

**К РАЗРАБОТКЕ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА
И ПРОЕКТИРОВАНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО ИНДУКТИВНОГО
ПАРАМЕТРОНА БЕЗ ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
В ТОКЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ**

Е. И. ГОЛЬДШТЕЙН, А. М. АЛИН

(Представлена научным семинаром кафедры автоматики и телемеханики)

На кафедре автоматики и телемеханики ТПИ рассматриваются возможности применения индуктивного параметрона с возбуждением от источника промышленной частоты 50 гц как элемента систем автоматики и телемеханики.

В устройствах дистанционного и телемеханического управления наиболее целесообразно применить двухчастотный индуктивный параметрон, перестраиваемый изменением емкости конденсатора резонансного контура. На рис. 1 приведена схема рассматриваемого параметрона,

- где U_1 — напряжение возбуждения частотой f ;
 I_1 — действующее значение тока в цепи возбуждения;
 W_1 и W_2 — число витков соответственно обмотки возбуждения и резонансной;
 U_2 — выходное напряжение;
 I_2 — действующее значение тока в резонансном контуре;
 C_1 и C_2 — конденсаторы соответствующей емкости;
 K_1 и K_2 — ключи управления;
 R_H — сопротивление нагрузки.

При соответствующем выборе параметров схемы можно обеспечить переход от режима первого резонанса ($f_{\text{вых}} = f$) к режиму второго резо-

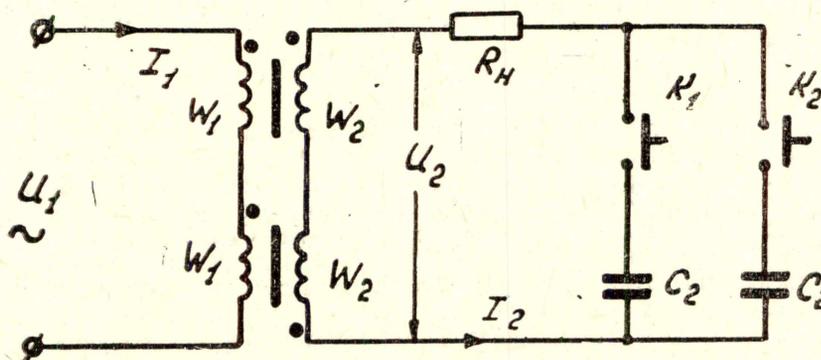


Рис. 1

нанса ($f_{\text{вых}} = 2f$) только за счет изменения емкости конденсатора при неизменном напряжении возбуждения. Авторами было проведено экспериментальное исследование индуктивного параметрона при вариации

его основных параметров (сечения стали сердечников, числа витков, сопротивления нагрузки, емкости конденсаторов, напряжения возбуждения и т. п.) в широком диапазоне. Все сердечники — броневые, набивались они из штампованных пластин Э41 толщиной 0,35 мм. При экспериментах фиксировались токи, напряжения, выходная мощность (мощность на нагрузке) и критическое сопротивление ($R_{кр}$) резонансного контура — т. е. сопротивление, при котором еще возможно возникновение параметрических колебаний при определенной емкости конденсатора.

Обработка экспериментальных данных позволила установить определенные соотношения между основными параметрами схемы, при которых обеспечивается устойчивый длительный режим работы индуктивного параметрона на известную нагрузку.

Для режима первого резонанса емкостное сопротивление резонансного контура следующим образом связано с активным сопротивлением контура R_k :

$$X_{c1} \geq K_1 R_k, \quad (1)$$

где коэффициент связи K_1 в зависимости от выходной мощности колеблется в пределах от 8 (для $P_{вых} = 50$ ва) до 4 (при $P_{вых} = 500$ ва), т. е.

$$K_1 = (8 \div 4). \quad (2)$$

Сопротивление контура складывается из сопротивления нагрузки и сопротивления обмоток W_2 :

$$R_k = R_2 + R_n. \quad (3)$$

В первом приближении можно считать,

$$\text{что} \quad R_k = (1,1 \div 1,2) R_n. \quad (4)$$

Для режима второго резонанса

$$X_{c2} \geq K_2 R_k; \quad K_2 = 12 \div 10. \quad (5)$$

Переход от режима первого к режиму второго резонанса при $U_1 = \text{const}$ возможен лишь при определенном соотношении между X_{c1} и X_{c2} :

$$X_{c2} = (3,5 \div 5) X_{c1}; \quad C_2 = \frac{C_1}{7 \div 10}. \quad (6)$$

Анализ экспериментальных данных показал, что при известной расчетной мощности резонансного контура (P_2) оказывается заданным произведение сечения сердечника на площадь окна, т. е.

$$S_c S_0 = K \frac{P_2}{2}, \quad (7)$$

где коэффициент связи K зависит от абсолютного значения мощности P_2 и может быть определен по графику рис. 2.

