

5. Ротштейн А. П., Митюшкин Ю. И. Нейролингвистическая идентификация нелинейных зависимостей // Кибернетика и системный анализ. 2000. № 2. С. 37–44.
6. Сетлак Г. Интеллектуальная система поддержки принятия решений в нечеткой среде // Искусственный интеллект. 2002. № 3. С. 428–438.
7. Юсупбеков Н. Р. Управление процессами ферментации с применением микро-ЭВМ / Н. Р. Юсупбеков, А. В. Бабаянц, А. А. Мунгиев, Э. М. Якубович. Ташкент: Фан, 1987. 200 с.
8. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 288 с.

УДК: 621.313.3

Романенко Ирина Геннадьевна, Юдина Ольга Ивановна

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ ЗУБЦОВОЙ ЗОНЫ СТАТОРА НА РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОГРУЖНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В работе представлены результаты расчета рабочих характеристик погружного асинхронного двигателя. Для их улучшения предложена коррекция геометрических размеров паза статора. Произведен анализ рабочих характеристик, полученных после коррекции зубцовой зоны.

Ключевые слова: погружной асинхронный двигатель, рабочие характеристики, поверочный расчет.

Irina Romanenko, Olga Yudina

THE ANALYSIS OF TOOTH AREA CONFIGURATION INFLUENCE ON WORKING CHARACTERISTICS OF IMMERSIBLE ASYNCHRONOUS MOTOR

The results of working characteristics of immersible asynchronous motor calculation were presented. Changing of stator slot geometry was proposed to improve working characteristics. The analysis of working characteristics, obtained after tooth area configuration changing, was produced.

Key words: immersible asynchronous motor, working characteristics, verifying calculation.

Погружные асинхронные двигатели нашли свое применение главным образом в качестве привода центробежных насосов для откачки пластовой жидкости из нефтяных скважин.

В отличие от остальных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором к погружным двигателям предъявляются более серьезные требования в плане выполнения изоляции и надежности работы, что обусловлено сильным химическим и температурным воздействием условий работы и откачиваемых жидкостей. Область применения погружных электродвигателей (ПЭД) определяет его конструктивные особенности: ПЭД представляет собой асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, заполненный специальным маслом, со статором, выполненным в виде трубы, куда запрессован магнитопровод.

Специфичность конструкции ПЭД обуславливает наличие увеличенного воздушного зазора, вследствие чего возрастает намагничивающий ток, что ведет к снижению выходной мощности двигателя. Увеличение выходной мощности возможно путем увеличения габаритов машины. Однако актуальным является вопрос повышения эффективности использования двигателя, т. е. увеличения его выходной мощности при неизменных габаритах. Решением данной задачи может быть изменение геометрии зубцовой зоны статора.

В связи с этим в настоящей работе представлено исследование влияния зубцовой зоны статора на рабочие характеристики погружного двигателя. Исследование проводилось на примере серийного двигателя ПЭД 5,5-94 ХГ, выпускаемого на ООО «Электромеханический завод» (г. Лермонтов).

Все параметры, необходимые для получения рабочих характеристик, определялись в ходе поверочного расчета (рис. 1), согласно алгоритму, приведенному в [1].

На первом этапе поверочный расчет проводился для исследуемого двигателя при исходной конструкции статора, зубцовая зона которого представлена на рис. 2а. По результатам расчета были построены рабочие характеристики (рис. 3), представляющие собой зависимости тока двигателя I_1 , потребляемой мощности P_1 , скольжения s , КПД двигателя η , коэффициента мощности $\cos \varphi$ от мощности на валу P_2 .



Рис. 1. Алгоритм поверочного расчета для получения рабочих характеристик ПЭД

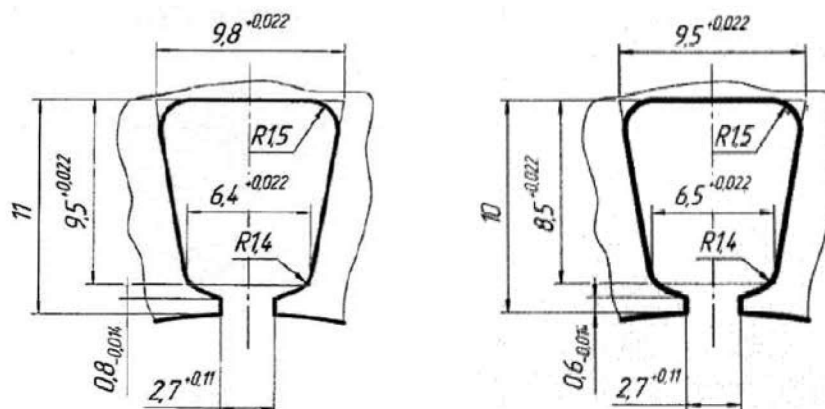


Рис. 2. Конструкция паза статора ПЭД 5,5-94 ХГ:
а) исходная, б) скорректированная

