

IZBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI IN KAKOVOSTI ELEKTRIČNE ENERGIJE Z REŠITVIJO IBM E-POWER

ROMAN NOVAK¹,

¹ENERGOVAT d.o.o., Poslovna cona A16, 4208 Šenčur

*E-pošta: roman.novak@energovat.com

JANEZ SMUKAVEC²

²Elektro Gorenjska d.d., Mirka Vadnova 3a, 4000 Kranj

*E-pošta: janez.smukavec@elektro-gorenjska.si

Povzetek: IBM E-power je naprava, ki omogoča izboljšanje energetske učinkovitosti in kakovosti električne energije in je bila, kot prva v Sloveniji nameščena v podjetju Difa. Elektro Gorenjska d.d. je opravila kontrolne meritve prihrankov po vgradnji naprave v podjetju Difa.

Namen meritve je bil potrditi pravilnost merilnega protokola s katerim podjetje IBM izmeri prihranke. Kontrolne meritve smo izvedli neodvisno od naprave z merjenjem razlike v porabi energije v režimu obratovanja in v režimu By pass (ko je energija tekla mimo naprave). Meritev prihranka je potekala na način, da je naprava v obdobju 24 ur izvajala 5-minutne preklope med obratovanjem in režimom By pass (vklopil se je odklopnik in omogočil napajanje tovarne brez naprave).

Kontrolna meritev Elektro Gorenjske je potrdila prihranke električne energije oz. zmanjšanje porabe električne energije pri uporabi naprave in potrdila pravilnost merilnega protokola, ki ga IBM uporablja za merjenje prihrankov.

Naprava v organizacijah s heterogenimi porabniki nudi možnost izboljšanja energetske učinkovitosti s povrnitvijo investicije med 3-6 leti.

Ključne besede: Elektro Gorenjska, Energovat, IBM E-Power, kakovost električne energije, izboljšanje energetske učinkovitosti, zmanjšanje višjih harmonikov.

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY AND POWER QUALITY WITH IBM E-POWER

Abstract:

IBM E-Power is a device that improves energy efficiency and quality of power and is installed at company Difa. Elektro Gorenjska d.d. has made control measurements of energy efficiency improvements after the installation of device at company Difa.

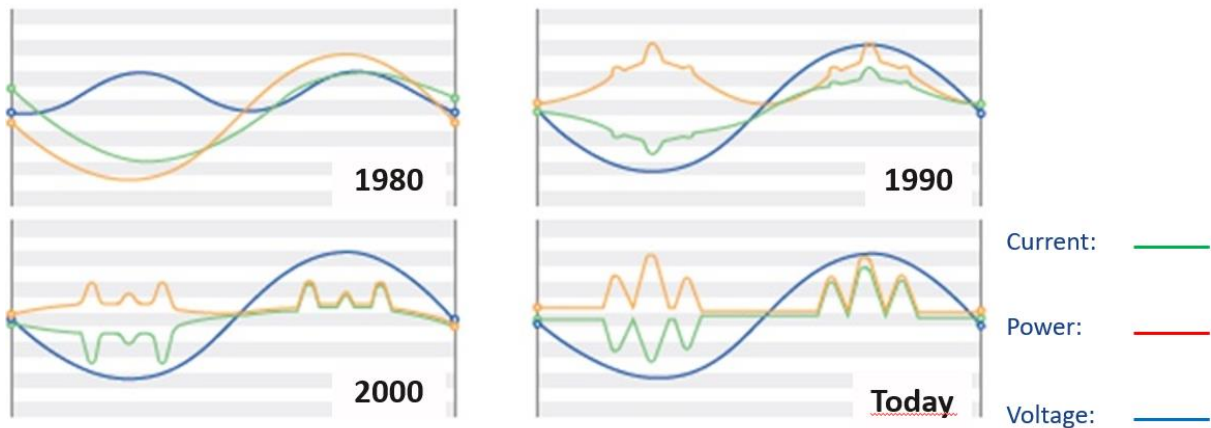
The purpose of the measurement was to verify the measurement protocol IBM uses to measure the energy efficiency – energy savings. Control measurements were carried out independently of the device by measuring the difference in energy consumption in operating mode and in the Bypass mode (when the energy was running past the device). The measurement of the savings was made by 5minute switches for the period of 24 hours where device system performed switches between operation mode and Bypass mode (the circuit breaker turned on and enabled the factory to run without the device).

Elektro Gorenjska control measurement confirmed the savings and reduction of power consumption when using the device and also confirming the results and of the measurement protocol that IBM uses to measure the savings. The device in organizations with heterogeneous consumers offers the opportunity to improve energy efficiency and providing Return on Investment between 3-6 years.

