



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **83459** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
H02J 5/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 03912	(72) Винахідник(и): Калина Володимир Миколайович (UA), Лиховид Юрій Макарович (UA)
(22) Дата подання заявки: 29.03.2013	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.09.2013	(73) Власник(и): Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", просп. Перемоги, 37, м. Київ-56, 03056 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.09.2013, Бюл.№ 17	

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗДРОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

(57) Реферат:

Пристрій для бездротової передачі електроенергії складається з передавального і приймального блоків, в якому приймальний блок містить вторинне джерело напруги, генератор імпульсів, першу резонансну ємність та первинний індуктор, приймальний блок містить вторинний індуктор, корисне активне навантаження та другу резонансну ємність. В передавальний блок введено щонайменше один силовий електронний ключ, корисне навантаження в приймальному блоці підключено до обмотки вторинного індуктора через другу резонансну ємність, що утворює разом зі вторинним індуктором послідовний резонансний контур приймального блока, вихід генератора імпульсів підключений до входу керування силового електронного ключа, вихід якого підключений до виводу обмотки первинного індуктора через першу резонансну ємність, що разом з індуктором утворюють послідовний резонансний контур передавального блока.

U
UA 83459

Корисна модель належить до галузі електротехніки, зокрема до передачі на відстань електричної енергії від первинного джерела електричної енергії до приймального блока комп'ютера, декількох мобільних телефонів, групи транспортних засобів, електромобілів, тощо без застосування гальванічного контакту електричних провідників, дротів або інших з'єднувальних елементів, що забезпечують зв'язок між первинним джерелом і споживачем електроенергії.

Зазвичай для живлення автономного електронного пристрою, наприклад стільникового телефону або переносного комп'ютера, застосовується хімічна акумуляторна батарея. В більшості випадків ця батарея гальванічно з'єднується з роз'ємом в корпусі автономного електронного пристрою. Використання акумуляторної батареї для живлення автономного електронного пристрою пов'язано з необхідністю регулярної перезарядки хімічної акумуляторної батареї, для чого її роз'ємні контакти об'єднують з роз'ємними контактами зарядного блока, що зазвичай поставляється разом з автономним електронним пристроєм. Зарядний блок дозволяє отримувати електричну енергію від загальнодоступної мережі змінного струму 220 В (110 В) за допомогою стандартної розетки і вилки, трансформувати напругу до величини 9 В-24 В і випрямляти струм величиною 1-1,5 А, необхідний для зарядки хімічної акумуляторної батареї через роз'ємні контакти (Хрусталеv Д.А. - "Акумуляторы", изд. Изумруд, 2003, ISBN: 5-98131-001-4, стор. 150).

Такий зарядний блок має ряд суттєвих недоліків, а саме, при відсутності доступних мережевих розеток живлення за межами будівель і в громадських місцях акумуляторна батарея може розрядитися, і автономний електронний пристрій припиняє функціонування. Крім того, при підключенні і відключенні зарядного блоку і автономного електронного пристрою часто виникає електричний розряд (іскра) між роз'ємними електричними контактами, що може призвести до вибуху повітряно-метанової або повітряно-пропанової суміші в закритих об'ємах простору. Такі вибухонебезпечні суміші можуть скупчуватися в шахтах, де видобувається кам'яне вугілля, і в побуті при виникненні несправності газового обладнання.

Вказані недоліки частково усуває відомий пристрій передачі енергії ближньої дії (див. патент РФ № 2407130, від 20.11.2009, МПК H02J 5/00), в якому використано принцип індуктивного зв'язку. У відповідності до нього електромагнітна енергія без безпосереднього контакту передається від обмотки, розташованої в передавальному блоці, до вторинної обмотки, розташованої в портативному автономному пристрої. Такі пристрої використовуються для зарядки акумуляторних батарей в електричних зубних щітках. Максимальна відстань бездротової передачі електричної енергії такого пристрою складає максимально 10 мм при ККД передачі, що становить не більше 30 %.

