

Особое внимание уделено внедрению коэффициента энергетичности операции. Данный коэффициент является сравнительно новым, до этого почти не использовался, но из-за того, что энергоресурсы дорожают, а некоторые вообще могут быть исчерпаны, то он становится необходимым и важным, поскольку даст возможность так подбирать технику для выполнения технологических операций, что затраты на их выполнение будут минимальными.

Можно сделать вывод о том, что для решения вопросов, которые связаны с уменьшением энергоемкости сельскохозяйственной продукции и энергообеспечения производства доступной энергией и топливом, необходим комплексный подход.

Ключевые слова: автоматизация, энергетика, агропромышленный комплекс (АПК), коэффициент энергетичности операции, биоэнергетика.

Anikeev O.I., Korotov V.S. Current state of automation and energy in aic ukraine

The article is devoted to the problem of insufficiency of automation and the rational use of energy in the agro-industrial complex of Ukraine. This article investigates the problems and prospects of automation in agriculture, using new types of energy sources (as an example of biological resources). The article analyzes the possible directions for automation of the main processes in the agro-industrial complex of Ukraine and the possibility of use of bioenergy.

Special attention is paid to the introduction of the coefficient energy of the operation. This ratio is a relatively new, almost not used, but due to the fact that energy is getting more expensive, and some even can be exhausted, it becomes necessary and important because it will allow you to choose equipment for technical operations, the energy cost of its implementation will be minimal.

It can be concluded that for the solution of issues that are associated with a decrease in the intensity of agricultural production and energy production available energy and fuels requires an integrated approach.

Keywords: automation, energy, agro-industrial complex (AIC), the coefficient enerhetychnosti operations bioenergy.

Стаття надійшла в редакцію: 05.10.2016

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Кузема О.С.

УДК 621.318

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АССИНХРОНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

А. В. Радионов, ООО «НПВП «Феррогидродинамика» (г. Николаев)

Проведен анализ работоспособности асинхронных двигателей серии ВАСО. Показано, что «узким» местом при эксплуатации данных АД является подшипниковый узел. Проанализирована работоспособность электродвигателя серии ВАСО при комплектации штатными уплотнениями и магнитожидкостными герметизаторами в зависимости от режимов работы. Показано, что попадание влаги внутрь электродвигателя является одной из основных причин выхода из строя АД. Самым тяжелым является повторно-кратковременный режим S3. Показано, что эксплуатация МЖГ позволяет предотвратить попадание влаги внутрь АД, что позволяет снизить уровень техногенного риска уплотнительной системы в 4...7 раз и повысить работоспособность электродвигателя.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, работоспособность, подшипниковый узел, электродвигатель.

Постановка проблемы в общем виде.

Сельскохозяйственное производство обуславливает широкое применение электроэнергии во всех его отраслях. Самым распространенным и энергоемким потребителем электроэнергии, расходуемой на производственные цели, в настоящее время является электропривод. Основой большинства промышленных электроприводов на сегодняшний день являются асинхронные электродвигатели (АД).

Условия эксплуатации АД в сельском хозяйстве существенно отличаются от промышленных. Связано это с децентрализованностью их размещения, малым временем использования

в течение суток, низким коэффициентом использования, сезонностью работы, влиянием внешних воздействий. Одна из особенностей использования АД в сельскохозяйственном производстве - его эксплуатация в агрессивных средах, причем в условиях сельскохозяйственного производства отрицательные факторы оказывают свое воздействие в совокупности и одновременно. В этих условиях ежегодный выход АД из строя велик и иногда достигает 25% в год от числа эксплуатирующихся АД [1].

Основное оборудование и АД жестко связаны между собой в едином технологическом цикле. Нарушение работы АД оказывают прямое

воздействие на функционирование основного оборудования, что приводит как к аварийным ситуациям, так и к значительному материальному ущербу. Практика эксплуатации АД показывает, что увеличение срока службы и повышение надежности работы машин дает относительно больший экономический эффект, чем улучшение других технико-экономических показателей: к.п.д., коэффициент мощности, коэффициент использования и т.д. [2].

При этом особую актуальность приобретает вопрос повышения послеремонтной надежности. Это связано с тем, что в настоящее время в Украине обновление парка АД настолько отстает от требований эффективного и безопасного производства, что по многим оценкам степень износа электрооборудования достигает 60-80%, а нестабильность производства и отсутствие оборотных средств для обновления парка АД вынуждают предприятия заниматься многократным ремонтом морально и физически устаревших АД [3].

