

Дослідження способів покращення пуску асинхронного двигуна сільськогосподарської машини

О.В. Сотнік¹, М.С. Сорокін²

Державний біотехнологічний університет, (м.Харків, Україна)

email: ¹ sotnikolga11@btu.kharkov.ua;

ORCID: ¹ 0000-0002-2518-3726; ² 0000-0002-7524-7687

Сільськогосподарські машини через особливості технологічних процесів, неякісну електроенергію в сільських мережах та некваліфікований персонал мають за статистикою частіше аварійні режими роботи, мають тривалі і короточасні перевантаження та більше відмов двигунів. Такі режими характерні для асинхронних двигунів дробарок, подрібнювачів кормів, змішувачів кормів, транспортерів, відцентрових вентиляторів, гноєприбиральних транспортерів тощо.

Електродвигуни відомі своїм дуже високим коефіцієнтом корисної дії порівняно з іншими приводними механізмами. Високе значення коефіцієнта корисної дії справедливе для усталеної роботи в номінальних режимах, під час перехідних процесів втрати суттєво зростають. Одним з найбільш витратних процесів є розгін: для виходу на необхідну швидкість двигуна варто забезпечити підвищений момент, що призводить до зростання струму і, відповідно, квадратичного збільшення електричних втрат. Особливо це важливо для приводів, які працюють в повторно-короточасному режимі роботи, тобто з частими зупинками та пусками.

Поліпшити пускові властивості перевантаженого в момент пуску асинхронного двигуна можна змінюючи початкові умови включення двигуна в мережу (початкову фазу напруги живлення, кутове положення ротора). У цьому випадку забезпечується пуск з максимальним ударним моментом, що позитивно позначається при пуску двигунів з великим моментом зрушення.

Досліджено можливість підвищення експлуатаційної надійності привода сільськогосподарських машин для перевантажених асинхронних двигунів під час їх пуску.

В результаті проведених досліджень було отримано: для визначення максимального перехідного моменту асинхронного двигуна вираз для визначення «пиків» перехідного моменту при пуску. З метою усунення аварійного режиму перевантаження при пуску асинхронних двигунів розроблено спосіб, що дозволяє захистити двигун шляхом формування динамічного моменту при пуску. Це досягається за рахунок «зрізання» негативних динамічних моментів.

Ключові слова: пуск асинхронного двигуна, перевантажений двигун, максимальний перехідний момент, сільськогосподарська машина

Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій, що стосуються проблеми.

Останнім часом питома вага енергоресурсів у собівартості сільськогосподарської продукції збільшилась і є тенденція до подальшого її зростання. Забезпеченість новим обладнанням тваринницьких ферм складає невеликий відсоток, а його знос інколи досягає до 85%. У цих умовах пред'являються підвищені вимоги до функціонування електрифікованих робочих машин. Якість продукції, що випускається, економія енергоресурсів, безаварійна робота електрообладнання тісно взаємопов'язані. Довготривала та надійна робота електрообладнання на виробництві та у сільському господарстві визначає ефективність всіх технологічних циклів. Головну роль при цьому відіграють електричні двигуни. Це пов'язано з тим, що вихід з ладу електричного двигуна призводить до порушення технологічних циклів, витрат на ремонт та заміну двигуна, а також це відбивається на зменшенні кількості та збільшенні собівартості сільгосппродукції.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження процесів пуску асинхронних двигунів сільськогосподарських машин з метою дослідження шляхів покращення надійності їх роботи.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, якій присвячена робота. Електродвигуни відомі своїм дуже високим ККД (80–90 %) порівняно з іншими можливими приводними механізмами. Але варто зазначити, що така цифра справедлива лише для усталеної роботи в номінальних режимах, під час перехідних процесів же втрати суттєво зростають. Одним з найбільш витратних процесів є розгін: для виходу на необхідну швидкість двигуна варто забезпечити підвищений момент, що призводить до зростання струму і, відповідно, квадратичного збільшення електричних втрат. Особливо це важливо для приводів, які працюють в повторно-короточасному режимі роботи, тобто з частими зупинками та пусками [1, 2, 4].

Мета. Дослідження умов покращення процесу запуску перевантажених асинхронних двигунів сільськогосподарських машин.

