ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БІОГАЗОВИМИ УСТАНОВКАМИ

В. Ю. Рамш, кандидат технічних наук, доцент

М. В. Потапенко, кандидат технічних наук, старший викладач

В. Л. Шаршонь, асистент

***Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і
природокористування України "Бережанський агротехнічний інститут"***

E-mail: m.potapenko@i.ua

Анотація. *Питанням забезпечення надійності системи керування біогазовими установками має бути приділена особлива увага при її проектуванні, при виготовленні всіх апаратних засобів, при розробці математичного та програмного забезпечення, при створенні інформаційного забезпечення, при проведенні монтажних і пусконаладжувальних робіт, під час технічної експлуатації системи.*

Метою дослідження є розробка заходів забезпечення експлуатаційної надійності систем автоматичного керування біогазовими установками за рахунок їх оптимального обслуговування.

Вибір оптимальної стратегії дозволяє досягти найкращих результатів експлуатації біогазових установок без залучення додаткових ресурсів.

Відзначено важливість швидкого відновлення роботи систем керування після відмов, а також планування і організації їх ефективного профілактичного обслуговування. Наголошено на необхідності збору, обробки, аналізу та використання даних про надійність систем керування.

За одержаними значеннями напрацювання на відмову і часом відновлення визначені величини коефіцієнта готовності для пристроїв кожного типу та для системи керування в цілому.

Аналіз отриманих даних щодо напрацювання на відмову, за витратами часу на відновлення після відмови, за коефіцієнтом готовності дасть можливість розробити організаційно-технічні заходи, реалізація яких призведе до підвищення експлуатаційної надійності системи керування біогазової установки.

Для оцінки надійності запропоновано комплексний інтегральний показник, який характеризує стан нормального функціонування системи.

Змінюючи стратегію профілактичного обслуговування та організацію робіт з відновлення роботи пристроїв системи після відмов, на основі аналізу значення коефіцієнта нормального функціонування можна одержати необхідні значення надійності систем автоматичного керування біогазовими установками.

Ключові слова: *біогазова установка, система керування, відмова, надійність, профілактичне обслуговування, коефіцієнт нормального функціонування системи*

Актуальність. З кожним роком все більше зростає інтерес до альтернативних видів палива. Це пов'язано з низкою об'єктивних причин: зростаюча нестача традиційного органічного палива, екологічні аспекти використання природних джерел енергії, а також існуючі державні програми з енергозбереження.

Раціональним шляхом утилізації відходів є анаеробна ферментація, при якій в результаті зброджування і розкладання біомаси під впливом бактерій одержують біогаз.

Біогаз - це газ, близький за своїми характеристиками до природного газу, що містить в складі від 55 до 75 % метану та від 25 до 45 % вуглекислого газу. Його одержують у результаті зброджування і розкладання біомаси під впливом бактерій [1].

Як сировину для виробництва біогазу використовуються: органічні відходи тваринного походження, побутові відходи, рослинні рештки та різноманітні енергетичні культури.

Для отримання біогазу використовуються біогазові установки, які дозволяють одночасно вирішити питання щодо утилізації органічних відходів і скоротити дефіцит енергетичних і агрохімічних ресурсів [2].

Біогазова установка повинна бути автоматизована. Обсяг автоматично виконуваних операцій біогазових установок різного призначення може бути різний.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ефективність та безпечність функціонування технологічного процесу виробництва біогазу забезпечують автоматичні системи керування. Однак це може бути досягнуто лише в тому випадку, якщо автоматичні системи будуть мати високу надійність [3].

Надійність роботи автоматизованих біогазових установок оцінюються кількістю відмов устаткованого обладнання й систем керування впродовж певного періоду часу та тривалістю простоїв технологічних ліній, зумовлених відновленням їх працездатності.

Автоматичні системи керування біогазовими установками є системами тривалого застосування. У разі відмови елемента пристрій системи керування, в якому сталась відмова, ремонтується і після заміни елемента, що відмовив знову включається в роботу.

Питанням забезпечення надійності системи керування біогазовими установками має бути приділена особлива увага при проектуванні системи, при виготовленні всіх апаратних засобів, при розробці математичного та програмного забезпечення, при створенні інформаційного забезпечення, при проведенні монтажних і пусконаладжувальних робіт, під час технічної експлуатації системи [4].

Мета дослідження – розробити заходи забезпечення експлуатаційної надійності систем автоматичного керування біогазовими установками за рахунок їх оптимального обслуговування.

