

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

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЛЕКТА П'ЄЗОТРАНСФОРМАТОР- ЛЮМІНЕСЦЕНТНА ЛАМПА

У статті досліджуються експериментальні характеристики запропонованого напівпровідникового пускорегулюючого апарата. Розглянуто процес запалювання люмінесцентної лампи за допомогою п'єзоніпівпровідникового апарата в режимі холостого ходу п'єзотрансформатора струму. Проведено порівняння експериментальних та розрахункових залежностей вихідних напруг та струмів п'єзоніпівпровідникового пускорегулюючого апарата, проаналізовано спектральний склад напруги та струму при навантаженні п'єзоелектричного трансформатора на частоті резонансу активним опором та люмінесцентною лампою.

О.Shkodzinsky, I.Belyakova, V.Piscio, V.Medvid

RESEARCH OF EXPERIMENTAL DESCRIPTIONS OF COMPLETE SET PIEZOTRANSFORMER-FLUORESCENT LAMP

The article explores the experimental characteristics of the proposed semiconductor ballast. Consideration was given to idle mode piezoelectric transformer and to the ignition process of fluorescent lamps using piezoelectric semiconductor device. A comparison of experimental and theoretical dependencies output voltages and currents piezosemiconductor ballast, analyzed the spectral composition of voltage and current under load piezoelectric transformer at the resonance frequency active resistance and fluorescent lamp.

На сьогодні при побудові нової радіотехнічної апаратури виникає проблема зменшення її вартості, в тому числі за рахунок зменшення матеріаломісткості її елементів. Це може бути досягнуто за допомогою використання п'єзоелектричних приладів, в першу чергу п'єзотрансформаторів. Такі елементи мають компакту і монолітну конструкцію та характеризуються високою надійністю, а саме стійкістю до механічних перевантажень, радіаційною стійкістю, часовою та температурною стабільністю, довговічністю і можливістю протистояти електричним перевантаженням. Авторами була запропонована схема напівпровідникового пускорегулюючого апарата стартерного типу з п'єзотрансформатором, схема якого зображена на рис. 1.

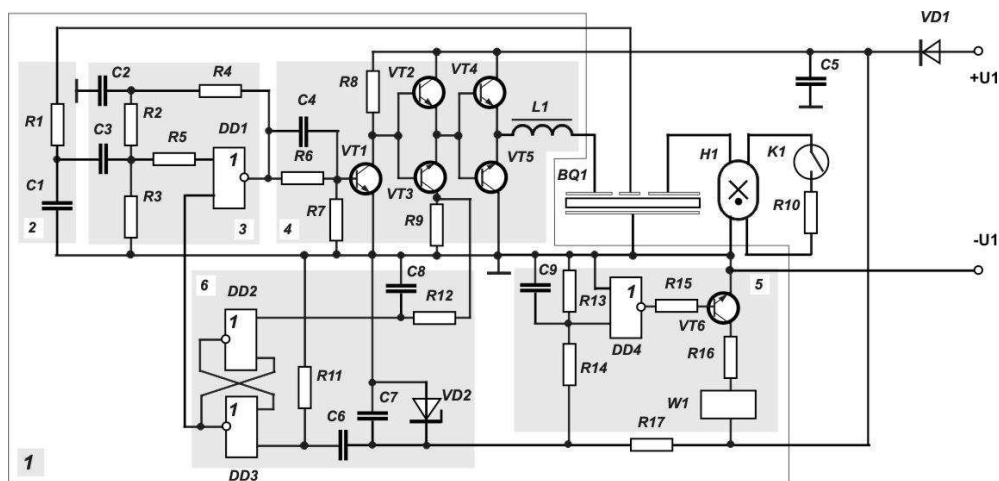


Рисунок 1 - Схема НПРА з ПТ стартерного включення ЛЛ

Метою дослідження є визначення основних характеристик комплекта п'єзотрансформатор струму (ПТ) – люмінесцентна лампа та п'єзотрансформатор

струму (ПТ) – активне навантаження для створення математичної моделі п’езонапівпровідникового пускорегулюючого апарата, що був запропонований.

Дослідження комплекта НПРА-ЛЛ проводились на базі НПРА з ПТ струму (матеріал ЦТС-35) розміром 110 мм (довжина)х 50 мм (ширина) х 2 мм (товщина). ПТ працює на 2-й моді коливань по ширині з частотою 72 кГц. Навантажувався НПРА ЛЛ потужністю 18 Вт (TLD 18/54 виробництва PHILIPS). Живлення НПРА – джерело стабілізованої постійної напруги 80 В (рис.1) [1,2,3].

