

Винахід, що заявляється, відноситься до електротехніки, зокрема до автоматизованого асинхронного електропривода з трифазним тиристорним регулятором у колі статора та може бути використаним для пуску асинхронних двигунів технологічних механізмів при важких умовах рушання.

Прикладом важкого рушання є процес запуску артезіанського багатоступінчастого насоса для транспортування нафтопродуктів, зокрема, мазуту, в зимовий період. У випадку зберігання мазуту в резервуарах, його температура поступово зменшується, що призводить до збільшення в'язкості нафтопродукту та унеможливорює прямий пуск привідного двигуна насоса. У цьому разі доводиться знімати частину робочих коліс насоса з метою зменшення моменту опору технологічного механізму.

Іншим прикладом є насос для транспортування пульпи руди у відстійник. Досить часто є ситуація, коли запуск насоса відбувається під навантаженням у наслідок того, що робоче колесо насоса заблоковане продуктом транспортування. Така ситуація виникає, коли немає часу на підготовчу операцію, що передус пуску, - спорожнення зумпфу у разі надходження великої кількості пульпи зі збагачувального комбінату. З цієї причини запуск двигуна також можна віднести до класу важких.

Відоме технічне рішення - спосіб пуску асинхронного двигуна, що дозволяє отримати підвищені значення пускового моменту [Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.: Энергия, 1967. - 472с. (221с.-226с.)].

Спосіб пуску асинхронного двигуна АД здійснюється підключенням його до мережі при повністю введеному зовнішньому опорі у колі ротора. Для підтримки прискорення привода ступенями зменшують величину зовнішнього опору. Коли весь опір буде виведений, двигун перейде на свою природну характеристику. Недоліком способу є ступінчате регулювання пускового моменту та недостатня жорсткість штучних механічних характеристик двигуна, внаслідок чого погіршуються його пускові характеристики. Ще одним недоліком способу є неможливість застосування АД з короткозамкненим ротором.

Також відомий спосіб пуску асинхронного двигуна, який здійснюється збільшенням напруги на клеммах статора у функції часу [Петров И.И., Мейстель А.М. Специальные режимы работы асинхронного электропривода. М.: Энергия, 1968 (73с.-75с.)]. Недоліком відомого способу є те, що збільшення пускового моменту двигуна відбувається тільки при перевищенні номінального значення напруги живлення, для чого необхідне додаткове обладнання.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є, вибраний як прототип, спосіб пуску асинхронного двигуна, який здійснюється шляхом декількох пробних пусків, під час яких обчислюється ковзання та момент, з метою досягнення ковзання $s \neq 0$ при повній напрузі на клеммах статора [Висновок від 01.12.2003 про видачу деклараційного патенту на винахід за результатами експертизи на локальну новизну від "Спосіб пуску асинхронного двигуна технологічного механізму та пристрій для його реалізації", заявка №20021086610 від 12.03.2003]. Час повторення операцій запуску може вибиратися в залежності від закону руху робочого механізму.

Недоліком відомого способу є те, що зруйнування технологічної перешкоди за рахунок кінетичної енергії мас, що рухаються, з точним визначенням моменту подачі наступного імпульсу, тобто, розгойдування, неможливе у разі запуску технологічних механізмів, що не мають у своєму складі активної складової моменту опору, наприклад, скребковий конвеєр, дробарка, насос для транспортування пульпи, мазуту і т.д.

Відомий пристрій для пуску асинхронного двигуна, що містить пусковий реостат та контактори для шунтування ступенів реостату [Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.: Энергия, 1967. - 472с. (221с.-226с.)]. Недоліком пристрою є низькі енергетичні характеристики, обумовлені втратами енергії ковзання та виділенням тепла на пускових реостатах.

Інший відомий пристрій для пуску асинхронного двигуна містить тиристорний регулятор напруги з імпульсно-фазовим керуванням [Петров И.И., Мейстель А.М. Специальные режимы работы асинхронного электропривода. М.: Энергия, 1968 (73с.-75с.)]. Недоліком пристрою є те, що при регулюванні кутів управління тиристорний регулятор забезпечує тільки зменшення пускового моменту двигуна.

