Литература

1. Щербинин В.Е., Шур М.Л. Учет границ изделия на поле цилиндрического дефекта // Дефектоскопия. — 1976. — № 7.— С. 30-36.
2. Шур М.Л., Щербинин В.Е. Магнитостатическое поле дефекта, расположенного в плоскопараллельной платине // Дефектоскопия. — 1977. — № 3. — С. 92-96.

УДК 62-50

АНАЛИЗ ИМПУЛЬСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Калина В.А., Кузнецов А.П., Батура М.П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Импульсные стабилизаторы постоянного напряжения из-за высоких энергетических показателей, большой надежности и хороших массогабаритных характеристик получили широкое распространение в системах электропитания различных устройств автоматики, электроники, вычислительной техники. Они являются системами автоматического регулирования, в которых имеет место амплитудно-импульсная модуляция (АИМ), частотно-импульсная модуляция (ЧИМ) или широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Такие системы являются существенно нелинейными, анализ и синтез которых до настоящего времени представляет собой сложную задачу. Сейчас наибольшее количество результатов по анализу и синтезу получены для систем с АИМ, в меньшей степени для систем с ЧИМ и ШИМ первого рода, а для систем с ЧИМ и ШИМ второго рода имеется наименьшее количество результатов по их исследованию. В данной работе рассматривается широтно-импульсный стабилизатор постоянного напряжения, отличающийся по сравнению с остальными стабилизаторами рядом преимуществ.

Рассмотрим методику вывода математической модели импульсного стабилизатора напряжения (ИСН). Структурная схема и временные диаграммы напряжений ИСН с модуляцией заднего фронта импульсов приведены на рис.1 и 2.

На вход ИСН поступает опорное напряжение Uo и напряжение обратной связи

$$U_{ос}(t) = K_{ос} U_{вых}(t), \quad (1)$$

где Кос – коэффициент передачи цепи обратной связи по напряжению. Пилообразное напряжение Uп (t) поступает на один из входов импульсного

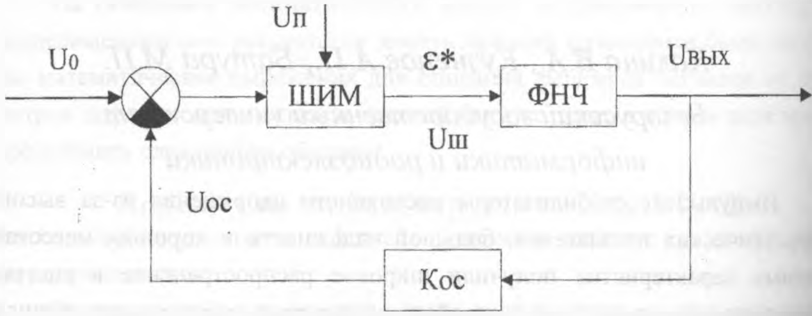

Рис.1 Структурная схема ИСН

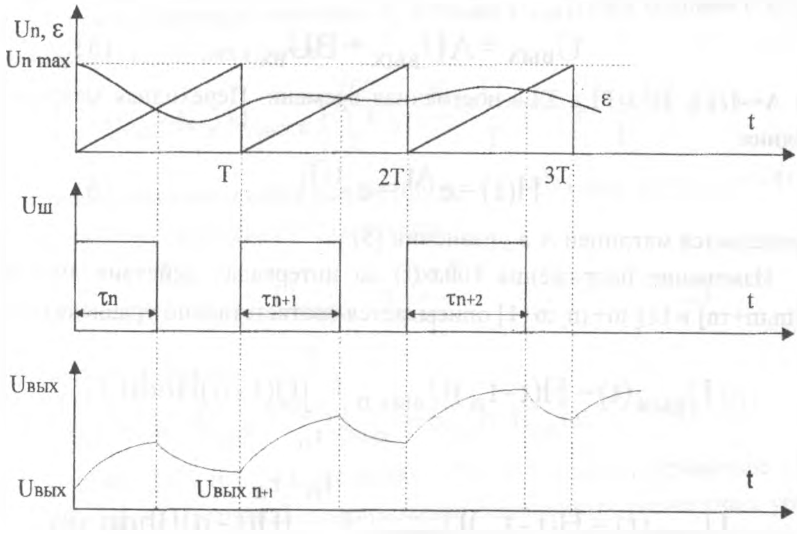

Рис.2 Временные диаграммы ИСН

элемента. Сигнал ошибки ε(t):

$$\varepsilon(t) = U_o - U_{oc} \qquad (2)$$

преобразуется импульсным элементом (ИЭ) в последовательность прямоугольных импульсов Uш(t)/Uиэ(t), модулированных по длительности, которые поступают на вход непрерывной линейной части (НЛЧ) системы, представляющей собой фильтр нижних частот с передаточной функцией W(p):

$$W(p)=\frac{U_{вых}(p)}{U_{вх}(p)}=\frac{1}{1+T_1 p}. \qquad (3)$$

Дифференциальное уравнение имеет вид

$$U_{вых}(p)[1+T_1 p]=U_{вх}(p). \qquad (4)$$

Уравнение состояния

$$\dot{U}_{вых} = AU_{вых} + BU_{вх}, \qquad (5)$$

где A=-1/T1, B=1/T1,а T1—постоянная времени. Переходная матрица состояния:

$$H(t) = e^{At} = e^{-t/T_1}, \qquad (6)$$

определяется матрицей A в уравнении (5).

