

ДИНАМИКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

О. Атауллаев,
Б. Бисенова,
Д. Исмойилов

Для автоматического управления процессами подзаряда аккумуляторных батареи в автономных источниках питания, электролиза и в других системах контроля и управления различными технологическими процессами применяются магнитомодуляционные преобразователи тока (ММПТ). В этих системах автоматического управления (САУ) применяются различные схемы ММПТ [1]. На рис.1 представлена схема разработанного ММПТ с отрицательной обратной связью (ООС). Отличительная особенность этого ММПТ по сравнению с известными состоит в том, что в нем исключен дополнительный источник питания магнитно-транзисторного мультивибратора (МТМ). Здесь МТМ питается от цепи питания операционных усилителей $A1$ и $A2$.

Для оценки динамических характеристик САУ необходимо знать, каким звеном или совокупностью динамических звеньев представляется используемый ММПТ в общей структурной схеме САУ.

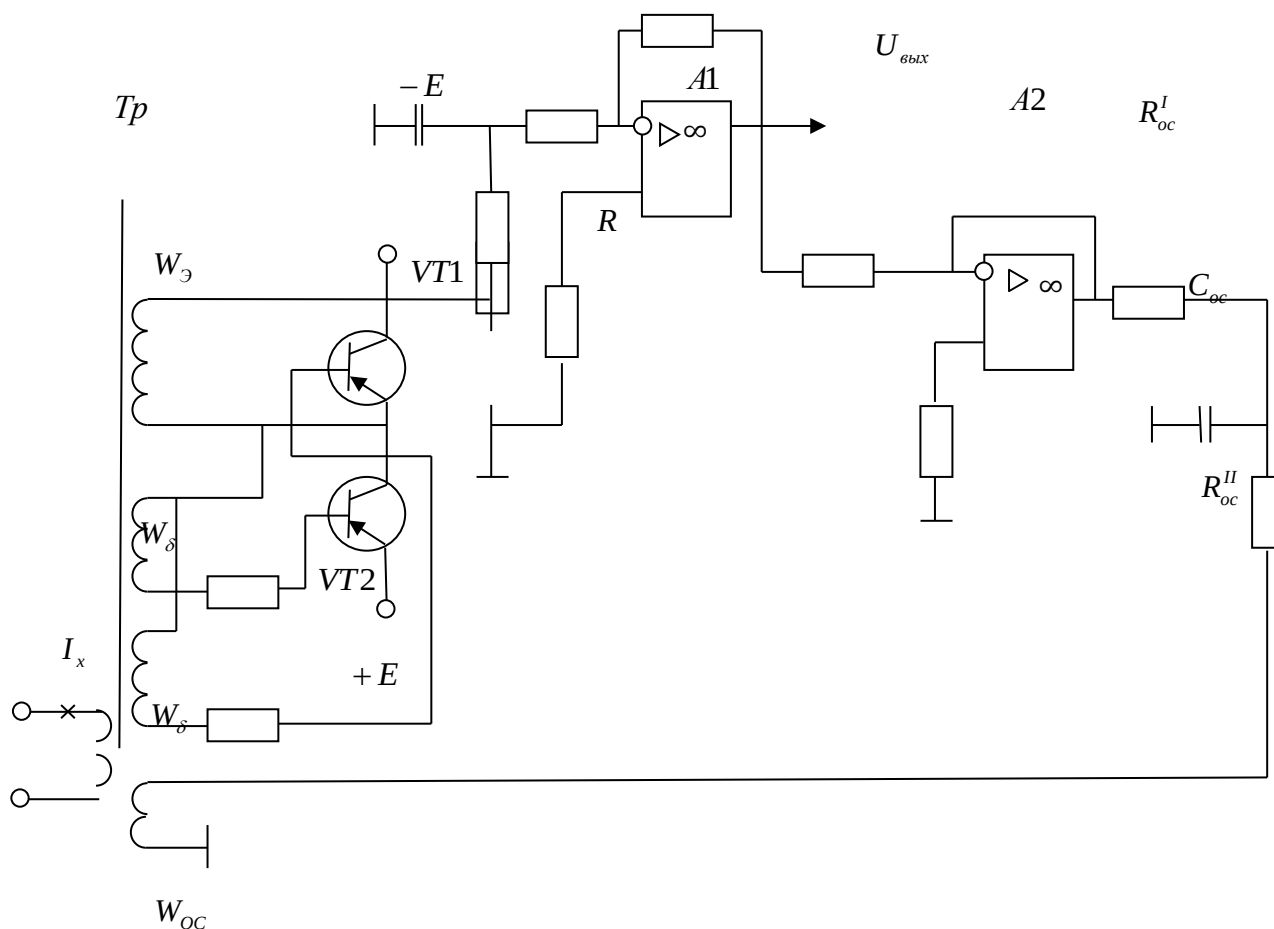
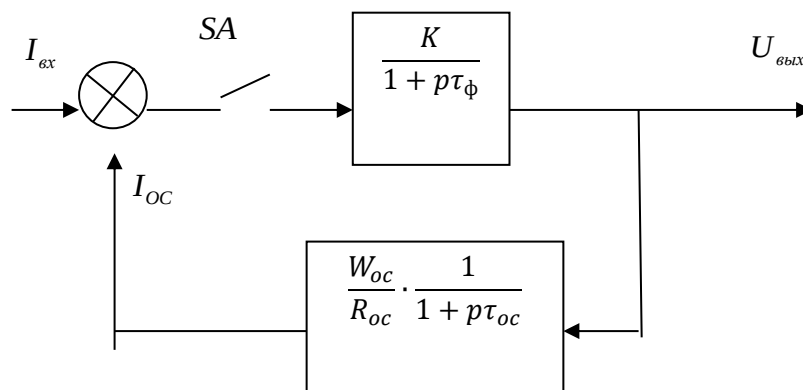