Основна частина. Для електродвигунів (ЕД) сільськогосподарських машин і механізмів частими аварійними режимами роботи є тривалі і короткочасні перевантаження. Цей режим характерний для асинхронних двигунів (АД) дробарок і подрібнювачів кормів, змішувачів кормів, транспортерів, відцентрових вентиляторів тощо. Для захисту ЕД в цих режимах розроблено велику кількість різноманітних засобів захисту. При цьому захист, при виникненні тривалого перевантаження, як правило, відключає двигун від мережі. Наслідком цього є зупинка технологічного процесу, що призводить до значних матеріальних збитків. При виникненні короткочасного допустимого перевантаження пристрої захисту не спрацьовують і відключення двигуна не відбувається. Однак перевантаження може виникнути не тільки в процесі роботи електропривода (ЕП), але і при його включенні в мережу коли пусковий момент двигуна виявляється менше моменту навантаження. В цьому випадку ротор ЕД виявляється загальмованим, що є небезпечним аварійним режимом. Загальмування ротора ЕД також може відбуватися у випадках, коли під час роботи двигуна момент навантаження перевищить максимальний момент. У цих випадках виявляється неможливим пуск двигуна до усунення причин перевантаження. Разом з тим, у багатьох випадках перевантаження має місце лише в перший момент пуску, коли ротор ЕД нерухомий, так як для багатьох сільськогосподарських машин і механізмів момент початку руху більше моменту опору при обертанні. Як тільки ЕД починає обертатися, перевантаження зникає і ЕД продовжує нормально працювати. Однак традиційний захист ЕД в цих випадках направлений тільки на відключення ЕД від мережі, а не на здійснення пуску. Ця обставина негативно позначається на роботі сільськогосподарських механізмів, особливо, коли перевищення допустимого навантаження при пуску двигунів носить частий і випадковий характер. Так наприклад, навантаження ЕД гноезбиральних транспортерів залежить від щільності гнойової маси, яка в свою чергу залежить від температури, що змінюється протягом часу доби і року. У зимовий час часто відбувається замерзання гною і пуск двигунів виявляється неможливим внаслідок загальмування ротора. З урахуванням недостатньо високої ймовірності спрацьовування захисту від режиму роботи АД з загальмованим ротором це обумовлює підвищену аварійність ЕД гноезбиральних транспортерів. Для запобігання подібних аварій на практиці часто використовуються двигуни великої номінальної потужності, хоча з економічної точки зору доцільніше використовувати двигуни з захисними пристроями, що дозволяють долати перевантаження при пуску. Аналіз причин виходу з ладу ЕД витяжних

вентиляторів також показує, що вихід з ладу ЕД виникає через примерзання лопатей вентиляторів в холодний період року. В останньому випадку пусковий момент двигуна виявляється менше моменту обертання вентилятора, що є причиною виходу ЕД з ладу. Погіршують умови пуску ЕД сільськогосподарських машин і механізмів перекоси, знос тертьових частин, погіршення мастила, прилипання до робочих органів залишків матеріалів. У цих та інших випадках можливе застосування спеціальних пристроїв, що забезпечують пуск ЕД при несприятливих умовах за рахунок формування необхідного пускового моменту ЕД, що перевищує пусковий момент при звичайному включенні [3, 5, 6]. Принцип формування динамічного пускового моменту АД, що перевищує пусковий момент двигуна, який визначається за статичною механічною характеристикою, впливає з розгляду статичної і динамічної механічної характеристики АД. Максимальний або ударний момент при пуску може перевищувати більш, ніж в 3 рази пусковий момент двигуна. Разом з тим в кривій динамічного моменту є негативні провали, внаслідок чого результуючий момент при пуску менше максимально можливого. Що і наведено на рисунку 1.

З аналізу характеристик АД можна зробити висновок про те, що якщо при пуску двигуна будь-яким чином формувати його динамічні характеристики, виключаючи негативні провали в кривій моменту, то можливо істотно підвищити пускову здатність АД. Методи оптимізації динамічних режимів АД розглядалися в [3, 6]. Для того, щоб визначити максимальний перехідний момент необхідно вирішити систему диференціальних рівнянь АД. Відомо аналітичне рішення рівнянь, засноване на допущенні незмінності швидкості обертання ротора за час перехідного процесу. Аналітичне рішення рівнянь також можливе при живленні АД від джерела струму. Для кола ротора у комплексній формі рівняння напруги в осях α , β має вигляд [7]:

$$U_r = R_r \cdot I_r + \frac{d\Psi_r}{dt} - j\omega_r \Psi_r. \quad (1)$$

З урахуванням, що $U_r = 0$, $\Psi_r = X_r \cdot I_r + X_m \cdot I_s$ рівняння буде мати вигляд:

$$0 = R_r \cdot I_r + X_r \frac{dI_r}{dt} + X_m \frac{dI_s}{dt} - j\omega_r (X_r I_r + X_m I_s). \quad (2)$$

