



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija

Program: Elektroenergetika

Modul: Elektroenergetska učinkovitost in električne
instalacije

KOMPENZACIJA JALOVE ENERGIJE V PODJETJU RIKO KOR D.O.O.

Mentor: Matjaž Bobnar, univ. dipl. inž. el.
Lektorica: Jasna Janež Markič, mag. slov.

Kandidat: Uroš Arko

Ljubljana, september 2022

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju Matjažu Bobnarju, univ. dipl. inž. el. za strokovno podlago, izposojam analizatorja in dosegljivost v skoraj vsakem trenutku.

Hvala g. Jožetu Kozini iz podjetja RIKO KOR d.o.o. za pripravljenost na sodelovanje pri izvedbi diplomskega dela in pomoč pri izvedbi meritev. Hvala tudi g. Romanu Trudnu za moralno podporo in zanimanje za napredek pri izvedbi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi lektorici Jasni Janež, ki je moje diplomsko delo jezikovno in slovnično pregledala.

Hvala tudi mami Ireni, bratu Mihi in sestri Maji z družino za moralno podporo.

Posebna zahvala pa gre tudi očetu Francu za tehnično podporo, idejo za temo ter za pridobitev kontaktov nekaterih oseb, ki so olajšale izvedbo meritev.

Največja zahvala gre moji ženi Evi, ki me je močno podpirala in spodbujala pri izvedbi diplomskega dela. Brez njene podpore bi bilo študij zagotovo nemogoče dokončati.

IZJAVA

Študent Uroš Arko izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom Matjaža Bobnarja, univ. dipl. inž..

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne: 22. 9. 2022

Podpis: _____

POVZETEK

Kompensacija jalove energije je tesno povezana s kakovostjo električne energije, saj je v industriji veliko močnih indukcijskih porabnikov, kot so elektro motorji, varilni aparati, indukcijske peči, transformatorji ipd. Pri obratovanju takšnih porabnikov se ustvarja jalova energija, ki obremenjuje omrežje podjetja in distributerja ter podjetjem predstavlja finančni strošek. Pri faktorju moči, ki je nižji od 0,95, jalova energija predstavlja še dodatni mesečni strošek. Jalovo induktivno moč izravnavamo z jalovo kapacitivno močjo, za kar uporabljamo močnostne kondenzatorje.

V diplomskem delu obravnavamo sintezo rezultatov, pridobljenih z analizatorjem kakovosti električne energije v podjetju RIKO KOR d.o.o., ki ima dve merilni mesti. Na merilnem mestu »Montaža 1« sicer obstaja naprava za kompenzacijo jalove energije, a je ta zastarela in svojemu namenu ne služi več v zadostni meri. Ker ustrezne naprave za kompenzacijo jalove energije ni mogoče vgraditi brez podatkov o moči jalove energije, faktorju moči in harmonski popačenosti, s pomočjo analizatorja kakovosti električne energije MI 2892 Power Master predstavljamo poglobljeno analizo trenutnega stanja kakovosti električne energije na omenjenem merilnem mestu »Montaža 1«. To predstavlja osnovo za dimenzioniranje naprave za kompenzacijo jalove energije, pri čemer teoretična izhodišča skupaj z rezultati merjenja in enačbami predstavljajo dobro podlago za dimenzioniranje primernih elementov naprave za kompenzacijo jalove energije. Poleg tega za lažje določanje znižanja stroškov primerjamo predvidene stroške na merilnem mestu »Montaža 1« z merilnim mestom »Montaža 3«, kjer je že vgrajena sodobna naprava za kompenzacijo jalove energije.

Z diplomskim delom želimo dokazati smiselnost vgradnje naprave za kompenzacijo jalove energije pri optimiziranju kakovosti električnega omrežja in stroškov električne energije. Čeprav gre v osnovi za študijo primera, lahko s tem prikažemo zgled, kateremu lahko sledijo ostala podjetja s podobnimi finančnimi in omrežnimi bremenami. Le s celostnim pristopom glede izravnave jalovih bremen in harmonskih napetosti lahko distribucijsko omrežje služi svojemu namenu z minimalnimi težavami v obliki prekinitev ali izpadov napajanja.

KLJUČNE BESEDE

- kakovost električne energije
- kompenzacija jalove energije
- meritve električne energije
- faktor moči
- močnostni kondenzator

ABSTRACT

Reactive energy compensation is closely linked to power quality, as there are many strong inductive consumers in industry, such as electric motors, welding machines, induction furnaces, transformers, etc. The operation of such consumers generates reactive energy, which puts a strain on the company's and the distributor's network and represents a financial cost for the companies. With a power factor lower than 0.95, reactive energy represents an additional monthly cost. The reactive inductive power is balanced by the reactive capacitive power using power capacitors.

In the thesis we deal with the synthesis of the results obtained with the power quality analyser in the company RIKO KOR d.o.o., which has two measuring points. Although there is a reactive energy compensation device at the »Montaža 1« metering point, it is outdated and no longer serves its purpose sufficiently. As a suitable reactive power compensation device cannot be installed without reactive power, power factor and harmonic distortion data, we present an in-depth analysis of the current power quality situation at the above mentioned »Montaža 1« metering point with the help of the MI 2892 Power Master power quality analyser. This forms the basis for the sizing of the reactive energy compensation device, where the theoretical basis together with the measurement results and equations provide a good basis for the sizing of the appropriate elements of the reactive energy compensation device. In addition, to facilitate the determination of cost reductions, we compare the estimated costs at the »Montaža 1« with the »Montaža 3« metering point, where a modern reactive energy compensation device is already installed.

The aim of this thesis is to demonstrate the feasibility of installing a reactive energy compensation device to optimise the quality of the electricity network and the cost of electricity. Although this is essentially a case study, it can be used as an example for other companies with similar financial and network burdens to follow. Only by taking an integrated approach to reactive load and harmonic balancing can the distribution network serve its purpose with minimal problems in the form of interruptions or blackouts.

KEYWORDS

- power quality
- reactive energy compensation
- electricity metering
- power factor
- power capacitor

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema	1
1.2	Cilji naloge	1
1.3	Predstavitev okolja.....	2
1.4	Raziskovalna vprašanja	7
1.5	Metode dela.....	7
2	TEORETIČNE OSNOVE.....	8
2.1	Kakovost električne energije	8
2.1.1	SIST EN 50160:2011	9
2.1.2	Analizator kakovosti električne energije MI 2892 Power Master	10
2.2	Kompensacija jalove energije	12
2.2.1	Vrste kompenzacije jalove energije	12
2.2.2	Načini kompenzacije jalove energije.....	13
2.2.3	Sestavni elementi kompenzacijske naprave	14
2.2.3.1	Močnostni trifazni nizkonapetostni kondenzatorji	14
2.2.3.2	Kondenzatorski elektromehanski kontaktorji	15
2.2.3.3	Kondenzatorska tiristorska stikala	15
2.2.3.4	PFC kontrolnik faktorja moči.....	16
2.2.3.5	Trifazne filtrske dušilke	17
2.2.3.6	Varovalni in ločilni elementi	17
2.2.3.7	Kovinske omare tipa gt.....	18
2.2.4	Izračun moči kompenzacije jalove energije.....	19
3	OBSTOJEČE STANJE IN KRITIČNA ANALIZA	22
4	PRAKTIČNI DEL.....	25
4.1	Povzetek raziskave.....	25
4.2	Odgovori na raziskovalna vprašanja	25
4.2.1	Raziskovalno vprašanje 1.....	25
4.2.2	Raziskovalno vprašanje 2.....	27
4.2.3	Raziskovalno vprašanje 3.....	31
5	ZAKLJUČEK	32
6	LITERATURA IN VIRI	34
	PRILOGI.....	37

KAZALO SLIK

Slika 1: Prostori podjetja RIKO KOR d.o.o.....	2
Slika 2: HVRS – 125 TOS VARNSDORF	3
Slika 3: HVRS – 200 ŠKODA	4
Slika 4: LASER Impuls 6020	4
Slika 5: Mostovno dvigalo.....	5
Slika 6: Izkopna zajemalka za bagre	5
Slika 7: Ohišje bagra RH 120	6
Slika 8: Ogrodje stroja za reciklažo Jupiter 3200	6
Slika 9: Ročni trifazni analizator kakovosti električne energije MI 2892 Power Master	10
Slika 10: Oprema v kompletu MI 2892 Power Master	12
Slika 11: Shema komponent za kompenzacijo jalove energije.....	14
Slika 12: Trifazni nizkonapetostni suhi kondenzator LPC 1 kVAr, 400V, 50Hz.....	15
Slika 13: Kondenzatorski kontaktor CEM7, 5CN.11-230V-50HZ.....	15
Slika 14: Tiristorsko stikalo	16
Slika 15: PFC kontrolnik faktorja moči PFC 6 RS	16
Slika 16: Trifazna filtrska dušilka	17
Slika 17: Bremensko ločilno stikalo LBS 160A 3P	17
Slika 18: Inštalacijski odklopnik MCB ETIMAT 6 1p B6	18
Slika 19: NV varovalčni ločilnik KVL00	18
Slika 20: Kovinska omara tipa GT	19
Slika 21: Merilni mesti podjetja RIKO KOR d.o.o. v transformatorski postaji.....	22
Slika 22: Obstoječa kompenzacijska naprava na območju »Montaža 1«	23
Slika 23: Sodobna naprava za kompenzacijo jalove energije na območju	23
Slika 24: Osnutek naprave za kompenzacijo jalove energije z močjo 50 kVAr.....	30

KAZALO TABEL

Tabela 1: Tabela faktorja delavnosti (faktorja k)	20
---	----

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Graf moči jalove energije v merjenem obdobju	25
Graf 2: Graf faktorja moči v merjenem obdobju	26
Graf 3: Graf harmonskega popačenja v % v merjenem obdobju.....	27
Graf 4: Graf velikost efektivne moči v merjenem obdobju	28

KRATICE IN AKRONIMI

SIST:	Slovenski inštitut za standardizacijo
EN:	European Norm – evropski standard
ISO:	International Standard for Organisation – mednarodni standard za organizacije
SONDSEE:	Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije
IWE:	International Welding Engineer – mednarodni varilni inženir
IWT:	International Welding Technologist – mednarodni varilni tehnolog
HVRS:	Hidravlično voden rezkalni stroj
TRMS:	True Root Mean Square – prava efektivna vrednost
THD:	Total Harmonic Distortion – celotni harmonski faktor popačenja
PFC:	Power Factor Controller – kontrolnik faktorja moči
TP:	transformatorska postaja
NN:	nizka napetost
NV:	nizkonapetostno visokozmogljivo

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Industrija za proizvodnjo produktov porablja energijo. Električna energija je eden izmed temeljev sodobnega načina življenja in dejavnik, ki omogoča tehnološki razvoj. »Razvoj na področju električne energije je skozi zgodovino omogočal razvoj družbe v smeri udobnejšega in kakovostnejšega bivanja. Danes si težko predstavljamo življenje brez elektrike. V vsakdanjem življenju smo se navadili na uporabo raznolikih električnih naprav« (Skupina GEN, b. d.).

Današnje naprave imajo zaradi različnih zahtev specifične elemente, ki so zelo občutljivi na razne izpade električnega toka, spremembe toka, napetosti ali frekvence. Hkrati vse te naprave same »onesnažujejo« električno omrežje, pri čemer je eden od kazalnikov onesnaževanja električne energije tudi jalova energija – neefektivni produkt porabljene električne energije v napravah, ki kvari kakovost električnega omrežja (ETI Prostik d.o.o., 2021). V industriji je ta onesnaženost najbolj očitna zaradi velike prisotnosti induktivnih bremen, med katere štejemo električne naprave (npr. motorje, transformatorje, dušilke, indukcijske peči, varilne aparate ipd.). Nastane kot posledica faznega kota (φ) med napetostjo in tokom, ki je pri induktivnih bremenih pozitiven, pri kapacitivnih pa negativen. Pogosteje kot fazni kot se uporablja termin faktor delavnosti ($\cos \varphi$), ki ponazarja razmerje med navidezno, delovno in jalovo močjo. Kadar je ta faktor nižji od 0,95, se industrijskemu odjemalcu zaračuna prenos jalove energije, saj je le-ta obremenjujoča tudi za električno omrežje. Faktor delavnosti lahko povečamo s kompenzacijo jalove energije. Tako lahko podjetja povečajo izkoristek razpoložljive (priključne) moči, zmanjšajo stroške električne energije, stroji in ostale električne naprave pa imajo posledično daljšo življenjsko dobo (Bobnar, 2018).

1.2 CILJI NALOGE

Cilj diplomske naloge je pripraviti načrt za znižanje stroškov električne energije na konkretnem primeru podjetja RIKO KOR d.o.o. in s tem povezano razbremenitev električnega omrežja. Prikazati želimo celoten postopek začetne analize meritev kakovosti električne energije pred montažo naprave za kompenzacijo jalove energije, načrt postopka dimenzioniranja oz. montaže le-te ter morebitno finančno korist zaradi kompenzacije jalove energije. Ovrednotiti želimo, ali je montaža naprave za kompenzacijo jalove energije na konkretnem primeru v podjetju RIKO KOR d.o.o. smiselna, ter na podlagi tega podjetju predlagati oz. predstaviti razloge za vgradnjo naprave za kompenzacijo jalove energije ter s tem povezano znižanje stroškov električne energije v daljšem časovnem obdobju.