Найбільш близьким за технічною суттю до пропонованого є пристрій бездротової передачі енергії, що містить вторинне джерело живлення передавальної сторони, генератор імпульсів, генератор синусоїдальних коливань несучої частоти, первинний індуктор, схему контролю резонансної частоти, приймальний блок з вторинним індуктором і блок керування, виконаний з можливістю зміни резонансної частоти вказаного приймального блоку. До первинного і вторинного індукторів паралельно підключені ємності, що утворюють паралельні резонансні контури і забезпечують резонанс струмів на відповідній частоті синусоїдальних коливань в межах від 30 кГц до 300 кГц (див. патент РФ. №2439765 від 18.12.2008р, МПК H02J5/00 - «Беспроводная передача энергии»).

Відомий пристрій дозволяє передавати на відстань до 30 мм енергію електромагнітних коливань синусоїдальної форми за рахунок створення індуктивного зв'язку між первинним та вторинним індукторами завдяки відомому фізичному явищу взаємної індукції та паралельного резонансу двох коливних контурів, утворених первинним та вторинним індукторами. Синусоїдальний сигнал електромагнітних коливань з амплітудою блока живлення (10-15 В) дозволяє передавати до 10 Вт потужності з ККД, що не перевищує на практиці 45 %.

Недоліки відомого пристрою полягають в його складності, обмеженій відстані передачі електричної енергії заданої потужності та значних втратах енергії первинного джерела мережевої напруги, що перевищують більш, як в два рази величину енергії, яка виділяється на вторинному індукторі. Зниження ККД передачі електричної енергії у відомому пристрої зумовлюється тим, що силові лінії магнітного поля первинного індуктора розповсюджуються на однакову відстань по обидва боки від площини, що проходить через витки первинного індуктора, як це показано на ілюстраціях, що супроводжують опис відомого пристрою. Такий первинний індуктор, являє собою широко направлений передавач електромагнітних коливань в довгохвильовому діапазоні радіочастот, енергія яких сприймається вторинним індуктором лише частково. Крім того, корисне навантаження на приймальній стороні характеризується активним опором, що знаходиться в межах від 5-й до 20-и Ом. Як відомо, підключення низькоомного

навантаження до паралельного резонансного контуру в складі якого є вторинний індуктор, що застосовується у відомому пристрої, набагато зменшує його добротність, що призводить до падіння ККД в приймальному блоці.

В основу корисної моделі поставлена задача збільшити дальність передачі електричної енергії при одночасному підвищенні ККД.

Задача вирішується тим, що використовують спеціальний екран первинного індуктора для фокусування магнітного поля, який дозволяє створити спрямоване в один бік магнітне випромінювання первинного індуктора, причому останній включено по схемі збудження коливачів послідовного резонансу напруг. При цьому вторинний індуктор підключено до навантаження таким чином, щоб забезпечити максимальну добротність коливного контуру послідовного резонансу напруг вторинного індуктора при низькоомному корисному навантаженні.

Для цього в пристрій для бездротової передачі електроенергії, що складається з передавального і приймального блоків, в якому приймальний блок містить вторинне джерело напруги, генератор імпульсів, першу резонансну ємність та первинний індуктор, приймальний блок містить вторинний індуктор, корисне активне навантаження та другу резонансну ємність, згідно пропозиції, в передавальний блок введено, щонайменше, один силовий електронний ключ, корисне навантаження в приймальному блоці підключено до обмотки вторинного індуктора через другу резонансну ємність, що утворює разом зі вторинним індуктором послідовний резонансний контур приймального блоку, вихід генератора імпульсів підключений до входу керування силового електронного ключа, вихід якого підключений до першого виводу обмотки первинного індуктора через першу резонансну ємність, що разом з індуктором утворюють послідовний резонансний контур передавального блоку.

Крім того, згідно з пропозицією, в передавальний блок введено спрямовуючий екран з кільцевим пазом, а первинний індуктор розташований в кільцевому пази спрямовуючого екрану.

