

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПАНЕЛИ БОРТОВОГО СРЕДСТВА ИНДИКАЦИИ

И. О. Жаринов^{а, б}, доктор техн. наук, заведующий кафедрой, руководитель учебно-научного центра
О. О. Жаринов^в, канд. техн. наук, доцент

^аСанкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, РФ

^бФГУП «Санкт-Петербургское ОКБ «Электроавтоматика» им. П. А. Ефимова», Санкт-Петербург, РФ

^вСанкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, РФ

Постановка проблемы: основу современных авиационных средств отображения информации, работающих в жестких условиях эксплуатации, составляют жидкокристаллические панели. Температура окружающей среды оказывает существенное влияние на колориметрические характеристики цветопередачи панели, в связи с чем требуется термостабилизация режима работы панели в составе изделия. Цель исследования заключается в решении задачи идентификации модели системы автоматического управления тепловым режимом работы жидкокристаллической панели. **Методы:** для решения задачи идентификации модели системы автоматического управления используются методы анализа систем автоматического управления. Для моделирования используется пакет Simulink в составе среды MathLab. Теоретическому анализу подлежат структура автоматической системы, заданная на уровне функциональных элементов автоматики. **Результаты:** предложен программный инструмент для моделирования системы автоматического управления тепловым режимом работы жидкокристаллической панели в составе бортового средства индикации. Получены теоретические и экспериментальные графические зависимости рабочей температуры жидкокристаллической панели от времени работы изделия в заданных условиях. **Практическая значимость:** результаты исследования получены при выполнении опытно-конструкторской работы и могут использоваться разработчиками бортовых средств отображения информации для выполнения схемотехнических расчетов и для оценки тепловых режимов жидкокристаллических панелей.

Ключевые слова — авионика, жидкокристаллическая панель, термостабилизация, система автоматического управления, параметрическая идентификация.

Введение

Основу современных средств отображения информации в авиационной промышленности составляют индикаторы класса МФЦИ (многофункциональные цветные индикаторы), выполненные на базе плоской жидкокристаллической (ЖК) панели [1]. На ЖК-панели отображаются текущие значения пилотажно-навигационных параметров полета летательного аппарата, диагностическая информация о результатах тестирования бортового оборудования, цифровая карта местности в зоне полетов и др.

Эксплуатация МФЦИ осуществляется в условиях воздействия на изделие внешних климатических факторов, важнейшими из которых являются пониженная (минус 40 °С) и повышенная (плюс 70 °С) температура окружающей среды.

В результате проведения ряда исследований [2–8] и экспериментов [9] установлено, что окружающая температура оказывает существенное влияние на колориметрические характеристики индицируемого на ЖК-панели изображения. Имеет место смещение (x, y) -координат цветности [10] изображения, обусловленное влиянием

окружающей температуры как на сами жидкие кристаллы, так и на спектральные характеристики излучения ламп (светодиодов) подсвета. Абсолютное значение смещения (x, y) -координат цветности оценивается величиной 0,0003 единиц цветности на градус Цельсия.

Смещение (x, y) -координат цветности эквивалентно изменению положения и площади треугольника цветового охвата [11] ЖК-панели на XY-плоскости, в результате чего изменяются характеристики визуального восприятия наблюдателем изображения. Таким образом, цветовая палитра бортового средства индикации, заданная программными кодами RGB (R — Red, G — Green, B — Blue) и определенная по максимуму контраста изображения [12] на светотехническом стенде в лабораторных условиях при нормальной температуре, может оказаться непригодной при повышенной (пониженной) температуре окружающей среды.

В этой связи актуальной является задача создания и исследования системы автоматического управления (САУ), обеспечивающей поддержание в эксплуатации рабочей температуры ЖК-панели МФЦИ в заданном температурном диапазоне.

Постановка задачи исследования и параметрической идентификации САУ

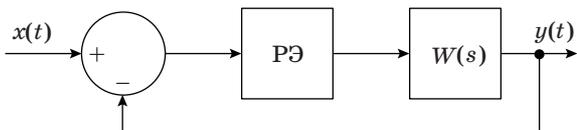
Компьютерное моделирование САУ является одним из эффективных средств исследования показателей качества САУ в различных условиях функционирования без проведения длительных натурных экспериментов на макетах. Главной задачей создания компьютерной модели САУ является обеспечение адекватности предлагаемой модели, описывающей реальную систему, свойствам системы и физическим принципам, положенным в основу работы системы.