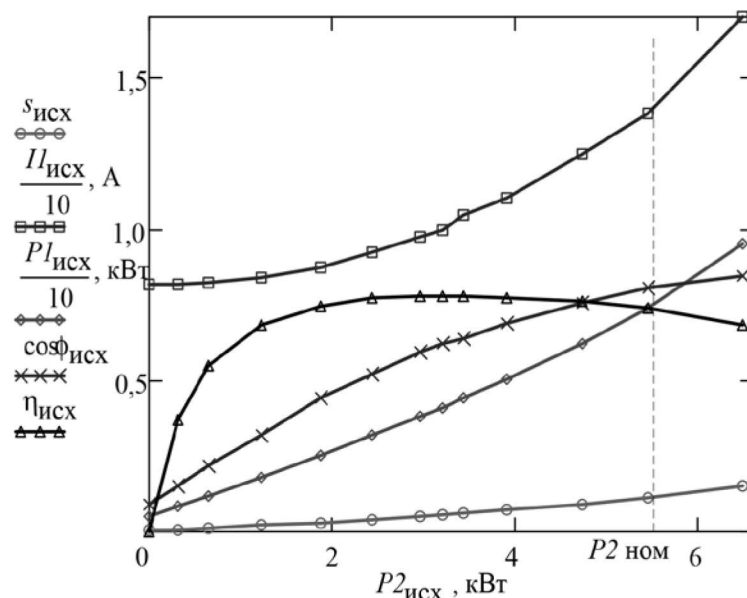


Рис. 3. Рабочие характеристики ПЭД 5,5-94 ХГ с исходной конструкцией статора

На следующем этапе поверочный расчет проводился для двигателя с измененной геометрией зубцовой зоны (рис. 26). По результатам поверочного расчета были получены рабочие характеристики (рис. 4).

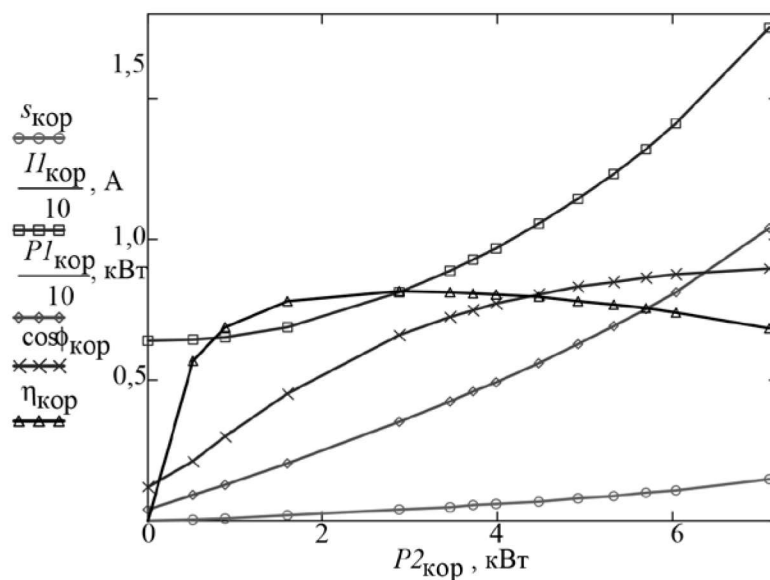


Рис. 4. Рабочие характеристики погружного двигателя после коррекции зубцовой зоны

Для удобства анализа полученных результатов рабочие характеристики были построены на отдельных графиках (рис. 5–9).

На рис. 5 приведены графики первичного тока в обмотке статора до изменений зубцовой зоны $I_{исх}$ и после ее изменения $I_{кор}$. Из графика видно, что ток $I_{исх} > I_{кор}$. Наибольшая разница между данными токами наблюдается при малых значениях мощности P_2 и составляет порядка 20 %. При

номинальной мощности эта разница составляет порядка 9 %. Данное отличие обусловлено меньшим магнитным сопротивлением при измененной геометрии зубцовой зоны статора и, соответственно, снижении магнитодвижущей силы в этой зоне.

