

УДК 621.314.58

Л.Н. Добровольська, І.В. Грицюк, Д.С. Собчук
Луцький національний технічний університет
**АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АВТОНОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ
 З ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ**

Проведений аналіз надійності автономна система електроживлення. Отримав подальший розвиток метод підвищення ефективності автономних електромеханічних комплексів з асинхронними машинами, відмінною рисою якого є забезпечення стабілізації напруги, струмів і електромагнітного моменту шляхом змішаного і додаткового внутрішнього ємнісного підмагнічування автономного асинхронного генератора та внутрішньої ємнісної компенсації реактивного струму асинхронного двигуна сумірної потужності при динамічно змінюваному навантаженні.

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, асинхронний двигун, автономна електростанція, показники надійності, експонентний розподіл.

Рис. 2. Табл. 1. Літ. 10.

Л.Н. Добровольская, И.В. Грицюк, Д.С. Собчук
**АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОНОМНЫХ
 ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Проведенный анализ надежности АСЕ (автономная система электропитания). Получил дальнейшее развитие метод повышения эффективности автономных электромеханических комплексов с асинхронными машинами, отличительной чертой которого является обеспечение стабилизации напряжения, токов и электромагнитного момента путем смешанного и дополнительного внутреннего емкостного подмагничивания автономного асинхронного генератора и внутренней емкостной компенсации реактивного тока асинхронного двигателя соизмеримой мощности при динамично изменяющейся нагрузке.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, асинхронный двигатель, автономная электростанция, показатели надежности, экспоненциальное распределение.

L.N. Dobrovolskaya, I.V. Gritsyuk, D.S. Sobchuk
**ANALYSIS EKSPLUATATSYONNOY RELIABILITY OF POWER PLANTS
 AVTONOMNYH With THE ENGINE COMBUSTION VNUTRENNEHO**

The analysis of the reliability of autonomous power system. Developed further method of increasing the efficiency of autonomous electromechanical systems with asynchronous machines, the hallmark of which is stabilizing the voltage, current and electromagnetic torque by mixed and additional internal capacitor bias autonomous asynchronous generator and internal capacitive reactive power compensation of induction motor power commensurate with dynamically changing load.

Keywords: internal combustion engine, induction motor, independent power, reliability, exponential distribution.

Сучасний стан вітчизняної електроенергетики такий, що система централізованого електропостачання не може забезпечити вимоги високотехнологічного обладнання щодо надійності електропостачання та якості електричної енергії. Перерви в електропостачанні складають близько 10% від загального часу технологічних процесів протягом року (проти 0,1% у розвинених країнах). Відхилення напруги на затискачах електроприймачів у 3-4 рази перевищують допустимі значення [1,2,3]. Тривалість споживання неякісної електроенергії для сільських споживачів складає близько 45% від загального часу роботи.

Тому метою роботи є вирішення науково-прикладної проблеми – розробка науково-технічних передумов побудови автономних систем електроживлення сільськогосподарських споживачів та їх реалізації, які полягають у встановленні закономірностей функціонування структурно-алгоритмічних організацій різнорідних джерел електроенергії (традиційних і поновлюваних). Впровадження результатів досліджень забезпечить комплексне розв'язання задач надійного автономного електроживлення сільськогосподарських споживачів, зменшить енергетичні і ресурсні витрати та підвищить якість електропостачання сільськогосподарських об'єктів [4,5].

Застосування різнорідних джерел електроенергії дає змогу реалізувати задані функціональні властивості, а перспективність сумісного використання традиційних та поновлюваних джерел енергії для малої електроенергетики, [6,7] в тому числі і у сільськогосподарському виробництві, підтверджується світовим досвідом. Саме тому дослідження та науково-технічне обґрунтування автономних систем електроживлення сільськогосподарських споживачів вимагає розробки теоретичних, методологічних та практичних передумов побудови структурно-алгоритмічних поєднань різнорідних джерел електроенергії із заданими функціональними властивостями шляхом урахування

електроспоживання та особливостей функціонування системи централізованого електропостачання на основі оцінювання показників надійності та економічної ефективності. Необхідно розробити математичні моделі функціонування автономних систем електроживлення, що базуються на закономірностях детермінованих організацій структур різнорідних джерел, стохастичного їх функціонування з системою централізованого електропостачання, електроспоживання споживачів; дослідити та провести аналіз комплексного впливу показників надійності автономних електростанцій з двигунами внутрішнього згорання, засобів їх автоматизації і вимог обраних споживачів на показники надійності автономних систем електроживлення.

