
- T_{ro} temperatura v povratku – optimizirana [°C]

Na podlagi vhodnih podatkov iz preglednice 4.1 in enačbe 4.2 dobimo ekonomski prikaz rezultatov uvedbe ukrepov za prikazani primer izračuna prihranka (preglednica 4.2). Uporabljen je poenostavljen izračun, pri katerem upoštevamo samo prihranke pri distribuciji zaradi zmanjšanja toplotnih izgub.

Preglednica 4.2: Ekonomski prikaz rezultatov za primer izračuna prihranka

T_{st} [°C]	91
T_{rt} [°C]	63
T_{out} [°C]	10
T_{so} [°C]	91
T_{ro} [°C]	53
Zmanjšanje toplotnih izgub [%]	7,46
Zmanjšanje toplotnih izgub [MWh]	1.269
Znižanje stroškov zaradi zmanjšanja toplotnih izgub [€]	57.090
Izkoristek mreže po izvedbi ukrepov na toplotnih postajah [%]	18,50
Izboljšanje izkoristka mreže zaradi izvedbe ukrepov [%]	1,49
Skupno znižanje stroškov [€]	57.090

4.3 IZRAČUN ENOSTAVNE VRAČILNE DOBE

Ocena naložbe v ukrepe obnove in optimiziranja delovanja toplotnih postaj znaša npr. 250.000 €.

Pri danih podatkih in izračunih bi enostavna vračilna doba za ukrepe za povečanje učinkovitosti toplotnih postaj znašala 4,4 leta.

5 SKLEP

Cilja učinkovitega načrtovanja in upravljanja toplotnih postaj sta doseganje največje mogoče tehnične učinkovitosti in zanesljivosti procesa predaje toplote, hkrati pa tudi največje stroškovne učinkovitosti z doseganjem čim nižjih stroškov v življenjski dobi ter tako zadovoljstvo uporabnikov in distributerjev toplote.

V prispevku želimo poudariti pomembnost timskega dela ob snovanju in projektiranju toplotnih postaj. Dober tim mora vključevati strokovnjake različnih strok (strojne, elektro, informatike,

ekonomije ...). Zaželeno je, da tim vključuje člane, ki imajo izkušnje z vsemi elementi, ki sestavljajo stroške življenjskega cikla (enačba 4.1), ter ob projektiranju toplotnih postaj ali izdelavi tehničnih smernic za vsako od mogočih rešitev izdelajo analizo celotnih stroškov. Osnovno merilo za izbiro optimalne rešitve so najnižji stroški življenjskega cikla. Dodatni merili sta izračun prihrankov distributerja toplote zaradi optimalnejših razmer delovanja toplotnih postaj in zanesljivost oskrbe odjemalcev.

6 LITERATURA

- [1] *Guidelines for District Heating Substations*: Euroheat & Power, October 2008.
- [2] *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah – osnutek 18. 1. 2010*: Ministrstvo za okolje in prostor, št. 0071-101/2009, Ljubljana 2010
- [3] *Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije – osnutek 18. 1. 2010*: Ministrstvo za okolje in prostor, št. 0071-101/2009, Ljubljana 2010
- [4] *Pravilnik o pitni vodi*: Uradni list Republike Slovenije: 19/04, 35/04, 26/06, 92/06.
- [5] Matičič P., Cjuha A., Bajsić I.: *Sistemi za preprečevanje izločanja vodnega kamna v toplotnih postajah daljinskega ogrevanja: Konferenca daljinske energetike/zbornik prispevkov, Portorož 2009*: Slovensko društvo za daljinsko energetiko, 2009.
- [6] Jungič M., Torkar J., Pospiš Perpar B., Brelih M., Jelušič T., Fröhlich Novkovič M.: *Uporaba informacijskih tehnologij v sistemu celovitega energetskega upravljanja: Konferenca daljinske energetike/zbornik prispevkov, Portorož 2009*: Slovensko društvo za daljinsko energetiko, 2009.
- [7] Benedik T., Torkar J., Pospiš Perpar B.: *Pogodbeno zagotavljanje prihrankov v sistemih daljinskega ogrevanja: Konferenca daljinske energetike/zbornik prispevkov, Portorož 2008*: Slovensko društvo za daljinsko energetiko, 2008.
- [8] Benedik T., Torkar J., Pospiš Perpar B.: *Gospodarno vodenje črpališč in temperature v dovodu: Konferenca daljinske energetike/zbornik prispevkov, Portorož 2007*: Slovensko društvo za daljinsko energetiko, 2007.