1.3 PREDSTAVITEV OKOLJA

Podjetje RIKO KOR d.o.o., v katerem smo izvajali praktični del diplomske naloge, je družba v zasebni lasti, ustanovljena leta 1994. Po vsej Evropi je znano na področju izdelave zahtevnih kovinskih izdelkov iz navadnih konstrukcijskih in drobnozrnatih jekel. Za izvedbo visoko kakovostnih izdelkov imajo v svojih prostorih, ki obsegajo 9000 m² proizvodnih površin in 18000 m² skladiščnih površin, obsežen strojni park za zahtevno mehansko obdelavo kovinskih izdelkov. Obsega tudi del za mehanski, plamenski in laserski razrez pločevin in jeklenih profilov ter za krivljenje kovinskih elementov in varjenje izdelkov iz navadnih konstrukcijskih in drobnozrnatih jekel (RIKO KOR d.o.o., b. d.). Spodnja slika (glej Slika 1) prikazuje območji »Montaža 1« in »Montaža 3«. Gre za dve ločeni odjemni mesti električne energije, ki imata vsaka svoje merilno mesto. Odjemno mesto »Montaža 3« že ima sodobno napravo za kompenzacijo jalove energije, medtem ko te na odjemnem mestu »Montaža 1« še ni montirane in je zato to mesto vključeno v praktični del diplomske naloge, kar bo podrobneje predstavljeno in razčlenjeno v nadaljevanju.



Slika 1: Prostori podjetja RIKO KOR d.o.o.
(Vir: Google Zemljevidi, 2021)

Podjetje zaposluje 90 delavcev različnih profilov, med katerimi imajo v svojem kolektivu usposobljene varilske inženirje z opravljenim IWE tečajem in varilske tehnologe s tečajem IWT, strokovno usposobljene procesne kontrolorje, certificirane po EN 473 in atestirane varilce po standardu EN 9606-1. Sistem obvladovanja kakovosti pri talilnem varjenju kovinskih materialov imajo vzpostavljen in vzdrževan v skladu z zahtevami standarda EN ISO 3834-2:2006, poleg tega pa imajo vzpostavljen tudi sistem vodenja po standardu SIST EN ISO 9001:2008 (RIKO KOR d.o.o., b. d.).

Strojni park podjetja vključuje strojno-obdelovalni del, ki je primeren za obdelavo manjših in večjih zvarjencev oz. kovinskih konstrukcij do teže 30 ton, na voljo pa imajo tudi več vrst preizkušenih in varnih transportnih sistemov, primernih za transport, razkladanje in nakladanje ter obračanje zvarjencev do teže 32 ton (RIKO KOR d.o.o., b. d.). Na spodnjih fotografijah (glej Slika 2, Slika 3, Slika 4 in Slika 5) je nekaj primerov hidravlično vodenih rezkalnih strojev (HVRs), klasičnih rezkalnih strojev, stružnic, strojev za hiter in kvaliteten razrez različnih vrst kovin ter transportnih sistemov, ki so v lasti predstavljenega podjetja.



Slika 2: HVRs – 125 TOS VARNSDORF

(Vir: RIKO KOR d.o.o., b. d.)



Slika 3: HVRS – 200 ŠKODA
(Vir: RIKO KOR d.o.o., b. d.)



Slika 4: LASER Impuls 6020
(Vir: RIKO KOR d.o.o., b. d.)



Slika 5: Mostovno dvigalo
(Vir: RIKO KOR d.o.o., b. d.)

S svojim obsežnim strojnim parkom so sposobni proizvesti zahtevne produkte (RIKO KOR d.o.o, b. d.). Nekaj le-teh je na fotografijah (glej *Slika 6*, *Slika 7* in *Slika 8*) predstavljenih spodaj in na naslednji strani.



Slika 6: Izkopna zajemalka za bage
(Vir. RIKO KOR d.o.o., b. d.)



Slika 7: Ohišje bagra RH 120
(Vir: RIKO KOR d.o.o., b. d.)



Slika 8: Ogradje stroja za reciklažo Jupiter 3200
(Vir: RIKO KOR d.o.o., b. d.)

1.4 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

RV1: Ali je glede na izvedene meritve kakovosti električne energije na merilnem mestu »Montaža 1« smiselna vgradnja naprave za kompenzacijo jalove energije?

RV2: Kako glede na izvedene meritve kakovosti električne energije na merilnem mestu »Montaža 1« dimenzionirati napravo za kompenzacijo jalove energije?

RV3: Kakšni bodo predvideni stroški investicije in kakšni predvideni prihranki na mesečni ravni za merilno mesto »Montaža 1« ter kdaj se pričakuje amortiziranje investicije?

1.5 METODE DELA

V diplomskem delu smo v teoretičnem delu uporabili opisno metodo in metodo združevanja, saj smo podrobno opisali in s strani različnih avtorjev smiselno združili ključna izhodišča o kakovosti električne energije in s tem povezano kompenzacijo jalove energije. To nam je nadalje služilo pri praktičnem delu, kjer smo uporabili analitično metodo oz. metodo študije primera, saj ta del temelji na podrobni analizi stanja v podjetju RIKO KOR d.o.o. V zaključku so z metodo sinteze združene glavne ugotovitve raziskovalnega dela v povezavi s teoretičnimi izhodišči. Uporabili smo kvalitativni raziskovalni pristop, zaradi izvedenih meritev pa je raziskava dopolnjena tudi s kvantitativnim pristopom.

2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 KAKOVOST ELEKTRIČNE ENERGIJE

Eden izmed zelo pomembnih faktorjev v vsakdanjem življenju je električna energija, saj nas spremlja tako rekoč na vsakem koraku, pri skoraj vsakem opravilu. Uporabljamo mobilne telefone, stanovanja oz. hiše so napolnjene s stroji in aparati, ki jih napaja električna energija. Vse to nam olajšuje vsakdanje življenje. Na področju električne energije se porabniki le-te modernizirajo, kar je povzročilo povpraševanje in potrebe po kakovostni električni energiji. Posledično je to pri distributerjih pripeljalo do tega, da so prilagodili, obnovili in modernizirali električno omrežje za potrebe modernih porabnikov električne energije (Skupina GEN, b. d.).

Zorman idr. (2000) navajajo štiri pglavitne razloge za povečan interes po bolj kakovostni električni energiji:

- skoraj vse sodobne električne naprave vsebujejo mikroprocesorje in močnostno elektroniko, ki so glavni razlog za večjo občutljivost modernih električnih naprav – za razliko od starejših nimajo tolikšne tolerance do sprememb v napetosti, toku, frekvenci ipd.;
- prisotna je želja po čim večjemu izkoristku električnih strojev in naprav oz. elektroenergetskih sistemov, pri čemer je zmanjšanje izgub v sistemih, napravah in strojih tako za distributerja kot za odjemalce ključnega pomena;
- zaradi anomalij, ki se pojavljajo v elektroenergetskem sistemu (npr. utripanje žarnic, sprememba zvoka motorja ipd.), se pojavljajo izpadi v sistemu, ki lahko privedejo celo do ustavitve proizvodnje v podjetjih in se to pozna v finančnih in proizvodnih težavah, o čemer pa so odjemalci vse bolj ozaveščeni in izobraženi;
- stroji in naprave so v modernejših proizvodnjah povezani v računalniške ali energetske sisteme – če v takšnem sistemu pride do izpada enega oddelka sistema, je ogroženo normalno delovanje celotnega sistema, čemur se podjetja skušajo vnaprej izogniti.

Podobno vlogo pri dobavljanju električne energije ima poleg kakovosti tudi zanesljivost oskrbe električne energije pod dogovorjenimi pogoji. To pomeni, da ima električna energija v določenem elektroenergetskem sistemu zadovoljivo kakovost, če so oblika in velikost napetosti ter frekvenca v vseh točkah sistema znotraj predpisanih mej. Zanesljivost je torej zmožnost elektroenergetskega sistema, da kljub okvaram v sistemu, ki se kažejo v obliki izpadov elektrarn, transformatorjev ali daljnovodov, ne pride do razpada ali porušitve sistema (Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije, 2021).

Na priključnih sponkah med porabnikom in distributerjem je določena dovoljena vsebnost harmonskih komponent toka in napetosti. Te vrednosti določa standard

SIST EN 50160:2011 (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2011). Vsebnost harmonskih komponent toka in napetosti lahko popačijo sinusno obliko napetosti v omrežju ter s tem negativno vplivajo na kakovost električne energije.

Bastian idr. (2013) navajajo, da med motnje, ki lahko povzročijo harmonske komponente, sodijo:

- neželeni vplivi in poškodbe elektronskih naprav,
- preobremenitev N-vodnikov, kondenzatorjev in tuljav ter
- neželeni tokovi v zaščitnih vodnikih.

Kadar rezultati meritev z analizatorjem kakovosti električne energije pokažejo preveliko vsebnost harmonskih komponent, je potrebno vgraditi pasive ali aktivne filtre za odpravo harmonskih komponent. Pasivni filtri so uglašeni na določeno frekvenco in delujejo po načelu nihajnega kroga ter preprečujejo širjenje le določene frekvence. Aktivni filtri pa konstantno analizirajo tok v vodniku in dodajajo določen kompenzacijski tok, da je vsota harmonskih in kompenzacijskih tokov enaka nič. Tako v napajalnem omrežju teče samo osnovna komponenta (50 Hz) toka (Bastian idr., 2013).

2.1.1 SIST EN 50160:2011

Pod kvaliteto električne energije je treba obravnavati tako kvaliteto električne napetosti kot tudi električnega toka (SIST, 2011).

V Evropski uniji je po Direktivi sveta o približevanju zakonov in drugih predpisov držav članic v zvezi z odgovornostjo za proizvode z napako 85/374/ES (1999) električna energija definirana kot proizvod, zato je proizvajalec dolžan upoštevati omejitve standarda kakovosti, sicer lahko potrošniki zahtevajo odškodnino. Namen direktive je predvsem združevanje zakonov v članicah EU glede odgovornosti proizvajalca za škodo, ki je nastala zaradi napake na njegovih proizvodih. To je nekakšna podlaga za uvedbo enotnega evropskega standarda kakovosti električne energije (direktiva 85/374/ES, 1999).

Podobno evropski standard SIST EN 50160:2011 (SIST, 2011) določa minimalne zahteve, ki jim mora ustrezati napetost. Poleg tega »opredeljuje, opisuje in določa glavne značilnosti napetosti pri napajalnih terminalih uporabnikov omrežja v javnih električnih omrežjih nizke, srednje in visoke izmenične napetosti pod normalnimi pogoji delovanja« ter »opisuje meje oz. vrednosti, v okviru katerih lahko pričakujemo, da bodo značilnosti napetosti ostale na katerem koli napajalnem terminalu v javnih evropskih električnih omrežjih« (SIST EN 50160:2011, b. d.). V njem je zapisano tudi, kakšne so spodnje in zgornje omejitve omrežne napetosti, dopustna trajanja in število izpadov električne energije.

Osnovne lastnosti kakovosti po SIST EN 50160:2011 so (SIST, 2011):

- stalna vrednost napajalne napetosti ($U_n = 230 \text{ V} \pm 10 \%$),
- stalnost omrežne frekvenca ($50 \text{ Hz} \pm 1 \%$),
- hitre napetostne spremembe – transienti,
- jakost flikerja ($P_{it} \leq 1$),
- izpadi napajalne napetosti,
- kratkotrajne prekinitve napajalne napetosti,
- dolgotrajne prekinitve napajalne napetosti,
- občasne prenapetosti omrežne frekvenca med linijskimi vodniki in ozemljilom,
- prehodne napetosti med linijskimi vodniki in ozemljilom,
- neravnotežje napajalne in harmonske napetosti.

2.1.2 ANALIZATOR ELEKTRIČNE ENERGIJE MI 2892 POWER MASTER

Za merjenje kakovosti električne energije so na voljo različni merski instrumenti. Med bolj znane in uporabljene sodi tudi ročni trifazni analizator kakovosti električne energije iz podjetja Metrel d.o.o. MI 2892 Power Master (glej Slika 9).



Slika 9: Ročni trifazni analizator kakovosti električne energije MI 2892 Power Master (Vir: Metrel d.d., b. d.)

Instrument je popolnoma skladen s standardom IEC 61000-4-30 Razred A, »ki določa metode za interpretacijo rezultatov za parametre kakovosti napetosti v napajalnih sistemih z izmeničnim tokom in deklarirano osnovno frekvenco 50/60 Hz« (SIST EN 61000-4-30:2015, b. d.). MI 2892 Power Master ima vgrajen velik barvni prikazovalnik

visoke ločljivosti, kar dovoljuje pregledno in enostavno odčitavanje merjenih parametrov. Analizator vsebuje tudi možnost shranjevanja podatkov (npr. raznih merjenih veličin) na microSD spominsko kartico ter neposredno povezavo z računalnikom preko USB ali Ethernet izhoda. Instrument je primeren za dolgoročno shranjevanje podatkov in za reševanje težav neposredno na objektih. Komplet vsebuje tudi napredno programsko opremo PowerView3, ki omogoča podrobno analizo dolgoročnega snemanja, branje podatkov iz spominske kartice microSD in druge možnosti povezovanja z analizatorjem. Programska oprema PowerView3 se ponaša z možnostjo oblikovanja profesionalnih testnih poročil o merjenih parametrih (Metrel d.d., b. d.).

