

Державний університет "Львівська політехніка"

На правах рукопису

КАРПІНСЬКИЙ Микола Петрович

УДК 621.317.3:628.93

ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК
СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ АПАРАТУРИ І
ОПТИМІЗАЦІЯ ЇЇ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

05.11.05 - Прилади та методи вимірювання
електричних і магнітних величин

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Львів - 1995

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00754997 (+)

Державний університет "Львівська політехніка"

На правах рукопису

КАРПІНСЬКИЙ Микола Петрович

УДК 621.317.3:628.93

**ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК
СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ АПАРАТУРИ І
ОПТИМІЗАЦІЯ ЇЇ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ**

05.11.05 – Прилади та методи вимірювання
електричних і магнітних величин

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук**

Львів - 1995

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Тернопільському приладобудівному
інституті ім. І. Пулюя

- Офіційні опоненти:
1. Доктор технічних наук, професор
Губар Валентин Іванович
 2. Доктор технічних наук, професор
Саченко Анатолій Олексійович
 3. Доктор технічних наук, професор
Сурду Михайло Миколайович

Провідна організація: Український світлотехнічний
інститут (м. Тернопіль)

Захист відбудеться "29" грудня 1995 р. о 14 годині
на засіданні спеціалізованої ради Д 04.06.11 при Державному
університеті "Львівська політехніка" (290013, м. Львів-13,
вул. С.Бандери, 12, ауд. 226 гол. корп.)

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці університету
(вул. Професорська, 1)

Автореферат розісланий "28" листопада 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої
ради, к.т.н., с.н.с.

Я.Т.Луцик

ЛНБ ім. В. Стефанива
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми визначається намаганням підвищити енергоекономічність, ефективність і екологічність освітлювальних установок, а також необхідністю підвищення їх комфортності. Вирішальною передумовою успішного вирішення цих задач є вимірювання параметрів і визначення характеристик спеціалізованої освітлювальної апаратури та оптимізація її техніко-економічних показників. До такої апаратури належать освітлювальні установки передусім з такими джерелами світла (ДС) як люмінесцентні лампи (ЛЛ), лампи високої інтенсивності, зокрема металогалогенні (МГЛ), дугові ртутні люмінофорні (ДРЛ) і натрієві лампи високого тиску (ДНАТ) серед групи розрядних ДС (РЛ) та лампи розжарення (ЛР), перш за все галогенні ЛР.

При непрямих вимірюваннях параметрів та характеристик освітлювальної апаратури, для організації електропостачання останньої треба мати інформацію про інтегральну напругу живлення (ІН) H_{mq} :

$$H_{mq} = \int_0^{\Delta t} (U_i \cdot U_{\text{НОМ}}^{-1})^m (f_i \cdot f_{\text{НОМ}}^{-1})^{-q} dt, \quad (1)$$

де $U_i = \left[\frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u^2(t) dt \right]^{1/2}$, $i = \overline{1, n}$ - середня квадратична

напруга (СКН) в поточний момент часу; $U_{\text{НОМ}}$ - номінальна СКН; $u(t)$ і T_i - миттєва напруга живлення і її період; f_i - частота напруги для i -го інтервалу; $f_{\text{НОМ}}$ - номінальна частота напруги; m, q - цілі або дробові числа, причому $q = 0$ для мереж промислової частоти, а верхнє значення m досягає 14.

Серед наявних впливаючих факторів саме зміна ІН найпомітніше впливає на роботу освітлювальних засобів, їх параметри і точність визначення останніх. Слід зазначити, що вже відомі в достатньому обсязі відповідні заходи, котрі дозво-

ляють зменшити або врахувати вплив інших факторів, таких як температура довкілля, тиск, кількість і частота ввімкнень, форма кривої тощо. Однак проблема, яка пов'язана з визначальною впливаючою величиною – інтегральною напругою живлення і зумовленими нею наслідками для вимірювань і прогнозування параметрів освітлювальної апаратури, а також експлуатації, організації оптимального живлення та оптимізації її техніко-економічних показників, – до цих пір залишалась відкритою.

Мета роботи – аналіз існуючих вимірювальних засобів і на основі експериментальних досліджень та теоретичних узагальнень створення функціональних вимірювальних перетворювачів ІН та розробка на їх базі переносних і дешевих вимірювальних приладів, дослідження можливостей підвищення точності і автоматизації непрямих вимірювань параметрів та характеристик освітлювальної апаратури шляхом функціонального перетворення ІН, створення математичних моделей комплектів "напівпровідниковий пускорегульовальний апарат підвищеної частоти (НПРА ПВЧ) – РЛ", розробка і освоєння в серійному випуску освітлювальної апаратури з даними комплектами.

Для досягнення вказаної мети були поставлені та розв'язані такі основні задачі:

- аналіз методів врахування впливу різних факторів на важливіші техніко-економічні показники освітлювальної апаратури та точність визначення її характеристик, а також пошук перспективних технічних рішень в даній галузі;

- обґрунтування, що інтегральна напруга є найсуттєвішим параметром для визначення характеристик джерел світла;

- розробка моделі сумісних вимірювань відхилень напруги і частоти від оптимальних щодо високочастотного живлення освітлювальної апаратури та моделі опосередкованих вимірювань відхилень напруги від оптимальної в мережах промислової частоти, що дозволило отримати аналітичні вирази вимірюваних ІН, завдяки чому досягнуто підвищення точності і автоматизовані непрямі вимірювання даних відхилень та параметрів апа-

ратури після регулювання напруги живлення;

- теоретичний аналіз електромеханічних і електронних вимірювальних перетворювачів ІН, що забезпечують поряд з автоматизацією зменшення похибки не менше, ніж вдвоє;

- дослідження факторів, що впливають на метрологічні характеристики вимірювальних перетворювачів ІН;

- створення, перевірка і впровадження переносних засобів вимірювання ІН;

- дослідження динамічних та статичних характеристик ДС на підвищених частотах, що дозволило уточнити параметри математичних моделей ламп і підвищити ефективність освітлювальної апаратури завдяки оптимізації їх параметрів та освоєнню в серійному виробництві комплектів "напівпровідниковий пускорегульовальний апарат підвищеної частоти - лампа".

Загальна методика досліджень. Методичною базою дослідження є використання методів вимірювальної та інформаційно-вимірювальної техніки, теорії похибок, теорії електричних кіл, теорії ймовірності, математичної статистики, математичного моделювання, диференційного та інтегрального числень.

Наукова новизна. В роботі отримані наступні наукові результати:

- створені моделі непрямих вимірювань відхилень напруги і частоти від оптимальних, що забезпечують зменшення похибки та обґрунтоване визначення сигналу керування в системах регулювання напруги освітлювальної апаратури;

- запропоновані нові принципи побудови і структури функціональних вимірювальних перетворювачів ІН та проведений узагальнений аналіз їх похибок; встановлений взаємозв'язок між параметрами вимірювальних перетворювачів та впливовими факторами;

- результати роботи розвивають теорію і практику вимірювань інтегральних негармонічних сигналів;

- визначені умови фізичної реалізації і оптимального вибору параметрів вимірювального кола;

- систематизовані фактори впливу на важливіші техніко-

економічні показники освітлювальної апаратури, в результаті чого виявлені резерви підвищення точності і автоматизації непрямих вимірювань її параметрів та характеристик шляхом функціонального перетворення визначальної впливаючої величини - ІН;

- встановлені частотні залежності електричних та світлотехнічних характеристик РЛ, обґрунтована доцільність і можливість підвищення ефективності освітлювальної апаратури шляхом створення освітлення освітлювальними засобами підвищеної частоти;

- розроблені науково обґрунтовані принципи побудови НІРА ПВЧ для живлення РЛ струмами підвищеної частоти;

- запропонована математична модель комплекта "НІРА ПВЧ із змінними параметрами - РЛ", що дозволяє дослідити, оптимізувати та узгодити пусковий і робочий режими роботи;

- оригінальність запропонованих структур захищена 4 авторськими свідоцтвами і патентами. Основні теоретичні положення підтверджені результатами моделювання на ЕОМ, експериментально та практикою промислового впровадження.

Практична цінність роботи та її реалізація. Грунтуючись на результатах виконаних експериментальних досліджень, теоретичних узагальнень та розробок, вирішена проблема, яка має важливе народногосподарське значення, - підвищення ефективності спеціалізованої освітлювальної апаратури за рахунок підвищення точності вимірювань параметрів, визначення характеристик та оптимізації її техніко-економічних показників.

Запропоновані практичні рекомендації з проектування функціональних вимірювальних перетворювачів ІН та освітлювальних засобів. Досліджені динамічні і статичні електричні та світлотехнічні характеристики ДС, розроблені програми розрахунку, досліджені та оптимізовані параметри комплекта "НІРА ПВЧ - РЛ" в пусковому і робочому режимах роботи, отримані найраціональніші межі зміни параметрів НІРА ПВЧ - амплітуди і частоти вихідної напруги, опору вихідного індуктивно-ємнісного кола та його характеру.

Розроблені і практично реалізовані принципові електричні схеми функціональних вимірjувальних перетворювачів ІН та НІРА ПВЧ, а також методи їх випробувань, контролю і вимірювань параметрів. Запропоновані вимірjувальні перетворювачі при їх винятковій простоті реалізації дозволили не менше ніж вдвічі зменшити похибку вимірювання ІН. Реалізація моделей непрямих вимірювань відхилень напруги і частоти від оптимальних забезпечують обґрунтований вибір напруги живлення освітлювальної апаратури, що дозволило отримати економію електроенергії та збільшення терміну служби ДС.

Засоби вимірювань інтегральної напруги впроваджені в АТ "Ватра" (м. Тернопіль). Модель непрямих вимірювань відхилень напруги живлення від оптимальної і прилади для вимірювання ІН впроваджені на ВО "Текстерно" (м. Тернопіль). Розроблені і впроваджені в серійне виробництво вперше в країнах СНД люмінесцентні світильники типів ЛВВ 01 та ЛВВ 02 з вмонтованими НІРА ПВЧ для освітлення салонів вагонів метро та купе вагонів локомотивної тяги і НІРА ПВЧ типів 2К20/80В, 2К20/80ВЕ, 2К20/50В, 2К20/50ВЕ і 2К20С01 001 у відповідності з наказом Міністра електротехнічної промисловості. Світильники і апарати перших чотирьох типів випускаються АТ "Ватра", а НІРА останнього типу - НІФ "Хакбіф" (м. Саранськ). Впровадження підтверджено відповідними актами із зазначенням соціального і економічного ефектів, що наведені в додатку до дисертації.

На захист виносяться такі основні положення:

- результати досліджень похибок вимірювання ІН та залежних від неї параметрів освітлювальної апаратури;
- математичні співвідношення для вимірюваних інтегральних напруг, використання яких дозволяє підвищити точність і автоматизувати непрямі вимірювання відхилень параметрів напруги від оптимальних і характеристик освітлювальної апаратури після регулювання напруги живлення;
- модель сумісних вимірювань відхилень напруги і частоти від оптимальних щодо високочастотного живлення освітлю-

вальної апаратури і модель опосередкованих вимірювань відхилення напруги від оптимальної в мережах промислової частоти;

- структурні схеми і реалізовані електромеханічні та електронні вимірювальні перетворювачі інтегральної напруги і результати досліджень їх похибок;

- результати досліджень динамічних і статичних характеристик РЛ на підвищених частотах і оптимізації комплектів "НПРА ПВЧ із змінними параметрами - РЛ" в пусковому і робочому режимах;

- структурні схеми, математичні моделі комплектів "неі резонансний НПРА ПВЧ із змінними параметрами - ЛЛ" та реалізовані в серійному випуску НПРА ПВЧ і світильники.

