

УДК 621.317.333

**ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА
КОЭФФИЦИЕНТ АБСОРБЦИИ И СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ
АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Вербин Н. В.¹*аспирант,**Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М. И. Платова**Россия, г. Новочеркасск*

Аннотация: Данная статья исследует влияние внешних климатических факторов, таких как температура и влажность, на коэффициент абсорбции и межкорпусное сопротивление изоляции асинхронного двигателя. Проведенные экспериментальные исследования с трехфазным асинхронным двигателем мощностью 7,5 кВт показали, что низкие температуры увеличивают сопротивление изоляции, в то время как высокая влажность негативно сказывается на его состоянии. Моделирование в MATLAB подтвердило прямую зависимость между коэффициентом абсорбции и сопротивлением изоляции, подчеркивая важность этих параметров для надежности работы электрических машин. Результаты исследования имеют практическое значение для инженеров, занимающихся эксплуатацией асинхронных двигателей, и открывают направления для будущих исследований, включая изучение других климатических факторов и применение современных технологий мониторинга.

Ключевые слова: Асинхронный двигатель, коэффициент абсорбции, межкорпусное сопротивление, изоляция, экспериментальные исследования,

¹ Научный руководитель: Седов. А. В., доктор технических наук, доцент, профессор, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМН ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

моделирование, MATLAB, электрические машины, надежность, климатические факторы, мониторинг, техническое обслуживание.

***THE INFLUENCE OF EXTERNAL CLIMATIC FACTORS ON THE
ABSORPTION COEFFICIENT AND INSULATION RESISTANCE OF
ASYNCHRONOUS MOTORS***

Verbin N. V.

Postgraduate student,

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

Russia, Novocherkassk

Annotation: This article investigates the impact of external climate factors, such as temperature and humidity, on the absorption coefficient and inter-winding insulation resistance of asynchronous motors. Experimental studies conducted on a 7.5 kW three-phase asynchronous motor revealed that low temperatures increase insulation resistance, while high humidity adversely affects its condition. Modeling in MATLAB confirmed a direct relationship between the absorption coefficient and insulation resistance, highlighting the significance of these parameters for the reliable operation of electrical machines. The findings have practical implications for engineers involved in the operation of asynchronous motors and open avenues for future research, including the exploration of other climate factors and the application of modern monitoring technologies.

Keywords: Asynchronous motor, absorption coefficient, inter-winding resistance, insulation, experimental research, modeling, MATLAB, electrical machines, reliability, climatic factors, monitoring, maintenance.

Внешние климатические факторы, такие как температура и влажность могут существенно влиять на эксплуатационные характеристики электротехнических устройств, в том числе асинхронных двигателей. Одним из важнейших параметров, определяющих надежность работы двигателя, является межкорпусное сопротивление изоляции. Кроме того, коэффициент абсорбции или же коэффициент диэлектрического поглощения, определяющий увлажненность изоляции, и позволяющий решить вопрос о том, нуждается ли гигроскопическая изоляция в сушке, также играет значительную роль в определении срока службы изоляции и, как следствие, всего двигателя.

Целью данной статьи является исследование влияния внешних климатических факторов на коэффициент абсорбции и сопротивление изоляции асинхронного двигателя.

Для анализа влияния климатических факторов на коэффициент абсорбции и сопротивление изоляции асинхронного двигателя были проведены экспериментальные исследования, а так же моделирование зависимости сопротивления изоляции от коэффициента абсорбции, и зависимости коэффициента абсорбции от внешних воздействующих климатических факторов с использованием программного комплекса Matlab.

В качестве экспериментальной модели использовался трехфазный асинхронный двигатель общего назначения мощностью 7,5 кВт, произведенный по стандарту DIN EN 50347. Экспериментальная модель подвергалась различным воздействиям внешних климатических факторов в климатической камере.

Измерения сопротивления межкорпусной изоляции трехфазного асинхронного двигателя проводились с использованием мегаомметра.

С момента подачи высокого напряжения от щупов измерительного прибора производился отсчет времени 15 и 60 секунд, и фиксировались значения сопротивления R_{15} и R_{60} . Коэффициент абсорбции вычисляется по

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМН ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

результатам измерения межкорпусного сопротивления изоляции по следующей формуле:

$$K_{\text{абс}} = \frac{R_{60}}{R_{15}} \quad (1)$$

Суть измерения в том, что электрическая изоляция характеризуется емкостью, и напряжение мегомметра, приложенное к изоляции, заряжает постепенно эту емкость, насыщая изоляцию, то есть возникает ток абсорбции между щупами мегомметра. Для проникновения тока в изоляцию требуется время, и это время тем больше, чем больше размер изоляции и чем выше ее качество. Чем выше качество, тем сильнее препятствует изоляция прохождению тока абсорбции при проведении измерений. Так, чем более увлажнена изоляция, тем коэффициент абсорбции меньше [1].

