

## ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПУСКОМ синхронного ДВИГАТЕЛЯ С НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ

**Заика В.Т.**

**Национальный горный университет**

**Низимов В.Б., Низимов Р.В.**

**Днепродзержинский государственный технический университет**

В современной промышленности заметна тенденция к расширению области применения синхронных двигателей (СД), особенно СД средних и больших мощностей. Применение таких двигателей хотя и обеспечивает довольно высокие технико-экономические показатели режима работы электропривода и питающей электросети, однако требует применения новых технических решений для их пуска, поскольку использование традиционных способов связано с существенным ухудшением пусковых режимов СД или невозможно вообще. Значительные токовые, термические и электродинамические перегрузки статорной и пусковой обмотки делают нецелесообразным, а в некоторых случаях и невозможным, использование для мощных синхронных двигателей асинхронного пуска [1].

Ограничение токовых, термических и электродинамических перегрузок может быть достигнуто использованием систем облегченного пуска СД большой мощности.

Несмотря на ряд положительных свойств, пусковые системы имеют пока ограниченную область применения из-за значительной стоимости преобразователей энергии, наличия дополнительных электрических машин, проблемы самозапуска загруженных СД.

Так частотные способы пуска обеспечивают наилучшие пусковые режимы СД и управляемость процессом пуска. Однако для их реализации необходимы сложные статические преобразователи частоты со звеном постоянного тока, которые требуют значительных капитальных и эксплуатационных затрат. Аналогичные недостатки присущи пусковым системам по схеме вентильного двигателя.

Параметрические способы пуска СД с использованием тиристорных регуляторов напряжения (ТРН) могут быть реализованы по схемам:

- непрерывного фазового управления вентилями тиристорного преобразователя;
- частотно-импульсного управления вентилями тиристорного преобразователя.

При непрерывном фазовом управлении возможно эффективное управление пусковым током и моментом в сторону их уменьшения. Квадратичная зависимость момента от напряжения не позволяет создать вращающиеся моменты, превышающие момент естественной характеристики СД при одно-

временном ограничении пускового тока на заданном уровне.

Таким образом, существенным недостатком этого способа пуска является ограничения моментных характеристик СД.

Частотно – импульсное управление ТРН предпочтительнее в связи с устранением недостатков, присущих непрерывному фазовому управлению тиристорными преобразователями.

Для обеспечения надежности пуска СД необходимо, чтобы частота задания  $\omega$  управляющих функцией обеспечивала симметрию напряжения фаз без постоянных составляющих. Такой режим управления тиристорами преобразователя обеспечивает увеличения пускового момента при трогании до величины  $(1,15 \dots 1,2) M_{кр}$ , что выше пускового момента при номинальном напряжении [2].

Существенное улучшение эксплуатационных показателей может быть достигнуто применением емкостных накопителей энергии (ЕНЭ) в контуре возбуждения при ограничении токовых нагрузок обмоток статора за счет применения трехфазного тиристорного преобразователя напряжения, увеличения тока обмотки возбуждения (ОВ) и электромагнитного момента создаваемого ОВ, а также разгрузки пусковой обмотки [3].

Принципиальная схема одного из возможных вариантов системы облегченного пуска СД представлена на рис.1.

Система содержит синхронный двигатель М, статором подключенный к сети переменного тока через тиристорный преобразователь. ОВ через пусковой резистор R1 замкнута на ЕНЭ С, параллельно которому подключены шунтирующие цепи, состоящие соответственно из резисторов R2, R3 и тиристоров VS7 и VS8. Управление тиристорами VS7 и VS8 может производиться соответственно через стабилитроны VD1, VD3 и диоды VD2, VD4 по уровню допустимого напряжения в функции э.д.с. частоты скольжения. В зависимости от напряжения пробоя стабилитронов и величины резисторов возможны следующие схемы пусковых устройств в обмотке возбуждения: 1. Последовательное включение R1 и ЕНЭ при R2=R3=0.2. Параллельное включение ЕНЭ и резисторов R2 и R3 при R1=0. 3. Последовательно-параллельное включение резисторов и ЕНЭ. В статорные цепи СД включены датчики тока ТА и

напряжение ТУ, сигналы которых подаются на один из входов системы управления АУЗ, а на другой вход-сигнал заданной величины тока или момента от АУ.

