

**Заключение.** Для исследования механизмов заряжения поверхности диэлектрических материалов под действием внешних факторов разработаны требования и методика подготовки образцов, для обеспечения более высокого уровня чистоты экспериментальных исследований, исключая влияние факторов спонтанной электризации. Теоретически обоснованы режимы дополнительного внешнего воздействия лазерным облучением, для отработки методики контроля технологических режимов производства специальных материалов с заданными свойствами.

#### Литература

1. Measurements of electrostatic potentials and electric fields in some industrial environments / P. Llovera [et al.] // J. Electrostat. – 2009. – Vol. 67. – P. 457–461.
2. Пантелеев, К.В. Методы сканирующей зондовой электрометрии в исследовании свойств диэлектрических материалов / К.В. Пантелеев, А.К. Тявловский, А.Л. Жарин // Перспективные материалы и технологии: монография / С.М. Алдошин [и др.] ; под ред. В.В. Рубаника. – Минск : Изд. центр БГУ, 2021. – С. 125–139.
3. Digital contact potential probe in studying the deformation of dielectric materials. Informatics / K. Pantsialeuev [et al.] // Control, Measurement in Economy and Environmental Protection. – 2020. – № 10, vol. 4. – P. 57–60.
4. Characterization of the electrophysical properties of silicon-silicon dioxide interface using probe electrometry methods / V.A. Pilipenko [et al.] // Devices and Methods of Measurements. – 2017. – V. 8, № 4. – P. 344–356.
5. Patterns of Electrostatic Charge and Discharge in Contact Electrification / S.W. Thomas [et al.] // Angewandte Chemie. – 2008. – Vol. 120, iss. 35. – P. 6756–6758.
6. Scanning electric potential microscopy imaging of polymers: electrical charge distribution in dielectrics / A. Galembeck [et al.] // Polymer. – 2001. – Vol. 42. – P. 4845–4851.
7. Vasiliu-Oprea, C. Macromolecular mechanochemistry: polymer mechanochemistry / C. Vasiliu-Oprea, F. Dan // Cambridge International Science. – 2006. – 390 p.
8. Gross, B. Radiation-induced charge storage and polarization effects, Chapter 4. – In: Sessler GM (ed) Electrets, topics in applied physics, 1987. – Berlin: Springer.
9. Burgo, T.A.L. Triboelectricity: macroscopic charge patterns formed by self-arraying ions on polymer surfaces / T.A.L. Burgo, T.R.D. Ducati // Langmuir, 2012. – Vol. 28. – P. 7407–7416.
10. Интеллектуальный сенсор для измерительных систем, работающих по схеме синусоидальное возбуждение – отклик / В.А. Микитевич [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2023. – Т. 14, № 1. – С. 18–26.
11. Универсальный цифровой зондовый электрометр для контроля полупроводниковых пластин / А.Л. Жарин [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2023. – Т. 14, № 3. – С. 161–172.

УДК 621.313.333.2

### ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ, ПРИВОДЯЩИХ К НЕИСПРОВНОСТЯМ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И СПОСОБЫ ИХ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Мирош Д.В., Громыко И.Л.

*Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Электропривод с асинхронным двигателем (далее АЭД) обладает простой конструкцией, высокой надежностью и сравнительно небольшой стоимостью. Низковольтные АЭД – наиболее распространенный и широко применяющийся тип электрических машин. В связи с этим вопрос о повышении качества и надежности этих устройств имеет на сегодняшний день важное значение.

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, диагностика, неисправности, ремонт, электрические машины.

### FUNDAMENTALS OF PROCESSES LEADING TO ASYNCHRONOUS MOTOR MALFUNCTIONS AND METHODS OF THEIR DIAGNOSIS

Mirosh D.V., Gromyko I.L.

*Belarusian State University of Transport  
Gomel, Republic of Belarus*

**Abstract.** An electric drive with an asynchronous motor (hereinafter referred to as AED) has a simple design, high reliability and relatively low cost. Low-voltage AEDs are the most common and widely used type of electric machines. In this regard, the issue of improving the quality and reliability of these devices is of great importance today.

