

Goran Kolaić, mag. ing. el.
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
goran.kolaic@hep.hr

Danijela Žaja, dipl. ing. el.
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
danijela.zaja@hep.hr

IZRAČUN VRŠNE RADNE SNAGE I PREKOMJERNE JALOVE ENERGIJE ZA VRIJEME PRUŽANJA POMOĆNE USLUGE

SAŽETAK

S razvojem tržišta električne energije razvijaju se i nove usluge na tržištu električne energije. S obzirom da obnovljivi izvori energije imaju „fluktuirajuću“ proizvodnju, ključno je osigurati stabilnost i prijenosnu moć prijenosnog i distribucijskog sustava. Tehnička ograničenja, poput karakteristike prijenosnih vodova i transformatora, često utječu na kapacitet prijenosa. Operator prijenosnog sustava (OPS) odgovoran je za stabilnost elektroenergetskog sustava (EES) i sigurnost prijenosa. Kako bi održao kvalitetnu opskrbu, OPS koristi pomoćne usluge poput regulacije snage, frekvencije, napona i jalove snage. Sve veći udio obnovljivih izvora energije, poput vjetra i sunca, oscilacije u proizvodnji energije – ovise o vremenskim uvjetima, sve više zahtijevaju primjenu pomoćnih usluga. Kako tehnologija napreduje, pomoćne usluge postaju sve važniji dio prijelaza na održivi energetske sustav. Pomoćne usluge OPS-u mogu pružati i korisnici mreže koji su spojeni na distribucijsku mrežu te će u ovom radu biti prikazan izračun vršne radne snage i prekomjerne jalove energije za vrijeme pružanja pomoćne usluge.

Ključne riječi: naknada za korištenje mreže, pomoćne usluge, regulacija napona, vršna radna snaga

CALCULATION OF PEAK ACTIVE POWER AND EXCESS REACTIVE ENERGY DURING THE PROVISION OF ANCILLARY SERVICES

SUMMARY

As the electricity market develops, new services are emerging in the electricity market as well. Given that renewable energy sources have a 'fluctuating' production, it is crucial to ensure the stability and transmission capacity of the transmission and distribution systems. Technical limitations, such as the characteristics of transmission lines and transformers, often affect the transmission capacity. The Transmission System Operator (TSO) is responsible for the stability of the power system (PS) and the security of transmission. To maintain a quality supply, the TSO utilizes ancillary services such as power, frequency, voltage, and reactive power regulation. The increasing share of renewable energy sources, such as wind and solar, and the oscillations in energy production – dependent on weather conditions – are increasingly requiring the application of ancillary services. As technology advances, ancillary services are becoming an increasingly important part of the transition to a sustainable energy system. Ancillary services can also be provided to the TSO by network users connected to the distribution network, and this paper will present the calculation of peak active power and excess reactive energy during the provision of ancillary services.

Key words: network usage charge, ancillary services, voltage regulation, peak active power

