

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СООТНОШЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ С  
ДИСКРЕТНЫМ ВЫХОДОМ.**

**Determination of the optimal ratios of the parameters  
of the mechanical stress converter with a discrete output**

**Мухаммадиев Бахтияр Сапарович**

Старший преподаватель Джизакского Политехнического института

**Эшонкулова Мадина Носировна**

Ассистент Джизакского Политехнического института

**Аннотация:** в работе рассмотрены на основании анализа научно-технической литературы выявленных и классифицированных обобщенных приемов определения оптимальных соотношений параметров преобразователя механических напряжений с дискретным выходом.

**Annotation:** in the work considered on the basis of the analysis of scientific and technical literature of the developed and classified obobshchennykh methods of definition of optimal sootnosheniy parameters preobrazovatelya mechanical pressure with discrete output.

**Ключевые слова:** трансформаторный преобразователь механических напряжений (ТПМН); магнитопровод, преобразователь, чувствительность, погрешность, электрическая проводимость, коммутация, коммутатор, сопротивление, оптимизация, импульс, электромагнитная волна, магнитоупругость.

**Keywords:** transformatornyy preobrazovatel mekhanicheskikh napryajeniy (TPMN); magnetoprovod, preobrazovatel, chuvstvitelnost, pogreshnost, elektricheskaya provodimost, kommutatsiya, kommutator, soprotivlenie, optimizatsiya, pulse, elektromagnitnaya volna, magnitouprugost.

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 [1,7]: максимальная чувствительность, минимальная погрешность и максимальное быстродействие.

Рассмотрим выбор оптимальных соотношений параметров магнитопровода и обмоток трансформаторного преобразователя механических напряжений (ТПМН). При питании магнитной цепи ТПМН импульсным магнитным напряжением, изменяющимся во времени по квадратичному закону:

$$U_{\mu}(t) = U_{\mu} \cdot t^2$$

выражение статистической характеристики после постановки и обратного преобразования Лапласа, будет иметь вид:

$$U_{\Sigma 1}(t) = \frac{2}{R_{\mu}} U_{\mu}'' \cdot K_{I_{\mu} U_{\Sigma}} \cdot \tau_{\mu 1} [t - \tau_{\mu 1} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_{\mu}}})] \quad (1)$$

$$\text{где } \tau_{\mu 1} = \frac{R_{\mu} \cdot C_{\mu} \cdot C_{\mu \delta}}{C_{\mu} + C_{\mu \delta}}, \quad C_{\mu} = C_{\mu 0} \pm K_{U_M C_{\mu}} \cdot U_M.$$

После обратного преобразования Лапласа получим в следующем виде:

$$U_{\Sigma 2}(t) = 2 \cdot U_{\mu}'' \cdot K_{I_{\mu} U_{\Sigma}} [K_1 e^{at} + K_2 e^{\beta t} + K_3 + \frac{2}{\tau_2} (\frac{K_1}{\alpha} e^{at} + \frac{K_2}{\beta} e^{\beta t} + K_3 \cdot t + K_4)] \quad (2)$$

Из формул (1) и (2) следует, что для увеличения чувствительности преобразователя необходимо, чтобы магнитная проводимость исследуемой детали  $C_{\mu}$  была меньше магнитной проводимости воздушного зазора  $C_{\mu \delta}$ :

$$\frac{C_{\mu \delta}}{C_{\mu}} = \frac{l_1 l_{\mu 0}}{q_{\mu \delta} \cdot \mu \delta} > 1 \quad (3)$$

Анализ формулы (3) показывает, что при проектировании ТПМН необходимо выбирать магнитопровод с максимальной базой  $l$  и шириной полюса  $l_1$  (рис.1). При этом с увеличением базы необходимо увеличивать высоту магнитопровода  $h$  с тем расчетом, чтобы не увеличивались потоки рассеяния.

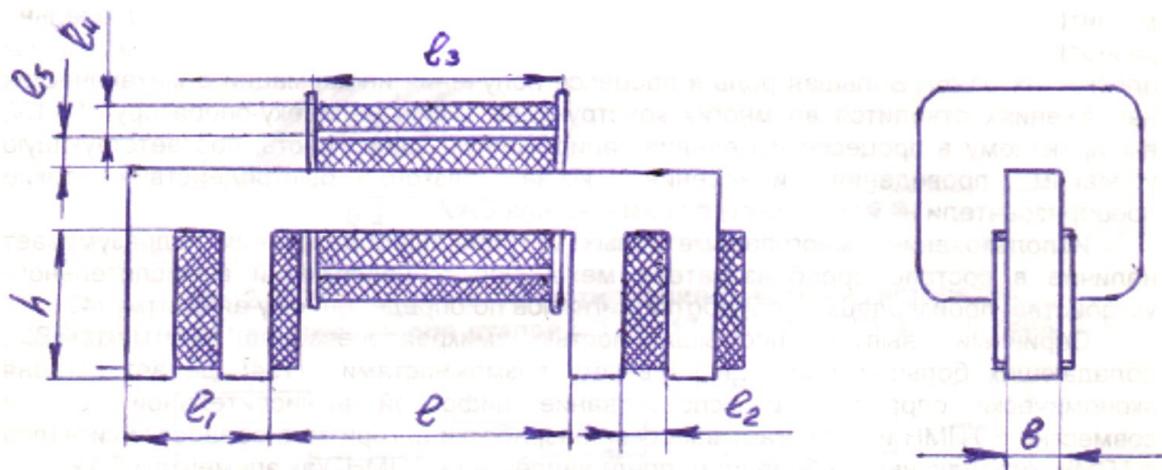


Рис.1 Конструкция ТПМН с изменяющейся эффективной площадью поперечного сечения полюсов