Система [9] автоматической стабилизации температурного режима работы ЖК-панели в составе МФЦИ относится к классу нелинейных систем автоматики с релейным законом управления. Классический подход к построению математической модели такой САУ предполагает задание структурной модели системы с обратной связью, в разомкнутом контуре которой оказываются последовательно соединенные релейный элемент РЭ и линейное динамическое звено с передаточной функцией $W(s)$ (рис. 1).

Задача исследования и идентификации САУ заключается в определении вида передаточной функции $W(s)$ и числовых значений входящих в $W(s)$ параметров. Для ее решения требуется установить математические выражения, описывающие процессы теплообмена в САУ, и выполнить процедуру параметрической идентификации. Для процедуры параметрической идентификации САУ исходными являются данные [9] реального эксперимента, проведенного на образце МФЦИ при заданных температурных условиях.

Модель системы автоматической стабилизации температурного режима работы ЖК-панели

Для сравнительно простых САУ температурной стабилизации можно ограничиться заданием функции $W(s)$ в классе передаточных функций, соответствующих аperiodическому звену первого порядка, и провести идентификацию параметров $W(s)$ по известным данным зарегистрированной переходной характеристики системы.



■ **Рис. 1.** Типовая структурная схема соединения разомкнутого контура САУ с релейным законом управления

Недостатком формального подхода к построению модели САУ является трудоемкость параметризации функции $W(s)$ через известные физические характеристики элементов МФЦИ и испытательного оборудования. Если же эти характеристики изменяются в процессе функционирования (испытания) САУ, то модель САУ с фиксированными параметрами окажется неадекватной условиям эксперимента.

На температурный режим работы объекта управления — ЖК-панели — в составе МФЦИ оказывают влияние следующие факторы:

- температура окружающего воздуха в эксплуатации (в испытательной климатической камере);
- характеристики теплопроводности и конвекционного обмена в изделии;
- мощность, подводимая к нагревательному элементу ЖК-панели;
- режим работы вентилятора встроенного охлаждения, который изменяет характеристики теплообмена ЖК-панели с окружающей средой посредством конвекции.

Теоретической основой при построении модели САУ температурной стабилизации является второе начало термодинамики и законы теплообмена:

- процесс теплообмена посредством теплопроводности описывается законом Фурье;
- процесс конвективного обмена — законом Ньютона — Рихмана [13].

Несмотря на некоторые отличия в описании физических процессов, общим для обоих законов является экспериментально установленный факт, что количество теплоты Q , проходящее через единицу площади поверхности в единицу времени t в направлении по нормали к границе, разделяющей области с различными температурами, пропорционально разности ΔT этих температур, т. е. справедливо

$$\frac{dQ}{dt} = \gamma \Delta T, \tag{1}$$

где γ — коэффициент пропорциональности.

Кроме того, известно, что при сообщении некоторому физическому телу количества теплоты ΔQ его температура возрастает на величину ΔT :

$$\Delta T = \frac{1}{C} \Delta Q, \tag{2}$$

где C — теплоемкость физического тела.

Рассматривая процессы теплообмена в динамике, когда количество теплоты изменяется во времени, с учетом (2) можно записать

$$\Delta T(t) = \frac{1}{C} \int_0^t P(\tau) d\tau, \tag{3}$$

где $P(t) = \frac{dQ(t)}{dt}$ — тепловой поток, Дж/с, интенсивность которого меняется во времени в процессе функционирования системы.

Выражения (1)–(3) приводят к базовому варианту структурной схемы компьютерной модели САУ стабилизации температурного режима ЖК-панели МФЦИ (рис. 2). Компьютерная модель САУ реализована в среде Simulink. В САУ сигнал на выходе интегратора (*Integrator object*) с передаточной функцией $W(s) = 1/s$ воспроизводит температуру объекта управления — ЖК-панели, для визуализации которой в среде Simulink используется регистрирующий элемент *Scope_Temp*. Начальное состояние интегратора определяется состоянием управляющего воздействия на его входе x_0 . В схеме рис. 2 состояние управляющего воздействия соответствует значению окружающей температуры (*Ambient Temperature*).