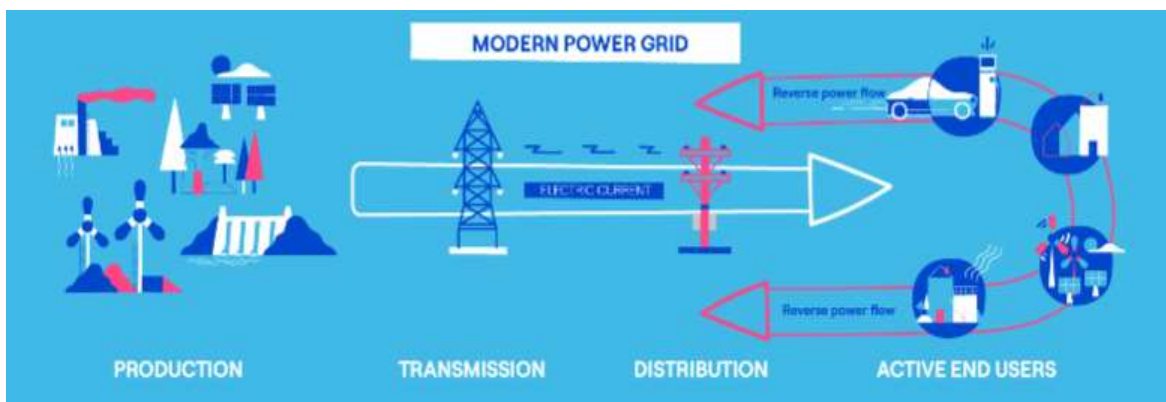
1. UVOD

S razvojem tržišta električne energije, pojavljuju se nove usluge koje omogućuju bolje upravljanje elektroenergetskim sustavima. Obnovljivi izvori energije, poput vjetra i sunca, karakteriziraju se fluktuirajućom proizvodnjom, što može uzrokovati izazove u održavanju stabilnosti sustava. Kako bi se osigurala pouzdana opskrba, nužno je održavati stabilnost prijenosnih i distribucijskih sustava, a to uključuje osiguranje adekvatne prijenosne moći, što je često ograničeno tehničkim svojstvima infrastrukture, poput prijenosnih vodova i transformatora.

Operator prijenosnog sustava (OPS) odgovoran je za očuvanje stabilnosti elektroenergetskog sustava i sigurnost prijenosa električne energije. Za postizanje tih ciljeva, OPS koristi različite pomoćne usluge, uključujući regulaciju snage, frekvencije, napona i jalove snage. S obzirom na sve veći udio obnovljivih izvora energije, ove usluge postaju ključne za pravilno balansiranje sustava i smanjenje rizika od nestabilnosti.

Korištenje pomoćnih usluga postaje još važnije s obzirom na oscilacije u proizvodnji energije, koje ovise o vremenskim uvjetima. Osim toga, napredak u tehnologiji omogućava bolje upravljanje i integraciju obnovljivih izvora u elektroenergetski sustav. Pomoćne usluge mogu pružati i korisnici mreže povezani na distribucijsku mrežu, čime se stvara dodatna fleksibilnost u sustavu.

Ovaj rad fokusira se na izračun vršne radne snage i prekomjerne jalove energije tijekom pružanja pomoćnih usluga. Cilj je prikazati izračun vršne radne snage i prekomjerne jalove energije tijekom pružanja pomoćnih usluga te obračun za korisnika mreže, analizirati kako različiti parametri, uključujući fluktuacije u proizvodnji energije iz obnovljivih izvora, utječu na rad sustava i potrebu za korištenjem pomoćnih usluga, čime se omogućuje stabilna i sigurna opskrba električnom energijom.

