УДК 004.9 DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2022.99.0.123

СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДИСТАНЦІЄЮ МІЖ АВТОМОБІЛЯМИ

Біньковська А. Б.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. *В умовах високої щільності руху незабаром після ввімкнення режиму регулювання швидкості автомобіля водієві доводиться гальмувати, щоб витримати дистанцію до інших учасників руху, які використовують змінну швидкість. Застосування в системі регулювання швидкості автомобіля функції підтримки дистанції сприяє комфортному керуванню автомобілем і знижує ймовірність виникнення стресової ситуації.*

Ключові слова: *дистанція, проектування схеми, система керування, закон керування, контроль, автомобіль, синтез.*

Вступ

Найкраще досягнення людини – це створення автомобілів. Як тільки вони з'явилися, люди одразу зрозуміли їхню необхідність.

На сьогодні автомобіль є найпоширенішим видом транспортного засобу. Якщо зовсім недавно, буквально 10–20 років тому, дороги великих міст були широкі та вільні, а нині автомобілісту доводиться декілька годин стояти в пробці, що б дістатися до пункту призначення. Проте з кожним днем кількість автомобілів збільшується, а виробники раз у раз намагаються впровадити нові технології, які перетворюють знайомий нам автомобіль на розумний гаджет, який вміє думати та самостійно діяти в тій чи іншій ситуації [1].

Найбільш негативний наслідок експлуатації автомобіля – загибель людей. На дорогах в автоаваріях щодня гинуть люди. Незважаючи на посилені закони і правила, кількість аварій з людськими жертвами не зменшується.

Аналіз публікацій

Через збільшення кількості автомобільних аварій, проектувальники почали розробляти різноманітні системи управління дистанцією. Однією з найпопулярніших є круїз-контроль. Це пристрій, що підтримує постійну швидкість автомобіля, автоматично додає газу в разі зниження швидкості руху, зменшуючи її в разі збільшенні, наприклад на спусках, без участі водія.

Адаптивний пристрій круїз-контролю на автомобілі є досить «розумним», він забезпечує не тільки комфорт під час руху на трасах і магістралях, а й безпеку водія, який може розслабитися на дорозі.

Крім того, ця система може здійснити не тільки екстрене гальмування, але й маневри ухилення. Це значною мірою збільшує безпеку під час руху, і часто такі системи зберігали життя людей і цілісність самого автомобіля в різноманітних ситуаціях на дорогах [2].

Системи круїз-контролю прийнято поділяти на два види – пасивний (PCC) й адаптивний (ACC). Вони дуже відрізняються за своїми можливостями.

Система пасивного круїз-контролю використовується на різноманітних транспортних засобах, але її можливості за сучасними мірками досить скромні. Незалежно від зовнішніх факторів така система лише підтримує задану швидкість. Вона не вимикається сама, якщо перед машиною виникне перешкода, і цим відрізняється від адаптивного (активного) круїз-контролю.

Активний, або адаптивний круїз-контроль, є більш розумною та досконалою системою. Цей вид круїз-контролю не лише підтримує задану швидкість, але й відслідковує швидкість автомобіля, який їде попереду, та тримає безпечну дистанцію щодо нього [2].

Система контролю безпечної дистанції Distronic – це інтелектуальний круїз-контроль. Під час встановлення системи Distronic на автомобіль на приладовій панелі додається екран, що відображає встановлену швидкість автомобіля в цифровому форматі. Встановлена дистанція подана стрілкою на шкалі поруч зі схематичним зображенням автомобіля. На екрані з'являється зображення іншого автомобіля і відстань до нього, якщо він знаходиться на тій самій смузі руху.

Система Stop&Go забезпечує стеження за перешкодою прямо вздовж курсу на відстані до 20 м. Вона реагує на зближення з перешкодою і вмикається одразу, якщо виникає небезпека зіткнення. Водночас у динаміці

швидкість гальмування не має перевищувати 2 м/с. Дистанція, підтримувана до перешкоди в межах до 20 м, варіюється автоматично залежно від швидкості. На малих швидкостях вона значно менше. Головною відмінністю Stop&Go від вже використовуваних систем стане можливість відновлення руху. Це значно полегшить рух у пробках.

