

ИНСТИТУТ ЗА ИНФОРМАЦИОНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

M82 Ново техничко решење примењено на националном нивоу

Унапређење технолошког процеса и енергетске
ефикасности система за хлађење индукционих
машина кроз интеграцију топлотних пумпи у
постојећи енергетски систем

Врста техничког решења

M82 –Ново техничко решење примењено на националном нивоу

Назив техничког решења

- Унапређење технолошког процеса и енергетске ефикасности система за хлађење индукционих машина кроз интеграцију топлотних пумпи у постојећи енергетски систем

Аутори техничког решења

- Др Дубравка Живковић, научни сарадник¹
- Др Владимир Вукашиновић, доцент²
- Др Давор Кончаловић, ванредни професор²
- Др Младен Јосијевић, доцент²

1 – Институт за информационе технологије, Универзитет у Крагујевцу

2 – Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Кључне речи

- Енергетска ефикасност, отпадна топлота, топлотне пумпе

Наручилац техничког решења

- *Компанија "Јим Тим" д.о.о, предузеће за производњу, прераду, промет и услуге и експорт-импорт, Карађорђева 6, Горњи Милановац*

Корисник техничког решења

- *Фабрика аутомобилских делова „Металац ФАД“, д.о.о., Кнеза Александра 210, Горњи Милановац*
- *Штампарија „Фелтон“ д.о.о., Стражиловска 17, Нови Сад*

Година када је техничко решење урађено

- 2019/2020.

Област технике на коју се техничко решење односи

- Машинство, Енергетска ефикасност

Начин коришћења техничког решења

- Коришћењем портабл мерно-аквизиционих уређаја прикупљени су подаци који су потом анализирани кроз приступ предложен овим техничким решењем, како би се проценила могућност коришћења отпадне топлоте са индукционих машина кроз интеграцију топлотних пумпи у постојећи енергетски систем.

Начин верификације резултата

- Резултати су верификовани у два компанијама, у којима су на основу прелиминарних резултата добијених коришћењем техничког решења, развијени и изведени пројекти повећања енергетске ефикасности и унапређења технолошких процеса који су укључили интегрисање топлотне пумпе у постојећи енергетски систем и коришћење отпадне топлоте из производних процеса.
- Резултати су објављени и на међународној конференцији.

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Мала и средња предузећа (МСП) и велика индустријска постројења су два кључна фактора који доприносе индустријском расту и развоју привреде сваке земље [1]. Међутим, индустријски процеси, производња електричне и топлотне и расхладне енергије представљају значајан фактор утицај на животну средину и неопходно је континуирано развијати и унапређивати ове процесе како би се повећала њихова укупна ефикасност. У ЕУ28 се процењује да се 70% укупне потрошње енергије у индустријском сектору користи у термичким процесима (пећи, реактори, котлови и сушаре и сл.) и да се до трећине ове енергије изгуби [2]. Штавише, већински извор енергије у индустрији су фосилна горива. Све ове процесе карактеришу губици енергије који се као отпадна топлота расипају у околину, углавном расхладним торњевима и вентилаторима [3]. Могућности за примену, односно искоришћење отпадне топлоте, су разноврсне и зависе од врсте и карактеристика постројења као и од термодинамичких својстава саме отпадне топлоте.

Искоришћење отпадне топлоте је процес прикупљања топлоте из различитих процеса да би се касније директно користила, повећала јој се енергетска својства (повећањем температуре) и/или претварањем у електричну енергију или енергију за хлађење. Дакле, рекулерација отпадне топлоте може обезбедити додатну топлоту, хлађење или електричну енергију, али ова прилика је у исто време и велики изазов.

Три предуслова за коришћење отпадне топлоте су: (1) доступан извор отпадне топлоте, (2) примењива технологија и (3) могућности да се добијена енергија искористи/употреби [4].

Искоришћење отпадне топлоте подразумева финансијску уштеду, као и смањење емисија гасова стаклене баште, чиме се значајно смањује негативан утицај на животну средину [5]. Инсталирање додатне опреме за коришћење отпадне топлоте може утицати на техничка побољшања, али упркос многим позитивним ефектима, постоје практична и финансијска ограничења која се морају пажљиво анализирати [4]. У пословном контексту, индустријски сектор показује све веће интересовање за коришћење отпадне топлоте, јер на тај начин могу да смање потрошњу и трошкове, а са друге стране повећају конкурентност на тржишту.

2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења

Постоје многе познате технологије за искоришћење отпадне топлоте из издувних гасова, расхладних течности или паре, углавном у зависности од врсте топлотног медијума, количине расположиве топлоте и њеног температурног нивоа. Отпадна топлота се може искористити за производњу електричне енергије, као и за производњу расхладне енергије или грејање.

Производна индустрија треба да подржи одрживи развој смањењем потрошње енергије и побољшањем енергетске ефикасности, а недавно је препозната улога малих и средњих предузећа у енергетској транзицији на обновљиве и одрживе енергетске системе. Стога се пажња усмерава и на МСП, које премда могу успешно да комерцијализују нове технологије неопходне за енергетску транзицију, њихова примена у МСП је истовремено сложена и прилично изазовна [6].

Власницима малих предузећа често недостају потребни алати за анализу и доношење одлука, информације и финансијска средства да прилагоде постојећу праксу, па су аутори овог техничког решења имали за циљ да допринесу коришћењу нискотемпературне отпадне топлоте у малим и средњим предузећима.

