

УДК 620.9:005.93:502.174

Обґрунтування структурних параметрів біогазових та когенераційних установок

Ю. Л. Новосилецький,
викладач дисциплін відділення «Електрифікація та інформаційні системи»
М. В. Дурас,
викладач дисциплін відділення «Електрифікація та інформаційні системи»
А. П. Забродський,
викладач дисциплін відділення «Електрифікація та інформаційні системи»
(Житомирський агротехнічний коледж)

Робота присвячена аналізу структур газопоршневих когенераційних установок середньої потужності. Розглянуто структуру газопоршневого електроагрегату, систему регулювання частоти обертання, систему збудження генератора. Для регулювання кількості виробництва тепла, електроенергії та контролю їх якості використовують декілька видів регулювання газопоршневим електроагрегатом: регулювання частоти обертання, регулювання напруги в енергосистемі, регулювання складу газоповітряної суміші.

Ключові слова: біогаз, біогазова установка, когенерація, когенераційна установка, електростанція, газопоршнєві установки.

The article deals with the analysis of the structures of medium capacity gas turbine cogeneration plants. The structure of the gas electroaggregate, the system of gyration frequency regulation, and generator excitation system are examined. Several types of regulation of gas-piston electroaggregate are used to control the amount of heat and electricity production and their quality: the regulation of gyration frequency, voltage regulation in the power system, regulation of the gas mixture composition.

Key words: biogas, biogas plant, cogeneration, cogeneration plant, power station, gas-piston units.

Постановка проблеми.

Зменшення споживання невідновлювальних джерел тепло-, електроенергії, збереження екології та економна експлуатація енергоресурсів є надзвичайно важливим питанням сьогодення. Розвиток біогазових та когенераційних установок на сучасному етапі має ряд особливостей, які полягають в інтенсивному підвищенні технологічних вимог до керування біогазовими та когенераційними установками.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Над проблемами виробництва і споживання біогазу працює низка зарубіжних та вітчизняних вчених, серед яких D. Deublein, A. Steinhauser, N. Board, D. House, Г. М. Калетнік, В. О. Дубровін, М. О. Корчемний, Г. Г. Гелетука, Ю. В. Кернасюк, М. Кобець та інші. Більшість авторів роблять акцент або на технічних сторонах процесу отримання біогазу, або на зарубіжному досвіді, тому необхідним є обґрунтування технологічних аспектів біогазового виробництва в Україні. На сьогоднішній день виникло безліч аргументів для впровадження когенераційних технологій. Когенераційні установки (КГУ) мають

корисні особливості: дешева електрична і теплова енергія (навідміну від енергії з мережі), близькість до споживача, відсутність необхідності в дорогих ЛЕП і підстанціях для транспортування, екологічна безпека, мобільність, легкість монтажу і т. д. [1].

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми.

Біогаз – це газ, який виробляється із органічних відходів (відходів їжі, тваринництва) за допомогою бактерій і має склад, подібний до природного газу. Частка метану становить близько 98 %. Також до його складу входять: сірководень, вуглекислий газ, вода тощо.[2]. Застосування біогазових установок дозволяє вирішити проблеми екологічного, енергетичного та агрохімічного характеру, а тому є базовою основою для створення екологічно чистих технологій переробки органічних відходів. Нерідко через зношеність обладнання існуючих електромереж ускладнено підключення нових промислових споживачів, а іноді й просто економічно недоцільно (у разі великого віддалення споживача від ЛЕП). У результаті застосування автономних енергоджерел із комбінованим виробництвом електричної і теплової енергії (когенерація) забезпечується певний енергетичний резерв у централізованій системі [1].

Формулювання цілей.

Метою даної статті є дослідження різних типів біогазових установок з подальшим визначенням потужності установок та їх автоматизації, виявлення особливостей функціонування когенераційних установок, особливостей їх регулювання для вироблення необхідної кількості енергії.

Виклад основного матеріалу досліджень.

Біогаз – це газ, що складається приблизно з 60 % метану (CH_4) і 40 % вуглекислого газу (CO_2). Синонімами для біогазу є такі слова, як каналізаційний газ, шахтний газ і болотяний газ, газ-метан. Різні види мікроорганізмів метаболізують вуглець з органічних субстратів у безкисневих умовах (анаеробний).

Для виробництва біологічного газу можуть використовуватися різні відходи сільськогосподарських культур, гній велико- і дрібнорогатої худоби, трава, птишиний послід, відходи, отримані із забійних цехів і виробництв рибної промисловості. Також для переробки і отримання газу підходять відходи будь-яких інших виробництв харчової промисловості, а також водорості, з яких можливо отримувати досить велику кількість кубометрів газу на виході. Окрім цього, вирощуються спеціальні енергетичні культури, такі як сільфій і силосна кукурудза.

Як відомо, ферментація гною відбувається в анаеробних (безкисневих) умовах при температурі 330 °С. Загальна тривалість ферментації, що забезпечує знезараження гною, не менше 15 діб. Вихід біогазу складає 0,24 м³/кг. Для анаеробної ферментації можна використовувати як звичайний, так і рідкий гній, який після попередньої очистки подають до біореактора [3].