Схема дослідження параметрів комплекта НПРА – ЛЛ показана на рис.2. На схемі функціональні елементи, що входять до складу НПРА, такі як п’езотрансформатор струму BQ1 та елементи пускового кола люмінесцентної лампи K1 (геркон) та R10 (резистор, обмежуючий струм попереднього підігріву лампи), виділені в окремі вузли, зовнішні по відношенню до самого НПРА.

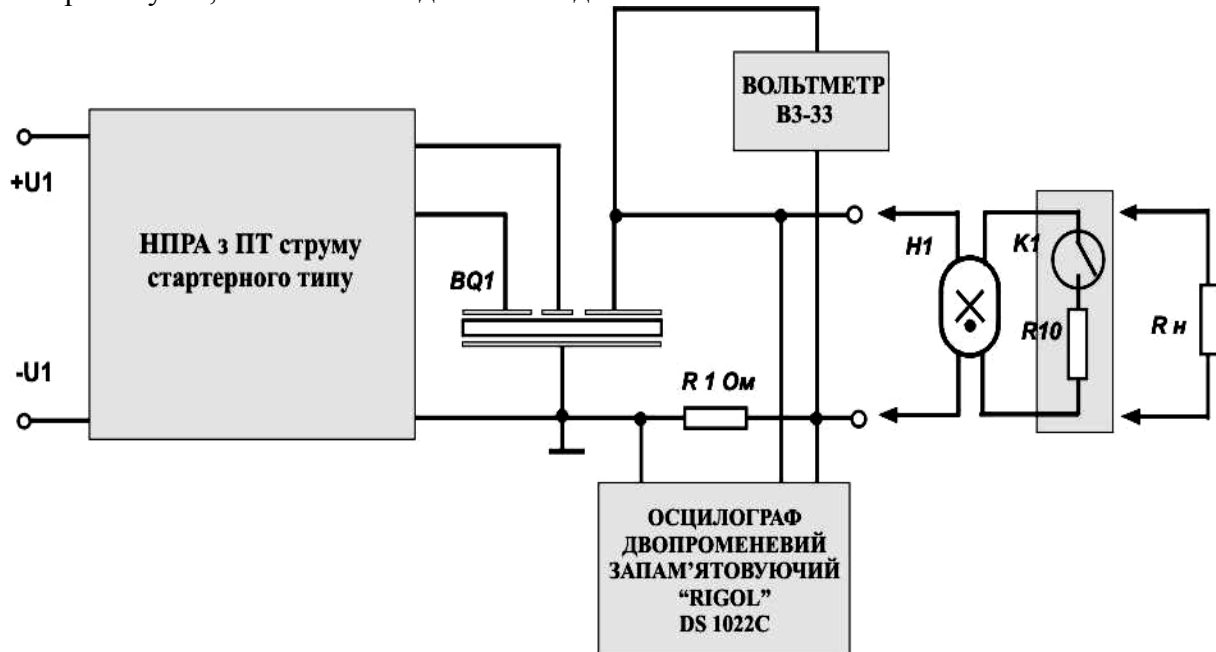


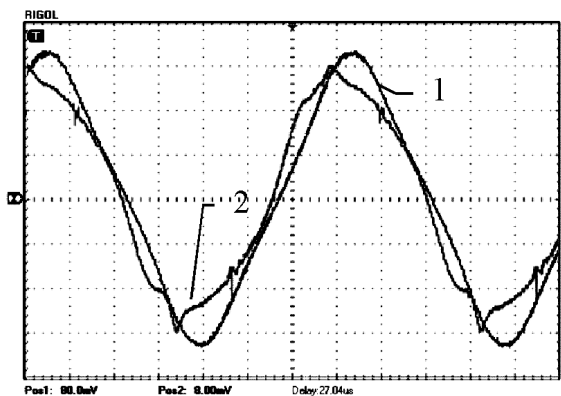
Рисунок 2 - Схема дослідження комплекта НПРА з ПТ з навантаженням ЛЛ та активним опором

В якості осциллографа використовувався двопробний багатфункціональний осцилограф «RIGOL» 1022C з можливістю під’єднання до персонального комп’ютера через USB-порт.