Або після перетворень отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{dI_r}{dt} + \left(\frac{R_r}{X_r} - j\omega_r\right) I_r = \\ = -\frac{X_m}{X_r} \cdot \frac{dI_s}{dt} + j\omega_r \frac{X_m}{X_r} I_s. \end{aligned} \quad (3)$$

Струм статора при живленні від джерела струму:

$$I_s = I_{sm} \cdot e^{j(t+\varphi_0)} \quad (4)$$

Підставимо (4) у (3) та зробивши перетворення, отримаємо:

$$\frac{dI_r}{dt} + \left(\frac{R_r}{X_r} - j\omega_r\right) I_r = -jK_r \cdot s \cdot I_{sm} \cdot e^{j(t+\varphi_0)} \quad (5)$$

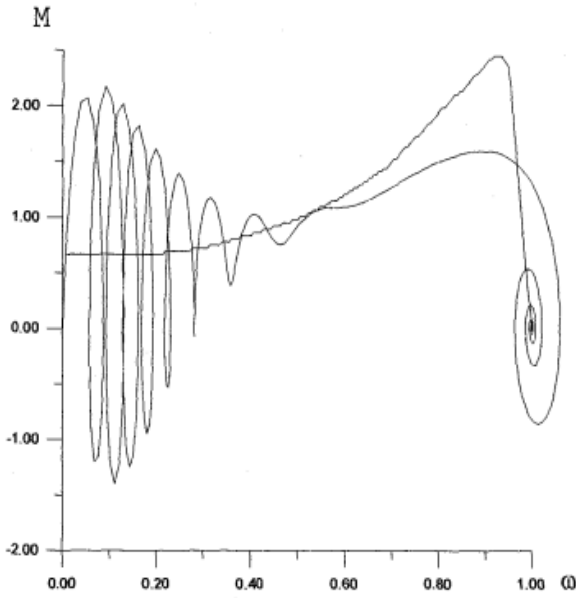


Рис. 1. Статична та динамічна характеристики АД 4A180M2У3

Складову з рівняння (5) знаходимо:

$$I_r = I_{rnp} \cdot e^{jt} \quad (6)$$

Тоді:

$$\frac{dI_r}{dt} = I_{rnp} \cdot e^{jt} \quad (7)$$

Підставивши (6) та (7) у рівняння (5), отримаємо:

$$I_{rnp} = \frac{-jK_r \cdot s \cdot I_{sm}}{\alpha_r + js} \cdot e^{j\varphi_0} \quad (8)$$

Вільна складова струму ротора знайдена з рішення рівняння:

$$\frac{dI_r}{dt} + (\alpha_r - j\omega_r) I_r = 0 \quad (9)$$

Якому відповідає рівняння:

$$p = -\alpha_r - j\omega_r \quad (10)$$

Рішення даного рівняння має вигляд:

$$I_{rB} = C \cdot e^{-(\alpha_r - j\omega_r)t} \quad (11)$$

Тоді перехідний струм ротора дорівнює:

$$I_r = I_{rnp} + I_{rB} \quad (12)$$

Врахувавши, що:

$$\Psi_r(0-) = \Psi_r(0+) = 0 \quad (13)$$

Після перетворень, отримаємо:

$$C = \frac{-K_r \cdot \alpha_r}{\alpha_r + js} I_{sm} \cdot e^{j\varphi_0} \quad (14)$$

Вільна складова струму ротора дорівнює:

$$I_{rB} = \frac{-K_r \cdot \alpha_r}{\alpha_r + js} I_{sm} \times e^{j\varphi_0} \cdot e^{-\alpha_r t} \cdot e^{j\varphi_r t} \quad (15)$$

Електромагнітний момент ЕД:

$$M_{em} = R_e [j \cdot I_s I_r] = R_e \left\{ \begin{array}{l} j I_{sm} \cdot e^{-j(t+\varphi_0)} \times \\ \left[\frac{-jK_r \cdot s \cdot I_{sm} \cdot e^{j\varphi_0}}{\alpha_r + js} e^{jt} - \right. \\ \left. - \frac{K_r \cdot \alpha_r}{\alpha_r + js} I_{sm} \cdot e^{j\varphi_0} \times \right. \\ \left. \times e^{-\alpha_r t} \cdot e^{j\varphi_r t} \right] \end{array} \right\} \quad (16)$$