Апробація роботи. Основні положення та результати роботи доповідались та обговорювались на 28 міжнародних, всесоюзних, республіканських і регіональних науково-технічних конференціях, конгресах і семінарах, в тому числі:

- міжнародній науково-технічній конференції "Applied Modelling and Simulation" (м. Львів, 1993 р.);

- міжнародній науково-технічній конференції "European and Intelligent Systems Conference "EURISCON '94" (Іспанія, м. Малага, 1994 р.);

- міжнародному науково-технічному конгресі "XIII IMEKO World Congress "From Measurement to Innovation"" (Італія, м. Турін, 1994 р.);

- міжнародній світлотехнічній конференції (м. Тернопіль, 1995 р.);

- Всесоюзному науково-технічному семінарі "Рациональное и экономное использование электрической энергии" (м. Москва, 1983 р.);

- VI Всесоюзній науково-технічній конференції "Новые технологические процессы и оборудование для производства электрических машин малой мощности" (м. Тбілісі, 1983 р.);

- V Всесоюзній науково-технічній конференції "Фотометрия и ее метрологическое обеспечение" (м. Москва, 1984 р.);

- 5 Всесоюзній науково-технічній конференції "Состояние

и перспективы развития средств измерения температуры контактными и бесконтактными методами "Температура-84" (м. Львів, 1984 р.);

- Республіканській науково-технічній конференції "Устройства преобразования информации для контроля и управления в энергетике" (м. Харків, 1982, 1988, 1992 рр.);

- Республіканській науково-технічній конференції "Структурные методы повышения точности средств и систем автоматизации экспериментальных исследований" (м. Київ, 1984 р.);

- Республіканському науково-технічному семінарі "Системы контроля параметров электронных устройств и приборов" (м. Київ, 1984 р. і м. Тернопіль, 1986 р.);

- науково-технічній конференції "Применение вычислительной техники и математических методов в научных исследованиях" (м. Тернопіль, 1986 р. і м. Львів, 1992 р.);

- науково-технічній конференції "Применение вычислительной техники, математических методов и моделирования в автоматизации экспериментальных исследований" (м. Тернопіль, 1987 р.);

- науково-технічному семінарі "Исследование технико-экономических показателей эффективности функционирования изделий и основные направления улучшения их эксплуатационных характеристик" (м. Львів, 1987 р.);

- науково-технічній конференції "Применение вычислительной техники и математических методов в научных и экономических исследованиях" (м. Київ, 1988 р. і м. Тернопіль, 1989 р.);

- науково-технічному семінарі "Повышение надежности и качества электро- и теплоснабжения" (м. Москва, МДНТП, 1983 р.);

- науково-технічному семінарі "Проектирование и эксплуатация систем электроснабжения промышленных предприятий" (м. Москва, МДНТП, 1984 р.);

- науково-технічному семінарі "Повышение надежности и экономичности систем электроснабжения в условиях интенсифи-

кації виробництва" (м. Москва, МДНТП, 1987 р.);

- науково-технічному семінарі "Современные методы и приборы автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами" (м. Москва, ЦРДЗ, 1992 р.);

- семінарі Наукової Ради АН УРСР з комплексної проблеми "Теоретична електротехніка, електроніка і моделювання" (м. Тернопіль, 1986 р.);

- семінарі "Методы и средства контроля и измерения параметров качества электроэнергии" (м. Москва, 1988 р.);

- науково-технічних конференціях Тернопільського приладобудівного інституту "Прогресивні технології і обладнання в машино- і приладобудуванні" (м. Тернопіль, 1 - 1992 р., 2 - 1993 р.);

- семінарі НАН України "Інтелектуальні вимірні системи" (м. Тернопіль, 1995 р.).

Особистий внесок автора. Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Роботи з експериментального дослідження та впровадження створених засобів вимірювання та освітлення виконувались разом із співавторами, прізвища котрих наведені в переліку публікацій. Із робіт, що опубліковані у співавторстві, використовуються результати, які отримані особисто пошукувачем.

Публікації. 43 наукові праці, в тому числі 4 авторських свідоцтва та патенти.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів, основних висновків та результатів роботи, списку цитованої літератури та додатків і включає 212 сторінок основного тексту, 89 малюнків, 12 таблиць, список використаної літератури з 254 найменувань та 152 сторінки додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульована проблема, вирішення якої має важливе народно-

господарське значення, мета роботи, положення, які виносяться на захист, наукова новизна і практична цінність, відображенні основні результати роботи.

У першому розділі виконані аналіз стану теорії та практики вимірювання параметрів і визначення характеристик освітлювальної апаратури, в тому числі можливостей підвищення точності і автоматизації їх непрямих вимірювань шляхом функціонального перетворення ІН. Проведений аналіз методів вивчення впливу різних факторів на техніко-економічні показники спеціалізованої освітлювальної апаратури показав, що саме ІН є найсуттєвішим параметром для визначення характеристик ДС.

Запропоновані моделі непрямих вимірювань відхилень впливаючих величин від оптимальних в режимі функціонування спеціалізованої освітлювальної апаратури.

Із зростанням відхилень впливаючих величин спостерігається погіршення показників освітлювальних засобів. Виникає проблема визначення оптимального режиму роботи таких засобів. Це вказує на теоретичне і практичне значення підвищення точності методів та засобів вимірювань, котрі дозволяють вивчити, на скільки треба змінити впливаючі величини з метою забезпечення оптимального режиму роботи освітлювальної апаратури. Для цього нами розроблені моделі непрямих вимірювань відхилень впливаючих величин від оптимальних та відповідні вимірювальні засоби. Під оптимальною розуміють величину, при якій забезпечується критерій оптимізації, здебільшого оптимальне значення економічного показника чи технічного параметра. Для оцінки ефективності використання освітлення запропоновані такі критерії оптимізації: максимальний (номінальний, середній або розрахунковий) світловий потік для номінальної напруги або найпоширеніших умов експлуатації; мінімум зведених річних витрат на освітлювальну установку для номінальної напруги або найпоширеніших умов експлуатації; мінімум загальних поточних витрат на генерування одиниці світлової енергії; мінімум зведених витрат на освітлювальну установку в розрахунку на одиницю світлового потоку. Нижче

розглянуті моделі стосовно відхилень визначальної впливаючої величини - напруги живлення освітлювальної апаратури в мережах живлення промислової частоти та відхилень напруги і відхилень частоти для високочастотного живлення освітлювальних засобів. Проте наведені викладки можна застосувати і до інших впливаючих величин.

Математична модель ґрунтується на функціональній залежності критерія оптимізації освітлювальних засобів Q від lH через параметри даних засобів. На основі розкладу в ряд Тейлора та перемноження степеневих рядів згідно з правилом Коші з використанням символів Похгаммера і гамма-функції отримана модель сумісного вимірювання відхилень напруги та її частоти від оптимальних:

$$Q_{(k+1)} = Q \left(H_{mqr} l k \Big|_{\substack{r=0 \\ l=0}}, m \Delta U_* H_{mqr} l k \Big|_{\substack{r=1 \\ l=0}}, \frac{m(m-1)}{2!} (\Delta U_*)^2 \cdot \right. \\ \left. H_{mqr} l k \Big|_{\substack{r=2 \\ l=0}}, -q \Delta f_* H_{mqr} l k \Big|_{\substack{r=0 \\ l=1}}, \frac{q(q+1)}{2!} (\Delta f_*)^2 H_{mqr} l k \Big|_{\substack{r=0 \\ l=2}}, \right. \\ \left. -mq \Delta U_* \Delta f_* H_{mqr} l k \Big|_{\substack{r=1 \\ l=1}}, \dots, m = \{m_{pj}, p = \overline{1, n}, j = \overline{1, s}\}, \right. \\ \left. q = \{q_{pj}\} \right), \quad (2)$$

де k - індекс для позначення кроку зміни СКН і частоти напруги; ΔU_* і Δf_* - шукані відхилення напруги та її частоти від оптимальних, відносні одиниці; s - кількість залежних від СКН і частоти напруги живлення параметрів освітлювальних засобів, що входять у вираз функції критерія оптимізації; $H_{mqr} l k$ - lH , яка вимірювана в k -му режимі роботи освітлювальної апаратури. При цьому

$$H_{mqr} l k = K_H \int_0^{\Delta t} U_{ki}^{m-r} \cdot f_{ki}^{-q-l} dt, \quad (3)$$

де $r = 0, 1, 2, \dots, l = 0, 1, 2, \dots$ - індекси, які характеризують положення членів ряду Тейлора, зокрема можна вважати, що $q = 0$ та, відповідно, $l = 0$ для мереж промислової частоти і $q \neq 0$ для високочастотного живлення освітлювальних засобів. Модель (2) описує взаємозв'язок критерія оптимізації з ІН та: а) відхиленням напруги для мереж промислової частоти; б) відхиленням напруги та її частоти для високочастотного живлення засобів. Шукані відхилення ΔU_* та Δf_* , які можна використати в якості керуючої дії в системах регулювання, отримують розв'язанням системи рівнянь (2).

Виведені аналітичні вирази, які дозволяють на базі апріорної інформації про виміряні ІН H_{mqrlk} , з врахуванням отриманих значень величин ΔU_* та Δf_* і для коефіцієнта $K_H = \frac{U_{ном}^{-(m-r)} \cdot f_{ном}^{q+l}}$, визначити ІН $H_{mq(k+1)}$ і параметри освітлювальних засобів $(k+1)$ -го режиму роботи.

Слід відмітити суттєву відмінність запропонованого підходу від існуючих. Справа в тому, що функція критерія оптимізації може приймати неоднакові значення в різні моменти часу. Тому навряд чи доцільно говорити про єдине значення функції критерія оптимізації. Це викликано тим, що дана точка, дійсно існуючи, є миттєвим постійно змінюваним параметром режиму.

Запропоновані модель і метод відрізняються від відомих тим, що функцію критерія оптимізації визначають не в поточний момент часу, а за інтервал часу. Завдяки вимірюванню ІН та наступному використанню вимірювальної інформації, можна говорити про постійність знайденого значення функції критерія оптимізації на інтервалах з довжиною Δt в прогнозованому періоді.

В другому розділі виконаний теоретичний аналіз принципів побудови електромеханічних і електронних функціональних вимірювальних перетворювачів ІН та розглянуті питання їх розробки на базі лічильників електроенергії серійного випуску, а також на основі іншої електронної, включно мікропроце-

сорної, техніки.

Доведено, що для можливості перетворення ІН Н_{тгk} струм послідовного кола електромеханічних і електронних лічильників електроенергії повинен змінюватись за законом

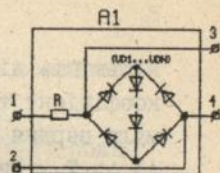
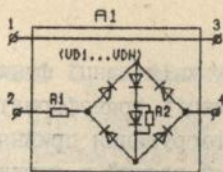
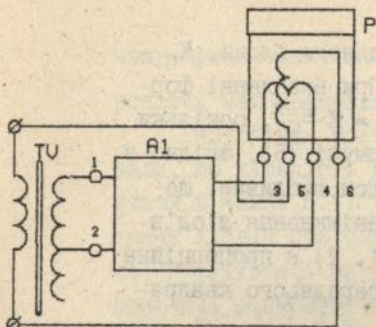
$$I_i = \left(U_i \cdot U_{\text{НОМ}}^{-1} \right)^{m-r-1} \cdot I_{\text{НОМ}} \quad (4)$$

де I_i та $I_{\text{НОМ}}$ - середні квадратичні струми послідовного кола для напруг U_i та $U_{\text{НОМ}}$. Тому в послідовне коло необхідно звімкнути функціональний блок, причому дешевий і простий, оскільки і сам індукційний вимірювальний механізм такий же. Огляд схем лічильників електроенергії свідчить про те, що в них вже закладена елементна база, яку можна використати для побудови блока. Такими елементами є напівпровідникові прилади, що використовуються для компенсації амплітудної і фазової складових температурної похибки індукційних лічильників електроенергії. Тому досліджена можливість реалізації діодами сумісно з лічильниками електроенергії потрібного функціонала.