Система попередження зіткнень Eaton-Vorad Collision Warning System (EVT-300) – це система попередження зіткнень саме на вантажних автомобілях і автобусах, яка постійно сканує простір радарами, що облаштовані попереду і збоку. Коли в небезпечній близькості від вантажівки з'являється об'єкт (стоять або повільно їдуть автомобілі), водій отримує візуальний і звуковий сигнали попередження. У деяких моделях радар об'єднаний з «розумним» круїз-контролем SmartCruise, який допомагає автоматично підтримувати задану швидкість і безпечну дистанцію з автомобілем, що рухається попереду. [3]

Мета та постановка завдання

Системи управління дистанцією на сьогодні є досить актуальною, адже завдяки ним зменшуються ризики потрапляння людини у ДТП, отже, зменшується кількість летальних випадків.

Мета роботи – здійснити синтез системи управління дистанцією.

Завдання роботи: проаналізувати систему керування дистанцією, розглянути систему контролю дистанції і керування автомобілем, вибрати закон керування, здійснити аналіз об'єкта керування, спроектувати структурну схему системи керування дистанцією, визначити коефіцієнти передачі закону керування.

Загальне завдання дослідження

Керуванням дистанцією автомобіля називається підтримка дистанції або зміни її швидкості постійними сигналами керування або такими, що змінюються за певними законами та сигналами керування, що задаються.

Зазвичай здійснюється керування параметрами об'єкта й їхніми похідними за допомогою замкнутих систем керування, що забезпечують необхідну точність регулювання. Як основний чинник для керування дистанцією використовується швидкість руху автомобіля.

За законом керування визначаються структурні особливості його системи.

Головним завданням теорії автоматичного керування є вибір структури сигналу, що керує, і закону керування; синтез пристроїв, що коригують та забезпечують технічну реалізацію необхідного закону керування, а також вибір передатних чисел регулятора, що забезпечують отримання заданої якості перехідного процесу. Вихідними даними є динамічні властивості двигуна й автомобіля як об'єктів, що регулюються, вимоги до якості перехідного процесу та вимоги простоти системи керування.

Основний метод вирішення цього завдання – дослідження диференціальних рівнянь вибору оптимальних параметрів регулятора та системи керування, що забезпечують отримання необхідної якості перехідного процесу.

Диференціальні рівняння двигуна можна записати так:

$$\left.\begin{array}{c} d_{\partial}(p)\phi = \chi + \theta_{\rho}\rho - \theta_{\partial}\alpha_{\partial}; \\ d_{к}(p)\phi_{к} = \xi + \theta_{h}\chi - \theta_{p}\rho; \\ k_{в}\rho = \phi_{к} - \theta_{в}\phi; \\ k_{r}\xi = \phi + \theta_{r}\rho - \theta_{\chi}\chi. \end{array}\right\}. \qquad (1)$$

Динамічні властивості автомобіля можуть бути описані функцією передачі:

$$W_{авт}(s) = \frac{L(s)}{\Omega_{дв}(s)} = \frac{k_{авт}}{T_{авт}s + 1} \cdot \frac{1}{s}. \qquad (2)$$

де $k_{авт}$ – коефіцієнт передачі автомобіля; $T_{авт}$ – постійна часу автомобіля.

Якщо сигналом керування є сума всіх сигналів, утворених в елементах до виконавчого механізму, то для будь-якої ідеальної (такої, що не має динамічних похибок) системи керування

$$\delta = F(u), \qquad (3)$$

де δ – кут повороту дросельної заслінки; $F(u)$ – відома функція сигналу керування u.

Сигнал u, що керує, зазвичай складається з сигналів, пропорційних величинам, які регулюються, і їхнім похідним, сигналів від зворотних зв'язків, програмних механізмів тощо.

Сигнал керування u складається з сигналів, пропорційних регульованим величинам і їхнім похідним, сигналів від зворотних зв'язків, програмних механізмів, датчиків тощо.

Вираз (3) визначає закон регулювання ідеальних систем керування. Точна технічна реалізація виразу (3) ускладнена тим, що в реальних системах керування елементи мають динамічні похибки.

