

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

ЛЕВИЦЬКА ОЛЕНА АНДРІЇВНА

УДК 621.31

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ
НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ МЕРЕЖІ**

141- електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2019

Роботу виконано на кафедрі електричної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи:

кандидат технічних наук, доцент кафедри електричної інженерії

Буняк Олег Андронікович,

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Рецензент:

кандидат технічних наук, асистент кафедри фізики

Мочарський Віталій Сергійович,

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 26 грудня 2019 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії № 39 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46018, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус № 7, ауд. 310.

ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток сучасних технологій та застосування їх на виробництві вимагає використання електричних пристроїв різного промислового та інформаційного призначення. Електричні пристрої є критичними до показників якості електроенергії.

Для асинхронних двигунів промислового призначення використовується трифазна система електропостачання, яка характеризується тривалими несиметричними режимами, викликаними, в основному, нерівномірним навантаженням однофазних споживачів. Рядом експертних оцінок встановлено що до 45% асинхронних двигунів виходить з ладу через виникнення неприпустимої несиметрії напруг фаз мережі та обриву фази.

Присутність несиметрії напруг у трифазній мережі характеризується наявністю напруги зворотної та нульової послідовностей. В асинхронних двигунах напруга зворотної послідовності негативно впливає на складову основного моменту двигуна, а струм нульової послідовності призводить до додаткового нагрівання статора та ротора двигуна, що призводить до швидкого старіння ізоляції та скорочується термін використання двигунів. Крім цього, наявність несиметричних навантажень зумовлює додаткові втрати потужності двигуна, збільшуються втрати напруги на фазі, що призводить до зниження механічних і регульовальних характеристик асинхронного двигуна.

Пристрої контролю та захисту асинхронних двигунів є чутливі до змін струму в ланцюгах живлення. Струмові перевантаження викликані несиметрією трифазної мережі призводять до вимкнення двигуна в момент запуску та при пікових навантаженнях.

Тому, дослідження впливу несиметрії напруги мережі на механічні та навантажувальні характеристики асинхронного двигуна є актуальною задачею.

Мета і завдання дослідження. Метою дипломної роботи є дослідження впливу несиметрії напруги мережі на роботу асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.

Відповідно до вказаної мети необхідно розв'язати наступні завдання:

- розробити експериментальну установку для моделювання несиметрії напруги трифазної мережі та частоти мережі наближених до реальних умовах експлуатації асинхронного двигуна;
- провести дослідження впливу несиметричних режимів на регульовальні характеристики асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором;
- провести аналіз впливу зміни частоти на регульовальні характеристики асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.
- визначити вплив несиметрії напруги мережі та зміну частоти мережі на споживану потужність в залежності від навантаження.

Об'єкт дослідження – несиметричні трифазні електричні мережі.

Предмет дослідження – дослідження впливу несиметрії напруги мережі на механічні та регульовальні характеристики асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

Наукова новизна отриманих результатів.

– обґрунтовано граничні значення коефіцієнта несиметрії напруги мережі при зміні завантаження і особливостей механічних характеристик асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

Практичне значення отриманих результатів. Запропонована експериментальна установка дослідження роботи асинхронного двигуна при несиметрії напруги та частоти мережі дозволить проводити оптимальний вибір елементів захисту в залежності від експлуатаційних характеристик.

Апробація.

Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“ (28-29 листопада 2019 року), Тернопіль, Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (28 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 90 сторінок, 5 таблиці, 20 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику роботи: стан розробки наукової проблеми й актуальність роботи, мету і завдання роботи, об'єкт, предмет, описану наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів.

У **першому розділі «Аналітична частина»** проведений аналіз показників якості електроенергії й енергозбереження та особливості роботи асинхронного електроприводу при несиметричних режимах.

Встановлено, що наряду з нормативними показниками несиметрії напруги мережі та відхилення напруги мережі, для проведення досліджень необхідно враховувати такі електричні складові: споживана активна та реактивна потужності, значення фазних струмів, симетричні складові прямої та зворотної послідовностей.

