

*Експериментальні частотні характеристики п'єзотрансформатора поперечно-поперечного типу для стабілізації струму люмінесцентної лампи / Шкодзінський О., Белякова І., Пісьціо В., Медвідь В. // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 3. — С.142-147. — (приладобудування та інформаційно-вимірювальні технології).*

УДК 623.407

**О. Шкодзінський, канд. техн. наук; І. Белякова; В. Пісьціо; В. Медвідь,  
канд. техн. наук**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ П'ЄЗОТРАНСФОРМАТОРА ПОПЕРЕЧНО-ПОПЕРЕЧНОГО ТИПУ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ СТРУМУ ЛЮМІНЕСЦЕНТНОЇ ЛАМПИ**

*Резюме.* Розглянуто методику визначення експериментальних частотних характеристик п'єзотрансформатора поперечно-поперечного типу. Приведено експериментальні характеристики п'єзотрансформатора, призначеного для стабілізації струму люмінесцентної лампи потужністю 20 Вт.

*Ключові слова:* п'єзотрансформатор, люмінесцентна лампа.

**O.Shkodzinskyy, I.Belyakova, V.Piscio, V.Medvid**

## **EXPERIMENTAL FREQUENCY CHARACTERISTICS OF THE CROSS-TRANSVERSAL-TYPE PIEZOELECTRICAL TRANSFORMER FOR STABILIZE ELECTRIC CURRENT OF FLUORESCENT LAMP**

*The summary.* The experimental technique for determining the frequency characteristics of the cross-transversal-type piezoelectrical transformer has been described. Experimental characteristics of the piezoelectrical transformer for stabilize parametrs of linear fluorescent lamps of 20 Watt has been showed.

*Key words:* piezoelectrical transformer, fluorescent lamp.

**Постановка проблеми.** При розробленні високочастотних напівпровідникових пускорегулюючих апаратів для зменшення їх габаритів та підвищення їх надійності зручно використовувати п'єзоелектричний трансформатор (ПТ). Проте п'єзотрансформатори є високочастотним резонансними пристроями, параметри котрих змінюються від зміни навантаження. Тому виникає задача розроблення адекватної математичної моделі, що описує зміни параметрів ПТ від зміни навантаження. Для отримання такої моделі необхідно мати методику визначення експериментальних характеристик ПТ.

Проте використання п'єзотрансформаторів стримується складністю адекватного аналітичного описування їх моделей у нелінійній постановці.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Для розрахунків п'єзотрансформаторів (ПТ), як правило, використовують метод електромеханічних аналогій, а також експериментально-аналітичні методи дослідження характеристик [1, 8]. Але для пристроїв на основі ПТ, які працюють у режимах дії сильних впливів, попередній метод розрахунку є недостатньо ефективним. Наприклад, навантажувальні та частотні характеристики ПТ у реальних діапазонах зміни навантаження в системах керування не можуть бути отримані аналітично шляхом перетворень із еквівалентних схем.

Методологічною основою експериментально-аналітичних методів дослідження характеристик ПТ є використання ідей кібернетичних ящиків – «сірого» і «чорного». В останньому випадку має місце наявність неконтрольованих і змінюваних випадковим

чином параметрів ПТ, де для контролю є доступними тільки вхідні та вихідні величини, а структура ПТ є невідомою. На основі експериментальних характеристик ПТ можна отримати аналітичні вирази для розрахунків конструктивних параметрів ПТ з похибкою, що в більшості випадків не перевищує 10%.

Тому найзручнішим методом побудови адекватної моделі є метод «сірого» та «чорного» ящиків. Так як ПТ зазвичай працюють у режимі синусоїдальних коливань, то при використанні моделі «чорного» ящика варто представити п'єзотрансформатор у вигляді чотириполосника, параметри котрого залежать від амплітуди вхідних сигналів та частоти.

**Метою роботи** є створення методики визначення частотних параметрів ПТ, яка враховує як особливості самого ПТ, так і його нелінійного навантаження люмінесцентною лампою в пусковому та робочому режимах роботи.

