



ПРИНЦИПСКА НАЧЕЛА И ТЕХНОЛОШКЕ ОСНОВЕ РАДА КОГЕНЕРАТИВНОГ ПОСТРОЈЕЊА ЕЛЕКТРАНЕ НА БИОГАС

THE FUNDAMENTAL PRINCIPLES AND TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS OF OPERATING A COGENERATION POWER PLANT USING BIOGAS

Јована Лисица, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА**

**Кратак садржај** – Услед пораста потрошње електричне енергије неопходно је обезбедити континуирано снабдевање потрошача. Обновљиви извори енергије се у последњих неколико деценија истичу као еколошки пожељна решења. Један од облика обновљивих извора електричне енергије је когенерацијско постројење биогазне електране. У овом раду је приказан садржај оваквог постројења са најважнијим елементима, опремом и принципима којим је пожељно водити се током пројектовања оваквог постројења, као и кратак осврт на њихову економску исплативост. Поред овога дат је кратак осврт на начин прикључења ових електрана на дистрибутивну мрежу уважавајући техничке прописе Републике Србије.

**Кључне речи:** Биогаз, електрана, генератор, когенерација.

*Abstract – Due to the increasing demand for electrical energy, it is essential to ensure a continuous supply to consumers. Renewable energy sources have emerged as environmentally desirable solutions in recent decades. One form of renewable electrical energy source is a cogeneration biogas power plant. This work presents the contents of such a plant, including its most important elements, equipment, and the principles to be followed during the design of such a facility, as well as a brief overview of their economic feasibility. Additionally, this text provides a brief overview of how these power plants are connected to the distribution grid, taking into account the technical regulations of the Republic of Serbia.*

**Keywords:** Biogas, power plant, generator, cogeneration.

## 1. УВОД

Савремено друштво се суочава са двоструким изазовом – како задовољити растућу потребу за енергијом и истовремено смањити негативне утицаје на животну средину. У том контексту, когенерацијско постројење у електранама на биогаз добија значајно место у трансформацији енергетског сектора.

## НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Ђура Орос, ред. проф.

Комбиновањем производње електричне и топлотне енергије, ова иновативна технологија омогућава енергетску ефикасност и смањење емисије гасова стаклене баште. Електрана на биогаз користи биогаз, произведен анаеробном разградњом органског материјала, као гориво за производњу електричне енергије. Ова технологија не само да решава проблем управљања органским отпадом, већ пружа и одрживу алтернативу фосилним горивима, што доприноси смањењу емисије штетних гасова.

Циљ овог рада је да се детаљно истраже електране на биогаз, да се разумеју технички аспекти њиховог рада и њихова улога у постизању одрживости у енергетском сектору. Кроз анализу различитих процеса анаеробне ферментације и претварања биогаза у електричну енергију, размотрићемо техничке иновације и изазове који произилазе из ових постројења.

## 2. БИОГОРИВА

Биогорива су горива која се добијају из биомасе, било директно из биљака или индиректно из индустријског, комерцијалног, кућног и пољопривредног отпада. Постоје три основна метода за производњу биогорива. Прва генерација биогорива обухвата горива која се састоје од шећера, скроба, биљног уља и животињских масти, и производе се коришћењем конвенционалних технологија. Биогорива друге генерације представљају биогорива која се добијају из одрживих сировина попут целулозног етанола, биометанола, и биоводоничног горива. Трећа генерација биогорива се базира на унапређењу производње биомасе, користећи предности специјалних енергетских култура, као што су алге, које се користе као извор енергије [1].

Биогаз се формира из органске материје путем биолошког процеса без присуства кисеоника, тј. анаеробно. Органску материју разграђују анаеробне бактерије, а као продукт овог процеса настаје биогаз, топлота и остатак ферментације. Овај процес природно се дешава у разним окружењима као што су мочваре, дно мора и океана, јаме за течни стајњак и у бурагу преживара. Биогаз се састоји од више елемената што је представљено табелом 2.1. [2].

Биогаз, сличан природном гасу, има многе разноврсне примене. Његова најзначајнија употреба је конвертовање у електричну и/или топлотну енергију. Производња и складиштење биогаза захтева специфичне услове и технологију, док сама производња може

варирати услед тренутно доступних супстрата попут стајњака или органског отпада.

