

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ПРИ ПИТАНИИ ЕГО ОТ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

К.А. Набатов, Д.Ю. Хохлов

*Кафедра «Электрооборудование и автоматизация»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; ket@nnn.tstu.ru*

Представлена членом редколлегии профессором Н.Ц. Гапановой

Ключевые слова и фразы: асинхронный двигатель; синхронизация; снижение электрических потерь; стабилизация частоты вращения; фазный ротор.

Аннотация: Рассматривается возможность снижения потерь электрической энергии в питающих сетях и электроприводах удаленных потребителей, получающих питание от автономных систем электроснабжения и содержащих в своем составе асинхронные электродвигатели с фазным ротором, при этом роторы подобных двигателей предлагается питать постоянным или выпрямленным током, согласно разработанной авторами схеме.

На удаленных от единой энергосистемы промышленных предприятиях и других хозяйственных объектах в условиях, когда питание электрооборудования осуществляется от автономных систем электроснабжения (АСЭСН) и, следовательно, требуется ограничить величины пусковых токов, применение асинхронных двигателей с фазным ротором (АД с ФР) имеет существенное преимущество по сравнению с двигателями с короткозамкнутым ротором, а именно малый пусковой ток $(2-3)I_n$ и повышенный пусковой момент, что позволяет снизить нагрузку на элементы АСЭСН (прежде всего, первичный двигатель и генератор) и, кроме того, производить пуск в тяжелых условиях. Однако АД с ФР имеют еще одно преимущество – возможность синхронизации вместо переключения в режим короткозамкнутого ротора после пуска, причем не по широко известной схеме вентильного каскада [1, с. 146], характеризующейся высокой сложностью и громоздкостью применяемого оборудования, а по схеме, представленной на рис. 1. Применение данного режима способно не только увеличить производительность оборудования (в частности, насосов и компрессоров, так как их производительность пропорциональна частоте вращения вала приводного электродвигателя), но и избежать колебаний скорости привода из-за колебаний нагрузки на его валу, а также повысить коэффициент мощности установки, что позволяет снизить потери как в обмотках статора, так и в проводниках питающей линии и, следовательно, осуществить одно из мероприятий по энергосбережению, что является первоочередной задачей при эксплуатации АСЭСН.

Для проверки эффективности данного режима и построения качественных характеристик был исследован асинхронный двигатель с фазным ротором типа МТ-012-6 (номинальная мощность $P_n = 2,2$ кВт, номинальная частота вращения $n_2 = 890$ мин⁻¹), который разогнался до подсинхронной скорости в режиме фазного ротора и затем кнопкой SB4 переводился в синхронизированный режим, при этом

