

Удк 629-9

ISSN 1409 - 6048

# ЕНЕРГЕТИКА

\*ЕНЕРГЕТИКА \*СТОПАНСТВО \*ЕКОЛОГИЈА \*ЕКОНОМИЈА



ЗЕМАК

2021

ENERGETICS

124  
година 28  
2020  
Децември

ИЗДАВА  
ЗДРУЖЕНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ НА  
МАКЕДОНИЈА

PUBLISHED BY  
ENERGETICS ASSOCIATION  
OF MACEDONIA

Честитки  
28  
години  
успешна  
работа  
ЗЕМАК



Ви  
благодариме  
драги  
читатели  
што  
28  
бевте со нас

ГОД. **28** БР. **124** СТР. **1-76/2020**

ИЗДАВАЧКИ ОДБОР - PUBLISHING BOARD  
Драган Мијалковски, Илија Хаџидаовски,  
Ристо Јаневски

ГЛАВЕН И ОДГОВОРЕН УРЕДНИК:

УРЕДУВАЧКИ ОДБОР:

Дончо Коевски, Невенка Китева, Мирко Стојановски,  
Славе Арменски, Љупчо Гаштеовски, Сотир  
Пановски, Ставре Даневски, Нове Георгиевски,  
Марјан Николов, Сања Поповска Василевска, Игор  
Шешо, Павле Петровски, Душко Виларов.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Вангел Фуштиќ, Димитар Хаџи-Мишев, Панзо Андонов  
Горѓе Качурков, Радомир Цветановски,  
Љубомир Николовски, Радомир Цветановски,

ЗАМЕНИК ТЕХНИЧКИ УРЕДНИК:  
Крешимир Манојловски

ПРЕВОД НА АНГЛИСКИ:  
Л. Тасевска

Адреса на списанието:  
Ул. "Даме Груев" бр. 14-а; 1000 Скопје,  
Република Македонија, [www.zemak.mk](http://www.zemak.mk)  
e-mail: [zemak@telekabel.net.mk](mailto:zemak@telekabel.net.mk); tel: ++389 2 2 401 733;

Списанието излегува пет пати годишно.  
Ракописите и фотографиите не се враќаат

Претплата:  
Годишна 1250 денари  
Примерок 250 денари

ЖИРО СМЕТКА:  
денарска 2 000 000 126 44 624-стоп. банка-Скопје  
B. Account: STOB MK-2X Iban: MK07200001006979981

Печати: "2-ри Август"



EDITORIAL BOARD:

Doncho Koevski, Ilija Hadzidaovski, Mirko Stojanovski, Slave  
Armenski, Ljupcho Gashtevski, Sotir Panovski, Stavre Danevski,  
Nove Georgievski, Marjan Nikolov, Sanja Pop.Vasilevska, Igor  
Shesho, Pavle Petrovski, Dushko Vilarov.

RECENZIONS:

Dimitar Hadzi-Mishev, Gorge Kacurkov, Radomir Cvetanovski,  
Ljubomir Nikolovski, Panzo Andonov, Vangel Fushtik.

TEHNICAL EDITOR:  
Kreshimir Manojlovski

TRANSLATION IN ENGLISH:  
L. Tasevska

Address:

Ul. "Dame Gruev" br. 14-a; 1.000 Skopje, [www.zemak.mk](http://www.zemak.mk)  
Republic of Macedonia, e-mail: [info@zemak.com](mailto:info@zemak.com),  
[zemak@telekabel.net.mk](mailto:zemak@telekabel.net.mk); Phone:

Published half annual.  
Manuscripts and prints are not given back.

SUBSCRIPTION:  
Annual 20 EUR  
Copy 4 EUR

GIRO ACCOUNT:  
2.000.000 126 44 621-stop.bank-Skopje  
B. Account: STOB MK-2X Iban: MK07200001006979981

## Содржина

ИЗБОР НА ОПТИМАЛНА МОКНОСТ НА ФОТОНАПОНСКА  
ЦЕНТРАЛА ЗА ПОТРОШУВАЧ – ДОМАКИНСТВО

Оливер МИРЧЕВСКИ,  
Лилјана БОГОЕВСКА,  
Кристина РАДИН

6

енергетика

ПРИМЕНА НА МАРКОВ МОДЕЛ НА ВЕРИГИ ЗА  
ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ДОВЕРЛИВОСТ НА РАЗВОДНИ  
ПОСТРОЈКИ СО УВАЖУВАЊЕ НА ФАКТОРОТ НА  
СТАРЕЕЊЕ НА ОПРЕМАТА

15

Наташа ДИМИШКОВСКА  
Атанас ИЛИЕВ

НОВАТА ПОЗИЦИЈА НА АД ЕСМ НА ПАЗАРОТ НА  
ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА НОСИ СЕРИОЗНО  
ПОГОЛЕМИ РИЗИЦИ, НО И ПОГОЛЕМИ МОЖНОСТИ ЗА  
УСПЕШЕН РАЗВОЈ

23

Интервју со Благојче ТРПОВСКИ, директор на  
Секторот за производство

IMPACT TESTING OF END-WINDING IN TWO HYDRO  
GENERATORS IN DIFFERENT TEMPERATURE STATE

Маја ANACHKOVA,  
Jovana JOVANOVA,  
Zlatko PETRESKI

28

ЗАШТЕДИ НА ЕНЕРГИЈА, ГОРИВА И НАМАЛУВАЊЕ НА  
ЕМИСИИ НА СТАКЛЕНИЧКИ ГАСОВИ ПРИ КОМБИНИРАЊЕ  
НА ПОВЕЌЕ ЕНЕРГЕТСКИ ИЗВОРИ И ГОРИВА ЗА  
ЗАДОВОЛУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИТЕ ПОТРЕБИ НА  
ОБЈЕКТИ НЕПОВРЗАНИ НА МРЕЖА-ПРИМЕНА НА  
ТОПЛИНСКИ ПУМПИ-ЕЗЕРСКИ СИСТЕМ

