Механика Транспорт Комуникации

ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 23, брой 3, 2025 г.
Научно списание **http://www.mtc-aj.com** **статия № 2748**

ИДЕЕН ПРОЕКТ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА ПОМПЕНО-АКУМУЛАТОРНА ВОДНОЕЛЕКТРИЧЕСКА ЦЕНТРАЛА В РАЙОНА НА КРЕСНЕНСКОТО ДЕФИЛЕ

Мартин Златков, Петко Костадинов, Ирена Божичкова
mzlatkov@vtu.bg, petko__kostadinov@vtu.bg, ibozichkova@vtu.bg

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков",
София 1574, ул. „Гео Милев" № 158
БЪЛГАРИЯ

Резюме: *През последното десетилетие се увеличи значително броят на инсталираните фотоволтаични централи, присъединени към електроенергийната система. Това доведе до значителен ръст на произведента електроенергия от възобновяеми източници, но същевременно предизвика коренни промяни във формата на дневните, седмичните, месечните и годишните товарови графици на електроенергийната система в страната. Дисбалансът в производството на електроенергия, предизвикан от големите излишъци през деня и недостига ѝ през тъмната част на денонощието е възможно да доведе до срив на електроенергийната ни система. Проблемът е засилен още повече и от неработещите блокове в ПАВЕЦ „Чаира". Комбинацията от свръхпроизводство и недостатъчен ресурс за съхранение на електроенергията убедително доказва нуждата от резервни мощности за акумулиране на електроенергия.*

В търсене на начини за акумулиране на електроенергия в.т.ч. подпомагане на балансирането на товаровия график, възникна идея която е описана в доклада. Забелязан е специфичен терен в района на Кресненското дефиле, притежаващ специфични особености осигуряващи рентабилност при изграждането на Помпено Акумулираща Водно Електрическа Централа. Направен е анализ на терена и са направени приблизителни изчисления на бъдещ обект ПАВЕЦ. Получени са данни за минималните водни количества на р. Струма. Направени са изчисления за определяне височината на язовирната стена, дебита в работен режим, електрическата мощност, максимално възможното количество на акумулирана енергия за денонощие и за година при съответния минимален дебит. Напаравени са изчисления при четири пъти по-голяма височина на стената. Направена е съпоставка на данните със съществуващи енергийни обекти в страната.-

Ключови думи: *товарови графици, електроенергийната система, срив на електроенергийната ни система, акумулиране на електроенергия, водноелектрическа централа, помпено-акумулаторна водноелектрическа централа.*

ВЪВЕДЕНИЕ

През последното десетилетие се увеличи значително броят на инсталираните фотоволтаични централи, присъединени към електроенергийната система. Това доведе до коренна промяна в товаровите графици [1] на електроенергийната система на страната. Производството на електроенергия от фотосоларните електроцентрали не може да бъде управлявано, като зависи от слънцегреенето и метеорологичните условия в района в който са инсталирани [9]. При лоши метеорологичните условия производството е слабо в порядъка на 0-5%, при светли облаци 5-20% от инсталираната мощност, а през нощта производството се преустановява. За да се създаде възможност за използване на произведената енергия от фотосоларните електроцентрали, е необходимо тя да бъде акумулирана, а след това отдадена в подходящият момент. Изграждането на системи за акумулиране на електроенергия ще подобри качеството на електроенергията и надеждността на електроенергийната мрежа [6, 7].

Акумулирането на електроенергията може да се извърши чрез литиево-йонни акумулаторни батерии, характеризиращи се с голямо к.п.д. при преобразуването над 85%, но към настоящия момент не съществуват технологии за тяхното рециклиране след извеждането им от експлоатация [5]. Друга възможност е използването на електролизери за преобразуване на електроенергията във водород, който да бъде складиран в хранилища и използван в подходящия момент. Тези системи имат изключително нисък к.п.д. при двупосочно преобразуване, което в най- добрия случай не недхвърля 50% [5]. Друг известен от миналото начин е изграждането на Помпено Акумулиращи Водно Електрически Централи (ПАВЕЦ) с к.п.д. при преобразуване 70-85%, не толкова високо както при литиево-йонните батерии, но превъзхождащо ги с възможноста за дълготрайна експлоатация [5].

