

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

**САННИКОВ ИВАН ВЛАДИМИРОВИЧ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль «Электроснабжение»

АВТОРЕФЕРАТ  
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Середнева  
Татьяна Ивановна

**Проверено**

20.06.2018 Зачтено Библиотека

Комсомольск – на – Амуре

2018

Работа выполнена на кафедре «Электромеханика» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (КнАГУ).

Научный руководитель :

Кандидат технических наук, доцент      Размыслов Валерьян Александрович

Рецензент:

Кандидат технических наук, директор учебно-производственного центра КГА  
ПОУ «Губернаторский авиастроительный колледж г. Комсомольска-на-Амуре

Защита состоится «20» июня 2018 года в 09 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 114/3.

Автореферат разослан \_\_ июня 2018 г

Секретарь ГЭК

Н.Н. Мельникова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** Уже сегодня становится выгодней использовать энергосберегающее оборудование. Проблемы сбережения электроэнергии стоят практически во всех странах. Стоимость энергоресурсов практически всегда имеют направление движения в сторону увеличения их цены, так как их становится меньше, запасы истощаются, а на разработку новых месторождений требуются финансовые затраты, которые и закладываются в стоимость потребляемого сырья. Стоит задача использовать грамотно энергоресурсы, повышения качества деталей машин, модернизацией конструкции, и использование современных материалов. При этом это не должно сказаться на надёжности и ухудшением экологической обстановки. Не исключением является и асинхронный электродвигатель, потребляющий до 40% воспроизводимой энергии. Рациональное и энергоэффективное использование электроэнергии в данных потребителях даст ощутимый эффект от сэкономленных Ваттах энергии. Сегодняшние эксплуатируемые малоэффективные двигатели влекут за собой высокие потери электроэнергии, вытекающие в значительную сумму финансовых трат.

Для этого необходимо анализировать потери возникающие в АД; понять их зависимость, выяснять их взаимосвязи. После этого проектировать АД в соответствии с возросшими требованиям к энергоэффективности. Например в Европе введена удобная и наглядная оценочная система (классификация) электрического оборудования качеству энергоэффективности (международный стандарт IEC 60034-30). Она подразумевает разбитие, на данный момент, четыре класса энергоэффективности для трёх фазный асинхронных электродвигателей. Этому стандарта стараются придерживаться все производители электрических машин.

**Цель работы:** проектирование нескольких энергосберегающих асинхронных четырёхполюсных двигателей.

**Методика выполнения работы:** потери базовых двигателей рассчитывались по Г-образной схеме замещения, взятой из справочных данных и затем выполнялся расчёт энергосберегающего двигателя превосходящего энергетические показатели базового двигателя, а именно проектирование двигателя с более низкими потерями.

**Научная новизна работы:**

**Практическая ценность работы:** уменьшение потребляемой электроэнергии.

**Апробация работы.**

Результаты исследований, включённые в работу, докладывались на 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов (г. Комсомольск-на-Амуре, 2017 г.), на 48-й научно-технической конференции студентов и аспирантов (г. Комсомольск-на-Амуре, 2018 г.), была публикация на международной научно-практической конференции (г. Комсомольск-на-Амуре, 2017 г.), также была публикация на международной научно-практической конференции (г. Уфа, 2017г.) и ещё материалы IV российской молодёжной научной школы-конференции (г. Томск, 2016).

**Публикации.** По результатам исследований имеются пять публикаций:

1 Санников, И. В. Возможности повышения энергоэффективности асинхронных двигателей / И. В. Санников, В. А. Размыслов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21

апреля 2017 г. / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. Ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017. - с. 59-61.

2 Размыслов, В. А. Сравнение структуры потерь в базовых и энерго-сберегающих асинхронных двигателях малой мощности / В. А. Размыслов, И. В. Санников // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы международной научно-проектной конференции, г. Комсомольск-на-Амуре, 29-30 сентября 2017 г. / редкол.: С. В. Белых (отв. Ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2017. – с. 120-123.