Зная $S_c S_0$, легко подобрать подходящий типоразмер сердечника по справочным данным. Для определения P_2 воспользуемся очевидным соотношением

$$P_2 = I_2^2 \sqrt{(R_n + R_2)^2 + (X_{c1})^2}, \quad (8)$$

При ориентировочном определении чисел витков W_1 и W_2 возьмем за основу расчетные выражения, полученные при использовании метода расчета по действующим значениям и векторным диаграммам [1, 2]. Не

приводя из-за громоздкости весь вывод, ограничимся окончательным расчетным выражением для коэффициента трансформации

$$K_{\text{тр}} = \frac{W_1}{W_2}, \quad (9)$$

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_1}{\sqrt{\left| \left(\frac{S_0 K_M \delta}{2I_2} \right)^2 \cdot 2S_C^2 \omega^2 B_p^2 K_C^2 - U_2^2 \right|}}, \quad (10)$$

где K_M — коэффициент заполнения окна;

ω — круговая частота;

δ — плотность тока;

B_p — расчетная индукция;

K_C — коэффициент заполнения сердечника.

Для исследованных нами параметронов с выходной мощностью $50 \div 500$ *ва*

$$B_p = (1 \div 1,1) \text{ тл.} \quad (11)$$

Следует отметить, что при выводе выражения (10) не учитывались потери в стали, рассеяние и сопротивление цепи возбуждения. Сопоставление

результатов расчета с экспериментальными данными показало, что величина коэффициента трансформации должна лежать в диапазоне

$$K_{\text{тр}} \leq (0,3 \div 0,5). \quad (12)$$

При несоблюдении условия (12) рекомендуем между параметроном и источником питания устанавливать согласующий трансформатор или переходить на больший типоразмер.

Число витков обмотки возбуждения определяется по выражению

$$W_1 = \sqrt{\frac{U_1^2 + U_2^2 K_{\text{тр}}^2}{2S_C^2 \omega^2 B_p^2 K_C^2}}. \quad (13)$$

При использовании выражений (10) и (13) требует знать напряжение U_2

$$U_2 = I_2 \sqrt{X_{C_1}^2 + (R_n + R_2)^2}. \quad (14)$$

Рассмотренные выше расчетные выражения (10) и (13) позволяют провести расчет первого приближения и выбрать ориентировочные параметры схемы, уточняемые в процессе расчета второго приближения с учетом сопротивления цепи возбуждения. Методика точного расчета авторам неизвестна, однако достаточно удовлетворительное совпадение даст расчет по действующим значениями с помощью векторных диаграмм [1, 2].

Пример: Покажем применение рассмотренной методики к приближенному расчету индуктивного параметрона системы телесигнализации объекта без источника питания [3]. При расчете системы были по-

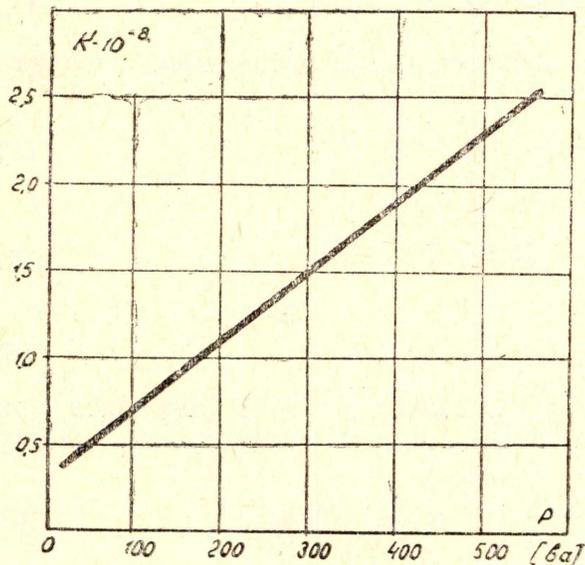


Рис. 2

лучены исходные данные к расчету параметрона: $U_1 = 12$ в; $R_n = 72$ ом; $I_n = 0,052$ а; $X_{c1} = 1260$ ом; $C_1 = 2,53$ мкф.

1. Проверяем возможность возбуждения колебаний на основной частоте по условию (1) с учетом (4)

$$1260 > (8 \div 4) \cdot (1,1 \div 1,2) \cdot 72.$$

Условие выполняется.

