



**УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ
ОХРИДСКИ“**



**ТЕХНИЧКО – ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА НА ВЕЦ
ПЕЛИСТЕР И АНАЛИЗА НА НЕЈЗИНАТА ИНТЕГРАЦИЈА
ВО ЕЕС НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

Битола, 2017

Шифра: 9.51

КУСА СОДРЖИНА

Овој реферат има за цел да разгледа и симулира една можна локација за изградба на ветерна електроцентрала (ВЕЦ), а тоа е планината Баба, односно нејзиниот врв Пелистер. Рефератот прво се занимава со перформансите на ВЕЦ од техничко економски аспект. Анализата на перформансите на ВЕЦ Пелистер е изработена во два софтверски пакети HOMER и RETscreen expert. Предвидено е да се постават 25 турбини од тип Vestas V52 со номинална моќност од 850 kW или вкупно инсталирана моќност на ВЕЦ би била 21,25 MW. Во продолжение на рефератот е покажана анализата на приклучокот на ВЕЦ Пелистер на електроенергетскиот систем (ЕЕС) на Република Македонија (РМ). На моделот на ЕЕС на РМ за 2020 година изработен во NEPLAN, спроведени се анализи на текови на моќност за состојбите на максимално зимско врвно оптоварување, минимално системско оптоварување и максимално летно оптоварување, при максимална анагажираност на ВЕЦ Пелистер. Испитано е влијанието на ВЕЦ Пелистер врз напоните во околните јазли во ЕЕС, како и на оптоварувањето на елементите на мрежата. Исто така пресметани се струите на куси врски во југо западниот регион на ЕЕС на РМ пред и после вклучувањето на ВЕЦ.

Клучни зборови: Ветерна електроцентрала, ЕЕС

1 ВОВЕД

Првата ВЕЦ во РМ и досега единствена, изградена е и пуштена во работаво 2014 година. ВЕЦ Богданци е лоцирана на југоистокот на земјата и се состои од 16 Siemens ветротурбини со поединечна моќност од 2,3 MW, сместени на столбови со висина 80 m, што дава вкупна инсталирана моќност од 36,8 MW. ВЕЦ Богданци се планира да се прошири до вкупна моќност од 50 MW. Таа произвела во 2015 година 120,8 GWh електрична енергија, што дава еквивалентен број на часови работа годишно со максималната моќност од 3281 часа и укажува на исклучително поволната локација на оваа ВЕЦ[1]. Преостанатата моќност на електричната централа од 13,20 MW (втора фаза) е во реализација и се очекува да биде пуштена во употреба во периодот од 2016 - 2017 година.

Во рамките на Стратегијата за обновливи извори [2] се разгледувани можностите за искористување и на енергијата на ветерот во РМ, врз основа на атласот на ветерот и мерењата на неговите брзини на неколку локации (4 локации: Ранавец/Богданци на 472 мнв, Шашаварлија/Штип на 857 мнв, Богословец/Свети Николе на 733 мнв, Флора/Кожуф на 1730 мнв). Врз основа на таквите согледувања, одредени се вкупно 15 локации за можна изградба на ВЕЦ, со проценети моќности од 20 MW до 30 MW, со очекувано годишно производство од 30 GWh до 55 GWh. Потенцијалните локации се наоѓаат во главно на надморски височини над 1000 m (само три локации се под таа висина). Проценетиот фактор на искористување на максималната моќност за разгледуваните локации изнесува од 0,27 до 0,39. Поволните локации со оглед на климатските, тополошките и останатите карактеристики, се наоѓаат во долината на реката Вардар.

Во овој реферат разгледана и симулирана е една можна локација за изградба на ВЕЦ, а тоа е планината Баба, односно нејзиниот врв Пелистер. Рефератот прво се занимава со перформансите на ВЕЦ од техничко економски аспект. Анализата на перформансите на ВЕЦ Пелистер е изработена во два софтверски пакети HOMER и RETscreen expert. Предвидено е да се постават 25 турбини од тип Vestas V52 со номинална моќност од 850 kW или вкупно инсталирана моќност на ВЕЦ би била 21,25 MW. Во продолжение на рефератот е покажана анализата на приклучокот на ВЕЦ

Пелистер на ЕЕС на РМ. На моделот на ЕЕС на РМ за 2020 година изработен во NEPLAN[3], спроведени се анализи на текови на моќност за состојбите на максимално зимско врвно оптоварување, минимално системско оптоварување и максимално летно оптоварување, при максимална анагажираност на ВЕЦ Пелистер. Испитано е влијанието на ВЕЦ Пелистер врз напоните во околните јазли во ЕЕС, како и на оптоварувањето на елементите на мрежата. Исто така пресметни се струите на куси врски во југо западниот регион на ЕЕС на РМ пред и после вклучувањето на ВЕЦ.

