

## АНАЛІЗ ПРИЧИН ПОШКОДЖЕННЯ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЇХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Токарев О. В., Борягин Д. О., Шерemet О. І.

Несимметрия напряжения проявляется в резком ухудшении технико-экономических характеристик электродвигателей (увеличение потерь электроэнергии, повышение нагрева их составных частей), снижении эксплуатационной надежности и сокращение срока службы электродвигателей. Для повышения эксплуатационной надежности асинхронных двигателей, эксплуатируемых в промышленном производстве при несимметрии фазных напряжений сети, необходимо совершенствовать средства диагностирования. Это позволит эксплуатационному персоналу иметь точные данные о режиме работы электрооборудования, состоянии рабочих частей, определении время его отключения от источника питания, уменьшить износ изоляции, число отказов и аварийных выходов из строя асинхронных двигателей. Наиболее распространенными являются устройства диагностирования, реагирующие на изменение величины тока в цепи питания асинхронного двигателя. К ним относится токовая защита, которая осуществляется с помощью токовых реле, действие которых основано на электромагнитном и индукционном принципе и тепловых реле, которые реагируют на величину тепла, выделяемого в результате протекания тока по специальным элементам. Основным недостатком при использовании реле тока как устройства защиты является отключение двигателя при его запуске. Чтобы защитное устройство не отключало асинхронный двигатель при нормальном пуске, а также кратковременных пиках нагрузки, оно должно действовать не мгновенно, а с выдержкой времени. Поэтому одновременно с реле тока используют, как правило, реле времени. Для большинства асинхронных двигателей, работающих в промышленном производстве, целесообразно использовать комбинированные устройства для централизованной защиты группы двигателей, особенно работающих в потоковых технологических линиях. Анализ защитных устройств и технических средств диагностирования, выполненный в статье, показывает их несовершенство и ограниченность применения в сложных условиях производства. Повышение надежности асинхронных двигателей в сложных условиях производства требует разработки новых многофункциональных технических средств диагностирования.

**Ключевые слова:** несимметрия напряжения, асинхронный двигатель, диагностирование, комбинированное устройство диагностирования, токовая защита.

Несиметрія напруги проявляється в різкому погіршенні техніко-економічних характеристик електродвигунів (збільшення втрат електричної енергії, підвищення нагріву їх складових частин), зниженні експлуатаційної надійності і скорочення терміну служби електродвигунів. Для підвищення експлуатаційної надійності асинхронних двигунів, які експлуатуються у промисловому виробництві при несиметрії фазних напруг мережі, необхідно удосконалювати засоби діагностування. Це дозволить експлуатаційному персоналу мати точні дані про режим роботи електроустаткування, стан робочих частин, безпомилково визначати час його відключення від джерела живлення, зменшити знос ізоляції, число відмов і аварійних виходів з ладу асинхронних двигунів. Найбільш поширеними є пристрої діагностування, що реагують на зміну величини струму в колі живлення асинхронного двигуна. До них відноситься струмовий захист, який здійснюється за допомогою струмових реле, дія яких заснована на електромагнітному і індукційному принципі і теплових реле, які реагують на величину тепла, що виділяється в результаті протікання струму по спеціальним елементам.

Основним недоліком при використанні реле струму як пристрої захисту є відключення двигуна при його запуску. Щоб захисний пристрій не відключав асинхронний двигун при нормальному пуску, а також короткочасних піках навантаження, воно має діяти не миттєво, а з витримкою часу. Тому одночасно з реле струму використовують, як правило, реле часу. Для більшості асинхронних двигунів, що працюють у промисловому виробництві, доцільно використовувати комбіновані пристрої для централізованого захисту групи двигунів, особливо тих, що працюють в поточних технологічних лініях. Аналіз захисних пристроїв і технічних засобів діагностування, виконаний у статті, показує їх недосконалість і обмеженість застосування у складних умовах виробництва. Підвищення надійності асинхронних двигунів в складних умовах виробництва вимагає розробки нових багатофункціональних технічних засобів діагностування.