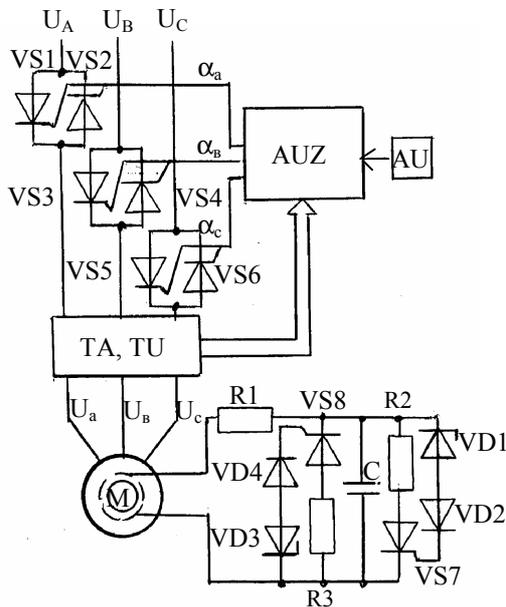


Рисунок 1 Принципиальная схема пуска СД

Поскольку разгон СД происходит под действием среднего значения электромагнитного момента, создаваемого пусковой обмоткой и обмоткой возбуждения, то целесообразно определить пусковые характеристики двигателя в разомкнутой системе управления и установить рациональные законы управления ТРН и ЕНЭ.

Указанные расчеты могут быть выполнены по эквивалентным схемам замещения СД для продольной и поперечной осей при различных значениях первой гармонической напряжения тиристорного регулятора [4].

Среднее значение электромагнитного момента

$$M_a = U \cdot I_{\text{пр.в.}} - I_{\text{пр}}^2 r_1 - I_{\text{об}}^2 \frac{r_1}{1-s} \quad (1)$$

Токи и их соответствующие составляющие по продольной и поперечной осям:

$$\dot{I}_{\text{пр}} = 0,5(\dot{I}_d + \dot{I}_q); \quad I_{\text{пр}} = \sqrt{I_{\text{пр.в.}}^2 + I_{\text{пр.мн.}}^2}; \quad (2)$$

$$\dot{I}_d = \frac{\dot{U}}{z_{ds}}$$

$$\dot{I}_{\text{об}} = 0,5(\dot{I}_d - \dot{I}_q); \quad I_{\text{об}} = \sqrt{I_{\text{об.в.}}^2 + I_{\text{об.мн.}}^2}; \quad (3)$$

$$\dot{I}_q = \frac{\dot{U}}{z_{qs}}$$

Пусковой ток статора СД

$$I_1 = \sqrt{I_{\text{пр}}^2 + I_{\text{об}}^2} \quad (4)$$

Расчет статических пусковых характеристик по приведенным зависимостям выполнен для

синхронного двигателя типа СДС3-2000-100 с номинальной мощностью 2000 кВт, 100 об/мин для разомкнутой системы.

Режим асинхронного пуска СД с четырехкратным пусковым резистором был принят в качестве базового варианта. На рис. 2 представлены пусковые характеристики СД при последовательном включении пускового резистора  $R1=4R_f$  и ЕНЭ с емкостью 70 мкФ для различных значений напряжения преобразователя  $U=1; 0,9; 0,8; 0,7 U_n$  (кривые 1-4). Зависимости  $M=f(s)$  и  $I_s=\varphi(s)$  обозначены цифрой 5. Анализ расчетных зависимостей показывает, что включение ЕНЭ позволяет существенно увеличивать пусковые моменты СД при ограничении тока статора.