Вихід газу складає приблизно від 0,2 до 0,4 м³ на 1 кг сухого матеріалу біомаси при нормальних умовах, а також при витраті 5 кг сухої біомаси на 1 м³ води. На рис.1 приведені основні типи БГУ, які економічно доцільно впровадити в експлуатацію [4].

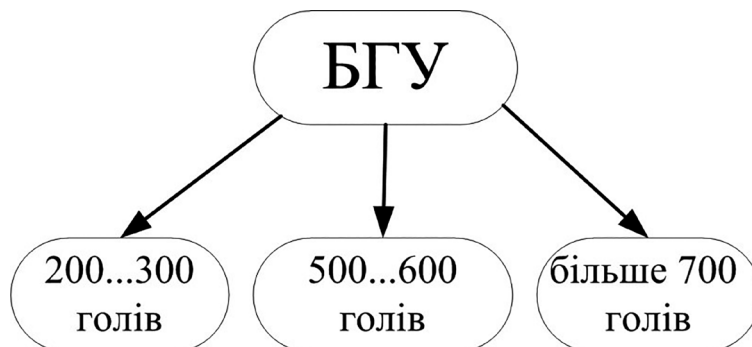


Рис. 1. Типи БГУ для господарств з вирощування ВРХ.

З метою обґрунтування параметрів БГУ були проведені технічні розрахунки установок відповідно до групи за кількістю голів тварин.

Вихід гною в перерахунку на суху речовину за добу визначають за формулою:

$$m_{\text{гн}} = n \cdot m_0, \quad (1)$$

де m_0 – вихід сухого гною на одну тварину за добу [5];

n – кількість худоби, гол.

Тоді вихід гною для трьох груп ВРХ (див. рис. 1) буде складати:

$$m_{\text{гнВРХI}} = 250 \cdot 2 = 500 \text{ кг}; \quad m_{\text{гнВРХII}} = 550 \cdot 2 = 1100 \text{ кг}; \quad m_{\text{гнВРХIII}} = 700 \cdot 2 = 1400 \text{ кг};$$

Об'єм рідкої гнійної маси:

$$V_{\text{гн}} = \frac{m_{\text{гн}}}{\rho_{\text{гн}}} \quad (2)$$

де $\rho_{\text{гн}}$ – щільність сухого гною, розподіленого в гнійній масі, кг/м³, $\rho_{\text{гн}} = 50 \text{ кг/м}^3$.

$$V_{\text{гнВРХI}} = \frac{500}{50} = 10 \text{ м}^3, \quad V_{\text{гнВРХII}} = \frac{1100}{50} = 22 \text{ м}^3, \quad V_{\text{гнВРХIII}} = \frac{1400}{50} = 28 \text{ м}^3$$

Розрахунковий об'єм біогазогенератора при безперервній технології виробництва біогазу дорівнює:

$$V_{\text{г}}^I = t_{\text{г}} \cdot V_{\text{г}} \quad (3)$$

де $t_{\text{г}}$ – час перебування чергової порції гнійної маси в біореакторі складає від 12 до 30 діб [5].

$$V_{\text{гВРХI}}^I = 15 \cdot 10 = 150 \text{ м}^3; \quad V_{\text{гВРХII}}^I = 15 \cdot 22 = 330 \text{ м}^3; \quad V_{\text{гВРХIII}}^I = 15 \cdot 28 = 420 \text{ м}^3;$$

Відповідно до реальних умов господарства прийнято безперервну технологію виробництва біогазу. Добову продуктивність БГУ визначають за рівнянням:

$$V_{\text{БГУ}} = C_1 \cdot m_{\text{гн}} \quad (4)$$

де C_1 – вихід біогазу з 1 кг сухої маси. Для ВРХ $C_1 = 0,2 \text{ м}^3/\text{кг}$ [4];

$m_{\text{гн}}$ – кількість сухого гною в реакторі, кг.

$$V_{\text{БГУВРХI}} = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ м}^3 \quad V_{\text{БГУВРХII}} = 0,2 \cdot 500 \text{ м}^3; \quad V_{\text{БГУВРХIII}} = 0,2 \cdot 1100 = 220 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{БГУВРХI}} = 0,2 \cdot 1400 = 280 \text{ м}^3$$

Розрахункова теплота згоряння біогазу визначається за рівнянням:

$$E = H_{\text{м}} \cdot f_{\text{м}} \cdot V_{\text{БГУ}} \quad (5)$$

де $H_{\text{м}}$ – питома теплота згоряння метану, 28 МДж/м^3 [5];

$f_{\text{м}}$ – частка метану в біогазі, для ВРХ $f_{\text{м}} = 0,6$ [5].

