

ZBORNIK RADOVA PROCEEDINGS

15. SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
15th NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

8. MEĐUNARODNI SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
8th INTERNATIONAL NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

HEP-Group
HEP-Plin Ltd.
HR-31000 Osijek, Cara Hadrijana 7

J. J. Strossmayer University of Osijek
Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod
HR-35000 Slavonski Brod, Trg I. B. Mažuranić 2

University of Pécs
Faculty of Engineering and Information Technology
H-7624 Pécs, Boszorkány u. 2



Suorganizatori
Co-organizers



Uz potporu
Supported by
Ministarstvo znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske
Ministry of Science and Education of the Republic of Croatia

Osijek, 27.- 29.09.2017.

PLIN 2017

ZBRONIK RADOVA 8. MEĐUNARODNOG SKUPA O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI

PROCEEDINGS OF 8th INTERNATIONAL NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

Izdavač / Publisher: Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu

Email: plin@sfsb.hr

URL: <http://konferencija-plin.sfsb.hr>

All papers are reviewed.

The authors are only responsible for the contents and accuracy of all published material. The Editors do not accept any liability for the contents and accuracy of articles, or responsibility for any mistakes (editorial or typographical), nor for any consequences that may arise from them.

Urednici / Editors:

Pero RAOS, glavni urednik
Tomislav GALETA
Dražan KOZAK
Marija RAOS
Josip STOJŠIĆ
Zlatko TONKOVIĆ

PLIN 2017 Organizacijski odbor / PLIN 2017 Organization committee:

Marija RAOS, Hrvatska, predsjednica organizacijskog odbora
Tomislav GALETA, Hrvatska
Miroslav DUSPARA, Hrvatska
Josip CUMIN, Hrvatska
Renata ĐEKIĆ, Hrvatska
Nada FLANJAK, Hrvatska
Ismeta HASANBEGOVIĆ, BiH
Miroslav MAZUREK, Hrvatska
Ana RADONIĆ, Hrvatska
Pero RAOS, Hrvatska
Josip STOJŠIĆ, Hrvatska
Zlatko TONKOVIĆ, Hrvatska

Sponzori / Sponsors



PLIN 2017 Počasni odbor / PLIN 2017 Honor committee:

Ivan SAMARDŽIĆ, predsjednik, Hrvatska
Bálint BACHMANN, Mađarska
Zvonko ERCEGOVAC, Hrvatska
Perica JUKIĆ, Hrvatska
Tomislav JUREKOVIĆ, Hrvatska
Damir PEĆUŠAK, Hrvatska
Božo UDOVIČIĆ, Hrvatska

PLIN 2017 Znanstveni odbor / PLIN 2017 Scientific committee:

Dražan KOZAK, predsjednik, Hrvatska
Antun STOIĆ zamjenik pred., Hrvatska
Darko BAJIĆ, Crna Gora
Eraldo BANOVAČ, Hrvatska
Károly BELINA, Mađarska
Ivan BOŠNJAK, Hrvatska
Aida BUČO-SMAJIĆ, BiH
Zlatan ČAR, Hrvatska
Robert ČEP, Češka
Majda ČOHODAR, BiH
Ejub DŽAFEROVIĆ, BiH
Tomislav GALETA, Hrvatska
Antun GALOVIĆ, Hrvatska
Hrvoje GLAVAŠ, Hrvatska
Nenad GUBELJAK, Slovenija
Sergej HLOCH, Slovačka
Nedim HODŽIĆ, BiH
Željko IVANDIĆ, Hrvatska
Željka JURKOVIĆ, Hrvatska
Ivica KLADARIĆ, Hrvatska
Milan KLJAJIN, Hrvatska
Janez KOPAČ, Slovenija
Grzegors KROLCZYK, Poljska
Stanislaw LEGUTKO, Poljska
Leon MAGLIĆ, Hrvatska
Damir MILJAČKI, Hrvatska
Ferenc ORBÁN, Mađarska
Branimir PAVKOVIĆ, Hrvatska
Denis PELIN, Hrvatska
Miroslav PLANČAK, Srbija
Dalibor PUDIĆ, Hrvatska
Marijan RAJSMAN, Hrvatska
Marko RAKIN, Srbija
Miomir RAOS, Srbija
Pero RAOS, Hrvatska
Alessandro RUGGIERO, Italija
Aleksandar SEDMAK, Srbija
Marinko STOJKOV, Hrvatska
Josip STOJŠIĆ, Hrvatska
Igor SUTLOVIĆ, Hrvatska

Tomislav ŠARIĆ, Hrvatska
Mladen ŠERCER, Hrvatska
Damir ŠLJIVAC, Hrvatska
Vedran ŠPEHAR, Hrvatska
Zlatko TONKOVIĆ, Hrvatska
Zdravko VIRAG, Hrvatska
Nikola VIŠTICA, Hrvatska
Jurica VRDOLJAK, Hrvatska
Marija ŽIVIĆ, Hrvatska

Sadržaj / Contents

POZVANA PREDAVANJA / INVITED LECTURES

UTJECAJ ZASJENJENJA NA FOTONAPONSKE SUSTAVE	1
D. Topić, G. Knežević, D. Šljivac, M. Žnidarec	

ANALIZA SLOŽENIH TEHNIČKIH GVIK SUSTAVA KORIŠTENJEM DINAMIČKOG MODELIRANJA	12
B. Delač, B. Pavković, K. Lenić	

PRIMJENA INFRACRVE NE TERMOGRAFIJE U TEHNIČKIM SUSTAVIMA	33
H. Glavaš, T. Barić, M. Stojkov	

PLIN I PLINSKA TEHNIKA / GAS AND GAS TECHNIQUE

PROCJENA RIZIKA PRILIKOM OŠTEĆENJA PLINOVODA UZROKOVANIH ELEMENTARNIM NEPOGODAMA.....	51
M. Rašić, T. Šolić, D. Marić, M. Duspára, S. Aračić, I. Samardžić	

