

скальзыванием // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Харків: НТУ«ХПІ». 2002. №9, Т.4. С.47-52. 6. Александров С.С., Козлов Е.П., Кузнецов Б.І. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами. Харків: НТУ «ХПІ», 2002. 490с.

Поступила в редколлегию 06.12.2007

Кузнецов Борис Иванович, д-р техн. наук, профессор кафедры систем управления технологическими процессами и объектами Украинской инженерно-педагогической академии (каф. СУТПиО УИПА). Адрес: Украина, 61003, Харьков, ул. Университетская, 16, тел. (057) 733-79-59.

Варфоломеев Алексей Алексеевич, ассистент кафедры СУТПиО УИПА Украинской инженерно-педагогической академии. Адрес: Украина, 61003, Харьков, ул. Университетская, 16, тел. (057) 733-79-59.

УДК 681.518.24

І.Ш. НЕВЛЮДОВ, С.С. ВЕЛИКОДНИЙ

АЛГОРИТМ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ДУГИ КОЛА ДЛЯ СИСТЕМ ПРОГРАМНОГО ВІДТВОРЕННЯ РУХІВ

Розглядається синтез алгоритму формування програмної траєкторії руху, створеного на підставі відповідного методу інтерполяції пласкої дуги кола, що задана мінімальною кількістю точок у абсолютній системі координат, стосовно автоматичних електромеханічних систем багатокоординатного погодженого руху.

Вступ

Актуальність теми є наслідком потреби виробництва більш досконалих систем відтворення рухів (СВР), серед яких: промислові роботи (ПР), верстати з ЧПК, автоматичні маніпулятори, динамічні іспитові стенди, контрольно-вимірювальні машини, радіотелескопи тощо [1], та необхідності розвитку досліджень в області створення алгоритмів програмного керування рухом виконавчих пристроїв, що реалізують просторовий рух за заданими траєкторіями.

Метою дослідження є синтез ефективного алгоритму, який гарантує найбільшу швидкість, максимальну точність опису траєкторій руху та надає простий аналітичний підхід до послідовності дій при створенні програмного засобу, що працюватиме у рамках розглядуваного методу інтерполяції.

Виконання поставленої мети забезпечується у роботі вирішенням таких *задач*:

- сформулювати загальну структуру алгоритму, що зводиться до визначення послідовності відповідних кроків;
- скласти блок-схему алгоритму, що містить необхідну кількість блоків та процедур;
- визначити відповідність між параметрами математичної моделі та ідентифікаторами алгоритму інтерполяції.

1. Загальна структура алгоритму

Алгоритм інтерполяції дуги кола для СВР створено на підставі відповідного методу, що розроблений стосовно задач програмного керування рухом робочих органів (РО) робототехнічних комплексів і верстатів із ЧПК, призначених для зварювання, різання, пайки, нанесення покриттів, розкרוю, механообробки та інших технологічних операцій, виконуваних електричною дугою, лазерним променем, плазмою, пульверизатором, різцем і т.п. [2].

Процес навчання такої СВР істотно спрощується, якщо її програмне забезпечення містить алгоритми, що дозволяють формувати сигнали керування для руху по дузі кола, заданої трьома точками в опорній системі координат модуля. При цьому звичайно потрібно, щоб РО модуля переміщався з необхідною швидкістю, проходячи послідовно через три задані точки дуги кола.

Алгоритм створено стосовно двох постановок задач (ПЗ) [3]:

1. Організувати рух РО СВР за дугою кола з заданої початкової точки \vec{r}_1 у задану кінцеву точку \vec{r}_3 через задану точку \vec{r}_2 з постійною заданою кутовою швидкістю $\omega_{\text{зад}}$. Визначити необхідний час t переміщення РО за розрахованою траєкторією з точки \vec{r}_1 у точку \vec{r}_3 .

2. Організувати рух РО СВР за дугою кола з заданої початкової точки \vec{r}_1 у задану кінцеву точку \vec{r}_3 через задану точку \vec{r}_2 за заданий час $t_{\text{зад}}$. Визначити необхідну постійну кутову швидкість ω переміщення РО з початкової точки \vec{r}_1 у кінцеву \vec{r}_3 .

Обидві постановки задачі припускають попередній розрахунок довжини ℓ дуги кола і визначення поточних координат положення кінця РО в кожен заданий дискретний момент часу t_i у процесі руху.