3 Размыслов, В. А. О путях повышения энергоэффективности короткозамкнутых асинхронных двигателей / В. А. Размыслов, И. В. Санников // Электротехнические комплексы и системы: материалы международной научно-практической конференции. В 2 т., Уфа, 19 октября 2017 г. / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: РИК УГАТУ, 2017. – Т. 2. – с. 83-86.

4 Санников, И. В. Оценка энергоэффективности асинхронных двигателей / И. В. Санников, В. А. Размыслов // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: материалы IV российской молодёжной научной школы-конференции. В 2 т., Т.1 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ООО «ЦРУ», 2016. с. 183-184.

5 Санников, И. В. Анализ направлений развития систем электро-снабжения / Д. И. Афанасьев, А. В. Дьячков, И. В. Санников // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2017. – № IV - 1(32). – С. 4-10.

**Объем и структура работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка использованных источников. Из 19 наименований, содержит 67 страниц машинописного текста, 19 рисунков, 9 таблиц.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертационного исследования, намечены направления работы, рассказано о действующих стандартах регламентирующие эффективность асинхронных двигателей.

**Первая глава** поясняет способ определения потерь по схеме замещения двигателя. Рассказывается о способах снижения потерь при проектировании энергосберегающих двигателей.

**Вторая глава** является основной расчётной частью магистерской диссертации. В ней приведён расчёт энергосберегающих двигателей мощностью от 15 до 90 кВт по методике И. П. Копылова.

**В третьей главе** выполнен расчёт асинхронного двигателя мощностью 55 кВт, в качестве примера, для поиска наибольшего КПД с использованием существующих материалов и технологии производства электродвигателей.

**В четвёртой главе** показаны дополнительные способы повышения энергоэффективности АД.

**В заключении** подведены итоги магистерской диссертации.

Существуют множество способов повышения эффективности асинхронных двигателей и каждый из них имеет место быть. В первую очередь целесообразно снижать потери в АД которые наиболее преобладают над остальными, а также снижать потери которые не потребуют значительных материальных затрат. Так как составляющие всех потерь в АД найти в справочных данных к конкретному двигателю, открытых источниках практически невозможно. Вследствие чего был произведён расчёт нескольких АД серии 4А различной мощностью, выявлены эти составляющие потерь. Данная серия двигателей была выбрана из-за наличия схем замещения в справочнике [3]. Электрические потери в обмотках статора и ротора рассчитывались по параметрам схемы замещения и номинальным данным двигателей, механические потери – согласно методике проектирования, разработанной И. П. Копыловым и его коллегами, а добавочные – принимались согласно стандартам, т.е 0.5% потерь от потребляемой двигателем мощности. Расчёты показали, что в базовых двигателях более половины потерь – это электрические потери в обмотке статора. Поэтому при проектировании энергосберегающих двигателей малой мощности необходимо, прежде всего, уменьшать эти потери. Этого можно добиться только за счёт уменьшения плотности тока в обмотке. Однако это связано с увеличением расхода обмоточного провода и, следовательно, массы двигателя в целом.

Основным методом анализа установившихся режимов индукционного электродвигателя является использование эквивалентных схем замещения. В данном случае использовалась Г-образная схема замещения. Найденные составляющие потерь отображены на рисунке 1.

Проведя анализ диаграммы следует заметить, что для двигателей малой мощности до 5 кВт большую часть потерь занимают потери в обмотке статора.