**Ключові слова:** несиметрія напруги, асинхронний двигун, діагностування, комбінований пристрій діагностування, струмовий захист.

Asymmetry of voltage manifests itself in the sharp deterioration of technical and economic characteristics of electric motors (increase in losses of electric energy, increase of heating of their constituent parts), decrease of operational reliability and shortening of service life of electric motors. In order to increase the operational reliability of asynchronous motors, which are used in industrial production at phase voltage asymmetry of the network, it is necessary to improve diagnostic means. This will allow operating personnel to have accurate data on the mode of operation of the electrical equipment, the state of the working parts, accurately determine the time it is disconnected from the power supply and reduce the wear of insulation, the number of failures and emergency failures of asynchronous motors. The most common are devices for diagnosing, which react to change the value of current in the circle of the asynchronous motor. These include current protection, which is carried out with the help of current relays, whose action is based on the electromagnetic and inductive principle and thermal relays, which react to the amount of heat released as a result of the current flow through special elements. The main disadvantage when using the current relay as a protection device is to shut down the engine when it is started up. To prevent the safety device from disabling the asynchronous motor during normal start-up, as well as short-term load peaks, it should not act instantly, but with time-consuming. Therefore, simultaneously with a current relay, as a rule, a time relay is used. For most asynchronous motors operating in industrial production, it is advisable to use combined devices for the centralized protection of a group of motors, especially those operating in the mass production lines. Analysis of protective devices and diagnostic tools, performed in the article, shows their imperfection and limited use in difficult production conditions. Improving the reliability of asynchronous motors in difficult production conditions requires the development of new multifunctional diagnostic tools.

**Keywords:** asymmetry of voltage, asynchronous motor, diagnostics, combined diagnostic device, current protection.

Токарев А. В.

магістр кафедри ЕСА ДГМА

Борягин Д. А.

магістр кафедри ЕСА ДГМА

Шеремет А. И.

д-р техн. наук, зав. каф. ЕСА ДГМА  
sheremet-a@mail.ru

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.313.3

Токарев О. В., Борягин Д. О., Шерemet О. І.

## АНАЛІЗ ПРИЧИН ПОШКОДЖЕННЯ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЇХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Промисловість випускає сучасні асинхронні двигуни серій 4А, 4АМ, АІР, в тому числі спеціального виконання, які задовольняють всім вимогам міжнародних стандартів. Однак, не дивлячись на все це позитивне, що було закладено в конструкцію асинхронних двигунів цих серій, аварійність їх у важких умовах роботи відносно велика. Наприклад, щорічно в сільському господарстві виходить з ладу 15–20 % асинхронних двигунів [1], за іншими даними – 20–25 % [2, 3], а в окремих випадках до 30 % від наявного парку [4]. Фактичний ресурс асинхронних двигунів в агропромисловому комплексі в 2–3 рази менше необхідного: в тваринництві становить 3,5 року, рослинництві – 4 роки, а на підсобних підприємствах – 5 років [5].

Не дивлячись на те, що асинхронні двигуни, як правило, забезпечені пускозахисною апаратурою, фактичний час їх безвідмовної роботи невеликий і становить 3–5 років [6]. Відмови електроприводів через низьку якість асинхронних двигунів не перевищують 2–5 %. Основна причина виведення їх з ладу – аварійні режими [7].

Метою роботи є аналіз причин пошкодження асинхронних двигунів та засобів діагностування їх режимів роботи як в умовах промисловості, так і в сільському господарстві.

У переважній більшості випадків вихід з ладу асинхронних двигунів відбувається через пошкодження обмотки статора [8]. В [7], на думку авторів, на частку таких причин, як обрив фази, заклинювання і перевантаження, припадає 70–80 % всіх пошкоджень асинхронних двигунів. Найпоширеніша з них – обрив фази (40–50 %). Методом експертних оцінок для зони півдня України встановлено, що більше 50% асинхронних двигунів виходить з ладу через технологічні перевантаження, заклинювання і руйнування підшипникового вузла, а до 45 % – через виникнення неприпустимої несиметрії напруг фаз мережі і обриву фази [4]. Зі сказаного вище сказаного випливає, що виникнення несиметрії фазних напруг і обрив фазного проводу мережі є однією з основних причин виходу з ладу асинхронних двигунів [9].

