

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ТОКА

Мендыбаев Сергазы Амергалиевич,

доцент, кандидат технических наук, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, e-mail: seke47@mail.ru

Исенов Султанбек Сансыбаевич,

декан энергетического факультета, кандидат технических наук, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, e-mail: iss_kz@bk.ru

RESEARCH OF TRANSIENTS PARAMETRIC CURRENT SOURCE

Mendybayev Sergazy Amergalievich,

Docent, Ph.D., S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, e-mail: seke47@mail.ru

Isenov Sultanbek Sansybaevich,

Dean of the Faculty of Energy, Ph.D., S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, e-mail: iss_kz@bk.ru

Аннотация. В статье проведено исследование переходных процессов параметрического источника тока. Результаты выполненных исследований могут быть применены при практическом проектировании полупроводниковых преобразователей с естественной токовой характеристикой, используемых в качестве источников питания наиболее энергоемких электротехнологических потребителей (мощные дуговые печи, электролиз цветных металлов).

Abstract. The paper studied the transient parametric current source. The results of the research can be applied in the practical design of semiconductor converters with the natural current characteristic used as power sources of electro-most energy consumers (powerful arc furnaces, electrolysis of non-ferrous metals).

Ключевые слова. Параметрический источник тока, математическая модель, математическое моделирование, физическая модель, переходный процесс.

Key words. Parametric power source, mathematical model, mathematical modeling, physical model, transition process.

Параметрический источник тока (ПИТ) представляет собой резонансную схему, преобразующая m – фазную систему переменных напряжений в n – фазную систему переменных токов [2, 3]. Параметрический источник относится к преобразовательным устройствам (ПУ) больших мощностей, анализ и синтез которых представляет собой сложную задачу. Решение этой задачи является трудоемким процессом, требующим существенных материальных затрат [1].

Физическое моделирование не позволяет исследовать режимы при изменении реактивных параметров в широких пределах, не обеспечивает учета нелинейностей, особенно при аварийных режимах. В связи с этим большое внимание уделяется математическому моделированию. С этой целью была построена математическая модель параметрического источника, с учетом его характерных особенностей (коммутация только нулевых значений выходного тока). Нагрузка менялась от $Z_H = 0$ до $Z_H = Z_{H\text{ ном}}$, при различных значениях добротностей Q резонансного контура ПИТ ($Q = \omega L / R_L$).

Схема замещения параметрического источника тока приведена на рисунке 1, где обозначено: R_H – сопротивление нагрузки; $r_{Тр}$ – активное сопротивление трансформатора; $L_{Тр}$ – индуктивность рассеяния трансформатора; R_L – активное сопро-

тивление дросселя параметрического источника; i_H , i_L , i_C – токи через R_H , L , C ; U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} – линейные напряжения питающей сети.

Электромагнитные процессы в параметрическом источнике тока, описываются следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} L \cdot di/dt &= U_C - U_{BC} - i_L \cdot R_L \\ i_C &= -i_L - i_H \\ i_C &= C \cdot dU_C/dt \\ L_H \cdot di_H/dt + i_H \cdot (R_H + r_{TP}) &= U_C + U_{CA} = U_1 \end{aligned}$$

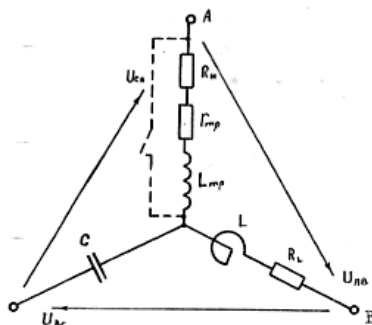


Рисунок 1 – Схема замещения трехфазного параметрического источника

На рисунках 2 и 3 приведены результаты решения (осциллограммы тока параметрического источника), полученные на математической модели при различных значениях величины нагрузки, добротности резонансного контура источника и отклонений емкости ПИТ от резонансного значения.