Матеріали і методи дослідження. Вирішення проблем підвищення надійності й ефективності технологічних систем необхідно для розробки обґрунтованої стратегії експлуатації, яка ґрунтується на підставі об'єктивних характеристик безвідмовності і ремонтпридатності, структури системи, характеристик індикації відмов тощо [5]. Вибір оптимальної стратегії дозволяє досягти найкращих результатів експлуатації біогазових установок без залучення додаткових ресурсів.

Основними методами підтримання працездатності, тобто надійності систем автоматичного керування біогазовими установками в процесі експлуатації є:

- підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу і рівня технічного обслуговування;
- швидке відновлення працездатності системи після відмови;
- планування і організація ефективного профілактичного обслуговування системи;
- збір, обробка, аналіз і використання даних щодо експлуатаційної надійності системи керування;
- забезпечення системи запасними частинами і матеріалами.

До складу систем керування входять деталі і елементи, які піддаються зношенню і старінню. Оскільки системи керування технологічними процесом виробництва біогазу є системами тривалого застосування, то вони неминуче з періоду нормальної експлуатації, для якого характерним є постійне значення інтенсивності відмов, переходять в період старіння, в якому відбувається зростання інтенсивності відмов [6].

Профілактичне обслуговування пристроїв системи керування забезпечує заміну деталей і елементів, які наближаються до роботи в період старіння, на нові деталі і елементи, що дає можливість підтримувати надійність системи керування на заданому високому рівні.

На підприємствах, що використовують біогазові установки, необхідно організувати збір даних:

- про раптові відмови приладів, апаратів, пристроїв (дата відмови; ознаки; витрати часу на виявлення; використання апаратно-програмних засобів для виявлення відмови; вплив відмови на роботу системи керування; витрати часу на усунення відмови; ресурси, використані для усунення відмови; витрати часу на пуск в роботу);

- про профілактичне обслуговування приладів, апаратів, пристроїв системи керування (дата проведення; тривалість робіт; використані апаратно-програмні засоби при проведенні робіт; обсяг робіт; використані ресурси).

Отримані дані щодо відмов і профілактичних робіт в першу чергу повинні бути використані для визначення кількісних характеристик експлуатаційної надійності кожного пристрою, а також системи керування в цілому.

Позначимо індекси приладів, апаратів чи пристроїв, що входять до складу системи керування, як $q = 1, 2, \dots, Q$; $q = \overline{1, Q}$.

Визначаємо значення напрацювання на відмову, тобто середнього часу між двома відмовами:

- для пристроїв кожного типу:

$$\bar{T}_q = \frac{\sum_{i=1}^{n_q} \tau_{iq}}{n_q}, \quad (1)$$

де τ_{iq} – час справної роботи пристроїв типу q між i -ою і $(i+1)$ відмовами; n_q – число відмов одного пристрою типу q за час T ;

– для системи керування в цілому:

$$\bar{T}_c = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} \tau_{ic}}{n_c}, \quad (2)$$

де τ_{ic} – час справної роботи системи керування біогазової установки між i -ою і $(i+1)$ відмовами; n_c – число відмов системи керування в цілому за час T .

Розглянемо систему керування без застосування методів резервування. У цьому випадку на час усунення відмови або проведення профілактичних заходів її функціонування припиняється [7].

На підставі зібраних за час інтервалу спостереження T даних має бути визначений середній час відновлення після відмови пристроїв кожного типу:

$$\bar{T}_{Bq} = \frac{\sum_{i=1}^{n_q} t_{iq}}{n_q}, \quad (3)$$

де t_{iq} – час відновлення після i -ої відмови пристрою типу q .

За формулою, аналогічною (3), визначається середній час на відновлення системи керування в цілому $\bar{T}_{Bc}$.

За одержаними значеннями напрацювання на відмову $\bar{T}_q$, $\bar{T}_c$ і часом відновлення $\bar{T}_{Bq}$, $\bar{T}_{Bc}$ повинні бути визначені величини коефіцієнта готовності:

- для пристроїв кожного типу:

$$K_q = \frac{\bar{T}_q}{\bar{T}_q + \bar{T}_{Bq}}; \quad (4)$$

- для системи керування в цілому:

$$K_c = \frac{\overline{T}_c}{T_c + T_{Bc}}. \quad (5)$$

Аналіз отриманих даних щодо напрацювання на відмову, за витратами часу на відновлення після відмови, за коефіцієнтом готовності дасть можливість розробити заходи, реалізація яких призведе до підвищення експлуатаційної надійності системи керування в цілому.