Анализ последних исследований и публикаций

Необходимо отметить, что за последние годы созданы новые разработки, которые могут существенно повысить работоспособность и надежность АД. При этом они не требуют серьезных капитальных затрат при внедрении и больших изменений конструкции. Эти изменения вполне можно провести при плановом ремонте оборудования, одновременно осуществив и его модернизацию. Преимуществом такого модернизационного подхода является возможность поэтапного внедрения новых технических решений.

Одной из таких разработок является магнитожидкостные герметизаторы (МЖГ), которые можно использовать для замены неудовлетворительно работающих штатных уплотнений АД. Отличительной особенностью МЖГ является достижение практически полной герметичности.

На основании анализа статистических данных о причинах преждевременного выхода электродвигателей из строя практически все авторы выделяют в качестве «слабого звена» подшипниковый узел АД [1,4,5].

На надежность и работоспособность подшипниковых узлов оказывают влияние многочисленные факторы, среди которых: характер среды сельскохозяйственных помещений (запыленность, загазованность, повышенная влажность), режимы работы, качество монтажных работ при соединении с рабочей машиной (несоосность валов, слабые фундаменты, вибрация), низкое качество подводимой электроэнергии (несимметрия и др.), механический износ и др.

При этом неизученными являются вопросы, связанные с защитой подшипниковых узлов, при различных режимах работы АД.

Возможные режимы работы электроприво-

дов отличаются огромным многообразием по характеру и длительности циклов, значениям нагрузок, условиям охлаждения, соотношения потерь в период пуска и установившегося движения и т.п., поэтому изготовление электродвигателей для каждого из возможных режимов работы АД не имеет практического смысла. На основании анализа реальных режимов выделен специальный класс режимов – номинальные режимы, для которых проектируются и изготавливаются серийные двигатели. Нормативными документами предусматривается восемь номинальных режимов, которые в соответствии с международной классификацией имеют условные обозначения S1 – S8. Наиболее часто в промышленности и сельском хозяйстве используются следующие режимы: продолжительный режим работы S1; кратковременный режим работы S2; повторно-кратковременный режим работы S3. Уже по названиям режимов видно, что условия эксплуатации АД при них будут существенно отличаться. Не останавливаясь подробно на описании этих режимов отметим, что основной характеристикой нагрузочных режимов является тепловая характеристика электродвигателя [6]. Эксплуатационные условия АД, связанные с постоянно чередующимися циклами нагрева – охлаждения во влажной среде, являются одними из самых тяжелых [7].

Подобрать штатное традиционной уплотнение, которое одинаково надежно эксплуатировалось на таких режимах работы, практически невозможно.

АД, используемые в сельскохозяйственном производстве, часто работают в условиях повышенной запыленности и влажности. Именно для этих условий необходимо изучить и сравнить работоспособность АД при использовании штатных уплотнений и МЖГ. В качестве критерия работоспособности можно использовать усовершенствованный метод оценки техногенного риска уплотнительных систем, предложенный в [8].

Формулирование целей статьи (постановка задачи).

Изучить влияние режимов работы асинхронных электродвигателей на их работоспособность как при применении штатных уплотнений, так и магнитожидкостных герметизаторов с использованием в качестве критерия работоспособности усовершенствованного метода оценки техногенного риска уплотнительных систем.

Изложение основного материала исследования.

Оценка техногенного риска проводилась на примере АД, служащих приводом аппаратов воздушного охлаждения. Асинхронные электродвигатели серии ВАСО, ВАСВ, АСВО эксплуатируются на перерабатывающих предприятиях сельскохозяйственного производства. Эти же электродвигатели массово используются на химиче-

ских и нефтеперерабатывающих заводах, где в разные годы было установлено около 3000 МЖГ. Большой статистический материал стал основанием для выбора электродвигателя ВАСО в качестве объекта исследования [7].

Высокая достоверность и объективность информации о работоспособности и надежности АД обеспечивается наблюдением в определенных условиях эксплуатации, учитывающих нагрузочные режимы, климатические воздействия и особенности технического обслуживания. При использовании этого метода сбора информации возникают следующие трудности: длительный период наблюдений за электродвигателями ВАСО, так как в целом их можно считать надежными и невозможно получить достаточное количество их отказов за небольшой промежуток времени; недостаточное количество контрольно-измерительной аппаратуры и квалифицированного обслуживающего персонала, способного качественно вести учет информации об отказах ВАСО; трудоемкость сбора информации об объемах исследования на различных предприятиях, территориально значительно отдаленных друг от друга.