34

Круме СТОЈАНОВ

STATE OF RENEWABLE FUELS IN SERBIA: REVIEW

Milan TOMIĆ, Aleksandra ALEKSIĆ, Radoslav MIČIĆ  
Anja KOSTIĆ – ZOBENICA, Branko MARKOSKI

44

астрономија

- Дали далечно, темно тело би можело да стави  
крај на животот на Земјата?
- Дали животот на Земјата би можел да се  
има појавено предвреме?
- Како навистина изгледа патувањето со  
брзина блиска до брзината на светлината

46

од областа на информатиката

- Милиони корисници ќе останат без  
Google Chrome поддршка
- Google го развива својот дигитален асистент  
повеќе да личи на човек

51

екологија

ОПТИМИЗАЦИЈА НА ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА  
ОТПАДНИТЕ ВОДИ ВО ОКТА

Спасе ПАЛЧЕСКИ, Милијана ГЕОРГИЕВСКА,  
Моника УЛЕР-ЗЕФИЌ, Надија ХОКОЦИЈАН

59

МОДЕЛ ЗА КРАТКОРОЧНО ПЛАНИРАЊЕ НА  
РЕЖИМИТЕ НА РАБОТА НА КАСКАДНИ  
ХИДРОЕЛЕКТРИЧНИ ЦЕНТРАЛИ

Софија НИКОЛОВА-ПОЦЕВА,  
Антон ЧАУШЕВСКИ

67

CONGRATULATIONS

28

years  
successful  
working  
ZEMAK



We wish  
to thank You  
dear readers  
that 28  
You  
have been  
with Us

contents

SELECTION OF OPTIMAL OPPORTUNITY OF PHOTO VOLTAGE CENTER FOR CONSUMER - HOUSEHOLD

Oliver MIRCHEVSKI,  
Liljana BOGOEVSKA,  
Kristina RADIN

6

energetics

APPLICATION OF THE MARKOV CHAIN MODEL FOR DETERMINING THE RELIABILITY OF DEVELOPMENT POWER SUBSTATIONS ACCEPTING THE AGING FACTOR OF THE EQUIPMENT

Natasha DIMISHKOVSKA  
Atanas ILIEV

15

THE NEW POSITION OF AD ESM ON THE ELECTRICITY MARKET CARRIES SERIOUSLY BIGGER RISKS, BUT ALSO BIGGER OPPORTUNITIES FOR SUCCESSFUL DEVELOPMENT

Interview with Blagojce TRPOVSKI, director of Production sector

23

IMPACT TESTING OF END-WINDING IN TWO HYDRO GENERATORS IN DIFFERENT TEMPERATURE STATE

Maja ANACHKOVA,  
Jovana JOVANOVA,  
Zlatko PETRESKI

28

SAVING ENERGY, FUEL AND REDUCE GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN COMBINING MULTIPLE POWER SOURCES AND FUELS FOR MEETING THE ENERGY DEMAND THE FACILITIES CONNECTED NETWORK-APPLICATION OF HEAT PUMP SYSTEM - LAKE

Круме СТОЈАНОВ

34

STATE OF RENEWABLE FUELS IN SERBIA: REVIEW

Milan TOMIĆ, Aleksandra ALEKSIĆ, Radoslav MIĆIĆ,  
Anja KOSTIC – ZOBENICA, Branko MARKOSKI

44

astronomy

- Can a distant, dark body put end of life on Earth?
- Could life on Earth be has appeared prematurely?
- What does the trip really look like speed close to the speed of light

46

news from the informatics

- Millions of users will be left without Google Chrome support
- Google is developing its digital assistant to look more like a human being

51

ecology

OPTIMIZATION OF WASTEWATER TREATMENT IN OKTA

Spase PALCESKI, Milijana GEORGIEVSKA,  
Monika ULER-ZEFIC, Nadia HOKOCJIAN

59

MODEL FOR SHORT-TERM PLANNING OF OPERATING MODES OF CASCADE HYDROPOWER PLANTS

Sofija NIKOLOVA-POCEVA,  
Anton CHAUSHEVSKI

67



Здружение на енергетичарите на С.Македонија  
ЗЕМАК

Збор два за  
АКТУЕЛНИ НАСТАНИ

Почитувани членови, спонзори,  
стручни соработници и поддржувачи на ЗЕМАК

Во услови кога во светски рамки владее пандемија со Covid 19, кога одредени активности од секојдневниот живот и професионалните обврски се одвиваат под посебни протоколи и процедури, ЗЕМАК благодарени на сите Вас, успеа во вакви околности да продолжи да ги исполнува своите цели и програма. Согласно основните долгорочни програмски определби на ЗЕМАК, во оваа година беа организирани и реализирани следните активности:

- Дизајнирана е нова WEB – страна на здружението

- Меѓународна конференција ЕНЕРГЕТИКА 2020 одржана како Webinar формат. На дводневната видео конференција земаа учество 35 експерти од разни области во енергетиката и тоа од релевантни енергетски компании, претставници од индустријата, истражувачките центри, универзитетите и останати субјекти, како од земјата така и од странство.

- Од пристигнатите трудови на конференцијата се издаде Зборник на трудови Енергетика 2020,

- Се продолжи со издавање на Списанието ЕНЕРГЕТИКА и оваа година се отпечатија 4 броја, ЕНЕРГЕТИКА121 до ЕНЕРГЕТИКА124.

ЗЕМАК ќе продолжи да ја негува својата програмска и статутарна определба, да го задржи, но и развие своето стекнато долгогодишно реноме и да биде промотор и иницијатор во решавањето на значајните енергетски прашања и предизвици, кои директно или индиректно се поврзани со развојот на економијата во нашата држава.