Далі розглянемо вплив тривалості профілактичних обслуговувань і частоти їх проведення на експлуатаційну надійність системи [5,7].

Перші 1-2 роки роботи системи керування біогазових установок, види і регламенти профілактичного обслуговування приймаються відповідно до рекомендацій заводських інструкцій щодо експлуатації обладнання.

У цей період для вибраного інтервалу спостереження T необхідно визначити значення ряду показників. Отже, заводськими інструкціями задані: ΔT_{prq} – інтервал між двома профілактичними обслуговуваннями для пристроїв типу q і T_{prq} – тривалість проведення одного профілактичного обслуговування пристрою типу q .

Визначаємо кількість профілактичних обслуговувань пристрою типу q протягом інтервалу часу T :

$$W_q = \frac{T}{\Delta T_{prq}}, \quad q = \overline{1, Q}. \quad (6)$$

Витрати часу в інтервалі часу T на проведення профілактичних обслуговувань усіх пристроїв системи керування біогазової установки визначаються як:

$$T_{prc} = \sum_{q=1}^Q W_q \cdot b_q \cdot T_{prq}, \quad q = \overline{1, Q}, \quad (7)$$

де b_q – кількість однотипних пристроїв типу q .

Вважаємо, що профілактичні обслуговування не проводяться одночасно для двох або більше пристроїв.

Визначаємо витрати часу на усунення всіх відмов на інтервалі T :

$$T_{Bc} = \sum_{q=1}^Q n_q \cdot T_{Bq}, \quad q = \overline{1, Q}. \quad (8)$$

Комплексним інтегральним показником, який характеризує стан нормального функціонування системи є коефіцієнт K_n .

Значення коефіцієнта нормального функціонування системи становить:

$$K_n = \frac{T - (T_{Bc} + T_{prc})}{T}. \quad (9)$$

Висновки і перспективи. Змінюючи стратегію профілактичного обслуговування та організацію робіт з відновлення роботи пристроїв системи після відмов, необхідно на основі аналізу значення коефіцієнта нормального функціонування системи K_n домагатися в інтервалах часу T необхідних значень надійності систем автоматичного керування біогазовими установками.

Список використаних джерел

1. Куценко Ю. М. Аналіз основних чинників анаеробного метанового збродження для отримання біогазу / Ю. М. Куценко, В. М. Коломицев // Праці ТДАТУ. – 2011. – Вип. 11, т. 3. – С. 49–56.
2. Потапенко М. В. Оцінка стійкості електропривода при проектуванні потокових ліній біогазових установок / М. В. Потапенко, Р.М. Лещій, В. Л. Шаршонь // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2019. – Вип. 203. – С. 73–76.
3. Основы проектирования химических производств: монография / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Г. С. Кормильцин, А. А. Пахомов. – М.: ИД «Спектр», 2014. – 356 с.
4. Семененко И. В. Проектирование биогазовых установок / И. В. Семененко. – Суми: П «МакДон», ИПП «Мрия-1» ЛТД, 1996. – 347 с.
5. Половко А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 704 с.
6. Телков Ю. К. Системный анализ и методология автоматического проектирования непрерывных технологических производств / Ю. К. Телков. – М.: Академия народного хозяйства, 1978. – 159 с.
7. Гнеденко Б. В. Математические методы в теории надежности / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев, В. А. Каштанов – М.: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2013. – 550 с.