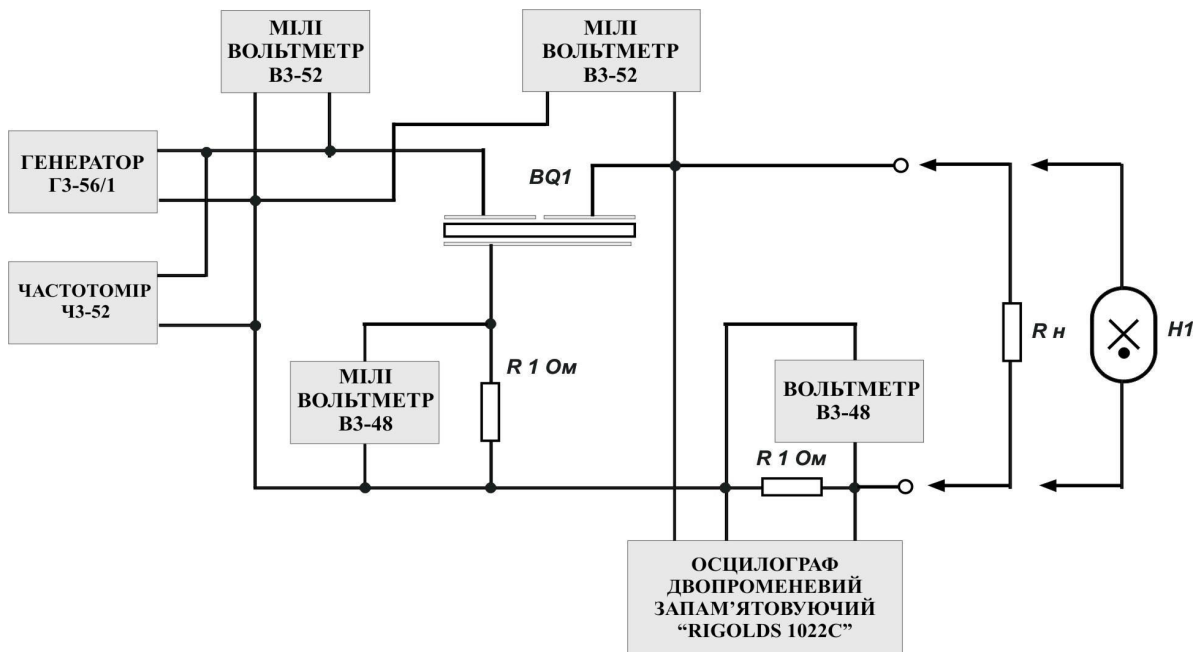


Рисунок 1. Схема вимірювання характеристик ПТ

**Постановка задачі.** Для отримання експериментальних частотних характеристик проведемо дослідження п'єзотрансформаторів струму з розмірами 105 x 50 x 2 мм та 97 x 39 x 2 мм, що працюють на 2-й гармоніці поперечних коливань, виготовлених з матеріалу ЦТС-35. Частота вказаної моди для першого ПТ становить 72 кГц, для другого – 87 кГц.

Дослідження проводили із використанням відомої схеми вимірювання електричних параметрів, зображеної на рис. 1.

З отриманих експериментальним шляхом залежностей за допомогою розрахунків знаходимо функціональні залежності коефіцієнтів  $h_{11} = \varphi(f)$ ,  $h_{12} = \varphi(f)$ ,  $h_{21} = \varphi(f)$  та  $h_{22} = \varphi(f)$  при  $U_{ax\ xx} = const$  та  $T = const$ .

З отриманих розрахунковим шляхом залежностей  $h$ -параметрів від частоти  $f$  бачимо, що ці залежності мають резонансний характер.