З рівняння (16) можна знайти вільну та примушену складові моменту АД:

$$M_{np} = I_{sm}^2 \cdot \frac{-K_r \cdot s \cdot \alpha_r}{\alpha_r^2 + s^2} \quad (17)$$

$$M_B = \frac{-K_r \cdot I_{sm}^2 \cdot \alpha_r}{\alpha_r^2 + s^2} \times e^{-\alpha_r t} [\alpha_r \cdot \sin(st) + s \cdot \cos(st)] \quad (18)$$

Максимум вільної складової моменту можна знайти з рівняння $\frac{dM_B}{dt} = 0$. Після перетворень, отримаємо:

$$M_{Bmax} = -\frac{K_r \cdot I_{sm}^2 \cdot \alpha_r}{\sqrt{\alpha_r^2 + s^2}} \times s(-1)^n \cdot e^{-\frac{\alpha_r(\arctg \frac{\alpha_r}{s} + \pi n)}{s}} \quad (19)$$

де n – номер піку моменту, ($n = 1, 2, 3 \dots$).

При $s = 1$ вільна та примушена складові моменту будуть рівними:

$$M_{np} = I_{sm}^2 \cdot \frac{K_r \cdot \alpha_r}{1 + \alpha_r^2} \quad (20)$$

$$M_{Bmax} = -\frac{K_r \cdot \alpha_r}{\sqrt{\alpha_r^2 + 1}} \times (-1)^n \cdot e^{-\alpha_r(\arctg \alpha_r + \pi n)} \quad (21)$$

Тоді відношення ударного моменту до моменту, що установився буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} \frac{M_{\text{пр}} + M_{\text{вmax}}}{M_{\text{пр}}} &= 1 + \frac{M_{\text{вmax}}}{M_{\text{пр}}} = \\ &= 1 + (-1)^{n+1} \sqrt{1 + \alpha_r} \times \\ &\quad \times e^{-\alpha_r(\arctg \alpha_r + \pi n)} \end{aligned} \quad (22)$$

Отриманий вираз для максимумів (піків) перехідного моменту при пуску дозволяє оцінити значення максимумів для двигунів різної потужності. Можливі значення коефіцієнта α_r , можна визначити з літератури [7].

Виходячи з цих значень ударний момент при пуску АД перевищує пусковий момент мінімум в 2 рази. Негативні піки моменту мають меншу амплітуду і можуть приймати негативні значення. Для формування сприятливого пуску АД необхідно, з одного боку, забезпечити формування позитивних піків електромагнітного моменту які значно перевищують по величині пусковий момент двигуна, а з іншого боку, виключити негативні провали електромагнітного моменту під час пуску двигуна. Це може бути досягнуто шляхом комутації кола статора АД під час пуску за певним законом. Зокрема, якщо вчасно пуску короткочасно відключити двигун від мережі, коли динамічний момент стає негативним, і включити двигун в момент коли ЕРС, індукована незагаслим полем ротора в обмотці статора, збігається за фазою з напругою мережі, то виявляється, що прикладена до затискачів двигуна напруга короткочасно може перевищувати напругу мережі, що сприяє збільшенню електромагнітного моменту АД.

Поліпшити пускові властивості перевантаженого в момент пуску АД можна змінюючи початкові умови включення двигуна в мережу (початкову фазу напруги живлення, кутове положення ротора). У цьому випадку забезпечується пуск з максимальним ударним моментом, що позитивно позначається при пуску двигунів з великим моментом зрушення. Для технічної реалізації запропонованих заходів по підвищенню пускової здатності АД можна запропонувати пристрій для пуску АД сільськогосподарських механізмів [7].

На рисунку 2 наведена схема пристрою для запуску перевантаженого АД в момент пуску. Пуск здійснюється за рахунок зменшення негативних провалів електромагнітного моменту.

Запропонований пристрій на короткий час відключає двигун від мережі під час пуску, коли динамічний електромагнітний момент двигуна стає негативним. Пристрій (рис. 2) містить симетричні тиристоры 1, включені в кола статора ЕД 2, перетворювач струму 3, перетворювач напруги 4, блок обчислення моменту 5, логічний перемикач 6, на вхід якого подається напруга з виходу блоку моменту, а з його виходу сигнал подається на блок 7 управління тиристорами 1.