Несиметрія напруги проявляється в різкому погіршенні техніко-економічних характеристик електродвигунів (збільшення втрат електричної енергії, підвищення нагріву їх складових частин), зниженні експлуатаційної надійності і скорочення терміну служби електродвигунів [10].

У роботах [11, 12] розглянуті методи розрахунку несиметричних режимів роботи електричних мереж 380/220 В, представлена методика розрахунку імовірнісних характеристик несиметрії (коефіцієнтів несиметрії напруги і струмів) на основі використання графіків навантаження (струмів і потужності) підстанцій 35 – 10/0,4 кВ, ліній 0,38 кВ. Однак, користуючись цією методикою, можна вирішити зворотну задачу: за відомою несиметрією напруги мережі судити про режим роботи електроустаткування, в тому числі і асинхронних двигунів.

У роботі [13] викладено методіку, в якій використаний метод симетричних складових для розрахунку струмів і напруг споживачів, підключених до трифазної чотирьох мережі при несиметрії напруг в мережі через їх симетричні складові струмів і напруг прямої, зворотної та нульової послідовностей. Однак дана методика може бути застосована для розрахунку струмів в трифазних чотирипровідних мережах з включеними однофазними статичними електроприймачами. Методика не враховує, що при зміні величини несиметрії напруги, можлива зміна параметрів електроприймачів. Це має місце в асинхронних двигунах і, відповідно, викликає змінення фазних струмів двигуна і мережі.

У статті [14] представлена методика визначення параметрів асинхронних двигунів при обриві фази. Однак в роботі при визначенні параметрів фаз асинхронного двигуна не враховується його коефіцієнт завантаження, хоча в залежності від величини коефіцієнта завантаження змінюється величина ковзання і, отже, параметри обмоток.

У роботі [15] проаналізовані несиметричні режими роботи асинхронних двигунів при обриві фази і ізольованій нейтралі обмотки статора, а також при обриві фаз асинхронного двигуна і з'єднанні нульових точок джерела живлення і обмотки статора двигуна. Дані методики для визначення параметрів фазних обмоток Т-подібної схеми заміщення, визначення ковзання асинхронного двигуна при обриві фази з урахуванням моменту опору робочої машини, що обертається асинхронним двигуном. Слід зазначити, що при розрахунку величини ковзання в роботі не враховується вид робочої машини (її механічна характеристика, а також коефіцієнт, що характеризує зміну моменту опору робочої машини при зміні швидкості) і технічні дані (момент опору при номінальній швидкості і момент опору робочої машини, не залежить від швидкості). Це впливає на точність розрахунку величини ковзання, параметрів двигуна, фазних струмів.

Для підвищення експлуатаційної надійності асинхронних двигунів, які експлуатуються у промисловому виробництві при несиметрії фазних напруг мережі, необхідно удосконалити засоби діагностування. Це дозволить експлуатаційному персоналу мати точні дані про режим роботи електроустаткування, стан робочих частин, безпомилково визначати час його відключення від джерела живлення, зменшити знос ізоляції, число відмов і аварійних виходів з ладу асинхронних двигунів [16].

Діагностування режимів роботи асинхронних двигунів здійснюється за наступними параметрами (рис. 1):

- за струмом (максимальним, прямої, зворотної та нульової послідовності, кутку зсуву фаз споживаних струмів і теплової дії струму);
- напрузі (мінімальній, нульовій і зворотній послідовностей);
- температурі (обмоток статора, сталі статору і корпусу).