Рис.1. Схема ММПТ с ООС.

Рассмотрим динамику этого ММПТ, структурная схема которого показано на рис.2. При анализе динамики ММПТ с ООС пренебрегаем величиной постоянной времени, образованной обмоткой W_{oc} и резистором R_{oc}^H (см. рис.1), так как опыт показывает, что при реальных параметрах цепи ООС значения этой постоянной времени составляют единицы микросекунд, что минимум на два порядка меньше постоянных времени других цепей.



Передаточная функция ММПТ с ООС имеет следующий вид [2]:

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)} = K_1 \frac{p - e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}}}{p^2 + bp + c},$$

где $W_1(p) = K \frac{e^{-\frac{T}{\tau_\phi(1-\lambda)}} - e^{-\frac{T}{\tau_\phi}}}{p - e^{-\frac{T}{\tau_\phi(1-\lambda)}}}$ - передаточная функция ММПТ без ООС;

$W_2(p) = \frac{W_{oc}}{R_{oc}} \cdot \frac{p}{p - e^{-\frac{T}{\tau_\phi}}}$ - передаточная функция цепи ООС; $\tau_\phi = R_\phi C_\phi$, $\tau_{oc} = R_{oc} C_{oc}$ - постоянные

времени фильтра низких частот (ФНЧ) и цепи ООС соответственно

$$K_1 = K \left(e^{-\frac{T}{\tau_\phi(1-\lambda)}} - e^{-\frac{T}{\tau_\phi}} \right); b = - \left[K \frac{W_{oc}}{R_{oc}} \left(e^{-\frac{T}{\tau_\phi(1-\lambda)}} - e^{-\frac{T}{\tau_\phi}} \right) - e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}} - e^{-\frac{T}{\tau_\phi}} \right];$$

$$c = e^{-\frac{T}{\tau_\phi(1-\lambda)}} - e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}};$$

$\tau_u, \lambda = \frac{\tau_u}{T}$ - соответственно длительность и относительная длительность сформированного импульса.

Так как ММПТ с ООС является замкнутой системой, имеет большое значение определение условий его устойчивости. Для определения устойчивости исследуемого преобразователя воспользуемся алгебраическим критерием Шур - Кона [2], который сводится к проводке отсутствия перемен знака в последовательности определителей, составленных из коэффициентов характеристического уравнения.

В нашем случае характеристическое уравнение имеет второй порядок и определители находятся как:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 1 & C \\ C & 1 \end{vmatrix} = 1 - C^2,$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & C & b \\ b & 1 & 0 & C \\ C & 0 & 1 & b \\ b & C & 0 & 1 \end{vmatrix} = (1 - C^2)(1 + b + c)(1 - b + c).$$

Условия устойчивости имеет следующий вид: $\Delta_1 > 0$; $\Delta_2 > 0$.

$$\text{Отсюда} \begin{cases} 1 - c > 0, \\ 1 + b + c > 0, \\ 1 - b + c > 0. \end{cases}$$