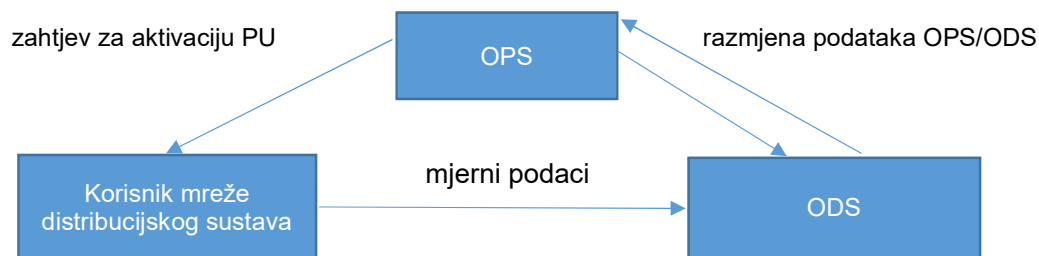


Slika 1. prikaz suvremene elektroenergetske mreže

2. RAZMJENA PODATAKA

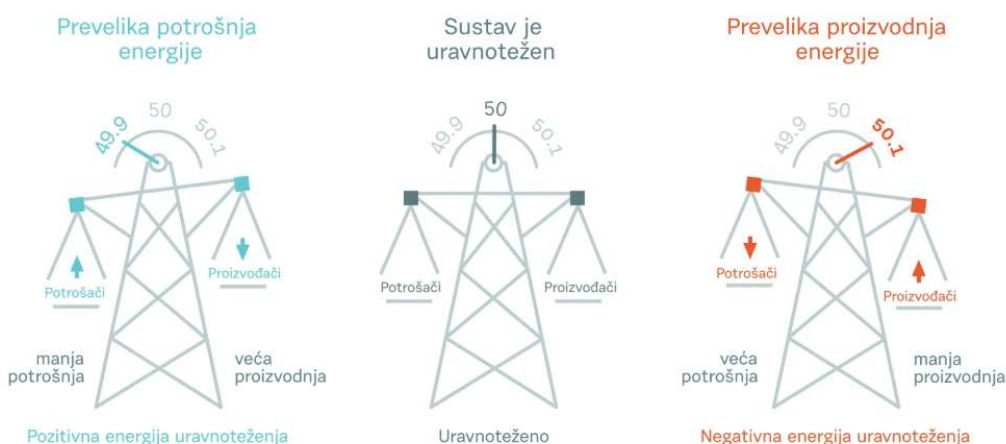
Nakon što operator prijenosnog sustava, u suradnji s kolegama koji vode distribucijski sustav, za korisnika mreže distribucijskog sustava provede kvalifikacijski postupak te korisnik mreže isti zadovolji, počinje razmjena podataka između operatora prijenosnog i distribucijskog sustava. Podaci koji se razmjenjuju između OPS-a i ODS-a su:

- Dnevna nevalidna krivulja potrošnje/proizvodnje (ODS -> HOPS)
- Mjesečna validna krivulja potrošnje/proizvodnje (ODS -> HOPS)
- Priznata količina energije za pomoćnu uslugu (HOPS -> ODS)



3. ENERGIJA URAVNOTEŽENJA

Energija uravnoteženja je električna energija kojom operator prijenosnog sustava uravnotežuje i održava frekvenciju u prijenosnom sustavu radi osiguravanja pogonske sigurnosti. Energiju uravnoteženja osigurava pružatelj usluge uravnoteženja. U slučaju da se u prijenosnom sustavu pojavi manjak ili višak električne energije, operator prijenosnog sustava aktivira energiju uravnoteženja.



Slika 2. Ravnoteža sustava

Prema pravilima o uravnoteženju elektroenergetskog sustava (12/2023), članku 14. stavku 3, operator prijenosnog sustava osigurava energiju uravnoteženja u obračunskom intervalu na sljedeće načine:

- aktivacijom odnosno kupoprodajom energije od pružatelja usluge uravnoteženja kroz ugovorenu rezervu snage,
- aktivacijom odnosno kupoprodajom energije od pružatelja usluge uravnoteženja na temelju dobrovoljnih ponuda za energiju uravnoteženja,
- kupoprodajom od drugih operatora prijenosnog sustava,
- kupoprodajom električne energije na tržišnim načelima od tržišnih sudionika na veleprodajnim tržištima električne energije.

Energija uravnoteženja ($E_{URukp,i}$) sadrži isključivo energiju namijenjenu za uravnoteženje hrvatskog regulacijskog područja koja se sastoji od:

- energije uravnoteženja iz aktivacije aFRR rezerve snage (pozitivna i negativna),
- energije uravnoteženja iz aktivacije mFRR rezerve snage (pozitivna i negativna),
- energije uravnoteženja osigurane na tržištu električne energije,
- energije uravnoteženja osigurane ugovorima s drugim operatorima prijenosnog sustava.

Detalji su navedeni u članku 20., Pravila o uravnoteženju elektroenergetskog sustava (12/2023).