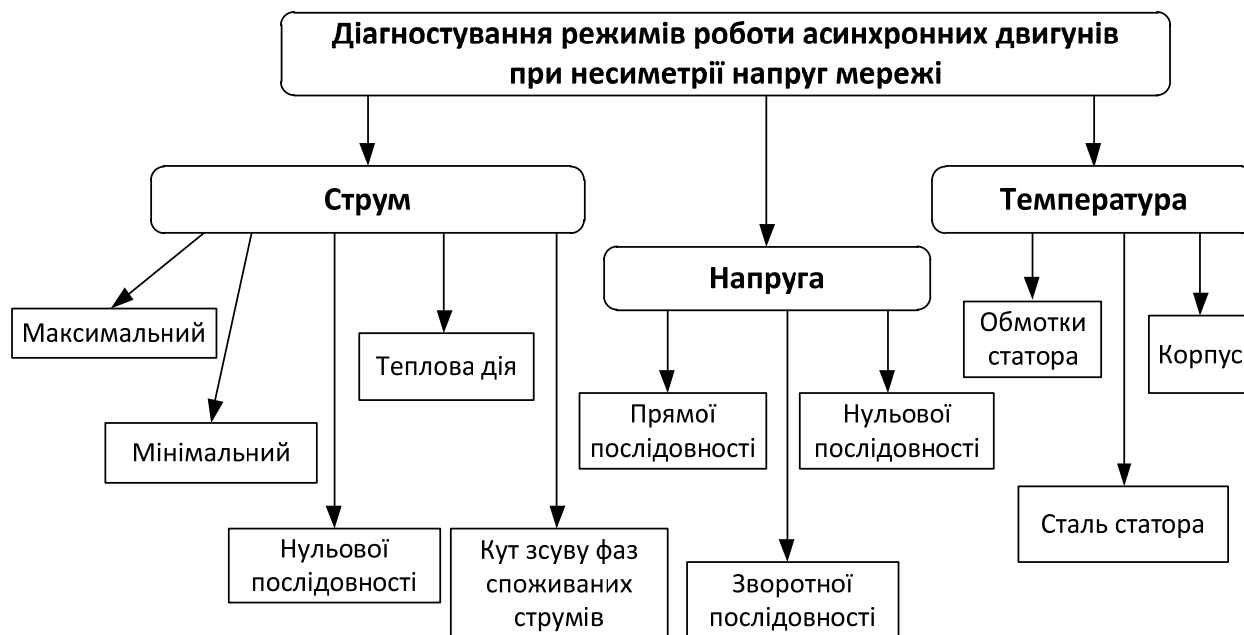


Рис. 1. Класифікація пристроїв захисту

Найбільш поширені пристрої діагностування, що реагують на зміну величини струму в колі живлення асинхронного двигуна. До них відноситься струмовий захист, який здійснюється за допомогою струмових реле, дія яких заснована на електромагнітному і індукційному

принципі і теплових реле, які реагують на величину тепла, що виділяється в результаті протікання струму по спеціальним елементам.

Основним недоліком при використанні реле струму як пристрої захисту є відключення двигуна при його запуску. Щоб захисний пристрій не відключав асинхронний двигун при нормальному пуску, а також короточасних піках навантаження, воно має діяти не миттєво, а з витримкою часу. Тому одночасно з реле струму використовують, як правило, реле часу.

У роботі [17] представлена схема захисту, яка на додаток до типової схеми керування містить струмове реле, включене в живлючий фазний кабель безпосередньо або через трансформатор струму, і проміжне реле, що працює з невеликою затримкою часу при відпусканні. Невелика затримка при відпусканні проміжного реле необхідна для того, щоб знеструмлення котушки цього пускача відбувалося в момент перемикання контактів струмового реле. Недоліком цієї схеми є те, що асинхронний двигун виявляється без захисту при обриві контрольованої фази. Підключення пускової кнопки з двома замикаючими контактами вимагає додаткових сполучних проводів, що особливо важко виконати при впровадженні захисту на діючих об'єктах.

