

# СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРЯМОМ И ПРИ ПЛАВНОМ ПУСКЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Сопоставление проводится по общим соображениям и по результатам моделирования процессов.

Все переменные и параметры, кроме времени и постоянных времени, рассматриваются далее как относительные величины при общепринятом выборе базовых значений двигателя. Моделирование выполнено для усреднённых параметров асинхронных двигателей большой мощности. При таком представлении результаты имеют достаточно универсальный характер. Параметры агрегата при моделировании: электромеханическая постоянная времени  $T_j = 2$  с, стопорящий момент (при нулевой скорости)  $M_{stall} = 0.1$ , постоянная составляющая момента нагрузки  $M_{c0} = 0.05$ , составляющая вентиляторного момента при номинальной скорости  $M_{c2} = 0.25$ ; это – усреднённые параметры для тихоходного электропривода насоса, пуск при закрытой задвижке.

## 1. ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРЯМОМ АСИНХРОННОМ ПУСКЕ

Результаты моделирования представлены на рис. 1. На рис. 2 показано самое начало процессов.

Показаны следующие переменные:  $M$  – электромагнитный момент двигателя,  $v$  – скорость,  $i_s$  – модуль изображающего вектора токов статора (огibaющая фазных токов),  $M_c$  – момент нагрузки,  $i_{sA}$  – ток одной из фаз статора. Ток статора отнесен на диаграммах к значению  $I_{stall}$  – амплитуде установившегося тока статора при заторможенном роторе и номинальном напряжении статора.

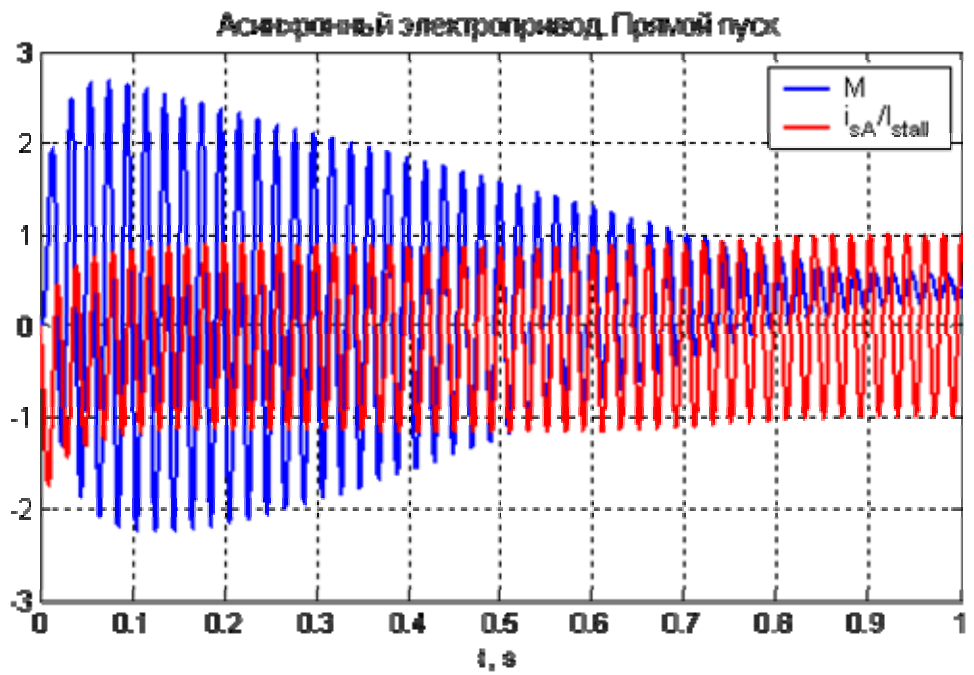
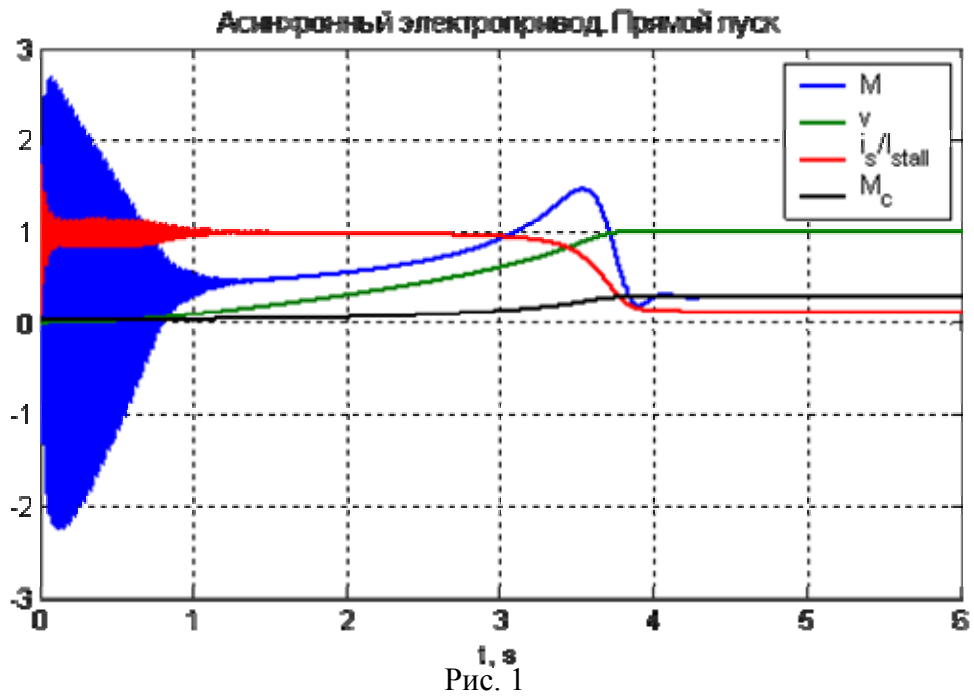
Важно отметить количественные показатели процессов:

- Амплитуда знакопеременной составляющей момента в начале пуска достигает значения  $M_{p,max} \approx 2.7$ , – примерно 3-кратного значения по отношению к номинальному моменту; частота для этой составляющей – 50 гц;
- Темп изменения момента достигает значения  $dM/dt \approx 700$  1/с;
- Модуль изображающего вектора токов статора и фазный ток статора в самом начале процесса достигают значения  $I_{s,max} / I_{stall} \approx 1.7$  (это соответствует 8-11-кратной амплитуде номинального тока), и только затем происходит снижение до установившегося пускового тока.

Очень значительный ударный момент и, особенно, высокий темп изменения момента являются важнейшими факторами, влияющими на прочность и надёжность двигателя и механизма.

Ударный ток определяет огромное усилие, вдавливающее проводники статора в пазы; он является важнейшим фактором, влияющим на срок службы обмоток двигателя.

И, наконец, значительный пусковой ток вызывает посадку напряжения в питающей сети и может вызвать нарушения в работе смежных электроприёмников.



## 2. ТИРИСТОРНОЕ УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ПУСКА

Упрощенная схема главных цепей показана на рис. 3.

### ТИРИСТОРНОЕ УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ПУСКА

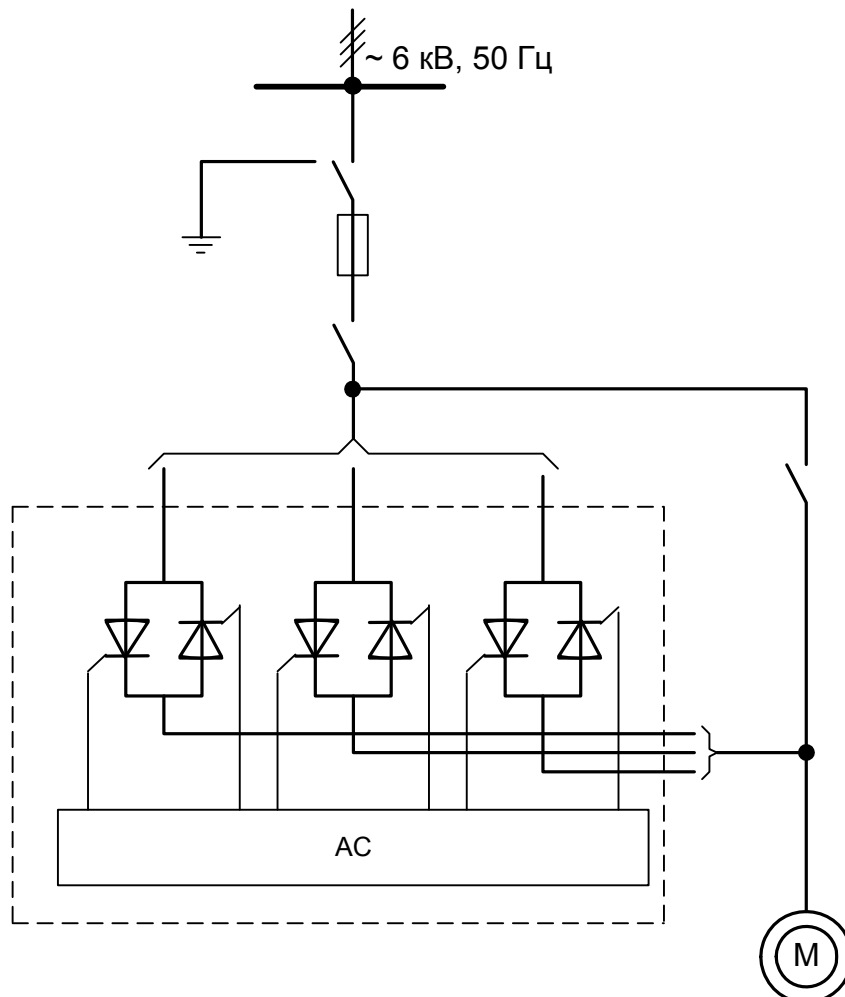


Рис. 3

Сдвиг по фазе открывающих импульсов тиристорov позволяет плавно регулировать полезную составляющую линейных напряжений. В конце пуска тиристоры полностью открыты. Включается шунтирующий контактор (в составе устройства), асинхронная машина подключается непосредственно к сети.

Устройство содержит все элементы для защиты двигателя как в пусковых, так и в рабочих режимах, а также для защиты самого устройства.

Процессы при плавном асинхронном пуске показаны на рис. 4. На рис. 5 показано начало процессов.

Установившийся ток статора в данном примере почти в 2 раза ниже чем при прямом пуске. Удар тока при включении устранён. Амплитуда тока плавно нарастает. Максимальное мгновенное значение тока примерно в 3.5 раза ниже, чем при прямом пуске; максимальное электромагнитное усилие на изоляцию проводников статора снижено примерно в 10 раз.

Колебания момента на начальной стадии пуска устранены, момент плавно нарастает. Темп изменения момента достигает значения  $dM/dt \approx 0.5$  1/с. По сравнению с прямым пуском темп изменения момента снижен более чем в 1000 раз.

