

УДК 621.313.333

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ МАШИН БЕЗПЕРЕРВНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ НА ЕЛЕВАТОРНИХ КОМПЛЕКСАХ

Середин М.Ю., асп.,*

Лисиченко М.Л., д.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Тел. (057) 712-50-56

Анотація – проведено аналіз можливого впливу якісних показників електричної енергії, що живить електроприводи машин безперервного транспортування, на ефективність їх роботи.

Ключові слова – машина безперервного транспортування, якість електричної енергії, автоматизований електропривод, нелінійне навантаження.

Постановка проблеми. За останні кілька років Україні вдалося не тільки стати успішним гравцем на світовому ринку зерна, а й почати активно конкурувати з провідними експортерами – США, Європейським Союзом, Австралією, Аргентиною та Росією. Такий успіх зовсім не дивний, враховуючи, що витрати виробництва для сільськогосподарських виробників, що працюють в Україні, в порівнянні з їх європейськими колегами значно вище.

На сучасних сільськогосподарських підприємствах в умовах науково-технічного прогресу створюються високоефективні технологічні процеси, впроваджуються нові прогресивні способи виробництва сільськогосподарської продукції, засоби автоматизації технологічних процесів, широко застосовуються обчислювальна техніка й автоматизовані системи керування. Внаслідок чого збільшується асортимент і якість переробляється продукції на об'єктах агропромислового комплексу України.

При цьому значне поширення набули навантаження з нелінійними вольт-амперними характеристиками. До їх числа належать, в першу чергу, різного роду перетворювачі частоти, головним чином тиристорні і транзисторні, які застосовуються для оптимізації технологічних процесів, установки дугового і контактного електрозварюван-

* Науковий керівник – д.т.н., проф. Лисиченко М.Л.

©асп. Середин М.Ю., д.т.н., проф. Лисиченко М.Л.

ня, газорозрядні лампи, силові трансформатори, магнітні підсилювачі та високотехнологічні напівпровідникові пристрої.

Перераховані навантаження споживають з мережі струм, крива якого виявляється несинусоїдальною, а в деяких випадках і неперіодичною. В результаті виникають нелінійні спотворення кривої напруги мережі або, іншими словами, несинусоїдальні режими. Також особливістю сільськогосподарських споживачів є їх значна віддаленість від електропостачальних об'єктів, що погіршує якість електроенергії.

Аналіз останніх досліджень. Несинусоїдальні режими несприятливо позначаються на роботі силового електрообладнання, систем релейного захисту, автоматики, телемеханіки та зв'язку. Виникаючі в результаті впливу економічні збитки обумовлені головним чином погіршенням енергетичних показників, зниженням надійності функціонування електричних мереж та скороченням терміну служби електроустаткування. Причому, іноді має місце погіршення якості і зменшення кількості випущеної продукції.

Враховуючи, що електропривод є основним споживачем електроенергії, прогресуюче впровадження вентильного електроприводу зумовило важливість і актуальність вирішення, як проблеми вищих гармонік, так і підтримання параметрів якості електричної енергії в електричних мережах в умовах АПК.

Формулювання мети статті. Метою даної статті є обґрунтування необхідності використання технічних засобів для підвищення ефективності використання електроприводу машин безперервного транспортування в умовах АПК.

Основна частина. Будь-яке обладнання може нормально функціонувати, якщо вплив зовнішніх факторів не перевищує допустимих значень. Останні зазвичай вказуються у технічних стандартах у вигляді постійних або довгостроково допустимих величин.

Вищі гармоніки (ВГ) в електричній мережі, як зазначалося раніше, небажані з ряду причин: з'являються додаткові втрати в електричній мережі, трансформаторах і мережах; ускладнюється компенсація реактивної потужності за допомогою конденсаторних батарей; скорочується термін служби ізоляції електричних машин і апаратів; погіршується робота пристроїв автоматики, телемеханіки і зв'язку.

При роботі машин безперервної дії з приводом від асинхронного електродвигуна, наприклад, спірального гвинтового дозатора сипких речовин в умовах несинусоїдальної напруги знижуються його коефіцієнт потужності і швидкість обертання валу, а відповідно зменшується точність дозування. Якщо амплітуди 5-ї і 7-ї ВГ напруги становлять відповідно 20 і 15% амплітуди 1-ї гармоніки, то коефіцієнт потужності привода дозатора сипких речовин зменшується на 5,6% у порівнянні зі значенням його при синусоїдальній напрузі. В умовах сільськогоспо-

дарських підприємств спотворення напруги, як правило, бувають більшими внаслідок значної віддаленості від джерел живлення, тому вплив ВГ на коефіцієнт потужності асинхронного електродвигуна потрібно обов'язково враховувати.

