

СЕКЦІЯ: «ЕЛЕКТРОНІКА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ»

УДК 621.383.81

Дослідження шумових характеристик КМОП- та ПЗЗ сенсорів зображення

Дягілев Ю.П., к.т.н. Терлецький О.В

Останнім часом в електроніці широко застосовуються автоматизовані методи проектування на основі використання методів математичного моделювання, обчислювальної техніки та спеціального програмного забезпечення. Використання автоматизованих методів при проектуванні систем технічного зору (СТЗ) стримується відсутністю математичної моделі, яка б враховувала параметри та характеристики сенсора зображення, а також просторові та шумові характеристик процесів перетворення оптичного зображення в вихідний електричний відеосигнал у відповідності з вибором режиму роботи приладів даного типу.

Визначальними характеристиками СТЗ є чутливість та роздільна здатність. Фактором, що обмежує ці параметри, є наявність шумів у каналі перетворення оптично зображення в електричний сигнал, які, з одного боку, пов'язані з квантовою природою оптичного зображення, а з

другого боку, шумами процесу оброблення оптичного зображення в самому сенсорі зображення. Ці шуми маскують дрібні елементи зображення і тим самим знижують чутливість та роздільну здатність СТЗ. Таким чином, аналіз та врахування шумових характеристик сенсора зображення при математичному моделюванні процесів оброблення оптичного зображення в сенсорі зображення є дуже важливим питанням при розробці математичної моделі приладів даного типу[1].

Сенсори зображення реалізують функцію перетворення просторово розподіленого вхідного оптичного сигналу у вихідний електричний відеосигнал. Основним параметром відтворюваного зображення є відношення сигнал/шум, тому математична модель повинна враховувати не тільки амплітудні й просторові, але і шумові складові перетворення зображення з урахуванням режимів роботи сенсора. Математична модель сенсора зображення для вирішення

задач автоматизованого проектування СТЗ повинна забезпечувати можливість розрахунку реакції сенсора зображення на тестовий оптичний сигнал з врахуванням всіх вищезазначених характеристик сенсора зображення, а також режимів його роботи.

В даній роботі було досліджено складові шуму процесу перетворення оптичного сигналу на виході сенсора зображення та їх залежність від рівня освітленості фото чутливих елементів сенсора зображення, а також від режиму накопичення оптичного сигналу на сенсорі зображення. Слід зазначити, що з точки зору проектування систем технічного зору, шуми процесу перетворення оптичного зображення в сенсорі можна розділити на флуктуаційні та структурні. Джерелами флуктуаційного шуму є дробовий шум фотодетектора, шум ланцюга скидання заряду у пікселі, тепловий та флікерний шум ланцюга зчитування, шум квантування АЦП [2]. При низькому рівні освітленості серед флуктуаційних шумів переважає шум скидання, а при високому рівні освітленості - дробовий. Але ці складові шуму носять випадковий характер і суттєво залежать від вибору режиму роботи сенсора зображення.

Структурні шуми викликані неоднорідністю в структурі матриці сенсора зображення, а саме відхиленнями в розмірах елементів фотодетектора, концентрації легування, товщині шару

діелектрика, а також наявністю дефектів, домішок. Тому ці складові шуму носять стаціонарний по відношенню до фото чутливої поверхні сенсора характер.

Основною задачею проведеного експерименту було розділити флуктуаційні шуми, які мають випадковий характер та структурні шуми, які є стаціонарним процесом і кількісно оцінити їхній вплив.

Експеримент проводився на дослідницькій установці, розробленій в лабораторії індикаторних пристроїв кафедри електронних приладів та пристроїв, представлений на рис. 1. Оскільки предметом дослідження є шуми перетворення оптичного зображення, то в якості зображення використаний рівномірний сірий фон, освітленість якого може регулюватися в широкому діапазоні за допомогою світлової шафи. Освітленість об'єкта контролювалася за допомогою люксметра. Зображення сірого фону через об'єктив подавалося на фото чутливу поверхню ПЗЗ-сенсора зображення телевізійної камери, з виходу якої відеосигнал поступав спеціалізований відео процесор VP-1200, який використовується як плата розширення персонального комп'ютера ПК. Спеціальне програмне забезпечення "Direcon-A02" забезпечує можливість запису фрагментів телевізійного зображення в реальному масштабі часу, а також обробку записаних фрагментів телевізійного зображення шляхом накопичення заданої кількості телевізійних кадрів

та віднімання фонового кадру
зображення від послідовності кадрів

записаного фрагменту телевізійного
зображення.

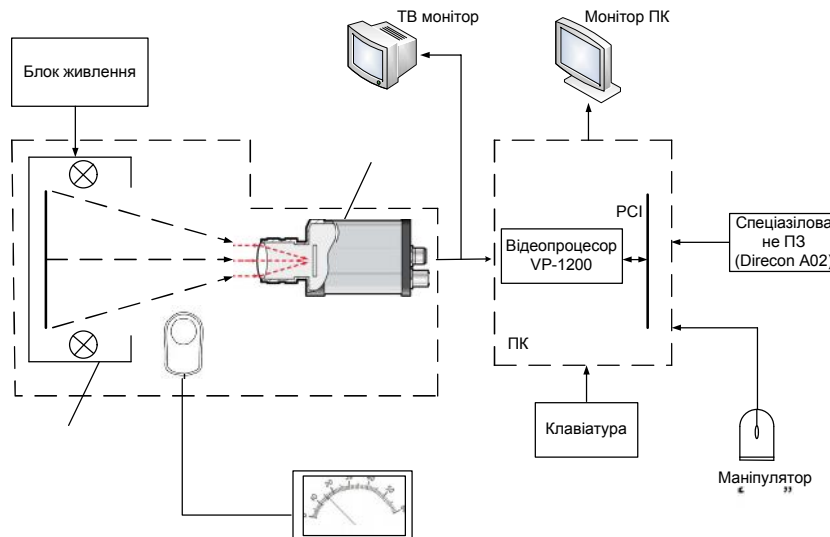


Рис. 1. Схема установки експерименту з вимірювання шумових складових сенсора зображення