Ви изразуваме огромна благодарност до сите, со чии придонес, поддршка и помош здружението постои повеќе од 28 години.

Ви посакуваме СРЕКНИ НОВОГОДИШНИ И БОЖИКНИ ПРАЗНИЦИ на Вас и Вашите најблиски, исполнети со МНОГУ ЗДРАВЈЕ, среќа, љубов, берикет, к'смет . . .

ДА ПРАЗНУВАМЕ ОДГОВОРНО  
Бидете здрави и безбедни  
Од претседателството на ЗЕМАК и  
Уредувачкиот одбор

# МОДЕЛ ЗА КРАТКОРОЧНО ПЛАНИРАЊЕ НА РЕЖИМИТЕ НА РАБОТА НА КАСКАДНИ ХИДРОЕЛЕКТРИЧНИ ЦЕНТРАЛИ

Софија НИКОЛОВА-ПОЦЕВА,  
Антон ЧАУШЕВСКИ

Факултет за електротехника и информациски технологии, УКИМ - Скопје



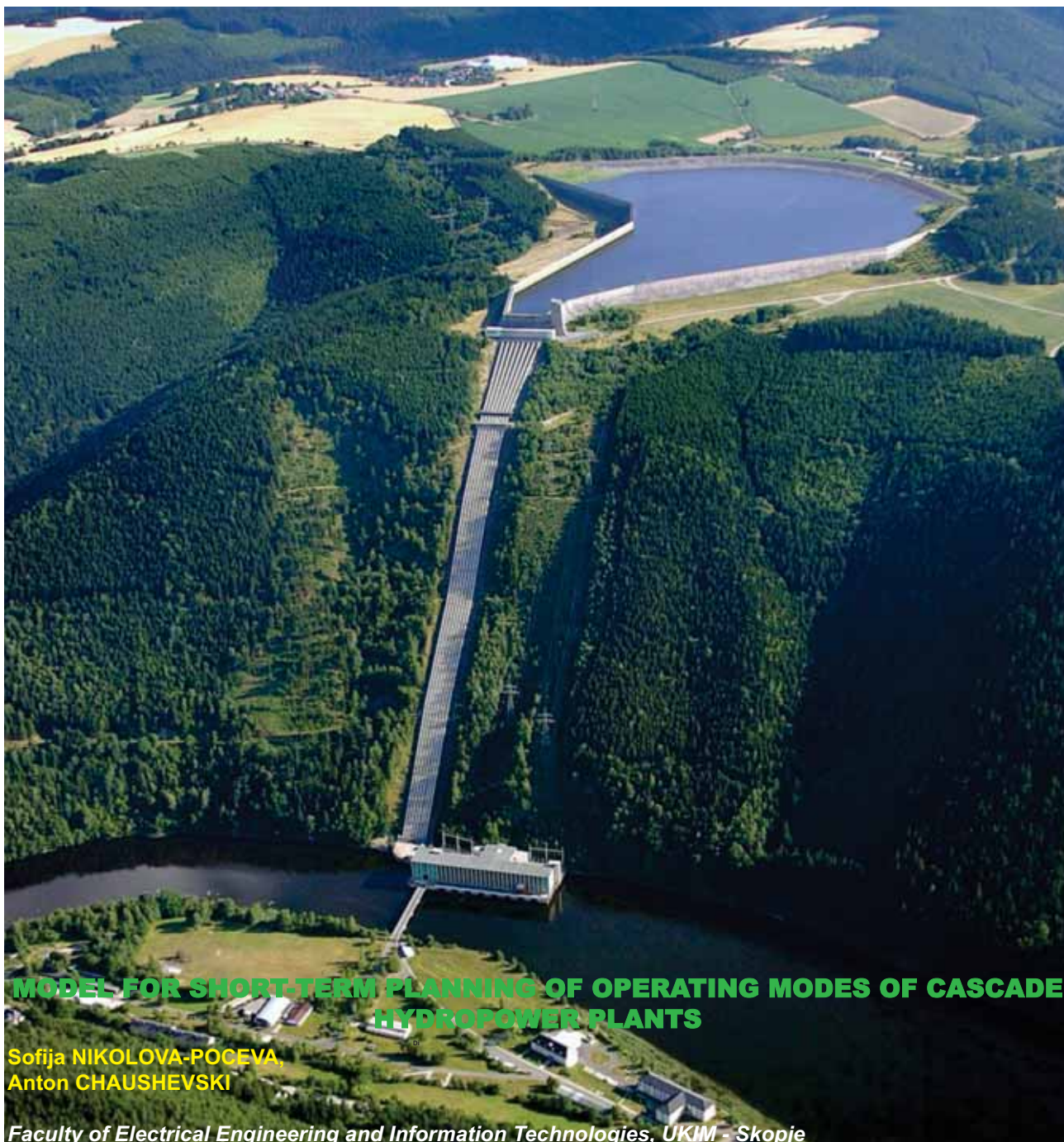
## КУСА СОДРЖИНА

Во трудот е презентирана методологијата за краткорочно планирање на работата на хидроелектрични центриали кои се каскадно поврзани во еден хидроенергетски систем.

Целта на работа на хидроенергетскиот систем е да се оствари максимален профит од производството на електрична енергија земајќи ги предвид актуелните услови на пазарот на електрична енергија, побарувачката за електрична енергија, задоволување на техничките барања и истовремено избегнување или минимизирање на преливите. Режимите на работа на хидроелектричните центриали зависат од потребите за електрична енергија, барањата на систем операторот, техничките карактеристики на агрегатите, хидротехнички услови, волуменот на акумулациите, дотеците на вода, цените на пазарот на електрична енергија, тарифите и времетраењето на секоја тарифа итн.

