



УДК 004.913

**А.Б. Нугуманова, А.А. Оспанов, Ж.Ш. Узденбаев, Е.М. Байбури**  
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РОККИО  
ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ**

Целью данной работы является практическая реализация метода Роккио применительно к задаче классификации текстовых документов. Под классификацией документов понимается автоматическое разбиение множества документов на несколько классов, при котором документы, отнесенные к одному классу, имеют больше сходства между собой, чем документы, отнесенные к разным классам [1].

В данной работе мы будем рассматривать бинарную классификацию документов, т.е. задачу разбиения множества документов на два непересекающихся класса: класс документов, релевантных некоторой теме (предметной области), и класс документов, нерелевантных этой теме.

Рассматриваемый в данной работе метод относится к методам классификации, основанным на машинном обучении [2]. Это означает, что для построения решающего правила, по которому будет приниматься решение о принадлежности документа заданному классу, будет использоваться обучающее множество документов. Обучающее множество представляет собой коллекцию документов, про каждый из которых известно, к какому классу он относится. Смысл машинного обучения заключается в определении правила, с помощью которого можно автоматически предсказывать класс для новых документов, сходных по признаковому описанию с документами обучающего множества. При этом под признаковым описанием документа понимается набор признаков, используемых для классификации.

Наиболее распространенный способ классификации текстовых документов основан на выделении в качестве признаков ключевых слов. Если используется векторная модель текста, то каждому признаку в документе (ключевому слову) сопоставляется числовая характеристика (вес), которая представляет собой частоту появления данного признака (слова) в документе [3].

Таким образом, для достижения поставленной цели требуется решение следующих задач:

1. Определить предметную область.
2. Сформировать корпус документов, содержащий как документы, релевантные предметной области, так и документы, нерелевантные предметной области.
3. Сформировать пространство признаков, по которым будет осуществляться классификация, т.е. выделить ключевые слова предметной области из обучающей коллекции документов.
4. Для каждого документа корпуса сформировать признаковое описание.
5. Разделить корпус на обучающую и тестовую коллекции.
6. Исходя из признаковых описаний документов обучающей коллекции, обучить классификатор Роккио.
7. С помощью классификатора Роккио классифицировать документы тестовой коллекции.
8. Оценить точность и полноту классификации.

*Описание метода.* Подготовка корпуса документов представляет собой выборку из множества документов, имеющих в распоряжении исследователя. Основным этапом подготовки корпуса является разметка документов как релевантных (соответствующих предметной области), так и нерелевантных. Кроме того корпус документов необходимо проиндексировать, т.е. выполнить преобразование документов корпуса в вид, пригодный для статистической обработки. С этой целью текст каждого документа необходимо разделить на слова, и все слова привести в нормальную форму.

Множество слов корпуса, приведенных в нормальную форму, образует так называемый словарь корпуса, из которого нужно выбрать только ключевые слова. Для отбора нужно использовать какой-либо статистический критерий согласия, который бы определял насколько неслучайно появление определенного термина в документах предметной области. В качестве такого критерия можно использовать критерий Хи-квадрат, который хорошо зарекомендовал себя во многих работах [3].

Для формирования признаков описаний документы корпуса необходимо представить в признаковом пространстве как векторы, координаты которых равны весам признаков в этих документах:

$$\bar{d} = (w_1, w_2, \dots, w_T), \quad (1)$$

где  $T$  – размерность признакового пространства (количество ключевых слов),  $\bar{d}$  – вектор, представляющий документ, координаты  $w_i (i=1 \dots T)$  – веса признаков в документе.

Для расчета весов можно использовать модель TF-IDF, согласно которой вес термина в документе прямо пропорционален частоте его вхождения в документ и обратно пропорционален количеству документов, в которых он встречается:

$$w_i = TF_i \cdot \log\left(\frac{D}{DF_i}\right), \quad (2)$$

где  $w_i$  и  $TF_i$  – вес и частота термина  $i$  в документе, соответственно;  $D$  – общее число документов;  $DF_i$  – число документов, в которых встречается термин  $i$ .

Однако если документы имеют разную длину, то частота термина и его вес будут тем меньше, чем больше длина документа. Поэтому необходимо выполнить нормирование весов признаков в документе путем их деления на евклидову норму (длину вектора).