Keywords: Elektro Gorenjska, Energovat, IBM E-Power, quality of electricity, improved energy efficiency, reducing of higher harmonics

1. UVOD

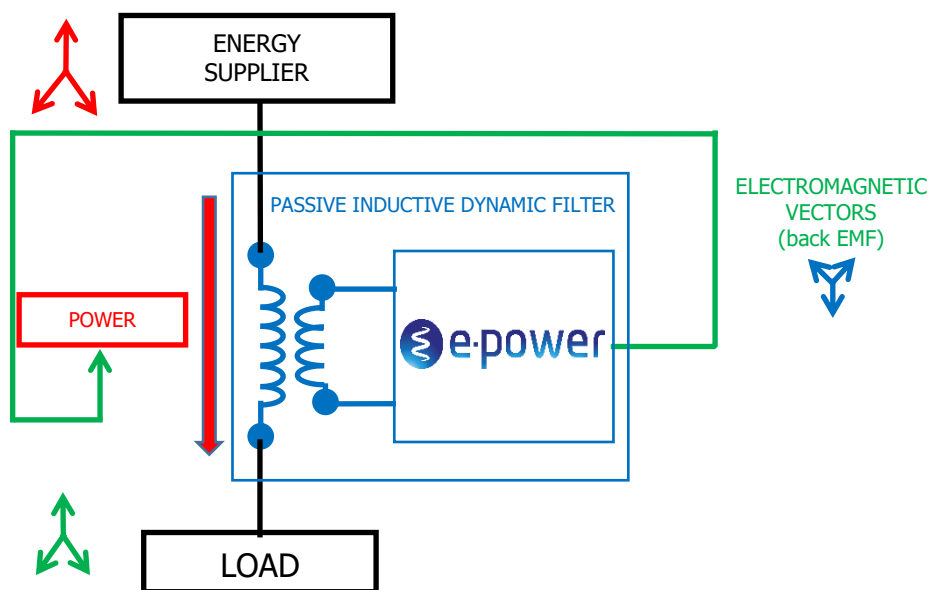
Do 80-ih let so na industrijskih in komercialnih objektih večinoma prevladovala linearne obremenitve, kjer električna obremenitev ni bila pod vplivom močnostne elektronike. Konec 80. let so elektronske komponente postale manjše in učinkovitejše. Pojavljati se prične nove učinkovitejše tehnologije, povezane z elektronskim nadzorom moči, ki pozitivno vplivajo na porabo energije, vendar pa negativno na kakovost električne energije. Od leta 2000 se svetovna poraba električne energije nenehno povečuje. Povečuje se tudi proizvodnja energije iz obnovljivih virov, ki tudi negativno vpliva na kakovost električne energije. Danes v proizvodnih obratih prevladujejo nelinearne obremenitve, ki jih regulira močnostna elektronika. Z napravo prihranimo energijo z optimizacijo prenosa energije in izboljšanjem kakovosti električne energije.



Slika 1 Sprememba oblike električnih veličin skozi leta

2. TEHNIČNI OPIS OPREME

IBM E-Power je pasivni induktivni filter z dinamičnim upravljanjem s hibridnimi funkcijami, ki v pretok električne energije dodajo glede na dogajanje v omrežju nekaj elektromagnetnih vektorjev v nasprotju s fazo, pri čemer izkoristijo moči, ki izvirajo iz vhodnega energetskega toka in tako povzročijo padec napetosti sorazmerno z izbrano stopnjo filtriranja. Induktivnost pri tem ni konstantna ampak se dinamično spreminja. S tem se prilagaja absorpciji moči električnega omrežja in tako povečuje njegovo učinkovitost. Ker ima E-Power samo reaktivne komponente in kontaktorje, ima sistem minimalne izgube cca. 0,27%.

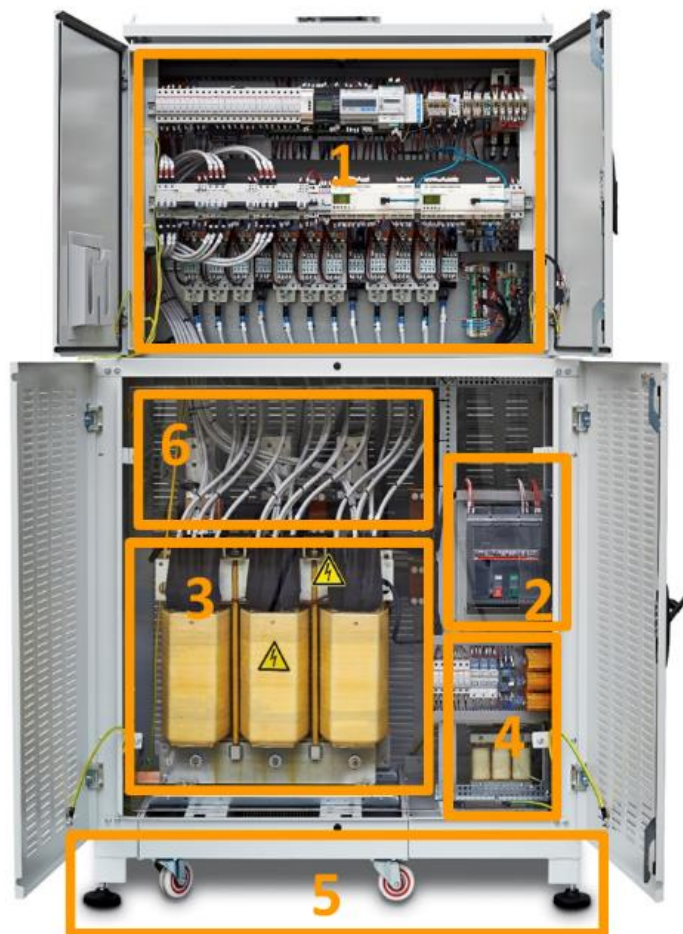


Slika 2 Shema delovanja naprave

Naprava je sestavljena iz dveh delov (slika 3):