Сигнал u для керування дистанцією буде містити дві складові:

- сигнал для керування швидкістю обертання двигуна:

$$u_1 = k_\omega(\omega - \omega_з) + k_{\dot\omega}\frac{d(\omega-\omega_з)}{dt} + k_1\int_0^t(\omega-\omega_з)\,\mathrm{dt}; \quad (4)$$

- сигнал для керування дистанцією:

$$u_2 = k_L(L - L_з) + k_{\dot L}\frac{d(L-L_з)}{dt} + k_2\int_0^t(L-L_з)\,\mathrm{dt}, \quad (5)$$

де k_ω, $k_{\dot\omega}$, k_1, k_L, $k_{\dot L}$ і k_2 – передавальні числа; ω – швидкість обертання двигуна; $\omega_з$ – задане значення швидкості обертання двигуна; L – дистанція; $L_з$ – задане значення дистанції.

Складові сигналу керування здійснюють деякі функції у законі регулювання. Пропорційна складова сигналу забезпечує керування швидкістю та дистанцією пропорційно неузгодженості, таким чином неузгодженість зменшується.

Крім сигналу керування, з метою поліпшення процесу керування використовують сигнал, пропорційний кутовій швидкості зміни неузгодженості, який зменшує коливальність перехідного процесу. Для зменшення статичної помилки використовують складову, пропорційну інтегралу від отриманої неузгодженості.

Відповідно до вищезазначеного, сигнал для системи керування дистанцією можна записати як

$$u = u_1 + u_2 = k_\omega(\omega-\omega_з) + k_{\dot\omega}\frac{d(\omega-\omega_з)}{dt} + k_1\int_0^t(\omega-\omega_з)\,\mathrm{dt} + k_L(L-L_з) + k_{\dot L}\frac{d(L-L_з)}{dt} + k_2\int_0^t(L-L_з)\,\mathrm{dt}, \quad (6)$$

де k_ω, $k_{\dot\omega}$, k_1, k_L, $k_{\dot L}$ і k_2 – передавальні числа, які необхідно визначити під час синтезу системи.

Автоматичне керування дистанцією між автомобілями безпосередньо пов'язано з керуванням швидкістю його руху, тобто швидкістю обертання двигуна, оскільки саме швидкість руху автомобілів в потоці визначає відстань між ними. Якщо швидкість попереду автомобіля, що рухається, зменшується, то система керування дистанцією має автоматично зменшити швидкість автомобіля, витримуючи безпечну для цієї швидкості дистанцію. Таким чином, для керування дистанцією необхідно постійно контролювати два параметри руху: швидкість і відстань до автомобіля, що рухається попереду. Як зміна дистанції, так і зміна швидкості руху автомобіля були враховані під час проектування блок-схеми системи керування дистанцією, поданої на рисунку 1.

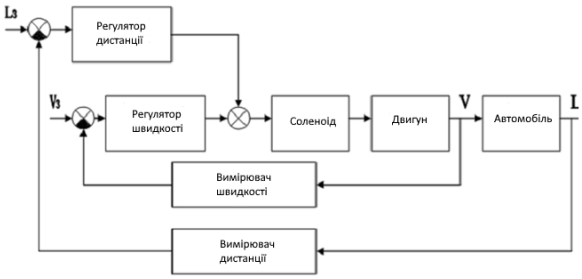

Рис. 1. Блок-схема системи керування дистанцією

Сигнал керування за допомогою соленоїда регулює положення заслінки, що керує подачею палива в двигун, що призводить до зміни швидкості руху автомобіля та до зміни дистанції між автомобілями, що рухаються. Для визначення закону керування до систем додали два зворотні зв'язки: обертання двигуна та за відстанню між автомобілями. Зворотній зв'язок за швидкістю враховує поточну швидкість обертання двигуна в конкретний момент часу. Зворотній зв'язок за дистанцією дозволяє своєчасно реагувати системі на мінливі ситуації на дорозі.