Метод Роккио основан на вычислении близости между векторами документов и центроидом класса документов, относящихся к предметной области [3]. Под центроидом понимается усредненный вектор класса. Центроид вычисляется на основе векторов документов, входящих в обучающую коллекцию и релевантных предметной области:

$$\bar{\mu}_D = \frac{1}{|TSD|} \sum_{i \in TSD} \bar{d}_i, \quad (3)$$

где  $TSD$  – это подмножество обучающей коллекции, состоящее из документов, относящихся к предметной области;  $d_i$  – это документы, принадлежащие множеству  $TSD$ .

Документ будет считаться принадлежащим предметной области, если расстояние между центроидом класса и вектором документа будет меньше определенной величины, которая называется радиусом класса. Расстояние можно определять на основе евклидовой метрики или любой другой.

Качество классификации будем проверять на документах тестовой коллекции. Основными показателями качества классификации являются уровни ошибок первого и второго рода [4]. Ошибка первого рода, или ложный пропуск, фиксируется, когда документ, относящийся к предметной области, ошибочно не обнаруживается. Ошибка второго рода, или ложное обнаружение, фиксируется, когда документ, не относящийся к предметной обла-

сти, ошибочно полагается относящимся.

Пусть тестовая коллекция содержит  $S$  документов, в том числе  $SD$  документов, относящихся к предметной области, и  $SN$  документов, не относящихся к ней. Очевидно, что  $S=SD+SN$ . Используя эти величины, можно рассчитать процент уровней ошибок первого и второго рода:

$$\begin{aligned} nFN &= \frac{FN}{SD} \cdot 100 \%, \\ nFP &= \frac{FP}{SN} \cdot 100 \%, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $nFN$  и  $nFP$  – проценты уровней ошибок первого и второго рода, соответственно;  $FN$  и  $FP$  – количество ложных пропусков и ложных обнаружений, соответственно.

*Эксперименты.* Для проведения экспериментов мы выбрали предметную область «Кино». Выбор этой предметной области объясняется тем, что для нее легко составить корпус документов. Нами был автоматически сформирован корпус из 1300 документов, расположенных на популярном казахстанском блог-ресурсе [uvision.kz](http://uvision.kz), 650 документов корпуса были посвящены теме кино и 650 документов – другим темам, таким, как политика, спорт и т.д. Корпус был поделен на две коллекции: обучающую коллекцию объемом 1000 документов и тестовую коллекцию объемом 300 документов.

Из текстов корпуса был автоматически извлечен словарь размером в 35586 приведенных к нормальной форме слов. К словам сформированного словаря был применен критерий Хи-квадрат, который позволил выделить из него 1482 ключевых слова предметной области «Кино». Пороговое значение критерия Хи-квадрата мы взяли равным 6,677. В табл. 1 приведены первые 20 ключевых слов с наивысшим значением критерия.

Таблица 1

*Первые 20 ключевых слов предметной области «Кино»*

№	Ключевое слово	Критерий
1	фильм	683,80
2	режиссер	377,07
3	кино	360,88
4	актер	333,16
5	сюжет	304,54
6	герой	270,77
7	зритель	217,62
8	картина	202,23
9	просмотр	196,80
10	фильмовый	187,91
11	персонаж	169,70
12	сцена	158,53
13	роль	153,95
14	сыграть	134,99
15	драма	124,34
16	актерский	119,26
17	сценарий	118,22
18	снять	116,86
19	прокат	105,53
20	экран	103,59

После того как признаки были выделены, мы использовали их для признакового описания документов корпуса. На основании векторов признакового описания документов обучающей коллекции был сформирован центроид класса «Кино». В табл. 2 представлен фрагмент вектора-центроида класса «Кино».

Таблица 2

*Фрагмент вектора-центроида класса «Кино»*

Индекс $i$	Признак	$i$ -я координата центроида класса «Кино»
1	фильм	0,002612590
2	режиссер	0,000733982
3	кино	0,000719417
4	актер	0,000886025
5	сюжет	0,000573445
6	герой	0,000587186
7	зритель	0,000306778

Полученный центроид мы использовали для классификации 300 документов, принадлежащих тестовой коллекции. Радиус класса был установлен экспериментальным путем – 0,0036. Общее качество классификации составило 93,67 % (281 правильно классифицированный документ против 19 неправильно классифицированных). Полученный результат позволяет сделать вывод о достаточно высокой точности метода Роккио для классификации текстовых документов (табл. 3).

