



Прирачник

за инсталација и одржување на
опрема за производство на енергија
во ветерни електрани

Издавач

Иницијатива за реформи во образованието во Југоисточна Европа - ERI SEE

Дечанска 8а, Белград, Србија

www.erisee.org, office@erisee.org

Автори

Меланија Каласан Марина Бралетиќ

За издавачот

Тина Шариќ

Издание

Белград, 2025

ISBN-978-86-82886-14-3

Содржина

1. ВОВЕД	5
1.1. Цел на упатството	5
1.2. Значење и примена на енергијата на ветерот	6
1.3. Структура на прирачникот	8
2. ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА	9
2.1 Сончева енергија	13
2.2 Водна енергија (хидроенергија)	16
2.3 Морска и океанска енергија	18
2.4 Енергија на океанските струи	20
2.5 Енергија на бранови	20
2.6 Конверзија на океанска топлинска енергија (ОТЕС)	22
2.7 Геотермална енергија	23
2.8 Биомаса	25
2.9 Ветерни фарми	27
2.10 Хибридни ветерни фарми	28
3. БЕЗБЕДНОСТ ПРИ РАБОТА И ЗАШТИТА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА	30
3.1. Можни опасности по безбедноста и здравјето на работниците при работа на ветерни фарми	30
3.2. Примена на мерки за безбедност и заштита при работа при изведување на работи на ветерни електрани	35
3.3. Спроведување на безбедносни мерки и мерки за лична заштита при работа на висина во ветерни електрани	37
3.4. Имплементација на мерки за намалување на негативното влијание на ветерните електрани врз животната средина	41
4. ЕНЕРГИЈА НА ВЕТЕРОТ	45
4.1. Основни примени на енергијата на ветерот	47
4.2. Карактеристики на ветерните фарми	50
5. МОНТАЖА И ДЕМОНТАЖА НА ЕЛЕКТРИЧНА ОПРЕМА ВО ВЕТЕРНИ ЕЛЕКТРАНИ	77
5.1. Подготовка на теренот за монтажа на енергетска опрема во ветерни фарми	77
5.2. Монтирање и демонтирање на монтажната конструкција на опремата во ветерните електрани	80
5.3. Монтажа/демонтажа и поврзување на енергетска опрема во ветерни електрани	86
5.4. Избор на заштитна опрема и опрема за монтажа и демонтажа на елементи од ветерни фарми	92

6. ИЗВЕДБА НА ЕЛЕКТРИЧНИ ИНСТАЛАЦИИ НА ВЕТЕРНИ ЕЛЕКТРАНИ	96
6.1. Видови и основни елементи на електрични инсталации на ветерни електрани	96
6.2. Монтирање на кабелски конструкции и поставување кабли на електрични инсталации на ветерни електрани	97
6.3. Монтажа на разводни и контролни панели, ормари и пултови на електрични инсталации на ветерни електрани	104
6.4. Поврзување на елементи за електрична инсталација во разводни и контролни табли, ормари и пултови	110
6.5. Изведување на заземјување и громобранска заштита на ветерни електрани	112
6.6. Мерење и контрола на перформансите на компонентите на ветерната турбина	115
7. ОДРЖУВАЊЕ И МОНИТОРИНГ НА ОПРЕМА ВО ВЕТЕРНИ ЕЛЕКТРАНИ	116
7.1. Видови одржување и активности во одржувањето на ветерните електрани	116
7.2. Превентивни работи за одржување на елементи од ветерни електрани	118
7.3. Корективни работи за одржување на елементи од ветерни електрани	121
7.4. Работи за одржување на електрични инсталации на ветерни електрани	123
7.5. Собирање, обработка и складирање на податоци во ветерни електрани	125
8. ЗАКЛУЧОК И ПРЕПОРАКИ	128
Литература и користени извори	129

1. ВОВЕД

1.1. Цел на упатството

Овој прирачник е изработен како дел од проектот RESET за услуги на обновлива енергија во образованието и обуката, кој го спроведува Секретаријатот на Иницијативата за реформи во образованието во Југоисточна Европа (ERI SEE) во соработка со Германското здружение за меѓународна соработка (GIZ), а е финансиран од Германското сојузно министерство за економска соработка и развој (BMZ). Прирачникот е изработен како практичен водич што им овозможува на учениците/учесниците да ги стекнат потребните знаења и вештини за инсталирање и одржување на енергетска опрема во ветерни фарми. Преку јасно објаснети теоретски основи, корисниците ќе ги разберат клучните принципи на работа на ветерните турбини, нивните компоненти и како тие функционираат, што е основа за практична примена.

Прирачникот е првенствено наменет за средношколци и учесници во програми за образование на возрасни и наставници од областа на обновливи извори на електрична енергија. Прирачникот може да го користат надлежни министерства и образовни агенции, компании вклучени во практичната едукација, центри за обука, приватни институции кои работат во областа на обновливата енергија, инструктори за практична едукација и други заинтересирани страни.

Материјалот е усогласен меѓу експерти од областа на обновливи извори на електрична енергија и образование од шест економии: Албанија, Босна и Херцеговина, Црна Гора, Косово*¹, Северна Македонија и Србија, вклучени во имплементацијата на проектот.

Со оглед на тоа што преминот кон обновливи извори на енергија е глобален приоритет, квалификациите во оваа област стануваат исклучително барани и вреднувани, отворајќи нови можности за професионален развој и вработување. Индустријата за ветерна енергија доживува постојан подем, а побарувачката за експерти во оваа област се зголемува од година в година. Според податоците од 2025 година, глобалната индустрија за ветерна енергија вработува повеќе од 1,4 милиони луѓе, со проекции дека овој број значително ќе расте во наредните децении. Според идните проценки, секторот за ветерна енергија би можел да вработи над 2,3 милиони луѓе до 2030 година и над 4 милиони до 2050 година.

Клучната цел на прирачникот е да ги обучи корисниците за инсталирање и одржување на енергетска опрема во ветерни фарми. Преку јасно структурирани теоретски основи и детални практични упатства, учениците/учесниците ќе можат тие да:

- ја инсталираат и поврзуваат електричните компоненти на ветерните турбини во согласност со техничките и безбедносните стандарди, со што се обезбедува сигурно и безбедно работење на системот.
- ја одржуваат енергетската инфраструктура на ветерните фарми, со што го продолжуваат животниот век на системот и ја зголемуваат ефикасноста.
- препознаваат и решаваат потенцијални проблеми за време на работењето на електричните инсталации.

Овој пристап на поврзување на теоретското знаење и практичните вештини им овозможува на учениците/учесниците не само да стекнат техничка компетентност, туку и да бидат самоуверени и подготвени да препознаваат можности, да предлагаат решенија и да ја подобруваат примената на

¹ *Оваа ознака е без предрасуди кон статусот и е во согласност со Резолуцијата 1244/1999 на Советот за безбедност на Обединетите нации и Мислењето на Меѓународниот суд на правдата за Декларацијата за независност на Косово.

енергијата на ветерот во различни контексти. На тој начин, тие дополнително се оспособуваат за активно учество во развојот на индустријата за обновливи извори на енергија.

Покрај стекнувањето теоретски основи и практично знаење, учениците/учесниците имаат увид во најновите достигнувања и примери од пракса, вклучувајќи и постигнување што укажуваат на високо ниво на успех во примената на ветерната енергија. Преку овие примери, корисниците ќе развијат продлабочено разбирање за потенцијалот на ветерните фарми.

Целта на прирачникот е да ги инспирира учениците/учесниците да придонесат за развој и ширење на решенија за енергијата на ветерот и нивната примена во најразновидните сектори на општеството.

Конечно, прирачникот претставува основа за стекнување квалификации кои се високо ценети на пазарот на трудот. Со оглед на постојаниот пораст на секторот за обновлива енергија, вештините за инсталирање и одржување на енергетска опрема во ветерните фарми им овозможуваат на учениците/учесниците професионално да се развиваат во оваа динамична област, давајќи им можност да се прилагодат на предизвиците и потребите на современиот пазар и да ги обучат за работа во една од најперспективните индустрии на нашето време.

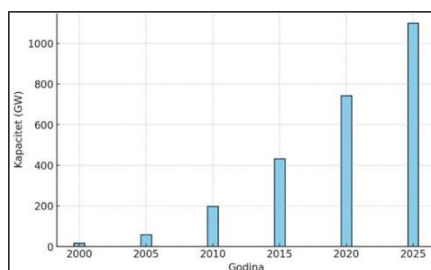
1.2. Значење и примена на енергијата на ветерот

Енергијата на ветерот претставува еден од најважните обновливи извори на енергија, со клучна улога во транзицијата кон одржливи енергетски решенија. Нејзината достапност, еколошките придобивки и растечката економска профитабилност, вклучувајќи го и падот на трошоците за технологија и зголемувањето на ефикасноста, ја прават енергијата на ветерот едно од најперспективните решенија во глобалната транзиција кон чиста енергија.

Според податоците од Меѓународната агенција за обновлива енергија (IRENA), глобалниот капацитет на ветерните електрани во 2025 година надминал 1.000 GW, со постојано зголемување на инсталираниот капацитет. До 2030 година, се очекува енергијата на ветерот да учествува со значителен дел во глобалното производство на електрична енергија, благодарение на технолошките иновации, оптимизацијата на перформансите на ветерните турбини и зголемената поддршка за обновливите извори на енергија.

Главните предности на енергијата на ветерот се:

- **Долгорочен неисцрпен потенцијал:** Енергијата на ветерот е природен и обновлив извор на енергија, достапен низ целиот свет, особено во крајбрежните и планинските области, каде што ветровите се најинтензивни и постојани.
- **Одржливост на животната средина:** Ветерните фарми произведуваат енергија без емисија на штетни гасови и други загадувачи, што директно придонесува за намалување на јаглеродниот отпечаток и борбата против климатските промени. Нивното работење не бара согорување на фосилни горива, што ги прави клучен фактор во заштитата на животната средина и одржливиот развој.



Графикон: Раст на капацитетот на ветерните фарми

- **Енергетска безбедност:** Користењето на ветерни фарми ја намалува зависноста од фосилни горива и централизираните енергетски системи. Благодарение на децентрализираното производство на електрична енергија, се овозможува постабилно и поотпорно снабдување со енергија, со што се намалува ранливоста од економски и геополитички ризици.
- **Економска профитабилност:** Намалувањето на трошоците за изградба и зголемувањето на ефикасноста на ветерните турбини, проследено со достапноста на субвенции и политики за стимулации, ја прават енергијата на ветерот сè поконкурентно решение во енергетскиот сектор. Долгорочните заштеди на трошоците за електрична енергија, како и можноста за заработка преку откуп на произведена енергија, дополнително придонесуваат за нејзината широка примена.

Енергијата на ветерот е широко користена во производството на електрична енергија. Најчесто се користи преку ветерни турбини кои ја претвораат кинетичката енергија на ветерот во електрична енергија со помош на генератор. Ветерните фарми можат да се поделат на копнени (*onshore*) и крајбрежни (*offshore*) системи. Копнените ветерни фарми се користат низ целиот свет веќе подолго време, додека крајбрежните ветерни фарми, благодарение на постабилните и посилните ветрови на морињата, претставуваат сè поважен извор на електрична енергија, особено во развиените енергетски мрежи.



Приказ на ветерна фарма

Покрај производството на електрична енергија во енергетските системи, енергијата на ветерот се користи и во независни системи за напојување за оддалечени објекти, како што се фарми, рурални домаќинства, телекомуникациски кули и други инфраструктури на локации без пристап до електричната мрежа.

Енергијата на ветерот, исто така, игра значајна улога во современите технолошки решенија, како што се интеграцијата во паметни мрежи, поврзувањето со складирање на енергија во вид на батериски системи и технологии за водород, како и развојот на хибридни системи што комбинираат ветерни електрани со соларни панели и други обновливи извори.

Со своите еколошки придобивки, економска одржливост и постојан технолошки развој, енергијата на ветерот е клучен елемент на глобалната транзиција кон одржлива енергија. Нејзината сè поширока примена придонесува за намалување на зависноста од фосилни горива, зголемување на

енергетската ефикасност и ублажување на негативните последици од климатските промени. Во иднина, ветерните фарми ќе имаат уште поважна улога во глобалниот енергетски микс, обезбедувајќи одржлив и сигурен извор на електрична енергија за идните генерации.

1.3. Структура на прирачникот

Прирачникот за инсталација и одржување на енергетска опрема во ветерни фарми е наменет како сеопфатен водич што ги опфаќа сите клучни аспекти на инсталацијата, т.е. монтажа и демонтажа на опремата, како и одржувањето. Изнесениот материјал им овозможува на корисниците да се стекнат со основни теоретски и практични знаења, оспособувајќи ги за квалитетно вклучување во работниот процес. Прирачникот е првенствено наменет за практична обука, надополнет со потребните теоретски основи за примена на стекнатото знаење во пракса.

Прирачникот се состои од вовед и седум поглавја посветени на разработка на прашањата што се предмет на Прирачникот. На крајот се дадени Заклучок и препораки, Ознаки и кратенки и Референтна литература и користени извори.

Во воведот се изнесени основната намена и задачи на прирачникот, нагласувајќи ја важноста на енергијата на ветерот и нејзината примена.

Во Поголавјето 2, Обновливи извори на енергија, се дадени основни информации за различните видови на обновливи извори на енергија, со посебен осврт на енергијата на ветерот.

Во Поголавјето 3, Безбедност при работа и заштита на животната средина, се разработени клучните безбедносни упатства што треба да се почитуваат при инсталирање и одржување на електрична опрема во ветерни фарми со цел да се зачува здравјето и безбедноста при работа, како и мерките за заштита на животната средина.

Во Поголавјето 4, Енергија на ветерот, се објаснети видовите ветерни турбини и ветерни електрани, нивниот принцип на работа и елементите од теоретска перспектива.

Поголавјето 5, Монтажа и демонтажа на енергетска опрема во ветерни фарми, е клучно поглавје во Прирачникот со детална разработка на процедури и постапки за практична имплементација.

Поголавјето 6, Изведување на електрични инсталации во ветерни фарми, е посветено на разработка на процедурите за монтажа и инсталација на електрични инсталации, вклучувајќи краток опис на инсталацијата на заземјување и громобранска заштита.

Во Поголавјето 7, Одржување и следење на опремата во ветерните фарми, се опишани процедурите за превентивно и корективно одржување, како и постапките за нивно спроведување и следење во ветерните фарми.

Во Заклучокот и препораките се сублимирани клучните заклучоци врз основа на претходните информации и се дадени насоки за понатамошно работење во оваа област.

На крајот од Прирачникот следува преглед на референтната литература и корисни извори со список на користени извори и дополнителни материјали што можат да доведат до продлабочено разбирање на тематските области на ветерните електрани.

2. ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА

Енергијата е насекаде околу нас. Таа ги движи сите живи суштества. Сето она што нè опкружува и е околу нас се темели на употреба на енергија. Во суштина енергијата е способност за извршување на одредена работа. Енергијата зависи од условите во кои се наоѓа. Таа ги одредува сите состојби во природата: движење и мирување, термички состојби, хемиски процеси, електромагнетни процеси, ширење на светлината, врски во атомите, итн.

Општата дефиниција за енергија е: енергијата е способност за извршување на работа. Познато е дека енергијата не може да се изгуби, туку само да се пренесе од еден облик во друг (хемиски во топлински, топлински во механички...).

Денес, енергијата е клучен елемент во развојот на општеството. Развојот на економијата е директно условен од употребата на различни облици на енергија.

Интензивното користење на постојните и пронаоѓањето нови извори на енергија има одлучувачко влијание врз брзината на развој и раст на економијата.

Основните својства на енергијата се:

- не може да произлезе од ништо,
- таа е неуништлива,
- способност за трансформација од еден облик во друг или премин од едно тело во друго.

Во природата, енергијата се јавува во различни форми:

- **Потенцијална енергија** – енергија складирана поради положбата на телото во однос на други објекти (на пр. вода во резервоар, извор под напон).
- **Кинетичка енергија** – енергија на движење на телото. Сè што се движи има кинетичка енергија (на пример, ветер, автомобил во движење).
- **Хемиска енергија** – енергија складирана во хемиски врски меѓу атомите (на пример, енергија од храна, гориво, батерии).
- **Електрична енергија** - енергија што произлегува од движењето или дистрибуцијата на електрични полнежи.
- **Топлинска енергија** – енергија што ја поседува телото поради неговата температура, односно случајното движење и судир на неговите честички (на пр. загреан метал, врела вода, воздух загреан од сончево зрачење).
- **Нуклеарна енергија** – енергија ослободена од промени во атомските јадра или со фисија на тешки јадра или со фузија на лесни јадра (на пример, енергија од нуклеарни центри, реакции на Сонцето).
- **Електромагнетна енергија** – енергија на зрачење што вклучува светлина, радио бранови и други облици на електромагнетно зрачење.

Низ историјата, преовладувале конфликти околу пристапот до одредени извори на енергија. Фактот дека индустриските револуции се разликувале во откривањето и примената на нови извори на енергија зборува за важноста на енергијата. Моментално е во тек револуција која става акцент на обновливите извори и развојот на енергетски штедливи, „зелени“ технологии.

Невозможно е да се замисли современата цивилизација без електрична енергија. Електричната енергија се користи за осветлување, греење, стартување на разни машини, напојување на комуникациски уреди, итн. Практично, не постои сегмент од човековата активност каде што не се користи електрична енергија.

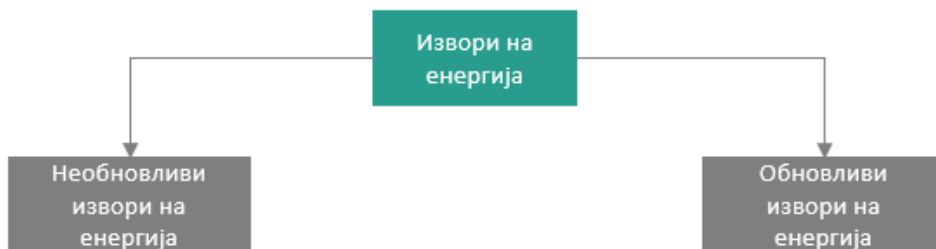
Употребата на електрична енергија има големи предности во однос на другите видови енергија:

- Изворите на електрична енергија може да бидат далеку од местото на употреба на електричната енергија;
- Електричната енергија се пренесува со релативно мали загуби;
- Со користење на системот за пренос на електрична енергија, тој е достапен за голем број корисници;
- Електричната енергија едноставно се трансформира во други форми на енергија (топлинска, светлосна, механичка...).

Во стручната литература, постојат и други поделби на енергијата, кои зависат од бројни критериуми за поделба. Различните форми на енергија се поделени, односно групирани, на неколку начини. Најчестите поделби со критериуми за поделба се прикажани во табелата.

ПОДЕЛБА	КРИТЕРИУМИ ЗА ПОДЕЛБА
Акумулирана и преодна	Состојба и времетраење на постоењето
Примарна, трансформирана и корисна	Манифестна форма, форма, т.е. можност за употреба
Конвенционална и неконвенционална	Ниво на употреба, т.е. техничка и економска исплатливост
Обновлива и необновлива	Природна обновлива енергија

Имајќи ја предвид природната обновливост (временската можност за нивно исцрпување), примарната енергија може да се подели на обновлива енергија и необновлива енергија.



Под терминот необновливи извори на енергија се подразбираат фосилни горива: јаглен, нафта и нафтени деривати, природен гас, минерални наоѓалишта, како што се нафтиениот шкрилец, како и физионите (нуклеарните) горива.

Проблемот со необновливите извори на енергија е во нивните ограничени количини и ограничена дистрибуција. Залихите на фосилни горива се ограничени и брзо се исцрпуваат.

Друг проблем е загадувањето на човековата околина. Согоорувањето на фосилни горива, особено оние базирани на нафта и јаглен, е најверојатната причина за глобалното затоплување. Климатските промени се една од најсериозните закани за еколошкиот систем на Земјата.

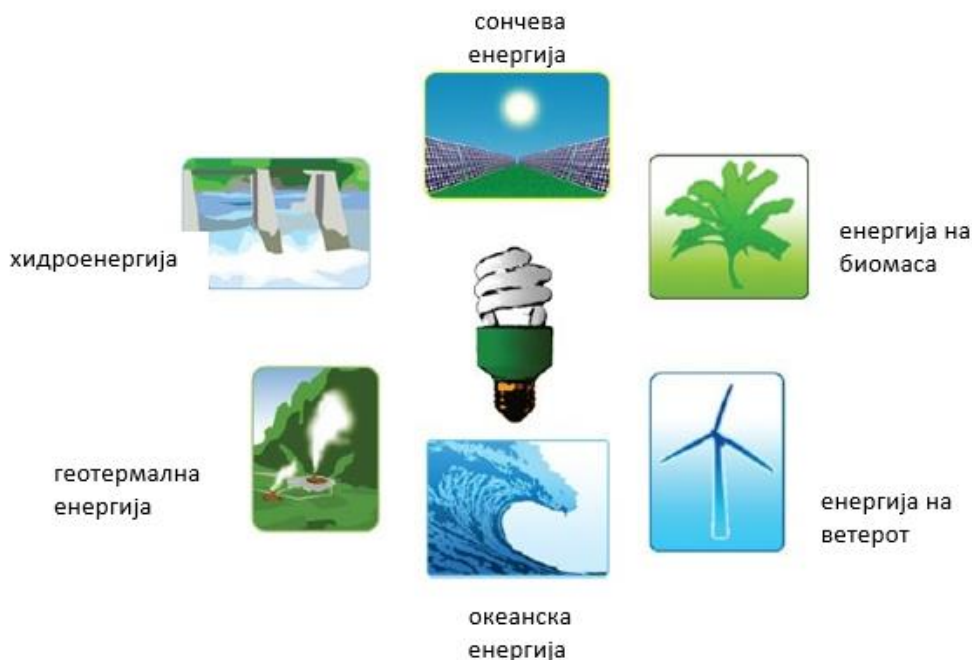
Примената на нуклеарната енергија претставува условно чиста технологија, но во случај на несреќа, може да се појави екстремно големо загадување со огромни последици за луѓето и животната средина. Исто така, отстранувањето на радиоактивниот отпад е голем проблем.

Обновливите извори на енергија се ресурси кои се обновуваат природно и не се исцрпуваат со нивната употреба. Името „обновливи извори на енергија“ доаѓа од фактот дека нивните резерви континуирано или циклично природно се обновуваат, а количината на енергија што се користи не ја надминува стапката на нејзино природно обновување.

Главните видови на обновливи извори на енергија се:

- Сончево зрачење - примарен извор на енергија за речиси сите процеси на Земјата. Сончевата енергија доаѓа во форма на електромагнетно зрачење, од кое дел стигнува до површината на планетата, додека остатокот се апсорбира или рефлектира во атмосферата. Интензитетот на сончевото зрачење зависи од географската локација, годишното време и атмосферските услови.
- Енергијата на ветерот - настанува како резултат на нерамномерното загревање на површината на Земјата и ротацијата на планетата, што создава разлики во притисокот и доведува до движење на воздушните маси. Брзината и насоката на ветерот зависат од географските и климатските услови.
- Водна енергија (хидроенергија) – енергија на водата што потекнува од хидролошкиот циклус, каде што сончевото зрачење предизвикува испарување, кондензација и врнежи, овозможувајќи континуиран тек на реките и обновување на водните ресурси. Јачината на водните текови зависи од надморската височина, наклонот на теренот и количината на врнежи.
- Биомаса – органска материја од растително и животинско потекло, која ја складира сончевата енергија преку фотосинтеза. Опфаќа широк спектар на материјали, вклучувајќи дрво, земјоделски остатоци, органски отпад и специјално одгледувани енергетски растенија.
- Геотермална енергија – енергија создадена со распаѓање на радиоактивни елементи во внатрешноста на Земјата и топлината што останува од периодот на нејзиното формирање. Топлината се транспортира низ Земјината кора до површината, со извори најизразени во вулкански и тектонски активни области.
- Морска и океанска енергија - Вклучува плима и осека, енергија од морските бранови и температурни разлики во океаните. Плимата и осеката се создаваат под влијание на гравитационата сила на Месечината и Сонцето, додека морските бранови се создаваат со дејството на ветерот на површината на водата. Топлинската енергија на морето доаѓа од температурните разлики помеѓу површинските и длабоките слоеви на океанот.

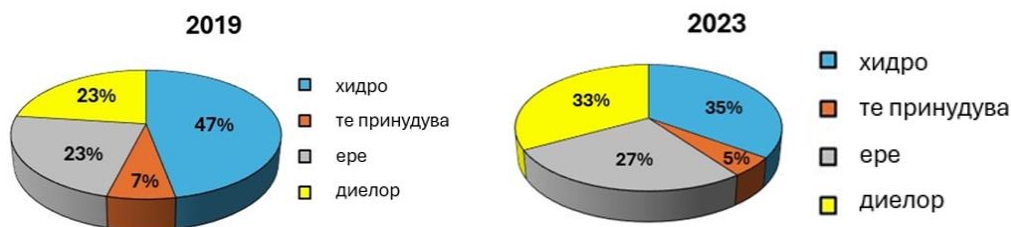
Една од главните причини за забрзаниот развој на обновливите извори на енергија е нивното значително помало негативно влијание врз животната средина во споредба со конвенционалните извори.



Обновливи извори на енергија

Обновливите извори бележат забрзан пораст во енергетскиот сектор. Според Меѓународната агенција за обновлива енергија (IRENA), глобалниот капацитет на обновливи извори на енергија достигна приближно 3.064 GW до крајот на 2023 година.

Во 2024 година, инвестициите во чиста енергија беа речиси двојно поголеми од оние во фосилните горива. Вкупните инвестиции во енергија надминаа три трилиони долари, од кои околу два трилиони беа насочени кон чисти технологии како што се обновливи извори на енергија, електрични возила и нуклеарна енергија.



Распределба на инсталирани капацитети на обновливи извори на енергија

Во продолжение, накратко ќе се осврнеме на обновливите извори на енергија, додека детална анализа на ветерот - клучниот извор на енергија за технологијата на претворање на кинетичката енергија на ветерот во електрична енергија - ќе биде опфатена во следните поглавја од овој прирачник.

2.1 Сончева енергија

Соларните електрани ја претвораат сончевата енергија во електрична енергија.

Во текот на една година, сончевата енергија што стигнува до Земјата е 20.000 пати поголема од енергијата потребна за задоволување на потребите на целото население на Земјата.

За само три дена, сончевата енергија еквивалентна на енергијата произведена од сите фосилни извори и резерви на Земјата достигнува до површината на Земјата.

При поминувањето низ атмосферата, дел од енергијата се троши во сложени процеси, а дел се рефлектира и повторно се емитува во вселената. Тој дел изнесува околу 1/3 од енергијата што стигнува до работ на атмосферата, па затоа протокот на енергија кон површината на Земјата е во просек 920 W/m^2 .

Постојат два вида на соларни електрани, имено:

- термо соларни електрани
- фотоволтаични соларни електрани

Во термо-сончевите електрани, огледалните системи ги насочуваат сончевите зраци кон резервоарот што ја содржи течноста што се загрева. Загреаната течност оди во разменуваачот на топлина, пренесувајќи ја топлината на водата или пареата. Понатамошниот процес е идентичен со оној во класичните термо-електрани.

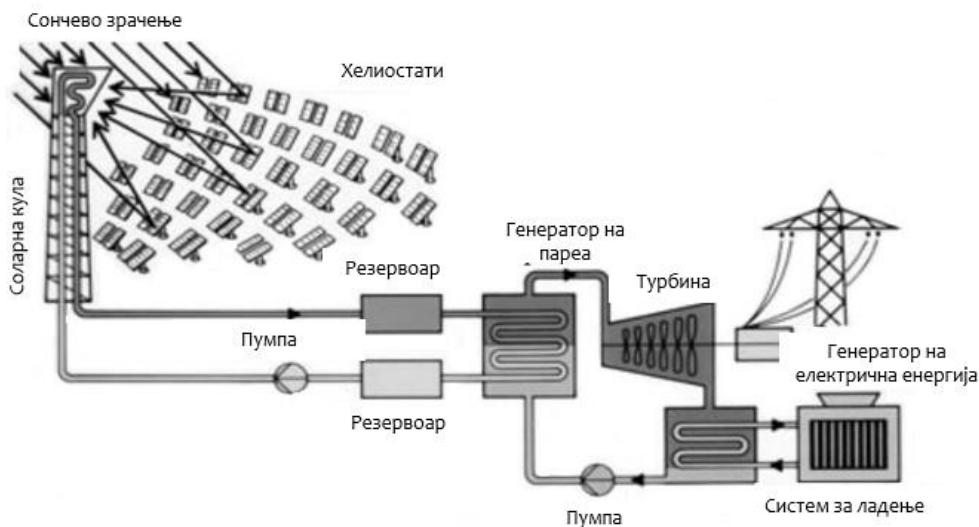


Соларна електрана PS10 во Шпанија

Способноста за складирање на топлина со употреба на термички медиуми (како што се растопените соли) е клучна предност на овие системи бидејќи овозможува континуирано производство на електрична енергија дури и во периоди кога директното сончево зрачење не е достапно.

Соларните термоелектрани со сончева кула користат хелиостатско поле.

Хелиостат е уред кој има обично огледало кое ротира така што во текот на денот ја рефлектира сончевата светлина кон одредена целна кула (helios - од грчкиот збор за сонце и stat од англискиот збор stationary - недвижен).



Принцип на работа на соларна термоцентрала со хелиостати

Колекторите на сончева енергија (параболични колектори) се состојат од параболични огледала кои ја примаат топлинската енергија на Сонцето и ја пренасочуваат кон цевка која се наоѓа во фокусната точка на параболата. Цевката содржи течност, на пример, синтетичко масло како топлински медиум со работна температура од 400°C . Загреаната течност циркулира до разменуваачот на топлина, каде што ја пренесува топлината на водата и ја претвора во заситена пара. Потоа пареата придвижува турбина поврзана со генератор кој произведува електрична енергија.



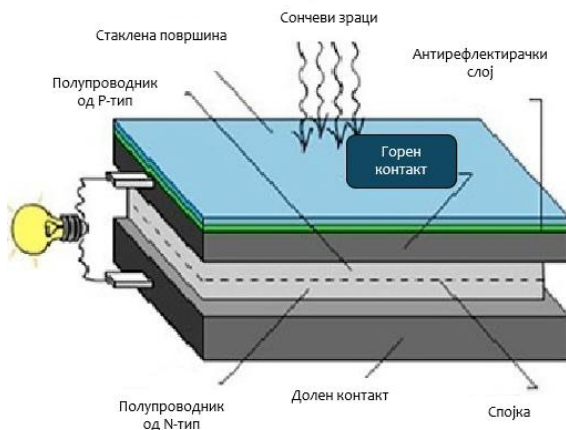
Параболични колектори

Друг вид на соларна електрана ја претвора сончевата енергија директно во електрична енергија користејќи полупроводнички фотоволтаични ќелии. Ефикасноста на овие полупроводнички конвертори е релативно мала, па затоа се потребни големи површини на соларни панели за да се добие одредена количина електрична енергија. Предноста на оваа електрана е долгиот век на траење и едноставното ракување, со минимални барања за одржување, бидејќи електраната нема подвижни делови.

Недостатокот на сите сончеви електрани е што нема континуитет во производството на енергија бидејќи ноќе, кога нема сонце, нема производство на електрична енергија.

Кога честичите од светлината (фотони) паѓаат врз силициумски атом, електроните се исфрлаат од кристалната решетка. Поради ова, на едната страна од полупроводничката врска се создава вишок негативен полнеж, а струја тече на другата страна од позитивниот полнеж.

Соларните ќелии исто така имаат две метални мрежи, т.е. два електрични контакти. Едниот е под полупроводничкиот материјал, а другиот е над него. Горната мрежа или контакт собира електрони од полупроводникот и ги води до надворешниот потрошувач. Електричното коло е затворено со долниот контактен слој.



Фотоволтаичен систем на ќелии

2.2 Водна енергија (хидроенергија)

Видовите на искористлив хидроенергетски потенцијал се акумулации, водотеци на реки и потоци, плима и осека, морски бранови, подводни струи и слично, а основните параметри на хидроенергијата се проток, висина на пад, густина на вода, итн. Инструменти за мерење на хидроенергетски параметри се мерач на проток, висинометри или ласерски висинометри за висина на пад и хидрометри или дензитометри за густина на вода.

Хидроелектраните спаѓаат во капацитетите што ја користат водата како обновлив извор на енергија. Тие одиграа доминантна улога во почетната фаза од развојот на електрификацијата во многу земји.

Секоја хидроелектрана е проектирана посебно, во зависност од:

- количините на вода,
- метеоролошките услови во поширокото подрачје на сливот,
- висината на водопадот,
- спецификите на теренот (геолошки услови што преовладуваат на водотекот), како и
- специфични барања (пловност на реката, наводнување, биолошки барања за водотекот...).

Според начинот на кој се користи водата, постојат следниве видови хидроелектрани:

- Проточни хидроелектрани во кои водата се користи како што достигнува;
- Акумулациони хидроелектрани во кои се акумулира дел од водата за да може да се користи кога ќе се појави потреба за тоа.

Посебни видови хидроелектрани се:

- Пумпно акумулациски или реверзибилни хидроцентрали и
- Хидроелектрани кои ја користат енергијата на морето (плима и осека, енергија од бранови, морски струи...).

При изведбата на хидроелектрана, треба да се земе предвид не само потрошувачката на енергија од вода, туку и барањата на земјоделството (наводнување, одводнување), водоснабдувањето, навигацијата...

Изборот на тип на ХЕ зависи од голем број фактори кои влијаат на рационалната и економична изградба на електраната, па затоа е невозможно да се наведат строги правила за избор на типот на електрана.

Принципот на работа на хидроцентрала:

- Водата од река или езеро доаѓа преку систем од канали или цевки до водоводните турбини;
- Водните турбини се вртат под дејство на вода, а бидејќи роторите на турбината и генераторот се механички поврзани, роторот на генераторот се врти и се произведува електрична енергија;
- Произведената електрична енергија се испорачува до потрошувачите преку систем од трансформатори и далноводи.

Малите хидроелектрани (МХЕ) се хидроенергетски системи со помала моќност, најчесто изградени на помали водотеци, односно на помали реки, потоци, разни канали, па дури и системи за наводнување. Во нив, енергијата на овие водотеци се претвора во корисна енергија, што обезбедува релативно чисто и сигурно производство на електрична енергија.

