

УДК 631.363.862.1

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОТОКОВО-ВИРОБНИЧИХ ЛІНІЙ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

*В.Г. Подобайло, кандидат технічних наук,
М.В. Потапенко, Н.П. Семенова, С.В. Гайдукевич, старші викладачі
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і
природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»*

Приведена методика визначення статичної і динамічної стійкості електропривода при проектуванні поточкових ліній біогазових установок.

Біогазова установка, електропривод, статична стійкість, динамічна стійкість, кореляційна функція.

Взаємозв'язок енергетики та економіки вимагає, насамперед, економії енергії на всіх рівнях виробництва і споживання та зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище.

Поставлена мета може бути досягнута тоді, коли приріст потреб в паливі і енергії на 75-80% буде задовольнятися за рахунок застосування відновлювальних джерел енергії [3].

Застосування біогазових установок дозволяє вирішити проблеми енергетичного, екологічного та агрохімічного характеру, а тому є базовою основою для створення екологічно чистих технологій, які дозволять підвищити ефективність використання природних ресурсів.

Технічних варіантів реалізації метаногенезу біомаси розроблено багато, починаючи з простих і закінчуючи складними, технологічно досконалими установками довготривалої неперервної дії з використанням мікропроцесорних засобів.

Але внаслідок малої кількості біогазових установок, які в даний час працюють Україні, практично відсутня технічна інформація про їх експлуатаційні характеристики. А вже на перших етапах проектування біогазових установок необхідно мати нормативно-методичні матеріали щодо вибору параметрів, які забезпечать їх виробництво і експлуатацію з мінімальними затратами коштів і часу.

Мета дослідження – визначити функціональні залежності параметрів електропривода подрібнювачів-змішувачів біогазових установок, які б забезпечували режими роботи близькі до номінальних.

Матеріали і методика досліджень. У поточно-виробничих лініях для переробки соломи та відходів рослинництва для використання в біореакторах із – за нерівномірної подачі цих матеріалів порушується технологічний процес їх подрібнення, що визиває перевантаження електродвигунів та окремих елементів конструкції виробничих машин. Основним елементом технологічного обладнання, який забезпечує кількісний і якісний склад

живильних речовин у бункерах накопичувачах біогазових установок є барабанні подрібнювачі-змішувачі. Розроблена методика визначення критерію оптимізації техніко-економічних показників подрібнювачів-змішувачів.

Результати досліджень. Відповідно з [4] потужність електродвигуна для привода подрібнювача-змішувача, через його параметри, рекомендується визначати за формулою:

$$P = \frac{0,34D^3 \cdot L \cdot u \cdot \gamma \cdot \varphi}{2\pi R \cdot Q}, \quad (1)$$

де D – діаметр барабану, м;

L – довжина змішувального барабану, м;

u – колова швидкість барабану, м/год;

γ – густина субстрату, кг/м³;

φ – коефіцієнт заповнення;

Q – об'ємна продуктивність подрібнювача-змішувача, м³/год.

У формулі (1) потужність електродвигуна функціонально залежить від габаритів подрібнювача, енергетичних затрат на одиницю продукції та вартості одиниці об'єму установки. Це дозволить одержати аналітичний вираз цільової функції залежності економічної ефективності подрібнювачів-змішувачів від їх технологічних і технічних показників.

При переробці матеріалів з вологістю вище 75% вибраний за даною методикою електродвигун буде працювати надійно не перевищуючи номінальні режими.

Але сила зчеплення між окремими частинами продуктів рослинництва залежить від розмірів, стану поверхні, вологості. Тому, незважаючи на їх роз'єднання та дозування, попадаючи в робочу машину створюються перевантаження, які проявляються на навантажувальній діаграмі електропривода.

Оскільки момент опору M_0 робочих органів машини обумовлюється багатьма факторами, то навантаження змінюється за випадковим законом. А тому залежність M_0 від часу необхідно описувати за допомогою теорії випадкових функцій.

Ймовірнісні характеристики навантаження визначаються експериментальним шляхом. При використанні матеріалу одного виду машина працює приблизно в одному режимі. Тому навантаження можна вважати випадковою стаціонарною функцією, яка має ергодичну властивість [5]. Якщо який-небудь один із факторів не переважає у формуванні навантаження, то приймають нормальний закон розподілу ймовірностей.

