

# СПОСОБ ПЛАВНОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

## طريقة التشغيل الناعم لحرك كهربائي غير متزامن



Грицков Егор  
Денисович

إيجور دينيسوفيتش جريتسكوف

Студент УО «ГГТУ им.

П. О. Сухого»

طالب بجامعة سخوي الحكومية  
التقنية



Савельев Вадим  
Алексеевич

فاديم ألكسيفيتش سافيليف

ك.т.н., доцент

каф. «Автоматизированный  
электропривод» ГГТУ им.

П.О. Сухого

استاذ مشارك بقسم القيادة الكهربائية الآلية  
بجامعة سخوي الحكومية التقنية

**Аннотация:** Разработанное устройство относится к области электротехники и может быть использовано для реализации электропривода с плавным пуском. При разработке устройства ставилась задача снизить установленную мощность, а также стоимость системы асинхронного электропривода с устройством плавного пуска.

**Ключевые слова:** асинхронный электропривод, устройство плавного пуска, установленная мощность, функциональная схема

**الخلاصة:** ينتمي الجهاز المطور إلى مجال الهندسة الكهربائية ويمكن استخدامه لتنفيذ محرك كهربائي ببداية ناعمة. عند تطوير الجهاز، كان الهدف هو تقليل الطاقة المثبتة، وكذلك تكلفة نظام القيادة الكهربائية غير المتزامن مع بداية ناعمة.

**الكلمات المفتاحية:** محرك كهربائي غير متزامن، بداية ناعمة، الطاقة المثبتة، مخطط وظيفي

### Введение

Разработанное устройство относится к области электротехники и может быть использовано для реализации электропривода с плавным пуском. При разработке устройства ставилась задача снизить установленную мощность, а также стоимость системы асинхронного электропривода с устройством плавного пуска.

### Результаты и обсуждение

Типовая схема асинхронного электропривода с устройством плавного пуска (УПП) содержит асинхронный электродвигатель М1 с короткозамкнутым ротором (рис.1), тиристорный регулятор напряжения А1 с системой управления, а также сетевой КМ1 и шунтирующий КМ2 пускатели [1].

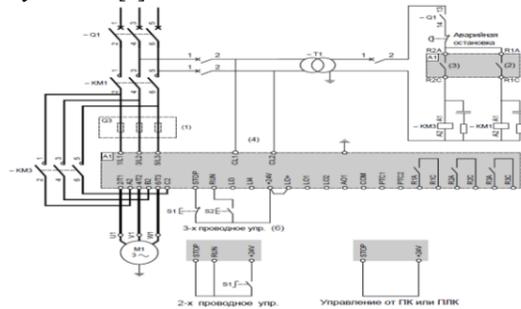


Рис. 1. Типовая схема асинхронного электропривода с устройством плавного пуска

Недостатком такого УПП является необходимость выбора мощности тиристорного преобразователя соизмеримой с мощностью асинхронного электродвигателя, что существенно повышает стоимость электропривода при большой мощности электродвигателя.

В настоящей работе была поставлена задача снизить установленную мощность и стоимость системы асинхронного электропривода с плавным пуском.

Данная задача решается тем, что в описанном выше типовом асинхронном электропривод с УПП применен асинхронный электродвигатель, содержащий две трёхфазные обмотки статора, не имеющие электрической связи между собой [2]. Такая конструкция электродвигателя позволяет получить механическую характеристику в виде суммы механических характеристик отдельных обмоток. При этом первая обмотка статора соединена с трехфазной сетью переменного тока через первый сетевой пускатель и тиристорный регулятор напряжения, а вторая обмотка статора соединена с той же трехфазной сетью переменного тока через второй сетевой пускатель.

На рис.2,а приведена функциональная схема предлагаемого асинхронного электропривода с УПП.

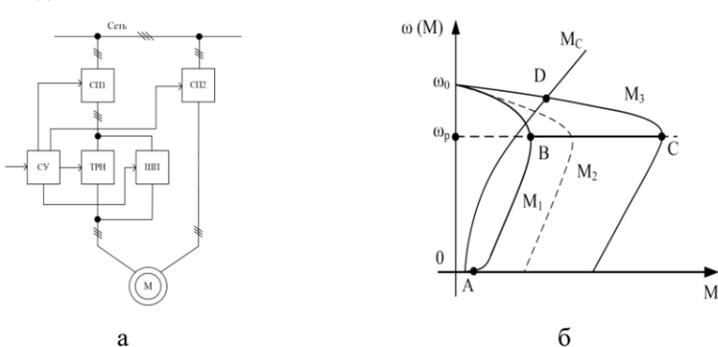


Рис.2. Функциональная схема предлагаемого асинхронного электропривода с УПП (а) и его механические характеристики (б)