Встановлено необхідність моделювання несиметрії напруги трифазної мережі для проведення досліджень в межах нормально допустимого значення відхилення напруги за зворотною та нульовою послідовностями (2%). Дослідження роботи асинхронного двигуна при глибокій несиметрії вимагає використання складної принципіальної схеми.

Проведений аналіз показав, що ввімкнення несиметричного навантаження призводить до несиметрії фазних напруг. Дослідження впливу несиметричних режимів на роботу асинхронного двигуна необхідно проводити за значення механічних характеристик: лінійної швидкості обертання ротора, значення величини ковзання, характеристик моментів.

Проведений аналіз систем діагностування та захисту асинхронного двигуна показав, що у загальному випадку для захисту асинхронного двигуна від аварійних режимів, які визвані несиметрією напруги мережі доцільно використовувати комбіновані пристрої в залежності від режимних параметрів роботи асинхронного двигуна.

У другому розділі «Науково-дослідна частина» проведені розрахунки для створення несиметрії трифазної мережі щодо проведення досліджень роботи асинхронного двигуна на основі значень коефіцієнтів зворотної та нульової послідовностей.

Запропонована схема моделювання несиметрії трифазної напруги для проведення досліджень роботи асинхронного двигуна за коефіцієнтами зворотної та нульової послідовності, яка дозволяє не перевищувати нормально допустимих значень в точках загального приєднання до електричних мереж 0,38 кВ, яке становить 2%.

Встановлено, що умови симетрії напруги трифазної мережі для проведення досліджень можливо задавати зміною напруг двох фаз: напруги фаз *B* і *C*. Це дозволить моделювати несиметрію напруги мережі наближену до реальних умов експлуатації асинхронного двигуна.

У третьому розділі «Технологічна частина» проведені розрахунки для створення несиметрії трифазної мережі щодо проведення досліджень роботи асинхронного двигуна на основі значень коефіцієнтів зворотної та нульової послідовностей.

Запропонована схема моделювання несиметрії трифазної напруги для проведення досліджень роботи асинхронного двигуна за коефіцієнтами зворотної та нульової послідовності, яка дозволяє не перевищувати нормально допустимих значень в точках загального приєднання до електричних мереж 0,38 кВ, яке становить 2%.

Встановлено, що умови симетрії напруги трифазної мережі для проведення досліджень можливо задавати зміною напруг двох фаз: напруги фаз *B* і *C*. Це дозволить моделювати несиметрію напруги мережі наближену до реальних умов експлуатації асинхронного двигуна.

У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина» проведений аналіз змодельованої експериментальної установки для дослідження впливу несиметрії напруг та зміни частоти напруги на електромеханічні характеристики асинхронного двигуна.

Здійснено аналіз приладів та обладнання для проведення дослідження та описано порядок проведення експерименту.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» проведений аналіз роботи асинхронних двигунів у складі частотного електроприводу при зміні енергетичних параметрів та досліджено вплив частоти напруги живлення на робочі характеристики асинхронного двигуна.

Встановлено, що при збільшенні частоти напруги живлення до граничнодопустимих меж активні втрати в двигуні зменшують. При зростанні частоти напруги живлення зменшується активна потужність асинхронного двигуна.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» проведений розрахунок додаткових втрат при роботі асинхронного двигуна з врахуванням несиметрії напруг мережі з використанням методики приведення вихідних даних до нечіткого узагальнення. Проведені розрахунки при використанні цієї методики дозволило визначити втрати від неякісної

електроенергії та фіксувати фактор близькості показників якості до гранично допустимих значень і, відповідно, планувати заздалегідь заходи щодо запобігання погіршенню якості електроенергії.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» запропоновані заходи з охорони праці та техніки безпеки при експлуатації асинхронних двигунів та порядок дій при ураженні електричним струмом.

Запропоновані заходи щодо підвищення стійкості роботи підприємств електротехнічної галузі за умов надзвичайних ситуацій.

У восьмому розділі «Екологія» запропоновані заходи по охороні довкілля при експлуатації двигунів.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розглянуто науково-дослідницьке завдання практичного спрямування щодо дослідження електромеханічних характеристик асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором при несиметрії напруги мережі.