References

1. Kutsenko, Yu. M., Kolomytsev, V. M. (2011). Analiz osnovnykh chynnykiv anaerobnoho metanovoho zbrodzhennia dlia otrymannia biohazu [Analysis of key factors in anaerobic methane fermentation for production biogas]. Pratsi TDATU, 11(3), 49–56.
2. Potapenko, M. V., Leshchii, R. M., Sharshon, V. L. (2019). Otsinka stiikosti elektropriyvoda pry proektuvanni potokovykh liniy biohazovykh ustanovok [Assessment of stability of the electric drive at design of product lines of biogas installations]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka, 203, 73–76.
3. Dvoret'skiy, S. I., Dvoret'skiy, D. S., Kormil'tsin, G. S., Pakhomov, A. A. (2014). Osnovy proyektirovaniya khimicheskikh proizvodstv: monografiya [Fundamentals of designing chemical production: monograph] Moskow: ID «Spektr», 356.
4. Semenenko, I. V. (1996). Proektirovaniye biogazovykh ustanovok [Planning of biogas options]. Sumi: P «MakDon», IPP «Mriya-1» LTD, 347.
5. Polovko, A. M., Gurov S. V. (2008). Osnovy teorii nadezhnosti [Fundamentals of the theory of reliability]. SPb.: BKHV-Peterburg, 704.
6. Telkov, Yu. K. (1978). Sistemnyy analiz i metodologiya avtomaticheskogo proektirovaniya nepreryvnykh tekhnologicheskikh proizvodstv [System analysis and methodology for the automatic design of continuous technological production]. Moskow: Akademiya narodnogo khozyaystva, 159.
7. Gnedenko, B. V., Belyayev Yu. K., Solov'yev A. D., Kashtanov V. A. (2013). Matematicheskiye metody v teorii nadezhnosti [Mathematical methods in the theory of reliability]. Moskow: Knizhnyy dom LIBROKOM, 550.

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БИОГАЗОВЫМИ УСТАНОВКАМИ

В. Ю. Рамиш, Н. В. Потапенко, В. Л. Шаршонь

Аннотация. *Вопросам обеспечения надежности системы управления биогазовой установки должно быть уделено особое внимание при ее проектировании, при изготовлении всех аппаратных средств, при разработке математического и программного обеспечения, при создании информационного обеспечения, при проведении монтажных и пусконаладочных работ, при технической эксплуатации системы.*

Целью исследования является разработка мер по обеспечению эксплуатационной надежности систем автоматического управления биогазовыми установками за счет их оптимального обслуживания.

Выбор оптимальной стратегии позволяет достичь лучших результатов эксплуатации биогазовых установок без привлечения дополнительных ресурсов.

Отмечено важность скорейшего возобновления работы систем управления после отказов, а также планирования и организации их эффективного профилактического обслуживания. Отмечена необходимость сбора, обработки, анализа и использования данных о надежности систем управления.

По полученным значениям наработки на отказ и времени восстановления определены величины коэффициента готовности для устройств каждого типа и для системы управления в целом.

Анализ полученных данных по наработке на отказ, по затратам времени на восстановление после отказа, по коэффициенту готовности позволит разработать организационно-технические мероприятия, реализация которых приведет к повышению эксплуатационной надежности системы управления биогазовой установки.

Для оценки надежности предложен комплексный интегральный показатель, характеризующий состояние нормального функционирования системы.

Изменяя стратегию профилактического обслуживания и организацию работ по восстановлению работы устройств системы после отказов, на основе анализа значения коэффициента нормального функционирования можно получить необходимые значения надежности систем автоматического управления биогазовыми установками.

Ключевые слова: *биогазовая установка, система управления, отказ, надежность, профилактическое обслуживание, коэффициент нормального функционирования системы*

ASSESSMENT OF OPERATIONAL RELIABILITY OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS OF BIOGAS PLANTS

V. Ramsh, M. Potapenko, V. Sharshon

Abstract. *The issues of ensuring the reliability of the control system of a biogas plant should be given special attention in the design of the system, in the manufacture of all hardware, in the development of mathematical and software, in the creation of information support, during installation and commissioning, during the technical operation of the system.*

A research aim is development of measures on providing of operating reliability of the systems of automatic control by biogas plants due to their optimal service.

The choice of the optimal strategy allows you to achieve the best results from the operation of biogas plants without attracting additional resources.

The importance of the early resumption of the operation of control systems after failures, as well as planning and organizing their effective preventive maintenance, is noted. The need for collection, processing, analysis and use of data on the reliability of control systems is noted.

According to the obtained values of failure time and recovery time, the values of the readiness factor for devices of each type and for the control system as a whole are determined.

Analysis of the obtained data on failure time, recovery time after failure, readiness factor will allow to develop organizational and technical measures, the implementation of which will increase the operational reliability of the control system of the biogas plant.

To assess the reliability, a complex integral indicator is proposed that characterizes the state of normal functioning of the system.

Changing the strategy of preventive maintenance and the organization of work to restore the operation of system devices after failures, based on the analysis of the value of the coefficient of normal functioning, it is possible to obtain the necessary values of the reliability of automatic control systems for biogas plants.

Key words: *biogas plant, control system, failure, reliability, preventive maintenance, coefficient of normal functioning of the system*