В цілому алгоритм формування траєкторії руху по дузі кола зводиться до такої **последовательности дій**:

Крок 1. Завдання координат трьох точок \vec{r}_1, \vec{r}_2 і \vec{r}_3 в абсолютній (опорній) системі координат (АСК) СВР – OXYZ.

Крок 2. Розрахунок в АСК абсолютних координат центра кола, що проходить через три задані (вихідні) точки.

Крок 3. Завдання відносної системи координат (ВСК) СВР – $\hat{O}\hat{X}\hat{Y}\hat{Z}$ і визначення у ній напрямку руху РО по дузі кола від точки \hat{r}_1 до точки \hat{r}_3 через точку \hat{r}_2 .

Крок 4. Розрахунок довжини дуги ℓ_{13} у кутових (рад, кут. град) і умовних лінійних (м, мм) одиницях.

Крок 5. Уведення заданих технологічних параметрів руху РО по дузі кола, відповідно до варіанту постановки задачі: ПЗ = 1 чи ПЗ = 2.

Крок 6. Розрахунок залежно від постановки задачі або часу t (при ПЗ = 1) переходу РО з початкової точки \vec{r}_1 в кінцеву \vec{r}_3 , або необхідної кутової швидкості ω (при ПЗ = 2) руху РО по дузі.

Крок 7. Завдання кількості N поточних точок, що фіксуються траєкторії руху РО (або, відповідно, інтервалів дискретизації руху за часом), виведених у розрахункові моменти часу t_i ($i = \overline{0, N}$).

Крок 8. Розрахунок матриць T та T^{-1} перетворення прямокутних систем координат (або матриць стану РО), радіусу R дуги кола, визначення відносних (у ВСК – $\hat{O}\hat{X}\hat{Y}\hat{Z}$) $\hat{x}_i, \hat{y}_i, \hat{z}_i$ та абсолютних (у АСК – OXYZ) x_i, y_i, z_i координат рухливої точки дуги кола (зокрема, положення кінця РО) у кожен заданий дискретний момент часу t_i ($i = \overline{0, N}$). Перевірка виконання обмежень на ОПЗ абсолютних координат кожної розрахованої точки траєкторії.

Крок 9. Організувати видачу результуючої інформації, що містить такі параметри руху РО: час t , кутову ω та лінійну v швидкості, відстань ℓ , що пройдено від моменту t_0 початку руху; поточні координати (у ВСК та АСК) положення точки РО на дузі у дискретні моменти часу t_i ($i = \overline{0, N}$).

2. Опис роботи алгоритму

Алгоритм графічно наведений у вигляді блок-схеми, що містить 312 блоків та розміщується на 32 аркушах формату А4.

Робота алгоритму починається з введення вихідних даних (блок 1): № варіанта завдання; координат вихідних точок \vec{r}_1, \vec{r}_2 і \vec{r}_3 ; варіанта постановки задачі – ПЗ; варіанта виду руху (ВР) РО (за дугою або за повним колом); кількості інтервалів дискретизації часу руху – N .

У блоках 3–6 виконується перевірка координат точок \vec{r}_1 , \vec{r}_2 і \vec{r}_3 на збіг. У випадку повного збігу координат хоча б двох точок, організується відповідне повідомлення та аварійна «зупинка» роботи алгоритму.

У блоці 7 здійснюється перевірка на приналежність трьох вихідних точок одній прямій. При виконанні цієї умови також організується відповідне повідомлення та аварійна «зупинка» роботи алгоритму.

У блоках 9–12 обчислюються координати середин відрізків $\overrightarrow{r_1 r_2}$ і $\overrightarrow{r_2 r_3}$ та відповідних нормалей $\vec{\beta}^*$ і $\vec{\beta}^{**}$ до них.

Блоки 13–88 призначені для визначення абсолютних координат точки \vec{r}_0 – центра кола, що проходять через три задані точки \vec{r}_1 , \vec{r}_2 і \vec{r}_3 . Крім того, точка \vec{r}_0 є початком координат ВСК – $\hat{O}\hat{X}\hat{Y}\hat{Z}$.

Визначення направляючих косинусів t_{ij} ($i, j=1,3$) осей ВСК стосовно осей АСК виконується у блоках 89–99.