Instrument odlikujejo številne merilne funkcije (Metrel d.d., b. d.):

- napetost: TRMS, temenska vrednost, crest faktor (4-kanali);
- tok: TRMS, temenska vrednost, crest faktor (4-kanali);
- moč: delovna, jalova, navidezna;
- meritve moči v skladu z IEEE 1459 (aktivna, neaktivna, osnovna, harmoniki, nesimetrija bremen);
- vse do 50. harmonika in medharmonika ter celotno harmonsko popačenje;
- faktor moči, $\cos \phi$;
- energija (delovna, jalova, porabljena, proizvedena);
- analiza kvalitete električne napetosti v skladu z SIST EN 50160:2011;
- zajemanje in shranjevanje dogodkov na napajalni napetosti (napetostne grbine, udori, prekinitve);
- opazovanje in shranjevanje zagonskih tokov motorjev;
- prikaz oblike signalov, shranitev prikaza signalov in snemanje signalov;
- snemanje tranzientov;
- shranjevanje do 7 različnih nastavljivih alarmov;
- merjenje temperature in
- opazovanje in shranjevanje napetosti omrežne signalizacije.

Poleg osnovne opreme v kompletu MI 2892 Power Master, ki je prikazana na fotografiji na naslednji strani (*glej Slika 10*), komplet vsebuje 4 AC fleksibilne tokovne klešče 3000/300/30A, 5 merilnih vezi s krokodil sponkami, temperaturno sondo, microSD spominsko kartico 8GB ter druge elemente, ki pomagajo pri kakovostnem merjenju električnih veličin.



Slika 10: Oprema v kompletu MI 2892 Power Master
(Vir: Metrel d.d., b. d.)

Uporabniški vmesnik je enostaven za uporabo in zelo pregleden, pri čemer so v veliko pomoč grafični prikazi možnosti. Rezultate meritev in analizo kakovosti je mogoče izvoziti tudi v druge programe (npr. MS Excel, MS Word, CSV, TXT ipd.). Kriterije za analizo lahko nastavimo sami ali pa uporabimo prednastavljenega SIST EN 50160:2011 (Metrel d.d., b. d.).

2.2 KOMPENZACIJA JALOVE ENERGIJE

Kompensacija jalove energije je »izravnava induktivne jalove moči s kapacitivno jalovo močjo« (Bastian idr., 2013, 161). S tem razbremenimo energetske vire (npr. vodo, veter, sonce, premog, uran itd.) ali naprave za prenos električne energije (npr. transformatorji, daljnovodi itd.) (Bastian idr., 2013). »S kompenzacijo jalove energije zmanjšamo kot faznega zamika φ med delovno močjo P in navidezno močjo S ter tako povečamo faktor delavnosti $\cos \varphi$ « (Bastian idr., 2013, 161).

2.2.1 VRSTE KOMPENZACIJE JALOVE ENERGIJE

Naprave za kompenzacijo ločimo na posamično, skupinsko in centralno (Bastian idr., 2013). Razlikujejo se po vrsti kompenzacije, kar je navadno odvisno od prostorske razpoložljivosti, finančnih zmogljivosti ali od specifikke bremena (ABB SACE, 2010).

Kadar je porabnik sam dovolj močan (posamična kompenzacija), da proizvede večinski del jalove energije, se kondenzatorje priključi zaporedno ali vzporedno s porabnikom. »Po predpisih se morajo kondenzatorji po izklopu porabnika v 60

sekundah izprazniti na nenevarno raven (< 50 V). Praznjenje lahko poteka prek visokohmskih uporov ali preko samega porabnika« (Bastian idr., 2013, 162). Večinoma se takšna kompenzacija uporablja pri kompenzaciji motorjev večjih moči, ki obratujejo zelo dolgo pri konstantni obremenitvi (ABB SACE, 2010).

Skupinska kompenzacija pride v poštev takrat, kadar imamo na eni liniji priključenih več bremen s podobnimi lastnostmi. V tem primeru na to linijo priključimo sklop kondenzatorjev, primernih za takšno skupino, kar je kompromis med ugodno ceno investicije in kvalitetno rešitvijo za omrežje (ABB SACE, 2010).

Če je prisotnih več porabnikov z različnimi lastnostmi in urnikom delovanja, je bolj smiselno vgrajevanje kompenzacije že na dovodu električne energije v omrežje, saj je preveč obremenjujoča za enostavno posamično kompenzacijo (ABB SACE, 2010). V tem primeru govorimo o centrali kompenzaciji (Bastian idr., 2013).

2.2.2 NAČINI KOMPENZACIJE JALOVE ENERGIJE

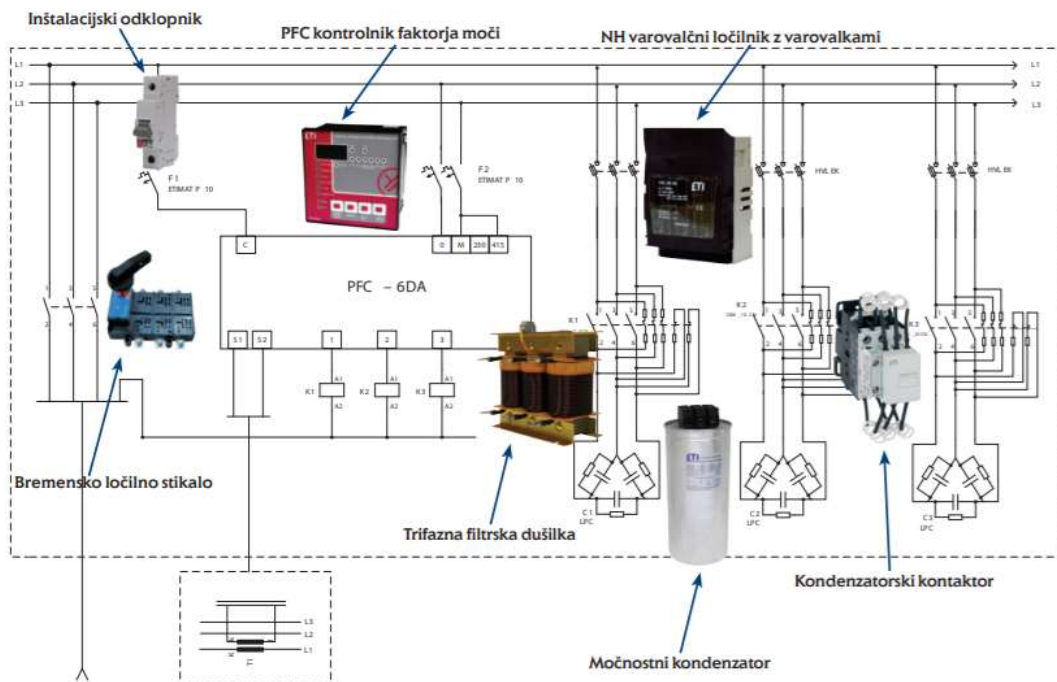
Po načinu kompenzacije ločimo več vrst naprav za kompenzacijo jalove energije – prej opisano posamično enostavno kompenzacijo (*glej 2.2.1 Vrste kompenzacije jalove energije*) ter avtomatsko in dinamično kompenzacijo jalove energije, ki sta podrobneje predstavljeni v nadaljevanju.

Avtomatska kompenzacijska naprava ima vgrajen regulator, ki meri nekaj električnih lastnosti, med njimi tudi faktor moči $\cos \varphi$. Med obratovanjem je potrebno vnesti željeno vrednost ($\cos \varphi$) in nato regulator sam med obratovanjem z vključevanjem in izključevanjem vgrajenih kondenzatorjev ves čas stremi k nastavljeni vrednosti $\cos \varphi$. V primeru prisotnosti neželenih harmonikov v omrežju je potrebno v napravo dodati filtrske dušilke, ki izničujejo višje harmonike, saj lahko le-ti vodijo v neželen pojav resonance med kondenzatorji in induktivnimi bremenimi omrežja. Zgodi se, da povzročajo tudi pospešeno degradacijo kondenzatorjev zaradi pregrevanja kompenzacije (ABB SACE, 2010).

Zaradi napredka in razvoja električnih naprav so bile kompenzacijske naprave prisiljene v modernizacijo. Stroji in aparature v proizvodnji se nesimetrično vžigajo in ugašajo ter tako velikokrat spreminjajo porabo električne energije v omrežju med obratovanjem, čemur klasične avtomatske kompenzacijske naprave niso kos. Zaradi hitrih sprememb se je zato začela uveljavljati uporaba dinamičnih kompenzacijskih naprav. Njihova posebnost je uporaba tiristorskih stikal, ki so veliko hitrejša od elektromehanskih in imajo veliko manjši zagonski tok – to stikalo vklopi kondenzatorje, kadar steče tok skozi nič (EPCOS AG, 2006).

2.2.3 SESTAVNI ELEMENTI KOMPENZACIJSKE NAPRAVE

Med osnovne elemente oz. sestavne komponente naprave za kompenzacijo jalove energije sodijo močnostni kondenzatorji, kondenzatorski kontaktorji (t. i. elektromehanski ali tiristorski kontaktorji, PFC kontrolnik faktorja moči, trifazne filtrske dušilke, inštalacijski odklopniki, bremenska ločilna stikala, varovalčni ločilnik z varovalkami, varovalčni ločilniki z varovalkami ter kovinske omare tipa GT (glej Slika 11).



Slika 11: Shema komponent za kompenzacijo jalove energije
(ETI Prostik d.o.o., b. d.)

2.2.3.1 MOČNOSTNI TRIFAZNI NIZKONAPETOSTNI KONDENZATORJI

Namen trifaznih nizkonapetostnih kondenzatorjev (glej Slika 12) je izboljševanje faktorja moči $\cos \varphi$ pri induktivnih bremenih – transformatorjih, elektromotorjih, fluorescentnih sijalkah ipd. T. i. LPC kondenzatorji (low-pressure condenser oz. nizkotlačni kondenzatorji) so suhi kondenzatorji, izdelani iz nizko izgubnega metaliziranega polipropilena filma. Polnjeni so z iz okolju prijazne smole iz poliutera v strjenem stanju, kar pomaga pri odvajanju toplote iz jedra kondenzatorja. Poliuteran je koristen tudi pri stabiliziranju notranjih mehanskih lastnosti kondenzatorja in obenem izboljša robustnost proizvoda. Ohišje je iz aluminija, ki deluje kot zaščita pred povečanim tlakom in onemogoča odprtje kondenzatorja ob obremenitvi (ETI Prostik d.o.o., b.d.).



Slika 12: Trifazni nizkonapetostni suhi kondenzator LPC 1 kVAr, 400V, 50Hz
(Vir: Eti, b. d.)

2.2.3.2 KONDENZATORSKI ELEKTROMEHAŃSKI KONTAKTORJI

Dodatna zaščita proti prekomerni napolnitvi kondenzatorjev so CEM_CN kondenzatorski kontaktorji (glej Slika 13), opremljeni s prehitevalnimi kontakti za vklop polnilnih uporov. Ob vklopu sistema je polnilni tok skozi kontaktor pri povsem praznem kondenzatorju lahko zelo velik, celo do 100-krat večji od nazivnega toka kondenzatorja. To je huda obremenitev za kontaktorje, zaradi česar se lahko kondenzatorji hitreje obrabijo in izrabijo. Zato prehitevalni kontakti vklopijo upore, ki omejujejo polnilni tok kondenzatorjev in s tem le-tem podaljšujejo življenjsko dobo. Po 5 ms se prehitevalni upori izklopijo, saj polnilni tok pade na raven nazivnega toka kondenzatorja, sicer bi se tudi upor pregrel. Prehitevalni kontakti z uporom se aktivirajo samo v primeru povsem praznega kondenzatorja, saj bi bil takrat polnilni tok škodljivo visok (ETI Prostik d.o.o., b. d.).



Slika 13: Kondenzatorski kontaktor CEM7, 5CN.11-230V-50HZ
(Vir: Eti, b. d.)

2.2.3.3 KONDENZATORSKA TIRISTORSKA STIKALA

V omrežjih, kjer je veliko porabnikov z različno močjo in nepredvidljivim urnikom delovanja, se obremenitve zelo hitro spreminjajo. Navadni elektromeħanski kontaktorji se pri takem tempu vklapljanja iztrošijo že v skoraj enem letu. Če se jih ne

zamenja pravočasno, lahko to posledično vpliva na uničenje kondenzatorjev, s tem pa tudi ostalih elementov v napravi za kompenzacijo jalove energije. Tiristorska stikala (glej Slika 14) so odporna na fizično obrabo in imajo veliko manjši zagonski tok od elektromehanskih. »To ima pozitiven vpliv na kakovost omrežja: življenjska doba ostalih elementov naprave za kompenzacijo jalove energije se poveča, prav tako nivo varnosti. Razlika v ceni se amortizira v 2–3 letih« (EPCOS AG, 2006, 7).



Slika 14: Tiristorsko stikalo
(Vir: Tdk-Electronics, 2006)

2.2.3.4 PFC KONTROLNIK FAKTORJA MOČI

PFC kontrolnik faktorja moči (glej Slika 15) samodejno meri in izračunava faktor moči $\cos \varphi$, ki je induktiven in kapacitiven, medfazno napetost in tok, skupno harmonsko popačenje (THD) in temperaturo okolice. Na podlagi izmerjenih podatkov in izračunov ter željenih rezultatov vklaplja in izklaplja izhode za vklop kondenzatorskih kontaktorjev (ETI Prostik d.o.o., b. d.).