Моделот е применет на реален хидроенергетски систем и во трудот се презентирани резултатите од спроведените анализи.

**Клучни зборови:** хидроенергетски систем, краткорочно планирање, работни режими, производство, електрична енергија.



## MODEL FOR SHORT-TERM PLANNING OF OPERATING MODES OF CASCADE HYDROPOWER PLANTS

Sofija NIKOLOVA-POCEVA,  
Anton CHAUSHEVSKI

Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies, UKIM - Skopje

### ABSTRACT

The paper presents the methodology for short-term planning of the hydropower plants operation in a cascade hydropower system. The purpose of the hydropower system operation is to achieve maximum profit from the electricity generation taking into account the current conditions of the electricity market, electricity demand, meeting the technical requirements and avoiding or minimizing overflow. Hydropower plants operating modes depend on the electricity demand, power system operator requirements, technical characteristics of the units, hydro technical conditions, water reservoir's volumes, run off, electricity market price, the tariffs and the duration of each tariff and others. The model is applied to a real hydropower system and the results of the conducted analyzes are presented in the paper.

**Key words:** hydro power system, short-term planning, operating modes, generation, electricity.

## 1. ВОВЕД

Пристапот за моделирање зависи од временскиот период на планирање на режимите на работа на хидроелектричните централи (ХЕЦ), односно дали се работи за краткорочно планирање или долгорочно планирање. При долгорочно планирање, целиот временски период (Т) може да биде една година или неколку години, поделен на временски интервали по месеци или недели (t) (зависно од достапните хидролошки податоци) и воглавно се разгледуваат ХЕЦ со големи акумулации. При краткорочно планирање, анализираниот период (Т) може да биде недела, неколку дена или ден поделен на часовни интервали (t), главно земајќи го предвид управувањето на водениот ресурс за малите акумулации.

Во трудот е презентирани модел за краткорочно планирање на режимите на работа на хидраулично поврзан хидроенергетски систем (ХЕС) кој се состои од акумулации, хидраулични врски и хидроелектрични централи. За таа цел авторите имаат развиено соодветен програмски код. Предложениот модел може да се искористи за да се направи прелиминарна анализа за дополнителното подобрување на хидроенергетски систем како резултат на дополнителна инсталирана моќност на постојниот систем. Излезните резултати зависат од оптоварувањето на системот и барањата на систем операторот.

Моделот ги зема предвид техничките спецификации и параметрите на целиот систем како што се:

- волуменот на акумулациите со ограничувањата за минимална и максимална кота на акумулациите,
- карактеристиките на хидроагрегатите,
- други технички ограничувања и спецификации на елементите од хидроенергетскиот систем,
- поврзана инфраструктура од водови и цевки.

Моделот е применет на реален хидроенергетски систем ХЕС Црн Дрим, земајќи ги во предвид постојниот хидроенергетски систем, како и акумулациите и производните единици во новите ХЕЦ кои се планираат да бидат изградени во следниот период.

## 2. ОПИС НА МОДЕЛОТ

Со цел да се симулираат режимите на работа на целиот систем, потребно е да се знаат карактеристиките на акумулациите. Моделирањето на карактеристиките на акумулациите е направено според [4] со помош на две функции. Едната функција ја презентира зависноста на волуменот од котата (рав.(1)), а другата функција ја презентира зависноста на котата од волуменот (рав.(2)):

$$\text{Vol}(K_{\text{ota}}) = 2 \cdot \pi \cdot (A + B \cdot K_{\text{ota}} + C \cdot K_{\text{ota}}^2) \quad (1)$$

$$K_{\text{ota}}(\text{Vol}) = g + h \cdot (\text{Vol} - d)^e \quad (2)$$

Влезните податоци во моделот се следниве: карактеристиките на акумулациите, просечни дотеци на вода за временските интервали, како и влезно – излезната карактеристика на хидроагрегатите инсталирани во ХЕЦ. За финансиска анализа потребно е да се земат предвид цените на електрична енергија. При моделирањето се внимава котите на акумулациите да бидат во дозволените граници и избегнување или минимизирање на преливите на вода.

Приоритет за распределба на водата помеѓу хидротурбините, односно турбинските протоци да бидат такви да се добие максимална добивка од продадената електрична енергија.

Излезните резултати од моделот се:

- Произведената електрична моќност  $P(t)$ ;
- Произведената електрична енергија  $W(t)$ ;
- Турбинските протоци на вода;
- Нивото на вода во акумулациите за секој временски интервал (t) од целиот анализиран временски период;
- Потрошен волумен на вода од секоја акумулација во анализираниот период.

Методологијата за одредување на режимите на работа на ХЕЦ може да се примени за различни потреби зависно од влезните податоци и барањата од хидроенергетската компанијата за производство на електрична енергија. Некои од можните примени може да се направат за хидроенергетски системи со едноставна како и со сложена техничка хидраулична конфигурација и

поврзаност за различен временски период на разгледување  $T$  како: недела, неколку дена или ден.

### 3. ХИДРОЕНЕРГЕТСКИОТ СИСТЕМ ЦРН ДРИМ

Постоечкиот хидроенергетски систем на реката Црн Дрим се состои од 2 хидроелектрични централи ХЕЦ Глобочица (2x21 MW) и ХЕЦ Шпилје (3x28 MW), три акумулации (RES 1- Охридско езеро, RES 2 - Глобочица и RES 3 - Дебарско езеро) и дотеци воглавно од две реки (Црн Дрим и Радика). ХЕЦ Глобочица како прва електрична централа во ХЕС Црн Дрим ја користи водата од акумулацјата на RES 1- Охридско езеро, каде преку акумулацијата на Глобочица се испушта турбинскиот проток за двете хидротурбини. Во оваа ХЕЦ се инсталирани два хидроагрегати со вкупен инсталиран капацитет од 42 MW, вкупен инсталиран проток од  $50\text{ m}^3/\text{s}$ , а бруто висинскиот пад е 108-110 m. Турбинскиот истек од ХЕЦ Глобочица и дотекот од река Радика се главните дотеци во RES 3 - Дебарско езеро како акумулација на ХЕЦ Шпилје. Постоечката ХЕЦ Шпилје има инсталирано 3 хидроагрегати, секој со по  $36\text{ m}^3/\text{s}$  или вкупно  $108\text{ m}^3/\text{s}$ , вкупна инсталирана моќност од 84 MW и со бруто висинскиот пад од 80-100 m.