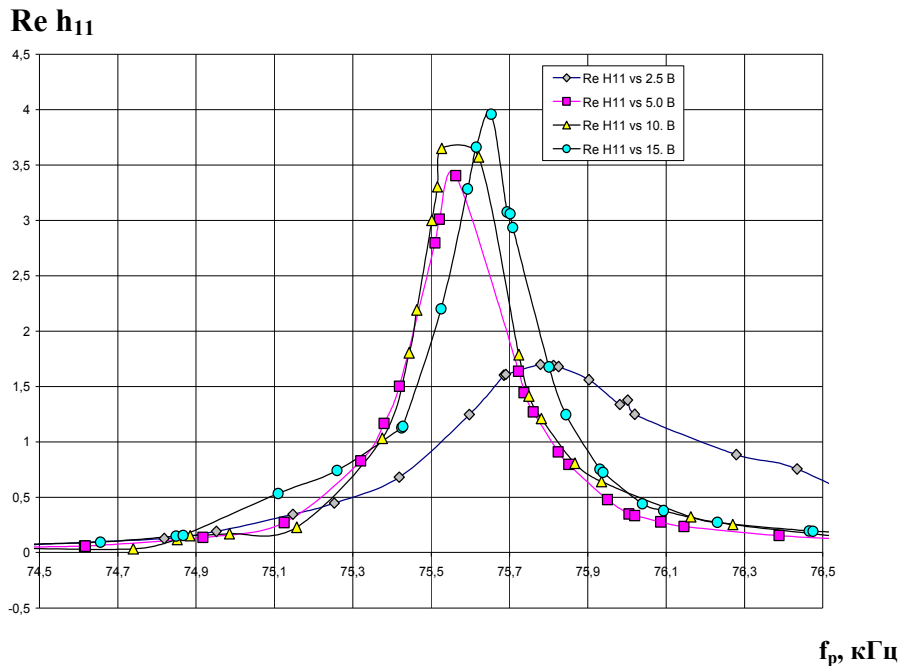


Рисунок 2. Залежність параметра  $Re h_{11}$  від частоти вхідної напруги при зміні напруги  $U_{вх}$  (В)

Аналізуючи їх, можна відзначити, що зі зростанням амплітуди вхідної напруги  $U_{вх}$  резонансна частота п'єзотрансформатора змінюється в бік її зменшення. Водночас максимальні значення  $h$ -параметрів також мають місце на частоті резонансу (наприклад, це бачимо зі зміни значення параметра  $Re h_{11}$  від частоти при різних значеннях напруги  $U_{вх}$ ). Причому, при значеннях  $U_{вх}$ , що перевищують 5В (що відповідає напруженості електричного поля 2,5 В/мм), значення параметра  $h_{11}$  на частоті резонансу практично не змінюються (рис. 2). Схожі висновки мають місце і для залежності  $Im h_{11}$  від частоти при зміні вхідної напруги ПТ. Відмінність у тому, що на частоті антирезонансу значення параметра змінює свій знак на протилежний (рис. 3).

