

УДК 629.7

А. А. ЛОБАТЫЙ, Ю. Н. ПЕТРЕНКО, А. С. АБУФАНАС, IMAD ELZEIN

ИМПУЛЬСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Белорусский национальный технический университет

Рассматриваются особенности математического моделирования гибридной электротехнической системы, к классу которых относятся системы, содержащие в своем составе как непрерывные, так и дискретные элементы. Управление гибридными системами является актуальной задачей, обусловленной широким использованием дискретной обработки сигналов в силовой электронике, в промышленных системах, в электрифицированном транспорте (электромобили, троллейбусы, трамваи).

Предлагается решать задачу оптимального управления гибридной системой на основе формирования такого сигнала управления на выходе контроллера (регулятора), который минимизирует заданный интегральный функционал качества, в качестве которого рассматривается линейный квадратичный функционал Летова-Калмана. Метод поиска оптимального управления зависит от вида математической модели системы управления. В данном случае рассматривается линейная детерминированная модель системы управления, характерная для большинства гибридных электротехнических систем.

В качестве примера гибридной системы рассмотрен понижающий импульсный преобразователь постоянного тока, который находит широкое применение в различных электротехнических системах: в качестве источника бесперебойного питания, зарядного устройства для электромобилей, преобразователя в составе солнечных фотоэлектрических станций. Представлена качественная иллюстрация изменения прогнозируемого сигнала управления в виде последовательности управляющих импульсов и выходного сигнала объекта управления.

Ключевые слова: математическая модель, гибридная система, функционал качества, интервал оптимизации, сигнал управления.

Введение

Существует широкий класс систем, у которых одна часть элементов функционирует непрерывно во времени, а другая часть элементов функционирует дискретно во времени. Математические модели таких систем представляют собой совокупность дифференциальных и разностных уравнений или дифференциальных уравнений, включающих специальные функции, учитывающие дискретность. Такие системы называются непрерывно-дискретными или гибридными [1, 2]. Они получили широкое распространение в различных отраслях промышленности, на транспорте, в энергетике и других отраслях, где имеются электротехнические системы, работа которых основана на использовании как непрерывной, так и дискретной обработки сигналов. В частности, к этому классу систем относятся преобразователи постоянного тока в постоянный или в переменный ток, имеющие значительное многообразие схемно-технических решений.

Рассмотрим обобщенную структурную схему гибридной следящей системы управления (рис. 1). Особенностью данной системы является то, что сигнал на выходе регулятора представляет собой последовательность импульсов переменной скважности или периода повторения, воздействующих на объект управления, на выходе которого имеет место непрерывный сигнал.

Общая постановка задачи. В общем случае задача управления сводится к формированию такого сигнала на выходе регулятора, который минимизирует заданный функционал качества (целевую функцию), дающий количественную оценку основным требованиям, предъявляемым к системе.

Для большинства практических задач такой функционал представляет собой сумму терминальной и интегральной составляющих, характеризующих цель управления и текущие потери (задача Больца) [1–5]. При решении практических инженерных задач синтеза оп-

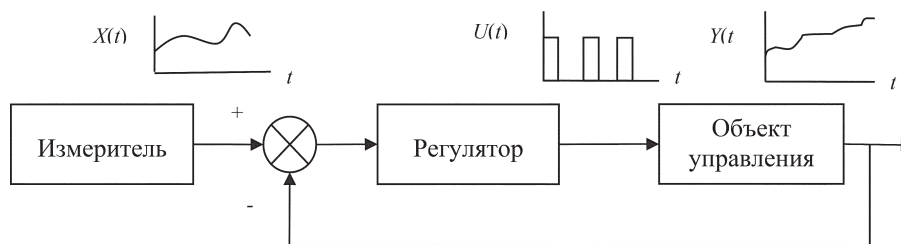


Рис. 1. Структурная схема гибридной системы управления

тимального управления широкое распространение имеет линейный квадратичный функционал Летова-Калмана вида [1–3]

$$J_0 = e^T(t_k)De(t_k) + \int_{t_0}^{t_k} [e^T(t)Q(t)e(t) + U^T(t)K^{-1}(t)U(t)] dt. \quad (1)$$