Дотекот за ХЕЦ Глобочица ( $Q_{\text{dot,GL}}$ ) е до-

минантно од Охридско езеро ( $Q_{\text{dot,OH}}$ ), и дополнителен дотек ( $Q_{\text{dot,dop}}$ ):

$$Q_{\text{dot,GL}}(t) = Q_{\text{dot,OH}}(t) + Q_{\text{dot,dop}}(t) \quad (3)$$

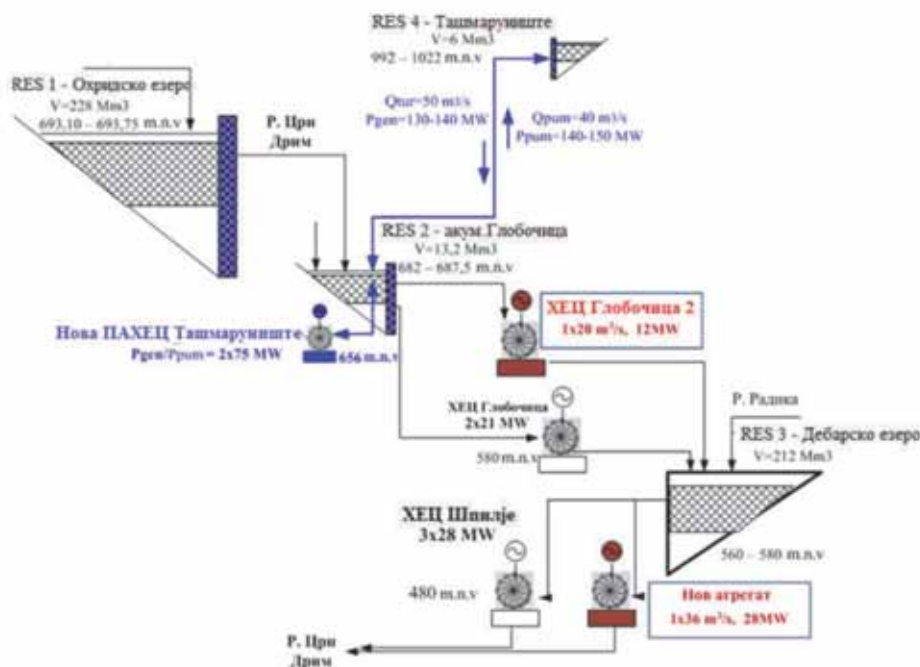
Дотекот за ХЕЦ Шпилје ( $Q_{\text{dot,SP}}$ ) зависи од турбинскиот истек од ХЕЦ Глобочица ( $Q_{\text{tur,GL}}$ ) и природниот дотек од река Радика ( $Q_{\text{dot,Rad}}$ ):

$$Q_{\text{dot,SP}}(t) = Q_{\text{tur,GL}}(t) + Q_{\text{dot,Rad}}(t) \quad (4)$$

На слика 1 шематски е претставен постојниот ХЕС Црн Дрим со планирани нови хидроенергетски капацитети и нова акумулација RES 4.

Планирана е доинсталираност на системот со нова ХЕЦ Глобочица 2 која ќе има еден агрегат со инсталирана моќност од 12 MW, инсталиран проток на турбината од  $20\text{ m}^3/\text{s}$  и нето висински пад од 70 m. Исто така планиран е нов дополнителен четврти агрегат во постоечката ХЕЦ Шпилје кој би бил ист како и веќе инсталираните со 28 MW инсталирана моќност и инсталиран проток на турбината од  $36\text{ m}^3/\text{s}$  [1].

Во анализите е вклучена и нова реверзибилна (пумпно акумулациона) ХЕЦ Ташмаруниште која е додадена со горна акумулација RES 4 -



Сл.1. Шематски приказ на ХЕС Црн Дрим со постоечките и новите планирани хидроенергетски капацитети



Ташмаруниште во состав на ХЕС Црн Дрим. Останатите основни технички параметри (од [2] и [3]) како корисниот волумен на акумулациите, котата на турбините, минимална и максимална кота на акумулациите, инсталирана моќност се прикажани на слика 1.

ХЕС Црн Дрим при краткорочно планирање се изведуваат со земање предвид на соодветните дотечи на вода и турбински истеци. Главниот фокус е насочен кон работата на реверзибилната ХЕЦ Ташмаруниште заедно со ХЕЦ Глобочица (Слика 2) и управувањето со водите помеѓу RES 2 на Гло-

Табела 1. Карактеристики на акумулациите во ХЕС Црн Дрим

Акумулации	Постојна RES1	Постојна RES2	Постојна RES3	Нова RES4
Кота-max (m.n.v.)	693.75	687.5	580	1022
Кота-min (m.n.v.)	693.10	682	560	992
Корисен волумен (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	228.00	13.20	212.00	6.00

Според тоа, целиот хидроенергетски систем кој се разгледува во овој труд, се состои од 4 акумулации со основни податоци дадени во табела 1 и дел од техничките податоци за ХЕЦ дадени во табела 2 [2].