Несмотря на перечисленные трудности был принят метод эксплуатационных наблюдений, так как только он на основании информации об отказах АД позволяет системно решить следующие задачи:

- выявление наиболее "слабых" узлов и деталей, которыми определяется надежность и работоспособность АД в целом и причин возникновения их отказов;

- установление закономерности изменения надежности и работоспособности узлов АД под воздействием тех или иных условий окружающей среды;

- выявление недостатков проектирования, изготовления и эксплуатации;

- уточнение показателей надежности, установленных в нормативно-технической документации на конкретный тип ВАСО.

Для определения характера и причин отказов электродвигателей ВАСО было проведено систематическое изучение условий эксплуатации значительного количества двигателей в различных отраслях промышленности. Методами математической статистики были обработаны исследования эксплуатационной надежности ВАСО, проведенные за период с 1992 по 2015 год, были рассмотрены двигатели как с традиционными уплотнениями, так и с МЖГ. Данные об отказах были собраны в электроремонтных цехах химических предприятий Северодонецка, Горловки, Одессы, Череповца, Гродно, Алмаляка и т.д.; нефтеперерабатывающих предприятиях Лисичанска, Кременчуга, Киришей и т.д. Всего был собран и обработан статистический материал о более чем 4000 вышедших из строя электродви-

гателей ВАСО. Все рассматриваемые электродвигатели работали в условиях 100% влажности воздуха либо с применением орошения. Данные о среднемесячной относительной влажности, температуре воздуха, продолжительности выпадения росы и т.д. брались из архивов метеостанций, свободный доступ к которым есть в Интернете.

Влага проникает во внутрь АД главным образом через выходной вал из-за недостаточно эффективной работы уплотнения. Анализ статистических данных показал, что взрывозащищенные электродвигатели выходят из строя по причине отказов подшипниковых узлов точно также, как и АД общепромышленного назначения, даже несмотря на то, что они проектируются более надежными, в том числе это касается и уплотнительного узла.

Чаще всего влага проникает вовнутрь АД в те периоды, когда последний находится в неработающем состоянии. Особенно интенсивно этот процесс идет во время остывания электродвигателя после его работы, так как возникает разница давлений между воздухом внутри АД и снаружи, при этом воздух засасывается внутрь АД. При нагревании давление воздуха внутри АД повышается и воздух выходит наружу. При последующих включениях – отключениях АД – цикл повторяется. Понижение температуры электродвигателя практически всегда сопровождается выпадением росы.

Длительное воздействие высокой влажности вызывает смыв смазки с верхнего подшипникового узла, коррозию металлических деталей, набухание и гидролиз органических материалов изоляции. Продуктом гидролиза являются органические кислоты, разрушающие материалы и интенсифицирующие коррозию. Наличие во влажной атмосфере промышленных газов и пыли приводит к прогрессирующей коррозии.

Под воздействием влаги происходит изменение электрических, физико-механических и химических свойств электроизоляционных материалов в стороны их ухудшения. Из-за постоянного изменения относительной влажности среды при эксплуатации (суточные колебания относительной влажности среды, изменения влажности электроизоляционных материалов обмотки при работе и простое электродвигателей) влага проникает в материал то на одну, то на другую глубину, при этом наружные и внутренние слои ее разбухают в разной степени. Вследствие этого в поверхностном слое обмотки образуется мелкие трещины, которые способствуют интенсивному проникновению влаги внутрь материала, при этом электрические характеристики электроизоляционного материала ухудшаются, а механическая прочность уменьшается и тем быстрее, чем больше частота изменений относительной влажности воздуха.

Итак, АД при нагревании и остывании циклично всасывает влажный воздух, иногда с пылью и другими загрязнениями. При этом влажный воздух попадает внутрь электродвигателя через подшипниковые узлы, что подтверждает дефектация отказавших электродвигателей ВАСО со штатными уплотнениями. Смазка всех подшипников либо полностью смыта, либо частично и сильно загрязнена.

Нагрев электродвигателя ВАСО зависит от режима работы и пауз между ними или периодов с полной и частичной нагрузкой, от частоты включения АД и характера протекания переходных процессов.