Для уменьшения погрешности преобразования необходимо обеспечение максимума параметра  $R_{\mu k}$ . Значение электрической проводимости многовитковой обмотки определяется по формуле:

$$R_{\mu k} = K_{I_3} U_{\mu} \cdot R_{\mu 1B} \quad (4)$$

Количество витков управляющей обмотки  $K_{уп}$  определяется площадью окна магнитопроводов и зависит от размеров  $l_2$  и  $h$ :

$$K_{уп} = \frac{l_2 h K_{\xi}}{d_{п}^2} \quad (5)$$

В то же время, электрическая проводимость одного витка:

$$R_{\mu 1B} = \frac{\sigma_{cu} \pi d_{п}^2}{4 l_B} \quad (6)$$

Подставив формулы (5) и (6) в (4), получим после преобразования:

$$R_{\mu k} = \frac{\pi l_2 h \sigma_{cu} K_{\xi}}{4 l_B} \quad (7)$$

Анализ формулы (7) показывает, что величина  $R_{\mu k}$  не зависит практически от диаметра провода, которым намотана управляющая обмотка, за исключением зависимости коэффициента заполнения от диаметра провода, однако величина коэффициента  $K_{\xi}$  в большой степени зависит от типа намотки [2], а именно, обмотку следует выполнять с шахматным расположением витков, а не рядовым. Второй вывод, вытекающей из формулы (7) можно сформулировать следующим образом. Эффективность работы управляющей обмотки возрастает с увеличением площади окна, однако одну и ту же площадь

окна магнитопровода можно получить различным сочетанием размеров  $\ell_2$  и  $h$ , при этом эффективность обмоток будет различной. Необходимо максимально использовать размер  $h$  магнитопровода.

Из формулы (7) следует, что желательно полюса магнитопровода делить на стержни с неравными поперечными площадями сечения, а именно, стержень с управляющей обмоткой должен быть меньшим для уменьшения средней длины одного витка обмотки. Кроме параметров управляющих обмоток ТПМН решающее значение имеет выбор способа коммутации управляющих обмоток. Наиболее оптимальным вариантом коммутатора следует считать коммутатор, обеспечивающий требуемое быстродействие и минимум вносимого сопротивления в режиме короткого замыкания управляющей обмотки.

Наибольшим быстродействием обладают транзисторные ключи, однако сопротивление открытого транзисторного ключа в сотни раз больше сопротивления замкнутых контактов электромагнитного реле. Одним из параметров, требующих оптимизации, является длительность импульса квадратично изменяющегося тока. С одной стороны, известно [3,4], что с увеличением длительности импульса увеличивается глубина проникновения электромагнитной волны, что снижает требования к качеству поверхностного слоя материала исследуемого объекта, но при этом снижается быстродействие и чувствительность преобразователя. С другой стороны, при уменьшении длительности импульса чувствительность увеличивается, но при некотором значении длительности импульса начинает уменьшаться из-за уменьшения коэффициента магнитоупругой чувствительности.

Как показали экспериментальные исследования для стали 17Г1С [5] наиболее оптимальную длительность импульса питания следует выбирать в диапазоне 1...2,5 мс. Учитывая требования ГОСТ 26.013-80 (Средства измерения и автоматизации. Сигналы электрические с дискретным изменением параметров входные и выходные. – Февраль, 1980, - 8 с.), оптимальной длительностью квадратичного импульса следует считать следующие три значения: 1 мс; 1,6 мс и 2,6 мс.

### **Использованная литература:**

1. Чаплыгин В.И. Разработка и исследование магнитоупругих датчиков контроля напряжений и усилий в инженерных конструкциях. – Дис.... канд. техн. наук. –М., 1971. -154 с.
2. Справочник технолога-приборостроителя: В 2-х т. – 2-е изд., перераб. и доп. Т.2 /Под ред. Е.А.Скорородова. – М.: Машиностроение, 1980. -463 с., ил.
3. 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 (Рукопись деп. В ЦНИИ «Электроника» №9266/84).
4. Капцов А.В., Лиманова Н.И., Шишкин А.Р. Электромагнитный преобразователь для неразрушающего контроля с импульсным питанием. – В кн.: VI Областная научно-техн. конф. «Новые методы и средства неразрушающего контроля качества материалов, полуфабрикатов и изделий». Тезисы докладов. 8-10 сент.1982 г., Куйбышев, 1982, с.27-28.
5. Капцов А.В., Иванов В.В. Электромагнитный преобразователь механических напряжений с микрокалькулятором. – Дефектоскопия, 1983, №4, с.21-25.
6. Муродкосимович И. Ф., Ганишерович Б. А. и Суннатиевич А. Б. (2021). СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАНДАРТНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ. Международный инженерный Журнал Исследований и Разработок, 6(ICDSIRL), 5-5.
7. Мухаммадиев Б. С. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАКЛАДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ //АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ. – 2021. – С. 93-101.