Отпадна топлота се генерално дели на високотемпературну ($> 650^{\circ}\text{C}$), средњетемпературну ($230\text{--}650^{\circ}\text{C}$) и нискотемпературну отпадну топлоту ($< 230^{\circ}\text{C}$) [7].

Технике коришћења отпадне топлоте високе и средње температуре су добро развијене и анализиране; што је температура виша, то је већи квалитет отпадне топлоте и лакша је оптимизација процеса за коришћење отпадне топлоте [8]. Истраживачке активности у овој

области су интензивне, због бројних могућности експлоатације отпадне топлоте које су доступне [9]. У поређењу са нискотемпературном отпадном топлотом, високотемпературна отпадна топлота је приступачнија за коришћење. Због високог нивоа енергије, могла би се користити за производњу електричне енергије (и когенерацију) коришћењем релативно познатих и у пракси проверених технологија које обезбеђују високу ефикасност, као што су парна турбина (Ранкин-ов циклус) или органски Ранкин-ов циклус [10], отпадна топлота из димних гасова [11], индустријске високотемпературне топлотне пумпе [9], апсорпциони чилери [12], апсорпционе топлотне пумпе [13], итд.

Због ниске ексергије, нискотемпературну отпадну топлоту испод 200°C, а посебно испод 150°C, тешко је ефикасно искористити [14]. Примена нискотемпературне отпадне топлоте је ограничена њеним температурним нивоом, обично није погодна за генерисање електричне енергије, а одговарајући захтев корисника није увек доступан. То доводи до потешкоћа и изазова у ефикасном искоришћењу нискотемпературне отпадне топлоте.

Међутим, према налазима из [15] у индустријским секторима анализираним у САД, нискотемпературна отпадна топлота испод 230°C чини ~60% укупне отпадне топлоте. У Кини је однос отпадне топлоте испод 150°C у распону од 44% до 66% (у зависности од индустријског сектора), а у 28 земаља Европске уније једна трећина отпадне топлоте има температурни ниво испод 200°C. Стога, проналажење потенцијалне примене нискотемпературне отпадне топлоте може у великој мери смањити недостатак висококвалитетне енергије и ефикасно побољшати озбиљно загађење животне средине [16].

Искоришћење нискотемпературне отпадне топлоте је обично сложено, на њу утичу захтеви корисника, ограничен простор за постројења за рекулерацију топлоте, период поврата инвестиције, итд. Одлука да се инвестира у коришћење нискотемпературне отпадне топлоте представља изазов због многих препрека различите природе. Овде су наведене три најчешће баријере које спречавају ширу примену нискотемпературне отпадне топлоте:

- (1) Недостаје методологија за оптимизацију мреже за размену топлоте када је у питању конверзија топлоте у рад;
- (2) Дистрибуирано коришћење отпадне топлоте повећава потребе за простором за инсталације, почетном инвестицијом и трошковима рада;
- (3) Неусклађеност између извора отпадне топлоте и захтева корисника у погледу временског распореда (поклапања), простора и енергетске класе ограничавају коришћење отпадне топлоте [15].

Значајне уштеде се могу постићи када компаније одвоје време да анализирају своју потрошњу енергије, али за МСП управљање енергијом је још увек нерешено питање због увек актуелних пословних приоритета који се природни фокус МСП, недостатка одговарајућих методологија, недостатка специјалистичких знања као и финансијских ресурса. Познавање врсте и количине енергије која се користи у предузећу представља значајан први корак ка побољшању енергетске ефикасности [17].

Нискотемпературна отпадна топлота, као главни неискоришћени извор енергије, у индустрији и МСП може се искористити механичким топлотним пумпама, апсорпционим топлотним пумпама и апсорпционим чилерима, међутим, постоји тек неколико смерница о избору и интеграцији топлотних пумпи у индустријске процесе [18]. Према Ванг М., и други [18] треба успоставити разуман критеријум (предлог је да се термодинамичке и економске карактеристике разматрају истовремено) што може помоћи индустрији да изабере и интегрише топлотне пумпе у своје радне процесе.