Одночасно блоки 96–100 є блоками формування матриці T – перетворення прямокутних систем координат: ВСК у АСК (рішення зворотної задачі кінематики СВР).

Формування матриці T^{-1} для рішення прямої задачі кінематики СВР виконується у блоках 101–109.

У блоках 110–115 здійснюється перевірка відносної ВСК і абсолютної АСК прямокутних систем координат на однобічність осей. АСК задається правобічною при виборі опорної системи координат СВР. Орієнтація осей ВСК може бути змінена заміною напрямку вісі

$\hat{O}\hat{Y}$ на протилежне, що дозволяє, за необхідності, домогтися правобічної спрямованості двох систем координат.

Блоки 116–118 призначені для визначення відносних координат у системі ВСК вихідних точок $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3$ і точки \vec{r}_0 – центра кола.

Блоки 121–127 – для визначення відносних координат і довжин відрізків (векторів) $\overrightarrow{r_0 r_1}, \overrightarrow{r_0 r_2}$ і $\overrightarrow{r_0 r_3}$.

У блоках 128, 129 виконуються обчислення косинусів центральних кутів: $\cos n_{13}$ для дуги $r_1 r_3$ і $\cos n_{12}$ – для дуги $r_1 r_2$.

Значне місце в алгоритмі займає процедура рішення *принципової задачі* – визначення значення центрального кута n_{13} та вибір «вірного» напрямку руху по шуканій дузі кола $r_1 r_3$. У блок-схемі алгоритму розглянуто 20 варіантів можливого розташування вихідних точок

\vec{r}_1, \vec{r}_2 і \vec{r}_3 на квадрантах системи координат $\hat{O}\hat{X}\hat{Y}$. Конкретне розташування точок \vec{r}_1, \vec{r}_2 і \vec{r}_3 визначає необхідний напрямок руху РО за дугою (за годинниковою стрілкою або проти годинникової стрілки) і «вірне» обчислення значення центрального кута n_{13} .

Процедура визначення центральних кутів n_{12} і n_{13} , і вибір напрямку руху по дузі для 20 варіантів розташування вихідних точок займає блоки 130–271.

Варто помітити, що у блок-схемі алгоритму кути n_{12} і n_{13} визначаються через тригонометричну функцію «arctg». Формули для обчислення значення центрального кута n_{1j} ($j=2,3$) через функцію «arctg» залежно від напрямку руху РО за дугою $r_1 r_j$ ($j=2, 3$) наведені в табл. 1.

У блоках 278–284 залежно від постановки задачі: ПЗ=1 або ПЗ=2 та виду руху: ВР=1 (за дугою кола) або ВР=2 (за повним колом) виконується розрахунок необхідних параметрів руху РО. Якщо ПЗ=1, то рух відбувається із заданою кутовою швидкістю $\omega_{зад}$, а відсутнім параметром є час t руху за дугою $r_1 r_3$, що й визначається: при – ВР=1 за формулою:

$$t = \frac{n_{13}}{\omega_{зад}}, [c], \quad (1)$$

а при $BP=2$ – за формулою:

$$t = \frac{2\pi}{\omega_{зад}}, [c]. \quad (2)$$

Для $ПЗ=2$ заданий час $t_{зад}$ руху за дугою r_{13} кола, а відсутнім параметром є необхідна кутова швидкість переміщення РО, що і визначається: при $BP=1$:

$$\omega = \frac{n_{13}}{t_{зад}} [rad/c], \quad (3)$$

відповідно, при $BP=2$:

$$\omega = \frac{2\pi}{t_{зад}}, [rad/c]. \quad (4)$$

Безпосереднє визначення координат положення кінця РО на дузі кола у кожен заданий дискретний момент часу t_i у ВСК та АСК виконується у блоках 285–309.

У блоках 310–312 формується вихідне інформаційне повідомлення для відображення результатів роботи алгоритму.

3. Складання ідентифікаторів програмного засобу, що планується

Після синтезу алгоритму інтерполяції дуги кола та безпосередньо перед створенням програмного засобу, що наглядно відображує визначену траєкторію руху СВР, наведемо відповідності (табл. 2) між параметрами математичної моделі (ММ) руху СВР (поданої в [3], а також розглянутої в розд. 1–2) та умовними позначеннями, які будуть визначати відповідні параметри у планованому програмному засобі, тобто ідентифікаторами (ІД).