DALJINSKO OČITANJE POTROŠNJE PLINA, UREĐAJI I PRINCIPI RADA	61
K. Pavelić, D. Hećimović, K. Stakor	

PODACI O SUNČEVOM ZRAČENJU I MODELI PREDVIĐANJA SUNČEVOG ZRAČENJA KAO FAKTOR UŠTEDE PRIRODNOG PLINA.....	67
K. Hornung, M. Stojkov, M. Hornung	

MODELIRANJE POTROŠNJE PRIRODNOG PLINA JAVNIH ZGRADA INTELIGENTNOM PODATKOVNOM ANALITIKOM.....	76
M. Zekić-Sušac	

RAZVOJ PLINOFIKACIJE NA DISTRIBUTIVNOM PODRUČJU TVRTKE „PLIN PROJEKT“ D.O.O. - NOVA GRADIŠKA	86
M. Ivanović, L. Liović	

PRIKAZ ISTRAŽIVANJA RAZVOJA SIMULACIJSKOG MODELA LANCA OPSKRBE PRIRODNIM PLINOM	97
J. Mesarić, D. Dujak, Z. Tonković	

ELEKTROFUZIJSKO SPAJANJE CIJEVI ZA TRANSPORT PLINA IZRAĐENIH OD POLIMERNIH MATERIJALA.....	110
V. Starčević, I. Baričić, A. Rebronja, I. Samardžić	

BELOW-GRADE NATURAL GAS DISTRIBUTION STATION DESIGN FOR AN URBAN LOCATION.....	120
--	-----

N. Bosković, A. Loge, R. Gomez, J. MacLennan, R. Dawes

TEHNOLOŠKI POSTUPCI IZRADE SPOJEVA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA.....	133
---	-----

F. Dako, A. Stoić, I. Samardžić, J. Zima, M. Duspara, D. Marić, V. Starčević, I. Putnik

ENERGETIKA / ENERGETICS

UČINKOVITA UPORABA ENERGIJE	139
-----------------------------------	-----

S. Franjić

TERMODINAMIČKA ANALIZA RADA UGRAĐENIH PLINSKIH KONDENZACIJSKIH KOTLOVA.....	146
---	-----

M. Živić, A. Galović, A. Barac, R. Končić

ENERGETSKA OBNOVA OBITELJSKIH KUĆA NA PODRUČJU OSJEČKO-BARANJSKE ŽUPANIJE.....	156
--	-----

D. Hećimović, D. Vidaković, K. Pavelić

INDIKATORI KVARA U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI.....	166
--	-----

M. Nađ, S. Kaluđer, K. Fekete

PRIMJENA RAČUNALNOG PROGRAMA THORIUM A+ ZA IZRAČUN UŠTEDE ZAMJENE STANDARDNOG KOTLA S KONDENZACIJSKIM I UGRADNJOM TERMOREGULACIJSKIH VENTILA NA OGRJEVNA TIJELA.....	174
--	-----

M. Rašić, D. I. Rendulić, H. Glavaš, D. Vidaković

SIMULACIJA UTJECAJA ZASJENJENJA NA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE.....	184
--	-----

I. Radmanović, G. Knežević, D. Topić, K. Fekete

HEATING PERFORMANCES ANALYSIS A GHP WORKING WITH DIFFERENT HYDROCARBONS AND HEAT TRANSFER IN A BOREHOLE HEAT EXCHANGER.....	194
---	-----

R. Bedoić, V. Filipan

BIOPLINSKE ELEKTRANE U SLAVONIJI I BARANJI	204
--	-----

M. Ivanović, H. Glavaš, M. Vukobratović

UTJECAJ ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA NA ELEKTRONIKU PLINSKIH BOJLERA	216
---	-----

B. Perković, T. Barić, H. Glavaš

ENERGIJA IZ MULJA.....	226
------------------------	-----

T. Grizelj, E. Kamenjašević

ZAKONSKA I TEHNIČKA REGULATIVA U KORIŠTENJU OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE230

E. Kamenjašević, T. Grizelj

KREMATORIJ – ENERGIJSKA EFIKASNOST I OBNOVLJIVI IZVOR ENERGIJE U ZAŠTITI PRIRODE I OKOLIŠA238

E. Kamenjašević, T. Grizelj

VODENI MULJ ALTERNATIVNI IZVOR ENERGIJE242

T. Grizelj, E. Kamenjašević

VODA / WATER

DISTRIBUTIVNA MREŽA VOĐENA POMOĆU SCADE247

F. Galović, S. Kaluđer, K. Fekete

PARAMETRI MODELIRANJA OBORINSKOG OTJECANJA SA ZELENIH URBANIH POVRŠINA.....257

D. Obradović

O RAZVOJU TEHNIČKIH SUSTAVA NA PRIMJERU VODNE REGULACIJE POBOSUĆA.....267

S. Maričić

VODA NAKON PRANJA VUNE – OTPAD I SIROVINA.....281

A. Tarbuk, B. Vojnović, A. Sutlović

OPTIMIZACIJA VODOOPSKRBE VIŠIH ZONA288

Em.Trožić, E. Smajić, En.Trožić

MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA OBNOVLJIVIH IZVORA U VODOVODNIM SUSTAVIMA...294

E. Smajić, Em.Trožić, En.Trožić

EFEKTI USPOSTAVE DALJINSKOG NADZORA U VODOVODNOM SUSTAVU302

En.Trožić, B. Jakovac, Em.Trožić, E. Smajić

ISKUSTVA U ODRŽAVANJU VODOOPSKRBNOG SUSTAVA GRADA OSIJEKA311

F. Dako, P. Raos, A. Stoić, T. Šarić, G. Šimunović, I. Samardžić, J. Zima

PROIZVODNE TEHNOLOGIJE / PRODUCTION TECHNOLOGIES

RAZVOJNE FAZE I KLJUČNE KARAKTERISTIKE DBAAS CLOUD SERVISA BAZIRANOG NA KONSOLIDIRANOM INFORMACIONOM MODELU KOMPANIJA ENERGETSKOG SEKTORA319

