

UČINKI UPORABE MODERNE REGULACIJSKE TEHNIKE

EFFECTS OF USAGE OF MODERN REGULATING TECHNICS

Milan Jungič, Jože Torkar, Blaženka Pospiš Perpar

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

POVZETEK

V prispevku so predstavljeni učinki, ki jih lahko dosežemo z uporabo moderne regulacijske tehnike v sistemih daljinskega ogrevanja.

Predstavljene so rešitve, ki distributerjem omogočajo lažje in učinkovitejše vodenje proizvodnje in distribucije toplote. Obravnavane so tehnične zahteve, ki jih mora regulacijska oprema na posameznih nivojih zagotavljati, da bi s sistemom daljinskega nadzora omogočila optimalno delovanje posameznih delov in celote.

Prispevek opisuje osnovne značilnosti sistema, ki omogoča učinkovito delovanje, distributerju olajša vodenje in nadzor, zagotavlja zadosti podatkov za vpeljavo sistema dinamične optimizacije in napovedovanja rabe energije, ter posledično omogoča ekonomično vodenje proizvodnih virov.

Ključne besede: daljinsko ogrevanje, elektronski regulator, SCADA, prenos podatkov, cevne mreže, modeliranje sistemov, ekonomična proizvodnja in distribucija toplote, IT

ABSTRACT

In the paper there are the effects presented which can be achieved in district heating systems by use of a modern control technique.

Solutions are described which facilitate easier and more efficient control of heat production and distribution. The technical requirements are dealt with which must be ensured by the control equipment if an optimum operation of individual parts and of the whole system is to be achieved by means of remote monitoring system.

The paper describes basic characteristics of the system, which enables an efficient operation, facilitates an easier control and monitoring for a utility, provides sufficient data for an introduction of system for dynamic optimization and energy consumption prediction and therefore enables economical management of production sources.

Keywords: District Heating, Electronic Regulator, SCADA, Communication Links, Pipe Networks, System Modeling, Economical Production and Heat Distribution, IT

1. UVOD

Živimo v času, ko cene goriv vztrajno rastejo, ne glede na to ali govorimo o zemeljskem plinu, nafti ali ostalih energentih. Odgovorni se soočajo z izzivom, kako najbolj optimalno voditi in vzdrževati sistem daljinske oskrbe s toploto ali plinom ter hkrati kakovostno zadovoljevati potrebe uporabnikov.

Moderna programska orodja se uporabljajo že v fazi idejne zasnove sistema. Optimalno načrtovanje proizvodnih virov in distribucijske mreže zajema statično in dinamično simulacijo obratovanja. V fazi obratovanja se moderna regulacijska tehnika uporablja za načrtovanje obratovanja in vzdrževanja, za nadzor in upravljanje sistemskih komponent ter za obračun energije in poslovno odločanje.

V prispevku so opisane tehnične zahteve, ki jih mora izpolnjevati moderna regulacijska tehnika in programska oprema ter učinki, ki jih z vpeljavo takega sistema lahko dosežemo.

2. ELEKTRONSKI REGULATORJI TOPLOTNIH POSTAJ

Za doseganje optimalnih parametrov delovanja toplotne postaje je odločilno pravilno načrtovanje, izvedba in reguliranje sekundarnega sistema ter elementov odjemnega mesta, katerega srce predstavlja elektronski **regulator**. Elektronski **regulator** mora zagotavljati regulacijske funkcije, pomembne za učinkovito delovanje primarnega dela toplotne postaje [1,2].

Pomembna funkcija je funkcija faktorja učinkovitosti odjemnega mesta F_u na dnevnem, mesečnem in letnem nivoju. Omogoča razvrstitev toplotnih postaj po kakovosti odjema toplote. Višji je faktor F_u , boljše je delovanje toplotne postaje. S pravilnim načrtovanjem obnove toplotnih postaj z nizkim faktorjem F_u lahko postopoma izboljšamo ekonomiko delovanja distribucijskega sistema.

$$F_u = \frac{\Phi_{od}}{q_{od}} \left[\frac{J}{m^3} \right] \quad (1)$$

kjer je:

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

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

Za učinkovito obratovanje sistema **daljinskega ogrevanja** je potrebno doseči:

- čim nižje povratne temperature T_{pt} ,
- čim nižje dovodne temperature T_{dt} ,
- uporabo ali akumulacijo toplote v časovnih obdobjih, ugodnih za proizvajalca toplote.