2 ТЕХНИЧКО ЕКОНОМСКИ ПЕРФОРМАНСИ НА ВЕЦ ПЕЛИСТЕР

Техничко економската анализа на ВЕЦ е изработено со два софтверски пакети HOMER[4] и RETscreen expert [5]. Локацијата е избрана на планината Баба поточно од врвот Пелистер до врвот над Големо езеро. Според Google maps должината на трасата по која ќе бидат поставени ветерните турбини изнесува 5 километри до Мало езеро и тука се предвидени 20 турбини на ветер и на растојание од 1km над Големо езеро предвидени се уште 5 турбини (слика 1). По правило турбините се поставуваат на растојание 4 пати поголемо од елисата на турбината. При проектирањето избрана е турбина Vestas V52. На овие турбини дијаметарот на елисата е 52 метри, па според тоа турбините ќе бидат поставени на растојание 200 m една до друга. Предвидено е да се постават 25 турбини од тип Vestas V52 со номинална моќност од 850 kW или вкупно инсталирана моќност на системот би била 21,25 MW.

Во планирањето во предвид не се земени трошоците за транспорт на опремата до локацијата. Бидејќи локацијата се наоѓа во просек на 2500 метри надморска височина, проблемот со транспортот е комплексен. Постојат неколку опции за пренос на опремата. Некои од нив се:

- Да се прошири постоечкиот пат до врвот Пелистер соодветно за да биде возможно искачување на тешки товарни возила кои ќе ја пренесуваат опремата.
- Како втора алтернатива се разгледува хеликоптерски пренос на деловите од столбовите, елисите и роторот на турбината а некои помали делови да се пренесуваат со тешки товарни возила по веќе постоечкиот пат.

Бидејќи ветерната централа е со голема моќност потребно е да се изгради соодветен далекувод кој ќе ја пренесува електричната енергија со што дополнително се зголемуваат трошоците. Предвиден е далекувод со номинален напон 110 kV и должина од 11 километри. Пожелно е далекуводот да биде двосистемски за поголема доверливост и стабилност на ВЕЦ. Ако земиме во предвид дека единечната цена за ваков тип на далекувод е 120.000€/km, вкупната инвестиција за далекуводот би изнесувала 1.320.000 €. Цената на инвестицијата (турбини и вклучена инсталација) предвидена е 1.598,19 US \$ по инсталиран kW и според пресметката со RETscreen expert инвестиција би изнесувала околу 34.000.000 US \$. Притоа во цената за вкупната инвестиција внесени се и трошоците за работа и одржување кој изнесуваат 11,18 US \$ по инсталиран kW.

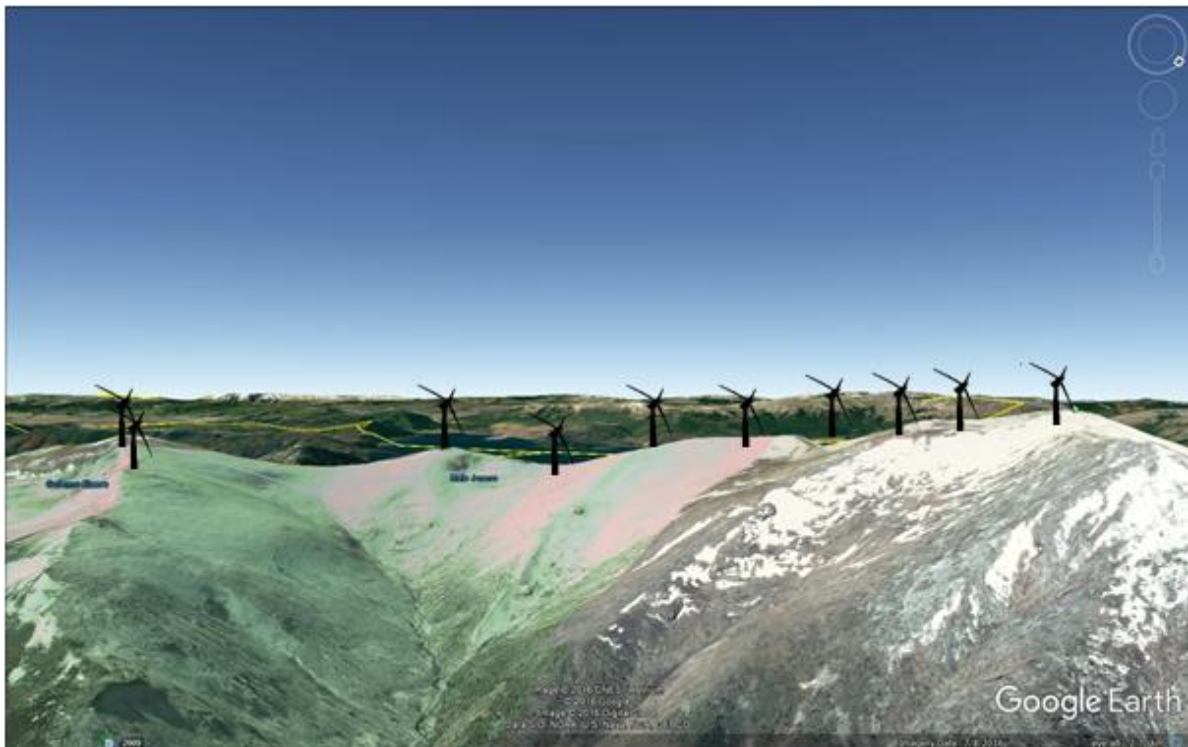
Од аспект на ресурси според [2], извлечен е податок дека на висини од 2500 m надморска висина просечната брзина на ветер изнесува 8 m/s. Овај податок е искористен во понатамошните пресметки (слика 2).