Під час створення структурної схеми системи керування відповідно до закону керування випливає, що всі елементи системи не мають динамічних похибок. Структурна схема є графічним відображенням закону керування. Перевага структурної схеми перед рівнянням закону керування полягає в тому, що в структурній схемі зазначені взаємодії динамічних елементів. Ця обставина наочно

демонструє способи синтезу систем з елементів із заданими динамічними характеристиками.

Після створення структурної схеми з ідеальних елементів потрібно створити схему з реальних елементів. Вона необхідна для дослідження процесів у системі керування, зокрема для визначення критичних значень її параметрів.

Під час керування дистанцією закон керування відповідно до (6) містить дві складові: закон керування швидкістю обертання двигуна та закон керування дистанцією.

Відповідно до цього система керування дистанцією є двоконтурною. З огляду на це передатна функція соленоїда може бути подана як передатна функція підсилювальної ланки, а динамічні властивості двигуна можна записати передатною функцією:

$$\begin{aligned} Y_д^{\chi}(p) &= 1/d_д(p) = 1/(T_д p + k_д); \\ Y_д^{\alpha}(p) &= -\theta_д/d_д(p) = -\theta_д/(T_д p + k_д) \end{aligned}, \quad (7)$$

де $d_д$ – власний оператор двигуна; $T_д$ – постійна часу двигуна; $k_д$ – безрозмірний коефіцієнт самовирівнювання; $\theta_д$ – безрозмірний коефіцієнт посилення налаштування споживача (за навантаженням), а динамічні властивості автомобіля – передавальною функцією (2).

Спроектуємо структурну схему системи керування дистанцією (рис. 2):

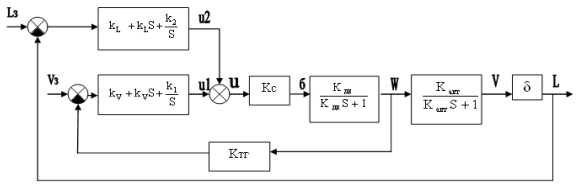

Рис. 2. Структурна схема системи керування дистанцією

У кожній системі керування в процесі синтезу можна виокремити дві частини: незмінну та змінну. Незмінна частина містить пристрій керування подачею палива в двигун, власне двигун і автомобіль (рис. 3).

Рис. 3. Незмінна частина системи

Передатну функцію незмінної частини системи керування з огляду на кількісні значення коефіцієнтів передачі та сталих часу можна записати як

$$W_{нч}(s) = \frac{33,32}{3 \cdot s^3 + 4 \cdot s^2 + s}. \quad (8)$$

Визначимо динамічні властивості незмінної частини системи керування дистанцією за допомогою засобів MATLAB.

Аналіз отриманих значень коренів демонструє, що два дійсних кореня характеристичного рівняння лежать у лівій півплощині, а один корінь – в нульовій. Отже, об'єкт, що аналізується знаходиться на межі стійкості.

Отримаємо перехідний процес системи (рис. 4).

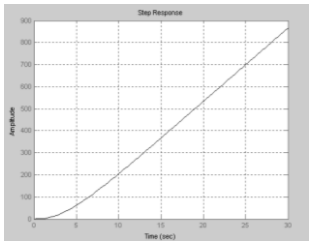

Рис. 4. Перехідний процес L(t) незмінної частини системи керування дистанцією

Згідно з рис. 4 об'єкт дослідження за дистанцією L нестійкий, що може бути ліквідовано за допомогою системи автоматичного керування дистанцією.

Наведемо двоконтурну машинну схему моделювання (рисунок 5).

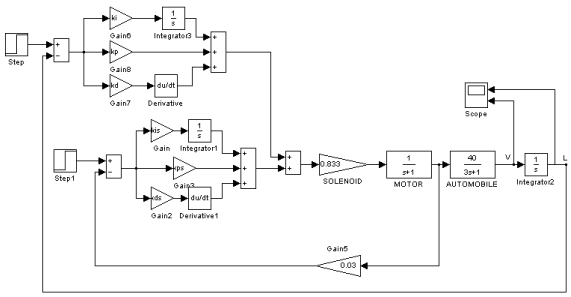

Рис. 5. Машинна схема моделювання двоконтурної системи керування

Система керування в такому виді є досить складною та вимагає вимірювання двох параметрів руху автомобіля: дистанції між автомобілями та швидкості обертання двигуна. З огляду на те, що для кожного регулятора передбачається пропорційно-інтегрально-

диференціальний закон керування, необхідно провести велику кількість досліджень.