В компьютерной модели САУ учтены три составные части процесса теплообмена ЖК-панели, существующие в МФЦИ:

- эффект саморазогрева ЖК-панели за счет работы лампы подсвета (в схеме представлен безынерционным звеном $dQ/dt_self_heating$ с коэффициентом передачи k_1 [Вт], определяющим эквивалентную мощность источника тепловой энергии саморазогрева);

- теплообмен ЖК-панели с окружающей средой (интенсивность, очевидно, зависит от разности температур между ЖК-панелью и окружающей средой, устанавливается коэффициентом пропорциональности k_2 [Вт/град] и моделируется в схеме безынерционным звеном $dQ/dt_Ambient$);

- нагревание ЖК-панели встроенными резистивными тепловыделяющими элементами (мощность рассеяния определяется коэффициентом k_3 [Вт] и моделируется в схеме безынерционным звеном dQ/dt_Heater).

Коэффициент передачи $k_4 = 1/C$ безынерционного звена $Q \rightarrow T_Scaler$, включенного последовательно с интегратором в модели рис. 2, имеет значение, обратное значению эквивалентной теплоемкости ЖК-панели в составе МФЦИ.

Результаты измерения датчика температуры используются для управления исполнительным элементом САУ — нагревателем. Нагреватель представляет собой совокупность резистивных элементов ЖК-панели, выполненных по тонкопленочной технологии напыления на стекло.

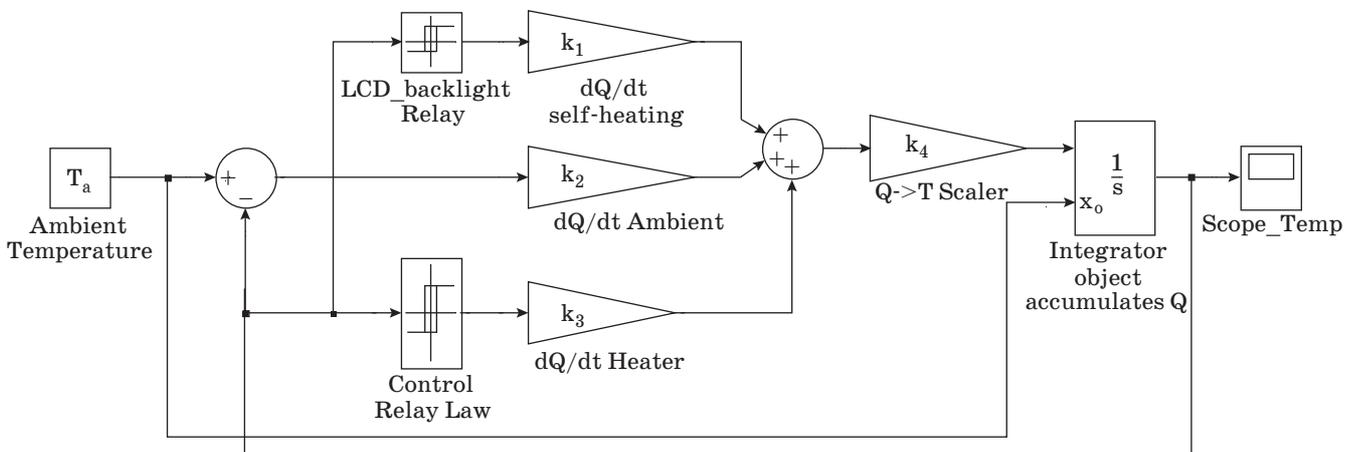
Релейный элемент *Control_Relay_Law* представляет собой устройство с гистерезисом, обладающее следующей логикой работы:

$$x_{out} = \begin{cases} 0 & \text{при } x_{in} > L_{off} \\ 1 & \text{при } x_{in} < L_{on} \end{cases}, \quad (4)$$

где x_{in} — входной сигнал релейного элемента; x_{out} — выходной сигнал релейного элемента. Пороговые уровни срабатывания L_{on} и L_{off} релейного элемента *Control_Relay_Law* определены разработчиком САУ и соответствуют порогам включения и выключения нагревательного элемента. Для нормального функционирования САУ установлено $L_{on} < L_{off}$.