J. Dizdarević

OPTIMUM DESIGN OF FIXED STORAGE TANK ROOF	329
F. Orban, G.C. Nagy	
UNAPRJEĐENJE IZVOĐENJA GRAĐEVINSKIH RADOVA PRIMJENOM LEAN METODOLOGIJE	335
D. Vidaković, Z. Lacković, M. Radman-Funarić	
RECIKLIRANJE ŽARULJA	347
Z. Mrčela, G. Rozing, T. Malijurek	
NUMERIČKA ANALIZA UDARA ZRAČNOG VALA NA PLINSKU BOCU	353
I. Grgić, D. Šotola, Ž. Ivandić	
SILA DUBOKOG VUČENJA	363
B. Grizelj, D. Grizelj, V. Jurić Šolto	
REVIEW OF MODELLING METHODS AND COMPUTER MODELS IMPLEMENTED IN RECENT NOWADAYS CAD SYSTEMS	373
M. Karakašić, H. Glavaš, M. Kljajin	
MENADŽMENT CJEVOVODNIH MREŽA	382
M. Šavar, S. Krizmanić, I. Jovan	
ANALIZA RECIKLIČNOSTI ELEKTRIČNIH KUĆANSKIH APARATA	392
I. Lovrić, G. Rozing, A. Katić	
PRIMJENA INFRACRVENE TERMOGRAFIJE U ZGRADARSTVU	401
H. Krstić, M. Teni, Ž. Koški	



Utjecaj atmosferskog pražnjenja na elektroniku plinskih bojlera *Impact of atmospheric discharge on the electronics of gas boilers*

B. Perković^{1,*}, T. Barić², H. Glavaš²

¹DMK servisi d.o.o., Biljska cesta 66 Osijek

²Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

*Autor za korespondenciju. E-mail: branimir.perkovic@dmkservisi.com

Sažetak

Moderni plinski bojleri koriste elektroničke sustave nadzora, regulacije i upravljanja. Pomoću njih sustav grijanja može se precizno prilagoditi potrebama korisnika, a optimizacijom procesa postiže se visoka razina energetske učinkovitosti. Elektroničko sklopovlje napaja se mrežnim naponom, te je kao takvo dizajnirano za normalni rad u skladu sa dozvoljenim varijacijama napona u distributivnoj niskonaponskoj mreži. Varijacije mrežnog napona izvan dozvoljenih granica mogu poremetiti rad ili izazvati trajni kvar elektroničkih sustava plinskih bojlera. Mrežni prenaponi uzrokovani atmosferskim pražnjenjima pokazali su se posebno štetnim za elektronička sklopovlja plinskih bojlera. Rad prikazuje osvrt na intervencije zamjene neispravnih elektroničkih ploča na području Osijeka koje su uslijedile nakon grmljavinskog nevrijemena 25. lipnja 2017. Unutar poslovnog subjekta koji se bavi održavanjem i popravcima uređaja, za statističke podatke u razdoblju od dvije godine provedena je analiza korelacije učestalosti kvarova elektronskih ploča sa vremenskim prilikama. Prikazana je korelacija između vremenskih prilika i lokacija na kojima su prijavljeni kvarovi. Nadalje, dane su mjere koje se mogu koristiti kao preventiva prilikom vremenskih nepogoda, te prevencija kvarova u budućnosti.

Abstract

Modern gas boilers use electronic supervision, regulation and control systems. By means of these, the heating system can be accurately adapted to the needs of the user, and the process optimization achieves a high level of energy efficiency. The electronic circuit board is powered by mains voltage, and is designed as such for normal operation in accordance with the permitted voltage variations in the low voltage distribution network. Variations in network voltages beyond permitted limits may cause malfunctions or cause permanent damage to electronic gas boiler systems. Network surges caused by atmospheric emptying have proven to be particularly harmful for electronic circuits of gas boilers. The paper presents an overview of the interventions for the replacement of faulty electronic boards in the Osijek area following the thunderstorm on June 25, 2017. Within a business

entity engaged in maintenance and repair of the device, a statistical analysis of the correlation of the frequency of electronic failure with weather conditions was performed for statistical data over a period of two years. The correlation between weather conditions and locations where malfunctions are reported is displayed. Furthermore, measures are given that can be used as preventative in times of disaster and the prevention of future failures.