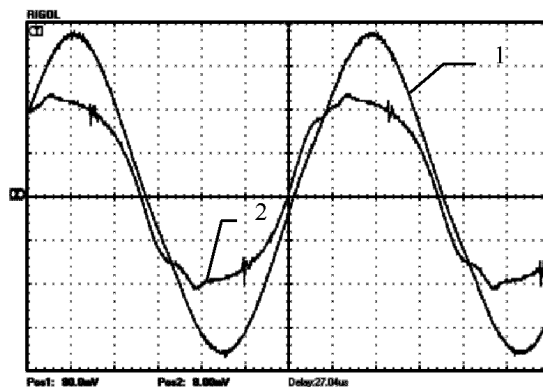
Досліджувалися форми кривих вихідної напруги та струму при навантаженні НПРА: люмінесцентною лампою потужністю 18 Вт (TLD 18/54); еквівалентним активним опором R_n рівним опору лампи при номінальному значенні струму на частоті 72 кГц.

На рис.3 подано осцилограми напруги (1) та струму (2) люмінесцентної лампи через фіксований час після запалювання лампи. На рис.4 подано осцилограми напруги (1) та струму (2) ЛЛ безпосередньо в процесі запалювання (а), одної спроби запалювання (б), початку спроби запалювання (в), успішного запалювання ЛЛ (г). Наявність постійної складової в напрузі на лампі безпосередньо після розмикання пускового кола ЛЛ пояснюється зарядом ємності вихідної секції ПТ при розмиканні кола навантаження та її розрядом після запалювання ЛЛ.

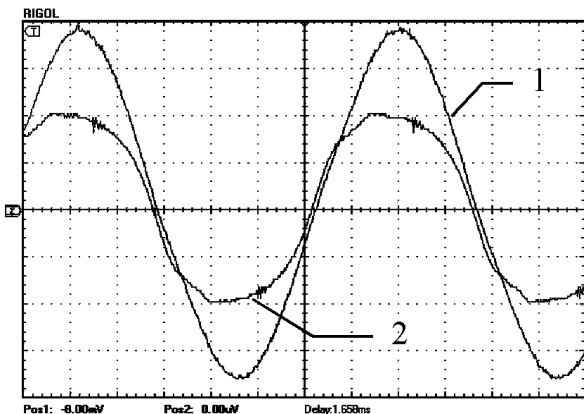
Як видно з осцилограм, форма напруги на лампі є практично синусоїдальною у всіх випадках, в той час як форма струму наближається до куполоподібної, що спричинено зменшенням першої гармоніки в гармонічному складі струму. Крім того, має місце зсув по фазі між кривими напруги та струму, причому струм випереджає напругу, що свідчить про наявність ємнісної складової опору навантаження комплекта НПРА – люмінесцентна лампа.



