

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ АДАПТИВНОГО ГОЛОВНОГО СВІТЛА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Вступ. Актуальність задачі.

Однією з проблем наземного транспортного засобу (ТЗ) при русі внаслідок безперервних коливань корпусу є зниження точності кута повороту оптичного елемента транспортного засобу. Помилки повороту значно зменшують ймовірність освітлення дороги в необхідній площині. Крім того, на розсіювання світла впливає запізнювання повороту проміння світла – час від моменту закінчення повороту і прийняття рішення на здійснення освітлення до моменту освітлення промінням із оптичного елемента фари. У час запізнювання повороту проміння світла на ціль вже не здійснюється, а коливання корпусу ще продовжується. Внаслідок цього в момент повороту напрям вісі фари відрізняється від напрямку, який задається водієм. Збільшення розсіювання обумовлене також і тим, що вектор початкової швидкості проміння світла змінює свій напрям (і величину) внаслідок пружних коливань фари. При русі ТЗ знижується не тільки ймовірність повного освітлення дороги, але і темп освітлення, тому що збільшується час повороту, ускладнюється вибір рішення водія, при цьому водій значно швидше стомлюється. Все це вимагає застосування автоматизованих комплексів керування світлом, основою яких є системи стабілізації головного світла. Проблема безпеки руху, особливо при поганій видимості, а також у сутінках і темряві, безпосередньо пов'язана з освітленням дороги, по якій рухається ТЗ. Але тут існує відразу кілька взаємовиключних моментів:

- дорога повинна бути освітлена на значній відстані попереду ТЗ, щоб водій міг своєчасно вжити заходів щодо запобігання небезпеки;
- повинна бути освітлене узбіччя, дозволяючи своєчасно виявити знаходження поблизу проїжджої частини пішоходів і тварин;
- інтенсивність світла повинна бути такою, щоб не засліплювати водіїв зустрічного ТЗ;
- яскравість світла повинна бути різною в умовах проїзду по місту і за містом [1-5].

Матеріали та методи. Імітаційні методи моделювання, що отримали поширення в останній час в задачах керування, пред'являють якісно нові вимоги до рішення задач параметричної оптимізації. На заміну аналітичним непрямим прийомам обчислення оптимальних варіюваних параметрів регуляторів усе активніше приходять чисельні алгоритми оптимізації. Для рішення одноконтурних задач оптимізації існує достатнє число градієнтних і чисельних алгоритмів. Одним з таких алгоритмів є метод деформованого багатогранника Нелдера-Міда. При оптимізації одноконтурної системи керування із ПІ-регулятором такий алгоритм стійко знаходить оптимальні значення варіюваних параметрів k_1 і k_2 для цільової функції виду

$$I(k_1, k_2, \psi, t) = I_1 \cdot (1 + a \cdot |\psi_g - \psi|) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $I_1 = \int_0^T |y(t)| dt$ – інтеграл по модулю регульованої величини $y(t)$ на інтервалі часу перехідного процесу T ;

$\psi_{зд}$, ψ – заданий і поточний ступінь згасання перехідного процесу регулювання відповідно;

a – масштабний коефіцієнт, що враховує вагу штрафної функції.