Slika 15: PFC kontrolnik faktorja moči PFC 6 RS
(Vir: Etigroup, b. d.)

2.2.3.5 TRIFAZNE FILTRske DUŠILKE

Dušilke (glej Slika 16) so sestavljene iz jedra in navitja. Jedro je izdelano iz nizko izgubne hladno valjane pločevine, navitje pa je iz bakrene ali aluminijaste žice temperaturnega razreda F (v tem razredu se lak začne topiti pri temperaturi 155 °C), izvedeno pa je tako, da omogoča kar največje odvajanje toplote (Bobnar, 2018).



Slika 16: Trifazna filtrska dušilka
(Vir: Etigroup, b. d.)

Trifazne filtrske dušilke so primerne za eliminacijo višjih harmonikov, ki sicer povzročajo pojav resonance in pregrevanje kondenzatorjev (ETI Prositk d.o.o., b. d.).

2.2.3.6 VAROVALNI IN LOČILNI ELEMENTI

Pomembni elementi pri napravi za kompenzacijo električne energije so tudi varovalni in ločilni elementi. Mednje sodijo bremenski ločilnik, inštalacijski odklopniki in varovalčni ločilnik.

Bremenski ločilnik oz. bremensko ločilno stikalo (glej Slika 17) lahko varno vklaplja in izklaplja tokove. Vedno izklopi v vseh fazah naenkrat, čeprav se lahko preobremenitev pojavi samo v eni izmed faz (Bastian idr., 2013).



Slika 17: Bremensko ločilno stikalo LBS 160A 3P
(Vir: Etigroup, b. d.)

Za zaščito PFC kontrolnika faktorja moči (glej poglavje 2.2.3.4) se uporablja inštalacijske odklopnike (glej Slika 18) – naprave, ki se samodejno izklopijo pri

povečanem toku, ko je ta večji od nazivnega (Bastian idr., 2013). »Inštalacijski odklopniki ščitijo inštalacijo in porabnika pred preobremenitvenim in okvarnim tokom« (Bastian idr., 2013, 309).



Slika 18: Inštalacijski odklopnik MCB ETIMAT 6 1p B6
(Vir: Etigroup, b. d.)

Sistem NV varovalk je sestavljen iz NV podnožja in taljivih NV vložkov. Pri navadnih podnožjih sme vstaviti ali odstraniti taljive vložke samo strokovnjak z izoliranim natičnim orodjem in ustrezno zaščitno opremo (Bastian idr., 2013). Na spodnji fotografiji (*glej Slika 19*) pa je že podnožje oblikovano kot ločilnik, kar olajša vstavljanje in odstranjevanje taljivih vložkov. Pred tem je potrebno izklopiti bremensko ločilno stikalo, kar dodatno zmanjša nevarnost za stik z električnim tokom (ETI Prostik d.o.o., b. d.).



Slika 19: NV varovalčni ločilnik KVL00
(Vir: Etigroup, b. d.)

2.2.3.7 KOVINSKE OMARE TIPA GT

GT-tip kovinske omare (*glej Slika 20*) zajemajo širok spekter uporabe za industrijske in tudi za stanovanjske zgradbe. Zaradi svoje zasnove nudijo visoko raven IP zaščite, mehansko trdnost in funkcionalnost. Uporabljajo se na mestih, kjer je električna oprema izpostavljena škodljivim dejavnikom (npr. vodi, prahu, mehanskim vplivom ipd.) (ETI PROSTIK d.o.o., b. d.).



Slika 20: Kovinska omara tipa GT
(Vir: Etigroup, b. d.)

Glavne prednosti se nanašajo na to, da so ohišja izdelana iz kakovostne pločevine debeline od 1,2 mm do 2 mm, ki so odporna na zunanje mehanske dejavnike. Posebej profilirani robovi ohišja zagotavljajo trdnost in odlično zaščito pred vodo. Vlito poliuretansko tesnilo na vratih zagotavlja dobro IP zaščito. Poseben način odpiranja vrat omogoča neposredno povezovanje več omar skupaj zaradi posebne strukture tečajev. Montaža vrat je zaradi praktičnosti možna na levo ali desno stran. Ob straneh in na vratih so dodane hladilne reže za odvod toplega zraka (ETI Prostik d.o.o., b. d.).

2.2.4 IZRAČUN MOČI KOMPENZACIJE JALOVE ENERGIJE

Pri določanju moči kompenzacijske naprave je najprej potrebno določiti velikost instalirane jalove moči (VAr), ki bo dvignila faktor moči omrežja ($\cos \varphi$). Jalovo moč (Q) lahko izračunamo po osnovni formuli (glej *Enačba 1*), moč kompenzacije (Q_{cb}) pa s pomočjo formule za izračun moči kompenzacijske naprave (glej *Enačba 4*). Faktor k lahko dobimo na dva načina – s pomočjo formule (glej *Enačba 3*) ali pa iz tabele (glej *Tabela 1*), kjer faktor k lahko razberemo. Faktor moči ($\cos \varphi$) je razmerje med navidezno močjo S (VA), delovno močjo P (W) in jalovo močjo (VAr) (ETI Prostik d.o.o., b. d.). Ko imamo izračunano moč kompenzacije, lahko uporabimo ta podatek pri izračunu kapacitivnosti (glej *Enačba 5*) (Bastian idr., 2013).

Enačba 1

Povezava med navidezno (S) [VA], jalovo (Q) [VAr] in delovno močjo (P) [W] (Bobnar, 2018).

$$S = \sqrt{Q^2 + P^2} = [VA]$$

Enačba 2

Razmerje med delovno in navidezno močjo (bližje kot je vrednost 1, večji je izkoristek prejete električne energije) (Bobnar, 2018).

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Enačba 3

Enačba za pridobitev faktorja k, pri čemer je φ_1 obstoječi kot faznega zamika, φ_2 pa željeni kot faznega zamika (Bastian idr., 2013).

$$k = \tan \varphi_1 - \tan \varphi_2$$

Enačba 4

Nato lahko izračunamo še potrebno moč kompenzacijske naprave Q_{cb} (ETI Prostik d.o.o., b. d.).

$$Q_{cb} = P \cdot k = [VAr]$$

Enačba 5

Formula za izračun kapacitivnosti (C), ω je simbol za krožno frekvenco. Enota za kapacitivnost je farad (Bastian idr., 2013).

$$C = \frac{Q_{cb}}{\omega \cdot U^2} = \frac{Q_{cb}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2} = [F]$$

Kot je že bilo omenjeno, lahko faktor k, zgolj razberemo iz spodnje tabele (glej Tabela 1). Poznati moramo obstoječi in predvideni faktor moči omrežja ($\cos \varphi$).

Obstoječi $\cos \varphi_1$	Željeni $\cos \varphi_2$													
	0,7	0,75	0,8	0,83	0,84	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94	0,95	0,96	0,98	1
0,2	3,88	4,02	4,15	4,20	4,25	4,31	4,36	4,41	4,47	4,54	4,58	4,61	4,70	4,90
0,25	2,85	2,99	3,12	3,17	3,23	3,28	3,33	3,39	3,45	3,51	3,54	3,58	3,67	3,87
0,3	2,16	2,30	2,43	2,48	2,53	2,59	2,64	2,70	2,75	2,82	2,85	2,89	2,98	3,18
0,35	1,66	1,79	1,93	1,98	2,03	2,08	2,14	2,19	2,25	2,31	2,34	2,38	2,47	2,68
0,4	1,27	1,41	1,54	1,59	1,65	1,70	1,75	1,81	1,87	1,93	1,96	2,00	2,09	2,29
0,45	0,96	1,10	1,23	1,29	1,34	1,39	1,44	1,50	1,56	1,62	1,65	1,69	1,78	1,98
0,5	0,71	0,85	0,98	1,03	1,09	1,14	1,19	1,25	1,31	1,37	1,40	1,44	1,53	1,73
0,52	0,62	0,76	0,89	0,94	1,00	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,31	1,35	1,44	1,64
0,54	0,54	0,68	0,81	0,86	0,91	0,97	1,02	1,07	1,13	1,20	1,23	1,27	1,36	1,56
0,56	0,48	0,60	0,73	0,78	0,83	0,89	0,94	1,00	1,05	1,12	1,15	1,19	1,28	1,48
0,58	0,38	0,52	0,65	0,71	0,76	0,81	0,86	0,92	0,98	1,04	1,07	1,11	1,20	1,40
0,6	0,31	0,45	0,58	0,64	0,69	0,74	0,79	0,85	0,91	0,97	1,00	1,04	1,13	1,33
0,62	0,25	0,38	0,52	0,57	0,62	0,67	0,73	0,78	0,84	0,90	0,93	0,97	1,06	1,27
0,64	0,18	0,32	0,45	0,50	0,55	0,60	0,66	0,72	0,77	0,84	0,87	0,91	1,00	1,20
0,66	0,12	0,26	0,39	0,44	0,49	0,54	0,60	0,65	0,71	0,78	0,81	0,85	0,94	1,14
0,68	0,06	0,20	0,33	0,38	0,43	0,48	0,54	0,59	0,65	0,72	0,75	0,79	0,88	1,08
0,7		0,14	0,27	0,32	0,37	0,43	0,48	0,54	0,59	0,66	0,69	0,73	0,82	1,02
0,72		0,08	0,21	0,27	0,32	0,37	0,42	0,48	0,54	0,60	0,63	0,67	0,76	0,96
0,74		0,03	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,42	0,48	0,55	0,58	0,62	0,71	0,91
0,76			0,11	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,43	0,49	0,53	0,56	0,65	0,86
0,78			0,05	0,10	0,16	0,21	0,26	0,32	0,38	0,44	0,47	0,51	0,60	0,80
0,8				0,05	0,10	0,16	0,21	0,27	0,32	0,39	0,43	0,46	0,55	0,75
0,82					0,05	0,10	0,16	0,21	0,27	0,34	0,36	0,41	0,49	0,70
0,84						0,05	0,11	0,16	0,22	0,28	0,31	0,35	0,44	0,65
0,86							0,05	0,11	0,17	0,23	0,26	0,30	0,39	0,59
0,88								0,06	0,11	0,18	0,21	0,25	0,34	0,54
0,9									0,06	0,12	0,15	0,19	0,28	0,48
0,92										0,06	0,09	0,13	0,22	0,43
0,94											0,03	0,07	0,16	0,36

Tabela 1: Tabela faktorja delavnosti (faktorja k) (ETI Prostik d.o.o., b. d.)

Po določitvi faktorja delavnosti se je potrebno odločiti glede primernih elementov, ki bodo sestavljali napravo za kompenzacijo električne energije. Na tak način se določi število in velikost kondenzatorjev, filtrskih dušilk, kontaktorjev ipd., kar smo podrobneje predstavili v prejšnjem podpoglavju (*glej 2.2.3 Sestavni elementi kompenzacijske naprave*). Vse te elemente se vgradi v primerno omarico, najpogosteje kovinsko, ki omogoča zračenje notranjosti skozi hladilne reže, da se segret zrak skozi njih sproti odvede ven. Če se ozračje v omarici namreč premočno segreje, obstaja velika nevarnost poškodovanja elementov (EPCOS AG, 2006).

3 OBSTOJEČE STANJE IN KRITIČNA ANALIZA

Merilni mesti električne energije pri podjetju RIKO KOR d.o.o. (glej Slika 21) sta postavljeni znotraj objekta TP Lepovče – transformatorske postaje (glej Slika 1), ki ni v samostojni lasti omenjenega podjetja, ampak je pod nadzorom in v lasti podjetja Elektro Ljubljana d. d. Dostop v notranjost tega objekta, v katerem so poleg merilnih mest podjetja RIKO KOR d.o.o. postavljena še merilna mesta nekaterih drugih podjetij, ki imajo prostore v industrijski coni Lepovče, imajo samo zaposleni iz podjetja Elektro Ljubljana d. d.



Slika 21: Merilni mesti podjetja RIKO KOR d.o.o. v transformatorski postaji
(Lastni vir)

Merilno mesto »Montaža 1« dovaja električno energijo v objekta, v katerih se izvaja razrez in krivljenje kovine (glej Slika 1). Gre za dva objekta, pri čemer ima vsak od njiju svoj dovod iz objekta TP Lepovče. V enem od teh je postavljena naprava za kompenzacijo jalove energije starejše izdelave (glej Slika 22), ki je brez filtrov za dušenje višjih frekvenc. Na računih za električno energijo je strošek zaračunane jalove energije 104,33 € na mesec (povprečje treh mesecev), kar znaša 2,94 % celotnega stroška za električno energijo na območju »Montaža 1« (glej Priloga 1).



*Slika 22: Obstoječa kompenzacijska naprava na območju »Montaža 1«
(Lastni vir)*

Na drugi strani merilno mesto »Montaža 3« dovaja električno energijo v objekt, kjer se izvaja obdelovanje kovine z rezkanjem, varjenje in barvanje izdelkov (glej Slika 1). Poleg razdelilne omarice stoji sodobna naprava za kompenzacijo jalove energije (glej Slika 23). Na računih za električno energijo je razviden strošek jalove energije, ki znaša v povprečju treh mesecev 20,94 € na mesec, kar znaša 0,41 % celotnega mesečnega stroška za električno energijo na območju »Montaža 3« (glej Priloga 2).