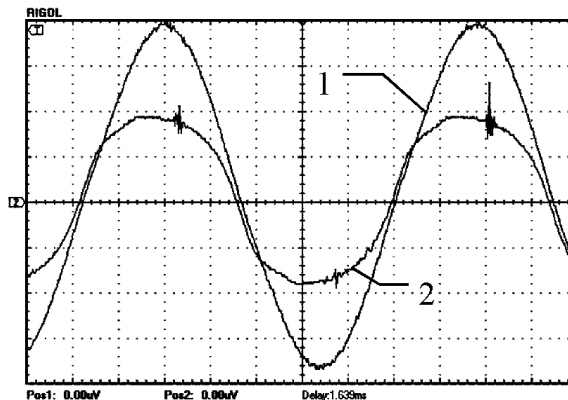
а



б

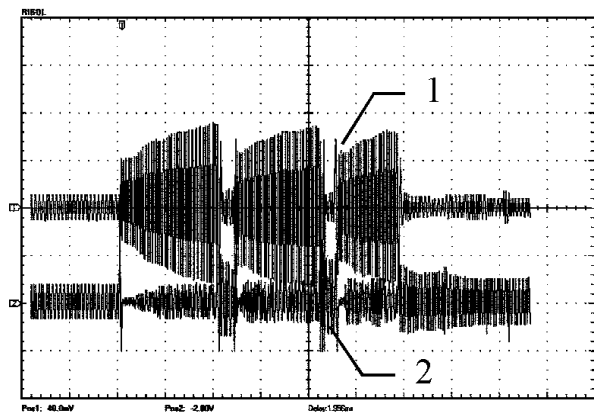


в

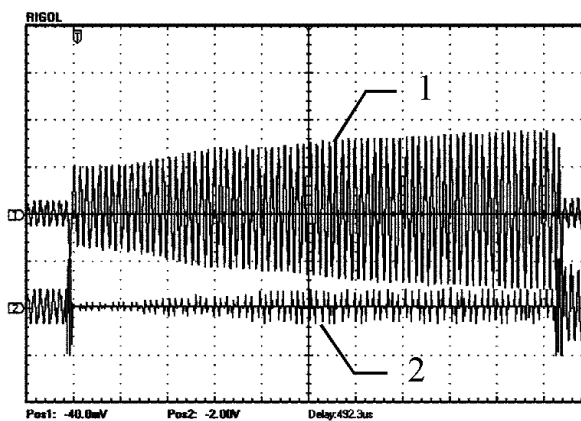


г

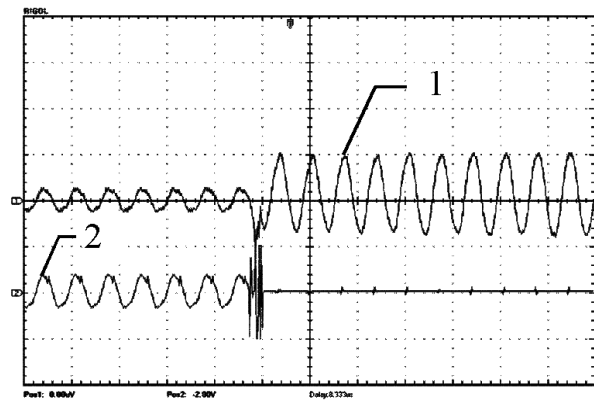
Рисунок 3 - Осцилограми напруги та струму ЛЛ: а) безпосередньо після запалювання ЛЛ, б) через 2 хв після запалювання, в) через 5 хв, г) через 20 хв



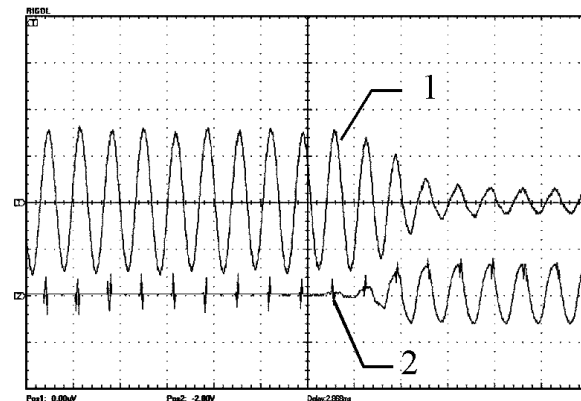
а



б



в



г

Рисунок 4 - Осцилограми напруги та струму: а) перед та після розмикання контактів геркона в пусковому колі ЛЛ, б) процес запалювання ЛЛ, в) в момент розмикання геркона, г) в момент запалювання лампи