Також відомий, вибраний як прототип, пристрій для пуску асинхронного двигуна, що включає трифазний тиристорний регулятор змінної напруги та додатково забезпечений програмованим блоком контролю пускових параметрів [Висновок від 01.12.2003 про видачу деклараційного патенту на винахід за результатами експертизи на локальну новизну від "Спосіб пуску асинхронного двигуна технологічного механізму та пристрій для його реалізації", заявка №20021086610, дата подання 12.03.2003]. Недоліком пристрою є те, що при важкому пуску, з метою забезпечення імпульсного моменту двигуна, відбувається регулювання тільки напруги живлення, а отже, неможливе отримання підвищеного пускового моменту двигуна.

Метою створення способу пуску та пристрою для його реалізації, що заявляється, є підвищення надійності та працездатності обладнання за рахунок покращення умов рушання та пуску АД технологічних механізмів.

Фіг.1 - Діаграма квазічастотного пуску АД технологічного механізму;

Фіг.2 - Алгоритм квазічастотного пуску АД технологічного механізму;

Фіг.3 - Блок-схема пристрою для реалізації квазічастотного пуску.

Принцип квазічастотного керування полягає у живленні статорних кіл двигуна напругою u' , отриманою шляхом знакозмінного модулювання напруги мережі живлення. Струм статора I_1 складається з пакетів півхвиль, кількість яких N у пакеті визначає переважаючу гармонійну складову y , тим самим, частоту модуляції f' , від якої залежить синхронна швидкість обертання двигуна $\omega_{кчy}$. Підвищення пускового моменту досягається регулюванням співвідношення частоти модуляції f' та кута відкривання тиристорів α .

Максимально можливе значення пускового моменту може бути визначене виходячи з того, що критичне ковзання при квазічастотному регулюванні $s_{крf}$ змінюється обернено пропорційно до частоти модуляції f' :

$$s_{крf} \approx \frac{s_{кр} f_{1ном}}{f'} = \frac{s_{кр}}{k_f}, \text{ де } k_f = f'/f_{1ном} - \text{ коефіцієнт, що враховує зниження частоти модуляції } f' \text{ основної гармоніки напруги живлення статорних кіл відносно номінальної частоти мережі } f_{1ном}; s_{кр} - \text{ критичне}$$

ковзання при номінальній частоті мережі $f_{1ном}$. Початковий момент, що розвивається двигуном при пуску, має максимальне значення, коли критичне ковзання рівне одиниці: $s_{кр}/k_f=1$. Тобто, для забезпечення максимального значення пускового моменту необхідно вибрати частоту модуляції, приблизно рівну у відносних одиницях критичному ковзанню двигуна: $k_f=s_{кр}$.

Спосіб пуску (Фіг.1-Фіг.2) починається з тестування електромеханічної системи з метою визначення можливості пуску двигуна. Для цього впродовж часу $t=t_T$ за допомогою тиристорного регулятора змінної напруги здійснюється регулювання моменту двигуна $M(t, \alpha)$, як функції часу t та кута управління α . При закритих тиристорах у час $t=0$ пусковий момент дорівнює нулю. Зі зменшенням кута управління за час $t=t_T$ напруга живлення досягає свого номінального значення, а пусковий момент збільшується до значення, що дорівнює пусковому моменту M_{Π} при повній напрузі на клеммах статора. За цей час може виявитись, що пусковий момент двигуна M_{Π} перевищує значення моменту опору механізму при рушанні M_T . У цьому випадку зі зменшенням кута а двигун розганяється до заданої швидкості $\omega=\omega_n$ за час $t=t_r$. Якщо $M_T > M_{\Pi}$, запуск асинхронного двигуна неможливий. У цьому разі $\omega=0$ та $s=1$, де ω - частота обертання ротора, а s - ковзання асинхронного двигуна.