$$E_{\text{ВРХI}} 28 \cdot 0,6 \cdot 100 = 1680 \text{ МДж}; \quad E_{\text{ВРХII}} 28 \cdot 0,6 \cdot 220 = 3696 \text{ МДж};$$

$$E_{\text{ВРХIII}} 28 \cdot 0,6 \cdot 280 = 4704 \text{ МДж};$$

Необхідна кількість теплоти для підігрівання біомаси в холодну пору року (15°C) до оптимальної температури (33°C) визначається за рівнянням:

$$Q = \frac{m_{\text{гн}} \cdot C_2 \cdot (t_0 - t_1)}{\eta}, \quad (6)$$

де $m_{\text{гн}}$ – вага гнійної маси в реакторі, кг;

η – ККД БГУ, $\eta = 0,82$ [5].

$$m_{\text{гн}} = V_{\text{гн}} \cdot \rho_{\text{гн}} \quad (7)$$

де $V_{\text{гн}}$ – об'єм гнійної маси, м^3 ;

$\rho_{\text{гн}}$ – густина гнійної маси (приймають $\rho_{\text{гн}} = 1000 \text{ кг/м}^3$) [4].

$$Q_{\text{ВРХI}} = \frac{10 \cdot 10^4 \cdot 4,19 \cdot (35 - 15) \cdot 10^{-3}}{0,82} = 91,97 \text{ МДж};$$

$$Q_{\text{ВРХII}} = \frac{22 \cdot 10^4 \cdot 4,19 \cdot (35 - 15) \cdot 10^{-3}}{0,82} = 122,15 \text{ МДж};$$

$$Q_{\text{ВРХIII}} = \frac{28 \cdot 10^4 \cdot 4,19 \cdot (35 - 15) \cdot 10^{-3}}{0,82} = 257,5 \text{ МДж};$$

Споживана електрична енергія для розігрівання реактора протягом 4 годин становить у першому варіанті $25,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$, у другому $33,9 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$ та третьому $71,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$

Розрахункова потужність електричних нагрівачів протягом чотирьох годин роботи становить:

$$P = \frac{Q}{t}; \quad (8)$$

$$P_I = \frac{25,5}{4} = 5,6 \text{ кВт}; \quad P_{II} = \frac{33,9}{4} = 8,5 \text{ кВт}; \quad P_{III} = \frac{71,5}{4} = 17,9 \text{ кВт};$$

Відповідно до розрахунків прийнято модуль з двома БГУ. Модуль складається з реактора об'ємом 300 м³ з механізованим перемішуванням, автоматичною підтримкою заданої температури та електростанції на біогазі [5]. Як свідчить проведений аналіз технологічного процесу, система автоматики, якою обладнана лінія з отримання біогазу – має ряд недоліків [1,5]. З метою усунення недоліків було запропоновано удосконалення системи автоматизації БГУ, яка має такий вигляд. На рис. 2 представлено структурну схему автоматизованого контролю температури у реакторі.

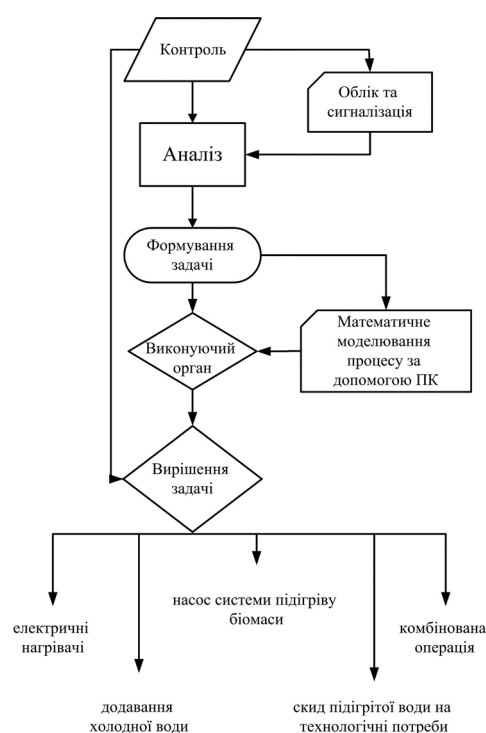


Рис. 2. Структурна схема системи при виробництві біогазу.

Вона може працювати в декількох режимах: «нагрів», «контроль», «якість». З метою підвищення ефективності роботи установки розроблена функціональна схема автоматизації (рис. 3).

Поняття «когенерація» не нове для вітчизняної енергетики. Але в малопотужній енергетиці ці технології раніше застосовувалися рідко і тривалий час використовувалися переважно на великих паротурбінних електростанціях.

Теплову енергію, що виробляється когенераційними установками, використовують для виробництва гарячої води та пари, в холодильних установках, а також в технологічних процесах сушки гарячим повітрям.