- a. krmilna enota (1)
- b. glavna enota (2,3,4,5,6)

2. Bypass sistem, ki v času manjšem od 1ms preusmeri energijo mimo transformatorja
3. Specialni transformator, ki deluje kot pasivni induktivni filter z dinamičnim upravljanjem
4. Dušilno vezje, ki zmanjša konice, ko se spreminjajo nivoji varčevanja ali med preklopom iz delovanja v režimu varčevanja na bypass in obratno
5. Ohišje naprave ima tudi kolesa, kar omogoča udobno namestitev ali premik naprave na točno določeno mesto brez viličarja.
6. Priključek za napajanje (3 fazni vhod in 3 fazni izhod) je neposredno priključen na pasivne induktivne filtre z dinamičnim upravljanjem.



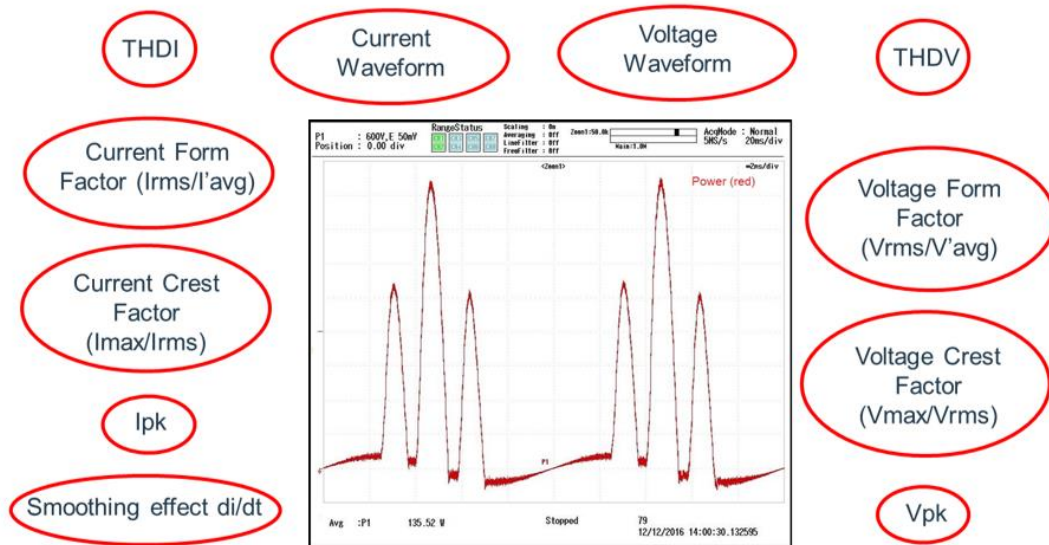
Slika 3 Naprava IBM E-power

Rešitev je zaščiten z dvema patentoma in sicer

- Patent 1: E-Power sistem, zaščiten z mednarodnim patentom N. PCT / IT2011 / 000275
 Patent 2: By-pass Sistem, zaščiten z mednarodnim patentom N. VI2007A000272.

