

PROCESU VIZUALIZĀCIJAS SISTĒMU ANALĪZE UN PIELIETOŠANAS IESPĒJAS PROCESS VISUALIZATION SYSTEM ANALYSIS AND APPLICATION OPPORTUNITIES

Autori: **Gunta Dukšta**, e-pasts: margut@inbox.lv, **Alla Gaigule**,
e-pasts: gaiigule68@gmail.com, **Vladislavs Šindlers**, e-pasts: vlad.schindler@gmail.com
Zinātniskā darba vadītājs: **Pēteris Grabusts, Dr.sc.ing., prof.**, e-pasts: peteris.grabusts@rta.lv
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne

Abstract. *More and more often personal computers (PC) and their networks are integrated in the automation systems. Usually a task of PC in the automation systems is to ensure automated control of processes, their registration and visualization. Internationally such systems are called SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). The most common principle of process tasks distribution among PLC and PC is as follows – PLC controls and regulates the process, whereas PC registers and performs functions of extended process operator panel. The paper deals with the research and analysis of the process visualization system SCADA and its application in JSC Rēzeknes siltumtīkli to improve the performance quality.*

Keywords: *economic indicators cogeneration; statistics; visualization systems SCADA.*

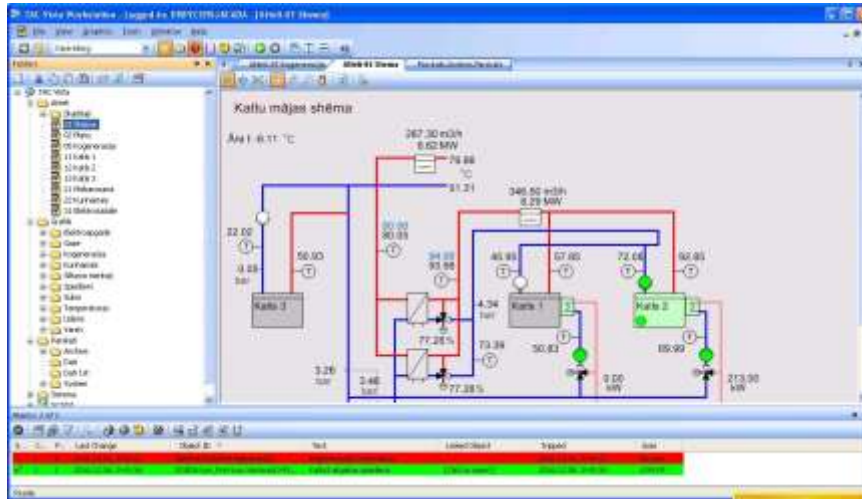
Ievads

Darba mērķis – vizualizācijas informācijas sistēmu apskats un to darbības funkcionalitātes analīze un pielietošanas iespējas.

Darbā tika izpildīti sekojoši uzdevumi:

1. Izpētītas procesa vizualizācijas sistēmas „SCADA” iespējas;
2. Analizēta „TAC Vista 5” – programmatūras izmantošanā AS “Rēzeknes Siltumtīkli” darbības kvalitātes uzlabošanā.