Програмний пристрій за час $t=t_B$ вимірює напругу, струм у фазах статора та визначає відомими способами, з використанням параметрів схеми заміщення, ковзання асинхронного двигуна s , та момент $M(t, \alpha)$, що ним розвивається.

Якщо $s=1$, то напругу живлення зменшують до нуля на деякий час паузи $t=t_{\Pi}$, а програмний пристрій переходить у режим квазічастотного керування з метою підвищення пускового моменту двигуна за рахунок регулювання кута відкриття тиристорів α та частоти модулювання напруги живлення f' , таким чином, щоб досягти $k_f=s_{кр}$.

Впродовж наступного часу тестування $t=t_T$ регулювання моменту двигуна $M(t, \alpha, f')$ відбувається у функції часу t , кута управління α та частоти модульованої напруги живлення f' , що дозволяє підвищити пусковий момент на значення ΔM_{Π} ($M_{\Pi 1}=M_{\Pi}+\Delta M_{\Pi}$). За час $t=t_B$ вдруге вимірюють напругу, струм у фазах статора та визначають ковзання. Якщо ковзання дорівнює $s=1$, процес запуску повторюють, з подальшим збільшенням пускового моменту двигуна на значення ΔM_{Π} . Поточне значення спроби пуску i -е відповідає поточному значенню пускового моменту $M_{\Pi i}$ та не перевищує $i=k$, де k - кількість спроб:

$$M_{\Pi i}=M_{\Pi}+i \cdot \Delta M_{\Pi}.$$

Імпульсний характер моменту та поступове його збільшення дозволяє зруйнувати технологічну перешкоду, що створена матеріалом в робочій зоні технологічного механізму та зробити можливим процес запуску після декілька послідовних спроб. Параметри t_T , t_{Π} обираються, таким чином, щоб уникнути резонансних коливань, які можуть мати місце у разі співпадання власних частот коливань електромеханічної системи з частотою пульсацій моменту, що розвиває двигун.

Якщо за час наступного виміру $t=t_B$ виявиться, що ковзання асинхронного двигуна $s \neq 1$, тобто $\omega \neq \omega_{кчу}$, здійснюється завдання куту повороту ротора φ_3 (або часу обертання $T_{кчу}$), впродовж якого ротор асинхронного двигуна здійснює обертання зі швидкістю $\omega_{кчу}$. Кут φ_3 обирається в залежності від конструктивних та технологічних параметрів механізму з метою найбільш ефективного подолання технологічної перешкоди. Після досягання значення $\varphi=\varphi_3$ (або $t=T_{кчу}$), де φ - поточне значення кута повороту ротора, програмований пристрій здійснює витримку часу $t=t_{\Pi}$ та переходить у режим регулювання моменту двигуна у функції часу t та кута управління α : $M(t, \alpha)$.

Спосіб пуску полягає в підключенні асинхронного двигуна до трьохфазної мережі через тиристорний регулятор змінної напруги, у збільшенні напруги живлення на клеммах двигуна у функції часу за рахунок зміни кута керування тиристорів до повного їх відкриття, у вимірюванні струму та напруги статора, обчисленні ковзання при повній напрузі на клеммах статора, що відрізняється тим, що, згідно винаходу, у разі неможливості пуску, алгоритм пуску здійснюється шляхом переходу у режим квазічастотного керування, підвищення пускового моменту двигуна, обчислення ковзання та куту повороту вала у квазічастотному режимі, закривання тиристорного регулятора, завдання часу повторного процесу запуску зі збільшенням значення пускового моменту, повторення пробних пусків з поступовим збільшенням пускового моменту до початку рушання та досягнення заданого кута повороту ротора, повернення у режим запуску шляхом збільшення напруги живлення на клеммах двигуна у функції часу за рахунок зміни кута керування тиристорів до повного їх відкриття.

Визначення куту повороту ротору вимагає додаткового обладнання, том , з метою спрощення та підвищення надійності, можливий спосіб пуску, що не використовує параметр φ_3 .