Найбільш ефективним є струмовий захист в разі перекидання асинхронного двигуна, що викликається як технологічним перевантаженням, так і обривом фазного проводу двигуна. Існують системи живлення трифазних асинхронних двигунів з блоками захисту від перекидання, яка містить магнітний суматор у вигляді тороїдального магнітопроводу з однією вторинною обмоткою і декількома первинними. Послідовно з кожною первинною обмоткою включена одна з різнойменних фаз асинхронних двигунів. У нормальному режимі число ампервитків обмоток, що належать до різнойменних фаз, рівне між собою, а у вторинній обмотці протікає невеликий струм небалансу. При перекиданні одного з асинхронних двигунів струм в обмотці, що належить відповідній фазі, різко збільшується. Відповідно збільшується струм у вторинній обмотці і виконавчий орган спрацьовує. Недоліком даного пристрою є складність її налаштування, оскільки для кожної групи асинхронних двигунів необхідно погоджувати число ампервитків обмоток електродвигунів і первинних обмоток суматора.

До струмових захистів слід віднести пристрої захисту, які контролюють кут зсуву фаз між лінійними струмами асинхронного двигуна. Фазочутливий пристрій захисту може бути використаний для захисту асинхронних двигунів від неповнофазного режиму роботи. Принцип дії фазочутливого захисту заснований на зміні кута зрушення фаз між лінійними струмами навантаження електродвигуна. У повнофазному режимі роботи цей кут дорівнює  $120^\circ$ , а при обриві однієї з фаз стає рівним нулю або  $180^\circ$  [18].

Перевагою фазочутливого захисту в порівнянні з фільтровими захистами по напрузі нульової або зворотної послідовностей є те, що вона реагує на обрив фази як до, так і після місця її підключення. Базова модель фазочутливого пристрою забезпечує моментальне відключення асинхронного двигуна при обриві фази і з витримкою часу, що залежить від перевантаження, при загальмовуванні ротора і технологічних перевантаженнях.

Останнім часом в патентній літературі періодично обговорюються пропозиції про створення струмових захисних пристроїв на основі теплового аналога електродвигуна. Перевагами таких пристроїв є простота монтажу в безпосередній близькості від силового комутаційного апарату. У роботі [19] представлена схема безконтактної теплової релейного захисту асинхронного двигуна, яка виключає багаторазові повторні вмикання несправного електродвигуна.

У пристроях діагностики і захисту по напрузі, що містять фільтри напруг прямої, нульової або зворотної послідовностей, контрольованими параметрами є напруги прямої, нульової і зворотної послідовностей. Пристрої діагностики і захисту по напрузі застосовуються для захисту від несиметрії напруги і неповнофазних режимів.

Неповнофазний режим виникає в результаті обриву проводу мережі живлення, перегорання плавкої вставки запобіжника, при порушенні контакту в комутаційній апаратурі.

При цьому режимі і завантаженні асинхронного двигуна на 70–80 % від номінального значення струм статора буде на 40–60 % перевищувати номінальний. Щоб захистити асинхронний двигун від неповнофазного режиму необхідно контролювати напругу нульової послідовності.

Для захисту асинхронного двигуна від роботи в неповнофазному режимі використовують реле напруги нульової послідовності [20]. Котушку реле включають між нульовим проводом обмотки статора і нульовим проводом, а розмикаючий контакт – послідовно в коло керування магнітного пускача. Однак напруга нульової послідовності при обриві фази залежить від ковзання і навантаження, отже, у двигунів практично різна. Тому одним з недоліків, при використанні реле нульової послідовності, є необхідність індивідуального регулювання уставки напруги спрацьовування для кожного двигуна. Для регулювання напруги спрацьовування для кожного електродвигуна з використовується реле напруги з межами спрацьовування 15–30 В і 30–60 В. Іншим недоліком є те, що для підключення нейтралі електродвигуна до пристрою захисту потрібен додатковий провід, а якщо статорна обмотка з'єднана в трикутник або нейтраль зірки не виведена, то дане реле застосовувати не можна.