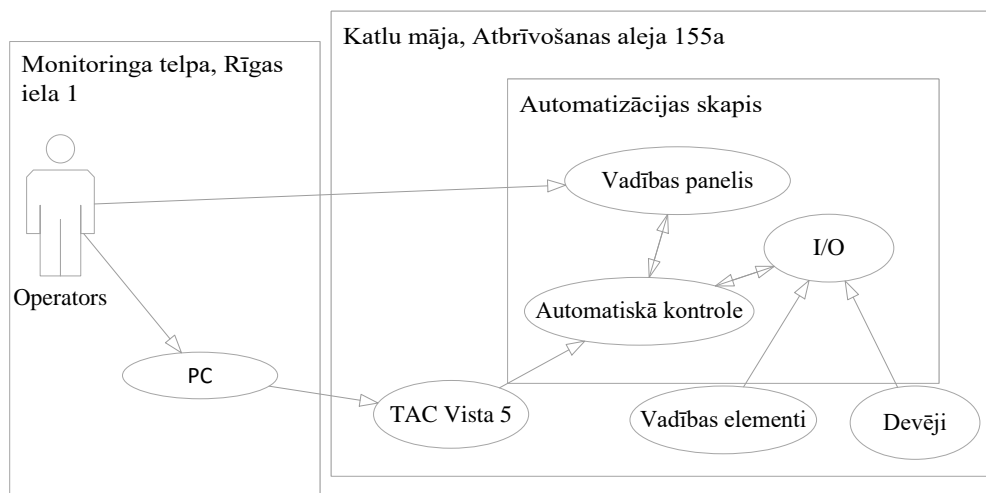
SCADA, tā ir tehnoloģiskā procesa vizualizācijas sistēma. Šo programmu paketes piedāvā gandrīz visas izplatītākās PLC ražotāju firmas (Siemens — WinCC, General Electric Fanuc—Cimplicity, u.c.). Dažas firmas specializējas tikai SCADA programmās (piemēram, Citect, Wonderware), bet jebkura SCADA sistēma gatava rast iespēju nodrošināt komunikāciju ar dažāda veida apmaiņas protokolu palīdzību. Galvenās SCADA funkcijas nodrošināt praktiski gandrīz visu firmu programmas: datu uzskaiti (SQL un citos formātos) un to eksportēšanu citām uzņēmumu struktūrām. SCADA nodrošina nepārtrauktu informācijas nolasīšanu no PLC un citām iekārtām, lai pastāvētu iespēja veikt analīzi saskaņā ar ieprogrammētajām formulām un loģiskajām sakarībām, kā arī nodrošināt to uzskatāma prezentācijas grafiskā un tabulārā formā. Dati tiek uzkrāti, t.i., arhivēti, kā rezultātā procesa norisi var apskatīt par jebkuru sistēmas darbības laika periodu. SCADA savāc visu informāciju par procesu un nodrošina tās uzskatāmu vizualizāciju, lai operators varētu sekot līdzi procesa norisei [1]. Galvenais ir izstrādāt - programmēt procesa vizualizācijas shēmu, kuras vizuālais variants cilvēka apziņai labi asociētos ar reālo procesu. Šai nolūkā ir iespēja veidot iekārtu vizuālos attēlus, kur mainās iekārtu krāsas vai citas pazīmes atkarībā no to stāvokļa (iekārtas var būt ieslēgtas, izslēgtas, rokas režīmā, automātiskajā režīmā, operācijas veikšanas gatavības režīmā, avārijas vai brīdinājuma situācijā, u.c.). Procesu vizualizācijas shēmā bieži ir svarīgi redzēt gaidāmo procesa virzības cenu, trauksmes un notikumu monitoringu. SCADA sistēmai konstatē, attēlo un saglabā trauksmes un citi svarīgi procesu notikumus. Darbā tika pētīta AS „Rēzeknes siltumtīkli” vizualizācijas sistēma SCADA, kas redzama 1. attēlā.



1.att. Vizualizācijas sistēma SCADA

Darba objekts un tā analīze

Darbā tika pētītā SCADA sistēma un tas funkcionālais pielietojums AS „Rēzeknes siltumtīkli” koģenerācijas datu uzskaitē un analizē. Darbā tika raksturota un analizēta AS „Rēzeknes siltumtīkli” SCADA sistēma „TAC Vista 5”, kas atrodas pilsētas ziemeļu rajonā. 2. attēlā redzamā pilsētas ziemeļu rajona informācijas sistēmas shēma.



2.att. Pilsētas ziemeļu rajona IS shēma

Pilsētas ziemeļu rajona katlu mājā atrodas automatizācijas skapis, kurā izvietoti katlu mājas vadības elementi. Automatizācijas skapī izvietotie elementi nodrošina katlu mājas darbību. No vadības elementiem (piemēram, siltummaiņu un degļu vadības sistēmas), kā arī no dažādiem devējiem (piemēram, temperatūras, spiediena, ūdens plūsmas) dati nonāk uz ieejas un izejas punktiem, kuri atrodas automatizācijas skapī. Tiek izmantoti pieci ieejas un izejas punkti. No ieejas un izejas punktiem dati nonāk uz automātiskās kontroles sistēmu, kura datus apstrādā reālajā režīmā. Datu apmaiņa starp automātiskās kontroles sistēmu un ieejas un izejas punktiem notiek nepārtraukti. Starp automātiskās kontrole sistēmu un vadības paneli nepārtraukti tiek nodrošināta datu apmaiņa. Vadības panelis pielietojams datu apskatīšanai reālā laikā, kā arī automatizācijas vadīšanai.