Таблица 3

*Результаты классификации*

Заголовок документа	URL	Расстояние до центроида класса «Кино»	Принадлежит классу «Кино»
Боец (The Fighter), 2010	<a href="http://yvision.kz/post/108464">http://yvision.kz/post/108464</a>	0,000144923	да
Объявлены номинанты «Золотого глобуса» - 2011	<a href="http://yvision.kz/post/95377">http://yvision.kz/post/95377</a>	0,000214244	да
Ричард Коул – Лестница в небеса. Часть 4	<a href="http://snatch.yvision.kz/post/109396">http://snatch.yvision.kz/post/109396</a>	0,000256754	да
IMAX и какой-то Гарри Поттер	<a href="http://yvision.kz/post/88924">http://yvision.kz/post/88924</a>	0,000409868	да
Темный рыцарь / The Dark Knight (2008)	<a href="http://yvision.kz/post/77210">http://yvision.kz/post/77210</a>	0,000410875	да
Робокоп / RoboCop (1987)	<a href="http://yvision.kz/post/67010">http://yvision.kz/post/67010</a>	0,000445092	да
Почему мне не стыдно писать о розовом зайце	<a href="http://yvision.kz/post/68233">http://yvision.kz/post/68233</a>	0,000741774	да
«Дочь якудзы», новый фильм Сергея Бодрова и Гуки Омаровой	<a href="http://yvision.kz/post/65725">http://yvision.kz/post/65725</a>	0,000781464	да
Конкурс	<a href="http://yvision.kz/post/75361">http://yvision.kz/post/75361</a>	0,000860705	да
Фильм «Байтерек»	<a href="http://yvision.kz/post/22652">http://yvision.kz/post/22652</a>	0,00145573	да
«Кроличья нора»	<a href="http://starreal.yvision.kz/post/110259">http://starreal.yvision.kz/post/110259</a>	0,001632119	да
Как я сходил на предпоказ «Трубадура» :)	<a href="http://yvision.kz/post/92033">http://yvision.kz/post/92033</a>	0,001844494	да
Закрытый кинопоказ	<a href="http://yvision.kz/post/94063">http://yvision.kz/post/94063</a>	0,001852504	да
Найдено в интернете –	<a href="http://emperor.yvision.kz/">http://emperor.yvision.kz/</a>	0,002822116	да (на самом деле,

Дневник качка	post/106860		нет)
Опыты на людях (фильм «Жестокий ветер»)	http://yvision.kz/post/23690	0,003200975	да

*Окончание таблицы*

Заголовок документа	URL	Расстояние до центроида класса «Кино»	Принадлежит классу «Кино»
Если судить о фильме по названию	http://eldos.yvision.kz/post/1851	0,003448955	да
«Меня зовут Кхан» или фильм, который должен посмотреть каждый	http://yvision.kz/post/65472	0,003598467	да
Задолбали цензоры доморощенные	http://yvision.kz/post/74331	0,003766604	нет
Как появилась любовь к музыке - Путь от классики до электроники!!!	http://gassanru.yvision.kz/post/103238	0,004460595	нет
The Book of Eli	http://yvision.kz/post/31250	0,004730746	нет
Моё интервью в городской газете	http://hackuna.yvision.kz/post/13640	0,005308724	нет
6 причин не пить пиво	http://francuzzz.yvision.kz/post/3787	0,005341329	нет
Кое-что интересное об авторе трека «Бодрячком»	http://manshook.yvision.kz/post/5414	0,006293328	нет
«Магнат». Часть 15	http://yoom.yvision.kz/post/109346	0,008227481	нет
Антилипидный чай	http://tiens.yvision.kz/post/104151	0,013954861	нет
Мир чудес без тормозов	http://amenhotep.yvision.kz/post/27655	0,015527376	нет
«Я буду долго гнать велосипед»	http://freeman.yvision.kz/post/4440	0,017294835	нет

В данной работе мы исследовали возможность практической реализации метода Роккио для классификации текстовых документов. Несмотря на то, что обучающая коллекция документов была не слишком большой по размеру, сформированный классификатор показал достаточно высокие результаты точности и полноты. Это позволяет опираться на данный метод классификации как эталонный в последующих исследованиях.

Список литературы

1. Нугуманова А.Б. Выбор признакового описания текстов блогосферы для их классификации методами машинного обучения // Информатизация общества: Труды III Междунар. науч.-практ. конф. – Астана: ЕНУ им. Гумилева, 2012. – С. 568-571.
2. Thomas M. Mitchell. Machine Learning. – New York: McGraw-Hill, Inc., 1997. – 432 с.
3. Большакова Е.И. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: Учеб. пособие /Е.И. Большакова и др. – М.: МИЭМ, 2011. – 272 с.
4. Вежнев В. Оценка качества работы классификаторов // Компьютерная графика и мультимедиа. Сетевой журнал. – Электронный ресурс: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/106>.