Малите хидроелектрани се главно електрани на воден тек, па затоа не бараат значителни земјени и градежни работи и инвестиции што обично се потребни за изградба на големи брани и

акумулации. Главната разлика помеѓу големите и малите хидроелектрани е во инсталираната моќност, при што ограничувањето на моќноста што ги дели овие хидроелектрани е различно од земја до земја. Без оглед на големите отстапувања во одредени земји од гледна точка на горната граница на инсталираната моќност (МНР од 1,5 MW до 30 MW), во последно време вредноста на вкупниот инсталиран капацитет до 10 MW (прифатена во ЕУ - ESHA) најчесто се прифаќа како стандард.

Малата хидроцентрала не е само намалена верзија на голема хидроцентрала. За да се задоволат основните барања што ѝ се поставуваат, потребна е специфична опрема и уреди за нејзина изградба, пред сè во однос на едноставноста, износот на инвестициите и трошоците за работа и одржување, начинот на работа, максималната сигурност и безбедност, како и едноставната употреба и одржување од страна на лица кои не се специјализирани за овие задачи. Принципната шема на мала хидроцентрала е прикажана на сликата.



Најчестиот распоред на основните елементи на мала хидроцентрала

2.3 Морска и океанска енергија

Морската и океанска енергија е обновлив извор на енергија при кој се користат природни појави во морињата и океаните, како што се плимата и осеката, брановите, морските струи и температурните разлики помеѓу површинските и подлабоките слоеви на водата. Овие појави можат да се користат за производство на електрична енергија со користење на различни технологии.

Системите за искористување на енергијата од морето и океанот не испуштаат јаглерод диоксид за време на работењето, што придонесува за намалување на загадувањето и ублажување на климатските промени. Исто така, тие можат да придонесат за енергетска стабилност бидејќи користат природни процеси кои се постојани и предвидливи, намалувајќи ја зависноста од фосилни горива. Сепак, нивната широка примена зависи од понатамошниот развој на технологиите, намалувањето на трошоците за изградба и одржување и почитувањето на прописите за заштита на животната средина.

Морињата и океаните содржат огромни количини на енергија што може да се користи за производство на електрична енергија. Главните извори на оваа енергија се: енергијата на плимата и осеката, енергијата на брановите, океанската топлинска енергија (ОТЕС) и енергијата на океанските струи.

Овие извори се разликуваат во однос на механизмот на нивното формирање и технологиите што се користат за нивна експлоатација.

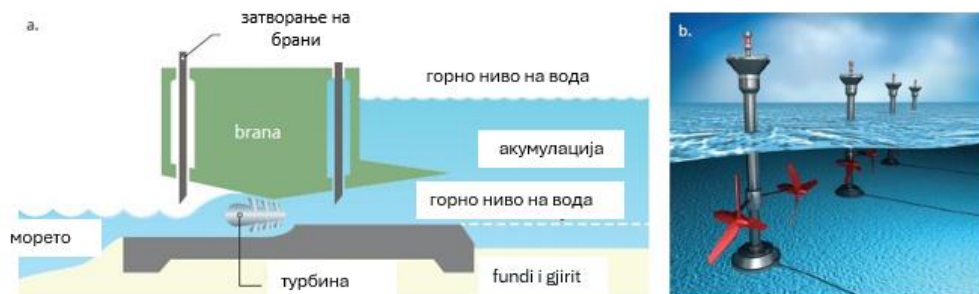
Електраните што користат плима и осека (обновлив извор на енергија) за погон на турбини се посебен вид на хидроелектрани за складирање. Плимата и осеката (морските плими и осеки) се јавуваат под влијание на Сонцето и Месечината врз водата во морињата и океаните. Морските плими и осеки се периодично издигнување (плима) и спуштање (осека) на површината на морето и океанот, придружено со движење на големи водни маси, а предизвикано од гравитационската сила на Месечината и Сонцето врз водните маси, во комбинација со ротацијата на Земјата.

Бидејќи промените во плимата и осеката предизвикуваат движење на флуиди, т.е. на водна маса (кинетичка енергија), можно е таа енергија да се претвори во електрична енергија со помош на специјални електрани. Овие типови електрани не се вообичаени бидејќи нивната изградба, одржување и профитабилност во моментот бараат значителни финансиски средства. Денес, само високо развиените и богати земји имаат развиено неколку вакви електрани, иако многу земји имаат природен потенцијал за нивна употреба.

Технологијата што се користи за конверзија е многу слична на технологијата што се користи во конвенционалните хидроелектрани. Сепак, електраните со плима и осека не можат да работат континуирано, туку само во периоди кога се јавуваат плими и осеки.

Денес, постојат главно две можности за користење на енергијата на плимата и осеката:

- со помош на плимни брани (слика а) или
- користејќи плимни струи (слика б).



а) Плимна брана

б) Плимни струи

Кај плимните брани, браната служи за спречување на навлегување на вода во базенот/резервоарот, како и за собирање и постепено испуштање на водата кога плимата ќе почне да се повлекува. Електричната енергија се произведува со отворање на затвораот/бравата и постепено дозволување на водата да тече низ отворот на турбината. Енергијата може да се произведе во едната или во двете насоки на проток на вода.

Плимните струи се големи количини на вода што течат низ океаните поради промени во положбата на водата - движењето на плимата и осеката. Овој ефект најчесто се забележува во плитки области каде што има природни стеснувања каде што брзината на водата значително се зголемува. Технологијата за користење на оваа енергија е слична на технологијата за конвертирање на енергијата на ветерот, со некои важни разлики. За жал, оваа технологија е сè уште во зародиш, доста е скапа и е достапна само во развиените земји.

Областите на источниот брег на Канада, како и западниот брег на Франција и Велика Британија, се области со изразени плими и осеки. Најголемата измерена разлика помеѓу високите и ниските плими, од 16 метри, е измерена во Канада.



Пример за разлика помеѓу плима и осека



Електраната Ла Ранс

Најпознатата и воедно и најголема ваква електрана е изградена во 1966 година во Франција. Се наоѓа на сливот на реката Ла Ранс со морето. Во тоа подрачје, просечната плима е 8 метри, а максималната е 13,5 метри. Моќноста на електраната е 240 MW.

2.4 Енергија на океанските струи

Електраната генерира електрична енергија користејќи морски струи - работи како еден вид подводна ветерница. Таква тест-централа веќе е инсталирана покрај југозападниот брег на Англија. За да може да се користат струите во двата правци, лопатките на роторот можат да се ротираат за 180° .

Електраната се состои од три главни компоненти: кула висока 50 метри што служи како столб на кој е монтирана електраната, односно „погонската просторија“ што го содржи контролниот систем, приклучок до мрежата за пренос на електрична енергија, хидрауличен систем за подигнување и спуштање на електраната и ротор што е прикачен на кулата и го формира срцето на електраната.



Електраната Лоу Стренфорд

2.5 Енергија на бранови

Морските електрани се оние што ја користат енергијата на брановите (обновлив извор на енергија) за производство на електрична енергија. Главната причина за генерирање на енергијата на брановите е дејството на ветерот (последича на дејството на Сонцето) на површината на морето и океанот. Бидејќи моќноста на брановите се разликува од дневните плими и постојаните кружни океански струи, мора да се избере повољна локација за нејзина употреба каде што брановите се доволно чести и со доволна јачина.

Моќноста на брановите се дефинира по единица површина нормална на насоката на движење на брановите. Може да биде и до 10 kW/m^2 , но може да биде и околу нула. На пример, за Северноатлантската област, на отворено море помеѓу Шкотска и Исланд, во 50 проценти од времето, моќноста на брановите е $3,9 \text{ kW/m}^2$ или поголема.

Енергијата на брановите може да се искористи преку површински и подводни уреди, како и резервоари.

Површински уреди (лебдечки системи) – овие уреди се движат нагоре-надолу од брановите на површината на океанот, со што им се пренесува енергија

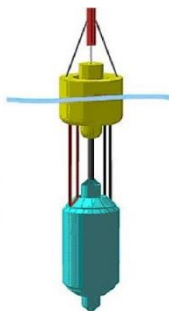
.Пловечки системи

Лебдечки пловец

Спојувачки шипки

Потопен цилиндар

Пренос на моќност



Осцилирачки воден столб (ОВО) – Структури што користат осцилации на водата во коморите за да создадат притисок што ги движи турбините. Воздухот во коморите е притискан од брановите и на тој начин го движи генераторот. Пример: Лимпет во Шкотска.



Лимпет (Шкотска)

Брановидни серпентин уреди (површински атенуатори) – Долги лебдечки структури кои се виткаат под влијание на брановите и генерираат електрична енергија. Овие технологии го имитираат начинот на кој змијата се движи во вода и користат механички врски за претворање на енергијата. Пример: Технологија Pelamis Wave Energy Converter (Pelamis WEC).



Pelamis WEC

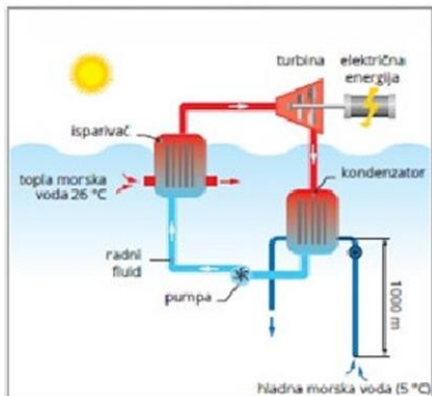
Подводни уреди - се движат од објекти слични на балони прикачени на дното на океанот до долги цевки што се протегаат на голема должина. Кога брановите предизвикуваат нивно осцилирање, тие придвижуваат турбина и генерираат електрична енергија.



Подводни уреди

2.6 Конверзија на океанска топлинска енергија (ОТЕС)

ОТЕС ја користи температурната разлика помеѓу топлите површински води и ладните длабоки води на тропските океани за производство на електрична енергија. Поголемата температурна разлика овозможува поефикасна конверзија на енергија. Во близина на екваторот, температурната разлика помеѓу површинските и длабоките води може да достигне до 25°C, што го прави овој извор на енергија значаен потенцијал. Електраните на ОТЕС можат да работат 24 часа на ден во текот на целата година, користејќи ја топлинската енергија што тропските мориња постојано ја акумулираат.



Шематски дијаграм на ОТЕС системот



Пловечка ОТЕС централа

Постојат три основни технологии во ОТЕС системот:

- **Затворен циклус** – Користи работна течност со ниска точка на вриење, како што е амонијак. Топлата морска вода поминува низ разменувач на топлина и ја пренесува енергијата на работната течност, која испарува. Добиениот гас придвижува турбина поврзана со генератор на електрична енергија. Потоа, гасот се лади и кондензира со помош на ладна длабока вода, враќајќи се во течна состојба и затворајќи го циклусот.
- **Отворен циклус** - Морската вода од топлите површински слоеви се внесува во комора со мал притисок, каде што дел од водата испарува поради нискиот притисок. Добиената пареа ја движи турбината, по што се лади со контакт со ладна длабока вода и повторно кондензира во течност.
- **Хибриден циклус** - Ги комбинира елементите од затворен и отворен циклус за да се зголеми ефикасноста. Топлата вода го испарува работниот флуид како во затворен циклус, додека во исто време дел од водата во отворен циклус испарува директно под низок притисок.

2.7 Геотермална енергија

Геотермалната енергија е обновлив извор на енергија што потекнува од внатрешноста на Земјата и настанува како резултат на високата температура на нејзините длабоки слоеви, која се движи помеѓу 4000°C и 7000°C. Оваа топлина е резултат на природното распаѓање на радиоактивните елементи како што се ураниумот, ториумот и калиумот, како и остатоците од топлинската енергија генерирана за време на формирањето на планетата.

Температурата во внатрешноста на Земјата се зголемува со длабочината - на 80 до 100 км, температурата на карпите достигнува од 600°C до 1200°C. Оваа топлина постојано струи кон површината и може да се користи за производство на електрична енергија, греење на згради и индустриски процеси.

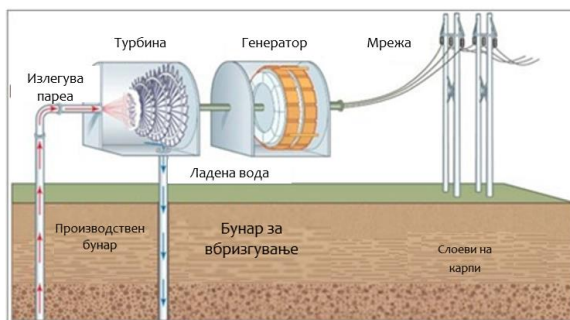
Геотермалната енергија има широк спектар на примена, од директно загревање на простор и индустриски постројки до производство на електрична енергија во геотермални електрани.

Геотермални електрани

Геотермалните електрани користат топлинска енергија од внатрешноста на Земјата за производство на електрична енергија. Пареата или топлата вода од длабоките слоеви се внесува во турбините што ги напојуваат генераторите, кои произведуваат електрична енергија. По минување низ турбината, пареата се кондензира и изладената вода се враќа во подземниот извор за да може процесот да се повтори.

Постојат три основни типа на геотермални електрани:

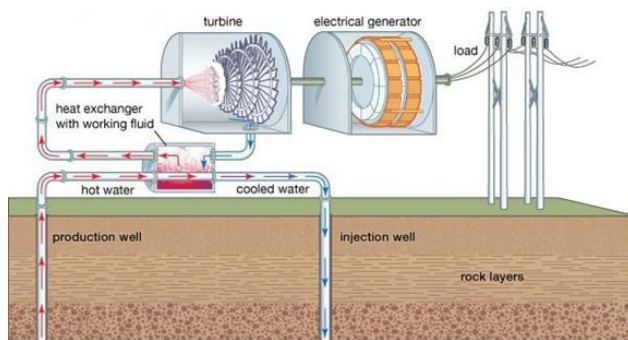
Електрани на сува пареа - го користат најстариот начин за претворање на геотермалната енергија во електрична енергија. Пареата од внатрешноста на Земјата се внесува директно во турбина, која го движи генераторот. Овој тип на електрана првпат е користен во 1904 година во Тоскана, Италија. Денес, тие ретко се користат поради специфичните геолошки услови потребни за нивното функционирање.



Шематски приказ на електрана на сува пареа

Електрани со флеш пареа - користат подземна вода под висок притисок, која по достигнувањето на површината, одеднаш се претвора во пареа и ја движи турбината. Во овој тип на електрана, топлата вода се пумпа под висок притисок во резервоар со низок притисок каде што се претвора во пареа што ја движи турбината. Во овој процес, пареата се лади, кондензира назад во вода и се враќа во внатрешноста на земјата за повторно да се загрее и користи. Повеќето геотермални електрани се од овој тип.

Бинарно-циклусни електрани – Во бинарните електрани, топлата вода од внатрешноста на земјата се користи за загревање на друга течност до нејзината точка на вриење кога таа се претвора во пара и придвижува турбина. Овие електрани се особено погодни за области со умерени геотермални ресурси, бидејќи овозможуваат ефикасно користење на пониски температури. Исто така, тие имаат затворен систем, што ги намалува емисиите на гасови и придонесува за енергетска одржливост.



Шематски приказ на електрана со бинарен циклус

Директна примена на геотермалната енергија

Покрај производството на електрична енергија, геотермалната енергија се користи директно за греење и други практични апликации, овозможувајќи ефикасно и еколошки прифатливо користење на топлинската енергија.

- **Греење на згради** - Геотермалната вода се користи за централно греење на населбите и градовите. Во Исланд, повеќе од 90% од домаќинствата користат геотермална енергија за греење.
- **Земјоделство и аквакултура** - Овозможува загревање на оранжерији, што ја продолжува сезоната на растење, како и контролирано одгледување на риби и школки во потоплите води.
- **Индустриска примена** - Се користи за сушење на земјоделски производи, пастеризирање на млеко и други процеси што бараат топлина.
- **Геотермални топлински пумпи** – Оваа технологија користи плитки геотермални извори за греење и ладење на згради, зголемувајќи ја енергетската ефикасност со ниски оперативни трошоци.

Иако геотермалната енергија се смета за практично неисцрпен ресурс, нејзината широка примена зависи од геолошките услови, трошоците за истражување и дупчење, како и од техничките предизвици како што се корозијата на цевководите и таложењето на минерали во опремата.

Предности на геотермалната енергија

- Геотермалната енергија е обновлив извор на енергија доколку резервоарот за топла вода е правилно управуван, т.е. ако брзината на екстракција на енергија не е поголема од брзината на природно полнење на резервоарот.
- Геотермалната енергија е чиста, од затворен тип и не придонесува за создавање на ефектот на стаклена градина.
- Економски е поисплатлива. Директната употреба на геотермалната енергија е многу поевтина од енергијата добиена со користење на фосилни горива.
- Производството на енергија е константно и не зависи од временските услови.
- Геотермалните електрани бараат помалку простор од термоелектраните, соларните електрани или ветерните електрани.

2.8 Биомаса

Биомасата е гориво кое се добива од органска материја, се создава од обновливи и одржливи извори на енергија и може да се користи за производство на електрична или топлинска енергија.

Некои примери на материјали што ја сочинуваат биомасата се - отпадно дрво, шумски остатоци, одредени култури, ѓубрива и некои видови отпад.

Со постојано снабдување со отпад - од градежни работи и расчистување на земјиштето, до дрво што не се користи во производството на хартија, до цврст комунален отпад, производството на зелена енергија може да продолжи на неопределено време.

Биомасата е обновлив извор на гориво за производство на енергија бидејќи остатоците секогаш ќе постојат - отпадно дрво, шумски ресурси и остатоци од мелници.

Енергијата од биомаса се произведува од обновлив органски отпад кој инаку се отстранува на депонии или се согорува.

Кога се согорува, енергијата од биомасата се ослободува во вид на топлина. Ако имате камин, веќе учествувате во користењето на биомасата, бидејќи дрвото што гори е всушност биомаса.

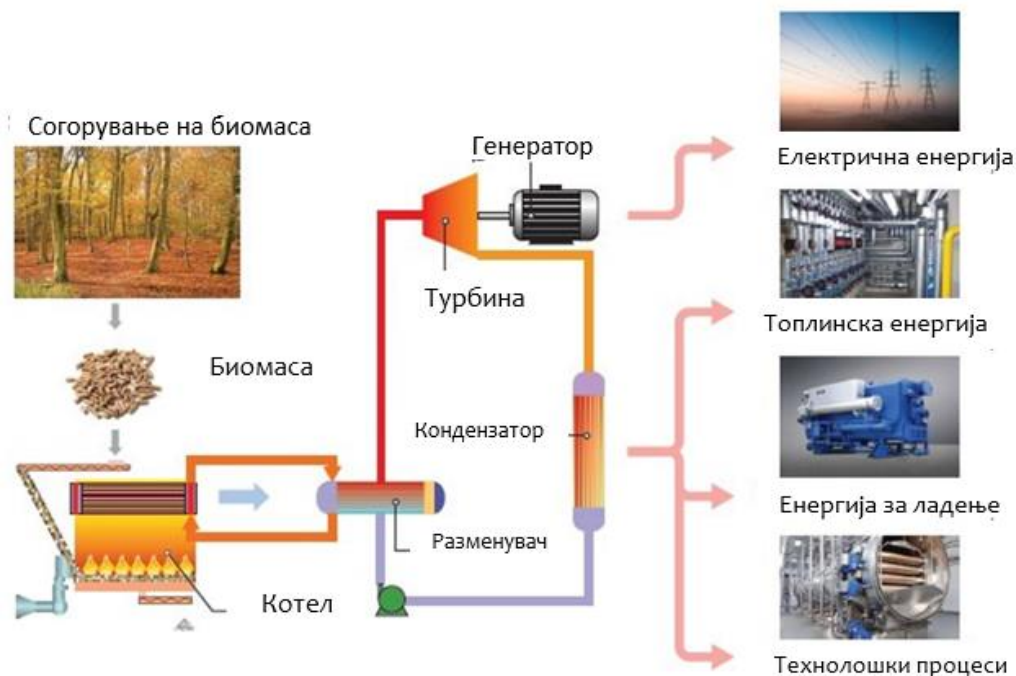
Во електраните на биомаса, отпадното дрво или друг отпад се согорува за да се произведе пареа што ја придвижува турбината за производство на електрична енергија или што обезбедува топлина за индустријата или домаќинствата.

Биомасата е богат ресурс: органската материја нè опкружува, од шумите и обработливото земјиште до отпадот и депониите. Целата биомаса првично добива енергија од Сонцето - благодарение на фотосинтезата, ресурсите на биомаса повторно растат за релативно краток временски период во споредба со изворите на фосилни горива на кои им се потребни стотици милиони години за да се надополнат. Ова значи дека сигурно нема да ни снеса биомаса за производство на енергија.

Пренасочувањето на отпадот кон електрани на биомаса наместо кон депониите не само што помага да се намали големината на депониите и да се ублажат овие ризици, туку и користи материјали што инаку би биле неискористени.

- Во основа, принципот на работа на електраните на биомаса се темели на термодинамичкиот Ранкинов циклус, кој ја користи топлината генерирана со согорување на биомасата за производство на пареа или загревање на специјална работна течност. Пареата при висока температура и притисок ја придвижува турбината поврзана со електричен генератор, кој произведува електрична енергија. По експанзијата, пареата се лади во кондензаторот, преминува во течна состојба и се враќа во котелот со помош на пумпа, која го затвора циклусот. Истовремено, дел од топлината може да се користи за загревање на вода и разни технолошки процеси со што се обезбедува поефикасно користење на достапната енергија.
- Когенеративните постројки на биомаса истовремено произведуваат електрична и топлинска енергија. Топлината што би се изгубила преку кондензаторите во класичните електрани се користи тука за греење на просторот, подготовка на топла вода или индустриски процеси. На овој начин, со минимални загуби, ефикасноста на постројката значително се зголемува и искористувањето на биомасата како примарен извор на енергија е оптимизирано.
- Органскиот Ранкинов циклус (ORC) е сè почеста технологија во постројките за когенерација на биомаса. Специфичноста на оваа технологија се рефлектира во употребата на органска течност со пониска точка на испарување, што овозможува поефикасна конверзија на топлина од извори со пониска температура и често го олеснува работењето на помали, децентрализирани системи. На овој начин, во споредба со класичните постројки со водена

пореа, ORC постигнува подобро искористување на енергијата од биомасата, особено кога се работи за пониски температури на согорување или ограничени количини на топлина.



Шематски приказ на ORC системот на биомаса

Освен почетните трошоци за стартување на постројката, постојат дополнителни трошоци поврзани со екстракција, транспорт и складирање на биомасата пред производство на електрична енергија. Ова е дополнителен трошок што другите обновливи технологии не мора да го земат предвид бидејќи имаат бесплатни ресурси на самото место како што се плимата, сонцето, итн.

Вкупните трошоци во голема мера зависат од видот на биомасата и како таа се претвора во електрична енергија. Сепак, иако биомасата е често поскапа од алтернативните обновливи извори на енергија, најскапите видови биоенергија се сепак еднакви или поевтини од фосилните горива. Биоенергијата не бара дупчење во земјата, што доведува до големо намалување на финансиските трошоци и зголемување на чистотата на екстракцијата.

2.9 Ветерни фарми

Ветерните електрани се системи што се состојат од неколку ветерни турбини поврзани во една единица. Тие можат да бидат помали, со неколку генератори за локална потрошувачка, или големи, со десетици, па дури и стотици ветерни генератори поставени на соодветни локации. Според позицијата, тие се поделени на:

- **Ветерни фарми на копно** - тие се инсталираат на копно, на рамнини или ридски подрачја со поволни ветрови. Тие се карактеризираат со полесна изградба и одржување, но и помал просечен интензитет на ветерот во споредба со ветерните фарми на море.
- **Морски ветерни фарми** - тие се градат на мориња и океани, најчесто на плитки крајбрежни области, каде што ветровите се посилни и постабилни. Иако овозможуваат поголемо производство на енергија, нивната изградба и одржување се технички потешки и поскапи.
- **Ветерници на планински превои** - се поставуваат на издигнат терен, каде што ветерот се забрзува поради орографски ефекти, со што овозможува поефикасно користење на енергијата.
- **Ветерни фарми во пустини** - користат стабилни, суви климатски услови со постојани ветрови, иако ерозијата на песок и специфичната опрема за заштита претставуваат проблем.



Примери за различни видови ветерни фарми

2.10 Хибридни ветерни фарми

Хибридните ветерни фарми ја комбинираат енергијата на ветерот со други извори на енергија, најчесто сончева енергија, дизел генератори или батериски системи. Овие системи се особено важни на изолирани локации, како што се острови, оддалечени населби и истражувачки станици, каде што стабилноста на енергијата е од суштинско значење без зависност од централизирана мрежа. Хибридните системи често се користат на модерни едрилици со интегрирани погонски решенија, што ја зголемува енергетската ефикасност и ја намалува потрошувачката на гориво.

Развојот на системите за ветерна енергија значително го подобри искористувањето на енергијата на ветерот во различни сектори. Ветерните турбини, ветерните електрани и ветерните турбини за посебни намени овозможуваат поширока примена на овој обновлив извор на енергија, што придонесува за енергетска стабилност и намалување на негативните влијанија врз животната средина.



Хибридна електрана што користи бранови, ветер и сончева енергија - таканаречениот хибриден енергетски конвертор (NEC)

Иако денес новите извори на енергија се користат за производство само на мал дел од вкупната енергија потребна на светот, поради бројните предности од нивната употреба, овој удел треба значително да се зголеми во блиска иднина.

Некои од нивните најважни предности:

- Овие извори на енергија играат многу важна улога во намалувањето на емисиите на јаглерод диоксид (CO₂) во атмосферата, што е силно нагласено во енергетската политика на Европската Унија.
- Зголемувањето на уделот на обновливи извори на енергија ја зголемува енергетската одржливост на системот на една земја, како и нејзината економска и државна независност. Истовремено, помага во подобрувањето на безбедноста на снабдувањето со енергија, а со тоа се намалува зависноста од увоз на енергетски сировини, гориво и електрична енергија.
- Со текот на времето, се очекува повеќето обновливи извори на енергија да станат економски конкурентни во однос на конвенционалните извори на енергија.

За поголемо искористување на енергијата од обновливи извори, многу е важна развиената еколошка свест кај населението, како и политичката волја за инвестирање во постројки за производство на таканаречената чиста или зелена енергија.



ВЕЖБА

Истражувачка работа– Анализа на енергетските постројки во регионот:

Мали хидроелектрани,
Соларни фотоволтаични електрани,
Електрани на биомаса,
Геотермални електрани.



КВИЗ

Квиз 1: Обновливи извори на енергија:

<https://forms.office.com/e/YZ1j2ZSCB0>.



ВИДЕО

Видови обновливи извори на електрична енергија:

<https://www.energyencyclopedia.com/en/free-downloads/videos/types-of-res-and-the-use-of-renewable-56>.

Споредба на обновливи извори на електрична енергија:

<https://www.energyencyclopedia.com/en/free-downloads/videos/comparison-of-renewable-energy-source-55>.

3. БЕЗБЕДНОСТ ПРИ РАБОТА И ЗАШТИТА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА

3.1. Можни опасности по безбедноста и здравјето на работниците при работа на ветерни фарми

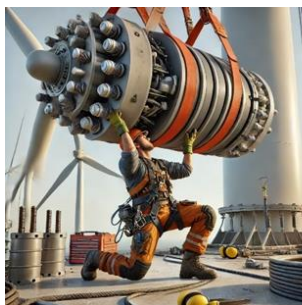
Работата во средина на ветерни фарми вклучува изложеност на различни фактори од работната средина кои можат негативно да влијаат врз безбедноста и здравјето на работниците.

Фактори на работната средина: екстремни температури (високи и ниски), релативна влажност, ветер, сончева светлина, бучава, вибрации, лоша површина, работа на висина, тешки товари, долготрајна неправилна положба на телото, присуство на опасни напони,

Екстремните температури, како високите, така и ниските, можат да предизвикаат сериозни здравствени проблеми доколку работниците не се соодветно заштитени. Високите температури, во комбинација со директна изложеност на сончева светлина, можат да доведат до тоplotен удар, дехидратација и изгореници, додека ниските температури го зголемуваат ризикот од смрзнатини и хипотермија. Релативната влажност на воздухот дополнително влијае на чувството за температура и може да ја отежни терморегулацијата на телото. Силните ветрови, кои се карактеристични за областите каде што се наоѓаат ветерни фарми, не само што го отежнуваат извршувањето на работата, туку можат да предизвикаат и губење на рамнотежата, особено при работа на висина.



Времени услови



Кревање тешки товари



Опасност од висок напон

Бучавата и вибрациите од работата на генераторите и другите компоненти на електричната енергија можат да го оштетат слухот долгорочно, да предизвикаат главоболки и негативно да влијаат на нервниот систем. Континуираната изложеност на вибрации, особено кај работниците кои ракуваат со алатки или тешка механизација, може да предизвика нарушувања на циркулацијата и проблеми со мускулно-скелетниот систем. Лошиот терен на градилиштето, нерамниот и лизгав терен, како и присуството на пречки доведува до зголемен ризик од падови, истегнувања и фрактури.

Работата на висина е една од најопасните активности во изградбата и одржувањето на ветерни фарми. Работниците честопати мора да извршуваат задачи на кули и гондоли на ветерни турбини, каде што се изложени на ризик од пад од голема висина. Безбедносните појаси и правилната

употреба на колективна и лична заштитна опрема се клучни за минимизирање на ризикот. Носењето тешки товари за време на искачување и спуштање дополнително го зголемува оптоварувањето на мускулно-скелетниот систем и може да доведе до повреди на 'рбетот и зглобовите.

Долгорочната неправилна положба на телото за време на работата може да предизвика болки во грбот, вратот и рамената, што со текот на времето може да доведе до хронични заболувања.

Покрај физичките опасности, присуството на електрична енергија во работната средина претставува сериозен ризик.

Можни извори на опасност од висок напон: директен контакт со делови под напон, приближување кон делови од високонапонски уреди, превисок контактен и чекорен напон, електричен лак, индуциран напон, преостанат напон, статички електрицитет, влијание на електрични и магнетни полиња, атмосферски пренапони итн.

Директниот контакт со делови под напон може да предизвика сериозни повреди или смрт, додека приближувањето кон високонапонски инсталации без соодветна заштита носи ризик од индуциран напон. Високиот контактен и чекорен напон може да предизвика сериозни изгореници и повреди на внатрешните ткива, а електричните лакови може да предизвикаат термичко оштетување на кожата и очите. Со прописите се пропишува граничната вредност на контактниот напон, кој е опасен по животот и здравјето на луѓето, а тој е 50 V за наизменична струја (за 50 Hz) или 120 V за еднонасочна струја. Повисоките вредности на напонот на допир го зголемуваат ризикот од електричен удар, срцева фибрилација и термичко оштетување на ткивата, во зависност од времетраењето на изложеноста и електричниот отпор на телото. Индуцираните и преостанатите напони претставуваат дополнителни извори на опасност, особено за време на одржувањето на системите кои се привремено исклучени, додека статичкиот електрицитет може да предизвика непредвидливи инциденти со напојување. Ефектот на електричните и магнетните полиња врз човечкото тело е сè уште предмет на истражување, но се верува дека долготрајната изложеност може да предизвика здравствени проблеми. Присуството на атмосферски бранови, особено за време на бури, дополнително го зголемува ризикот од удари од гром и оштетување на електричната опрема.



ВИДЕО

Контактен и чекорен напон:

<https://www.youtube.com/watch?v=8sPp8G8a48E>.

Ефектите од електричната струја врз човечкото тело можат да бидат термички, механички, електрохемиски и биолошки. Термичките ефекти се манифестираат преку изгореници и уништување на ткивата поради високите температури што се јавуваат за време на електричен удар. Механичките ефекти вклучуваат мускулен спазам, што може да доведе до губење на контролата врз движењето и сериозни повреди. Електрохемиските ефекти се одразуваат во промени во составот на крвта и оштетување на нервниот систем, додека биолошките ефекти вклучуваат нарушувања во работата на срцето, што може да резултира со срцев застој.

На сликата е прикажано дејството на електричната струја врз човечкото тело, каде што се дадени ефектите што се јавуваат и зависат од јачината на струјата.



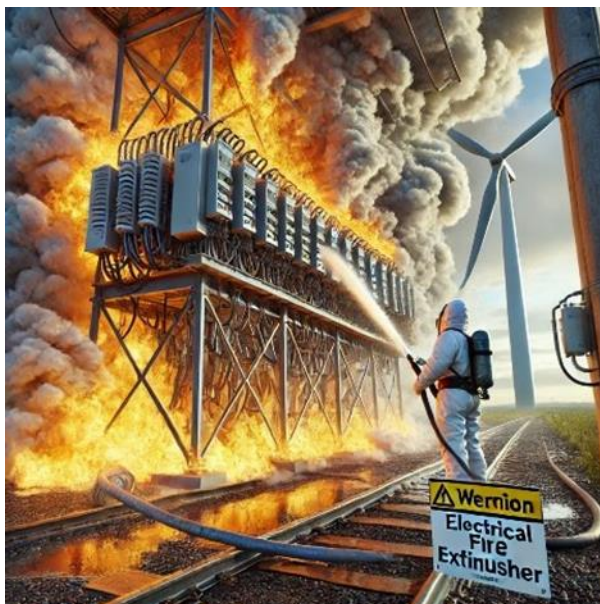
Ефектот на електричната струја врз човечкото тело

Покрај електричните опасности, присуството на опасни супстанции и хемикалии во работната средина може да предизвика труење, иритација на кожата и очите и респираторни проблеми. Во одредени сегменти од работата се користат различни хемиски препарати, кои, доколку не се складираат и ракуваат правилно, можат да предизвикаат сериозни последици по здравјето на работниците. Присуството на загадување во воздухот, особено во форма на прашина и фини честички, може да предизвика долготрајно оштетување на белите дробови и да го зголеми ризикот од професионални респираторни заболувања.

Друг важен аспект е ризикот од пожар.