Ja sistēma darbojas normālā darba režīmā, nav konstatēti mehāniski bojājumi un visi IS elementi darbojas korekti, tad ražošana un siltuma padeve tiek realizēta automātiskā režīmā,

līdz ar ko nav nepieciešama cilvēka iejaukšanās. Normālā darba režīmā tehniskais personāls veic tikai kontroli:

- ✓ Katru stundu spiediena un temperatūras kontrole, atbilstoši ārējās temperatūras grafikam;
- ✓ Reizi dienā jāpārbauda ūdens cietība;
- ✓ Katru stundu vizuālā kontrole mehānisko bojājumu noteikšanai.

Ja sistēmai ir kādi trūkumi, vai sistēma kādu iemeslu dēļ nevar nodrošināt korektu darbību, vecākais mašīnists var pārvest nepieciešamos elementus rokas režīma vadībā un uzdot nepieciešamos parametrus, vai tieši konkrētu iekārtu pārvest nepieciešamajā pozīcijā.

AS „Rēzeknes siltumtīkli” katlu mājas automatizācijas sistēma un tās atsevišķi elementi izmanto elektrību datu pārraidei un sistēmas darbībai, līdz ar ko visaugstāko risku veido elektroenerģijas sprieguma kritums. Tās novēršanai visiem vadības un datu apmaiņas elementiem uzstādītas bez pārtraukuma barošanas ierīces (UPS). Gadījumā, ja daži elementi nedarbosies vai pazudīs datu pārraide, sistēma sakonfigurēta tā, lai atpazīt to. Operators ir informācijas sistēmas lietotājs ar atbilstošu pieeju. Operators, kas atrodas monitoringa telpā pieslēdzies stacionārām datoram (PC), kurā ir visa objekta vizualizācija un datu bāze.

Rezultāti un to izvērtējums

„TAC Vista 5” programmatūra nodrošina objekta vizualizāciju, ka arī atspoguļo visus datus. Katru dienu no rīta „TAC Vista 5” automātiski nolasa diennakts rādītājus, kuri nepieciešami katlu mājas darbības uzskaitē un analīzei. Automātiskā rādītāju nolasīšana katru stundu ļauj izsekot un novērst radušās problēmas, kā arī veikt to detalizētu apskati. Darbā tika pētīta un analizēta „TAC Vista 5” programmatūra, un tās pielietošana AS „Rēzeknes siltumtīkli” koģenerācijas datu uzskaitē.

Koģenerācija - vienlaicīga elektroenerģijas un siltumenerģijas izstrāde vienā un tajā pašā tehnoloģiskajā iekārtā un ciklā, kā kurināmo izmantojot dabasgāzi, cietos kurināmos, šķidros kurināmos, biogāzi un kurināmo koksnī [2]. Koģenerācija veicina centralizētās siltumapgādes sistēmas attīstību, nodrošina elektrības ražošanu elektrisko slodžu centros, samazinot elektropārvades zudumus un investīcijas pārvades infrastruktūrā, samazina „bāzes” elektrisko jaudu deficītu un palielina valsts iekšzemē ražotās elektroenerģijas īpatsvaru, ļauj dažādot elektrības ražošanas avotus un dod iespēju izmantot vietējos atjaunojamos energoresursus, kā arī ļauj uzlabot elektroapgādes drošumu, palīdzot nodrošināt elektroapgādi avāriju gadījumos [3].

Koģenerācijas priekšrocības:

- ✓ Efektīvāka kurināmā enerģijas izmantošana;
- ✓ Izmešu daudzuma samazinājums;
- ✓ Ievērojams enerģijas ražošanas izmaksu samazinājums, tādējādi paaugstinot rūpniecisko un komerciālo patērētāju konkurētspēju;
- ✓ Lētākas enerģijas piedāvājums patērētājiem, tai skaitā iedzīvotājiem;
- ✓ Elektroenerģijas un siltumenerģijas decentralizētas ražošanas iespējas, tādējādi samazinot pārvades zudumus maģistrālajos un pārvades tīklos, kā arī palielinot sistēmas manevrējamību, kas it sevišķi izpaužas dabasgāzes izmantošanas gadījumā;
- ✓ Importētā kurināmā daudzuma samazināšanās kurināmā efektīvākas izmantošanas dēļ [4].