Zato morajo tehnične karakteristike elektronskega **regulatorja** omogočati:

- omejevanje maksimalne moči in omejevanje maksimalnega pretoka
- omejevanje maksimalne rabe toplote v odvisnosti od temperaturnega primanjkljaja,

- omejevanje temperatur v povratnih vodih,
- prenos podatkov v center vodenja (elektronski **regulator**, toplotni števc, vodomeri, senzorji tlaka, sistemi za zaznavanje vlage v cevovodih, ...),
- arhiviranje podatkov za izdelavo analiz in arhiviranje nastavitve parametrov
- obveščanje servisne službe v primeru alarmnih situacij.

Pomembno je tudi, da elektronski **regulator** omogoča povezavo s toplotnimi števci (običajno M-bus vmesnik) in povezavo z nadzornim centrom. Priporoča se izbira standardnih komunikacijskih možnosti, kot so LonWorks ali Modbus RTU, s pripadajočima protokoloma LonTalk ali Modbus.

Osnovne tehnične karakteristike elektronskega **regulatorja**, ki omogoča vse naštetu (npr. ELTEC TP-03), so:

- 10 digitalnih izhodov (rele) in 2 digitalna izhoda (triac),
- 8 analognih vhodov (Pt1000),
- 5 analognih vhodov (4-20 mA),
- 10 digitalnih vhodov,
- M-bus vmesnik (EN-60870-5),
- LonWorks vmesnik (FTT-10) ali
- Modbus RTU (RS232) vmesnik,
- spominski modul.

3. PRENOS PODATKOV

Ključna naloga pri načrtovanju sistema je izbira medija za prenos podatkov. Žični prenos podatkov je najenostavnejša in najcenejša rešitev, hkrati pa tudi najbolj učinkovita. V glavnem pa je mogoča le pri novih projektih, kjer je komunikacijska žica položena ob toplovodnih ceveh. V starih toplovodnih sistemih je ni, zato se tam uporablja druge načine prenosa podatkov. Izbira načina prenosa podatkov zahteva detajlno ekonomsko analizo investicijskih stroškov in stroškov prenosa podatkov v določenem časovnem obdobju. Možni načini prenosa podatkov so prikazani v tabeli 1.