Odaberi objekt

Postupak MNO CO P...
 PoslovniPartner
 Ugovorni konto
 Ugovor
 Instalacija 40 851

Dat.odab. 01.03.2025 Do 31.03.2025

Datum odabira: 01.03.2025

- RG - 011
- RG - 012
- RG - 013
 - FP - 5i 4654 Izm
 - FP - 5i 4552 Akt
 - FP - 5i 49086 SN
 - FP - 1i 48638 HOI
 - FP - 1i 48639 HOI
 - FP - 5i 5259 HOI
 - FP - 1i 1506 Izm
 - FP - 1i 1559 Koe
- RG - 014
 - FP - 5i 47529 Izm
 - FP - 5i 47531 Akt
 - FP - 5i 47533 SN
 - FP - 1i 7139 Izm
 - FP - 1i 7144 Koe
- RG - 015

02.03.2025

Dan	Vrm int.	Radna A+	HOPS priznata	A+ - HOPS priz	Intervali pružanja PU	33% A+	JAL14	Prekomj. JAL
02.03.2025	08:15:00	1.370,879026	0,000000	1.370,879026	0	452,390079	319,200000	0,000000
02.03.2025	08:30:00	1.545,598902	0,000000	1.545,598902	0	510,047638	371,070000	0,000000
02.03.2025	08:45:00	1.838,548694	0,000000	1.838,548694	0	606,721069	456,960000	0,000000
02.03.2025	09:00:00	1.849,888686	0,000000	1.849,888686	0	610,463266	451,080000	0,000000
02.03.2025	09:15:00	1.925,488632	0,000000	1.925,488632	0	635,411249	475,650000	0,000000
02.03.2025	09:30:00	2.581,108167	583,000000	1.998,108167	1	851,765695	708,120000	0,000000
02.03.2025	09:45:00	2.752,048045	680,000000	2.072,048045	1	908,175855	759,360000	0,000000
02.03.2025	10:00:00	2.964,357894	915,000000	2.049,357894	1	978,238105	805,350000	0,000000
02.03.2025	10:15:00	2.961,207897	868,000000	2.093,207897	1	977,198606	802,410000	0,000000
02.03.2025	10:30:00	2.933,067917	860,000000	2.073,067917	1	967,912413	786,660000	0,000000
02.03.2025	10:45:00	2.962,257896	886,000000	2.076,257896	1	977,545106	799,680000	0,000000
02.03.2025	11:00:00	2.962,677896	896,000000	2.066,677896	1	977,683796	800,940000	0,000000
02.03.2025	11:15:00	2.963,097895	899,000000	2.064,097895	1	977,822305	797,370000	0,000000
02.03.2025	11:30:00	3.000,477869	0,000000	3.000,477869	0	990,157697	816,060000	0,000000
02.03.2025	11:45:00	3.103,167796	0,000000	3.103,167796	0	1.024,045373	840,000000	0,000000
02.03.2025	12:00:00	3.301,827655	0,000000	3.301,827655	0	1.089,603126	899,430000	0,000000
02.03.2025	12:15:00	3.283,767668	0,000000	3.283,767668	0	1.083,643330	893,550000	0,000000
02.03.2025	12:30:00	3.312,537647	0,000000	3.312,537647	0	1.093,137424	903,210000	0,000000

Slika 3. Suma s priznatom energijom od strane HOPS-a

4. OBRAČUN

Obračun se vrši unutar SAP EDM modula. Obračun započinje s uvozom priznate količine energije od HOPS-a za korisnika mreže, a zatim se vrše kalkulacije kako bi se pronašla maksimalna vrijednost u krivulji opterećenja (nakon oduzimanja priznate količine energije) za vrijeme VT kako bi se naplatila ostvarena snaga. Bitno je napomenuti kako je moguće ostvarenje maksimalne snage korisnika mreže (nakon što se oduzme priznata količina energije od strane HOPS-a) i za vrijeme pružanja pomoćne usluge. Također, ukoliko je za vrijeme pružanja pomoćne usluge došlo do prekomjerne jalove energije, ista mora biti izuzeta iz obračuna prekomjerne jalove energije.