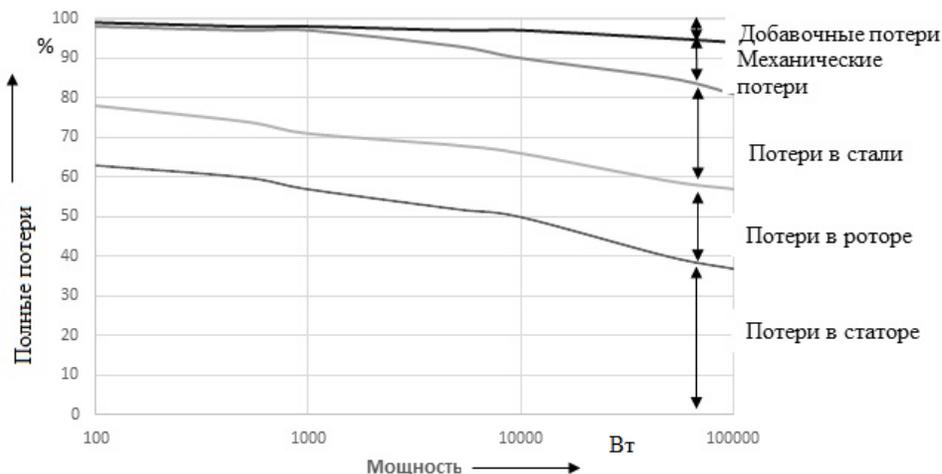
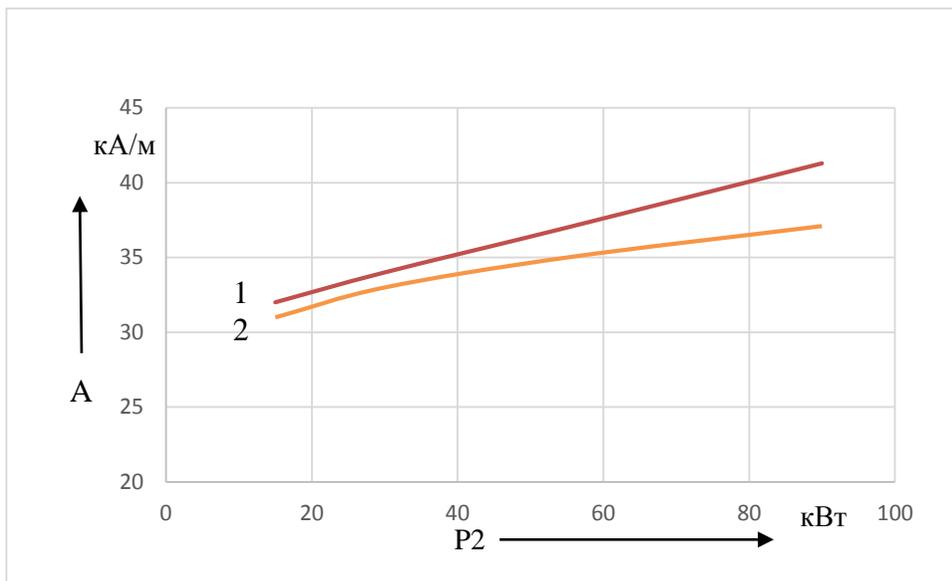


Рисунок 1 – Составляющие потерь в базовых двигателях

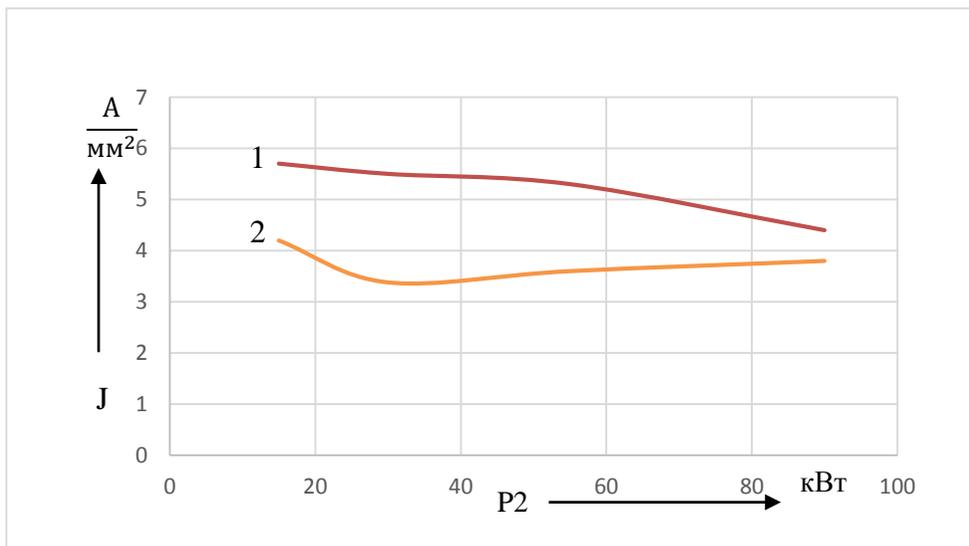
Поэтому снизив эти потери можно значительно повысить КПД этих двигателей. Для АД средней мощности электрические (от 5 до 10 кВт) потери по-прежнему занимают значимое место, но и потери в роторе, в стали тоже имеют место быть. В двигателях большой мощности добиться высокого КПД можно лишь в совокупности уменьшая все потери.

