

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Нуриддинов С.Б., Юлдошов Х.Э.

Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического
университета имени Ислама Каримова

E-mail: mr.john.1991@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7792-2826>

Аннотация

При решении задачи определения с помощью анализа размерностей, по указанному алгоритму рассмотрению подлежит объект исследования – ТЭМ железнодорожного транспортного средства, предметом исследования является магнитное поле электродвигателя постоянного и пульсирующего тока, смоделированное на ПК. Одним из примеров применения теории подобия для анализа размерностей электродвигателя, как указано в, стало первоначальное рассмотрение магнитной системы электродвигателя и вывода критериального уравнения.

Введение. Теорией подобия в разные годы занималось большое количество учёных: Ж. Бертран, А. Федерман, Э. Букингем, Т.А. Эренфест-Афанасьева, М.В. Кирпичев. По утверждениям А.В. Иванова-Смоленского первые работы, связанные с применением теории подобия для исследования электромагнитных полей начали проводиться в 1935 году, [1].

Исследование, проводимое для определения общих закономерностей процесса, имеет большую свободу действия при постановке опытов, такое предположение было выведено А.А. Гухманом, [3, 5]. Применительно к поставленной в настоящей работе задаче такое предположение является определяющим в отношении выбора ключевых элементов исследования, выбора ТЭД и создания математических моделей для решения критериального уравнения.

Объект моделирования необходимо выбрать таким образом, чтобы можно было перенести результаты исследования на натурные образцы или явления.

Воспроизведение процессов и объектов в виде модели означает воспроизведение подобных ему явлений. Для этого необходимо добиться подобия краевых условий, геометрического подобия и подобия условий, выражаемых в параметрических критериях, подробнее об этом указано в следующих публикациях [2, 4]. В настоящее время моделирование все чаще применяется для проведения необходимых расчётов того или иного натурального объекта. Метод получил наибольшее распространение в первую очередь из-за развития ПК и разработок большого количества специальных программ и приложений для проведения многозадачных расчётов.

Метод моделирования состоит из двух самостоятельных этапов, описанных, в частности, в [6, 7]:

1. Создание модели.
2. Моделирование исследуемых процессов.

Наиболее ответственным шагом является именно создание самой модели.

Если выполняется условие, при котором процессы, протекающие в модели

Постановка задачи. подобны натурному объекту, то результаты, полученные в ходе расчёта, можно будет перенести и на сам процесс или объект исследования. При моделировании пользуются различными ограничениями и критериями, [6, 5] целью которых является выдерживание «подобия» модели и исследуемого объекта.

Любой рассматриваемый физический процесс может быть представлен в виде сложных дифференциальных уравнений. Однако на основе дифференциальных выражений невозможно сделать выводы о конкретных соотношениях между переменными. Следовательно, решением уравнений количественной задачи, после их составления, будет являться переход от применённых уравнений к закономерностям, которые и определяют одни величины через другие. Кроме этого, для решения сложных задач происходит

неизбежное упрощение. Всё это приводит к приближённым результатам, которые имеют мало практической ценности и лишены оценочного характера. Основное значение получают численные методы решения, [3], которые в настоящее время получили широчайшее распространение с развитием ПК. Однако, несмотря на это, количественные данные, получаемые в результате численного решения при том, что дают конкретные соотношения, не способны выразить наглядные внутренние взаимосвязи и взаимозависимости. Общность явлений присутствует в существенных сторонах, которые и определяются основными уравнениями, в то время как различие описываемых явлений заключается в чертах, которые усекаются от исследуемой модели к принципиальной. На практике применяют несколько способов расчёта модели и проведения анализа: метод базовой точки, который используют в технических и экономических расчётах; π -теоремы (анализ проходит в соответствии с второй теоремой подобия), [2]. В работе был выбран именно этот тип решения задачи и исследование проходит в соответствии с π -теоремой.

В π -теореме делается следующее предположение, что полное уравнение физического процесса может быть представлено в виде зависимости его отдельных критериев подобия. Общий вид критериального уравнения:

$$f(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n) = 0, \quad (1)$$

где $\pi_1 \dots, \pi_n$ – критерии подобия физического объекта.

Как показано у некоторых авторов, например в для установления критериев подобия существуют два основных метода:

1. Анализ размерностей.
2. Анализ уравнений.