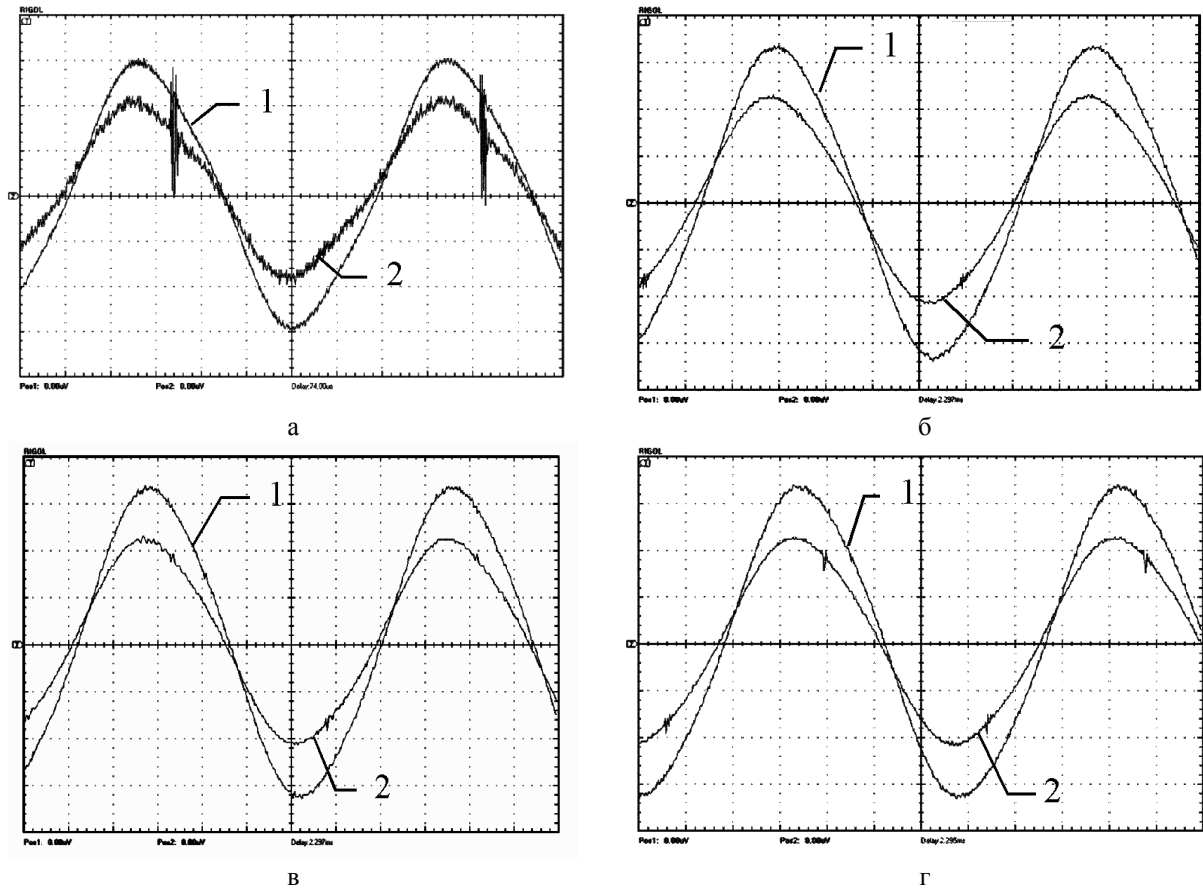


Рисунок 5 - Осцилограми кривих вихідної напруги та струму ПТ при активному навантаженні 150 Ом:
 а) безпосередньо після ввімкнення НПРА до джерела живлення, б) через 5 хв після ввімкнення,
 в) через 10 хв, д) через 20 хв

Для того, щоб прояснити отримані результати, НПРА навантажувався активним опором, величина якого дорівнювала опору ЛЛ при номінальному струмі (360 мА). Як видно з осцилограм рис.5, форма напруги та струму на активному навантаженні практично синусоїдальні, а зсув по фазі між напругою та струмом є меншим, ніж у випадку з люмінесцентною лампою.

$U_{вих}$

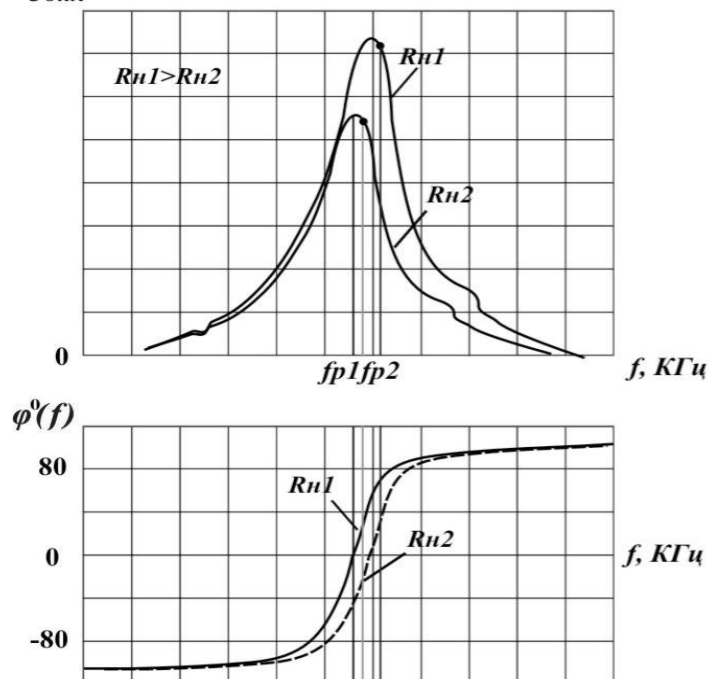


Рисунок 6 - Амплітудно-частотна та фазо-частотна характеристики п'єзотрансформатора