При проектировании энергосберегающего двигателя изначально необходимо задать другие электрические параметры, отступаясь от рекомендаций. Для двигателей 15, 30, 55, 90 кВт были заданы ниже электромагнитные нагрузки, плотность тока в обмотках. На рисунках 2, 3 показаны уточнённые значения линейной нагрузки и плотности тока в обмотке статора. Они по величине меньше чем у базовых двигателей. Данное обстоятельство и повлекло к снижению потерь в обмотке статора, что вызвало увеличение уровня КПД спроектированных двигателей (рисунок 4).



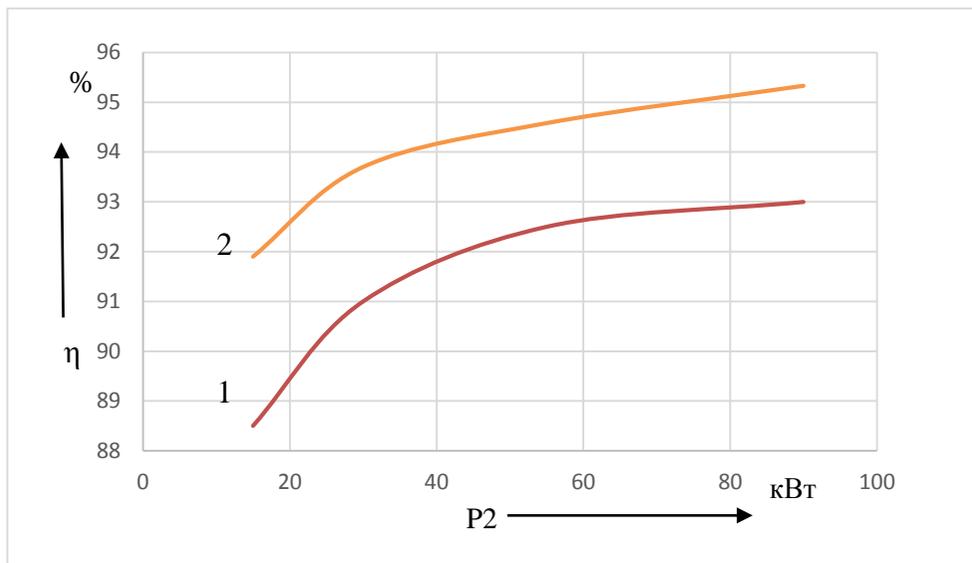
1 – базовый двигатель; 2 – энергосберегающий двигатель

Рисунок 2 – Диаграмма линейной нагрузки от мощности



1 – базовый двигатель; 2 – энергосберегающий двигатель

Рисунок 3 – Диаграмма плотности тока от мощности АД



1–базовый двигатель; 2 – энергосберегающий двигатель

Рисунок 4 – Диаграмма КПД от мощности АД

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектирование энергоэффективного двигателя является не простой задачей. Главной проблемой всегда остаётся доступность конструкционных и обмоточных материалов для постройки таких двигателей. Благодаря предложенному выше способу проектирования асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором удалось достичь высоких показателей энергоэффективности от АД. Этот способ не предполагает использование редких и дорогих материалов, что несомненно является достоинством данного метода проектирования.