Проілюструємо сказане на прикладі індукційних вимірювальних перетворювачів (мал. 1, 2). Застосовуючи відомі вирази для вольт-амперної характеристики (ВАХ) напівпровідникового діода у вигляді степеневого полінома та обертового моменту індукційного вимірювального механізму, після математичних перетворень з використанням функцій Бесселя з уявним аргументом нульового $J_0(j\alpha U_m)$ і вищих $J_n(j\alpha U_m)$ порядків та інтегрування, отримаємо

$$N_{\text{Об}} = \text{СКТ}_i \left[\frac{\alpha}{2} U_m^2 + \frac{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^3}{1!2!} U_m^4 + \frac{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^5}{2!3!} U_m^6 + \frac{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^7}{3!4!} U_m^8 + \dots \right], \quad (5)$$

де $N_{\text{Об}}$ - кількість обертів диска; C - постійний коефіцієнт, що включає в себе параметри механізму, діодів і напруги живлення; K - ціле число; U_m - амплітудне значення синусоїдної напруги живлення; $\alpha = q(kT_n K_U)^{-1}$ - коефіцієнт, причому q - значення заряду електрона, T - абсолютна температура, n_d -



Мал. 2. Функціональний блок ВП ІН

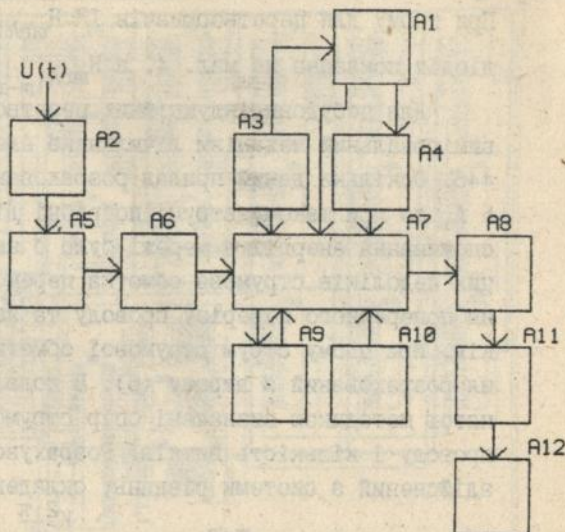
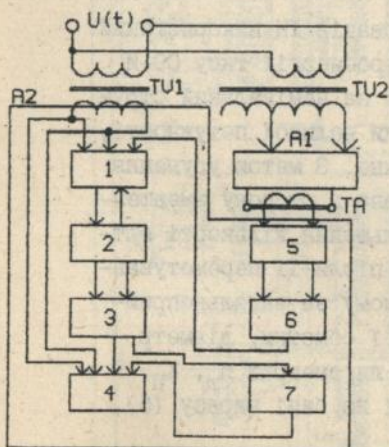
Мал. 4. Функціональний блок ВП ІН

$$H_{mrk} \left\{ \begin{array}{l} K_m(t) = 1 \\ m - r > 2 \end{array} \right.$$

$$H_{mrk} \left\{ \begin{array}{l} K_m(t) = 1 \\ 1 < m - r < 2 \end{array} \right.$$

Мал. 1. Принципова електрична схема електромеханічного вимірювального перетворювача (ВП) ІН:

A1 - функціональний блок, P - електромеханічний вимірювальний механізм



Мал. 3. Функціональна схема електронного вимірювального перетворювача ІН:

Мал. 5. Функціональна схема мікропроцесорного ВП ІН:

A1 - функціональний блок, A2 - схема електронного лічильника електроенергії

A1 - таймер, A2 - подільник напруги, A3 - генератор, A4 - контролер переривань, A5 - АЦП, A6 - пристрій вводу інформації, A7 - центральний процесор, A8 - пристрій виводу інформації, A9 - ОЗП, A10 - ПЗП, A11 - дешифратор, A12 - індикаторний пристрій

кількість діодів в кожній ланці функціонального блока, K_U - коефіцієнт трансформації трансформатора. При виведенні формули верхня межа інтегрування прийнята $\Delta t = K \cdot \frac{2\pi}{\omega}$, оскільки $\Delta t \gg T_1$. Вираз, який взятий в дужки у формулі (5), згідно з теорією рядів, пропорційний $U_1^{(m-r)} > 2$. Звідси випливає, що кількість обертів диска для послідовного ввімкнення діодів по відношенню до струмової обмотки (мал. 1, 2) є пропорційна інтегралові за часом степеня більше двох середнього квадратичного значення (СКЗ) напруги.

Аналогічним чином доведено, що за рахунок спотворення кривої струму послідовного кола є можливим побудувати вимірні перетворювачі ІН на базі електронних лічильників електроенергії серійного випуску (мал. 3) і на основі електро- та феродинамічних вимірних механізмів (мал. 1). При цьому для перетворювачів ІН $H_{mrk} \Big|_{m-r < 2}$ схема ввімкнення діодів показана на мал. 4, а $H_{mrk} \Big|_{m-r > 2}$ - на мал. 2.

Для побудови індукційних перетворювачів ІН використаний вимірний механізм лічильника електроенергії типу СО-І 446. Оскільки даний прилад розрахований на номінальний струм 5 А, то при такому струмі потрібні діоди великої потужності, споживання енергії з мережі було б значне. З метою усунення цих недоліків струмова обмотка перемотана в сторону зменшення поперечного перерізу проводу та збільшення кількості витків. При цьому струм струмової обмотки після її перемотування розрахований з виразу (6). В подальшому за загальноприйнятою методикою визначені опір струмової обмотки, діаметр проводу і кількість витків. Розрахунок параметрів n_d , K_U , R здійснений з системи рівнянь, складеної на базі виразу (5),

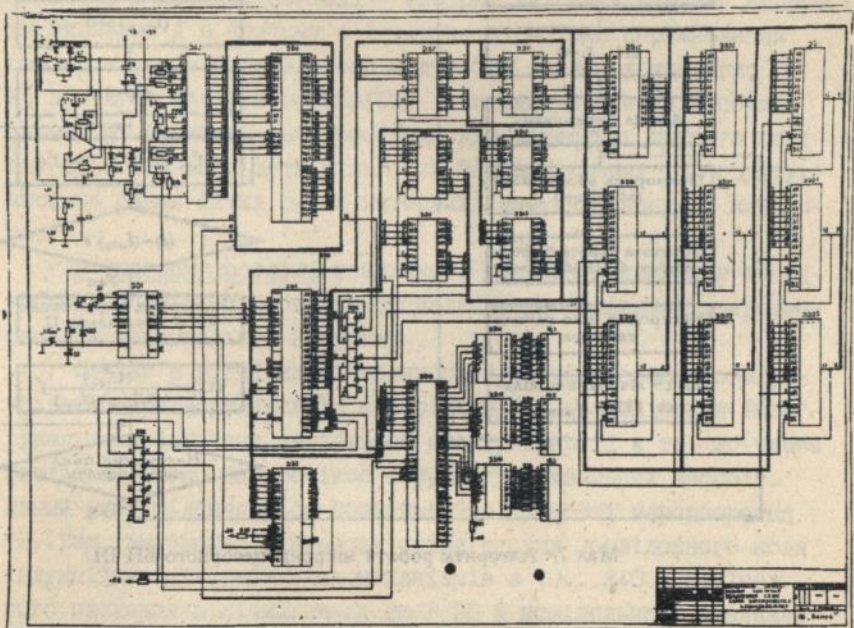
$$K \frac{2\pi}{\omega} \left[\frac{U_m}{2^{-1/2} U_{\text{НОМ}}} \right]^{m-r} = \frac{C_1}{2\pi k_M \Phi_M^2} \int_0^{K \frac{2\pi}{\omega}} f(t, R, n_d, K_U) dt, \quad (6)$$

де $U_m = \{0,90 \cdot 2^{-1/2} U_{\text{НОМ}}; 2^{-1/2} U_{\text{НОМ}}; 1,10 \cdot 2^{-1/2} U_{\text{НОМ}}\}$, при-

чому крайні значення величини U_m вибрані виходячи з найпоширеніших меж працездатності освітлювальних засобів.

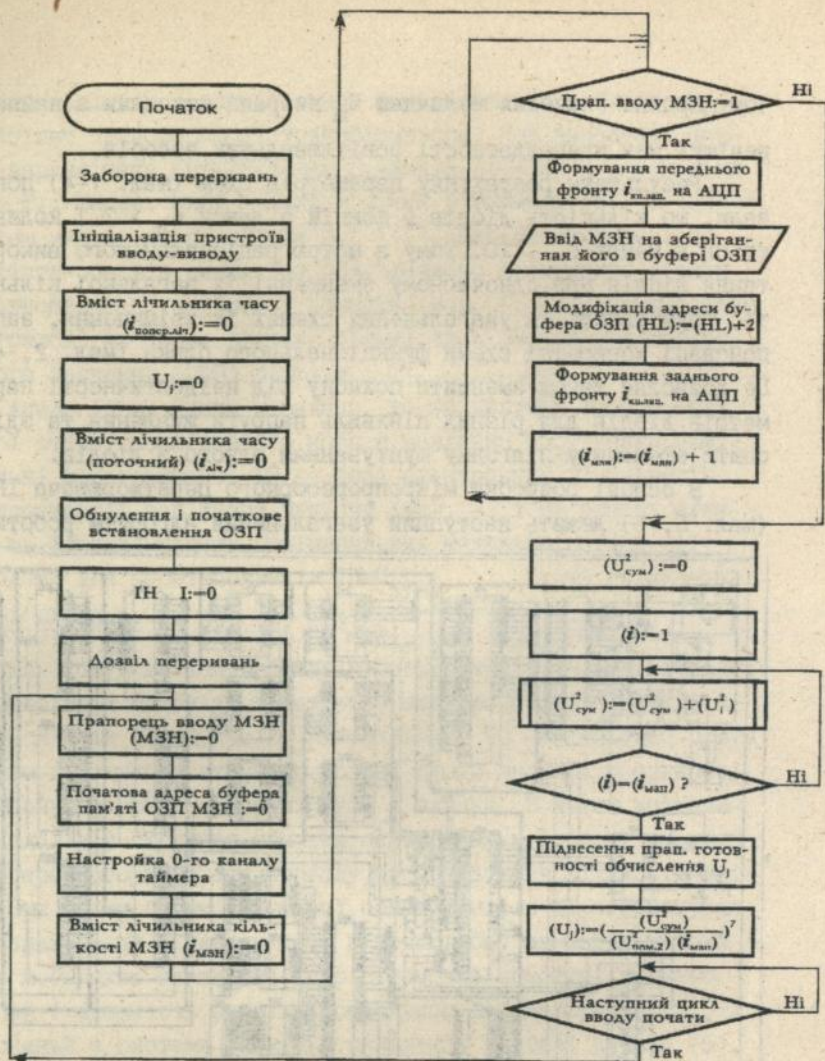
Результати розрахунку параметрів схем (мал. 1-4) показали, що кількість діодів в кожній з ланок $n_d > 3$ і коливається в межах 5... 10. Тому з метою раціональнішого використання діодів при одночасному зменшенні їх загальної кількості, ґрунтуючись на узагальнених схемах їх ввімкнення, запропоновані конкретні схеми функціонального блока (мал. 2, 4). Це дозволяє також зменшити похибку від неідентичності параметрів діодів для різних півхвиль напруги живлення та здійснити ефективну підгонку шунтуванням одного з діодів.