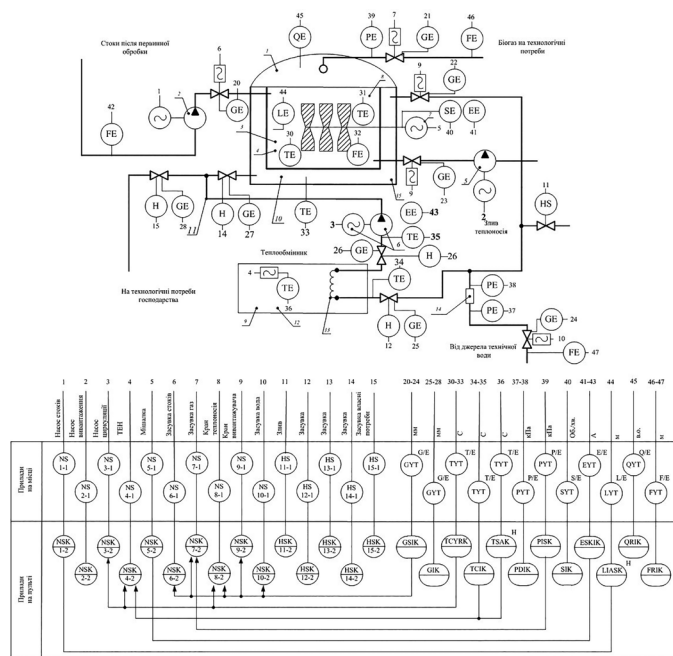


Рис. 3. Схема функціональна автоматизації біогазової установки.

На схемі наведено всі приводні електродвигуни лінії: NS1 – приводний двигун завантажувального шнека; NS2 – приводний двигун насоса вивантажувального шнека; NS3 – привідний двигун насоса циркуляції теплоносія; NS4 – нагрівач типу ТЕН; NS5 – двигун приводу мішалки; NS6 – електродвигун засувки крану, NS7 – двигун приводу засувки біогазу, NS8 – двигун приводу засувки циркуляції теплоносія, NS9 – двигун приводу засувки вивантажувального шнека, NS10 – двигун приводу засувки подачі води, NS11 – двигун приводу зливу води, NS12 – двигун приводу засувки, NS13 – двигун приводу засувки, NS14 – двигун приводу засувки, NS15 – двигун приводу засувки власних потреб. В технологічній схемі анаеробного зброджування використані такі прилади: LE44 – вимірювальний перетворювач верхнього рівня біомаси у біореакторі, TE30...36 – вимірювальний перетворювач температури біомаси та теплоносія, PE37...39 – вимірювальний перетворювач тиску теплоносія, SE40 – вимірювальний перетворювач частоти обертання ротора.

На рис. 4 показано структурну схему генерації.

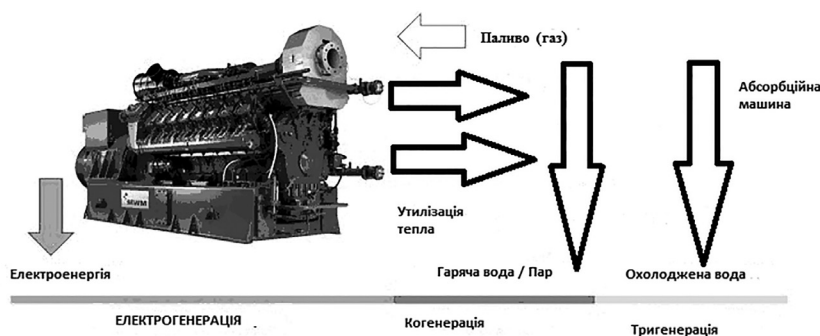


Рис. 4. Схема структурна генерації енергії

Всі газопоршневі електроагрегати, залежно від сфери їх застосування, поділяються на агрегати базового (основного), пікового і резервного живлення (рис.1 а-в). До кожної з груп висуваються конкретні вимоги.

До електроагрегатів базового (основного) живлення (рис.1 а) висувають наступні вимоги:

- періоди між переборками, термін служби деталей і ресурс повинні бути максимальними;
- величина навантаження має бути номінальною, для максимального використання можливостей двигуна і, зокрема, зменшення його установочної потужності;
- витрата палива і масла на одиницю виробленої електроенергії повинна бути мінімальна.

Вимоги до пікових агрегатів (рис. 1,б) мало відрізняються від пропонованих до агрегатів базового (основного) живлення, що визначає можливість використання останніх як пікових.

Більш жорсткими є вимоги до надійності запуску (кількість відмов на один запуск, що відбувся не більше 0,001-0,002), а також часу прийому навантаження [6].

Для регулювання кількості виробництва тепла та електроенергії використовують декілька видів регулювання газопоршневим електроагрегатом.

Регулювання частоти обертання поряд з регулюванням напруги газопоршневих електроагрегатів є одним з найважливіших завдань, від методів вирішення якого залежить якість електроенергії в сталих і перехідних режимах роботи системи електропостачання споживачів.

Технічні засоби регулювання частоти обертання газопоршневих електроагрегатів на даний час представлені регуляторами чотирьох типів:

- відцентрові регулятори прямої і непрямої дії;
- аналогові електронні регулятори;
- цифрові електронні регулятори;
- цифрові регулятори, які є органічною частиною комплексних;
- мікропроцесорних систем управління двигуном або генераторним агрегатом у цілому.