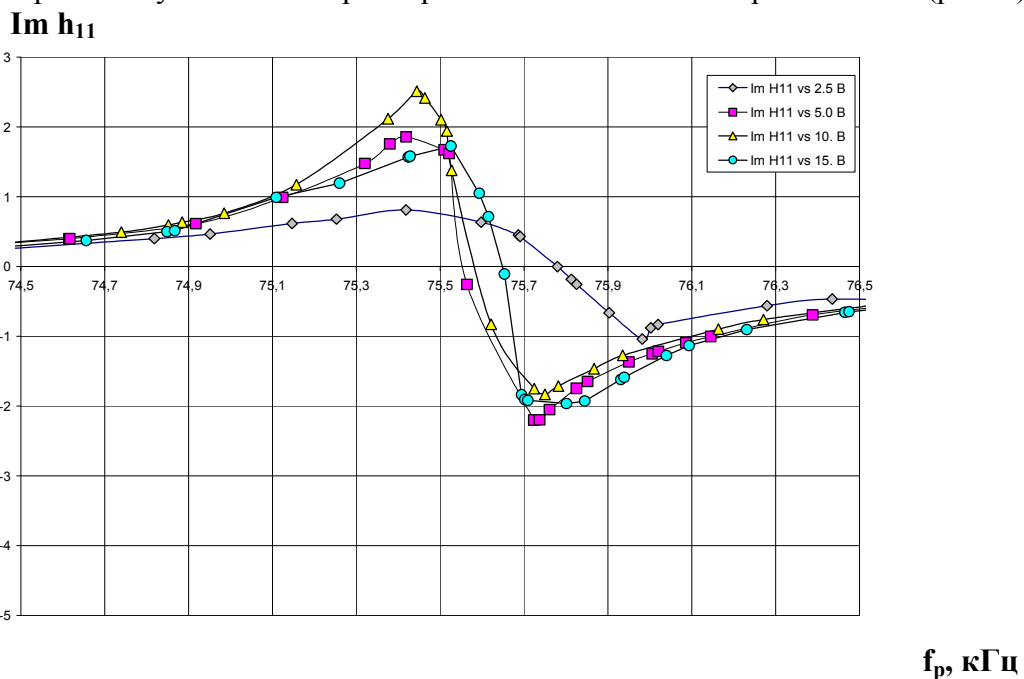
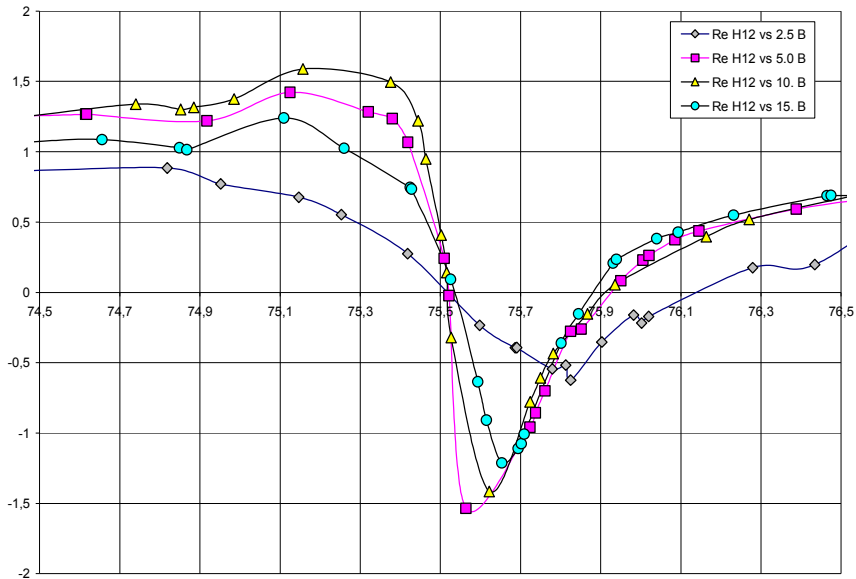


Рисунок 3. Залежність параметра  $Im h_{11}$  від частоти вхідної напруги при зміні напруги  $U_{вх}$  (В)

Re  $h_{12}$



$f_p$ , кГц

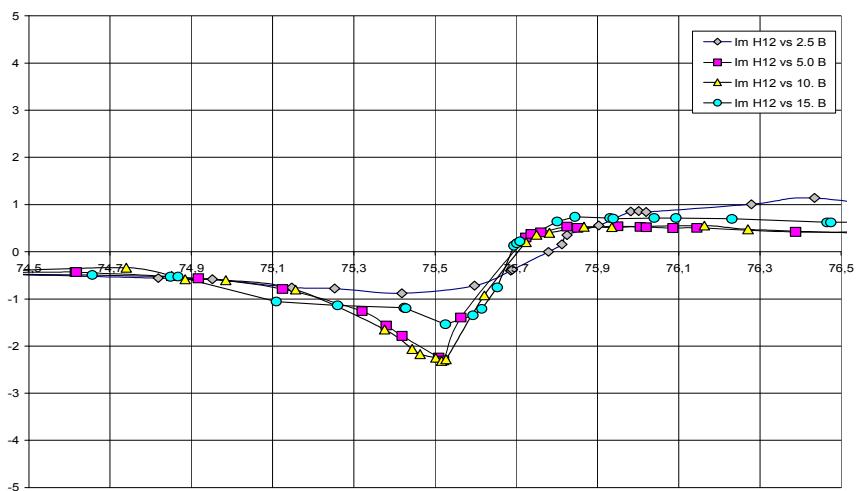
Рисунок 4. Залежність параметра  $Re h_{12}$  від частоти вхідної напруги при зміні напруги  $U_{вх}$  (В)