Увеличение емкости накопителя энергии приводит к значительному росту электромагнитного момента и тока статора (рис.3). При этом целесообразно включать ЕНЭ после прохождения ротором полусинхронной скорости, а необходимый момент обеспечивать изменением выходного напряжения ТРН. При последовательно-параллельном включении резисторов и ЕНЭ можно получить достаточно высокие входные моменты (кривая 1), что следует из расчетных зависимостей (рис.4).

Оптимальные значения емкости накопителя энергии и резисторов могут быть определены по методике, изложенной в [5].

Таким образом, применение емкостных накопителей энергии в ОВ в сочетании с тиристорным регулятором напряжения в цепи статора обеспечивает необходимый асинхронный момент СД при снижении токовой нагрузки обмоток статора, ограничивает перенапряжения на ОВ и позволяет использовать составляющую энергии скольжения, запасенную накопителем энергии во время асинхронного пуска.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Глебов И.А., Шулаков Н.В., Крутяков Е.А. Проблемы пуска сверхмощных синхронных машин. – Л.: Наука. Ленингр. – отд-ние, 1988. 197с.
2. Энергосберегающее оборудование для систем нерегулируемого электропривода/А.В.Луговой, Д.И.Родькин, А.П.Черный, С.Г.Хайлина/ Сб.науч. тр. Вып.1 - Кременчуг,КГПИ.- 1998. - С.15-23.
3. Низимов В.Б. Применение накопителей энергии для асинхронного пуска синхронных двигателей // Науковий вісник НГА України – 2000.-№1.- с.49-51.
4. Низимов В.Б., Низимов Р.В. Влияние емкостных накопителей энергии на статистике характеристики асинхронного пуска синхронных двигателей// Науковий вісник НГА України – 2001-№2.-С.74-78.
5. Низимов В.Б., Сьянов А.М., Низимов Р.В., Качура А.В. Оптимизация пусковых режимов синхронных электроприводов с емкостными накопителями энергии// Проблемы создания новых машин и технологий.- Кременчуг: КГПУ.-2002.- вып.1.-С.145-150.

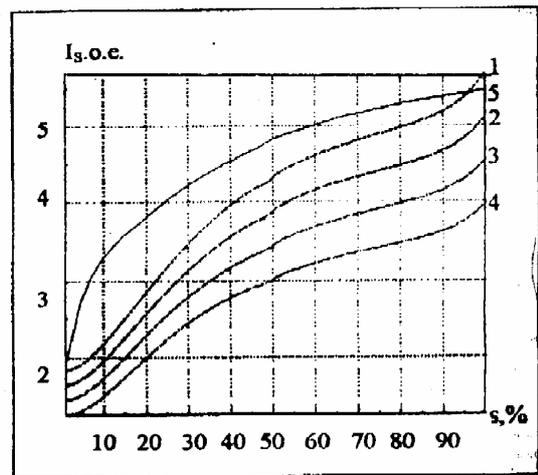
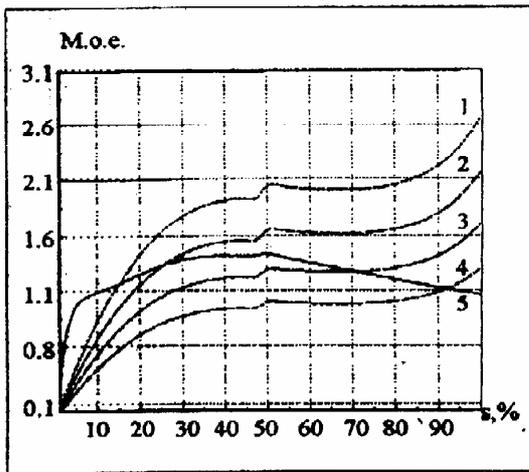