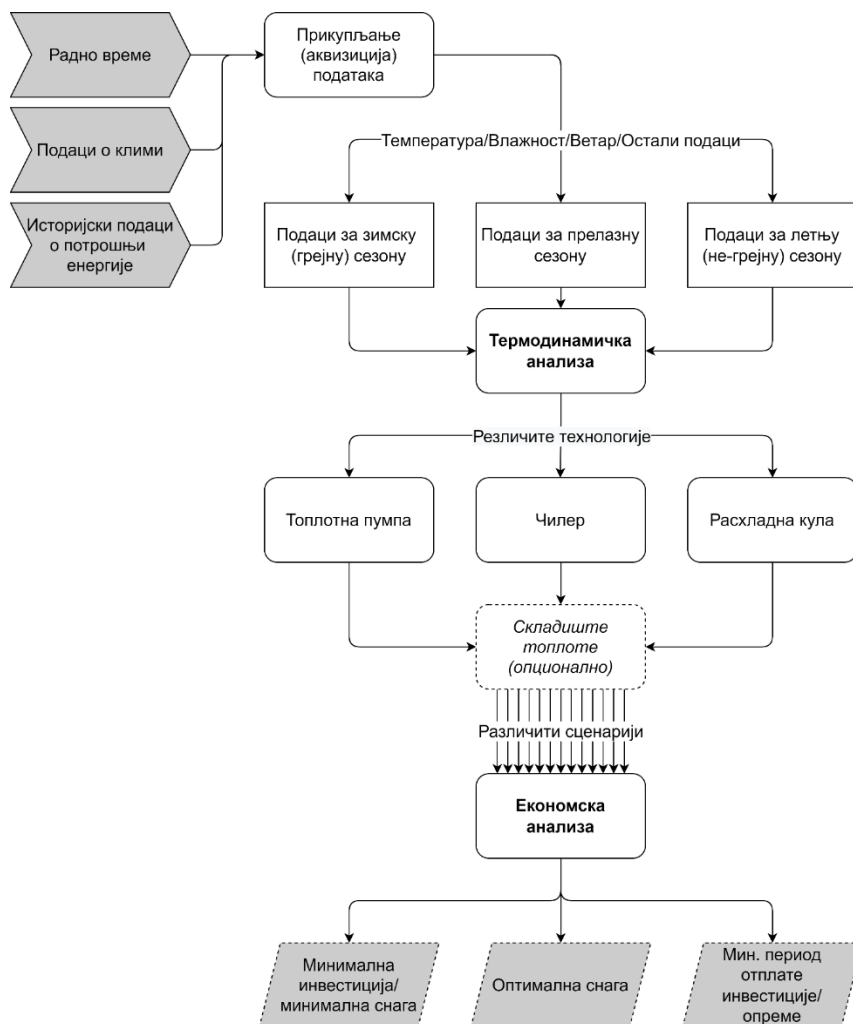
Интеграција индустријске нискотемпературне отпадне топлоте у систем снабдевања енергијом је од велике важности за одрживи развој и за прелазак са економије вођене привредним растом на економију утицаја. Међутим, мере се могу предузети само након детаљне, специфичне и од случаја до случаја изведене анализе и проучавања производних процеса.

Сврха овог техничког решења је искоришћење отпадне топлоте у циљу унапређења технолошког процеса и енергетске ефикасности система за хлађење индукционих машина. Техничко решење се ослања на могућност интеграције топлотних пумпи у постојећи енергетски систем. Интеграција топлотних пумпи и проналажење адекватног решења извршена је применом методологије која је развијена и прилагођена малим и средњим предузећима. Кроз методологију дефинисано је оптимално решење које омогућава кориснику да интегрише размену топлоте, конверзију енергије и складиштење топлоте.

Предложени метод се уз мање корекције може даље проширити и на друге индустријске процесе за коришћење нискотемпературне отпадне топлоте како би се унапредили технолошки процеси и повећала енергетска ефикасност постројења.

3. Суштина техничког решења

Суштина техничког решења је да се искористи нискотемпературна отпадна топлота како би се унапредио технолошки процес и повећала енергетска ефикасност. Такође циљ техничког решења је да се покаже да уградња топлотне пумпе као начин за искоришћење нискотемпературне отпадне топлоте доноси економску и еколошку добит.



Слика 1. Шематски приказ предложене методологије

Да би се унапређење технолошког процеса и енергетске ефикасности коришћењем топлотних пумпи у МСП отимизовало, развијена је следећа методологија (слика 1). Предложена је једноставна методологија која би могла да се користи у МСП за прелиминарну анализу исплативости, односа трошкова и користи (cost-benefit analysis) на основу прикупљених и измерених података. Циљ методологије да се боље повеже извор отпадне топлоте и временска скала потреба корисника коришћењем топлотне пумпе и складишта топлоте и на тај начин смање трошкови, а повећа конкурентност МСП на тржишту.

4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)

4.1. Опис техничког решења

Као што је већ речено да би се унапређење технолошког процеса и енергетске ефикасности коришћењем топлотних пумпи у МСП отимизовало, развијена је једноставна методологија. Приликом развоја методологије посебна пажња је обрађена на то да су будући корисници МСП и да методологија треба да буде лако примењива.

Предложена методологија би могла да се подели у три сегмента – термодинамичку, технолошку и економску анализу.

Термодинамичка анализа: Да би се направила оптимална веза између извора отпадне топлоте и захтева корисника потребно је обезбедити анализу извора отпадне топлоте (праћење снаге, радно време опреме која генерише отпадну топлоту) и временске захтеве корисника (анализа климатских података за регион и потребе корисника током зиме, лета и у прелазним сезонама за топлотном енергијом). Прикупљени подаци омогућавају анализу радних сати/распореда и избор репрезентативних дана/часова за израчунавање потребне снаге опреме за коришћење отпадне топлоте.

