

НЕЛИНЕЙНОСТЬ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ.

Мухаммадиев Бахтияр Сапарович

Старший преподаватель Джизакского Политехнического института

Аннотация: в работе рассмотрены на основании научно-технической литературы анализ нелинейности статической характеристики трансформаторного преобразователя механических напряжений (ТПМН), питаемого синусоидальном током, а также анализ результатов теоретического и экспериментального исследования зависимости степени нелинейности напряжения.

Annotation: based on scientific and technical literature, the paper considers the analysis of the nonlinearity of the static characteristic of a transformer converter of mechanical stresses (TPMN) powered by a sinusoidal current, as well as the analysis of the results of theoretical and an experimental study of the dependence of the degree of nonlinearity of the voltage.

Ключевые слова: трансформаторный преобразователь механических напряжений (ТПМН), электродвижущая сила (ЭДС), статическая характеристика, напряжения, погрешность, нелинейность, конструкция, чувствительность, быстродействие.

Keywords: transformer converter of mechanical stresses (TPMN), electromotive force (EMF), static characteristic, voltage, error, nonlinearity, design, sensitivity, speed.

При создании новых конструкций трансформаторных преобразователей механических напряжений надо обратить особое внимание к соответствующей патентной литературе, так как на этапе анализа известных технических решений, используется обобщенные приемы улучшения характеристик трансформаторных преобразователей механических напряжений.

Из анализа различных конструкций трансформаторных преобразователей механических напряжений можно сделать вывод о том, что независимо от конструктивных особенностей преобразователей, в них происходит преобразование информации в трех физических цепях, а именно: механической, магнитной и электрической [1].

В результате анализа патентных материалов получен ряд обобщенных приемов конструктивного совершенствования трансформаторных преобразователей механических напряжений, где наиболее важными характеристиками являются: чувствительность и погрешность преобразования направления главных напряжений [2], а также при разработке методики расчета трансформаторного преобразователя механических напряжений (ТПМН) с дискретным выходом исходным уравнением является статистическая характеристика [3].

При разработке методики расчета трансформаторного преобразователя механических напряжений (ТПМН) с дискретным выходом исходным уравнением является статистическая характеристика которая необходима, в первую очередь, для определения оптимальных соотношений геометрических параметров магнитопровода, число обмоток и оптимального режима работы преобразователя [4].

Одной из важнейших метрологических характеристик, нормируемых при разработке средств автоматизации является статическая характеристика преобразователя.

Анализ классификации обобщенных приемов показывает, что наибольшее количество обобщенных приемов совершенствования конструкций разработана с целью уменьшения погрешности, обусловленной воздушным зазором, т.к. эта погрешность является наибольшей по величине и по существу определяет значение суммарной погрешности трансформаторных преобразователей механических напряжений [5].

Трансформаторный преобразователь представляет собой трансформатор, у которого под влиянием входного сигнала изменяется взаимная

индуктивность, что приводит к изменению вторичного, выходного напряжения. Преобразователи, преобразующие значение измеряемой величины в значение взаимной индуктивности, называются взаимоиנדуктивными или трансформаторными.

Изменение температуры преобразователя вызывает изменение ЭДС. При увеличении температуры возрастает активное сопротивление первичных обмоток и полное их сопротивление. Это уменьшает первичный ток и ЭДС [6].

При наличии двух обмоток на магнитной цепи при изменении магнитного сопротивления R_M будет изменяться взаимная индуктивность M между обмотками катушек, равная

$$M = \frac{w_1 w_2}{l_M}.$$

При разработке методики расчета трансформаторного преобразователя механических напряжений (ТПМН) с дискретным выходом исходным уравнением является статистическая характеристика которая необходима, в первую очередь, для определения оптимальных соотношений геометрических параметров магнитопровода, число обмоток и оптимального режима работы преобразователя.

В качестве критериев оптимизации параметров преобразователя используется обычно следующие: максимальная чувствительность, минимальная погрешность и максимальное быстродействие [7].

Анализ статической характеристики трансформаторного преобразователя механических напряжений (ТПМН), питаемого синусоидальном током, показывает, что статическая характеристика нелинейно. Для оценки степени нелинейности используется метод, рассмотренный в работе [8].

Степень нелинейности, при использовании в качестве информативной величины амплитуду синусоидального напряжения на вторичной обмотке ТПМН, можно определить по формуле [9].