Ključne riječi: plinski bojler, prenapon, kvarovi, elektronika, zaštita

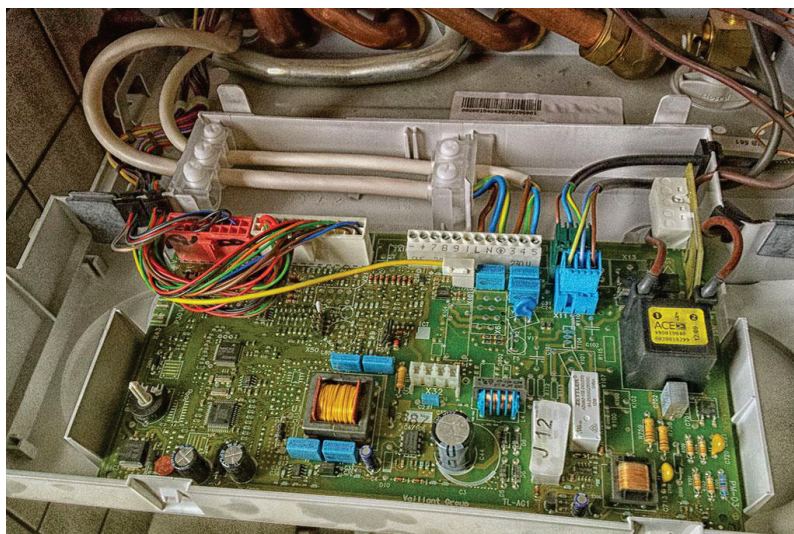
1. Uvod

Rad daje osvrt na posljedice grmljavinskog nevremena koje se dogodilo u Osijeku 25. lipnja 2017. godine. Tvrtka DMK servisi d.o.o. koja se bavi servisom, održavanjem, montažom plinskih i uljnih trošila, te kemijskih čišćenja kotlova i izmjenjivača topline zaprimila je brojne pozive stranaka sa prijavama kvarova na plinskim bojlerima. Djelatnici DMK servisa odradili su dvanaest intervencija na području grada Osijeka koji su za posljedicu imali otklanjanje istog kvara što je povuklo pitanje kolika je povezanost grmljavinskih nevremena sa kvarovima na elektroničkim pločama kod plinskih bojlera. Prilikom analize podataka o kvarovima na električnim pločama iz baze podataka uočeno kako je ta vrsta kvarova sve učestalija, te je bilo potrebno kvarove usporediti sa vremenskim nepogodama i uvidjeti postoji li korelacija između ta dva događaja. Važno je napomenuti kako svi plinski bojleri novijih generacija posjeduju sve više elektroničkih komponenti kako bi krajnjim korisnicima pružili više mogućnosti regulacije režima rada, te postizanja većeg komfora uz smanjenje potrošnje energije. Također su u radu razmotrene i mogućnosti smanjenja kvarova na plinskim bojlerima koji su vezani uz varijacije mrežnog napona, nagle skokove napona, te tranzijente.

2. Korelacija između kvarova i atmosferskih pražnjenja

Prilikom prikupljanja podataka potrebnih kako bi se mogla dobiti vizualizacija korelacije između kvarova i atmosferskih pražnjenja uočeno je kako postoji vrijeme kašnjenja između vremenskih neprilika i izvršavanja servisa. Razlog toga je inercija ljudi, te činjenica kako se vremenske neprilike pretežno dešavaju krajem radnog dana tako da stranke kod kojih se dogodio kvar taj kvar znaju prijaviti sa dan, dva ili tri zakašnjenja. Neki od razloga kasnije prijave kvara su i činjenica kako stranke u slučajevima kvara na uređaju pokušavaju samostalno otkloniti kvar ili uz pomoć neovlaštenih servisera. Na slici 1 prikazan je smještaj upravljačke ploče u kombi boileru. Originalni rezervni dijelovi dostupni su ovlaštenim servisima zbog čega stranke u konačnici upućuju svoj poziv kako bi svoj plinski bojler dovele u funkcionalno stanje. Podaci o zamjenama elektronskih ploča na plinskim bojlerima dio su baze podataka firme DMK servisi d.o.o.. Kako bi se došlo do potpunije analize koliko je elektronskih ploča promijenjeno u gradu Osijeku bilo bi potrebno prikupiti podatke od svih servisera koji se bave popravcima plinskih trošila na području grada Osijeka. Na žalost pokušaj dobivanja podataka od drugih servisera na području grada Osijeka nije jednostavno provediv, jer većina servisera su firme koje se sastoje od

jednog do tri djelatnika, te ne posjeduju aplikacije pomoću kojih bi kreirali bazu podataka o odrađenim servisima.



Slika 1. Upravljačka ploča kombi bojlera

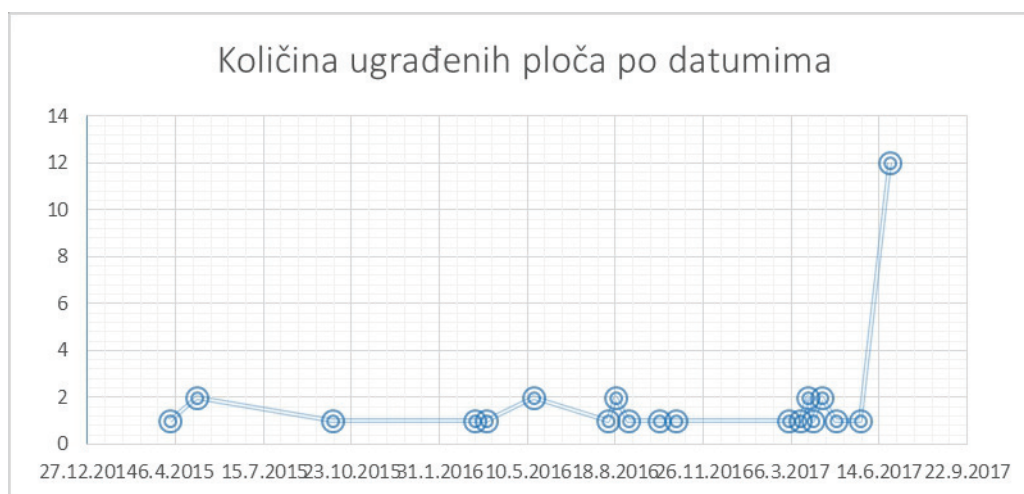
Broj izmijenjenih elektronskih ploča, slika 2., za pojedini datum uspoređen je sa vremenskim prilikama te su podatci prikazani u tablici 1.