Подставим в (1) значения b и c ;

$$\begin{cases} \{1 - e^{-T(\frac{1}{\tau_\phi} + \frac{1}{\tau_{oc}})} > 0 \\ 1 - K \frac{W_{oc}}{R_{oc}} \left(e^{-\frac{T}{\tau_\phi}(1-\lambda)} - e^{-\frac{T}{\tau_\phi}} \right) + e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}} + e^{-\frac{T}{\tau_\phi}} (1 + e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}}) > 0 \\ 1 + K \frac{W_{oc}}{R_{oc}} \left(e^{-\frac{T}{\tau_\phi}(1-\lambda)} - e^{-\frac{T}{\tau_\phi}} \right) - e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}} - e^{-\frac{T}{\tau_\phi}} (1 - e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}}) > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Первая условия в (2) всегда выполняется. Второе и третье условия дают ограничения на коэффициент усиления ММПТ. Перепишем их в следующем виде:

$$K \frac{W_{oc}}{R_{oc}} < \frac{1 + e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}} + e^{-\frac{T}{\tau_\phi}(1-\lambda)} - e^{-\frac{T}{\tau_\phi}}}{e^{-\frac{T}{\tau_\phi}(1-\lambda)} - e^{-\frac{T}{\tau_\phi}}}, \quad K \frac{W_{oc}}{R_{oc}} < \frac{e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}} + e^{-\frac{T}{\tau_\phi}} (1 + e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}}) - 1}{e^{-\frac{T}{\tau_\phi}(1-\lambda)} - e^{-\frac{T}{\tau_\phi}}}$$

Для ММПТ со следующими параметрами: $W_\delta = 150$; $W_\delta = 75$; $W_{oc} = 400$;

$E = \pm 12B$; $R = 180 \text{ Ом}$; $R_\delta = 300 \text{ Ом}$; $R_{oc} = 7,5 \text{ Ом}$; $\tau_\phi = 0,5 \text{ мс}$; $\tau_{oc} = 0,35 \text{ мс}$; эти условия выглядят следующим образом: $K \frac{W_{oc}}{R_{oc}} < 21,5$; $K \frac{W_{oc}}{R_{oc}} < 6,2$.

В данном случае величина $K \frac{W_{oc}}{R_{oc}} = 0,13$. Следовательно, ММПТ с ООС имеет значительный запас устойчивости.

Для превышения быстродействия ММПТ в [3] применен в качестве Дискретный фильтр, состоящий из двух одинаковых каналов с устройствами выборки и хранения. Один из вариантов такого ММПТ приведен на рис 3. На конденсаторах C2-C5 запоминаются величины амплитуды импульсов, зависящие от измеряемого тока, следовательно, наряду с ШИМ в данном случае присутствует АИМ.

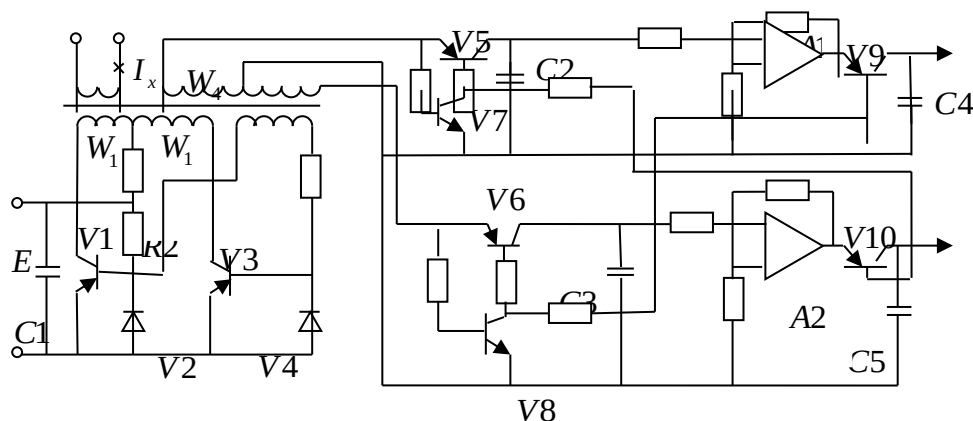


Рис.3. Схема ММПТ с дискретным фильтром.

С целью сравнения возможности этого ММПТ с другими преобразователями тока произведем анализ его работы в динамическом режиме. При этом примем следующие допущения: - транзисторы VT3, VT5, VT7, VT8 работают как идеальные ключи; входное сопротивление повторителей A1 и A2 равно бесконечности, а выходное – нулю; - инерционностью повторителей пренебрегаем, так как их полоса пропускания много больше величины $1/T$; - величинами постоянных времени заряда и разряда емкостей C2-C5 пренебрегаем, считая их много меньше периода T автоколебаний МТМ; - длительности фронтов импульсов, управляющих ключами VT3, VT5, VT7, VT8, полагаем равными нулю.