Продажбата на електричната енергија за ВЕЦ утврдена од регулаторната комисија за енергетика изнесува 0,089 €/kWh или тоа претворено во американски долари според потребите на софтверите изнесува 0,1 \$/kWh.

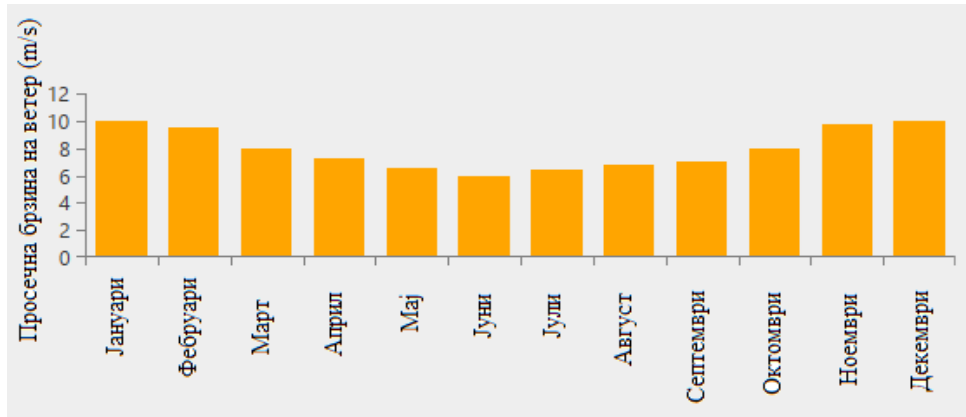
Според податоците од каталогот, ветрогенераторски единици со моќност од 850 KW, производство на „Vestas“, опремени се со асинхрони генератори со кратко-споен ротор и полноуправувачки претворувач „NetConverter“ (помеѓу генераторот и мрежата кој е димензиониран на максималната привидна моќност на генераторот). Ваквата конфигурација овозможува одвојување на брзината на роторот на асинхронниот генератор (фреквенцијата) од фреквенцијата на преносниот систем и работа на генераторот во различен опсег на брзини на роторот, фреквенции и напони, додека на излезот на претворувачот се предава моќност со константна фреквенција и

напон. Генераторите со номинален напон од 0,69 KV, споени се преку блок-трансформатор 0,69/20 kV на внатрешна среднапонска кабелска мрежа, и понатаму преку кабловски изводи до 20/110 kV трансформаторска станица. Ветрогенераторите се состојат од три лопатки со активна (со закосување на лопатките) регулација (pitch control) која се користи за оптимизација и управување на моќноста на турбината, хоризонтално поставено вратило со пречник на роторот од 52 m. Роторот и кабината поставени се на врвот на столб со висина од 65 m (висината на столбот може да варира во зависност од теренот).

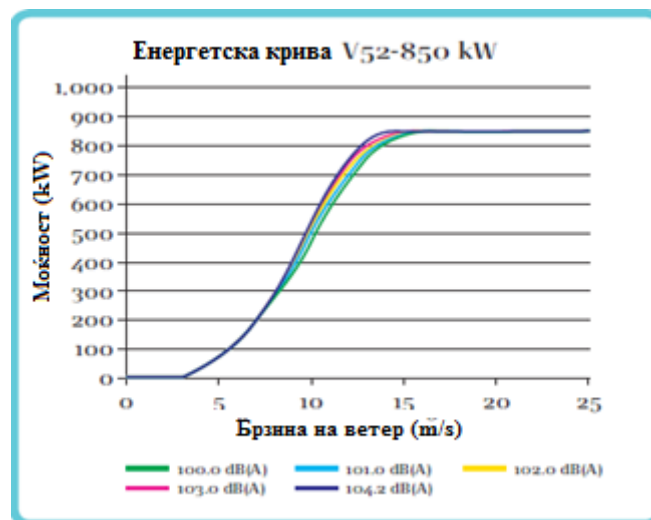
Стандардната крива на оптоварување за Vestas V52 прикажана е на сликата 3. Условите на испитување се: густина на воздухот 1.225 kg/m^3 , температура на воздухот 15°C , притисок на воздухот 1013 mbar, исчистени лопатки на роторот, хоризонтално струење на воздухот. Кривата на оптоварување ја изразува релацијата меѓу брзината на ветерот и произведената енергија, при што не се прикажани можните варијации на условите на експлоатација на самата локација. Мерењето на моќноста е валидно за просечна 10-минутна брзина на ветерот, мерена на врвот на столбот. Мерењето на моќноста е извршено на нисконапонската страна на трансформаторот внатре, во самата конструкција. Заради пресметка на излезната моќност според дадената крива, промени на моќност во просечен временски интервал, можни се осцилации до 10 %. Погонот на ветротурбината е автоматизиран во целост. Генераторот самостојно почнува со производство на електрична енергија кога брзината на ветерот ќе достигне просечна брзина од 4 m/s (cut-in speed). Во текот на работата со моќност помала од номиналната, аголот на лопатките и брзината на роторот константно се нагодуваат за да се максимизира аеродинамичкото искористување на ветерот. Излезната моќност на генераторот се зголемува со брзината на ветерот приближно линеарно, сè дури ветерот не достигне брзина од 16 m/s. Во таа точка, моќноста е ограничена на номиналната вредност од 850 KW. Доколку просечната брзина на ветерот ја премине границата до која турбината може да работи во нормален погон (25 m/s), турбината автоматски се исклучува со закосување на лопатките во положба на воздушно кочење (cut-out speed).