Analizējot kopējo situāciju Valstī, tika konstatēts, ka 2015. gadā koģenerācijas stacijās saražotas 3 526,8 gigavatstundas (GWh) elektroenerģijas, kas ir par 17 % vairāk nekā 2014. gadā un kas veido 63 % no kopējā Latvijā saražotā elektroenerģijas daudzuma, liecina jaunākie Centrālās statistikas pārvaldes (CSP) dati. Pērn koģenerācijas stacijās saražotas 5 540,4 GWh siltumenerģijas – 72 % no kopējā saražotā siltumenerģijas daudzuma.

2015. gadā Latvijā darbojās 183 koģenerācijas stacijas – par 8 koģenerācijas stacijām vairāk nekā 2014. gadā. Koģenerācijas staciju kopējā uzstādītā elektriskā jauda 2015. gadā bija 1 275,1 megavati (MW), kas kopš 2007. gada ir divkāršojusies un salīdzinājumā ar 2014. gadu ir pieaugusi par 9,8 MW. 1.tabulā redzami koģenerācijas darbību raksturojošie radītāji 2015.gadā [5].

1.tabula

Koģenerācijas darbību raksturojošie radītāji 2015.gadā

Koģenerācijas staciju uzstādītā elektriskā jauda	Koģenerācijas staciju skaits	Kopējā uzstādītā elektriskā jauda, MW	Saražotā elektroenerģija, GWh	Saražotā siltumenerģija, GWh
PAVISAM	183	1275.1	3526.8	5540.4
līdz 0,2 MW	21	3.1	18.4	38.6
no 0,2 līdz 0,5 MW	37	14.2	81.4	134.7
no 0,5 līdz 1 MW	62	50.3	332.2	634.5
no 1 līdz 5 MW	56	130.0	800.1	1695.5
no 5 līdz 20 MW	3	27.7	105.6	186.1
virs 20 MW	4	1049.8	2189.1	2851.0

Latvijā darbojas četras koģenerācijas stacijas ar uzstādīto elektrisko jaudu lielāku par 20 MW, kas veido 82 % no kopējās koģenerācijas staciju uzstādītās elektriskās jaudas. Tās saražoja 62 % no kopējā koģenerācijas stacijās saražotā elektroenerģijas daudzuma. Trīs no tām darbojās Rīgā, viena – Zemgales reģionā.

Vislielākā uzstādītā elektriskā jauda 2015. gadā bija koģenerācijas stacijām Rīgā – 1 060,0 MW jeb 83 % no kopējās koģenerācijas staciju uzstādītās elektriskās jaudas. Otra lielākā uzstādītā jauda (60,6 MW) bija Zemgales reģionā, kas ir par 2 % vairāk nekā 2014. gadā. Vismazākā uzstādītā elektriskā jauda (27,6 MW) 2015. gadā bija Vidzemes reģionā, kas salīdzinājumā ar 2014. gadu samazinājusies par 3 %.

Vidzemes un Zemgales reģionā ir vislielākais koģenerācijas staciju īpatsvars, kurās izmanto atjaunojamus energoresursus (AER). Piemēram, 2015. gadā Vidzemē AER koģenerācijas staciju uzstādītā elektriskā jauda bija 23,2 MW jeb 79 % no kopējās uzstādītās elektriskās jaudas šajā reģionā. 3. attēlā redzama koģenerācijas staciju elektriskā jauda un kurināmais Latvijas reģionos 2015. gadā [6] [7].



3.att. Koģenerācijas staciju elektriskā jauda un kurināmais Latvijas reģionos 2015. gadā

Ražošanā ļoti svarīgi analizēt datus. Ar „TAC Vista 5” palīdzību datus var atspoguļot grafiski. Tas ļauj novērot tendences, analizēt sistēmas reakciju uz dažāda veida avārijām. Grafikus var apskatīt pa stundām, dienām, nedēļām, mēnešiem un gadiem. Temperatūras, spiediena un citi dati tiek atspoguļoti atsevišķos grafikos, kas savukārt atvieglo operatoriem darbu pētot un analizējot nepieciešamos datus.