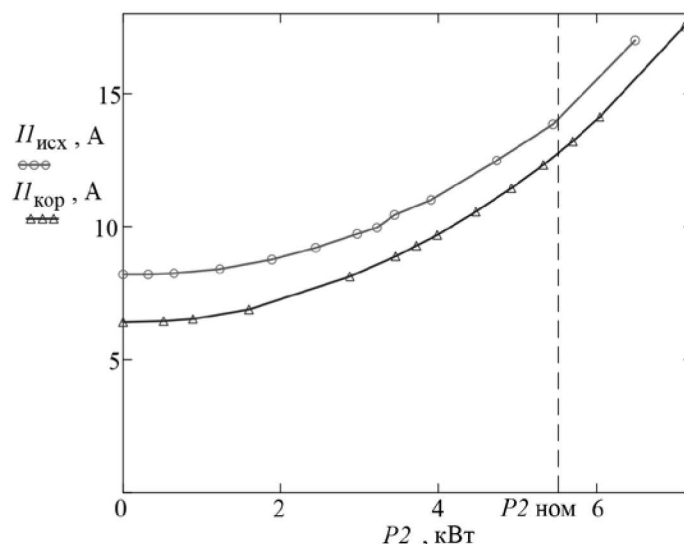


Рис. 5. Первичные токи ПЭД 5,5-94 ХГ

Снижение потерь в свою очередь ведет к уменьшению потребляемой мощности (рис. 6). Разница незначительная и составляет порядка 3 % в номинальном режиме.

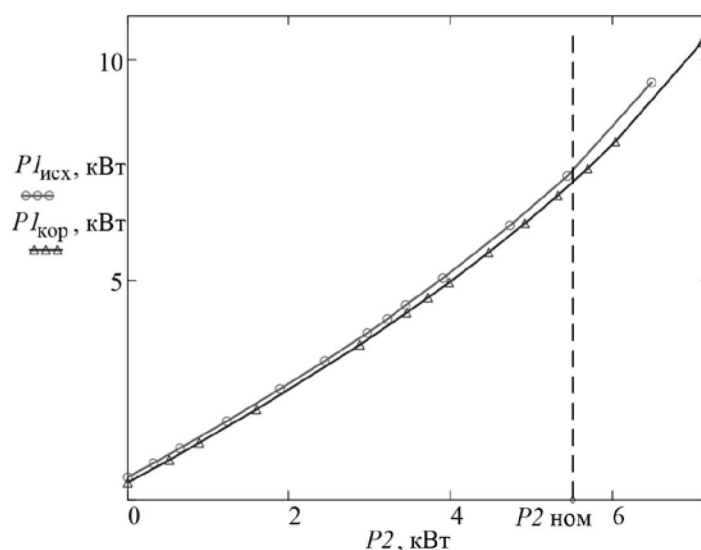


Рис. 6. Мощность, подводимая к двигателю

Коэффициент мощности асинхронного двигателя $\cos\varphi$ – это отношение потребляемой активной мощности P_1 к полной мощности S двигателя. На рис. 7 представлены графики коэффициентов мощности до ($\cos\varphi_{исх}$) и после ($\cos\varphi_{кор}$) изменения геометрии пазов статора двигателя. Из графиков видно возрастание значений коэффициента мощности во втором случае, что ведет к повышению эффективности использования двигателя. В номинальном режиме разница составляет порядка 6 %.