*Slika 23: Sodobna naprava za kompenzacijo jalove energije na območju
(Lastni vir)*

Zaradi višine mesečnih stroškov za električno energijo smo v delu proizvodnega obrata »Montaža 1« med 27. 5. 2021 (ob 13.40) in 2. 6. 2021 (ob 10.10) na 400-V napetostnem nivoju na NN dovodu električne energije za omenjene prostore »Montaža 1« izvedli meritve kakovosti električne energije. Med potekom meritev smo za en dan izklopili obstoječo kompenzacijsko napravo (glej Slika 22), da bi ugotovili, ali in kakšen vpliv ima na kakovost električne energije oz. kakšno razliko naredi v kakovosti električne energije. Meritve smo opravili z namenom preverjanja možnosti smiselnosti vgradnje modernejše filtrske kompenzacijske naprave na samem dovodu in s tem povezanim izboljšanjem kakovosti električne energije, preprečevanjem nastajanja resonančnega pojava zaradi prisotnosti višjeharmonskih komponent v merjenem omrežju, preprečevanjem uničenja kondenzatorjev na obstoječi nefiltrski kompenzacijski napravi in morebitnega zmanjšanja stroškov električne energije na območju »Montaža 1«.

Med postopkom izvajanja meritev se je pojavila dilema, kje naj bi bila postavljena naprava za kompenzacijo jalove energije za območje »Montaža 1«. Ker gresta iz tega merilnega mesta dva izvoda v dva ločena objekta, to pomeni, da bi v primeru postavitve kompenzacijske naprave v TP ustvarili kompenzacijo celotnega sistema tega merilnega mesta. V primeru, da bi bila oba objekta povezana z istim dovodom, bi lahko dotrajano kompenzacijsko napravo na območju »Montaža 1« (glej Slika 22) preprosto zamenjali z novo. V trenutni situaciji pa zaradi dveh izvodov v dva ločena objekta to ni mogoče, saj bi na tak način proizvedena jalova energija od drugega objekta ostala nekompenzirana. Težava z iskanjem primerne prostora za namestitev naprave za kompenzacijo jalove energije se torej pojavi, ker je, kot je že bilo omenjeno, obstoječe merilno mesto podjetja RIKO KOR d.o.o. postavljeno v TP v industrijski coni Lepovče, ki ni last omenjenega podjetja, ampak je v lasti distributerja električne energije. V tem primeru bi bilo za postavitev kompenzacijske naprave za merilno mesto »Montaža 1« potrebno doseči dogovor s podjetjem Elektro Ljubljana d. d., lastnika TP. V kolikor dogovora ne bi bilo mogoče doseči, bi bilo potrebno ponoviti meritve na vsakem objektu na območju »Montaža 1« ter postaviti dve skupinski kompenzacijski napravi, v vsakem objektu svojega.

4 PRAKTIČNI DEL

4.1 POVZETEK RAZISKAVE

Naprava za kompenzacijo jalove energije na merilnem mestu »Montaža 1« v podjetju RIKO KOR d.o.o. je dotrajana in posledično ne zmanjšuje stroškov električne energije v zadovoljivi meri. Zaradi tega smo v diplomski nalogi izvedli meritve kakovosti električne energije pred montažo naprave za kompenzacijo jalove energije ter na podlagi tega pripravili načrt postopka dimenzioniranja oz. montaže le-te ter morebitno finančno korist podjetja RIKO KOR d.o.o. zaradi kompenzacije. Vsi odgovori na raziskovalna vprašanja so podrobneje predstavljeni v nadaljevanju.

4.2 ODGOVORI NA RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

4.2.1 RAZISKOVALNO VPRAŠANJE 1

Ali je glede na izvedene meritve kakovosti električne energije na merilnem mestu »Montaža 1« smiselna vgradnja naprave za kompenzacijo jalove energije?

Meritve kakovosti električne energije v podjetju RIKO KOR d.o.o. so na merilnem mestu »Montaža 1« pokazale, da se v omrežju proizvaja velika količina jalove energije. Le-ta v skupnem povprečju izvedenih meritev znaša 48,7 kVAr, kot pa je razvidno tudi s spodnjega grafa (glej Graf 1), je v časovnem obdobju z dne 31. 5. 2021 med 14.30 in 14.40 (rezultati so prikazani kot povprečje 10-minutnega intervala) dosegla celo 247,17 kVAr.



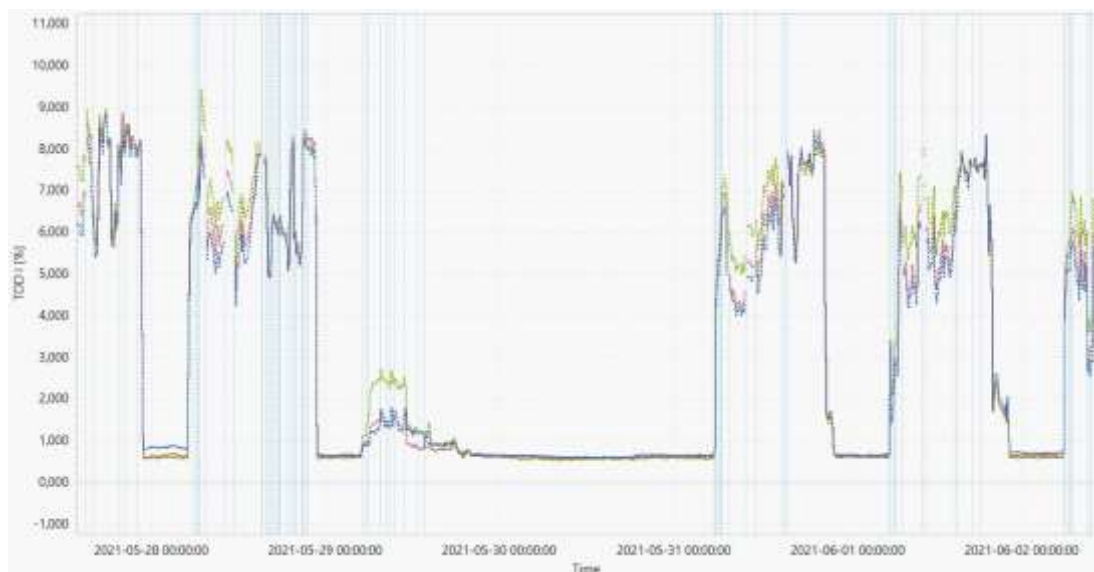
*Graf 1: Graf moči jalove energije v merjenem obdobju
(Lastni vir)*

Jalova energija se ne ustvarja, kadar je faktor moči enak 1 – takrat je efektivna moč enaka navidezni. V intervalu med 0,95 in 1 se jalova energija sicer ustvarja, a je distributer ne zaračunava porabniku. Zaračunavati in beležiti jo začne, kadar faktor moči v obratovalnem času pade pod 0,95 (Bobnar, 2018). Spodnji graf (*glej Graf 2*) prikazuje faktor moči na merilnem mestu »Montaža 1«, ki v skupnem povprečju znaša 0,81. Iz tega lahko sklepamo, da distributer za to merilno mesto zaračunava jalovo energijo in je razkorak med trenutnim izmerjenim povprečnim in želenim faktorjem moči velik.



Graf 2: Graf faktorja moči v merjenem obdobju
(Lastni vir)

Harmonsko popačenje, ki lahko povzroči sunkovit dvig napetosti in s tem možnost preboja napetosti na ohišja naprav in drugih bližnjih kovinskih ogrodij, se ne sme dvigniti nad 8 %, da je zagotovljena varnost elektronskih naprav in ogrodij (Bastian idr., 2013). V našem primeru harmonsko popačenje dosega maksimalne vrednosti tudi do 9,45 %, kar je razvidno tudi iz grafa na naslednji strani (*glej Graf 3*). Poleg tega je v času meritev harmonsko popačenje vrednost 8 % v vseh treh fazah prekoračilo kar 139-krat.



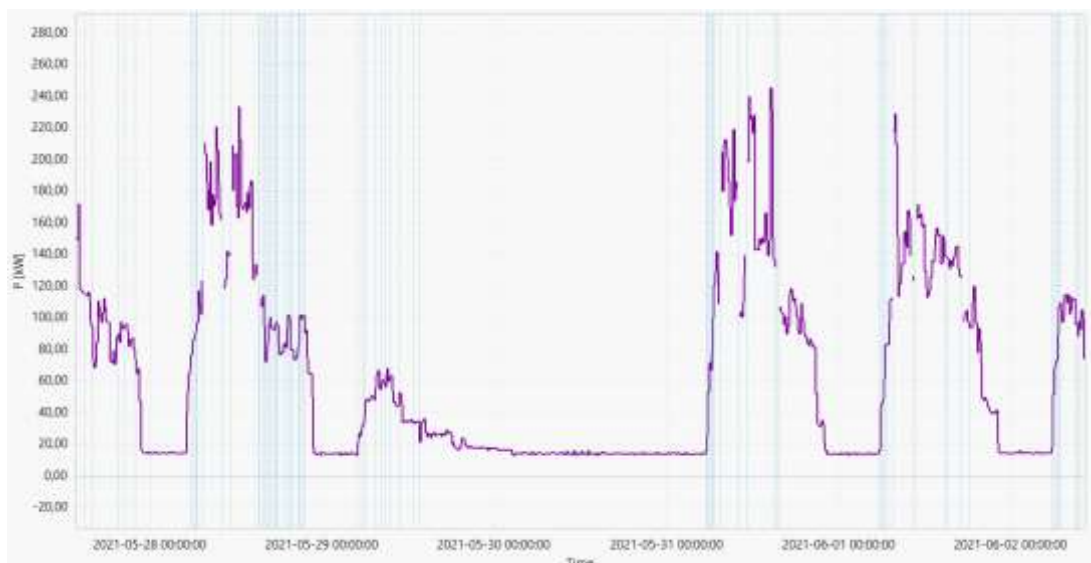
Graf 3: Graf harmonskega popačenja v % v merjenem obdobju
(Lastni vir)

Na podlagi predstavljenih grafov lahko zaključimo, da so merjene količine pokazale odstopanja od količin, ki veljajo pri omrežjih s kakovostno električno energijo. Glede na te ugotovitve smatramo, da je za električno omrežje »Montaža 1« podjetja RIKO KOR d.o.o. smiselna vgradnja naprave za kompenzacijo jalove energije.

4.2.2 RAZISKOVALNO VPRAŠANJE 2

Kako glede na izvedene meritve kakovosti električne energije na merilnem mestu »Montaža 1« dimenzionirati napravo za kompenzacijo jalove energije?

Pri ugotavljanju tega, kako dimenzionirati napravo za kompenzacijo jalove energije, smo izhajali iz rezultatov opravljenih meritev na merilnem mestu »Montaža 1«. V tem delu nas zanima predvsem faktor moči. Na podlagi izmerjenih podatkov lahko določimo razliko med izmerjenim in želenim faktorjem moči (Bobnar, 2018). Iz grafa na naslednji strani (glej Graf 4) smo nato lahko izračunali še potrebno moč kompenzacije.



Graf 4: Graf velikost efektivne moči v merjenem obdobju
(Lastni vir)

Iz podatkov na zgornjem grafu (glej Graf 4) lahko torej izračunamo, da je efektivna moč v povprečju 61,57 kW. Potrebujemo še faktor »k«, ki pa ga izračunamo s pomočjo enačbe, predstavljene v teoretičnem delu (glej poglavje 2.2.4; Enačba 3). Obstoječi $\cos \varphi$ znaša 0,81 ($\cos \varphi_1$), željeni pa naj bi bil vsaj 0,98 ($\cos \varphi_2$). Najprej je potrebno pretvoriti oba $\cos \varphi$ v $\tan \varphi$.

$$\begin{array}{ll} \cos \varphi_1 = 0,81 & \cos \varphi_2 = 0,98 \\ \varphi_1 = 35,90^\circ & \varphi_2 = 11,48^\circ \\ \tan \varphi_1 = 0,72 & \tan \varphi_2 = 0,2 \end{array}$$

Ko izračunamo tangensa kotov faznih zamikov, ju odštejemo in na tak način pridobimo faktor »k«.

$$k = \tan \varphi_1 - \tan \varphi_2$$

$$k = 0,72 - 0,20$$

$$\underline{k = 0,52}$$

Tako lahko vstavimo v enačbo za izračun moči kompenzacije (glej poglavje 2.2.4; Enačba 4) vse potrebne podatke ter dobimo moč kompenzacijske naprave.

$$Q_{cb} = P \cdot k = [VAr]$$

$$Q_{cb} = 61,57 \text{ kW} \cdot 0,52$$

$$\underline{Q_{cb} = 32,02 \text{ kVAr}}$$

Moč kompenzacijske naprave mora biti torej vsaj 32,02 kVAr. Sedaj lahko izračunamo še skupno kapacitivnost kondenzatorjev, kar lahko dobimo iz enačbe za kapacitivnost kondenzatorjev (glej poglavje 2.2.4, *Enačba 5*).

$$C = \frac{Q_{cb}}{\omega \cdot U^2} = \frac{Q_{cb}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2} = [F]$$

$$C = 32,02 \text{ kVAr} : (2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 400^2 \text{ V}^2)$$

$$\underline{C = 637,01 \mu\text{F}}$$

Skupna kapacitivnost kondenzatorjev je znana, a ker je omrežje trifazno, razdelimo kapacitivnost na tri enake dele (Bastian idr., 2013).

$$C_{L1} = C_{L2} = C_{L3} = \frac{C}{3}$$

$$C_{L1} = C_{L2} = C_{L3} = 637,01 \mu\text{F} : 3$$

$$\underline{C_{L1} = C_{L2} = C_{L3} = 212,34 \mu\text{F}}$$

Ta podatek potrebujemo, ker za omrežje treh faz potrebujemo trifazne kondenzatorje. Njihova lastnost je, da imajo trikratno kapacitivnost, za vsako fazo posebej (npr. 3x198 μF pomeni skupno kapacitivnost 594 μF za kompenzacijo 30 kVAr) (ETI d.o.o., 2022c). Ker smo računali moč kompenzacije glede na povprečno vrednost efektivne energije, smo nato pri izbiri kondenzatorjev upoštevali možnost nihanja trenutnih obremenitev jalove energije (lahko pride do velikih skokov med višjimi in nižjimi vrednostmi). Za dimenzioniranje smo izbrali več različnih kondenzatorjev, ki bodo skupaj sposobni kompenzirati tudi jalovo energijo v velikosti 50 kVAr, pri tem pa smo bili pozorni na to, da največji posamezni kondenzator ne presega povprečne moči kompenzacije, saj to ni ustrezno (ETI Prostik d.o.o., b. d.). Na podlagi vsega predstavljenega smo na spletni strani podjetja ETI d.o.o. (2022e) izbrali dva kondenzatorja za kompenzacijo *LPC 20 kVAr, 400V, 50HZ* s kapacitivnostjo 3x132,6 μF in kondenzator za kompenzacijo *LPC 10 kVAr, 400V, 50HZ* s kapacitivnostjo 3x66,3 μF . Vklaplja in izklaplja jih PFC kontrolnik faktorja moči *PFC 6 RS* (glej poglavje 2.2.3.4) glede na izmerjene in preračunane podatke o faktorju moči.