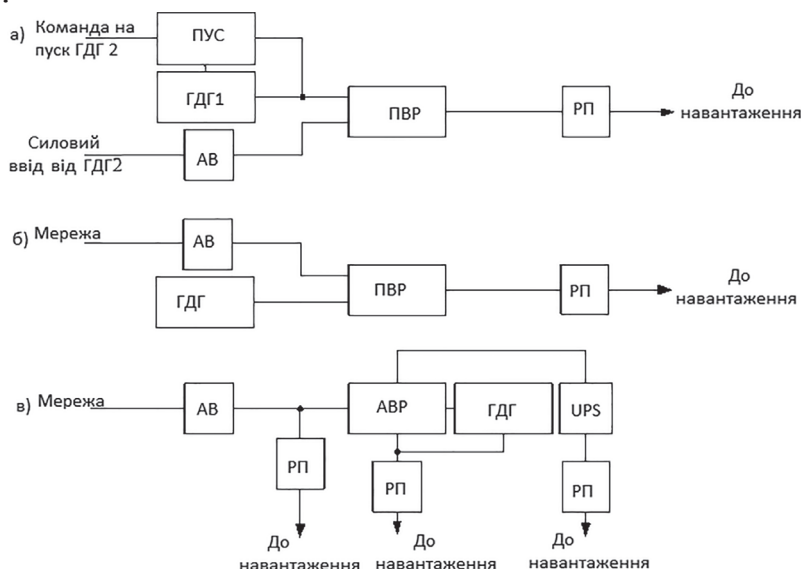


Рис. 5. Структурна схема живлення споживачів з використанням когенераційних установок

Варіанти схем живлення:

а) структурна схема електроживлення з одним газопоршневим двигуном з генератором;

б) структурна схема резервного електроживлення з двома газопоршневими двигунами з генераторами;

в) структурна схема газопоршневого електроагрегату живлення різних категорій споживачів; ГДГ – газопоршневий двигун з генератором; ПВР – перемикач ввімкнення резерву; РП – розподільчий пристрій, АВР – автоматичне ввімкнення резерву; UPS – статичний агрегат резервного електроживлення (з акумуляторними батареями); ПУС – панель управління і сигналізації.

Особливістю газопоршневих електроагрегатів є можливість застосування декількох виконавчих пристроїв, керованих одним електронним блоком регулювання частоти обертання, оскільки багато двигунів мають декілька агрегатів наддуву і, відповідно, декілька дросельних заслінок з індивідуальним приводом (рис. 2).

Крім того, існують схеми наддуву з паралельною роботою кількох турбокомпресорів на загальний впускний колектор. У таких двигунах часто застосовують паралельно ввімкнені дросельні заслінки, кожна зі своїм керуванням приводом. Це дозволяє застосовувати виконавчі пристрої, які мають невеликі габарити і масу. У цьому випадку при малих навантаженнях агрегату керують однією заслінкою, а при збільшенні навантаження – двома заслінками.

Регулювання складу газоповітряної суміші є одним з ефективних способів впливу на робочий процес газопоршневого двигуна з метою забезпечення заданих ефективних, економічних й екологічних показників електроагрегату. Основним параметром горючої суміші, що створює істотний вплив на ці показники, є співвідношення палива і повітря в цій суміші, зване паливоповітряним відношенням, відношенням «газ-повітря» або «повітря-газ», що відповідає прийнятому в зарубіжній практиці найменуванню «air-fuel ratio» (AFR) [7].

Регулювання напруги в енергосистемі здійснюється регулюванням напруги на виводах генератора шляхом дії на його збудження.

Генератори, що використовуються в когенераційних установках, можуть бути синхронними або асинхронними. Синхронний генератор може працювати в автономному режимі або паралельно з мережею. Асинхронний генератор може працювати тільки паралельно з мережею.

Якщо стався обрив або інші несправності в мережі, асинхронний генератор припиняє свою роботу. Тому для забезпечення гнучкості застосування розподілених когенераційних енергосистем частіше використовуються синхронні генератори [8].

За способом виконання систем збудження генератори умовно можна розділити на два принципово різних виконання: генератори, забезпечені щітковим апаратом для передачі струму від нерухомої системи управління до обертаючої обмотки збудження, іменовані надалі «щіткові» (лапки далі опускаються) і генератори, позбавлені такого апарату, іменовані надалі безщіткові (рис. 3). У свою чергу,

щіткові генератори підрозділяються на оснащені статичною системою з прямим фазовим компаундуванням і забезпечені збудником постійного струму з непрямым фазовим компаундуванням. Щіткові генератори зі статичною системою збудження з корекцією напруги поділяються на варіанти: з дроселем відбору, з керованим трансформатором фазового компаундування і з тиристорним відбором. У сучасних системах корекція напруги здійснюється напівпровідниковим коректором напруги.