В основі розробки мікропроцесорного перетворювача ІН (мал. 5, 6) лежить наступний узагальнений алгоритм роботи



Мал. 6. Принципова електрична схема мікропроцесорного вимірального перетворювача інтегральної напруги

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України



Мал 7. Алгоритм роботи мікропроцесорного ВП ІН

(мал. 7): перетворення в код миттєвих значень напруги живлення і наступне використання отриманої інформації для обчислення інтегральних значень напруги з допомогою мікропроцесора. При цьому спрощується перетворення ІН завдяки упуцненню операції добування квадратного кореня при обчисленні СКЗ напруги. Показано, що у випадку застосування мікропроце-

сора типу К580ВМ80 час перетворення ІН $H_{\text{тр}k} \left\{ \begin{array}{l} m=14 \\ r=0 \end{array} \right.$ складає

212...292 мс без застосування пристрою апаратного множення, а при його використанні - 51...61 мс. Звідси випливає, що необхідною умовою для отримання достовірної інформації про ІН з допомогою даного засобу вимірювання є постійність СКЗ напруги промислової частоти протягом 4-х періодів при застосуванні пристрою апаратного множення та 15-ти періодів - при його відсутності.

Оскільки в деяких випадках, особливо при експлуатації освітлювальної апаратури, цих умов важко досягти, то проаналізована можливість використання швидкодіючого мікропроцесора типу К1810ВМ86. Застосування останнього дозволяє забезпечити: 1) в першому періоді - вибірку миттєвих значень напруги живлення і в кожному з інтервалів вибірки перемноження самого на себе попереднього миттєвого значення напруги; 2) протягом наступного періоду - виконання операцій обчислення ІН. Ефективне використання для обчислень другого періоду дозволяє збільшити кількість перетворюваних ІН, ґрунтуючись на одних і тих самих миттєвих значеннях напруги живлення.

В третьому розділі розглянуті джерела виникнення та виконаний аналіз похибок функціональних вимірювальних перетворювачів інтегральної напруги.

Однією з відмінних особливостей запропонованих вимірювальних перетворювачів ІН в порівнянні з традиційними інтегрувальними засобами вимірювань електроенергії є та, що через послідовне коло не протікає струм освітлювальних засобів. Даний факт відбивається позитивно на точності перетворення ІН. Так, зменшення діапазону зміни струму послідовного кола індукційних вимірювальних механізмів з 10...340 % номінального значення в лічильниках до ± 30 % номінального значення у вимірювальних перетворювачах ІН дозволило в 5...10 разів зменшити складові похибки, які викликані тертям, власним гальмуванням робочими магнітними потоками, зміною кута на-

магнічування і компенсаційного моменту, нестабільністю на-
пруги живлення, самонагрівом. Дослідження показали, що на
промисловій частоті, а також на частотах до 1 кГц можна
знехтувати впливом індуктивних і ємнісних параметрів діода
на похибку перетворення ІН.

Доведено, що поява вищих гармонік магнітних потоків і
струмів внаслідок перенасичення феромагнітних контурів не
викликає додаткової похибки для синусоїдної напруги живлення
та несинусоїдного струму струмової обмотки вимірвальних пе-
ретворювачів ІН на відміну від індукційних лічильників елек-
троенергії. Зокрема, зведена до входу похибка індукційних
вимірвальних перетворювачів $H_{\text{mrgk}}|_{m-r=3,2}$ (мал. 1, 2) запи-
сується у вигляді:

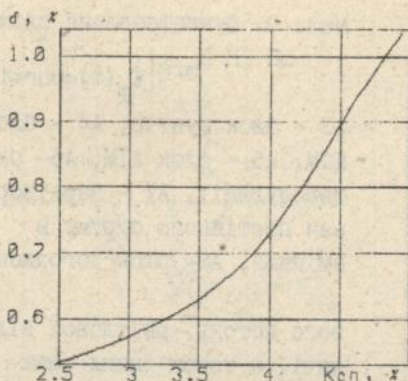
$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{U_1}{U_{\text{НОМ}}} - 1 \right) \right], \% \quad (7)$$

де $c = 0,4$, $d = 10, 0,90 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U_1 \leq 1,10 \cdot U_{\text{НОМ}}$, $U_{\text{НОМ}} =$
220 В. Це свідчить про зменшену і задовільну щодо висунутих
вимог до точності похибку перетворення ІН та узгоджується з
результатами теоретичних досліджень.

Грунтуючись на теоретичному аналізі та результатах ак-
тивного експерименту, показано, що систематична похибка кон-
кретного екземпляра вимірвального приладу має, як правило,
превалююче значення в порівнянні з випадковою.

Дослідження змін похибки, яка виникає внаслідок спотво-
рення кривої напруги живлення, підтвердили два факти: а) до-
даткова похибка індукційних функціональних вимірвальних пе-
ретворювачів ІН є додатна, що дозволяє спростити її враху-
вання. Залежність даної похибки від коефіцієнта спотворення
кривої напруги за третьою гармонікою ілюструється мал. 8;
б) для електронних вимірвальних перетворювачів ІН (мал. 3,
2, 4) відношення приросту відносної систематичної похибки до
зміни частоти в межах від 50 до 1000 Гц не перевищує 1,5 % на
п'ятсот відсотків зміни частоти.

Незначною похибкою від спотворення кривої напруги жив-



Мал. 8. Характер зміни похибки індукційного вимірвального перетворювача ІН, викликаной спотворенням кривої напруги за третьою гармонікою

лення характеризуються мікропроцесорні, а також електродинамічні вимірвальні перетворювачі.

Підвищення точності індукційних вимірвальних перетворювачів ІН при спотвореннях кривої напруги живлення та розширення їх частотного діапазону з одночасним врахуванням спаду світлового потоку ДС досягнуто за рахунок схеми (мал. 9).

В цих перетворювачах обертальний момент М

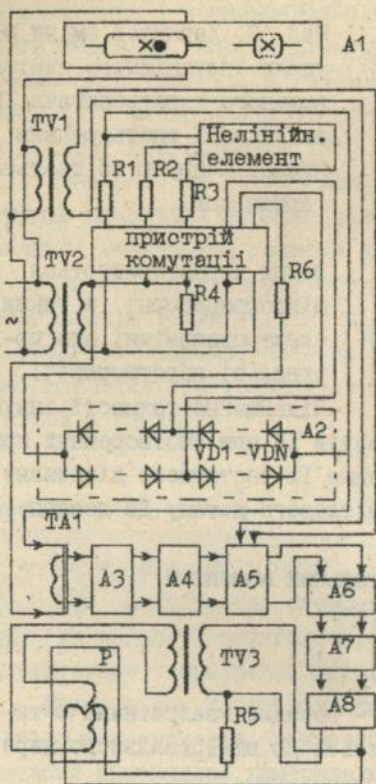
$$M \sim \left(\sum_{\nu=1}^n U_{\nu} \right)^{m-r}, \quad (8)$$

де \sim - знак пропорційності, U_{ν} - середня квадратична ν -та гармоніка напруги, що прикладається до вимірвального перетворювача.

Температурну похибку індукційних вимірвальних перетворювачів ІН (мал. 1, 4) зменшено в 2...3 рази завдяки ввімкненню діодів за термокомпенсувальною схемою. Подальше зменшення температурної похибки засобів вимірювань ІН (мал. 1, 2, 4) досягається за рахунок застосування термомагнітних сплавів.

Четвертий розділ присвячений вимірюванню параметрів та дослідженню характеристик ДС на підвищених частотах.

З врахуванням теоретичних узагальнень і розроблених схем вимірювань, експериментальних установок та алгоритмів досліджені залежності зміни напруги, статичних ВАХ, світло-



Мал. 9. Функціональна схема

$$ВП \text{ IH } N_{\text{мгР}} \left\{ K_m(t) = u_{\text{ср}} \leq 1 \right.$$

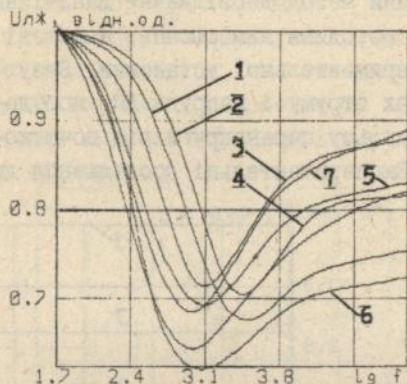
A3 - блок шунтів, A4 - блок ШІМ, A5 - блок АІМ, A6 - блок демодуляції, A7 - перетворювач постійного струму в змінний, A8 - блок погодження

всього потоку, світлової віддачі, а також інших електричних і фотометричних параметрів ДС в діапазоні частот 50 Гц...150 кГц. Частина з них ілюструється мал. 10-12.

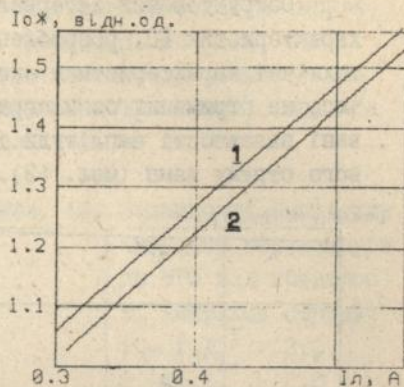
З графіка (мал. 10) видно, що зміна напруги на лампі із зростанням частоти до 10 кГц аналогічна до кривих, отриманих В.Літвіновим. При подальшому збільшенні частоти напруга на лампі змінюється

незначно і ця зміна практично лінійна. Характер залежностей зберігається для всіх досліджуваних типоміналів ЛЛ, причому напруга на лампі для підвищеної частоти є менша, ніж для промислової. Зменшення напруги на ламні в порівнянні з номінальною на частоті 50 Гц потрібно враховувати, перш за все при розробці ПРА. Це пояснюється тим, що зменшення даної величини на частотах 0,8...50 кГц для ЛЛ деяких типів становить 25...30 %, а на частотах вищих за 20 кГц - до 15 % від номінальної. В іншому випадку похибка розрахунку ПРА може бути значною.

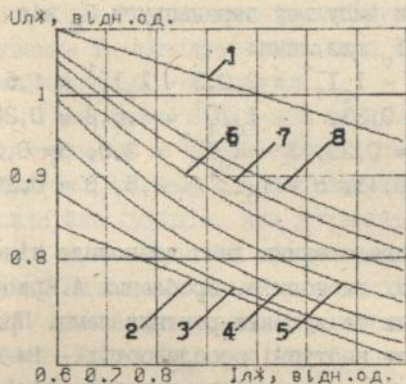
Частотні залежності світлових величин РЛ (мал. 11)



Мал. 10. Частотні залежності напруги на лампі для ДС типів: 1 - ЛБ4, 2 - ЛБ8, 3 - ЛБ13, 4 - ЛБ15, 5 - ЛБ20, 6 - ЛБ20, 7 - ЛБ30



Мал. 11. Залежність осьової сили світла лампи типу ЛБР20 від її струму на частотах: крива 1 - 80 кГц, крива 2 - 20 кГц

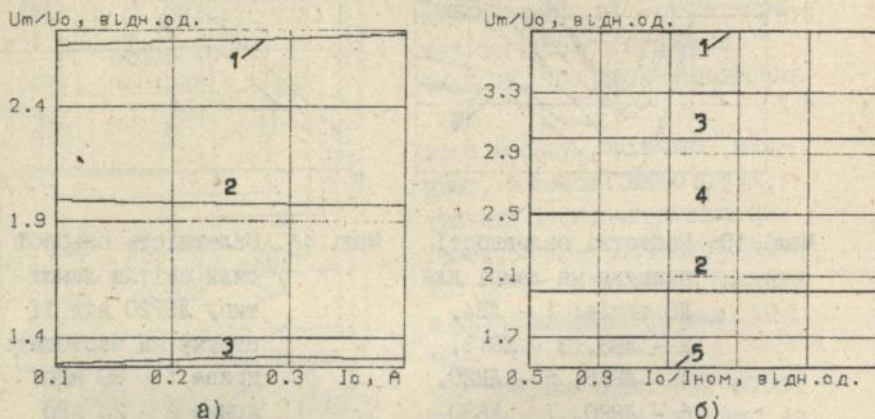


Мал. 12. Статичні ВАХ ДС типу ЛБ-30 на частотах: 1 - 50 Гц, 2 - 400 Гц, 3 - 2 кГц, 4 - 5 кГц, 5 - 10 кГц, 6 - 20 кГц, 7 - 70 кГц, 8 - 150 кГц

но з такою на промисловій частоті.