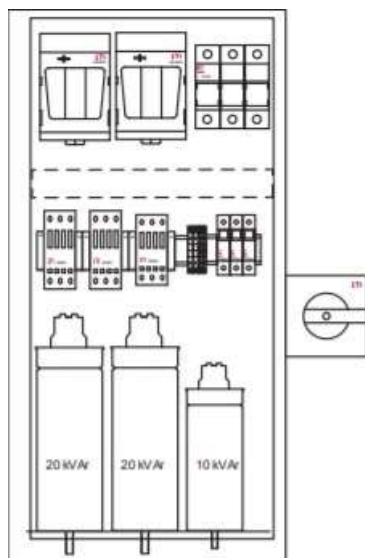
Glede na izbor kondenzatorjev se dimenzionira kondenzatorske kontaktorje (ETI Prostik d.o.o., b. d.). Če imamo torej dva kondenzatorja za 20 kVAr in enega za 10 kVAr, izberemo tudi kontaktorje takšnih moči. Izberemo 2 kontaktorja *CEM25CN.10-230V-50HZ* in enega *CEM10CK.02-230V-50HZ* (ETI d.o.o., 2022d).

Glede na rezultate meritev harmonskega popačenja (glej Graf 3) je smiselno izbrati filtrske dušilke, ki bodo zadušile višje frekvence, da popačenje ne bo višje od 8 % (Bobnar, 2018). Moči filterških dušilk bodo sorazmerne kondenzatorjem in kontaktorjem, pomembna lastnost pa je tudi faktor dušenja, ki je lahko $p = 14\%$, $p = 7\%$, kar se najpogosteje uporablja in druge vrednosti. Izbrali smo dve filterški dušilki

HFL 7/20 Cu in eno *HFL 7/10 Cu* (ETI d.o.o., 2022b). Gre za filtrski dušilki z bakrenim navitjem, ker ta material zdrži večje temperaturne obremenitve. Za faktor dušenja $p = 7\%$ smo se odločili, ker ustrezno zaduši harmonska popačenja, da le-ta ne zrastejo nad 8% .

»Posamezno vejo sestavlja varovalka s podnožjem oziroma ločilnikom, najpogosteje so to NV varovalke. Pri dimenzioniranju varovalke ne smemo pozabiti na ustrezno nazivno napetost, ki mora biti dovolj visoka za zanesljivo delovanje. Najbolje je, da uporabimo gCP varovalko, katere karakteristika je posebej prilagojena za zanesljivo in varno delovanje. Nazivni tok varovalke mora tudi biti ustrezno predimenzioniran, zaradi velikega toka ob začetku polnjenja praznega kondenzatorja« (Bobnar, 2018, 22). Glede na karakteristike kondenzatorjev, kontaktorjev, dušilk in kontrolnika faktorja moči smo se odločili za 6 varovalk *NH00 25kVAr 690V gCP* in 3 varovalke *NH00 15kVAr 690V gCP* in še inštalacijski odklopnik *ETIMAT 6 1p B6*, ki bo v vezavi umeščen pred kontrolnikom moči (ETI d.o.o., 2022f).

Ko imamo izbrane in določene ustrezne varovalke, se odločimo še glede ločilnika primerne moči, ki ga najdemo na spletni strani ETI d.o.o. V našem primeru smo izbrali bremenski ločilnik *LBS 160 3P*, ker ima dovolj močne kontakte, ki lahko zdržijo največjo obremenitev naprave za kompenzacijo jalove energije (ETI d.o.o., 2022a).



Slika 24: Osnutek naprave za kompenzacijo jalove energije z močjo 50 kVAr
(Vir: ETI Prostik d.o.o., b. d)

Vse našteve elemente nato namestimo in z vodniki povežemo v kovinski omarici tipa GT. »Za kompenzacijske naprave od 10 do 50 kVAr je dimenzija omarice 800 x 400 x 250 mm, za moči od 60 do 105 kVAr pa 1000 x 800 x 300 mm« (ETI Prostik, b.d., 22).

4.2.3 RAZISKOVALNO VPRAŠANJE 3

Kakšni bodo predvideni stroški investicije in kakšni predvideni prihranki na mesečni ravni za merilno mesto »Montaža 1« ter kdaj se pričakuje amortiziranje investicije?

Pri dosedanjem obratovanju se je izkazalo, da stroški jalove energije na merilnem mestu »Montaža 1« s staro kompenzacijsko napravo predstavljajo 2,94 % celotnega stroška električne energije. Na drugi strani le-ti na merilnem mestu »Montaža 3«, ki razpolaga s sodobno kompenzacijsko napravo, predstavljajo le 0,41 % celotnega stroška električne energije.

V postavitve nove naprave za kompenzacijo jalove energije na območju stare (»Montaža 1«) bi podjetje RIKO KOR d.o.o. investiralo približno 2500 €. V ceno je všteta izdelava naprave za kompenzacijo, postavitve na dogovorjenem mestu, priključitev na omrežje in nastavitve parametrov kontrolnika faktorja moči. Na merilnem mestu »Montaža 1« trenutno glede na povprečje treh mesecev (glej Priloga 1) plačujejo 3554,33 €/mesec, pri čemer je od tega 2,94 % strošek jalove energije. To v povprečju treh mesecev znaša 104,5 €/mesec. Pri vgradnji naprave za kompenzacijo jalove energije bi se lahko strošek jalove energije zmanjšal na podobno raven, kot je trenutno prisotna na merilnem mestu »Montaža 3«, torej na 0,41 % celotnega stroška električne energije. To pa pomeni povprečni mesečni strošek 14,57 €/mesec. Na ta način bi podjetje RIKO KOR d.o.o. prihranilo približno 90 €/mesec, kar nakazuje na to, da se strošek investicije v napravo za kompenzacijo jalove energije povrne v dveh letih in pol. Elementi naprave za kompenzacijo jalove energije imajo dolgo življenjsko dobo, če so pravilno dimenzionirani. Brez rednega in učinkovitega vzdrževanja se sicer lahko ta strošek investicije redno povečuje (npr. nabava novih kondenzatorjev, kontaktorjev, dušilk ipd.), a se z rednim osnovnim vzdrževanjem življenjska doba elementov podaljšuje. Ob primernem vzdrževanju bi se strošek investicije povrnil v dveh letih in pol, potem pa bi morali po predvidevanjih elementi v napravi za kompenzacijo električne energije zdržati vsaj 10 let brez zamenjave zaradi uničenja (ETI d.o.o., 2021).

5 ZAKLJUČEK

Kompenzacija jalove energije je eden od načinov za zagotavljanje dobave kakovostne električne energije. Tako distributerji kot porabniki imajo velike koristi od kakovostne električne energije, saj le-ta zmanjšuje možnosti prekinitev ali izpadov dobave ipd. (Skupina GEN, b. d.). Po drugi strani je s tem, ko porabniki (v našem primeru podjetja v industrijski coni Lepovče) v lastnih omrežjih poskrbijo za učinkovito porabo dobavljene energije, tudi distributerjem olajšana dobava brez večjih investicij, s čimer na koncu prihranijo tako porabniki kot tudi distributerji. Podjetje RIKO KOR d.o.o. je klasično proizvodno podjetje v kovinski industriji. V njihovih prostorih prevladujejo porabniki električne energije (RIKO KOR d.o.o., b. d.), ki predstavljajo vzrok za nižji faktor moči od optimalnega. Veliko število elektromotorjev in varilnih aparatov porablja velike količine električne energije in pri tem ustvarja jalovo energijo, ki jo distributer zaračunava.

V teoretičnem delu smo se seznanili s pogoji, ki določajo kakovost električne energije, slovenski standard SIST EN 50160:2011, sistemskimi obratovalnimi navodili za distributerje SONDSEE in predstavili merilni instrument, ki je bil uporabljen pri analizi kakovosti električnega omrežja (Metrel 2892 Power Master) v praktičnem delu. Predstavili smo definicijo kompenzacije jalove energije, načine in vrste kompenzacij ter pregled potrebnih elementov, ki se uporabljajo pri sestavljanju naprave za kompenzacijo jalove energije. Temu smo dodali tudi prikaz uporabe rezultatov analize kakovosti električne energije ter izračune za izbor primernih sestavnih elementov.

Opisali smo obstoječe stanje kakovosti električne energije v podjetju RIKO KOR d.o.o., razlike med merilnima mestoma »Montaža 1« in »Montaža 3«, izpostavili omejitve fizične postavitve naprave za kompenzacijo jalove energije in predstavili postopek meritve. Z več meritvami v različnih obdobjih bi imeli trdnejšo podlago za predlaganje rešitve v obliki naprave za kompenzacije jalove energije.

V uvodu smo se spraševali glede smiselnosti vgradnje naprave za kompenzacijo jalove energije in z analizo rezultatov potrdili, da bi bila potrebna vgradnja naprave za kompenzacijo jalove energije z močjo 50 kVAr. Z enačbami, ki so bile predstavljene v teoretičnem delu, smo izračunali, kakšna naj bo skupna kapacitivnost in na podlagi teh rezultatov dimenzionirali še filtrske dušilke, kondenzatorske kontaktorje, kontrolnik faktorja moči, varovalčne ločilnike in bremensko stikalo. Predvideli smo tudi velikost kovinske omare, v katero bi bili ti elementi vgrajeni. Ker se podjetje RIKO KOR d.o.o. zaenkrat še ni odločilo za predlagano investicijo, trenutno še ni mogoče podati zaključkov o sami montaži in praktičnem dimenzioniranju naprave za kompenzacijo jalove energije, bi pa to zagotovo predstavljajo dragoceno izkušnjo.

Pri ugotavljanju predvidenih prihrankov za merilno mesto »Montaža 1« smo izhajali oz. jih primerjali s prihranki na merilnem mestu »Montaža 3«, kar nam je predstavljajo

osnovo, saj vgradnja naprave za kompenzacijo tam že nekaj let daje rezultate v obliki nižji stroškov električne energije. Tako smo tudi za merilno mesto »Montaža 1« predvideli, da naj bi se del stroškov električne energije, ki predstavlja jalovo energijo, zmanjšal za približno 2,5 %, investicija pa naj bi se posledično amortizirala v 2 letih in pol. Bi pa bilo smiselno tudi ta predvidevanja še preveriti v praksi. Če bi se podjetje RIKO KOR d.o.o. odločilo za vgradnjo naprave za kompenzacijo jalove energije, bi lahko opravili še meritve kakovosti električne energije po vgradnji, s čimer bi na koncu tudi lažje preverili, ali so naša trenutna predvidevanja o boljšem izkoristku prejete električne energije popolnoma utemeljena ali ne.

Poleg vsega omenjenega lahko izpostavimo še sledečo možnost za prihranek stroška električne energije. Med ogledom proizvodnih prostorov smo opazili, da je v podjetju v veliki meri še vedno prisotna klasična razsvetljava. Zagotovo bi delež k zmanjšanju stroškov električne energije prispevala zamenjava le-te z LED razsvetljavo, a to ni tema te diplomske naloge. Obstajajo tudi še druge možnosti za zmanjšanje stroškov električne energije. S tem povezana optimizacija delovnega procesa in uspešnost podjetja pa bi bila lahko tema za razširitev oz. dopolnitev tega diplomskega dela.

6 LITERATURA IN VIRI

ABB SACE. (2010). *Technical Application Papers No. 8; Power factor correction and harmonic filtering in electrical plants.*

<https://library.e.abb.com/public/4704e67320c08992c1257870002e4700/1SDC007107G0202.pdf>

Bastian, P., Baumiller, H., Burgmaier, M., Eichler, W., Feustel, B., Käppel, T., Klee, W., Manderla, J., Reichmann, O., Schwartz, J., Tkotz, K., Winter, U. in Ziegler, K. (2013). *Elektrotehniški priročnik*. Ljubljana: TZS

Bobnar M. (2018). Zakaj je potrebna kompenzacija jalove energije in kako deluje. *Elektrotehniška revija*, 5(3), 20-23.