Получено 12.08.2013

УДК 681.2 (075.8): 681.5(075.8): 006.91(075.8)

**А.П. Парамзин**

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСИМПТОТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ В ЦЕЛОМ  
ДВУХКАНАЛЬНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

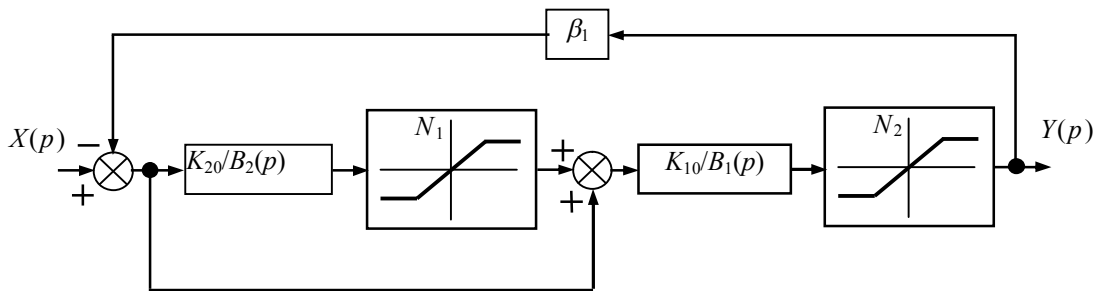
В статье рассматривается двухканальная система автоматического управления (рис. 1) с общей отрицательной обратной связью по мгновенному значению выходной переменной. Каждый канал такой системы имеет передаточную функцию апериодического звена второго порядка (1), а общая передаточная функция имеет вид (2):

$$K_1(p) = K_{10}/B_1(p); K_2(p) = K_{20}/B_2(p), \quad (1)$$

$$W_{Y/X}(p) = \frac{K_1(p)[K_2(p)+1]}{1+\beta_1 K_1(p)[K_2(p)+1]}; \quad (2)$$

где  $1/B_1(p) = 1/[(\tau p+1)(\tau_3 p+1)] = 1/[(\tau p+1)(n_3 \tau p+1)]$ ;

$1/B_2(p) = 1/[(\tau_1 p+1)(\tau_2 p+1)] = 1/[(n_1 \tau p+1)(n_2 \tau p+1)]$ .

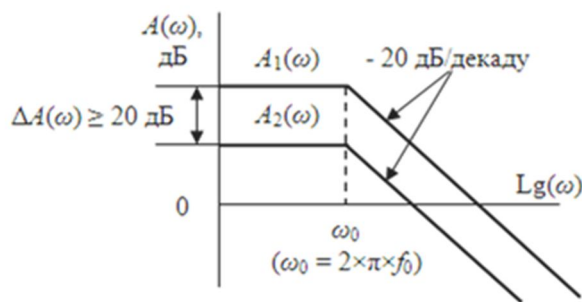


$X(p)$  – входное воздействие,  $Y(p)$  – выходная переменная,  $K_1(p)$  – передаточная функция основного канала;  $K_2(p)$  – передаточные функции дополнительного канала;  $\beta_1$  – безынерционный делитель,  $p$  – оператор Лапласа;  $N$  – нелинейность типа симметричного безынерционного идеального ограничения

Рисунок 1 – Структура двухканальной автоматической системы

Методика оптимального проектирования автоматических систем с такой структурой изложена во многих работах автора, в частности в [1]. Оптимизация в данном случае предполагает максимизацию глубины отрицательной обратной связи, обеспечивающей предельные значения показателей качества системы. Количественное значение глубины отрицательной обратной связи определяется знаменателем передаточной функции (1) в частотной области, то есть  $1+\beta_1 K_1(j\omega)[K_2(j\omega)+1]$ . Дополнительный канал  $K_2(p) = K_{20}/B_2(p)$  может выступать в качестве корректирующего, понижающего исходный порядок передаточной функции основного канала, либо он вводится в структуру системы для повышения общего коэффициента передачи. В работах автора фрагмент структуры  $1+K_2(p)$  назван активным корректором. Максимум глубины отрицательной обратной связи обес-

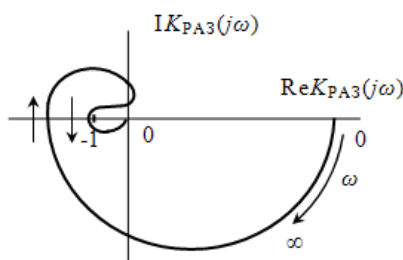
печивает соотношение параметров частотных характеристик каналов (рис. 2) при наличии типовых запасов устойчивости.