При продолжительном режиме (S1) работы все части АД нагреваются до установившейся температуры. При всех остальных режимах работы АД (S1 - S8), температура АД изменяется, а следовательно, внутрь двигателя будет поступать влага, т.к. штатное уплотнение (сальниковое, манжетное и т.д.) не может предотвратить попадание влаги в электродвигатель.

В электродвигателях серии ВАСО в основном применяют сальниковые уплотнения. Опыт многолетней эксплуатации показал недостаточную надежность данных типов уплотнений: вода попадает внутрь подшипникового узла, что приводит к значительному уменьшению его работоспособности и надежности по выше приведенным причинам. Ремонт электродвигателей типа ВАСО возможен только в условиях специализированного участка электроремонтного цеха предприятия. Механический контакт сальника с валом приводит к его изнашиванию, что вызывает необходимость наплавки и обработки вала или его замены.

В работе [8] была предложена формула для оценки техногенного риска деталей и узлов оборудования: при их эксплуатации в частности уплотнительных систем:

$$R = K \cdot E \cdot A \cdot S, \quad (1)$$

где K – поправочный коэффициент учитывающий условия эксплуатации и обслуживания оборудования и т.д.;

E – вероятность возникновения опасной ситуации;

A – вероятность того, что опасная ситуация приведет к нанесению вреда;

S – тяжесть последствий.

С помощью формулы (1) была проведена оценка техногенного риска для следующих режимов работы: S1, S2 и S3 при комплектации электродвигателей ВАСО сальниковыми уплотнениями и МЖГ. Результаты исследований представлены на рис. 1. Из них видно, что наиболее комфортным является режим S1. Значительно выше риск техногенной опасности при режимах S2 и S3. При повторно-кратковременном режиме работы риск отказа настолько велик, что требуется проводить специальные мероприятия, направленные на предотвращение аварии. Оценка техногенного риска для МЖГ одинакова для всех режимов работы, т.к. основным преимуществом данного типа уплотнения является обеспечение практически полной герметичности при любой степени дисперсности влажной среды.

Оценка техногенного риска проводилась для трех регионов с различными климатическими условиями. Из них видно, что для регионов с более низкой среднегодовой температурой окружающей среды вероятность отказов выше.

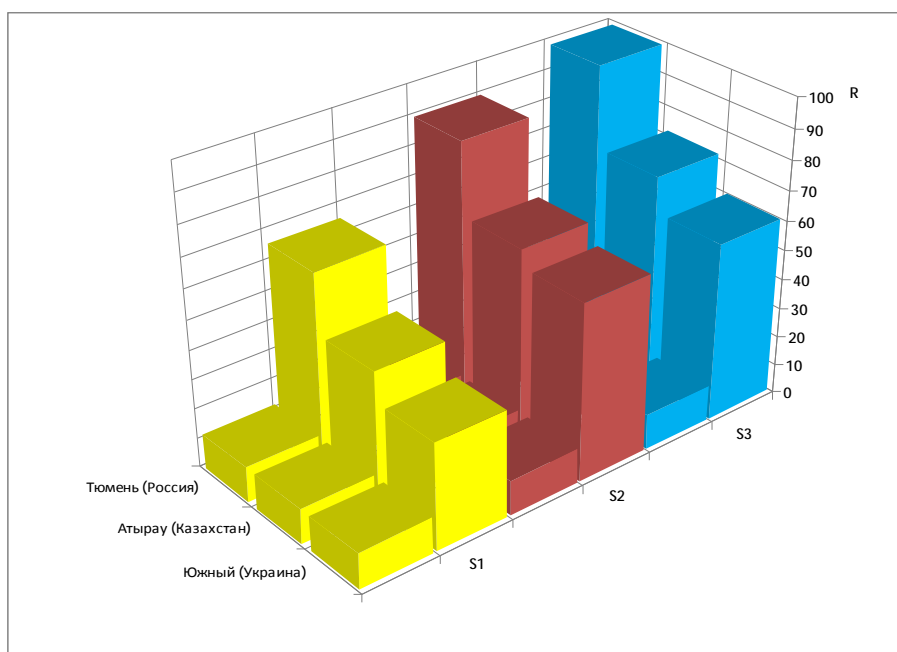


Рис. 1 Оценка техногенного риска АД серии ВАСО с применением сальниковых уплотнений и МЖГ в зависимости от режимов работы.