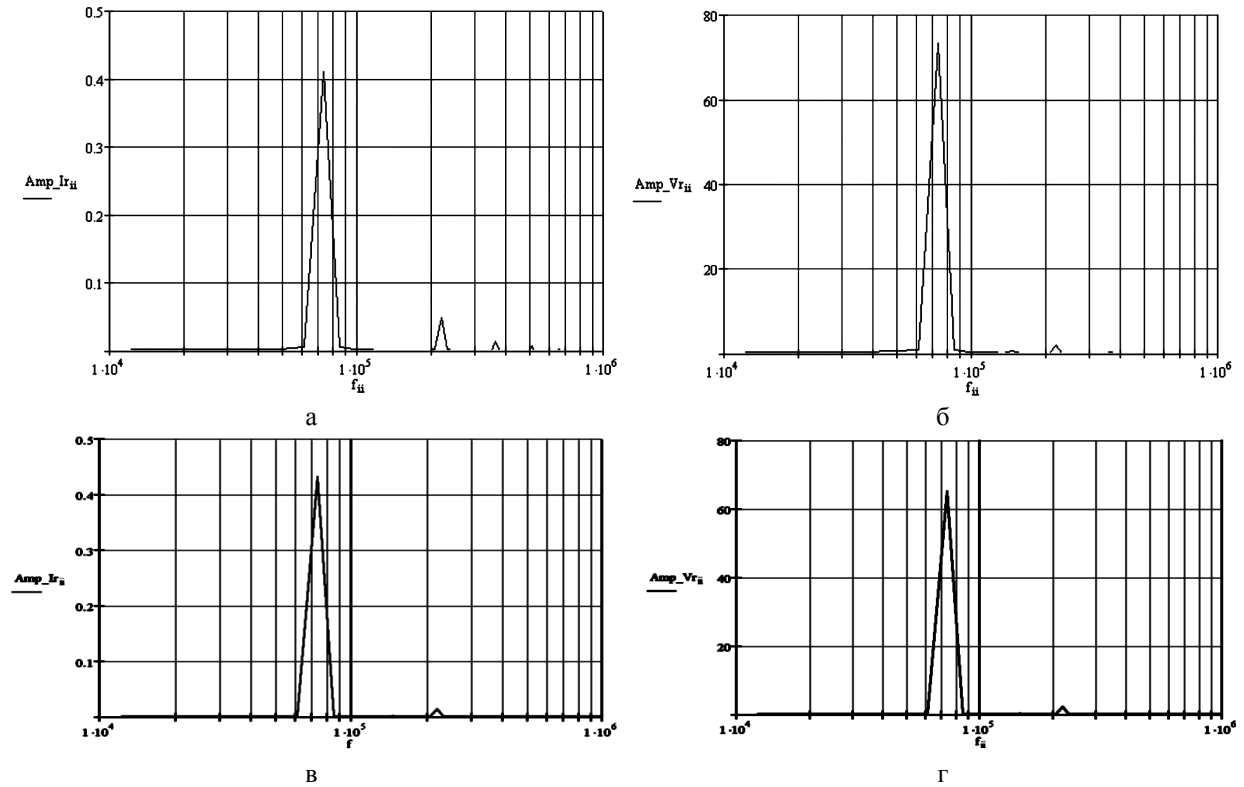


Рисунок 7 - Спектральні характеристики вихідного струму та напруги п'єзотрансформатора при навантаженні люмінесцентною лампою (а, б) та активним навантаженням ($R_n=150 \text{ Ом}$) (в, г)