В выражении (1) $e(t) = Y(t) - Y_T(t)$ – вектор ошибки управления, $Y_T(t)$ и $Y(t)$ векторы требуемого и текущего состояния объекта управления, $U(t)$ – вектор управления, t_0 и t_k начальный и конечный моменты времени управления. В частном случае при $Y_T(t) = 0$, $e(t) = Y(t)$. D , $Q(t)$ – заданные положительно определенные, как правило, диагональные матрицы. $K(t)$ – заданная диагональная матрица положительных коэффициентов. Временной интервал оптимизации $[t_0, t_k]$ может быть различным в зависимости от конкретной постановки задачи.

Метод поиска оптимального управления $U(t)$ выбирается в соответствии с постановкой задачи и видом математической модели, описывающей состояние системы (объекта управления). Рассмотрим линейную детерминированную модель системы управления, которая характерна для описания большинства электротехнических систем [1, 3]

$$\dot{Y}(t) = A(t)Y(t) + B(t)U(t), \quad Y(t_0) = Y_0. \quad (2)$$

$A(t)$ и $B(t)$ – заданные матрицы коэффициентов, имеющие размерности соответственно $n \times n$ и $r \times n$ при $r \leq n$.

Для линейной модели системы управления (2) и функционала качества (1) задача определения оптимального управления $U(t)$ имеет конкретное аналитическое решение (задача аналитического конструирования оптимального регулятора) [1, 2]. В этом случае выражение для определения $U(t)$ имеет вид:

$$U(t) = -K(t)B^T(t)\Lambda(t)Y(t). \quad (3)$$

$\Lambda(t)$ – матрица коэффициентов, вычисляемая путем решения уравнения

$$\dot{\Lambda}(t) = -\Lambda(t)A(t) - A^T(t)\Lambda(t) + \Lambda(t)B(t)K(t)B^T(t)\Lambda(t) - Q(t). \quad (4)$$

Выражение (4) представляет собой нелинейное уравнение типа Риккати, для которого заданы конечные условия $\Lambda(t_k) = D$. Решение уравнения (4) можно получить численно, интегрируя его в «обратном времени» [3, 6].

Управление гибридной электротехнической системой. В качестве примера гибридной системы рассмотрим импульсный преобразователь постоянного тока (понижающий) [7–11], который находит широкое применение в различных электротехнических системах в качестве источника бесперебойного питания, или в качестве зарядного устройства для электромобилей, содержащих в своем составе солнечные фотоэлектрические станции (рис. 2).

В схеме, представленной на рис. 2, управление напряжением U_c осуществляется путем периодического подключения электрической схемы к источнику постоянного тока U_s с по-

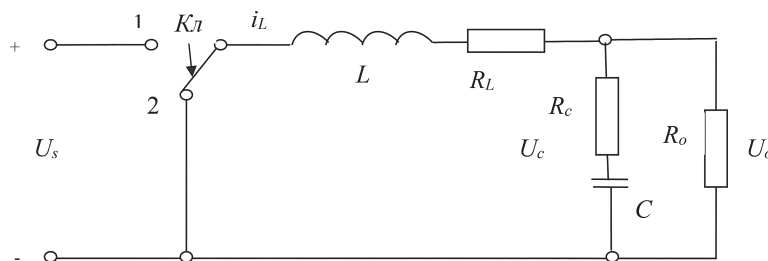


Рис. 2. Импульсный преобразователь постоянного тока

мощью ключа Kl . Математическая модель импульсного преобразователя представляет собой систему дифференциальных уравнений второго порядка вида (2), в которой вектор состояния и матрицы $A(t)$, $B(t)$ имеют вид (индекс t для упрощения записи не используется) [12–14]:

$$Y = \begin{bmatrix} i_L \\ U_c \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b \\ 0 \end{bmatrix}.$$

В соответствии с приведенными на рисунке обозначениями заданы коэффициенты: $a_{11} = R_L / L$, $a_{12} = a_{21} = 0$, $a_{22} = -1 / C(R_0 + R_c)$, $b = 1 / L$.