Извори на опасност од пожар: кратки споеви и преоптоварувања во електрични инсталации, неисправни електрични компоненти, акумулација на запалив материјал, зголемена температура, итн.1

Пожарите претставуваат дополнителна закана по безбедноста на работниците бидејќи во електраните тие честопати се јавуваат поради кратки споеви и преоптоварувања во електричните инсталации. Неисправните електрични компоненти, оштетените кабли и несоодветното одржување на опремата можат да го зголемат ризикот од пожар. Акумулацијата на запаливи материјали, како што се масла и мазива што се користат во механичките делови на турбините, дополнително ја зголемува можноста за ширење на пламенот. Зголемената температура на компонентите може да предизвика самозапалување, особено доколку системите за ладење не функционираат правилно.



Опасност од пожар

Во случај на несреќа, брзата и правилна прва помош може да биде клучна за спасување животи. Познавањето на основните процедури за реанимација, обезбедувањето помош во случај на изгореници, скршеници и електрични удари им овозможува на работниците соодветно да реагираат при итни ситуации. Плановите за евакуација и обуката за итни ситуации играат клучна улога во минимизирање на последиците од несреќите и заштитата на здравјето на вработените. Постои постојан ризик од електричен удар во сите работни и помошни простории, како и на градилиштата со електрични инсталации и уреди. Последиците можат да бидат безопасни или фатални, во зависност од голем број фактори. Електричниот удар може да предизвика благи или тешки здравствени оштетувања, во зависност од околностите на несреќата.

Постапката за спасување на жртвата зависи од тоа дали е низок или висок напон. Првиот чекор е да се исклучи напонот во делот од постројката или инсталацијата со кој жртвата е во контакт. Во случај на низок напон, напонот се исклучува со прекинувач, со отстранување на приклучокот или осигурувачот, а доколку тоа не е можно, жртвата се одделува со изолациски предмети како што се куки, столбови или клешти прилагодени на тој напон. Спасувачот мора да стои на сува површина и да избегнува контакт со сидови или други лица. Во ниеден случај жртвата не треба да се допира директно.

Во случај на висок напон, исклучувањето може да го изврши само професионално обучено лице. Пред исклучувањето, не смее да се пристапува до или да се допира жртвата, дури ни со изолирани средства. По исклучувањето, исклучените делови мора да се заземјат пред да се пружи помош.



Ослободување на жртвата од електричен удар



По ослободувањето, потребно е да се провери состојбата на жртвата - дишењето, пулсот и евентуалното крвање. Доколку има крвање, првенствено треба да се запре крвање. Во случај на запирање на дишењето или отчукувањата на срцето, веднаш започнете со:

- вештачко дишење,
- надворешна масажа на срцето,
- комбинирани методи на реанимација во случај на очигледна смрт.

Веднаш известете ја здравствената установа за каква било несреќа.

Безбедноста на работниците во ветерните фарми зависи од правилната примена на пропишаните безбедносни мерки при работа, употребата на соодветна заштитна опрема и континуираната обука. Свеста за потенцијалните опасности и почитувањето на превентивните мерки се клучни фактори за спречување на несреќи и обезбедување безбедна работна средина.

3.2. Примена на мерки за безбедност и заштита при работа при изведување на работи на ветерни електрани

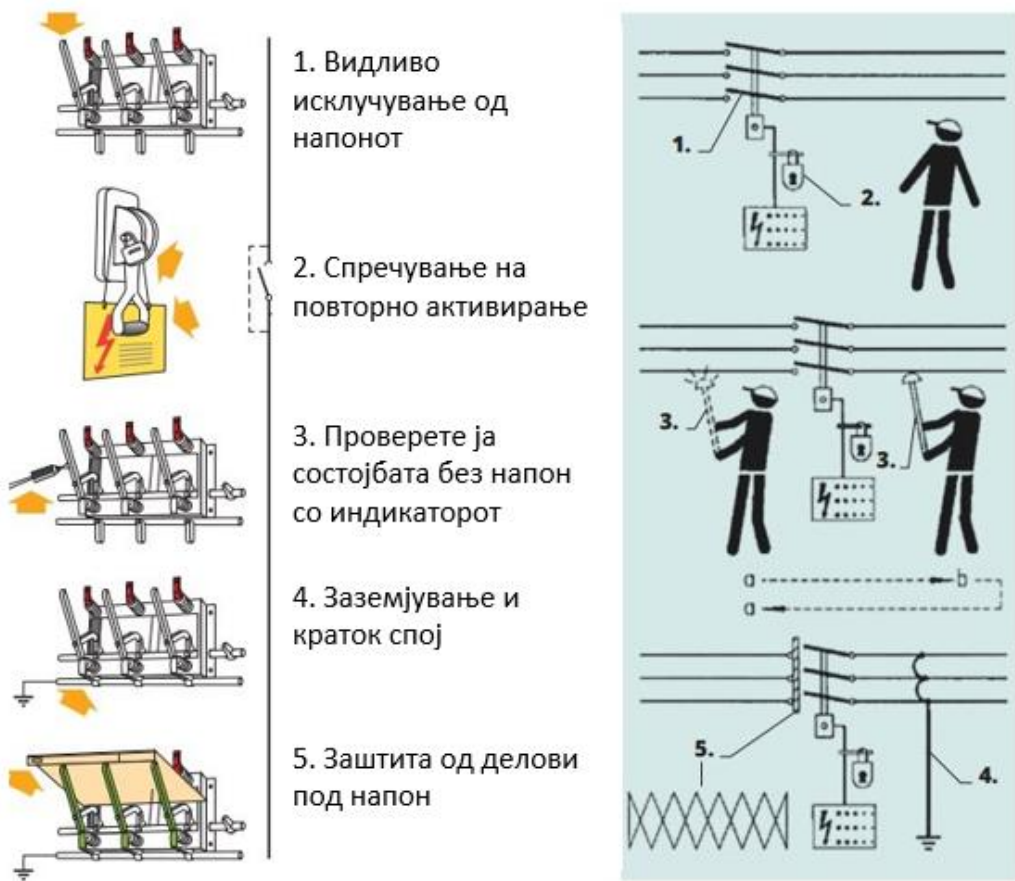
При изведување на работи на ветерни електрани, од клучно значење е да се применат безбедносни и заштитни мерки при работа со цел да се намалат ризиците од повреди и несреќи. Методите на работа во однос на присуството на напон се поделени на работи во деактивирана состојба, работи во близина на напон и работи под напон. Работите во деактивирана состојба подразбираат целосно исклучување на напојувањето со спроведување на пропишани мерки за заштита за да се спречи ненамерно повторно активирање. Работата во близина на напон бара дополнителни мерки на претпазливост, вклучително и употреба на заштитни бариери и безбедносни растојанија. Работите под напон се изведуваат со посебни технички и организациски мерки, како и со употреба на специјализирана опрема и алатки за изолација.

Заштитните средства и опрема се поделени на лични и колективни. Личната заштитна опрема вклучува шлемови, очила, визири, ракавици, заштитна облека и обувки, безбедносни појаси и опрема за работа на висина. Колективните заштитни средства вклучуваат изолациски бариери, заштитни прегради, предупредувачки знаци и средства за обезбедување на работниот простор. Правилниот избор и употреба на заштитна опрема се клучни за минимизирање на ризиците при работа.

Безбедносните мерки при работа се засноваат на примена на „петте златни правила“ за безбедност, кои вклучуваат исклучување на напонот, осигурување од повторно поврзување, проверка на отсуство на напон, заземјување и краток спој, како и оградување и обележување на работниот простор. Покрај тоа, важно е да се користат изолациски прегради, плочи и капацы за да се спречи случаен контакт со делови под напон. Поставувањето огради, ленти и предупредувачки знаци дополнително придонесува за безбедноста на работниот простор.

Безбедносни мерки:

- „Петте златни правила“;
- инсталација на изолациски заштитни прегради, плочи, капацы;
- поставување огради и предупредувачки знаци, оградување на работни места итн.;
- забрана за работа под напон, итн.



Петте златни правила

Пред да се започне со работата, потребно е да се провери исправноста на заштитните средства и опрема. Секој заштитен шлем, ракавица, појас или друг елемент мора да биде технички исправен и да ги исполнува пропишаните стандарди. Покрај тоа, задолжително е да се инсталираат средства за означување и обезбедување на работниот простор, вклучувајќи заштитни огради, ленти за обележување и привремена сообраќајна сигнализација.

Лична заштитна опрема: заштитни шлемови, заштитни очила, визери, штитници за заварување, заштита за уши, маски за прашина, заштитни ракавици, ракавици против вибрации, заштитна облека, заштитни обувки, заштитни појаси и опрема за работа на висина.



3.3. Спроведување на безбедносни мерки и мерки за лична заштита при работа на висина во ветерни електрани

При извршување на работа на висина во ветерни фарми, работните места вклучуваат различни локации, како што се столбови за ветерни турбини, пристапни платформи, гондоли и специјално дизајнирани системи за пристап. Овие локации бараат посебно внимание поради специфични опасности бидејќи работниците работат на големи височини, често во неповолни временски услови и на површини кои понекогаш може да бидат несоодветно подготвени или неправилно одржувани.

Локации а работа на висина: покриви на згради (коси и рамни), фасади на згради, столбни конструкции, кули, настрешници за паркирање, итн.



Потребна опрема за работа на висина

Употребата на лична заштитна опрема при работа на висина е клучна мерка за заштита. Работниците мора да бидат опремени со заштитни шлемови, безбедносни појаси, специјализирана опрема за работа на висина и друга лична заштитна опрема потребна за спречување на повреди.

При извршување на работа на висина, потребно е темелно да се евидентираат факторите на работната средина. На пример, при проверка на ветерна турбина, работниците треба да обрнат внимание на временските услови - брзината и насоката на ветерот, температурата и можноста за врнежи - како и на состојбата на работниот простор, вклучувајќи ја стабилноста на пристапните платформи и сите пречки што можат да влијаат на безбедноста. Деталното евидентирање на овие фактори овозможува навремено препознавање на потенцијалните ризици и преземање соодветни мерки за заштита.

Спроведувањето на безбедносни мерки за безбедно извршување на работа на висина подразбира почитување на сите пропишани безбедносни процедури. Ова вклучува поставување на заштитни огради и бариери на работните места, употреба на системи за заштита од пад, обезбедување на работните места со користење на безбедносни појаси, точки за прицврстување и специјализирана опрема за работа на висина, како и редовни инспекции и одржување на системите за пристап. Исто така, исклучително е важно да се обезбеди постојана комуникација меѓу работниците и да се спроведат детални процедури за евакуациј, за во случај на вонредна состојба да може да се реагира брзо и ефикасно.



КВИЗ

Квиз 2: Примена на мерки за безбедност и заштита при работа за време на изведуваче работи на ветерни фарми:

<https://forms.office.com/e/gbHp9CACVp?origin=lprLink>.



ВИДЕО

Симулација на итна евакуација:

<https://www.youtube.com/watch?v=UWSckm8zTc8>.

Употреба на заштитна опрема:

<https://www.youtube.com/watch?v=nA9oC--tq50>.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Симулација на евакуација

Материјали и алатки:

- Безбедносен појас со копчиња,
- Карабинер штипки,
- Анкери,
- Комуникациска опрема (радио или мобилен уред),
- Симулациска заштитна опрема.

Постапка:

1. Подготовка на безбедносна опрема

- Наместете го безбедносниот појас и прицврстете го правилно според упатствата на производителот.
- Проверете дали сите безбедносни појаси се правилно прилагодени и прицврстени пред да започнете со симулацијата.
- Прицврстете го безбедносниот појас на точката на прицврстување користејќи ја соодветната карабинерска штипка.
- Осигурајте се дека точката на прицврстување (анкерисување) е стабилна и може да го издржи товарот.

2. Планирање на евакуација

- Комуницирајте со членовите на тимот и утврдете план за евакуација.
- Определете ги улогите: едно лице задолжено за комуникација со базата, друго за проверка на опремата.

3. Симулација на итни случаи

- Според упатствата на инструкторот, симулирајте итна ситуација (пад или потреба од евакуација).
- Следете го планот за евакуација на координиран начин:
- Известете го тимот.
- Обезбедете го местото за евакуација.
- Спроведете ја постапката за спуштање или извлекување на работници.

4. Анализа на симулацијата

- По завршувањето на вежбата, анализирајте ја постапката за евакуација.
- Идентификувајте ги можните грешки или областите за подобрување.
- Разговарајте со инструкторот и тимот за да ја подобрите брзината и ефикасноста на реакцијата.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Симулација на спасување од висина

Материјали и алатки:

- Безбедносна мрежа,
- Систем за спасување (јажиња, макари, карабинери),
- Безбедносни појаси,
- Комуникациска опрема,
- Прва помош.

Постапка:

1. Подготовка на системот за спасување

- Разгледајте ја безбедносната мрежа и системот за спасување.
- Проверете ја состојбата на мрежата и елементите за прицврстување (анкерисување).
- Осигурајте се дека мрежата е поставена стабилно.

2. Симулација на итни случаи

- Симулирајте пад на работник од висина.
- Покажете го точниот одговор на тимот.

3. Изведување на спасување

- Комуницирајте со тимот и обезбедете ја стабилноста на сите работни платформи и безбедносна опрема.
- Користејќи го системот за спуштање или кревање, применете ја соодветната техника за евакуација на повредениот работник.
- Правилно врзете ги безбедносните појаси на спасениот работник и прицврстете го сè додека тимот не го спушти на безбедно место.

4. Анализа на постапката за спасување

- Дискутирајте за сите предизвици за време на симулацијата.
- Оценете ја ефикасноста на одговорот и безбедноста на сите вклучени членови на тимот.

3.4. Имплементација на мерки за намалување на негативното влијание на ветерните електрани врз животната средина

Заштитата на животната средина е еден од клучните аспекти во изградбата и искористувањето на ветерните електрани. Со оглед на фактот дека обновливите извори на енергија играат значајна улога во намалувањето на емисиите на стакленички гасови, важно е да се препознаат и контролираат можните негативни влијанија на овие електрани врз екосистемот. Одржливото управување со природните ресурси, заштитата на биолошката разновидност и правилното отстранување на отпадот претставуваат основни принципи на одговорно работење во областа на обновливите извори на енергија.

Ветерните фарми можат да имаат повеќекратни негативни влијанија врз животната средина. Првенствено, изградбата на ветерни фарми може да доведе до деградација на живеалиштата и промени во пејзажот, што може да влијае на флората и фауната. Исто така, ротирачките лопатки на ветерните турбини претставуваат ризик за птиците и лилјациите, особено во миграциските коридори. Бучавата што ја создаваат турбините може негативно да влијае на животинските видови и локалните заедници. Покрај тоа, електромагнетните пречки што произлегуваат од работата на електраните можат да влијаат на комуникациските системи и радарските уреди. Данската компанија Вестас разви лопатки со назабени рабови инспирирани од пердувите на бувот, кои го намалуваат шумот за 10 dB во споредба со стандардните лопатки.

Постапка за управување со отпад: идентификација на отпад, сортирање на отпад, пакување на отпад, означување на отпад, транспорт на отпад, складирање на отпад, рециклирање.

За да се намали негативното влијание на ветерните фарми врз животната средина, потребно е да се спроведат голем број мерки. Правилното планирање на локациите на ветерните фарми овозможува намалување на негативните ефекти врз екосистемот, почитувајќи ги биолошките коридори и заштитените подрачја. Употребата на технологии за намалување на бучавата, како што се оптимизација на дизајнот на лопатките и активните системи за контрола на турбините, може значително да ги намали негативните влијанија врз фауната. Воедно, имплементацијата на систем за следење на движењето на птиците и автоматско исклучување на турбините за време на критичните периоди на миграција е ефикасна превентивна мерка.

Во Шпанија, ветерните фарми во близина на миграциските рути на птиците се опремени со радарски кои автоматски ги запираат турбините кога ќе се приближи јато птици, со што се намалува бројот на судири.



Запирање на ветерната турбина за време на преселба на птиците

Рециклирањето на ветерните турбини и останатата опрема на ветерните фарми по истекот на нивниот работен век е од суштинско значење за намалување на отпадот и заштита на природните ресурси. Имплементацијата на циркуларната економија во секторот на обновливи извори на енергија придонесува за намалување на еколошкиот отпечаток и оптимизирање на ресурсите.

Се проценува дека до 2050 година, 43 милиони тони лопатки на ветерни турбини ќе го достигнат крајот на својот животен век, што ги прави клучно прашање за управување со отпадот. Лопатите се направени од издржлив полимерен композит, но токму оваа цврстина ги отежнува рециклирањето.

Во моментот, многу лопатки се фрлаат на депонии, што не е одржливо. Некои европски земји веќе ја забранија ваквата практика. Очекуваниот век на траење на ветерните турбини е 20-30 години, а глобалниот капацитет на ветерните фарми брзо расте. За да се постигне енергетска неутралност до 2050 година, потребно е значително да се зголеми инсталацијата на нови капацитети, што подразбира употреба на милиони лопатки.



Рециклирање на лопатки на ветерни турбини

Повеќе од 90% од компонентите на ветерните турбини можат да се рециклираат, вклучувајќи челик, бакар и алуминиум од кули и гондоли. Сепак, лопатките се предизвик поради нивната големина и материјал. Нивниот транспорт е сложен, бидејќи поновите лопатки достигнуваат должина од над 100 метри, а ветерните фарми често се наоѓаат во оддалечени области.

Иновацијата е клучна за решавање на проблемите. Истражувачите препорачуваат преминување кон термопластични смоли кои можат повторно да се стопат и повторно да се користат.

Еден исплатлив метод е механичкото мелење на фиберглас за употреба во производството на цемент, додека ко-преработката на цемент вклучува горење на лопатките во печки. GE Renewable Energy веќе ја имплементираше оваа практика. Германската фирма Enercon користи кружни системи за рециклирање во кои металните компоненти на турбините можат повторно да се користат во нови ветерни турбини, со што се намалува потребата од сировини. GE Renewable Energy користи рециклирани лопатки во цементната индустрија, со што се намалуваат емисиите на CO₂ во производството на цемент.

Потребно е да се продолжи со развивање решенија што ќе обезбедат одржлива иднина за енергијата на ветерот и ќе го намалат еколошкиот отпечаток на индустријата.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Управување со отпад во ветерни фарми

Материјали и алатки:

- Контејнери за различни видови отпад (пластика, метал, хартија, електронски отпад, опасен отпад),
- Ознаки за категоризирање на отпадот,
- Кеси за отпадоци и контејнери за хемикалии,
- Прописи за отстранување на еколошки отпад,
- Ракавици и заштитна опрема.

Постапка:

1. Идентификација на отпад

- Проверете го просторот на ветерната електрана и идентификувајте ги видовите отпад што се создаваат за време на работата и одржувањето.
- Категоризирајте го отпадот на општ, електронски, опасен и отпад што може да се рециклира.

2. Сортирање на отпад

- Сортирајте го отпадот според еколошките стандарди и прописи.
- Означете ги контејнерите според видот на отпад (на пр. хартија, метал, пластика, електричен и електронски отпад, опасен отпад).

3. Пакување и означување на отпад

- Правилно спакувајте го отпадот користејќи соодветни кеси и контејнери.
- Означете го секој сад според видот на отпад и упатствата за отстранување.

4. Складирање и рециклирање

- Правилно складирајте го отпадот сè додека не го преземат овластени служби.
- Одредете ги можностите за рециклирање и повторна употреба на одредени материјали (метален и електричен отпад, пластика).

Конечна проверка:

- Проверете дали целиот отпад е правилно сортиран и етикетиран.
- Проверете го просторот за складирање и уверете се дека се почитуваат еколошките прописи.
- Дискутирајте ги можностите за подобрување на процесот на рециклирање и повторна употреба на материјали.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Примена на заштитна опрема за време на спроведување на мерки за заштита на животната средина

Материјали и алатки:

- Лична заштитна опрема (ракавици, маски, заштитни одела, обувки),
- Контејнери за опасен отпад,
- Етикети за хемикалии и опасни материјали,
- Стандардни процедури за ракување со отпадни материјали.

Постапка:

1. Подготовка на заштитна опрема

- Изберете соодветна заштитна опрема според видот на отпад што се ракува.
- Проверете ја исправноста и функционалноста на опремата пред употреба.

2. Правилно ракување со отпад и хемикалии

- Идентификувајте ги опасните материјали и хемикалии според етикетите.
- Користете заштитни ракавици и маски кога ракувате со хемикалии.
- Правилно затворете ги и чувајте ги контејнерите со хемикалии за да спречите истекување или контаминација.

3. Пакување и транспорт на опасен отпад

- Правилно пакувајте го и етикетајте го опасниот отпад во согласност со пропишаните стандарди.
- Користете соодветни садови и етикети за опасни материјали.
- Транспортирајте го отпадот во согласност со безбедносните процедури и еколошките стандарди.

Конечна проверка:

- Проверете ја правилната примена на заштитната опрема за време на изведувањето на сите чекори.
- Осигурајте се дека отпадните материјали се правилно спакувани, обележани и подготвени за транспорт.
- Дискутирајте за потенцијалните ризици и начините за подобрување на мерките за заштита на животната средина во ветерната фарма.

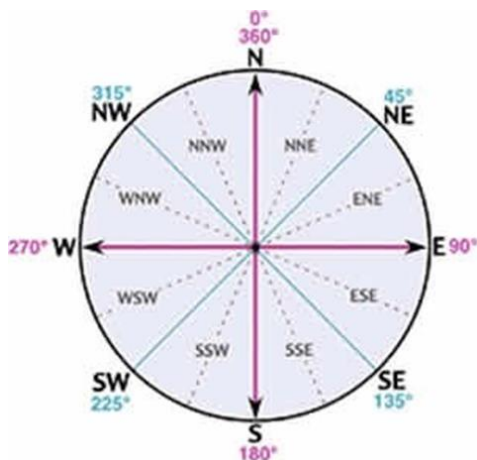
4. ЕНЕРГИЈА НА ВЕТЕРОТ

Ветерот може да се опише на наједноставен начин како проток на воздушни маси што се јавува поради разликата во температурата или притисокот на површината на Земјата. А ветерот, како и значителен број други достапни извори на енергија, е последица на дејството на Сонцето врз Земјата и спаѓа во обновливите извори на енергија.

Протококот на воздух предизвикува триење, т.е. губење на кинетичката енергија во контакт со цврста површина, што доведува до разлики во брзината на проток во просторот и времето.

Ветерот најчесто се опишува со две едноставни компоненти: насока и јачина. Ветерот се користи за одредување на насоката, а ние го означуваме со страната од која доаѓа.

Ветровите што се наоѓаат на висина од 1000 метри над површината на Земјата не се под влијание на почвата на Земјата. Од друга страна, површинските ветрови до висина од 100 метри зависат од плото.



Насоки на ветерот

Токму површинските ветрови се важни за анализата на ефикасноста на енергијата на ветерот која што е потребна за ветерните фарми. Локалните ветрови се поттикнати од разликите во температурата на копното и морето, како и долините и висорамнините. Иако глобалните ветрови се важни за одредување на преовладувачките ветрови во одредена област, локалните климатски услови можат да го надминат влијанието на преовладувачките насоки на ветерот. Локалните ветрови секогаш се додаваат на ветерните системи од поголем размер, т.е. насоката на ветерот е под влијание на збирот на глобалните и локалните ефекти. Кога ветерот од повисок размер е слаб, локалниот ветер може да доминира во моделот.

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 A$$

- P - енергија на ветерот во W
- ρ - густина на воздухот во kg/m^3
- v - брзина на протокот на ветерот во m/s
- A - површина на турбината во m^2

Од равенката може да се види дека моќноста P се зголемува пропорционално со третиот потенцијал на брзината на ветерот и површината на турбината A .

Моќноста на ветерот не може да се пресмета без мерење на брзината на ветерот во одредена област во период од една година и неколку дена. Брзината на ветерот се менува во рамките на еден час.

Јачината на ветерот традиционално се изразува со Бофорта скала.

Табела: Бофортска скала

Бофорт ознака, Vf	Опис на ветерот	Делување	Брзина на 10 метри над земјата		
			м/с	км/ч	јазол
0	Тишина	Чадот се крева право нагоре, знамињата и лисјата не се движат	0,0 - 0,4	0,0 - 1,4	0,0 - 0,9
1	Лахор	Луѓето не го чувствуваат, но чадот повеќе не се крева рамномерно, ветроказот не се придвижува	0,4 - 1,8	0,4 - 6,5	0,9 - 3,5
2	Ветрец	Може да се почувствува на лицето, лисјата почнуваат да треперат и ветроказот се придвижува	1,8 - 3,6	6,5 - 13	3,5 - 7
3	Слаб ветер	Листовите постојано се нишаат и шушкаат, лесното знаме се ниша	3,6 - 5,8	13 - 20,9	7 - 11
4	Умерен ветер	Прашина, суви лисја и парчиња хартија се креваат од земјата, знамето се развиорува, помалите гранки се нишаат	5,8 - 8,5	20,9 - 30,6	11 - 17
5	Умерено силен ветер	Големи лиснати гранки и мали дрвја се нишаат, луѓето се чувствуваат непријатно, се создаваат мали бранови	8,5 - 11	30,6 - 39,6	17 - 22
6	Силен ветер	Има зуење, жиците свиркаат, големи гранки се нишаат, тешко е да се носи чадор	11 - 14	39,6 - 50,4	22 - 28
7	Жесток ветер	Дрвјата постојано се нишаат, брановите се пенат, тешко е да се оди	14 - 17	50,4 - 61,2	28 - 34
8	Бурен ветер	Дебели дрвја се нишаат, големи гранки се кршат, одењето е невозможно	17 - 21	61,2 - 75,6	34 - 41
9	Силен бурен ветер	Се поместуваат мали предмети, се поместуваат ќерамиди, доаѓа до оштетувања на куќите	21 - 25	75,6 - 90	41 - 48
10	Урагански ветер	Дрвјата се кршат и корнат, предизвикувајќи голема штета на зградите	25 - 29	90 - 104,4	48 - 56
11	Силен урагански ветер	Голема штета на поголема површина, разорно дејство	29 - 34	104,4 - 122,4	56 - 65
12	Ураган	Тешко уништување на целата област	43	154,8	65

1 м/с = 3,6 км/ч = 1,944 јазли

4.1. Основни примени на енергијата на ветерот

За посериозни проценки за тоа како овој ресурс би можел да се искористи за добивање електрична енергија, мора да се направат детални анализи.

Денес, во присуство на модерна технологија, искористувањето на енергијата на ветерот за производство на електрична енергија е многу полесно и за ова се користат ветерни генератори. Не постои единствен, општоприфатен меѓународен консензус поврзан со дефиницијата за ветерна фарма, но постои широко распространето верување дека ветерните фарми се еден од најеколошките начини за производство на електрична енергија денес.

Луѓето ја користат енергијата на ветерот најмалку 5.500 години. Некои примери се дека чамците со едра се користат најмалку 5000 години, а архитектите користеле контролиран ветер за природна вентилација уште од античко време. Со подеми и падови, главно поврзани со порастот и падот на цените на нафтата, развојот е особено забрзан по 2000 година со континуируаниот пораст на цените на нафтата.

Токму ветерните електрани играат важна улога во дистрибуираното производство на електрична енергија. Тие се градат и поставуваат во области со голема искористеност на ветерот. Ваквите области често се наоѓаат во релативно нисконапонски делови од мрежата во рурални средини, што го отежнува нивното ефикасно поврзување со дистрибутивната мрежа. Употребата на ветерни фарми би можела да обезбеди релативно евтина електрична енергија, но потребно е да се исполнат голем број услови како што се специфична опрема и уреди, идеална локација за изградба на ветерна фарма, услови за нејзина изградба и работење.

Главната предност на ветерните фарми во споредба со конвенционалните извори на електрична енергија е отсуството на трошоци за гориво. Имено, главниот индикатор дека ветерните електрани имаат светла иднина се релативно малото влијание врз животната средина, пократкиот период на изградба во споредба со другите извори, долгиот животен век и најважното нешто за инвеститорите - брзиот поврат на инвестираниот капитал. Искористувањето на енергијата од ветер е најбрзо растечкиот сегмент од производството на обновлива енергија.

Во последните неколку години, ветерните турбини се значително подобрени. Сепак, јасно е дека ветерните електрани никогаш нема да го достигнат факторот на оптоварување како, на пример, термоцентралата, бидејќи по својата природа е различен извор и зависи од природните услови, но во исто време, ветерните електрани имаат бесплатно и неограничено обновливо гориво.

Ветерните фарми исто така заштедуваат гориво потребно за производство на електрична енергија од електрани на фосилни горива. Ако од ветерна фарма се произведува еден киловат-час, се заштедува горивото потребно за производство на тој киловат-час во конвенционална електрана на фосилни горива. Во неповолни услови како што е силна бура или бура што би влијаела на работата на ветерната електрана, можно е да се запре ветерната електрана, но запирањето на ветерната електрана под овие услови може да се продолжи за неколку часа, што укажува на тоа дека запирањето на ветерната електрана не е толку драматично како исклучување на поголема електрана (на пр. термоцентрала 300 MW) од електроенергетскиот систем, за многу пократко време.

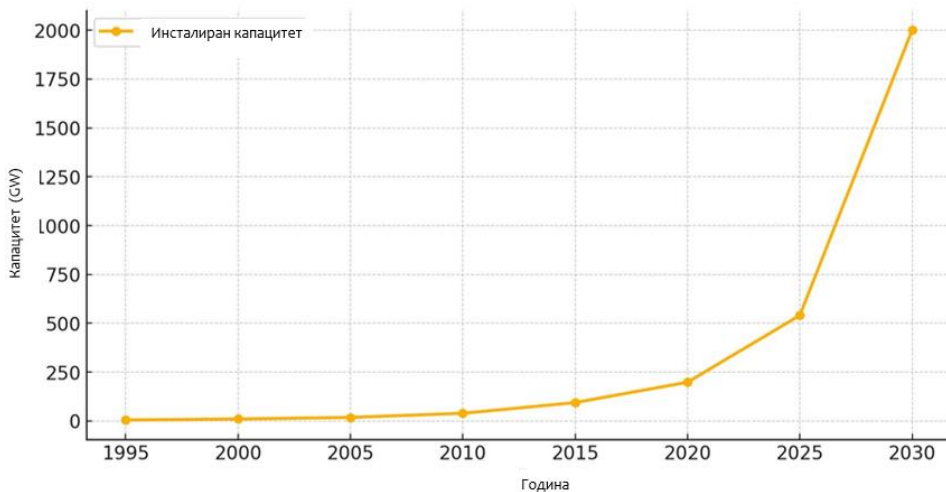
Една од најстарите ветерници е *Де 1100 Роу* (на сликата) изградена во 1674 година и нејзината прва улога била да го одржува земјиштето под морето суво. Била преместена во 1965 година бидејќи повеќе не била толку важна и потребна. Денес понекогаш се користи за пумпање вода до соседниот спортски парк.



Ветерница Де 1100 Роу

Инсталирани капацитети на ветерни фарми во светот и прогноза за раст на пазарот

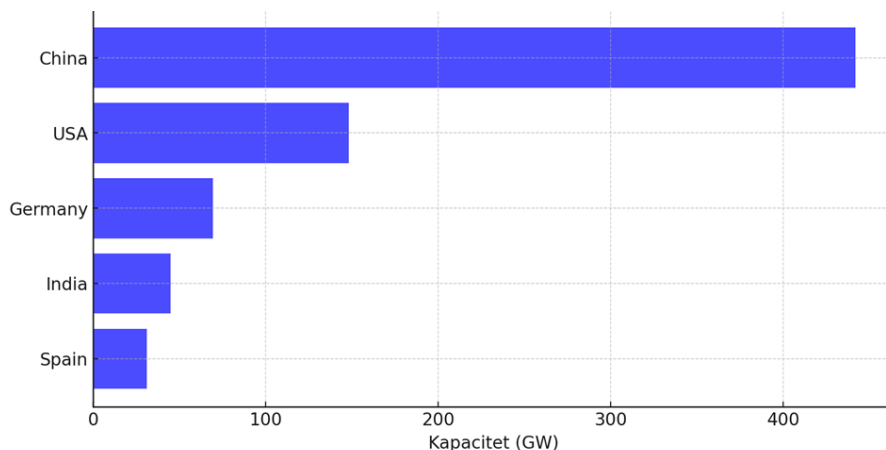
Вкупниот инсталиран капацитет на ветерните електрани во светот постојано расте, предводен од технолошкиот напредок, намалувањето на трошоците за производство и зголемувањето на инвестициите во обновливи извори на енергија. Глобалниот пазар на ветерна енергија се карактеризира со брз раст на капацитетите, предводен од региони како Европа, Северна Америка и Азија, а особено Кина, која денес има најголем удел во вкупниот инсталиран капацитет.



Графикон: Раст на инсталираните капацитети на ветерните електрани

Трендовите покажуваат дека крајбрежниот капацитет се развива со стабилно темпо, додека офшор секторот за ветерна енергија доживува значителен раст благодарение на подобрената ефикасност на турбините, повисоките фактори на искористување и поддршката за политиките за декарбонизација.

Се предвидува дека во наредните децении, ветерните фарми ќе станат доминантен извор на електрична енергија во многу земји. Глобалната енергетска транзиција и утврдените климатски цели охрабруваат зголемени инвестиции, а предвидувањата сугерираат дека до средината на 21виот век, инсталираниот капацитет на ветерна енергија ќе го надмине производството на фосилни горива во многу делови од светот.



Графикон: Инсталирани капацитети на ветерни фарми во 2023 година

Напредокот во складирањето на енергија, развојот на паметни мрежи и дигитализацијата на електроенергетскиот систем дополнително ќе ја зголемат ефикасноста и сигурноста на ветерните фарми, намалувајќи ја зависноста од фосилни горива и обезбедувајќи стабилно снабдување со електрична енергија.



ВЕЖБА

Истражете ги инсталираните капацитети во вашиот регион и споредете ги со светскиот пазар во областа на ветерните електрани.