Моменти, що розвиваються ВГ струму є дуже малими. Для асинхронного двигуна середньої потужності при питомій вазі 5-ї гармоніки напруги, рівній 20% основної, момент, обумовлений 5-ю гармонікою, складає 1,1% моменту, що розвивається струмом промислової частоти.

Значний вплив ВГ створюють на ізоляцію електричних машин і конденсаторів, які часто використовуються для підвищення коефіцієнта потужності, а також на вимірювальні прилади та пристрої автоматики. Спотворення форми кривої напруги помітно позначається на виникненні і протіканні іонізаційних процесів в ізоляції електричних машин і трансформаторів [1].

За наявності газових включень в ізоляції виникає іонізація, сутність якої полягає в утворенні об'ємних зарядів і подальшої їх нейтралізації. Нейтралізація зарядів пов'язана із розсіюванням енергії, наслідком якого є електричний, механічний та хімічний вплив на діелектрик. В результаті розвиваються місцеві дефекти в ізоляції, що призводить до збільшення діелектричних втрат і, в кінцевому рахунку, до скорочення терміну служби.

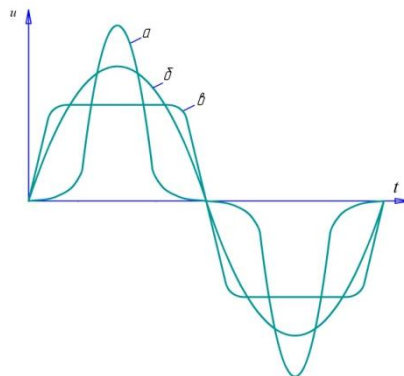


Рис. 1. Періодичні криві напруги різної форми: а – загострена форма синусоїди напруги; б – зразкова форма синусоїди напруги; в – плоска форма синусоїди напруги.

Дослідження показують, що при однакових амплітудах кривих а, б і в рис. 1 $\operatorname{tg} \delta$ буде більшим для кривої загостреної форми (а) і меншим для плоскої кривої (в) порівняно з синусоїдальною (б). На рис. 1 показані криві напруги, які описуються рівнянням виду

$$u = \sqrt{2}U_1 [\sin \omega t \pm \eta_3 \sin(3\omega t + \psi_3)], \quad (1)$$

де η_3 і ψ_3 – відповідно відносне значення амплітуди і початкова фаза 3-ї гармоніки напруги.

У трифазних мережах найчастіше зустрічаються непарні гармоніки, тому на практиці саме вони спричиняють найбільше зниження ефективності роботи електроприводу. Гармонійні струми вище 50-го порядку незначні і їх вимірюванням можна знехтувати. Достатня точність вимірювань досягається при аналізі гармонік до 30-го порядку.

Тому, компенсація гармонік до 13-го порядку обов'язкова. Однак, для забезпечення ефективної компенсації слід враховувати гармоніки до 25-го порядку. Загальне гармонійне спотворення сигналу визначається за формулою

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} y_h^2}}{y_1}. \quad (2)$$

Це поняття відповідає визначенню, даному в стандарті МЕК 61000-2-2. Слід зазначити, що його значення може перевищувати 1. Відповідно до стандарту, зазвичай можна обмежити h значенням 50. Вказана величина дозволяє оцінити за допомогою одного числа спотворення напруги або струму, що проходить через дану точку мережі [2].

Після аналізу використовуваних пристроїв для керування роботою машин безперервного транспортування виявилось, що найбільший вплив на якість електричної енергії здійснюють частотні перетворювачі, які використовуються для регулювання частоти обертання асинхронних електроприводів.

На рис. 1 показані миттєві значення фазних напруг в одній з мереж 0,38 кВ, що живить 12-імпульсні випрямлячі перетворювачів частоти потужністю 2,2 кВт. Високочастотні коливання напруги призводять до збоїв електронних приладів (комп'ютерів, цифрових реле та електролічильників), що знаходяться в мережі, і створюють телефонні перешкоди. Спектр напруг, розрахований до частоти 10 кГц ($f_{\text{вим}} = 20$ кГц), явно має гармоніки з частотою більше 200-й кратності.

При відносно малому навантаженні перетворювачів (близько 25%) для керування машинами безперервного транспортування спостерігаються близькі до нуля кути комутації та великі di/dt . Дванадцять разів за період виникають різкі зрізи зворотних струмів IGBT-транзисторів. В результаті чого спектр гармонійних збурень по струму не згасає і на 200-й гармоніці. Неприпустимі гармонійні збурення спостерігалися і при навантаженні, що наближається до номінального, незважаючи на збільшення кутів комутації [3].