Для моделювання і обробки навантажувальних діаграм за струмом і моментом опору доцільно використати комп'ютерні засоби, зокрема пакет прикладних програм MatLab.

За записаними навантажувальними діаграмами можна визначити математичне сподівання m_i , середньоквадратичне відхилення σ_i і кореляційну функцію струму.

Розглянемо методи розрахунку електропривода з врахуванням обмежуючих завантажень потокової лінії факторів: нагрівання електродвигуна, статичної і динамічної стійкості електроприводу та забивання робочої машини оброблюваним матеріалом.

Електродвигун не буде перегріватись, якщо еквівалентний струм навантаження I_e буде меншим за номінальний струм двигуна на I_n .

Еквівалентний струм у відносних одиницях визначається з виразу [2]:

$$i_e = \frac{I_e}{I_n} = \sqrt{m_i^2 + \sigma_i^2} = m_i \sqrt{1 + K_V^2}, \quad (2)$$

де m_i – математичне сподівання струму;

σ_i – середньоквадратичне відхилення струму;

$K_V = \frac{\sigma_i}{m_i}$ – коефіцієнт варіації струмової діаграми.

Коли коефіцієнт завантаження i , як наслідок m_i , знижується до 0,95 при номінальній напрузі на затискачах двигуна він не перегрівается.

При перевірці статичної стійкості, щоб не допустити зупинки електродвигуна при перевантаженні, необхідно дотримуватись умови $\mu_k > m_{0\max}$.

Значення $m_{0\max}$ можна визначити аналізуючи навантажувальну діаграму, а враховуючи відхилення максимального моменту двигуна від каталожного, то його приймаємо з 10% запасом.

$$m_{0\max} = m_{M_0} + 3\sigma_{M_0} + 0,1, \quad (3)$$

де m_{M_0} – математичне сподівання M_0 у відносних одиницях;

σ_{M_0} – середньоквадратичне відхилення M_0 у відносних одиницях.

Враховуючи те, що $m_{M_0} = \frac{K_3}{K_M}$ після перетворення виразу (3) отримаємо нерівність:

$$K_3 < \frac{K_M(\mu_k - 0,1)}{1 + 3K_V}. \quad (4)$$

Вираз (4) дозволяє вибрати допустимий коефіцієнт завантаження K_3 двигуна при заданих параметрах електропривода та дозуючого пристрою. Перевантажувальну здатність електроприводу з врахуванням її зменшення при живленні від малопотужної мережі характеризує чисельник правої частини.

Коефіцієнт варіації навантаження K_V обумовлює якість роботи дозатора, який подає оброблюваний матеріал у робочу машину.

При визначенні динамічної стійкості електропривода потоково-виробничих ліній біогазових установок необхідно розв'язувати нелінійні диференціальні рівняння, що дуже ускладнює задачу.

Тому, за значно простіших розрахунків, умову динамічної стійкості можна отримати застосовуючи аналіз енергетичного балансу роботи електропривода при короткочасному різкому зростанні навантаження: $M_0 > M_k$. Щоб кутова швидкість була не менше допустимої, махові маси рухомих частин повинні мати запас кінетичної енергії, достатній для подолання викиду

навантаження, оскільки дефіцит моменту двигуна може бути покритий лише за рахунок динамічного моменту, який виникає при зменшенні кутової швидкості:

$$J_{np} \cdot \frac{\omega_1^2 - \omega_d^2}{2} > \int_0^{t_1} [M_0(t) - M_k] \cdot \omega(t) \cdot dt, \quad (5)$$

де J_{np} – приведений момент інерції системи;

ω_1 – кутова швидкість електроприводу до настання перевантаження;

ω_d – допустима мінімальна кутова швидкість приводу;

M_0 – момент опору;

t_1 – час викиду навантаження.