Састојак	Хемијски састав	Удео у запремини %
Метан	CH <sub>4</sub>	50-75
Угљен-диоксид	CO <sub>2</sub>	20-45
Водена пара	H <sub>2</sub> O	2-7
Кисеоник	O <sub>2</sub>	<2
Азот	N <sub>2</sub>	<2
Амонијак	NH <sub>3</sub>	<1
Водоник	H <sub>2</sub>	<1
Водоник-сулфат	H <sub>2</sub> S	20-20.000*

Табела 2.1: Састав биогаза [2]

### 3. ТЕХНОЛОГИЈА ПРОИЗВОДЊЕ БИОГАСА

Процес производње биогаза може се поделити у неколико фаза, које морају да буду усклађене како би процес протекао без проблема, као што је приказано на слици 3.1.



Табела 3.1 Четири фазе настанка биогаза (анаеробна ферментације) [2]

Производња биогаза захтева да се у ферменторима обезбеди стабилност процеса анаеробне ферментације. Оно што стабилност са техничког аспекта подразумева јесте уједначен принос биогаза приближно једнаког састава, док се са биохемијског аспекта подразумева приближно једнак састав и количина производа четири фазе ферментације. Кључни параметри при стварању биогаза су: влага, температура, рН вредност, присуство инхибитора, врста сировине, присуство кисеоника, присуство микроорганизама. Уколико се посматрају хемијски битни параметри који су значајни приликом процеса производње биогаза су садржај органске материје, угљеника и азота, масти и уља, шећера и скроба, минерала и микроелемената, хемијски инхибитори итд. [2].

Приликом одабира одговарајућег супстрата за производњу неопходно је детаљно анализирати њихове карактеристике да би се остварила оптимална производња електричне енергије.

Након одабира супстрата који ће се користити потребно је размотрити начин складиштења, његову припрему као и различите манипулације. Приликом складиштења је потребно размотрити капацитет резервоара у коме ће се складиштити произведени биогаз као и притисак ових резервоара. На слици 3.2 је приказан изглед складишта за биогаз на ниском притиску. [2]



Слика 3.2: Складиштење биогаза на ниском притиску у а) гасној хауби изнад ферментора; б) ваздушном јастуку са заштитном мембраном [2]

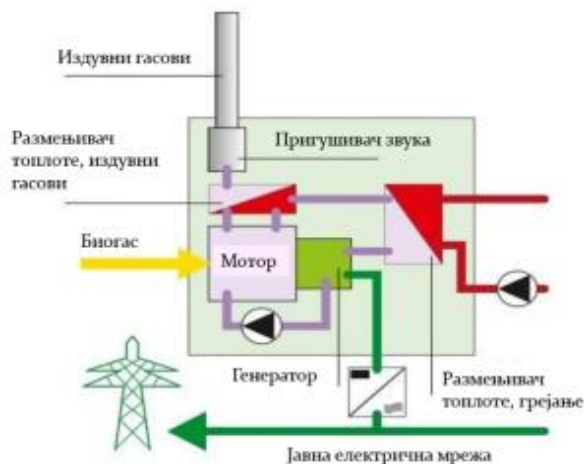
Специјални резервоари који обезбеђују оптималне услове за процес анаеробне ферментације се називају ферментори. Они се морају пројектовати спрам погонских услова и према различитим начинима изведбе. Неопходно је да се ферментор термички споља добро изолује како би се спречио губитак топлоте. Потребна количина топлотне енергије за загревање ферментора обично износи максимално 25% од укупно произведене енергије у биогасном постројењу. Садржај у ферментору је потребно мешати и за ову потребу се најчешће користе механичке мешалице које омогућују активно мешање [2].

### 4. ТЕХНОЛОГИЈЕ КОРИШЋЕЊА БИОГАСА

Технологије које омогућавају, енергетску трансформацију примарне енергије биогаза су пречишћавање биогаза, коришћење у когенацији или тригенацији, као и коришћење у производњи топлотне енергије. Услед постојања подстицајних "feed-in" тарифа за производњу електричне енергије, коришћење биогаза у когенацији се чини најперспективнијим приступом. Генератор производи електричну енергију, али уместо да се топлота која се ослобађа током тог процеса једноставно отпушта у околину, користи се за различите сврхе, пружање топле воде, производњу паре и слично.

Когенација, односно комбинована производња топлоте и енергије је поступак у којем се истовремено генерише електрична енергија и користи топлота која се ствара при том процесу. За процес когенације се користе СУС мотори попут гасних мотора и дизел мотора са иницијалним паљењем. На слици 4.1 приказан је принцип рада когенеративног постројења са СУС мотором.