бочица и RES 4 на Ташмаруниште. Во овој случај не се вклучени работните режими на ХЕЦ Шпилје. Анализираниот период е една недела (168 h), поделен на часовни временски интервали. Се анализира случај кога просечниот дотек на вода во

Табела 2. Податоци за ХЕЦ во ХЕС Црн Дрим

	Бр. на хидроагрегати	Q <sub>inst</sub> (m <sup>3</sup> /s)	H <sub>n</sub> (m)	P <sub>inst</sub> (MW)
Постојна ХЕЦ Шпилје	3	108	75-95	84
Постојна ХЕЦ Глобочица	2	50	101-105	42
Нов дополнителен агрегат во ХЕЦ Шпилје	1	36	75-95	28
Нова ХЕЦ Глобочица 2	1	20	70	12
Нова ПАХЕЦ Ташмаруниште	2	Q <sub>т</sub> =50; Q <sub>п</sub> =40	305-335	150

Големите резервоари, RES 1 на Охридското езеро и RES 3 на Дебарското езеро се важни за анализи при долгорочно планирање (сезонски, годишни и повеќегодишни). Малите резервоари RES 2 на Глобочица и RES 4 на Ташмаруниште може да се земат во анализи при краткорочно планирање како анализи на неделно, неколку дневно или дневно ниво. Параметрите во карактеристиките (1) и (2) за сите резервоари се дадени во табела 3.

акумулацијата (RES 2) на ХЕЦ Глобочица изнесува 13,29 m<sup>3</sup>/s.

### 3.1. Краткорочно планирање на работни режими на ХЕС Црн Дрим

Според [3], произведената електрична моќност во kW кога ПАХЕЦ Ташмаруниште работи во генераторски режим се одредува со релацијата:

$$P_{gen}(t) = 9,81 \cdot \eta_{tur} \cdot \eta_{gen} \cdot Q_{tur}(t) \cdot H_{net}(t) \quad (5)$$

додека потрошената електрична моќност во kW кога ПАХЕЦ Ташмаруниште работи во пумпен режим се одредува со релацијата:

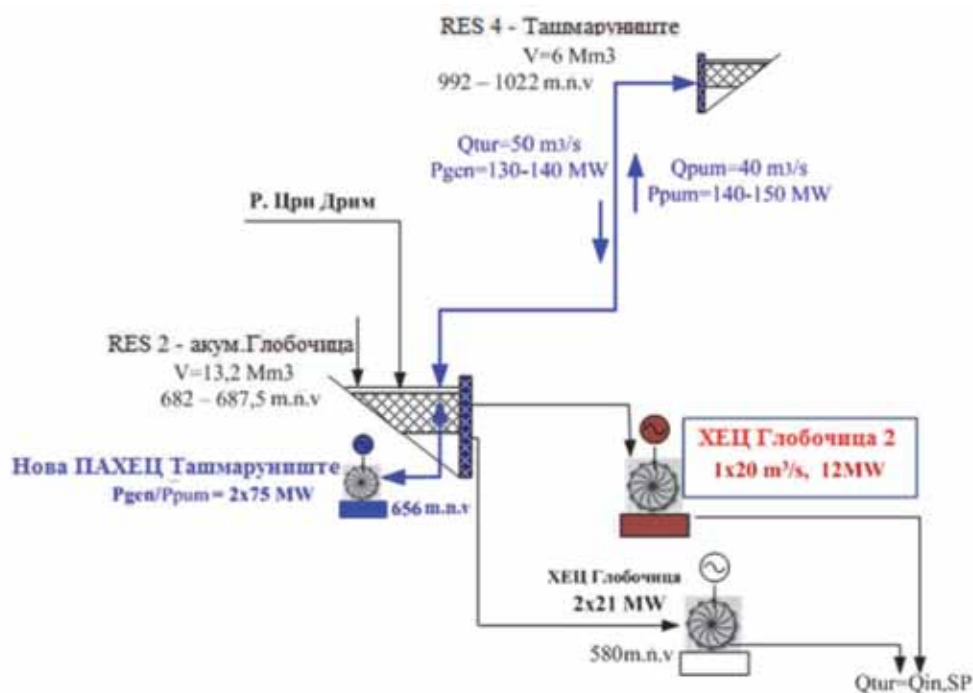
$$P_{pum}(t) = 9,81 \cdot Q_{pum}(t) \cdot H_{net}(t) / (\eta_{pum} \cdot \eta_{mot}) \quad (6)$$

Симулациите на режимите на работа на

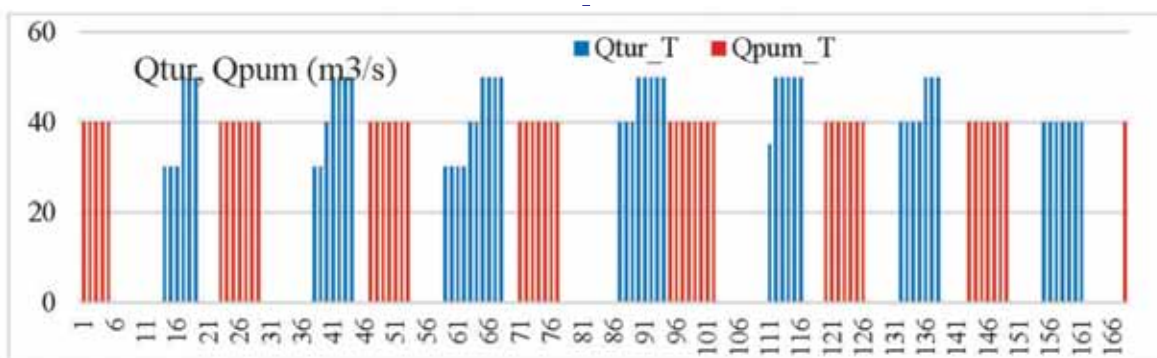
Табела 3. Параметри во карактеристиките (1) и (2)