Крім того, згідно з пропозицією, обмотка первинного індуктора виконана щонайменше із двох секцій, причому перший вивід кожної секції індуктора підключений до виходу відповідного силового електронного ключа, входи керування усіх силових електронних ключів підключений до виходу генератора імпульсів, а загальний вивід секцій первинного індуктора підключений до силового виходу вторинного джерела напруги через резонансну ємність.

Крім того, згідно з пропозицією, між первинним і вторинним індукторами встановлено щонайменше один резонансний контур, що складається з плоскої котушки і додаткової ємності, які утворюють разом пасивний ретранслятор електромагнітних коливачів.

Крім того, згідно з пропозицією, силовий електронний ключ містить р-МДН транзистор, п-МДН транзистор і два резистори, стік р-МДН транзистора підключений до стоку п-МДН транзистора і до виходу силового електронного ключа, керуючий вхід якого підключений через перший резистор до затвору р-МДН транзистора, витік якого підключений до входу живлення силового електронного ключа, керуючий вхід останнього підключений через другий резистор до затвору п-МДН транзистора, витік якого підключений до загального входу силового електронного ключа.

Крім того, згідно з пропозицією, спрямовуючий екран складено із великого числа n Е-подібних або П-подібних феритових осердь, які закріплені по на феритовій основі по її периметру у формі кільця з внутрішнім діаметром d та зовнішнім діаметром D , і заглибинами феритових осердь разом утворюють один або декілька кільцевих пазів для розташування секцій первинного індуктора, причому

$$d = 2\pi n t; D = d + 2b,$$

де t - товщина феритового осердя; b - ширина феритового осердя, а значення величини d відповідає найменшому діаметру первинного індуктора.

Крім того, згідно з пропозицією, виводи щонайменше двох секцій обмоток первинного індуктора включені зустрічно.

Крім того, згідно з пропозицією, вторинний індуктор оснащено додатковим екраном.

Між відмінними ознаками технічного рішення і досягнутими технічними результатом існує безпосередній причинно-наслідковий зв'язок. В запропонованому пристрої передавальний блок живиться від низьковольтного вторинного джерела напруги (до 36 В). Силовий електронний ключ разом з первинним індуктором утворює схему ударного збудження напруги на обмотці первинного індуктора, що дозволяє отримати імпульси з великою амплітудою до 200 В і більше. Форма імпульсів напруги на обмотці первинного індуктора має синусоїдальну форму і заданий спектр випромінювання, що не потребує налаштуванню резонансної частоти в приймальному блоці пристрою. Значна напруга ударного збудження первинного індуктора, що може досягати декількох сотень Вольт, забезпечує створення підвищеної напруженості магнітного поля в точці

прийому і тим самим дозволяє додатково збільшити дальність передачі електричної енергії. Встановлення спрямовуючого феромагнітного екрана поряд з первинним індуктором дозволяє сформуванню у просторі між первинним і вторинним індукторами силові лінії магнітного поля первинного індуктора таким чином, що основна їх частина спрямовується в бік розташування вторинного індуктора, в результаті чого збільшується ККД передачі енергії на відстань. Включення низькоомного корисного навантаження в послідовний резонансний контур вторинного індуктора не впливає на добротність такого контуру в широких межах зміни величини корисного навантаження і дозволяє уникнути налаштування резонансної частоти вторинного індуктора в залежності від величини навантаження та отримати струми в приймальному блоці, що досягають десятків ампер. Встановлення резонансного контуру між первинним і вторинним індукторами дозволяє додатково збільшити дальність передачі електроенергії на значну відстань. Це пояснюється тим, що в запропонованому технічному рішенні такий резонансний контур виконує роль пасивного ретранслятора електромагнітної енергії первинного індуктора, а встановлення декількох резонансних контурів між первинним і вторинним індукторами дозволяє змінювати маршрут передачі електричної енергії за бажанням користувача.