4.2. Карактеристики на ветерните фарми

4.2.1. Дефиниции за ветерни турбини и ветерни фарми

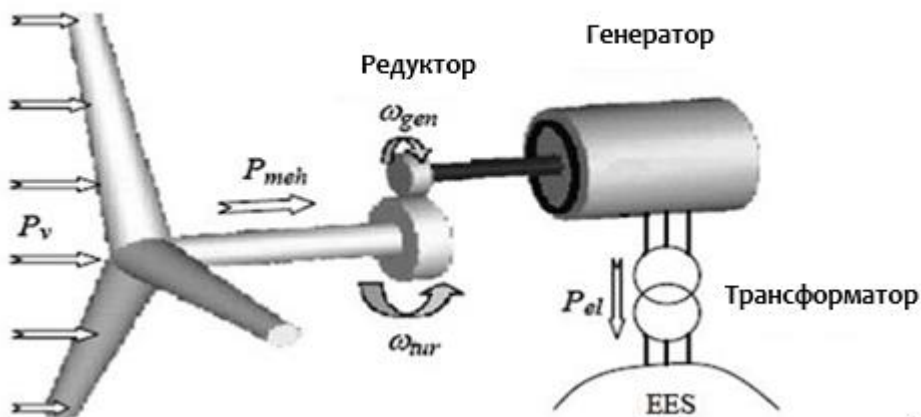
Ветерните турбини се денешните системи за искористување на енергијата на ветерот. Ветерната турбина е позната и како агрегат на ветер и генератор на ветер. Ветерната електрана е уред што ја претвора кинетичката енергија на ветерот во електрична енергија. Се состои од една или повеќе ветерни турбини кои, со помош на ротирачки лопатки, го движат генераторот што произведува електрична енергија.

Ветерната турбина е ротирачка машина која ја претвора кинетичката енергија на ветерот првенствено во механичка енергија, а потоа преку електрични генератори во електрична енергија. Роторот на ветерната турбина и роторот на електричниот генератор се наоѓаат на истото вратило.

Ветерните турбини се ладни машини, што значи дека тие ја претвораат енергијата на природен флуид кој има амбиентална температура. Главната карактеристика на ветерот како движечки флуид е неговата обновлива природа. Откако воздухот ќе го напушти системот на кој му дал енергија, тој се враќа во околината со непроменети физички и хемиски својства. Преостанатата енергија на флуидот на излезот од турбината е доволна за тој да го напушти системот.

Принципната шема на претворање на енергијата на ветерот во електрична енергија е дадена на сликата подолу.

Turbinë me erë



Принципна шема на претворање на енергијата на ветерот во електрична енергија.



ВИДЕО

Tensioni i hapit dhe kontaktit me dorë:

<https://www.youtube.com/watch?v=8sPp8G8a48E>.

4.2.2. Видови ветерни турбини и нивните карактеристики

Според типот, ветерните турбини можат да се поделат во неколку категории:

- според положбата на вратилото,
- според типот на ветерната турбина,
- според брзината на ротација (со константна брзина на ротација, со променлива брзина на ротација).

4.2.2.1. Ветерни турбини според положбата на вратилото

Според положбата на оската, ветерните турбини можат да се поделат на оние со хоризонтална оска и оние со вертикална оска.

Ветерни турбини со хоризонтална оска на ротација или VSHO

Турбините со хоризонтална оска на ротација се оние чија оска е паралелна со насоката на струјата на ветерот и земјата. Повеќето комерцијални турбини се од овој тип. Најчести се ветерните турбини со 3 лопатки, а понекогаш можете да видите модели и со 2 лопатки. Тие имаат ротор, вратило и електричен генератор сместени во кабина на врвот на висок столб, па затоа мора да бидат свртени директно кон ветерот, за што користат сензор поврзан со серво мотор. VSHO турбините можат да се поделат на оние свртени надолу кон ветерот и оние свртени подалеку од ветерот. Поголемиот дел се свртени кон ветерот бидејќи на овој начин се избегнува влијанието на турбуленцијата што се јавува зад турбината. Главната предност на VSHO турбините свртени кон ветерот е што не мора да бидат опремени со механизми за вртење на турбините, но не се толку сигурни и издржливи како „обичните“ VSHO турбини.

Како што веќе споменавме, повеќето модерни ветерни турбини имаат 3 лопатки и електронски систем што ги насочува кон ветерот. Тие имаат висока периферна брзина (неколку пати поголема од брзината на ветерот), висок степен на искористеност и добра сигурност. Лопатките обично се обоени во сива боја за да се вклопат со околните облаци. Должината на лопатките може да биде од 20 до 50 или повеќе метри. Челичните кули варираат во висина од околу 60 до 100 или повеќе метри. Изведбата на кулата е важен фактор кај ветерните турбини со хоризонтална оска бидејќи на поголеми надморски височини ветерот струи побрзо. На пример, со двојно зголемување на надморската височина, брзината на ветерот се зголемува за 10% во текот на денот и помеѓу 20% и 60% во текот на ноќта. Кај VSHO, висината на кулата обично се зема 2 до 3 пати поголема од должината на лопатките. Лопатките ротираат со брзина од 10 до 22 вртежи во минута. Таа брзина се зголемува со помош на систем за пренос (редуктор) и се пренесува на електричниот генератор.

Предности на ветерните турбини со хоризонтална оска:

- Главната предност е поголемата ефикасност во производството на електрична енергија.
- Поставувањето на високи кули овозможува пристап до поголеми брзини на ветерот.
- Сечилата се наоѓаат странично, гледано од центарот на масата на ветерната турбина, со што се подобрува стабилноста.
- Способноста за ротирање на лопатките, што обезбедува поголема контрола, овозможува воспоставување на оптимален лак, така што ветерната турбина го користи максимумот од енергијата на ветерот.
- Способност за поправка на сечилата во бура, со што се минимизираат потенцијалните оштетувања.

Недостатоци на ветерните турбини со хоризонтална оска

- За повеќето од овие ветерни турбини неопходен е систем за вртење на турбината, што ги прави уште поскапи.
- Проблематично работење при ветрови на мала надморска височина кои често се турбулентни.
- Високите кули и долгите лопатки на роторот на турбината се проблематични за транспорт како на море, така и на копно. Трошоците за транспорт можат да достигнат до 20% од вкупните трошоци за опрема.
- VSHO турбините се проблематични за инсталирање бидејќи бараат многу високи и скапи кранови.
- Конструкциите свртени кон ветерот имаат намалена издржливост и сигурност поради турбулентциите на кои се изложени.



Ветерни турбини со хоризонтална оска

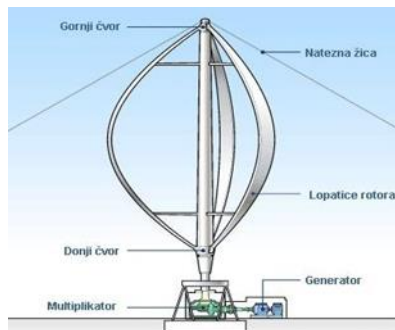
Ветерни турбини со вертикална оска на ротација или VSVO

Нивната главна карактеристика е оската на ротација којашто е поставена вертикално. Главната предност на оваа конфигурација е што турбината не треба да биде насочена директно кон ветерот за да биде ефикасна. Ова е предност на локации каде што насоката на ветерот е доста променлива. Затоа, турбината VSVO може да користи енергија од различни насоки на ветерот. Вертикалните ветерни турбини можат да се постават поблиску до земјата и за нив не се потребни високи кули, што ги прави попристапни за одржување. Недостаток е што брзините на ветерот на пониски надморски височини се многу помали, што подразбира дека достапноста на енергија за трансформација е многу помала. Покрај тоа, протокот на воздух во близина на земјата и другите објекти е често турбулентен, што доведува до почести вибрации и побрзо абење на лежиштата и пократок век на траење како резултат на тоа. Меѓутоа, доколку ветерната турбина е поставена на покривот на зграда, таа го пренасочува протокот на ветерот, со што значително се зголемува (понекогаш и удвојува) брзината на протокот.

Турбините VSVO можат грубо да се поделат на турбини Дариус и Савониус.

Дариус турбина

Турбината Дариус има долги тенки лопатки во облик на буквата С кои се споени на горниот и долниот дел од вертикалната оска. Најчесто се изработува со 2 или 3 лопатки. Тие имаат добра ефикасност, но исто така произведуваат значителни циклични напрегања што доведуваат до помала сигурност. Воедно, тие бараат надворешен извор на енергија, што им помага при стартување поради слабиот вртежен момент на стартување. Поради помалата стабилност, тие мора да бидат потпрени на метални кабли, што не е секогаш практично. Кај поновите конструкции, ова не е секогаш случај бидејќи тие имаат надворешна потконструкција прикачена на горното лежиште.



Дариус турбина

Спирална Горлова турбина

Горловата турбина е создадена како подобрување на изведбата на турбината Дариус. Таа користи спирални лопатки. Таа решава некои проблеми на турбината Дариус, пред сè, може сама да се придвижи, односно не ѝ е потребен надворешен електричен извор, па затоа вибрациите и бучавата се намалени. Нејзината ефикасност (до 35%) е споредлива со најдобрите VSVO турбини.



Спирална турбина

Гиомил турбина

Ова е уште еден подтип на турбината Дариус што користи прави лопатки наместо закривени лопатки. Наводно, руските научници успеале да ја подобрат ефикасноста на оваа турбина до дури 38%.



Гиомил турбини

Турбина од Н-типот

Една од добро познатите конструкции е Н-типот, каде што лопатките се поставени паралелно со оската на ротација. Во споредба со вообичаената Дариус турбина, ова е поедноставна конструкција, но проблемот е што масата е поместена од лопатките во однос на симетралата на кулата. Поради оваа причина, лопатките мора да бидат посилни.



Турбина од типот Н

Циклотурбини

Оваа конструкција на ветерната турбина е слична на Н-типот, а разликата е во тоа што лопатките имаат способност да ротираат околу својата оска. Ова овозможува лопатките да бидат позиционирани така што секогаш ќе фаќаат одреден агол на напад на ветерот. Главната карактеристика на овој тип турбина со три или четири лопатки е тоа што вртежниот момент е приближно константен. Поради системот на ротација, се добива речиси максимален можен вртежен момент, што придонесува за зголемување на корисноста на овој вид ветерна турбина, а тоа значи дека добиваме повеќе енергија. Позитивна карактеристика е можноста за самостојно стартување со вртење на лопатките во оптимална положба за да се генерира доволно голема сила на пловност за стартување. Од друга страна, механизмот на вртење е сложен и бара некаков сензор за одредување на насоката на ветерот.

Покрај вертикалните конструкции, постојат и хоризонтални конструкции на ветерната турбина Дариус, што во голема мера го олеснува и проширува нивниот опсег на примена. Предноста е што лежиштата се подобро поставени на конструкцијата и затоа се помалку аксијално оптоварени. Со оваа конструкција, турбината е поставена на одредена висина каде што зафаќа рамномерно распределена брзина на ветерот, со што се избегнува проблемот со ниски брзини на делот од турбината што е близу до земјата. Негативниот аспект на оваа конструкција е неможноста за зафаќање на ветерот од сите правци (како кај VSHO), па затоа спектарот на нивната примена е намален.



Хоризонтални изведби на ветерни турбини од Дариус

Ветерна турбина Савониус

Оваа ветерна турбина е идеја на финскиот инженер Сигурд Ј. Савониус. Ова е првата конструкција на вертикална ветерна турбина, а е создадена во 1922 година. Понекогаш може да има три лопатки. Овој тип на ветерна турбина работи на принципот на потиска сила. Гледајќи го пресекот, турбината има облик на буквата S. Поради заобленоста, лопатката генерира помалку потисок кога се движи спротивно од ветерот со конвексна страна отколку кога се движи во насока на ветерот со конкавна страна. На овој начин, потисокот е секогаш посилен во една насока и се случува ротација. Поради овој принцип на работа, овие ветерни турбини обезбедуваат многу помалку енергија од турбините со подигнување со иста големина.



Спирална ветерна турбина Савониус

Ваквите ветерни турбини имаат многу едноставна конструкција, па затоа се користат во случаи кога цената и сигурноста се поважни од ефикасноста, на пример кај анемометрите. Друга употреба на овој принцип се појавува кај многу познатиот вентилатор Флетнер. Се користи на покривите на куќите или автобусите и служи за вентилација на просторот, а се движи на ветерот. Понекогаш можете да видите и рекламни знаци во облик на оваа ветерна турбина, чија цел е да го ротираат рекламниот знак за да привлечат внимание.

Исто така, постои конструкција на овој тип турбина каде што лопатките се ротираат спирално по нивната должина, со што се добива рамномерен вртежен момент на вратилото.

Предности на турбините со вертикална оска на ротација

- Полесни се за одржување, бидејќи во основа сите ротирачки делови се наоѓаат поблиску до земјата.
- Тие не бараат механизам за вртење.
- Добро за употреба на места каде што брзината на ветерот е голема во близина на земјата (на пр. разни превои и кањони).
- Не им е потребна висока кула, што значително ги намалува трошоците за изградба.
- Тие не мора да се вртат во насока на ветерот, што ги прави многу добри во услови на турбулентен ветер.
- Теоретски, тие можат да бидат многу поголеми од VSHO турбините, на пример, лебдечките турбини со вертикална оска од неколку стотици метри, каде што целата структура ротира, би можеле да ја елиминираат потребата од големи и скапи лежишта.

Недостатоци на турбините со вертикална оска на ротација

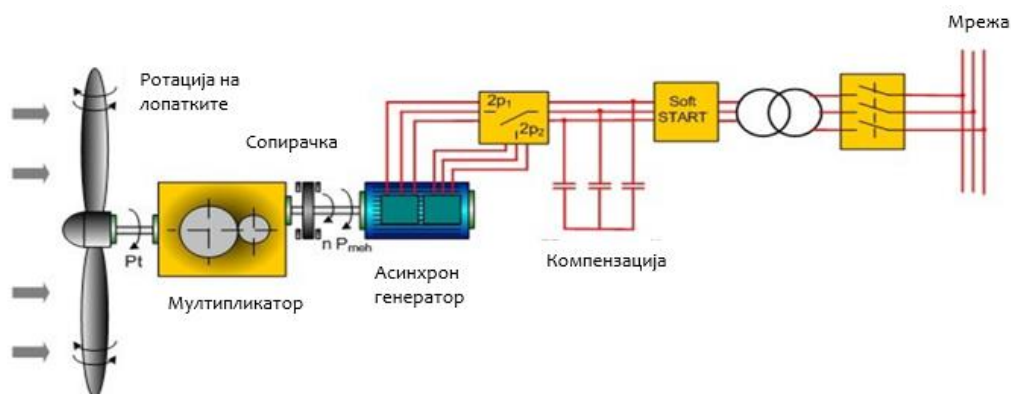
- Повеќето имаат ефикасност во опсег од 50% од ефикасноста на турбините со хоризонтална оска на ротација. Ова главно се должи на додадениот отпор што се јавува кога лопатките ротираат во насока на ветерот.
- Повеќето мора да бидат поставени на релативно рамна површина, па затоа многу локации што можат да имаат корист од VSHO турбините се едноставно премногу стрмни.
- Повеќето имаат многу мал почетен вртежен момент, па затоа им е потребен надворешен извор на енергија за да почнат да се вртат.
- Иако поголемиот дел од нивните делови се наоѓаат на земја, што секако е предност, тие сепак се оптоварени од големата тежина на конструкцијата над нив, што во случај на недоволно добар дизајн го отежнува менувањето на деловите.

4.1.1.1. Ветерни турбини според типот на ветерен генератор

Според типот на ветерни генератори, можеме да ги поделиме на ветерни турбини со ветерни генератори со индуциски кафез, со синхрона машина и турбина со променлива брзина, со двострано напојувана индуциска машина и со повеќеполна синхрона машина со директен погон.

Ветерна турбина со ветерен генератор со индуциски кафез

Принципната шема на оваа ветерна турбина е дадена на сликата.



Ветерна турбина со ветерен генератор со индуциски кафез

Кај овие ветерни турбини, не е можно да се промени брзината на ротација на ветерната турбина. Поради крутоста на карактеристиката вртежен момент-брзина на асинхроната машина, ветерната турбина работи со брзини кои се малку различни од синхроната брзина диктирана од мрежата на која е поврзана. Оваа операција е делумно олеснета со изработка на двојна статорска намотка (како кај мотор на машина за перење). Намотката дизајнирана за помала моќност има поголем број на полови парови (3-4), додека намотката со номинална моќност има помал број на полови парови (2-3). Овој начин на работа доведува до зголемување на степенот на искористеност на ветерните турбини. Уредот за ограничување на стартната струја и вртежниот момент на машината, таканаречениот мек стартер, е прикачен на статорските врски и ја штити турбината и редукторот од ударен вртежен момент. По достигнувањето на брзината, мекиот стартер кратко се спојува и генераторот е директно поврзан со мрежата. Помеѓу роторот на турбината и асинхронниот генератор, се наоѓа мултипликатор што може да користи 4-полен или 6-полен трифазен асинхрон кафезен генератор. Таквиот генератор е многу едноставен, тој е директно поврзан со мрежата од 50 или 60 Hz со употреба на уред што ја намалува големината на струјата на краток спој. Оптоварувањето на генераторот е ограничено со аеродинамичниот дизајн на лопатките на турбината, таканаречениот принцип на застој, а брзината на целиот погонски склоп на турбината + мултипликатор + генератор се менува многу малку околу номиналната брзина на генераторот. Лизгањето на генераторот е околу (1-2)%, така што загубите во роторот на генераторот се во рамките на толерантните граници.

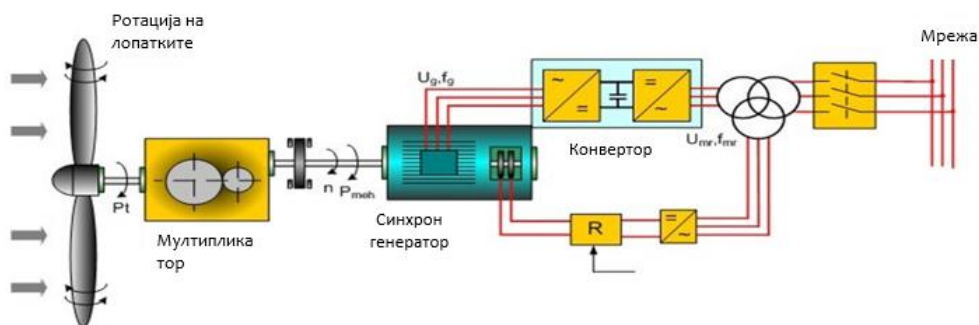
Асинхроната кафезна машина троши реактивна моќност, па затоа кај овие ветерни турбини, реактивната енергија се компензира со користење на кондензаторски батерии. Овој тип на ветерна турбина не е погоден за локации со силни ветрови, бидејќи поради крутоста на механичките карактеристики, вртежниот момент на ветерната турбина остро се пренесува на вратилото и може да се оштетат запчаниците во редукторот. Во случај на дефект на електричната мрежа, ветерниот генератор лесно ја губи стабилноста, а поради големите варијации на моќноста што предизвикуваат флукуации на напонот, овој тип на ветерен генератор не се препорачува за поврзување со послаба дистрибутивна мрежа. Предноста на оваа ветерна турбина е во цената, бидејќи користи робусна индуциска машина која е директно поврзана со мрежата. Често се користи варијанта на кафезниот асинхрон мотор со променлив број на полови, обично за две брзини на ротација според сликата.

Ветерна турбина со синхрона машина и турбина со променлива брзина

Класичните синхрони генератори дизајнирани за константна синхрона брзина на ротација, диктирана од погонската машина, имаат еднонасочна струја на побудување на роторот. Ова се агрегати (генератор + погонска машина), генерално главни извори на електрична енергија во

електраните, за системи од 50 или 60 Hz. Доколку, поради подобра енергетска ефикасност на агрегатот или од друга причина, е потребно да се регулира брзината на ротација на турбината и синхрониот генератор за време на работата, и да се поврзе тој генератор со систем за енергија со фиксна фреквенција, тоа може да се направи со користење на фреквентен конвертор поставен помеѓу намотките на синхрониот генератор и мрежата за енергија со фиксна фреквенција, според илустрацијата на сликата. Моќноста на конверторот е еднаква на моќноста на генераторот.

Потребна е струја на побудување во намотката на роторот и систем за регулирање на напонот или трајни магнети.

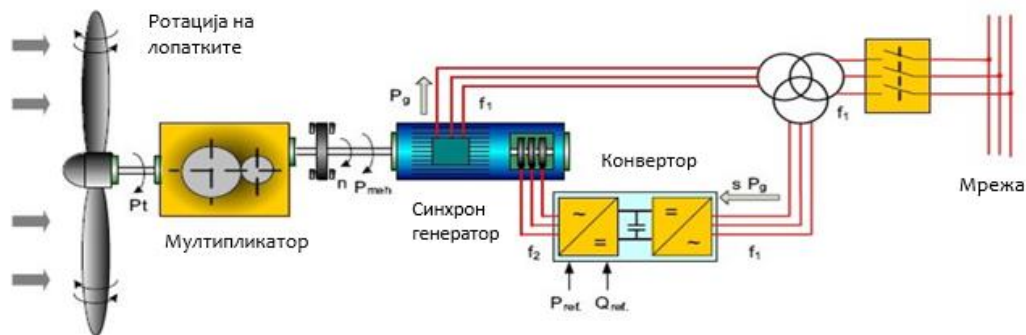


Ветерна турбина со ветерен генератор - двострана индукциска машина

Ветерна турбина со ветерен генератор - напојувана од индукциска машина од двете страни

Карактеристика на овој ветерен генератор е тоа што се користи со ветерни турбини со голема моќност. Овозможува брзината да се менува во широк опсег околу синхроната брзина, со што се обезбедува висок степен на искористеност на ветерната турбина за широк опсег на брзини на ветерот. Промената на брзината на ротација на ветерната турбина е од 10 до 25 вртежи во минута, па затоа е потребен механички редуктор за прилагодување на брзината. Принципната шема на оваа ветерна турбина е дадена на сликата.

Намотката на статорот е директно поврзана со мрежата, а намотката на роторот е поврзана со мрежата преку лизгачки прстени, групата инвертер-исправувач и трансформаторот. Промената на активната и реактивната моќност на генераторот се врши со промена на фреквенцијата и фазата на струјата што ја напојува намотката на роторот. Машината може да работи во широк опсег на брзини и во суперсинхрон и во супсинхрон режим, што овозможува целосно прилагодување на брзината.

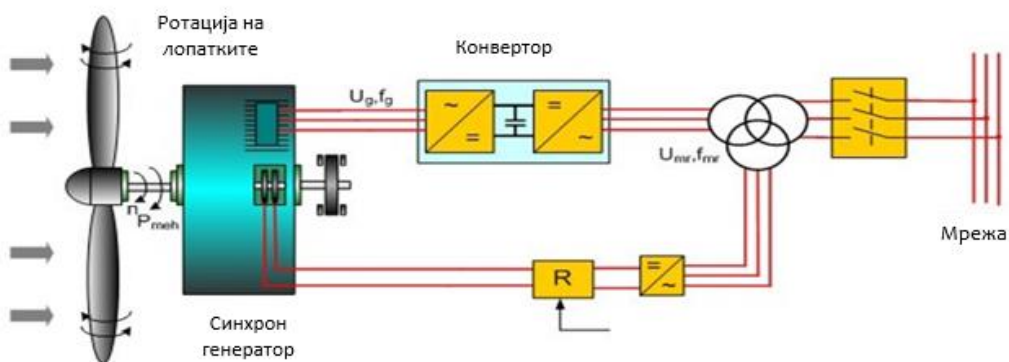


Ветерна турбина со ветерен генератор - двострана индукциска машина

Двостраната индукциска машина може да генерира и реактивна енергија, но обично ветерниот генератор е дизајниран да работи со фактор на моќност од $\cos\phi=1$, бидејќи генерирањето на реактивна енергија дополнително го оптоварува конверторот во колото на роторот. Меѓутоа, доколку е потребно да се стабилизираат напоните во дистрибутивната мрежа, ветерниот генератор може да генерира реактивна моќност на сметка на намалување на активната моќност. Двостраната индукциска машина со напојување се инсталира во ветерни турбини со најголема моќност, во оние дизајнирани за работа на копно (*onshore*), како и во модели за крајбрежни морски појаси (*offshore*). Ваквите ветерни турбини имаат повисок степен на искористеност, можат да генерираат реактивна моќност и имаат помали ударни механички напрегања. Бидејќи карактеристиката на генераторот е адаптивна, тие работат постабилно и генерираат помалку бучава. Недостатоците се: релативно висока цена поради енергетската електроника, тие се почувствителни на атмосферски пренапони, зголемени загуби во генераторот и генерираат повеќе хармоници. Ограничувачки фактор за ветерните турбини со најголема моќност е редукторот, кој трпи големи напрегања.

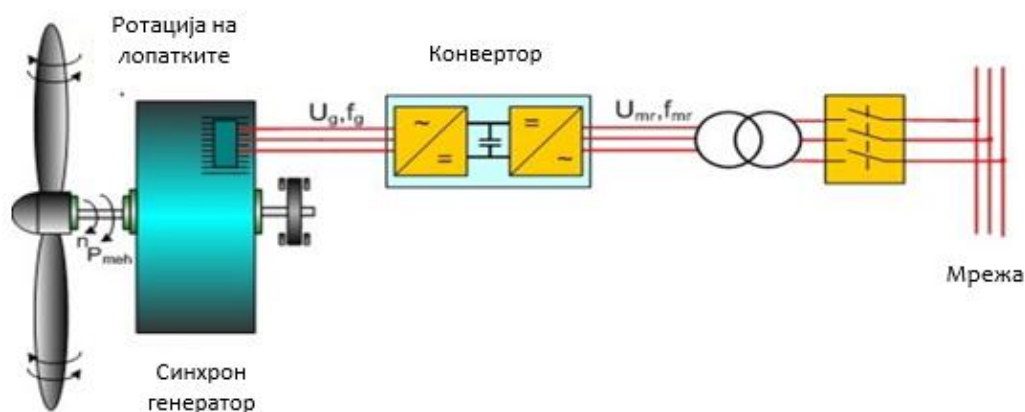
Ветерна турбина со ветерен генератор - повеќеполна синхрона машина со директен погон

Главниот недостаток на досега прикажаните ветерни турбини е употребата на редуктор помеѓу турбината и генераторот. Овој недостаток се избегнува со концепт со синхрон генератор со бавна брзина и повеќеполен, кој е директно поврзан со ветерната турбина. Принципната шема на оваа ветерна турбина е прикажана на сликата. За разлика од асинхрониот генератор, можно е да се користи синхрон генератор за многу ниски брзини на ротација на турбината (5-30 вртежи во минута). Синхрон генератор со голем број на полови (60 или повеќе) во конструкција со класично побудување или перманентни магнети може директно да се поврзе со турбината без мултипликатор (директен погон), а поврзувањето со мрежата е преку фреквентен конвертор. Моќноста на фреквентниот конвертор е еднаква на моќноста на генераторот. Поради големиот број на полови и малата брзина на ротација, генераторот мора да развие висок вртежен момент, неговите димензии и маса се релативно големи, тие имаат одлучувачко влијание врз конструкцијата и димензиите на електраната.



Ветерна турбина со ветерен генератор – повеќеполна синхрона машина со класичен систем за побудување и директна врска со турбината

Ветерниот генератор работи со променливи брзини, па затоа мора да биде фреквентно одделен од мрежата, што се постигнува со AC-DC-AC конвертори. Моќноста и брзината на ветерната турбина се регулираат со вртење на лопатките на роторот. AC-DC-AC конверторите мора да ја имаат моќноста на ветерниот генератор, што е недостаток на овој концепт. Поради ограничувањето на моќноста на конверторот, ветерниот генератор е дизајниран да работи со номинална моќност со фактор на моќност $\cos\phi=1$, но е можно да се генерира реактивна моќност на сметка на намалување на активната моќност кога е потребно. Еден таков ветерен генератор е прикажан на сликата.



Ветерна турбина со ветерен генератор - мултиполна синхрона машина со перманентни магнети

Ветерните турбини со бавно ротирачки синхрони ветерни генератори се користат за единици со мала моќност (300 kW), како и за ветерни турбини со најголема моќност. Германскиот производител на ветерни турбини „Енеркон“ произведува ветерни турбини со бавно ротирачки синхрони ветерни генератори. Овој производител нуди ветерна турбина со номинална моќност од 4,5 MW, со ветерна турбина со дијаметар од 114 m и потпорен столб со висина од 124 m. Работниот опсег на брзините на ветерот за оваа турбина е од 2,5 до 34 m/s. Брзината на ротација на роторот на ветерната турбина е од 8 до 13 вртежи во минута, при што периферната брзина на врвот на лопатката достигнува брзина од 270 km/h. Ветерната турбина со бавно ротирачки синхрони ветерни генератори има слични карактеристики како ветерната турбина со ветерен генератор - двострана индукциска машина со погон. Нејзин недостаток е високата цена, поради употребата на нестандартна машина и конвертор со голема моќност. Поради големиот број на полови, генераторот има голема маса и дијаметар. Предноста во споредба со претходните решенија е директното поврзување на ветерниот генератор со ветерната турбина, т.е. нема редуктор.

4.2.2.3. Ветерни турбини според автономјата на режимот на работа

Според автономјата на режимот на работа, ветерните фарми се поделени на ветерни фарми поврзани на мрежата (*on-grid*), надвор од мрежата (независни ветерни фарми или *off-grid*) и хибридни ветерни фарми (ветер-сончева енергија, ветер-дизел енергија, ветерни фарми со систем за складирање на енергија).

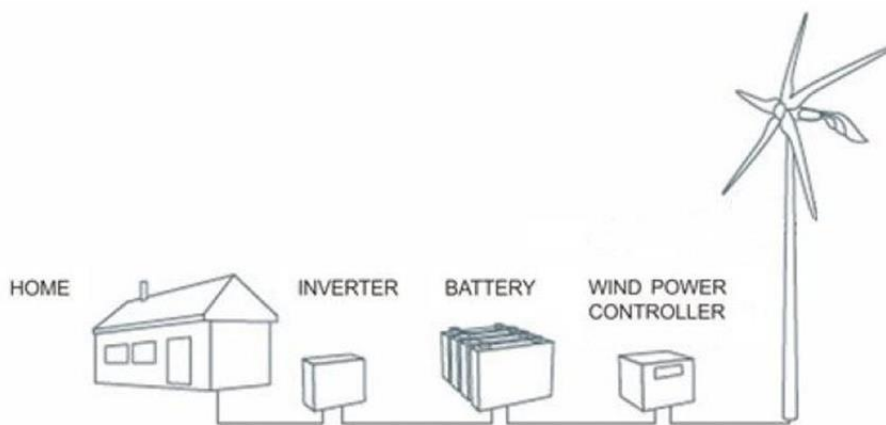
Ветерни фарми поврзани на мрежата

Ветерните фарми поврзани на мрежата се ветерни фарми кои се директно поврзани со националната или регионалната електрична мрежа. Овие ветерни фарми генерираат електрична енергија која се испраќа до мрежата и се дистрибуира до крајните корисници. Произведената

енергија се испраќа директно до мрежата преку далноводи, а енергијата се користи за напојување на домаќинствата, индустријата и останатите корисници. Овие ветерни фарми обично работат со висок капацитет и генерираат стабилно и континуирано производство на енергија кое е достапно за интеграција во мрежата. Кога се поврзани на мрежата, ветерните фарми поврзани со мрежата можат да помогнат во одржувањето на стабилноста на мрежата бидејќи се способни да го прилагодат своето работење во зависност од потребите на мрежата. Тие можат да го намалат или зголемат производството во зависност од условите на потрошувачка.

Ветерни фарми надвор од мрежата

Ветерните фарми надвор од мрежата се фарми кои не се поврзани со електричната мрежа и се користат за снабдување со енергија во области кои немаат пристап до мрежата или каде што поврзувањето со мрежата не е економски одржливо. Овие ветерни фарми произведуваат енергија која се користи локално, честопати за снабдување на оддалечени области, домаќинства или специфични индустриски објекти. Бидејќи овие системи не се поврзани со мрежата, енергијата што ја генерираат мора да се складира за да биде достапна кога ветерот не е присутен. За ова се користат батерии или други технологии за складирање на енергија. Овие системи работат автономно и може да вклучуваат компоненти за автоматизација за да се обезбеди непречено работење при променливи услови на ветер. Системите надвор од мрежата не зависат од надворешни извори на енергија и можат да функционираат во области без електрична инфраструктура. Тие можат да се користат во оддалечени области, на фарми, на бродови или во истражувачки станици.



Приказ на електраната надвор од мрежата

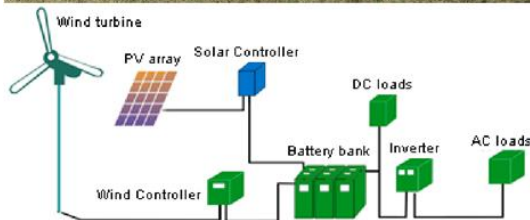
Хибридни ветерни фарми

Хибридните ветерни фарми се децентрализиран системи за производство на електрична енергија. Овие системи комбинираат ветерни турбини со други извори на енергија како што се соларни панели, дизел генератори или системи за складирање на енергија за да се обезбеди постојано снабдување со енергија и да се оптимизира производството.

Ветерно-соларни хибридни ветерни електрани

Овие ветерни фарми комбинираат ветерни турбини и сончеви панели во еден систем. Користењето на обете технологии овозможува поголема флексибилност и стабилност во производството на енергија бидејќи ветерот и сончевата енергија честопати имаат различни шеми на производство. Сончевите панели произведуваат енергија кога нема ветер (во сончеви денови), додека ветерните турбини работат подобро кога е облачно или ветровито, кога сонцето не свети ноќе, а ветерот може да биде присутен и слично.

Хибридни ветерни електрани на ветер и дизел



Приказ на хибридна електрана на ветер и соларна енергија

Овие електрани користат ветерни турбини во комбинација со дизел генератори. Ветерните турбини произведуваат енергија кога условите се поволни, додека дизел генераторите го преземаат производството кога ветерот не е достапен. Користењето на ветерни турбини ја намалува потребата од дизел гориво, со што се намалуваат оперативните трошоци и емисиите на CO₂.

Ветерни фарми со системи за складирање на енергија

Овие ветерни фарми користат батерии или други технологии за складирање на енергија (како што се системи базирани на водород или компримиран воздух) за складирање на вишокот енергија произведена за време на периоди на силен ветер. Складираната енергија се користи кога ветерот дува помалку или за време на периодите на најголема потрошувачка. Складирањето на енергија овозможува постојано снабдување со енергија и ја намалува потребата од поврзување со електричната мрежа и овозможува оптимизација на користењето на произведената енергија и ги намалува загубите.