Амплітудні характеристики шумових реалізацій вихідного відеосигналу сенсора зображення визначалися при обробці записаних та оброблених фрагментів телевізійного зображення в середовищі MatLab.

В доповіді представлені результати дослідження амплітуди флуктуаційних шумів процесу перетворення оптичного зображення в залежності від освітленості (рис.2.) та в залежності від кількості кадрів накопичення оптичного зображення, тобто від часу експозиції сенсора зображення.

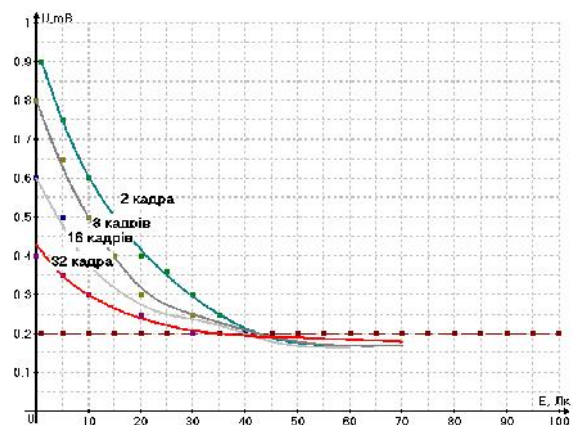


Рис. 2. Сімейство залежностей рівня флуктуаційного та структурного шумів від освітленості при різній кількості кадрів накопичення.

Як видно з приведених графіків (рис.2) максимальна амплітуда шумових реалізацій має місце при повністю затемненій фото чутливій поверхні сенсора зображення. При

збільшенні освітленості амплітуда шумових реалізацій експоненціально зменшується і після 40 лк маємо постійне значення амплітуди шумових реалізацій, які відповідають структурному шуму сенсора зображення. Амплітуда складової флуктуаційного шуму також залежить і від часу експозиції оптичного зображення на фото чутливій поверхні сенсора зображення.

На рис. 3 представлені результати дослідження залежності амплітуди шумових реалізацій від часу експозиції зображення (в т.в. кадрах) для різних рівнів освітленості фото чутливої поверхні сенсора зображення.

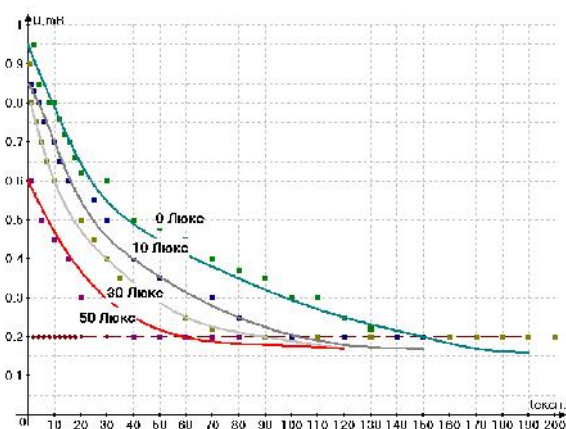


Рис.3. Сімейство залежностей рівня флуктуаційного та структурного шумів від часу експозиції при різній освітленості.

Як видно з графіків флуктуаційний шум в залежності від часу експозиції змінюється експоненціально та знижується завдяки статистичній обробці оптичного сигналу безпосередньо на самому сенсорі. Структурний шум є постійною складовою шумових

реалізацій, які мають стаціонарний розподіл відносно поверхні сенсора зображення. Ця складова шуму не залежить від режимів роботи сенсора зображення, а для зменшення її впливу на характеристики процесу перетворення оптичного зображення можна застосувати віднімання фонового розподілу структурного шуму в реальному масштабі часу з вихідного сигналу сенсора зображення.

Висновки:

В результаті проведених досліджень вдалося кількісно визначити флуктуаційну та структурну складові шуму процесу перетворення оптичного зображення в вихідний електричний відеосигнал. Визначена залежність флуктуаційної складової шумових реалізацій від освітленості фото чутливої поверхні сенсора зображення та від часу експозиції вхідного оптичного сигналу, що дозволяє врахувати при математичному моделюванні приладів даного типу шумових характеристик процесів перетворення оптичного сигналу в КМОП- та ПЗЗ-сенсорах зображення.

Література

1. Яковлева В.С. «Адаптивный видео датчик с пространственно-временной фильтрацией на базе КМОП-приемника излучения с активными пикселями». - Курск, 2006.

2. W. Houten Understanding image sensors, noise, non-uniformities and obtaining a likelihood ratio in the process of device identification/ Wiger van Houten. – Report of internship at the Netherlands Forensic Institute. – 2008. – 96 p.