Обозначив $i_L = y_1$, $U_c = y_2$, перепишем систему уравнений (2) в скалярной форме в виде

$$\dot{y}_1 = a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + bu, \quad y_1(t_0) = y_{10}, \quad (5)$$

$$\dot{y}_2 = a_{21}y_1 + a_{22}y_2, \quad y_2(t_0) = y_{20}. \quad (6)$$

Управление $u = u(t)$ представим в виде последовательности импульсов [15, 16]

$$u(t) = \sum_{i=0}^n \mu_i(Y, t) \delta(t - t_i), \quad (7)$$

где $\delta(t - t_i)$ – δ -функция Дирака вида

$$\delta(t - t_i) = \begin{cases} 0, & t \neq t_i, \\ \infty, & t = t_i. \end{cases}$$

$\mu_i(Y, t)$ – функции, зависящие от времени и вектора фазовых координат системы $Y(t)$, t_i – момент времени появления i -го управляющего импульса.

Минимизируемый квадратичный функционал в соответствии с (1) для данной постановки задачи имеет вид

$$J_0 = Dy_2^2(t_k) + \int_{t_0}^{t_k} [Qy_2^2(t) + K^{-1}(t)u^2(t)] dt. \quad (8)$$

Для получения допустимых уровней величин $y_1(t)$, $y_2(t)$, $u(t)$ должен быть произведен подбор соответствующих коэффициентов D , Q , K , которые удобно выбирать исходя из возможных максимальных значений, входящих в минимизируемый функционал качества переменных [3]. В данном случае примем

$$D = \frac{1}{y_{2\max}^2}, \quad Q = \frac{1}{(t_k - t_0)y_{2\max}^2}, \\ K^{-1} = \frac{1}{(t_k - t_0)u_{\max}^2}.$$

При этом производится нормировка входящих в (8) величин, имеющих различный физический смысл.

Для системы управления (5)–(6) и функционала качества (8) в соответствии с формулой (3) и с учетом того, что $\Lambda_{21} = \Lambda_{12}$ оптимальное управление вычисляется по формуле

$$u = -Kb[\Lambda_{11}y_1 + \Lambda_{12}y_2] = u(t). \quad (9)$$

Входящие в (9) коэффициенты Λ_{11} и Λ_{12} в соответствии с (4) вычисляются путем решения системы уравнений

$$\dot{\Lambda}_{11} = -2a_{11}\Lambda_{11} - 2a_{21}\Lambda_{12} + Kb^2\Lambda_{11}^2, \\ \Lambda_{11}(t_k) = 0, \quad (10)$$

$$\dot{\Lambda}_{12} = -(a_{22} + a_{11})\Lambda_{12} - a_{12}\Lambda_{11} - \\ -a_{21}\Lambda_{22} + Kb^2\Lambda_{11}\Lambda_{12}, \\ \Lambda_{12}(t_k) = 0, \quad (11)$$

$$\dot{\Lambda}_{22} = -2a_{12}\Lambda_{12} - 2a_{22}\Lambda_{22} + Kb^2\Lambda_{12}^2 - Q, \\ \Lambda_{22}(t_k) = D. \quad (12)$$

Для вычисления входящих в закон управления (9) коэффициентов Λ_{11} и Λ_{12} уравнения (10)–(12) решаются в «обратном времени». При этом функционал качества (8) минимизируется на скользящем интервале $[t_0 + T_{\text{опт}} \dots t_k + T_{\text{опт}}]$ [2]. Величину интервала оптимизации $T_{\text{опт}}$ выберем равной времени переходного процесса в системе, определяемым максимальной постоянной времени T_{max} элементов системы [1, 3].