Эксперименты проводились в следующем порядке:

1. Измерение начальных параметров изоляции трехфазного асинхронного двигателя при нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150-69 [2] (температура плюс 24°C, влажность 46%, атмосферное давление 101,3 кПа);
2. Выдержка двигателя в климатической камере при температуре окружающего воздуха минус 50 °C в течение 6 часов;
3. Измерение параметров изоляции в конце выдержки двигателя в климатической камере при температуре окружающего воздуха минус 50°C;
4. Выдержка двигателя при нормальных климатических условиях в течение 2, 8, 12, 18 и 22 часов после выдержки двигателя в климатической камере при температуре окружающего воздуха минус 50 °C;
5. Измерение параметров изоляции после каждой выдержки при нормальных климатических условиях;
6. Измерение сопротивления изоляции в последнем цикле воздействия влажности в соответствии с методом 207-3 ГОСТ 20.57.406-81 [3, 48-50].

В ходе экспериментов измерялись следующие параметры:

- Сопротивление изоляции через 15 секунд после начала измерения;
- Сопротивление изоляции через 60 секунд после начала измерения;
- Температура окружающего воздуха ($t_{окр}$);
- Атмосферное давление;
- Влажность воздуха.

Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1. Экспериментальные данные

Условия	R_{15} , ГОм	R_{15} , ГОм	$K_{абс}$	$t_{окр}$, °C	Атмосферное давление, кПа	Влажность воздуха, %
Нормальные	13,30	13,80	1,04	24,0	101,3	46,1
6 часов при температуре минус 50°C	43,50	51,60	1,19	-50,0	101,7	-
2 ч при нормальных условиях	31,20	34,60	1,11	25,0	101,7	47,3
8 ч при нормальных условиях	21,40	22,50	1,05	24,8	101,6	46,9
12 ч при нормальных условиях	11,70	13,20	1,12	24,5	101,6	47,0
18 ч при нормальных условиях	6,92	8,24	1,19	24,1	101,6	46,7
22 ч при нормальных условиях	7,02	7,45	1,06	26,5	101,5	46,9
Последний цикл воздействия	0,37	0,38	1,01	25,0	101,3	95,0

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Условия	R_{15} , ГОм	R_{15} , ГОм	$K_{абс}$	$t_{окр}$, °C	Атмосферное давление, кПа	Влажность воздуха, %
влажности						

Из таблицы видно, что воздействие различных климатических факторов оказывают значительное влияние на состояние межкорпусной изоляции.

Так, воздействие низкой температуры (минус 50°C) приводит к увеличению сопротивления изоляции, что можно объяснить снижением проводимости изоляционного материала при низких температурах.

Дальнейшая выдержка при нормальных климатических условиях приводит к постепенному снижению этих показателей. Однако, даже после выдержки в течение 22 часов при нормальных условиях сопротивление изоляции не восстанавливается полностью до первоначального значения.

Влажность воздуха также существенно влияет на коэффициент абсорбции и сопротивление изоляции. После воздействия повышенной влажности воздуха сопротивление изоляции существенно снижается, что может привести к пробое изоляции и выходу двигателя из строя.

На основе экспериментальных данных было проведено моделирование в программном комплексе Matlab. Приведенные графики наглядно показывают зависимость межкорпусного сопротивления изоляции трехфазного асинхронного двигателя от коэффициента абсорбции (рис. 1) и зависимость коэффициента абсорбции от внешних воздействующих климатических факторов (рис. 2).