4.2.2.4. Ветерни турбини по локација

Ветерните турбини можат да се користат на локации каде што просечната брзина на ветерот е поголема од 4,5 m/s. Идеалната локација треба да има постојан проток на ветер без турбуленции и со минимална веројатност за ненадејни бури на ветер. Локациите прво се избираат врз основа на картата на ветерот, а потоа се прават практични мерења. Просечната брзина на ветерот е еден од главните фактори за избор на локација на ветерните турбини. Видови ветерни фарми според локацијата: на копно (*onshore* ветерни фарми), на море (*offshore* ветерни фарми - пловечки и крајбрежни) и ветерни фарми на голема надморска височина.

Локации на копно (*onshore* ветерни фарми)

Копнените инсталации на ветерни турбини најчесто се наоѓаат во ридски области оддалечени најмалку 3 километри од брегот. Тие најчесто се поставуваат на врвот на рид или падина, бидејќи на овој начин го користат таканареченото топографско забрзување што го добива ветерот кога поминува над надморската височина. Таа дополнителна брзина на ветерот прави значителна разлика во производството на електрична енергија. Посебно внимание мора да се посвети на

правилното поставување на турбините, бидејќи понекогаш мала висинска разлика може да има значително влијание врз производството на електрична енергија. Честопати проблемот е што некои локации што се погодни за инсталација на ветерни турбини имаат голема природна убавина или се еколошки значајни. Инсталацијата на копнени ветерни фарми е обично поевтина од онаа на море, бидејќи не бара офшор технологија, специјализирани платформи или слични инфраструктурни барања. Со оглед на пониските почетни трошоци, копнените ветерни фарми често имаат побрз поврат на инвестицијата. Копнените ветерни фарми се лесно пристапни, што значи пониски трошоци за одржување и поправка, а инфраструктурата (патишта, далноводи итн.) веќе постои на копно. Недостаток може да биде просторот, бидејќи во урбанизираните области или во густите населби, просторот за инсталација може да биде ограничен и тие честопати се наоѓаат далеку од главните центри за потрошувачка, што може да бара дополнителни инвестиции во преносна инфраструктура. Исто така, може да има конфликти со други сектори, како што се земјоделството или туризмот.

Локации на море (офшор ветерни фарми)

Ова се оние локации кои се оддалечени повеќе од 10 км од копното и каде што ветерните инсталации се помалку наметливи по изглед и бучава. Фактот дека водата (особено длабоката) има помала површинска „грубост“ од копното има силно влијание врз брзините на ветерот, кои се многу повисоки на море. Факторите на моќност се многу повисоки кај ваквите инсталации. На локации со проширени плитки води, ветерните фарми се лесни за инсталирање, што не е случај на локации кои немаат такви карактеристики. Општо земено, инсталациите на ветерни турбини на отворено море се генерално поскапи од оние на копно, бидејќи нивните кули се повисоки кога се зема предвид подводниот дел. Произведената електрична енергија се пренесува на копно преку подморски кабел. Исто така, мора да се внимава на заштитата од корозија, поради што често се додаваат дополнителни премази и катодна заштита. Ваквите турбини се најголемите турбини во функција и се предвидува понатамошен раст на нивната големина и инсталирана моќност. Ветерните фарми на отворено море можат да имаат повеќе од 100 ветерни турбини.

Овие ветерни фарми можат да бидат во плитки или длабоки морски области и се поделени на два главни типа: крајбрежни и пловечки.



ВИДЕО

Како работат офшор ветерните турбини?

<https://www.youtube.com/watch?v=HqCVgRbPQcg>

Крајбрежни (*bottom-fixed*) офшор ветерни фарми

Крајбрежните локации се наоѓаат во радиус од 3 км од морето или на море на 10 км од копното. Овие ветерни фарми се поставени на дното на морето и се фиксираат на дното (честопати до 60 метри длабочина). Тие се поставени на површината на морето, но зајакнати со структури што се поврзуваат со морското дно.

Ветерните фарми на море честопати ги користат постабилните и посилни ветрови од копнените, што ја зголемува ефикасноста. Тие не им пречат на населението, земјоделството или другите човечки активности на копно, но постојат проблеми поврзани со миграцијата на птиците и влијанието врз морскиот свет. Инсталацијата е многу скапа бидејќи бара изградба на специјални

платформи, транспортни бродови и друга инфраструктура, додека техничките предизвици поврзани со изградбата и одржувањето на море, како и пристапот, се зголемуваат.

Пловечки офшор ветерни фарми (*FOW –floating offshore wind*)

Овие ветерни фарми се инсталирани на пловечки платформи кои не зависат од морското дно. Пловечките турбини можат да се постават во длабоки води, каде што конвенционалните офшор ветерни фарми се непрактични, односно можат да се постават во области на морето кои се премногу длабоки за традиционалните офшор ветерни фарми. Пловечките ветерни фарми можат да го зголемат вкупното производство на енергија бидејќи просторот за инсталација е речиси неограничен со оглед на фактот што можат да се постават на поголеми растојанија од брегот, каде што ветровите се најсилни и најсвежи, намалувајќи го можното нарушување на брегот.

Инсталацијата и одржувањето на пловечките ветерни фарми се поскапи од традиционалните офшор ветерни фарми и бараат специјализирани пловила за транспорт и инсталација, а постои и ризик од оштетување поради неповолни морски услови (бури, бранови).

Ветерни фарми на голема надморска височина

Ветерните фарми на голема надморска височина користат ветрови на поголеми надморски височини, обично над 200 метри за да искористат посилен и постабилен ветер. Постојат неколку видови на висински ветерни електрани, вклучувајќи ги и оние на високи згради и летачки ветерни турбини. Летачките турбини можат да бидат лоцирани во горните слоеви на атмосферата. Може да се користат воздушни платформи што „треперат“ во воздухот или напредни дронови што создаваат ветерни фарми во движење. Ветерните фарми на голема надморска височина можат да користат многу стабилни и силни ветрови што не се присутни на површината на земјата. Овие турбини можат да се користат во области каде што копнениот простор е ограничен или каде што инсталациите на земја се потешки за имплементација. Во моментот, висинските турбини не се комерцијално развиени за широка употреба и сè уште претставуваат голема инвестиција, а нивната долгорочна профитабилност и безбедност се сè уште неизвесни.

Секој од овие типови ветерни фарми има свои предности и предизвици. Ветерните фарми на копно се најраспространети, бидејќи се полесни за имплементација, додека ветерните фарми на море овозможуваат поголеми капацитети поради посилен и постабилен ветер. Ветерните фарми на голема надморска височина се сè уште во фаза на развој, но имаат потенцијал да ја револуционизираат употребата на ветерот на поголеми надморски височини. Изборот на технологија зависи од локалните услови, енергетските потреби, достапните ресурси и инвестициите.

4.2.2.5. Ветерни турбини по моќност

Ветерните фарми можат да се класифицираат според моќноста, каде што моќноста честопати се однесува на капацитетот на поединечна ветерна турбина или на целата ветерна фарма. Главните категории се мали ветерни фарми и големи ветерни електрани (ветерни фарми).

Мали ветерни фарми

Малите ветерни фарми обично вклучуваат индивидуални ветерни турбини или мали ветерни фарми со вкупен инсталиран капацитет до 10 MW. Овие електрани обично се користат за локална или индустриска потрошувачка на енергија, а ретко се користат за големо комерцијално производство.

Една турбина во мала ветерна електрана обично има капацитет од неколку стотици киловати до неколку мегавати, односно најчести се ветерните турбини со капацитет од 100 kW до 2 MW.

Малите ветерни фарми често се користат за специфични, помали енергетски потреби. Тие можат да бидат домови, фарми, комерцијални згради, индустриски зони или мали населби и обично се градат како дистрибуирани извори, што значи дека не бараат сложени преносни мрежи. Инсталацијата на мали ветерни фарми е обично побрза и поевтина, а поради нивните помали димензии, тие можат да се постават на локации кои не се погодни за големи ветерни фарми.

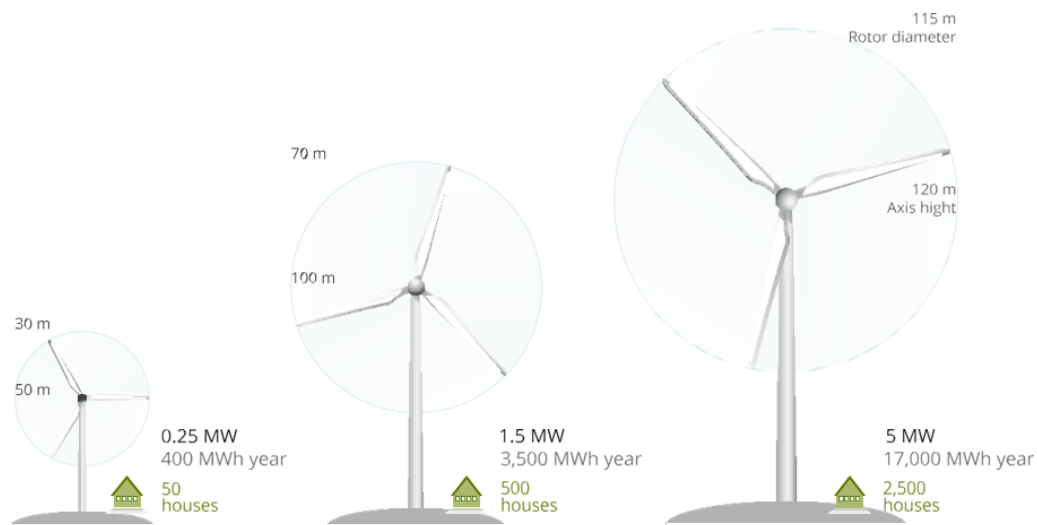
Некои мали ветерни фарми се поставуваат на покривите на станбени или комерцијални згради за да се намалат трошоците за енергија. Овие електрани обично имаат помал капацитет (до 100 kW), но можат значително да придонесат за заштеди.

Големи ветерни фарми

Големите ветерни фарми, или ветерни паркови, вклучуваат проекти со вкупен капацитет од повеќе од 10 MW и обично опфаќаат голем број ветерни турбини. Овие ветерни фарми можат да имаат капацитет до неколку стотици мегавати (MW) и се користат за производство на енергија за националната или регионалната мрежа. Во големите ветерни фарми, најчесто се користат ветерни турбини со капацитет од 2 MW до 6 MW (или повеќе). Со оглед на бројот на турбини и нивната моќност, овие ветерни фарми можат да произведат значителни количини на енергија. На пример, ветерните фарми како Лондон Ареј или Хорнс Рев во Европа имаат капацитет од 500 MW до 1.200 MW.

Овие електрани главно служат за комерцијално производство на енергија што се продава на пазарот и може да се дистрибуира на широките подрачја. Тие бараат развиена инфраструктура, вклучувајќи далноводи и преносни мрежи за генерираната енергија да може да се транспортира до потрошувачите. Многу ветерни фарми се наоѓаат на големи растојанија од големите урбани центри.

Поради нивниот голем обем, големите ветерни фарми можат да бидат економски поодржливи, со пониски трошоци за производство по мегават-час (kWh), што ги прави поконкурентни во однос на другите извори на енергија.



Раст на параметрите на ветерните турбини во зависност од моќноста



ВЕЖБА

Проучете ја конструкцијата на ветерни електрани во вашиот регион.

4.2.3. Структура на ветерна фарма

Структурата на ветерната електрана вклучува различни системи кои овозможуваат ефикасно производство, пренос и дистрибуција на енергија. Секој од системите има специфична функција во процесот на претворање на енергијата на ветерот во електрична енергија и во нејзиното поврзување со електричната мрежа. Структурата на ветерната електрана се состои од систем на ветерни турбини, систем за поврзување на мрежата за ветерна енергија (приклучок на мрежата за ветерна енергија, електрична мрежа во внатрешноста на ветерната електрана, дистрибутивна постројка на точката на поврзување со мрежата), центар за управување и контрола, систем за складирање на енергија и кондензаторско-филтерска постројка.

Систем на ветерни турбини

Ветерната турбина е основна компонента на ветерна електрана која ја претвора кинетичката енергија на ветерот во електрична енергија. Секоја ветерна турбина се состои од неколку клучни делови, како што се ротор со лопатки, вратило на генераторот кое ја пренесува механичката енергија до генераторот, генератор кој обично е асинхрон или синхрон, менувач, систем за контрола на работата на ветерната турбина и потпорна структура. Секој од овие делови ќе биде опишан подетално подоцна.

Систем за поврзување со ветерна енергија

Овој систем овозможува пренос на произведената електрична енергија од ветерната фарма до електричната мрежа. Се состои од неколку клучни делови.

Мрежно поврзување на ветерната турбина

- **Конвертори (инвертори):** Тие ја претвораат електричната енергија произведена од генераторот во електрична енергија, што е компатибилна со мрежниот систем. Во случај да се користи еднонасочна (DC) енергија, инвертерите ја претвораат во наизменична (AC) енергија што може да се пренесе на мрежата.
- **Заштита и регулација:** Мрежната врска мора да биде заштитена од преоптоварување и кратки споevi, а системот за регулација обезбедува стабилност на напонот и фреквенцијата и синхронизација со мрежата.

Електричната мрежа во внатрешноста на ветерната фарма

- **Кабелски систем:** Се користи за пренос на енергија од секоја ветерна турбина до дистрибутивната централа. Овие кабли се поврзани со сите ветерни турбини во ветерната фарма и овозможуваат централизирана дистрибуција на енергија.
- **Расклопна табла:** Вклучува прекинувачи, осигурувачи и други електрични компоненти кои помагаат во дистрибуцијата на енергијата и одржувањето на безбедноста на мрежата.

Трафостаница на точката на поврзување со мрежата

- **Трансформатори:** Тие се користат за зголемување на напонот на електричната енергија до нивото потребно за пренос на поголеми растојанија до крајните потрошувачи или влез во пошироката електрична мрежа.
- **Прекинувачи и расклопни уреди:** Овие уреди овозможуваат контрола и заштита на протокот на енергија кон мрежата. Прекинувачите овозможуваат прекин на напојувањето во случај на дефект и ја обезбедуваат безбедноста на системот.

Команден и контролен центар

Контролниот центар е клучна компонента што овозможува следење и оптимизирање на работата на ветерната фарма. Овој систем ја следи состојбата на сите турбини и системи во рамките на ветерната фарма (брзина на ротација, производство на енергија, услови на ветерот, температура, состојба на опремата и друго) и автоматски ја прилагодува работата на ветерните турбини, оптимизирајќи ги перформансите во зависност од условите на ветерот и барањата на мрежата.

Контролниот центар овозможува далечинско следење и управување со ветерната фарма, дури и од други локации, што е важно за големи ветерни фарми или проекти на море.

Систем за складирање на енергија

Во зависност од видот на ветерната фарма и спецификите на локалната енергетска мрежа, може да биде присутен систем за складирање на енергија за да се обезбеди стабилност и рамнотежа помеѓу производството и потрошувачката. Батериите можат да складираат вишок енергија произведена во деновите кога ветерот е силен, а енергијата да ја ослободат подоцна во периоди на послаби ветрови. Во некои поголеми системи, употребата на водни системи за складирање на енергија (пумпно-хидро складирање на енергија) може да биде начин за складирање на енергија во големи резервоари кога производството на енергија од ветер е големо, а подоцна и за ослободување на енергија во време на потреба.

Кондензаторско-филтерска постројка

Кондензаторско-филтерските постројки се користат за подобрување на квалитетот на електричната енергија што ветерната фарма ја испорачува до мрежата. Кондензаторите служат за компензација на реактивната моќност, со што се намалува падот на напонот и се зголемува ефикасноста на дистрибуцијата на електрична енергија. Филтрите може да се инсталираат за да се отстранат пречките во електричниот сигнал и да се обезбеди стабилност на напонот и фреквенцијата, со што се спречува негативното влијание врз електричната мрежа.

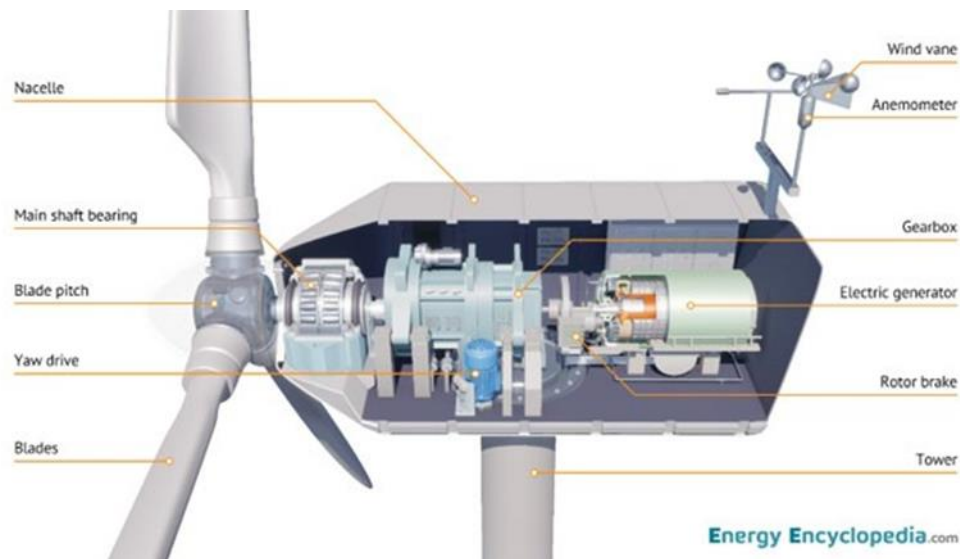
Сите овие компоненти им овозможуваат на ветерните фарми да придонесат во енергетската мрежа и да помогнат во намалувањето на емисиите на CO₂.

4.2.4. Елементи на ветерни турбини

Елементи на ветерната турбина се: ротор (лопатки, глава, вратило), систем на ротација на лопатките (сензори, погонски механизам, управување), систем за сопирање (механички, електричен, со хидраулична сопирачка), пренос на моќност (мултипликатор), генератор (асинхроно-индукциски, синхрон, директен), анемометар, ветроказ, систем за следење и контрола (манипулација, мерење, регулација, заштита, надзор и мониторинг, контрола, комуникација), систем за ротација на гондолата, уреди за енергетска електроника (DC/AC и AC/DC конвертори), кондензаторска батерија, гондола, кула, мрежно поврзување (напојувачки кабел, разводен кабинет, трансформатор), систем за противпожарна заштита (детектори и противпожарни аларми, противпожарни апарати, вентилација, автоматско исклучување), темел, заземјување, итн.

За правилно и безбедно функционирање на целиот систем на ветерната турбина-генератор, генераторот, како и другите делови од ветерната турбина, мора да исполнуваат одредени барања.

Системот на ветерната турбина-ветерен генератор е прикажан на сликата



Делови на ветерни турбини

Опис на клучните елементи на ветерната турбина:

Ротор

Роторот се состои од лопатки, глава на роторот и вратило. Лопатките се компоненти што ја собираат енергијата на ветерот и ја претвораат во механичко работење. Тие обично се направени од лесни, но цврсти материјали. Централниот дел на роторот е главата на роторот што ги поврзува лопатките со вратилото. Главата им овозможува на лопатките да ротираат под влијание на ветерот. Вратилото ја пренесува механичката енергија од роторот до генераторот. Тој го вклучува главното вратило, кое е поврзано со роторот и вратилото што го поврзува генераторот.

Систем за ротација на сечилото

Главната компонента на овој систем се сензорите. Тие ја мерат брзината и насоката на ветерот, помагајќи му на системот да го оптимизира аголот на лопатките за максимална ефикасност. Механизмот за погон ја контролира ротацијата на лопатките во насока на ветерот (т.н. *yaw* систем) и обично користи електрични мотори или хидраулични системи. Управувањето помага во регулирањето на аголот на лопатките за да се оптимизира производството на енергија, да се спречи преоптоварување и да се обезбеди безбедност.

Систем за сопирање

Системот за сопирање се состои од механичка, електрична и хидраулична сопирачка. Механичката сопирачка физички ја блокира ротацијата на роторот, обично преку дискови за сопирање, кога е потребно да се запре ветерната турбина. Електричната сопирачка ја забавува ротацијата на роторот со користење на генератор или електричен мотор како динамична сопирачка, додека хидрауличната сопирачка обезбедува посилен вртежен момент на сопирање преку хидрауличен систем и обично се користи за безбедно запирање во екстремни услови.

Пренос на моќност (мултипликатор)

Во запчаниците, мултипликаторот ја зголемува брзината на ротација на роторот пред таа енергија да стигне до генераторот, бидејќи генераторот мора да работи со многу поголеми брзини.

Генератор

Како што споменавме претходно во упатството, во ветерните турбини со ветерната енергија се користат неколку видови генератори. Асинхронниот индуциски генератор е најчесто користениот генератор во ветерните фарми и може да работи во различни услови на ветер. Синхронниот генератор поретко се користи во ветерните турбини, бидејќи бара синхронизација со фреквенцијата на мрежата. Во специфични случаи, се користи и еднонасочен генератор, кога е потребно производство на еднонасочен напон, како што е систем надвор од мрежата.

Анеометар

Анеометарот е уред што ја мери брзината на ветерот и испраќа податоци до контролен систем, кој потоа ја прилагодува работата на ветерната турбина.

Индикатор за насока - ветролоп

Овој мал уред го мери правецот на ветерот, помагајќи му на гондолата и системот за ротација на лопатките да ја насочат ветерната турбина во најповолната насока на ветерот.

Систем за следење и управување

Ова е посложен систем кој извршува манипулативни операции, т.е. управување со механички делови, како што се ротација на лопатки и гондоли, потоа мерење и следење на параметри како што се брзина на ветерот, температура, вредности на напонот и струјата, како и регулирање и оптимизација на работата на ветерната турбина со цел постигнување максимална ефикасност. Овој систем обезбедува заштита од преоптоварување, прекумерна брзина на ветерот и други опасности со следење на состојбата на сите компоненти на ветерната турбина во реално време и поврзување на ветерната турбина со надворешни системи за далечинско следење и контрола.

Систем за ротација на гондола

Системот за скршување на јазолот гарантира дека јазолот (централниот дел од ветерната турбина што го содржи генераторот) е свртен кон правецот на ветерот, обично користејќи електрични мотори или хидраулични системи.

Уреди за енергетска електроника

Генераторот на ветерната турбина обично произведува наизменична струја (AC) која не секогаш ги исполнува барањата на мрежата, па затоа се користи инвертер (доколку е потребна промена од еднонасочна (DC) во наизменична (AC) струја) или конвертор за да се трансформира струјата во соодветна форма за мрежата. Инверторот обезбедува производството на електрична енергија од ветерната турбина да биде синхронизирано со напонот, фреквенцијата и фазата на електричната мрежа. Инвертерите можат да извршуваат и задачи како што се контрола на моќноста и стабилизација на напонот.

Кондензаторска батерија

Оваа батерија се користи за компензација на реактивната моќност во системот и стабилизирање на напонот за одржување на квалитетот на електричната енергија.

Гондола

Гондолата е средишниот дел од ветерната турбина што ги содржи генераторот, преносните системи, сопирачките и системот за вртење. Се наоѓа на врвот од кулата. Гондолата е многу тешка, обично тежи помеѓу 70 и 120 тони, во зависност од големината на ветерната турбина. Гондолата овозможува ефикасен пренос на кинетичка енергија од роторот до генераторот и понатаму во електрична енергија што се испраќа до мрежата.

Кула

Структурата што ги поддржува гондолата и роторот е кулата. Кулата мора да биде доволно висока за да стигне до области со силни ветрови, а нејзината висина може да биде до 150 метри. Обично е направена од челик или бетон. Поголемите кули овозможуваат подобро искористување на ветерот.

Поврзување со мрежата

Поврзувањето со мрежата претставува физичка врска помеѓу ветерната турбина и електричната мрежа. Ова ги вклучува сите потребни кабли, приклучни кутии, разводни ормари, мерна опрема и други компоненти што овозможуваат пренос на електрична енергија од ветерните турбини до мрежата.

Трансформатор

Трансформаторот е клучна компонента што овозможува промена на напонот генериран од ветерната турбина за да одговара на нивоата на напон на мрежата. Енергијата генерирана од генераторот на ветерната турбина е обично со низок напон, а трансформаторот го зголемува тој напон на ниво погодено за пренос низ мрежата.

Систем за противпожарна заштита и безбедносни уреди

Безбедносните уреди ја штитат ветерната турбина од оштетувања предизвикани од електрични дефекти, кратки споеви, преоптоварувања или други несреќи. Заштитните релеи и прекинувачи овозможуваат автоматско исклучување на системот во случај на вонредна состојба, што ја штити опремата и спречува ширење на дефекти во мрежата. Детекторите за пожар и алармите го детектираат почетокот на пожарот и испраќаат аларм за навремена реакција. Вентилацијата мора да биде дизајнирана за одржување на оптимални услови во гондолата и спречување на акумулација на запаливи гасови. Во случај на пожар или друг критичен проблем, системот автоматски ја исклучува ветерната турбина за да се спречи оштетување.

Темели

Темелите се структурата што ја обезбедува стабилноста на ветерната фарма, обично изработени од бетон и челик, која ја поддржува кулата.

Заземјување

Заземјувањето на ветерните турбини е клучна компонента на безбедносниот систем во ветерните фарми. Со оглед на големината и моќноста на ветерните турбини, потребно е соодветно заземјување за да се заштитат луѓето, опремата и електричните делови од потенцијални електрични удари, кратки споеви и други опасности што произлегуваат од електрични дефекти. Заземјувањето овозможува електричните дефекти, како што се краток спој или удар од гром, да бидат насочени кон земјата, наместо да минуваат низ чувствителните компоненти на ветерните турбини или електричната мрежа, со што се спречува ризикот од електричен удар кај луѓето или животните.



ВИДЕО

Симулација на работа на ветерна турбина:

<https://www.youtube.com/watch?v=TXHAKe6lOrE>.



КВИЗ

Квиз 3: Елементи на ветерна турбина:

<https://forms.office.com/e/he6v3JvUPD>.

4.2.5. Материјали, алатки, опрема и уреди за работа на изградба и одржување на ветерни фарми

За висококвалитетна и безбедна изградба, монтажа и одржување на ветерни фарми, потребно е да се користат соодветни материјали, алатки, опрема и уреди. Секоја компонента од овој систем придонесува за ефикасноста и безбедноста на работата, овозможувајќи правилно извршување на сите операции.

Материјали: жици, проводници и кабли, стеги, конектори, разделувачи, изолациски ленти и друг изолационен материјал, фотоволтаични цевки и кутии, мазива, средства за отстранување 'рѓа, средства за заштита од корозија (антикорозивни бои, премази, масти), материјали за заптивање, завртки и навртки, материјал за обележување и сигнализација, градежни материјали, итн.

Примери за енергетски кабли



ПП00



ПП40

Употреба: За дистрибуција на енергија во градски мрежи, индустриски постројки. Се поставуваат во кабелски канали, затворени простории и во земја со примена на дополнителна заштита.



ПП 45-А

Употреба: За дистрибуција на енергија во градски мрежи, индустриски постројки и на места каде што се очекуваат механички оштетувања. Се поставуваат во земја, во кабелски канали и на отворен простор. Погоден е за вертикално и косо поставување, како и на лизгави површини.

Контролни и сигнални кабли



Контролни и сигнални кабли

Употреба: За поврзување на сигнални и контролни уреди во индустријата, термо, хидроенергетски, ветерни и сончеви електрани, сообраќај, итн. Се поставуваат во кабелски канали, во затворени простории и во земја со примена на дополнителна заштита.

Кабелски додатоци за инсталациски кабли



Термособирачки кабелски капак

Кабелски спојки и колена (рачеви)



Различни видови на кабелски приклучоци



Глави на кабел



Различни видови на спојни ракавци

Примери за цевки



ПВЦ цевки за инсталација

Инсталација на метални цевки и конектори

Алатки: изолациски клешти, компресиони клешти, секачи за жици, метални пили, шрафцигери, клучеви, турпии, чекани, електрични браварски алатки, хидраулични алатки (хидраулични преси, пиштоли, итн.), рачна опрема за кревање, ножици и ножеви за сечење изолациски материјал, ножици за лим, пили, алатка за лемење, алатка за виткање на лим, алатка за виткање профили, алатка за дупчење, алатка за сечење, алатка за навојување, алатка за мерење и контрола, алатка и додатоци за заварување, либела, итн.



Алатки за стегање, отстранување на изолација, мерни Хидраулична алатка инструменти

Опрема и уреди: преносен заземјувачки уред, изолационен столб, преносен трансформатор, преносен генератор, дупчалка, брусилка, индикатори за висок напон, мултиметри, уреди за дијагностика и тестирање, мегаомметар, привремени конструкции и објекти (скелиња, работни платформи, засолништа, итн.), куки за кревање, потпори, анкери, кран со изолациона платформа, итн.

**Работни платформи**

Индикаторите за висок напон се клучни алатки за изградба и одржување на ветерни фарми. Овие уреди им овозможуваат на техничарите безбедно да проверат присуство или отсуство на висок напон во електричните инсталации, со што се намалува ризикот од електричен удар.

**Индикатори за висок напон**

Специјализирани машини и возила: За изградба и одржување на ветерни фарми честопати се користат специјализирани машини и возила прилагодени за работа во тешки услови. Тука спаѓаат телескопски кранови со голем капацитет за кревање и монтажа на ветерни турбини, теренски возила за транспорт на опрема и материјали по непристапен терен, самоодни скелиња и платформи за работа на висина, како и специјализирани дупчалки и ровокопачи за поставување темели и кабли. Овие возила и машини овозможуваат безбедно и ефикасно извршување на сите градежни и електрични работи на ветерни фарми.

**Специјализирани возила**

Овие материјали, алатки, опрема и уреди се исклучително важни за ефикасна и безбедна работа при изградбата и одржувањето на ветерните фарми, овозможувајќи квалитетно извршување на сите потребни операции и задачи.



Специјализиран авион за транспорт на лопатки на ветерни турбини



ВИДЕО

Специјализирани авиони за транспорт на опрема за ветерни фарми:

<https://www.youtube.com/watch?v=EDnLqOqfKaU>.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Користење рачни и електрични алатки

Материјали и алатки:

- Основни рачни алатки (кешти, шрафцигери, скалпели, ножеви за отстранување на изолација),
- Електрични алатки (дупчалка, брусилка, лемилица, пиштол за топол воздух),
- Тестери и мерни инструменти (мултиметар, тестер на напон, амперметар),
- Заштитна опрема (заштитни ракавици, заштитни очила, работна облека).

Постапка за извршување:

1. Демонстрација на употреба на алатки

- Запознајте се со основните функции на рачните и електричните алатки.
- Разгледајте ги техничките карактеристики на алатката и како да ја користите.
- Правилно прилагодете ја алатката пред употреба.

2. Практична примена на алатки

- Користете кешти и шрафцигери за обработка на проводници и поврзување на електрични елементи.
- Испробајте електрични алати за дупчење, сечење и обликување на материјали.
- Користете тестер за да ја проверите исправноста на електричните инсталации.

3. Анализа на ефикасноста и безбедноста во работата

- Проверете ја исправноста на алатката пред и по употреба.
- Споредете ја брзината и точноста на рачните и електричните алатки во различни задачи.
- Разговарајте за безбедносните правила при работа со електрични алати.

Конечна проверка:

- Демонстрирајте ја правилната и безбедна употреба на секоја алатка.
- Презентирајте ја правилната употреба на електричните алатки преку практични задачи.
- Идентификувајте ги можните грешки при користењето на алатката и предложете подобрувања.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Идентификација и анализа на материјали

Материјали и алатки:

- Примери од различни видови материјали (бакарни и алуминиумски спроводници, изолациски материјали, пластични и метални цевки, заштитни обвивки),
- Техничка документација и каталози на производителот,
- Алатки за мерење (микрометар, клешти за стегање, нож за отстранување на изолација)
- Заштитна опрема (ракавици, заштитни очила)

Постапка за извршување:

1. Преглед на достапните материјали

- Сортирајте примероци од спроводници и изолациски материјали.
- Идентификувајте материјали врз основа на боја, флексибилност, ознаки и стандарди.

2. Споредба на својствата на материјалите

- Измерете ја дебелината на проводникот и изолацијата.
- Споредете ја механичката јачина на различните материјали.
- Анализирајте ги предностите и недостатоците од употребата на бакар во однос на алуминиумот во електричните инсталации.

3. Дискусија за примената на материјалот

- Идентификувајте кои материјали се користат за различни видови инсталации.
- Проценете кој материјал е најсоодветен за специфични работни услови (влажност, висока температура, механичко напрегање).

4. Групни задачи

- Поделете се во групи и анализирајте ги техничките спецификации на одреден материјал.
- Изнесете заклучоци за изборот на материјали за специфични апликации.

Конечна проверка:

- Презентирајте ја анализата и заклучоците за употребата на материјалите во специфични работни услови.
- Објаснете ги причините за избор на одреден материјал врз основа на технички податоци.
- Проверете ја точноста на податоците во техничката документација.

5. МОНТАЖА И ДЕМОНТАЖА НА ЕЛЕКТРИЧНА ОПРЕМА ВО ВЕТЕРНИ ЕЛЕКТРАНИ

5.1. Подготовка на теренот за монтажа на енергетска опрема во ветерни фарми

Подготовката на теренот за монтажа на енергетска опрема е клучна за стабилноста и долгорочната функционалност на ветерната фарма. Овој процес вклучува изработка на темели за ветерни турбини, подготовка на ровови за кабелска инфраструктура, инсталирање на енергетски приклучоци и обезбедување технички услови за работа на електричните инсталации.