Варто дослідити систему керування дистанцією, використовуючи машинну схему, наведену на рис. 5. Для цього необхідно змоделювати поведінку системи за такими законами керування:

$$\delta_1 = k_\omega(\omega - \omega_з); \quad (9)$$

$$\delta_2 = k_\omega(\omega - \omega_з) + k_L(L - L_з); \quad (10)$$

$$\delta_3 = k_\omega(\omega - \omega_з) + k_{\dot\omega}\frac{d(\omega - \omega_з)}{dt} + k_L(L - L_з); \quad (11)$$

$$\delta_4 = k_\omega(\omega - \omega_з) + k_L(L - L_з) + k_{\dot L}\frac{d(L - L_з)}{dt}; \quad (12)$$

$$\delta_5 = k_\omega(\omega - \omega_з) + k_1\int_0^t(\omega - \omega_з)\,dt + k_L(L - L_з) + k_{\dot L}\frac{d(L - L_з)}{dt}; \quad (13)$$

$$\delta_6 = k_\omega(\omega - \omega_з) + k_L(L - L_з) + k_{\dot L}\frac{d(L - L_з)}{dt} + k_2\int_0^t(L - L_з)\,dt; \quad (14)$$

У процесі досліджень були отримані графіки перехідних процесів для дистанції L (t) (вгорі) та швидкості руху автомобіля v (t) (внизу), що наведені на рис. 6–11.

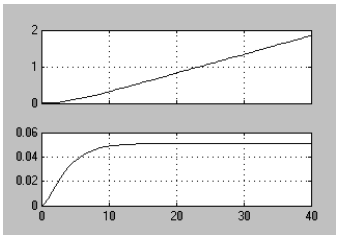

Рис. 6. Графік перехідних процесів L(t) і v(t) системи для закону керування (1), якщо k_ω = 0,0013

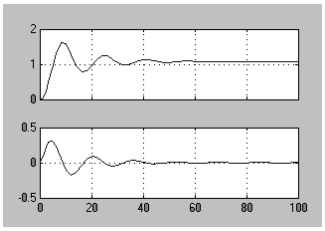

Рис. 7. Графік перехідних процесів L(t) і v(t) системи для закону керування (2), якщо k_ω = 0,0013, а k_L = 0,017

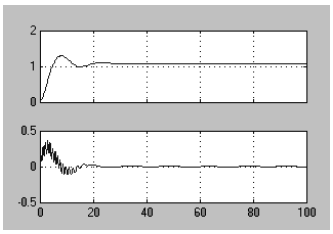

Рис. 8. Графік перехідних процесів L(t) і v(t) системи для закону керування (3), якщо k_ω = 0,0013, k_L = 0,017, $k_{\dot\omega}$ = -39,8

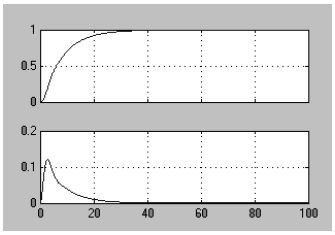

Рис. 9. Графік перехідних процесів L(t) і v(t) системи для закону керування (4), якщо k_ω = -0,00004, k_L = 0,0144, $k_{\dot L}$ = 0,0927

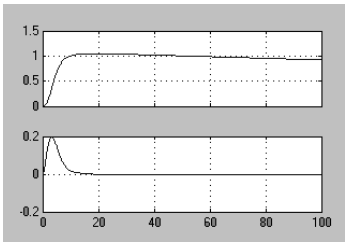

Рис. 10. Графік перехідних процесів L(t) і v(t) системи для закону керування (5), якщо k_ω = 0,0013, k_L = 0,017, $k_{\dot L}$ = 0,0522, k_1 = = 0.00003

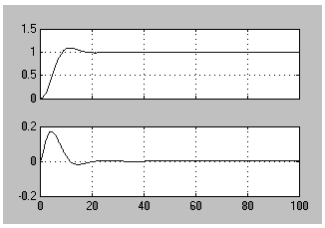

Рис. 11. Графіки перехідних процесів L(t) і v(t) системи для закону керування (6), якщо k_ω = -0,005, k_L = 0,0149, $k_{\dot L}$ = 0,0251, k_2 = = 0,0011

Характеристики перехідних процесів для дистанції L(t) і швидкості руху автомобіля v(t) наведені в табл. 1.