Спосіб пуску відрізняється тим, що, згідно винаходу, тривалість режиму квазічастотного керування визначається часом, що вибирається в залежності від закону руху робочого механізму.

Пристрій, якій реалізує спосіб запуску (Фіг.3), включає трифазний тиристорний регулятор змінної напруги з системою імпульсно-фазового управління з програмованим блоком контролю пускових параметрів ковзання та моменту при повній напрузі живлення на клеммах статора, що відрізняється тим, що, згідно винаходу, він додатково обладнаний програмованим блоком з функцією квазічастотного керування, який забезпечує підвищене значення пускового моменту двигуна.

Блок-схема пристрою зображена на Фіг.3.

На час пуску асинхронний двигун 3 підключено до мережі живлення через тиристорний регулятор напруги 2 за допомогою вимикача 1. Кут повороту вала двигуна контролюється датчиком кута повороту вала двигуна 4. Блок датчиків 5 вимірює струм I та напругу U на обмотках статора двигуна та складається з блоків 5-1 та 5-2 відповідно. Блоки з першого по п'ятий є типовими для систем автоматизованого електроприводу.

Програмний пристрій 6 є комплектною мікропроцесорною системою керування вищого функціонального рівня, яка складається з програмної частини, в яку закладено алгоритм запуску двигуна, та апаратної частини. Остання містить аналого-цифровий перетворювач 6-5, мікропроцесорний модуль 6-4, систему імпульсно-фазового керування 6-3, генератор частоти модулювання 6-2, розподільувач імпульсів 6-1.

Мікропроцесорний модуль 6-4 сприймає сигнали з виходів датчика кута повороту 4 та блоку датчиків 5 через аналого-цифровий перетворювача 6-5. З виходу мікропроцесорного модуля 6-4 сигнали завдання

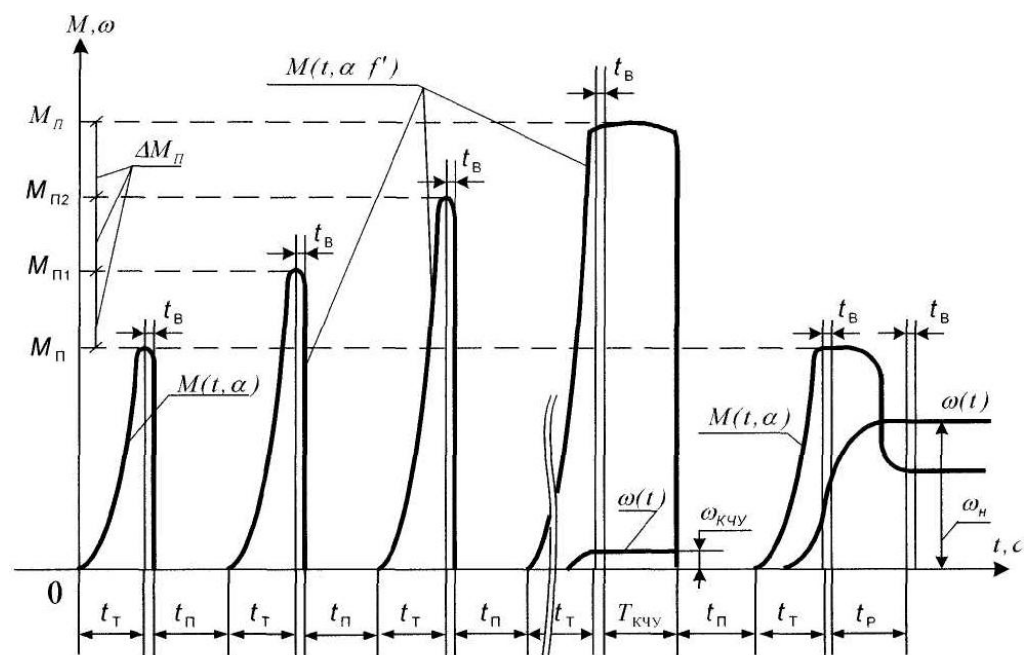
частоти модуляції f' та кута відкриття тиристорів α подаються на блоки 6-2 та 6-3 відповідно. Розподільвач імпульсів 6-1 сприймає імпульси керування, що надходять від блоків 6-2 та 6-3, та розподіляє їх у відповідності до заданого закону керування та подає на силові тиристори блоку 2.