Слика 1 Локација на објектот според Google Earth

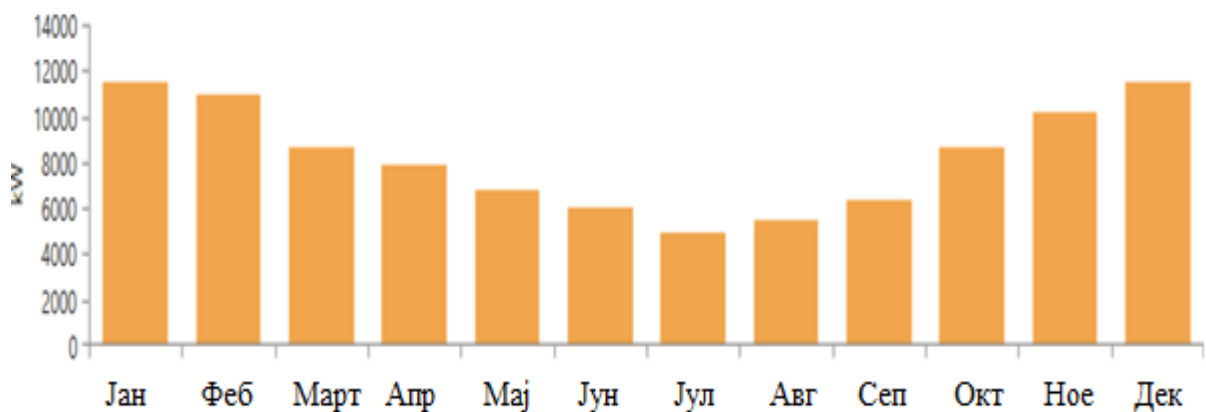


Слика 2 Средни вредности на брзини на ветер според NASA Surface meteorology за локацијата



Слика 3 Енергетска крива на оптоварување на генераторот

Просечното производство на ВЕЦ Пелистер по месеци во годината е дадено на сликата 4. Вкупното годишно производство би изнесувало 71,147 GWh годишно, што за инсталираната моќност од 21,25 MW дава еквивалентен број на часови на работа со максимална моќност од 3348 h. Вкупниот број на работни часови на ВЕЦ годишно би изнесувале 7820 h.



Слика 4 Просечно производство на ВЕЦ Пелистер по месеци

Според софтверот RETscreen expert, ако сите приходи на годишно ниво се вложуваат во долгот повратот на капиталната инвестиција ќе се изврши за 4,9 години. Меѓутоа, може да се направи и комбинација да се враќа онолку колку што изнесува долгот, тогаш повратот на капиталната инвестиција ќе се изврши за 10 години. Нормално поповолно е да се вложат сите приходи и што побрзо да се исплати долгот, па како последица на тоа збирните парични текови ќе бидат максимални, а тоа ќе се согледа во понатамошните разгледувања. Разгледуван е случај кога инвеститорот не располага со свои средства и долгот е 100%, каматната стапка изнесува 10%, а долгот да се враќа во период од 10 години. Од сликата 5 може да се заклучи дека уште во првата година ратата е возможно да се врати и да се покријат трошоците за работа и одржување и затоа се вели дека повратокот на капиталната инвестиција се извршува моментално. Вкупниот годишен долг или трошок со опфатени трошоци за работа и одржување изнесува 5.746.659 \$ US, а годишниот приход се очекува да биде 7.117.019 \$ US. Уште во првата година се очекува профит што значи дека активата е позитивна.

Финансиска одржливост

финансиски параметри

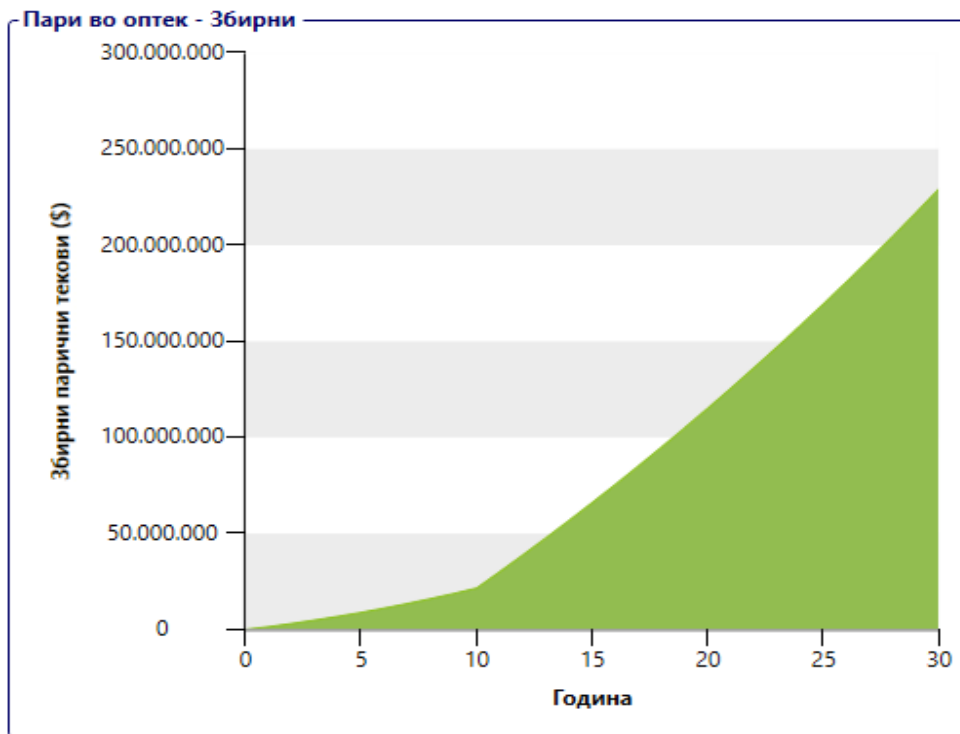
| | | |
|--------------------------|-----|------|
| Стапка на инфлација | % | 2% |
| Времетраење на проектот | год | 30 |
| Големина на долг | % | 100% |
| Каматната стапка на долг | % | 10% |
| Рок за исплата на долгот | год | 10 |

