

УДК 681.515

ОБРАБОТКА ВОЗМУЩАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С ЦЕЛЮЮ ЗАГРУБЛЕНИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ

Гутник К.С., Пряшников Ф.Д.

Рассматриваются методы загрубления реакции системы автоматического управления освещением на возмущающее воздействие, их сравнительный анализ и модификации.

Автоматическое управление искусственным производственным освещением призвано обеспечивать комфортные условия освещенности для работающих и минимизировать стоимость затрачиваемой электроэнергии.

Большое количество исследователей подчеркивают важность некоторого загрубления систем автоматического управления освещением (САУО), работающих по возмущению – уровню естественной освещенности. При этом целью загрубления не является повышение устойчивости (что имеет место в системах управления с обратной связью), а достижение лучших субъективнооцениваемых свойств системы. Опросы пользователей существующих САУО показывают, что слишком быстрая реакция системы управления на внешнее воздействие нежелательна. Так, кратковременный заслон солнца облачностью не должен приводить к мгновенному включению искусственного света: большинство пользователей предпочитают проработать несколько минут в условиях заниженной освещенности, чем многократно адаптироваться к каждому переключению освещения с естественного на искусственное и обратно.

Проведено сравнение двух методов обеспечения грубости (робастности) САУО. Метод фильтрации входного воздействия является наиболее часто используемым методом загрубления входа системы управления. Фильтр низких частот используется в этом случае как средство отсеять шумовые высокочастотные составляющие входного сигнала и выделить полезные низкочастотные. Работа цифрового фильтра описывается следующими выражениями:

$$c_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j2\pi nk/N}, \quad \tilde{c}_k = \begin{cases} c_k, & k \leq k_{cp} \\ 0, & k > k_{cp} \end{cases}, \quad \tilde{x}_n = \sum_{k=0}^{N-1} \tilde{c}_k e^{j2\pi nk/N}$$

где x_n – исходный ряд отсчетов, возникающих на входе возмущающего воздействия САУО; N – количество анализируемых отсчетов во входных данных; c_k – k -я составляющая спектра входного сигнала; $\tilde{c}_k$ – k -я составляющая спектра преобразованного сигнала; $\tilde{x}_n$ – преобразованный

ряд отсчетов, соответствующих отфильтрованному возмущающему воздействию; k_{cp} – частота среза.

При использовании метода цифровой фильтрации целесообразно применять так называемое кратковременное преобразование Фурье – исследовать лишь часть последовательности входного сигнала длины N . Выбирают отрезок соответствующей длины, после чего, передвигая окно вдоль последовательности так, чтобы правый край отрезка совпадал с последним поступившим отсчетом, получают набор спектральных коэффициентов зависящих от положения отрезка.

Вторым методом обеспечения заглубления чувствительности ко входным воздействиям является усреднение последних N отсчетов входного воздействия:

$$\tilde{x}_n = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n .$$

Оценка эффективности методов заглубления производилась по критерию количества переключений системы управления освещением при равных условиях использования методов. Эксперименты по обработке реальных данных об уровне естественной освещенности показали одинаковую эффективность обоих методов. Часть экспериментальных данных приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность методов заглубления

№ эксперимента	Количество переключений системы		
	без применения методов заглубления	с применением метода фильтрации	с применением метода усреднения
1	288	17	17
2	14	2	2
3	15	2	2
4	88	6	6
5	461	13	14
6	44	18	17
Среднее	151,7	9,7	9,7

Следует также учесть результат сравнения методов по дополнительным критериям: метод усреднения гораздо менее ресурсоемок, чем метод цифровой фильтрации (на 2-3 порядка, в зависимости от разрядности фильтрации и других параметров); метод фильтрации обеспечивает меньшее запаздывание; особенно значительно запаздывание проявляется в случае устойчивой тенденции к изменению освещенности в какую-либо сторону.