Tablica 1. Broj kvarova u ovisnosti o vremenskim prilikama

Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]
	27.3.2015.	17,4	9,0 l/m ²		26.4.2015.	25,2	-		27.9.2015.	16,8	0,3 l/m ²
	28.3.2015.	12,4	0,1 l/m ²		27.4.2015.	26,9	0,2 l/m ²		28.9.2015.	14,7	3,1 l/m ²
1	29.3.2015.	14,5	-	2	28.4.2015.	24	4,0 l/m ²	1	29.9.2015.	12,2	2,0 l/m ²
	30.3.2015.	18,4	8,0 l/m ²		29.4.2015.	18,8	-		30.9.2015.	16,1	-
	31.3.2015.	18,4	4,0 l/m ²		30.4.2015.	20,7	-		1.10.2015.	18,9	-
Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]
	7.3.2016.	11,1	0,6 l/m ²		20.3.2016.	17	-		13.5.2016.	21,6	3,0 l/m ²
	8.3.2016.	12,2	0,1 l/m ²		21.3.2016.	13,2	3,0 l/m ²		14.5.2016.	17	0,8 l/m ²
1	9.3.2016.	12,6	-	1	22.3.2016.	12,2	3,6 l/m ²	2	15.5.2016.	13,6	2,0 l/m ²
	10.3.2016.	10,7	6,0 l/m ²		23.3.2016.	5,4	11,9 l/m ²		16.5.2016.	16,5	-
	11.3.2016.	12	4,0 l/m ²		24.3.2016.	10,5	-		17.5.2016.	16,8	-
Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]
	5.8.2016.	32,5	20,0 l/m ²		14.8.2016.	25,8	-		29.8.2016.	32	-
	6.8.2016.	23,9	6,2 l/m ²		15.8.2016.	28,8	0,1 l/m ²		30.8.2016.	29	-
1	7.8.2016.	25,4	-	2	16.8.2016.	28,8	-	1	31.8.2016.	28,4	-
	8.8.2016.	27,6	-		17.8.2016.	24,3	1,0 l/m ²		1.9.2016.	29,8	-
	9.8.2016.	28,3	-		18.8.2016.	26,4	-		2.9.2016.	29,6	-
Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]
	3.10.2016.	16,1	0,6 l/m ²		21.10.2016.	11,3	9,4 l/m ²		27.2.2017.	16	-
	4.10.2016.	17,9	0,5 l/m ²		22.10.2016.	16,1	-		28.2.2017.	20,2	0,2 l/m ²
1	5.10.2016.	13,2	-	1	23.10.2016.	10,4	-	1	1.3.2017.	8,9	9,0 l/m ²
	6.10.2016.	15,6	-		24.10.2016.	21,7	-		2.3.2017.	14,7	0,4 l/m ²
	7.10.2016.	14,8	-		25.10.2016.	23,8	5,0 l/m ²		3.3.2017.	13,9	-
Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]
	12.3.2017.	7,4	2,0 l/m ²		21.3.2017.	22,2	-		6.4.2017.	14,4	-
	13.3.2017.	12,1	-		22.3.2017.	24,3	-		7.4.2017.	11,3	0,3 l/m ²
1	14.3.2017.	13,2	-	2	23.3.2017.	23,5	-	2	8.4.2017.	16	-
	15.3.2017.	13,7	-		24.3.2017.	21,6	-		9.4.2017.	19,6	-
	16.3.2017.	15	-		25.3.2017.	16,1	-		10.4.2017.	25,6	-
Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]	Broj kvarova	Datum	Temperatura [°C]	Oborine [l/m ²]
	21.4.2017.	10,3	-		20.5.2017.	24,6	-		22.6.2017.	34	-
	22.4.2017.	16,1	0,9 l/m ²		21.5.2017.	24,6	-		23.6.2017.	34,6	0,9 l/m ²
1	23.4.2017.	13,6	-	1	22.5.2017.	25,3	-	12	24.6.2017.	-	-
	24.4.2017.	17,4	-		23.5.2017.	25,6	0,3 l/m ²		25.6.2017.	34	29,0 l/m ²
	25.4.2017.	22,4	-		24.5.2017.	-	-		26.6.2017.	28,9	-

Za svaki pojedini kvar koji je prikazan u tablici analizirane su vremenske prilike pet dana unatrag iz razloga što se sam popravak rijetko popravlja na datum vremenske nepogode.

Iz analize isključeni su siječanj, veljača, studeni i prosinac, jer malo je vjerojatno da su u tim mjesecima oborine popraćene s grmljavinom, a time i atmosferskim pražnjenjima. Podatci su uzeti sa mjernih postaja Osijek-Klisa te Osijek-Čepin, [1]. Kako bi se uočila tendencija porasta učestalosti kvarova na elektronskim pločama kroz protekle dvije godine na slici 2. grafički su prikazani kvarovi iz tablice 1. Iz slike 2. možemo uvidjeti kako su sve učestaliji kvarovi na elektronskim pločama, te da imamo izrazito veliki skok kvarova koji su povezani sa grmljavinskim nevremenom koje se dogodilo u noći sa 25.06.2017. na 26.06.2017. gdje je zabilježen velik broj atmosferskih pražnjenja na području samog grada Osijeka.



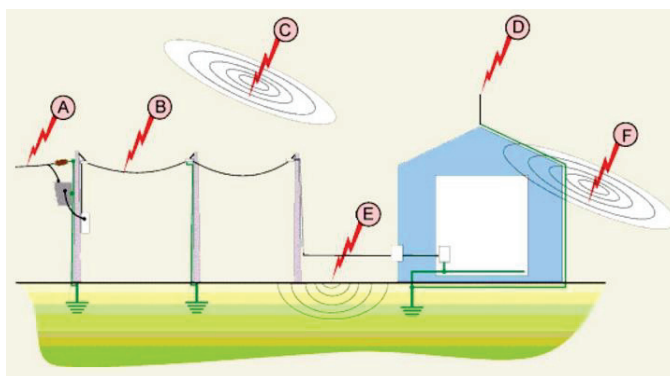
Slika 2. Broj izmijenjenih elektronskih ploča kroz period od dvije godine

3. Prenapon

Pri direktnim atmosferskim pražnjenjima u vanjsku gromobransku instalaciju koja je postavljena na objektima sa osjetljivom opremom u određenim slučajevima se mogu pojaviti induktivni prenaponi. Oni često mogu biti toliko visoki da ugrožavaju osjetljivu opremu. Osim ovakvih prijetnji elektromagnetskih polja uslijed direktnog atmosferskog pražnjenja, također preko vodova koji povezuju dva objekta mogu se prenijeti tranzijenti.