Katlu mājas darbības procesa vizualizācija notiek ar „TAC Vista 5” programmatūras palīdzību, kurā tiek atspoguļoti dažādi vadības elementi. Akciju sabiedrība „Rēzeknes siltumtīkli” ieviešot sava darbā „TAC Vista 5” programmatūru, uzlaboja funkcionalitāti koģenerācijas datu uzskaitē un analizē. Koģenerācijas datu plūsmas nepārtraukta uzskaitē, kā arī vērojamas izmaiņas tajās, ļauj detalizētāks veikt analīzi un pieņemt vadībai pareizus lēmumus.

Rēzeknes pilsētas ar siltumenerģijas ražošanu un piegādi, apgādi ar tvaiku un karsto ūdeni nodarbojas AS „Rēzeknes siltumtīkli”. No 2013. gada sabiedrība veic elektroenerģijas ražošanu koģenerācijas procesā. Akciju sabiedrība „Rēzeknes siltumtīkli” Rēzeknes pilsētas administratīvajā teritorijā veic siltumenerģijas ražošanu, pamatojoties uz Latgales pašvaldību daudznozaru sabiedrisko pakalpojumu regulatora 2008. gada 12. decembra licenci Nr. S1011-08 un elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošanu koģenerācijā, pamatojoties uz Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijas 2010. gada 30. oktobra licenci Nr. E12144.AS „Rēzeknes Siltumtīkli” 2015. gadā saražoja 142 419 MWh siltumenerģijas par kopējo summu EUR 5 568 119 bez PVN, no kuriem 141 173 MWh pārdoti SIA „Rēzeknes enerģija” [8].

Sabiedrība 2015. gadā saražoja 41 424.457 MWh elektroenerģijas. Obligātā iepirkuma ietvaros sabiedrība 2015. gadā saražoja un pārdeva AS “Enerģijas publiskais tirgotājs” elektroenerģiju 40 325.248 MWh apmērā par kopējo summu EUR 4 464 060 bez PVN, turklāt parastā iepirkuma ietvaros sabiedrība saražoja 760.3028 MWh par kopējo summu EUR 26 914 bez PVN. Sabiedrības apgrozījums 2015. gadā sastādīja 10 059 093 EUR, no tiem apgrozījums no siltumenerģijas ražošanas sastāda 5568119 EUR, savukārt no elektroenerģijas ražošanas – 4 490 974 EUR. Sabiedrības peļņa sastādīja 552 726 EUR. Peļņa gūta, veicot saimniecisko darbību. Izanalizējot uzņēmuma bilanci, var secināt, ka no kopējā apgrozījuma ienākumi no siltuma piegādes pieaug, no elektrības samazinās. 2. tabulā redzams Neto apgrozījums % no siltumenerģijas un elektrības realizācijas.

2.tabula

Neto apgrozījums % no siltumenerģijas un elektrības realizācijas

	2012	2013	2014	2015	2016
% no siltumenerģijas	100	79,48	63,16	55,35	60,46
% no elektrības		20,52	36,84	44,65	39,54

Uzņēmums izmanto divas koģenerācijas stacijas. Viena stacija atrodas Rīgas ielā/ N. Rancāna ielā 5, kura sastāv no divām koģenerācijas iekārtām ar kopējo elektrisko jaudu 3,9 MW. Šī koģenerācijas stacija nodota ekspluatācijā 17.04.2013. Otra koģenerācijas stacija atrodas Atrbrīvošanas alejā 155A. Šī koģenerācijas stacija ietver vienu koģenerācijas iekārtu ar kopējo elektrisko jaudu 1,672 MW, kas nodota ekspluatācijā 16.09.2014. Pilsētas dienvidu rajonā nav uzstādīta koģenerācijas stacija. Visa koģenerācijas stacijās saražotā elektroenerģija tiek pārdota AS "Enerģijas publiskais tirgotājs", pamatojoties uz Ekonomikas ministrijas 29.10.2010. lēmumu Nr.1-6.1-590."Par tiesību piešķiršanu pārdot koģenerācijas procesā saražoto elektroenerģiju obligātā iepirkuma ietvaros", piemērojot nosacījumus un cenu atbilstoši MK 10.03.2009. noteikumiem Nr. 221. Ja salīdzināt tarifus par siltumu ir vērojama pozitīva tendence - iedzīvotājiem-samazināts tarifs par siltumu tajā rajonā, kur ir uzstādīta

koģenerācijas stacija. 3. tabulā redzams ražošanas tarifu sadalījums pēc katlu mājas izvietojuma.