Пристрій працює наступним чином: напруга на виході блоку моменту пропорційна динамічному моменту АД, який в перехідних режимах в залежності від ступеню несиметрії напруги, а також наявності обривів стрижнів ротора може мати негативний знак. Ця напруга подається на вхід логічного перемикача 6, який при появі негативного знаку моменту видає сигнал на короткочасне, в межах напівперіоду, відключення симетричних тиристорів 1, що і реалізується за допомогою пристрою управління тиристорами 7 (рис. 3).

Розгін двигуна 2, таким чином, здійснюється під дією динамічного моменту позитивного знаку. Перетворювач струму перетворює реальні струми, що протікають по обмотках статора за допомогою датчиків струму 8 в струми двофазної системи операційними підсилювачами 9 і 10 (рис.4, 5), на основі рівнянь перетворення координат, якщо вісь α прийняти розташованою за віссю фази А статора:

$$i_{sa} = i_A; i_{s\beta} = \frac{1}{\sqrt{3}}(i_B - i_C). \quad (23)$$

Перетворення трифазної напруги в двофазну (рис. 3) проводиться за допомогою датчиків напруги 11 на основі рівнянь, що вирішуються за допомогою операційних підсилювачів 12 і 13, що виконують роль суматора і інтегратора на основі (23).

Отримані двофазні значення струмів і напруги подаються на входи інтеграторів 14 і 15 (рис. 4) за допомогою яких визначаються потокозчеплення статора за осями α, β , на основі узагальненої теорії електромеханічного перетворення енергії:

$$\frac{d\Psi_{sa}}{dt} = u_{sa} - R_s i_{sa}. \quad (24)$$

$$\frac{d\Psi_{s\beta}}{dt} = u_{s\beta} - R_s i_{s\beta}. \quad (25)$$

Значення активного опору статора береться з довідкової літератури. Визначення електромагнітного обертового моменту проводиться на основі відомого виразу:

$$M_{\text{ел}} = \frac{3}{2}(\Psi_{sa} i_{s\beta} - \Psi_{s\beta} i_{sa}), \quad (26)$$

яке реалізується за допомогою обчислювача 16, 17 і інтегратора 18. У логічному перемикачі 6 напруга з виходу блоку обчислення моменту надходить через фільтр 9 на блок узгодження напруги 8, з виходу якого надходить сигнал у вигляді "1" або "0" з елемента затримки 11. Елемент затримки виключає помилкове спрацьовування формувача імпульсів в перший момент пуску. З виходу формувача імпульсів сигнал надходить на тригер 12. З виходу тригера цей сигнал через підсилювач потужності 13 подається на вхід оптронів 14 – 17

(рис. 6), що безпосередньо впливають на керуючі електроди сімісторів. За наявності динамічного моменту позитивного знаку на виході блоку узгодження напруга відсутня, а на виході формувача імпульсу і тригера з'являється сигнал, відповідний "1". Цей сигнал, через підсилювач і оптрони, забезпечує включення сімісторів в колі статора і підключення двигуна до мережі.

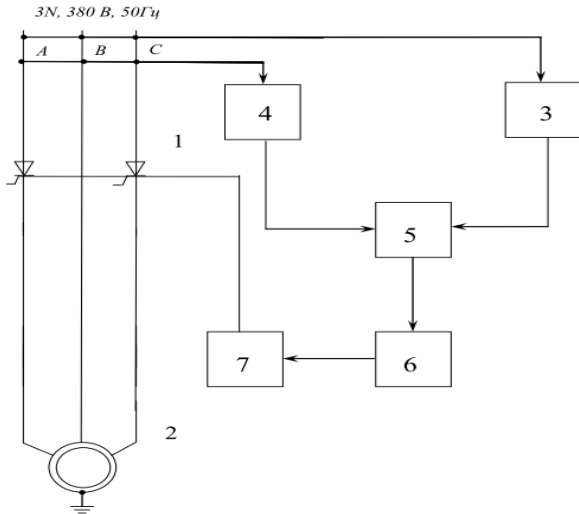


Рис. 2. Пристрій для захисту трифазного АД сільськогосподарського механізму від роботи в аварійних режимах роботи з непрямым визначенням потокозчеплення обмотки статора

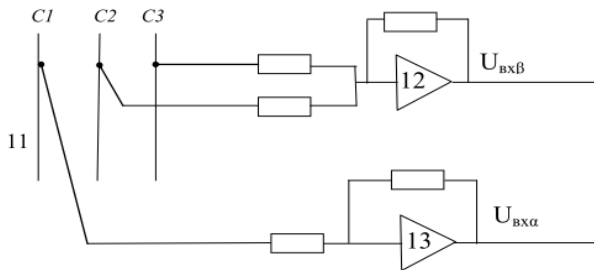


Рис. 3. Схема перетворення трифазної напруги у двофазну

При негативному динамічному моменті на валу двигуна на виході формувача імпульсів сигнал відповідає "0", що призводить до замикання оптронів, забезпечуючи замикання сімісторів. Оптрони також забезпечують гальванічну розв'язку кіл логічного перемикача з силовими колами. Таким чином запропонований пристрій забезпечує підвищену пускову здатність АД.