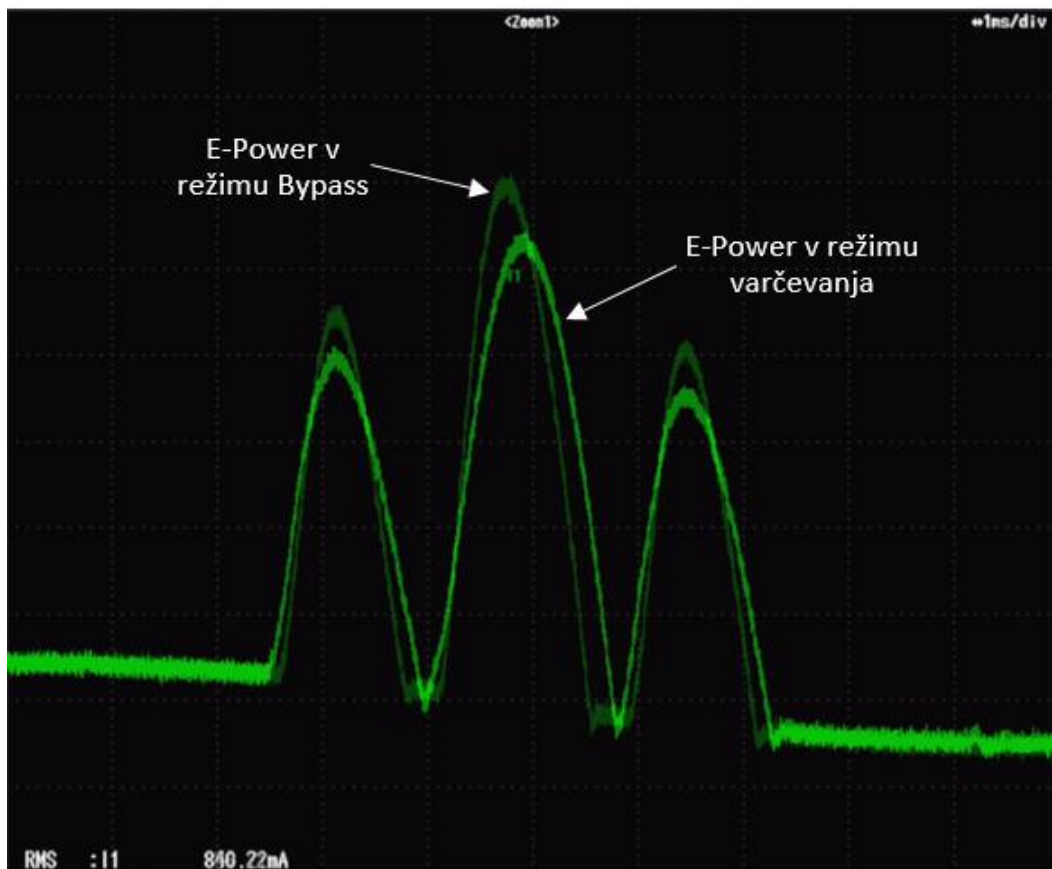


Naprava deluje in spreminja parametre, ki vplivajo na obliko moči. Vsi parametri opisani na sliki št. 4 vplivajo na obliko moči v električnem omrežju. E-Power ustvarja prihranke tako, da vpliva na vse te parametre. S tem se spremeni oblika moči, ki jo kvarijo izgube in motnje.



Slika 4 Oblika moči

Spodnja slika prikazuje vpliv na spremembo oblike toka z laboratorijskim testom z nelinearnimi obremenitvami med preklapljanjem iz režima varčevanja v režim By-pass. Trenutna oblika toka se izboljša s sistemom E-Power v varčevalnem načinu tako, da se zmanjša amplituda in razširi oblika. Posledica je zmanjšanje porabe električne energije in pozitiven vpliv na električne vodnike.



Slika 5 Izboljšanje oblike toka

Tako primerjavo lahko izvedemo s pomočjo By-pass sistema, s katerim je med drugim omogočeno brezprekinitveno preklapljanje med delovanjem v režimu prihrankov in med delovanjem v režimu By-pass, ko energija teče mimo naprave. Z njegovo pomočjo lahko primerjamo električne veličine med seboj v realnem času. Na ta način lahko izmerimo vpliv naprave na te veličine.

3. VGRADNJA NAPRAVE V PODJETJU DIFA

Difa d.o.o. proizvaja kakovostne avtomobilске dele, dele za pnevmatiko in ostale mehanske dele. Imajo veliko izkušenj pri izdelavi vlitkov iz različnih materialov. Glavni električni porabniki so:

Stroji za visoko tlačno litje Al zlitin	30%
Stroji za visoko tlačno litje Zn zlitin	29%
Peči za taljenje zlitin in gretje vode	18%
Hladilni agregati	10%
Kompresorji	5%
Standardna razsvetljava	4%
Stroji za brizganje plastike	2%

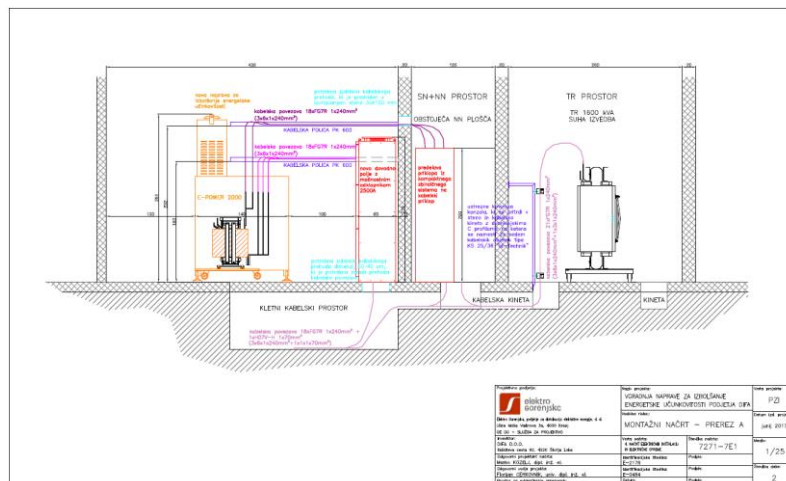
V projektu v podjetju Difa je bila glede na podatke o konični moči izbrana naprava EP2000 s tehničnimi podatki:

Napajanje:	208... 690 Vac
Tok:	2000 A
Skupna obremenitev:	720... 2076 kVA
I _{cw} / I _{pk} / SCCR [UL]:	65 kA x 1s / 143 kA / 10 kA
Izkoristek:	99,7%
Dimenzija (širina x višina x globina):	1800 x 2570 x 1400 mm
Skupna teža:	1490 kg

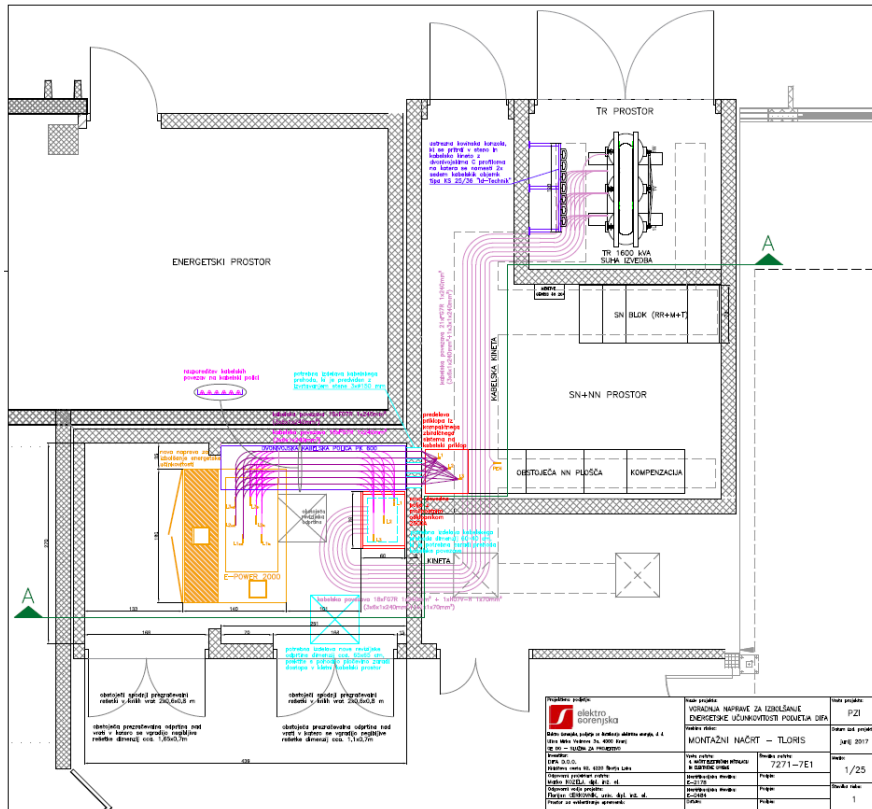
4. VLOGA ELEKTRO GORENJSKE

Elektro Gorenjska je v projektu vgradnje naprave v omrežje podjetja Difa aktivno sodelovala v fazi izvajanja meritev električnih veličin na osnovi katerih je podjetje IBM izračunalo ali je okolje podjetja primerno za vgradnjo naprave. Po potrditvi primernosti je Elektro Gorenjska pripravila projekt umestitve naprave. Po podpisu pogodbe o nakupu pa tudi v fazi vgradnje naprave. Po vgradnji in umerjanju naprave v omrežje podjetja, je Elektro Gorenjska izmerila vpliv delovanja naprave na električno omrežje podjetja Difa in vpliv delovanja naprave na omrežje Elektro Gorenjska.

Naprava je nameščena v prostoru poleg NN stikalnega polja. Vhodne sponke naprave so s transformatorjem je povezane preko nizkonapetostnega dovodnega polja tipa MRO 32, "Enerprom" s kabelsko povezavo tipa FG7R 6X240 mm² po fazi. Izhodne sponke pa preko enake povezave nazaj na obstoječe NN stikalno polje. (Sliki 6 in 7 prikazujeta tloris in stranski ris načrta povezav)



Slika 6 Stranski ris



Slika 7 Floris

5. MERITEV PRIHRANKA V TOVARNI DIFA V ŠKOFJI LOKI – ELEKTRO GORENJSKA

Elektro Gorenjska d.d. je na pobudo podjetja Energovot d.o.o. opravila kontrolne meritve prihranka po vgradnji naprave E-Power v podjetju Difa. Meritve smo opravili v času med 28.3.2019 in 29.3.2019 in sicer v času 24 ur od 14:00 do 14:00 naslednjega dne. Meritve smo namestili na sekundar naprave. Uporabili smo analizator kakovosti napetosti Fluke 1748 (ser. št. 44654809). Analizator smo nastavili na 1s vzorčenje vrednosti napetosti, toka, moči in ostali veličin.



Slika 8 Prikaz vgrajenega analizatorja za izvedbo meritev.

Meritev prihranka je potekala na način, da je naprava E-Power v času 24 ur v 5 minutnih intervalih obratovala v načinu prihrankov in načinu Bypass (vklopil se je odklopnik in omogočil napajanje tovarne brez naprave E-Power). To pomeni, da se je zgodilo 288 preklopov iz režima prihrankov v režim Bypass in nazaj. Skupno je 144 krat po 5 minut obratovala v stanju, ko je bila tovarna priključena v omrežje preko naprave in 144 krat po 5 minut obratovala v stanju brez naprave.