Трехфазный источник питания
 $U = 380 \text{ В}, f = 50 \text{ Гц}$

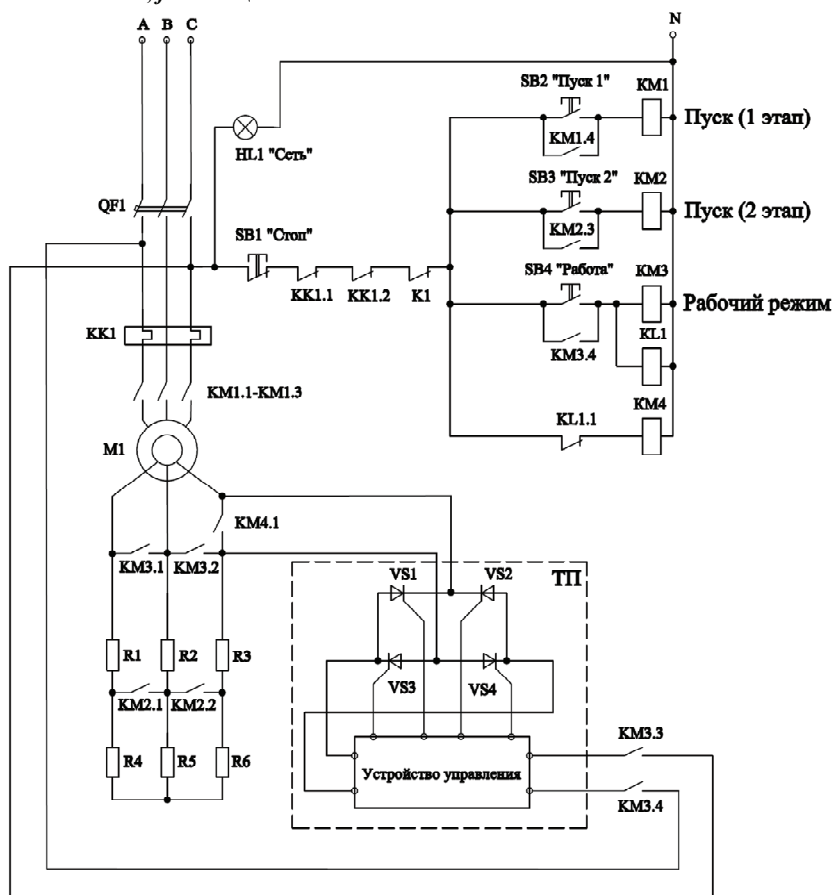
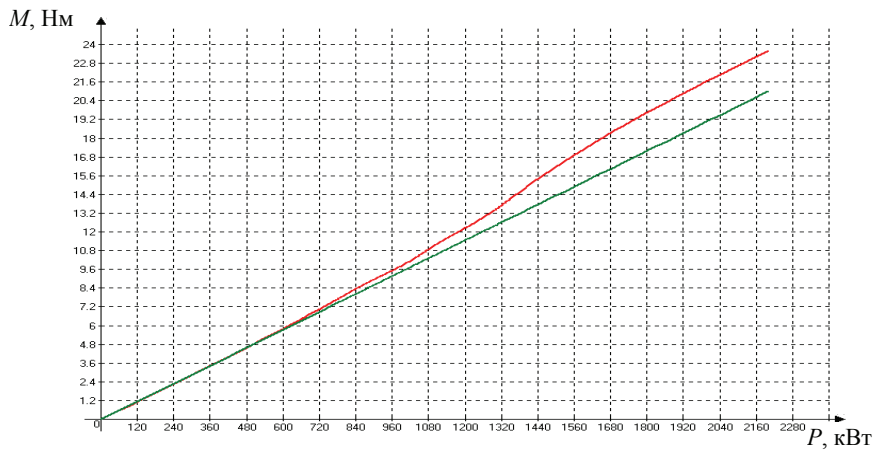


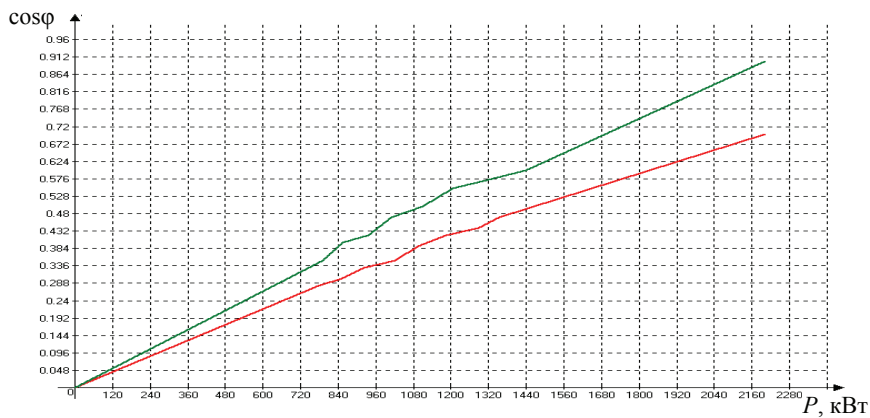
Рис. 1. Схема синхронизации асинхронного привода с фазным ротором

с моста VS1–VS4 на ротор подавался постоянный ток возбуждения $I_B = 12 \text{ А}$, нагрузкой во всех случаях являлась машина постоянного тока П-41 ($P_n = 3,2 \text{ кВт}$, $U_n = 220 \text{ В}$, $n_n = 1500 \text{ мин}^{-1}$), работающая в генераторном режиме. Плавное регулирование нагрузки осуществлялось изменением тока возбуждения П-41 таким образом, чтобы ее выходной ток изменялся на $0,5 \text{ А}$, что необходимо для более точного построения полученных характеристик (рис. 2).