Устройство работает следующим образом. Перед пуском асинхронного электродвигателя М все пускатели разомкнуты. После замыкания первого сетевого пускателя СП1, напряжение питающей сети подается на первую обмотку статора асинхронного электродвигателя М. При этом электродвигатель будет работать на механической характеристике М1 (рис.2, б). Электродвигатель начинает разгоняться от точки А до скорости  $\omega_p$  по траектории АВ. По достижению скорости  $\omega_p$ , что соответствует точке В, система управления СУ одновременно подает сигнал включения на второй сетевой пускатель СП2 и шунтирующий пускатель ШП. Пускатель ШП шунтирует тиристорный регулятор ТРН, а пускатель СП2 разрешает подачу напряжения питающей сети на вторую обмотку статора электродвигателя М. В результате этого обе обмотки статора электродвигателя оказываются подключенными к питающей сети переменного тока. Происходит переход двигателя с характеристики М1 по траектории ВС на естественную характеристику М3. Далее двигатель продолжает разгон по естественной характеристике М3, что соответствует траектории CD, до установившейся скорости в точке D.

### Выводы

Таким образом, предлагаемое УПП позволяет плавно произвести пуск асинхронного электродвигателя при помощи одной обмотки статора, а затем по достижению заданной скорости подключить вторую обмотку, после чего асинхронный электродвигатель выйдет на установленную скорость.

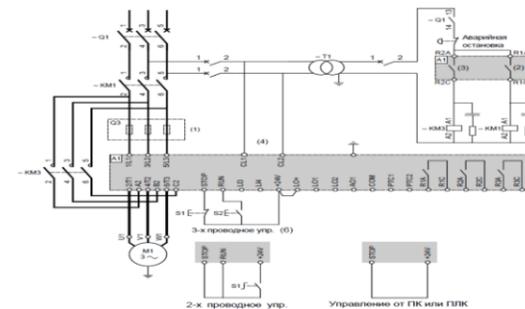
За счет пуска двигателя по одной обмотке статора асинхронного электродвигателя, с последующим подключением второй обмотки, выбор мощности УПП производится только по половине мощности двигателя, что позволяет снизить стоимость системы асинхронного электропривода, а также снизить установленную мощность асинхронного электродвигателя.

### المقدمة

ينتمي الجهاز المطور إلى مجال الهندسة الكهربائية ويمكن استخدامه لتنفيذ محرك كهربائي ببداية ناعمة. عند تطوير الجهاز، كان الهدف هو تقليل الطاقة المثبتة، وكذلك تكلفة نظام القيادة الكهربائية غير المتزامن مع بداية ناعمة.

### النتائج والمناقشة

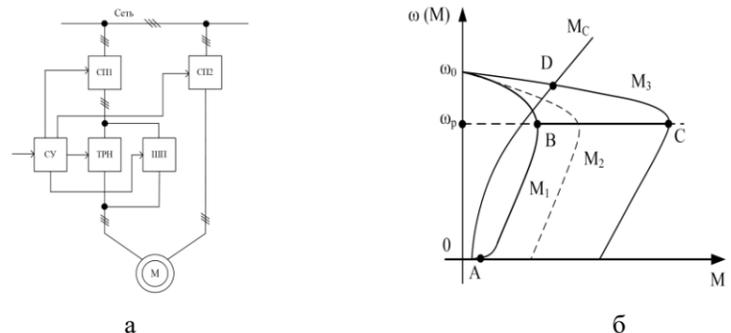
تحتوي الدائرة النموذجية لمحرك كهربائي غير متزامن مع بداية ناعمة (SPD) على محرك كهربائي غير متزامن M1 مع دوار قصص السنجاب (الشكل 1)، ومنظم جهد الثايرستور A1 مع نظام تحكم، بالإضافة إلى شبكة KM1 وتحويلة مبدئين KM2 [1].



الشكل 1. رسم تخطيطي نموذجي لمحرك كهربائي غير متزامن مع جهاز مشغل كهربائي ناعم

عيب مثل هذا المشغل الناعم هو الحاجة إلى اختيار قوة محول الثايرستور بما يتناسب مع قوة المحرك الكهربائي غير المتزامن، مما يزيد بشكل كبير من تكلفة المحرك الكهربائي عند قوة المحرك العالية. في هذا العمل، تم تعيين المهمة لتقليل الطاقة المثبتة وتكلفة نظام القيادة الكهربائية غير المتزامن مع بداية ناعمة.