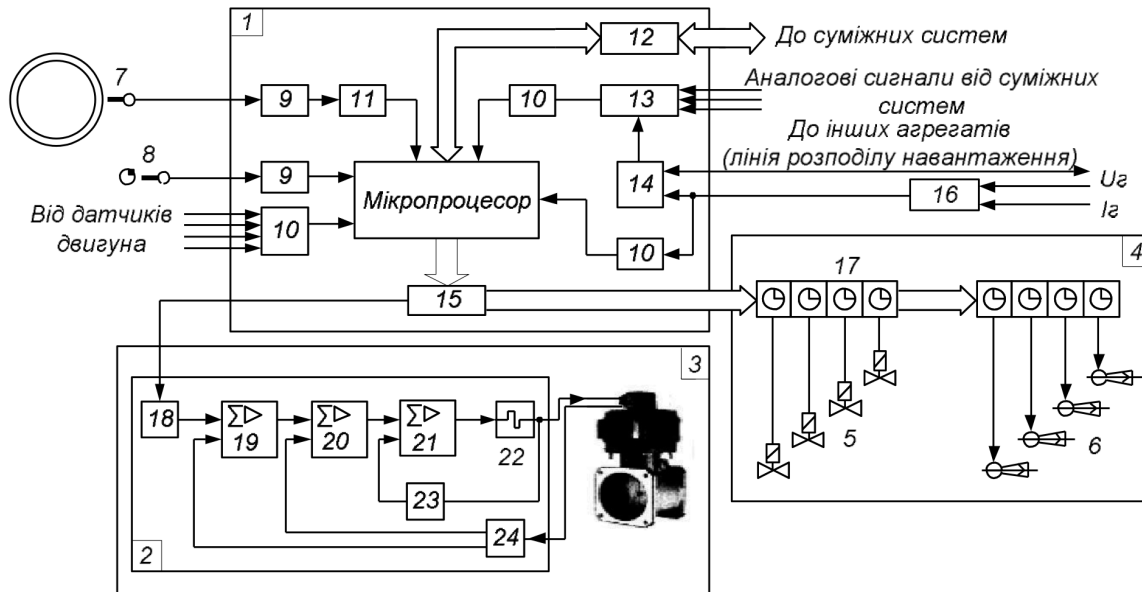


Рис. 6. Схема електронного регулятора частоти обертання.

Схема електронного регулятора частоти обертання складається:

1 – мікропроцесорний блок; 2 – модуль управління дросельною заслінкою; 3 – привід дросельної заслінки; 4 – модуль розподіленого управління подачею газу; 5 – електромагнітний газовий клапан; 6 – форсунка; 7 – датчик частоти обертання; 8 – датчик положення розподільного валу; 9 – вхідний перетворювач; 10 – аналого-цифровий перетворювач; 11 – перетворювач частоти в код; 12 – інтерфейсний перетворювач; 13 – аналоговий задатчик частоти обертання; 14 – модуль розподілення навантаження; 15 – вихідний модуль; 16 – датчик активного навантаження; 17 – таймер; 18 – перетворювач сигналу управління; 19 – підсилювач контуру зворотного зв'язку по положенню; 20 – підсилювач контуру зворотного зв'язку по швидкості; 21 – підсилювач контуру зворотного зв'язку по струму; 22 – широтно-імпульсний модулятор; 23 – датчик струму; 24 – перетворювач сигналу зворотного зв'язку.

У системі збудження (рис. 3) група статичних випрямлячів перетворює змінний струм збудника GE із частотою 50 Гц у постійний. Збудником є синхронний генератор, розташований на одному валу зі збуджуваним генератором (незалежне збудження). Статична випрямна установка складається з керованих напівпровідникових кремнієвих випрямлячів – тиристорів.