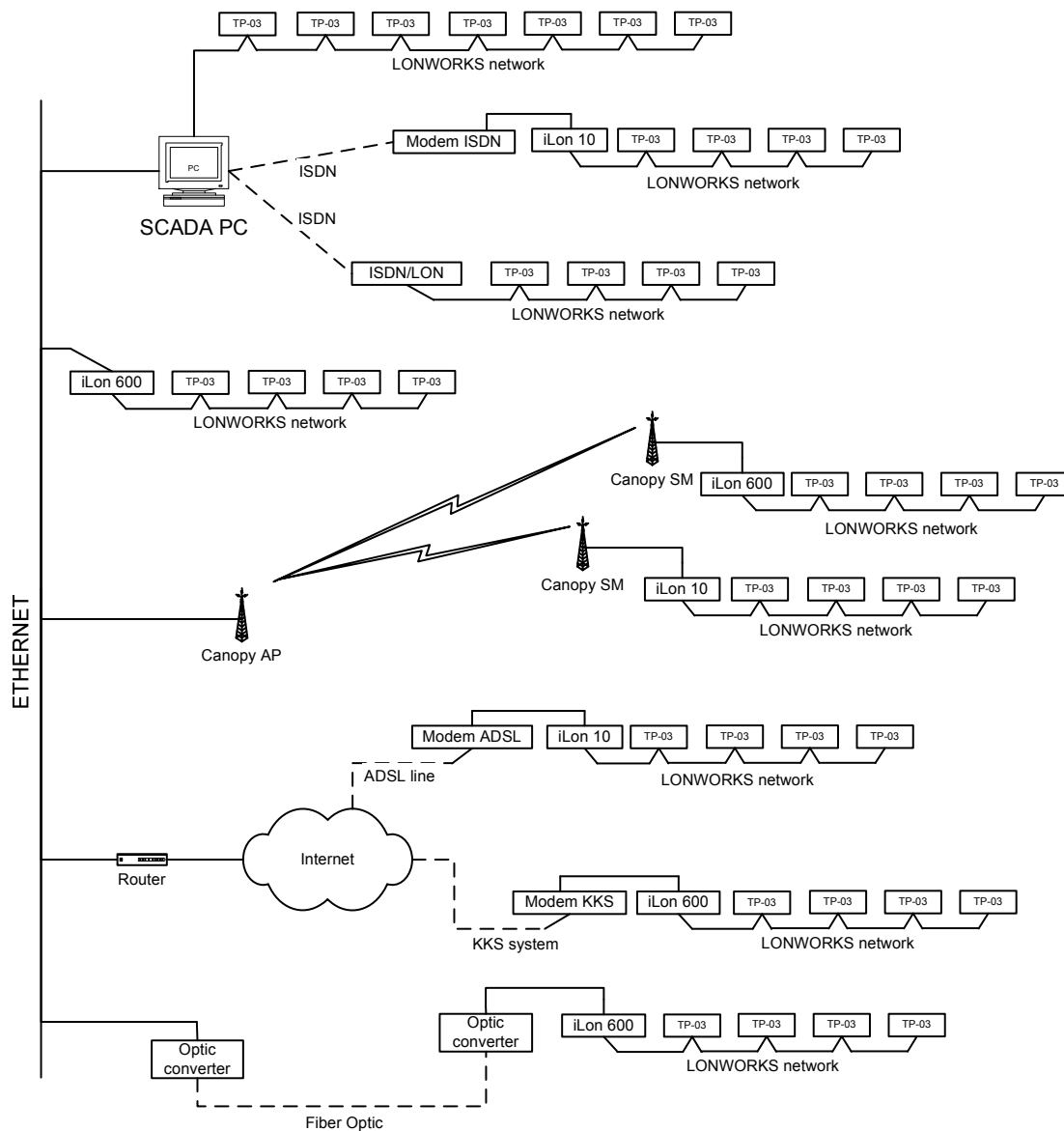
LonWorks:	ModBus (RS232)	Ethernet/internet
PCLTA 21 – žica (Twisted pair), Ethernet – iLon 600 – žica (TP), Ethernet – iLon 10 – žica (TP), ISDN modem – iLon 10 – žica (TP), ISND modem CTI – žica (TP),	Serial/Ethernet adapter, ISDN modem, GPRS, Kabel – PC	LAN/WAN, Brezžična povezava, WiFi – Canopy, ADSL, Kabelski (KKS) internet, Optični kabel

Tabela 1: Možni načini prenosa podatkov

Toplotne postaje so v nadzorni center povezane na osnovi internet/intranet/ethernet tehnologije TCP/IP. Komunikacija med centrom vodenja in toplotnimi postajami je tako neodvisna od medija prenosa podatkov.

3.1 LONWORKS

Kratika LON pomeni "Local Operating Networks". LON poveže proces med seboj tako, da ga uporabnik vidi kot eno logično celoto (slika 1).



Slika 1: Koncept LonWorks mreže za prenos podatkov

LonWorks ima pred podobnimi komunikacijami kar nekaj značilnih prednosti. Omogoča priključitev neomejenega števila **regulatorjev** in ostalih LonWorks naprav. Upravljanje in širjenje mreže je močno olajšano s priloženim orodjem LonMaker. Praktično to pomeni, da priklop nove toplotne postaje v mrežo **daljinskega nadzora** traja le nekaj minut, saj je na novi priključeni napravi potrebo le pritisniti na „Service pin“ tipko in naprava v mrežo pošlje signal, na podlagi katerega ga programsko orodje LonMaker samodejno nastavi in doda v mrežo. Orodje LonMaker poleg odčitavanja spremenljivk in spreminjanja parametrov

omogoča tudi testiranje in analiziranje preko mreže, poleg tega pa omogoča tudi daljinsko nadgradnjo programa naprave (firmware). Ena pomembnejših lastnosti je tudi možnost medsebojnega povezovanja spremenljivk med več napravami.