трошоци | Заштеди | Приход

| Почетни трошоци | | | |
|---|------|----|------------|
| Првична цена | 100% | \$ | 33.961.538 |
| <hr/> | | | |
| Почетни вкупни трошоци | 100% | \$ | 33.961.538 |
| Годишни трошоци и исплати на долгови | | | |
| Трошоци за ОиМ (работа и одржување) (заштеда) | | \$ | 237.575 |
| Исплата на долгови - 10 години | | \$ | 5.527.084 |
| <hr/> | | | |
| Вкупни годишни трошоци | | \$ | 5.764.659 |
| Годишни заштеди и приходи | | | |
| Приход од извоз на електрична енергија | | \$ | 7.117.019 |
| <hr/> | | | |
| Вкупни годишни заштеди и приходи | | \$ | 7.117.019 |

Слика 5 Трошоци, заштеди и приход

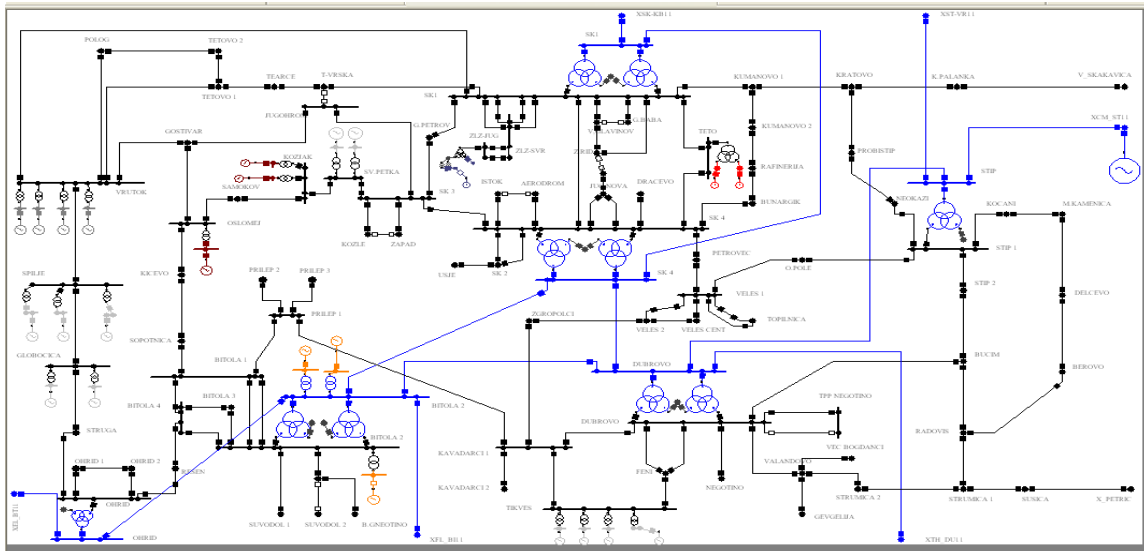
Ако долгот се враќа според износот колку што изнесува долгот за кредитот може да се согледа дека уште во првата година билансот на состојба е позитивен. Ако од приходот ја одземиме ратата на кредитот ќе го потврдиме горе наведеното а тоа е дека активата е позитивна. Тоа се повторува за целиот временски период додека трае проектот. Според софтверот RETscreen expert, временскиот период на проектот е предвиден за 30 години и на сликата 6 се дадени збирните парични текови за период од 30 години.