Анализ зависимости степени нелинейности статической характеристики от параметров ТПМН показывает, что основными факторами определяющему нелинейность статической характеристики являются воздушный зазор, частота питания первичной обмотки ТПМН и потери на вихревые токи в материале исследуемого объекта (рис.1.).

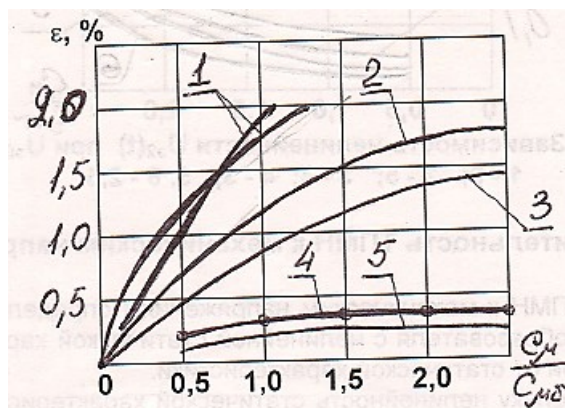


Рис.1. Зависимость степени нелинейности статической характеристики ТПМН при f : 1 – 5 кГц; 2 – 400 Гц; 3 – 50 Гц; 4,5 – импульсном питании.

В то же время, абсолютное значение степени нелинейности статической характеристики ТПМН не превышает 2%, что позволяет на практике считать статическую характеристику линейной.

Рассмотрим нелинейность статической характеристики ТПМН при импульсном питании.

Одним из факторов, определяющих нелинейность статической характеристики, является нелинейность электрического напряжения на измерительной обмотке ТПМН в первом и втором режимах работы преобразователя.

Для уменьшения влияния переходного процесса на работу преобразователя электрическое напряжение – интервал времени в ТПМН отсчет интервала времени производится не с момента подачи на возбуждающую обмотку квадратичного импульса, а с момента достижения напряжения $U_3(t)$ на измерительной обмотке некоторого опорного напряжения U_{301} , определяемого по нижеследующей формуле:

$$U_{301} > 6U_{\mu}^{\{K\} \text{ rsub } \{I\} \text{ rsub } \{\mu\} \{U\} \text{ rsub } \{\varepsilon\} \{R\} \text{ rsub } \{\mu\} \{C\} \text{ rsub } \{\mu\} \{C\} \text{ rsub } \{\mu\delta\} \text{ over } \{C\} \text{ rsub } \{\mu\} + \{C\} \text{ rsub } \{\mu\delta\} \} \cdot 2$$

Окончанием интервала времени является момент достижения напряжения $U_3(t)$ минимально допустимого значения опорного напряжения U_{302} . Допустимое значение U_{302} определяется при максимально допустимым воздушном зазоре во втором режиме работы ТПМН, так как в этом режиме крутизны $U_3(t)$ наименьшая.

При исследовании статической характеристики преобразователя было установлено, что во время режиме работы при питании квадратично изменяющимся во времени током эффективность короткозамкнутых управляющих обмоток изменяется с течением времени [10].

Теоретический расчет как нелинейности напряжения на измерительной обмотке, так и статической характеристики ТПМН с дискретным выходом производился численным методом на ЭВМ с погрешностью не более 0,01%.

Анализ результатов теоретического и экспериментального исследований зависимости степени нелинейности напряжения $U_3(t)$ от воздушного зазора при различных значениях опорного напряжения U_{301} в первом режиме работы ТПМН (рис.2.) показал, что нелинейность напряжения на измерительной обмотке увеличивается с уменьшением воздушного зазора и опорного напряжения U_{301} .

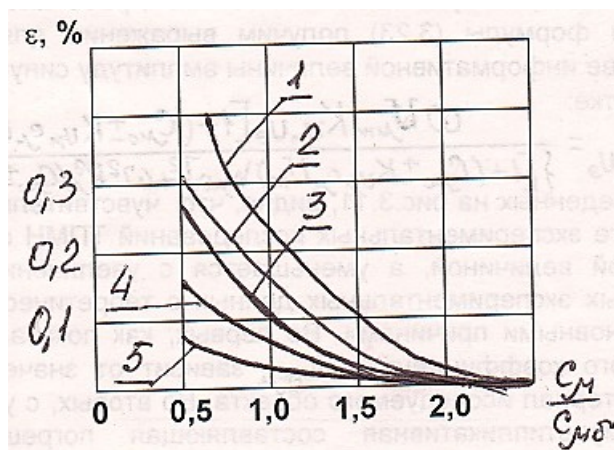


Рис.2. Зависимость нелинейности $U_{31}(t)$ при $\frac{U_{302}(t)}{U_{301}(t)}$:
1-5; 2-4 (теоретич.); 3-4 (экспер.); 4-3; 5-2,5.