Аналізуючи статичні ВАХ ламп (мал. 12), неважко помітити, що їх нахил відносно координатних осей змінюється із зміною частоти напруги живлення.

Обґрунтований інтервальний метод дослідження динамічних характеристик ДС, розроблена методика вимірювань, наведені технічні характеристики експериментальної установки. Базаючись на отриманих осцилограмах струму і напруги ДС, побудовані залежності амплітуди імпульсу перенапруги від початкового струму ламп (мал. 13). Експериментальні дослідження ди-

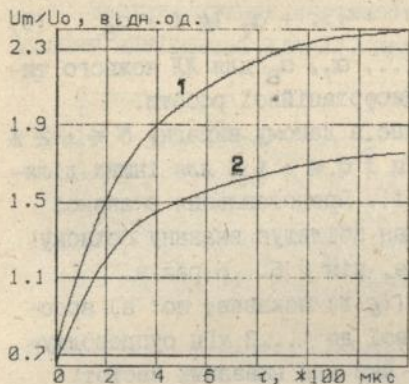


Мал. 13. Залежності амплітуди імпульсу перенапруги U_m від початкового струму I_0 для ламп:

- а - МГЛ ($1 - I_0 I_1^{-1} = 2,5$, $2 - I_0 I_1^{-1} = 2,0$, $3 - I_0 I_1^{-1} = 1,5$),
 б - ЛЛ ($1 - I_0 I_1^{-1} = 2,0$, $\beta = 0,33$, $2 - I_0 I_1^{-1} = 1,5$, $\beta = 0,20$)
 та ДРЛ ($2 - I_0 I_1^{-1} = 2,0$, $\beta = 0,33$, $3 - I_0 I_1^{-1} = 3,0$, $\beta = 0,5$,
 $4 - I_0 I_1^{-1} = 2,5$, $\beta = 0,43$, $5 - I_0 I_1^{-1} = 2,5$, $\beta = 0,20$)

намічних характеристик металогалогенних ламп дозволили підтвердити справедливність деяких висновків, зроблених А.Краснопольським для люмінесцентних та дугових ртутних ламп. При цьому (мал. 13) слід відмітити наступні особливості: - імпульс перенапруги U_m не залежить від значень початкового I_0 та проміжного I_1 струмів, а залежить лише від їх відношення $I_0 I_1^{-1}$; - амплітуда імпульсу перенапруги U_m залежить від постійної часу наростання струму τ_ϕ . Найбільша перенапруга спостерігається для найменшої досягнутої на установці пос-

тійної часу $\tau_{\Phi} = 0,2$ мкс; - при збільшенні амплітуди імпульса перенапруги скорочується його тривалість на рівні 0,2... 0,7 від амплітуди, яка також залежить від типу лампи; - імпульс перенапруги зростає із збільшенням тривалості імпульса струму лише до певних значень (мал. 14).



Мал. 14. Залежності амплітуди імпульсу перенапруги на МГЛ від тривалості імпульсу струму:
 1 - $I_0 I_1^{-1} = 3,0$,
 2 - $I_0 I_1^{-1} = 2,0$

У п'ятому розділі проаналізовані результати експериментальних досліджень

характеристик ДС на підвищених частотах, які зняті з використанням запропонованих методик та схем вимірювань. Доцільність такого аналізу обґрунтовується цінністю для проектування та експлуатації засобів високочастотного живлення освітлювальної апаратури.

Для цього передусім знайдені математичні залежності електричних та фотометричних параметрів досліджених ДС від частоти. Для опису частотних залежностей використана інтерполяційна функція, яка дозволяє знаходити значення досліджуваної функції за її дискретними значеннями в інтервалах між ними. Вихідними даними для знаходження інтерполяційних функцій, що описують подані завдяки результатам здійснених вимірювань криві $U_{л*} = \varphi(\lg f)$ (мал. 10), служать значення інтерполяційних вузлів $\lg f_n$ та відповідні до них значення $U_{л*}$.

Показано, що для отримання мінімальної похибки інтерполяції всі екстремальні, а також нелінійні ділянки, наприклад, перегини інтерпольованої кривої слід представити як мі-

німум трьома дискретними значеннями ($\lg f_n, U_{лн*}$), одне з яких повинне відповідати локальному екстремуму чи перегину.

За вибраними контрольними точками здійснений розрахунок коефіцієнтів полінома для дев'яти інтерполяційних вузлів, що відповідає інтерполяційному поліному восьмого степеня

$$U_{л*} = a_0 (\lg f)^8 + a_1 (\lg f)^7 + \dots + a_7 \lg f + a_8. \quad (9)$$

Значення коефіцієнтів $a_0, a_1, \dots, a_7, a_8$ для ЛЛ кожного типоміналу наведені в таблиці дисертаційної роботи.

Похибка інтерполяції складає в даному випадку $\delta \leq \pm 2\%$ для діапазону частот 50...200 Гц і $\delta \leq \pm 1\%$ для інших ділянок характеристики $U_{л*} = \varphi(\lg f)$. Представлення вказаної функції поліномом сьомого степеня збільшує вказану похибку на деяких ділянках кривої більше, ніж у 5...6 разів.

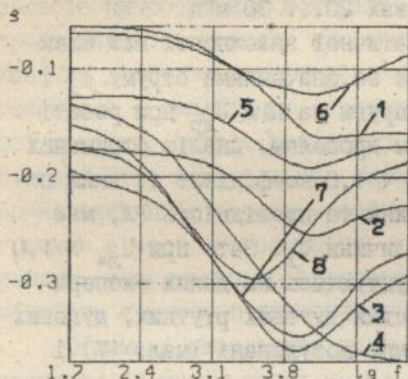
Аналіз залежності $U_{л*} = \varphi(\lg f)$ показав, що: а) зростання частоти відносно промислової до 1...3 кГц супроводжується зменшенням напруги на ЛЛ, яка для вказаних частот складає 65...75% від номінальної $U_{лном}$ для частоти 50 Гц залежно від типоміналу лампи; б) подальше збільшення частоти викликає підвищення напруги на лампі. При цьому до частот 15...20 кГц це відбувається за нелінійним законом та інтенсивніше, ніж в діапазоні частот від 15...20 кГц до 150 кГц. Зокрема, для частоти 20 кГц напруга на лампі досягає 0,75...0,95 $U_{лном}$ в залежності від типоміналу лампи, тоді як наступне збільшення частоти до 150 кГц супроводжується незначним зростанням напруги на ЛЛ (до 1...5%). Проте вона не досягає значення $U_{лном}$ і є найсуттєвішою для ДС з більшою міжелектродною відстанню. Вимірний світловий потік в діапазоні частот 20...150 кГц для досліджених ламп всіх типоміналів змінюється аналогічно до напруги на ЛЛ. Світлова ж віддача залишається незмінною, причому в порівнянні з такою для промислової частоти вона зросла в середньому на 12%.

За отриманими експериментальними характеристиками визначена залежність коефіцієнта

$$\rho = -\frac{dU_{\text{Л}}}{dI_{\text{Л}}} : \frac{U_{\text{Л}}}{I_{\text{Л}}}, \quad (10)$$

який враховує крутизну статичної ВАХ лампи, від частоти напруги живлення лампи для кожного з типоміналів.

Частина кривих залежності $\rho = \varphi(\lg f)$, побудованих за даними вимірювань для ЛЛ, подана на мал. 15. Апроксимація



Мал. 15. Частотні залежності відносного нахилу статичної ВАХ для ДС:
1 - ЛБ4, 2 - ЛБ8, 3 - ЛБ13,
4 - ЛБ15, 5 - ЛБ20, 6 - ЛБ20,
7 - ЛБ30, 8 - ЛБ40

досліджених характеристик дає змогу точніше описати РЛ як нелінійний елемент електричного кола на підвищених частотах. Як показали розрахунки, визначення шуканої функції $\rho = \varphi(\lg f)$ в інтервалах між вузлами інтерполяції з достатньою точністю (похибка не перевищує $\pm 2 \dots 3\%$) може бути здійснене за допомогою полінома сьомого степеня:

$$\rho = b_0(\lg f)^7 + b_1(\lg f)^6 + \dots + b_6 \lg f + b_7, \quad (11)$$

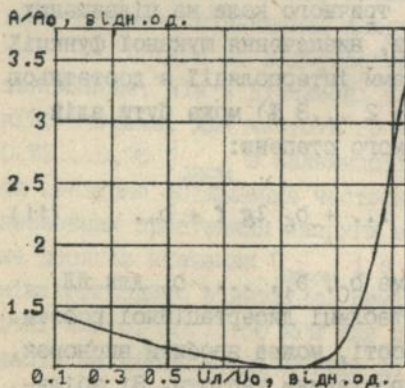
де значення коефіцієнтів полінома b_0, b_1, \dots, b_7 для ЛЛ кожного типоміналу зведені в таблиці дисертаційної роботи.

Аналізуючи отримані залежності, можна зробити висновок, що коефіцієнт ρ змінюється із зростанням частоти. Зі збільшенням частоти f від 50 Гц до 10 кГц модуль коефіцієнта ρ зростає, причому його збільшення спостерігається для ЛЛ всіх типоміналів. В подальшому він дещо зменшується з підвищенням частоти до 40...70 кГц і при наступному збільшенні величини f до 150 кГц залишається незмінним. Винятком є лампи

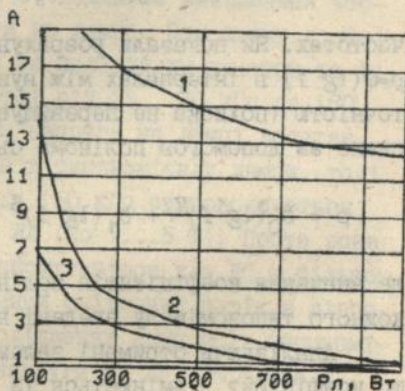
типів ЛБ4 та ЛБ15, для котрих модуль коефіцієнта ρ збільшується із зростанням частоти до 40 ... 70 кГц, після чого залишається практично незмінним із збільшенням частоти f .

В результаті подальшого аналізу отриманих частотних залежностей характеристик РЛ з врахуванням динамічних параметрів ключових елементів перетворювачів частоти визначено, що оптимальною робочою частотою можна вважати частоту, яка перевищує звукову і лежить в межах 20... 30 кГц.