За принципом побудови пристроїв діагностування та захисту можна поділити на три групи. До першої групи належать так звані спеціальні пристрої, що діагностують і захищають асинхронний двигун від одного аварійного режиму, наприклад, реле обриву фаз. До другої групи входять універсальні пристрої, які захищають двигун при різних аварійних ситуаціях. Вони контролюють один з параметрів асинхронного двигуна (силу струму, температуру обмотки і ін.), критичний до кількох аварійних режимів. До третьої групи відносяться комбіновані пристрої, що дозволяють діагностувати і захищати двигун при всіх аварійних режимах. Це можна досягти, якщо контролювати кілька параметрів асинхронного двигуна.

Для підвищення ефективності роботи струмового захисту, доцільно, доповнювати його елементами, які коригують його роботу з урахуванням температури обмоток, корпусу або сталі асинхронного двигуна.

У пристроях [21] датчиком температури служать аналоги лямбда-діодів. Особливістю вольт-амперної характеристики лямбда-діода є наявність ділянки з негативним диференціальним опором. Послідовне включення аналогів лямбда-діодів з коливальним контуром утворює генератор гармонійних коливань. При перегріванні одного з електродвигунів, зростає опір відповідного терморезистора, вольт-амперна характеристика його розширюється, в результаті чого в контурі виникає генерація і виконавчий орган спрацьовує. Аналог лямбда-діода має безперечну перевагу перед лямбда-діодом, який виконаний на монокристалі, так як ширину його вольт-амперної характеристики можна змінювати індивідуальним підбором співвідношення опорів резисторів резисторного подільника напруги. Ефективність пристрою захисту залежить від комбінації контрольованих параметрів, передбачених у цьому пристрої.

Найбільше запобігання аваріям сприяє комбінація температурного захисту і фільтрового. Такий пристрій виконує ті ж функції, що і температурний захист. Однак його перевага полягає в тому, що він краще виконує частину функцій температурного захисту. Наприклад, на несиметрію напруг і обрив фаз мережі температурний захист реагує із запізненням до 7,5 хвилин, а комбінований пристрій відключає асинхронний двигун без витримки часу.

Перевагою комплексного пристрою діагностування та захисту є можливість вибору таких контрольованих параметрів, які дозволяють розробити дешевий і надійний пристрій, виконати його у вигляді окремих модулів (блоків) і в конкретних випадках застосовувати ті з них, які реагують на типові для даної машини аварійні ситуації.