Изменение напряжения Uвых(t) на интервалах действия импульсов t∈[tn,tn+τn] и t∈[tn+τn, tn+1] описывается соответственно уравнениями:

$$U_{вых}(t) = H(t - t_n)U_{вых\,n} + \int_{t_n}^{t} H(t - u)Bhdu, \qquad (7)$$

$$U_{вых}(t) = H(t - t_n)U_{выхn} + \int_{t_n}^{t_n+\tau_n} H(t - u)Bhdu. \qquad (8)$$

Полагая в (8) t=tn+1, получим разностное уравнение НЛЧ

$$U_{\%dhhn+1} = Ћ^{-TT/_1}U_{\%dhhn} + hЋ^{-(T-\tau_n)/T/} - hЋ^{-TT/_1}. \qquad (9)$$

Разностное уравнение модулятора (уравнение замыкания) в моменты времени определяемыми уравнением Un-ε=0 (формирование заднего фронта импульсов):

$$K_п t - U_o + K_{oc}U_{вых} = 0, \qquad (9)$$

где $K_п$ - коэффициент наклона пилы, $K_п=U_{п\,max}/T$.

Подставляя $U_{вых}$ из уравнения (7) при $t=\tau_п$ и $t_п=0$ получается

$$K_п\tau_n - U_o + K_{oc}e^{-\tau_n/T_1}U_{вых\,n} + K_{oc}h - K_{oc}he^{-\tau_n/T_1} = 0 \qquad (10)$$

Нелинейные разностные уравнения (**Ошибка! Закладка не определена.**), (10) представляют собой динамическую модель ИСН с ШИМ, позволяющую при заданных начальных условиях вычислить переходный процесс в

ИСН, т.е. последовательно находить τ_n, а также $U_{вых}(t)$.При условии $t=t_n+\tau_n$ и подставляя (7) в (9) находится

$$\tau_n = \left(U_0 - K_{oc} U_{вых\, n}\right) \Big/ \left(K_п - \frac{K_{oc} U_{вых\, n}}{T_1} + \frac{K_{oc} h}{T_1}\right). \quad (11)$$

Рассматривая установившийся режим при $\tau_n=\tau_{n+1}=\tau^*=\mathrm{const}$ и $U_{вых\, n}= =U_{вых\, n+1}=U_{вых}{}^*=\mathrm{const}$ из уравнения (12) получим

$$U_{вых}{}^* = \frac{h\tau^*}{T}. \quad (12)$$

Из уравнения (10) имеем

$$K_п\tau^* - U_0 + K_{oc}e^{-\tau^*/T_1}U_{вых}{}^* + K_{oc}h - K_{oc}he^{-\tau^*/T_1} = 0. \quad (13)$$

Уравнения (12) и (13) определяют τ* и U*, причем уравнение (13) трансцендентное. Производя линеаризацию нелинейных разностных уравнений относительно установившихся значений τ* и U* для оценки устойчивости процессов в ИСН, разлагаем разностные уравнения (**Ошибка! Закладка не определена.**), (10) в ряды Тейлора относительно $U_{вых}{}^*$ и τ*,исключая затем члены, относящиеся к установившемуся режиму, и отбрасывая члены выше первого порядка, получаем систему линейных разностных уравнений вида

$$U_{вых\, n+1} = AU_{вых\, n}. \quad (14)$$

Здесь $U_{вых\, n}=\mathrm{colon}(\Delta U_{вых\, 1\, n}, \Delta U_{вых\, 2\, n}, \ldots, \Delta U_{вых\, m\, n})$, $A=(a_{ij})$ - квадратная матрица. Асимптотическая устойчивость решения системы уравнений (14) определяется характеристическими числами λ_i матрицы А, удовлетворяющими уравнению

$$\det(A - \lambda E) = 0, \quad (15)$$

где Е - единичная матрица. Если все характеристические числа λ_i лежат внутри круга единичного радиуса, то исследуемый процесс асимптотически устойчив. Проводя исследование устойчивости процесса, область устойчивости будет определяться неравенством вида

$$(2T_1/T)-1>K_ш K_{ос}. \qquad (16)$$

Использование данной методики позволяет производить моделирование переходного процесса и строить области устойчивости ИСН.

Литература

1. Кузнецов А.П., Батура М.П., Шилин Л.Ю. Анализ и параметрический синтез импульсных систем с фазовым управлением. -Мн: Наука и техника, 1993.
2. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. - М.:Наука, 1988.

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ДЛЯ КАБИНЕТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Козак А.Ф., Суслов В.А

Брестский политехнический институт

Кабинеты вычислительной техники (КВТ) на базе ПЭВМ в настоящее время позволяют наиболее эффективно использовать компьютерное оборудование. При такой организации работы к ПЭВМ получает доступ наибольшее количество пользователей, что способствует распространению компьютерной грамотности и повышает интенсивность использования дорогостоящего оборудования, имеющего малые сроки морального старения.

Проектирование и монтаж КВТ выполняется, как правило, в неприспособленных помещениях, инженерное оборудование которых не соответствует оптимальной организации КВТ и не всегда обеспечивает безопасные