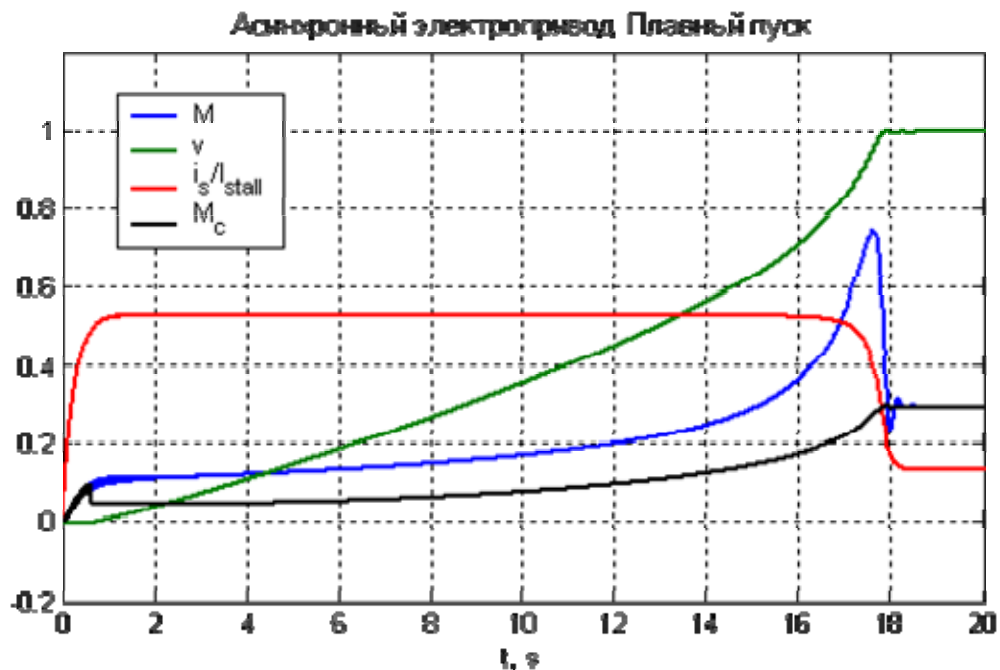


Рис. 4

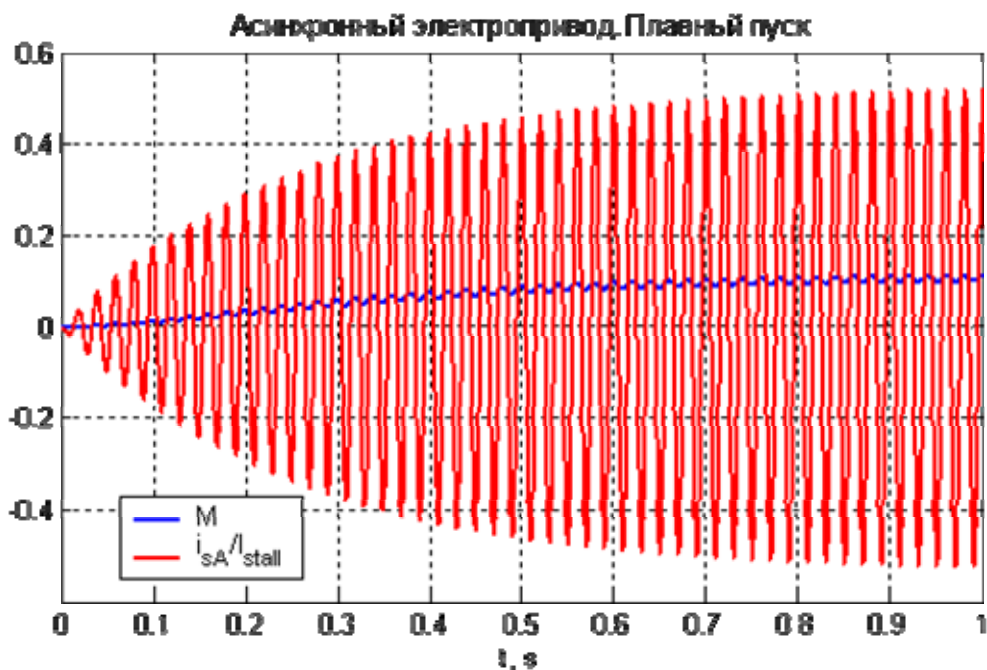


Рис. 5

Однако тиристорное устройство плавного пуска не устраняет все недостатки прямого пуска. В отношении нагрева двигателя ситуация не облегчается (впрочем, это обстоятельство не является существенным для тихоходных насосов).

Ток, потребляемый от сети, снижен примерно в 2 раза, но он всё же составляет 200-300 % номинального тока. К тому же этот ток в процессе пуска характеризуется значительным содержанием высших гармоник.

### **3. ВЫВОДЫ**

1. Использование устройства плавного асинхронного пуска для рассматриваемого класса электроприводов снижает ударные нагрузки механо- и электрооборудования. Это решает задачу повышения надёжности работы оборудования.
2. Использование плавного асинхронного пуска для данного электропривода лишь частично устраняет неблагоприятное воздействие пускового тока на питающую сеть.
3. Устройство плавного пуска не обеспечивает даже кратковременной работы электропривода на повышенной скорости (при частоте, превышающей частоту сети).
4. Устройство плавного пуска не целесообразно применять для нагрузок с постоянным или большим пусковым моментом.

26.02.03

Проф., д.т.н.

А.М.Вейнгер