Всі реальні технічні системи не мають ідеально прямолінійних статичних характеристик при будь-яких значеннях вхідної величини, тобто всяка регульована система, власне кажучи, є нелінійною системою, тому що якщо регульований об'єкт і вимірювальний елемент регулятора можна вважати в першому наближенні лінійними, то підсилювально-силовий елемент регулятора завжди буде нелінійним завдяки великого посилення і обмеженої потужності регулюючого елемента. У технічних розрахунках через неможливість точного урахування всіх явищ звичайно створюють деякий ідеалізований математичний опис досліджуваної системи за допомогою рівнянь, щоб, зберігши її головні істотні риси, одержати найбільш просту розрахункову методику. Найбільш простими і найбільш вивченими є лінійні рівняння, тому цілком природним є прагнення тим або іншим способом лінеаризувати всі реальні нелінійні характеристики, тобто замінити їх так чи інакше прямою лінією (однією прямою лінією). І тільки тоді, коли нелінійність відіграє істотну роль у поведінці системи, застосовують теорію нелінійних систем. Остання стає усе більш важливою для практики по мірі підвищення вимог до якості процесів і до точності розрахунку систем автоматичного керування і регулювання. Велике значення в цій області надбали наближені методи, засновані на ідеях гармонійного балансу і еквівалентної лінеаризації та запропоновані у відомих роботах М.Н. Крилова і Н.Н. Боголюбова. Стосовно автоматичних систем цей метод (метод гармонічної лінеаризації) розроблений Л.С. Гольдфарбом, Е.П. Поповим. В роботі розглянуто найбільш поширені в системах стабілізації головного світла нелінійності: зона обмеження (насичення) і змінний коефіцієнт підсилення. Насичення, або обмеження, є, мабуть, найбільш розповсюдженим видом нелінійності. Форма характеристики насичення ідентична для багатьох реальних пристроїв, хоча вхідні і вихідні величини можуть мати різну фізичну природу. Так, практично всі реальні підсилювачі, незалежно від того, чи є вони електронними, магнітними, пневматичними або гідравлічними, мають межу підсилення потужності в області великих вхідних сигналів уже тільки тому, що джерело живлення, за рахунок якого здійснюється підсилення вхідного сигналу, обмежено по потужності [6-7].

Основна частина

На першому етапі поворот на ціль освітлення здійснювалось за допомогою автоматизованого приводу фари. В наш час системи повороту і стабілізації головного світла ТЗ виготовляються двох площинними: фара – в горизонтальній та у вертикальній площинах. Більш детально розглянемо систему стабілізації головного світла у вертикальній площині.

Стабілізатори головного світла представляють собою замкнені автоматичні системи керування по відхиленню вісі фари від заданого водієм напрямку.

Потрібний напрямок повороту оптичного елемента у вертикальній площині (ОЕв) задається за допомогою датчика нахилу кузова (ДНК) та картографічної інформації мереж доріг від транспортного порталу (ТП). Для підвищення якості процесів стабілізації в стабілізатор вводиться гнучкий зворотний зв'язок по кутовій швидкості переміщення об'єкту стабілізації. Для підвищення якості в системі є зворотні зв'язки, які реалізується за допомогою датчика кутової швидкості (ДКШ) та датчика кута повороту механізму повороту оптичного елемента у вертикальній площині (ДКПМПОЕв). Сигнали з датчика кута повороту рульового колеса (ДКПРК) і ДКШ через підсилювачі (П) перетворюють сигнали в напруги. Ці напруги перетворюються в напругу непогодження. Напруга непогодження через підсилювач (П) та AFS-контролер подається до

входу виконавчого двигуна у вертикальній площині (ВДв). ВДв створює стабілізуючий момент, який компенсує збурюючий момент з метою утримання вісі механізму повороту оптичного елемента у вертикальній площині (МПОЕв) в заданому напрямку на ціль освітлення.

Складемо рівняння динаміки, передавальні функції стабілізації головного світла ТЗ у вертикальній площині.

Для вимірювання кутових величин відхилень ОЕв і кутових швидкостей їх відхилень у стабілізаторі застосовуються ДНК і ГП.

Передавальна функція ДНК має вигляд

$$W_{\text{ДНК}}(s) = \frac{k_{\text{ДНК}}}{T_{\varphi 1}^2 s^2 + T_{\varphi 2} s + 1}, \quad (2)$$

де $k_{\text{ДНК}}$ – коефіцієнт передачі ДНК;

$T_{\varphi 1}$ і $T_{\varphi 2}$ – постійні часу ДНК.

ДНК мають малі постійні часу $T_{\varphi 1}$ і $T_{\varphi 2}$ у порівнянні з іншими постійними часу системи. У цьому випадку час перехідних процесів малий і з достатньою для інженерної практики точністю можна вважати ДНК безінерційним. Тоді передавальна функція ДНК приймає вигляд

$$W_{\text{ДНК}}(s) = k_{\text{ДНК}}. \quad (3)$$

Передавальна функція ДКШ має вигляд

$$W_{\text{ДКШ}}(s) = \frac{k_{\text{ДКШ}}}{T_{\omega 1}^2 s^2 + T_{\omega 2} s + 1}, \quad (4)$$

де $k_{\text{ДКШ}}$ – коефіцієнт передачі ДКШ;

$T_{\omega 1}$ і $T_{\omega 2}$ – постійні часу ДКШ.