Якщо прийняти $\omega(t) = \frac{\omega_1 + \omega_d}{2}$, то після перетворень одержимо умову динамічної стійкості приводу.

$$T_{em} > \frac{1}{0,4} \cdot F_B = \frac{1}{0,4} \int_0^{t_1} m_0 \cdot dt - t_1, \quad (6)$$

де $T_{em} = J_{np} \cdot \frac{\omega_0 \cdot S_k}{M_k}$ – електромеханічна постійна часу електропривода;

F_B – приведений час викиду навантаження, який дорівнює площі викиду навантажувальної діаграми і є випадковою величиною.

Величину F_{Bcp} визначають за допомогою теорії випадкових функцій [5].

При відомій кореляційній функції:

$$F_{Bcp} = \frac{\sigma_{M_0}^2 \sqrt{2\pi}}{\dot{\sigma}_{M_0}} + \frac{(m_{M_0} - \alpha) \cdot \sigma_{M_0} \cdot \pi}{\dot{\sigma}_{M_0}} \cdot \left[1 - \Phi \left(\frac{a - m_{M_0}}{\sigma_{M_0}} \right) \right] \exp \left[\frac{1}{2} \left(\frac{a - m_{M_0}}{\sigma_{M_0}} \right)^2 \right], \quad (7)$$

де a – рівень викиду навантаження $a = \mu_k$;

$\dot{\sigma}_{M_0}$ – середньоквадратичне відхилення похідної навантажувальної діаграми моменту опору;

$\Phi \left(\frac{a - m_{M_0}}{\sigma_{M_0}} \right)$ – функція ймовірностей Лапласа.

Для подрібнювачів кореляційна функція має вигляд:

$$K_{M_0}(\tau) = \sigma_{M_0}^2 e^{-\alpha\tau} \cdot \left(\cos \beta\tau + \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta\tau \right), \quad (8)$$

де α – коефіцієнт затухання кореляційного зв'язку;

β – кутова швидкість на якій відбувається максимальна дисперсія навантаження.

У результаті перетворень умова динамічної стійкості електропривода буде мати вид:

$$\gamma = \frac{0,4 \cdot T_{em} \cdot \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \cdot K_M}{K_{F_B}} > \sqrt{2\pi} \cdot K_V \cdot K_3 - \pi(\mu_k \cdot K_M - K_3) \cdot \left[1 - \Phi \left(\frac{\mu_k \cdot K_M - K_3}{K_3 \cdot K_V} \right) \right] \times \\ \times \exp \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\mu_k \cdot K_M - K_3}{K_3 \cdot K_V} \right)^2 \right]. \quad (9)$$

Нерівність (9) дозволяє узгодити завантаження агрегату з нерівномірністю подачі матеріалу K_V при заданій перевантажувальній здатності двигуна $\mu_k \cdot K_M$, електромеханічній постійній часу T_{em} і ймовірнісних характеристиках α і β навантажувальної діаграми електроприводу.

Висновки

1. При живленні електропривода від малопотужної мережі, коли із-за спаду напруги перевантажувальна здатність двигуна зменшується на 30%, для забезпечення динамічної стійкості коефіцієнт завантаження не повинен бути більшим від $K_s = 0,76$, що приводить до зменшення продуктивності машини.

2. Для забезпечення статичної стійкості електроприводу при $K_V = 0,35$, $\mu_k = 0,8$. Коефіцієнт завантаження не повинен бути більшим $K_s = 0,68$.

3. За допомогою параметра γ можна визначити, коли необхідно перевірити електропривод на статичну, а коли на динамічну стійкість.

Список літератури

1. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965 – 524 с.

2. Ключов В.И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1985 – 559с.

3. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 974с.

4. Подобайло В.Г., Потапенко М.В., Семенова Н.П. Визначення показників економічної ефективності подрібнювача біогазових установок //Вісник Харківського національного технічного університету ім. Петра Василенка – 2012. – вип. №129 – С. 88 – 89.

5. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. – М.: Наука, 1968 – 487 с.

Приведена методика определения статической и динамической устойчивости электропривода при проектировании потоковых линий биогазовых установок.

Биогазовая установка, электропривод, статическая устойчивость, динамическая устойчивость, корреляционная функция.

This article analyzes the methods of determination of the statistical and dynamical stability of the electric pretext during projection of the current lines by biogas equipment.

Biogas equipment, electric, static stability, dynamic stability, correlation function.