Релейный элемент *LCD_backlight_Relay* в САУ введен для учета установленного разработчиками в МФЦИ ограничения, запрещающего первоначальное включение ЖК-панели при отрицательных температурах. Необходимость введения такого элемента обусловлена результатами исследований [14], согласно которым ресурс лампы подсвета ЖК-панели существенно снижается при частой эксплуатации экрана при отрицательных температурах окружающей среды без предварительного прогрева.

Конкретные числовые значения модели САУ могут быть определены в результате экспериментальных замеров изменений температуры ЖК-



■ Рис. 2. Базовый вариант компьютерной модели САУ

панели при испытаниях в термостабилизированной камере спокойного воздуха с установленной температурой (*Ambient Temperature*). В эксперименте пониженная рабочая температура окружающей среды установлена на уровне минус 40 °С.

Релейный принцип работы САУ заключается в поочередном включении и выключении нагревательного элемента ЖК-панели при достижении температурой нижнего и верхнего установленного порога соответственно. Эквивалентные схемы работы САУ для режимов включенного и выключенного состояния нагревателя представлены на рис. 3.

Пользуясь методикой анализа линейных автоматических систем [15], можно показать, что в модели САУ (рис. 3, а) переходный процесс в случае, когда начальное значение выходной температуры ЖК-панели равно температуре окружающей среды T_a , описывается выражением

$$T(t) = T_a + \frac{k_i}{k_2} (1 - e^{-k_2 k_4 t}), \quad (5)$$

где в качестве параметра k_i в зависимости от установленного режима тестирования МФЦИ необходимо подставлять либо k_3 (нагреватель включен, лампа подсвета ЖК-панели выключена), либо k_1 (нагреватель выключен, лампа подсвета ЖК-панели включена).

Когда предварительно разогретый до температуры T_i МФЦИ остывает при пониженной температуре окружающей среды T_a (рис. 3, б), переходный процесс в САУ определяется выражением

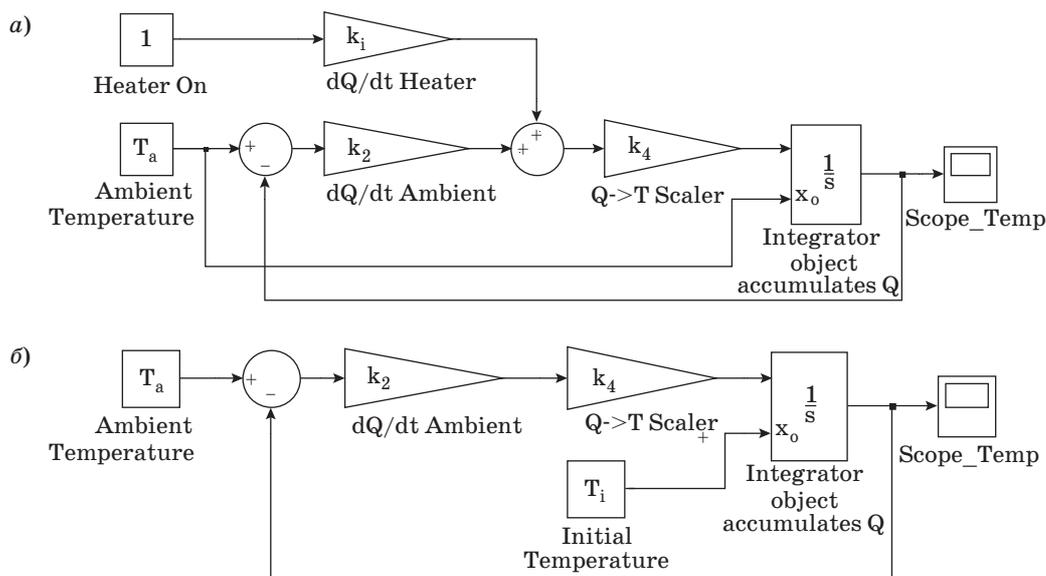
$$T(t) = T_a + (T_i - T_a) e^{-k_2 k_4 t}. \quad (6)$$

Из выражений (5) и (6), используя метод наименьших квадратов для оценивания параметров математической модели по известным результатам экспериментальных измерений, можно получить численные значения параметров k_1 , k_2 и k_4 базовой модели (см. рис. 2). Численное значение коэффициента k_3 (мощность нагревателя) считается известной из технической документации на МФЦИ.