Технічне рішення пояснюється кресленнями, де на Фіг. 1 зображена структурна схема запропонованого пристрою; на Фіг. 2 зображено підключення секцій обмотки первинного індуктора до окремих силових електронних ключів; на Фіг. 3 зображено схему розташування декількох резонансних контурів між первинним та вторинним індукторами; на Фіг. 4 зображена електрична схема силового електронного ключа; на Фіг. 5 зображена конструкція первинного індуктора зі спрямовуючим феромагнітним екраном; на Фіг. 6 зображено вид А-А феромагнітного екрана; на Фіг. 7 зображена часова діаграма електричних сигналів у відповідних точках схеми на Фіг. 1.

Пристрій для бездротової передачі електроенергії на Фіг. 1 складається з передавального блоку 1 і приймального блоку 2, причому передавальний блок 1 містить вторинне джерело напруги 3, генератор прямокутних імпульсів 4, першу резонансну ємність 5 та первинний індуктор 6. Приймальний блок 2 містить вторинний індуктор 7, корисне активне навантаження 8 та другу резонансну ємність 9. Передавальний блок 1 містить, щонайменше, один силовий електронний ключ 10. Корисне навантаження 8 в приймальному блоці 2 підключено до виводів 11 вторинного індуктора 7 через другу резонансну ємність 9. Індуктор 7 та резонансна ємність 9 утворюють разом послідовний резонансний контур. Вихід 12 генератора імпульсів 4 підключений до входу керування 13 силового електронного ключа 10, вихід 14 якого підключений до першого виводу 15 обмотки первинного індуктора 6 через першу резонансну ємність 5, другий вивід 16 обмотки первинного індуктора 6 підключений до одного з силових виходів 17 (шини живлення) або 18 загальної шини «земля» вторинного джерела напруги 3. При цьому силовий вихід 17 вторинного джерела 3 підключений до генератора імпульсів 4 та силового електронного ключа 10, а силовий вихід 18 вторинного джерела 3 підключений до загальної шини "земля". Підключення генератора імпульсів 4 та силового електронного ключа 10 на до шини "земля" умовно не показано. В передавальний блок 1 введено спрямовуючий екран 19 з кільцевим пазом 20, а первинний індуктор 6 розташований в кільцевому пази 20 спрямовуючого екрана 19. Первинний 6 та вторинний 7 індуктори розташовані на спільній осі на віддалі R таким чином, що площини їх обмоток є паралельними.

Для збільшення потужності випромінювання передавального блоку 1 на Фіг. 2 обмотка первинного індуктора 6 виконана щонайменше із двох секцій 21 та 22, причому перші виводи 15, 16 відповідних секцій 21, 22 індуктора 6 підключені до відповідних виходів 14 та 23 ідентичних силових електронних ключів 10 і 24, входи керування 13 та 25 кожного силового електронного ключа 10, 24 підключені до виходу 12 генератора імпульсів 4, а загальний вивід 26 секцій 21, 22 обмотки первинного індуктора 6 підключений до силового виходу 18 ("земля") вторинного джерела напруги 3 через першу резонансну ємність 5. На Фіг. 3 між первинним індуктором 6 і вторинним індуктором 7 встановлено щонайменше один резонансний контур 27, що складається з плоскої котушки 28 і додаткової ємності 29, які утворюють разом пасивний ретранслятор електромагнітних коливань, а вторинний індуктор 7 оснащено додатковим екраном 30. Вторинний індуктор 7 та котушка 28 резонансного контуру 27 виготовлені, наприклад, біфілярними у відповідності до патенту США № 512340 "Котушка для електромагнітів" (Н. Тесла) від 9.01.1894 р.

Силовий електронний ключ 10 на Фіг. 4 містить р-МДН транзистор 31, n-МДН транзистор 32 і два резистори 33 і 34, стік 35 р-МДН транзистора 31 підключений до стоку 36 n-МДН транзистора 32 і до виходу 14 (23) силового електронного ключа 10, керуючий вхід 13 (25) якого підключений через перший резистор 33 до затвору 37 р-МДН транзистора 31, витік 38

останнього підключений до входу живлення 39 силового електронного ключа 10, керуючий вхід 13 (25) якого також підключений через другий резистор 34 до затвору 40 n-МДН транзистора 32, витік 41 якого підключений до загального входу 42 силового електронного ключа 10.