Результати аналізу та проведені дослідження дозволили встановити таке:

1. Проведений аналіз показав, що при проведенні досліджень необхідно враховувати такі електричні параметри асинхронного двигуна: споживана активна та реактивна потужності, значення фазних струмів, симетричні складові прямої та зворотної послідовностей.

2. Встановлено необхідність моделювання несиметрії напруги трифазної мережі для проведення досліджень в межах нормально допустимого значення відхилення напруги за зворотною та нульовою послідовностями. Дослідження роботи асинхронного двигуна при глибокій несиметрії вимагає використання складної принципіальної схеми.

3. Проведені розрахунки для моделюванні несиметричних режимів показали, що прийнята схема моделювання несиметрії трифазної напруги для проведення досліджень роботи асинхронного двигуна за коефіцієнтами зворотної та нульової послідовності не перевищує нормально допустимого значення в точках загального приєднання до електричних мереж 0,38 кВ, яке становить 2%.

4. Розроблена схема та змодельована експериментальна установка для дослідження впливу несиметрії напруг та зміни частоти напруги на електромеханічні характеристики асинхронного двигуна. В результаті проведених досліджень встановлено:

- споживання електроенергії асинхронним двигуном зростає при пониженому несиметричному живленні.

- при несиметрії зростає загальна кількість реактивної енергії, що нерівномірно розподіляється по фазах.

- експериментально підтверджено, що коефіцієнт ковзання зростає при зменшенні напруги живлення і спадає при її зростанні. Коефіцієнт ковзання є нестабільним при несиметрії напруги живлення. Значення коефіцієнта ковзання

обернено-пропорційне до кількості реактивної енергії виробленої електродвигуном.

– встановлено, що при зростанні частоти напруги живлення до граничнодопустимих меж активні втрати в двигуні спадають, при зменшенні активної потужності асинхронного двигуна.

5. Проведені дослідження та аналіз систем діагностування та захисту асинхронного двигуна дозволяє стверджувати, що при аварійних режимах, які визвані несиметрією напруги мережі, доцільно використовувати комбіновані пристрої в залежності від режимних параметрів роботи асинхронного двигуна.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Дослідження роботи асинхронного двигуна при несиметрії напруги мережі / Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 28–29 листопада 2019.) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – С. 13.

АНОТАЦІЯ

Левицька О.А. Дослідження роботи асинхронного двигуна при несиметрії напруги мережі, 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; Тернопіль, 2019.

У дипломній роботі розглянуто науково-дослідницьке завдання практичного спрямування щодо дослідження електромеханічних характеристик асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором при несиметрії напруги мережі.

Проведені розрахунки для моделювання несиметричних режимів при дослідженні електромеханічних характеристик асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

Розроблена схема та змодельована експериментальна установка для дослідження впливу несиметрії напруг та зміни частоти напруги на електромеханічні характеристики асинхронного двигуна.

Проведений аналіз систем діагностування та захисту асинхронного двигуна при аварійних режимах роботи визваних несиметрією напруги мережі.

Запропоновані заходи щодо експлуатації асинхронних двигунів та захисту персоналу при ураженні електричним струмом.

Ключові слова: несиметрія напруги, асинхронний двигун, коефіцієнт прямої послідовності, коефіцієнт зворотної послідовності.

ANNOTATION

Levytska O. Investigation of asynchronous motor operation at asymmetry of network voltage, 141 – Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics; Ternopil Ivan Puluj National Technical University; Ternopil, 2019.

In diploma work deals with the scientific research problem of practical direction for the study of electromechanical characteristics of an asynchronous motor with a short-circuited rotor with asymmetry of the network voltage.

Calculations have been made to model asymmetric modes in the study of the electromechanical characteristics of an asynchronous motor with a short-circuited rotor.

A scheme is developed and a simulated experimental setup for investigating the effect of voltage asymmetry and changing the frequency of voltage on the electromechanical characteristics of an asynchronous motor.

Carried the analysis of systems of diagnostics and protection of the asynchronous motor during emergency modes of operation caused by the asymmetry of the network voltage.

Keywords: voltage asymmetry, asynchronous motor, coefficient of direct sequence, coefficient of reverse sequence.