

СТАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ С ДИСКРЕТНЫМ ВЫХОДОМ

Мухаммадиев Бахтияр Сапарович

Старший преподаватель Джизакского Политехнического института
(тел: +998 93 302 11 32, e-mail: muhammadievbaxtiyr@gmail.com)

Аннотация: в работе рассмотрена статическая характеристика обобщенной конструкции трансформаторного преобразователя механического напряжения, а также на основе исследований преимущества применения импульсного питания трансформаторного преобразователя механического напряжения по сравнению с синусоидальным.

Annotation: the paper considers the static characteristics of the generalized design of a transformer converter of mechanical voltage, as well as on the basis of studies of the advantages of using a pulsed power supply of a transformer converter of mechanical voltage compared with a sinusoidal one.

Ключевые слова: трансформаторный преобразователь механических напряжений (ТПМН), электродвижущая сила (ЭДС), оперативный усилитель (ОУ), магнитный поток, линейный закон, преобразователь, статическая характеристика, амплитуда напряжения, вихревые токи, гистерезис, синусоидальный, магнитопровод, электронная вычислительная машина (ЭВМ),

Keywords: transformer converter of mechanical stresses (TPMN), electromotive force (EMF), operational amplifier (OP), magnetic flux, linear law, converter, static characteristic, voltage amplitude, eddy currents, hysteresis, sinusoidal, magnetic circuit, electronic computer (computer),

В последнее время широкое распространение получили преобразователи напряжения в частоту на оперативный усилитель (ОУ). Такие преобразователи характеризуются точностью, высокой линейностью, хорошей температурной стабильностью параметров и низкой стоимостью. Одно из главных применений преобразователей напряжения в частоту основано на способности этих преобразователей осуществлять согласование между аналоговыми и цифровыми схемами. Преобразователи напряжения в частоту также могут быть использованы для дистанционного контроля параметров аналоговых схем, измерения отношений сигналов, интегрирования и т. д. Такие схемы являются основой различных систем управления, генераторов пилообразных импульсов, модуляторов.

Одной из важнейших метрологических характеристик, нормируемых при разработке средств автоматизации является статическая характеристика преобразователя [1].

Рассмотрим статическую характеристику обобщенной конструкции трансформаторного преобразователя механических напряжений, параметрическая структурная схема которой показана на рис.1. При этом пренебрегаем магнитным сопротивлением магнитопровода и потерями на вихревые токи в нем, так как магнитопровод преобразователя выполняется обычно из шихтованной электротехнической стали или феррита с высокой магнитной проницаемостью.

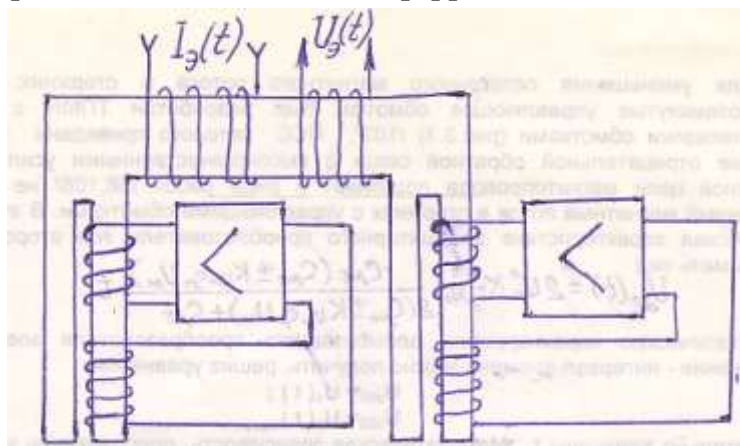


Рис.1. Конструкция трансформаторного преобразователя механических напряжений с активными управляющими обмотками.

По существу трансформаторные преобразователи механического напряжения с дискретным выходом является преобразователем, состоящим из ряда элементарных преобразователей: механическое напряжение - электрическое напряжение - интервал времени – последовательность импульсов – код. Поэтому для получения статической характеристики всего преобразователя последовательно надо рассмотреть статические характеристики элементарных преобразователей.

Процесс, происходящий в преобразователе, может быть представлен в виде совокупности элементарных преобразований одной физической величины в другую, каждое из которых является в первом приближении линейной зависимостью. Весь процесс в этом случае описывается большим сочетанием взаимосвязанных элементарных прямо пропорциональных зависимостей между величинами, характеризующими физические константы и размеры объекта [2].

При питании трансформаторного преобразователя механического напряжения синусоидальным током в качестве информативной величины может использоваться как амплитуда напряжения на измерительной обмотке, так и его фаза. Причем, как на амплитуду напряжения, так и его фазу, оказывают влияние потери на вихревые токи и магнитной гистерезис R_μ . В то время как при питании импульсным током параметр R_μ на статическую характеристику трансформаторного преобразователя механического напряжения влияние не оказывает, хотя и определяет длительность переходного процесса.