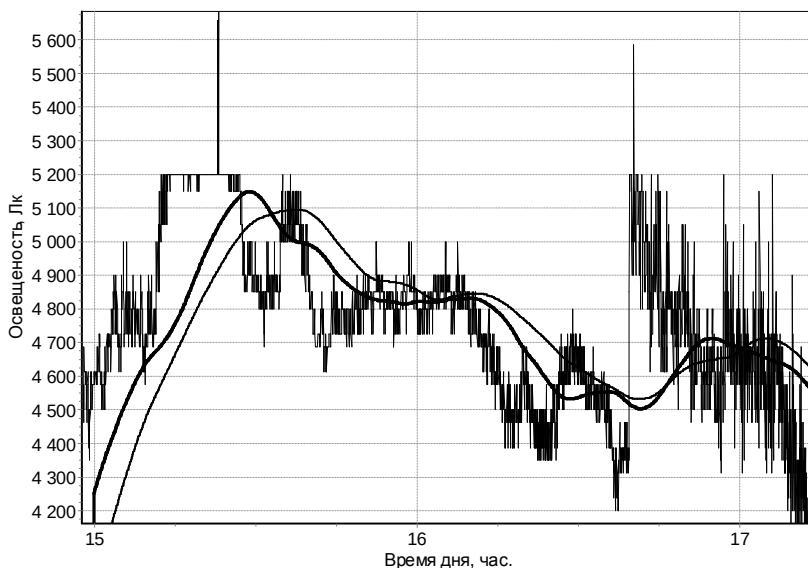
Эксперименты также показали, что перед использованием как первого, так и второго метода целесообразно выполнять отсечение выбросов сигнала, доставляющих значение первой производной, превышающей некоторое пороговое значение

$$x_n = \begin{cases} v_{n-1} + \min(v_n - v_{n-1}; v_{\max}), & v_n \geq v_{n-1} \\ v_{n-1} - \min(v_{n-1} - v_n; v_{\max}), & v_n < v_{n-1} \end{cases},$$

где v_n – текущий отсчет на входе возмущения; v_{n-1} – предыдущий отсчет на входе возмущения; $v_{\max}$ – максимально возможное значение скорости изменения возмущения.

В подтверждение на рисунках 1, 2 изображен результат обработки возмущающего воздействия соответственно с применением ограничения производной и без него. (На рисунках обозначены: быстро меняющийся сигнал – необработанное возмущающее воздействие, медленно меняющаяся тонкая линия – обработка возмущения методом усреднения, толстая линия – методом фильтрации). На рисунке 1 колебания обработанного сигнала имеют меньшую амплитуду, его значения находятся ближе к преимущественному значению освещенности.

Для наиболее полного использования преимуществ алгоритма цифровой фильтрации необходимо правильно подобрать значение частоты среза. Оптимальное значение частоты среза определяется минимально допустимым временем между переключениями системы освещения и при значениях последнего 20...40 мин составляет 0,0005...0,001 Гц. При практической реализации алгоритма в работающем образце системы управления данный параметр необходимо выполнить настраиваемым.



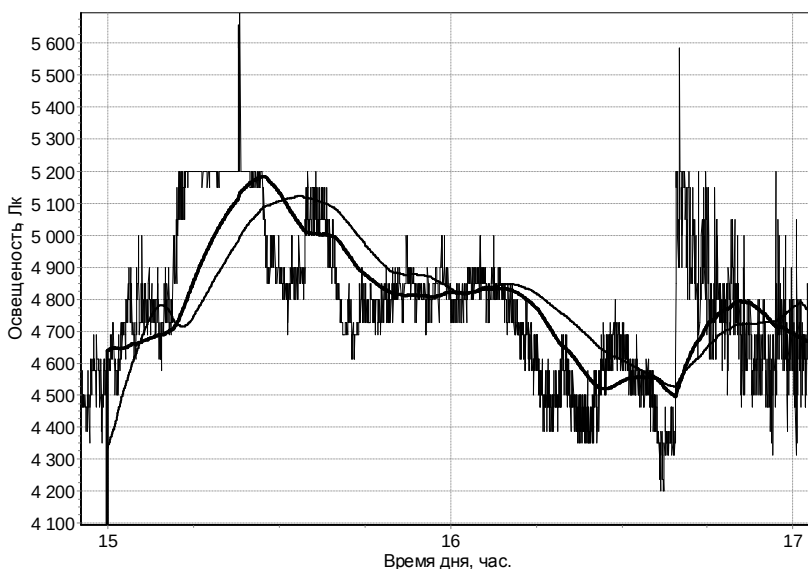


Рисунок 2 – Обработка входного воздействия при помощи алгоритмов фильтрации и усреднения без ограничения производной

Библиографический список

1. Изерман Р. Цифровые системы управления: Пер. с англ. / Р. Изерман. — М.: Мир, 1984. — 541 с.
2. Некипелов Н. Д. Фильтрация данных в системах анализа и прогноза // Публикации лаборатории Basegroup (www.basegroup.ru), 2000.
3. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. — М.: Энергоатомиздат 1983. — 472 с.

Поступила в редакцию 16.04.2001 г.