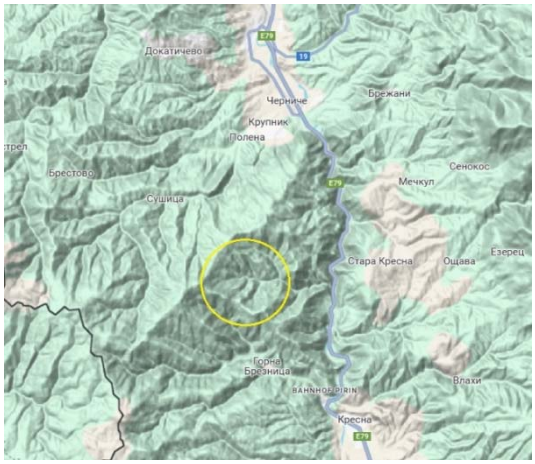
ПРЕДЛОЖЕНИЕ (ИДЕЯ)

В района на Кресненското дефиле в планина Беласица [2], съществува релефно образувание подходящо за изграждането на язовир на един от притоците на р. Струма. Близостта му до коритото на р. Струма и голямата денивелация между тях създават добри възможности за построяване на ВЕЦ, като водите преминали през електроцентралата ще се събират в долен изравнител изграден в коритото на река Струма. Големия воден дебит на р. Струма в преобладаващата част от годината, позволява да бъдат изпомпвани от нея големи количества вода обратно в горния изравнител, даже и когато долният изравнител е почти празен. По този начин съорежението е възможно да работи като ПАВЕЦ.

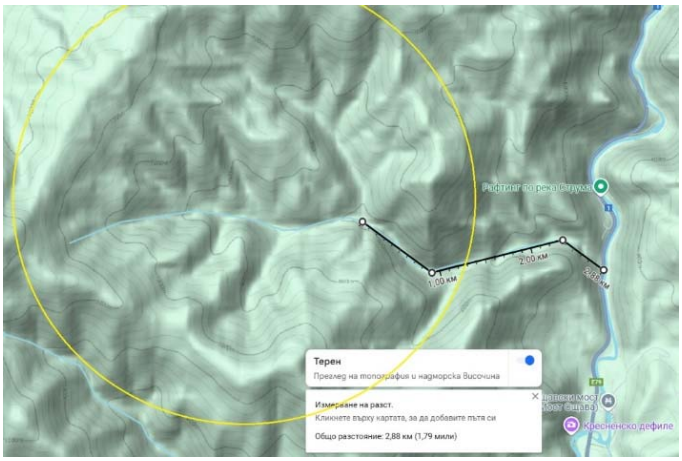
За да се придобие представа относно възможностите на бъдещото съоръжение е необходимо да се направят предварителни изчисления и получените резултати да се сравнят със съществуващи подобни съоръжения.

1. Особености на терена

Върху показаната карта на фиг. 1, ясно личи долина с формата на „лист“ (местоположението е отбелязано с окръжност), която е подходяща за изграждането на горния изравнител , като разстоянието по дъното на дефилето до река Струма е 3km, като това се вижда на фиг. 2.



Фиг. 1. Местоположение на избрания терен за изграждане на горен изравнител



Фиг. 2. Разстояние между горния и долния изравнител по дъното на дефилето

Надморската височина при дъното на долината (дъното на бъдещия горен изравнител) е на 600m, а надморската височина на р. Струма в района на връзката с дефилето е 200m (фиг. 2), т.е. съществува минимална денивелация от 400 m.

2. Водно количество

Направено е запитване към (НИМХ) [8]. Хидрометрична станция ХМС No. 51800 "Кресненско ханче" на р. Струма е разположена в близост до село Кресна и град Симитли [4]. Данните относно оттока на р. Струма за периода 1993–2008 г., са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Данни относно оттока на р. Струма за периода 1993–2008 г

	Обозначение	Количество	
Минимален отток	q_{min}	2,0	m³/s
Среден отток	q_{cp}	36,6	
Максимален отток	q_{max}	340,0	

Направен е избор на примерен денонощен работен график на централата:

- 18 часа помпен режим;
- 6 часа турбинен режим.