Аналіз результатів проведених досліджень (табл. 1 та графіки перехідних процесів (рис. 6–11)) демонструє такі результати:

- П-регулятор в контурі керування швидкості забезпечує стійкий режим роботи системи за швидкістю і нестійкістю за дистанцією;

- П-регулятори в контурах керування швидкості і дистанції дозволили отримати стійкий режим роботи системи за двома параметрами, але отримані характеристики щодо керування дистанцією не відповідають вимогам завдання;

Таблиця 1 – Характеристики перехідних процесів L(t) і v(t)

Коефіцієнти передачі закону керування	Перехідний процес	Перерегулювання σ,% для L(t); сплеск для v(t)	Тривалість перехідного процесу $t_{пп}$, с	Статична помилка Δ, %	Стійкість
$k_\omega = 0{,}0013$	L(t)	-	-	-	ні
	v(t)	ні	14	-	так
$k_\omega = 0{,}0013$; $k_L = 0{,}017$	L(t)	60	60	8	так
	v(t)	0,3	40	0,01	так
$k_\omega = 0{,}0013$; $k_L = 0{,}017$; $k_{\dot{\omega}} = -39{,}8$	L(t)	32	26	7,6	так
	v(t)	0,35	25	0,01	так
$k_\omega = -0{,}00004$; $k_L = 0{,}0144$; $k_{\dot{L}} = 0{,}0927$	L(t)	ні	30	1	так
	v(t)	0,12	30	0,01	так
$k_\omega = 0{,}0013$; $k_L = 0{,}017$; $k_{\dot{L}} = 0{,}0522$; $k_1 = 0.00003$	L(t)	5,16	-	-	ні
	v(t)	0,2	18	0,01	так
$k_\omega = -0{,}005$; $k_L = 0{,}0149$; $k_{\dot{L}} = 0{,}0251$; $k_2 = 0{,}0011$	L(t)	9,67	22,2	0,35	так
	v(t)	0,184	22,2	0,01	так

- введення диференціальною складовою до контуру керування швидкості стало причиною небажаних коливань, тому в подальших дослідженнях ця складова закону керування не використовувалась;

- П-регулятор у контурі швидкості і ПД-регулятор у контурі дистанції дозволили отримати перехідні процеси за дистанцією та швидкістю, що повною мірою задовольняє вимогам завдання;

- введення інтегральною складовою до регулятора контуру швидкості призвело до нестійкого режиму роботи системи з керування дистанцією, а така сама складова в контурі керування дистанцією підвищила точність, але й призвела до небажаного перерегулювання.

Таким чином, система керування дистанцією задовольняє вимогам завдання, якщо в контурі керування швидкості використовується П-регулятор, а в контурі керування дистанцією – ПД-регулятор.

Для дослідження синтезованої системи керування були отримані передавальні функції розімкнутої $W_р(s)$ і замкнутої $W_з(s)$ систем:

$$W_p(s) = \frac{3{,}09\,s + 0{,}48}{3s^3 + 4s^2 + s}; \quad (15)$$

$$W_з(s) = \frac{3{,}09\,s + 0{,}48}{3s^3 + 4s^2 + 4{,}09\,s + 0{,}48}. \quad (16)$$

Стійкість системи керування була оцінена за коренем характеристичного полінома, наведеного в табл. 2, за перехідним процесом, наведеним на рис. 9.

Таблиця 2 – Корінь характеристичного полінома замкнутої системи керування

Власні значення коренів
- 0.6002 + 0.9184i
- 0.6002 – 0.9184i
- 0.1329

Стійкість системи поза частотними характеристиками визначаємо, використовуючи критерій стійкості Найквіста. Побудуємо АФЧХ на комплексній площині (рис. 12).