Резонансний характер має також залежність параметра  $Re h_{12}$  від частоти вхідної напруги при зміні напруги  $U_{вх}$  (В) (рис. 4). Максимум параметра по модулю зі зростанням вхідної напруги також зміщується в бік менших значень частоти, має найбільше значення на частоті резонансу, але при цьому має від'ємний знак.

При значеннях  $U_{вх}$ , що перевищують 5 В, значення  $h_{12}$  на частоті резонансу практично не змінюються. Аналогічними є залежності параметра  $Im h_{12}$  від частоти, які на резонансних частотах змінюють свій знак від додатного на від'ємний (рис. 5).

Параметр  $Re h_{21}$  збільшується зі зростанням вхідної напруги, має резонансну залежність від частоти, яка зменшується зі збільшенням вхідної напруги, і змінює свій знак від від'ємного поблизу резонансу до додатного на частоті резонансу (рис. 6).

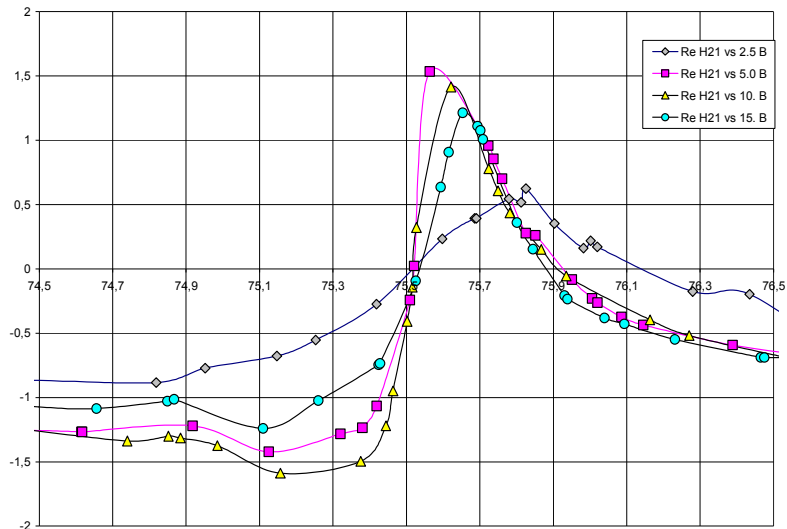
Im  $h_{12}$



$f_p$ , кГц

Рисунок 5. Залежність параметра  $Im h_{12}$  від частоти вхідної напруги при зміні напруги  $U_{вх}$  (В)