Ако приемем, че за 18 часа с минималния дебит на р. Струма трябва да се напълни горния изравнител, то той е необходимо да бъде с обем изчислен със следната формула:

(1) $V_{18\,min} = q_{min}.t = 2.18.60.60 = 129600\ m^3$

При такава конфигурация на системата отпада нуждата от изграждането на голям долен изравнител. Необходимо е построяване на малък долен изравнител с единствена цел да осигури правилната работа на водните турбини.

В района избран за изграждане на горния изравнител, наклона на терена е около 25%, като може да се приеме че язовира ще има форма на обърнат конус с височина $^1/_8$ от диаметъра на основата му.

3. Височина на язовирната стена

Ако използваме формулата за обем на конус и заместим радиуса на основата с четирикратната височина, ще получим връзката между височината на конуса респективно на изравнителя и неговия обем респективно водния обем събран в изравнителя. След преобразуване на формулата е възможно при известен воден обем V, m^3 да се изчисли необходимата височина на язовирната стена h, m, като това е направено с формула (2) за обема събран при минимален дебит на р. Струма за 24 часа.

(2) $\mathrm{h} = \sqrt[3]{\frac{3.\mathrm{V}}{16.\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3.129600}{16.3{,}14}} = 19.78\ m$

4. Количество вода според работния режим

При избрания примерен денонощен работен график на централата, събраното водно количество ще бъде освободено за 6 часа и дебитът при този режим на изпускане $q_{ген}$ е изчислен с формулата:

(3) $q_{ген} = \frac{\mathrm{V}}{6.3600} = \frac{129600}{21600} = 6\ \mathrm{m^3/s}$

5. Електрическа мощност

При този дебит произвежданата мощност ще бъде:

(4) $P = \eta.g.q.h = 0{,}7.9{,}81.6.400 = 16480{,}8\ kW$

Където:

- η=0,7 – двупосочен к.п.д. на хидроагрегата + електрическия агрегат;
- g – земно ускорение 9,81 m/s^2;
- q – дебит на водата, m^3/s;
- h – денивелация между горен и долен изравнител, m.

6. Акумулирана енергия за денонощие

С този воден запас, акумулираната енергия за денонощие $E_{ден}$ (при един цикъл на системата) ще бъде:

(5) $E_{ден} = P.t = 16480{,}8.6 = 98928\ kWh$
Което се равнява на: 99 MWh

7. Годишна акумулирана енергия

Произведена електроенергия за годината $E_{год}$ при ежедневна експлоатация на изградената ПАВЕЦ е изчислена с формулата:

(6) $E_{год} = E_{ден}.365 = 99.365 = 36036\ kWh$
Което се равнява на 36 GWh

Основна трудност при изграждането на ПАВЕЦ е избора на подходящ терен за горния воден изравнител в комбинация с достатъчен воден ресурс, голяма денивелация при близост на съоръженията и др. Поради наличие на на най-важните изброени фактори, изграждането на долен воден изравнител не е обсъждано. Разливането на р. Струма в този участък на дефилето, с с много високи скатове и дава възможност за изграждане на много голям долен изравнител.

Направени са изчисления за по-голям обем на горния изравнител при височина на стената h = 80 m, което напълно постижимо и са получени следните резултати от изчисленията:

- Воден обем – 8578642 m^3;
- Максимална произвеждана мощност при разчет за 6 часово потребление на съхраненото водно количество – 1088 MW;
- Произведена след акумулиране електроенергия при един цикъл на системата – 6,53 GWh;
- Произведена след акумулиране електроенергия за годината при ежедневна експлоатация на изградената ПАВЕЦ – 2,38 TWh.

ИЗВОДИ

Акумулирането на електрическа енергия чрез Помпено Акумулираща Водно Електрическа Централа е сигурна, дълготрайна, безопасна, чиста, екологична и изпитана технология – достъпна и овладяна от българските инженери. Акумулаторните батерии имат ограничен цикличен живот, скъпи са, изискват много на брой сложни електронни блокове и все още не е решен проблема с рециклирането им.