По некоторым утверждениям среди исследователей чаще в работах применяется анализ уравнений. Однако метод, основанный на анализе размерностей, располагает бóльшим объёмом информации, поскольку не ограничен лишь формулировками уравнений. Как известно, из одной и той же совокупности рассматриваемых величин можно составить бесконечное

количество безразмерных критериев подобия. Исходя из этого, возможно, воспользовавшись условиями отбора безразмерных критериев, указанными, например, в [6], с помощью анализа размерностей вывести достаточно корректно критерии подобия объекта исследования. Довольно подробно проанализирована в связи между критериями подобия, найденными на основании анализа размерностей и критериями подобия, полученными из анализа уравнений. В статье, опубликованной в [7] отдельно приведены некоторые результаты решения задачи подобия для 4-х полюсного электродвигателя постоянного тока. Согласно теореме подобия, критерии могут иметь под собой безразмерные отношения членов уравнения, при этом число критериев подобия будет на единицу меньше числа уравнений. На все параметры $P_1, \dots, P_m$ критериев подобия будет соответственно $\pi_1, \dots, \pi_{m-k}$. Критерии подобия, полученные разными путями, совпадают. Критерии подобия из анализа уравнений.

$$\pi_n = f(P_1, \dots, P_m). \quad (2)$$

Полученная зависимость на основании анализа размерностей:

$$\pi_n = f(\pi_1, \dots, \pi_{m-k}). \quad (3)$$

Величины, описывающие определённые объекты или процессы принято делить на первичные и вторичные. К первичным относятся те величины, которые безотносительны к другим и единицы измерения у них выбираются произвольно.

Анализ результатов и примеры. Такие первичные величины являются основой физического и математического определения описываемых процессов или явлений, они определяются без привлечения любых других данных. Как правило, при использовании метода анализа размерностей именно первичные величины как несущественные на определенном этапе сокращаются из уравнений. Решение задачи обобщенных переменных проходит по следующему алгоритму; здесь взяты алгоритмы из [5, 6], объединены и дополнены между собой:

1. Определение типа задачи и выбор системы размерности.

2. Составление перечня важных для расчёта величин – выявление параметров, характеризующих процесс.
3. Составление полной матрицы размерностей. Определение независимых параметров и ранга матрицы.
4. Определение числа форм записей критериев подобия.
5. Определение вида π -переменных, их выражений.
6. Составление критериального уравнения.

С помощью анализа размерностей, по указанному алгоритму рассмотрению подлежит объект исследования – ТЭМ железнодорожного транспортного средства, предметом исследования является магнитное поле электродвигателя постоянного и пульсирующего тока, смоделированное на ПК. Одним из примеров применения теории подобия для анализа размерностей электродвигателя, как указано в, стало первоначальное рассмотрение магнитной системы электродвигателя и вывода критериального уравнения.

Выводы. МДС у главных полюсов и дополнительных полюсов различны по многим причинам: из-за разного количества витков обмоток, разной площади поперечного сечения обмоточного провода, разного напряжения на обмотках возбуждения.

МДС способствует протеканию различных электромагнитных процессов.

Электромагнитные процессы в электродвигателе зависят от МДС при электромеханическом преобразовании энергии. В свою очередь магнитное поле характеризуется индукцией. Природа электромагнитных процессов и магнитных потерь в электродвигателе одна. На основании этого зависимость магнитных потерь в якоре от приложенной или потребляемой энергии электродвигателя принимается за основу составления общего критериального уравнения.

Список литературы:

1. Исаев, И.П. Допуски на характеристики электрических локомотивов [Текст] – М.: Трансжелдориздат, 1958. – 370 с. 60.

2. “Ўзтемирйўлмаштаъмир” УК заводи таъмирлаш йўриқномаси
16.01.2016й

3. Бочаров, В.И. Магистральные электровозы. Тяговые электрические машины [Текст] / В.П. Бочаров, Г.В. Василенко, А.П. Курочка и др. / Под ред. В.И. Бочарова, В.П. Янова. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 464 с.

TsT-TsTVR / 4782. Rules for the repair of electric vehicles of electric rolling stock; p. 356, Moscow, Transport, (1975)

4. Grishchenko A.V. Electric machines and converters of rolling stock, Moscow, ACADEMA, p. 258, (2005)

5. Nuriddinov, S., Avazov, B., Hasanov, F., & Rakhmonova, Y. (2021). Analysis of the causes of traction electric failures of electric cargo cars operated on railways of the Republic of Uzbekistan. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 05041). EDP Sciences.

6. С. Б. Нуриддинов, Б. К. Авазов, К. Т. Каршиев / Статистика отказов и анализ повреждаемости электрических машин // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте [Электронный ресурс] : материалы II республиканской научно-технической конференции, 28-29 апреля 2022 г. / редкол.: С. В. Харитончик [и др.]. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 446-452.

7. Nuriddinov S. B. et al. INFLUENCE OF INSULATION IMPREGNATION ON THE OPERATION OF TRACTION ELECTRIC MACHINES //Теория и практика современной науки. – 2023. – №. 1 (91). – С. 17-21.