$A_1(\omega)$  – логарифмическая амплитудная частотная характеристика основного канала;  
 $A_2(\omega)$  – логарифмическая амплитудная частотная характеристика дополнительного канала;  
 $\omega_0$  ( $f_0$ ) – верхняя граница диапазона рабочих частот.

Рисунок 2 – Частотные характеристики каналов автоматической системы

Из (2) следует, что общий порядок системы равен четырём, следовательно, предельный фазовый сдвиг в разомкнутой системе может достигать значения  $-360^\circ$ . Из теории автоматического управления известно [2], что замкнутые системы с таким свойством относятся к условно устойчивым системам. В частности, амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ) – годограф Найквиста – рассматриваемой системы имеет вид рис. 3.



$$\operatorname{Re} K_{\text{PA3}}(j\omega) = \frac{\beta_1 K_{10} (1 - n_3 \tau_0^2 \omega^2)}{(1 + \tau_0^2 \omega^2)(1 + n_3^2 \tau_0^2 \omega^2)} \left( 1 + \frac{K_{20} (1 - n_1 n_2 \tau_0^2 \omega^2)}{(1 + n_1^2 \tau_0^2 \omega^2)(1 + n_2^2 \tau_0^2 \omega^2)} \right) - \frac{\beta_1 K_{10} K_{20} (n_1 + n_2)(1 + n_3) \tau_0^2 \omega^2}{(1 + \tau_0^2 \omega^2)(1 + n_1^2 \tau_0^2 \omega^2)(1 + n_2^2 \tau_0^2 \omega^2)(1 + n_3^2 \tau_0^2 \omega^2)}$$

$$\operatorname{IK}_{\text{PA3}}(j\omega) = - \frac{\beta_1 K_{10} K_{20} (n_1 + n_2)(1 - n_3 \tau_0^2 \omega^2) \tau_0 \omega}{(1 + \tau_0^2 \omega^2)(1 + n_3^2 \tau_0^2 \omega^2)} - \frac{\beta_1 K_{10} (1 + n_3) \tau_0 \omega_0}{(1 + \tau_0^2 \omega^2)(1 + n_3^2 \tau_0^2 \omega^2)} \left( 1 + \frac{K_{20} (1 - n_1 n_2 \tau_0^2 \omega^2)}{(1 + n_1^2 \tau_0^2 \omega^2)(1 + n_2^2 \tau_0^2 \omega^2)} \right)$$

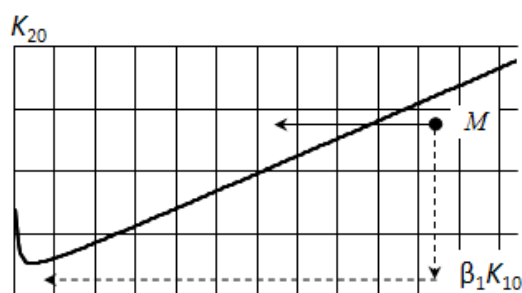
Рисунок 3 – АФЧХ автоматической системы

Устойчивость системы зависит от того, на каком участке АФЧХ пересекает отрицательную вещественную полуось. В приведённом примере оба перехода – положительное (снизу-вверх) и отрицательное (сверху-вниз) – находятся левее точки  $-1$  (они могут находиться и на отрезке  $(0 \div -1)$ , но тогда параметры системы будут неоптимальными). Система с такой АФЧХ устойчива. Если же отрицательный переход попадёт на отрезок  $(0 \div -1)$ , то система теряет устойчивость. Причины такого изменения вида АФЧХ могут быть различные, но в статье рассматривается только одна из них – превышение энергетического лимита в выходных каскадах каналов. В математической модели системы такой эффект отображается наличием симметричного безынерционного идеального ограничения (рис. 1). Пока уровни выходных сигналов каналов не превышают допустимого предела, параметры частотных характеристик соответствуют оптимальным (рис. 2). Наступившее ограничение в одном или обоих каналах изменяет соотношение параметров их ча-

стотных характеристик, деформируя АФЧХ, в результате система может потерять устойчивость. Таким образом, до тех пор, пока рабочие точки находятся на линейных участках характеристик каналов, что адекватно наличию малых сигналов, она устойчива. Такого рода устойчивость называют устойчивостью в малом. Условно устойчивые системы должны обладать устойчивостью в целом, то есть сохранять работоспособность при любых уровнях выходных сигналов.