Odaberi objekt

Postupak MNO CO P...
 PoslovniPartner
 Ugovorni konto
 Ugovor
 Instalacija 4 135

Dat.odab. 01.03.2025 Do 31.03.2025

Datum odabira: 01.03.2025

- VD - 5i 90 (40)
- VD - 1i 52 (4)
- VD - 1i 9 (43)
- RG - 001
- RG - 002
- RG - 003
- RG - 004
- RG - 005
- RG - 006
- RG - 007
- RG - 008
- RG - 009
- RG - 010
- RG - 011
- RG - 012
- RG - 013
 - FP - 5 428 Izm
 - FP - 5 310 Akt
 - FP - 5 718 SN
 - FP - 1 024 HOI
 - FP - 1 025 HOI
 - FP - 5 781 HOI
 - FP - 1 510 Izm

03.03.2025

Dan	Vrm int.	Radna A+	HOPS priznata	A+ - HOPS priz	Intervali pružanja PU	33% A+	JAL14	Prekomj. JAL
03.03.2025	08:15:00	9,780000	0,000000	9,780000	0	3,227400	1,620000	0,000000
03.03.2025	08:30:00	3,840000	0,000000	3,840000	0	1,267200	1,020000	0,000000
03.03.2025	08:45:00	1,920000	0,000000	1,920000	0	0,633600	0,540000	0,000000
03.03.2025	09:00:00	0,360000	0,000000	0,360000	0	0,118800	0,300000	0,000000
03.03.2025	09:15:00	0,420000	0,000000	0,420000	0	0,138600	0,420000	0,000000
03.03.2025	09:30:00	0,000000	0,000000	0,000000	0	0,000000	0,000000	0,000000
03.03.2025	09:45:00	0,000000	0,000000	0,000000	0	0,000000	0,060000	0,000000
03.03.2025	10:00:00	0,000000	0,000000	0,000000	0	0,000000	0,000000	0,000000
03.03.2025	10:15:00	0,000000	0,000000	0,000000	0	0,000000	0,000000	0,000000
03.03.2025	10:30:00	15,060000	0,000000	15,060000	0	4,969800	0,480000	0,000000
03.03.2025	10:45:00	40,020000	40,020000	0,000000	1	13,206600	0,840000	0,000000
03.03.2025	11:00:00	62,040000	62,040000	0,000000	1	20,473200	6,060000	0,000000
03.03.2025	11:15:00	67,500000	67,500000	0,000000	1	22,275000	10,920000	0,000000
03.03.2025	11:30:00	72,060000	72,060000	0,000000	1	23,779800	13,980000	0,000000
03.03.2025	11:45:00	86,760000	86,760000	0,000000	1	28,630800	32,520000	3,889200
03.03.2025	12:00:00	93,960000	93,960000	0,000000	1	31,006800	36,660000	5,653200
03.03.2025	12:15:00	89,940000	89,940000	0,000000	1	29,680200	30,180000	0,499800
03.03.2025	12:30:00	89,820000	89,820000	0,000000	1	29,640600	33,600000	3,959400
03.03.2025	12:45:00	55,140000	37,000000	18,140000	1	18,196200	32,940000	14,743800
03.03.2025	13:00:00	11,400000	0,000000	11,400000	0	3,762000	29,460000	0,000000
03.03.2025	13:15:00	12,180000	0,000000	12,180000	0	4,019400	27,480000	0,000000
03.03.2025	13:30:00	22,440000	0,000000	22,440000	0	7,405200	32,040000	0,000000
03.03.2025	13:45:00	15,660000	0,000000	15,660000	0	5,167800	22,680000	0,000000
03.03.2025	14:00:00	16,320000	0,000000	16,320000	0	5,385600	24,660000	0,000000