**Key words:** asynchronous electric motor, diagnostics, malfunctions, repairs, electric machines.

*Адрес для переписки: Мирош Д.В., ул. Кирова, 34, г. Гомель, 246653, Республика Беларусь  
e-mail: dimamiroshheat@gmail.com*

Исследование многообразия процессов, приводящих к неисправностям любой электрической машины неизбежно вытекает всего из двух основных: механических и электрических неисправностей. В некоторых случаях также отмечают моральный вид износа, что обусловлено появлением

нового оборудования и заметным падением технико-экономических показателей старого.

Для асинхронных электродвигателей механический износ возникает главным образом в подшипниковых узлах, так как эта часть электродвигателя является связующим звеном между статором и

ротором, а других трущихся элементов попросту нет. Электрический вид износа предполагает потерю электроизоляционными материалами своих изоляционных свойств, чему подвержены изоляция обмоток и выводов электрической машины. Усилению электрического износа способствуют условия эксплуатации, такие как рабочая температура, наличие химически активных веществ, концентрация пыли и загрязненность среды, а также соответствие условий эксплуатации техническим параметрам, то есть нагрузка. Помимо указанных выше причин, электрические машины чаще всего повреждаются из-за недопустимо длительной работы без обслуживания и ремонта.

Неисправности и повреждения электрических машин, вызывающие отказ, не всегда удается обнаружить путем внешнего осмотра, так как некоторые из них (в основном электрические) носят скрытый характер и могут быть обнаружены только после соответствующих испытаний и разборки машины, то есть в процессе дефектации [1].

Применительно к асинхронным электродвигателям отказы можно подразделить на электрические и механические. К электрическим относятся те, которые происходят по причине пробоя изоляции на корпус или между фазами, обрыва проводников в обмотке, замыкания между витками обмоток, нарушение или ослабление контактов в клеммной коробке, снижения сопротивления изоляции ниже допустимого вследствие ее старения или увлажнения. К механическим можно отнести разрушения различного рода в подшипниковых узлах, деформация вала ротора, ослабление или обрыв бандажей, снижение качества охлаждения из-за загрязнения охлаждающих каналов или корпуса.

Контролируя признаки, свидетельствующие о той или иной неисправности, можно диагностировать большую часть основных неисправностей. Обычно использование одного параметра способно снабдить диагностический персонал необходимым количеством данных. Это можно наблюдать по вибродиагностированию, которое способствует повышению уровня осведомленности о состоянии важнейших агрегатов и оборудования в промышленности.

В настоящий момент вибродиагностика является одним из главных способов оценки состояния механической части электрической машины. По имеющимся данным более трети от всех неисправностей асинхронных электродвигателей приходится на подшипниковые узлы. Это свидетельствует о прямой необходимости использовать вибродиагностику в качестве основного инструмента оценки состояния и, возможно, для определения срока службы.

Температура является универсальным показателем, который можно использовать лишь в совокупности с другими методами, поскольку полное представление о распределении температур может дать лишь дорогостоящее оборудование. С использованием программных комплексов по созданию полных 3D-моделей электрических машин с заданием различных параметров можно отслеживать распределение тепловых полей на виртуальном образце. Это позволяет с большой точностью определять места максимальных температурных изменений, которые впоследствии могут стать местом установки датчиков температуры, информация с которых способна контролироваться сравнительно недорогими электронными устройствами.

Измерение уровня шума, как и оценка температуры, является скорее вспомогательной составляющей. На данный момент исследований, в которых этот параметр учитывается, практически не встречается. Однако использование совокупности этих данных и отслеживание каждого в режиме реального времени могло бы способствовать выработке универсальной информации. Такой подход является, с одной стороны, комплексным, то есть рассматривает наиболее ценные параметры и в необходимом количестве. С другой стороны, он позволяет унифицировать систему проверки для однотипных электрических машин, что способствует выработке опытной продукции с учетом интересов конечного потребителя.

#### Литература

1. Антонов, М.В. Эксплуатация и ремонт электрических машин / М.В. Антонов, Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец. – М. : Высш. шк., 1989. – 192 с.