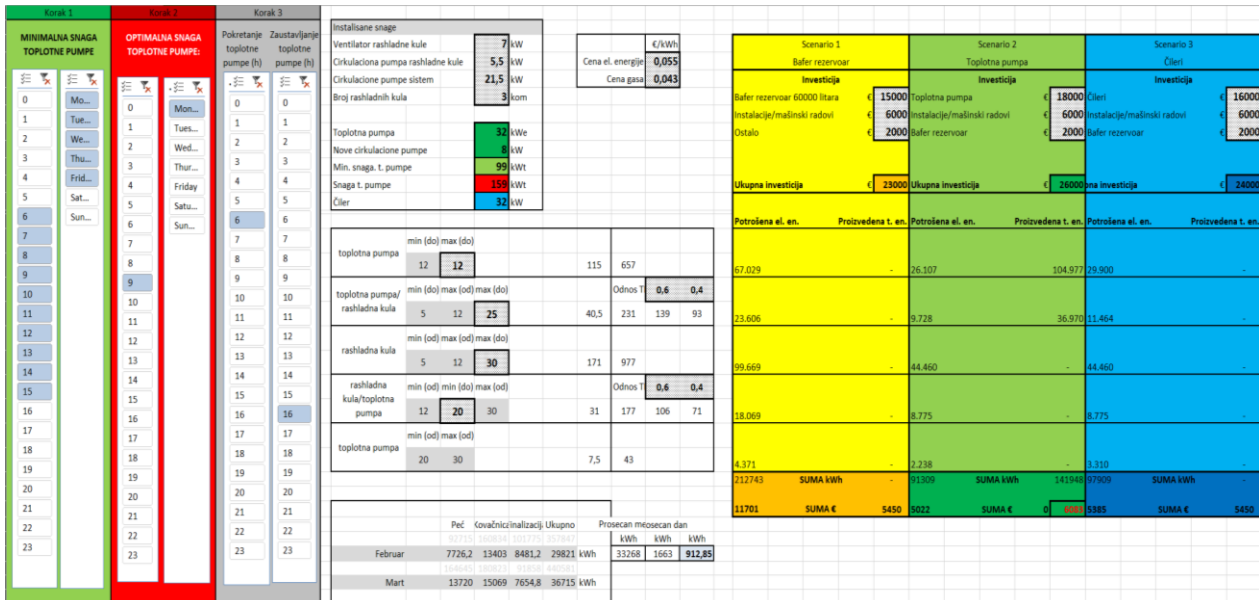
Технолошка анализа – процена технологије: За јасну технолошку процену доносиоцима одлука, поред топлотне пумпе, на избор су понуђене и различите технологије које су погодне за примену у систему хлађења (чилер и расхладни торњеви). За оптимизацију избора технологије у свим случајевима предлаже се примена топлотног резервоара као помоћне опреме.

Последњих деценија топлотне пумпе се све више примењују за побољшање енергетске ефикасности индустријских процеса коришћењем нискотемпературне отпадне топлоте [18] и стога се анализирају као главна потенцијална технологија. Иако су топлотне пумпе прилично позната и једноставна технологија, скоро сви пројекти који укључују коришћење отпадне топлоте су пројекти реконструкције. Овакви пројекти подразумевају накнадну уградњу топлотне пумпе где је простор често ограничен, а мрежа за прикупљање отпадне топлоте може бити превише сложена, што би продужило период поврата инвестиције, па ови фактори захтевају додатну анализу [3]. Поред тога, након што је топлотна пумпа изабрана и интегрисана, постоје различити предложени критеријуми за процену њене ефикасности и ефикасности.

Економска анализа: Са подацима добијеним из два претходна корака, развијена је анализа исплативости и израчунате су потенцијалне уштеде енергије и време поврата инвестиције.

Главни циљ предложене методологије је да помогне доносиоцима одлука да одлуче да ли је отпадна топлота вредна коришћења као енергетски ресурс. С обзиром на количину отпадне топлоте и потребе за грејањем, може се извршити једноставан прорачун и утврдити да ли треба инвестирати у опрему. Након тога, могли би узети у обзир и друге факторе као што су еколошка добит и друштвена корист.

Да би предложена методологија за унапређење технолошког процеса и енергетске ефикасности система за хлађење индукционих машина кроз интеграцију топлотних пумпи у постојећи енергетски систем, добила кориснички интерфејс, представљена је кроз табеларни приказ коришћењем софтвера Excel (слика 2). Циљ је био да се доносиоцима одлука омогући да променом података у складу са плановима за будући рад постројења (проширење, промену смена, куповину нове опреме, итд) виде како се мења и исплативост понуђеног решења коришћења отпадне топлоте. Кориснику је дозвољено да мења садржај свих осенчених поља као и да врши одабир поља у пивот табелама (првих 6 колона).

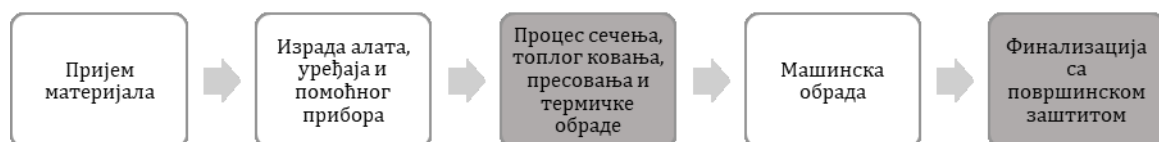


Слика 2. Почетна страна корисничког интерфејса развијеног техничког решења

У наставку описа се налази анализа количине нискотемпературне отпадне топлоте применом предложене методологије у компанији која користи евапоративне расхладне торњеве за хлађење индукционих машина.