Дальнейшее усовершенствование предложенной базовой модели САУ температурной стабилизации ЖК-панели необходимо производить в направлении учета дополнительной специфической особенности вывода МФЦИ, эксплуатируемого при отрицательных температурах, на рабочий тепловой режим: в момент перехода в область положительных температур, когда ЖК-панель впервые включается, мощность нагревателя должна быть снижена.

В окончательный вариант Simulink-модели САУ (рис. 4) для учета изменения мощности нагревателя введены *D*-триггер (*D Flip-Flop*) и управляемый им переключатель (*Switch*), обеспечивающий сразу после включения лампы подсвета ЖК-панели пониженный уровень мощности нагревательного элемента (30 Вт от элемента dQ/dt_{Heater_Low} против 90 Вт от элемента dQ/dt_{Heater_Hi} в номинальном режиме). На вход *CLK D*-триггера подается сигнал управления от релейного элемента *Heater_1st_on_Relay*, определяющий уровень мощности нагревательного элемента в САУ.

В результате процедуры параметрической идентификации САУ температурной стабилизации режима работы ЖК-панели в составе серий-



■ Рис. 3. Модели линейризованной САУ в тестовых режимах: а — в режиме нагревания при пониженной температуре окружающей среды; б — в режиме остывания предварительно разогретого изделия