3.tabula

Ražošanas tarifu sadalījums pēc katlu mājas izvietojuma

Nr. p.k.	DG tirdzn. cena līdz EUR/tūkst.nm ³	Tarifs gāzei no 20000 līdz 100000, t.m ³ (7.grupa)	Iepriekšējais ražošanas tarifs KM Rīgas 1/ N.Rancāna 5, EUR/MWh	Spēkā esošais raž.tarifs koģ. Rīgas 1/N. Rancāna 5, EUR/MWh	Iepriekšējais ražošanas tarifs KM Atbr.al.155 A un Meža 1/2, EUR/MWh	Spēkā esošais raž.tarifs katlu māja Meža 1/2, EUR/MWh	Spēkā esošais raž.tarifs koģ. Atbr.al.155A, EUR/MWh
1	128,06	177,65	37,27	29,37	35,52	36,01	35,98
2	135,17	184,76	38,15	29,76	35,33	36,81	36,32
3	142,29	191,87	39,02	30,15	36,13	37,6	36,67
4	149,40	198,99	39,88	30,54	36,94	38,4	37,02
5	156,52	206,10	40,77	30,93	37,75	39,2	37,36
6	163,63	213,22	41,65	31,32	38,55	39,99	37,71
7	170,74	220,33	42,52	31,71	39,36	40,79	38,06
8	177,86	227,45	43,40	32,10	40,16	41,59	38,41
9	184,97	234,56	44,27	32,50	40,96	42,39	38,76
10	192,09	241,67	45,15	32,90	41,78	43,18	39,11
vid.ražošanas tarifs			52,03	36,02	48,24	49,56	43,82
vid. ražošanas tarifa samazinājums /pieaugums %				-30,77%		+2,74%	-9,16%

Spēka esošais ražošanas tarifs Rīgas 1/N. Rancāna 5 ielās, pēc koģenerācijas ieviešanas samazinājās par 30.77 %, Atbrīvošanas alejā samazinājās par 9,16 %, savukārt Meža ielā, kur nav koģenerācijas iekārtas, tarifs palielinājās par 2,74 %.

Secinājumi

Uzstādot koģenerāciju ir vērojams ieguvums gan uzņēmumam, gan iedzīvotājiem. Koģenerācija ļauj nozīmīgi ietaupīt kurināmo, salīdzinājumā ar dalītu siltuma un elektroenerģijas ražošanu, kas savukārt:

- samazina enerģijas izmaksas, ceļ nacionālās ekonomikas konkurētspēju un iedzīvotāju dzīves līmeni, mazina inflāciju;
- samazina siltuma un elektrības ražošanas ietekmi uz vidi, salīdzinājumā ar dalītu šo enerģijas veidu ražošanas procesu;
- samazina atkarību no kurināmā importa, salīdzinājumā ar dalītu siltuma un elektroenerģijas ražošanas procesu.

Koģenerācijas ciklā iegūto elektroenerģiju iespējams izmantot:

- pašas koģenerācijas stacijas vajadzībām – tās ražošanas procesa nodrošināšanai;
- pārpalikumu pārdodot licencētam elektroenerģijas pārvades vai sadales uzņēmumam.

Veicot „TAC Vista 5” analīzi, tika konstatēta programmatūras nepilnība, kura apgrūtina operatora darbību. Katlu mājas shēma un koģenerācija tika izveidoti kā dažādi elementi izvēlņu joslā, jo koģenerācija katlu mājas darbībā tika ieviesta vēlāk, līdz ar to, kopējā katlu mājas shēmā netika ieviesta. Ja operators vēlējās apskatīt katlu mājas kopējo shēmu, viņam bija jāizmanto izvēlnes elements – shēma. Ieviešot koģenerāciju katlu mājas darbībā, tā tika atspoguļota

izvēlnes elementā - koģenerācija. Ja operators vēlējas apskatīt katlu mājas koģenerāciju, viņam bija jāizmanto izvēlnes elements – koģenerācija.