Спрямовуючий екран 19 на Фіг. 5 і Фіг. 6 складено із визначеного числа n Е-подібних феритових осердь 43, які закріплені на основі 44 із феритового матеріалу по її периметру 45 у формі, що відповідає конфігурації секцій 21, 22 первинного індуктора 6. У найпростішому випадку феритова основа виконана у формі диска, а феритові осердя 43 утворюють кільце з внутрішнім діаметром d та зовнішнім діаметром D , причому $d = 2\pi n t$; $D = d + 2b$, де t - товщина феритового осердя 43; b - ширина феритового осердя 43. Феритові осердя 43 разом утворюють один або декілька кільцевих пазів 20, в яких розташовані секції 21, 22 первинного індуктора 6. На Фіг. 5 секції 21 і 22 мають три з половиною витки мідної шини прямокутного перерізу, які намотані від центра 46 до периметра 45 основи 44 за годинниковою стрілкою, якщо дивитись на площину Фіг. 5. Кількість n феритових осердь 43 визначається мінімальним діаметром індуктора d , як $n \geq d/(2\pi t)$.

Для кріплення спрямовуючого екрана 19 до корпусу пристрою 47 в основі 44 виконано отвори 48. В окремих випадках, для збільшення добротності індуктора 6, виводи 15 та 16 його секцій 21, 22 включені зустрічно, тобто початок 49 обмотки другої секції 22 на Фіг. 5 з'єднаний з кінцем 26 обмотки першої секції 21.

Запропонований пристрій для бездротової передачі електроенергії на Фіг. 1 та Фіг. 2 працює в наступний спосіб.

При подачі змінної напруги 220 В з мережі живлення 50 на Фіг. 1 в передавальному блоці 1 вторинний блок живлення 3 трансформує, випрямляє та стабілізує напругу до величини 36 В при струмі споживання до 20 А. Стабілізована напруга з виходу 17 блока 3 поступає на входи живлення генератора 4, силового електронного ключа 10 і на вивід 16 обмотки первинного індуктора 6. Генератор імпульсів 4 формує на виході 12 серію прямокутних імпульсів (див. Фіг. 7,а), що характеризуються періодом T_p та тривалістю імпульсів t_i . Співвідношення T_p та t_i задає величину шпаруватості періодичної послідовності імпульсів, що забезпечує налаштування генератора на резонансну частоту послідовного контуру 6-5. Імпульси генератора 4 поступають на керуючий вхід 13 електронного ключа 10 і періодично переводять його елементи в стан високої провідності. В найпростішому вигляді в якості електронного ключа 10 може виступати пара комплементарних n-p-n та p-n-p транзисторів 31, 32, розрахованих на значний граничний струм переходу "коллектор-емітер", наприклад, КТ805Б та КТ837Б. При подачі імпульсу генератора 4 струм від блока живлення 3 проходить через первинний індуктор 6 та відкритий транзистор 31 електронного ключа 10 протягом часу t_i і заряджає резонансну ємність 5 (при цьому транзистор 32 знаходиться в закритому стані). При піковому значенні величини струму I_m [А] напруга U_c на обкладинках резонансної ємності 5 визначається, як:

$$U_c = U_L = I_m \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Де U_L - напруга на виводах 15, 16 індуктора 6 [В]; L - величина індуктивності індуктора 6 [Гн]; C - величина резонансної ємності 5 [Ф].