За термін з 2007 по 2012р. проводились експлуатаційні спостереження за автономними електростанціями з двигунами внутрішнього згорання (АЕДВ), що змонтовані на 24 об'єктах. Вибір електростанцій, що спостерігалися, зроблено для однозначності тлумачення статистичних даних і уникнення помилок пов'язаних з різним цензуруванням виборок. В свою чергу, це пояснюється тим, що електростанції вводилися в експлуатацію в різний час, і тому виборки мають різне цензурування. В якості відмов прийняті всі порушення в роботі АЕДВ, які викликані системами управління і автоматизації. Умовно автономні електростанції поділені на три підгрупи: малої потужності – до 30кВт включно; середньої – понад 30 кВт до 75 кВт, великої – від 100 до 200кВт. Наведені дані[3,4]. свідчать, що частка електростанцій малої потужності у загальному об'ємі виборки складає 33%, середньої – 12%, великої – 55%. Катастрофічні відмови, що призвели не тільки до простою технологічного обладнання, а і спричинили вихід з ладу та складні ремонти самих АЕДВ та їх систем мали місце у 5 випадках. Час відновлення працездатності електростанцій при системі обслуговування «за викликом» складає від 8 до 72 год. Середній наробіток автономної електростанції за рік складає 342 год.

Частка автономних електростанцій, параметри яких потребували узгодження з режимами роботи наявних на об'єктах асинхронних двигунів сумірної потужності, склала понад 62% з усього масиву спостережень, а 27% електростанцій [4,5] були встановлені на об'єктах виключно для роботи у складі автономних електромеханічних комплексів: «автономний електрогенератор - асинхронний двигун». Кількість енергооб'єктів, де використання АЕДВ передбачалось разом зі статичними перетворювачами, склала понад 14% з усієї кількості спостережень.

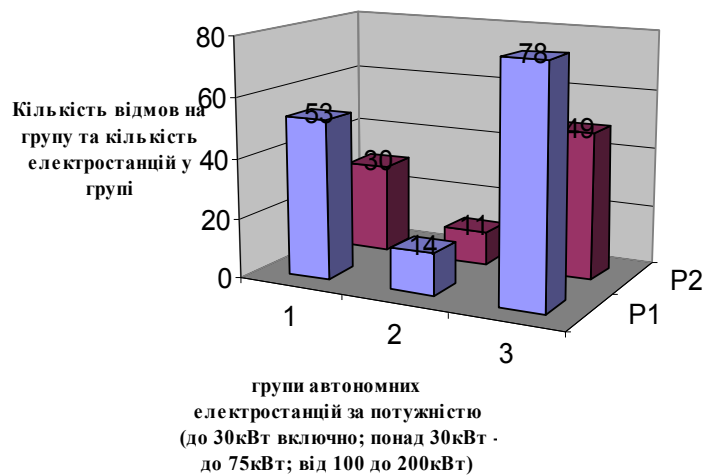


Рис. 1. Співвідношення чисельності груп автономних електростанцій та їх відмов

Для подальшого проведення аналізу надійності АСЕ, скористаємось методикою, що наведена в [9], при деяких припущеннях. Використовуючи статистичну інформацію щодо поведінки АЕДВ в умовах експлуатації, що є основними резервними джерелами АСЕ, проведемо ідентифікацію напрацювання на відмову T_o і тривалість відновлення T_e з однією з теоретичних функцій розподілу.

Будь яке прогнозування поведінки технічних засобів у часі можливе за умов виявлення закону розподілу і параметрів цього розподілу. Згідно [8,9] рішення цієї задачі може бути здійснено двома основними шляхами:

- параметричними методами;
- непараметричними методами.