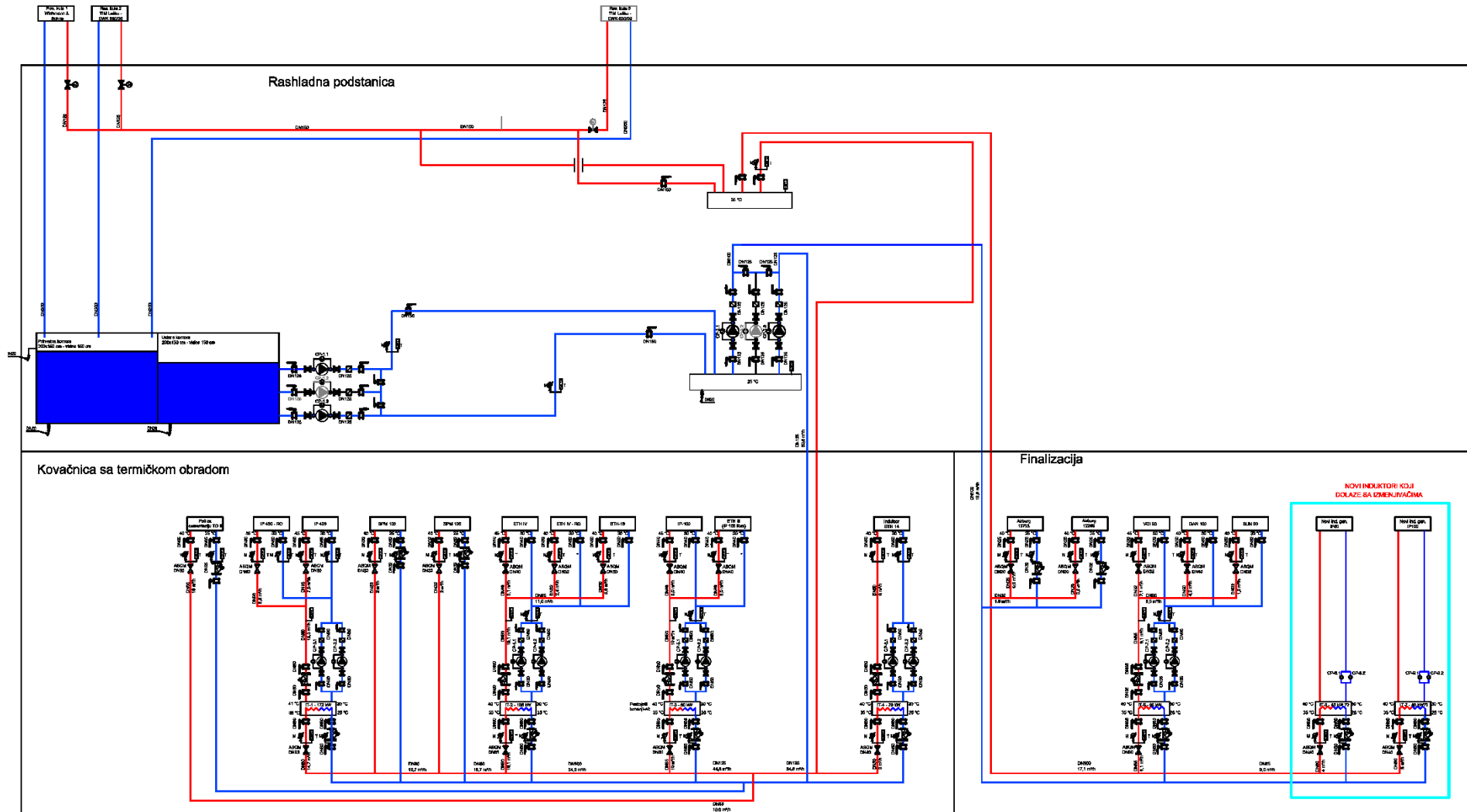
Компанија је специјализовани произвођач групе аутомобилских сигурносних делова – зглобова, спона, вођица моста, зглобова вешања, осцилујућих рамена и изменљивих подскопова. Више од пола века испуњава веома строге захтеве аутомобилске индустрије. Широки асортиман производа, са више од три хиљаде артикала, обухвата скоро све типове комерцијалних возила европских произвођача.

Два дела производног процеса (слика 3) су главни извори отпадне топлоте (Процес сечења, топлог ковања, пресовања и термичке обраде и Финализација са површинском заштитом) и они су анализирани и на њима је примењена предложена методологија.



Слика 3. Шематски приказ производног процеса постројења

Анализирано постројење има три оперативне целине (слика 4); за хлађење индукционих машина, пећи, преса и друге опреме називне снаге 1350 kW користе се отворене евапоративне расхладне куле са плочастим измењивачем топлоте.