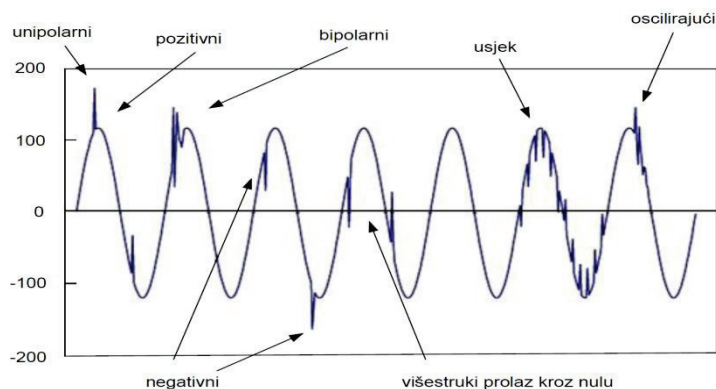
Vrste utjecaja atmosferskog pražnjenja na promatrani objekt prikazana su na slici 3. gdje nam slovne oznake imaju slijedeće značenje:

- A – direktni udar groma u nadzemne vodove,
- B – direktan udar groma u nadzemne vodove,
- C – utjecaj magnetnog polja na vodove,
- D – direktni udar groma,
- E – raspodjela potencijala oko mjesta udara groma,
- F – utjecaja magnetnog polja na unutrašnje instalacije i opremu.



Slika 3. Vrste utjecaja atmosferskog pražnjenja na promatrani objekt, izvor [2]

Tranzijent je visokofrekvencijska promjena napona u trajanju kraćem od jedne poluperiode (10 ms). Mogu biti uzrokovani sklopnim operacijama u mreži, udarima groma, uklapanjima kapacitivnih tereta itd., [3]. Oblici im mogu biti razni, kako je prikazano na slici 4.



Slika 4. Oblici tranzijenata, izvor [3]

Naponi i prenaponi podijeljeni su prema obliku i vremenu trajanja. Podijeljeni su u sljedeće skupine:

- Trajni napon: napon industrijske frekvencije i konstantne efektivne vrijednosti, trajno narinut na bilo koji par priključnica neke konfiguracije izolacije,
- Privremeni prenapon: prenapon industrijske frekvencije, relativno dugog trajanja, može biti prigušen ili neprigušen. U nekim slučajevima frekvencija može biti nekoliko puta manja ili veća od industrijske frekvencije.
- Prijelazni prenapon: kratkotrajni prenapon (trajanja nekoliko milisekundi i manje), oscilirajući ili ne, obično jako prigušen. Prijelazni prenaponi mogu se podijeliti na:
 - Udarni napon sa sporim čelom: prijelazni prenapon, obično jednog polariteta s vremenom maksimuma $20 \mu s < T_p < 5000 \mu s$, i trajanjem hrpta $T_2 < 20 ms$,
 - Udarni napon s brzim čelom: prijelazni prenapon, obično jednog polariteta, s vremenom maksimuma $0,1 \mu s < T_1 < 20 \mu s$ i trajanjem hrpta $T_2 < 300 \mu s$ i

- Udarni napon s vrlo brzim čelom: prijelazni prenapon, obično jednog polariteta, s vremenom maksimuma $T_f < 0,1 \mu s$, ukupnog trajanja $< 3 ms$ i sa superponiranim oscilacijama frekvencije $30 kHz < f < 100 MHz$.
- Kombinirani prenapon koji se sastoji od dvije (ili više) komponenti napona istovremeno narinutih između svake od dviju faznih priključnica izolacije i zemlje. Definiran je s komponentom više vršne vrijednosti.

Podjelu prenaponskih pojava nabolje prikazuje tablica 2. u kojoj su pored osnovnih karakteristika vidljivi grafički prikazi pojave u vremenskoj domeni.

Tablica 2. Podjela prenaponskih pojava [5]

VRSTE NAPONA	NISKA FREKVENCIJA		PRIJELAZNI		
	TRAJNI	PRIVREMENI	POLAGANI (sklopni)	BRZI (atmosferski)	VRLO BRZI
Oblik napona					
Područje oblika napona	$f = 50 \text{ ili } 60 \text{ Hz}$ $T_i \geq 3600 \text{ s}$	$10 < f < 500 \text{ Hz}$ $3600 \geq T_i \geq 0.03 \text{ s}$	$5000 > T_p > 20 \mu s$ $20 \text{ ms} \geq T_2$	$20 > T_p > 0.1 \mu s$ $300 \text{ ms} \geq T_2$	$100 > T_f > 3 \text{ ns}$ $0.3 > f_1 > 100 \text{ MHz}$ $30 > f_2 > 300 \text{ kHz}$ $3 \text{ ms} \geq T_i$
Standardni oblik napona	$f = 50 \text{ ili } 60 \text{ Hz}$ $T_i (*)$	$48 < f < 62 \text{ Hz}$ $T_i = 60 \text{ s}$	$T_i = 250 \mu s$ $T_2 = 2500 \mu s$	$T_i = 1.2 \mu s$ $T_2 = 50 \mu s$	(*)
Standardno ispitivanje podnosivosti	(*)	Ispitivanje kratkotrajnim naponom 50 Hz	Ispitivanje sklopnim impulsom	Ispitivanje atmosferskim impulsom	(*)