Увеличаването височината на язовирната стена само 4 пъти (което е постижимо) ще доведе до 16 кратно увеличаване на нейната площ и около 64 пъти по-големи акумулиращи възможности. Така съоръжението придобива мащаби близки до тези на ПАВЕЦ Чаира“, което ще доведе до енергийна стабилност и сигурност на страната.

Реализирането на този специфичен проект ще отвори нови перспективи за развитие на фотоволтаичните системи в електроенергийната индустрия. Това би допринесло за енергийната независимост а и целесъобразност на Р. България. Наличието на чиста и евтина електроенергия ще даде възможност за подем на икономиката и индустрията на страната.

ЛИТЕРАТУРА:

[1]https://3e-news.net/bg/a/view/10048/emi-energopotreblenieto-v-stranata-ne-e-povlijano-ot-karantinata
[2]https://www.google.com/maps/@41.8053205,23.1576426,11.75z/data=!5m1!1e4?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDUxNS4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
[3]https://maps.app.goo.gl/kd8ro8dWeNhMcnZJ9
[4]https://hydro.bg/
[5] Съвременни системи и технологии за съхранение на електроенергия, сп. „Инженеринг ревю“, ISSN131 1-0470, бр. 3, 2025, стр. 22-29
[6]https://www.investor.bg/a/518-energetika/412591-ispaniya-obyavi-izvanredno-polozhenie-zaradi-totalen-sriv-na-energiynata-sistema
[7]https://bntnews.bg/news/proverka-na-fakti-zeleniyat-tok-li-dovede-do-krizata-v-ispaniya-1339533news.html
[8]https://hydro.bg/
[9] Секулов Л, Г Павлов, М Томчева., Проектиране и изграждане на фотоволтаична лаборатори на територията на ВТУ “Тодор Каблешков”, Научно списание „Механика, Транспорт, Комуникации“, ISSN 1312-3823, том 21, брой 3/3, 2023г. статия № 2428, стр. X29-X34; ISSN 2367-6620 (online), https://mtc-aj.com/library/2428.pdf

CONCEPTUAL PROJECT FOR THE CONSTRUCTION OF A PUM-STORAGE HYDROELECTRIC POWER PLANT IN THE AREA OF THE KRESNA GORGE

Martin Zlatkov, Petko Kostadinov, Irena Bozichkova
mzlatkov@vtu.bg, petko__kostadinov@vtu.bg, ibozichkova@vtu.bg

Todor Kableshkov University of Transport,
Sofia, Geo Milev Str. 158,
BULGARIA

Abstract: *Over the past decade, the number of installed photovoltaic power plants connected to the electricity system has increased significantly. This has led to a significant increase in the production of electricity from renewable sources, but at the same time has caused fundamental changes in the form of the daily, weekly, monthly and annual load schedules of the electricity system in the country. The imbalance in electricity production, caused by large surpluses during the day and its shortage during the dark part of the day, may lead to a collapse of our electricity system. The problem is further exacerbated by the non-operating units in the Chaira Hydroelectric Power Plant. The combination of overproduction and insufficient electricity storage resources convincingly proves the need for reserve capacities for accumulating electricity.*

In search of ways to accumulate electricity, including supporting the balancing of the load schedule, an idea arose that is described in the report. A specific terrain was noted in the Kresna Gorge area, which has specific features ensuring profitability in the construction of a Pumped Storage Hydroelectric Power Plant. An analysis of the terrain was made and approximate calculations of a future HPP site were made. Data on the minimum water quantities of the Struma River were obtained. Calculations have been made to determine the height of the dam wall, the flow rate in operating mode, the electrical power, the maximum possible amount of accumulated energy per day and per year at the corresponding minimum flow rate. Calculations have been made at four times the height of the wall. A comparison of the data with existing energy facilities in the country has been made. -

Key words: *load schedules, the power system, collapse of our power system, accumulation of electricity, hydroelectric power plant, pumped-storage hydroelectric power plant.*