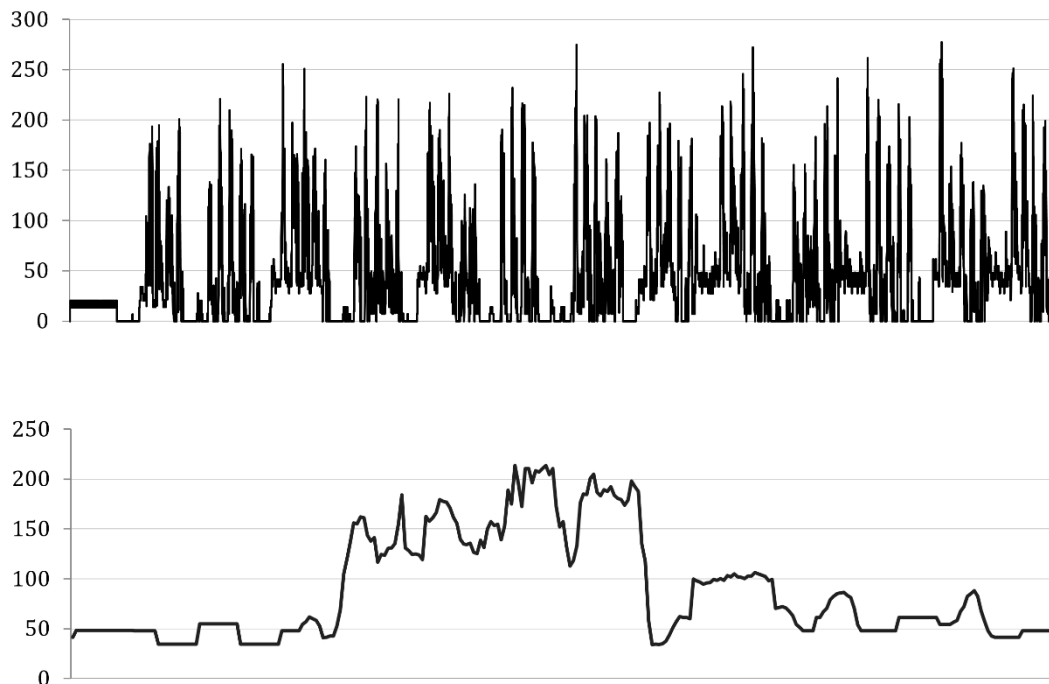


Слика 4. Шема постојећег система хлађења индукционих машина

Постојећи систем за хлађење постројења састоји се од три независна система за хлађење, сваки спојен на своју расхладу кулу, са независним циркулационим пумпама и цевоводима. Хладна вода се испоручује потрошачима на максималној температури од 30°C. Температура излазне воде која се шаље у торњеве од потрошача је у распону од 35-45°C. Постојећи систем за хлађење постројења је сугерисан као потенцијални извор отпадне топлоте.

Према мерењима, максимално електрично оптерећење не прелази 500 kW. С обзиром да је капацитет хлађења индивидуалне расхладне куле већи од 500 kW расхладне енергије, закључак је да ће уз централни расхладни систем и тренутни интензитет рада једна расхладна кула бити довољна за хлађење свих потрошача. Тренутно су, због одвојених система за хлађење, у функцији све три куле, пошто најмање један потрошач у сваком делу постројења ради. Недостатак постојећег децентрализованог расхладног система је и непоузданост система, с обзиром на то да услед квара или одржавања једне од расхладних кула престаје да ради целина постројења прикључена на ту расхладну кулу.

Прикупљени подаци су приказани дијаграмима (слика 5) и дају могућност визуелног увида у топлотно оптерећење индукционих машина и пећи, односно количину топлоте коју је потребно одвести да би се омогућио континуирани рад опреме. Дијаграми покривају различите периоде, од четворомесечних, преко недељних до дневних.



Слика 5. Квартално (горе) и 24h оптерећење (доле) индукционих грејача (kW) у случају употребе

Додатни разлог за анализу је био и податак да у периодима високих спољних температура када није могуће обезбедити расхладну воду од 30°C са постојећим расхладним кулама, долази до застоја у раду производних погона.

Да би се избегли застоји због високих спољних температура и да би се побољшала ефикасност и поузданост система за хлађење, предложен је један централни систем хлађења на који су повезане све три постојеће расхладне куле. Реконструкцијом је предвиђено да расхладне куле остану на местима на којима се тренутно налазе, а хладна вода из расхладних кула се води у централни отворени пријемни резервоар (3,5 m³). За акумулацију расхладне воде предвиђена је уградња два акумулатора топлоте (бафер резервоара), запремине по 4,0 m³. Акумулатори топлоте су повезани са топлотном пумпом, која обезбеђује поуздано хлађење опреме и при