Са слике 4.1 може се уочити генератор који је спрегнут са мотором. Постојање синхроног генератора је неопходан елемент у биогасном постројењу [3].



Слика 4.1: Шематски приказ когенеративног постројења са СУС мотором [3]

Типови синхроних генератора који се могу користити су синхрони генератори који се користе за погоне мањег производног капацитета док су заступљени и синхрони генератори са побудом иако имају ограничење у регулацији напона и струје. Најзаступљенији су синхрони генератори са побудом јер са својим карактеристикама доприносе бољој регулацији и контроли произведеног напона и струје што је изузетно корисно у погонима где може постојати варијабилност у производњи биогаза [3].

## 5. ПРИКЉУЧЕЊЕ НА ДИСТРИБУТИВНИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Да би се омогућило прикључење биогазне електране на дистрибутивни систем средњег напонског нивоа морају да се задовоље одређени захтеви који су дефинисани у Правилнику о раду дистрибутивног система и Техничким препорукама Електропривреде Србије [4].

Критеријуми техничких услова који морају бити задовољени за прикључење на дистрибутивну мрежу обухватају: услове потребне да се задовољи максимална дозвољена снаге генератора у електрани, дозвољене вредности напона у стационарном режиму, критеријум дозвољеног струјног преоптерећења, снагу кратког споја, фликере, дозвољене струје виших хармоника и интерхармоника.

Прикључење на дистрибутивну мрежу није могуће постићи без неопходне прикључне опреме у виду прекидача, мерног трансформатора, расклопних апарата, одговарајуће мерне и заштитне опреме [5].

Ови критеријуми су углавном исти за Електране са ОИЕ (Обновљиви Извори Енергије) и друге врсте електрана. Међутим, постоје посебни захтеви који се односе на ветроелектране и соларне, када је то потребно.

## 6. ЕКОНОМСКИ АСПЕКТИ

Биогазна постројења имају предност генерисања прихода на више начина. Може се вршити продаја електричне или топлотне енергије, продаја гаса у виду биогаза или биометана или чак прихода од наканаде за збрињавање ферментационих супстрата.

Расходи који се могу јавити су варијабилне и фиксне природе [6].

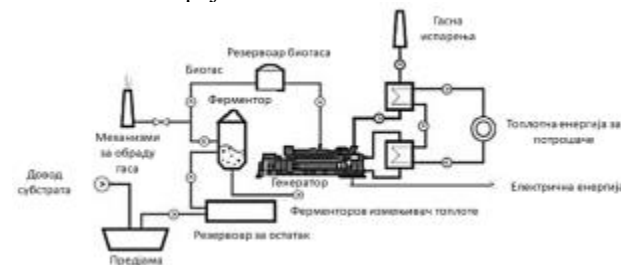
У варијабилне расходе спадају трошкови супстрата који могу достићи 60% укупних трошкова. Погонски трошкови су такође варијабилни и у њих улазе трошкови стартног покретања и електричне енергије који се користе за покретање и одржавање процеса. Активни угаљ за пречишћавање такође спада у ове трошкове. Трошкови поправки и одржавање биогазних постројења се процењује између 1% и 3% укупних трошкова а неопходне лабораторијске анализе које се спроводе два пута годишње износе око 150 €.

Фиксни трошкови се односе на инвестицију и трошкове рада. Трошкови инвестиције обухватају амортизацију свих трошкова инвестиције током економског века трајања. У ове трошкове спадају и трошкови осигурања и камате. Трошкови рада су такође фиксни трошкови на унос супстрата и управљања производним постројењем као и одржавање хигијене пословних и канцеларијских објеката [6].

## 7. ПРИМЕР ПРОЈЕКТОВАНЕ ЕЛЕКТРАНЕ НА БИОГАС

Кроз пример стварног постројења разматра се „Електрана на биогаз капацитета 600 kWe“, која је у власништву предузећа „GREEN ENERGY-ZELENA ENERGIJA“ DOO INDIJA, а налази се у Новим Карловцима на катастарској парцели 2926/2. За дати пример је образложен ток енергије, избор опреме, као и инструментација постројења.

На слици 7.1 приказан је ток енергије једног биогазног постројења.