С учетом вышеприведенных допущений, представим данное ММПТ структурной схемой, показанной на рис.4[4]. Устройства выборки и хранения в этом случае представлены в виде формирователей, формирующих прямоугольные импульсы с амплитудами U_1 и U_2 зависящими от тока I_{BX} , подмагничивающего сердечник трансформатора МТМ. Коэффициенты M_1 и M_2 пропорциональные току I_{BX} , равны:

$$M_1 = \frac{U_1}{I_{BX}} = \frac{2(E - i_s R_2) T_2}{I_{BX} (T_1 + T_2)} \cdot \frac{W_4}{W_1},$$

$$M_2 = \frac{U_2}{I_{BX}} = \frac{2(E - i_s R_2) T_1}{I_{BX} (T_1 + T_2)} \cdot \frac{W_4}{W_1},$$

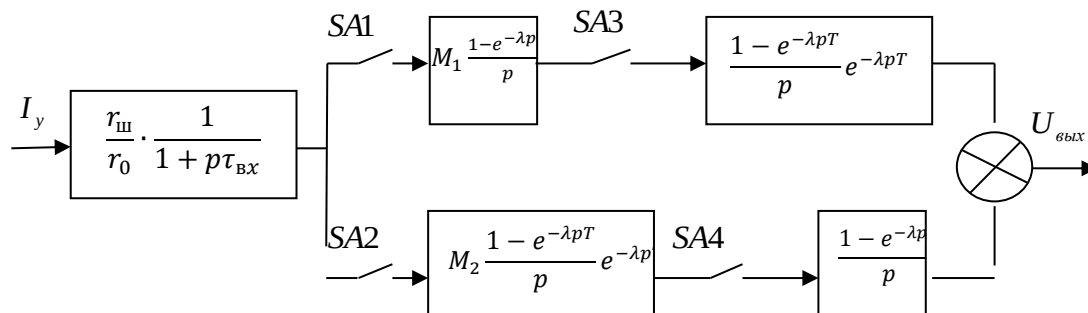


Рис.4. Структурная схема ММПТ с дискретной ФНЧ.

Где E - напряжения питания; i_s - ток, соответствующий индукции насыщения; R_2 - сопротивление балластного резистора; T_1, T_2 - длительности полупериодов генерируемых импульсов; W_1, W_4 - соответственно числа витков коллекторного и выходного обмоток.

Из структурной схемы видно, что устройства выборки и хранения вносят суммарное запаздывание выходного сигнала относительно входного на величину $T_1, T_2/2$, так как для передачи сигнала с первых запоминающих конденсаторов C_2, C_3 на конденсаторы C_4, C_5 требуется время, приблизительно равное $T_1, T_2/2$.

Из анализа структурной схемы исследуемого ММПТ следует, что его динамические характеристики определяется в основном величиной постоянной времени входной цепи τ_{BX} и периодом (T_1, T_2) , определяющим время запаздывания выходного напряжения относительно тока I_{BX} .

Таким образом, в статье показано, это при анализе динамического режима работы САУ, содержащих ММПТ последние целесообразно представить в виде линейного импульсного звена второго порядка с амплитудно-импульсной модуляцией. Время переходного процесса ММПТ с дискретным фильтром в основном определяется величиной постоянной времени входной цепи.

Список литературы:

1. Ochilov Shokir Baxtiyorovich Improving the methodology for the development of environmental competencies of students in the interdisciplinary teaching of physics. ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal Year : 2021, Volume : 11, Issue : 10 First page : (1269) Last page : (1273) Online ISSN : 2249-7137. Article DOI : 10.5958/2249-7137.2021.02237.0
2. Ochilov Sh.B. Texnologiya fanini fanlalar o'qitishda o'quvchi ekologik kompetensiyasini rivojlantirish texnologiyalari Science and innovation international scientific journal volume 1 issue 7 uif-2022: 8.2 | issn: 2181-3337
3. Khamroeva Sevara Nasriddinova THE THEORETICAL SIGNIFICANCE OF DEVELOPING LOGICAL THINKING SKILLS AMONG FUTURE PHYSICS TEACHERS uzbek scholar journal volume- 24, january, 2024 www.uzbekscholar.com 193-196
4. Laylo Turdieva, Khamroeva Sevara Nasriddinova METHODOLOGY FOR TEACHING THE TOPIC "DEVICE USED IN CRAFTS" uzbek scholar journal volume- 24, january, 2024 www.uzbekscholar.com 225-227
5. Usmonova Sohila Toyir qizi JCROSS (CROSSWORD) – BLOCK USAGE METHODOLOGY uzbek scholar journal volume- 24, january, 2024 www.uzbekscholar.com 236-241
6. O'. K. Sunnatova, G. I. Saifullayeva Research in students in physics and astronomy classes and the development of competencies of the XXI century. Ways of organizing project activities of students in physics education Uzbek Scholar Journal Volume-24, January, 2024 www.uzbekscholar.com 101-108
7. Sayfullayeva Gulhayo Ikhtiyor kizi, Bozorova Aziza Murodilla kizi The practical importance of an integrative approach to teaching astronomy from a small school age uzbek scholar journal volume- 24, january, 2024 www.uzbekscholar.com 130-133
8. Saifullayeva Gulhayo volunteer daughter Interactive Applications From Astronomy And Ways To Manage Them Uzbek scholar journal volume- 24, january, 2024 www.uzbekscholar.com 123-129
9. Kamolov Ikhtiyor Ramazonovich FEATURES OF USING MATHEMATICAL KNOWLEDGE AND LAWS OF PHYSICS IN TEACHING ASTRONOMY Uzbek scholar journal volume- 24, january, 2024 www.uzbekscholar.com 152-157
10. I.R. Kamolov, G.I. Sayfullaeva -Formation of teacher's competence in the performance of laboratory and experimental works Journal of critical reviews. ISSN-2394-5125, 2020
11. Ochilov Shokir Baxtiyorovich, Nematov Bahron, Sharipov Abdumalik Axmadovich, Mavlonova Yulduz Ilhomovna, Usmonova Sohila Toyir qizi PEDAGOGICAL-PSYCHOLOGICAL DIAGNOSTIC BASES OF PREPARING STUDENTS FOR PROFESSIONAL ACTIVITY IN TECHNOLOGY EDUCATION SCIENCE AND INNOVATION INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL VOLUME 2 ISSUE 2 FEBRUARY 2023 UIF-2022: 8.2 | ISSN: 2181-3337 | SCIENTISTS.UZ
12. Nematov Bahron, Sharipov Abdumalik Ahmadovich, Ochilov Shakir Bakhtiyorovich, Mavlonova Yulduz Ilhomovna POSSIBILITIES OF USING INTERACTIVE TOOLS IN EDUCATION SCIENCE AND INNOVATION INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL VOLUME 2 ISSUE 6 JUNE 2023 UIF-2022: 8.2 | ISSN: 2181-3337 | SCIENTISTS.UZ

-
12. D.I.Kamalova, S.N.Abdusalomova. "Zamonaviy innovatsion ta'lim". Journal of universal science research. Volume 1. Issue 1. 17 january, 2023. pp. 187-189.
 13. Nematov Baxron, Bisenova Bakit Tobakabulovna, Shamsiyev Makhkam Sultanovich, Mavlonova Yulduz Ilkhomovna FREQUENT VIBRATIONS OF SINGLE CYLINDER SYSTEMS// Harvard Educational and Scientific Review, 2022
 14. A.A. Ахмедов, И.Р. Камолов, Ф.Б .Мардонова Модернизированная модель проведения лабораторных работ по физике // Инновационные тенденции развития системы образования//Сборник статей Международной научно-практической конференции. Чебоксары 2013
 15. A. Qutbedinov, Y. Mavlonova USE OF INNOVATIVE METHODS IN TEACHING TECHNOLOGICAL EDUCATION // Science and innovation, 2023
 - 16.M. S. Shamsiyev, Sh. Ochilov G. Karimova O'QUVCHILARGA TOMCHILATIB SUG'ORISH TEXNOLOGIOYASINI O'QITISH METODIKASI// Uzbek Scholar Journal Volume- 25, February, 2024 www.uzbekscholar.com
 17. Bisenova Bakit Tobakabulovna, Mavlonova Yulduz Ilhomovna, Xudoyberdiyev Nufar Zafarjon o'g'li // UMUMIY O'RTA TA'LIM MAKTABI O'QUVCHILARIGA KONSTRUKSIYALASH ELEMENTLARINI O'RGATISHNING SAMARADORLIGI
 18. B.N Khushvaqtov Didactic factors affecting improvement academica: an international multidisciplinary research journal 2021й 1823-1826 б.