Важност и постапка на истражување на локацијата - мерење на брзината на ветерот

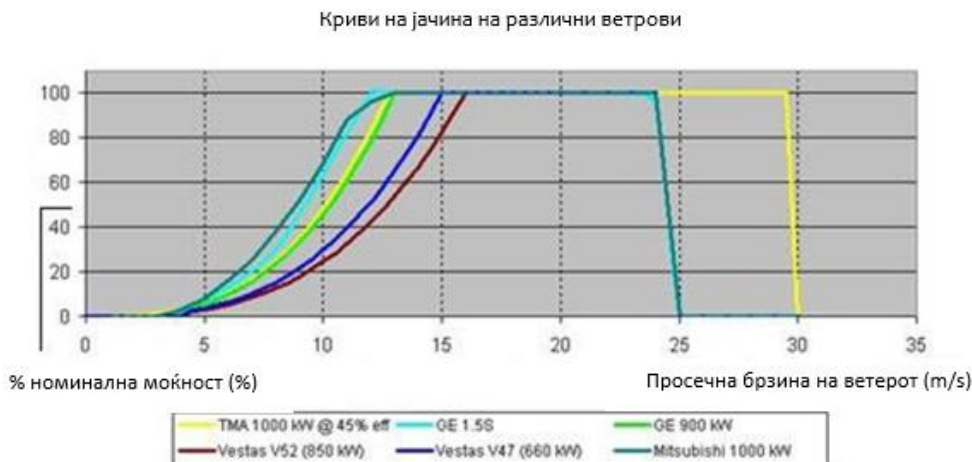
Пред да се започне со изградбата на ветерната фарма, потребно е да се спроведат повеќегодишни мерења на брзината и насоката на ветерот со цел да се процени профитабилноста на проектот и да се оптимизира распределбата на ветерните турбини.

Точната проценка на производството на енергија овозможува реални пресметки и ги намалува инвестициските ризици. Оптимизирањето на распоредот на турбините ја намалува турбуленцијата и ја зголемува ефикасноста на системот, додека анализата на сезонските варијации овозможува подобро планирање на производството и одржувањето.

Критичните брзини на ветерот за стартување и запирање на ветерните турбини зависат од изведбата и типот на турбината, но генерално се во рамките на следниве граници:

- **Брзина на придвижување (*Cut-in speed*)** - Обично помеѓу 3 – 4 m/s. Ова е најниската брзина на ветерот при која ветерната турбина почнува да произведува електрична енергија. Под оваа вредност, ветерот нема доволна моќност за да ги движи лопатките.
- **Номинална брзина на ветерот (*Rated speed*)** - Обично помеѓу 12 - 15 m/s. Ова е оптималната брзина на ветерот при која турбината ја постигнува својата максимална излезна моќност. Турбината продолжува да произведува иста максимална моќност дури и при поголеми брзини на ветерот до граничната вредност.
- **Максимална брзина на ветерот за работа (*Cut-out speed*)** - Обично помеѓу 20 – 25 m/s (72 – 90 km/h). Доколку брзината на ветерот ја надмине оваа граница, системот автоматски ја исклучува турбината за да спречи оштетување.
- **Брзина на ветерот во услови на невреме/бура (*Survival wind speed*)** - Обично над 50 – 70 m/s (180 – 250 km/h). Ова е максималната брзина на ветерот што турбината физички може да ја издржи пред трајно оштетување. Во екстремни услови, турбината го активира системот за сопирање и ги претвора лопатките во т.н. „пердувеста“ состојба (*feathering*) за да ја намали површината изложена на ветерот.

Овие вредности може да варираат во зависност од производителот и типот на ветерната турбина (на копно или на море). Секој производител на ветерни генератори има направено дијаграм на искористеност во зависност од брзината на ветерот. Криви на моќност на различни ветерни турбини.



Криви на моќност на различни ветерни турбини

Постапка за мерење на брзината на ветерот:

- **Инсталација на метеоролошката мерна станица** - Таа се инсталира на висина на планираната гондола на ветерната турбина (80-140 м) и е опремена со анемометри, временски лопатки и сензори за температура и влажност.
- **Употребата на LIDAR и SODAR технологија** - LIDAR (детекција и мерење на светлина) и SODAR (звучна детекција и мерење на зраци) овозможува мерење на профилот на ветерот до висина од неколку стотици метри без потреба од физички столбови.
- **Долгорочно собирање податоци (12-24 месеци)** - Континуирано снимање на брзината и насоката на ветерот за сигурна анализа.
- **Анализа и оптимизација** – Се користат софтверски алатки за симулација и моделирање на потенцијалот на ветерната енергија. Се идентификуваат екстремни ветрови, промени во турбуленцијата и сезонски флукуации. Се спроведува оптимизација на поставувањето на турбините во ветерната фарма со цел да се минимизира турбуленцијата и да се максимизира производството на енергија.
- **Донесување одлуки** - Врз основа на резултатите, се изработува конечна студија за изводливост и се дефинираат техничките спецификации на опремата.

Видовите темели за ветерни турбини можат да бидат бетонски, челични и лебдечки, во зависност од локацијата и основата на која е изградена електраната. Бетонските темели најчесто се користат во копнени ветерни фарми поради нивната висока стабилност и отпорност на временските влијанија. Тие се изработуваат во форма на големи армирани плочи или столбови кои го преземаат товарот од ветерната турбина и го пренесуваат на земјата. Челичните темели се користат во офшор електраните, каде што е потребно да се обезбеди отпорност на корозија и силни морски струи. Пловечките темели се користат за ветерни фарми во длабоки води, каде што класичните фиксни конструкции не се можни.

При поставувањето на темелите, посебно внимание се посветува на изработката на енергетски приклучоци, кои мора да се инсталираат во фазата на бетонирање за да се олесни поврзувањето на електричните инсталации подоцна. Ова вклучува поставување електрични цевки, поставување заземјување и обезбедување на приклучоци за разводни табли и трансформатори.



Примери за темели на ветерни турбини

Покрај темелите, потребно е да се подготват ровови за поставување на енергетски кабли. Рововите мора да бидат димензионирани во согласност со проектот и техничките стандарди за да се обезбеди безбедно поставување на каблите и нивна долгорочна заштита од механички оштетувања и неповолни временски услови.

За копнените ветерни фарми, рововите се копаат според геолошките карактеристики на теренот и барањата за инсталација. Длабочината на ровот зависи од нивото на напон на каблите и специфичните услови на локацијата, но обично е од 0,8 до 1,5 метри. По ископувањето, на дното на ровот се поставува заштитен слој од песок или друг материјал за да се спречи директно оштетување на каблите. Потоа каблите внимателно се поставуваат, се обезбедуваат и се покриваат со заштитни елементи како што се пластични ленти за покривање или бетонски плочи. По ова, рововите се полнат со слоеви земја, со задолжително обележување на трасата на кабелот за полесно одржување и инспекција во иднина.

Во офшор ветерните фарми, рововите за енергетски кабли мора дополнително да бидат заштитени од хидродинамички сили, бранови и морски струи. Каблите обично се поставуваат со помош на специјализирана опрема што овозможува нивно безбедно поставување на морското дно, а во одредени случаи тие се дополнително покриени со заштитни материјали за да се намали влијанието на абењето и механичките оштетувања.

По поставувањето на каблите, се вршат тестови и инспекции за да се обезбеди исправноста на инсталациите. Тестирањето вклучува проверка на континуитетот и изолацијата на каблите, како и отпорноста на споевите на механички и електрични влијанија. Овие проверки се клучни бидејќи ја обезбедуваат безбедноста на системот и спречуваат потенцијални дефекти откако постројката ќе биде ставена во функција.

Покрај рововите и темелите, потребно е да се подготват и постоља за енергетска опрема, вклучувајќи трансформаторски станици, разводни ормари и приклучни точки. Овие постоља мора да бидат правилно нивелирани и обезбедени за да ја издржат тежината на опремата и да обезбедат стабилност на системот.

Последната фаза од подготовката на локацијата вклучува поставување на заземјување и проводни патеки за заштитни проводници. Правилното заземјување е од клучно значење за заштита од пренапон и обезбедување на безбедноста на електроенергетскиот систем.

Кога ќе завршат сите подготвителни работи, се врши финална инспекција, со која се проверува дали темелите, рововите, заземјувањето и енергетските приклучоци се изведени во согласност со проектот и стандардите. Откако ќе се заврши сето ова, може да се започне со инсталација на енергетска опрема и поврзување на системот за ветерна енергија со мрежата.

5.2. Монтирање и демонтирање на монтажната конструкција на опремата во ветерните електрани

Монтажните конструкции во ветерните фарми се клучни елементи што овозможуваат инсталирање на разновидна опрема и инфраструктурни објекти потребни за работењето и безбедноста на самата ветерна електрана. Секоја конструкција има специфична функција и мора да биде дизајнирана така што ќе обезбеди стабилност, издржливост и безбедност, земајќи ги предвид техничките барања, надворешните услови и наменетата употреба.

Кула и гондола на ветерни турбини - карактеристики важни за монтажа и демонтажа

Монтажата и демонтажата на кулата и гондолата на ветерните турбини се клучни фази во инсталацијата и одржувањето на ветерните фарми. Овие процеси бараат прецизност, специјализирана опрема, безбедни услови за работа и строги технички упатства поради висината, тежината и сложеноста на овие елементи.

Како што споменавме, кулата е главниот вертикален елемент на ветерната фарма што ја поддржува гондолата, роторот (лопатките) и сите поврзани компоненти. Кулата мора да биде цврста и стабилна за да ги издржи силите генерирани од ветерот и ротацијата на ветерната турбина. Кулите можат да бидат високи помеѓу 60 и 150 метри, во зависност од специфичните услови на локацијата. Најчести се челичните кули, но може да се користат и бетонски темели или комбинации од челик и бетон. Челичните кули можат да бидат цевчести (цилиндрични) или сегментирани (составени од неколку делови). Кулата мора да биде доволно цврста за да издржи различни временски услови (ветер, снег, дожд) и вибрации предизвикани од работата на турбината. Покрај тоа, таа мора да овозможи инсталација на гондоли, ротори и други важни системи.

Гондолата е клучна компонента на ветерната турбина која се поставува на врвот на кулата. Тежината на гондолата обично е помеѓу 70 и 120 тони. Внатре во гондолата има генератор, преносен механизам, систем за вртење на турбината (т.н. yaw систем), систем за следење на ветерот, електронски систем за контрола и разни сензори, и исклучително е важно да се биде особено внимателен при подигање на гондолата и нејзино поврзување со кулата.

Монтажата и демонтажата на кулите и гондолите на ветерните турбини бараат специјализирана опрема, искуство и висока прецизност за да се обезбеди безбедноста на сите работници и сигурна инсталација на сите компоненти. Демонтажата е исто така технички предизвик, но со соодветни мерки на претпазливост, може да се изврши безбедно и во согласност со прописите.

Процесот на монтирање на кулата се одвива во неколку чекори.

Првиот чекор е подготовка на градилиштето, кое започнува со темелна припрема на земјиштето. Тлото на кое ќе биде поставена кулата мора да биде стабилно. Се градат темелите (бетонски или челични) на кои ќе стои кулата. Темелите мора да бидат закопани доволно длабоко за да ја издржат тежината на целата турбина. Потоа, се врши геодетска и техничка проверка на темелите за да се обезбеди точната висина и насока на кулата.

По ова, се врши монтирање на деловите од кулата. Компонентите на кулата (сегменти) се транспортираат до градилиштето со специјализирани возила (камиони или бродови за офшор проекти). Монтирањето на кулата обично започнува со долните сегменти. Секој сегмент од кулата се крева со голем кран (мобилен кран, телескопски кран или воздушен кран, во зависност од локацијата и условите). Секој сегмент од кулата се поврзува со завртки и механизми за прицврстување. Делумната монтажа продолжува сè додека кулата не ја достигне потребната

висина. Потоа кулата се фиксира. На врвот од кулата се поставуваат канали и потпори што овозможуваат поставување на гондолата.

Постапката за монтирање на гондолата исто така се одвива во неколку чекори.

Првенствено се подготвува опремата. Пред да се монтира гондолата, потребно е да се обезбеди потребната опрема за кревање, како што се кранови со голем капацитет (обично мобилни дигалки со кран). Пред кревањето, сите компоненти во внатрешноста на гондолата, генераторот, преносниот систем и системот за вртење, мора внимателно да се проверат и обезбедат. Гондолата се крева со кран кон врвот на кулата. Тоа е критична фаза што бара голема прецизност бидејќи гондолата мора да биде правилно позиционирана на врвот на кулата. За кревање се користи кран, а теренските работници ги следат сите аспекти на кревањето. После тоа, гондолата се прицврстува на кулата. Кога гондолата ќе го достигне врвот, таа се прицврстува на потпорите на врвот на кулата и се проверуваат сите споеви и безбедносни механизми. По склопувањето на гондолата, роторите (лопатките) се монтираат на главното вратило на генераторот. Во зависност од големината на ветерната турбина, лопатките може да се монтираат поединечно или во групи. Понекогаш монтирањето на лопатките на главното вратило се прави на земја, така што тој систем се крева заедно и се монтира на гондолата. Конечно, се врши електрична и механичка проверка. Се тестираат сите електрични врски, контролни системи, механизам за пренос и систем за вртење на гондолата.

Постапка за демонтажа на кулата и гондолата на ветерната турбина

Демонтажата на ветерните турбини (кула и гондола) обично се врши за време на фазата на одржување или откако ветерната електрана ќе престане да работи, на пример, поради крај на животниот век или отстранување на старата турбина.

Процесот на демонтажа на кулата започнува со запирање на ветерната турбина. Прво, сите електрични и механички компоненти се исклучуваат. Во зависност од видот на ветерната фарма, потребно е да се отстранат сите кабли и електрични инсталации што ја поврзуваат ветерната фарма со мрежата. Потоа се проверува безбедноста. Пред почетокот на демонтажата, се врши проценка на безбедносните услови, вклучувајќи инспекција на теренот и употреба на заштитна опрема. Кога ќе се проверат сите услови, деловите од кулата се демонтираат. Компонентите на кулата постепено се отстрануваат. Сегментите се спуштаат со кранови, почнувајќи од горните делови. По спуштањето, отстранетите делови се транспортираат од градилиштето на соодветен начин.

Демонтирањето на гондолите започнува со подигнување на гондолите. Како и при склопувањето, гондолата се крева со голем кран и се спушта на земја. Под гондолата, генераторот, преносниот механизам и останатите компоненти инсталирани во гондолата се одвојуваат. Откако гондолата безбедно ќе се постави на земја, сите делови се расклопуваат и се транспортираат до одредена локација или локација за рециклирање.

Носачи и држачи на елементи на електрични инсталации

Процесот на монтажа и демонтажа на држачите и носачите за инсталирање елементи од електрични инсталации и безбедносна опрема во ветерните фарми е многу важен дел од изградбата и одржувањето на инфраструктурата.

Држачите и носачите имаат важна функција во енергетските системи бидејќи овозможуваат правилно поставување на прекинувачи, трансформатори, електрични кабли и останати енергетски системи. Нивната улога е да обезбедат стабилност, безбедност и заштита на инсталациите од надворешни фактори. Покрај тоа, тие се користат за инсталирање на безбедносна опрема, како што се безбедносни камери, метеоролошки сензори, светилници и звучни аларми, кои придонесуваат за безбедноста на ветерната фарма. Конструкциите мора да бидат дизајнирани да

издржат надворешни влијанија, како што се дожд, ветер, снег, високи температури и корозивни услови, особено во офшор ветерните фарми.

Постапка за монтирање на држачите и носачите

Монтирањето на држачите и носачите започнува со поставување на темелите. Доколку се користи бетонска подлога, таа треба да се излее според спецификациите, освен ако не е поставена во претходните фази од изградбата. Основите што се монтираат на темелите се изработени од челик или алуминиум, во зависност од видот на инсталацијата. Тие се прицврстуваат со завртки, шајки или други материјали за прицврстување, а во случај на челични потпори, потребно е да се контролира квалитетот на заварените споеви и прицврстувачите.

Во случај држачите да се користат за уреди што мора да се постават под одреден агол или висина, како што се временски сензори, камери или светилници, се избира адаптивен дизајн што овозможува прилагодување на положбата. Имајќи ги предвид надворешните услови, држачите се дизајнирани да обезбедат максимална стабилност и отпорност на ветровити услови.

Откако ќе се инсталираат држачите и носачите, на нив се монтираат соодветни енергетски уреди, како што се прекинувачи, сензори и кабли. Електричната инсталација се поврзува според техничките спецификации, а безбедносните уреди, како што се камери или светилници, се поврзуваат со изворите на енергија и системите за складирање на енергија и се поврзуваат со централниот систем на ветерната фарма. Кога ќе се монтираат сите елементи, се врши контрола на стабилноста. Ова вклучува проверка на механизмите за прицврстување, како и тестирање на секој инсталиран уред за да се обезбеди правилно функционирање.

Постапка за демонтажа на држачите и носачите

Пред да се започне со расклопување на сите електрични компоненти, потребно е да се исклучи напојувањето. Уредите поврзани со држачи или носачи, како што се безбедносни камери или трансформатори, мора да се исклучат за да се обезбеди безбедноста на работниците. Потоа се врши проверка на безбедноста за да се осигури дека условите за работа се безбедни, со употреба на заштитна опрема како што се шлемови, ракавици и заштитни одела.

Демонтажата започнува со отстранување на енергетската опрема. Сите уреди, вклучувајќи прекинувачи, кабли, безбедносни камери и сензори за временска прогноза, внимателно се отстрануваат за да се избегне оштетување. Потоа следува демонтирање на држаите и потпорите, при што се отстрануваат сите завртки за прицврстување и делови што носат товар. Доколку држачите се направени од челик или алуминиум, тие се расклопуваат на помали компоненти за полесен транспорт и рециклирање.

Доколку носачите биле поставени на бетонски темели, темелите се отстрануваат или се поместуваат за да се ослободи простор. Во зависност од големината и тежината, можеби ќе биде потребно да се користи специјализирана опрема, како што се кранови или хидраулични алатки. По завршувањето на демонтирањето, сите отстранети делови, вклучувајќи ги носачите, држачите и електричната опрема, се транспортираат до соодветен објект за отстранување, рециклирање или сервис. Сите материјали мора правилно да се одвојат за понатамошна обработка или повторна употреба.

Монтажата и демонтажата на држачи и носачи за електрични инсталации и безбедносна опрема во ветерни фарми бараат внимателно планирање, прецизност и соодветна безбедносна опрема. За време на инсталацијата, фокусот е на стабилноста, точноста на инсталацијата и правилното поврзување на уредите за напојување и безбедноста. Од друга страна, демонтажата бара безбедно отстранување на опремата и конструкциите, со внимателно ракување со сите делови за

да се избегне оштетување и да се обезбеди безбедно и ефикасно рециклирање или повторна употреба на материјалите.



ВИДЕО

Постапка за инсталација на ветерна фарма:

https://www.youtube.com/watch?v=fl6BMVw_B-Y,
<https://www.youtube.com/watch?v=vjqdJ8OSmRA>,
<https://www.seetaoe.com/details/129354.html>.

Конструкции за метеоролошка опрема и безбедносни камери

Конструкциите за метеоролошка опрема се користат за инсталирање уреди како што се анемометри, барометри и сензори за мерење на температура и влажност. Овие уреди го следат ветерот и условите во средината и овозможуваат оптимизација на работата на ветерната електрана. Од друга страна, конструкциите со безбедносни камери се користат за следење на ветерната фарма и заштита на опремата.

Овие конструкции можат да бидат изработени од лесен челик или алуминиум, но мора да бидат доволно цврсти за да издржат надворешни услови, вклучувајќи силни ветрови, дожд и снег. Кога станува збор за висина и сместување, конструкциите за метеоролошки инструменти обично вклучуваат столбови или јарболи што овозможуваат опремата да се постави на соодветна висина, со што се обезбедуваат точни мерења. Монтажата на конструкциите се изведува на начин што овозможува едноставно прилагодување на положбата и ориентацијата на опремата, со што се обезбедува нивната максимална ефикасност.

Контејнери за трансформаторски станици и систем за складирање на електрична енергија

Монтажата и демонтажата на контејнерските конструкции за инсталација на енергетска опрема на ветерните фарми се важен дел од процесот на изградба, одржување и оптимизација на ветерните фарми.

Контејнерските конструкции играат клучна улога во заштитата на енергетската опрема, обезбедувајќи стабилна работна средина што штити од временски услови, механички оштетувања, прашина и влага. Нивната примарна намена е да сместат високонапонска и нисконапонска енергетска опрема, вклучувајќи трансформатори, разводни ормари, системи за заштита и контрола и системи за складирање на енергија. Покрај заштитата, контејнерските конструкции овозможуваат мобилност и флексибилност, што значи дека можат да се транспортираат и поставуваат на различни локации во рамките на ветерна фарма или помеѓу неколку енергетски објекти. Исто така, тие служат за интеграција и модуларно проширување на енергетските системи, што го олеснува управувањето и одржувањето.

Постапка за инсталација на контејнерски конструкции

Инсталацијата на контејнерот започнува со негово подигнување и поставување на подготвената основа. Основата мора да биде проектирана да издржи статички и динамички оптоварувања предизвикани од тежината на контејнерот и внатрешната опрема, како и надворешни сили како што се ветер, вибрации и електромагнетни пречки. Стабилноста на конструкцијата се обезбедува

со прицврстување со анкерни завртки, челични потпори или бетонски основи, со што може да се обезбеди дополнителна заштита во области со екстремни временски услови.

Енергетските компоненти се поставуваат во контејнерот според инженерските спецификации и безбедносните барања. Опремата како што се среднонапонски и нисконапонски дистрибутивни ормари, трансформатори, системи за непрекинато напојување (UPS), расклопни уреди и заштитно-контролни единици се внимателно поставувани и поврзани во согласност со соодветните електротехнички стандарди. Компонентите се инсталираат на метални потпори, изолирани основи или во специјализирани прегради за да се обезбеди оптимална дисипација на топлина и електромагнетна компатибилност (ЕМС).

Каблирањето во внатрешноста на контејнерот игра клучна улога во поврзувањето на енергетската опрема со надворешните системи. Каблите со висок, среден и низок напон мора да бидат правилно димензионирани, обележани и поставени во кабелски канали со соодветна механичка заштита. Покрај тоа, се имплементираат соодветни системи за заземјување и заштита од пренапон за да се обезбеди безбедноста на инсталацијата и сигурноста на опремата.

По завршувањето на монтажата, се врши тестирање на енергетските системи во контејнерот. Оваа постапка вклучува мерење на отпорите на изолацијата, тестирање на континуитетот и функционалноста на расклопните уреди, тестирање на заштитните релеи и проверка на параметрите на трансформаторите и батериските системи. Единствено откако сите параметри ги исполнуваат техничките стандарди и прописи, контејнерот може да се пушти во работа и да се поврзе на електричната мрежа.

Постапка за демонтажа на контејнерски конструкции

Демонтажата на контејнерите се врши кога опремата ќе го достигне крајот на својот век на траење, за време на модернизацијата на системот или при преместување на опремата на нова локација. Првиот чекор е безбедно исклучување на енергетските системи, при што напојувањето е прекинато и сите активни електрични кола се исклучуваат. Пред почетокот на работата, се врши тест за отсуство на напон и се обезбедува соодветна заштита од електростатско празнење (ESD).

Внатре во контејнерот, енергетската опрема внимателно се расклопува според утврдените процедури. Трансформаторите, разводните ормари, заштитните релеи и расклопните уреди постепено се отстрануваат, земајќи го предвид редоследот на расклопување за да се избегне можноста за кратки споеви и неочекувани електрични празнења. Каблите се одделуваат, етикетаат и се отстрануваат на безбеден начин за да се спречи оштетување и да се обезбеди правилно рециклирање или повторна употреба.

Откако ќе се отстрани целата опрема, контејнерот се подготвува за транспорт со помош на кран или специјализирано возило. Доколку се премести на нова локација, потребно е да се обезбедат соодветни механички врски и безбедни услови за транспорт за да се спречи оштетување за време на транспортот. Во случаи кога контејнерот е трајно отстранет, темелите и елементите за прицврстување исто така се демантираат, почитувајќи ги стандардите за отстранување на градежен отпад.

Транспорт и отстранување на опрема

По демантирањето, контејнерите и енергетската опрема се транспортираат до одредени локации за рециклирање, отстранување или повторна употреба. Во зависност од видот на опремата, можеби ќе биде потребно да се користат специјализирани транспортни услуги за безбеден транспорт на високонапонски компоненти, батерии или други чувствителни електрични уреди. Рециклирањето на бакарни проводници, изолациски материјали и метални делови се врши во

согласност со еколошките стандарди со цел да се намали негативното влијание врз животната средина и да се обезбеди повторна употреба на вредни материјали.

Сите овие монтажни конструкции мора да бидат проектирани и изградени во согласност со безбедносните стандарди и прописи, земајќи ги предвид спецификите на ветерните фарми (на пр. на море или на копно, различни временски услови, технички барања). Монтажата мора да биде прецизна, бидејќи сите грешки при монтажата можат да имаат сериозно влијание врз перформансите на ветерната фарма, безбедноста на персоналот и животната средина.



ВЕЖБА

Истражувачка задача – примери на различни конструкции на кули за ветерни турбини.

Истражете и споредете ги различните видови кули што се користат во ветерни фарми (челични цевчести кули, бетонски кули, хибридни кули).



КВИЗ

Квиз 4—Проверка на знаењето за монтажни конструкции во ветерни фарми:

<https://forms.office.com/e/H4qvBw4qju>.

5.3. Монтажа/демонтажа и поврзување на енергетска опрема во ветерни електрани

Монтажата и поврзувањето на енергетската опрема во ветерните фарми вклучува низа технички процедури што обезбедуваат правилно функционирање на системот. Процесот вклучува инсталација на гондолата со фабрички интегрирана опрема, инсталација и поврзување на дополнителни електрични компоненти, насочување и поставување на кабли и интеграција на системи за складирање на енергија.

Монтажа на гондолата со фабрички интегрирана механичка и електрична опрема

Гондолата на ветерната турбина се испорачува со веќе инсталирани клучни компоненти, вклучувајќи го генераторот, главното вратило, преносниот систем и електричните контролни модули. Монтажата на гондолата се врши со кран со голем капацитет, кој ја крева и ја поставува гондолата на врвот на кулата на ветерната турбина. За време на монтажата, се користи специјализиран систем за спојување, кој обезбедува прецизно порамнување на вратилото на генераторот со главното вратило на турбината. По инсталацијата, гондолата механички се фиксира со завртки со висока цврстина и безбедносни прстени.



Постапка за кревање на гондола

Монтажа и демонтажа на системи за мониторинг и контрола

Покрај фабрички инсталираните компоненти, во гондолата е инсталирана и дополнителна опрема за мониторинг и контрола. Таа вклучуваат сензори за температура и вибрации, метеоролошки инструменти, системи за далечинско управување и комуникација. Инсталацијата на овие системи бара прецизно поврзување на сензорите и контролните единици со централниот контролен модул.

За време на демонтажата, внимателно се исклучуваат сите приклучоци, а чувствителните уреди се пакуваат во заштитни контејнери за транспорт и повторно инсталирање.



Примери за монтирање на делови од опрема на гондолата

Поврзување на електричните компоненти во внатрешноста на гондолата на ветерната турбина

Поврзувањето на електричните компоненти во внатрешноста на гондолата на ветерната турбина бара прецизност и експертиза и е клучен чекор во последната фаза на монтажата бидејќи обезбедува функционалност на системот за производство, регулирање и дистрибуција на електрична енергија. Овој процес вклучува поврзување на генератори, конвертори, системи за заштита и контрола, како и друга електрична опрема неопходна за ефикасно работење на ветерните турбини.

По успешното поврзување и тестирање, ветерната турбина е подготвена за интеграција во мрежата и редовно работење.



Внатрешност на гондолата на ветерната турбина со вратило, менувач, квачило и систем за ладење

Поврзување на генераторот со системот на конверторот

Генераторот е срцето на системот за ветерна енергија и неговата примарна функција е претворање на механичката енергија добиена од ветерот во електрична енергија. Во зависност од типот на ветерна турбина, генераторот може да биде синхронен или асинхронен, со директен или индиректен пренос на енергија.

Поврзувањето на генераторот ги вклучува следниве чекори:

- **Проверка на електричните приклучоци** - Пред поврзувањето, се проверува компатибилноста на приклучоците на генераторот со електричниот систем на ветерната фарма. Сите приклучоци мора да бидат во согласност со техничките спецификации и стандардите за изолација.
- **Поврзување на генераторот со конверторот** - Излезните линии на генераторот се поврзани со системот на конверторот, кој ја претвора произведената електрична енергија од променлива фреквенција во стабилна и синхронизирана фреквенција погодна за дистрибуција во мрежата. Ожичувањето се врши со употреба на високонапонски кабли отпорни на температурни промени и механичко напрегање.
- **Заземјување на генераторот** - Генераторот е поврзан со системот за заземјување на ветерната турбина за да обезбеди заштита од пренапони и електростатски полнежи.
- **Проверка на фазната низа** – По поврзувањето, се врши проверка на фазната низа за да се обезбеди правилно совпаѓање на излезната моќност со мрежните барања.

*Поврзување на генератори на ветерни турбини***Инсталација и поврзување на контролниот систем**

Системот за управување со ветерните турбини е одговорен за следење и оптимизирање на работата на сите компоненти. Се состои од различни сензори, контролни единици и системи за комуникација со централниот оперативен центар на ветерната фарма.

- **Сензорско поврзување** – Сензорите се инсталирани во внатрешноста на гондолата за мерење на температурата на генераторот, вибрациите на лежиштата, брзината на роторот, напонот и струјата. Овие сензори испраќаат податоци до контролниот систем за да го оптимизираат работењето и да спречат дефекти.
- **Инсталација на PLC контролер** – Програмабилниот логички контролер (PLC) е клучна компонента за управување со работата на турбината. Се поврзува со генераторот, системите за заштита и комуникациските интерфејси за да овозможи далечинско управување и автоматска регулација на моќноста.
- **Интеграција на системот за сопирање** – Електричниот и механичкиот систем за сопирање се поврзани со контролниот модул, што овозможува моментално запирање на турбината во случај на прекумерна брзина на ветерот или технички проблеми.



Слика: Поврзување на систем за контрола на ветерни турбини, вклучувајќи сензори, PLC контролер и систем за сопирање

Поврзување на заштитни и безбедносни системи

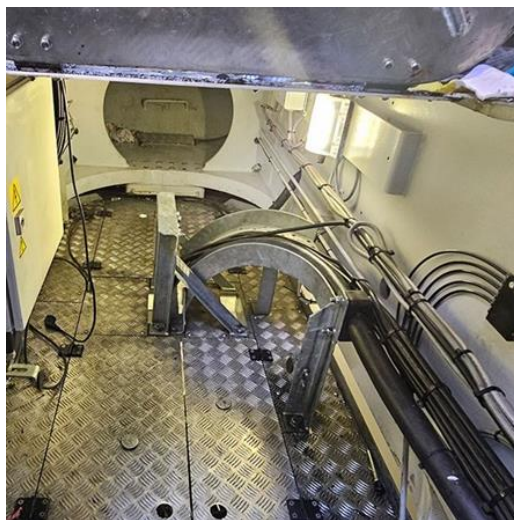
Заштитата на напојувачките компоненти од пренапон, кратки споеви и преоптоварувања е од суштинско значење за безбедноста и долговечноста на системот.

- **Инсталација на заштитни релеи** - Релејната заштита вклучува уреди кои препознаваат грешки во мрежата и автоматски го исклучуваат системот во случај на потреба. Овие уреди се поврзани со клучните јазли на електричната мрежа на ветерните турбини.
- **Инсталација на пренапонски заштитници** – Варистори и гасни одводници се инсталирани за да ги заштитат електричните компоненти од удари од гром и пренапони.
- **Поврзување на безбедносниот систем за заземјување** - Заземјувањето се реализира со поврзување на сите метални делови и електрични уреди со заземјувачката линија, што го намалува ризикот од електричен удар и пренапон.

Поставување и поврзување на напојувачки кабли во гондолата

Кабелскиот систем во внатрешноста на гондолата овозможува дистрибуција на произведената енергија кон разводниот орман и понатаму кон мрежата. Напојувачките кабли мора да се правилно поставени и заштитени од механички оштетувања и вибрации што се јавуваат за време на работата на ветерната турбина.

- Избор и насочување на кабли – Се користат флексибилни и отпорни на температура кабли, кои се насочуваат низ кабелски канали во внатрешноста на гондолата.
- Фиксирање на каблите - Каблите се фиксираат со помош на кабелски стеги и специјални носачи што спречуваат нивно абење за време на работата.
- Поврзување со разводниот орман - Главните енергетски водови се поврзани со разводниот орман, каде што се врши понатамошна дистрибуција на енергијата до мрежата. Поврзувањето се врши според едножични шеми, со проверка на изолацијата и континуитетот на приклучоците.
- Тестирање на кабел - По поврзувањето, отпорот на изолација се тестира, се проверува на континуитет и оптоварување за да се обезбеди сигурност на врската.



Поставување и поврзување на енергетски кабли во внатрешноста на гондолата на ветерната турбина

Конечно тестирање и верификација на системот

Откако ќе се поврзат сите електрични компоненти, се вршат завршни тестови, кои вклучуваат:

- Визуелна инспекција на приклучоците и инсталациите на каблите - Сите приклучоци се проверуваат за да се осигура дека нема лабави приклучоци или оштетување на изолацијата.
- Мерење на електрични параметри - Напонот, струјата и отпорот на изолацијата се проверуваат за да се осигури дека системот работи според техничките спецификации.
- Пробно работење на ветерната турбина - Под контролирани услови, пробното работење на турбината започнува за да се обезбеди правилна функционалност на сите поврзани електрични системи.
- Подесување на контролниот систем – Оптимизацијата на работните параметри на турбината, вклучувајќи ја брзината на роторот, моќноста на генераторот и заштитните граници, се врши со користење на софтверски алатки и комуникациски интерфејс.

Системот за складирање на електрична енергија во ветерната фарма и постапката за монтажа/демонтажа

Во современите ветерни електрани, сè повеќе се користи систем за складирање на електрична енергија, најчесто во форма на складирање во батерии или суперкондензатори. Монтажата на системот за складирање вклучува инсталација на батериски модули во специјално дизајнирани контејнери, нивно поврзување со инвертори и интеграција со електричната мрежа. За време на демонтажата, потребно е да се исклучи системот за складирање од мрежата, да се изврши безбедносно празнење на батериските ќелии и внимателно да се демонтираат модулите за транспорт или замена.

По завршувањето на сите монтажни работи, се врши финална инспекција и тестирање за да се обезбеди функционалноста на електроенергетскиот систем и неговата подготвеност за работа во мрежата.



Пример за систем за складирање на електрична енергија во ветерната фарма



ВЕЖБА

Задача: Изработете семинарска работа за постапката за поврзување на електричните компоненти во внатрешноста на гондолата на ветерната турбина.



КВИЗ

Квиз 5 – Проверка на знаењето за монтажа и поврзување на енергетска опрема:

<https://forms.office.com/e/85wh4EzhsW>.