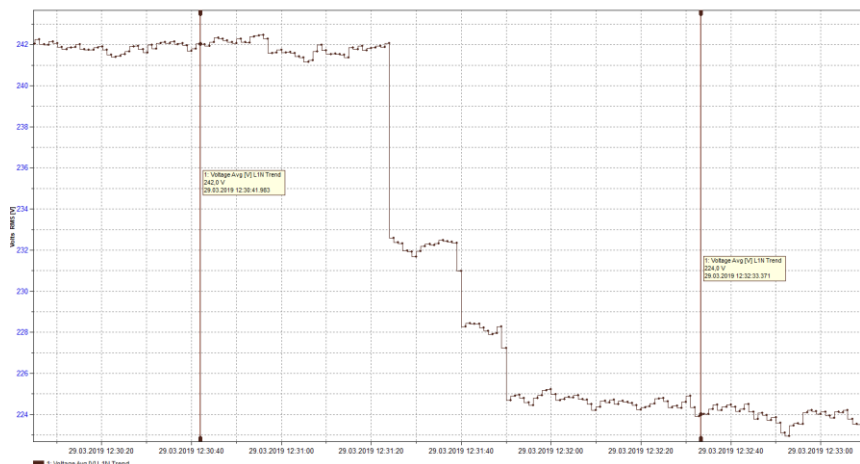
V času meritev je analizator registriral vsako sekundo eno meritev, kar pomeni v 24 urah 86400 meritev veličin napetosti, toka, moči in ostalih električnih veličin. V nadaljevanju v tabeli prikazujemo kumulativne moči v času 24 ur tako za delovno moč, kot tudi za navidezno moč ter razliko v prejeti moči tako za režim z delovanjem E-Power kot tudi brez delovanja. Za vsak režim – način obratovanja smo sešteli vse meritve in naredili razliko. Razlika med načinoma predstavlja prihranek tovarne Difa.

	Voltage range (filter)	Number of cells	Operating mode	Cumulative Active power	Average Active power	Cumulative Apparent power	Average Active power
Voltage	222 - 233,52	42776	E Power	33425492280	781407,6183	34238129150	800405,1138
Voltage	238 - 245	42775	Bypass	34992623686	818062,5058	36039013810	842525,1621
Diference				1567131406		1800884660	42120,04828
Percent of saving				4,478462147		4,99704201	4,99926295
	Voltage range (filter)	Number of cells	Operating mode	Cumulative Active power	Average Active power	Cumulative Apparent power	Average Apparent power
Voltage	219 - 228	39813	E Power	31147761509	782351,5311	31910286602	801504,1972
Voltage	240 - 244	39811	Bypass	32653833635	820221,3869	33630018955	844741,8793
Diference				1506072126		1719732353	43237,68208
Percent of saving				4,612236783		5,113682378	5,118448978

Tabela 1: Prikaz rezultatov meritev v podjetju Difa v Škofji Loki

Opravljen meritev je pokazala, da je prihranek tovarne Difa v režimu obratovanja z vključeno napravo E- Power 4.44% manj prevzete delovne moči in 4,96% manj prevzete navidezne moči.

Opravili smo tudi analizo, kjer smo zmanjševali napetostni rang, kar pomeni, da smo se približevali čistemu delovanju tako v režimu z vključeno napravo in brez vključene naprave (izločili smo vrednosti v času vklopa naprave, ki postopoma, v korakih, prehaja v polno zmogljivost). Prihranki so v tem primeru še narasli in so znašali 4.61% manj prevzete delovne moči in 5,11% manj prevzete navidezne moči.



Slika 9 Prikaz vklopa naprave E- Power

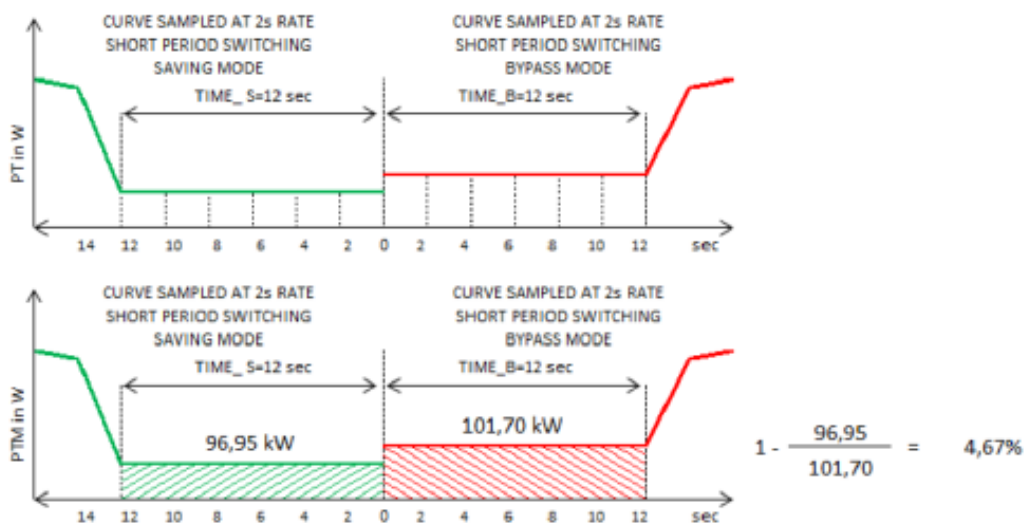
Slika 9 prikazuje graf napetosti v času pri preklupu v režim obratovanja z vključeno napravo E-Power. Napetost se zniža iz 242 V na 224 V. Prehod se zgodi v času 27 sekund.

