

## ЕЛЕКТРОПРИВОД ТРАНСПОРТУВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Цибух А. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенко*

*В статті розглянуто знос елементів механічної частини електроприводу транспортерів, як фактора втрати надійності системи*

**Постановка проблеми.** Сучасний електропривод складається з асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, пасової та зубчастих передач, з'єднувальних муфт, які забезпечують перетворення обертального руху в поступальний ряд зв'язаних мас.

Асинхронний електродвигун продемонстрував значні експлуатаційні переваги, які полягають в відсутності рухомих контактів, в його надійності і водночас дешевизні виготовлення.

В той же час, основним недоліком асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором зостається стала частота обертання ротора, яка не залежить від навантаження. Якщо врахувати, що більшість транспортерів, які обслуговуються електроприводами, працює в режимі змінного навантаження, то цей недолік асинхронних електродвигунів стає визначальним.

Ліквідація цього недоліку лежить в площині використання частотного регулювання швидкості і моменту обертання валу електродвигуна у відповідності до навантаження транспортера.

Проведені дослідження і данні, викладені в роботах [1, 2], дають підстави вважати що виходячи з простоти та надійності, частотне регулювання найбільш ефективно для використання в електроприводах транспортерів і дозаторів сипучих матеріалів сільськогосподарських машин. Саме за цим напрямком майбутнє застосування електроприводів в сільськогосподарській техніці. Тенденція щодо запровадження частотного регулювання знайшла широке розповсюдження в США та Європі і набуває значної сили в електроприводах, які розробляються і працюють в Україні.

Процес частотного регулювання передбачає що при зміні частоти живильної напруги і сталій кількості пар полюсів плавно змінюється у широкому діапазоні кутова швидкість магнітного поля статора. При цьому і відбуваються значні втрати потужності, тому що регулювання швидкості супроводжується збільшенням ковзання асинхронного електродвигуна.

Частотне регулювання здійснюється в найбільш економічному режимі, уникання складних перехідних процесів як в технологічних системах, так в електричних мережах. Так досягається економія електроенергії від 20 до 60% [3].

Для отримання високих значень ККД, коефіцієнта потужності, разом з частотою змінюють підведену напругу на статорі електродвигуна. Регулювання вихідної частоти і напруги здійснюється за рахунок запровадження широто - імпульсивного керування з встановленим періодом модуляції, в межах якого обмотка статора послідовно підключається до від'ємних

та додатних полюсів випрямляча. Довжина станів модулюється за синусоїдним законом. Форма кривої вихідної напруги уявляє собою високочастотну двополярну послідовність прямокутних імпульсів.

При частотному регулюванні швидкості обертання валу асинхронного електродвигуна знижується пусковий струм електродвигуна, витрати на обслуговування і суттєво подовжується його термін експлуатації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні вимоги до електроприводу – електродвигун з транспортувальним механізмом сипучих матеріалів, полягають в інтенсивному підвищенні динамічних та точкових характеристик, забезпеченні мінімізації втрат як в електродвигуні (втрати в обмотках та магнітопроводах), так і в транспортувальному механізмі (втрати через тертя в кінематичних парах), і на цій основі підвищення довговічності та надійності системи в цілому.

Технологічні процеси переробки продукції сільськогосподарства передбачають значну кількість операцій з переміщення сипучих вантажів.

В якості транспортерів для сипучих матеріалів в сільському господарстві знайшли застосування різні за природою конструкції:

- пневматичні та механічні,
- стрічкові,
- пластинчаті,
- вібраційні,
- скребкові,
- ланцюгові,
- норії,
- гвинтові,
- спіральні-гвинтові.

Аналіз сучасного світового ринку виробників транспортерів свідчить, що провідні компанії:

- британські: Spiroflow, Gimat, Harman,
- французька Rospen,
- німецька EMDE,
- канадська Unitrak,
- індійська Neelam Industries,
- китайська Alibaba com.,
- американські Dunequip Inc., Carolina Conveying,

Primetech Industries, а також потужні українські підприємства, виходячи з ефективності процесу транспортування, зосередили свою увагу на виробництві гвинтових та спіральних гвинтових транспортерів.