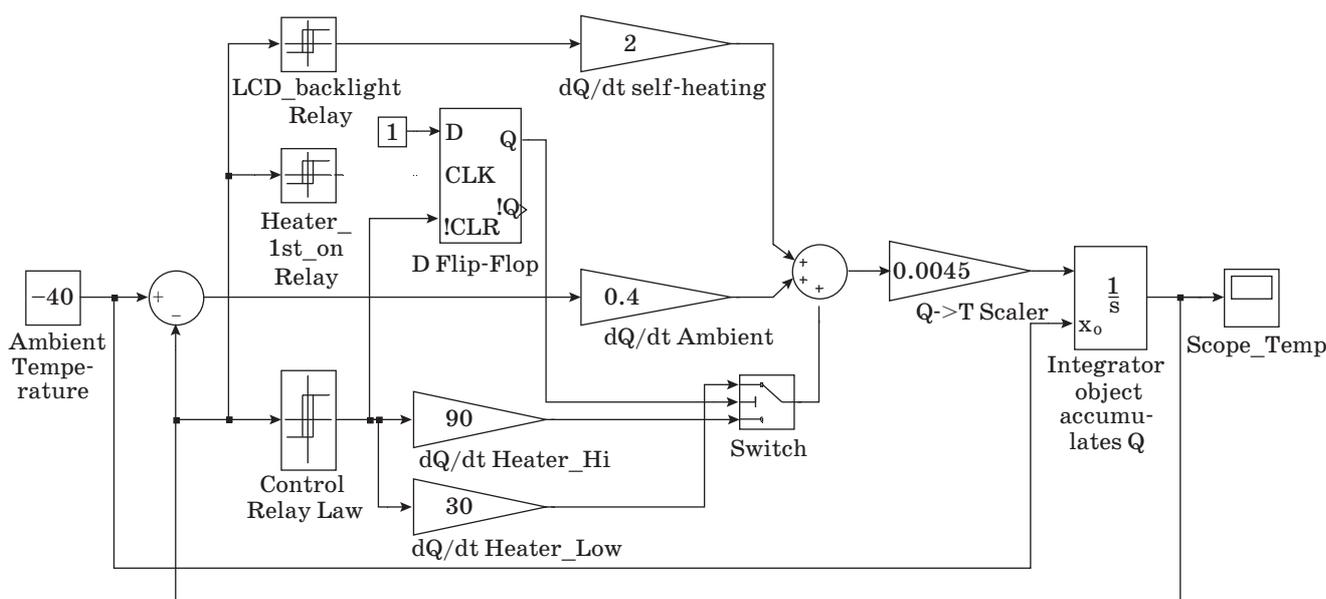


Рис. 4. Синтезированная компьютерная модель САУ

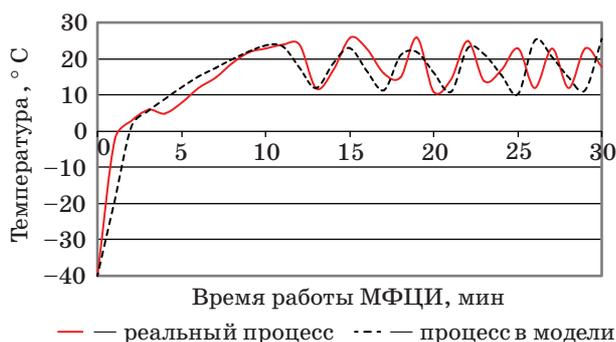


Рис. 5. Переходный процесс в реальной САУ и в модели

но выпускаемого образца МФЦИ получены следующие числовые значения параметров: $k_1 = 2$ Вт, $k_2 = 0,4$ Вт/град, $k_3 = 90$ Вт (в режиме полной мощности нагревателя), $k_4 = 0,0045$ град/Дж.

Адекватность компьютерной модели САУ реальному изделию можно оценить на основе анализа переходных характеристик в реальной системе и в модели. Графики обеих переходных характеристик представлены на рис. 5. Значение $L_{on} = 10$ °С, $L_{off} = 25$ °С.

В компьютерную Simulink-модель САУ термостабилизации ЖК-панели сравнительно простыми средствами можно ввести нестационарность по параметрам. В частности, нестационарность вводится по параметру k_2 для моделирования изменяющихся условий конвекционного теплообмена. Условия теплообмена зависят от атмосферного давления и варьируются в широких преде-

лах при эксплуатации МФЦИ в составе авиационного оборудования.

Для моделирования динамики изменения параметра k_2 в модель САУ можно ввести дополнительный вход для внешнего возмущающего воздействия. Влияние внешнего возмущающего воздействия на параметр k_2 реализуется в модели на двухвходовом перемножителе. Аналогичный подход к моделированию динамики изменения параметров элементов САУ реализуется при необходимости и для коэффициентов k_1, k_3 .

Заключение

Предложенная компьютерная модель системы стабилизации температурного режима ЖК-панели универсальна, параметры модели имеют ясный физический смысл и могут настраиваться на основании результатов температурных испытаний МФЦИ. Важно заметить, что предлагаемая модель не является сложной, в отличие от известного класса математических моделей термодинамических систем, задаваемых системой нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, которые более точны с точки зрения теории, но представляются далеки от потребностей производственной практики.

Подходы, которые применены при разработке предложенной модели системы стабилизации температурного режима, могут оказаться продуктивными и при построении нелинейных моделей других автоматических систем, применяемых в авионике.