EPCOS AG. (2006). *Optimized Design of Power Factor Correction System; Power Quality Solutions.* <https://www.tdk-electronics.tdk.com/download/530822/30bf34789c56b4209d16cb0ac4aeb49a/pdf-optimizeddesignan100.pdf>

ETI d.o.o. (2022a). *Bremenska ločilna stikala LBS.* <https://www.eti.si/index.php/eti-product-search?search=LBS%20160%203P>

ETI d.o.o. (2022b). *Filtrske dušilke.* <https://www.eti.si/index.php/eti-product-search?search=filtersk>

ETI d.o.o. (2022c). *Trifazni kondenzatorji.* <https://www.eti.si/produkti-storitve/naprave-za-kompenzacija-jalove-energije/trifazni-kondenzatorji>

ETI d.o.o. (2022d). *Kondenzatorski kontaktorji.* <https://www.eti.si/produkti-storitve/naprave-za-kompenzacija-jalove-energije/kondenzatorski-kontaktorji-cem-cn>

ETI d.o.o. (2022e). *Kondenzator LPC-DW 30 kVAr, 400V, 50HZ.* <https://www.eti.si/produkti-storitve/004656856-kondenzator-lpc-30kw-400v>

ETI d.o.o. (2022f). *Talilni vložki za zaščito energetske kondenzatorjev.* <https://www.eti.si/produkti-storitve/talilni-vlozki-za-zascito-energetskih-kondenzatorjev>

ETI Prostik d.o.o. (2021). *Zakaj je potrebna kompenzacija jalove energije in kako deluje.* <https://prihrani.eti.si/kompenzacije-strokovno/>

ETI Prostik d.o.o. (b. d.). *Rešitve*.
http://www.eti.si//images/userfiles/slSI/documents/products/resitve/ETI_Prostik_SL_O.pdf

ETIMAT 6 1p B6. (b. d.). http://www.eti.si//images/product_db/idents/en-GB/002111512_photo.jpg

Google Zemljevidi. (2021).
<https://www.google.com/maps/@45.7443083,14.7343174,536a,35y,303.69h/data=!3m1!1e3>

Kondenzatorski kontaktor CEM7, 5CN.11-230V-50HZ. (b. d.).
https://www.eti.si//images/product_db/idents/en-GB/004643800_photo.jpg

Kovinska omara tipa GT. (b. d.) http://www.eti.si/images/userfiles/sl-SI/documents/products/resitve/ETI_Prostik_SLO.pdf

KVL00. (b. d.). <https://www.etigroup.eu/products-services/001690870-fuse-switch-disconnector-kvl-00-160a-3-690v-440v-ac-23b-dc-22b>

LBS 160A 3P. (b. d.). <https://www.etigroup.eu/products-services/004661450-switch-disconnector-lbs-panel-mounted-3-160a-800v>

Metrel d.d. (b. d.). *Analiza kakovosti električne energije MI 2892 Power Master*.
https://www.metrel.si/assets/Metrel/PDF_dokumentacija/Single_leaflets/MI_2892_Power_Master/Slo/single2020mi-2892-power-masterslo_1.pdf

PFC kontrolnik faktorja moči PFC 6 RS. (b. d.). <https://www.etigroup.eu/products-services/pfc/004656905-cos-fi-controller-pfc>

RIKO KOR d.o.o. (b. d.). <http://www.riko-kor.si/sl/>

Skupina GEN (b. d.). *Pomen električne energije*.
<https://www.esvet.si/energija/pomen-elektricne-energije>

SIST EN 50160:2011. (b. d.).
<http://ecommerce.sist.si/catalog/project.aspx?id=2427fbad-6540-42e8-8d9b-2ad515ae1e95>

SIST EN 61000-4-30:2015. (b. d.).
<http://ecommerce.sist.si/catalog/project.aspx?id=c68a657a-68f4-44e8-a93f-d1e6ee45a425>

Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije (SONDEE). (2020). *Uradni list RS*, št. 7/21. http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=AKT_1188#

Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST). (2011). *SIST EN 50160:2011 – Značilnosti napetosti v javnih razdelilnih omrežjih*. SIST.

Trifazna filtrska dušilka. (b. d.). <https://www.etigroup.eu/products-services/004656802-detunig-reactor-hfl>

Trifazni nizkonapetostni suhi kondenzator LPC 1 kVAr, 400V, 50Hz. (b. d.). http://www.eti.si//images/product_db/levels/en-GB/4246_photo.jpg

Thyristor module. (2006). <https://www.tdk-electronics.tdk.com/download/530822/30bf34789c56b4209d16cb0ac4aeb49a/pdf-optimizeddesignan100.pdf>

Zorman, M., Žebelj, D. in Žlahtič, F. (2000). *Vrednotenje kakovosti električne napetosti s kriteriji elektromagnetne združljivosti*. Založba Agencija POTI

PRILOGI

Priloga 1: Strošek zaračunane jalove energije za območje »Montaža 1« v obdobju treh mesecev (julij 2020–september 2020)

Elektro Ljubljana

ZA SODO d.o.o.
ID za DDV: SI49977725
http://www.elektro-ljubljana.si
Informacije: +386 (0)1 23 04 000
E-naslov: info@elektro-ljubljana.si

Podjetje za distribucijo električne energije, d. n.
Mavrovska cesta 50, SI-1000 Ljubljana

BITIS - Galaxy.DOCS
20/1675

Ljubljana, 04.08.2020
RAČUN št.: 82610
omrežnino, prispevke in storitve
Za obdobje od 01.07.2020 do 31.07.2020

PREJETO
10.08.2020
2015

RIKO KOR D.O.O.
LEPOVČE 23
1310 RIBNICA

Datum zapadlosti: 19.08.2020
Št.pogodbenega računa: 202603687300

Št. odjemnega mesta: 702641911004
Referenca: SI12 2495284893029
IBAN (TRR): SI56 0310 0100 7665 588
BIC: SKBAS12X
Številka števca: 32014362
Obračunska moč: 401 kW
Varovalka: 3X600 A

Odjemna skupina:
Napetostni nivo: Nizka napetost
Vrsta odjema: T < 2500 ur

Plačnik št.: 159886
RIKO KOR D.O.O., LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA
ID za DDV: SI75967715

Obračun za število merilnega mesta: 3-8217-RIKO-MONTAŽA L, LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA / GSRN MM: 383111580023646380

*ODATKI O PORABI								
Št.števca	Vir odbirka	Tarifa	Datum od	Datum do	Odbirek od	Odbirek do	Razlika Konstanta kWh/kW/kVArh	
32014362	Distributer	Obračunska moč	01.07.2020	31.07.2020	0	251	251	
32014362	Distributer	Energija VT	01.07.2020	31.07.2020	2308810	2352429	43619	
32014362	Distributer	Energija MT	01.07.2020	31.07.2020	474337	480005	5668	
32014362	Distributer	Jalova en. zarač.	01.07.2020	31.07.2020	0	11852	11852	
SKUPNA PORABA V OBDOBJU kWh							49.287	
POVPREČNA DNEVNA PORABA kWh					VT	MT	ET/Skupaj	
					1407,065	182,839	1589,904	
OBRAČUN NA OSNOVI PORABE							2.970,03857	
Produkt	Datum od	Datum do	Dni	kWh/kW	Cena EUR	% DDV	Znesek EUR	
Omrežnina skupaj								2.182,68993
Obračunska moč	01.07.2020	31.07.2020	31	251	4,32053	22,00	1.084,45303	
Omrežnina VT	01.07.2020	31.07.2020	31	43.619	0,02074	22,00	904,65806	
Omrežnina MT	01.07.2020	31.07.2020	31	5.668	0,01594	22,00	90,34792	
Jalova en. zarač.	01.07.2020	31.07.2020	31	11.852	0,00871	22,00	103,23092	
Prispevki in ostale dajatve skupaj							787,34864	
Prispevek OVE+SPT	01.07.2020	31.07.2020	31	251	2,95423	22,00	741,51173	
Prispevek za delovanje operaterja trga	01.07.2020	31.07.2020	31	49.287	0,00013	22,00	6,40731	
Prispevek za energijsko učinkovitost	01.07.2020	31.07.2020	31	49.287	0,00080	22,00	39,42960	
Stopnja DDV	Osnova za DDV	Znesek DDV	Skupaj					
22% DDV	2.970,04	653,41	3.623,45					
Skupaj znesek računa EUR			3.623,45					
A PLAČILO EUR			3.623,45					

Reklamacije upoštevamo v roku 8 dni po izstavitvi računa. V primeru reklamacije navedite številko računa.

Elektro Ljubljana

ZA SODO d.o.o.
 ID za DDV: SI49977725
 http://www.elektro-ljubljana.si
 Informacije: +386 (0)1 23 04 000
 E-naslov: info@elektro-ljubljana.si



Prejeto za distribucija električne energije, d. d.
 Mirovska cesta 56, SI-1000 Ljubljana

Ljubljana, 02.09.2020
RAČUN št.: 94176
 omrežnino, prispevke in storitve
 Za obdobje od 01.08.2020 do 31.08.2020

BITS - GalaxV.DOCX



20/1894

RIKO KOR D.O.O.
 LEPOVČE 23
 1310 RIBNICA

PREJETO

08. 09. 2020
 2262

Datum zapadlosti: **17.09.2020**
 Št.pogodbenega računa: **202603687300**
 Št. odjemnega mesta: 702841911004
 Referenca: **SI12 2584427604350**
 IBAN (TRR): **SI56 0310 0100 7665 588**
 BIC: **SKBASIZX**
 Številka števca: 32014362
 Obračunska moč: 401 kW
 Varovalka: 3X600 A
 Odjemna skupina:
 Napelostni nivo: Nizka napelost
 Vrsta odjema: T < 2500 ur

Plačnik št.: 159886
 RIKO KOR D.O.O., LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA
 ID za DDV: SI75967715

Obračun za številko merilnega mesta: 3-8217-RIKO-MONTAŽA I, LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA / GSRN MMA: 363111580023646360

ODATKI O PORABI							
Št. števca	Vir odbirka	Tarifa	Datum od	Datum do	Odbirek od	Odbirek do	Razlika Konstanta kWh/kWVarh
32014362	Distributer	Obračunska moč	01.08.2020	31.08.2020	0	244	244
32014362	Distributer	Energija VT	01.08.2020	31.08.2020	2352429	2306815	36386
32014362	Distributer	Energija MT	01.08.2020	31.08.2020	490005	484489	4484
32014362	Distributer	Jakovina in storit.	01.08.2020	31.08.2020	0	12500	12500
SKUPNA PORABA V OBDOBJU kWh							42.870
POVPREČNA DNEVNA PORABA kWh							
			VT	MT	ET/Skupaj		
			1238,258	144,645	1382,903		

OBRAČUN NA OSNOVI PORABE							
Produkt	Datum od	Datum do	Dni	kWh/kW	Cena EUR	% DDV	Znesek EUR
Omrežnina skupaj							
Obračunska moč	01.08.2020	31.08.2020	31	244	4,2053	22,00	2.031,49495
Omrežnina VT	01.08.2020	31.08.2020	31	36.386	0,02074	22,00	796,12564
Omrežnina MT	01.08.2020	31.08.2020	31	4.484	0,01594	22,00	71,47496
Jakovina in storit.	01.08.2020	31.08.2020	31	12.500	0,00871	22,00	109,88583
Prispevki in ostale dajatve skupaj							760,70122
Prispevek OVE+SPTE	01.08.2020	31.08.2020	31	244	2,95423	22,00	720,83212
Prispevek za delovanje operaterja lega	01.08.2020	31.08.2020	31	42.870	0,00513	22,00	5,57310
Prispevek za energetsko učinkovitost	01.08.2020	31.08.2020	31	42.870	0,00080	22,00	34,28600

Stopnja DDV	Osnova za DDV	Znesek DDV	Skupaj
22% DDV	2.792,20	614,28	3.406,48
Skupaj znesek računa EUR			3.406,48
A PLAČILO EUR			3.406,48

Reklamacije upoštevamo v roku 8 dni po izstavitvi računa. V primeru reklamacije navedite številko računa.