Гвинтові транспортери мають наступні переваги: незначні габарити, простота конструкції, доступність для технічного обслуговування, можливість проміжного розвантаження, герметичність і збереження пи-

лоподібного вантажу.

За конструкцією гвинта транспортери можливо поділити на:

- суцільні – компоновані зі сталевих секцій, приварених до полого валу;
- лопатеві – лопаті розташовані вздовж гвинтової лінії;
- стрічкові – в якості гвинта використовується вузька спіральна полоса;
- фасонні – зовнішня кромка гвинта має вирізи.

За нахилом жолобу гвинтові транспортери розрізняють на: горизонтальні; вертикальні; пологонахилені і крутонахилені.

За напрямом спіралі – за стрілкою годинника; проти стрілки годинника. Модифікації марок гвинтових транспортерів відбивають ряд значень діаметру, шагу гвинта (120, 160, 200, 250, 300, 315, 320, 400, 500 мм) і відстані транспортування.

Принцип дії гвинтових транспортерів базується на використанні осьової рушійної сили.

В сільському господарстві України знайшли застосування наступні марки гвинтових транспортерів:

- ТШ – закритого типу безперервної дії, дозволяє транспортувати вантажі до  $1,5 \text{ т/м}^3$  з вологістю до 60 % на довжину до 30 м. по вертикалі і на довжину до 40 м. по горизонталі. Транспортер виконується у двох видах: зі шнеками з суцільними витками (труба з привареними лопатями) і зі стрічковою спіральною поверхнею;

- УЗ- БКШ (160, 200, 250, 315, 400), призначений для роботи в горизонтальній площині і під кутом  $20^\circ$ , з продуктивністю 6,1 - 90 т/год;

- СВТ (200, 250, 300, 350) з секційним гвинтом, розташованим в жолобі. Транспортер здійснює переміщення вантажу під нахилом  $20^\circ$ , або в горизонтальній площині на довжину 20 м., з продуктивністю 20 – 120 т/год;

- ВК (100, 160, 200, 250; 300; 320, 400), дозволяє виконувати рівномірне переміщення сипучих вантажів в горизонтальній площині і під нахилом до  $45^\circ$  на довжину 10 м, з продуктивністю 3 - 6,5 т/год;

- УЗ - УКВ (106, 150, 200, 250, 320, 400, 500), виконується у двох видах: в трубі і в жолобі, забезпечує переміщення сипучих вантажів на відстань від 15 до 30 м по горизонтальній поверхні, або під нахилом не більше  $20^\circ$ .

- БКВ (200, 300, 400, 500) переміщує вантажі з продуктивністю  $0,25 - 0,75 \text{ т/м}^3$  по горизонтальній поверхні і під нахилом до  $20^\circ$ .

Слід відмітити, що гвинтові транспортери з жорстким валом мають цілий ряд недоліків: значну енерго- і металоємність, невелику довжину транспортування, чутливість до перевантажень. Уникнути цих недоліків стало можливим завдяки запровадженню суттєвих конструктивних змін в гвинтових транспортерах. Так спіраль з жорстким валом була замінена спіраллю без валу, один кінець якої знаходиться у підшипниковому вузлі, інший з'єднаний через редуктор з електродвигуном. Стальний спіральний гвинт розташовується в гнучкому рукаві, кожусі або в жолобі.

Сучасний спіральний – гвинтовий транспортер (СГТ) має одну або дві пружини. В моделях нового покоління ведучих західних виробників СГТ викори-

стовуються сталі спіралі плоскої форми з високою міцністю. Таке конструктивне рішення дозволяє створити звичайний гвинтовий транспортер в змішувач або дозатор з похибкою не більше 3 % від об'єму, що транспортується [4].