	A	B	C	g	d	h	e
RES 1	1639724	-4863	3.60	675	-3136	0.3	0.5
RES 2	4135	-13	0.01	640	-48	6.1	0.5
RES 3	5790	-23	0.02	500	-194	4	0.5
RES 4	996	-2	0.001	971	-1.2	19	0.5

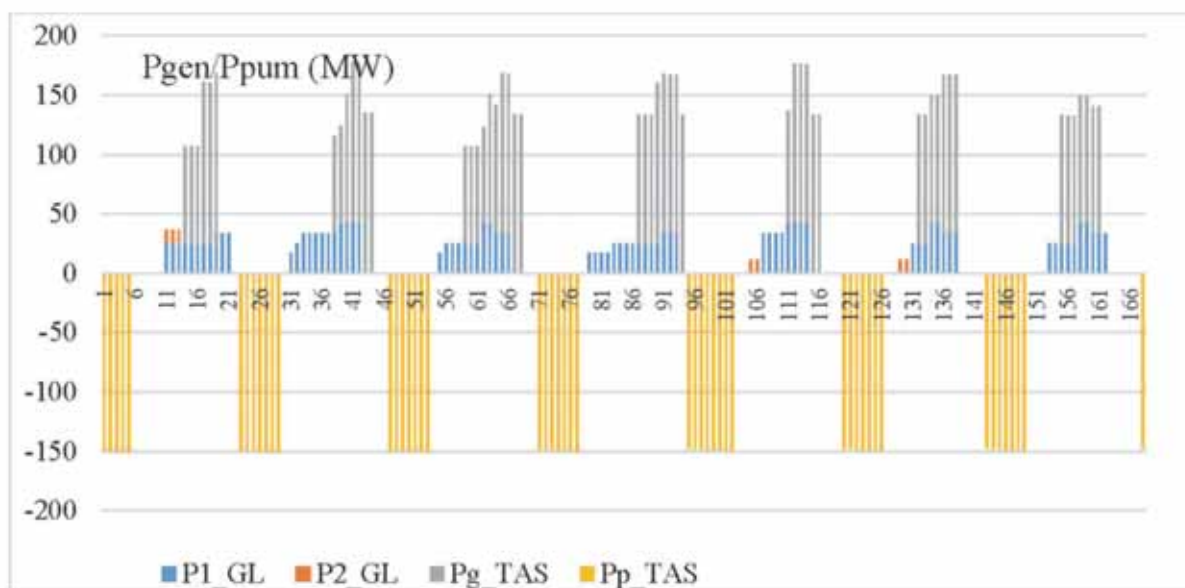




Сл.2. ХЕС Црн Дрим при краткорочно планирање



Сл.3. Протоците во генераторски и пумпен режим кај ПАХЕЦ Ташмаруниште



Сл.4. Произведена и потрошена електрична моќност во текот на 7 дена



Произведената електрична моќност во секој временски интервал за овој случај се определува со:

$$P_{gen}(t) = P_{g1\_GL}(t) + P_{g2\_GL}(t) + P_{g\_TAS}(t) \quad (7)$$

додека потрошената електрична моќност во секој временски интервал се определува со:

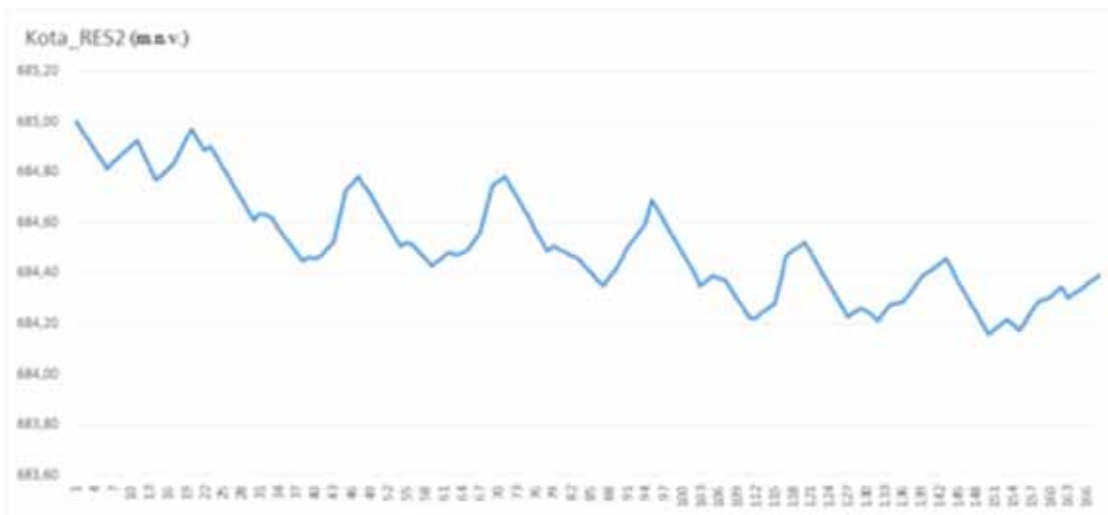
$$P_{pum}(t) = P_{p\_TAS}(t) \quad (8)$$

На слика 3 се прикажани протоците во генераторски и пумпен режим кај ПАХЕЦ Ташмаруниште во текот на анализираниот период. Дијаграмот за произведена и потрошена електрична моќност во текот на анализираниот временски период е презентирани на слика 4.