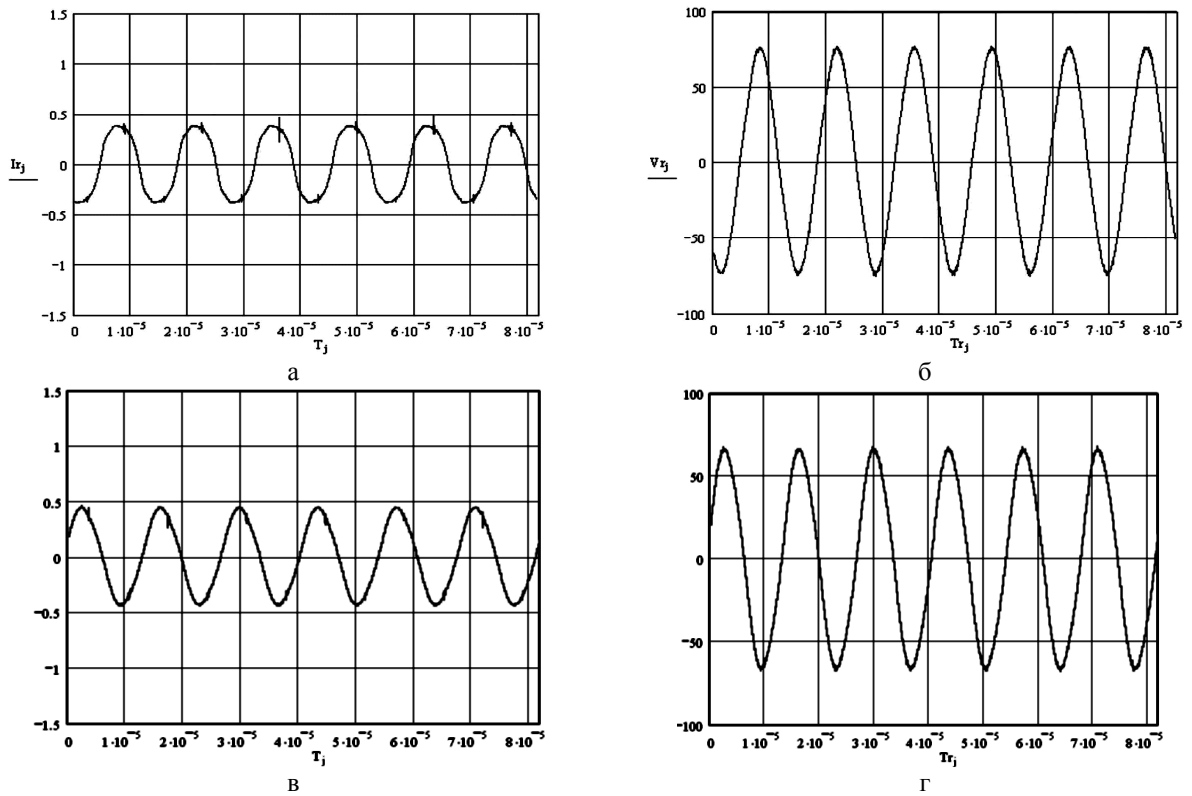


Рисунок 8 - Осцилограми вихідного струму та напруги п'єзотрансформатора при навантаженні люмінесцентною лампою (а, б) та активним опором ($R_n=150 \text{ Ом}$) (в, г)

Наявність зсуву фаз між вихідними напругою та струмом ПТ при навантаженні як ЛЛ, так і активному навантаженні, пояснюється тим, що робоча точка на АЧХ п'єзотрансформатора вибирається на її правому схилі поблизу резонансної частоти робочої гармоніки. Для забезпечення стійких коливань в ПТ схема керування має підтримувати фазовий зсув постійним при дії різного роду зовнішніх впливів (зміни вхідної напруги температури середовища і т.і.). Як видно з рис.6, фазовий зсув при цьому має позитивне значення, що підтверджується отриманими осцилограмами (рис. 3, рис.6) як для нелінійного навантаження ПТ (люмінесцентна лампа), так і для лінійного (активний опір).

Аналіз спектральних характеристик вихідного струму (рис. 7, а) та напруги (рис. 7, б) п'єзотрансформатора, при навантаженні люмінесцентною лампою та спектральних характеристик вихідного струму (рис. 7, в) та напруги (рис. 7, г) п'єзотрансформатора при навантаженні на активне навантаження (150 Ом) дає можливість стверджувати, що в кривій струму люмінесцентної лампи має місце третя гармоніка, тоді як при навантаженні ПТ активним опором третя гармоніка практично відсутня (рис.7 в, г).

Осцилограми струму, що відповідають гармонічному складу характеристик рис. 8 а-г відповідно зображені на рис. 9 а-г.

Отримані результати можна пояснити нелінійністю вольт-амперної характеристики люмінесцентної лампи, навантаженої на ємнісний вихідний опір п'єзотрансформатора. Ємність вихідної секції п'єзотрансформатора складає 10,9 нФ.

Для підтвердження цього висновку проведено розрахунок параметрів люмінесцентної лампи при живленні від джерела синусоїдальної напруги амплітудою 220 В, на частоті напруги 72 кГц, активному баласті з опором 380 Ом, та паралельно ввімкненому до ЛЛ конденсатора, що відповідає ємності вихідної секції п'єзотрансформатора. Параметри ЛЛ TLD 18/54 такі: напруга 50 В (на частоті 50 Гц – 59 В), струм 0,36 А [4].