Перший напрямок передбачає знання закону розподілу і відповідної функції розподілу, а також її параметрів [9]. Другий шлях, не пов'язаний з такими процедурами, і не потребує такої

вичерпної інформації. При неможливості застосування параметричних методів використовується безпосередньо емпіричні функції розподілу. При цьому будуються регресійні моделі, наявність яких дозволяє виконувати прогнозування потоку відмов, або закономірностей зміни у часі інших показників надійності. Згідно [9] для дослідження показників надійності передбачається ідентифікація процесу, що спостерігається, з одною із обов'язкових моделей

Проведемо ідентифікацію напрацювання на відмову T_o та тривалості відновлення T_e шляхом висунення гіпотези щодо наступних розподілів:

- експонентний розподіл;
- розподіл Вейбулла;
- логарифмічно нормальний розподіл;
- дифузійний монотонний розподіл (DM);
- дифузійний немонотонний розподіл (DN).

Перевірка гіпотези про закон розподілу проводиться за допомогою критеріїв відповідності з одною з «обов'язкових» моделей Колмогорова;

- ω^2 ;
- Пірсона χ^2 .

Розгляд наведених статистичних даних щодо показника безвідмовності – напрацювання на відмову дозволяє зробити деякі попередні висновки:

- спостереження за окремими групами обладнання виконувалися на протязі різного часу;
- спостереження провадилися не з початку і не до моменту вилучення обладнання з експлуатації.

Ці обставини унеможливають користування параметричними методами для вивчення напрацювання на відмову T_o , виходячи з існуючого масиву статистичних даних. З цих же міркувань не можна будувати регресійну модель поведінки T_o у часі. Крім того, при необхідності, застосування процедур Байєсівських оцінок, коли статистичні дані є досить неупорядкованими (передусім з причин специфіки використання АЕДВ) їх обсягу не вистачає для можливості використання критеріями відповідності. Тому, у відповідності з [9], допускаємо експонентний розподіл напрацювання на відмову T_o . Коректність гіпотези про те, що ми маємо справу зі стаціонарною ділянкою життєвого циклу виробів, підтверджується якісною залежністю кількості відмов та тривалості спостережень від кількості та тривалості спостережень. Це є першою ознакою стаціонарності ділянки ($\lambda = const$), яка добре описується експонентним розподілом і, при цьому, імовірність відмови залежить від тривалості спостережень. Ці міркування ніяким чином не торкаються показників відновлюваності - тривалості відновлення T_e [10]. У відповідності до спостережень, події, що пов'язані з цими процесами відбуваються незалежно від груп АЕДВ (автономна електростанція з двигуном внутрішнього згорання), рівнів автоматизації, кількості напрацювання та ін., для яких досліджуються ПН. В даному випадку встановлено, що щільність розподілу терміну відновлення T_e ідентифікується з одною з теоретичних (обов'язкових згідно [4]) за допомогою критерію Пірсона χ^2 як експонентний закон розподілу при цьому помилка першого роду (неприйняття вірної гіпотези) згідно [9] склала $p_{n1p} = 0,05$. Отже, для подальшого

використання у моделюванні поведінки АСЕ в умовах експлуатації, до якої АЕДВ входить як основне резервне джерело, вважаємо коректним прийняття припущення про експонентний розподіл T_o і T_e . Внаслідок аналізу статистичних даних, приходимо до висновку, що номер 37 реєстру, номер позиції з 43 по 64, мають 21 ідентичні реалізації. Ці статистичні данні, які відносяться до дизель-генераторів потужністю 100 та 140 кВт з двигунами ЯМЗ-238М2 та однотипними системами автоматизації, що експлуатуються на об'єктах одного призначення – на ПС 330кВ НЕК «Укренерго» для електроживлення власних потреб у аварійному режимі, спостереження за якими проводились з 2007 по 2012 роки. Результати експлуатаційних спостережень за згаданий період зведені у таблицю 1.

Таблиця 1. Результати експлуатаційних спостережень

Рік, протягом якого проводились спостереження	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Кількість відмов, виявлених за час спостережень	3	4	3	5	4	3

При вивченні діаграми потоку відмов виявилось, що на протязі 6 років інтенсивність потоку відмов візуально нагадує експонентний розподіл. Було побудовано регресійну модель (рис. 2), що є трендом параметру потоку відмов наведеній табл.1.

