

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УСТРОЙСТВ ПЛАВНОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

С.Н. Кладиев, к.т.н., доц.,

М.А. Шенделёв, аспирант гр. А828

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,
тел. (3822)-444-555

E-mail: kladiev@tpu.ru

Мягкий пуск асинхронного двигателя строится на том, что напряжение, подаваемое от источника питания посредством тиристорного пускового устройства на обмотку статора асинхронного двигателя, которое можно ограничить с помощью силовых ключей, т.е., согласно схеме на рис.1- параллельно включенные тиристоры VS1-VS6. Поэтому напряжение нагрузки изменяется по закону, который определяется задатчиком интенсивности.

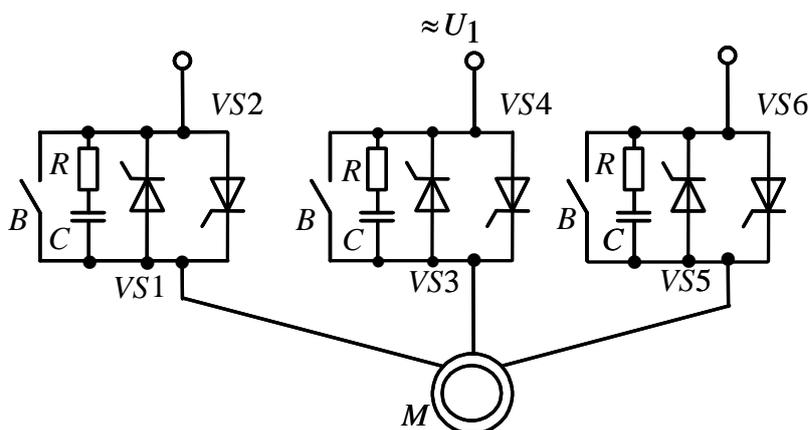


Рис. 1. Схема нереверсивного тиристорного регулятора напряжения

Пара тиристоров в фазе устройства плавного пуска, которые шунтируются RC цепочками. RC цепочки включены в схему с целью исключения самопроизвольного включения тиристоров из-за эффекта $\frac{dU}{dt}$, возникающего при питании силовым напряжением пускового устройства скачком. Имеются устройства плавного пуска, которые оснащены механическими контактами В (рис.1). Они служат, чтобы в момент окончания переходного процесса осуществить шунтирование тиристоров.

Основной задачей устройства плавного пуска является плавное увеличение напряжения на обмотках статора асинхронного двигателя М, чтобы достичь необходимое значение тока статора и его момента по заданному закону. Простота схемы, низкие массогабаритные показатели и стоимость тиристорного пускового устройства осуществляют ограничение тока и момента двигателя при пусках, торможениях. Во время прямого пуска асинхронного двигателя на его валу возникают ударные динамические моменты, превышающие номинальный момент двигателя в 5 – 6 раз. Это оказывает сильное негативное влияние как на механизм, так и на сам двигатель.

Все исследования асинхронного электропривода в динамических режимах при прямом и плавном пуске посредством тиристорного пускового устройства осуществим в программной среде *MatLab-Simulink*. В программной среде *MatLab-Simulink* будем

определять мощности и потери мощности при помощи интегрирования и отображения посредством цифрового индикатора (*Display*). Схема одной из фаз пускового устройства в программной среде *MatLab-Simulink* приведена на рис. 2.

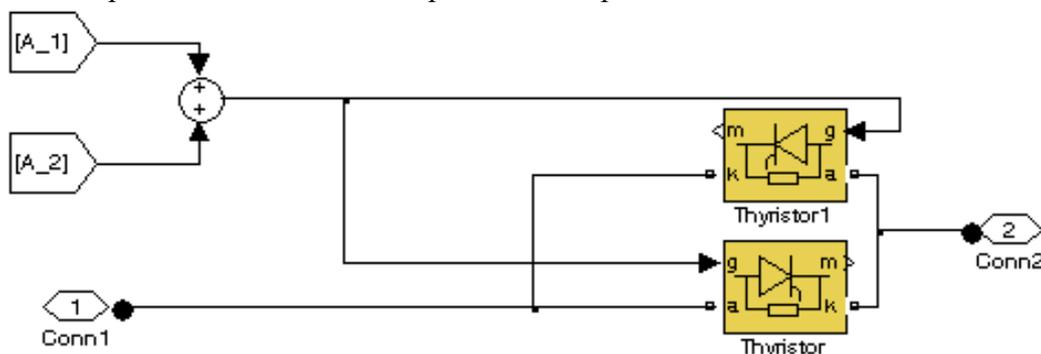


Рис. 2. Схема одной фазы тиристорного пускового устройства в среде *MatLab-Simulink*

Проанализируем потери в асинхронном двигателе при прямом пуске и с тиристорным пусковым устройством. Для сравнения определим мощность, которую потребляет двигатель из сети (P_s), мощность на валу электродвигателя (P_m), потери мощности в электродвигателе (ΔP_s) и потери мощности в электродвигателе при нагревании активных сопротивлений статора (P_{1a}).