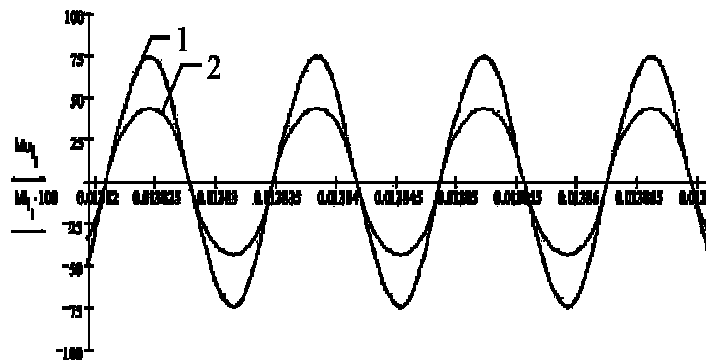


Рисунок 9 - Розрахункові часові характеристики напруги та струму на лампі

Для розрахунку використовувалась відома модель ЛЛ, представлена в [5]. За результатами розрахунку отримано часові характеристики напруги та струму лампи (рис.9), які відповідають частотним характеристикам для комплекта НПРА-ЛЛ, що були отримані експериментальним шляхом (рис.3).

Розрахункові спектральні характеристики для напруги та струму лампи на частоті 72 кГц показані на рис.10. Вони повністю відповідають експериментальним характеристикам, зображеним на рис.7.

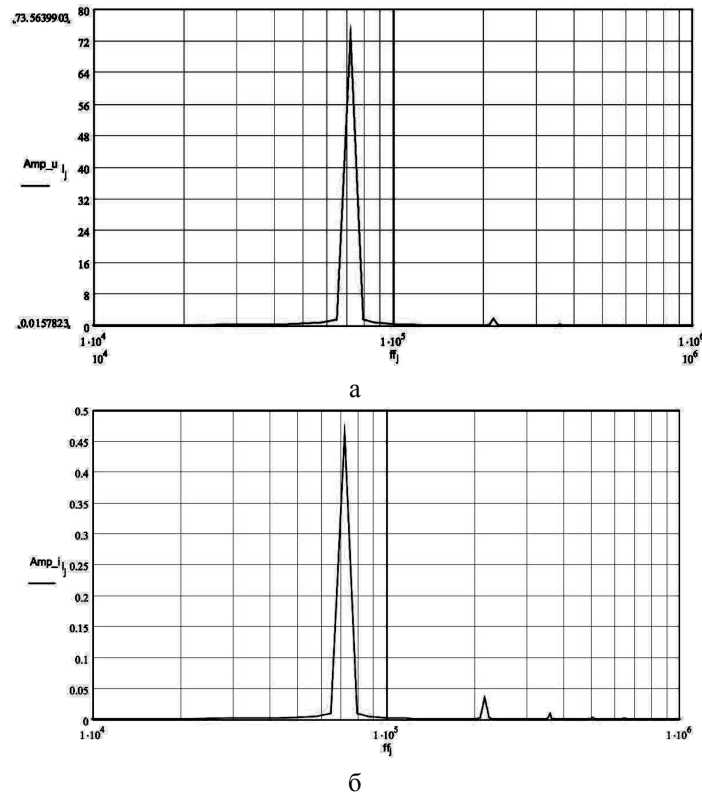


Рисунок 10 - Розрахункові спектральні характеристики
а) напруги на лампі, б) струму лампи

Висновки

В процесі дослідження, запропонованого авторами, напівпровідникового пускорегуючого апарата стартерного типу з п'єзотрансформатором було виявлено, що запропонований апарат володіє високими технічними характеристиками, моделювання поведінки комплексу пускорегуючий апарат - люмінесцентна лампа збігається з очікуваною і підтверджується теоретичною моделлю.

Література

1. О работе пьезотрансформатора с люминесцентной лампой. А.Т.Булгаков, М.Е.Клыков, В.Р.Медвидь, Н.Г.Тарасенко, Р.Х.Хафизов, В.А.Шевченко // Светотехника. – 1987.- №2. - С.20-21.
2. Перспективы применения сегнетокерамики в светотехнике. А.Т.Булгаков, Р.Х.Хафизов, В.Р.Медвидь, М.Е.Клыков, Н.Г.Тарасенко/Тезисы докладов 9-ой Всесоюзной научно-технической конференции по светотехнике „Задачи светотехнической науки в повышении эффективности освещения и развития светотехнического производства”. - Рига.10-12 ноября 1987.
3. В.Р.Медвидь, Н.Г.Тарасенко. Расчет пьезотрансформатора для стабилизации разряда в люминесцентных лампах // Светотехника. - 1987. - №12. - С.11-14.
4. Ерофеев А.А. Пьезоэлектронные устройства автоматики.-Л.:Машиностроение, Ленинградское отделение,1982.-212 с.
5. Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп./ А. Е. Краснопольский, В.Б. Соколов, А.М. Троицкий; Под общ. ред. А.М Краснопольского. - М.: Энергоатомиздат, 1988 - 208 с.

Одержано 15.05.2008 р.