Вимірювання показників рівня гармонік може здійснюватися або приладами, постійно встановленими в мережі, або експертом, виконуючим цю роботу на об'єкті протягом не менше половини дня (обмежений огляд). З кількох причин установка вимірювальних приладів в мережі на постійній основі є кращою, в наслідок того, що тривалість аналізу експерта, який наймається підприємством, обмежена. В той

час як вимірювання стаціонарно встановлених приладів в різних точках електроустановки за певний досить тривалий період часу (від 1 тижня до 1 місяця), дають загальну картину роботи установки. Крім того, позитивним моментом встановлення стаціонарного аналізатора мережі є врахування всіх випадків, які можуть мати місце в мережі: коливань напруги джерела живлення, коливань у роботі електроустановки, додавання нового обладнання в електроустановку.

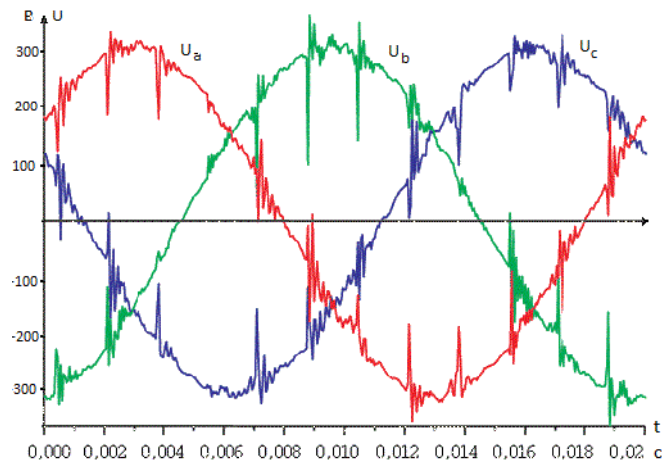


Рис. 2. Фазні напруги в мережі з навантаженням перетворювачів частоти та їх спектри.

Після аналізу асортименту існуючих на даний момент аналізаторів мережі стало видно, що оптимальним варіантом є використання системи Power Logic від компанії Schneider Electric.

Вимірювальна система включає в себе 1 вимірювальний пристрій PM820, що встановлюється на панелі управління виробничого приміщення. Пристрій з'єднується з оператором або допоміжними пристроями за допомогою фізичного середовища передачі даних RS485 і карти Ethernet. PM8ECC доповнює PM820 для забезпечення зв'язку з мережею Ethernet виробництва. Контроль здійснюється за допомогою програмного забезпечення PowerView [2].

Прилад служить для одночасної візуалізації поточних і довгострокових впливів гармонік.

Для правильного аналізу необхідні значення, виміряні за тимчасові проміжки від декількох секунд до декількох хвилин, при періодах спостереження в кілька днів.

Висновки. Силові статичні перетворювачі частоти, що використовуються для керування асинхронними електроприводами, установки дугового і контактного електрозварювання, газорозрядні лампи, силові магнітні підсилювачі та трансформатори та високотехнологічні напівпровідникові пристрої зустрічаються все частіше в сільських розподільних мережах. Всі ці споживачі є джерелами вищих гармонік і

негативно впливають на роботу як машин безперервного транспортування, так і інших споживачів електричної енергії. Успішна боротьба з «забрудненням» гармоніками починається з вимірювання. Обладнання Schneider Electric забезпечує різні рішення в залежності від конкретної електроустановки.

Література

1. *Жежеленко И.В.* Высшие гармоники в системах электропитания промпредприятий / *И.В. Жежеленко.* – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
2. *Колломбет К.* Техническая коллекция Schneider Electric. Вып. № 22. Гармонические искажения в электрических сетях и их снижение / *К. Колломбет, Ж.М.Люпен.* – К.: 2008. – 32 с.
3. *Климов В.П.* Проблемы высших гармоник в современных системах электропитания / *В.П. Климов, А.Д.Москалев* // Практическая силовая электроника. Науч.-техн.сб. / Под ред. *Г.М. Малышкова, А.В. Лукина.* – М.: АОЗТ "ММП-Ирбис", 2002. – Вып 5. – С.16-25.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ НА ЭЛЕВАТОРНОМ КОМПЛЕКСЕ

Середин М.Ю., Лисиченко М.Л.

Аннотация

Проведён анализ возможного влияния качественных показателей электрической энергии, питающей электроприводы машин непрерывной транспортировки, на эффективность их работы.

ANALYSIS OF INFLUENCE ON THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY EFFICIENCY MACHINES FOR CONTINUOUS TRANSPORTATION TO ELEVATOR COMPLEX

M.Seredin, M.Lysychenko

Summary

It is analyze the impact of quality indicators of the electrical energy delivered by the continuous transportation of electric cars on the effectiveness of their work.