Слика 6 Збирни парични текови по години

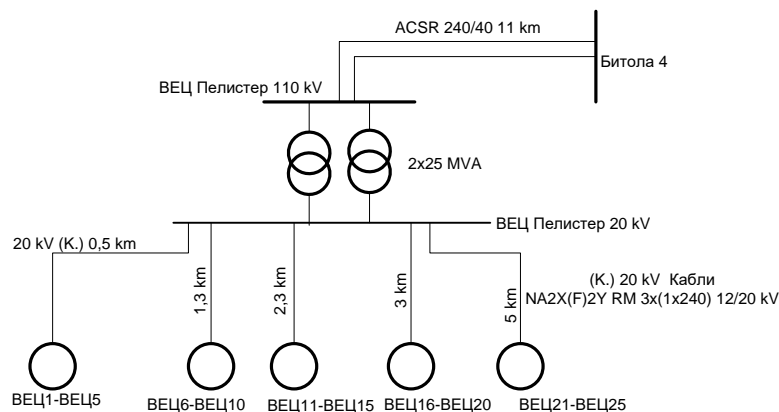
3 АНАЛИЗА НА ПРИКЛУЧОКОТ НА ВЕЦ ПЕЛИСТЕР

Сите анализи се спроведени врз основа на изработениот моделна македонскиот ЕЕС за состојба за 2020 година[1], во софтверскиот пакет NEPLAN. На сликата 7 е прикажан моделот во NEPLAN. Користена е работа со повеќе дијаграми со цел поголема прегледност на работата и затоа некои од новите јазли, ТС и ВЕЦ Пелистер не можат да се видат на основниот дијаграм. За анализите е користен Њутн Рафсоновиот метод и брзиот метод со раздвојување. Сите електроцентрали се дефирирани како PV јазли со напон еднаков на 1,00 p.u.



Слика 7 Модел на македонскиот ЕЕС во NEPLAN (состојба 2020 година основен дијаграм)

На сликата 8 е прикажан начинот на можно приклучување на ВЕЦ Пелистер на ЕЕС на РМ.



Слика 8 Приклучок на ВЕЦ Пелистер на ТС Битола 4

Анализите на тековите на моќност се спроведени за три карактеристични режими на работа на ЕЕС [1], сите при максимално производство на ВЕЦ Пелистер при фактор на моќност (1; 0,9сар; 0,9ind):

- Максимално зимско врвно оптоварување (системски максимум)
- Максимално летно оптоварување
- Минимално оптоварување на системот (системски минимум).

Максималното зимско оптоварување се карактеризира со следниот биланс за 2020 година (со вклучена ВЕЦ Пелистер) [1]: Производство: 1209 MW; Потрошувачка: 1506 MW; Загуби: 28 MW; Размена (Увоз): 325 MW.

Во табелата 1 се дадени напоните на јазлите (p.u.) во југозападниот регион во ЕЕС на РМ (регион IV согласно [1]), за четири сценарија: без ВЕЦ ($P_{vec}=0$), со ВЕЦ со максимум моќност и фактор на моќност капацитивен гледано од мрежата ($P_{vec}=P_{max}$ при $\cos\phi=0,9_{cap}$), со ВЕЦ со максимум моќност и фактор на моќност индуктивен гледано од мрежата ($P_{vec}=P_{max}$ при $\cos\phi=0,9_{ind}$), со ВЕЦ со максимум моќност и фактор на моќност 1 ($P_{vec}=P_{max}$ при $\cos\phi=1$). Со оглед што границите на промена на напоните во p.u. се од 0,9-1,1 p.u. за 110 kV односно 0,95-1,05 p.u. за 400 kV, може да се заклучи дека независно од режимот на работа на ВЕЦ Пелистер, за системскиот максимум сите напони се во дозволените граници. Оптоварувањето на елементите е во рамките на дозволените вредности. Направени се анализи и за режим N-1, за кој може да се заклучи дека нема проблеми со напоните на јазлите и оптоварувањето на елементите, освен оние кои се нотирани во [1], а не се поврзани со приклучокот на ВЕЦ Пелистер.

Максималното летно оптоварување се карактеризира со следниот биланс за 2020 година (со вклучена ВЕЦ Пелистер) [1]: Производство: 817 MW; Потрошувачка: 1126 MW; Загуби: 22 MW; Размена (Увоз): 331 MW.

Табела 1 Напони на јазлите во југозападниот регион на ЕЕС за системски максимум за четирите сценарија

| Име на јазол | $P_{vec}=0$ | $P_{vec}=P_{max}$ $\cos\phi=0,9_{cap}$ | $P_{vec}=P_{max}$ $\cos\phi=0,9_{ind}$ | $P_{vec}=P_{max}$ $\cos\phi=1$ |
|--------------|-------------|---|---|-----------------------------------|
| B.GNEOTINO | 1,0544 | 1,0586 | 1,051 | 1,055 |
| BITOLA 2 110 | 1,0555 | 1,0597 | 1,0521 | 1,0561 |
| BITOLA 2 400 | 1,0175 | 1,0201 | 1,0156 | 1,018 |
| BITOLA1 | 1,0487 | 1,0536 | 1,0451 | 1,0496 |
| Bitola3 | 1,0488 | 1,0541 | 1,045 | 1,0498 |
| Bitola4 | 1,0483 | 1,0546 | 1,0441 | 1,0496 |
| GLOBOCICA | 1,048 | 1,0502 | 1,0463 | 1,0484 |
| KICEVO | 1,0418 | 1,0434 | 1,0405 | 1,0421 |
| OHRID 1 | 1,0449 | 1,0481 | 1,0423 | 1,0454 |
| Ohrid 110 | 1,0489 | 1,0521 | 1,0463 | 1,0494 |
| OHRID 2 | 1,0451 | 1,0483 | 1,0425 | 1,0456 |
| Ohrid 400 | 1,0132 | 1,016 | 1,0112 | 1,0137 |
| OSLOMEJ | 1,0457 | 1,0466 | 1,0449 | 1,0458 |
| RESEN | 1,0475 | 1,0522 | 1,0442 | 1,0484 |
| SOPOTNICA | 1,0448 | 1,0482 | 1,0424 | 1,0455 |
| SPIIJE | 1,0474 | 1,0492 | 1,0459 | 1,0477 |
| STRUGA | 1,0429 | 1,0457 | 1,0406 | 1,0433 |
| SUVODOL 1 | 1,0552 | 1,0593 | 1,0517 | 1,0557 |
| VEC Pelister | - | 1,0598 | 1,0418 | 1,0513 |