При високих значеннях напруги збудження, зазвичай, застосовують дві групи тиристорів – робочу VS1 і прискорюючу VS2. Обидві групи з'єднують паралельно за трифазною мостовою схемою. За рахунок комутації тиристора однієї групи на тиристор іншої групи зворотна напруга тиристорів робочої групи зменшується. Робоча група тиристорів забезпечує основне збудження генератора в нормальному режимі, прискорююча група – прискорення і гасіння поля в аварійних режимах, тому в нормальному режимі вона працює з невеликими струмами (20-30 % номінального струму ротора); при прискоренні прискорююча група (повністю або частково) відкривається і забезпечує весь струм прискорення, а робоча група тиристорів замикається більш високою напругою прискорюючої групи. Для живлення двох груп тиристорів обмотку кожної фази збудника виконують з двох частин: частини низької напруги, перетин провідників якої розрахований на тривале проходження робочого струму, і частини високої напруги, перетин провідників якої розрахований на короткочасне проходження струму прискорення. До першої підключені тиристори робочої групи VS1, а до другої – прискорюючої групи VS2. Незалежна система збудження зі збудником змінного струму і статичними перетворювачами володіє високою швидкістю, оскільки вона має високу граничну напругу збудження і, внаслідок безінерційності тиристорів, малі постійні часу. До недоліків цієї системи збудження слід віднести наявність збудника змінного струму, який ускладнює експлуатацію і збільшує вартість всієї системи збудження, а також наявність ковзних контактів (у ній зберігаються контактні кільця і щітки ротора). Найбільш поширеним є виконання безщіточного генератора з синхронним збудником і підбудником на постійних магнітах, які, в свою чергу, діляться при виконанні на «діодні» і «тиристорні» (лапки надалі опускаються). У діодному варіанті напруга якірної обмотки синхронного збудника через обертовий доданий перетворювач прикладається до обмотки збудження генератора, а регулювання здійснюється в ланцюзі обмотки збудження; в тиристорному варіанті напруга до обмотки збудження прикладається через тиристорний перетворювач, і регулювання здійснюється шляхом дії на тиристорний перетворювач. Іноді обидва варіанти в цілях резервування реалізуються в одному генераторі. Для управління сучасними газопоршневими електроагрегатами широко застосовуються комплексні мікропроцесорні системи, створювані, як правило, для типового ряду агрегатів одного виробника. До переліку таких пристроїв входять один або кілька блоків збору та обробки сигналів датчиків (тиску, температури, детонації), головний (базовий) керуючий блок, виконуючий регулювання частоти обертання і керування послідовністю операцій пуску і зупинки двигуна, блок регулювання складу паливоповітряної суміші і блок управління запалюванням. Для керування та автоматизації когенераційної установки застосовується найбільш поширений для когенераційних установок контролер IntelliSys.

Основна перевага контролера IntelliSys – збільшена кількість цифрових і аналогових входів/виходів, набір функцій для когенераційних установок (PID контури регулювання) і комунікаційні можливості високого рівня – дистанційний контроль і управління за допомогою модемних ліній, мобільного телефону та інтернету.

Основні параметри контролера:

- ручний і автоматичний запуск/зупинка двигуна;
- функції контролю живлячої мережі по трьох фазах;
- несиметрія струму/напруги;
- контроль чергування фаз;
- захист від несиметричних к. з.;
- контроль обертів двигуна;
- функція автоматичної сигналізації зупинки;
- лічильник електроенергії кВАр, кВт;
- сигналізація зупинки при максимальній та мінімальній напрузі генератора;
- максимальний струмовий захист;
- управління генераторним вимикачем із зворотним зв'язком;
- управління мережевим вимикачем зі зворотним зв'язком і таймером;
- параметри, що настраюються, для кожної конфігурації;
- параметри задаються за допомогою ПК або клавіатури;
- графічний дисплей ЖК з підсвічуванням, дозвіл 320x240 пікселів 6 світлодіодних індикаторів, стани: (мережа, мережевий вимикач, напруга шин, генераторний вимикач, генератор, двигун);
- лічильник мотогодинника;
- тестування світлодіодних ламп;
- підтримка інтерфейсів RS232/Modbus;
- підтримка когенерації;
- програмовані функції (таймери, логіка, програмовані перемикачі, PID контури);
- контроль температури.

Структурна схема газопоршневого електроагрегату приведена на рис. 4. На ній показані зв'язки систем (управління, регулювання і т. д.) з електроагрегатом та наведено перелік підсистем, які можуть входити до відповідних систем [9].

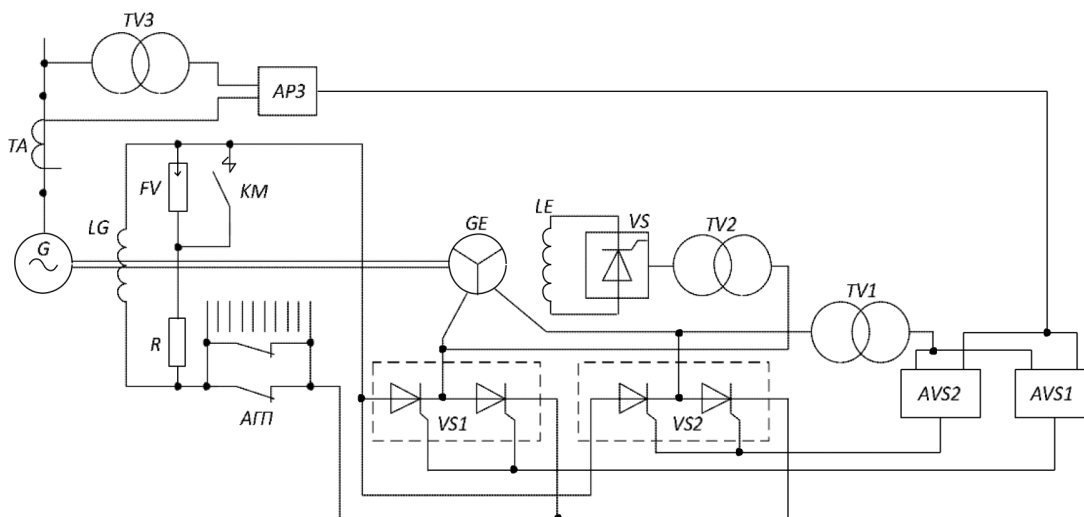


Рис. 7. Статична тиристорна система незалежного збудження:

ТА1 – трансформатор, який живить системи керування вентилями робочої групи AVS1 і прискорюючої групи AVS2;

ТА2 – трансформатор самозбудження збудника;

VS – вентилі системи збудження збудника;

АРЗ – автоматичне регулювання збудженням.