Apvienojot katlu māju un koģenerāciju vienā kopēja shēmā, tiktu atvieglota operatora darbība. Operators varētu vienlaicīgi redzēt katlu mājas darbību un koģenerāciju, tas savukārt sekmētu laicīgu reaģēšanu uz konstatētām problēmām.

Pateicība

Darba autori vēlas izteikt pateicību AS „Rēzeknes siltumtīkli” vadībai par atbalstu, velītoto laiku un sniegto informāciju.

Summary

The paper deals with the analysis of process visualization systems SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), as more and more often personal computers (PC) are integrated in automatization systems. SCADA is a technological process visualization system, collecting all the information about a process and ensures its visualization, so that an operator to be able to follow the procedure of the process, where it is important to see the expected path of the process, alert and monitoring of events. SCADA systems allow to create a database (in SQL and other formats) and to export it to other structures of companies.

The main goal of the paper – an account of the information visualization system SCADA and analysis of its operational functionality, and application opportunities in JSC Rēzeknes siltumtīkli. The said company generates and supplies heat as well as supplies inhabitants and companies of Rēzekne with steam and hot water. System SCADA controls pressure and external temperature every hour, once a day it checks water hardness, every hour it performs visual control to establish any mechanical damage. If the system operates in a normal mode, there is no mechanical damage established and all the IS elements operate correctly, the generation and heat supply is automatic, consequently, no human involvement is needed. However, in case there is a problem, the system SCADA helps to identify the occurred problem and react on time. One can follow the operation of cogeneration stations using SCADA system. The company has two cogeneration stations and 1 boiler room. In 2015, the company generated 41, 424.457 MWh of electrical energy.

In Latvia, there were 183 cogeneration stations in 2015, which is per 8 cogeneration stations more than in 2014. In 2015, the total electrical power of cogeneration stations was 1,275.1 megawatts (MW), which since 2007 has doubled and in comparison to 2014 has increased per 9.8 MW.

Cogeneration is a technological process where simultaneously both the heat and electrical energy is generated. Cogeneration facilitates the development of heat supply, ensures electricity production in electric load centres, reducing the losses of electric power transmission and investments in transmission infrastructure, reduces deficiency of “basic” electrical powers and increases the proportion of the generated domestic electrical energy, allows differentiating the electricity generation sources and provides an opportunity of using the local renewable energy resources as well as allows improving power supply safety, helping to ensure power supply in emergency cases.

The company has an opportunity to enlarge its business, as the electric energy obtained in the cogeneration cycle may be used both for the needs of the station itself – in order to ensure its production process, and to sell the excess to a licenced electric energy transmission or distribution company.

Analysing the operation of JSC Rēzeknes siltumtīkli the author established that due to the installed cogeneration equipment the heat rates have been reduced per 30.77 %.

Literatūra

1. Moskvins, G. (2008). *Automatizācija: Mācību līdzeklis*. Jelgava: LLU, lpp. 50

2. <http://www.csb.gov.lv/statistikas-temas/metodologija/katlumaju-un-kogeneracijas-staciju-darbiba-37151.html>
3. http://www.rea.riga.lv/files/Energoefektivitates_paaugstinanas_iespejas_siltumapgades_uznemumos.pdf
4. <http://www.greener-energy.lv/timber-2/informativa-dala/kas-ir-kogeneracija/>
5. <http://www.csb.gov.lv/statistikas-temas/metodologija/katlumaju-un-kogeneracijas-staciju-darbiba-37151.html>
6. http://data.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__ikgad__energetika/?tablelist=true&rxid=9777f82b-9f68-475c-9a33-a05b0175b0b5
7. <http://www.csb.gov.lv/notikumi/palielinas-kogeneracijas-stacijas-sarazotais-elektroenerģijas-daudzums-44037.html>
8. <http://www.resil.lv/images/publicesana/rs/2015/gp/GP2015.pdf>