Уточнення параметрів математичної залежності між електричними величинами ДС здійснене за значеннями струму $I_{л1}$ і потужності $P_{л}$ лампи та спаду напруги на ПРА $U_{др}$ при роботі лампи із зразковим вимірювальним дроселем. Аналіз отриманих результатів показав, що для $U_{л*} < 1,0$ коефіцієнт A , який пов'язує згадані електричні величини та провідність РЛ, має слабовиражену залежність від величини $U_{л}$. Зате при $U_{л*} > 1,0$ він різко зростає (мал. 16). Грунтуючись на даних експериментальних досліджень характеристик дугових ртутних, дугових натрієвих і металогалогенних ламп, побудовані (мал. 17) і



Мал. 16. Залежність коефіцієнта A від напруги на МГЛ



Мал. 17. Залежності коефіцієнта A від потужності ГЛБТ:
1 - ДНАТ, 2 - ДРЛ, 3 - ДРИ

апроксимовані залежності коефіцієнта A від потужності ДС. Їх

наяність дозволяє значно скоротити обсяг експериментальних робіт з визначення коефіцієнтів математичної залежності між параметрами ламп нових типонаміналів.

У заклучному шостому розділі висвітлені результати експериментальних досліджень та впровадженнь засобів вимірювань і високочастотного живлення освітлювальних приладів.

Для цього передусім поданий опис розроблених методів та засобів випробувань, контролю і вимірювань параметрів пристроїв високочастотного живлення ДС. Грунтуючись на даних виконаних досліджень, встановлено, що НПРА ПВЧ із змінними параметрами - амплітудою, частотою, коефіцієнтом форми вихідної напруги, опором вихідного кола і його характером в найбільшій мірі відповідають вимогам, які ставляться до перспективних ПРА, а саме - забезпечення запалювання ЛЛ з затримкою в часі, узгодженість пускового і робочого режимів роботи, регулювання світлового потоку, електромагнітна сумісність з мережею живлення, захист від аварійних режимів.

Отримані результати вимірювань параметрів ДС дозволяють уточнити їх математичні моделі, що є вкрай необхідне передусім для розрахунку засобів живлення освітлювальної апаратури та оптимізації її техніко-економічних показників.

Контур "ПРА - ЛЛ" в пусковому режимі можна вважати лінійним, а в робочому - він нелінійний, що пояснюється нелінійною падаючою ВАХ РЛ. Очевидно, що для першого випадку математичний опис процесів, які протікають в контурі, не являє особливих труднощів. В робочому режимі аналіз кіл в РЛ доцільно проводити із застосуванням виразів, що апроксимують ВАХ ламп. Показано, що даний контур можна віднести до класу нелінійних кіл, для яких існує вираз, котрий дає явну залежність вихідного сигналу від вхідного впливу, а саме - функціональний ряд Вольтерри. Надавши апроксимуючому виразу ста-

тичної ВАХ РЛ вигляду ряду типу
$$\sum_{k} \frac{a_k \Gamma(ka + b)}{\Gamma(kc + d)} \cdot x^k \Gamma(ka + b)$$

і $\Gamma(kc + d)$ - гамма-функції) і застосувавши простішу форму

запису функціонального ряду Вольтерри - ряд Вольтерри-Пікара, отримано систему рівнянь, що описує електричні процеси, які протікають в контурі. Згідно з отриманою моделлю комплекта "нерезонансний ПРА - РЛ" вираз для r -ї ітерації струму ЛЛ $i_{(EL)r}(t)$ в робочому режимі має вигляд:

$$i_{(EL)r}(t) = -L^{-1} p^{-1} B I_{\text{НОМ}}^{\rho} \sum_{n=2}^r \frac{(\rho! + n - 1)!}{(\rho! - 1)! n!} (1 - I_{\text{НОМ}}^{-1} \cdot i_{(EL)(r-1)}(t))^n + L^{-1} p^{-1} \sum_R U_{mR} \cos(\omega_R t + \alpha_R), \quad (12)$$

де $I_{\text{НОМ}}$ - номінальний струм ЛЛ, B і ρ - постійні коефіцієнти, L - індуктивність ПРА, $u(t) = \sum_R U_{mR} \cos(\omega_R t + \alpha_R)$ - вихідна напруга НПРА ЛВЧ. Слід відмітити, що отримана модель із застосуванням алгебраїчної апроксимації ВАХ РЛ та функціонального ряду Вольтерри-Пікара забезпечує задовільне наближення при розрахунку режимів без пауз струму і в обмеженій області частот.

Аналіз показав, що цих обмежень позбавлена модель, яка ґрунтується на апроксимації електричних параметрів РЛ диференціальними рівняннями. Вона дозволяє врахувати інерційність процесу, який протікає в газовому розряді, шляхом внесення відповідних похідних за часом, а також його передісторію заданням початкових умов. Зокрема, для комплекта "резонансний ПРА - РЛ" при дії на його вхідні затискачі височастотної полігармонічної напруги співмірних частот, чим досягається вища стабільність в часі фотометричних величин, та прийнятих умовних позначень математична модель для робочого режиму має вигляд:

$$L \frac{di_L(t)}{dt} + u_{EL}(t) = \sum_R U_{mR} \cos(\omega_R t + \alpha_R),$$

$$u_0(t) = u_{EL}(t), \quad i_{EL}(t) + i_0(t) - i_L(t) = 0,$$

$$i_0(t) = C \frac{du_0(t)}{dt}, \quad i_{EL}(t) = \frac{g_{EL}(t)}{1 + K_1 \left[\frac{|u_{EL}(t)|}{U_0} - 1 \right]} u_{EL}(t),$$

$$\frac{dg_{EL}(t)}{dt} = g_{EL}(t) M_1(u_{EL}(t)),$$

$$M_1(u_{EL}(t)) = \alpha_0 \left[\frac{u_{EL}(t)}{U_0} \right]^2 - \alpha_1 \frac{|u_{EL}(t)|}{U_0} - \alpha_2 \quad \text{для } |u_{EL}(t)| \leq U_0,$$

$$M_1(u_{EL}(t)) = b_0 \left[\frac{|u_{EL}(t)|}{U_0} - b_1 + b_2 \exp \left(-b_3 \left[\frac{|u_{EL}(t)|}{U_0} - 1 \right] \right) \right]$$

$$\text{для } |u_{EL}(t)| \geq U_0, \quad (13)$$

де $g_{EL}(t)$ - зведена провідність лампи; $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, b_0, b_1, b_2, b_3$ - коефіцієнти, значення яких залежать від типу РЛ.

Аналіз моделі показує, що для синусоїдної вихідної напруги НІРА ПВЧ в контурі в робочому режимі поряд з коливаннями основної частоти виникають коливання з частотами, які є кратні до основної. Принципово інші явища відбуваються в контурі, якщо вихідна напруга НІРА ПВЧ містить декілька гармонік. В цьому випадку поряд з коливаннями основної частоти та частот, кратних основній, в контурі з'являються коливання з частотами, що дорівнюють сумам і різницям частот гармонік. Слід зауважити, що застосування інших методів, зокрема і методу гармонічного балансу для отримання спектру реакції при полігармонічній дії зустрічає складні обчислювальні труднощі. Що ж стосується запропонованої моделі, то сучасні програми дозволяють розрахувати в реакції всі комбінаційні складові для їх порядку, що задовільняє вимогам практики.

Грунтуючись на моделі комплекта "ІРА-РЛ", отримані

співвідношення для розрахунку вихідних величин НПРА ПВЧ в пусковому режимі в залежності від способів здійснення режиму запалювання ЛЛ з затримкою в часі. Способи здійснення режиму запалювання ЛЛ $I = var$ та $U = var$ складні в практичній реалізації. В першому випадку потрібна складна і нетехнологічна схема, а в другому - технічно важко забезпечити збільшення вдвоє-втриє вихідної СКН НПРА ПВЧ. Стосовно стабільності величин U_{xx} та I_{II} всі способи приблизно рівноцінні, причому з точки зору реалізації доцільно використовувати спосіб запалювання ЛЛ з затримкою в часі, що ґрунтується на зміні частоти вихідної напруги НПРА ПВЧ. При цьому найвища стабільність напруги холостого ходу та струму попереднього підігріву електродів ЛЛ досягається для значень коефіцієнтів $m_R \geq 0,65$ та $0,30 \leq K_R \leq 0,55$ і $1,80 \leq K_R \leq 2,30$. Аналіз розв'язку оптимізаційної задачі для робочого режиму показав, що оптимальні значення коефіцієнта m_R повинні знаходитись в діапазоні $0,75 \dots 0,85$, а коефіцієнта K_R - лежати в межах $0,35 \dots 0,65$.

В роботі досліджені режими роботи комплекта "НПРА ПВЧ - РЛ" з метою визначення оптимальних способів регулювання освітленості. Критеріями для порівняння способів регулювання освітленості вибрані: діапазон регулювання струму ЛЛ, потужності елементів ПРА, сумарний струм електродів лампи і технічні можливості здійснення керування регульованим параметром. Розрахунок параметрів лампи, що утворюють матрицю-стовпчик невідомих $x = col(i_{EL}, u_{EL}, g_{EL})$, здійснений екстраполяційним методом. Останній забезпечує прискорений пошук стаціонарних процесів електричних кіл із змінною структурою. Для побудови екстраполяційної функції використаний ε -алгоритм:

$$x_{B+1}^{(r)} = x_{B-1}^{(r+1)} + (x_B^{(r+1)} - x_B^{(r)})^{-1}, \quad \forall = 0, 1, \dots, 5;$$

$$r = 0, 1, \dots, 5 - \forall, \quad (14)$$

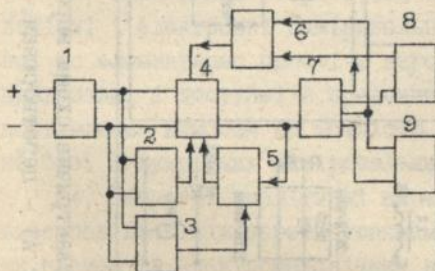
де $x_{-1}^{(r)} = 0$, $x_0^{(r)} = x(T)^{(r)}$, $r = 1, 2, \dots, 6$.

В результаті розрахунків отримано, що для реалізації способів регулювання світлового потоку: 1) шляхом зміни вихідної напруги НПРА ПВЧ коефіцієнт $K_1 = 0,55 \dots 0,65$, а діапазон регулювання $D = 30 \dots 35$; 2) за рахунок зміни індуктивності ПРА L $K_1 = 0,30 \dots 0,55$, а $D = 18 \dots 23$, при цьому $I_{\text{max}^*} = 5,5 \dots 8,0$; 3) зміною частоти вихідної напруги НПРА ПВЧ $K_1 = 0,25 \dots 0,35$, $D = 14 \dots 19$, а $\omega_{\text{max}^*} = 2,2 \dots 2,8$. Для вказаних способів регулювання коефіцієнт $m_1 = 0,65 \dots 0,75$.

Показано, що лише завдяки регулюванню освітленості шляхом зміни частоти вихідної напруги НПРА ПВЧ сумарний струм електродів ЛЛ та їх температура для коефіцієнта $K_1 = 0,25 \dots 0,80$ залишаються практично незмінні у всьому діапазоні регулювання.

В результаті розв'язку оптимізаційної задачі згідно з наведеною вище математичною моделлю отримано, що для забезпечення достатнього підігріву електродів ЛЛ частота переключення транзисторів інвертора в пусковому режимі повинна лежати в межах $35,00 \pm 5,00$ кГц. По закінченні часу підігріву електродів НПРА ПВЧ переходить в робочий режим, який характеризується частотою вихідної напруги $f = 20,35 \dots 23,65$ кГц.