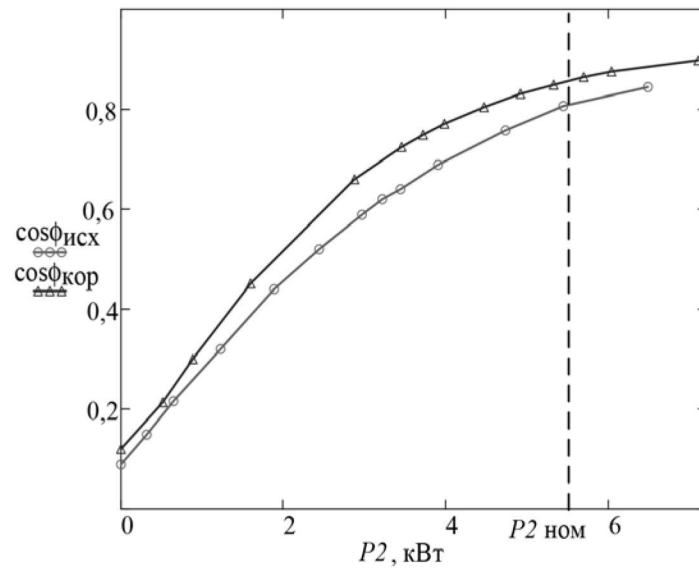


Рис. 7. Коэффициенты мощности ПЭД 5,5-94 ХГ

Для анализа изменения полезной мощности были построены графики функции ее зависимости от скольжения (рис. 8). Как видно из рисунка, изменение геометрии пазов статора позволяет увеличить выходную мощность. При этом для номинального значения скольжения мощность на валу двигателя увеличилась с 5,5 кВт ($P_{2ном\text{ исх}}$) до 6,1 кВт ($P_{2ном\text{ кор}}$), что составляет 10,9 %.

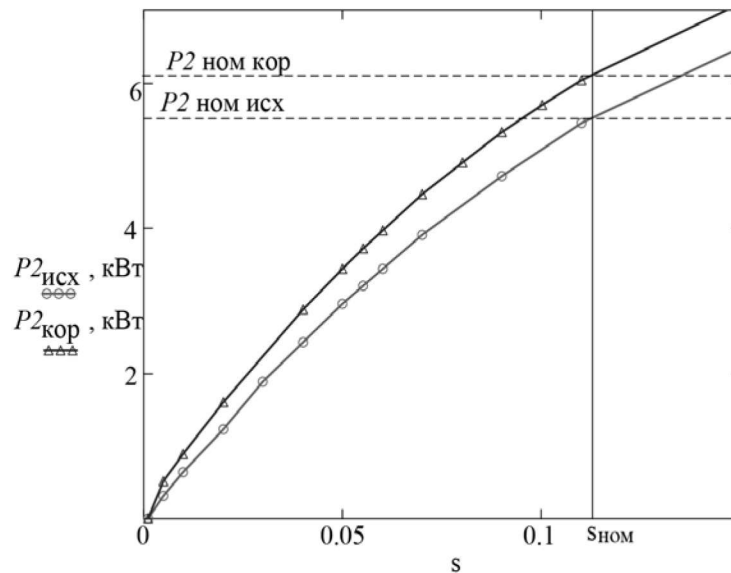


Рис. 8. Зависимости полезной мощности от скольжения для двигателя ПЭД 5,5-94 ХГ исходной конструкции и после коррекции

Снижение потребляемой мощности с одновременным повышением полезной мощности приводит к увеличению КПД двигателя (рис. 9). В номинальном режиме после изменении зубцовой зоны КПД увеличился с 74 % до 76 %.

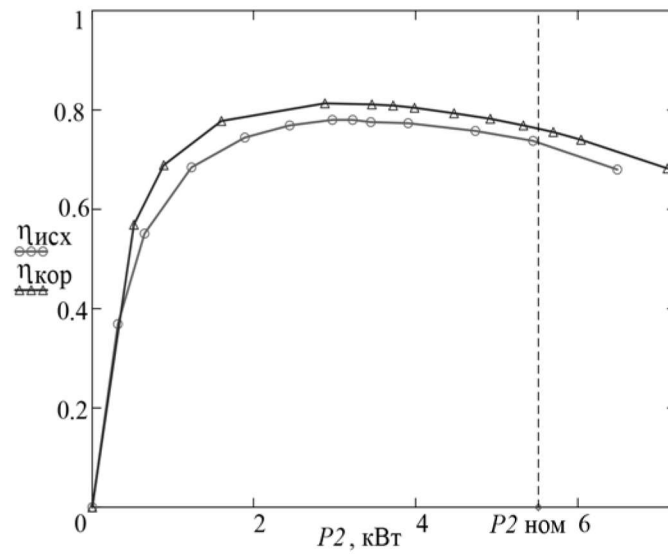


Рис. 9. Коэффициенты полезного действия двигателя

Таким образом, предложенные изменения геометрии зубцовой зоны статора позволили улучшить рабочие характеристики двигателя, а также повысить выдаваемую двигателем полезную мощность на 10,9 %.

Литература

1. Копылов И. П. Проектирование электрических машин / И. П. Копылов, Б. К. Клоков, В. П. Морозкин, Б. Ф. Токарев. 3-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк., 2002. 757 с.