Принцип дії програмного пристрою 6 полягає у тому, що мікропроцесорний модуль 6-4 опитує датчики струму 5-1, напруги 5-2 та датчик куту повороту 4, розраховує необхідні параметри двигуна, формує за допомогою блоку 6-2 необхідний кут відкриття тиристорів відповідно алгоритму запуску. На цьому етапі розподільвач імпульсів 6-1 сприймає сигнали управління тільки від блоку 6-2 та передає їх на тиристорний перетворювач 2.

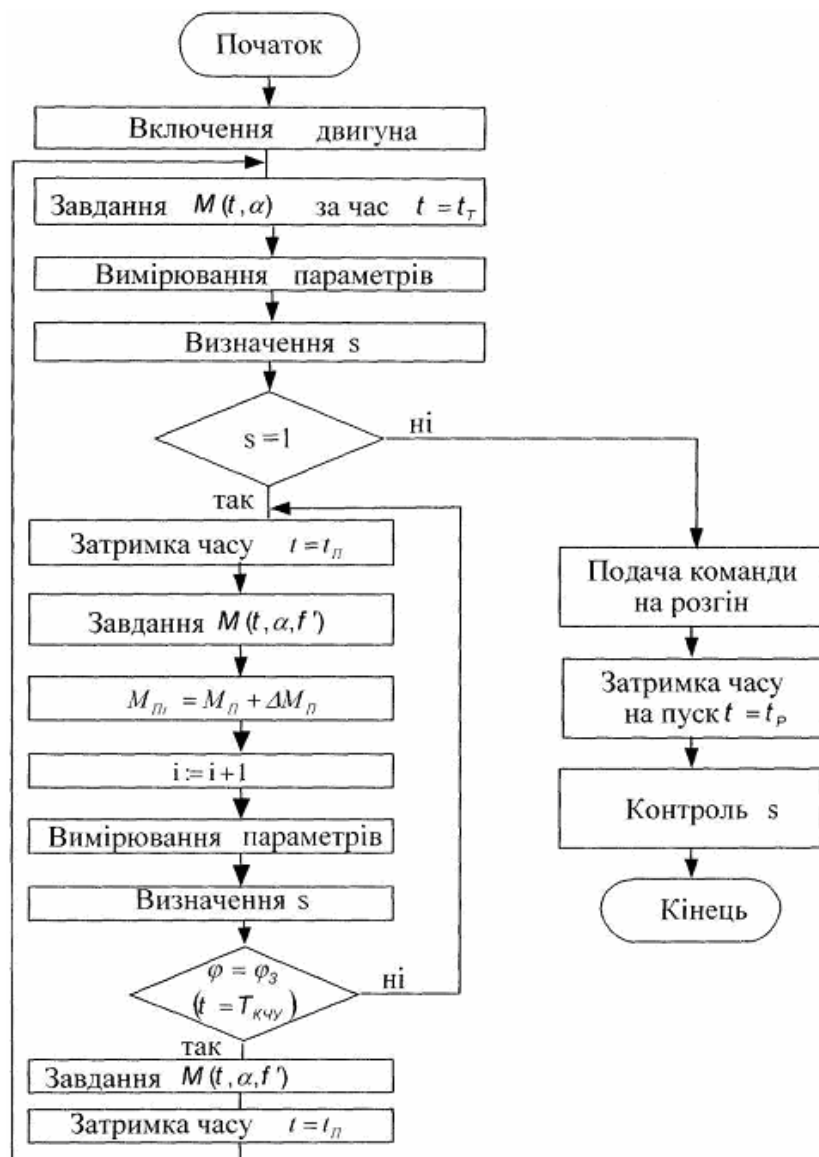
Якщо запуск у цьому режимі виявляється неможливим, програмний пристрій переходить у режим квазічастотного керування, блок 6-3 задає частоту модуляції f' , а блок 6-2 регулює кут відкриття тиристорів α у відповідності з алгоритмом квазічастотного пуску. Розподільвач імпульсів 6-1, у відповідності з принципом квазічастотного керування, таким чином розподіляє імпульси, що надходять на тиристори, щоб забезпечити протікання струму статора I_1 у формі пакетів півхвиль, кількість яких N у пакеті визначає частоту модуляції f' . При цьому регулювання та підвищення пускового моменту досягається регулюванням співвідношення частоти модуляції f' і кута відкриття тиристорів α .