Для асинхронних двигунів, що працюють в складних умовах виробництва, найбільш прийнятним є комбінований пристрій діагностування, що включає в себе блоки температурного захисту (або струмового) від перевантаження, струмового відсічення від перекидання, а також блок захисту від несиметрії напруг фаз мережі.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, для більшості асинхронних двигунів, що працюють у промисловому виробництві, доцільно використовувати комбіновані пристрої для централізованого захисту групи двигунів, особливо тих, що працюють в поточних технологічних лініях. Аналіз захисних пристроїв і технічних засобів діагностування показує їх недосконалість і обмеженість застосування у складних умовах виробництва. Підвищення надійності асинхронних двигунів в складних умовах виробництва вимагає розробки нових багатофункціональних технічних засобів діагностування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сырых Н. Н. Определение параметров асинхронного электродвигателя при обрыве фазы / Н. Н. Сырых, А. И. Некрасов, Н. Е. Кабдин // *Техника в сельском хозяйстве*. – 2001. – № 2. – С. 20–23.
2. Жарков В. Я. Защита электродвигателей в АПК / В. Я. Жарков. – М. : АгроНИИТЭИИТО, 1989. – 28 с.
3. Грундулис А. О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве / А. О. Грундулис. – М. : Колос, 1982. – 104 с.
4. Данилов В. Н. Классификация устройств защиты электродвигателей от аварийных режимов / В. Н. Данилов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 1987. – № 6. – С. 34–37.
5. Кобзистый О. В. Совершенствование защиты электродвигателей от несимметрии питающего напряжения : автореф. дис. канд. техн. наук. Азово-Черноморская Государственная агроинженерная академия / О. В. Кобзистый. – Зеленоград, 2000. – 24 с.
6. Ермолаев С. А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации в системе АПК / С. А. Ермолаев, В. А. Мунтян, В. Н. Кюрчев ; под ред. С. А. Ермолаева. – К. : Альтур, 1997. – 414 с.
7. Тубис Я. Б. Температурная защита асинхронных двигателей в сельскохозяйственном производстве / Я. Б. Тубис, Г. К. Белов. – М. : Энергия, 1977. – 104 с.
8. Данилов В. Н. Защита электродвигателей от аварийных режимов / В. Н. Данилов // *Техника в сельском хозяйстве*. – 1988. – № 2. – С. 19–22.
9. Попова І. О. Аналіз впливу асиметрії напруги на процес теплового износу ізоляції асинхронних електродвигунів / І. О. Попова, О. К. Гриценко // *Сб. наук. праць ТДАТА*. – 1998. – Вип. 1, Т. 8. – С. 14–18.
10. Корчемний М. О. Експлуатаційна надійність електродвигунів у сільськогосподарському виробництві / М. О. Корчемний, А. Ф. Філоненко, М. А. Юсупов // *Механізація та електрифікація сільського господарства*. – К. : Урожай, 1991. – Вип. 73. – С. 78–80.
11. Рожавский С. М. Несимметричные режимы работы сельскохозяйственных электрических сетей 380/220 В / С. М. Рожавский. – М. : МИИСП, 1970. – 55 с.
12. К вопросу о сроке службы асинхронных электродвигателей в непрерывно нагруженных сельскохозяйственных сетях / Рожавский С. М., Поздняк В. П., Зубко В. М., Заварская Т. Л. // *Электрификация сельскохозяйственного производства : Труды ХИМЭСХ*. – Харьков, 1971. – Вып. 14–16.
13. Качество электроэнергии в сетях сельских районов / Левин М.С. [и др.] ; под ред. акад. И. А. Будзко. – М. : Энергия, 1975. – 224 с.
14. Сырых Н. Н. Определение параметров асинхронного электродвигателя при обрыве фазы / Н. Н. Сырых, А. И. Некрасов, Н. Е. Кабдин // *Техника в сельском хозяйстве*. – 2001. – № 2. – С. 20–23.
15. Сыромятников И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / И. А. Сыромятников ; под ред. Л. Г. Мамиконянца. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 240 с.
16. Гольдберг О. Д. Автоматизация контроля параметров и диагностика асинхронных двигателей / О. Д. Гольдберг, И. М. Абдуллаев, А. Н. Абиев ; под ред. О. Д. Гольдберга. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 160 с.
17. Жарков В. Я. Защита электродвигателей с тяжелым пуском : информ. листок / В. Я. Жарков. – Запорожский ЦНТИ. – Запорожье, 1988. – 4 с.
18. Грундулис А. О. Теоретическое исследование кольцевого детектора фазочувствительного устройства защиты электродвигателя / А. О. Грундулис // *Труды Латв. СХА*. – 1987. – Вып. 238. – С. 4–18.
19. Кобылянский А. В. Тепловая защита электродвигателей / А. В. Кобылянский, А. Е. Рубаненко, А. М. Шумский // *Энергетик*. – 1987. – № 7. – С. 31–32.
20. Protecting motors against running overcurrent / Mc Partland James L. *Elec. Contr. and Maint.* – 1987. – V. 86, № 6. – P. 26–29.
21. А. с. 1674302 СССР, МКИ Н 02 Н 7/08, 5/04. Устройство для температурной защиты группы электродвигателей от аномальных режимов работы / А. Я. Чураков, В. Я. Жарков, В. В. Овсянников, О. Г. Жаркова (СССР). – № 4666499/24-07 ; заявлено 26.01.89, опубл. 30.08.91, Бюл. № 32. – 4 с.