Висновки

Розглянуто синтез алгоритму інтерполяції дуги кола, створеного на основі відповідного методу формування траєкторії руху стосовно систем програмного відтворення рухів багатокординатного погодженого руху одного або декількох виконавчих органів, причому сама дуга задана мінімальною кількістю точок у абсолютній системі координат.

При вирішенні задач дослідження, поставлених безпосередньо перед виконанням роботи, була досягнута мета: синтезувати ефективний алгоритм формування траєкторій руху.

Таблиця 1. Обчислення значень центрального кута

Номер чверті відносної системи координат, у якій розташований кут n_{1j} , $j = 2, 3$		Формули для обчислення центрального кута n_{1j} , $j=2,3$
При русі РО проти годинникової стрілки	При русі РО за годинниковою стрілкою	
I	IV	$n_{1j} = \arctg \sqrt{\frac{1 - \cos^2 n_{1j}}{\cos^2 n_{1j}}}$
II	III	$n_{1j} = \pi - \arctg \sqrt{\frac{1 - \cos^2 n_{1j}}{\cos^2 n_{1j}}}$
III	II	$n_{1j} = \pi + \arctg \sqrt{\frac{1 - \cos^2 n_{1j}}{\cos^2 n_{1j}}}$
IV	I	$n_{1j} = 2\pi - \arctg \sqrt{\frac{1 - \cos^2 n_{1j}}{\cos^2 n_{1j}}}$

Таблиця 2. Відповідність між параметрами ММ та ІД

Позначення параметрів, що прийняті у математичній моделі	Ідентифікатори, що прийняті у планованому програмному засобі
1. ПЗ, ВР	1. pz, dv
2. $t_{зад}$, $\omega_{зад}$ [rad/c], N	2. T0, w0, n0
3. $\vec{r}_1 = \{x_1, y_1, z_1\}$	3. r1[1], r1[2], r1[3]
4. $\vec{r}_2 = \{x_2, y_2, z_2\}$	4. r2[1], r2[2], r2[3]
5. $\vec{r}_3 = \{x_3, y_3, z_3\}$	5. r3[1], r3[2], r3[3]
6. $\vec{\alpha}^* = \{x^*, y^*, z^*\}$	6. r4[1], r4[2], r4[3]
7. $\vec{\alpha}^{**} = \{x^{**}, y^{**}, z^{**}\}$	7. r5[1], r5[2], r5[3]
8. $\vec{\beta}^* = \{a^*, b^*, c^*\}$	8. r6[1], r6[2], r6[3]
9. $\vec{\beta}^{**} = \{a^{**}, b^{**}, c^{**}\}$	9. r7[1], r7[2], r7[3]
10. Визначники: A, B, C	10. r8[1], r8[2], r8[3]
11. Матриця $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$	11. Три масиви: a[1,1], a[1,2], a[1,3]; a[2,1], a[2,2], a[2,3]; a[3,1], a[3,2], a[3,3]
12. det A	12. Oa
13. $\vec{b} = \{b_{11}, b_{12}, b_{13}\}^T$	13. r9[1], r9[2], r9[3]
14. Визначник: $-D \equiv b_{13}$	14. r9[3]
15. $\vec{r}_0 = \{x_0, y_0, z_0\}$	15. r0[1]=X1, r0[2]=Y1, r0[3]=Z1
16. Координати: A*, B*, C*	16. c1[1], c1[2], c1[3]
17. Модуль вектора: $\sqrt{(A^*)^2 + (B^*)^2 + (C^*)^2}$	17. d1