Переваги СГТ полягають у наступному:

- використовується один рушійний елемент – спіральний гвинт за відсутності пасових та ланцюгових передач руху від електродвигуна до транспортеру;

- переміщення вантажів можливо здійснювати складними просторовими трасами, як під нахилом, так і при згині рукава під кутом  $360^\circ$ ;

- підлягають транспортуванню як сипучі, напівсипучі та рідкі вантажі;

- можлива подача матеріалу транспортування на довжину до 120 м і в висоту до 40 м.;

- низька металоємність;

- відсутність пилу при транспортуванні.

В роботі [5], на підставі аналізу сучасних конструкцій СГТ, зроблений висновок, що спіральний – гвинтовий транспортер відповідають сучасним вимогам сільського господарства з позицій конструктивного виконання, продуктивності і собівартості виготовлення.

Слід особливо підкреслити суттєву перевагу СГТ, яка міститься в бережливому транспортуванні сипучих матеріалів.

**Мета статті.** Провести аналіз електроприводу транспортерів і дозаторів сипучих матеріалів сільськогосподарських машин.

**Основні матеріали дослідження.** Як відомо, існують два способи переміщення сипучої маси: пасивний і активний. За умови використання пасивного, робочий орган не діє безпосередньо на вантаж і його руйнування практично не відбувається, однак такий транспортер є енерго- і металоємним і має низьку продуктивність.

При застосуванні активного способу, реалізацію якого здійснює і СГТ, сипучий матеріал переміщується між просторово рознесеними точками самоцентрованим спіральним гвинтом, який не тільки безпосередньо контактує з шарами сипучої маси, а за рахунок тертя між коаксіальними стратами залучає наступні шари в процес бережливого переміщення, не піддаючи їх ударним впливам.

Ця властивість СГТ дуже важлива, тому що переважна кількість працюючих у сільському господарстві транспортерів травмують матеріал, так, травмування насіння пшениці сягає 30-40 % , а жита – 50 % і більше [6].

СГТ виготовляють двох типів: з гнучким (тип СТ) і з жорстким несучим елементом (тип РТ). СГТ типу СТ дозволяють переміщати вантажі (з часткою від 0,001 до 40 мм), з питомою вагою  $1,1 \text{ т/м}^3$ , з продуктивністю до  $25 \text{ м}^3/\text{год.}$ , по горизонтальній, під нахилом, так і по вертикальній поверхні, з можливістю згину труби до  $360^\circ$ . СГТ типу РТ мають значно більшу продуктивність – до  $500 \text{ м}^3/\text{год.}$  і частки вантажу можуть досягати розміру до 200мм.

Законодавцем виробництва СГТ в Європі виступає австрійська фірма "Wildfellner GmbH", не поступається їй по якості і надійності продукція американської компанії "GSCOR", в Росії лише два підприєм-

тва: "Европейские транспортные системы" і "Ивантеевский элеватормельмаш" , залучаючи комплектуючі з Європи, виготовляють надійні СГТ.

В Україні знайшли застосування СГТ:

- марки SP з діаметром трубопроводу від 55 до 125 мм, з продуктивністю від 3 до 5 м<sup>3</sup>/год при переміщенні вантажу на довжину до 12 м., і на висоту до 10 м;

- марки ВКБ з гнучкою спіраллю з шагом від 32 до 70 мм, з діаметром трубопроводу від 40 до 132 мм, з продуктивністю від 0,1 до 20 м<sup>3</sup>/год, з висотою підйому вантажу до 15 м.;

- марки ВКБ з жорсткою спіраллю, з діаметром трубопроводу від 89 до 500 мм , з продуктивністю від 0.5 до 300 м<sup>3</sup>/год, з кутом підйому вантажу до 45<sup>0</sup>;

- марки ГК з діаметром трубопроводу від 55 до 125 мм для переміщення вантажу с частками від 5 до 30 мм, з висотою підйому вантажу до 30м.;

- марки ТК з діаметром трубопроводу від 100 до 350 мм, з продуктивністю від 2 до 120 м<sup>3</sup>/год., з частками вантажу від 10 до 150 мм;

- марки ZEO –SC з виконанням в жолобі і в трубі, з продуктивністю від 5 до 50 т/год.