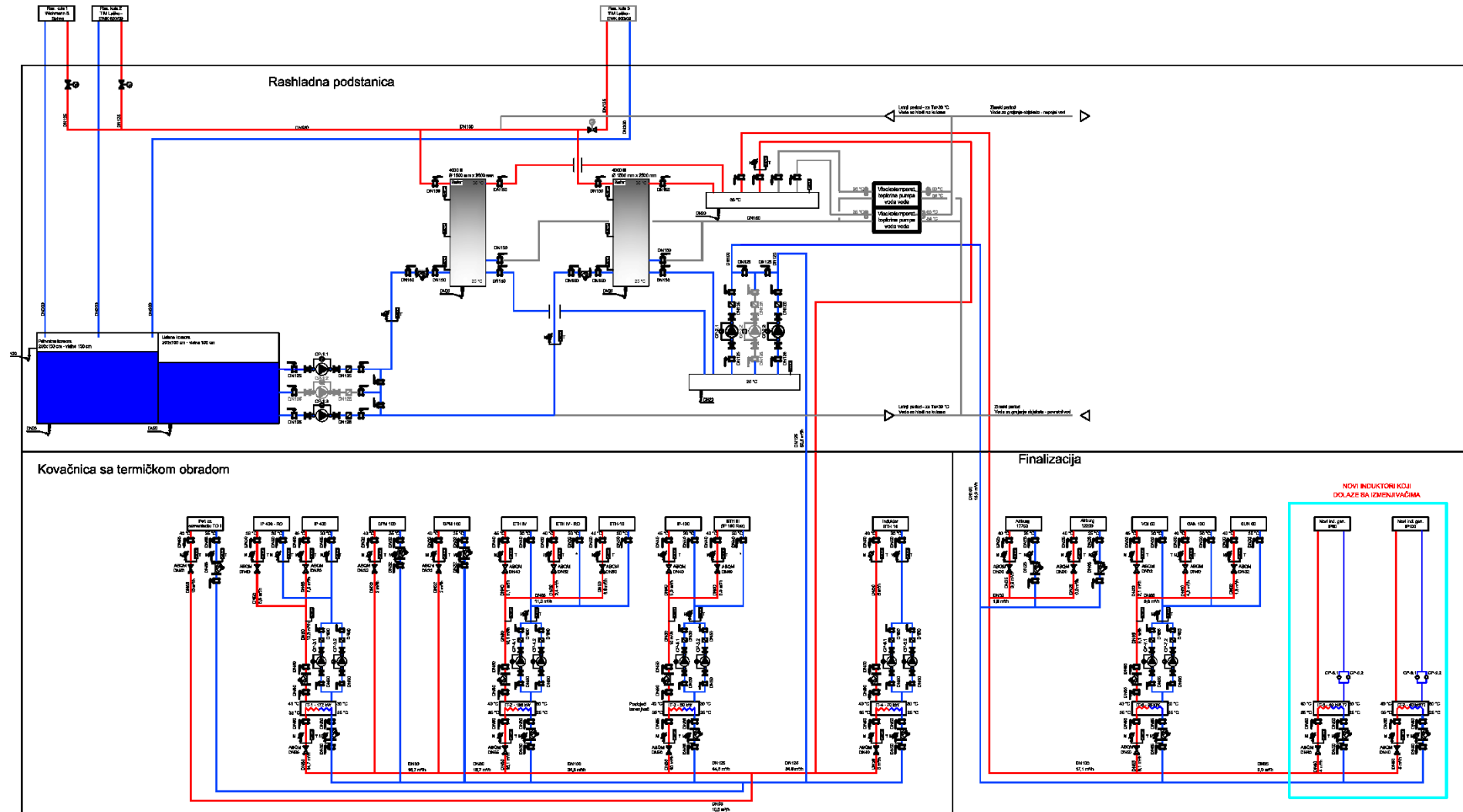
високим спољним температурама лети и коришћење отпадне топлоте за грејање управне зграде зими. Шематски приказ топлотне пумпе и потребних акумулатора топлоте, приказан је на слици 6.

Минимална теоријска снага пумпе која би за конкретан случај, уз акумулатор топлоте адекватне величине, могла да омогући рад опреме износи приближно 99 kW топлотне и приближно 29 kW електричне енергије. Ова снага није препоручена снага топлотне пумпе пошто би захтевала значајну инвестицију у акумулатор топлоте великог капацитета.

Према увиду у податке, највеће топлотно оптерећење се дешава током просечног понедељка у 9 часова (159 kW). Ова вредност не кореспондира са највећим топлотним оптерећењем током посматраног временског периода (јануар – април 2019. год.) које износи око 280 kW, али се ово топлотно оптерећење може одвести топлотном пумпом снаге 159 kW (**усвојене снаге од 200 kW**) уз акумулаторе топлоте одговарајућих димензија.

У овом специфичном случају употребе, реконструкција расхладног система и оптимизација рада топлотне пумпе и расхладног торња би резултирала годишњом уштедом електричне енергије од 121434 kWh. Поред тога, топлотна енергија произведена топлотном пумпом се користи за грејање пословних зграда (сада се за грејање пословних зграда користи природни гас). Уз уштеду електричне енергије и уштеду природног гаса у систему грејања која износи 6083 € годишње, период поврата инвестиције био би 2,04 године. Више сати рада ће резултирати већом уштедом енергије и обрнуто.

Прилагођено техничко решења је примењено и у случају анализе енергетске ефикасности у МСП са различитим процесима рада (штампарије, млечна индустрија, индустрија хране и пића, итд.) како би се направила прелиминарна процена количине отпадне топлоте и неопходних улагања у топлотну пумпу.



Слика 6. Шема система хлађења индукционих машина са топлотном пумпом и акумулаторима топлоте

5. Закључак

Индустрија већ деценијама смањује енергетске трошкове, а све се то прелива и на мање компаније, као и МСП које су такође под притиском да смање енергетске трошкове уколико желе да остану конкурентне. Пошто велика индустријска предузећа углавном имају своја одељења за истраживање и развој и финансирају Р&Д пројекте, МСП је потребна методологија прилагођена корисницима, која би их могла мотивисати да допринесу енергетској транзицији. За очекивати је да ће енергетска транзиција, како буде одмицала, стављати све већи акценат на аспекте употребе и штедње електричне енергије, тј. на њено ефективно и ефикасно коришћење. У том смислу, коришћење отпадне топлоте помоћу топлотних пумпи је технологија која ће засигурно бити у порасту.

Унапређење технолошког процеса и енергетске ефикасности система за хлађење индукционих машина кроз интеграцију топлотних пумпи у постојећи енергетски систем представљено у оквиру техничког решења има за циљ да помогне компанијама да димензионишу оптимална решења која би штедела енергију. Таква помоћ за МСП је више него неопходна из неколико разлога. Главни разлог је тај што приступ правилном димензионисању топлотне пумпе за коришћење отпадне топлоте по правилу остаје нејасан и мало је смерница [18]. Иако су доносиоци одлука често упознати са могућим решењима и начинима на које би могли имати користи од реализације оваквих пројеката, то се завршава предимензионирањем из предострожности или се чак оставља простор добављачима опреме да испоруче опрему са капацитетом већим од потребног.

