

УДК 621.039

Н.Д. МИЛЛЕР, студент гр. ЭТа-251 (КузГТУ)
Научный руководитель А.В. ГРИГОРЬЕВ, к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЁЖНОСТИ ШАХТОВОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА СИНХРОННЫЕ РЕАКТИВНЫЕ ПРИВОДЫ С УЧЁТОМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Шахтная вентиляция – одна из ключевых технологических систем горных предприятий, обеспечивающая безопасность работников и нормальные условия горных выработок. В то же время это одна из наиболее энергозатратных подсистем: на вентиляцию в разных исследованиях приходится от четверти до половины общего энергопотребления шахты, а доля расхода электроэнергии на вентиляцию у некоторых объектов достигает 40–50 % и даже более в зависимости от типа и глубины горных работ [1].

Для российской горной отрасли эти вопросы также крайне актуальны: отечественные нормативы и отраслевые руководства подчёркивают необходимость повышения энергоэффективности вентиляции при проектировании и эксплуатации, а практические обзоры указывают на существенный экономический эффект от снижения аэродинамических потерь и модернизации приводов вентиляторов [2].

Современные системы шахтной вентиляции используют широкий спектр электроприводов, различающихся по принципу действия, конструкции и энергетической эффективности. Исторически в подавляющем большинстве случаев применялись асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором (АД), благодаря их простоте, низкой стоимости и надёжности.

В последние годы активное распространение получили синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ, в англ. яз. литературе PMSM, или вентильный двигатель, в англ. яз. литературе BLDC). Их преимуществом является высокий КПД и высокий коэффициент мощности [3]. Однако такие двигатели дороже, требуют использования редкоземельных магнитов, что делает их чувствительными к колебаниям цен и вопросам утилизации.

Альтернативой традиционным асинхронным и магнитным синхронным приводам стали синхронные реактивные двигатели (СРД, в англ. яз. литературе SRM). Они не содержат ни обмотки, ни постоянных магнитов в роторе, благодаря чему обладают высокой надёжностью, стабильностью

параметров и меньшей чувствительностью к температурным и механическим воздействиям [4].

Также СРД выгоден в плане обслуживания и надежности: простота ротора (отсутствие магнитов/обмоток) снижает вероятность отказов, облегчает ремонт и уменьшает зависимость от редкоземельных материалов. Современные исследования и обзоры подтверждают растущий интерес к СРД как к экономичному и надёжному решению для промышленных приводов, при условии грамотной интеграции с ПЧ и системой управления.

Синхронные реактивные двигатели регулярно опережают типичные АД по суммарной энергоэффективности в реальной эксплуатации вентиляторных приводов. В лабораторном сравнении для типоразмеров 2,2, 4 и 5,5 кВт, опубликованном Ozcelik, измеренные значения КПД для 5,5 кВт составили примерно 92,3 % для СРД и 88,9 % для АД при 100 % нагрузке [4].

На рисунке 1 показано сравнение КПД СРД и АД для типичного малого привода 5,5 кВт.