Определив $u(t)$ на интервале оптимизации $[t_0, t_k]$, проинтегрируем выражение (9) по времени, считая, что на этом интервале имеется один прямоугольный управляющий импульс.

$$\int_{t_0}^{t_k} u(t) dt = \int_{t_0}^{t_k} \mu_i(Y, t) \delta(t - t_i) dt. \quad (13)$$

В соответствии с определением интеграла свертки [1, 2] из выражения (13) получаем

$$\int_{t_0}^{t_k} u(t) dt = \mu_i(Y, t_i) = A_u t_u, \quad (14)$$

где A_u – амплитуда управляющего импульса на i -м интервале оптимизации, t_u – длительность управляющего импульса на i -м интервале. При заданной в соответствии с рис. 2 постоянной амплитуде $A_u = U_s$ длительность управляющего импульса вычисляется по формуле:

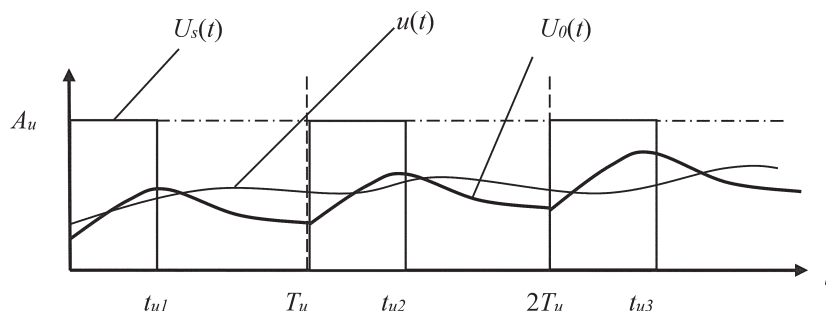


Рис. 3. Процесс управления системой

$$t_u = \frac{1}{A_u} \int_{t_0}^{t_k} u(t) dt. \quad (15)$$

Таким образом, управление гибридной системой (преобразователем постоянного тока) в данном случае осуществляется последовательностью прямоугольных импульсов с постоянной амплитудой и периодом следования, но с переменной длительностью, зависящей от величины прогнозируемого на интервале оптимизации сигнала управления. На рис. 3 представлена качественная иллюстрация изменения прогнозируемого сигнала управления, последовательности управляющих импульсов и выходного сигнала объекта управления (преобразователя).

На рис. 3 изображены следующие процессы, происходящие в гибридной электротехнической системе: $U_s(t)$, — последовательность управляющих импульсов, $u(t)$ — прогнозируемый сигнал оптимального управления, $U_0(t)$ — выходной сигнал гибридной системы, A_u — амплитуда управляющих импульсов.

Из рис. 3 видно, что при изменении величины прогнозируемого на интервале оптимизации сигнала управления, изменяется длительность управляющих импульсов при постоянном периоде следования.

Заключение

Решается задача управления гибридной системой, к классу которых относятся системы,

содержащие в своем составе как непрерывные, так и дискретные элементы. Предлагается решать задачу оптимального управления гибридной системой на основе формирования такого управляющего сигнала управления на выходе контроллера (регулятора), который минимизирует заданный интегральный функционал качества, в качестве которого рассматривается линейный квадратичный функционал Летова-Калмана. В качестве примера решения задачи управления гибридной системой в данном случае рассматривается линейная детерминированная модель системы управления, характерная для большинства гибридных электротехнических систем. Для такой постановки задача поиска оптимального управления представляет собой задачу аналитического конструирования оптимального регулятора, которая имеет конкретное решение.

Управление гибридной системой (преобразователем постоянного тока) осуществляется в данном случае последовательностью прямоугольных импульсов с постоянными амплитудой и периодом следования, но с переменной длительностью, зависящей от величины прогнозируемого на интервале оптимизации сигнала управления. Представлена качественная иллюстрация изменения прогнозируемого сигнала управления, последовательности управляющих импульсов и выходного сигнала объекта управления (преобразователя). Данный подход может найти применение для решения широкого круга прикладных задач.

Литература

1. **Методы** классической и современной теории автоматического управления: в 5 т. / под ред. К. А. Пупкова и Н. Д. Егупова. — М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 4 т.
2. **Справочник** по теории автоматического управления / под ред. А. А. Красовского. — М.: Наука, 1987. — 712 с.
3. **Брайсон А.** Прикладная теория оптимального управления / А. Брайсон, Хо Ю-ши. — М.: Мир, 1972. — 544 с.
4. **Методы** оптимизации / под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. — М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. — 440 с.