Таким чином, за своїми властивостями ДКШ є інерційною ланкою другого порядку.

При структурному аналізі систем стабілізації як вхідний сигнал ДКШ приймається не кутова швидкість ω об'єкта, а відповідне їй переміщення $\varphi = \omega/s$. Тоді передавальна функція ДКШ приймає вигляд

$$W_{\text{ДКШ}}(s) = \frac{k_{\text{ДКШ}}}{T_{\omega 1}^2 s^2 + T_{\omega 2} s + 1} s. \quad (5)$$

Процеси, які виникають в двигуні при регулюванні кутової швидкості обертання якоря $\omega_{\text{ВДв}}(t)$ зміною напруги $U(t)$, що подається в ланцюг якоря, описуються двома рівняннями:

– рівнянням електрорушійних сил і напруг в ланцюзі якоря

$$L_{\text{я}} \frac{di_{\text{я}}(t)}{dt} + r_{\text{я}} i_{\text{я}}(t) = U(t) - e_{\text{я}}(t) \quad (6)$$

– рівнянням моментів

$$M_{ВД\epsilon}(t) - M_C(t) = M_J(t), \quad (7)$$

де $L_{я}$, $r_{я}$ – індуктивність та активний опір обмотки якоря;
 $i_{я}(t)$ – струм в ланцюзі якоря;
 $e_{я}(t)$ – протиелектрорушійна сила якоря, що діє зустрічно напруги $U(t)$;
 $M_{ВД\epsilon}(t)$ – активний момент, що розвивається двигуном;
 $M_C(t)$ – сумарний момент опору на якорі двигуна;
 $M_J(t)$ – інерційний момент якоря і зв'язаного з ним через редуктор об'єкта керування.

Протиелектрорушійна сила якоря двигуна пропорційна частоті його обертання

$$e_{я}(t) = c_e \Phi_3 \omega(t) = k_e \omega_{ВД\epsilon}(t), \quad (8)$$

де $k_e = \frac{e_{я}(t)}{\omega_{ВД\epsilon}(t)} = c_e \Phi_3$ – конструктивна постійна двигуна незалежного збудження по протиелектрорушійній силі.

Активний момент, що розвивається двигуном, пропорційний струму якоря

$$M_{ВД\epsilon}(t) = c_m \Phi_3 i_{я}(t) = k_m i_{я}(t), \quad (9)$$

де $k_m = \frac{M_{ВД\epsilon}(t)}{i_{я}(t)} = c_m \Phi_3$ – конструктивна постійна двигуна незалежного збудження по обертаючому моменту.

Інерційний момент залежить від сумарного моменту інерції J_{Σ} і прискорення

$$M_J(t) = J_{\Sigma} \frac{d\omega_{ВД\epsilon}(t)}{dt}. \quad (10)$$

Сумарний момент інерції визначається сумою моменту інерції самого якоря і приведених до валу якоря моментів інерції об'єкта керування і редуктора.

Підставляючи вираз у рівняння, одержимо систему рівнянь, що описує процеси у двигуні незалежного збудження

$$L_{я} \frac{di_{я}(t)}{dt} + r_{я} i_{я}(t) = U(t) - k_e \omega_{ВД\epsilon}(t); \quad (11)$$

$$M_{ВД\epsilon}(t) - M_C(t) = J_{\Sigma} \frac{d\omega_{ВД\epsilon}(t)}{dt}.$$

Як правило $M_{AMV}(t) \gg M_C(t)$, тому в рівнянні (11) можна припустити, що $M_C(t) = 0$.

Після перетворення Лапласу отримаємо передавальну функцію першого рівняння

$$W_{я}(s) = \frac{i_{я}(s)}{U(s) - k_e \omega_{ВД\epsilon}(s)} = \frac{1/r_{я}}{T_{я}s + 1}, \quad (12)$$

де $T_{\text{я}} = \frac{L_{\text{я}}}{r_{\text{я}}}$ – електромагнітна постійна часу електродвигуна.