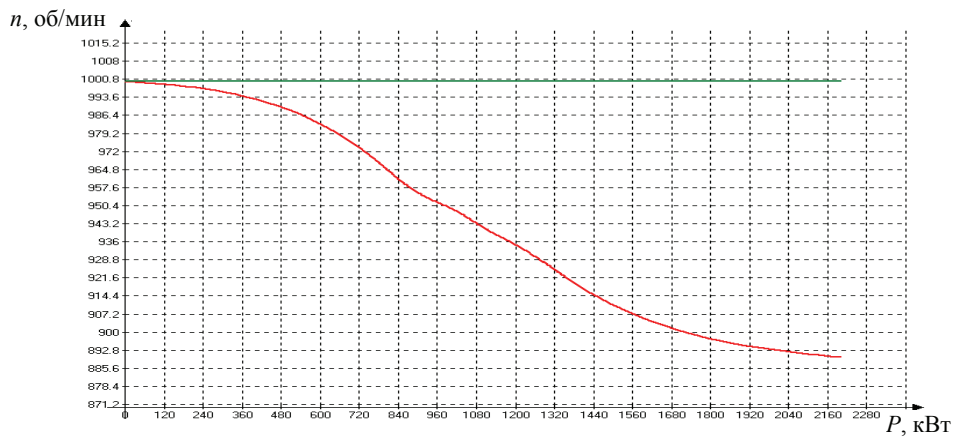
Анализ этих характеристик показывает, что применение показанной на рис. 1 схемы питания ротора постоянным током не только увеличивает частоту вращения вала двигателя (на 12% при номинальной нагрузке), но и позволяет получить абсолютно жесткую механическую характеристику, что является важным для приводов компрессоров, насосного оборудования. Кроме того, из рис. 2, б следует, что $\cos\phi$ синхронизированного двигателя выше, чем для режима с короткозамкнутым (КЗ) ротором и регулировкой тока возбуждения можно добиться значения $\cos\phi = 0,9 \dots 0,95$, что серьезно уменьшает потери в статоре и подводящих проводниках, при этом КПД такого преобразователя остается выше, чем у такого же с КЗ-ротором во всем диапазоне мощностей (рис. 2, з), что подтверждается и в литературных источниках при использовании иных схем синхронизации [2, 3].



а)



б)



в)

Рис. 2. Зависимости от мощности на валу двигателя (начало):

а – момента (синхронизированный – нижний график); б – $\cos\varphi$ (синхронизированный – верхний график); в – частоты вращения (синхронизированный – верхний график)

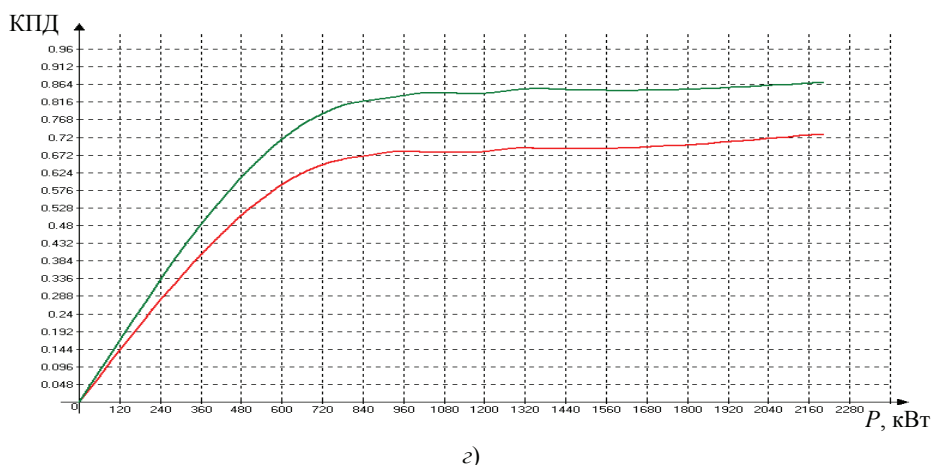


Рис. 2. Окончание:

2 – КПД (синхронизированный – верхний график)

Также преимуществом данного решения является то, что для асинхронного привода $M \sim U_{\text{сети}}^2$, в то время как для синхронизированного – $M \sim U_{\text{сети}}$. Эта особенность является крайне важной для маломощных сетей либо сетей, в которых возможны колебания напряжения, а именно к таковым чаще всего относятся сети, питаемые от АСЭСН. При этом как бы расширяется диапазон рабочих напряжений привода и, кроме того, возрастает его максимальный момент [4, с. 290].