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. Уменьшение экранирующего действия управляющих обмоток вызывает появление магнитного потока, протекающего через стержни полюсов, на которых находятся управляющие обмотки, т.е. магнитная проводимость под стержнем полюса имеет конечное значение $\Delta C_{\mu\delta}$, зависящее от времени, причем $\Delta C_{\mu\delta} \neq 0$, что, в конечном итоге, приводит к непостоянству коэффициента изменения эффективной площади поперечного сечения полюсов ТПМН коэффициент n_s [3].

Физически это можно объяснить следующим образом. При подаче на возбуждающую обмотку трансформаторного преобразователя механического напряжения тока, квадратично изменяющегося во времени, магнитный поток в цепи трансформаторного преобразователя механического напряжения (ТПМН) изменяется по аналогичному закону, наводя в материале исследуемого объекта электродвижущая сила (ЭДС), изменяющаяся во времени по линейному закону. Следовательно, вихревой ток в материале детали будет иметь постоянное направление и линейно нарастающую во времени амплитуду. Магнитный поток, порожденный вихревыми токами, также будет изменяться по линейному закону и направлен против основного потока. Обе составляющие магнитного потока наводят в измерительной обмотке ЭДС, линейно изменяющуюся во времени – от основного магнитного потока и постоянную от потока, обусловленного наличием вихревых токов. Поскольку изменение магнитной проводимости цепи трансформаторного преобразователя механического напряжения (ТПМН) вызывает изменение крутизны нарастания линейно изменяющегося напряжения, то наличие или изменение постоянного напряжения, обусловленного вихревыми токами, не оказывает влияние на измерение производной электрического напряжения.

Электромагнитные преобразователи механических напряжений обеспечивают:

1. Бесконтактное преобразование механических напряжений в электрический сигнал, удобной для дальнейшей обработки информации;
2. Преобразование механических напряжений при непрерывных технологических процессах;
3. Преобразование остаточных механических напряжений в электрический сигнал [4].

Сущность многопараметрового метода повышения точности заключается в следующем. Если выходная величина преобразователя зависит от двух или более неизвестных параметров, то для исключения влияния неинформативных параметров необходимо решить систему линейно независимых уравнений, число которых равно числу неизвестных параметров. Рассмотренная сущность метода нашла реализацию в ряде конструкций трансформаторных преобразователей механических напряжений компенсационного типа. Следует отметить, что в линейных трансформаторных преобразователях механических напряжений в отличие от двухчастотных электромагнитных преобразователей, изменениями параметрами являются геометрические размеры магнитопровода [5].

Скачкообразное изменение намагниченности может быть вызвано не только полем, но другими внешними воздействиями (например, плавным изменением напряжений или температуры), при которых происходит изменение доменной структуры образца.

Основными характеристиками преобразователей механических напряжений является чувствительность к механическим напряжениям и погрешность преобразования.

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. В работе предложен метод преобразования, основанный на измерении большого ряда (до 100 точек) значений гисторезисной кривой ферромагнитного материала. Обработку информации с преобразователя в этом случае производят на ЭВМ [6].

Принцип работы преобразователя аналогичен принципу работы преобразователя. Отличительной особенностью является питание возбуждающей обмотки квадратично изменяющимися во времени импульсами, при этом на измерительной обмотке напряжение изменяется по линейному закону, так как трансформаторный преобразователь механических напряжений можно считать в идеальном случае дифференцирующим устройством [7].

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. Усилия многих исследователей направлены на разработку эффективных методов уменьшения погрешности электромагнитных преобразователей от нестабильности воздушного зазора [8].

Для уменьшения рассмотренных составляющих погрешности необходимо введение цепи балансировки.

Рассмотрим статическую характеристику интегратора с учетом конечного значения коэффициента усиления ОУ K_{ou} :

$$U_{\text{вых.}}(t) = - U_{\text{вх.}} \cdot K_{ou} [1 - \exp(-\frac{t}{\tau_u})]$$

$$\text{где } \tau_u = RC (K_{ou} + 1).$$

Анализ формулы показывает, что, как и в случае простой RC-цепи, напряжения интегратора на ОУ изменяется по экспоненциальному закону, но постоянная времени экспоненты и выходное напряжение приблизительно в K_{ou} раз больше, чем у пассивной интегрирующей цепи [9].

Для получения высокой линейности изменения частоты выходного сигнала преобразователя от входного напряжения наиболее предпочтительным является применение метода компенсации заряда интегрирующего конденсатора.

При разработке методики расчета трансформаторного преобразователя механических напряжений 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 [10].

Таким образом, проведенные исследования доказывают преимущества применения импульсного питания трансформаторного преобразователя механического напряжения (ТПМН) по сравнению с синусоидальным из-за устранения влияния потерь на вихревые токи и гистерезис на результат преобразования.