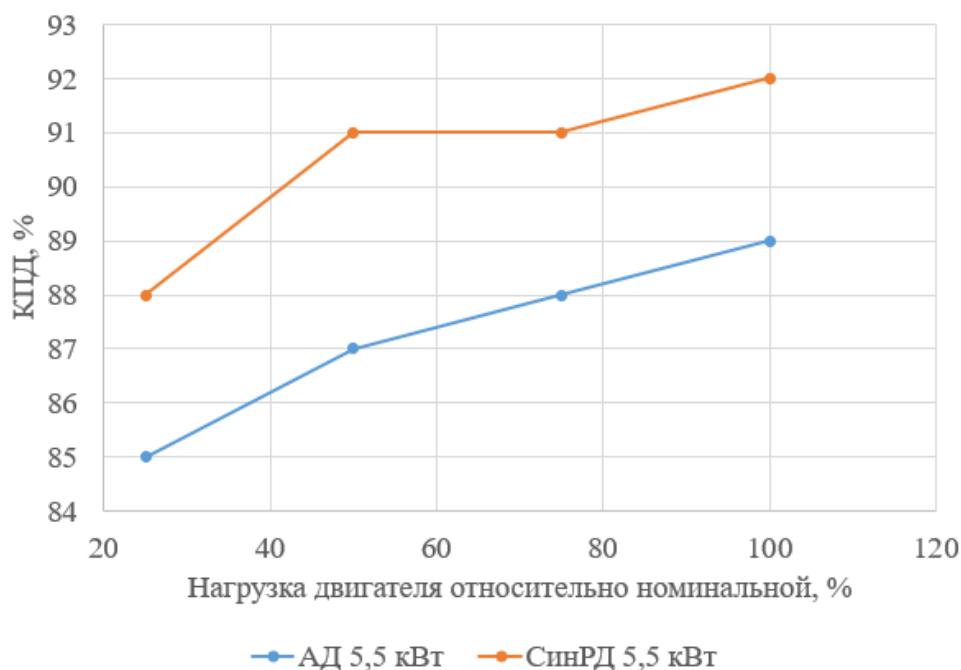


Рис. 1. График сравнения КПД синхронных реактивных и асинхронных двигателей

Наряду с лабораторными измерениями, каталожные данные крупных производителей подтверждают ту же тенденцию в промышленном диапазоне мощностей. АВВ приводит таблицы КПД для широкого набора типоразмеров (от единичных киловатт до сотен киловатт), где СРД демонстрируют более высокие значения КПД при 100 % нагрузке по сравнению с «типичными» индукционными двигателями, причём преимущество остаётся стабильно выраженным по мере роста мощности агрегатов. Это видно из сводного графика на рисунке 2. [4].

На практике разница в несколько процентных пунктов КПД на большой мощности переводится в значительную годовую экономию энергии: для вентилятора с механической нагрузкой порядка 110 кВт даже выигрыш в КПД на 1-2 % означает сокращение энергопотребления на тысячи киловатт-часов в год при типичных часах работы шахтовых установок.

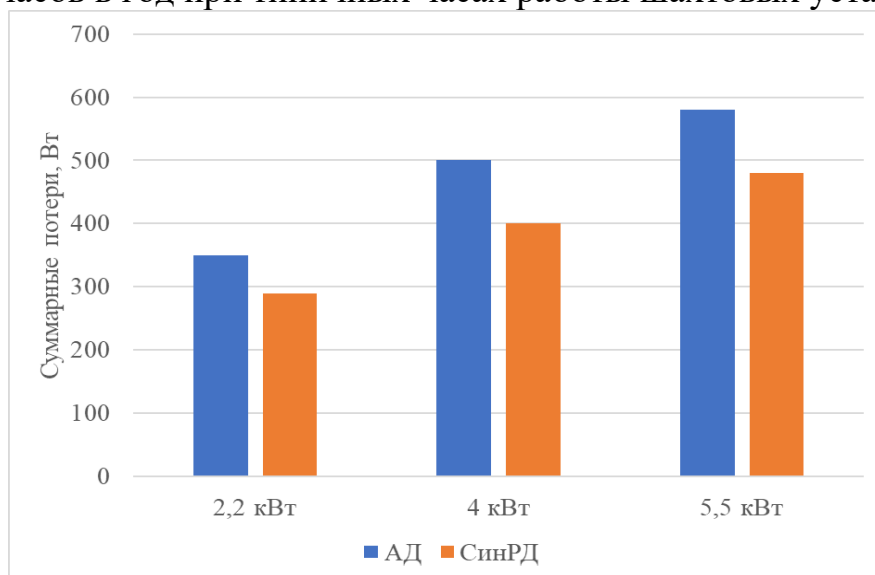


Рис. 2. Суммарные годовые потери при использовании приводов на асинхронном и синхронном реактивном двигателях

Для типичных объектов окупаемость инвестиций в модернизацию достигается в разумные сроки, особенно при высоких тарифах на электроэнергию и длительной эксплуатации оборудования (рисунок 3) [4, 5].