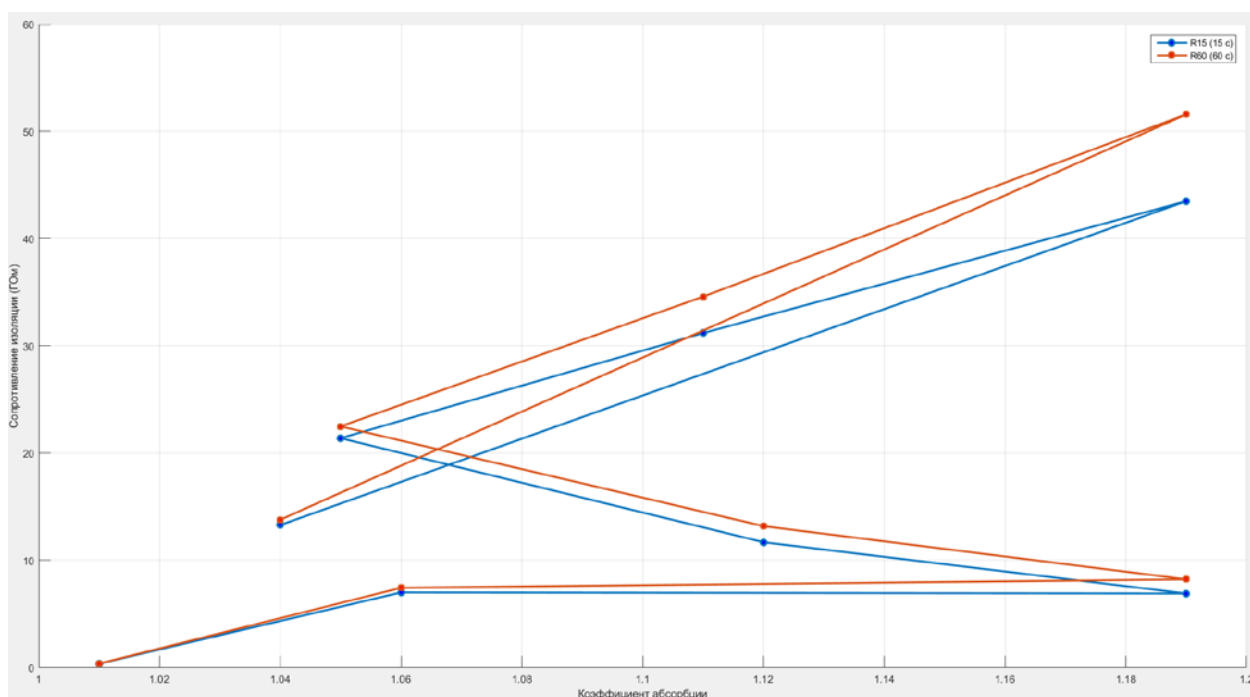


Рисунок 1 - Зависимость межкорпусного сопротивления изоляции от коэффициента абсорбции (авторская разработка)