6. MERILNI PROTOKOL IPMVP – IBM

Merjenje energetske učinkovitosti delovanja naprave je izveden z uporabo merilnega protokola IPMVP. Merilni protokol IPMVP je bil preverjen in potrjen tudi na univerzah v državah, kjer je vgrajenih največ naprav: Univerza v Firencah, Univerza Niederrhein, Univerza Madrid[1,2,3].

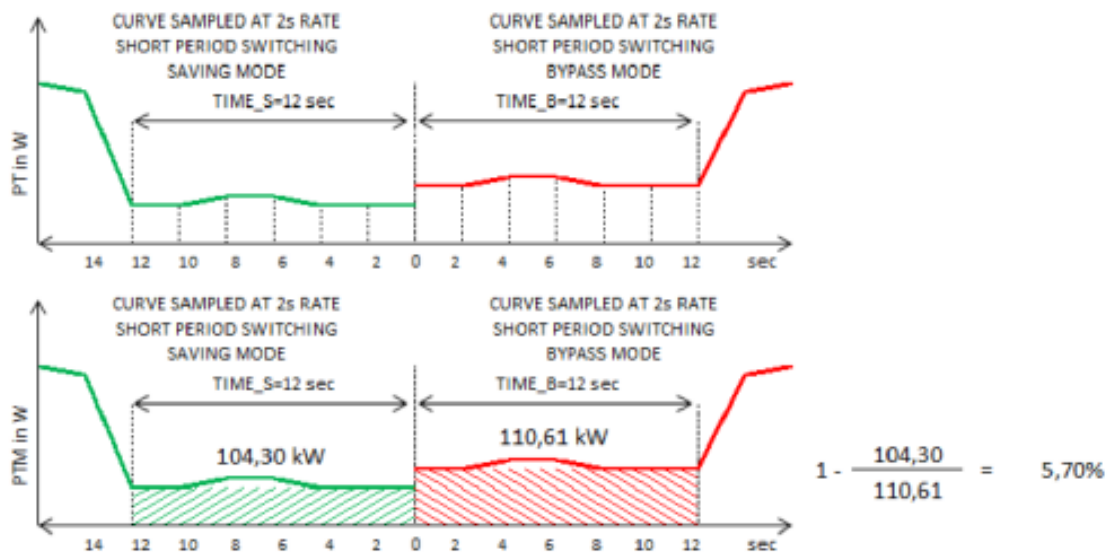
V primeru meritev v podjetju Difa je bilo uporabljenih 144 preklpov iz delovanja v By pass. Prehod iz stanja By pass v delovanje pa ni trenuten, ker se naprava prilagaja omrežju in postopoma prehaja v polno obremenitev (maksimalne prihranke), kar traja med 10 in 40 sekund. (slika 8) Zato je ta prehod manj primeren za primerjavo in izključen iz metode merjenja.

Naslednja slika prikazuje primer konstantne in primerljive krivulje; v tem primeru gledamo na preklpni dogodek, ki se šteje za idealen in »veljaven« za merjenje. Pri izračunu prihrankov, torej od 144 razpoložljivih preklpnih dogodkov iz stanja varčevanja v By pass, se upoštevajo samo tisti dogodki, ki veljajo za veljavne, s stabilnimi in primerljivimi krivuljami moči.



Slika 10 Primer enakomerne obremenitve

Naslednja slika prikazuje primer krivulje, ki ni čisto idealna, vendar je še primerna za primerjavo.



Slika 31 Primer neenakomerne obremenitve (IBM Slovenija d.o.o., 2017)

Če pa je nihaj spremembe moči prevelik v trenutku preklopa, pa se tista meritev izloči. V 144 preklonih na vsakih 5 min narejenih v 24 urah je bilo v tem primeru izločenih 19 meritev.