Мгновенное значение мощности, которую потребляет двигатель из сети во время работы во всех режимах, найдем из выражения:

$$P_s = u_{1a} \cdot i_{1a} + u_{1b} \cdot i_{1b} + u_{1c} \cdot i_{1c}, \quad (1)$$

u_{1a} , u_{1b} , u_{1c} – мгновенные значения фазных напряжений двигателя;

i_{1a} , i_{1b} , i_{1c} – мгновенные значения фазных токов.

Мгновенное значение мощности на валу двигателя определим по уравнению:

$$P_m = M \cdot \omega \quad (2)$$

M – мгновенное значение момента асинхронного двигателя, Н·м;

ω – скорость двигателя, рад/с;

Потери мощности в двигателе можно определить, как разницу мощности, потребляемой двигателем из сети, и механической мощности на его валу:

$$\Delta P_s = P_s - P_m. \quad (3)$$

Потери мощности на активных сопротивлениях статора, от протекающего тока:

$$P_{1a} = 3 \times i_{1a}^2 \times R_1, \quad (4)$$

R_1 – активное сопротивление фазы статора.

Процессы смоделированы для асинхронного двигателя АИР90S2, который имеет следующие характеристики:

- номинальная мощность $P_n = 3.4$ кВт;
- номинальное фазное напряжение $U_{1n} = 220$ В;
- номинальная синхронная скорость $\omega_{0n} = 314.15$ рад/с;

- номинальную скорость $\omega_H = 290$ рад/с;
- номинальный КПД $\eta_H = 0,76$ о.е.;
- номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi_H = 0.72$ о.е.;
- кратность пускового тока $k_i = \frac{I_{II}}{I_H} = 6.0$ о.е.;
- кратность максимального момента $k_{max} = \frac{M_{II}}{M_H} = 2.2$ о.е.

Данные, полученные выше, необходимы для расчета параметров T-образной схемы замещения электродвигателя [1].

По результатам моделирования прямого пуска асинхронного двигателя получены графики переходных процессов (рис. 3, а) и графики мощностей и потерь мощности в двигателе (рис. 3, б).

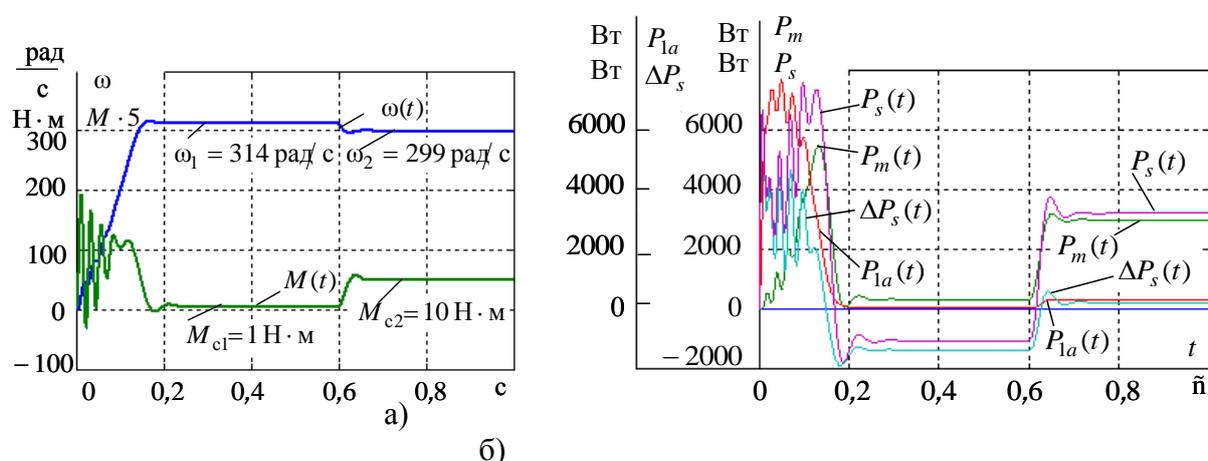


Рис. 3. Графики переходных процессов при прямом пуске асинхронного двигателя

Было выявлено следующее: прямой пуск асинхронного двигателя с моментом сопротивления $M_{c1} = 1$ Н·м имеет установившуюся скорость $\omega_1 = 314$ рад/с, при «набросе» нагрузки до 10 Н·м – $\omega_2 = 299$ рад/с, а ударный динамический момент находится в пределах 40 Н·м. Это в 4 раза больше номинального момента рассматриваемого двигателя, номинальный момент которого равен 10,8 Н·м.