2. Выбираем конденсатор по условию (6) для обеспечения второго резонанса

$$X_{C_2} = 3,5 \cdot 1260 = 4410 \text{ ом.} \quad C_2 = 0,36 \text{ мкф.}$$

3. Определяем расчетную мощность по выражению (8) с учетом (4)

$$P_2 = 0,052^2 \sqrt{(1,2 \cdot 72)^2 + (1260)^2} = 3,4 \text{ ватт.}$$

4. По графику рис. 2 определяем $K = 0,4 \cdot 10^{-8}$.

5. По выражению (7)

$$S_C S_0 = 0,4 \cdot 10^{-8} \frac{3,4}{2} = 0,68 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

6. По справочным данным [4] выбираем магнитопровод ШУ10×10; $S_C = 1,0 \text{ см}^2$; $S_0 = 1,15 \text{ см}^2$; $S_0 S_C = 1,15 \text{ см}^4$.

7. По табл. 4-3, 4-2, 4-4 [5] находим

$$K_M = 0,24; \quad \delta = 5 \cdot 10^6 \text{ а/м}^2; \quad K_C = 0,91.$$

8. По выражению (14)

$$U_2 = 0,052 \sqrt{(1260)^2 + (1,2 \cdot 72)^2} = 65,5 \text{ в.}$$

9. По выражению (10) с учетом (11)

$$K_{\text{тр}} = \frac{12}{\sqrt{\left| \left(\frac{1,15 \cdot 10^{-4} \cdot 0,24 \cdot 5 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,052} \right)^2 \cdot 2 \cdot 1,0^2 \cdot 314^2 \cdot 1,05^2 \cdot 10^{-8} \cdot 0,91^2 - 65^2 \right|}} = 0,355. \quad \text{Выбираем } K_{\text{тр}} = 0,4.$$

10. По выражению (13) с учетом (11)

$$W_1 = \sqrt{\frac{12^2 + 65,5^2 \cdot 0,4^2}{0,91^2 \cdot 2 \cdot 1,0 \cdot 10^{-8} \cdot 314^2 \cdot 1,05^2}} = 680 \text{ витков.}$$

11. По выражению (9)

$$W_2 = \frac{680}{0,4} = 1700.$$

После определения основных параметров схемы производится уточнение U_1 с учетом падения напряжения на сопротивлении обмоток возбуждения и при необходимости уточняется число витков W_1 . Для рассматриваемой задачи уточнение не производилось, так как схема питается через согласующий трансформатор, что облегчает подбор

Т а б л и ц а

U_1	I_1	U_2	I_2	$f_{\text{вых}}$	C	$R_{\text{кр}}$
в	а	в	а	гц	мкф	ом
24,5	0,15	64	0,052	f	2,5	290
24,6	0,067	57	0,017	$2f$	0,4	390

нужной величины U_1 . В таблице приведены экспериментальные данные, полученные при проверке изготовленного образца.

Выводы

1. Сопоставление экспериментальных данных с расчетными показывает удовлетворительное их совпадение по всем показателям, кроме U_1 .
2. Приведенные в статье соотношения могут быть использованы при ориентировочном расчете двухчастотного индуктивного параметрона без постоянной составляющей в токе возбуждения.
3. Представляется целесообразным дальнейшее продолжение исследований индуктивных низкочастотных параметронов с целью отработки простой, но достаточно точной методики их расчета и проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. А. Вайнштейн, Е. И. Гольдштейн, А. И. Кутявин, А. В. Шмойлов. Теоретическое и экспериментальное исследование низкочастотного индуктивного параметрона без подмагничивания. Тезисы докладов XI Всесоюзного совещания по магнитным элементам, Таллин, 1966.
 2. Е. И. Гольдштейн, А. М. Алин. К расчету параметрона с повторяющей частотой. Тезисы докладов II конференции факультета автоматики и вычислительной техники, ТПИ, 1966.
 3. Е. И. Гольдштейн, А. Н. Гаврилова, В. П. Казьмин. Использование параметронов без подмагничивания постоянным током в устройствах автоматики и телемеханики. Тезисы докладов II конференции факультета автоматики и вычислительной техники, ТПИ, 1966.
 4. Р. Х. Бальян. Трансформаторы малой мощности. Судпромгиз, 1961.
 5. И. И. Белополюсский, Л. Г. Пикалова. Расчет трансформаторов и дросселей малой мощности. Госэнергоиздат, 1963.
-