Розроблені конкретні структурна (мал. 18) і принципова

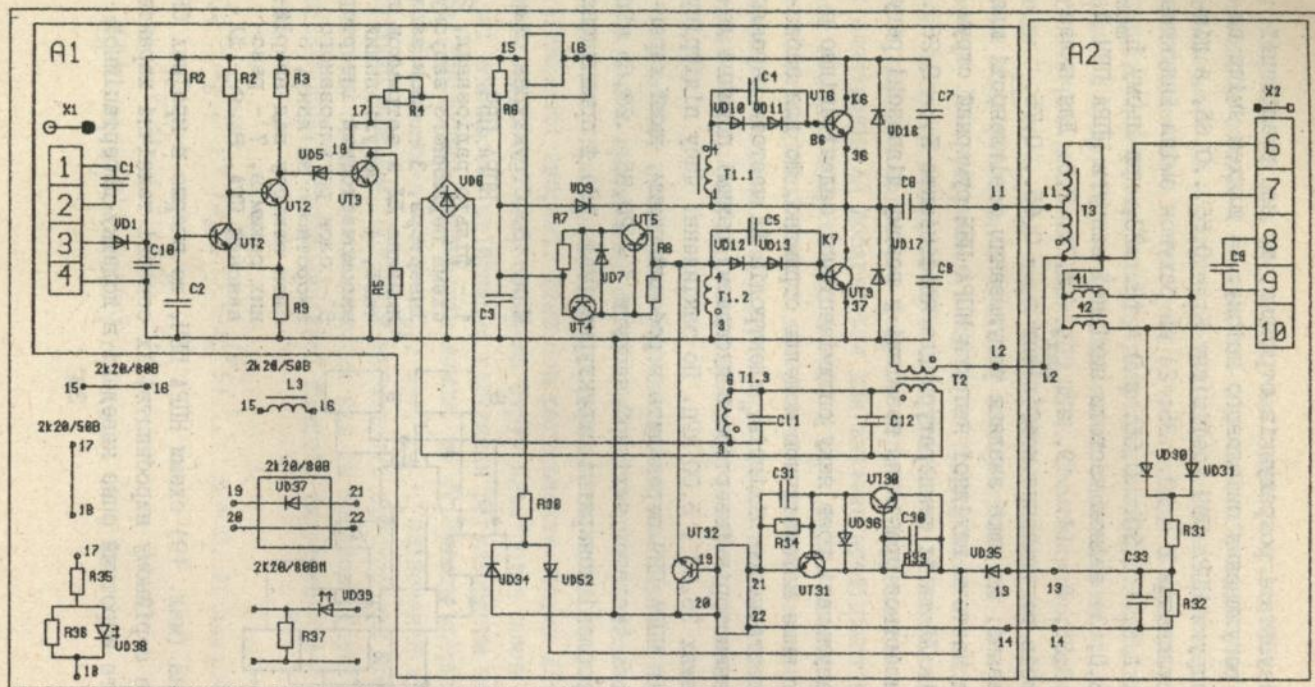


Мал. 18. Структурна схема

НПРА ПВЧ:

1 - фільтр радіозавад, 2 - схема первинного запуску інвертора, 3 - блок запалювання ЛЛ з затримкою в часі, 4 - регульований високочастотний інвертор, 5 - блок регульованого зворотного зв'язку, 6 - блок захисту від аварійних режимів, 7 - резонансний ПРА, 8, 9 - ЛЛ

електрична (мал. 19) схеми НПРА ПВЧ, що вперше в країнах СНД освоєні в серійному виробництві (їх основні технічні характеристики та короткий опис наведені в додатку дисертаційної



Мал. 19. Принципова електрична схема впроваджених в серійне виробництво НІРА ПВЧ: А1 - перетворювач, А2 - вихідний пристрій

роботи). Їх наявність дає змогу вирішити задачі експериментальної перевірки теоретичних положень, визначити оптимальні конструктивні і схемні рішення, дослідити вплив дестабілюючих факторів на точність вимірювання параметрів ЛЛ.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. На основі порівняльного аналізу обґрунтовано, що найсуттєвішим параметром для вимірювання і визначення характеристик освітлювальних пристроїв різних видів є інтегральна напруга живлення (ІН). Виявлені резерви підвищення точності непрямих вимірювань параметрів освітлювальної апаратури шляхом функціонального перетворення ІН і автоматизації експерименту. Наведена кількісна оцінка похибок визначення характеристик джерел світла при їх випробуваннях і експлуатації.

2. Створені модель сумісних вимірювань відхилень напруги і частоти від оптимальних стосовно високочастотного живлення освітлювальної апаратури та модель опосередкованих вимірювань відхилення напруги від оптимальної в мережах промислової частоти, що дозволяють підвищити точність і автоматизувати визначення характеристик апаратури в післярегульований період.

3. Проведений теоретичний аналіз, розроблені електромеханічні і електронні вимірювальні перетворювачі ІН. Показано, що елементарно прості у виготовленні та обслуговуванні, найдешевші і доступні в придбанні, надійні та задовільняють поставленим вимогам за точністю переносні перетворювачі ІН на базі індукційних вимірювальних механізмів.

4. Виведені аналітичні вирази, які дозволили встановити взаємозв'язок між перетворюваними функціоналами і параметрами елементів електромеханічних вимірювальних перетворювачів та перетворювачів на базі електронних лічильників електроенергії.

5. Досліджені основна і додаткова похибки вимірювальних перетворювачів ІН. Виведений вираз результуючої похибки індукційних вимірювальних перетворювачів. В результаті дослід-

жень підтверджено, що створені перетворювачі дозволяють автоматизувати процес вимірювання і більш ніж вдвічі зменшити похибку вимірювання ІН.

6. Обґрунтовані методи досліджень динамічних та статичних характеристик джерел світла на підвищених частотах, розроблені методики і схеми вимірювань їх електричних та фотометричних параметрів.

7. На підставі результатів експериментальних досліджень статичних характеристик джерел світла, які зняті з врахуванням теоретичних узагальнень, розроблених схем вимірювань, вимірвальних засобів та алгоритмів, отримано, що світлова віддача та світловий потік, осьова сила світла розрядних ламп (РЛ) в діапазоні частот 20...150 кГц зростають на 10...15 % та 15...20 % в порівнянні з відповідними параметрами на промисловій частоті.

8. Проведений аналіз отриманих частотних залежностей напруги на лампі $U_{\text{л}}$ та коефіцієнта ρ , що характеризує нахил статичної ВАХ ЛЛ. Встановлено, що на частотах 20...150 кГц зменшення напруги для деяких типів ламп досягає 15 %, а зменшення коефіцієнта ρ - 40 % порівняно з аналогічними параметрами для промислової частоти. Грунтуючись на даних вимірювань, доведено, що математичний опис залежностей $\rho = \varphi(f)$ та $U_{\text{л}} = \varphi(f)$ може бути здійснений інтерполяційним поліномом сьомого та восьмого степенів з похибкою $\pm 2...3$ %.

9. Отримано результати експериментальних досліджень динамічних характеристик ламп, що дозволило визначити параметри і залежності математичних моделей перспективних освітлювальних джерел світла високої інтенсивності: натрієвих ламп високого тиску, металогалогенних та дугових ртутних люмінофорних ламп.

10. Аналіз отриманих частотних залежностей характеристик джерел світла з врахуванням динамічних параметрів ключових елементів перетворювачів частоти показав, що оптимальна робоча частота напруги живлення РЛ перевищує звукову і лежить в межах 20...30 кГц.

11. В результаті проведеного аналізу результатів вимірювань параметрів освітлювальних засобів виявлені резерви підвищення їх ефективності за рахунок створення і оптимізації параметрів комплектів "напівпровідниковий пускорегульвальний апарат підвищеної частоти (НПРА ПВЧ) із змінними параметрами - РЛ".

12. На основі результатів досліджень характеристик освітлювальної апаратури, розроблені структурні схеми НПРА ПВЧ із змінними параметрами і створені математичні моделі комплектів "нерезонансний і резонансний НПРА ПВЧ із змінними параметрами - РЛ". З допомогою цих моделей здійснена оцінка впливу параметрів комплекта на фотометричні величини джерел світла.

13. На основі створених математичних моделей запропонованих комплектів розроблені програми розрахунку екстраполяційним методом із застосуванням ϵ -алгоритму, в результаті реалізації яких отримано, що з поміж можливих способів регулювання світлового потоку ламп регулювання лише шляхом зміни частоти вихідної напруги НПРА ПВЧ є найефективніше і забезпечує збереження терміну служби РЛ завдяки підтримці незмінної температури підігріву у всьому діапазоні регулювання.

14. Впроваджені індукційні засоби вимірювань інтегральної напруги з реальним економічним ефектом.

15. На основі виконаних експериментальних та теоретичних досліджень створені і освоєні в серійному виробництві НПРА ПВЧ із змінними параметрами та люмінесцентні світильники з даними НПРА. В результаті їх впровадження отримані економічний і соціальний ефекти.

Основні результати дисертації опубліковані в працях:

1. Карпинский Н.П., Кочан В.А., Сорока С.К., Щербак М.И. Повышение чувствительности автоматических приборов// Контрольно-измерительная техника. - 1983. Вып. 34.-С. 34-37.

2. Карпинский Н.П., Кочан В.А., Сорока С.К. Уменьшение

погрешностей измерения и регулирование температуры отжига ферромагнитных сердечников//Контрольно-измерительная техника. - 1983. Вып. 34. - С. 91-94.

3. Заничковская Л.В., Карпинский Н.П., Кочан В.А., Лысий В.А. Прибор для контроля отклонений напряжения в осветительных сетях//Светотехника. - 1984. № 5. - С. 16-17.

4. Заничковская Л.В., Карпинский Н.П., Кочан В.А. Уточнение продолжительности горения ламп в аномальных условиях//Светотехника. - 1984. № 12. - С. 13-14.

5. Дзюбин В.М., Карпинский Н.П., Сорока С.К. Контроль параметров ламп накаливания при колебаниях напряжения сети//Контрольно-измерительная техника. - 1985. Вып. 37. - С. 50-53.

6. Карпинский Н.П., Кочан В.А., Заничковская Л.В. Оптимизация режима эксплуатации осветительных установок предприятий текстильной промышленности//Текстильная промышленность. - 1985. № 2. - С. 63-65.

7. Карпинский Н.П. Повышение точности определения оптимального уровня напряжения электроосветительной сети//Контрольно-измерительная техника. - 1985. Вып. 38. - С. 47-49.

8. Биленький И.Т., Карпинский Н.П., Кочан В.А. Метод измерения отклонения напряжения сети//Светотехника. - 1989. № 2. - С. 16-18.

9. Карпинский Н.П., Мочульский В.А., Смаровайло В.С., Стукан В.В., Цыгенько Л.И. Полупроводниковые ПРА для люминесцентных ламп//Светотехника. - 1993. № 11. - С. 17-19.

10. Карпинский Н.П., Мочульский В.А., Пилипчук Р.В. Оценка отклонений параметров высокочастотного питания освещения интеллектуальных робототехнических систем//Светотехника. - 1994. № 12. - С. 17-18.

11. Карпинский Н.П., Мочульский В.А., Пилипчук Р.В. Анализ систем и средств освещения робототехнических систем//Светотехника. - 1994. № 10/11. - С. 29-30.

12. Карпинський М.П. Давачі робототехнічних засобів//Вимірвальна техніка та метрологія. - 1995. Вип. 51. - С. 56-59.

13. Карпинский Н.П., Сорока С.К., Щербак М.И. Преобразователи контроля потерь мощности в устройствах энергетики/В кн.: Устройства преобразования информации для контроля и управления в энергетике. Тезисы докл. Республ. научно-техн. конф. - Харьков, 1982. - С. 72.

14. Кочан В.А., Карпинский Н.П., Заничковская Л.В. Новая схема энергоснабжения осветительной сети/В кн.: Повышение надежности и качества электро- и теплоснабжения г. Москвы. Сб. трудов научно-техн. семинара. - М., МДНТП, 1983. - С. 83-85.