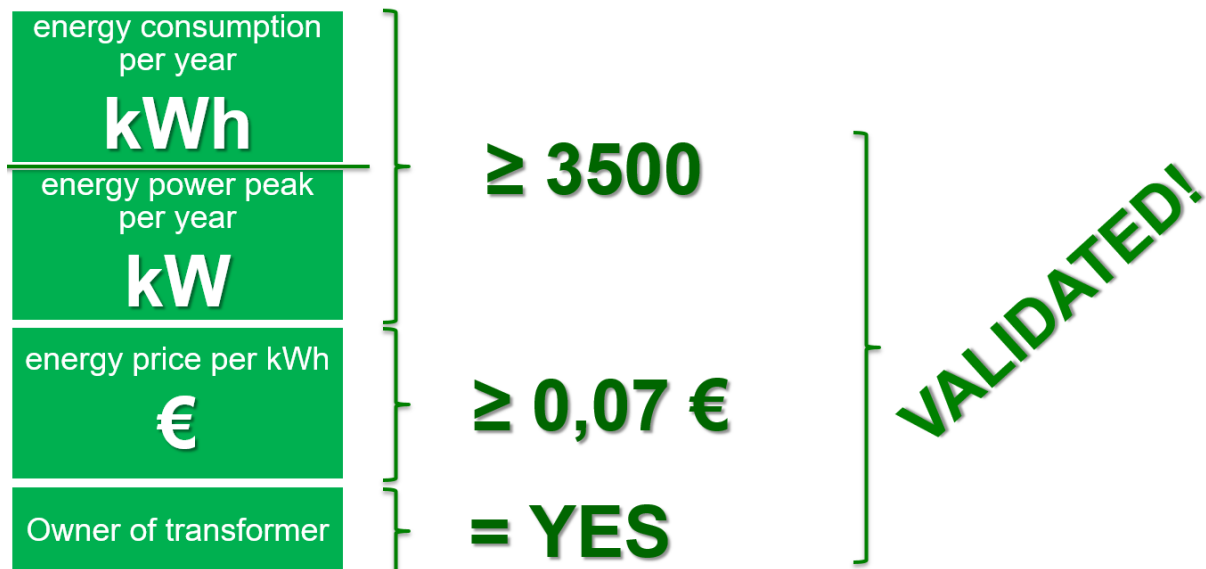
Iz podatkov pridobljenih na ta način meritve smo ugotovili prihranek 4,41 % prevzete delovne moči.

7. ZAKLJUČEK

Neodvisna meritev prihrankov, je potrdila, da naprava izboljšuje energetska učinkovitost oz. podjetjem zagotavlja prihranke ter, da so rezultati merilnega protokola, ki ga za dokazovanje prihrankov uporablja IBM, skladni z izvedenimi meritvami.

Predlagamo, da se opravita še dve analizi prihranka in sicer analiza prihranka na način, da primerjamo dva enaka dneva glede režima proizvodnje kar pomeni en dan z vključeno napravo in en dan brez vključene naprave ter še podoben primer, kjer v režimu brez naprave znižamo napetost na distribucijskem transformatorju. S tem bi izničili vliv zmanjšanja porabe zaradi nižje napetosti na čista omska bremena.

IBM E-Power lahko izboljša energetska učinkovitost tudi v drugih podjetjih. Na osnovi izvedenih meritev je bilo izračunano, da se na snovi izmerjenih prihrankov investicija v napravo povrne prej kot v 6tih letih. Iz izkušnje že vgrajenih naprav je bilo ugotovljeno, da mora biti na transformatorju podjetja poraba čim bolj konstantna. To pomeni, da mora biti višina povprečne moči čim bližje konične moči. Na spodnji sliki je prikazana enostavna formula s katero se lahko hitro preveri ali je okolje ekonomsko primerno za namestitev naprave v odvisnosti od željenega časa povrnitve investicije.



Slika 42 Formula za oceno ekonomske primernosti uporabe naprave IBM E-Power

REFERENCE

[1]Univerza v Italiji

Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Evaluation of energy efficiency and improvement in power quality using the E-POWER apparatus, Prof. Francesco Grasso

Measurement of Power Quality and Efficiency in Nonsinusoidal Systems, Francesco Grasso, Antonio Luchetta, Stefano Manetti

[2]Univerza v Nemčiji

Hochschule Niederrhein, University of Applied Sciences

Confirmation of energy savings by E-power, Prof. Dr. –Ing Jörg Meyer, Simon Möhren, M.Sc.

[3]Univerza v Španiji

Universidad Politécnica de Madrid, ydentro del ámbito de la asignatura Eficiencia Energética Eléctrica (e3+) del Máster de Eficiencia Energética en la Edificación, Industria y el Transporte, D. Ignacio Sevillano Alaejos, Profesor Titular

[4]

Elektro Gorenjska d.d. (brez datuma). MERITEV PRIHRANKA V TOVARNI DIFA V ŠKOFJI LOKI .

Elektro Gorenjska d.d. (brez datuma). VGRADNJA NAPRAVE ZA IZBOLŠANJE ENERGETSKE UČUNKOVITOSTI PODJETJA DIFA - PZI.

[5]Energia Europa. (brez datuma). Technical_Sales_Presentation_ENG_REV00.

[6]IBM Slovenija d.o.o. (04. 12 2017). ENERGY SAVING REPORT 17003_REE_SLOVENIJA_DIFA_D01_R00.