Продовження табл. 2

Позначення параметрів, що прийняті у математичній моделі	Ідентифікатори, що прийняті у плануємому програмному засобі
18. $\vec{s} = \{m, n, p\}^T$	18. c3[1], c3[2], c3[3]
19. Модуль вектора \vec{s} : $\sqrt{m^2 + n^2 + p^2}$	19. d3
20. Модуль вектора: $\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$	20. d2
21. Матриця стану PO для ВСК $\hat{O}\hat{X}\hat{Y}\hat{Z}$ $T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & x_0 \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & y_0 \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} & z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	21. Для вісі $\hat{O}\hat{X}$: $t[i,1]$, $i=1, 2, 3, 4$; для вісі $\hat{O}\hat{Y}$: $t[i,2]$, $i=1, 2, 3, 4$; для вісі $\hat{O}\hat{Z}$: $t[i,3]$, $i=1, 2, 3, 4$; для точки початку координат ВСК $t[i,4]$, $i=1, 2, 3, 4$
22. Матриця стану PO для АСК OXYZ $T^{-1} = \begin{bmatrix} (A^*)^T & -(A^*)^T \vec{r}_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	22. Для вісі OX: $t1[i,1]$, $i=1, 2, 3, 4$; для вісі OY: $t1[i,2]$, $i=1, 2, 3, 4$; для вісі OZ: $t1[i,3]$, $i=1, 2, 3, 4$; для точки початку координат АСК: $t1[i,4]$, $i=1, 2, 3, 4$
23. $\det A^* = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{bmatrix}$	23. Oa
24. $\vec{r}_0 = \{x_0, y_0, z_0, 1\}$	24. r0_1[1], r0_1[2], r0_1[3], r0_1[4]
25. $\vec{r}_1 = \{x_1, y_1, z_1, 1\}$	25. r1_1[1], r1_1[2], r1_1[3], r1_1[4]
26. $\vec{r}_2 = \{x_2, y_2, z_2, 1\}$	26. r2_1[1], r2_1[2], r2_1[3], r2_1[4]
27. $\vec{r}_3 = \{x_3, y_3, z_3, 1\}$	27. r3_1[1], r3_1[2], r3_1[3], r3_1[4]
28. $\vec{r}_0 \vec{r}_1 = \{x_1-x_0, y_1-y_0, z_1-z_0\}$	28. r0r1[1], r0r1[2], r0r1[3]
29. $\vec{r}_0 \vec{r}_2 = \{x_2-x_0, y_2-y_0, z_2-z_0\}$	29. r0r2[1], r0r2[2], r0r2[3]
30. $\vec{r}_0 \vec{r}_3 = \{x_3-x_0, y_3-y_0, z_3-z_0\}$	30. r0r3[1], r0r3[2], r0r3[3]
31. Модуль вектора $\vec{r}_0 \vec{r}_1 : \vec{r}_0 \vec{r}_1 = R$ [ум. лін. од.]	31. d4
32. Модуль вектора $\vec{r}_0 \vec{r}_2 : \vec{r}_0 \vec{r}_2 = R$	32. d5

Продовження табл. 2

Позначення параметрів, що прийняті у математичній моделі	Ідентифікатори, що прийняті у плануємому програмному засобі
33. Модуль вектора $\vec{r}_0 \vec{r}_3 : \vec{r}_0 \vec{r}_3 = R$ [ум. лін. од.]	33. d6
34. $\cos n_{12}, \cos n_{13}$	34. cn12, cn13
35. n_{12}, n_{13} [рад]	35. n12, n13
36. n_{12}, n_{13} [кут. град]	36. n12g, n13g
37. l_{12}, l_{13} [ум. лін. од.]	37. L12, L13
38. Номер гілки	38. nv
39. Напрямок руху	39. nd
40. t, ω [рад/с]	40. T0, w0
41. $\Delta t, \Delta \varphi$ [рад]	41. deltaT, deltaF
42. Лінійна швидкість: $\vec{v}_{зад} = \frac{R \cdot \omega_{зад}}{2\pi}$ або $\vec{v} = \frac{R \cdot \omega}{2\pi}$ [ум. лін. од./с]	42. speed
43. $t_i, \varphi(t_i) \quad \forall i = \overline{0, N}$	43. Tnow[i], Dum[i], $i = \overline{1, n0+1}$
44. $\varphi(t_i)$ [кут. град] $\forall i = \overline{0, N}$	44. Fnowgrad[i], $i = \overline{1, n0+1}$
45. $\hat{x}_i = \hat{x}(t_i), \hat{y}_i = \hat{y}(t_i),$ $\hat{z}_i = \hat{z}(t_i) \quad \forall i = \overline{0, N}$	45. X_now[i], Y_now[i], Z_now[i], $i = \overline{1, n0+1}$
46. Координати поточної точки в АСК: $x_i = x(t_i), y_i = y(t_i),$ $z_i = z(t_i) \quad \forall i = \overline{0, N}$	46. Xnow[i], Ynow[i], Znow[i], $i = \overline{1, n0+1}$

У результаті досліджень розглянуто загальну структуру алгоритму, опис роботи алгоритму, визначення ідентифікаторів для створення програмного засобу.