Рисунок 2 Пусковые характеристики СД при  $C=70$  мкФ,  $R_1=4R_f$

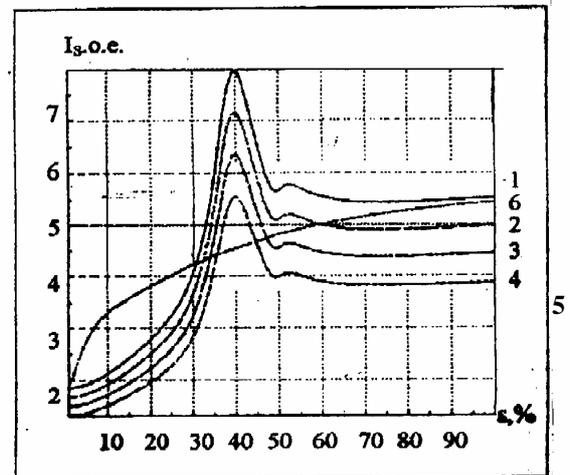
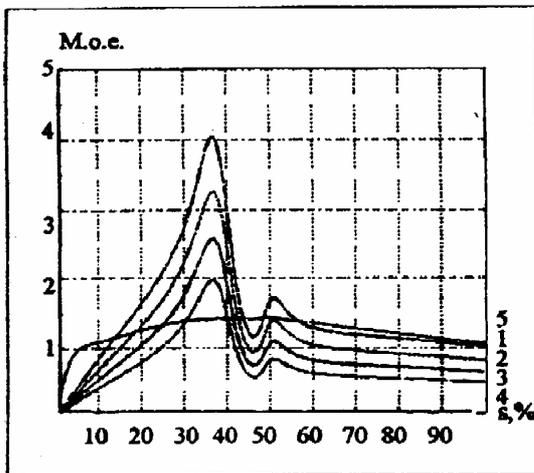


Рисунок 3 Пусковые характеристики СД при  $C=250$  мкФ,  $R_1=4R_f$

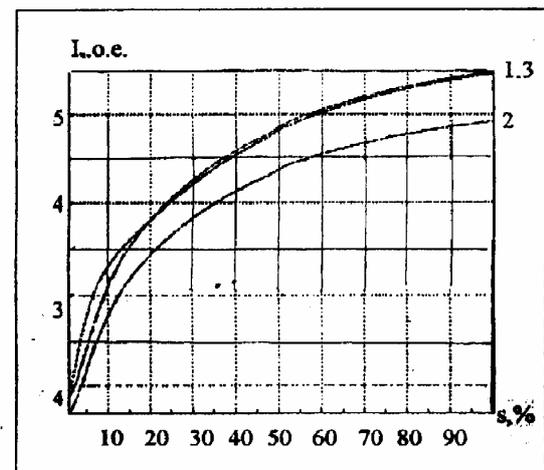
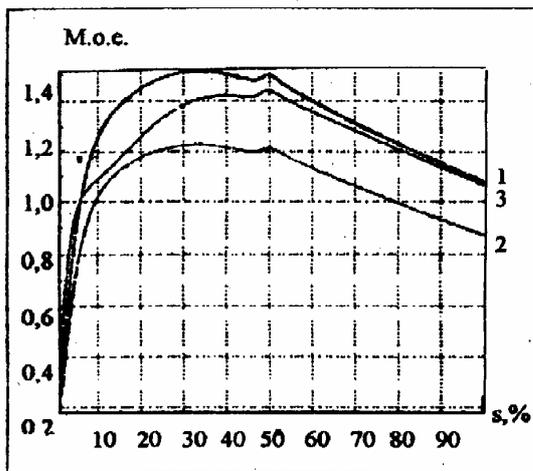


Рисунок 4 Пусковые характеристики СД при  $C=500$  мкФ,  $R_1=4R_f$ ,  $R_2=R_3=4R_f$