Пуск під дією динамічного моменту позитивного знаку є більш сприятливим у порівнянні зі звичайним пуском. При відключенні двигуна від мережі під час дії динамічного моменту негативного знаку струми статора дорівнюють нулю, а ЕРС, інду-

кована незагаслим полем ротора, в обмотці статора, буде затухати в залежності від параметрів машини і швидкості обертання ротора. Природно, що чим більше швидкість обертання ротора і менше коефіцієнт загасання, тим повільніше буде затухати ЕРС від затухаючого поля ротора.

Однак при малих частотах обертання ротора, або при нульовій швидкості обертання ротора, додаткові комутаційні процеси після короткочасного відключення двигуна від мережі, приведуть до виникнення ударних струмів, рівних комутаційним в початковий момент.

Таким чином, з одного боку відбувається збільшення напруги через виникнення ЕРС від затухаючого поля ротора $U_c + E_{10}$, з іншого – великі ударні струми при комутаціях сприяють збільшенню електромагнітного обертового моменту, який буде визначатися виразом:

$$M_{\text{уд.ком.}} = M_{\text{пик.}} \left(\frac{U_c \pm E_{10}}{U_c} \right), \quad (27)$$

де $M_{\text{пик.}}$ - ударне (пікове) значення моменту при першій комутації кола статора; U_c - напруга мережі; E_{10} - ЕРС від незатухаючого поля ротора.

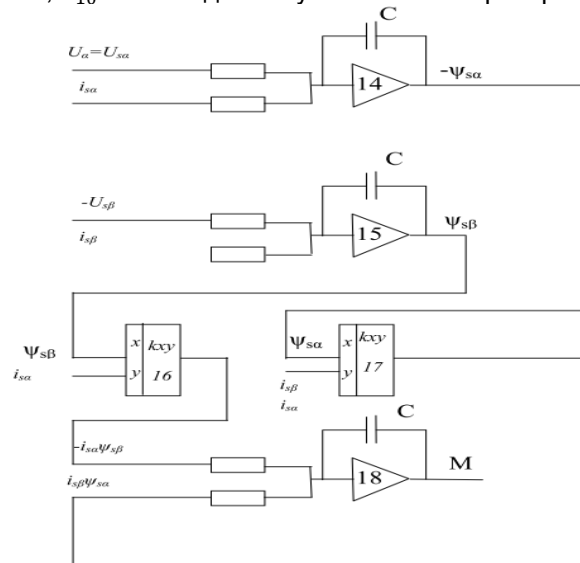


Рис. 4. Блок визначення динамічного моменту АД

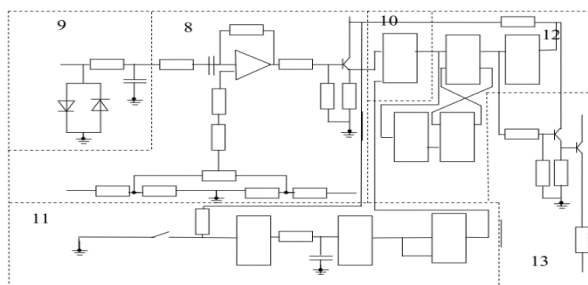


Рис. 5. Принципова схема логічного перемикача

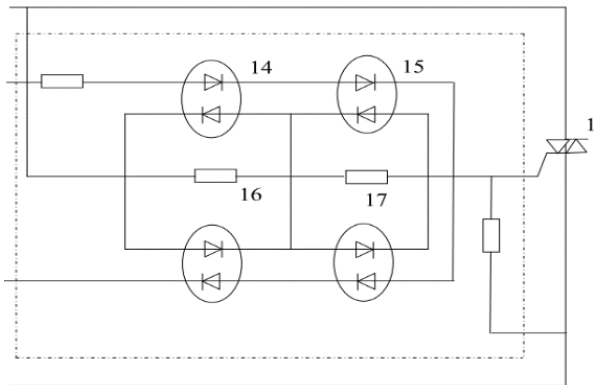


Рис. 6. Схема управління симетричними тиристорами

Виходячи з наведеного виразу можна зробити висновок про те, що при повторних комутаціях $M_{\text{пик}}$, за умови збігу напруги мережі і ЕРС АД від незагаючого поля ротора, може суттєво перевищувати значення ударного моменту при початковому включенні двигуна в мережу. Негативною властивістю запропонованого пристрою є те, що потокозчеплення статора АД визначаються побічно, шляхом обчислення за попередніми виразами.