Во втором режиме на форму напряжения влияет соотношения постоянных времени переходного процесса в материале исследуемого объекта и управляющих обмотках, которое можно охарактеризовать соотношением $\frac{R_{\mu k}}{R_{\mu}}$.

Установлено, что связь между механическими напряжениями и магнитными свойствами среды характеризуется магнитоупругой чувствительностью [11], а также поскольку в практике преобразования механических напряжений в ферромагнитных деталях методом высших гармоник используется всего несколько четных или нечетных гармоник, при этом большая часть информации не используется [12].

Анализ результатов исследований индуктивного преобразователя механических напряжений с мостовой схемой включения [3] показывает, что рассматриваемый преобразователь может применяться для преобразования составляющих линейного напряженного состояния, причем высокие метрологические характеристики (погрешность не более 4%) обеспечиваются при настройке на узкий диапазон преобразуемых напряжений [13].

Нелинейность напряжения во втором режиме, из которых следует, что наличие двух переходных процессов вызывает изменение характера зависимости нелинейности напряжения от воздушного зазора по сравнению с аналогичной зависимостью для первого режима работы ТПМН. Кроме того, ТПМН с управляющими обмотками, работающими в пассивном режиме, то есть значения $\frac{R_{\mu k}}{R_{\mu}}$ находятся в пределах 1 ...15, имеет нелинейность напряжения более, чем 10 раз, большую по сравнению с ТПМН с управляющими обмотками, работающими в активном режиме. Поэтому в дальнейшем данные результатов исследований приведены для ТПМН с импульсным питанием и управляющими обмотками, работающими в активном режиме.

Исследование нелинейности статической характеристики ТПМН с дискретным выходом (рис.1. зависимости 4 и 5) показали, что абсолютное

значение нелинейности статической характеристики ТПМН при импульсном питании значительно меньше, чем при синусоидальном питании и не превышает значения 0,4%, что показывает преимущество импульсного питания ТПМН. Расхождение теоретических данных с экспериментальными не превышает 30%.

Для уменьшения дополнительной температурной погрешности в рассматриваемом элементарном преобразователе в задающей цепи подбирались типы резисторов и конденсаторов по температурному коэффициенту так, чтобы $\Delta_{MU_{\mu}}=0$ [14].

Анализ принципа работы рассмотренного преобразователя показывает, что его быстродействие выше, по сравнению с преобразователями аналогичного принципа действия, так как весь процесс преобразования происходит за два импульса тока, тогда как при синусоидальном питании, преобразовании в постоянное напряжение происходит, как минимум, через три периода колебаний питающего тока. Кроме того, выбором тока возможно совмещение в трансформаторном преобразователе механических напряжений функций получения информации с ее первичной обработкой. Технология изготовления таких датчиков не требует дорогостоящего оборудования, в отличие от датчика на основе рpn-диода, не требует для своего изготовления высоковакуумного устройства и установки для ионных пучков и ионного сплавления. [15,16].

Таким образом, из этого дела вывод, находим что точность и быстродействие конструкций преобразователей механических напряжений с дискретным выходом два раза выше по сравнению с известными преобразователями [17], а также экспериментальные и теоретические исследования нелинейности статической характеристики ТПМН показали, что абсолютное значение нелинейности при импульсном питании значительно меньше, чем при синусоидальном питании. Количественной характеристикой измеряемых величин является размер. Качественной характеристикой измеряемых величин - ее размерность. Размерности левой и правой частей

уравнений не могут не совпадать, так как сравнивать между собой можно только одинаковые свойства [18,19].

Использованная литература:

1. Мухаммадиев Б. С. ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАКЛАДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ С ДИСКРЕТНЫМ ВЫХОДОМ //Proceedings of International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 6. – С. 154-162.