Из анализа работ, посвященных трансформаторным преобразователям механических напряжений, используемых в системе автоматического управления, можно сформулировать следующие требования, предъявляемые к преобразователям:

- высокая чувствительность к механическим напряжениям;
- малая погрешность преобразования;
- высокое быстродействие;
- возможность обработки сигналов преобразователя с помощью ЭВМ;
- возможность преобразования составляющих сложного напряженного состояния;
- технологичность изготовления и простота эксплуатации;
- низкая стоимость и высокая надежность [11].

Из этого дела вывод, находим что точность и быстродействие конструкций преобразователей механических напряжений с дискретным выходом два раза выше по сравнению с известными преобразователями. Также, они отвечают требованиям, предъявляемым со стороны системы автоматического управления подъемом и поддержанием магистрального трубопровода, и позволяют при использовании в этой системе управления уменьшить вероятность аварий при проведении капитального ремонта магистральных трубопроводов [12], а также одним из базовых компонентов является электронные обучающие технологии, выступающие интегративным средством решения профессиональных задач посредством программно-методического, информационного и дидактического обеспечения [13], где каждая составляющая имеет содержательное наполнение и выполняет свою функцию:

- мотивационный компонент играет иницирующую роль;
- когнитивный компонент – информационную;

- деятельностный компонент – технологическую;
- рефлексивный компонент – регулиующую [14].

Возрастающие требования к системе автоматического управления (САУ) технологическими процессами, а также к устройствам и механизмам, дало сильный толчок для развития средств первичного преобразования, на основе использования достижений науки и техники необходимо ускорить внедрение систем автоматического управления с использованием современных микропроцессоров и микро-ЭВМ, внедрение автоматизированных методов и средств контроля качества и испытания продукции [15,16].

Принимая во внимание технической информации, полученные через интернет, а также с самыми передовыми направлениями высокоразвитого современного производства: стандартизацией и унификацией в производстве, организацией труда на научной основе, с технологией подготовки деталей и сборки машин-механизмов, средств измерений, с рациональным использованием различных материалов предоставляет возможность подробно ознакомиться и используя перечисленные позиции в качестве показателей оценки, сформируем обобщенный критерий как продуктивность учебной деятельности [17,18].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. ГОСТ 23222-88 Характеристики точности выполнения предписанной функции средств автоматизации. Требования к нормированию. Общие методы контроля. Издательство стандартов, БЗ 9-88/627.
2. Мухаммадиев Б. С. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАКЛАДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ //Актуальные вопросы современной науки и образования. – 2021. – С. 93-101.
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. Мухаммадиев Б. С. ДЕЙСТВИЯ МАГНИТОУПРУГИХ И МАГНИТОАНИЗОТРОПНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ //Conference Zone. – 2022. – С. 139-144.
5. Мухаммадиев Б. С. МАШИННЫЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ //E Conference Zone. – 2022. – С. 201-205.

6. 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.

7. Мухаммадиев Б.С. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ //E Conference Zone. – 2022. – С. 122-125.

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

9. МУХАММАДИЕВ Б. С., ЭРГАШЕВА К. Н. АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ОБОБЩЕННОЕ МАГНИТНОЕ НАПРЯЖЕНИЯ //ЭКОНОМИКА. – С. 212-216.

10. 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.

11. 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.

12. Muhammadiev Bakhtiyar Saparovich. (2023). APPLICATION OF A TRANSFORMER CONVERTER WITH A DISCRETE OUTPUT IN AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM . Academic Research Journal, 2(1), 150–155.

13. Мухаммадиев Б. С. ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ ИЗ УЗБЕКИСТАНА В РОССИЙСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ //PEDAGOGS journali. – 2022. – Т. 12. – №. 3. – С. 68-74.

14. Мухаммадиев Б. С. Внедрение информационных технологий при обучении студентов в российских технических вузах //World scientific research journal. – 2022. – Т. 2. – №. 1. – С. 88-93.

15. Saparovich M. B. THE PROCESS OF DISTANCE LEARNING OF STUDENTS IN A TECHNICAL UNIVERSITY. – 2023.

16. Мухаммадиев Б. С. ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ //INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE" INNOVATIVE TRENDS IN SCIENCE, PRACTICE AND EDUCATION". – 2023. – Т. 2. – №. 2. – С. 107-113.

17. Мухаммадиев Б. С. ЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДМЕТОВ ПРИ ОБОБЩЕНИИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ //World scientific research journal. – 2022. – Т. 3. – №. 1. – С. 144-152.

18. Мухаммадиев Б.С. АДАПТАЦИЯ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ СОЦИАЛИЗАЦИЯ СТУДЕНТОВ ИЗ УЗБЕКИСТАНА К ОБУЧЕНИЮ В РОССИЙСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ., “DEVELOPMENT OF A MODERN EDUCATION SYSTEM AND CREATIVE IDEAS FOR IT, REPUBLICAN SCIENTIFIC-PRACTICAL ON-LINE CONFERENCE ON "SUGGESTIONS AND SOLUTIONS",-2022, PART-33, 58-62 page.