Під час проходження струму через первинний індуктор 6 на Фіг. 1 резонансна ємність 5 заряджається, а в навколишньому просторі індуктора 6 формується магнітне поле відповідної конфігурації, що значною мірою визначається формою феромагнітного екрана 19. Напруженість H магнітного поля 51 в навколишньому просторі і на поверхні індуктора 6 визначається із закону повного струму в інтегральній формі:

$$\oint_{\ell} H d\ell = \int_S J dS$$

Магнітні силові лінії 51 розповсюджуються зі світловою швидкістю в напрямку вторинного індуктора 7 і перетинають його витки. В результаті цього в витках вторинного індуктора 7 наводиться ЕРС взаємної індукції контурів 6 та 7 (див. Фіг. 7,в). Після запирання транзистора 31 електронного ключа 10 на первинному індукторі 6 формується великий потенціал ЕРС самоіндукції, який складає 200...300 В і намагається підтримати створену перед цим напруженість магнітного поля навколо вторинного індуктора 6. При цьому обкладинки резонансної ємності 5 заряджаються до максимального потенціалу 300 В. В результаті цього на первинному індукторі 6 формується імпульс напруги, що має форму половини синусоїди (див. Фіг. 7,б), а магнітний потік, що пронизує індуктор 7, спадає від максимального значення до нуля і формує задній фронт потенціалу ЕРС самоіндукції контурів 6 та 7 (див. Фіг. 7,в). Після запирання транзистора 31 відкривається транзистор 32 ключа 10 і резонансна ємність 5 розряджається через транзистор 32 та обмотку первинного індуктора 6 і формує в останньому другу половину синусоїди.

Після подачі чергового імпульсу з виходу 12 генератора 4 процес формування магнітного потоку та ЕРС самоіндукції в первинному індукторі 6 повторюється. В результаті періодичної зміни магнітного потоку в області розташування вторинного індуктора 7 на обмотці останнього утворюється ЕРС, що має період повторення імпульсів генератора 4 і синусоїдальну форму.

Індуктор 7 в приймальному блоці 2 разом з ємністю 9 утворюють послідовний резонансний контур, основним елементом якого є активне навантаження 8. Величина еквівалентного опору такого навантаження 8 становить не більше одного Ома. Таким чином, за своєю фізичною природою активне навантаження 8 практично не впливає на добротність послідовного LC контуру 7-9, в результаті чого ЕРС взаємної індукції на обмотці індуктора 7 і на обкладках конденсатора відповідної ємності 9 зрівнюються між собою в стані резонансу і досягають величини 200...300 В навіть при коефіцієнті взаємної індукції, що складає всього 0.1. В стані резонансу в коливному контурі 7-9 приймального блока 2 протікає реактивний струм, що досягає десятків Ампер. Цей струм створює падіння напруги на навантаженні 8 з амплітудою до 20 В на відстані не менше двох метрів.

Для збільшення величини магнітного потоку в області розташування первинного індуктора 6 на Фіг. 2 додатково встановлено щонайменше два ідентичних силових електронних ключі 10 та 24, що одночасно комутують окремі секції 21 та 22 індуктора 6, так як це описано вище через загальну резонансну ємність 5. При цьому струм через індуктор 6 збільшується пропорційно кількості секцій 21, 22 індуктора та силових електронних ключів 10, 24, в результаті чого пропорційно збільшується магнітний потік в точці розташування вторинного індуктора 7, а значить і величина ЕРС взаємної індукції, що дозволяє або збільшити дальність передачі електроенергії при умові забезпечення постійного значення струму споживання, або збільшити величину струму, що споживає навантаження 8, при незмінній дальності передачі.