При цьому похибка у визначенні складових потокозчеплення, а отже і динамічного моменту пов'язана з необхідністю завдання активного опору обмотки статора, який може змінюватися при зміні температури обмотки внаслідок нагрівання, зміни температури навколишнього середовища тощо.

Висновок. З метою усунення аварійного режиму під час пуску асинхронного двигуна можна використати пристрій, що покращить перехідний процес шляхом формування динамічного моменту двигуна. Це досягається за допомогою усунення від'ємних динамічних моментів.

Даний спосіб пуску перевантажених асинхронних двигунів таких сільськогосподарських машин як вентилятори, гноєприбиральні транспортери тощо, забезпечить більшу надійність їх роботи.

Література:

1. Осташевський М. О. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник / М. О. Осташевський, О. Ю. Юр'єва // За ред. д-ра техн. наук, професора В. І. Міліх. Київ: Каравела, 2018. 452 с.
2. Сотнік О.В. Дослідження шляхів підвищення пускового моменту асинхронного двигуна сільськогосподарської машини / О.В. Сотнік, О.В. Сотнік // Матеріали VIII Міжнародної наукової конференції «Научные исследования: парадигма инновационного развития», 30 апреля 2021 года (Прага, Чехия) . – Режим доступа до журн. <https://inter-nauka.com/>

3. Мамедов Ф. А. Повышение пусковой способности асинхронных двигателей сельскохозяйственного назначения путем формирования динамического момента при пуске / Ф.А. Мамедов, В.И Литвин. // РГАЗУ – агропромышленному комплексу: сб. науч. тр. РГАЗУ. М.: 1998. С. 166-167.

4. Кондратюк О. Ю. Анализ аварийных режимов работы асинхронных двигателей к вопросу выбора их эффективной защиты. / О. Ю. Кондратюк, Егоров А. Б. // Системи обробки інформації. – 2006. – Вип. 4 (53). – С. 79-86.

5. Левин М. А. Особенности эксплуатации изношенного электрооборудования / М. А. Левин // Проблемы электроэнергетики: сб. тр. – Саратов, 2004. – 72 с.

6. Грундулис А. О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве / А. О. Грундулис // 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 111 с.

7. Мамедов Ф. А. Пуск под нагрузкой / Ф. А. Мамедов, В. И. Литвин, Л. Ф. Мамедова // Сельский механизатор. 2000. №8. – С. 38-41.

References:

1. Ostashevsky M., Yurieva O. (2018) Elektrichni mashyny i transformatory: navch. posibnyk, za red. d-ra tekhn. nauk, profesora V.I. Milykh. Kyiv: Karavela, p. 452.
2. Sotnik O.V., Sotnik O.V. (2021) Doslidzhennia shliakhiv pidvyshchennia puskovoho momentu asynkronnoho dvyhuna silskohospodarskoi mashyny, Materyaly VIII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsyy «Nauchnye yssledovaniya: paradyhma ynnovatsyonnoho razvytyia», 30 aprelia 2021 hoda (Praha, Chekhyia). Rezhyim dostupu do zhurn. <https://inter-nauka.com/>
3. Mamedov F. A. (1998) Povysheniye puskovoi sposobnosti asynkronnykh dvyhatelei selskokhoziaistvennoho naznacheniya putem formyrovaniya dynamycheskoho momenta pry puske. RHAZU ahropromyshlennomu kompleksu: sb. nauch. tr. RHAZU, pp. 166-167.
4. Kondratiuk O. Yu., Ehorov A. B. (2006) Analiz avaryinykh rezhyimov raboty asynkronnykh dvyhatelei k voprosu vybora ykh efektyvnoi zashchyty, Systemy obrobky informatsii, 4 (53), pp. 79-86.
5. Levyn M.A. (2004) Osobennosti ekspluatatsyy yznoshennoho elektrooborudovaniya. Problemy elektroenerhetyky: sb. tr. Saratov, p. 72.
6. Hrudulyys A.O. (1988) Zashchyta elektrodvyhatelei v selskom khoziaistve, 2-e yzd., pererab. y dop. M.: Ahropromyzdat, p. 111.
7. Mamedov F. A., Lytvyn V. Y., Mamedova L. F. (2000) Pusk pod nahruzkoj. Selskyi mekhanyzator. 8. pp. 38-41.