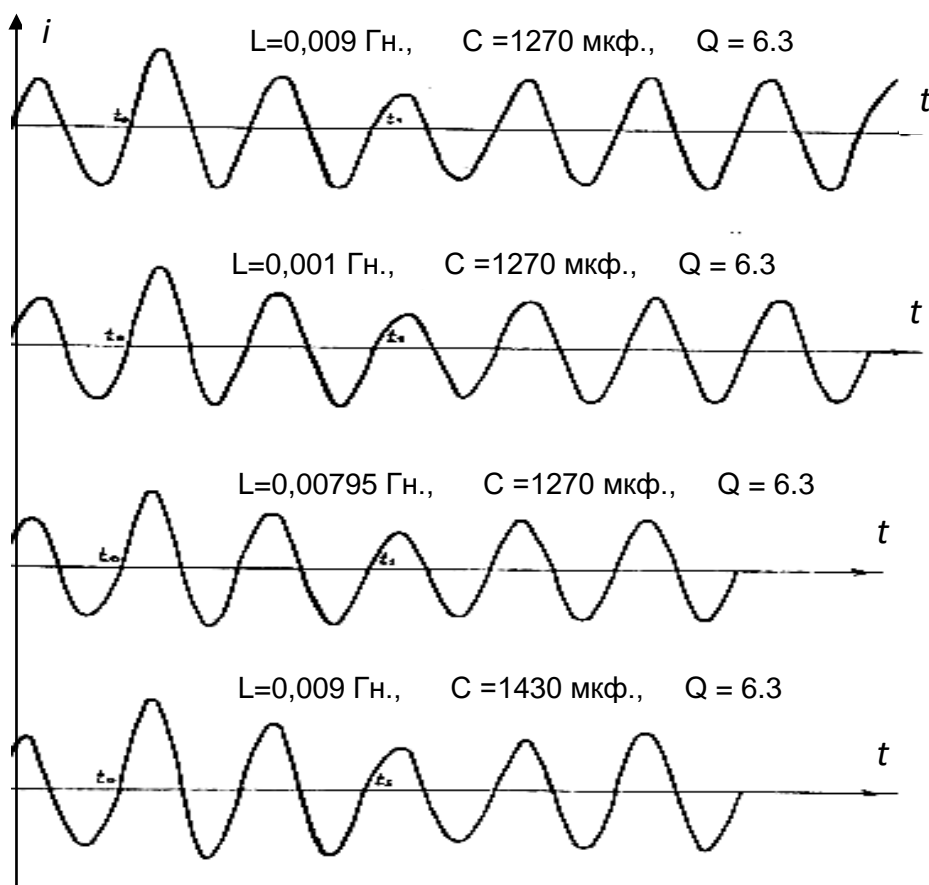


Рисунок 2 – Осциллограммы тока ПИТ при различных добротностях и параметрах резонансного контура

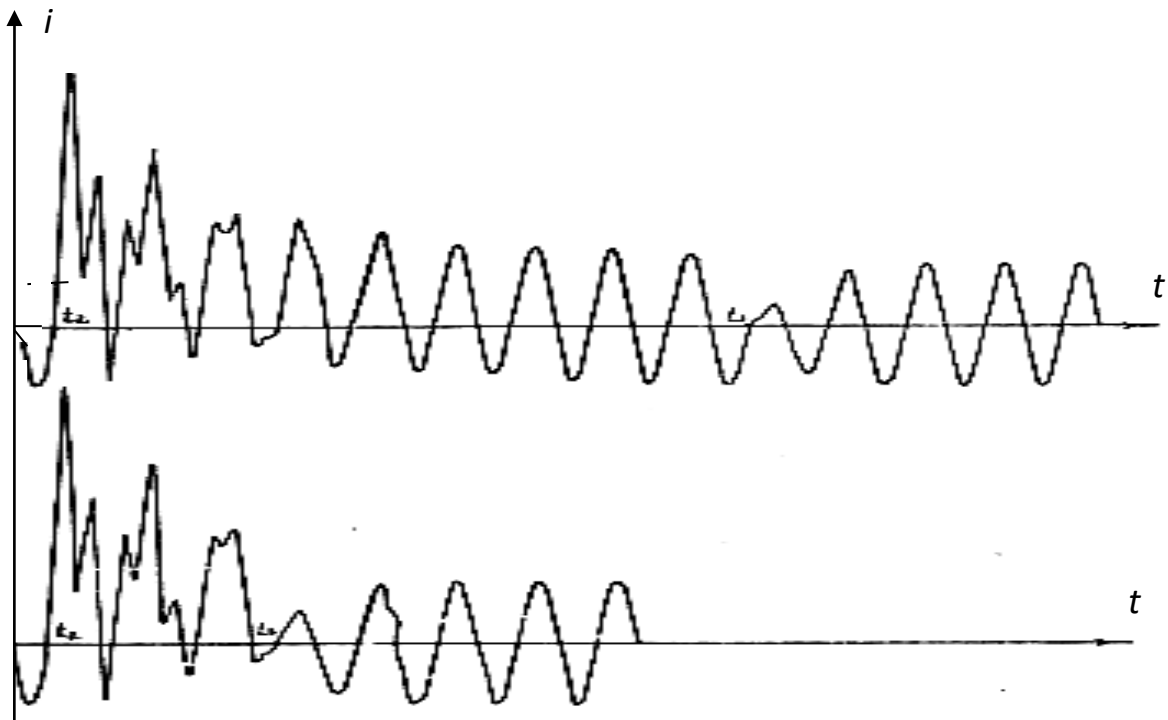


Рисунок 3 – Осциллограммы тока ПИТ в переходных режимах

Результаты моделирования показали:

- 1) При $(R_H + r_{TP}) \gg R_L$ изменение добротности в широких пределах не влияет на переходный процесс при коммутациях нагрузки.
- 2) При замыкании нагрузки, в начальный момент появляются значительные броски токов, вследствие ненулевых начальных условий переключения.
- 3) Длительность переходного процесса T_{Π} , при выполнении условий: $R_H \gg R_L$ и $R_H \gg r_{TP}$, можно с достаточной степенью точностью оценить постоянной времени равной:

$$T_{\Pi} = L / (R_H + r_{TP}) = 1 / \omega \cdot x / R_H = T_C / 2 \pi \cdot x / R_H,$$

- 4) При отклонениях емкости C параметрического источника тока от своего резонансного значения, коэффициент демпфирования контура нагрузки меняется в C / C_1 раз, также изменяется и время переходного процесса.
- 5) В зависимости от соотношений T_1 и T_2 переходной процесс будет иметь колебательный или апериодический характер.

Проведенные в статье исследования переходных режимов параметрического источника тока могут быть использованы при практическом проектировании вентильных преобразователей с естественной токовой внешней характеристикой, применяемых в качестве источников питания наиболее энергоемких потребителей, к которым относятся мощные дуговые печи, электролиз цветных металлов и др.

Список использованных источников

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника. – М.: 2015 г.
2. Волков И.А. Основы теории и расчета ИЕП. – К.: 1989 г.
3. Мендыбаев С.А., Исенов С.С. Анализ вентильных преобразователей с характеристиками источников тока. – В сб. МНПК. – М.: 2016 г.