Для збільшення дальності передачі електроенергії та забезпечення можливості обминати металеві конструкції, що можуть бути на шляху розповсюдження магнітного потоку 51 від первинного індуктора 6 до вторинного індуктора 7, згідно запропонованого технічного рішення на Фіг. 3 між первинним індуктором 6 передавального блоку 1 та вторинним індуктором 7 встановлено ряд резонансних контурів 27, 52. При цьому основна енергія магнітного поля 51 первинного індуктора 6 досягає лише площини витків котушки 28 резонансного контуру 27 і створює в ній ЕРС взаємної індукції, яка призводить до виникнення струму в контурі "катушка 28 - додаткова ємність 29". Протікання струму в котушці 28 резонансного контуру 27 призводить до створення магнітного поля 53 в межах розташування наступного контуру 52 такої напруженості, яка неможлива в принципі, при наявності лише одного індуктора 6. При цьому площа котушки 28 контуру 52 розташована під невеликим кутом до площини аналогічної котушки 28 в контурі 27. Основна енергія магнітного поля 53, сформованого резонансним контуром 27, досягає лише площини витків котушки 28 резонансного контуру 52 і створює в ній ЕРС взаємної індукції, яка призводить до виникнення струму в контурі 52. Протікання струму в котушці 28 резонансного контуру 52 призводить до створення магнітного поля 54 в межах розташування вторинного індуктора 7 такої напруженості, яка неможлива при наявності лише одного резонансного контуру 27. Завдяки цьому орієнтація приймального блоку 2 у просторі може бути змінена на величину до 30° і при наявності 6-й резонансних контурів 27 (52) електроенергію можна передавати по півколу.

Для збільшення дальності передачі електроенергії, наприклад, по півколу більшого діаметра, в області розташування вторинного індуктора 7 на Фіг. 3 додатково встановлено другий феромагнітний екран 30. Це дає змогу підвищити потокозчеплення контуру 52 та вторинного індуктора 7 і відповідно збільшити ефективність передачі електричної енергії бездротовим способом.

Для збільшення ефективності функціонування силового електронного ключа 10 на Фіг. 4 запропонована схема комплементарного підсилення сигналу виходу 12 генератора імпульсів 4 за допомогою МДН транзисторів 31, 32 різної провідності. При цьому генератор імпульсів 4 може бути малопотужним, оскільки МДН транзистори мають великий коефіцієнт підсилення. В процесі функціонування передавального блоку 1 генератор імпульсів 4 періодично формує високий потенціал сигналу майже з амплітудою вторинного джерела 3 (35 В). Високий потенціал генератора 4 поступає на вхід 13 і далі через резистори 33, 34 - на затвори 37, 40 МДН транзисторів; відкриває n-МДН транзистор 32 та запирає р-МДН транзистор 31. При цьому струм через електронний ключ 10 і транзистор 32 може досягати до 100 А. Після припинення дії імпульсу генератора 4 потенціал на його виході 12 падає до 1 В в результаті чого n-МДН транзистор 32 запирається, а р-МДН транзистор 31 відкривається, а резонансна ємність 5 перезаряджається через транзистор 31 на обмотку первинного індуктора 6. При цьому електронний ключ 10 не споживає струму від вторинного джерела 3. При повторній подачі

імпульсу амплітудою 35 В на вхід 13 силового електронного ключа 10 з виходу 12 генератора 4 знову відкривається n-МДН транзистор 32 та запирається р-МДН транзистор 31 і процес перезаряду резонансної ємності 5 повторюється майже без споживання потужності від вторинного джерела 3.

5 Експериментальні дані дослідження макетного зразка свідчать, що при напрузі вторинного джерела 36 В і струмі споживання 5 А передавального блоку 1 можна отримати напругу 12 В в приймальному блоці 4 на навантаженні 8 при струмі 10 А на відстані 1 метр.

Таким чином, ККД передачі енергії експериментального зразка в найпростішому варіанті його виконання становить 84 %. В порівнянні з відомими аналогічними пристроями, запропоноване технічне рішення відзначається надзвичайною простотою конструкції і великою надійністю.

В результаті запропонованих нововведень відстань бездротової передачі електроенергії збільшується в десятки разів в порівнянні з відомими технічними рішеннями.