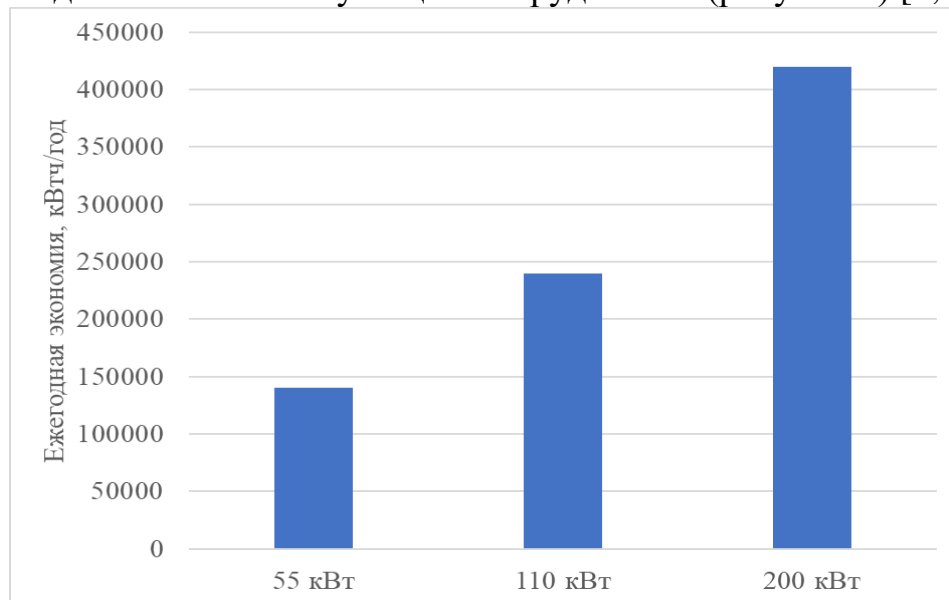


Рис. 3. Ежегодная экономия энергии при переходе с АД на СРД

Резюмируя, совокупность лабораторных результатов и каталожных данных производителей показывает, что переход на синхронные реактив-

ные приводы в системах шахтовой вентиляции приведут к снижению суммарных потерь и значительному уменьшению годового потребления электроэнергии.

Список литературы:

1. Эйлер Де Соуза Повышение энергоэффективности шахтных вентиляторных установок // Прикладная теплотехника, 2015. – Т. 90. – С. 1092-1097.
2. Саркис Папазян. Вентиляция на подземных работах // Спецвыпуск журнала «Промышленные страницы Сибири» «Добывающая промышленность», 2014. – №3.
3. СЗСЭМ Синхронные реактивные электродвигатели: [электронный ресурс]. – URL: <https://snzmomentum.ru/products/sinhronnye-reaktivnye-elektrodvigateli/> (дата обращения 6.11.2025).
4. ABB IE5 Synchronous reluctance motors // каталог – 2023: [электронный ресурс]. URL: https://library.e.abb.com/public/d9f6455b71c7496eb1368e3e5937358d/9AKK107743_IEC%20LV%20Synchronous%20reluctance%20motors_09-2023_lowres.pdf (дата обращения 6.11.2025).
5. Ozcelik, N.G.; Dogru, U.E.; Imeryuz, M.; Ergene, L.T. Synchronous Reluctance Motor vs. Induction Motor at Low-Power Industrial Applications: Design and Comparison. *Energies*, 2019, 12, 2190. – URL: <https://doi.org/10.3390/en12112190> (дата обращения 6.11.2025).

Информация об авторах:

Миллер Никита Дмитриевич, аспирант гр. Эта-251, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, millernd@kuzstu.ru

Григорьев Александр Васильевич, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, gav.eav@kuzstu.ru