Аннотация

Исследование способов улучшения запуска асинхронного двигателя сельскохозяйственной машины

О.В. Сотник, М.С. Сорокин

Сельскохозяйственные машины из-за особенностей технологических процессов, некачественной электроэнергии в сельских сетях и неквалифицированного персонала имеют по статистике более частые аварийные режимы работы, длительные и кратковременные перегрузки и больше отказов двигателей. Такие режимы характерны для асинхронных двигателей дробилок, измельчителей кормов, смесителей кормов, транспортеров, центробежных вентиляторов, навозных уборочных транспортеров и т.д.

Электродвигатели известны своим очень высоким коэффициентом полезного действия по сравнению с другими приводными механизмами. Высокое значение коэффициента полезного действия справедливо для устоявшейся работы в номинальных режимах, во время переходных процессов потери существенно возрастают. Одним из наиболее затратных процессов является разгон: для выхода на необходимую скорость двигателя следует обеспечить повышенный момент, что приводит к росту тока и, соответственно, квадратичного увеличения электрических потерь. Особенно это важно для приводов, работающих в повторно-кратковременном режиме работы, то есть с частыми остановками и пусками.

Улучшить пусковые свойства перегруженного в момент пуска асинхронного двигателя можно изменяя начальные условия включения двигателя в сеть (начальную фазу питающего напряжения, угловое положение ротора). В этом случае обеспечивается пуск с максимальным ударным моментом, что положительно сказывается при запуске двигателей с большим пусковым моментом.

Исследована возможность повышения эксплуатационной надежности привода сельскохозяйственных машин для перегруженных асинхронных двигателей при их пуске.

В результате проведенных исследований было получено: для определения максимального переходного момента асинхронного двигателя выражение для определения пиков переходного момента при пуске. В целях устранения аварийного режима перегрузки при пуске асинхронных двигателей разработан способ, позволяющий защитить двигатель путем формирования динамического момента при пуске. Это достигается за счет «срезания» отрицательных динамических моментов.

Ключевые слова: *запуск асинхронного двигателя, перегруженный двигатель, максимальный переходный момент, сельскохозяйственная машина*

Abstract

Research of ways to improve the start of the asynchronous motor of an agricultural machine

O.V. Sotnik, M.S. Sorokin

Agricultural machines, due to the peculiarities of technological processes, poor quality electricity in rural networks and unskilled personnel, have statistically more frequent emergency modes of operation, long and short-term overloads and more engine failures. Such modes are typical for asynchronous crusher motors, feed shredders, feed mixers, conveyors, centrifugal fans, manure harvesters, etc.

Electric motors are known for their very high efficiency compared to other drive mechanisms. The high value of the efficiency is true for established work in nominal modes, during the transient losses increase significantly. One of the most costly processes is acceleration: to reach the required motor speed, you must provide increased torque, which leads to an increase in current and, accordingly, a quadratic increase in electrical losses. This is especially important for drives operating in repeated short-term operation, ie with frequent stops and starts.

It is possible to improve the starting properties of the induction motor overloaded at the time of startup by changing the initial conditions for connecting the motor to the mains (initial phase of the supply voltage, angular position of the rotor). In this case, starting with maximum impact torque is ensured, which has a positive effect when starting engines with high starting torque.

The possibility of increasing the operational reliability of the drive of agricultural machines for over-loaded induction motors during their startup has been studied.

As a result of the conducted researches it was received: for definition of the maximum transient moment of the induction motor the expression for definition of peaks of transient moment at startup. In order to eliminate the emergency overload mode when starting asynchronous motors, a method has been developed to protect the motor by generating a dynamic torque at startup. This is achieved by "cutting" the negative dynamic moments.

Keywords: *asynchronous motor start, overloaded motor, maximum transient torque, agricultural machine*

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Sotnik, O.V. and Sorokin, M.S. (2022). Research of ways to improve the start of the asynchronous motor of an agricultural machine. *Engineering of nature management*, (1(23), pp. 74 - 80.

Подано до редакції / Received: 22.11.2021