Дослідженням транспортерів з гвинтовими робочими органами займалися В.Г. Иванов, Е.І. Резник , Н.Н. Ульрих, С.К. Янчин.

СГТ, як галузь наукових знань відображена в роботах В.П. Коваленко, Н.Ф. Артюха., П.А. Преображенського, Ю.М. Исаева, П.С. Золотарева.

Так, В.П. Коваленко запропонував формулу для визначення швидкості переміщення сипучого матеріалу, Н.Ф. Артюх виклав аналітичну залежність транспортівальної здібності в залежності від осьової швидкості, П.А. Преображенський визначив продуктивність транспортера як функцію об'єму міжжиткового простору, Ю.М. Исаев дослідив технологію транспортування сипучих та рідких вантажів сільського господарства, П.С. Золоторев проаналізував конструктивні особливості СГТ.

Виходячи з того, що в Європі успішне застосування СГТ триває вже біля 30 років і всі дослідники та практики підкреслюють високу ефективність спіралью – гвинтових транспортерів, вважаємо за доцільне розглядати сучасний електропривод як комплекс, який складається з асинхронного електродвигуна з частотним регулюванням швидкості обертання валу і спіралью – гвинтового транспортера.

Механічна частина електроприводу уявляє собою двохмасову систему зв'язаних мас, які рухаються з різними швидкостями обертально або поступально.

Процес експлуатації системи, пов'язаний з переміщенням сипучих матеріалів визначає навантаження, накладені на кінематичні ланцюги і кінематичні пари, викликаючи в них явища зносу.

Надійність механічної системи залежить від надійності робочого органу транспортеру, його опор в кожусі, редуктора і з'єднувальних муфт.

Враховуючи що в сучасних конструкціях СГТ робочий орган представляє самий надійний елемент транспортеру, забезпечення надійності механічної частини електроприводу повинно розповсюджуватись на інші елементи системи.

Виключаючи їх вихід з ладу в наслідок поломки,

бо цього намагаються уникнути завдяки вжитим заходам ще на стадії проектування, можливо розглядати втрату надійності механічної системи як процес поступового змінення геометричних форм кінематичних пар, в результаті накопиченого зносу.

**Висновки.** Саме знос елементів механічної частини електроприводу слід вважати вирішальним фактором втрати надійності системи.

Дослідження явищ зносу в кінематичних ланцюгах і забезпечення на цій основі надійності і довговічності електроприводу розглядається нами як сучасна актуальна проблема, яка потребує безумовного вирішення.

#### Список використаних джерел

1. Гевко Б. М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатский, Львов: Вища школа., 1989.- 175 с.

2. Лисиченко М. Л. Посібник "Електропривод у питаннях і відповідях" / М. Л. Лисиченко, П. І. Савченко, О. К. Тищенко, В. В. Гузенко — Х: ХНТУСГ; Факт, 2012., 2012. – 500 с.

3. Использование частотного регулирования электроприводов механизмов / [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://www.ci.kiev.ua/node/34>

4. Спирально - винтовые транспортеры / [электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.mosdoz.ru/node/158579>.

5. Pudevyn M. Selecting the best conveyor / [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.machinedesign.com/article/selecting-the-best-conveyor-0821>.

6. Золоторев П. С. Достоинства спирально – винтового транспортера как транслятора сельскохозяйственных структур [Электронный ресурс] / – режим доступа: <http://www.agroxxi.ru/journal/20100709/201100709>.

#### Аннотация

### ЭЛЕКТРОПРИВОД ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Цыбух А. В.

*В статье рассмотрен износ элементов механической части электропривода транспортеров, как фактора потери надежности.*

#### Abstract

### THE ELECTRIC DRIVE OF TRANSPORT MECHANISMS OF LOOSE MATERIALS OF AGRICULTURE

A. Tsybukh

*The article deals with the wear of the mechanical part of elements of electric transporters, as a factor in the loss of system reliability.*