تم حل هذه المشكلة من خلال حقيقة أنه في المحرك الكهربائي غير المتزامن النموذجي مع بداية ناعمة الموصوفة أعلاه، يتم استخدام محرك كهربائي غير متزامن، يحتوي على ملفين من الجزء الثابت ثلاثي الطور ليس لهما اتصال كهربائي مع بعضهما البعض [2]. يسمح هذا التصميم للمحرك الكهربائي بالحصول على خاصية ميكانيكية في شكل مجموع الخصائص الميكانيكية للملفات الفردية. في هذه الحالة، يتم توصيل ملف الجزء الثابت الأول بشبكة تيار متردد ثلاثية الطور من خلال مشغل الشبكة الأول ومنظم جهد الثايرستور، ويتم توصيل ملف الجزء الثابت الثاني بنفس شبكة التيار المتردد ثلاثية الطور من خلال مشغل شبكة ثاني.



الشكل 2. الرسم التخطيطي الوظيفي للمحرك الكهربائي غير المتزامن المقترح مع وحدة دعم الطاقة (أ) وخصائصه الميكانيكية (ب)

عيب مثل هذا المشغل الناعم هو الحاجة إلى اختيار قوة محول الثايرستور بما يتناسب مع قوة المحرك الكهربائي غير المتزامن، مما يزيد بشكل كبير من تكلفة المحرك الكهربائي عند قوة المحرك العالية. في هذا العمل، تم تعيين المهمة لتقليل الطاقة المثبتة وتكلفة نظام القيادة الكهربائية غير المتزامن مع بداية ناعمة.

الجهاز يعمل على النحو التالي. قبل بدء تشغيل المحرك الكهربائي غير المتزامن M، تكون جميع المشغلات مفتوحة. بعد إغلاق أول شبكة SP1، يتم توفير جهد الإمداد إلى الملف الثابت الأول للمحرك الكهربائي غير المتزامن M. في هذه الحالة، سيعمل المحرك الكهربائي عند الخاصية الميكانيكية M1 (الشكل 2, ب). يبدأ المحرك الكهربائي بالتسارع من النقطة A إلى السرعة  $\omega_p$  على طول المسار AB. عند الوصول إلى السرعة  $\omega_p$ ، التي تتوافق مع النقطة B، يرسل نظام التحكم في نفس الوقت إشارة تحويل إلى بداية الشبكة الثانية SP2 وبداية التحويلة ШП. يتجاوز مشغل ShP منظم الثايرستور TRN، ويسمح مشغل SP2 بتزويد جهد التيار الكهربائي إلى الملف الثابت الثاني للمحرك الكهربائي M. ونتيجة لذلك، يتم توصيل كلا الملفين الثابتين للمحرك الكهربائي بشبكة التيار المتردد. ينتقل المحرك من الخاصية M1 على طول مسار الطائرة إلى الخاصية الطبيعية M3. بعد ذلك، يستمر المحرك في التسارع على طول الخاصية الطبيعية M3، التي تتوافق مع المسار CD، إلى سرعة ثابتة عند النقطة D.

### الخاتمة

وبالتالي، فإن المبدئ الناعم المقترح يسمح لك ببدء تشغيل محرك كهربائي غير متزامن بسلاسة باستخدام ملف ثابت واحد، ثم عند الوصول إلى سرعة معينة، قم بتوصيل الملف الثاني، وبعد ذلك سيصل المحرك الكهربائي غير المتزامن إلى السرعة المحددة. من خلال تشغيل المحرك على ملف ثابت واحد لمحرك كهربائي غير متزامن، مع التوصيل اللاحق للملف الثاني، يتم تحديد قوة المبدئ الناعم بمقدار نصف قوة المحرك فقط، مما يجعل من الممكن تقليل تكلفة المحرك الكهربائي غير المتزامن نظام القيادة، وكذلك تقليل الطاقة المثبتة للمحرك الكهربائي غير المتزامن.

### المراجع والمصادر References

1. Устройство плавного пуска и торможения Altistart 48, Режим доступа: [https://www.elec.ru/viewer?url=/files/2019/09/16/rukovodstvo\\_polzovatelya\\_ats48.pdf&ysclid=lqmdpx17jk806932835](https://www.elec.ru/viewer?url=/files/2019/09/16/rukovodstvo_polzovatelya_ats48.pdf&ysclid=lqmdpx17jk806932835) (дата обращения: 24.12.2023).
2. Патент РФ 12022. Асинхронный электродвигатель.