Во табелата 2 се дадени напоните на јазлите (p.u.) во југозападниот регион во ЕЕС на РМ, за четирите споменати сценарија. Може да се заклучи дека независно од режимот на работа на ВЕЦ Пелистер за летниот максимум сите напони се во дозволените граници. Оптоварувањето на елементите е во рамките на дозволените вредности. Направени се анализи и за режим N-1, за кој може да се заклучи дека нема проблеми со напоните на јазлите и оптоварувањето на елементите, освен оние кои се нотирани во [1], а не се поврзани со приклучокот на ВЕЦ Пелистер.

Табела 2 Напони на јазлите во југозападниот регион на ЕЕС за максимално летно оптоварување за четирите сценарија

| Име на јазол | $P_{vec}=0$ | $P_{vec}=P_{max}$ $\cos\varphi=0,9_{cap}$ | $P_{vec}=P_{max}$ $\cos\varphi=0,9_{ind}$ | $P_{vec}=P_{max}$ $\cos\varphi=1$ |
|-----------------|-------------|--|--|--------------------------------------|
| B.GNEOTINO | 1,0431 | 1,047 | 1,0388 | 1,0431 |
| BITOLA 2 110 | 1,0456 | 1,0495 | 1,0413 | 1,0456 |
| BITOLA 2 400 | 0,9972 | 0,9997 | 0,9947 | 0,9973 |
| BITOLA1 | 1,0388 | 1,0435 | 1,0345 | 1,0392 |
| Bitola3 | 1,0397 | 1,0446 | 1,0351 | 1,0401 |
| Bitola4 | 1,0387 | 1,0447 | 1,0338 | 1,0395 |
| GLOBOCICA | 1,0368 | 1,0378 | 1,0356 | 1,0368 |
| KICEVO | 1,0353 | 1,0368 | 1,0337 | 1,0353 |
| OHRID 1 | 1,0259 | 1,0287 | 1,0228 | 1,0259 |
| Ohrid 110 | 1,0299 | 1,0327 | 1,0269 | 1,03 |
| OHRID 2 | 1,0261 | 1,0289 | 1,0231 | 1,0262 |
| Ohrid 400 | 0,9934 | 0,996 | 0,9908 | 0,9935 |
| OSLOMEJ | 1,0402 | 1,041 | 1,0392 | 1,0401 |
| RESEN | 1,0323 | 1,0365 | 1,0283 | 1,0326 |
| SOPOTNICA | 1,0355 | 1,0387 | 1,0325 | 1,0358 |
| SPILJE | 1,0376 | 1,0384 | 1,0368 | 1,0376 |
| STRUGA | 1,0261 | 1,0283 | 1,0237 | 1,0261 |
| SUVODOL 1 | 1,0449 | 1,0488 | 1,0407 | 1,045 |
| VEC Pelister | - | 1,0494 | 1,0316 | 1,041 |

Системското минимално оптоварување се карактеризира со следниот биланс за 2020 година (со вклучена ВЕЦ Пелистер): Производство: 477 MW; Потрошувачка: 555 MW; Загуби: 10,5 MW; Размена (Увоз): 88,5 MW. Во табелата 3 се дадени напоните на јазлите (p.u.) во југозападниот регион во ЕЕС на РМ, за четирите споменати сценарија. Може да се забележи дека напоните на јазлите во разгледуваниот регион, како и во целиот систем се блиски до горната дозволена вредност од 1,1 p.u., а најкритично е влијанието на ВЕЦ Пелистер на напоните во нејзините точки на приклучување, односно самата ТС ВЕЦ Пелистер и ТС Битола 4. За случајот на режим на работа N-1,

може да се заклучи дека нема проблеми со напоните на јазлите и оптоварувањето на елементите.

Во табелата 4 се прикажани пресметките на максималните трифазни и еднофазни струи на куси врски на јазлите во Битолскиот регион и тоа со и без ВЕЦ Пелистер. Може да се забележи мал пораст на струите на куси врски, меѓутоа сите вредности се во рамките на расклопната моќ на прекинувачите во разгледуваните постројки.