Целью статьи является определение влияния энергетических перегрузок каналов на устойчивость системы и поиск решения, которое позволяет предотвратить потерю устойчивости при возникновении перегрузок, то есть обеспечивает системе асимптотическую устойчивость в целом.

Проиллюстрируем потерю устойчивости с помощью номограммы устойчивости (рис. 4), полученной из характеристического уравнения системы для статического режима при условии  $p=0$  (или  $\omega=0$ ). Значения статических коэффициентов передачи, обеспечивающие устойчивость, принадлежат области, расположенной под номограммой.



$$K_{20} \leq Q(g_1 + g_2 \beta_1 K_{10} + g_3 / \beta_1 K_{10}),$$

где

$$Q = (n_1 + n_2)(1 + n_3) / (n_1 n_2 + n_1 n_3 + n_2 n_3 + n_1 n_2 n_3)^2;$$

$$g_1 = n_1^2 (n_2 + n_3)(1 + n_2) + n_2^2 (n_1 + n_3)(1 + n_1);$$

$$g_2 = n_1^2 n_2^2;$$

$$g_3 = (n_1 + n_3)(n_2 + n_3)(1 + n_1 + n_2 + n_1 n_2)$$

Рисунок 4 – Номограмма устойчивости системы для статического режима

Пусть рабочая точка  $M$  характеризует значения статических коэффициентов передачи каналов, полученных в результате оптимального синтеза системы. При малых уровнях выходных сигналов, когда система устойчива в малом, положение рабочей точки остаётся неизменным. Если в процессе функционирования первым перегрузится основной канал (сплошная линия со стрелкой), то рабочая точка сместится в область неустойчивого состояния – система потеряет устойчивость и в ней возникнут устойчивые автоколебания, неустранимые после снятия перегрузки. Если же первым в режим ограничения войдёт дополнительный канал, а затем – основной (пунктирные линии со стрелками), то система сохранит устойчивость и работоспособность после снятия перегрузки. Далее предлагается решение, устанавливающее соотношение уровней ограничения каналов, которое обеспечивает системе асимптотическую устойчивость в целом.

Согласно рис. 1 каждый канал системы представлен последовательным соединением линейной ( $K_1(p)$ ,  $K_2(p)$ ) и нелинейной ( $N_1$ ,  $N_2$ ) частей. На рис. 5,а приведены характеристики нелинейной части:  $e$  – входной сигнал,  $V$  – выходной сигнал,  $e_s$  – порог ограничения,  $V_s$  – уровень ограничения.

Для рассматриваемой системы справедлива гипотеза фильтра [3], поскольку линейные части каналов обладают достаточной фильтрацией высших гармоник (рис. 2). Поэтому для решения поставленной задачи можно использовать гармонически линеаризованные коэффициенты передачи нелинейных частей в виде  $H_i(a_i)$  (рис. 5,б):



$$H_i(a_i) = \frac{2}{\pi} \left[ \arcsin a_i^{-1} + a_i^{-1} \sqrt{1 - (a_i^{-1})^2} \right] \quad \text{при } e_i > e_{Si}, \quad (3)$$

где  $a_i = e_i/e_{Si}$  – амплитуда автоколебаний.

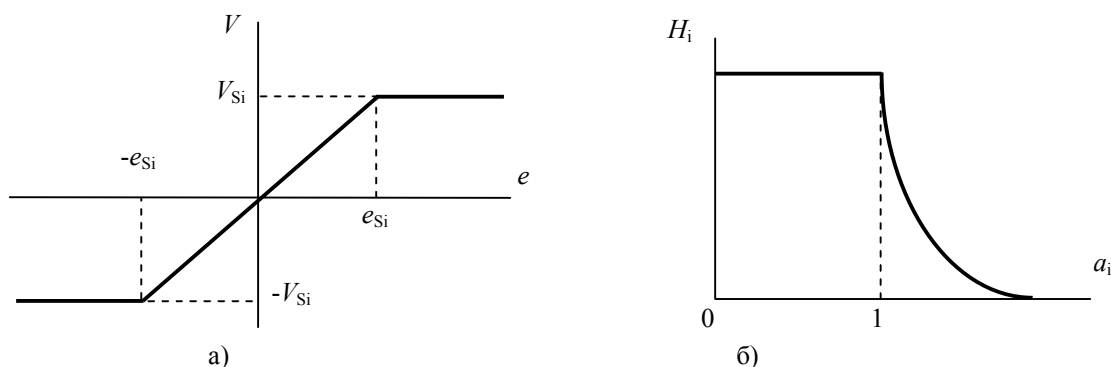


Рисунок 5 – Характеристики нелинейной части каналов

Выше было показано, что если отрицательный переход АФЧХ проходит через точку  $-1$  (рис. 3), то система попадает на границу устойчивости и возникают автоколебания. Частота в этой точке соответствует частоте среза, показанной на рис. 6, где приведены амплитудная и фазовая частотные характеристики разомкнутой системы.