5.4. Избор на заштитна опрема и опрема за монтажа и демонтажа на елементи од ветерни фарми

Во претходните поглавја од прирачникот беа разгледани алатките, опремата и уредите што се користат при изградбата и одржувањето на ветерните електрани, како и основната заштитна опрема за работа во електраните. Во ова поглавје, фокусот е на специфичната заштитна опрема и мерки што се применуваат при монтирање и демонтирање на елементите на ветерните електрани.

Монтажата и демонтажата на елементи од ветерни фарми се меѓу задачите со висок ризик кои наложуваат употреба на соодветна заштитна опрема. Овие работи често вклучуваат работа на висина, ракување со тешки компоненти, изложеност на електрични инсталации и неповолни временски услови, па затоа е важно сите работници да користат соодветна лична и колективна заштита.

Лична заштитна опрема (ЛЗО)

Личната заштитна опрема ги штити работниците од потенцијални опасности и е задолжителна за сите што учествуваат во монтажата и демонтажата на елементите на ветерните фарми. Опремата вклучува:

- **Заштитен шлем** - Ја штити главата од удари, пад на предмети и електрични удари. Шлемот мора да има безбедносен ремен за да го одржува стабилен при работа на висина.
- **Безбедносен појас и јажиња (систем за работа на висина)** – Сите работници кои работат на кула или гондола мора да користат безбедносни појаси со апсорбери на енергија и јажиња прикачени на фиксни точки.
- **Заштитни ракавици** - Тие мора да бидат отпорни на абење и механичко оштетување, а за работа со електрични компоненти се користат диелектрични ракавици кои спречуваат електричен удар.
- **Заштитна облека и обувки** - Работниците мора да носат антистатичка и огноотпорна водоотпорна облека. Обувките треба да имаат штитници за прсти и ѓонови што не се лизгаат.
- **Заштита на слухот и видот** - Во зависност од работната средина, се користат антифони (заштита од бучава) и заштитни очила за да се спречи навлегување на прашина, метални честички и ветер во очите.
- **Респираторна заштита** - При работа со хемиски агенси, како што се антикорозивни средства или бои за метални делови, се користат маски со филтри против испарување.

ЗАДОЛЖИТЕЛНА ЗАШТИТНА ОПРЕМА							
Шлем	Работна облека	Заштитни обувки	Заштитни ракавици	Заштитни очила	Антифони	Респиратор	Заштитен елек
							



Пример за безбедносно врзување за фиксни точки за работа на висина

Колективна заштитна опрема

Покрај личната заштита, на градилиштето на ветерната фарма се поставува и колективна заштитна опрема, што ги намалува ризиците за сите работници.

- Безбедносни бариери и заштитни мрежи – Поставени околу критичните области за да се спречи пад на алатки и материјали од висина.
- Системи за заштита од удари од гром - Инсталацијата на ветерни турбини вклучува работа со метални компоненти на отворен простор, па затоа посебно внимание се посветува на заштитата од удари од гром преку заземјени конструкции и одводници на пренапон.
- Сигнализација и обележување на работните зони - Обележувањето на опасните области со рефлектирачка лента и безбедносни знаци го намалува ризикот од несреќи и судири со тешка опрема.
- Помошни системи за кревање и ракување со товари - Вклучува дигалки, витла, кранови и специјализирани системи за транспорт на тешки компоненти, за да се намали физичкиот напор на работниците и ризикот од повреди.



Пример за безбедносна бариера монтирана директно на врвот на гондолата

- **Имплементација на стандардни оперативни процедури (СОП)** - Работниците мора да ги следат дефинираните процедури за безбедно ракување со опремата, вклучувајќи ги правилата за исклучување, забравување и означување на електрични уреди (LOTO) за да се спречат ненамерни стартувања на системот.

Мерки за вонредни ситуации и планови за евакуација

Покрај стандардната заштитна опрема, секој тим што работи на инсталација и демонтажа на ветерната фарма мора да биде запознаен со процедурите за итни ситуации.

- **План за евакуација од гондолата и кулата** – Во случај на пожар, електричен дефект или други инциденти, работниците мора да имаат пристап до патеки за евакуација и системи за брзо спуштање.
- **Комплет за прва помош и дефибрилатор**- Првата помош мора да биде достапна на лице место, вклучувајќи и дефибрилатор (AED) за итни случаи на срцев удар.
- **Обука за спасување од висина** - Сите работници кои работат на турбината мора да бидат обучени за употреба на опрема за евакуација, како што се јажиња за самостојно спуштање или специјални корпи за спуштање на повредените.

Употребата на соодветна заштитна опрема и спроведувањето на безбедносните процедури се од клучно значење за спречување на несреќи и заштита на животите на работниците кои работат на изградба, одржување и демонтажа на ветерни електрани. Спроведувањето на овие мерки придонесува за ефикасно и безбедно извршување на сите работи во рамките на електраната.



ВЕЖБА

Лична или колективна заштитна опрема во ветерните електрани.

Изработете семинарска работа за лична или колективна заштитна опрема што се користи на градилиштето за ветерни фарми.



КВИЗ

Квиз 6—Проверка на знаење за заштитна опрема и средства:

<https://forms.office.com/e/f2iVZFZD6V>.

6. ИЗВЕДБА НА ЕЛЕКТРИЧНИ ИНСТАЛАЦИИ НА ВЕТЕРНИ ЕЛЕКТРАНИ

6.1. Видови и основни елементи на електрични инсталации на ветерни електрани

Изведувањето на електрични инсталации на ветерни електрани вклучува широк спектар на системи и компоненти неопходни за стабилно и безбедно работење на електраната. Овие инсталации вклучуваат инсталација за напојување, инсталација за контрола, управување и сигнализација, инсталација за заземјување и громобранска заштита, инсталација за осветлување, инсталација за противпожарна заштита, инсталација на камери за надзор и системи за контрола на пристап.

Во електричните инсталации се користат различни елементи, вклучувајќи спроводници и кабли, прекинувачи, осигурувачи, сензори, мерни инструменти, заштитни уреди, контролери, елементи за заземјување и заштита од гром, светлосни индикатори, електронски брави и уреди за идентификација. Секој од овие елементи има специфична улога во функционирањето на системот и мора да биде правилно инсталиран и поврзан за да се обезбеди сигурност и безбедност на постројката.

Видовите спроводници и кабли што се користат во ветерните фарми вклучуваат неизолирани спроводници, енергетски изолирани спроводници, нисконапонски енергетски кабли (до 1kV), контролни и сигнални кабли и заземјувачки спроводници. За нивно правилно склопување се користат разни додатоци за кабли, како што се капачиња за кабли, глави за кабли, конектори за кабли, кабелски навртки и стеги за кабли.

Покрај тоа, изведувањето на електрични инсталации бара употреба на соодветни материјали за инсталација, вклучувајќи разводни кутии, цевки, заштитни цевки, стеги, приклучоци, конектори, стеги и завртки. Правилната организација и инсталација на кабелските водови се клучни за ефикасно функционирање на системот, а за таа цел се користат кабелски конструкции како што се кабелски канали, полица за кабли, флексибилни кабелски цевки, кабелски мостови, држачи за кабли и кабелски снопови.

6.2. Монтирање на кабелски конструкции и поставување кабли на електрични инсталации на ветерни електрани

Постапка за монтирање на кабелски конструкции

Монтажата на кабелските конструкции започнува со планирање на трасата и положбата на каблите. Се анализира теренот, се избегнуваат пречките и се осигурува дека каблите нема да бидат изложени на опасности како што се корозија или физичко оштетување. Врз основа на потребите на ветерната електрана, се дизајнираат видот на каблите и видот на кабелските конструкции (канали, подземни инсталации, разводни кутии).

Подготовката на материјалите вклучува избор на кабли според потребите за пренос на енергија, земајќи ги предвид нивоата на напон и спецификите на теренот. Се користат соодветни носачи, канали, столбови и други конструкции во зависност од видот на инсталацијата (надземна или подземна).

Подготовката на кабли и носачи вклучува сечење на каблите на потребната должина, чистење и заштита од временски услови. Доколку каблите се поставуваат на носачи или во канали, се монтираат потребните носачи или бетонски и метални конструкции.

Поставувањето кабли може да биде под земја или над земја. Во случај на подземно поставување, рововите се копаат на предвидената траса, почитувајќи ги минималните длабочини, така што каблите се заштитени од надворешни влијанија. Каблите се поставуваат во ровови, обезбедувајќи минимално растојание помеѓу различните видови кабли. Во случај на надземно поставување, каблите се прицврстуваат на носачи или столбови со соодветно растојание и заштита од временски услови.

Поврзувањето на каблите се изведува во спојни кутии или разводни кутии со употреба на водоотпорни конектори и изолатори, со што се обезбедува квалитетно поврзување според стандардите за електрична инсталација.

Тестирањето и верификацијата вклучуваат тестирање на изолацијата, континуитетот и нивоата на напон за да се обезбеди интегритет на системот. Потоа следат завршни работи како што се инсталирање заштита на споевите, означување на каблите и документирање на инсталацијата.

Постапка за поставување и обележување на кабли

Пред поставувањето на каблите, потребно е да се направи соодветен избор на видовите кабли според нивната намена:

- Напојувачките кабли пренесуваат електрична енергија со голема моќност.
- Контролните кабли овозможуваат следење и контрола на работните параметри на системот.
- Контролните кабли ги поврзуваат системите за контрола и автоматизација на ветерните турбини.
- Сигналните кабли се користат за пренос на податоци помеѓу различни системски компоненти.

Поставувањето на каблите започнува со проверка на подготвените кабелски конструкции. Потоа каблите се поставуваат во кабелски канали, решетки, мостови или флексибилни цевки, водејќи сметка да се заштитат од физичко оштетување.

Означувањето на каблите е од суштинско значење за идентификување и одржување на инсталациите:

- **Боја и ознаки на кабелот** - секој тип на кабел има специфични бои што овозможуваат лесна идентификација (на пр., каблите за напојување се црни или кафеави).
- **Ознаки** - каблите може да имаат трајни ознаки со информации за видот, номиналниот напон и функцијата на кабелот.
- **Ознаки на спојките и разводните кутии** - јасно означени точки на влез и излез за полесно одржување и решавање проблеми.
- **Ознаки на земјата за подземни инсталации** - употреба на бои, ленти или знаци за означување на присуство на кабли под земја.

По поставувањето и обележувањето, нивоата на напон, сигналите и континуитетот се тестираат за да се обезбеди правилно функционирање на системот. Овие процедури обезбедуваат долгорочна сигурност и безбедност на инсталациите за ветерната енергија.

Изработката на завршетоци на каблите за енергетски, контролни и сигнални кабли во ветерни фарми е многу важен чекор бидејќи обезбедува правилен пренос на електрична енергија и сигнали помеѓу различните системски компоненти, како и безбедноста и сигурноста на целиот електроенергетски систем. Завршетоците на каблите се изработени на начин што обезбедува цврсти, безбедни и сигурни електрични врски. При стегање на краевите на каблите, дисипацијата на моќност, т.е. загубите на енергија поради електричниот отпор на врската, игра клучна улога во ефикасноста и безбедноста на енергетските инсталации. Лошо извршените врски можат да предизвикаат зголемен минлив отпор, што доведува до загревање на контактната точка и потенцијални дефекти во системот.

Влијание на преоден отпор врз перформансите на системот:

- **Зголемена дисипација на топлина** – Лошо свитканиот спој создава локализирано загревање, што може да предизвика деградација на изолацијата и забрзано стареење на материјалот.
- **Намалена ефикасност на преносот на електрична енергија** – Повисокиот отпор во споевите значи дополнителни загуби на енергија, што може негативно да влијае на работата и стабилноста на ветерната фарма.
- **Ризик од механичко слабеење на спојот** - Недоволно затегнатите или несоодветно изведените свиткани споеви можат да ослабнат со текот на времето поради вибрации и термички циклуси, што ја зголемува можноста за кинење на проводникот.
- **Зголемен ризик од пожар** – Високите температури при лоши врски може да предизвикаат прегревање на каблите и потенцијално запалување.

Препораки за правилно стегање:

- Користење на соодветна алатка за стегање во согласност со препораките на производителот.
- Примена на соодветни елементи за поврзување (кабелски приклучоци, конектори) изработени од материјали компатибилни со проводникот.
- Мерењето на отпорноста на спојот по стегањето е завршено за да се обезбеди минимална дисипација на енергија.
- Примена на термичка инспекција (на пр. термички камери) за откривање на можни проблематични врски за време на експлоатацијата на системот.

Правилно изведените завршетоци на каблите гарантираат безбедно и ефикасно работење на електроенергетскиот систем на ветерните фарми, намалувајќи ги загубите и продолжувајќи го животниот век на опремата.

Пример за постапката за изработка на завршетоци на кабли за енергетски кабли претставена чекор по чекор.

Кај енергетските кабли, важно е завршетоците да бидат цврсти, правилно изолирани и заштитени од надворешни фактори.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Направете го завршетокот на кабелот за напојување со почитување на правилните чекори за подготовка, обработка и поврзување на проводниците.

Материјал и алатки:

- Напојувачки кабли со соодветен дел,
- Алатка за отстранување на изолација (нож за кабел, клешти за отстранување на изолација),
- Стеги и навртки за кабел,
- Алатка за стегање,
- Термособирачки цевки или изолациона лента,
- Мултиметар или тестер за континуитет,
- Заштитна опрема (ракавици, заштитни очила).

Постапка:

1. Подготовка на работното место

- Проверете дали работното место е чисто и добро осветлено.
- Подгответе ги сите потребни алатки и материјали.

2. Отстранување на надворешна изолација (обвивка)

- Внимателно отстранете ја надворешната обвивка на кабелот во должина од 3 до 4 см користејќи ја алатката за отстранување на изолацијата.
- Внимавајте да не ги оштетите внатрешните проводници.

3. Отстранување на изолацијата на проводникот

- На секој проводник, отстранете ја изолацијата до должината потребна за поставување на спојните стеги (обично од 1 до 2 см).
- Проверете дали има некакви оштетувања на јадрата на кабелот.

4. Инсталација на навртки или спојни стеги

- Поставете соодветни навртки или стеги на голите краеве на проводниците.
- Користете алатка за стегање за да обезбедите цврсто прицврстување.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

5. Изолација на споевите

- Покријте ги споевите со термособирачки цевки или изолациона лента за да обезбедите заштита од влага и механички влијанија.
- Проверете дали изолацијата е добро прицврстена и дали ги остава откриените метални делови.

6. Тестирање на споеви

- Користете мултиметар или тестер за континуитет за да ја проверите исправноста на споевите.
- Осигурајте се дека споевите се цврсти и дека нема губење на контакт.

7. Правилно складирање на отпадниот материјал

- Сортирајте ги различните видови на отпад.
- Правилно пакувајте, етикетирајте и складирајте го отпадот во согласност со еколошките стандарди.

8. Чувајте ги користените алатки на соодветно место

Конечна проверка:

- Извршете визуелна и функционална контрола на споевите.
- Осигурајте се дека завршетоците на кабелот ги исполнуваат стандардите за безбедност и квалитет.

Поврзувањето на енергетските, контролните и сигналните кабли во ветерните фарми мора да се направи многу внимателно за да се обезбеди сигурност и безбедност на целиот енергетски систем. Овој процес вклучува различни видови на поврзувања и употреба на специјализирани компоненти за секој вид кабел.

Поврзување на енергетски кабли

Поврзувањето на енергетските кабли е клучен чекор во обезбедувањето стабилен пренос на енергија. Првиот чекор во овој процес е подготовка на потребните алатки и материјали, вклучувајќи ги енергетски кабли со среден и висок напон, приклучни терминали, стеги, алатки за стругање и кримпување (стегање), како и водоотпорни кутии и изолациски материјали.

При отстранување на надворешната изолација, се користи соодветна алатка за отстранување на изолацијата до потребната должина, обично помеѓу 10 и 15 сантиметри, во зависност од спецификите на спојот. Важно е да се внимава да не се оштети внатрешната изолација или проводникот. Потоа, се отстранува внатрешната изолација од проводникот, обично околу 1 до 2 сантиметри, оставајќи доволно жица за подоцнежното поврзување со конекторот.

Спојките се поставуваат на голите проводници, кои можат да имаат различни форми, како што се тркалезни или плочести отвори. Овие споеви обезбедуваат безбеден и стабилен електричен контакт помеѓу проводникот и спојката. Нивното прицврстување може да се изврши со стегање или навртување. Доколку се користат спојки за стегање, тие треба да се стегнат со соодветна алатка за да се обезбеди цврст механички спој. Во случај на спојки со завртки, прицврстувањето се врши со затегнување на завртката, каде што е важно да се избегне прекумерно затегнување за да не се оштети проводникот.

Откако ќе се прицврстат споевите, тие се изолираат со соодветни материјали како што се ПВЦ или силиконски цевки, кои го штитат споевите од надворешни влијанија како што се влага и хемикалии. Покрај тоа, споевите можат да се обезбедат со силикон или термофолии за да се обезбеди долгорочна заштита од пенетрација на вода.

Последниот чекор во постапката е тестирање на поврзувањето со помош на електричен мултиметар или друг соодветен уред, со цел да се провери континуитетот и исправноста на поврзувањето, со што се обезбедува сигурноста и безбедноста на енергетскиот систем.



Поврзување на енергетски кабли

Поврзување на сигнални и контролни кабли

Поврзувањето на сигналните и контролните кабли е клучно за да се обезбеди стабилен и точен пренос на нисконапонски сигнали што ја контролираат работата на системот. Првиот чекор во овој процес вклучува подготовка на потребните алатки и материјали, вклучувајќи повеќежични сигнални и контролни кабли, стеги и конектори за мали проводници, алатки за отстранување и стегање и заштитни материјали за изолација на споевите.

Отстранувањето на надворешната изолација се врши со помош на алатка за отстранување на изолацијата, при што изолацијата се отстранува од обвивката на кабелот во должина од 3 до 5 сантиметри. Потоа, внатрешната изолација се отстранува од поединечните жици во внатрешноста на кабелот, оставајќи доволно голи проводници за поврзување.

Поврзувањето на сигналните и контролните кабли се врши со помош на мали стеги или конектори прилагодени за тенки проводници. Овие конектори, кои можат да бидат во форма на жичени спојки или мали конектори, овозможуваат поврзување на жиците со контролен уред или прекинувач. Кога жиците се поставуваат во конекторите, се користи алатка за стегање за да се обезбеди цврста врска помеѓу проводникот и конекторот. Во случај на завртки, жиците се прицврстуваат со завртување, каде што е важно да се обезбеди добар контакт без прекумерно затегнување.



Поврзување на сигнални и контролни кабли

Откако ќе се заврши поврзувањето, спојките се изолираат со ПВЦ или силиконски обвивки за да се обезбеди заштита од надворешни влијанија. Последниот чекор во процесот вклучува тестирање на функционалноста на сигналните и контролните системи за да се потврди точниот одговор на сигналните врски. Тестирањето се врши со помош на уреди за мерење на сигнали и напони, што ја обезбедува сигурноста и стабилноста на целиот систем.

Спојувањето на каблите во ветерните фарми бара внимателно и прецизно извршување за да се обезбеди долгорочна сигурност на системот. Каблите за напојување, контролните и сигналните кабли имаат различни барања, но сите врски мора да бидат безбедно направени, заштитени од надворешни влијанија и тестирани за да се обезбеди исправност.

6.3. Монтажа на разводни и контролни панели, ормари и пултови на електрични инсталации на ветерни електрани

Разводните и контролните панели, ормарите и пултовите на електричните инсталации во ветерните фарми играат клучна улога при управувањето, контролата и заштитата на сите енергетски системи во рамките на ветерната фарма. Нивната намена и функционалност се од суштинско значење за правилното функционирање на системот, безбедноста и сигурноста на работата.

Разводни табли и ормари

Разводните табли (или разводните ормари) во ветерните фарми служат како централна точка за дистрибуција на електрична енергија во рамките на системот на ветерните фарми. Овие компоненти овозможуваат безбедно и ефикасно управување со електричната енергија произведена во ветерните турбини со цел да се дистрибуира енергијата до други делови од системот.

Намената на разводните табли е да дистрибуираат електрична енергија. Тие примаат електрична енергија од ветерни турбини (или други извори) и ја дистрибуираат до различни потрошувачи во системот, како што се електрични мотори, генератори, греење, контролни системи и друго. Разводните табли содржат заштитни уреди како што се осигурувачи, прекинувачи, релеи и заштитни склопки кои спречуваат преоптоварување, кратки споеви и други безбедносни инциденти. Исто така, тие овозможуваат следење на состојбата на системот. Тие често вклучуваат системи за следење и контрола (на пр. SCADA системи) кои овозможуваат далечинско следење на состојбата на електричните компоненти, како и далечинско вклучување или исклучување на одредени делови од системот.

Контролни панели и ормари

Контролните панели и ормари во ветерните електрани овозможуваат управување и следење на работата на ветерните турбини и помошните системи. Преку нив, операторите можат рачно да ја контролираат и следат работата на електраната, а во исто време се интегрирани со автоматизирани системи и далечинско управување. Користејќи прекинувачи, копчиња и дисплеи, контролните панели овозможуваат вклучување и исклучување на ветерните турбини, поставување на оперативни параметри и следење на перформансите на системот.

Контролните ормари се поврзани со сензори и мерни уреди кои ги следат клучните параметри како што се брзината на ветерот, генерациската моќност, температурата на опремата, напонот и струјата. Покрај тоа, тие се опремени со сигнални системи кои предупредуваат за потенцијални дефекти или неправилности преку звучни аларми, светлосни индикатори или пораки на екранот.

Автоматизираниите системи како што се SCADA платформите често се користат за ефикасно управување со ветерни фарми, што овозможува следење и контрола во реално време. Во овој контекст, контролните панели служат како интерфејс помеѓу операторот и системот, овозможувајќи прецизна и безбедна контрола на работењето на електраната, што овозможува брз одговор на промените и тешкотиите во системот.



Контролни ормари и табли

Пултови и контролни станици

Контролните пултови или контролните станици се користат за посложени функции за следење и контрола, особено во големи ветерни фарми или оние што се дел од поголем енергетски поврзан систем. Овие пултови овозможуваат централизирано управување и следење на сите системи на ветерните фарми.

Пултовите служат како централен систем за следење и управување со сите функции на ветерната фарма, вклучувајќи вклучување и исклучување на ветерните турбини, следење на оперативните параметри, управување со енергетскиот биланс и прилагодување на производството на енергија. Контролните станици овозможуваат далечинско управување и следење на ветерната фарма, што е особено важно за ветерните фарми лоцирани во оддалечени или тешко достапни подрачја.

Овие пултови им овозможуваат на операторите пристап до дијагностички информации во врска со состојбата на опремата и можат да овозможат препознавање на проблемите пред да станат сериозни, помагајќи во превентивното одржување.



Контролна станица

Безбедност и сигурност

И разводните и контролните табли, ормарите и пултовите мора да бидат дизајнирани така што ќе обезбедат високо ниво на безбедност и заштита. Ова вклучува:

- **Заштита од преоптоварување и краток спој:** Со интегрирање на безбедносни уреди како што се прекинувачи и осигурувачи.
- **Заштита од надворешни услови:** Опремата мора да биде заштитена од влага, прашина, екстремни температури и хемикалии, а може да има куќишта со соодветни IP стандарди (на пр. IP65) за заштита од надворешни влијанија.
- **Физичка безбедност:** Користење на брави и други безбедносни мерки за спречување на неовластен пристап.

Разводните и контролните табли, ормарите и пултовите во ветерните фарми овозможуваат ефикасно управување, дистрибуција и следење на електричната енергија, како и заштита на системот од дефекти и неисправности. Овие компоненти им овозможуваат на операторите брзо да реагираат на промените во системот, да ја одржуваат безбедноста и сигурноста и да го оптимизираат работењето на ветерната фарма, со што се обезбедува максимална ефикасност во производството на енергија и се намалуваат потенцијалните ризици.

Основни елементи за електрична инсталација што се инсталираат во разводни и контролни табли, ормари и пултови се прекинувачи, склопки, осигурувачи, контактори, мерни уреди (напон, струја, моќност, енергија, фреквенција), сензори (температура, вибрации, бучава), одводници на пренапон, заштитни релеи, контролни уреди (PLC, софтвери, регулатори), сигнални уреди (LED индикатори, звучни аларми) и други.



Мерни уреди



Прекинувачи, склопки, осигурувачи, Одводници на пренапон, заштитни релеи



Сигнални уреди



Контролни уреди



Сензори

Инсталацијата на разводни и контролни табли, ормари и пултови, како и поврзувањето на елементите од електричната инсталација во ветерните фарми е важна од аспект на обезбедување правилно функционирање, безбедност и ефикасност на енергетските системи. Оваа постапка вклучува монтирање на опремата, поврзување на компонентите за ожичување и тестирање на сите системи за да се обезбеди сигурно функционирање на целиот систем.

Монтажа на разводни и контролни табли, ормари и пултови

Подготовката за монтажа на разводни и контролни табли, ормари и пултови започнува со избор на соодветна локација. Просторот мора да биде сув, лесно достапен и заштитен од надворешни влијанија како што се прашина и влага, со доволно простор за поставување на сите потребни елементи. Клучните фактори при изборот на локација вклучуваат соодветна вентилација за да се спречи прегревање на опремата, безбедносни барања што овозможуваат безбеден и непречен пристап за техничкиот персонал и заштита од надворешни фактори, при што, во зависност од околината, се користат заштитни куќишта со соодветна IP заштита, на пр. IP65 за надворешна инсталација.

По подготовката на локацијата, започнува монтажата на основните елементи за електричната инсталација. Разводните табли се поставуваат на таков начин што овозможуваат лесен пристап до сите компоненти, а нивната инсталација вклучува вградување на електроинсталациски кутии за осигурувачи, прекинувачи, склопки и други уреди неопходни за заштита и дистрибуција на енергија. Контролните уреди, како што се релеи, автоматизирани прекинувачи, системи за следење и контрола и интерфејс за далечинско управување, се инсталирани во контролните ормари. Пултовите и контролните станици се поставени на централни локации, така што операторите можат ефикасно да управуваат со сите функции на ветерната фарма. Овие елементи вклучуваат дисплеи, копчиња, прекинувачи и комуникациски уреди потребни за следење и контрола.

Завршниот дел од монтажата вклучува поставување на вратата и куќиштето на секоја табла, ормар или пулт, со што се обезбедува безбеден пристап до внатрешните компоненти, но во исто време се спречува и неовластен влез. Во зависност од видот на уредот, вратата може да има стаклени прозорци за визуелно следење, заштита од прашина и влага и алармни системи што сигнализираат обиди за неовластено отворање. Оваа заштитна мерка придонесува за безбедноста и сигурноста на електричните инсталации во ветерните фарми.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача: Учесниците мора да ја склопат разводната табла и/или контролната табла според дадените технички спецификации

Материјали и алатки:

- Разводна/контролна табла,
- Елементи за електрична инсталација (прекинувачи, осигурувачи, склопки, контактори, мерни уреди, сензори, одводници на пренапон, заштитни релеи, контролни уреди, сигнални уреди),
- Завртки, типли и материјал за прицврстување,
- Алатки за дупчење и склопување (дупчалка, шрафцигери, клучеви),
- Изолациски материјал (изолациски цевки, ленти),
- Мултиметар за проверка на исправноста на врските,
- Заштитна опрема (ракавици, заштитни очила)

Постапка за извршување:

1. Подготовка на работното место

- Погрижете се местото за инсталација да биде суво, проветрено и лесно достапно.
- Проверете ја техничката документација и планот за склопување.
- Подгответе ги сите потребни алатки и материјали.

2. Инсталација на разводна/контролна табла

- Означете ја точната позиција каде што ќе се монтира таблата.
- Користете дупчалка за дупчење дупки за сврзувачки елементи.
- Поставете ја таблата и прицврстете ја со соодветни завртки и типли.

3. Инсталација на елементи за електрична инсталација

- Инсталирајте заштитни прекинувачи, осигурувачи и склопки според дадената шема.
- Инсталирајте мерни уреди (напон, струја, моќност, енергија, фреквенција).
- Инсталирајте сензори и заштитни елементи (пренапонски одводници, релеи).
- Инсталирајте контролни уреди (PLC, меки стартери, регулатори).
- Инсталирајте сигнални уреди (LED индикатори, звучни аларми).

4. Поврзување на елементи за електрична инсталација

- Поврзете ги напојувањето, контролните и сигналните линии според техничките спецификации.
- Обезбедете правилно поврзување и организирање на каблите во таблата.
- Проверете ја исправноста на спојките и осигурајте се дека е направена соодветна изолација.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

5. Инсталација на заштитни капацы и врати

- Инсталирајте капацы и заштитни панели за да ја осигурите безбедноста на системот.
- Проверете дали сите елементи се правилно прицврстени и затворени.

6. Тестирање и верификација

- Користете мултиметар за да го проверите континуитетот и исправноста на врските.
- Тестирајте ги заштитните и контролните компоненти.
- Симулирајте ја работата на системот за да ја проверите функционалноста на сите елементи.

Конечна проверка:

- Визуелно проверете ги сите споеви и прицврстени елементи.
- Документирајте ја постапката и евидентирајте ги сите неправилности.
- Осигурајте се дека се исполнети сите безбедносни стандарди.

6.4 Поврзување на елементи за електрична инсталација во разводни и контролни табли, ормари и пултови

Поврзувањето на елементите од електричната инсталација во разводните и контролните табли, ормари и пултови мора да се изврши во согласност со безбедносните и техничките стандарди. Важно е да се обезбеди правилно поврзување на сите компоненти, да се воспостават приклучоци за напојување и да се имплементираат системи за заштита и контрола.

Планирањето и подготовката на електричните инсталации започнува со проверка на техничките цртежи и шемите за поврзување, кои јасно го опишуваат распоредот на уредите, прекинувачите, релеите, терминалите и останатите елементи на електричната инсталација. Изборот на соодветни проводници е клучен за сигурноста на системот, земајќи ги предвид максималното оптоварување, видот на инсталацијата и заштитните мерки.

Поврзувањето на заштитните уреди вклучува правилна инсталација на осигурувачи, прекинувачи и склопки за да се спречи преоптоварување или краток спој. Осигурувачите се поставуваат на влезот во разводната табла за заштита од краток спој и преоптоварување, додека автоматските прекинувачи овозможуваат автоматско исклучување на напојувањето во случај на неправилности во системот. Исто така, заштитата од пренапон го намалува ризикот од оштетување на опремата поради пренапонски скокови.

Поврзувањето на напојувачките и контролните водови значи поврзување на главниот извор на енергија со главниот прекинувач или осигурувач, од каде што енергијата се дистрибуира до различните компоненти преку соодветните кабли. Контролните водови ги поврзуваат сигналните и контролните уреди во контролната табла, овозможувајќи далечинско управување и автоматско префрлување на различни режими на работа.

Контролните уреди, како што се релеи, прекинувачи и сензори, се поврзуваат со контролни и сигнални линии за да овозможат автоматски промени на состојбата на системот врз основа на работните параметри. Сензорите се интегрирани со уреди за следење и контрола, овозможувајќи следење на клучните параметри како што се температурата, напонот, струјата и брзината на ветерот.

Секоја разводна табла или контролна табла мора да биде опремена со соодветен проводник поврзан со системот за заземјување на ветерната фарма. Оваа компонента обезбедува безбедно отстранување на напонски пренапони или електрични дефекти кон земјата, со што се подобрува безбедноста на системот.



Внатрешност на гондолата на ветерна турбина

Откако ќе заврши поврзувањето, тестирањето и проверката на спојките се клучни чекори за обезбедување на исправноста на системот. Електричното тестирање вклучува проверка на континуитетот, изолацијата и исправноста на сите спојки со помош на мултиметар или специјализирани уреди. Визуелната инспекција вклучува проверка на сите спојки и жици за да се обезбеди исправност на инсталацијата, цврстина на спојките, уредност и безбедност на целиот систем за електрична инсталација.

6.5. Изведуваче на заземјување и громобранска заштита на ветерни електрани

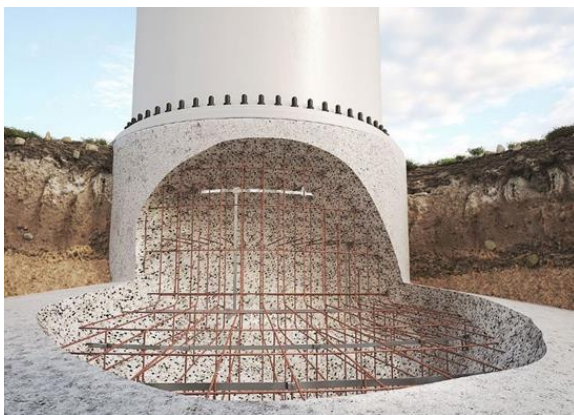
Во ветерните фарми, системите за заземјување играат клучна улога во безбедноста, стабилноста и заштитата на енергетската опрема и луѓето. Системот за заземјување овозможува безбедно отстранување на електричните струи во случај на дефект, го намалува ризикот од електричен удар и обезбедува правилно функционирање на системот. Постојат различни видови на системи за заземјување, секој дизајниран за специфична функција во рамките на ветерната фарма.

Систем за заземјување на ветерни турбини

Системот за заземјување на ветерната турбина е од големо значење за безбедноста на самата турбина, опремата и луѓето. Главната функција на заземјувањето на ветерната турбина е да обезбеди безбеден проток на струја во случај на дефект (на пр. краток спој или удар од гром).

Ветерните турбини обично имаат уред за заземјување вграден во темелите на турбината. Ова обично се постигнува со поврзување на металните делови од темелот со системот за заземјување. Системот за заземјување на темелот може да користи челични арматури во бетон или метални цевки поставени во земјата, кои се поврзани со металните делови на турбината (на пр. рамка или куќиште на генераторот).

Кај ветерната турбина, заземјувачката жица ги поврзува металните делови (како што се куќиштето на генераторот и придружната опрема) со системот за заземјување на темелите. Ветерните турбини често имаат систем за заштита од гром кој вклучува заземјувачки електроди поврзани со металните делови на турбината и системот за заземјување.