Наукова новизна: процес «навчання» СВР істотно спрощується, якщо її програмне забезпечення буде містити готові алгоритми інтерполяції, відповідно до загальної постановки завдання, у вигляді конкретних координат плоскої дуги. Слід додати, що застосування поданого алгоритму дозволить автоматично формувати сигнали керування виконавчими пристроями, які реалізують рух РО СВР за заданою траєкторією.

Практична значущість: при практичному застосуванні математичного забезпечення вихідні дані можуть бути задані інженером-технологом чи оператором СВР в ході розв'язання зворотної задачі кінематики або визначені аналітично [4]. Практичний розрахунок починається з перевірки умов коректності завдання вихідних точок та фізичної реалізації шуканої траєкторії, що передба-

чені алгоритмом. Алгоритм може бути використано при викладанні дисциплін, пов'язаних з вивченням пристроїв вводу інформації у СВР та їх функціонуванням, у вищих навчальних закладах, зокрема на факультетах КІУ та ЕА ХНУРЕ при проведенні лабораторних, практичних та окремих курсових робіт. Також алгоритм може бути використаний при програмуванні різноманітних технологічних процесів у цехах із верстатами з ЧПК, при проведенні промислових робіт на Харківському заводі підйомно-транспортного обладнання, заводі «Комунар» та на ХДПЗ ім. Т.Г. Шевченка.

У порівнянні з існуючими аналогами [5 – 8] цей алгоритм дозволяє реалізовувати програмне керування рухом РО СВР відразу за кожною прямокутною координатою переміщення. СВР, що містять програмне забезпечення, розроблене на основі поданого алгоритму, можуть значно швидше виконувати розрахунок відповідної траєкторії руху поточної робочої точки у просторі та забезпечити найвищу точність інтерполяції.

Перспективи розвитку даної роботи полягають у створенні відповідного програмного засобу, що повинен точно розраховувати та наглядно відображувати у просторі траєкторію руху РО та її проєкції на кожен робочу площину. Також інтерфейс програмного засобу буде повністю відповідати сучасним пристроям вводу інформації у СВР.

Список літератури: 1. *Великодний С.С.* Аналіз динамічної точності дволанкового маніпулятора промислового робота // АСУ и приборы автоматизации. 2005. № 130. С. 82-85. 2. *Худяев О.А., Прокопенко О.О., Великодний С.С.* Алгоритмічні та програмні засоби автоматизованих систем керування. Харків: УПА, 2006. 120 с. 3. *Невлюдов І.Ш., Великодний С.С.* Метод інтерполяції дуги кола для систем програмного відтворення рухів // Радиоэлектроника и информатика. 2007. №3. С. 36-42. 4. *Худяев А.А.* Кинематика систем воспроизведения движений. Харьков: УИПА, 2000. 132 с. 4. *Юревич Е.И.* Основы робототехники, 2-е издание. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2005. 416 с. 5. *Костюк В.І., Спицу Г.О., Ямпольський Л.С.* Робототехніка. Київ: Вища школа, 1998. 448 с. 6. *Олссон Г., Пиани Дж.* Цифровые системы автоматизации и управления. Санкт-Петербург: Невский Диалект, 2001. 557 с. 7. *Yim Y., Zhang Y., Daff D.* Modular Robots // IEEE SPECTRUM. 2002. # 2. P. 30-34. 8. *Дорф Р., Бишон Р.* Современные системы управления. Москва: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. 832 с.

Надійшла до редколегії 01.12.2007

Невлюдов Ігор Шакирович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри ТАВР ХНУРЕ. Наукові інтереси: автоматизація технологічних процесів у радіоелектронному приладобудуванні. Адреса: Україна, 61128, Харків, пр. 50-річчя СРСР, б. 16, кв. 473, тел. 702-14-86 (роб.), 778-77-44 (дом.).

Великодний Станіслав Сергійович, аспірант кафедри ТАВР ХНУРЕ. Наукові інтереси: робототехніка, електропривод. Зацікавлення та хобі: туризм та вивчення філософських праць. Адреса: Україна, 61204, Харків, пр. Л. Свободи, б. 46, кв. 292, тел. 337-14-70 (дом.), 8-097-950-02-74 (моб.).