

джерела живлення. Керуюча напруга змінюється від 1 до 10 В, що призводить до зміни вихідного струму джерела живлення.

Модулі живлення з аналоговим інтерфейсом широко застосовуються в системах освітлення з автоматичним керуванням: в системах вуличного освітлення, освітленні парковок, під'їздів, тамбурів, прохідних зон приміщень та ін.

Цифрові інтерфейси застосовуються, як правило, в світильниках з централізованим керуванням, зокрема для внутрішнього освітлення приміщень, системах архітектурного освітлення та ін.

Література

1. Шиэн Г. Факты о регулировании яркости. Регулировка яркости: будущее и настоящее./Г. Шиэн// Полупроводниковая светотехника. – 2011. №2. С.65-70.
2. Анзли Б. Управление энергопотреблением в коммерческих зданиях. Всесторонний подход/ Б. Анзли// Светотехника - 2009– №5. С.44-49.
3. Миронов С., Конопельченко А. Димминг светодиодных светильников с помощью источников питания/ С.Миронов// Современная светотехника – 2010. №5. С.65-69.

УДК 621.396

Н.В. Єрмілова, к.т.н., доцент,
Р.М. Царьков, аспірант
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ НЕБАЖАНИХ ЧАСТОТНИХ КОМПОНЕНТІВ У ФАПЧ

Відомо, що на усі практичні реалізації синтезаторів частоти з фазовим автопідстроюванням (ФАПЧ), які використовуються в більшості сучасних систем телекомунікації, мають вплив небажані частотні компоненти, такі як фазовий шум, тремтіння, паразитні тони[1,2]. Ці компоненти можуть значно впливати на продуктивність роботи системи, тому дуже важливим є завдання їх передбачення та мінімізації. Блок-схема ФАПЧ представлена на рис.1.



Рис. 1. Блок-схема ФАПЧ (ГКН – генератор, керований напругою)

Синтезатор частоти генерує вихідний сигнал $f_{\text{вих}}$ на основі частоти опорного сигналу $f_{\text{опорн}}$. У загальному випадку використовуються три блоки

дільників: дільник опорної частоти (Q), дільник у петлі зворотного зв'язку (P) та дільник вихідної частоти (N). Якщо коефіцієнти N та Q будуть рівними одиниці, синтезатор може генерувати тільки частоти, кратні опорної. Використання всіх трьох дільників частоти дозволяє задавати вихідну частоту контуру ФАПЧ програмно. З іншого боку, в цьому випадку складніше знаходити потрібні значення P , Q і N – одна й та сама вихідна частота може бути отримана за допомогою різних поєднань. При цьому інші характеристики контуру ФАПЧ, такі як час запуску, споживання, тремтіння і фазовий шум, будуть сильно відрізнятися. Розглянемо ці важливі параметри ФАПЧ та методи їх оптимізації.

Одним з основних параметрів є **час запуску та встановлення**, для ФАПЧ він визначається власною частотою. Цей параметр можна вважати показником швидкості зміни частоти ФАПЧ. Час запуску пропорційний підсиленню генератора, керованого напругою (ГКН) і струму підкачування заряду і обернено пропорційний ємності фільтра та коефіцієнту поділу в контурі зворотного зв'язку. Таким чином, для мінімізації часу запуску та встановлення необхідно збільшити коефіцієнт підсилення ГКН та струм підкачування, а коефіцієнт поділу в контурі зворотного зв'язку та ємність фільтра, навпаки, встановити у мінімальне значення.

Іншим важливим параметром є **споживання**, яке визначається частотою ГКН, струмом підкачування заряду і параметрами дільників частоти. У більшості ГКН для досягнення вищих частот потрібні великі струми, це означає, що із зростанням частоти збільшується енергоспоживання. Генератор підкачування розряджається раз на цикл фазового детектора (ФД). При великому струмі підкачування заряду збільшується і енергія, що витрачається за період ФД, а найбільше споживання припадає на початок такту. При великих значеннях коефіцієнтів розподілу потрібно більше дільників, але це також призводить до збільшення потужності, що споживається.

Не менш важливим є **тремтіння** системи, на яке основний вплив здійснюють частота фазового детектора та коефіцієнт підсилення ГКН. При вищій частоті ФД напруга контуру ФАПЧ оновлюється з більшою швидкістю. Це запобігає виникненню дрейфу напруги в ланцюзі. Було виявлено, що при використанні фільтра з великою ємністю рівень тремтіння напруги за період ФД стає мінімальним. Оскільки коефіцієнт підсилення ГКН визначає, наскільки сильно змінюється напруга вихідного сигналу по відношенню до зміни напруги на фільтрі, то стає зрозумілим, що чим нижче коефіцієнт підсилення ГКН, тим менш чутлива схема ФАПЧ до дрейфу напруги фільтра.

Фазовий шум, що вноситься опорним резонатором, зазвичай зменшують шляхом встановлення ФАПЧ близько до нижньої межі частот. Було виявлено, що фазові шуми, які вносяться ГКН, навпаки, пригнічуються шляхом встановлення частоти ФАПЧ ближче до верхньої

межі смуги, тому для зменшення фазового шуму запропоновано скористатися зміною вихідного коефіцієнту поділу для дільника N . Якщо використовується малошумний вихідний дільник, фазовий шум можна зменшити за рахунок збільшення частоти роботи ГКН і збільшення коефіцієнта поділу вихідної частоти.

Враховуючі вищеописане, для кожного з цих параметрів можна знайти спосіб його оптимізації за рахунок зміни інших параметрів системи.

Література

1. Bakic D., Wu J. *PLL For Mmwave 5g / Daniel Bakic, Jinzhuo Wu // Lund University Lund University Publications. – Department Of Electrical And Information Technology Lund University – 2020. – P. 5-10.*

2. Zhibin Luo Jicheng Ding and Lin Zhao *Adaptive Gain Control Method of a Phase-Locked Loop for GNSS Carrier Signal Tracking [Електронний ресурс] / Zhibin Luo Jicheng Ding and Lin Zhao // Hindawi. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.hindawi.com/journals/ijap/2018/6841285/>*

УДК 681.5

*О.Г. Дрючко, к.х.н., доцент,
Б.Р. Боряк, к.т.н.,
Д.О. Ненич, студент гр. 301 ТТ,
О.В. Сухоробрий, студент гр. 301 ТТ
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

ПРИСТРІЙ ПРОГРАМОВАНОГО ЗАВДАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ НАГРІВНИКА

Метою розроблення комплексу - є створення простими технічними засобами багатоцільового програмованого формувача лінійного з часом закону зміни температури у робочій зоні легкорозбірного касетного нагрівача для оснащення лабораторних, наукових і виробничих термоаналітичних комплексів з вивчення температурної поведінки і встановлення функціональних залежностей параметрів досліджуваних об'єктів.

Запропонована розробка є одним із можливих простих варіантів її реалізації, результатом тривалого творчого пошуку можливості поєднання ефективності й переваг принципів, що лежать в основі побудови сучасних дериватографів і підвищеної стійкості та надійності роботи прецизійних систем керування тепловими процесами, організованих із застосуванням лінійних елементів у головному контурі негативного зворотного зв'язку. Можливі й інші, наприклад, у поєднанні з електронним дискретним задаванням опорної напруги, що особливо важливо при автоматизації експерименту і для підвищення його надійності.