Слика 7.1: Ток енергије биогазног постројења

Избор потребне опреме врши се спрам следећим параметрима:

- Производња по сату: 265,55 Nm<sup>3</sup>/h са топлотном снагом од 5,25 kWh/Nm<sup>3</sup>
- Дневна производња: 6.373,2 Nm<sup>3</sup>/dan
- Годишња производња биогаза: 2.283.752,0 Nm<sup>3</sup>/god.

На основу ових захтева производње одабран је JENBACHER гасни мотор са генератором, модел JMC 312, који је приказан на слици 7.2. Реч је о уређају са савременим четворотактним гасним мотором (Отто циклус) високе ефикасности, опремљен са 12 цилиндара распоређених у „V“ конфигурацији. Мотор је водено хлађен, има турбопуњач и двостепени накнадни хладњак који служи за хлађење мешавине гаса и ваздуха пре него што она уђе у мотор.



Слика 7.2: Гасни мотор са генератором

Оваква поставка мора имати систем за предподмазивање који је од кључног значаја приликом одржавања и заштите мотора. Предподмазивањем се обезбеђује подмазивање различитих подручја у мотору где постоји контакт или трење између различитих компоненти са циљем смањења оштећења. Неопходно је да овакав систем има и адекватан систем за хлађење и вентилацију картера мотора који ће допринети бољем хлађењу мотора и смањењу притиска у картеру и обезбедити успешно уклањање топлоте ваздуха са површине мотора. Сви гасни мотори који раде континуирано, што значи више од 7.000 сати годишње, морају бити опремљени аутоматским системом за додавање уља у мотор. Разлог за то је што гасни мотори, за разлику од дизел мотора, имају тенденцију да троше готово двоструко више уља. Контролни систем са мерно-регулационим уређајима за генератор сет и помоћне системе обезбеђује целокупну контролу и регулацију свих аспеката рада генератор сета и помоћних система. Ово укључује контролу снаге, напона, фреквенције и других параметара електричне енергије која се производи. Контролни систем ефикасно прати и реагује на потребе електричне и топлотне енергије.

У пројекту је приказана и пратећа инструментација произвођача *Endress+Hauser* у виду сензора за мерење нивоа течности, сензора надпритиска, хидростатичких мерача.

## 8. ЗАКЉУЧАК

Производња електричне енергије из обновљивих извора је све заступљенија у свету услед тенденције за смањењем негативних утицаја на животну средину при чему се задовољава растућа потреба потрошача за електричном енергијом. Биогасна електрана се намеће као адекватно решење којим се производи електрична и топлотна енергија док се истовремени забрањују ферментални супстрати.

На светском нивоу је присутан тренд пораста изградње оваквих когенеративних постројења при чему је приказан и практичан пример биогасног постројења које је постављено и на нашим просторима. Предности, мане, захтевност производње и дистрибуције енергије као и економски показатељи исплативости који су описани овим радом би требало да омогуће упознавање заинтересованих инвеститора са овом врстом обновљивог извора електричне енергије.

## 9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Марија Милићевић, „Биоенергетска горива“, ФТН Издаваштво, Нови Сад, 2014.
- [2] Мартинов М, Ђатков Ђ., „Биогас постројење – упутство за израду претходних студија оправданости са примером за једно биогасно постројење“, Нови Сад, 2012
- [3] Тим Факултета техничких наука са спољним сарадницима. “Студија о процени укупних потенцијала и могућностима производње и коришћења биогаса на територији АП Војводине”. Нови Сад.
- [4] Правила о раду дистрибутивног система – „ЕПС Дистрибуција” ДОО Београд
- [5] Услови за пројектовање и прикључење, „ЕПС Дистрибуција” ДОО Београд, Огранак „Електродистрибуција Нови Сад”
- [6] <https://www.mre.gov.rs/sektori/60/1/0/0>
- [7] Georg M. Guebitz, Alexander Bauer, Guenther Bochmann, Andreas Gronauer, Stefan Weiss, „Biogas Science and Technology“, Springer, 2015.
- [8] Mario Alejandro Rosato „Managin Biogas Plants A Practical Guide”, 2018 by Taylor & Francis Group, LLC

## Кратка биографија:



**Јована Лисица** рођена је 12.10.1995. године у Београду. Детињство проводи у Мркоњић Граду у Босни и Херцеговини где завршава општи смер Гимназије. Основне студије уписује на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер Електроенергетски системи, исти завршава 2022. године након чега уписује мастер студије на усмерењу Енергетска електроника и електричне машине.

Контакт:  
[jovana95lisica@gmail.com](mailto:jovana95lisica@gmail.com)