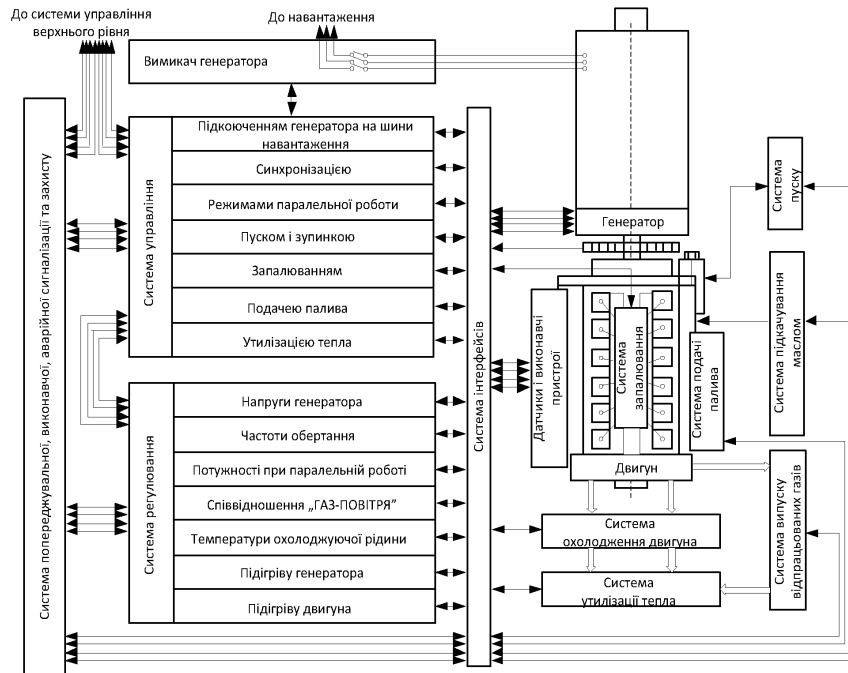


Рис. 8. Схема структурна газопоршневого електроагрегата

Висновки з дослідження й перспективи.

Визначено, що біогазові установки з об'ємом реакторів до 25 м³ мають негативний енергетичний баланс. Установки з об'ємом біореактора більш ніж 100 м³ з витримкою технології зброджування дають енергетичний ефект. Використання автоматизованого контролю параметрів процесу отримання біогазу (температура, тиск, час та ін.) забезпечують максимальний виробіток біогазу. Виявлено, що сучасні КГУ є багатофункціональними електро- та теплоенергетичними пристроями. Структуру цих пристроїв з позиції регулювання та управління поділяють на дві частини, які виступають, відповідно, об'єктами управління: механічну і електричну. Причому на першу покладають ефективне регулювання частоти та моменту обертючих частин, а на другу – регулювання електричної напруги. Управління вказаними системами відбувається автоматичними блоками, що контролюють параметри КГУ в цілому.

Бібліографія

1. Паньків В. В. Когенерация: как это работает. Обзор рынка // Журнал «Сети и бизнес». – 2010. – № 4. – С. 96–101.
2. Куценко Ю. М. Аналіз основних чинників анаеробного метанового збродження для отримання біогазу / Ю. М. Куценко, В. М. Коломицев // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11, т.3. – С. 49-56.

3. Кюрчев В. М. Альтернативне паливо для енергетики АПК: посібн. / В. М. Кюрчев, В. А. Дідур, Л. І. Грачова; за ред. В. А. Дідура. – К.: Аграрна освіта, 2012. 416 с.
4. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія / Я. Б. Блюм, Г. Г. Гелетуха, [та інш.]. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 с.
5. Щербина О. М. Енергія для всіх: технічний довідник / О. М. Щербина – Ужгород: Видавництво Валерія Подяка. 2007. – 340 с.
6. Матюнина Ю. В., Харитонов Д. А. Использование газопоршневых установок при регулировании нагрузки предприятия // Вестник МЭИ. – 2007. № 2. – С. 111–113.
7. Петров С. П. Автоматизация когенерационных систем теплоснабжения с распределенными пиковыми нагрузками: монография / Под общ. ред. д.т.н., проф. А. И. Суздальцева. – М.: Машиностроение, 2007. – 304 с.
8. Круг А. Е. Параллельная работа синхронного генератора с сетью // Сборник «Электросила». – 2000. – № 39. – С. 104–111.
9. Strickland, C. and Nyboer, J. (2002), Cogeneration Potential in Canada, Phase 2, completed for Natural Resources Canada, Ottawa.