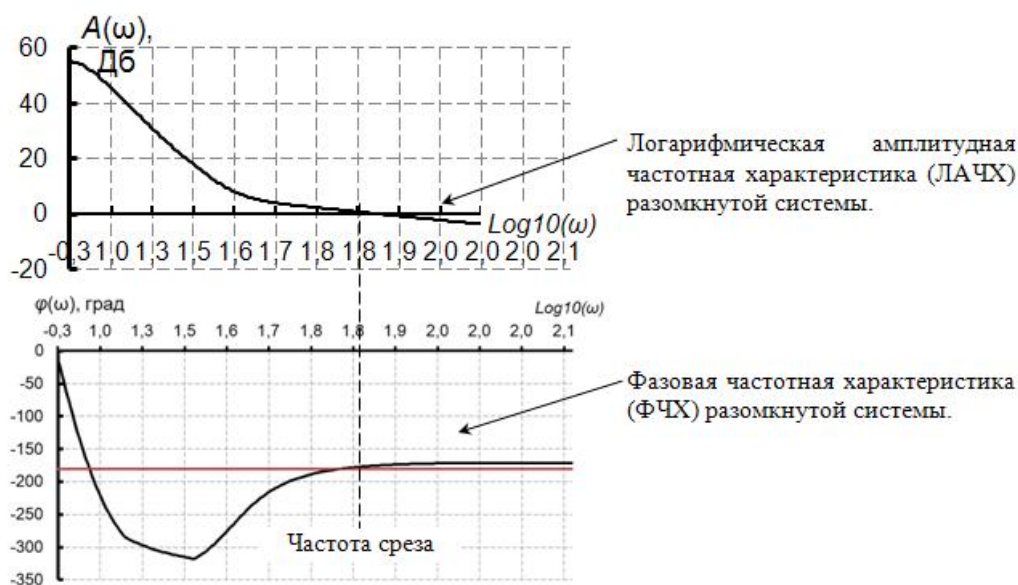


Рисунок 6 – ЛАЧХ и ФЧХ разомкнутой системы

В теории автоматического управления доказано, что устойчивые автоколебания в системе с частотными характеристиками (рис. 3, 6) и нелинейностями (рис. 5) возникают именно на частоте среза. Поэтому условия, обеспечивающие асимптотическую устойчивость в целом, следует искать, привязываясь к этой частоте.

Обозначим модули гармонически линейризованных коэффициентов передачи каналов в виде:  $G_1 = |\beta_1 K_1(j\omega)|N_1$ ;  $G_2 = |K_2(j\omega)|N_2$ . Для ряда значений статических коэффициентов передачи каналов (см. табл.), принадлежащих номограмме устойчивости рис. 4, с помощью характеристик рис. 6 были определены частоты среза. Для значений  $\beta_1 K_{10}$  меньше 10 вводить дополнительный канал нецелесообразно, что вытекает из рис. 2.

$\beta_1 K_{10}$	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
$K_{20}$	3,05	4,12	5,20	6,21	7,43	8,55	9,75	10,84	11,93	13,07	14,22	15,32	16,41	17,65	18,35	19,60	20,84	21,89	22,94
$\omega$	32	39	46	51	56	60	65	69	72	76	79	83	86	88	91	94	97	100	102

По данным приведённой таблицы вычислены значения гармонически линейризованных коэффициентов передачи  $G_1$  и  $G_2$  и представлены в виде зависимости на рис. 7 (внизу).