Elektro Ljubljana PREJETO

ZA SODO d.o.o.
ID za DDV: SI49977725
http://www.elektro-ljubljana.si
Informacija: +386 (0)1 23 04 000
E-naslov: info@elektro-ljubljana.si

08. 10. 2020

2552

Podjetje za distribucijo električne energije, d. o. o.
Slovenska cesta 56, SI-1000 Ljubljana

BITIS - GalaxY.DOCS



20/2146

SI 2-2020-5
0-02
2-077
1-077
1-077
1-077
1-077

DLI_0025899.kov / 100x140mm / 100x140mm

Ljubljana, 02.10.2020
RAČUN št.: 106459

omrežnino, prispevke in storitve
Za obdobje od 01.09.2020 do 30.09.2020

Datum zapadlosti: 17.10.2020
Št.pogodbenega računa: 202603687300

Šl. odjemnega mesta: 702841911004

Referenca: SI12 2749797477339

IBAN (TRR): SI56 0310 0100 7665 588

BIC: SKBAS21X

Številka števca: 32014362

Obračunska moč: 401 kW

Varovalka: 3X600 A

Odjemna skupina:

Napetostni nivo: Nizka napetost

Vrsta odjema: T < 2500 ur

Plaćnik št.: 159886

RIKO KOR D.O.O., LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA

ID za DDV: SI75967715

Obračun za številko merilnega mesta: 3-8217-RIKO-MONTAŽA L, LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA / GSRN MM: 383111580023646380

PODATKI O PORABI							
Št.števca	Vir odbirka	Tarifa	Datum od	Datum do	Odbirek od	Odbirek do	Razlika Konstanta kWh/kW/kVArh
32014362	Distributer	Obračunska moč	01.09.2020	30.09.2020	0	253	253 1 253
32014362	Distributer	Energija VT	01.09.2020	30.09.2020	2380815	2432228	41413 1 41413
32014362	Distributer	Energija MT	01.09.2020	30.09.2020	484489	492782	8293 1 8293
32014362	Distributer	Jalovi en. zarač.	01.09.2020	30.09.2020	0	11490	11490 1 11490
SKUPNA PORABA V OBDOBJU kWh							49.706
POVPREČNA DNEVNA PORABA kWh							
					VT	MT	ET/Skupaj
					1380,433	276,433	1656,866
OBRAČUN NA OSNOVI PORABE							2.977,91480
Produkt	Datum od	Datum do	Dni	kWh/kW	Cena EUR	% DDV	Znesek EUR
Omrežnina skupaj							
Obračunska moč							
	01.09.2020	30.09.2020	30	253	4,32053	22,00	1,093,09409
	01.09.2020	30.09.2020	30	41,413	0,02074	22,00	858,90562
	01.09.2020	30.09.2020	30	8,293	0,01594	22,00	132,19042
	01.09.2020	30.09.2020	30	11,490	0,00871	22,00	106,07790
Prispevki in ostale dajatve skupaj							793,64677
	01.09.2020	30.09.2020	30	253	2,95423	22,00	747,42019
	01.09.2020	30.09.2020	30	49,706	0,00013	22,00	6,46178
	01.09.2020	30.09.2020	30	49,706	0,00080	22,00	39,76480
Stopnja DDV	Osnova za DDV	Znesek DDV	Skupaj				
22% DDV	2.977,91	656,14	3.633,05				
Skupaj znesek računa EUR							3.633,05
ZA PLAČILO EUR							3.633,05

S 850 - K177 - (3/4)

Reklamacije upoštevamo v roku 8 dni po izstavitvi računa. V primeru reklamacije navedite številko računa.

Priloga 2: Strošek zaračunane jalove energije za območje »Montaža 3« v obdobju treh mesecev (julij 2020–september 2020)

Elektro Ljubljana

ZA SODO d.o.o.
ID za DDV: SI4967725
http://www.elektro-ljubljana.si
Informacije: +386 (0)1 23 04 000
E-naslov: info@elektro-ljubljana.si

Podjetje za distribucijo električne energije, d. d.
Slovenska cesta 50, SI-1900 Ljubljana

20/1674

Ljubljana, 04.08.2020
RAČUN št.: 82611
omrežnino, prispevke in storitve
Za obdobje od 01.07.2020 do 31.07.2020

Datum zapadlosti: 19.08.2020
Št.pogodbenega računa: 207739315557

Št. odjemnega mesta: 702941910002
Referenca: SI12 2921501715044
IBAN (TRR): SI56 0310 0100 7665 588
BIC: SKBAS12X
Številka števca: 32074229
Obračunska moč: 500 kW

Odjemna skupina:
Napetostni nivo: Nizka napetost
Vrsta odjema: T >= 2500 ur

Plaćnik št.: 159886
RIKO KOR D.O.O., LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA
ID za DDV: SI75967715

Obračun za številko merilnega mesta: 3-8216-RIKO-MONTAŽA III, LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA / GSRN MM: 363111560010126862

PODATKI O PORABI									
Številka	Vir odbirka	Tarifa	Datum od	Datum do	Odbirek od	Odbirek do	Razlika	Konstanta	kWh/kWkVArh
32074229	Distributer	Obračunska moč	01.07.2020	31.07.2020	0	259	259	1	259
32074229	Distributer	Energija VT	01.07.2020	31.07.2020	4299710	4355570	55852	1	55852
32074229	Distributer	Energija MT	01.07.2020	31.07.2020	1371623	1391507	19974	1	19974
32074229	Distributer	Jalova en. zarač.	01.07.2020	31.07.2020	0	2160	2160	1	2160
SKUPNA PORABA V OBDOBJU kWh									75.826
POVPREČNA DNEVNA PORABA kWh									ET/Skupaj
					VT	MT			
					1801,677	644,323	2446,000		
OBRAČUN NA OSNOVI PORABE									4.175,42134
Produkt	Datum od	Datum do	Dni	kWh/kW	Cena EUR	% DDV	Znesek EUR		
Omrežnina skupaj	2.453,01152								
Obračunska moč	01.07.2020	31.07.2020	31	259	5,19354	22,00	1.345,12686		
Omrežnina VT	01.07.2020	31.07.2020	31	55.852	0,01529	22,00	853,97706		
Omrežnina MT	01.07.2020	31.07.2020	31	19.974	0,01177	22,00	235,09398		
Jalova en. zarač.	01.07.2020	31.07.2020	31	2.160	0,00871	22,00	18,81360		
Prispevki in ostale dajatve skupaj	1.722,40982								
Prispevek OVE+SPT	01.07.2020	31.07.2020	31	259	6,37796	22,00	1.651,89164		
Prispevek za delovanje operaterja Irja	01.07.2020	31.07.2020	31	75.826	0,00013	22,00	9,85738		
Prispevek za energetske učinkovitost	01.07.2020	31.07.2020	31	75.826	0,00080	22,00	60,66080		
Stopnja DDV	Osnova za DDV	Znesek DDV	Skupaj						
22% DDV	4.175,42	918,59	5.094,01						
Skupaj znesek računa EUR			5.094,01						
7% PLAČILO EUR			5.094,01						

Podatke in informacije upošlevamo v roku 8 dni po izstavitvi računa. V primeru reklamacije navedite številko računa.

BTIS - Galaxy.DOCX



Elektro Ljubljana

ZA SODO d.o.o.
 ID za DDV: SI49977725
 http://www.elektro-ljubljana.si
 Informacije: +386 (0)1 23 04 000
 E-naslov: info@elektro-ljubljana.si

Podjetje za distribucijo električne energije, d. d.
 Slovanska cesta 56, SI-1000 Ljubljana

20/1895

Ljubljana, 02.09.2020
RAČUN št.: 94177
 omrežnino, prispevke in storitve
 Za obdobje od 01.08.2020 do 31.08.2020

Datum zapadlosti: 17.09.2020
Št. pogodbenega računa: 207739315557

Šl. odjemnega mesta: 702841910002
Referenca: S112 2914054693901
IBAN (TRR): SI56 0310 0100 7665 588
 BIC: SKBAS12X
 Številka števca: 32074229 **Odjemna skupina:**
 Obračunska moč: 500 kW **Napetostni nivo: Nizka napetost**

Vrsta odjema: T >= 2500 ur

PREJETO

08. 09. 2020

2263

RIKO KOR D.O.O.
 LEPOVČE 23
 1310 RIBNICA

Plačnik št.: 159886
 RIKO KOR D.O.O., LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA
 ID za DDV: SI75967715

Obračun za številko merilnega mesta: 3-8216-RIKO-MONTAŽA III, LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA / GSRN MM: 383111580010128882

ODATKI O PORABI							
St.števca	Vir odbirka	Tarifa	Datum od	Datum do	Odbirek od	Odbirek do	Razlika Konstanta kWh/kW/kVArh
32074229	Distributer	Obračunska moč	01.08.2020	31.08.2020	0	260	260 1 260
32074229	Distributer	Energija VT	01.08.2020	31.08.2020	4355570	4402414	46844 1 46844
32074229	Distributer	Energija MT	01.08.2020	31.08.2020	1391597	1408547	17050 1 17050
32074229	Distributer	Števca en. znan.	01.08.2020	31.08.2020	0	2855	2855 1 2855
SKUPNA PORABA V OBDOBJU kWh							63.894
POVPREČNA DNEVNA PORABA kWh					VT	MT	ET/Skupaj
					1511,097	550,000	2081,097
OBRAČUN NA OSNOVI PORABE							4.009,80173
Produkt	Datum od	Datum do	Dni	kWh/kW	Cena EUR	% DDV	Znesek EUR
Omrežnina skupaj							
Obračunska moč	01.08.2020	31.08.2020	31	260	5,19354	22,00	1.350,32040
Omrežnina VT	01.08.2020	31.08.2020	31	46.844	0,01529	22,00	716,24476
Omrežnina MT	01.08.2020	31.08.2020	31	17.050	0,01177	22,00	200,67050
Moč en. znan.	01.08.2020	31.08.2020	31	2855	0,00671	22,00	34,86705
Prispevki in ostale dajatve skupaj							1.717,69102
Prispevek OVE+SPTE	01.08.2020	31.08.2020	31	260	6,37796	22,00	1.658,26960
Prispevek za delovanje operaterja Inga	01.08.2020	31.08.2020	31	63.894	0,00013	22,00	8,30622
Prispevek za energelsko učinkovitost	01.08.2020	31.08.2020	31	63.894	0,00080	22,00	51,11520
Stopnja DDV	Osnova za DDV	Znesek DDV	Skupaj				
22% DDV	4.009,80	882,16	4.891,96				
Skupaj znesek računa EUR			4.891,96				
A PLAČILO EUR			4.891,96				

Reklamacije upoštevamo v roku 8 dni po izslavitvi računa. V primeru reklamacije navedite številko računa.

S 003 - K 002 - (44)



Elektro Ljubljana

PREJETO

08. 10. 2020

2553

ZA SODO d.o.o.
 ID za DDV: SI49977725
 http://www.elektro-ljubljana.si
 Informacije: +386 (0)1 23 04 000
 E-naslov: info@elektro-ljubljana.si

Podjetje za distribucijo električne energije, d. d.
 Slovenska cesta 56, SI-1000 Ljubljana

Ljubljana, 02.10.2020
RAČUN št.: 106460
 omrežnino, prispevke in storitve
 Za obdobje od 01.09.2020 do 30.09.2020

Datum zapadlosti: 17.10.2020
Št.pogodbenega računa: 207739315557


Št. odjemnega mesta: 702841910002

Referenca: SI12 2491252841330
IBAN (TRR): SI56 0310 0100 7665 588
 BIC: SKBASIZX
 Številka števca: 32074229
 Obračunska moč: 500 kW

Odjemna skupina:
 Napetostni nivo: Nizka napetost
 Vrsta odjema: T >= 2500 ur

Plačnik št.: 159886
 RIKO KOR D.O.O., LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA
 ID za DDV: SI75967715

BTIS - GalaxY.DOCS



20/2147

DN_0250599.kur.:1202 Page: 04/04

Obračun za številko merilnega mesta: 3-8216-RIKO-MONTAŽA III, LEPOVČE 23, 1310 RIBNICA / GSRN MM: 383111580010128882

PODATKI O PORABI							
Št.števca	Vir odbirka	Tarifa	Datum od	Datum do	Odbirek od	Odbirek do	Razlika Konstanta kWh/kW/kVArh
32074229	Distributer	Obračunska moč	01.09.2020	30.09.2020	0	269	1 269
32074229	Distributer	Energija VT	01.09.2020	30.09.2020	4402414	4456612	54198 1 54198
32074229	Distributer	Energija MT	01.09.2020	30.09.2020	1408647	1427996	19312 1 19312
32074229	Distributer	Palma in zarač.	01.09.2020	30.09.2020	0	2199	1 2199
SKUPNA PORABA V OBDOBJU kWh							73.510
POVPREČNA DNEVNA PORABA kWh							
					VT	MT	ET/Skupaj
					1806,600	643,733	2450,333

OBRAČUN NA OSNOVI PORABE							
Produkt	Datum od	Datum do	Dni	kWh/kW	Cena EUR	% DDV	Znesek EUR
Omrežnina skupaj							
Obračunska moč	01.09.2020	30.09.2020	30	269	5,19354	22,00	2.472,20521
Omrežnina VT	01.09.2020	30.09.2020	30	54.198	0,01529	22,00	1.397,06226
Omrežnina MT	01.09.2020	30.09.2020	30	19.312	0,01177	22,00	826,88742
Javni ml. zarač.	01.09.2020	30.09.2020	30	2.199	0,00871	22,00	227,30224
Prispevki in ostale dajatve skupaj							1.784,03554
Prispevek OVE-SFTE	01.09.2020	30.09.2020	30	269	6,37796	22,00	19,15339
Prispevek za delovanje operaterja trga	01.09.2020	30.09.2020	30	73.510	0,00013	22,00	1.715,07124
Prispevek za energijsko učinkovitost	01.09.2020	30.09.2020	30	73.610	0,00080	22,00	9,55930

Stopnja DDV	Osnova za DDV	Znesek DDV	Skupaj
22% DDV	4.256,24	936,37	5.192,61
Skupaj znesek računa EUR			5.192,61
ZA PLAČILO EUR			5.192,61

S:851 - K:177 - (d:4)

Reklamacije upoštevamo v roku 8 dni po izstavitvi računa. V primeru reklamacije navedite številko računa.