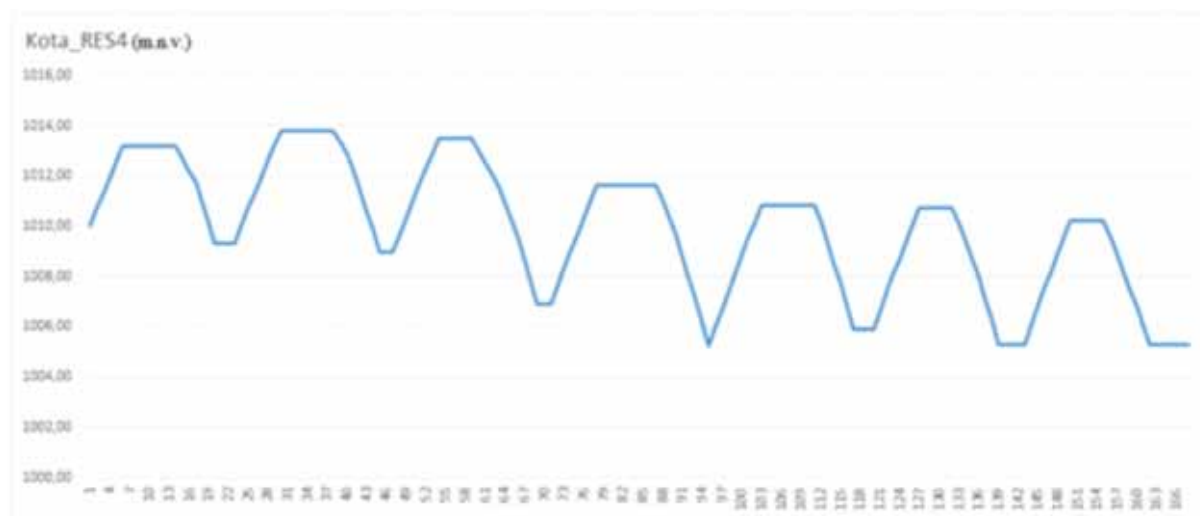
Односот помеѓу волуменот на вода за пумпање и волуменот на вода кој се троши во генераторски режим на работа изнесува  $V_p/V_t=0,897$ , додека количникот помеѓу потрошената и произведената електрична енергија изнесува  $W_p/W_t=1,24$ . Промената на нивото на вода во акумулациите на ХЕЦ Глобочица (RES 2) и горната акумулација на ПАХЕЦ Ташмаруниште (RES 4) во текот на анализираниот период на слика 5 и слика 6 соодветно.

Во овој случај, за анализиран период од седум дена и мал доток на вода во акумулацијата (RES 2) на ХЕЦ Глобочица,  $V_{inflow}=8,04 \text{ Mm}^3$ , волумените на вода во генераторски и пумпен режим на работа се дадени во табела 4.

Во табела 5 се дадени резултатите за про-



Сл.5. Ниво на вода во акумулацијата на ХЕЦ Глобочица



Сл.6. Ниво на вода во горната акумулација на ПАХЕЦ Ташмаруниште

Табела 4. *Волумени на вода (во Mm<sup>3</sup>) за секоја ХЕЦ*

$V_{GL1}$	$V_{GL2}$	$V_{gen\ TAS}$	$V_{dum\ TAS}$
9,9	0,5	7,87	7,06

Табела 5. *Произведена и потрошена електрична енергија (во MWh) за секоја ХЕЦ*

$V_{GL1}$	$V_{GL2}$	$V_{gen\ TAS}$	$V_{dum\ TAS}$
9,9	0,5	7,87	7,06

изведена и потрошена електрична енергија за секоја ХЕЦ.

Според тоа имаме:

$$dW=(W_{GL1}+W_{GL2}+W_{gen\_TAS})- W_{pum\_TAS} \quad (9)$$

$$dW=W_{gen}-W_{pum}= 976 \text{ MWh}$$

#### 4. ЗАКЛУЧОК

Работните режими на еден хидроенергетски систем доста зависат од инсталираните турбини/пумпи и генератори/мотори за сите хидро агрегати во конвенционалните и/или реверзибилните ХЕЦ. Тие исто така зависат од потребите за електрична енергија и барањата на систем оператор. Како и да е, со дополнителната инсталираност на централите во ХЕС Црн Дрим се создава можност за пофлексибилно работење на целиот систем и адамирање во новите пазарни услови со цел да се добие максимален бенефит.

Придобивките од комплексниот хидроенергетски систем треба да се валоризираат енергетски и финансиски за целиот систем како:

– **Поголемо производство на електрична енергија како резултат на искористување на преливните води;**

– **Поголема ангажираност на агрегатите во периоди на висока тарифа во денот, наместо производството како базна електрана;**

– **Можност за оптимизација на**

**целиот хидроенергетски систем со сите хидроагрегати во него;**

– **Оптимално водење на целиот хидроенергетски систем и избегнување на преливи, за да се добијат позитивни финансиски ефекти од неговата работа;**

– **Можност за регулиран проток, односно регулирање на акумулациите.**

Главните услови за управување со режимите на работа на ХЕС зависат од сложеноста на самиот систем од техничка гледна точка (број на агрегати и акумулации со нивната поврзаност), достапните хидролошки податоци, како и работата и/или барањата на систем операторот.

#### 5. РЕФЕРЕНЦИИ

[1] GEING and FICHTNER, (2016). Crn Drim River Basin, Study on Optimum Utilization of Hydropower Potential, Final Report.

[2] JSC ELEM, Reports on Data for HPS of Crn Drim, HPP Globocica and HPP Spilje, Skopje.

[3] Cakar and Partners, (2010). Study for pump storage hydro power plant Tasmaruniste, made for ELEM, Skopje.

[4] VALORAGUA-A. (1992). Model for the Optimal Operating Strategy of Mixed Hydrothermal Generating Systems, IAEA, Vienna, Austria.

[5] André Dozier, (2012). Integrated Water and Power Modeling Framework for Renewable Energy Integration. Colorado State University, Colorado, USA.