

УДК 621.313.292

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕСКОЛЛЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

И.В. ОГОРОДНИКОВ, аспирант гр. ЭТа-221 (КузГТУ)
Научный руководитель А.Г. ЗАХАРОВА, д.т.н, профессор (КузГТУ)
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Бесколлекторные двигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов представляют собой электромеханическую систему, оснащенную радиоэлектронными компонентами. Нормальная работа таких систем в сложных условиях эксплуатации, в том числе и в условиях повышенной влажности атмосферного воздуха, может быть обеспечена только в том случае, если на стадиях проектирования и конструирования всех элементов, входящих в данную систему, наряду с другими вопросами будет решен вопрос об обеспечении влажностного режима каждого элемента [1].

В процессе научных изысканий было установлено, что в работах современных авторов, занимающихся разработкой бесколлекторных двигателей постоянного тока (БДПТ), расчёту обеспечения влажностного режима БДПТ не уделяется должного внимания. Так, например, в работе [2] авторами основное внимание уделено тепловому проектированию, а также учету влияния вибрации и перепада температур. Поэтому было принято решение осветить этот вопрос в настоящей статье и подготовить входные данные для создания математической модели, описывающей влияние влагообмена на характеристики БДПТ.

Между изоляцией БДПТ и окружающей средой постоянно происходит влагообмен. Способность поглощать или отдавать влагу зависит от конструкции БДПТ, его состояния (под нагрузкой, холостой ход, нерабочая пауза), структуры и состава изоляции. Влага в каждом элементе может находиться в газообразном, жидком или твердом состоянии и находиться как на поверхности элемента, так и в его объеме. Количество и фазовое состояние влаги в элементе (пар, вода, лёд) зависит от влажности, температуры и давления окружающего их влажного воздуха, а также от времени контакта влажного воздуха с элементом.

В соответствии с существующими физическими представлениями любое твердое тело, контактирующее с газом, поглощает его из окружающей среды (сорбция) или отдает обратно (десорбция). В случае контакта твердого тела с влажным воздухом, представляющим собой смесь газов, на поверхности тела из этой смеси адсорбируются преимущественно пары воды.

Адсорбированные (поглощенные поверхностью) частицы пара образуют на поверхности сорбента (основного материала) слой, которые уплотняются под действием сил молекулярного притяжения, наращиваются при некоторой влажности воздуха и переходят в капельки жидкости. Если в теле сорбента имеются капиллярные и крупные поры, зазоры и трещины, сообщающиеся с поверхностью сорбента, то по ним адсорбированные частицы или капельки воды проникают внутрь тела и таким образом происходит абсорбция (поглощение объемом).

Для получения количественных характеристик рассматриваемых процессов необходимо знать следующее:

- минимальную относительную влажность воздуха, при которой начинается образование пленки воды;
- время установления равновесия между влажностью воздуха и пленкой влаги на поверхности.

По теории мономолекулярной адсорбции Ленгмюра, мономолекулярная пленка начнет образовываться тогда, когда скорость конденсации молекул на поверхности будет больше скорости испарения молекул с поверхности [3].

Для оценки значения минимальной относительной влажности воздуха φ_{min} , при которой должно начаться образование мономолекулярной пленки, рассмотрим скорость конденсации молекул и скорость их испарения. Указанные скорости зависят от физических условий [3]:

$$\mu = \frac{N_A P}{792\sqrt{MRT}},$$

где μ – скорость конденсации, определяемая как число молекул, ударяющихся об 1 см² плоской поверхности тела в секунду, с⁻¹ · см⁻²;

$N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ – число Авогадро;

P – давление водяного пара, Па;

$M = 18,01528$ г/моль – молекулярная масса воды;

$R = 8,314472$ Дж/(моль · К) – универсальная газовая постоянная;

T – температура, К.

$$\vartheta = \vartheta_0 e^{-\Delta H/(RT)},$$

где ϑ – скорость испарения, т. е. число испаряющихся молекул с 1 см² плоской поверхности тела в секунду, с⁻¹ · см⁻²

ΔH – теплота адсорбции, Дж/моль; при полном заполнении монослоя теплота адсорбции становится близкой к теплоте конденсации [4].

Далее, проведя вычисления μ и ϑ и сравнив их значения, было установлено, что при $\mu > \vartheta$ и контакте твердого тела с влажным воздухом, на поверхности твердого тела возникает пленка влаги при скорости конденсации влаги, намного порядков превосходящей скорость испарения.

Таким образом, при контакте твердых тел с влажным воздухом, имеющим даже очень малую относительную влажность, на поверхности твердого

тела будет образовываться, по крайней мере, мономолекулярная пленка влаги.

По мере увеличения влажности воздуха толщина пленки на поверхности должна увеличиваться до некоторого значения, при котором наступают условия отрицательного воздействия влаги на элементы системы БДПТ.

В дальнейших работах планируется представить математическую модель, отражающую зависимость действия влаги на характеристики электроизоляционных частей БДПТ в соотношении с метеорологическими условиями, характеризующимися в авиационной метеорологии как сложные и опасные.

Список литературы

1. Игумнов, Н.И. Влагообмен в приборах и аппаратах / Н.И. Игумнов. – Москва : Машиностроение, 1989. – 136 с.
2. Kiruba H. Electrified Aircraft Propulsion Powering the Future of Air Transportation / Nateri Madavan, Tim C. O'Connell - Cambridge CB2 8BS, United Kingdom., 2021- P.324
3. Тимофеев, Д.П. Кинетика адсорбции / Д.П. Тимофеев. – Москва : АН СССР, 1962. – 252 с.
4. Клындюк, А. И. Поверхностные явления и дисперсные системы / А. И. Клындюк. – Минск : БГТУ, 2011. – 317 с.

Информация об авторах

Огородников Иван Вячеславович, аспирант гр. ЭТА-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, iv.o@mail.ru

Захарова Алла Геннадьевна, д.т.н., профессор, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, zaharovaag@kuzstu.ru