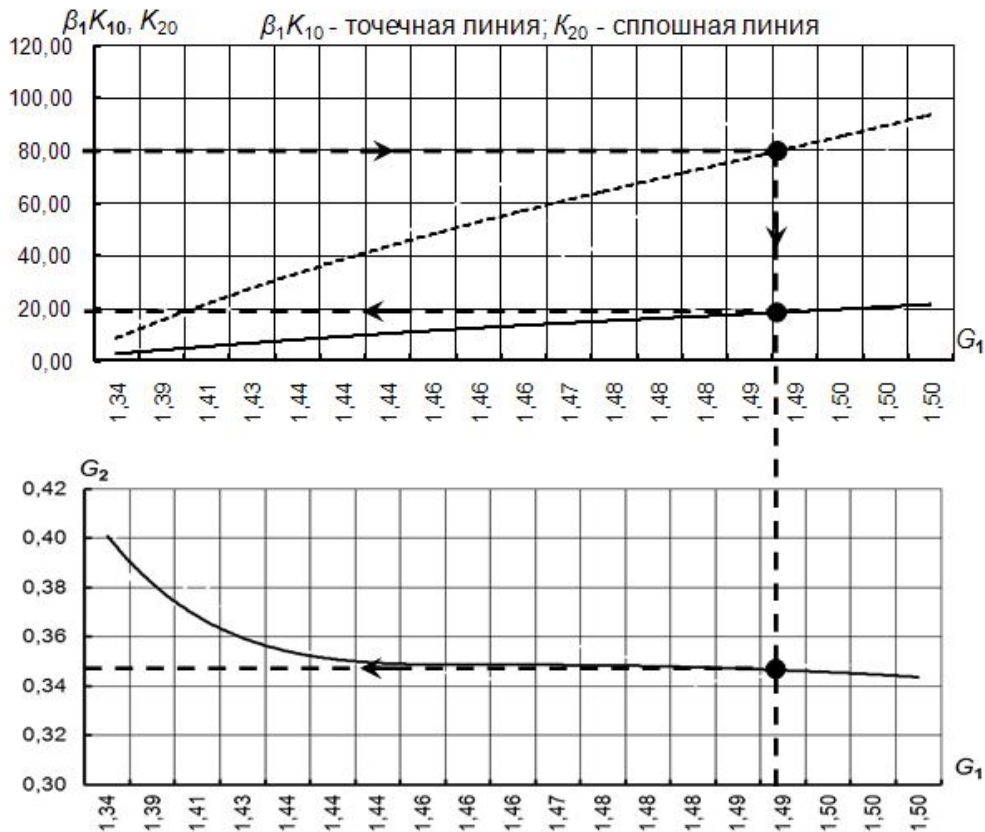


Рисунок 7 – Зависимости статических коэффициентов передачи и гармонически линейризованных коэффициентов передачи на частоте среза каналов

По верхним зависимостям определяется гармонически линейризованный коэффициент передач основного канала. Например, если в статическом режиме на границе устойчивости коэффициент передачи основного канала  $\beta_1 K_{10} = 80$  (38 Дб), а дополнительного канала –  $K_{20} \approx 18$  ( $\approx 25$  Дб), то  $G_1 \approx 1,49$ . Нижняя зависимость позволяет вычислить соотношение гармонически линейризованных коэффициентов передачи каналов:

$$G_2/G_1 = 0,35/1,49 = 0,23. \quad (4)$$

Тогда, если максимальный уровень выходного сигнала в основном канале не превышает условно значения 1, то максимальный уровень выходного сигнала в дополнительном канале не должен превышать значения 0,23. Разумеется, чтобы обеспечить необходимый запас устойчивости, требуется выполнять условие  $G_2/G_1 < 0,23$ .

Таким образом, в статье определено влияние энергетических перегрузок каналов на устойчивость системы и найдено решение, обеспечивающее системе асимптотическую устойчивость в целом. С точки зрения энергетических ресурсов каналов соотношение (4) реализуемо практически.

#### Список литературы

1. Парамзин А.П. Оптимизация частотных характеристик в замкнутых системах аддитивной коррекции погрешностей по входу /А.П. Парамзин, В.М. Сергеев // Проблемы технического прогресса и экологии в строительстве и других отраслях экономики Казахстана: Сб. науч. тр. – Усть-Каменогорск: ВКТУ, 1998.
2. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. – М.; Л.: Энергия, 1965. – 396 с.
3. Цыпкин Я.З. Основы теории автоматических систем. – М.: Наука, 1977.

Получено 12.08.2013

по страницам



## НА КОНВЕЙЕРЕ СВЕТОДИОДНЫЕ ЛАМПЫ

В Санкт-Петербурге налажен выпуск новых светодиодных ламп. Потребляя от сети мощность 6 и 9 Вт, по светимости они аналогичны лампам накаливания мощностью 40 и 60 Вт соответственно и имеют с ними одинаковую цветовую температуру – 2700 К, что очень важно для поддержания комфортных условий в помещении.

Новые технологии позволили снизить цену на лампы на 30 %. Лампа мощностью 6 Вт предположительно будет стоить около 500 рублей, а 9-ваттная – 540 рублей.

«Наука и жизнь» № 7, 2013.