5. Теория систем автоматического управления / под ред. В. Л. Бесекерского, Е. П. Попова. – М.: Изд. Санкт-Петербург, 2003. – 747 с.
6. Казаков И. Е. Методы оптимизации стохастических систем / И. Е. Казаков, Д. И. Гладков. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
7. Utkin V. I. Скользящее управление электромеханическими системами. / V. I. Utkin, V. J. Guldner, J. X. Shi.- London, U. K.: Taylor & Francis, 1999.-350 p.
8. Мелешин В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин. – М.: Техносфера, 2005. – 632 с.
9. Priewasser R. Моделирование, управление и реализация импульсных преобразователей постоянного тока с переменной частотой работы. / R. Priewasser, M. Agostinelly, C. Unterrieder, M. Stefano, M. Huemer // IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 29, no. 1, Jan. 2014, P. 287–301.
10. Белов Г. А. Структурные модели и исследование динамики импульсных преобразователей / Г. А. Белов // Электричество. – 2008. – № 4. – С. 47–49.
11. Bass R. M. Частотно-зависимая усредненная модель преобразователей постоянного тока с широтно-импульсной модуляцией / R. M. Bass, B. Lehman // IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 11, no. 3, Mar. 1996, P. 89–98.
12. Imad Elzein, Petrenko Yu. N. Модель упреждающего управления системой обеспечения максимальной выходной мощности солнечной батареи // Системный анализ и прикладная информатика, № 4, 2015, С. 17–25.
13. Geyer T., Parafotiu G., Frasca R., Morari M. Оптимальное управление преобразователями постоянного тока, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 23, Sept. 2008, pp. 2454–2464.
14. Сотникова М. В. Синтез робастных алгоритмов управления с прогнозирующими моделями / М. В. Сотникова // Системы управления и информационные технологии. – Т. 50, № 4. – 2012. – С. 99–102.
15. Казаков И. Е. Анализ систем случайной структуры / И. Е. Казаков, В. М. Артемьев, В. А. Бухалев. – М.: Наука, 1993. – 270 с.
16. Лобатый А. А. Аналитическое моделирование дискретных систем с фазовым управлением / А. А. Лобатый, В. Л. Бусько, Л. В. Русак // Доклады БГУИР. – 2008. – № 3 (33). – С. 103–110.
17. Лобатый А. А. Математическое моделирование гибридных электротехнических систем / А. А. Лобатый, Ю. Н. Петренко, А. Эльзейн, А. С. Абуфанас // Наука и техника. – 2016. – № 4, т. 15. – С. 322–328.
18. Imad Elzein, DC-DC power converters modeling: from averaging to hybrid systems // В Сб. «Наука-образованию, производству, эконо мике». Мат 13-й МНТК, Т. 1, 2015, С. 222.