Vse te lastnosti distributerju toplote omogočajo vzpostavitev sistema **daljinskega nadzora**. Z njim lahko v veliki meri odpravimo posege, ki bi jih servisna služba sicer morala opraviti na terenu. S kakovostno in hitro daljinsko podporo pa lahko zmanjšamo tudi število reklamacij odjemalcev.

3.2 Modbus

Kjer iz različnih razlogov ni možno zgraditi LonWorks mreže, se priporoča uporaba Modbus komunikacije. Modbus je komunikacijski protokol zasnovan na master/slave arhitekturi in je danes ena najbolj razširjenih komunikacij pri industrijskih napravah. Z uporabo Modbus komunikacij je možno branje vseh spremenljivk in nastavljanje parametrov. Na eno napravo (modem) za prenos podatkov lahko priključimo le en elektronski **regulator**. Zaradi svoje splošne razširjenosti velja Modbus komunikacija za eno najcenejših.

4. SCADA SISTEMI

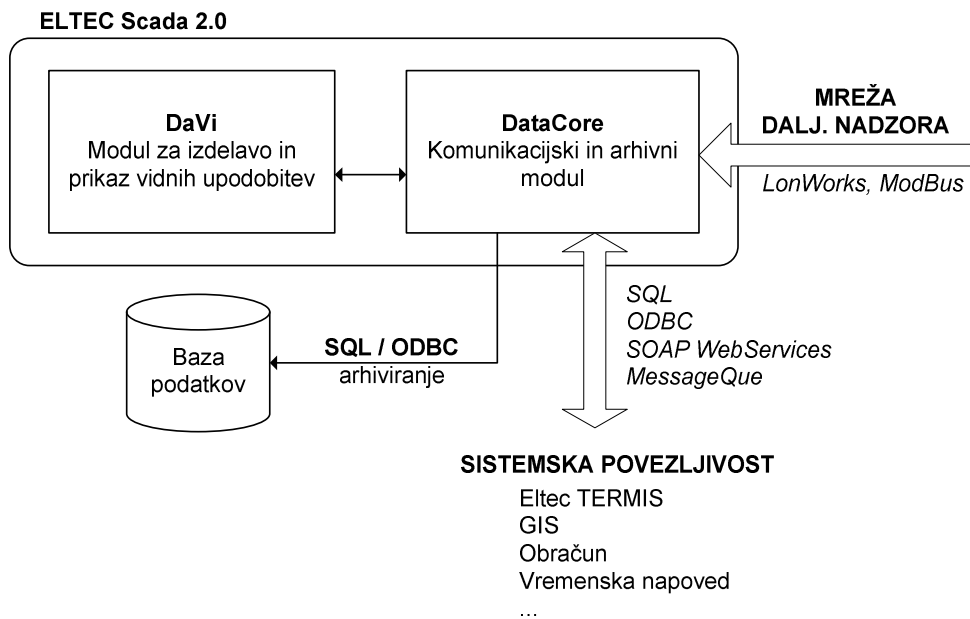
SCADA sistemi (Supervisory Control and Data Acquisition) omogočajo nadzor in vodenje procesa. Različni programski vmesniki omogočajo, da **SCADA** preko **regulatorjev** komunicira s procesom. Glavne prednosti uvedbe **SCADA** sistema:

- alarmiranje o nepravilnostih v obratovanju (dvig kakovosti storitve, znižanje stroškov servisnih posegov),
- arhiviranje podatkov (poznavanje delovanja sistema, reševanje reklamacij),
- on-line izvajanje krmilnih ukrepov (optimiranje delovanja, znižanje stroškov obratovanja in vzdrževanja)

močno presejajo stroške njegove vzpostavitve in se uporabniku hitro obrestujejo.

