

УДК 621.3

**В.Р. Медвідь, І.В. Белякова, В.П. Пісьціо, І.О. Франовський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ОЦІНКА ГАРМОНІК НАПРУГ ПРИ ПСЕВДО-ВИПАДКОВОМУ ЖИВЛЕННІ  
ГАЗОРОЗРЯДНИХ ЛАМП ВИСОКОГО ТИСКУ**

**V.R. Medvid, I.V. Beliakova, V.P. Piscio, I.O. Franovskyi**

**ASSESSMENT OF VOLTAGES HARMONICS FOR PSEUDO-RANDOM  
SUPPLYING OF HIGH-PRESSURE DISCHARGE LAMPS**

Підвищення ефективності роботи комплексу пускорегулювальний баласт – газорозрядна лампа низького тиску на сьогоднішній день здійснюють використовуючі електронні баласты, які працюють на високих частотах. Однак, при використанні високочастотних електронних баластів для роботи з газорозрядними лампами високого тиску з'являється проблема виникнення акустичного резонансу. Для його запобігання може бути використана схема, що описана у [1]. Основна її ідея - подання на газорозрядну лампу деякого псевдо-випадкового сигналу.

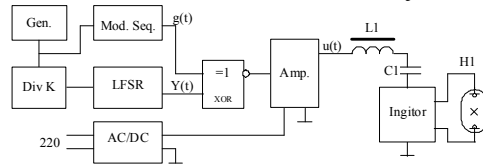


Рисунок 1. Запропонований пристрій

Блок-схема такого пристрою показана на рис. 1. Вона складається із тактового генератора Gen, котрий генерує на своєму виході меандр із частотою 10-25 кГц, що поступає на вхід формувача модулюючої послідовності (Mod. Seq.) довжиною K біт і на подільник частоти на K (Div K). Останній формує сигнал синхронізації генератора псевдо-випадкової послідовності на основі зсувного регістру із лінійним зворотнім зв'язком (LFSR). Схема побудована так, що стан LFSR змінюється у моменти часу  $n \Delta T$ , а сигнал  $g(t)$  повторюється через період  $\Delta T$ . Сигнал з виходу блоку LFSR  $Y(t)$  і сигнал модулюючої послідовності  $g(t)$  об'єднуються між собою елементом XOR. Отриманий вихідний сигнал поступає на ключовий підсилювач Amp., вихідний сигнал котрого  $u(t)$  подається через LC контур, та при потребі, через запалювальний пристрій, на лампу H1. Легко довести, що сигнал на виході підсилювача може бути записаний у вигляді:

$$u(t) = U_0 (2 Y(t) - 1)(2 g(t) - 1)$$

де  $U_0$  - амплітуда сигналу на виході ключового підсилювача. Сигнал  $Y(t)$  стабільний у середині кожного інтервалу  $(n\Delta T, (n+1)\Delta T)$ , тому його можна описати дискретною функцією  $Y(n\Delta T)$ , де  $n = [t/\Delta T]$  -  $\phi^3 \lambda \ddot{u} \chi \ddot{u} \rho \zeta \theta \nu \ddot{u} \beta^3 \delta \nu \xi \psi \epsilon \nu \nu \square t/\Delta T$ . У позначеннях:  $S(n) = 2Y(t) - 1$ ,  $q_0(t/T) = 2g(t) - 1$  вихідний сигнал визначається так:

$$u(t) = U_0 S([t/\Delta T]) q_0(t/\Delta T).$$

Як відомо, при відповідному виборі параметрів зворотного зв'язку для блоку LFSR можна отримати послідовність довжиною  $M = 2^N - 1$  бітів, що визначається розрядністю регістра зсуву N. Його дискретна автокореляційна функція рівна [2]:

$$K_s(d) = \lim_{Q \rightarrow \infty} \frac{1}{2Q} \sum_{n=-Q}^Q S(n) \overline{S(n-d)} = \begin{cases} 1 & \text{при } d = z M \\ -1/M & \text{при } d \neq z M \end{cases}$$

де  $z$  - ціле число. Схема синхронізується від одного джерела тактового сигналу, а період повторень  $T$  сигналу  $q(t)$  обраний рівним інтервалу сталості сигналу  $S(t)$ , тому