References

1. Metody klassicheskoy i sovremennoy teorii avtomaticheskogo upravlenija: Vol. 5 t. / pod red. K. A. Pupkova i N. D. Egunova. – М.: Izdatel'stvo MGTU im. N. Je. Baumana, 2004. – 4 t.
2. Spravochnik po teorii avtomaticheskogo upravlenija / pod red. A. A. Krasovskogo. – М.: Nauka, 1987. – 712 s.
3. Brajson A. Prikladnaja teorija optimal'nogo upravlenija / A. Brajson, Ho Ju-shi. – М.: Mir, 1972. – 544 s.
4. Metody optimizacii / pod red. V. S. Zarubina, A. P. Krishhenko. – М.: Izdatel'stvo MGTU im. N. Je. Baumana, 2003. – 440 s.
5. Teorija sistem avtomaticheskogo upravlenija / pod. red. V. L. Besekerskogo, E. P. Popova. – М.: Izd. Sankt-Peterburg, 2003. – 747 s.
6. Kazakov I. E. Metody optimizacii stohasticheskikh sistem / I. E. Kazakov, D. I. Gladkov. – М.: Nauka, 1987. – 304 s.
7. Utkin V. I. Skol'zjashhee upravlenie jelektromehaničeskimi sistemami. / V. I. Utkin, V. J. Guldner, J. X. Shi.- London, U. K.: Taylor & Francis, 1999. – 350 p.
8. Meleshin V. I. Tranzistornaja preobrazovatel'naja tehnika / V. I. Meleshin.-M.: Tehnosfera, 2005. – 632 s.
9. Priewasser R. Modelirovanie, upravlenie i realizacija impul'snyh preobrazovatelej postojannogo toka s peremennoj chastotoj raboty. / R. Priewasser, M. Agostinelly, C. Unterrieder, M. Stefano, M. Huemer // IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 29, no. 1, Jan. 2014, P. 287–301.
10. Belov G. A. Strukturnye modeli i issledovanie dinamiki impul'snyh preobrazovatelej / G. A. Belov // Jelektrichestvo. – 2008. – № 4. – S. 47–49.
11. Bass R. M. Chastotno-zavisimaja usrednennaja model' preobrazovatelej postojannogo toka s shirotno-impul'snoj moduljaciej / R. M. Bass, B. Lehman // IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 11, no. 3, Mar. 1996, P. 89–98.
12. Imad Elzein, Petrenko Yu. N. Model' uprezhdajushhego upravlenija sistemoj obespečenija maksimal'noj vyhodnoj moshhnosti solnečnoj baterai // Sistemnyj analiz i prikladnaja informatika, № 4, 2015, S. 17–25.
13. Geyer T., Parafotiu G., Frasca R., Morari M. Optimal'noe upravlenie preobrazovateljami postojannogo toka, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 23, Sept. 2008, pp. 2454–2464.
14. Sotnikova M. V. Sintez robastnyh algoritmov upravlenija s prognozirujušhimi modeljami / M. V. Sotnikova // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii. – Т. 50, № 4. – 2012. – S. 99–102.
15. Kazakov I. E. Analiz sistem sluchajnoj struktury / I. E. Kazakov, V. M. Artem'ev, V. A. Buhalev. – М.: Nauka, 1993. – 270 s.
16. Lobatyj A. A. Analiticheskoe modelirovanie diskretnyh sistem s fazovym upravleniem / A. A. Lobatyj, V. L. Bus'ko, L. V. Rusak // Doklady BGUIR. – 2008. – № 3 (33). – S. 103–110.
17. Lobatyj A. A. Matematicheskoe modelirovanie gibridnyh jelektrotehničeskikh sistem / A. A. Lobatyj, Ju. N. Petrenko, A. Jel'zejn, A. S. Abufanas // Nauka i tehnika. – 2016. – № 4, t. 15. – S. 322–328.

18. **Imad Elzein**, DC-DC power converters modeling: from averaging to hybrid systems // V Sb. «Nauka-obrazovaniju, proizvodstvu, jekonomike». Mat 13-j MNTK, T. 1, 2015, S. 222.

Поступила
09.09.2016

После доработки
14.11.2016

Принята к печати
28.11.2016

Lobaty A. A., Petrenko Y. N., Abufanas A. S., Imad Elzein

IMPULSE CONTROL HYBRID ELECTRICAL SYSTEM

Belarusian National Technical University

This paper extends the recently introduced approach for modeling and solving the optimal control problem of fixed-switched mode DC-DC power converter. DC-DC converters are a class of electric power circuits that used extensively in regulated DC power supplies, DC motor drives of different types, in Photovoltaic Station energy conversion and other applications due to its advantageous features in terms of size, weight and reliable performance. The main problem in controlling this type converters is in their hybrid nature as the switched circuit topology entails different modes of operation, each of it with its own associated linear continuous-time dynamics.

This paper analyses the modeling and controller synthesis of the fixed-frequency buck DC-DC converter, in which the transistor switch is operated by a pulse sequence with constant frequency. In this case the regulation of the DC component of the output voltage is via the duty cycle. The optimization of the control system is based on the formation of the control signal at the output.

It is proposed to solve the problem of optimal control of a hybrid system based on the formation of the control signal at the output of the controller, which minimizes a given functional integral quality, which is regarded as a linear quadratic Lev-Kalman functional. Search method of optimal control depends on the type of mathematical model of control object. In this case, we consider a linear deterministic model of the control system, which is common for the majority of hybrid electrical systems. For this formulation of the optimal control problem of search is a problem of analytical design of optimal controller, which has the analytical solution.