Slika 4. Primjer s prekomjernom jalovom energijom za vrijeme pružanja PU

Skrj odabr

Odaberi objekt

Postupak MNO CO P... Vrijednosti vrhunca

Poslovni Partner

Ugovorni konto

Ugovor

Instalacija 317

Dat. odab. 01.03.2025 Do 31.03.2025

Datum odabira: 01.03.2025

0

VD - 01 144 (408

VD - 01 141 (408

VD - 01 135 (408

VD - 01 131 (408

VD - 01 134 (408

VD - 01 120 (436

RG - 001

RG - 002

RG - 003

RG - 004

RG - 005

RG - 006

RG - 007

RG - 008

RG - 009

RG - 010

RG - 011

RG - 012

RG - 013

FP - 5 1901 Izm

FP - 5 655 Akt

FP - 5 330 SNK

FP - 1 236 HOI

FP - 1 237 HOI

FP - 5 275 HOI

FP - 1 142 Koe

FP - 1 239 Koe

RG - 014

FP - 5 107 Izm

FP - 5 704 Akt

Dan

01.03.2025 103,152000 0,000000 103,152000 0 34,040160 7,456000 0,000000

02.03.2025 7,488000 0,000000 7,488000 1 2,471040 5,040000 3,347520

03.03.2025 115,720000 0,000000 113,688000 1 38,187600 7,664000 0,000000

04.03.2025 106,960000 0,000000 106,960000 1 33,296800 6,336000 0,000000

05.03.2025 100,664000 0,000000 100,664000 0 33,219120 5,600000 0,000000

06.03.2025 90,728000 0,000000 90,728000 0 29,940240 6,056000 0,000000

07.03.2025 87,472000 0,000000 87,472000 0 28,865760 6,656000 0,000000

08.03.2025 67,456000 0,000000 67,456000 0 27,760480 7,120000 0,000000

Dan Vrm int. Statut Radna A+ HOPS priznata A+ - HOPS priz Intervali pružanja PU 33% A+ JAL14 Prekom. JAL