Выводы

1. Проанализированы статистические данные о влиянии режимов работы электродвигателей на их работоспособность.
2. Показано, что попадание влаги внутрь электродвигателя является одной из основных причин выхода из строя АД серии ВАСО. Поэтому самым тяжелым для эксплуатации является

повторно-кратковременный режим S3.

3. Показано, что эксплуатация МЖГ позволяет предотвратить попадание влаги внутрь АД, что позволяет снизить уровень техногенного риска уплотнительной системы при замене сальникового уплотнения на МЖГ в 4...7 раз. Внедрение МЖГ повышает работоспособность и техногенную безопасность АД.

Список используемой литературы:

1. Хомутов С.О. Система поддержания надежности электрических двигателей на основе комплексной диагностики и эффективной технологии восстановления изоляции [Электронный ресурс]: монография / С.О. Хомутов. – Электронные данные. – Барнаул: ООО «МЦЭОР», 2015. – 1 эл. опт. диск (CD-R); 12 см.
2. Никиян Н.Г. О влиянии климатических факторов и режимов работы на эксплуатационную надежность асинхронных двигателей [Текст] / Н.Г. Никиян, И.И. Ямансарин // Вестник ГИУА. Серия "Электротехника, энергетика". – 2013. – Вып. 16, №1. – С. 27 – 36.
3. Конюхов Н.Н. Проблематика повышения надежности и энергоэффективности электродвигателей на промышленных предприятиях Донбасса [Текст] / Н.Н. Конюхов // Вісник СевНТУ. Вип.. 106: Механіка, енергетика, екологія: з. наук. пр. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2010. – С. 89-93.
4. Диагностика неисправностей асинхронных двигателей на основе спектрального анализа токов статора [Текст] / Н.Р. Сафин, В.А. Прахт, В.А. Дмитриевский и др. // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2-14. - №3 (57), май-июнь. – С. 34 – 40.
5. Filippetti F. Condition Monitoring and Diagnosis of Rotor Faults in Induction Machines State of Art and Future Perspectives | [Text] / F. Filippetti, A. Belini, G.-A. Capolino // Published in conference WEMDCD'2013, March, 11-12, - IEEE. – Pp. 196 – 209.
6. Кацман М.М. Электрические машины. - [Текст] / М.М. Кацман // М.: Высш. шк., 2001. – 426 с.
7. Радионов А.В. Опыт эксплуатации магнитоэлектрических герметизаторов на нефтеперерабатывающих заводах, стран СНГ [Текст] / А.В. Радионов // Химическая техника. – 2015. - №10. – С. 11-17.
8. Радионов А.В. Оценка техногенного риска оборудования опасных производств системным многоуровневым анализом [Текст] / А.В. Радионов // Збірник наукових праць НУК. – 2015. – №4. – С. 82 – 90.

Радионов А.В. Вплив режимів роботи асинхронних електродвигунів на їх працездатність

Проведено аналіз працездатності асинхронних двигунів серії ВАСО. Показано, що «вузьким» місцем при експлуатації даних АД є підшипниковий вузол. Проаналізовано працездатність електродвигуна серії ВАСО при комплектації штатними ущільнювачами і магніторідними герметизаторами в залежності від режимів роботи. Показано, що потрапляння вологи всередину електродвигуна є однією з основних причин виходу з ладу АД. Найважчим є повторно-короткочасний режим S3. Показано, що експлуатація МЖГ дозволяє запобігти потраплянню вологи всередину АД, що дозволяє знизити рівень техногенного ризику ущільнювальної системи в 4...7 разів і підвищити працездатність електродвигуна.

Ключові слова: асинхронний двигун, працездатність, підшипниковий вузол, електродвигун

Alexander V. Radionov Influence of asynchronous electric motors operating modes on their performance

The analysis of asynchronous motors efficiency of VASO series has been held. It is shown that the "narrow" place in the operation of these AM is bearing assembly. The performance the electric motor of VASO series completed by regular seals and magnetic seals according to the operation modes is analyzes. It is shown that the penetration of moisture into the electric motor is one of the main reasons for the failure of AM. The hardest part is intermittent duty S3 mode. It is shown that exploitation of MFH helps prevent moisture from entering the inside of blood pressure, which reduces the technogenic risk of sealing system in 4 ... 7 times and increase the performance the electric motor.

Keywords: asynchronous motor operation, the bearing assembly, the electric motor

Стаття надійшла в редакцію: 08.09.2016

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Кузема О.С.