По графикам мощностей и потерь мощности в двигателе рис. 3, б получаем следующие данные: мощность, потребляемая двигателем от ТПУ за цикл работы $P_s = 1796$ Вт, мощность на валу двигателя за цикл работы $P_m = 1677$ Вт, потери мощности в двигателе $\Delta P_s = 119$ Вт.

При помощи имитационной модели пуска асинхронного двигателя при помощи тиристорного пускового устройства построены графики переходных процессов скорости $\omega(t)$ и момента $M(t)$ рис. 4, а и графики мощностей и потерь мощности в двигателе рис. 4, б.

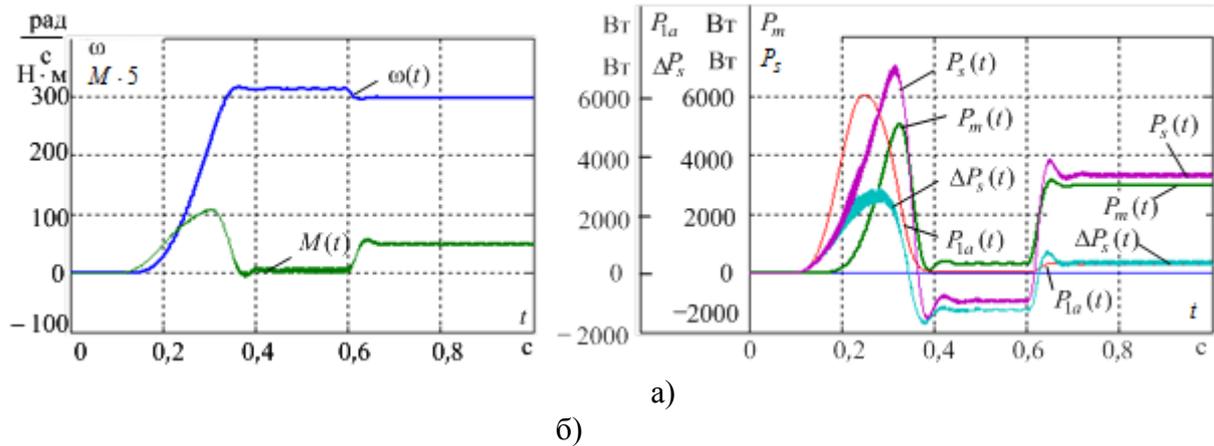


Рис. 4. Графики переходных процессов при пуске асинхронного двигателя посредством тиристорного пускового устройства

При анализе переходных процессов, приведенных на рис.4, было выяснено, что ударные динамические моменты при пуске и набросе нагрузки отсутствуют, двигатель набирает скорость плавно. Потребляемые мощности: $P_s=1784$ Вт, $P_m=1635$ Вт, потери мощности в двигателе $\Delta P_s = 149$ Вт.

Выводы:

Рассматриваемая система ТРН-АД применяется на объектах ООО «Газпром трансгаз Томск». Станция вододобычи (артезианская скважина) северной промплощадки Томской области оснащена системой управления скважинным насосом через тиристорное пусковое устройство. Один из единственных объектов, где в рамках капитального ремонта не внедрили систему ПЧ-АД. Но и ПЧ-АД имеет свои минусы:

- высокая частота коммутации ключей, приводящая к повышенному износу оборудования;
- двойное преобразование энергии;
- потребность в оборудовании, включающее в себя полупроводниковые диоды выпрямителя, фильтры звена постоянного тока, комплекты транзисторных ключей инвертора. Это требует дополнительных серьезных затрат на электропривод.

Скважинные насосы артезианских скважин на объектах ООО «Газпром трансгаз Томск» не нуждаются в глубоком регулировании скорости. Им необходим лишь плавный пуск АД, поэтому применение ТРН-АД актуально и целесообразно на данных объектах.

Длительная эксплуатация системы ТРН-АД показала ее надежность и длительный срок службы без различных видов ремонта. На это повлияли:

- Простота схемы, по сравнению с ПЧ-АД;
- Массогабаритные показатели;
- Стоимость ПЧ, примерно в 2-3 раза больше ТРН, затраты на внедрение велики. К тому же использование шунтирующих контактов дополнительного контактора на 3-х фазах ТРН уменьшает потери электрической энергии;
- Надежность системы ТРН-АД выше, одним из определяющих показателей является частота коммутации ключей за один период (у ПЧ она выше).

Список литературы:

ХII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»

1. Чернышев А.Ю. Электропривод переменного тока: учебное пособие / А.Ю. Чернышев, Ю.Н. Дементьев, И.А. Чернышев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 213 с.