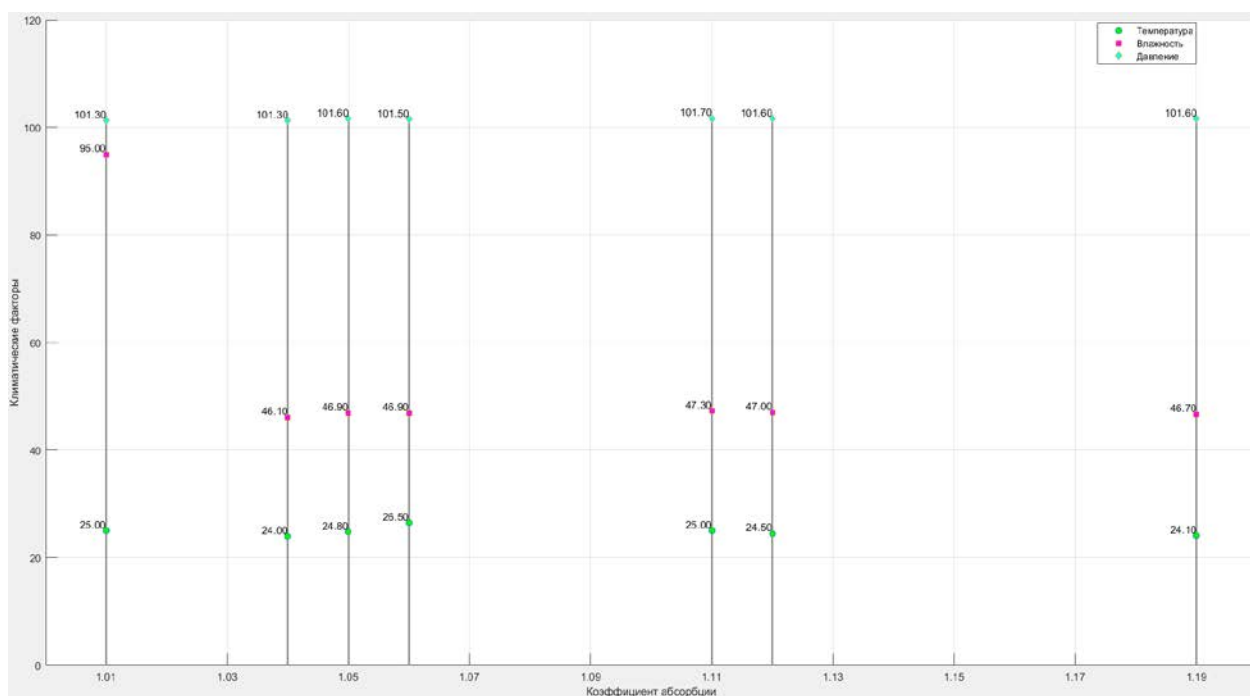


Рисунок 2 - зависимость коэффициента абсорбции от внешних воздействующих климатических факторов (авторская разработка)

Проведенное исследование влияния внешних климатических факторов на коэффициент абсорбции и сопротивление изоляции асинхронного двигателя подчеркивает значимость этих параметров для обеспечения надежной работы электрических машин в различных условиях эксплуатации. На основе экспериментальных данных и моделирования в программном комплексе Matlab можно выделить несколько ключевых аспектов:

1. Влияние температуры: Результаты показали, что снижение температуры до экстремально низких значений (например, минус 50 °С) приводит к значительному увеличению сопротивления изоляции. Это может быть связано с изменением физических свойств изоляционных материалов, что делает их менее подверженными проникновению влаги. Однако, при возвращении к нормальным условиям, наблюдается постепенное снижение сопротивления, что указывает на необходимость учета термических циклов в процессе эксплуатации.

2. Влияние влажности: Высокая влажность, особенно в пределах 95%, оказала негативное воздействие на сопротивление изоляции, что свидетельствует о том, что вода может проникать в изоляционные материалы, снижая их электрическую прочность. Это подчеркивает важность контроля за уровнем влажности в помещениях, где эксплуатируются асинхронные двигатели, а также необходимость применения влагозащитных технологий и материалов.

3. Коэффициент абсорбции как индикатор состояния: Изменения в коэффициенте абсорбции в зависимости от климатических условий указывают на его значимость как индикатора состояния изоляции. Уменьшение коэффициента абсорбции может свидетельствовать о накоплении влаги в изоляционных материалах, что требует внимательного мониторинга и своевременной диагностики.

4. Моделирование: Использование программного комплекса MATLAB для моделирования зависимости сопротивления изоляции от коэффициента абсорбции показало, что существует прямая связь между этими параметрами. Это открывает возможности для разработки предсказательных моделей, которые могут помочь в оценке состояния изоляции и принятии решений о необходимости технического обслуживания или замены оборудования [4].

5. Практическое значение: Результаты исследования имеют важное практическое значение для инженеров и специалистов, занимающихся эксплуатацией и обслуживанием асинхронных двигателей [4]. Понимание влияния климатических факторов на электрические характеристики изоляции позволяет разрабатывать более эффективные стратегии мониторинга и обслуживания, что, в свою очередь, может снизить риск аварий и продлить срок службы асинхронных двигателей.

6. Направления для будущих исследований: Данное исследование открывает новые горизонты для дальнейших исследований. Важно изучить влияние других климатических факторов, таких как атмосферное давление и загрязнение воздуха, а также рассмотреть влияние различных типов изоляционных материалов на их устойчивость к воздействию внешней среды. Также стоит рассмотреть возможность применения современных технологий, таких как сенсоры и системы мониторинга в реальном времени, для более точной оценки состояния изоляции.

В заключение, важно отметить, что исследование подчеркивает необходимость комплексного подхода к оценке состояния изоляции асинхронных двигателей, учитывающего влияние климатических факторов. Это позволит не только повысить надежность работы оборудования, но и оптимизировать процессы его эксплуатации и обслуживания, что является важным фактором для многих отраслей, использующих асинхронные двигатели в своей деятельности.

Библиографический список:

1. Коэффициент абсорбции // Школа для электрика
URL: <https://electricalschool.info/main/ekspluat/1794-kojefficient-absorbicii.html>
(дата обращения: 17.02.2025).
2. ГОСТ 15150. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.12.69 № 1394 : дата введения 1971-01-01. – Москва : Стандартиформ, 2010. – 85 с.
3. ГОСТ 15150. : Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 13.11.80 № 169 : дата введения 1982-01-01. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 133 с.
4. Зубов А. Чинить работающее не будут // Гудок. - 2024. - 18.11. - Ст. 1

Оригинальность 82%