Передавальна функція другого рівняння (11), що відображає механічні процеси з урахуванням виразу (9) і припущення $M_{\text{с}}(t) = 0$, має вигляд

$$W_M(s) = \frac{\omega_{\text{ВДв}}(s)}{i_{\text{я}}(s)} = \frac{k_M}{J_{\Sigma} s} \quad (13)$$

На рисунку 1 наведена структурна схема двигуна незалежного збудження, який представлено у вигляді реальної інтегруючої ланки із внутрішнім зворотнім зв'язком, що обумовлений дією протиелектрорушійної сили [5,8-10].

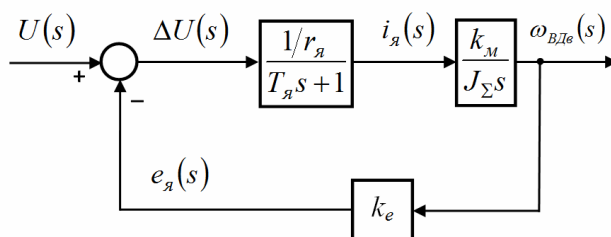


Рис. 1. Структурна схема двигуна незалежного збудження

ВИСНОВКИ

Проведено дослідження найбільш поширених нелінійностей замкненої системи повороту і стабілізації головного освітлення ТЗ. Запропоновано дослідити нелінійності – зона обмеження (насичення) і змінний коефіцієнт підсилення на основі розроблених відповідних структурних схем і математичних моделей.

В результаті застосування систем стабілізації головного світла поліпшуються умови спостереження за дорогою з ТЗ, в кілька разів зростає дальність виявлення і розпізнавання дороги, пішоходів тощо, підвищується точність кута повороту освітлення дороги, пішоходів, перехресть, поворотів тощо, зменшується розсіювання світла. При рівних умовах точність освітлення поворотів, дороги, пішоходів тощо зі стабілізатором збільшується в 7 – 8 разів. Саме тому ТЗ, які не мають систем стабілізації головного світла, під час їзди більш ймовірно потрапляють до ДТП.

Література: 1. Александров Е. Е. Многоканальные системы оптимального управления / Е. Е. Александров, И. Н. Богаенко, Б. И. Кузнецов – К.: Техніка, 1995. – 312 с. 2. Ніконов О. Я. Перспективи розвитку новітніх технологій адаптивного головного світла автомобіля / О. Я. Ніконов, В. О. Баранова // Збірник наукових праць «Системи обробки інформації». – Х. : Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. – 2014. – Вип. 8(124). – С. 13–18. 3. Баранова В. О. Разработка функциональной и структурной схем интеллектуальной системы управления адаптивного головного света автомобиля / В. О. Баранова // Збірник наукових праць «Харківського університету Повітряних Сил». – Х. : Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба – 2014. – Вип. 4(41). – С. 69–72. 4. Волков В. П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем / В. П. Волков, В. П. Матейчик [и др.]. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2013. – 400 с. 5. Алексієв О. В.. Мехатроніка, телематика, синергетика у транспортних додатках / О. В. Алексієв, О. П. Алексієв, О. Я. Ніконов – Харків: ХНАДУ, 2011. – 212 с. 6. Костюк В. И. Оптимальное по расходу топлива управление ориентацией космического летательного аппарата. Адаптивні системи автоматичного управління / В. И. Костюк, А. А. Стенин, О. И. Лисовиченко. – Дніпропетровськ : Системні технології. – 2001. – С. 7–13.

7. Демченко О. Ф. *Вопросы теории эксплуатации автоматизированных транспортных систем управления* / О. Ф. Демченко, Л. А. Исаев [и др.]. – Харьков : ХВУ, 2000. – 266 с.
8. Банашак З. А. *Реалізація концепції розподіленого керування з самосинхронізацією потоків транспортних засобів ГВС. Адаптивні системи автоматичного управління* / З. А. Банашак // – Дніпропетровськ : Системні технології. – 2001. – С. 88–105.
9. Алексієв В. О. *Мехатроніка транспортних засобів та систем.* / В. О. Алексієв, В. П. Волков, В. І. Калмиков. – Х. : ХНАДУ, 2004. – 176 с.
10. Алексієв В. О. *Управління розвитком транспортних систем: Автоматика, телематика, мехатроніка на автомобільному транспорті* / В. О. Алексієв. – Харків : ХНАДУ, 2008. – 268 с.