15. Кочан В.А., Заничковская Л.В., Лысий В.А., Карпинский Н.П. Измерительные приборы и рациональное использование электроэнергии в осветительных установках/В кн.: Проектирование и эксплуатация систем электроснабжения промышленных предприятий. Сб. трудов научно-техн. семинара. - М., МДНТП, 1984. - С. 151-153.

16. Денисюк Р.Г., Карпинский Н.П., Сорока С.К., Щербак М.И. Снижение энергоемкости магнитопроводов за счет повышения точности измерения температуры/В кн.: Состояние и перспективы развития средств измерения температуры контактными и бесконтактными методами. Тезисы докл. 5 Всесоюзной научно-техн. конф. "Температура-84". - Львов, 1984. Том 1. - С. 262-263.

17. Карпинский Н.П., Кочан В.А., Сорока С.К., Щербак М.И. К вопросу о повышении точности измерения среднеобъемного нагрева электрических устройств/В кн.: Состояние и перспективы развития средств измерения температуры контактными и бесконтактными методами. Тезисы докл. 5 Всесоюзной научно-техн. конф. "Температура-84". - Львов, 1984. Том 2. - С. - .

18. Карпинский Н.П., Кочан В.А., Степанова О.П., Щербак М.И. Об устройствах для измерения температуры нагрева пускорегулирующих аппаратов с выходом на цифровой милливольтметр/В кн.: Состояние и перспективы развития средств измерения температуры контактными и бесконтактными методами. Тезисы докл. 5 Всесоюзной научно-техн. конф. "Температура-84". -

Львов, 1984. Том 2. - С. 162.

19. Заничковский Б.М., Карпинский Н.П., Щербак М.И. Устройство для измерения и регистрации температуры на основе автоматического уравновешенного потенциометра переменного тока/В кн.: Состояние и перспективы развития средств измерения температуры контактными и бесконтактными методами. Тезисы докл. 5 Всесоюз. науч.-техн. конф. "Температура-84". - Львов, 1984. Том 2. - С. 165-166.

20. Карпинский Н.П., Кочан В.А., Сорока С.К. Об измерении световых и энергетических величин ламп накаливания и газоразрядных/В кн.: Фотометрия и её метрологическое обеспечение. Тезисы докл. 5 Всесоюзной научно-техн. конф. - М., 1984. - С. 216.

21. Карпинский Н.П., Сорока С.К., Кочан В.А. Шашков О.В. Разработка метода повышения точности для измерения эксплуатационных параметров осветительных устройств/В кн.: Применение вычислительной техники и математических методов в научных исследованиях. Материалы научно-техн. конф. (Тернополь, 1986). - К., 1986. - С. 127.

22. Карпинский Н.П., Сорока С.К., Щербак М.И. Теоретико-экспериментальный метод оценки надёжности осветительных приборов/В кн.: Системы контроля параметров электронных устройств и приборов. Тезисы докл. научно-техн. конф. (Тернополь, 1986). - К., 1986. - С. 48.

23. Сорока С.К., Карпинский Н.П., Кочан В.А., Щербак М.И. Разработка метода повышенной точности для измерения в.д.с. источников/В кн.: Системы контроля параметров электронных устройств и приборов. Тезисы докл. научно-техн. конф. (Тернополь, 1986). - К., 1986. - С. 47.

24. Карпинский Н.П. Функциональные измерительные преобразователи интегральных значений напряжения/В кн.: Применение вычислительной техники, математических методов и моделирования в автоматизации экспериментальных исследований. Тезисы докл. научно-техн. конф. (Тернополь, 1987). - К., 1987. - С. 77.

25. Карпинский Н.П., Сорока С.К., Щербак М.И. Оптимизация электрического режима работы приемников электроэнергии с применением ЭВМ/В кн.: Применение вычислительной техники, математических методов и моделирования в автоматизации экспериментальных исследований. Тезисы докл. научно-техн. конф. (Тернополь, 1987). - К., 1987. - С. 166-167.

26. Карпинский Н.П., Кочан В.А., Заничковская Л.В. К вопросу об оптимизации эксплуатации осветительных установок/ В кн.: Повышение надёжности и экономичности систем электро-снабжения в условиях производства. Сб. трудов научно-техн. семинара. - М., МДНТП, 1987. - С. 147-150.

27. Карпинский Н.П., Сорока С.К. Микропроцессорный преобразователь интегральных значений напряжения/В кн.: Применение вычислительной техники и математических методов в научных и экономических исследованиях. Тезисы докл. научно-техн. конф. - К., 1988. - С. 88-89.

28. Карпинский Н.П., Журавчак Л.С. Микропроцессорная система контроля расхода воды, газа, пара, электроэнергии/В кн.: Современные методы и приборы автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами. Сб. трудов научно-техн. семинара. - М., ЦРДЭ, 1992. - С. 14.

29. Буняк А.М., Карпинский Н.П. Использование информации о параметрах напряжения сети для построения устройств защиты высокочастотных осветительных приборов/В кн.: Устройства преобразования информации для контроля и управления в энергетике. Тезисы докл. 4 Республ. научно-техн. конф. - Харьков, 1992. - С. 114.

30. Карпинский Н.П., Мочульский В.А. Микропроцессорный преобразователь интегральных значений напряжения/В кн.: Применение вычислительной техники и математических методов в научных исследованиях. Тезисы докл. научно-техн. конф. (Львов, 1992). - К., 1992. - С. 67.

31. Karpinsky M.P. Mathematical Model for High Frequency Power Supply to Peripheral Lighting Devices in Intelligent Robotig Systems/Summaries of accepted Communications.

International Conference "Applied Modelling and Simulation", AMSE, Association for the Advancement of Modeling and Simulation techniques in Enterprises. - Lviv, 1993. - P. 59.

32. Карпінський М.П., Опалко Ю.А. Периферійні засоби інтелектуальних робототехнічних систем/В кн.: Прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино- і приладобудуванні. Тез. доп. 2 наук.-техн. конф. ТШ. - Тернопіль, 1993. - С. 135-136.

33. Karpinsky M., Tymchyshyn V. Efficiency Improvement of Using the Fluorescent Lamps in Intelligent Robotic System/European Robotics and Intelligent Systems Conference "EURISCON'94", Volume 1 (Stream A). - Malaga, (Spain), 1994. - Pp. 511-516.

34. Karpinsky M., Mochulsky V. Indirect Measurements of Voltage and Frequency Deviations from Optimum Values in Increased Frequency Lighting Networks/XIII IMECO World Congress "From Measurement to Innovation". - Torino, (Italy), 1994.

35. Дем'яненко В.В., Карпінський М.П., Орбчук Б.Я. Зміна частоти напруги живлення розрядної лампи як регулятор біологічної ефективності випромінювання/В кн.: Проблеми міждержавного співробітництва у галузі світлотехнічного виробництва і розвитку ринків. Тези доп. міжнародної науково-технічної конференції "Світлотехніка-95". - Тернопіль, 1995. - С. 25.

36. Вожидарник В.В., Карпінський М.П., Опалко Ю.Я. Дослідження впливу опромінення на характеристики тактильних датчиків на основі електропровідної гуми/В кн.: Проблеми міждержавного співробітництва у галузі світлотехнічного виробництва і розвитку ринків. Тези доп. міжнародної науково-технічної конференції "Світлотехніка-95". - Тернопіль, 1995. - С. 43.

37. А.с. № 1167667 (СССР). Устройство для измерения фактической наработки люминесцентных ламп/Карпинский Н. П., Кочан В.А., Заничковская Л.В. - Опубли. в БИ № 26, 1985.

38. А.с. № 1242720 (СССР). Устройство для контроля дозы светового облучения/Карпинский Н.П., Кочан В.А. - Опубл. в БИ № 25, 1986.

39. А.с. № 1651109 (СССР). Устройство для контроля дозы светового облучения/Карпинский Н.П., Кочан В.А., Заничковская Л.В. - Опубл. в БИ № 19, 1991.

40. Положительное решение ВНИИТЭ на выдачу патента по заявке N 4937765/21 0223454 от 1992 г. Устройство для измерения фактической наработки люминесцентных ламп/Карпинский Н.П., Кочан В.А., Заничковская Л.В.

41. Биленький И.Т., Карпинский Н.П., Кочан В.А. Практическое применение метода измерения отклонения напряжения от оптимального в электроосветительной сети/Рукопись деп. в Информэлектро. - М., 1989. - 25 с.

А н н о т а ц и я

Карпинский Н.П. Измерение параметров и определение характеристик специализированной осветительной аппаратуры и оптимизация её технико-экономических показателей.

Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.05 - приборы и методы измерения электрических и магнитных величин, Государственный университет "Львівська політехніка", Львов, 1995.

Защищено 43 научные работы, в том числе 4 авторских свидетельства и патента, которые содержат теоретические исследования и разработку путей повышения точности измерения параметров и определения характеристик специализированной осветительной аппаратуры посредством функционального преобразования интегрального напряжения питания, а также оптимизации её технико-экономических показателей. Созданы модель совместных измерений отклонений напряжения и частоты от оптимальных применительно к высокочастотному питанию осветительной аппаратуры и модель косвенных измерений отклонения напряжения от оптимального в сетях промышленной частоты, которые позволяют повысить точность и автоматизировать определение характеристик аппаратуры. Осуществлен теоретический анализ, разработаны электромеханические и электронные измерительные преобразователи интегрального напряжения, исследованы их основной и дополнительная погрешности. Представлены исследования частотных зависимостей характеристик источников света. Осуществлено промышленное внедрение средств измерения интегрального напряжения и устройств высокочастотного пита-

ния осветительной аппаратуры, приводятся данные об их эффективности.

A n n o t a t i o n

Karpinsky M.P. Measurement of parameters, determination of characteristics and optimization of technical-and-economic indices of special-purpose lighting equipment.

Manuscript-form thesis for Ph.D. (Eng.)'s degree in speciality 05.11.05 - Instruments and methods of measurement of electrical and magnetic quantities. State University "Lvivska Politehnika", Lviv, 1995.

To be defended are 43 scientific papers, including 4 inventor's certificates and patents for inventions, that comprise theoretical investigations and the development of means for improvement of the accuracy of the measurement of parameters and determination of characteristics of the special-purpose lighting equipment on the basis of the functional conversion of the supply integrated voltage as well as of means for the technical-and-economic indices of optimization of the mentioned equipment. A model of combined measurement of the deviation of voltage and frequency from the optimal voltage and frequency as applied to the high-frequency power supply to the lighting equipment and a model of indirect measurement of the deviation of voltage from the optimal value in networks with the supply system frequency are created, those making it possible to increase the accuracy of determination of the equipment's characteristics and to automate their determination. A theoretical analysis is brought about, electromechanical and electronic integrated voltage measuring converters are developed, the intrinsic and complementary errors of the transducers are studied. A study of the frequency dependence of light sources characteristics is presented. The industrial introduction of measuring tools to measure the integrated voltage and devices of the high-frequency power supply to the lighting equipment are realized, the data of the tools efficiency is put forward.

Ключові слова:

вимірювання параметрів, визначення характеристик, спеціалізована освітлювальна апаратура

Підписано до друку 27.11.95. Формат 60x84/16.
Обсяг 2 друк.арк. Зам. 93. Тир. 100. Безплатно.
Видавн. компл. ТНІ ім. І.Пулюя,
282001, Тернопіль, вул. Руська, 56

AB 33.665

282001, м. Тернопіль, вул. Руська 56
Віддруковано на видавничій системі **PA**⁴⁵⁰⁰
в Тернопільському приладобудівному
інституті ім. І. Пулюя