сигнал  $u(t)$  може бути представлений у вигляді згортки [1] через представлення імпульсної послідовності у виді набору дельта-функцій Дірака:

$$u(t) = \lim_{L \rightarrow \infty} U_0 \int_{-L\Delta T/2}^{L\Delta T/2} q(\tau/\Delta T) s(t - \tau, M) d\tau, \quad \text{де } s(t, L) = \sum_{n=-L}^{L-1} S(n) \delta(t - \Delta T n).$$

Так як послідовність  $S(n)$  періодична із періодом  $M$ , а сигнал  $q(\lambda) = 0$  якщо  $\lambda < 0$  чи  $\lambda \geq 1$ , то сигнал  $u(t)$  є періодичним із періодом  $T_u = M\Delta T$  і може бути розкладений у ряд Фур'є за частотами  $\omega_k = 2\pi k/(M\Delta T)$ , а також існує неперервна автокореляційна

функція (АКФ) сигналу:  $K_u(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \left( \int_{-T}^T u(t) \overline{u(t - \tau)} dt \right)$ , котра теж є періодичною із

періодом  $T_u$  і може бути розкладена у ряд за тими самими частотами  $\omega_k$ . Із відомих співвідношень між АКФ і гармоніками сигналу випливає що  $|U(\omega_k)| = \sqrt{K_u(\omega_k)}$ . З іншого боку підставивши у розклад АКФ представлення сигналу  $u(t)$  у вигляді згортки, після відповідних досить громіздких перетворень отримаємо:

$$K_u(\omega_k) = U_0^2 \frac{Q(\omega_k) \overline{Q(\omega_k)}}{M^2} \times \begin{cases} M+1 & \text{якщо } \omega_k \Delta T \neq 2\pi z \\ 1 & \text{якщо } \omega_k \Delta T = 2\pi z \end{cases}$$

Звідки випливає, що сигнал  $u(t)$  має амплітуду гармонік:

$$|U(\omega_k)| = U_0 \frac{|Q(\omega_k)|}{M} \times \begin{cases} \sqrt{M+1} & \text{якщо } \omega_k \Delta T \neq 2\pi z \\ 1 & \text{якщо } \omega_k \Delta T = 2\pi z \end{cases},$$

де  $Q(\omega_k) = \frac{1}{\Delta T} \int_0^{\Delta T} q(\tau/\Delta T) \exp(-j\omega_k \tau) d\tau$ .

Використавши псевдолінійну модель розрядної лампи будемо вважати, що омичний опір  $R_{л}$  і провідність лампи  $G_{л}$  "майже не змінюються" за період  $T_u$ , і залежать лише від середньоквадратичного значення струму за період  $T_u$ . З іншого боку миттєві значення напруги і струму пов'язані між собою лінійною залежністю:

$$i_{л}(t) = u_{л}(t) / R_{л}.$$

При такому припущенні гармоніки напруги на лампі у випадку, коли комплексний опір баласту рівний  $Z(\omega)$ , мають амплітуди:

$$|U_{л}(\omega_k)| = \frac{U_0 R_{л} |Q(\omega_k)|}{|Z(\omega_k) + R_{л}| M} \times \begin{cases} \sqrt{M+1} & \text{якщо } \omega_k \Delta T \neq 2\pi z \\ 1 & \text{якщо } \omega_k \Delta T = 2\pi z \end{cases}, \quad (z - \text{ціле число}).$$

Сигнал  $q(t)$  може бути обраним широкополосним, у такому випадку напруга і струм лампи будуть теж буде широкополосними, а так як  $M = 2^N - 1$ , то при збільшенні розрядності регістра LFSR на 2 розряди амплітуди гармонік напруги і струму падають приблизно у 2 рази. Тому обравши розрядність регістра значною можна зробити амплітуду гармонік на небезпечних частотах меншою за наперед задану величину і практично повністю позбавитись від акустичного резонансу при використанні височастотного живлення розрядної лампи високого тиску.

#### **Література**

1. Аналіз методів та схем запобігання виникненню явища акустичного резонансу в газорозрядних лампах високого тиску / Медвідь В., Белякова І., Письціо В.// Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: матеріали міжнародної науково-технічної конференції до 100-річчя з дня заснування НАН України, - Тернопіль: ТНТУ, 2018. – с. 259-260.

2. Системы связи с шумоподобными сигналами. Варакин Л.Е. - М. Радио и Связь, 1985 - 384 с.