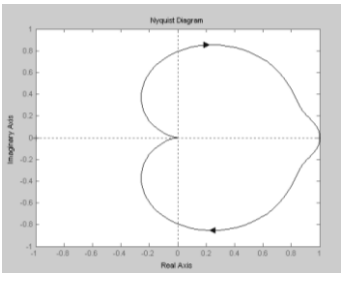

Рис. 12. АФЧХ замкнутої системи

Синтезована замкнута система є стійкою, оскільки контур Найквіста, наведений на рис. 12, не охоплює точку (-1, j0) на комплексній площині.

Критерій Найквіста дозволяє визначити абсолютну стійкість системи, але може бути використаний і для аналізу відносної стійкості. Для критерію Найквіста важливою є точка (-1, j0) на комплексній площині або відповідні їй значення 0 дБ і -180º на діаграмі Боде, яка є логарифмічними частотними характеристиками (ЛЧХ).

Для визначення запасів стійкості за амплітудою та за фазою побудуємо ЛЧХ розімкнутої системи, що наведені на рис. 13.

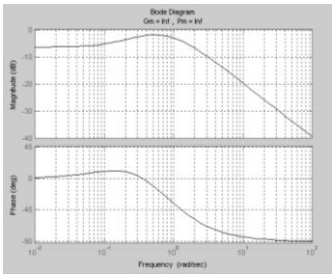

Рис. 13. ЛАЧХ і ЛФЧХ розімкнутої системи

Величина, що визначається за ЛАЧХ на частоті, за якої фазовий зсув дорівнює -180º, називається запасом за модулем. Він демонструє, у скільки разів може бути збільшений коефіцієнт посилення системи, перш ніж вона буде на межі стійкості, тобто перш ніж діаграма Найквіста пройде крізь точку (-1 +j0).

Висновки

У роботі була синтезована система автоматичного керування дистанцією між автомобілями в потоці транспорту, що рухається. Для цього було розглянуто системи автоматичного керування автомобілем, визначено спосіб керування, отримано математичну модель ДВЗ, здійснено аналіз динаміки об'єкта керування та синтез закону керування. Синтез та аналіз здійснювалися засобами пакета MATLAB – Simulink, з цією метою було створено машинну схему системи. Дослідження демонструють, що двоконтурна система керування дистанцією, що містить контури керування швидкістю обертання ДВЗ і відстанню до автомобіля, що рухається попереду, задовольняє вимогам завдання, якщо в контурі керування швидкості використовується П-регулятор, а в контурі керування дистанцією – ПД-регулятор. Більш складні закони керування за цими параметрами не забезпечують необхідну якість регулювання. Таким чином, отримані результати демонструють можливість розроблення автоматичної системи керування дистанцією із заданими параметрами якості.

Література

1. Біньковська А. Б., Козленко В. А. Аналіз систем управління дистанцією. *Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві*: тези Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених. Харків, 2020. URL: https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/handle/123456789/3201.
2. Роль автомобіля в житті людини. URL: http://www.ibra.com.ua/analytics/162164-rol-avtomobilya / (дата звернення: 07.09.2022).
3. Що таке круїз-контроль. Принцип роботи. Види круїз-контролю. URL: https://avtobloknot.com.ua/shcho-take-kruiz-kontrol-pryntsyp-roboty-vydy-kruiz-kontroliu / (дата звернення: 07.09.2022).
4. Обзор систем контролю дистанции. URL: https://articlekz.com/article/28226 (дата звернення: 07.09.2022).
5. L. Guzzella, C. H. Onder Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engine Systems. Springer Berlin Heidelberg. 2010. 354 p.
6. Cook J. A., Grizzle J. W. Sun Engine Control. The Control Handbook / William S. Levine, Ed. CRC Press, 1996. P. 1261–1274.
7. Закони керування та автоматичні регулятори. URL:https://studfile.net/preview/5193690/page:12/ (дата звернення: 07.09.2022).
8. Теория автоматического управления: учебно-методическое пособие / Гурко А. Г. та ін. Харьков, ХНАДУ, 2009. 216 с.
9. Гурко О. Г., Єрьоменко І. Ф. Аналіз і синтез систем автоматичного керування в MATLAB: навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2012. 300 с.
10. Васюра А. С. Елементи та пристрої систем управління автоматики. URL: http://www.opticstoday.com/ (дата звернення: 07.09.2022).