(*) - nije definirano

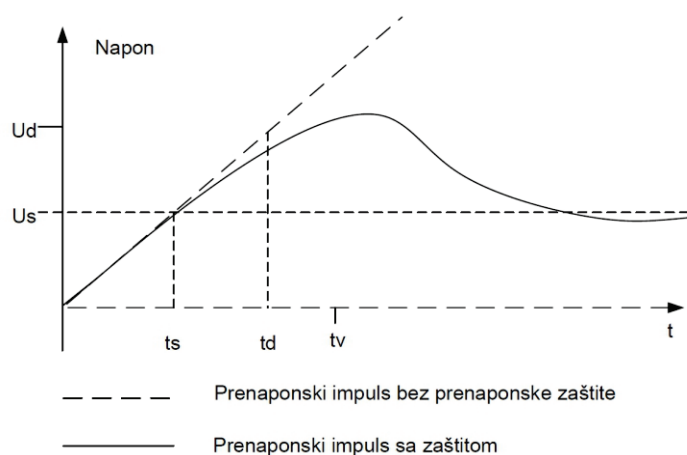
4. Uređaji za prenaponsku zaštitu

Prenaponska zaštita (*overvoltage protection*) je skup mjera koje se provode da bi se zaštitili ljudi i oprema od prevelikih napona. Postoje tri osnovna cilja prenaponske zaštite. Prvi osnovni cilj prenaponske zaštite je da oprema pri korištenju i održavanju bude bezopasna za ljude. Drugi cilj prenaponske zaštite je da se poduzmu sve mjere prilikom projektiranja, proizvodnje, montaže i korištenja opreme da se ispravnost opreme održi i pod djelovanjem prenapona. Treći cilj prenaponske zaštite je da se utjecaj prenaponskih smetnji ukloni ili smanji koliko god je to moguće. Izvori prenapona mogu biti različiti ali se najčešće misli na distribucijske mreže, elektromagnetski utjecaj i atmosferska pražnjenja. Mjere za smanjivanje prenapona, kada se oni pojave, se sastoje u povezivanju strujnih krugova sa zaštitnim elementima na provodnike koji mogu biti put prenaponima koji imaju tendenciju da oštete uređaj ili pojedine komponente.

Neki od osnovnih uvjeta za elemente prenaponske zaštite [4]:

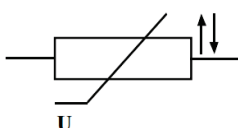
- u vremenu ne postojanja prenaponskih smetnji da ne utječu na rad strujnog kruga kojeg štite kao da ih nema,
- da imaju prag djelovanja koji što manje ovisi od trenutnim uvjetima,
- da djeluju brzo tako da što manji dio energije prenapona dođe do osjetljivog strujnog kruga,
- da imaju moć upijanja velikih energija i odvajanja velikih snaga,
- da budu što manje podložni starenju tj. njihovo djelovanje u slučajevima pojave prenapona mora biti što manje ovisno od prethodnim djelovanjima,
- u slučaju kvara elementa da ostanu u stanju koje i dalje štiti uređaj (kratak spoj) i da signaliziraju svoju neispravnost.

Princip rada zaštitnih uređaja je prikazan na slici 5.

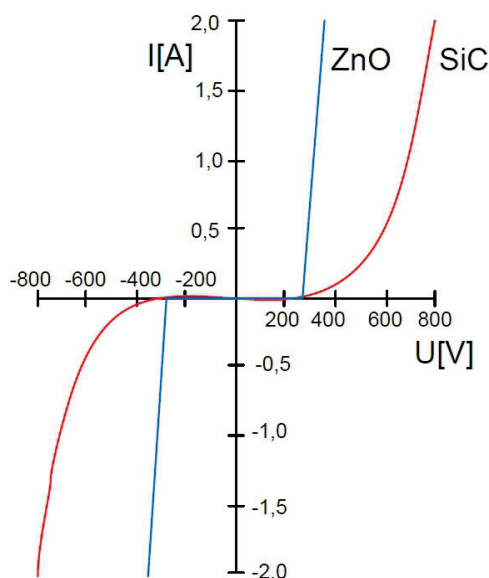


Slika 5. Princip rada zaštitnih uređaja

Na slici 5. je sa U_s i t_s označen statički nivo zaštite i vrijeme statičke zaštite. Statička zaštita je ona koja se događa kada su prenaponski impulsi spori tj. kada je vrijeme t_1 sa slike 5. veliko, što u pojmovima prenaponske zaštite znači da je reda veličine ms. Sa U_d i t_d je označen naponski maksimum i vrijeme dinamičke zaštite kada je prenaponski impuls brz tj. vrijeme njegovog nastanka vrlo kratko. U ovom slučaju proces teče na sljedeći način: vrijednost prenapona raste i doseže nivo statičke zaštite ali, pošto je impuls brz, porast napona se nastavlja a proces u zaštitnom elementu se počne odvijati. Ovaj proces često ima lavinski karakter. Vrijednost prenapona usporava svoj rast i poslije vremena t_v počinje opadati dok ne postigne statički nivo zaštite. Vrijednost razlike $U_d - U_s$ se naziva naponskim premašajem i razmjerna je brzini nastanka prenaponskog impulsa. Vrijednost razlike $t_d - t_s$ se naziva vremenom reagiranja i definira se kao vrijeme za koje napon prenaponskog impulsa promijeni vrijednost od U_s do U_d u slučaju kada nemamo prenaponsku zaštitu. Simbol varistora prikazan je na slici 6.



Slika 6. Simbol varistora



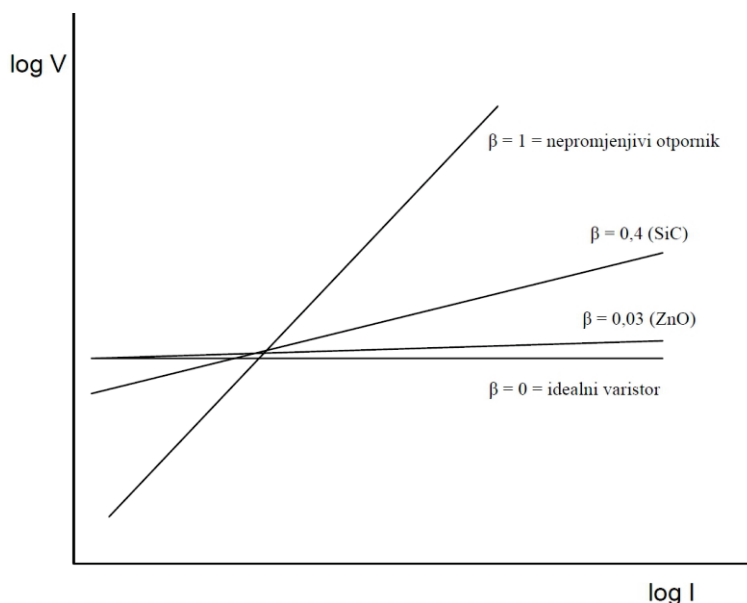
Slika 7. Strujno-naponska karakteristika varistora