Заземјување на ветерни турбини

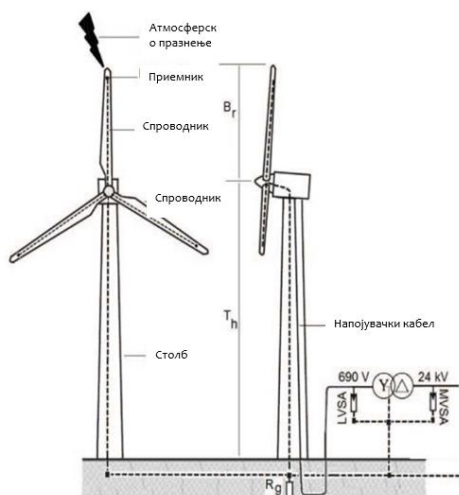
Заземјувачки систем на трансформаторски станици

Трансформаторските станици во ветерните фарми се користат за трансформирање на напонот на електричната енергија со цел да се овозможи правилна дистрибуција до електричната мрежа. Системот за заземјување на трансформаторските станици ја обезбедува безбедноста на опремата, заштитата од дефекти и стабилноста на системот.

Во трансформаторите и другите уреди во станицата се користи систем за заземјување, што обезбедува безбеден проток на струја во случај на дефект. Обично почвата се користи како заземјување, а метални прачки или плочи се поставуваат во земјата околу станицата. Металните делови на трансформаторот (како што се метални рамки и куќишта) се поврзани со системот за заземјување преку жици што одат до електроди за заземјување (челични шипки или мрежи) во земјата.

Во големите трансформаторски станици, честопати е неопходно да се користат повеќе заземјувачки електроди за распределба на енергијата во случај на краток спој и намалување на ризикот од преоптоварување. Системот за заземјување на трафостаницата, исто така, помага да се заштити опремата од пренапони што можат да се појават поради гром или други пречки.

Поради истакнатоста на ветерните турбини на локации со голема надморска височина, потребно е да се обезбеди сеопфатна заштита од атмосферски празнења и пренапони. Веројатноста да бидете погодени од атмосферско празнење се зголемува линеарно со висината, па затоа заштитата е од големо значење за ветерните турбини со голема моќност, а воедно и на големи височини.



Систем за заземјување во случај на директен удар од гром

Системот за заземјување на електричната мрежа на ветерната електрана

Електричната мрежа на ветерната фарма ги поврзува ветерните турбини, трансформаторските станици и останатата опрема и овозможува дистрибуција на произведената енергија кон јавната мрежа. Системот за заземјување на електричната мрежа ја обезбедува стабилноста и безбедноста на целиот систем.

Во ветерните фарми, може да постои централизиран систем за заземјување кој ги поврзува сите компоненти на системот (ветерни турбини, трансформаторски станици, водови и уреди) со заеднички систем за заземјување. Електричните инсталации и опремата во мрежата се поврзани со земјата преку заземјувачки проводници. Овие проводници служат за да се обезбеди безбеден тек на струјата до земјата во случај на дефект.

Мрежните заземјувачки уреди обично се состојат од повеќе заземјувачки електроди, како што се метални шипки, плочи и мрежи поставени во земјата. Во зависност од големината на ветерната фарма, овие заземјувачки уреди можат да се постават по целата должина на објектот.

Системот за заземјување на мрежата вклучува и заштита од електрични удари (гром) со помош на пренапонски заштитници, кои овозможуваат безбедно насочување на напонските удари кон земјата. Системот за заземјување мора редовно да се тестира за да се обезбеди исправноста на сите врски, а во оваа врска се користат уреди за тестирање на континуитетот на заземјувањето.

Видови електроди во заземјувачките уреди

Во сите горенаведени системи се користат различни видови на заземјувачки електроди. Некои од почестите видови на електроди се:

- **Метални шипки:** Челични шипки поставени во земјата, кои се добро поврзани со системот.
- **Метални плочи:** Позлатени метални уреди за заземјување вградени во земјата, често користени во области со слаба спроводливост на почвата.
- **Мрежни системи:** Во некои случаи, се користи мрежен систем од челични жици, челични ленти или плочи инсталирани во земјата.

Заштита од пренапон

Покрај основното заземјување, заштитата од пренапон е исто така многу важна во ветерните фарми, бидејќи системите мора да бидат заштитени од пренапонски бранови, особено поради молњи. Се користат уреди како што се пренапонски заштитници (SPD). Овие уреди го намалуваат преносот на пренапон кон опремата и го насочуваат вишокот енергија во системот за заземјување.

Системите за заземјување во ветерните фарми, вклучувајќи го и заземјувањето на ветерните турбини, трансформаторските станици и електричните мрежи, играат клучна улога во обезбедувањето на безбедноста на луѓето и заштитата на опремата од дефекти и оштетувања. Во зависност од големината и спецификите на ветерната фарма, системите за заземјување можат да бидат многу сложени, но тие секогаш мора да бидат дизајнирани и изведени според строги безбедносни стандарди за да се обезбеди сигурност на системот и да се минимизираат ризиците од електричен удар и други електрични опасности.

6.6. Мерење и контрола на перформансите на компонентите на ветерната турбина

Мерењето и контролата на перформансите на компонентите на ветерната турбина е од суштинско значење за ефикасно работење на системот и спречување на дефекти. Процесот вклучува тестирање на техничките параметри за време на работата и по инсталацијата за да се обезбедат оптимални перформанси и безбедност на системот.

Мерење на техничките параметри на компонентите на ветерните турбини

- **Брзина на ветерот и перформанси на лопатките** – Анеометрите и крилата ги мерат влезните параметри на ветерот за да ја оптимизираат аеродинамиката на лопатките.
- **Вибрации и стабилност на роторот** – Сензорите за вибрации ја следат рамнотежата на роторот и укажуваат на можни механички оштетувања.
- **Температура на лежиштата и генераторот** - Термичките сензори детектираат прегревање на критичните делови.
- **Напон и струја на генераторот** - Анализата на електричните параметри обезбедува стабилно производство на енергија.
- **Ефикасност на преносниот систем** - Мерењето на вртежниот момент и моќноста овозможува оптимизација на работата на менувачот и генераторот.
- **Систем за копирање и безбедност** – Се тестира функционалноста на хидрауличните и механичките копирачки.

Пуштањето во употреба и тестирањето на инсталираните компоненти се врши во неколку чекори.

- **Визуелна инспекција** - Се проверува исправноста на споевите, прицврстувањата и интегритетот на конструкцијата.
- **Електрични мерења** – Се тестираат напонот, струјата и континуитетот на проводникот.
- **Функционално тестирање** – Системот за следење и контрола е активиран, проверувајќи ги реакциите на турбините на различни работни услови.
- **Тест на оптоварување** – Работата под максимално оптоварување е симулирана за да се обезбеди стабилност на производството.
- **Анализа на податоци и прилагодување на системот** - Врз основа на добиените резултати, се прават конечни прилагодувања и оптимизација на работата.

Континуираното следење и тестирање на перформансите обезбедуваат долгорочно, сигурно и ефикасно работење на ветерните турбини, намалувајќи го ризикот од непланирани дефекти и застој.

7. ОДРЖУВАЊЕ И МОНИТОРИНГ НА ОПРЕМА ВО ВЕТЕРНИ ЕЛЕКТРАНИ

7.1. Видови одржување и активности во одржувањето на ветерните електрани

Одржувањето на ветерните фарми е клучно за обезбедување на нивно непречено и долгорочно работење, намалување на ризикот од дефекти и оптимизирање на производството на електрична енергија. Постојат два основни вида на одржување на ветерните фарми: превентивно и корективно одржување. Превентивното одржување вклучува редовни активности насочени кон спречување на дефекти и продолжување на работниот век на опремата.



Како дел од ова одржување, се вршат визуелни инспекции, планирани замени на потрошни делови и периодично тестирање. Корективното одржување се однесува на активности што се преземаат по откривање на дефект или неправилност во работењето на системот, а целта е брзо да се дијагностицира и отстрани дефектот за системот да се врати во оптимална работна состојба.

Следењето на работата на ветерните електрани вклучува мерење и анализа на различни параметри. Електричните величини што се следат вклучуваат струја, напон, фреквенција, моќност, електрична енергија и отпор. Покрај електричните величини, важно е да се следат и неелектричните параметри како што се температурата, брзината и насоката на ветерот, протокот на воздух, вибрациите и бучавата, бидејќи тие директно влијаат на перформансите на системот и укажуваат на можни проблеми.

Превентивното одржување вклучува низа активности што придонесуваат за долгорочно и сигурно работење на ветерните турбини. Визуелните инспекции овозможуваат навремено откривање на знаци на абеење, оштетување или неправилности во работењето. Превентивната работа вклучува подмачкување на подвижните делови, чистење на системот и замена на потрошните делови пред да настане дефект. Покрај тоа, се вршат превентивни тестови за состојбата на елементите, вклучително и тестирање на електричните и механичките карактеристики на опремата, со што може да се предвиди потенцијален дефект.



Визуелни инспекции

Корективното одржување се спроведува кога има дефект или проблем со работењето на системот. Дијагностицирањето на дефекти вклучува идентификација на проблемот, лоцирање на дефектот и анализа на основната причина. Потоа, се преземаат мерки за решавање проблеми или замена на неисправните компоненти. По завршувањето на поправката, потребно е да се тестира функционалноста на системот за да се обезбеди исправност, по што ветерната турбина се става во функција.

За прецизно следење на работата на ветерните турбини се користат различни мерни уреди. Електричните величини се мерат со помош на дигитални мултиметри, осцилоскопи, мрежни анализатори, мегаомметри, ватметри и фреквенциски мерачи. Неелектричните величини се следат со помош на термометри, термовизиски камери, анемометри, ветролори, сензори за ориентација, сензори за вибрации и пиранометри.

Секоја извршена визуелна инспекција, превентивна работа или тестирање мора да биде документирано во протоколот за тестирање. Овој документ содржи основни информации за инспекцијата, вклучувајќи го датумот и времето на инспекцијата, името на ветерната фарма и информациите за опремата. Исто така, содржи опис на забележаните проблеми, извршените мерења и вредностите на измерените параметри. Конечно, протоколот дава препораки за идните активности за одржување, со што се обезбедува долгорочна сигурност и безбедност на работењето на системот.

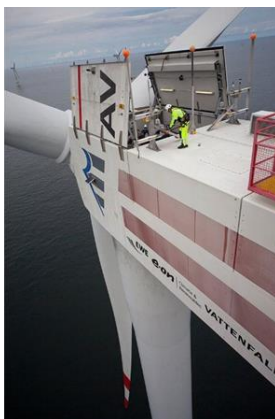
7.2. Превентивни работи за одржување на елементи од ветерни електрани

Превентивното одржување на ветерните фарми е клучно за обезбедување на нивно долгорочно и сигурно работење. Овие активности овозможуваат навремено откривање на потенцијални проблеми и спречување на дефекти што би можеле да доведат до непланиран застој или сериозно оштетување на системот.

Визуелните инспекции претставуваат прв чекор во превентивното одржување и се насочени кон рано откривање на знаци на абеење, корозија, деформации и други неправилности. За време на инспекцијата, темелите се испитуваат со цел да се откријат какви било пукнатини или промени во конструкцијата што би можеле да ја загорзат стабилноста на кулата. Кулата се проверува за корозија, механички оштетувања и лабави врски. Гондолата се анализира за можни протекувања на масло, деформации и неправилности во работата на механичките компоненти. Сечилата се проверуваат за пукнатини, ерозија и други механички оштетувања што можат да влијаат на нивната ефикасност. Системот за сопирање се проверува за да се осигури дека може да ја запре турбината во вонредни ситуации. Преносниот систем се анализира за можни проблеми со лежиштата и вратилата, додека генераторот, електричните врски, каблите и трансформаторите се проверуваат за можни дефекти, прекини во електричните врски и прегревање.

Превентивните работи вклучуваат подмачкување на лежиштата и механичките делови, замена на истрошените или оштетените делови, чистење на елементите, проверка на работата и калибрација на сензорите, мерните уреди и контролните системи, затегнување на споевите и контактите и обновување на антикорозивните премази. Сите овие активности се насочени кон одржување на системот во оптимална состојба и продолжување на неговиот работен век.

Превентивните прегледи на состојбата на елементите се од суштинско значење за рано откривање на потенцијални проблеми. Ултразвучните и вибрационите тестови на лопатките овозможуваат откривање на внатрешни оштетувања што не се видливи со голо око. Тестовите за изолација, вибрации и заземјување на генераторот ја обезбедуваат неговата безбедна и ефикасна функционалност. Проверката на активните аларми на системот за далечинско управување овозможува брз одговор во случај на неправилности. Испитувањето на изолацијата, состојбата на маслото и бучавата на трансформаторот помага да се процени неговата моментална состојба и да се предвидат потенцијални проблеми.



Превентивно одржување на ветерната турбина

Безбедносните мерки при вршење на превентивно одржување вклучуваат употреба на заштитни шлемови, ракавици, заштитни очила, заштитни појаси и специјализирана облека за работа на висина. Покрај личната заштитна опрема, се користат и колективни мерки за заштита како што се заштитни огради и предупредувачки знаци. Сите мерења на електрични и неелектрични величини се вршат со употреба на соодветни мерни уреди, под контролирани услови за да се обезбеди точност на резултатите.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Визуелна инспекција на елементите на ветерната фарма

Извршете визуелна инспекција на клучните елементи на ветерната фарма за да откриете евентуални оштетувања и неправилности.

Материјали и алатки:

- Документација за одржување,
- Инспекциска ламба,
- Камера за документирање на штети,
- Заштитна опрема (шлем, ракавици, безбедносен појас).

Постапка:

1. Подгответе извештај за инспекција и план за инспекција.
2. Проверете ги темелите, кулата, гондолата и крилата за пукнатини, корозија и деформација.
3. Проверете го системот за сопирање, системот за пренос, генераторот, каблите и трансформаторот за можни дефекти.
4. Документирајте ги забелешките и подгответе извештај со препораки.

Задача 2: Мерење на електрични и неелектрични величини

Извршете мерења на карактеристичните параметри на ветерната електрана.

Материјали и алатки:

- Дигитален мултиметар,
- Анеометар,
- Термовизиска камера,
- Протокол за мерење.

Постапка:

1. Поставете ги мерните уреди на соодветните точки.
2. Мерење на напон, струја, фреквенција и моќност.
3. Измерете ја температурата на клучните компоненти.
4. Внесете ги резултатите во протоколот за мерење и анализирајте ги вредностите.

Овие практични вежби можат да се спроведат во соработка со локалната компанија која ја одржува ветерната фарма.

7.3. Корективни работи за одржување на елементи од ветерни електрани

Корективното одржување се спроведува кога ќе се појави дефект на системот, а неговата цел е брзо да се отстрани дефектот и да се врати ветерната фарма во правилна работна состојба. Најчестите причини за дефект вклучуваат механичко оштетување на лопатките поради екстремни временски услови, оштетување на каблите што може да доведе до прекини во напојувањето, дефекти на системот за автоматска контрола што влијаат на правилното функционирање на ветерните турбини, како и активирање на заштита што можат да го исклучат системот поради нестабилност на мрежата.

Отстранувањето на проблеми бара соодветни материјални ресурси, вклучувајќи резервни делови, електрични кабли, осигурувачи, сензори, мазира и специјализирани алатки за поправка. Дијагностицирањето на грешки вклучува анализа на податоците од системот за далечинско следење, употреба на дијагностички уреди за електрични и механички параметри и физички преглед на системот за да се утврди причината за проблемот. Откако ќе се идентификува дефект, се прави обид за негово отстранување, што може да вклучува поправка на оштетените компоненти, замена на неисправни елементи и повторно подесување на системот за автоматска контрола.



Примери за дефекти за корективно одржување

По отстранувањето на дефектот, потребно е да се изврши функционален тест и да се провери работата на сите клучни елементи. Електричните и механичките компоненти се тестираат со употреба на соодветни мерни уреди, додека безбедносните системи се проверуваат под контролирани услови за да се осигури дека правилно реагираат во случај на идни проблеми. Кога сите тестови ќе потврдат правилно работење, ветерната турбина повторно се става во функција, со континуирано следење на нејзините параметри за да се осигури дека нема дополнителни неправилности.

Комбинацијата од превентивно и корективно одржување обезбедува сигурно работење на ветерните фарми, го намалува непланираниот застој и го продолжува животниот век на клучните компоненти на системот.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача: Дијагностицирање на грешки

Идентификувајте системски дефекти со помош на дијагностички алатки.

Материјали и алатки:

- Основна системска документација,
- Мултиметар и осцилоскоп,
- Заштитна опрема.

Постапка:

1. Соберете податоци за дефекти и прегледајте ги системските грешки.
2. Користете мултиметар за да ги проверите електричните параметри.
3. Анализирајте ги резултатите и идентификувајте ја причината за проблемот.

Овие практични вежби можат да се спроведат во соработка со локалната компанија која го одржува ветерниот парк.

7.4. Работи за одржување на електрични инсталации на ветерни електрани

Одржувањето на електричните инсталации на ветерните фарми вклучува низа активности насочени кон обезбедување сигурно и безбедно работење на енергетските системи. Превентивното одржување на електричните инсталации вклучува проверка на сите кабли, приклучоци и споеви за откривање на можни оштетувања или преоптоварувања. Редовното чистење и замена на истрошените компоненти го намалуваат ризикот од дефекти и обезбедуваат стабилност на напојувањето.

Посебно внимание се посветува на одржувањето на системот за заземјување и заштитата од гром. Се проверува исправноста на заземјувањето, отпорноста на корозија и квалитетот на приклучоците, а сите идентификувани проблеми веднаш се отстрануваат за да се обезбеди безбедност на системот во случај на удар од гром.

Превентивното одржување на разводниот ормар и таблата за поврзување со електричната мрежа вклучува проверка на сите електрични приклучоци, замена на истрошените осигурувачи и тестирање на функционалноста на заштитните уреди. Секоја неисправност може да предизвика прекини во системот, затоа е потребно редовно тестирање и одржување.

Мерењата на отпорот на изолацијата и заземјувањето се клучни чекори во проценката на состојбата на електричните инсталации. Овие тестови се вршат со употреба на специјализирани уреди како што се мегаомметри и тестери за отпор на заземјување, со што се обезбедува правилно функционирање и се намалуваат безбедносните ризици.

Отстранувањето на дефектите во електричните инсталации вклучува прецизна дијагностика, замена на неисправните компоненти и тестирање на функционалноста на системот пред повторно да се стави во функција. Секоја интервенција мора да се изврши во согласност со безбедносните стандарди за да се обезбеди сигурност и безбедност при работа.

Овие практични вежби можат да се спроведат во соработка со локалната компанија која ја одржува ветерната фарма.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Проверете ги разводните ормари и каблите за да утврдите можни дефекти.

Материјали и алатки:

- Документација за инсталација,
- Инспекциска ламба,
- Заштитна опрема.

Постапка:

1. Проверете ја состојбата на споевите, приклучоците и заштитните уреди.
2. Идентификувајте знаци на прегревање или механичко оштетување.
3. Документирајте ги наодите и предложете потребни корективни мерки.



КВИЗ

Квиз 7: Одржување на опрема во ветерни фарми:

<https://forms.office.com/e/NHFUEUZkiU>.

7.5. Собирање, обработка и складирање на податоци во ветерни електрани

Мониторингот и мониторингот на системските параметри во ветерните фарми стануваат сè поважни сегменти во индустријата за обновлива енергија. Развојот на технологијата овозможи попрецизно и посигурно собирање податоци, што го подобрува работењето и ефикасноста на ветерните турбини, а во исто време го оптимизира нивното одржување. Зголемената употреба на паметни сензори, аналитички софтвер и *cloud* решенија придонесува за подобра контрола на работењето на електраните и намалување на ризикот од дефекти.

Се очекува дека побарувачката за техничари специјализирани за следење и анализа на податоци значително ќе се зголеми во иднина. Улогата на овие стручњаци ќе биде клучна во следењето на перформансите на ветерните фарми, имплементирањето нови технологии и подобрувањето на оперативната ефикасност. Поради оваа причина, овој прирачник накратко ги разгледува системите за следење и сродните технологии, така што учениците/учесниците ќе можат да стекнат основни знаења за оваа област во подем.

Клучни елементи на системот за следење на параметрите и нивната улога во работењето на постројката:

Data Manager (Модул за управување со податоци)

- **Опис:** Централен уред или софтверска платформа што овозможува собирање, обработка и анализа на податоци од ветерни фарми.
- **Функција:** Интеграција и управување со податоци од сензори, метеоролошки станици, инвертори и други системски компоненти. Исто така, овозможува далечинско следење на перформансите и откривање на грешки.
- **Примена:** Се користи за оптимизирање на работата на ветерните турбини, предвидливо одржување и подобрување на ефикасноста на производството на електрична енергија.

Комуникациски кабел

- **Опис:** Кабел за пренос на податоци помеѓу различни компоненти на ветерната фарма.
- **Функција:** Овозможува поврзување на сензори, менаџери на податоци, сервери и други системи за следење и контрола. Може да биде оптички или бакарен, во зависност од системските барања.
- **Примена:** Се користи за безбеден и сигурен пренос на податоци помеѓу ветерни турбини, метеоролошки станици, контролни системи и центри за далечинско управување.

Сервер

- **Опис:** Централизиран компјутер или облак платформа за складирање и анализа на податоци од системот на ветерни електрани.
- **Функција:** Архивирање на податоци, обработка на информации и овозможување на далечински пристап за корисниците и операторите. Може да биде локален сервер во фабриката или далечински сервер на облак.
- **Примена:** Се користи за долгорочно складирање на оперативни податоци, аналитика, генерирање извештаи и прогнозирање на перформансите на системот.

Софтвер за управување со ветерни фарми

- **Опис:** Сеопфатен софтвер решенија за управување и оптимизација на работењето на ветерните фарми.
- **Функција:** Визуелизација на податоци, анализа на перформансите и поддршка при донесување одлуки за операторите.
- **Примена:** Се користи за следење во реално време, планирање на одржување и максимизирање на производството на енергија.

Системи за следење на животната средина

- **Опис:** Системи за следење на влијанието врз животната средина и условите во близина на ветерната електрана.
- **Функција:** Следење на нивоата на бучава, активноста на дивите животни и промените во живеалиштата.
- **Примена:** Обезбедува усогласеност со еколошките прописи и го намалува еколошкиот отпечаток на ветерната електрана.

Во системите за ветерна енергија се користи серија специјализирана опрема за собирање, обработка и складирање на податоци, што овозможува ефикасно управување со системот, анализа на перформансите и оптимизација на работата. Покрај Data Manager, комуникацискиот кабел и серверот, се користи и следната опрема:

Сензори и мерни уреди

- **Анеометар** – Ја мери брзината на ветерот, што е клучно за оптимизирање на работата на ветерните турбини.
- **Ветроказ** – Го покажува правецот на ветерот и помага при автоматско управување со гондолата (yaw систем).
- **Сензори за температура** – Ја следат амбиенталната температурата, температурата на генераторот, лежиштата и останатите компоненти.
- **Сензори за вибрации** - Ја следат состојбата на лежиштата, роторите и другите механички делови заради откривање на евентуални дефекти.
- **Сензори за влажност и притисок** - Се користат за следење на временските услови и заштита на опремата од корозија.

Комуникациска и мрежна опрема

- **Индустриски етернет прекинувач** - Овозможува поврзување на различни компоненти во мрежата на ветерни фарми, како што се Data Manager, SCADA системи и серверска инфраструктура.
- **4G/5G или сателитски модеми** - Овозможуваат далечинска комуникација помеѓу ветерната фарма и оперативниот центар.
- **Оптички или бакарни комуникациски кабли** – Се користат за безбеден и брз пренос на податоци помеѓу турбини, контролни системи и сервери.
- **Модули за безжична комуникација** - Овозможуваат пренос на податоци преку Wi-Fi, Zigbee или други безжични протоколи во рамките на ветерната фарма.

SCADA систем (Супервизорска контрола и собирање на податоци)

- **Опис:** Софтвер и хардвер што овозможува далечинско следење и управување со ветерни фарми.
- **Карактеристики:** Собирање податоци од турбини и сензори во реално време. Детекција на грешки и анализа на перформансите. Автоматска оптимизација на работата на системот.
- **Примена:** Овозможува централизирана контрола на работата на ветерната фарма од командниот центар.

Системи за складирање и анализа на податоци

- **Data logger** – Уред што снима податоци од сензори и мерни уреди за подоцнежна анализа.
- **Локални сервери** - Обезбедуваат брза обработка на податоци и складирање на оперативни информации на лице место.
- **Облачни платформи** – Се користат за долгорочно складирање на податоци, овозможувајќи аналитика и предвидлива обработка преку алгоритми со вештачка интелигенција.

UPS (Непрекинато напојување) системи

- **Опис:** Системи на батерии или генератори кои обезбедуваат непрекинато напојување на клучната комуникациска и контролна опрема во случај на прекин на електричната енергија.
- **Функција:**
 - Ги заштитува податоците и системите од губење на податоци поради прекин на електричната енергија.
 - Одржува континуитет на работа на серверските и SCADA системите.

Опрема и софтвер за кобер безбедност

- **Firewall уреди** - Обезбедете заштита на мрежата на ветерни фарми од kiber напади.
- **VPN системи** (Виртуелна приватна мрежа) - Овозможуваат безбеден далечински пристап до податоците и системите на ветерните фарми.
- **Антивирус и IDS/IPS** (системи за откривање/спречување на упади) – Спречете неовластен пристап и безбедносни инциденти.

Камери и безбедносни системи

- **Термички камери** – Се користат за откривање на прегревање или други аномалии во опремата.
- **IP камери за надзор** - Овозможуваат следење на ветерните турбини и заштита на објектите на ветерните фарми.
- **Дронови со камери и сензори** – Се користат за проверка на лопатки, потпори и други тешко достапни делови од турбините.

8. ЗАКЛУЧОК И ПРЕПОРАКИ

Инсталацијата и одржувањето на енергетската опрема во ветерните фарми е клучен сегмент во развојот и примената на обновливите извори на енергија. Овој прирачник овозможува стекнување на потребните знаења и практични вештини кои се неопходни за квалитетно и безбедно извршување на работата во оваа област.

Преку разгледување на теоретските основи, техничките карактеристики на ветерните електрани, спецификите на монтажата и демонтажата на енергетската опрема, како и преку детална презентација на мерките за безбедност и заштита при работа, корисниците се обучуваат за безбедна и ефикасна работа во секторот за ветерна енергија. Исто така, посебно внимание се посветува на превентивното и корективното одржување, што го продолжува животниот век на системот и ја обезбедува сигурноста на неговото работење.

Иднината на енергетските системи се базира на зголемената употреба на обновливи извори на енергија, а ветерните фарми играат централна улога во тој процес. Развојот на нови технологии, зголемувањето на ефикасноста на системот и подобрувањето на безбедносните процедури отвораат широки можности за напредок и професионален развој во оваа област. Затоа, континуираната едукација, следењето на иновациите и усвојувањето на современи техники на работа се императив за секој што сака да биде дел од овој перспективен сектор.

Важноста на образованието во областа на ветерната енергија не може доволно да се нагласи, со оглед на тоа што побарувачката за експерти во оваа област брзо расте. Глобалниот тренд на преминување кон обновливи извори на енергија создава огромна потреба од квалификувана работна сила која може успешно да ги задоволи техничките и оперативните предизвици за инсталирање, одржување и управување со енергетска опрема во ветерните фарми. Работниците со специјализирано знаење во оваа област не само што ќе бидат барани на домашниот пазар, туку ќе имаат и можности да работат во меѓународни проекти низ целиот свет.

Затоа, образовните програми и професионалните обуки стануваат клучен фактор во обуката на нова генерација техничари и инженери кои ќе играат клучна улога во понатамошното проширување на ветерните фарми. Соодветното образование не само што придонесува за професионален развој на поединецот, туку и ја зголемува безбедноста и ефикасноста на работата, намалувајќи ги ризиците и подигнувајќи ги индустриските стандарди.

Овој прирачник не само што обезбедува основни знаења, туку ги мотивира и корисниците да истражуваат понатаму, да развиваат критичко размислување и активно да учествуваат во напредокот на индустријата за ветерна енергија. Нивната улога во зачувувањето на енергетската стабилност, заштитата на животната средина и примената на иновативни решенија ќе биде од клучно значење во наредните години.

Се надеваме дека овој материјал ќе послужи како сигурна основа за успешна примена на стекнатите знаења и вештини и ќе придонесе за понатамошен развој на обновливите извори на енергија.

Литература и користени извори

- Ackermann, T. (2012). Wind Power in Power Systems. John Wiley & Sons.
- Barac, K., Radić, L. (2006). Bezbednost i zdravlje pri radu na elektroenergetskim objektima sa osvrtom na evropske norme. EDB, Beograd.
- Boyle, G. (2004). Renewable Energy: Power for a Sustainable Future. Oxford University Press.
- Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., & Bossanyi, E. (2011). Wind Energy Handbook. John Wiley & Sons.
- Čalasan, M., Čalasan B. (2013). Električne instalacije i osvetljenja. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Podgorica.
- Čalasan, M., Čalasan B. (2015). Električne instalacije i osvetljenja. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Podgorica
- Freris, L., & Infield, D. (2008). Renewable Energy in Power Systems. John Wiley & Sons.
- Gasch, R., & Twele, J. (2011). Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation. Springer.
- Gipe, P. (2004). Wind Power: Renewable Energy for Home, Farm, and Business. Chelsea Green Publishing.
- Hau, E. (2013). Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics. Springer.
- Heier, S. (2014). Grid Integration of Wind Energy: Onshore and Offshore Conversion Systems. John Wiley & Sons.
- Janković, S. (2019). Elektroenergetski sistemi i obnovljivi izвори. Univerzitet u Beogradu.
- Lekić, M. (2017). Obnovljivi izвори energije. Univerzitet Crne Gore.
- Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2010). Wind Energy Explained: Theory, Design and Application. John Wiley & Sons.
- Mathew, S. (2006). Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics. Springer.
- Milovanović, Z. (2021). Tehnička regulativa u elektroenergetici. Građevinski fakultet, Beograd.
- Rajković, D. (2011). Proizvodnja i pretvorba energije. Zagreb.
- Ristić, B. (2018). Osnovi elektrotehnike sa primjenom u obnovljivim izvorima energije. Univerzitet u Nišu.
- Stevanović, V. (2020). Vjetroelektrane - projektovanje i implementacija. Akademski knjiga, Novi Sad.
- Škuletić, S., Braletić, M. (2022). Uvod u energetiku, udžbenik. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Podgorica.
- Škuletić, S., Sekulić, Z. (2019). Proizvodnja električne energije, udžbenik. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Podgorica.

Организации и извори за стандардизација:

- European Wind Energy Association (EWEA) – www.ewea.org
- Global Wind Energy Council (GWEC) – www.gwec.net
- IEEE Power & Energy Society – www.ieee-pes.org
- International Electrotechnical Commission (IEC) – www.iec.ch
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2019). IEC 61400-1: Wind Turbines - Design Requirements
- International Energy Agency, Paris, France. (2017). World Energy Outlook Special Report
- Меѓународна агенција за обновливи извори на енергија (IRENA) – www.irena.org
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2017). Guidelines for Wind Energy Workers - Safety and Best Practices
- Работа на висина; Општи мерки за безбедност и здравје при работа на висина. Упатство за работа на висина и работни платформи: УБР 11. 01/2015;
- VDE - Association for Electrical, Electronic & Information Technologies – www.vde.com
- <https://ieeexplore.ieee.org/document/8467935>
- <https://www.energyencyclopedia.com/>
- <https://www.engie.com/en/activities/renewable-energies/wind-energy/recycling-wind-turbines>
- <https://epa.org.me/wp-content/uploads/2023/09/DOKUMENTACIJA-ZA-ODLUCIVANJE-O-POTREBI-IZRADE-ELABORATA-PROJENE-UTICAJA-NA-ZIVOTNU-SREDINU.pdf>
- <https://univdatos.com/news/offshore-wind-market-2>
- <https://labvolt.festo.com/solutions/3 fluid power/89-8075-50 wind turbine training system>
- <https://www.extrica.com/article/20178>
- <https://www.windsystemsmag.com/maintaining-a-maintenance-plan/>

Сајтови од кои се преземени сликите:

- Европска мрежа за обновливи извори на енергија (EU Renewable Energy Network) – www.eurener.org
- Global Wind Atlas – www.globalwindatlas.info
- National Renewable Energy Laboratory (NREL) – www.nrel.gov
- Pexels – www.pexels.com
- PTRK – Telescopic crawler cranes <https://www.prangl.com/services/mobile-cranes/telescopic-crawler-cranes>
- Renewable Energy World – www.renewableenergyworld.com
- Unsplash – www.unsplash.com
- Wikimedia Commons – www.commons.wikimedia.org
- WindEurope – www.windeurope.org
- <https://www.innotech-safety.com/en/safety-systems-wiki/renewable-energy-and-fall-protection-systems>
- <https://www.energyencyclopedia.com/en/renewable-energy/wind-energy>
- <https://read.aviationnewsjournal.com/articles/windrunner-aims-to-transform-wind-turbine-transport>
- <https://en.wind-turbine-models.com/fotos?p=50>
- <https://businessinwind.com/gamesa-versus-vestas-ireland/>
- <https://www.prangl.com/services/mobile-cranes/telescopic-crawler-cranes>
- <https://elektrovat-enel.rs/shop/page/4/>

Линкови за предложени видео материјали

- <https://www.youtube.com/watch?v=8sPp8G8a48E>
- <https://www.youtube.com/watch?v=nA9oC--tq50>
- https://www.youtube.com/watch?v=qSWm_nprfqE
- <https://www.youtube.com/watch?v=HqCVgRbPQcg>
- https://www.youtube.com/watch?v=fl6BMVw_B-Y
- <https://www.youtube.com/watch?v=vjqdJ8OSmRA>
- <https://www.energyencyclopedia.com/en/free-downloads/videos/types-of-res-and-the-use-of-renewable-56>
- <https://www.energyencyclopedia.com/en/free-downloads/videos/comparison-of-renewable-energy-source-55>
- <https://www.youtube.com/watch?v=bNBQKIht6rg>
- <https://www.engie.com/en/activities/renewable-energies/wind-energy/recycling-wind-turbines>
- https://labvolt.festo.com/solutions/3_fluid_power/89-8075-50_wind_turbine_training_system
- <https://www.energyencyclopedia.com/>