References

1. Binkovska A. B., Kozlenko V. A. Analiz sys-tem upravlinnia dystantsiieiu. Kompiuterno-intehrovani tekhnolohii avtomatyzatsii tekhnolohichnykh protsesiv na transporti ta u vyrobnytstvi: Vseukr. nauk.-prakt. konf. zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh uchenykh, tezy dop. Kharkiv, 2020. URL: https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/handle/123456789/3201.
2. Rol avtomobilia v zhytti liudyny. URL: http://www.ibra.com.ua/analytics/162164-rol-avtomobilya / (accessed: 07.09.2022).
3. Shcho take kruiz-kontrol. Pryntsyp roboty. Vydy kruiz-kontroliu. URL: https://avtobloknot.com.ua/shcho-take-kruiz-kontrol-pryntsyp-roboty-vydy-kruiz-kontroliu / (accessed: 07.09.2022).

4. Obzor system kontrolia dystantsyy. URL: https://articlekz.com/article/28226 (accessed: 07.09.2022).
5. L. Guzzella, C. H. Onder Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engine Systems. Springer Berlin Heidelberg. 2010. 354 p.
6. Cook J. A., Grizzle J. W. Sun Engine Control. The Control Handbook. CRC Press. 1996. P. 1261–1274.
7. Zakony keruvannia ta avtomatychni rehuliatory. URL:https://studfile.net/preview/5193690/page:12/ (data zvernennia 07.09.2022).
8. Hurko A. H. ta in. Teoryia avtomatycheskoho upravlenyia: uchebno-metodycheskoe posobye. Kharkov, KhNADU, 2009. 216 s.
9. Hurko O. H., Yeromenko I. F. Analiz i syntez system avtomatychnoho keruvannia v MATLAB: navchalnyi posibnyk. Kharkiv: KhNADU, 2012. –300 s.
10. Vasiura A. S. Elementy ta prystroi system upravlinnia avtomatyky. URL: http://www.opticstoday.com/ (accessed: 07.09.2022).

Бінькoвська А. Б., к.т.н., доц. каф. «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ab.binkovskaya@gmail.com, тел. +380(50)301-87-46,

Synthesis of the system for controlling the distance between vehicles

Abstract. Problem. *In conditions of high traffic intensity, it often happens that shortly after turning on the car's speed control mode, the driver has to brake in order to maintain a distance from other road users moving at variable speeds. The work analyzed the remote control system, considered the remote control system and car control, considered the sensors of the automatic control system, selected the control law, analyzed the control object, the structural diagram of the distance. A control system was developed and the transfer coefficient of the control law was determined.* ***Goal.*** *As a result of the analysis, the goal of the study was highlighted: to conduct a synthesis of the remote control system.* ***Methodology.*** *The main method of solving this problem is the study of the differential equations of the control system and the selection of optimal controller parameters that ensure the necessary quality of the transition process.* ***Results.*** *The result of the study is: a two-circuit distance control system, containing the circuits for regulating the engine rotation speed and the distance to the car driving ahead which meets the requirements of the task, if the P-regulator is used in the speed control circuit, and a PD-regulator is used in the remote control circuit.* ***Originality.*** *The originality lies in the fact that the introduction of the distance maintenance function into the car's speed control system contributes to a comfortable ride and reduces the likelihood of a stressful situation.* ***Practical value.*** *The use of the proposed results indicate the possibility of developing an automatic distance control system with specified quality parameters.*

Keywords: *distance, scheme design, control system, control law, control, car, synthesis.*

Binkovska Anzhela, Associate Professor, PhD, Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Kharkiv National Automobile and Highway University,
ab.binkovskaya@gmail.com,
tel. +380(50)301-87-46.