Kao suvremeni zaštitni elementi najpoznatiji su plinski odvodnici, metal-oksidni varistori i poluvodički zaštitni elementi [4]. Metal-oksidni varistori su naponski ovisni otpornici (VDR - Voltage Dependent Resistor) [5] kojima se otpor mijenja inverzno s narinutim naponom. Opadanje otpora s povećavanjem napona je vrlo oštro izraženo. U normalnom radnom području varistora promjena struje je vrlo izražena već za male promjene napona, pa se varistor može primijeniti u svrhu stabilizacije napona. Tipični primjer uporabe varistora je za potiskivanje naponskih udara, odnosno zaštitu od prenapona. Takve se prilike mogu stvoriti uključivanjem induktivnih trošila, udarom groma ili drugim vrstama elektrostatičkih pražnjenja. Varistor se vezuje kao zaštitni uređaj paralelno trošilu. U normalnim uvjetima kroz njega teče zanemariva struja. Kada se dogodi naponski udar struja varistora naglo poraste i time spriječi porast napona. Varistor apsorbira energiju uklapanja uređaja. Javlja se i kao element za prekonaponsku zaštitu različitih poluvodičkih sklopova. Varistor je koristan i za gašenje električnih iskara. Tipični odnos između napona i struje varistora može se iskazati relacijom [5]

$$V = C \times I^\beta \quad (1)$$

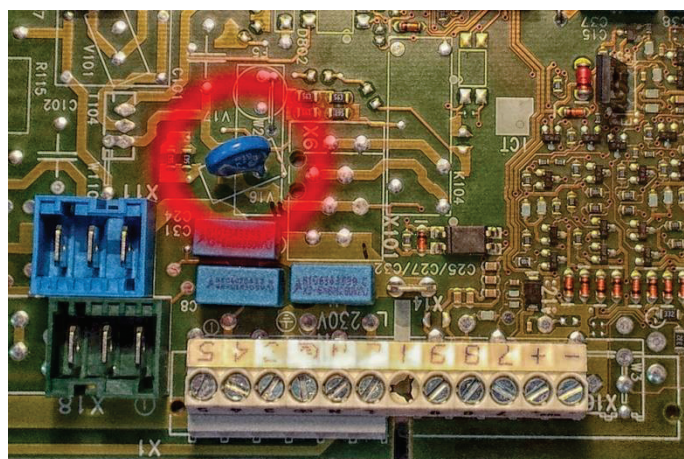
Gdje je:

- V – napon
- C – napon varistora pri 1 A
- I – trenutna radna struja
- β – kut odstupanja krivulje od horizontalnog položaja



Slika 8. Karakteristike varistora prilikom različitih β vrijednosti, izvor [5]

Dobre osobine varistora su kratko vrijeme odziva (reda ns), mali gabariti, niža cijena od plinskih odvodnika prenapona, te mogućnost povezivanja u seriju zbog točnijeg postizanja praga djelovanja. Loše karakteristike varistora su visoka vrijednost propuštanja struje i ovisnost napona prilikom vođenja o struji koja u tom trenutku prolazi kroz varistor. Upravljačka elektronika plinskih uređaja je opremljena varistorima, slika 9., ali oni nisu u mogućnosti zaštititi uređaj od svih prenaponskih pojava koje se događaju u niskonaponskoj mreži.



Slika 9. Smještaj varistora na upravljačkoj ploči kombi bojlera

Zbog ograničenja realne niskonaponske mreže u kojoj nema dovoljno odvodnika prenapona neophodno je na ulazima kućnih instalacija postaviti dodatnu zaštitu. Cijene varistora s dostavom iznose od 3 kn do 15 kn, a varistora namijenjenima montaži u razvodne ormare od 50 kn do 300 kn [6]. Cijena izmjene elektronske ploče plinskog trošila



kreće se u rasponu od 1200 kn do 1700 kn. Iz navedenih podataka razvidno je da ugradnja dodatnih zaštitnih elemenata, bliže izvorima smetnje, predstavlja razumnu investiciju prilikom instalacije trošila.

5. Zaključak

Grmljavinsko nevrijeme koje je pogodilo područje grada Osijeka 25. lipnja 2017. godine za posljedicu je imalo brojne intervencije otklanjanja kvarova na elektronici plinskih uređaja. Analizom sinoptičkih podataka o oborinama, a time indirektno i atmosferskih pražnjenja sa evidentiranim kvarovima na plinskim bojlerima evidentna je korelacija među podacima. Postoje samo dva niza vremenskih oznaka kada korelacije nije opažena. Iako na području Osijeka (mjernim postajama Osijek-Klisa i Osijek-Čepin) tada prema podacima nije bilo oborina, u okolini Osijeka, te drugim mjestima Slavonije i Baranje one su bile. Jedna mogućnost je da je na te datume bilo grmljavine, a time i atmosferskih pražnjenja, ali nije bilo oborina. Druga mogućnost je da su matične ploče ugrađene u mjestima pored Osijeka, u kojima je na te datume bilo atmosferskih pražnjenja. Promjena klimatskih obrazaca i sve učestalija intenzivna grmljavinska nevremena dovode do pitanja isplativosti ulaganja u dodatnu prenaponsku zaštitu.

6. Literatura

- [1] Meteo-info, dostupno na: <http://www.meteo-info.hr/povijesni-podaci/2017-06-25> pristupljeno 17.7.2017.
- [2] Institut NIRI d.o.o., Zaštita od prenapona, dostupno na: <http://www.niri.rs/prenapon.html>, pristupljeno 20.7.2017.
- [3] I. Uglešić, Tehnika visokog napona, Zagreb, 2002.
- [4] Ž. Markov, Klasična telefonska tehnika i teorija telefonskog saobraćaja, Beograd, 2010.
- [5] Vishay BCcomponents, Document Number: 29079, 2 Revision: 17-Sep-09
- [6] On-line ponuda varistora, dostupno na: https://www.ebay.com/sch/Varistors/73144/bn_7701738/i.html, pristupljeno 24.7.2017.