Табела 3 Напони на јазлите во југозападниот регион на ЕЕС за системско минимално оптоварување за четирите сценарија

| Име на јазол | $P_{vec}=0$ | $P_{vec}=P_{max}$ $\cos\varphi=0,9_{cap}$ | $P_{vec}=P_{max}$ $\cos\varphi=0,9_{ind}$ | $P_{vec}=P_{max}$ $\cos\varphi=1$ |
|-----------------|-------------|--|--|--------------------------------------|
| B.GNEOTINO | 1,0968 | 1,0988 | 1,0945 | 1,0968 |
| BITOLA 2 110 | 1,0972 | 1,0991 | 1,0949 | 1,0971 |
| BITOLA 2 400 | 1,0497 | 1,0509 | 1,0483 | 1,0497 |
| BITOLA1 | 1,0934 | 1,0963 | 1,0909 | 1,0938 |
| Bitola3 | 1,0944 | 1,0975 | 1,0918 | 1,0948 |
| Bitola4 | 1,0938 | 1,0979 | 1,0907 | 1,0945 |
| GLOBOCICA | 1,0798 | 1,0813 | 1,0778 | 1,0796 |
| KICEVO | 1,0716 | 1,0734 | 1,0694 | 1,0715 |
| OHRID 1 | 1,0916 | 1,0933 | 1,0895 | 1,0915 |
| Ohrid 110 | 1,0929 | 1,0946 | 1,0908 | 1,0928 |
| OHRID 2 | 1,0917 | 1,0934 | 1,0896 | 1,0916 |
| Ohrid 400 | 1,0492 | 1,0506 | 1,0477 | 1,0492 |
| OSLOMEJ | 1,0696 | 1,0711 | 1,0675 | 1,0694 |
| RESEN | 1,093 | 1,0958 | 1,0904 | 1,0933 |
| SOPOTNICA | 1,0828 | 1,0851 | 1,0803 | 1,0828 |
| SPIIJE | 1,0767 | 1,0782 | 1,0748 | 1,0766 |
| STRUGA | 1,0866 | 1,0882 | 1,0845 | 1,0865 |
| SUVODOL 1 | 1,097 | 1,099 | 1,0948 | 1,097 |
| VEC Pelister | - | 1,103 | 1,0886 | 1,0961 |

Табела 4 Струи на куси врски во Битолскиот регион без и со ВЕЦ Пелистер

| Име на јазол | 3Ф-СКВ (kA) | | 1Ф-СКВ (kA) | |
|-----------------|-------------|--------|-------------|--------|
| | без ВЕЦ | со ВЕЦ | без ВЕЦ | со ВЕЦ |
| V.GNEOTINO | 9,802 | 9,841 | 8,04 | 8,059 |
| BITOLA 2 110 | 27,808 | 28,139 | 34,191 | 34,567 |
| BITOLA 2 400 | 23,498 | 23,573 | 23,389 | 23,444 |
| BITOLA1 | 19,418 | 19,698 | 16,401 | 16,865 |
| Bitola3 | 14,169 | 14,339 | 11,398 | 11,563 |
| Bitola4 | 17,118 | 17,548 | 14,748 | 16,093 |
| RESEN | 8,645 | 8,687 | 6,684 | 6,736 |
| SOPOTNICA | 6,079 | 6,091 | 4,669 | 4,679 |
| VEC Pelister | - | 11,323 | - | 10,004 |

4 ЗАКЛУЧОК

Во трудот е покажана и симулирана една можна локација за изградба на ВЕЦ, а тоа е планината Баба, односно нејзиниот врв Пелистер. Предвидено е да се постават 25 турбини од тип Vestas V52 со номинална моќност од 850 kW или вкупно инсталирана моќност на ВЕЦ би била 21,25 MW. Вкупното годишно производство на оваа ВЕЦ би изнесувало 71,147 GWh годишно, што за инсталираната моќност од 21,25 MW дава еквивалентен број на часови на работа со максимална моќност од 3348 h. Вкупниот број на работни часови на ВЕЦ годишно би изнесувале 7820 h. Цената на инвестицијата (турбини и вклучена инсталација) предвидена е 1.598,19 US \$ по инсталиран kW и според пресметката со RETscreen expert инвестиција би изнесувала околу 34.000.000 US \$.

Приклучокот на ВЕЦ Пелистер на ЕЕС на РМ може да се изврши во ТС Битола 4. Во трудот се извршени анализи на текови на моќност без и со ВЕЦ за три карактеристични режими за 2020 година, при максимално производство на ВЕЦ при различен фактор на моќност. Анализите покажаа дека ВЕЦ може да се приклучи без никакви проблеми со напоните на јазлите, оптоварувањата на елементите. Вреди да се напомене дека за системскиот минимум во блиску до горната дозволена вредност.

Сите анализи за тековите на моќност покажуваат дека влијанието на ВЕЦ Пелистер врз загубите во ЕЕС на РМ е незначително.

Пресметката на струите на куси врски покажа дека влијанието на новата ВЕЦ би било минимално.

5 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стипе Микулич, Давор Бајс, Методија Атанасовски. *Студија со концепти за развој на преносната мрежа во одделни региони за долгорочен период*. Енергетски институт Хрвоје Пожар, Загреб/Скопје 2017.
- [2] *Стратегија за искористувањето на обновливите извори на енергија во Република Македонија до 2020 година*, Министерство за економија, 2010.
- [3] BCP NEPLAN www.neplan.ch
- [4] HOMER http://www.homerenergy.com/HOMER_pro.html
- [5] RETScreenExpert <https://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>