03.03.2025 11:15:00 106,416000 29,000000 77,416000 1 35,117280 4,408000 0,000000

03.03.2025 11:30:00 104,992000 28,000000 76,992000 1 34,647360 4,760000 0,000000

03.03.2025 11:45:00 112,104000 35,000000 77,104000 1 36,994320 6,560000 0,000000

03.03.2025 12:00:00 110,584000 34,000000 76,584000 1 36,492720 5,080000 0,000000

03.03.2025 12:15:00 108,808000 32,000000 76,808000 1 35,906640 7,072000 0,000000

03.03.2025 12:30:00 115,720000 39,000000 76,720000 1 38,187600 7,328000 0,000000

03.03.2025 12:45:00 92,728000 9,000000 83,728000 1 30,600240 6,464000 0,000000

03.03.2025 13:00:00 68,088000 0,000000 68,088000 0 22,469040 5,104000 0,000000

03.03.2025 13:15:00 65,176000 0,000000 65,176000 0 21,508080 4,552000 0,000000

03.03.2025 13:30:00 63,760000 0,000000 63,760000 0 21,040800 3,312000 0,000000

03.03.2025 13:45:00 50,832000 0,000000 50,832000 0 16,774560 3,688000 0,000000

03.03.2025 14:00:00 51,864000 0,000000 51,864000 0 17,115120 3,152000 0,000000

03.03.2025 14:15:00 59,480000 0,000000 59,480000 0 19,628400 3,040000 0,000000

03.03.2025 14:30:00 62,992000 0,000000 62,992000 0 20,787360 3,320000 0,000000

03.03.2025 14:45:00 66,432000 0,000000 66,432000 0 21,922560 3,912000 0,000000

03.03.2025 15:00:00 72,472000 0,000000 72,472000 0 23,915760 4,720000 0,000000

03.03.2025 15:15:00 78,616000 0,000000 78,616000 0 25,943280 4,216000 0,000000

03.03.2025 15:30:00 83,960000 0,000000 83,960000 0 27,706800 4,880000 0,000000

03.03.2025 15:45:00 89,760000 0,000000 89,760000 0 29,620800 5,272000 0,000000

03.03.2025 16:00:00 85,592000 0,000000 85,592000 0 28,245360 4,880000 0,000000

03.03.2025 16:15:00 98,112000 0,000000 98,112000 0 32,376960 3,808000 0,000000

03.03.2025 16:30:00 92,976000 0,000000 92,976000 0 30,682080 2,864000 0,000000

03.03.2025 16:45:00 98,920000 0,000000 98,920000 0 32,643600 3,912000 0,000000

03.03.2025 17:00:00 91,792000 0,000000 91,792000 0 30,291360 5,408000 0,000000

03.03.2025 17:15:00 106,552000 0,000000 106,552000 0 35,162160 5,496000 0,000000

03.03.2025 17:30:00 113,688000 0,000000 113,688000 0 37,517040 7,664000 0,000000

03.03.2025 17:45:00 97,968000 0,000000 97,968000 0 32,329440 3,656000 0,000000

03.03.2025 18:00:00 96,440000 0,000000 96,440000 0 31,825200 3,288000 0,000000

03.03.2025 18:15:00 94,864000 0,000000 94,864000 0 31,305120 2,608000 0,000000

03.03.2025 18:30:00 102,704000 0,000000 102,704000 0 33,892320 5,688000 0,000000

Slika 5. Izuzeće od ostvarene maksimalne snage, pružanje PU

Slijedeća slika prikazuje izvadak iz fakturnog dokumenta gdje se jasno vidi ostvarena maksimalna snaga te koja je snaga uzeta za naplatu.

Izračun potrošnje

Broj brojila	Datum od	Datum do	Tarifni element	Stanje od	Stanje do	Kanal	Konstanta	Potrošak	Gubici %	Ukupni potrošak
1552	01.03.2025	31.03.2025	REVT	4.455,6280	4.552,7018	D	800	77.659,04	0,00	77.659,04
			RENT	2.670,3984	2.724,1065	D	800	42.966,48	0,00	42.966,48
			JAL	160,6777	164,7486	D	800	3.256,72	0,00	3.256,72
			JAL	789,2500	798,3617	D	800	7.289,36	0,00	7.289,36
Max. ostvarena snaga u obračunskom razdoblju Koef: 1,00				Snaga: 0,5786 D		800	463	0,00	463	

Obračun naknade za korištenje mreže

Tarifni element	Količina	Jed. mj.	Prijenos el. energije		Distribucija el. energije		Ukupno EUR
			Cijena EUR	Iznos EUR	Cijena EUR	Iznos EUR	
Radna energija viša tarifa	77.659	kWh	0,005946	461,76	0,014865	1.154,40	1.616,16
Radna energija niža tarifa	42.966	kWh	0,002972	127,69	0,007432	319,32	447,01
Obračunska vršna radna snaga*	455	kW	2,081	946,86	1,784	811,72	1.758,58
Naknada za OMM	1,00	mjesec	0,000	0,00	9,811	9,81	9,81
Ukupno naknada za korištenje mreže				1.536,31		2.295,25	3.831,56

Slika 6. Izvadak iz fakturnog dokumenta

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je način razmjene podataka i obračuna maksimalne vršne snage za korisnika mreže te izuzeće od plaćanja prekomjerne jalove energije za vrijeme pružanja pomoćne usluge. Pomoćne usluge, operatori sustava (HOPS i HEP ODS) mogu koristiti za regulaciju zagušenja u elektroenergetskoj mreži, a sve kako bi osigurali siguran i pouzdan rad elektroenergetske mreže.

6. LITERATURA

- [1] Zakon o tržištu električne energije (Narodne novine, broj 111/21, 83/23, 17/25),
- [2] Pravila o uravnoteženju elektroenergetskog sustava (HOPS, 12/2023)
- [3] Pravilnik o općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom (Narodne novine, br. 100/22, 134/24, 19/25)
- [4] <https://nanoenergies.hr/znanje/rezerva-za-ponovnu-uspostavu-frekvencije-s-rucnom-aktivacijom-mfrr>
- [5] Mrežna pravila prijenosnog sustava,
https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2024_01_10_199.html
- [6] Pravila o nefrekvencijskim pomoćnim uslugama za prijenosni sustav (HOPS 12/2023)