Литература

1. Жаринов И. О., Жаринов О. О. Бортовые средства отображения информации на плоских жидкокристаллических панелях: учеб. пособие. — СПб.: ГУАП, 2005. — 144 с.
2. Wang Ch.-Fu., Tang Ch.-W., Huang B.-J. Multivariable Robust Control for a Red-Green-Blue LED Lighting System // IEEE Trans. on Power Electronic. 2010. Vol. 25. N 2. P. 417–428.
3. Chhajed S., et al. Influence of Junction Temperature on Chromaticity and Color-Rendering Properties of Trichromatic White-Light Sources Based on Light-Emitting Diodes // Journal of Applied Physics. 2005. Vol. 97. N 5. P. 1–8.
4. Seetzen H. et al. Self-calibrating Wide Color Gamut High Dynamic Range Display // Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging. 2007. Vol. 6492. 64920Z. P. 1–9.
5. Tetervenoks O. Finding Requirements for Ballasts of Colored LED Matrices // Proc. of 12th Intern. Symp. «Topical in the Field of Electrical and Power Engineering». 2012. P. 52–55.
6. Ashdown I., Robinson Sh., Salisbury N. Binning and Filtering: the Six-Color Solution // Proc. of SPIE. 2006. Vol. 6337. 63371A. P. 1–11.
7. Chiu T.-L., Lee J.-H. Color Gamut Variation of LED-lit LCD at Different Module Temperatures // Optics Communications. 2010. Vol. 283. P. 373–378.
8. Huang W., et al. Local Dimming Algorithm and Color Gamut Calibration for RGB LED Backlight LCD Display // Optics & Laser Technology. 2011. Vol. 43. P. 214–217.
9. Принципы построения автоматических систем в канале управления тепловыми и светотехническими характеристиками бортовых средств индикации / И. О. Жаринов, О. О. Жаринов, П. П. Парамонов, М. О. Костишин, С. А. Сударчиков // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57. № 12. С. 34–38.
10. Жаринов И. О., Жаринов О. О. Исследование распределения оценки разрешающей способности преобразования Грассмана в системах кодирования цвета, применяемых в авионике // Программная инженерия. 2014. № 8. С. 40–47.
11. Жаринов И. О., Жаринов О. О. Исследование свойства равноконтрастности цветовых пространств, применяемых в авионике // Программная инженерия. 2014. № 11. С. 35–43.
12. Костишин М. О., Жаринов И. О., Жаринов О. О. Исследование визуальных характеристик средств отображения пилотажно-навигационных параметров и геоинформационных данных в авионике // Информационно-управляющие системы. 2014. № 4. С. 61–67.
13. Кирвель И. И., Бражников М. М., Зацепин Е. Н. Энергосбережение в процессах теплообмена: метод. пособие. — Минск: БГУИР, 2007. — 28 с.
14. Жданов В. Передовые технологии фирмы Sharp в изготовлении ЖК-дисплеев для различных применений // Современная электроника. 2006. № 1. С. 14–19.
15. Линейные системы автоматического управления: учеб. пособие / А. Н. Герасимов, Н. Н. Григорьева, И. О. Жаринов, О. О. Жаринов, В. И. Исаков, А. П. Орлов, А. П. Шепета. — СПб.: ГУАП, 2009. — 232 с.

UDC 338.45

doi:10.15217/issn1684-8853.2015.4.26

Model of an Automatic Control System for Thermal Conditions of an LCD Panel in On-board Indication Equipment

Zharinov I. O.^{a, b}, Dr. Sc., Tech., Head of Department, Head of Learning-Scientist Center, igor_rabota@pisem.netZharinov O. O.^c, PhD, Tech., Associate Professor, zharinov@hotmail.ru^aSaint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverkskii St., 197101, Saint-Petersburg, Russian Federation^bP. A. Efimov Saint-Petersburg Scientific Design Bureau «Electroavtomatika», 40, Marshala Govorova St., 198095, Saint-Petersburg, Russian Federation^cSaint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, 67, B. Morskaya St., 190000, Saint-Petersburg, Russian Federation

Purpose: In modern avionics, the indication equipment is usually based on liquid crystal panels operating under harsh conditions. Ambient temperature value has a significant influence on the colorimetric reproduction characteristics of a panel. Therefore, the required thermal mode of an LCD panel mounted in the indication equipment unit should be stabilized during its operation. The purpose of this research refers to the problem of parametric identification of the automatic control system model which stabilizes the thermal mode of a liquid crystal panel. **Methods:** To solve the problem of model identification for a given automatic control system, methods of analyzing automatic control systems (ACS) are applied. The simulation was performed in Simulink environment within MathLab system. The theoretical analysis subject is the automatic system structure specified at the level of the automation functional elements. **Results:** A software tool is proposed for modeling an automatic control system for stabilizing the thermal mode of an LCD panel

in avionics indication equipment. Theoretical and experimental graphics are obtained, depicting how the temperature depends on the time of the operation under the given conditions. **Practical relevance:** The results were obtained in the course of development work and can be used by developers of on-board indication equipment to perform circuit calculations and to estimate thermal conditions of LCD panels in operating mode.

Keywords — Avionics, LCD Panel, Temperature Stabilization, Automatic Control System, Parametric Identification.