Bibliography (transliterated): 1. Aleksandrov E. E. *Mnogokanal'nye sistemy optimal'nogo upravleniya* / E. E. Aleksandrov, I. N. Bogaenko, B. I. Kuznecov. – K.: Tekhnika, 1995.
2. Nikonov, O. Ya., Baranova V. O. “*Perspektyvy rozvytku novitnikh tekhnolohiy adaptivnoho holovnoho svitla avtomobilya.*” *Zbirnyk naukovykh prats' «Systemy obrobky informatsiyi»* Kh.: Kharkivs'kyu universytet Povitryanykh Syl imeni Ivana Kozheduba. No. 124.8. 2014. 13–18. Print.
3. Baranova V. O. “*Razrabotka funkcional'noj i strukturnoj shem intellektual'noj sistemy upravlenija adaptivnogo golovnoho sveta avtomobilja.*” *Zbirnyk naukovykh prats' «Kharkivs'koho universytetu Povitryanykh Syl»* Kh.: Kharkivs'kyu universytet Povitryanykh Syl imeni Ivana Kozheduba. No. 41.4. 2014. 69–72. Print.
4. Volkov V.P., et al. *Integracija tehnichekoj jekspluatacii avtomobilej v struktury i processy intellektual'nyh transportnyh sistem.* Har'kov: Izd-vo HNADU, 2013. Print.
5. Alekciyev O. P. *Mekhatronika, telematyka, synerhetyka u transportnykh dodatkakh.* – Kharkiv: KhNADU, 2011.
6. Kostjuk V. I., A. A. Stenin, O. I. Lisovichenko “*Optimal'noe po rashodu topliva upravlenie orientaciej kosmicheskogo letatel'nogo apparata.*” *Adaptivni systemy avtomatychnoho upravlinnya.* – Dnipropetrovs'k: Systemni tekhnolohiyi. 2001. 7–13. Print.
7. Demchenko O. F., et al. *Voprosy teorii jekspluatacii avtomatizirovannyh transportnyh sistem upravlenija.* Khar'kov: HVU, 2000. Print.
8. Banashak Z. A., O. Y. Lisovichenko, H. M Tkach, H. S. Yampol's'kyu “*Realizatsiya kontseptsiyi rozpodilenoho keruvannya z samosynkhronizatsiyeyu potokiv transportnykh zasobiv HVS.*” *Adaptivni systemy avtomatychnoho upravlinnya.* – Dnipropetrovs'k: Systemni tekhnolohiyi. 2001. 88–105. Print.
9. Alekciyev V. O., et al. *Mexatronika transportny'x zasobiv ta sy'stem.* – Kharkiv: KHNADU, 2004.
10. Alekciyev V. O. *Upravlinnya rozvy'tkom transportny'x sy'stem: avtomaty'ka, telematy'ka, mexatronika na avtomobil'nomu transporti.* – Kharkiv: KHNADU, 2008.

Никонов О.Я., Сильченко В.О., Сильченко Н.Н.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ АДАПТИВНОГО ГОЛОВНОГО СВЕТА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Современные высокотехнологичные фары транспортных средств существенно повышают уровень дорожной безопасности. Адаптивная система головного освещения становится более популярной сегодня. При моделировании системы управления стабилизацией головного света транспортного средства очень важно обеспечить ее функциональность и сравнить с реальным выходом системы. В данной статье рассмотрены составляющие компоненты интеллектуальной системы головного освещения транспортного средства.

Nikonov O.J., Sylchenko V.O., Sylchenko M.M.

DEVELOPMENT OF SYSTEMS THE STABILIZATION OF ADAPTIVE HEAD LIGHT OF THE VEHICLE

Modern high technology headlamps of vehicles significantly increase the level of road safety. Adaptive Front Lighting is becoming more and more popular today. In the simulation, the vehicle cornering light stabilization of the control system is very important to ensure its functionality and compare the actual output of the system. This article describes the component parts of the vehicle of head illumination of the system of intellectual.