As an example of the hybrid system is considered a step-down switching DC-DC converter, which is widely used in various electrical systems: as an uninterruptible power supply, battery charger for electric vehicles, the inverter in solar photovoltaic power plants.. A qualitative change in the projected illustration of the control signal, a sequence of control pulses and output management object (inverter).

Keywords: *mathematical model, the hybrid system, the quality of the functional optimization interval control signal.*



Lobaty A. A. Doctor of science, professor. In 2000 he established chair «Information systems and technologies» in Belorussian National Technical University, department of «International Institute of Distance Education». His research interests include algorithms, concepts, and architecture for digital signal processing systems. He has extensive consulting experience in control of unmanned aerial vehicles. He is author and coauthor of many papers in scientific magazines, conference proceedings, and a number of books. He has number of university and state awards for achievements in teaching and research. E-mail: lobaty@tut.by



Yury N. Petrenko, IEEE member, graduated from Metallurgical College (Enakievo, Ukraine), and began working career in 1954 as a steelworker at open-hearth Steel Works Plant in Donetsk; he received the Engineer degree (with honors) in electrical engineering from the Belarusian Polytechnic Institute (now Belarusian National Technical University – BNTU) in 1962 and PhD in 1971. In 1965–66, he was a research fellow at the University of California, Berkeley. Since 1974, he has been an Associate professor (in 1995–2005 professor) at the department of Automatic Control of Electrical Drive Systems of BNTU. In 1972–73 he was a UN (UNIDO) expert in Automation in Sofia (Bulgaria) and Vienna. In 1985 he was honored as inventor of the USSR. In 1980–90th, he was a visiting lecturer and research fellow in Syria (Tishrin University, Latakia and Aleppo University), Czechoslovakia, Lebanon and Cuba. He has been teaching Automatic Control of Electric Drives, Numerical Control Systems and Programmable Logic Controllers.

He is an author, Editor and Co-Author of 7 books, recommended by Ministry of Education for University and College -level engineering education and 2 Monographs (in coop). His main research interests in recent years include data signal processing, new control techniques applied to power electronics and electric drives. E-mail: ypetrenko@bntu.by



Imad Elzein – professional electronics/telecom and networking engineer and IT consultant, who finished a series of certificates, diplomas, undergraduate and graduate studies, with a remarkable GPA's of 4.0 out of 4.0 at the university level.

A total of 17+ years of hands-on experience in electronics, telecommunication, computers, and networks.

Research Interests: Network engineering: A high interest and research in the Virtualization environment, such as VMWARE, V.sphere, Fuel cells, solar panels, and DC-DC applications, Predictive control, and Maximum Power point tracking

(MPPT)

Teaching Profile: Computer Organization & Architecture, Computer Networks, Data Communications, Microprocessors&assembly language.

Educational Background: Bachelor of Science in Electrical/Electronic Engineering, Wayne State University, Michigan-USA.

Master of Science in Electronics Engineering Technology, Wayne State University, Michigan-USA

Title: Advanced diploma in CCNA & servers technologies. Simulation of a virtual ESX server in HP blade environment. Institute: Willis College-Ottawa-Canada.

Certified Cisco Academy instructor in CCNA1, CCNA2, CCNA3, CCNA4.

Lebanese University- Beirut- Lebanon, Special Courses and Trainings.

2008 Cisco Certified Network Professional-Switching Networks (CCNP) & Cisco certified Network Associate (CCNA), 2009 Microsoft Gold partner for innovation, 2008 Microsoft Certified IT Professional- Enterprise Server Administrator 2008 track (MCITP).

Affiliations: Member of the Electrical and Electronic Engineers IEEE (USA) .Member in the POET Professional Order of Engineers (USA), Secretary and active member in the Tau Alpha PI engineering society (USA), Member of the Phi Beta Delta chapter of Michigan for outstanding scholars (USA), Certified member of the Engineering Council (UK),



Абуфанас А.С. – аспирант кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем», факультета информационных технологий и робототехники БНТУ. Научное направление – системный анализ и обработка информации.