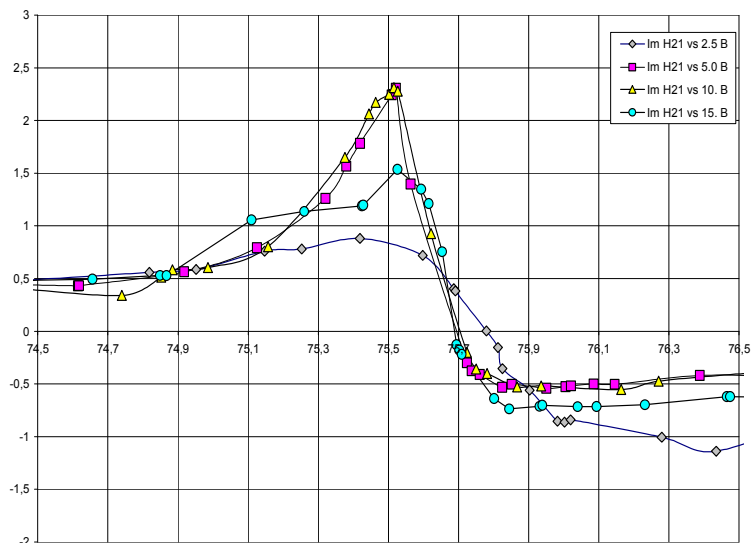
**Re  $h_{21}$**



**$f_p$ , кГц**

Рисунок 6. Залежність параметра  $Re h_{21}$  від частоти вхідної напруги при зміні напруги  $U_{вх}$  (В)

**Im  $h_{21}$**



**$f_p$ , кГц**

Рисунок 7. Залежність параметра  $Im h_{21}$  від частоти вхідної напруги при зміні напруги  $U_{вх}$  (В)

Криві залежності параметра  $Im h_{21}$  від частоти вхідної напруги при зміні напруги  $U_{вх}$  (В) (рис. 7) є аналогічними до частотних залежностей параметра  $Re h_{21}$ .

Криві зміни параметра  $Re h_{22}$  від частоти при фіксованих значеннях вхідної напруги наведено на рис. 8, а частотні залежності  $Im h_{22}$  – на рис. 9. Характер зміни цих параметрів від частоти при різних значеннях  $U_{вх}$  повторює попередні залежності.

Re  $h_{22}$

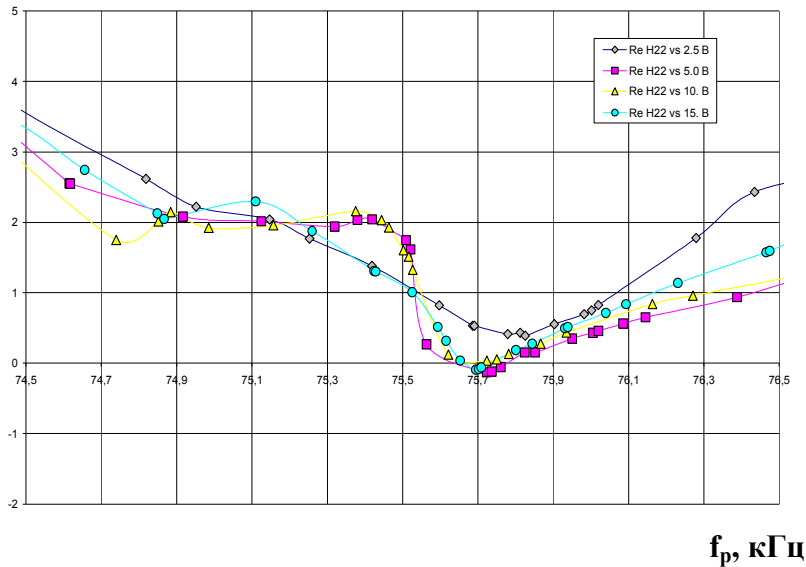


Рисунок 8. Залежність параметра  $Re h_{22}$  від частоти вхідної напруги при зміні напруги  $U_{вх}$  (В)