Можлива інша реалізація пристрою.

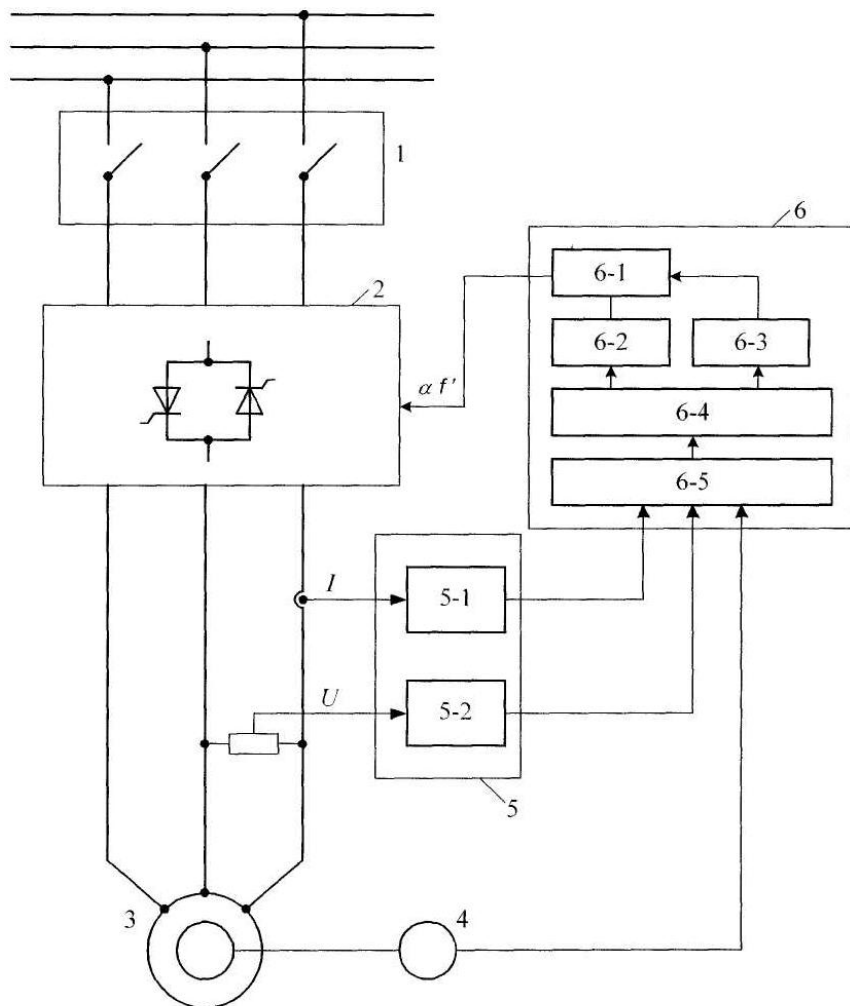
Пристрій, який реалізує спосіб запуску що, включає трифазний тиристорний регулятор змінної напруги з системою імпульсно-фазового управління з програмованим блоком контролю пускових параметрів ковзання та моменту при повній напрузі живлення на клеммах статора, що відрізняється тим, що, згідно винаходу, пристрій виконано без датчика куту повороту.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фиг. 3