Reference

- Zharinov I. O., Zharinov O. O. Bortovye sredstva otobrazheniia informatsii na ploskikh zhidkokristallicheskikh paneliakh [Onboard Display on Flat Liquid Crystal Panels]. Saint-Petersburg, GUAP Publ., 2005. 144 p. (In Russian).
- Wang Ch.-Fu., Tang Ch.-W., Huang B.-J. Multivariable Robust Control for a Red-Green-Blue LED Lighting System. *IEEE Trans. on Power Electronic*, 2010, vol. 25, no. 2, pp. 417–428.
- Chhajed S., Xi Y., Li Y.-L., Gessmann Th., Schubert E. F. Influence of Junction Temperature on Chromaticity and Color-Rendering Properties of Trichromatic White-Light Sources Based on Light-Emitting Diodes. *Journal of Applied Physics*, 2005, vol. 97, no. 5, pp. 1–8.
- Seetzen H., Makki S., Ip H., Wan Th., Kwong V., Ward Gr., Heidrich W., Whitehead L. Self-calibrating Wide Color Gamut High Dynamic Range Display. *Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging*, 2007, vol. 6492, 64920Z, pp. 1–9.
- Tetervenoks O. Finding Requirements for Ballasts of Colored LED Matrices. *Proc. of 12th Intern. Symp. "Topical in the Field of Electrical and Power Engineering"*, 2012, pp. 52–55.
- Ashdown I., Robinson Sh., Salisbury N. Binning and Filtering: the Six-Color Solution. *Proc. of SPIE*, 2006, vol. 6337, 63371A, pp. 1–11.
- Chiu T.-L., Lee J.-H. Color Gamut Variation of LED-lit LCD at Different Module Temperatures. *Optics communications*, 2010, vol. 283, pp. 373–378.
- Huang W., Li J.-M., Yang L.-M., Jin Zh.-L., Zhong Zh.-G., Liu Y. Local Dimming Algorithm and Color Gamut Calibration for RGB LED Backlight LCD Display. *Optics & Laser Technology*, 2011, vol. 43, pp. 214–217.
- Zharinov I. O., Zharinov O. O., Paramonov P. P., Kostishin M. O., Sudarchikov S. A. Principles of Automatic System Design for Control Over Thermal and Lighting Characteristics of Airborne Indication Means. *Izvestiia vuzov. Priborostroenie*, 2014, vol. 57, no. 12, pp. 34–38 (In Russian).
- Zharinov I. O., Zharinov O. O. Research of Properties of an Assessment of the Resolution of Grassmann's Transformation in Chromaticity Coding Systems, Applied in Avionic Equipment. *Programmnaia inzheneriia*, 2014, no. 8, pp. 40–47 (In Russian).
- Zharinov I. O., Zharinov O. O. The Research of Uniform Chromaticity Property of Color Spaces, Used in Avionics Equipment. *Programmnaia inzheneriia*, 2014, no. 11, pp. 35–43 (In Russian).
- Kostishin M. O., Zharinov I. O., Zharinov O. O. Visual Characteristics of Displaying Air Navigation Parameters and Geoinformation Data in Avionics. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy* [Information and Control Systems], 2014, no. 4, pp. 61–67 (In Russian).
- Kirvel' I. I., Brazhnikov M. M., Zacepin E. N. Energosberezhenie v protsessakh teploobmena [Energy Efficiency in Heat Transfer Processes]. Minsk, BGUIR Publ., 2007. 28 p. (In Russian).
- Zhdanov V. Advanced Technologies of Company Sharp in the Manufacturing of LCD Displays for Various Applications. *Sovremennaiia elektronika*, 2006, no. 1, pp. 14–19 (In Russian).
- Gerasimov A. N., Grigor'eva N. N., Zharinov I. O., Zharinov O. O., Isakov V. I., Orlov A. P., Shepeta A. P. Lineinye sistemy avtomaticheskogo upravleniia [Linear Systems of Automatic Control: Tutorial]. Saint-Petersburg, GUAP Publ., 2009. 232 p. (In Russian).

ПАМЯТКА ДЛЯ АВТОРОВ

Поступающие в редакцию статьи проходят обязательное рецензирование.

При наличии положительной рецензии статья рассматривается редакционной коллегией. Принята в печать статья направляется автору для согласования редакторских правок. После согласования автор представляет в редакцию окончательный вариант текста статьи.

Процедуры согласования текста статьи могут осуществляться как непосредственно в редакции, так и по e-mail (ius.spb@gmail.com).

При отклонении статьи редакция представляет автору мотивированное заключение и рецензию, при необходимости доработать статью — рецензию. Рукописи не возвращаются.

Редакция журнала напоминает, что ответственность за достоверность и точность рекламных материалов несут рекламодатели.