Moderen **SCADA** sistem je zasnovan na odprti in modularni arhitekturi in dovoljuje enostavno in popolno integracijo v sistem uporabnika [3]. Mogoča naj bo nadaljnja širitev in nadgradnja. Dopusča naj hiter in enostaven pregled trenutnih in preteklih podatkov (trendi, arhiviranje), na podlagi katerih operaterji lahko hitro in kakovostno sprejemajo odločitve o vodenju sistema. Le s takim pristopom se lahko doseže najvišja možna stroškovna učinkovitost, hkrati pa obdrži visoka raven kakovosti oskrbe potrošnikov.

Zanesljivost in prilagodljivost je še ena značilnost modernih **SCADA** sistemov. ELTEC **SCADA** 2.0 je rezultat tesnega sodelovanja z distributerji toplote. Omogoča bogat nabor možnosti povezovanj, zato jo lahko hitro in učinkovito integriramo v obstoječe sisteme. Izdelava vidnih upodobitev preko razvojnega okolja poteka hitro in enostavno, še posebej pa se s svojim edinstvenim sistemom predlog izkaže ob širjenju mreže, saj vidnih upodobitev za enake ali podobne sisteme ni potrebno izdelovati dvakrat, temveč se uporabi že izdelane predloge.



Slika 2: Sistem ELTEC **SCADA** 2.0

Arhiviranje podatkov se vrši po SQL standardu z uporabo Microsoft SQL baze, možno pa je tudi povezovanje na ostale baze s pomočjo ODBC vmesnika. Uporaba SQL jezika omogoča tudi vzpostavitev podatkovnega toka med **SCADA** sistemom in ostalimi sistemi distributerja, npr. GIS sistemi, poslovno informacijskimi sistemi (obračun) ali s sistemom ELTEC **TERMIS**. S pomočjo tovrstnih povezav se močno olajša delo zaposlenim in zmanjša možnosti napak.

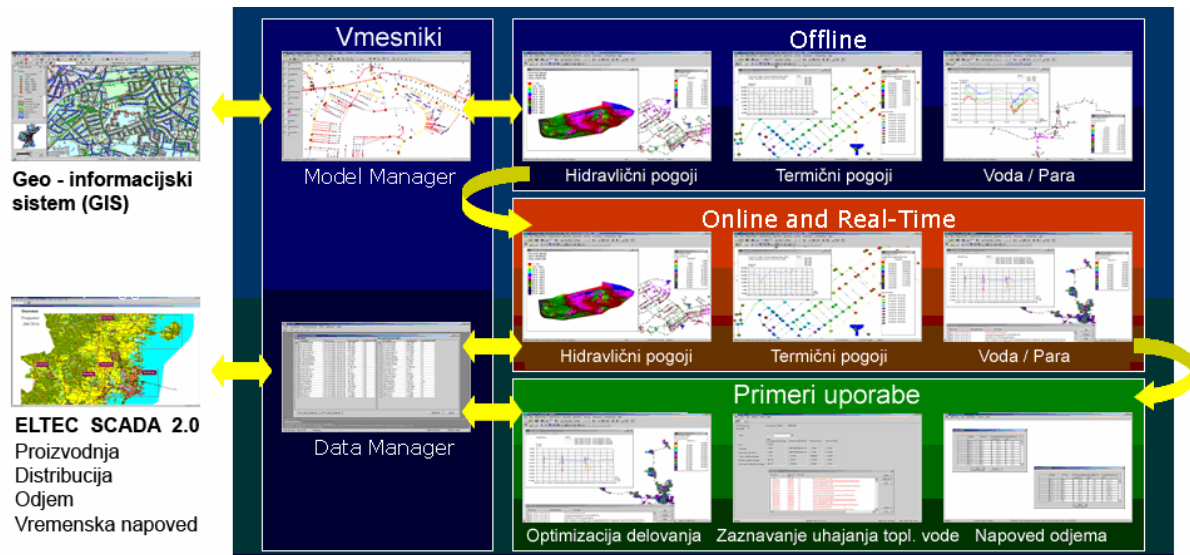
Moderen **SCADA** sistem omogoča možnost vodenja proizvodnih virov, distribucijske mreže in toplotnih postaj samostojno, oz. brez posadke. Ob kritični napaki v sistemu **SCADA** sistem pošlje alarm dežurnemu operaterju preko SMS sporočila ali po elektronski pošti. Dežurni operater se lahko na tako sporočilo odzove daljinsko iz centralnega nadzornega centra ali iz poljubne lokacije s priključitvijo na **SCADA** sistem preko spletnega (WWW) vmesnika.

