

УДК 621.314

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В.Я.Жуйков, докт.техн.наук, **Е.В.Вербицкий**,
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
 пр. Победы 37, Киев, 03056, Украина, тел. +38(044) 454-90-69, e-mail: verbitskiy@bigmir.net

Проанализированы особенности работы преобразователей постоянного тока. Исследована возможность появления в них автоколебаний. Предложен подход, позволяющий повысить качество параметров выходного напряжения. Библ. 1, рис. 4.

Ключевые слова: преобразователь постоянного тока, система управления, устойчивость, автоколебания.

В преобразователях постоянного тока изменение длительности интервала накопления энергии γT вызывает переходной процесс, длительность которого составляет десятки периодов и увеличивается с ростом величины индуктивности дросселя. Если в преобразователе накопление энергии в фильтре и ее передача в нагрузку происходят на разных интервалах периода, то при большой индуктивности дросселя в течение первой половины переходного процесса выходное напряжения преобразователя может изменяться противоположно изменению параметра γ . Поэтому на начальном этапе отработки ошибки в таких преобразователях возникает эффект положительной обратной связи, что может вызвать возникновение автоколебаний, а также увеличивает перерегулирование выходного напряжения.

Для анализа условий возникновения рассматриваемого явления проанализируем изменение выходного напряжения в повышающем преобразователе. Для упрощения расчетов активное сопротивление дросселя и ключа считается равным нулю. В установившемся режиме прирост напряжения на конденсаторе ΔU_C^+ , вызванный током дросселя I_L , на интервале $(1-\gamma)T$ равен спаду напряжения на конденсаторе в течение периода ΔU_C^-

$$\Delta U_C^+ + \Delta U_C^- = 0 \Rightarrow \frac{1}{C} \int_0^{(1-\gamma)T} I_L dt + U_C (1 - e^{-T/R_H C}) = 0 \Rightarrow \frac{I_L (1-\gamma)T}{C} - \frac{U_C T}{R_H C} = 0. \quad (1)$$

Последнее уравнение (1) является приближенным и применимо для преобразователей, коэффициент пульсации которых менее 5%. При увеличении параметра γ на величину $\Delta\gamma$ в системе начнется переходный процесс, и баланс напряжений (1) соблюдаться не будет. На первом периоде работы преобразователя после изменения параметра γ

$$\frac{I_{L(1+)}(1-\gamma-\Delta\gamma)T}{C} - \frac{U_C T}{R_H C} = \Delta U, \quad (2)$$

где $I_{L(1+)}$ – среднее значение тока дросселя на первом периоде после изменения параметра γ . Значение среднего тока дросселя I_L до возмущения, на первом периоде после возмущения $I_{L(1+)}$ и величина входного напряжения рассчитываются по формулам [1]

$$I_L = \frac{U_C}{R_H(1-\gamma)}; \quad I_{L(1+)} = I_L + \frac{E\Delta\gamma T}{L}; \quad E = U_C(1-\gamma). \quad (3-5)$$

С учетом (3) – (5) после упрощений выражение (2) приводится к виду

$$\frac{\Delta U \cdot C \cdot R_H}{T \cdot U_C} = \left(\frac{1}{(1-\gamma)} + \frac{R_H(1-\gamma)\Delta\gamma T}{L} \right) (1-\gamma-\Delta\gamma) - 1. \quad (6)$$

Выразив для упрощения расчетов значение индуктивности L через заданный коэффициент пульсаций тока K_{Π} и сопротивление нагрузки

$$L = \frac{\gamma(1-\gamma)^2 T \cdot R_H}{2 \cdot K_{\Pi}}, \quad (7)$$

получим
$$\Delta U^* = \left(\frac{1}{(1-\gamma)} + \frac{2K_{\Pi} \cdot \Delta\gamma}{\gamma(1-\gamma)^2} \right) (1-\gamma-\Delta\gamma) - 1. \quad (8)$$

Для анализа возможности возникновения положительной обратной связи построены три семейства характеристик для граничного тока дросселя $K_{\Pi} = 1$, тока дросселя со средним значением пульсации $K_{\Pi} = 0,33$ и для тока с малой пульсацией $K_{\Pi} = 0,1$. На каждом семействе характеристик показаны графики изменения параметра ΔU^* в зависимости от $\Delta\gamma$ для следующих значений параметра γ : 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9. Семейства характеристик для разных значений K_{Π} показаны на рис.1–3. На изображенных характеристиках области с положительной обратной связью находятся во 2-ом и 4-ом квадрантах графиков. При $K_{\Pi} = 1$ положительная обратная связь почти не наблюдается: она существует для $\gamma = 0,9$ при $\Delta\gamma = -0,4..0$ и для $\gamma = 0,7-0,1$ при максимальных положительных значениях $\Delta\gamma$. В случае $K_{\Pi} = 0,33$ эффект положительной обратной связи наблюдается в более широком диапазоне значений $\Delta\gamma$, а при $K_{\Pi} = 0,1$ он отсутствует только для $\gamma = 0,1$ при $\Delta\gamma=0..0,4$. Эти данные свидетельствуют о том, что в преобразователях с малым коэффициентом пульсаций в большинстве случаев будет наблюдаться эффект обратной положительной связи.

При использовании интегрального звена в цепи обратной связи исследуемое явление может привести к появлению автоколебаний. Тогда при $\Delta\gamma \rightarrow 0$ выполняется условие $\Delta U < 0$. Для устранения автоколебаний целесообразно рассчитать значение γ , соответствующее номинальному значению после отработки возмущения, и использовать его как задающее воздействие в течение всего интервала отработки ошибки. На рис. 4 показаны диа-

граммы обработки ошибки изменения входного напряжения с 5 В до 6 В и обратно пропорционально-интегральным регулятором и при постоянном значении параметра γ в повышающем преобразователе.