Недостатками подобного усовершенствования привода являются необходимость использования возбуждателя $P_{\text{в}} = 0,03P_{\text{н}}$ и, кроме того, небольшая неравномерность токов по фазам двигателя, которая вызвана применяемым схемотехническим решением. И если первый недостаток становится все менее очевидным по мере удешевления силовых полупроводниковых устройств, то второй может быть устранен использованием несколько иной схемы подключения возбуждателя (потребует усложнения представленного на рис. 1 решения).

Таким образом, представленное схемотехническое решение позволяет не только улучшить эксплуатационные параметры АД с ФР при его работе в составе электроприводов механизмов, питающихся от АСЭСН, но и принести экономию за счет снижения потерь в двигателе и питающей линии. Кроме того, схема (см. рис. 1) позволяет путем несложной доработки привода добиться стабильной частоты вращения его вала, не зависящей от нагрузки.

Список литературы

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / В.И. Крупович [и др.]. – М. : Энергоиздат, 1982. – 416 с.
2. Асинхронные двигатели серии 4А : справочник / А.Э. Кравчик [и др.]. – М. : Энергоиздат, 1982. – 504 с.
3. Мещеряков, В.Н. Синхронизированный асинхронный электропривод с частотным управлением / В.Н. Мещеряков, А.А. Солomatин // Электротехн. комплекс и системы управления. – 2008. – № 2. – С. 11–18.
4. Лотоцкий, К.В. Электрические машины и основы электропривода / К.В. Лотоцкий. – М. : Колос, 1964. – 497 с.

Energy-Saving in the Drive for its Feeding from Autonomous Power Systems

K.A. Nabatov, D.Yu. Khokhlov

Department "Electrical Equipment and Automation",
TSTU; ket@nnn.tstu.ru

Key words and phrases: induction motor; reducing electrical losses; slip-ring rotor; stabilization of the rotation frequency; synchronization.

Abstract: The paper considers the possibility of reducing electric power losses in the supply networks, electric drives of remote consumers receiving power from independent power systems, and containing in its composition induction motors with slip-ring motors, while rotors of similar engines are invited to feed a fixed or rectified current according to the authors' scheme.

Energiesparung im elektrischen Antrieb bei seiner Speisung vom autonomen System der Energieversorgung

Zusammenfassung: Es wird die Möglichkeit der Senkung der Verluste der elektrischen Energie in den Speisungsnetzen und in den elektrischen Antrieben der entfernten Verbraucher, die die Speisung von den autonomen Systemen der Energieversorgung erhalten und die asynchronen Elektromotoren mit dem Phasenrotor haben, betrachtet. Dabei wird es vorgeschlagen, die Rotoren mit dem Gleichstrom oder mit dem Richtstrom laut des von den Autoren erarbeiteten Schemas zu speisen.

Conservation de l'énergie dans l'électrovanne lors de son alimentation à partir du système de la livraison électrique

Résumé: Est examinée la possibilité de la diminution des pertes de l'énergie électrique dans les réseaux d'alimentation et les électrovannes éloignés des consommateurs recevant de l'alimentation à partir des systèmes autonomes et contenant des électromoteurs au rotor de phase; est supposé d'alimenter les rotors de tels moteurs d'un courant continu ou rectifié suivant le schéma élaboré par les auteurs.

Авторы: *Набатов Константин Александрович* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электрооборудование и автоматизация»; *Хохлов Дмитрий Юрьевич* – аспирант кафедры «Электрооборудование и автоматизация», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Калинин Вячеслав Федорович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Электрооборудование и автоматизация», первый проректор, ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