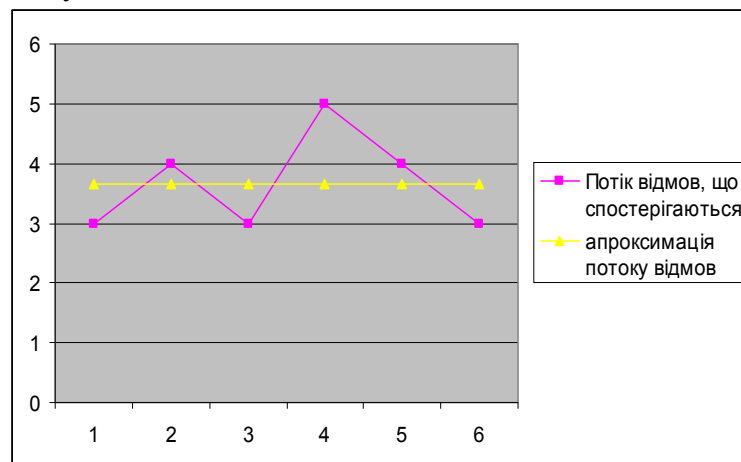


Рис. 2. Потік відмов, що спостерігаються, та його апроксимація експонентним розподілом на стаціонарній ділянці

Висновок. Виконана процедура щодо перевірки у відповідності з [10] закону розподілу потоку відмов може бути використана для прогнозування інтенсивності потоку відмов і можливості прогнозування за межами інтервалу спостережень. Отримав подальший розвиток метод підвищення ефективності автономних електромеханічних комплексів з асинхронними машинами, відмінною рисою якого є забезпечення стабілізації напруги, струмів і електромагнітного моменту шляхом змішаного і додаткового внутрішнього ємнісного підмагнічування автономного асинхронного генератора та внутрішньої ємнісної компенсації реактивного струму АДСП (асинхронний двигун сумірної з джерелом електроенергії потужності) при динамічно змінюваному навантаженні. Розроблені рекомендації щодо визначення питомого електроспоживання та критичної тривалості перерв електроживлення технологічних процесів а також рекомендації щодо оцінки показників надійності автономних систем електроживлення та методика техніко-економічного обґрунтування об'єму автоматизації автономних систем електроживлення дозволяють реалізувати принципи побудови автономних систем електроживлення при розв'язанні прикладних задач електрозабезпечення на етапі проектування

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України. // – К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України. – 2011.
2. Якименко Ю.І., Сокол Є.І., Жуйков В.Я. і ін. Відновлювані джерела енергії у локальних об'єктах. // – К.: «Політехніка», 2001, – 112 с.
3. Яндутьський О.С., Щербина Ю.В., Блінцов В.С. і ін. Чинний в Україні стандарт якості електроенергії. // Промелектро. – 2002. – №4. – С. 9-12.
4. Лежнюк П.Д., Ковальчук А.А., Кулик В.В., Собчук Д.С. Оптимизация схем присоединения рассредоточенных источников энергии к электрическим сетям на основе анализа чувствительности. / Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. Сборник трудов. 2013. – С. 102-105.
5. Лежнюк П.Д., Комар В.О., Собчук Д.С. Аналіз впливу розосереджене генерування на режим розподільних електричних систем. / Вісник ВПІ. №6. 2013. – С. 45-47.
6. Lezhniuk P. D., Komar V. A., Sobchuk D. S. Method for determination of optimal installed capacity of renewable sources of energy by the criterion of minimum losses of active power in distribution system. / Energy and Power Engineering. Vol.6 No.3. 2014. С. 12-17
7. Лежнюк П.Д., Комар В.О., Собчук Д.С. Оцінювання впливу на якість функціонування локальної електричної системи відновлюваних джерел електроенергії / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 141. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження АПК України. Харків: ХНТУСГ, 2013. – С. 8-10.
8. ДСТУ 2862-94 Надежность техники. Методы расчета показателей надежности. Общие требования. – Введен в действие 08.12.94. – К.: Изд-во Госстандарта, 1994. – 35 с.
9. Корлат А.Н., Кузнецов В.Н., Новиков М.М., Турбин А.Ф. Полумарковские модели восстанавливаемых систем и систем массового обслуживания. Кишинев, Штиинца, 1991, – 276 с
10. Эффективное энергоиспользование и альтернативная энергетика / А.Н. Криволапов, И. Классен, З.П. Островский, В.Ф. Резцов, И.И. Стоянова / Под ред. А.К. Шидловского. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2009. – 302 с.

Стаття надійшла до редакції 27.03.2014.