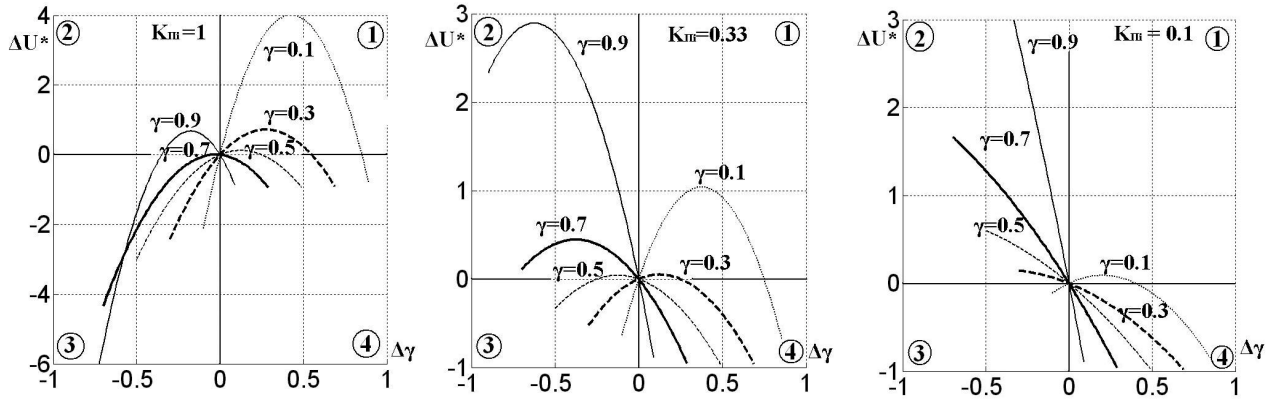


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

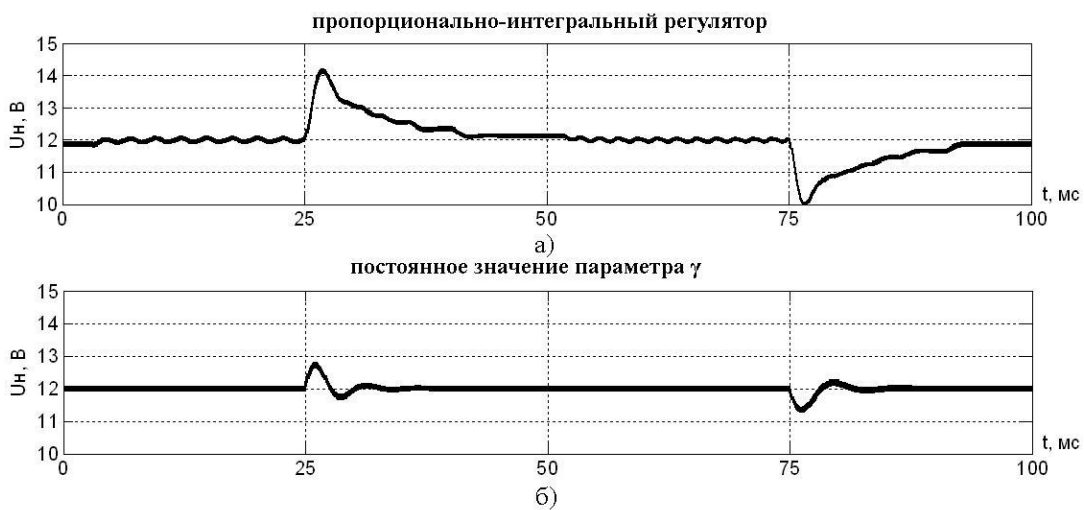


Рис. 4

При использовании пропорционально-интегрального регулятора возникают автоколебания на интервале 50-75 мс (рис. 4, а). Предлагаемый подход, основанный на принудительной фиксации параметра γ на номинальном уровне, позволяет устранить автоколебания с одновременным уменьшением перерегулирования выходного напряжения, диаграмма которого показана на рис. 4, б.

1. В.И. Мелешин. Транзисторная преобразовательная техника. – М.: Техносфера, 2005. – 632 с.

УДК 621.314

Особливості керування перетворювачами постійного струму

В.Я. Жуйков, докт.техн.наук, Є.В. Вербицький

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

пр. Перемоги 37, Київ, 03056, Україна, тел. +38(044) 454-90-69, e-mail: verbitskiy@bigmir.net

Проаналізовано особливості роботи перетворювачів постійного струму. Досліджена можливість появи в них автоколивань. Запропоновано підхід, що дозволяє підвищити параметри якості вихідної напруги. Бібл. 1, рис. 4.

Ключові слова: перетворювач постійного струму, система керування, стійкість, автоколивання.

УДК 621.314

Features direct current converter control

V.Ya.Zhuyikov, I.V.Verbitskiy

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",

Peremogy 37, Kyiv, 03056, Ukraine, tel. +38(044) 454-90-69, e-mail: verbitskiy@bigmir.net

Features direct current converter are analyzed. Possibility origin of self-excited oscillations are researched. Method of improving output voltage quality parameters are proposed. References 1, figures 4.

Key words: direct current converter, control system, stability, self-excited oscillations.

1. V.I. Meleshyn. Transistor converters technique. – Moskva: Tekhnosfera, 2005. – 632 p.

Надійшла 19.01.2012

Received 19.01.2012