Spletni vmesnik je lahko tudi del dodatne ponudbe za odjemalca. Preko njega lahko spremljajo merjene veličine ter nastavljajo določene parametre, kot so urniki in zelene temperature. Možnosti tovrstnega dostopa določa distributer, ki določi katere funkcije naj bodo odjemalcem na voljo.

5. EKONOMIČNO VODENJE KOMPLEKSNIH SISTEMOV DALJINSKEGA OGREVANJA

Ekonomično vodenje kompleksnih sistemov **daljinskega ogrevanja** zajema racionalizacijo delovanja vseh komponent, ki so udeležene v procesu proizvodnje in distribucije toplote. Osnova ekonomičnega vodenja je natančno poznavanje proizvodnih in distribucijskih kapacitet ter prihodnjih odjemov toplote iz energetskega sistema. Cilj vodenja je kakovostno zadovoljevanje potreb odjemalcev pri čim nižjih stroških proizvodnje in distribucije toplote.

ELTEC **TERMIS** je napredno in izpopolnjeno orodje [4,5], ki omogoča izvedbo hidravličnih in termičnih analiz v statičnem (offline) in dinamičnem (online & real-time) načinu delovanja (slika 3).



Slika 3: Prikaz uporabe sistema ELTEC **TERMIS**

Za potrebe ekonomičnega vodenja proizvodnje in distribucije toplote potrebujemo dobro organiziran podatkovni tok. Osnova za doseganje kakovostnih rezultatov je urejen GIS sistem. Za izmenjavo vseh potrebnih podatkov skrbita dva vmesnika.

Model Manager skrbi za izmenjavo podatkov in modelov med službama za vzdrževanje GIS sistema in obračun ter službo za načrtovanje. Služba za načrtovanje pri svojem delu uporablja statične hidravlične in termične modele.

Data Manager skrbi za izmenjavo procesnih podatkov o stanju proizvodnje, distribucije toplote in vremenskih napovedi s službama za operativno vodenje proizvodnje in distribucije toplote. Službi pri svojem delu uporabljata orodja, ki jim omogočajo dinamičen izračun (On-Line in Real Time) krmilnih parametrov, s katerimi se doseže stroškovni minimum ob zagotavljanju ustrezne kvalitete dobave toplote.

Racionalizacijo obratovanja sistema **daljinskega ogrevanja** lahko razdelimo v tri dele:

- ekonomično vodenje proizvodnih virov,
- ekonomično vodenje črpališč,
- zmanjševanje toplotnih izgub v dovodu,
- zmanjševanje toplotnih izgub v povratku toplovodne mreže,

Modul za ekonomično vodenje proizvodnih virov omogoča na osnovi napovedi rabe energije izračun časovnega zaporedja vključevanja različnih proizvodnih virov in možnosti akumulacije toplote v akumulatorjih ali toplovodni mreži s ciljem minimalnih stroškov proizvodnje toplote, hladu in elektrike.

Modul za ekonomično vodenje črpališč na podlagi on-line podatkov o stanju toplovodne mreže izračunava optimalne nastavitve črpalk. S statično hidravlično analizo se določijo kritične točke v toplovodni mreži, iz katerih se preko **SCADA** sistema podatki posredujejo v center vodenja. Predprocesiranje podatkov se izvede v modulu Data Manager, kjer se izvede substitucija vseh napačnih ali manjkajočih podatkov. Iz Data Managerja se podatki prenesejo v modul za ekonomično vodenje črpališč. V njem se upoštevajo robni pogoji (tlak, diferenčni tlak, pretok, temperature, ...) v povezavi s stroški elektrike. Modul vsakih 5 minut izračuna najcenejšo možnost obratovanja črpališč in posreduje izračunane nastavitvene točke v **SCADA** sistem, od koder poteka krmiljenje črpalk.