2. Мухаммадиев Б. С. УЛУЧШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ //Proceedings of International Conference on Modern Science and Scientific Studies. – 2023. – Т. 2. – №. 6. – С. 196-204.

3. Мухаммадиев Б. С. АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ МАГНИТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ //O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI. – 2022. – Т. 1. – №. 8. – С. 323-331.

4. Saparovich M. B. APPLICATION OF A TRANSFORMER CONVERTER WITH A DISCRETE OUTPUT IN AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM //Academic Research Journal. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 150-155.

5. Мухаммадиев Б. С. ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ НАКЛАДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ //E Conference Zone. – 2022. – С. 198-202.

6. Мухаммадиев Б. С. Разработка конструкций трансформаторных преобразователей механических напряжений с улучшенными метрологическими характеристиками //E Conference Zone. – 2022. – С. 122-125.

7. Мухаммадиев Б. С., Эшонкулова М. Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СООТНОШЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ С ДИСКРЕТНЫМ ВЫХОДОМ //Экономика и социум. – 2021. – №. 11-2 (90). – С. 207-211.

8. Зарипов М. Ф. Преобразователи с распределенными параметрами для автоматики и информационно-измерительной техники: М. Ф. Зарипов. Москва Энергия 1969.

9. Капцов А.В. Исследование основных характеристик трансформаторного преобразователя механических напряжений. – В кн.: Применение радиоэлектроники, аппаратуры связи, вычислительной и лазерной техники в народном хозяйстве. Куйбышев, 1983, с.58-62.

10. Мухаммадиев Б. С. СТАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ С ДИСКРЕТНЫМ ВЫХОДОМ //SO ‘NGI ILMIU TADQIQOTLAR NAZARIYASI. – 2023. – Т. 6. – №. 6. – С. 286-293.

11. Мухаммадиев Б. С. ДЕЙСТВИЯ МАГНИТОУПРУГИХ И МАГНИТОАНИЗОТРОПНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ //Conference Zone. – 2022. – С. 139-144.

12. Мухаммадиев Б. С. МАШИННЫЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ //E Conference Zone. – 2022. – С. 201-205.

13. Мухаммадиев Б. С. Накладные магнитоупругие преобразователи механических напряжений в системах автоматического управления //CANADA, International scientific-online conference:“INNOVATIVE DEVELOPMENTS AND RESEARCH IN EDUCATION” PART. – 2022. – Т. 4. – С. 69-73.

14. Мухаммадиев Б. С., Эргашева К. Н. АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ОБОБЩЕННОЕ МАГНИТНОЕ НАПРЯЖЕНИЯ //Экономика и социум. – 2021. – №. 11-2 (90). – С. 212-216.

15. Мухаммадиев Б. С. УЛУЧШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ //Proceedings of International Conference on Modern Science and Scientific Studies. – 2023. – Т. 2. – №. 6. – С. 196-204.

16. Муродкосимович И. Ф., Ганишерович Б. А. и Суннатиевич А. Б. (2021). СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАНДАРТНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ.

Международный инженерный журнал исследований и разработок, 6 (ICDSIIL), 5-5.

17. Мухаммадиев Б. С. СТАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ С ДИСКРЕТНЫМ ВЫХОДОМ //SO 'NGI ILMIY TADQIQOTLAR NAZARIYASI. – 2023. – Т. 6. – №. 6. – С. 286-293.

18. Шертайлаков Г. М., Уралов Г. А. Поверка средств измерения //Техника. Технологии. Инженерия. – 2018. – №. 2. – С. 6-8.

19. Ungarov D. Y., Shertaylakov G. M. IT IS THE MAIN GUARANTEE OF CONSUMER RIGHTS PROTECTION TAKING INTO ACCOUNT THE CHARACTERISTICS OF INTERNATIONAL STANDARD REQUIREMENTS //INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE" INNOVATIVE TRENDS IN SCIENCE, PRACTICE AND EDUCATION". – 2023. – Т. 2. – №. 2. – С. 103-106.

20. Абдурахманов А. А. СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПОНЯТИЙ В СОВРЕМЕННОЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ //THE ROLE OF SCIENCE AND INNOVATION IN THE MODERN WORLD. – 2023. – Т. 2. – №. 2. – С. 83-93.