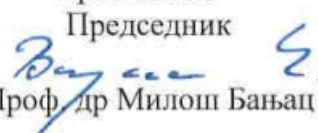
Модификовано техничко решење је примењено у МСП у другим индустријским областима током анализе управљања енергијом како би се направила прелиминарна процена количине отпадне топлоте и неопходних улагања у топлотну пумпу као релативно једноставну, у пракси проверену, поуздану и јефтину технологија, па из тих разлога погодну за примену у МСП. Захвањујући успешној примени модификованог техничког решења намеће се закључак да је уз даљи рад и истраживање могуће направити универзални алат за прелиминарну процену количине отпадне топлоте и неопходних улагања у топлотну пумпу у МСП.

Литература

- [1] Seth D., *et al.*, Green manufacturing drivers and their relationships for small and medium (SME) and large industries, *Journal of Cleaner Production*, 198, (2018), pp. 1381-1405
- [2] Agathokleous R., *et al.*, Waste Heat Recovery in the EU industry and proposed new technologies, *Energy Procedia*, 161, (2019), pp. 489-496
- [3] Luo A., *et al.*, Mapping potentials of low-grade industrial waste heat in Northern China, *Resources, Conservation & Recycling*, 125, (2017), pp. 335-348
- [4] Kljajic M., *et al.*, Viability Analysis of Heat Recovery Solution for the Industrial Process of Roasting Coffee, *Thermal Science*, 20, (2016), Suppl. 2, pp. S623-S637
- [5] Sztekler, K., *et al.*, Using Adsorption Chillers for Utilising Waste Heat from Power Plants, *Thermal Science*, 23, (2019), Suppl. 4, pp. S1143-S1151
- [6] Meijer L.L.J., *et al.*, Barriers and drivers for technology commercialization by SMEs in the Dutch, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, (2019), pp. 114-126
- [7] Zhang X., *et al.*, Multi-objective optimisation and fast decision-making method for working fluid selection in organic Rankine cycle with low-temperature waste heat source in industry, *Energy Conversion and Management*, 172, (2018), pp. 200-211
- [8] Jouhara H., *et al.*, Waste heat recovery technologies and applications, *Thermal Science and Engineering Progress*, 6, 2018, pp. 268-289
- [9] Kosmadakis, G., Estimating the potential of industrial (high-temperature) heat pumps for exploiting waste heat in EU industries, *Applied Thermal Engineering*, 156, 2019, pp. 287-298
- [10] Wang X., *et al.*, Optimization of a distributed energy system with multiple waste heat sources and heat storage of different temperatures based on the energy quality, *Applied Thermal Engineering*, 181, (2020), pp. 1-12
- [11] Men Y., *et al.*, A review of boiler waste heat recovery technologies in the medium-low temperature range, *Energy*, 237, (2021), pp. 1-16
- [12] Li, B., *et al.*, Thermo-economic analysis of a combined cooling, heating and power system based on carbon dioxide power cycle and absorption chiller for waste heat recovery of gas turbine, *Energy Conversion and Management*, 224, (2020), pp. 1-11
- [13] Zarzycki R., *et al.*, Increase of Thermal Efficiency of Cogeneration Plant by Waste Heat Utilization with Absorption Heat Pump, *Thermal Science*, 23, (2019), Suppl. 4, pp. S1101-S1112
- [14] Cui P., *et al.*, Energy, exergy, and economic (3E) analyses and multi-objective waste heat recovery, *Energy Conversion and Management*, 184, 2019, pp. 249-261
- [15] Xu Z.Y., *et al.*, Perspectives for low-temperature waste heat recovery, *Energy*, 176, (2019), pp. 1037-1043
- [16] Zheng H.F., *et al.*, Application of Industrial Waste Heat in Solar Refrigerant System - An Example of a Textile Factory in Jinjiang, *Thermal Science*, 23, (2019), pp. 2495-2500
- [17] Menghi R., *et al.*, An energy assessment method for SMEs: case study of an Italian mechanical workshop, *Procedia Manufacturing*, 43, (2020), pp. 56-63
- [18] Wang M., *et al.*, Exergoeconomic performance comparison, selection and integration of industrial heat pumps for low grade waste heat recovery, *Energy Conversion and Management*, 207, (2020), pp. 1-15

**МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ,
НАУКЕ И ТЕХНОЛОШКОГ РАЗВОЈА**
**Матични научни одбор за енергетику, рударство и
енергетску ефикасност**
ТР0303-033/2022
Београд, 30. мај 2022. год.

На основу захтева које је упутило научно веће Института за информационе технологије у Крагујевцу за верификацију техничког решења реализованог у 2020. години, чланови Матичног научног одбора за енергетику, рударство и енергетску ефикасност су на седници одржаној 30. мај 2022. године, разматрали предлог и гласањем утврдили да су у складу са условима које предвиђа Правилник о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача („Службени гласник РС“, број 24/2016, 21/2017 и 38/2017) успуњени сви прописани услови за признавање категорија **М82 „Ново техничко решење (метода) примењено на националном нивоу“** за техничко решење под називом **Унапређење технолошког процеса и енергетске ефикасности система за хлађење индукционих машина кроз интеграцију топлотних пумпи у постојећи енергетски систем** чији су аутори *Дубравка Живковић, Владимир Вукашиновић, Давор Кончаловић, Младен Јосијевић.*

Матични научни одбор
за енергетику, рударство и енергетску
ефикасност
Председник

Проф. др Милош Бањац