Toplotne izgube na dovodu toplovodne mreže lahko zmanjšamo z uvedbo modula za izbiro optimalne temperature v dovodu T_{dt} . Za izvedbo regulacije optimalne temperature v dovodu je ključnega pomena dobro poznavanje karakteristik odjema končnih odjemalcev v odvisnosti od različnih temperatur v dovodu. Potrebno je upoštevati čas, ki je potreben, da topla voda doseže končno odjemno mesto in bodoče vremenske razmere (temperatura, veter, ...), ki jih obravnavamo od nekaj ur do nekaj dni vnaprej. Alarmi in obvestila na kritičnih odjemnih mestih operaterja vnaprej opozorijo na to, da je trenutna temperatura v dovodu prenizka (pritožbe odjemalcev) oziroma previsoka (zvišanje povratne temperature). Za določitev optimalne temperature v dovodu se dejansko uporabljata dva nadzorna parametra: nadzor temperature v nekaj točkah in nadzor volumskega toka. Regulacija temperature v dovodu zagotavlja, da je temperatura v dovodu v toplovodno omrežje dovolj visoka, da zadosti potrebam vseh odjemnih mest. V praksi je potrebno obravnavati le omejeno število t.i. kritičnih odjemnih mest. Za regulacijo volumskega toka uporabljamo napovedani toplotni tok in poznavanje maksimalnega volumskega toka v toplovodni mreži. Nato izračunamo najnižji možni temperaturni profil ob zagotavljanju zadostne dobave toplote v sistem.

Toplotne izgube na povratku toplovodne mreže lahko zmanjšamo s stimuliranjem uporabnikov k doseganju čim nižjih temperatur na povratku sekundarnega dela odjemnih mest.

Sistem ELTEC **TERMIS** omogoča:

- načrtovanje in projektiranje cevnih mrež in proizvodnih virov (ocena investicij, izvedba študij izvedljivosti in primerjav različnih scenarijev, potrditev investicij),
- hidravlični in termični izračun mreže z možnostjo avtomatskega kalibriranja sistema,
- izračune in analize v primeru priključevanja novih odjemalcev ali proizvodnih virov,
- optimalno vodenje proizvodnih virov (možnosti akumulacije toplote v akumulatorjih ali cevnih mrežah),
- optimalno vodenje črpališča,
- optimalno vodenje temperature v dovodu,
- nižanje toplotnih izgub s pomočjo pulznega (on/off) delovanja,
- računanje toplotnih izgub v cevni mreži,
- vnos profila odjema odjemnega mesta (odjem v odvisnosti od časa),
- napoved odjema,
- odkrivanje in odpravljanje težav v toplovodni mreži,
- določitev lokacije tlačnih udarov,
- določitev lokacije con puščanja cevovoda.

6. ZAKLJUČEK

Uvedba moderne regulacijske tehnike v sisteme **daljinskega ogrevanja** ne sme biti sama sebi namen, potrebna je zato, da omogoči ekonomično vodenje sistemov **daljinskega ogrevanja**.

Tesno sodelovanje ponudnika tovrstne tehnike z distributerji toplote je omogočilo razvoj izdelkov (elektronski **regulator** ELTEC TP-03, ELTEC **SCADA** in ELTEC **TERMIS**), ki skupaj s spremljajočimi storitvami izpolnjujejo zahteve upravljavcev, lastnikov sistemov in odjemalcev.

REFERENCE

- [1] Torkar J., Pospiš Perpar B., Goričanec D., Kropce J.: Ekonomično vodenje sistemov **daljinskega ogrevanja**, Zbornik radova-36. kongres o klimatizaciji, grejanju i hlađenju (KGH), Beograd, december 2005, p. 395-406
- [2] Torkar J., Poredoš A., Grabec I. (2005): Ekonomično vodenje kompleksnih sistemov **daljinskega ogrevanja**, 1. seminar podiplomskega študija, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, p. 1-39
- [3] Christensen Per T.: **SCADA** - the central nervous system of district heating, News from DBDH 4/2005, Skovlunde, Denmark, p. 4-7
- [4] Gedman Beng K.: Automatic Model Calibration and Leakage Location using TSEAS, Article, 7 Technologies, Denmark, November 2002, p. 1-23
- [5] 7 Technologies, www.7t.dk