Im  $h_{22}$

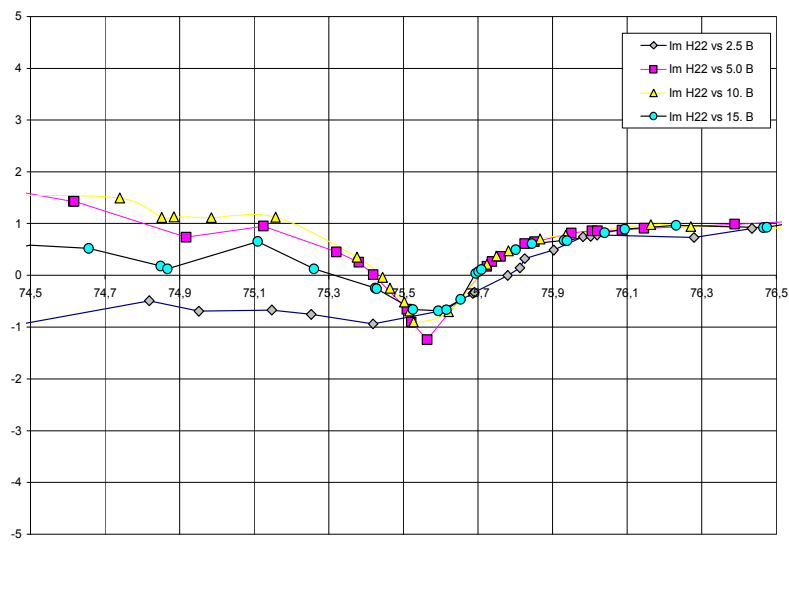


Рисунок 9. Залежність параметра  $Im h_{22}$  від частоти вхідної напруги при зміні напруги  $U_{вх}$  (В)

**Висновки.** З отриманих експериментальних характеристик п'єзотрансформатора бачимо, що  $h$ -параметри значною мірою залежать від частоти  $f$  вхідної напруги, а на частоті резонансу є лінійними при значеннях вхідної напруги від 0 до 5 в (при напруженості електричного поля від 0 до 2,5 В/мм по товщині ПТ), та практично не змінюються при більших напругах, які є робочими для навантаження ПТ люмінесцентними лампами потужністю 15...30 Вт. Ця нелінійність пояснюється

резонансними властивостями самого ПТ, а також механічними втратами в п'єзоматеріалі при збільшенні напруженості електричного поля ПТ.

**Література**

1. Ерофеев, А.А. Пьезоэлектронные устройства автоматики [Текст] / А.А. Ерофеев. – Ленинград: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1982. – 212 с.
2. Медвидь, В.Р. Расчет пьезотрансформатора для стабилизации разряда в люминесцентных лампах [Текст] / В.Р. Медвидь, Н.Г. Тарасенко // Светотехника. – 1987. – №12. – С. 11–14.
3. Карташов, И.А. Пьезоэлектрические трансформаторы тока [Текст] / И.А. Карташов, Н.Б. Марченко. – Киев: Техника, 1968. – 176 с.
4. Новые области применения пьезотрансформаторов [Текст] / В.М. Климашин, В.Г. Никифоров, А.Я. Сафронов, В.К. Казаков // Компоненты технологии. – 2004. – №1. – С. 56–59.
5. Експериментальне дослідження характеристик п'єзонапівпровідниково-вого ПРА для люмінесцентних ламп [Текст] / О. Шкодзінський, І. Беякова, В. Пісьціо, В. Медвідь: матеріали дванадцятої наукової конференції ТДТУ ім. І.Пулюя. – Тернопіль: ТДТУ, 2008. – 370 с.
6. Конструкції напівпровідникових пускорегулюючих апаратів на базі п'єзотрансформаторів [Текст] / О. Шкодзінський, І. Беякова, В. Пісьціо, В. Медвідь: матеріали дванадцятої наукової конференції ТДТУ ім. І.Пулюя. – Тернопіль: ТДТУ, 2008. – 370 с.
7. Дослідження експериментальних характеристик комплексу п'єзотрансформатор–люмінесцентна лампа [Текст] / О. Шкодзінський, І. Беякова, В. Пісьціо, В. Медвідь: матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції «Світлотехніка й електроніка: історія, проблеми і перспективи». – Тернопіль: ТДТУ, 2008. – 148 с.
8. Do Manh Cuong. Piezoelectric transformer integration. Possibility in high power density applications / Do Manh Cuong. – Dresden. TUDpress Verlag der Wissenschaften GmbH, 2008. – 128с.

*Отримано 30.06.2011*