15 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Пристрій для бездротової передачі електроенергії, що складається з передавального (1) і приймального (2) блоків, в якому приймальний блок (1) містить вторинне джерело напруги (3), генератор імпульсів (4), першу резонансну ємність (5) та первинний індуктор (6), приймальний
20 блок (2) містить вторинний індуктор (7), корисне активне навантаження (8) та другу резонансну ємність (9), який **відрізняється** тим, що в передавальний блок введено щонайменше один силовий електронний ключ (10), корисне навантаження (8) в приймальному блоці (2) підключено до обмотки вторинного індуктора (7) через другу резонансну ємність (9), що утворює разом зі вторинним індуктором (7) послідовний резонансний контур приймального блока (2), вихід (12) генератора імпульсів (4) підключений до входу керування (13) силового електронного ключа
25 (10), вихід (14) якого підключений до виводу (15) обмотки первинного індуктора (6) через першу резонансну ємність (5), що разом з індуктором (6) утворюють послідовний резонансний контур передавального блока (1).

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що в передавальний блок (1) введено спрямовуючий екран (19) з кільцевим пазом (20), а первинний індуктор (6) розташований в кільцевому пази (20) спрямовуючого екрана (19).

3. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що обмотка первинного індуктора (6) виконана щонайменше із двох секцій (21, 22), причому перші виводи (15, 16) кожної секції (21, 22) індуктора (6) підключені до виходу (14, 23) відповідного силового електронного ключа (10, 24),
35 входи керування (13, 25) силових електронних ключів (10, 24) підключені до виходу (12) генератора імпульсів (3), а загальний вивід (26) секцій (21, 22) індуктора (6) підключений до загального виходу (18) вторинного джерела напруги (3) через резонансну ємність (5).

4. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що між первинним (6) і вторинним (7) індукторами встановлено щонайменше один резонансний контур (27), що складається з плоскої котушки (28)
40 і додаткової ємності (29), які утворюють разом пасивний ретранслятор магнітних силових ліній.

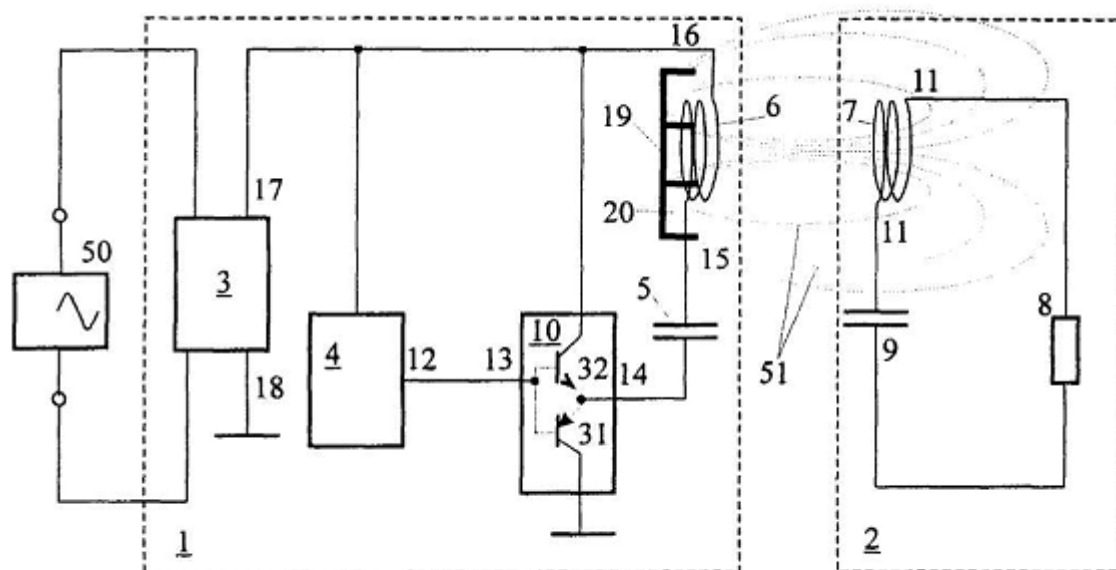
5. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що силовий електронний ключ (10) містить р-МДН транзистор (31), n-МДН транзистор (32) і два резистори (33, 34), стік (35) р-МДН транзистора (31) підключений до стоку (36) n-МДН транзистора (32) і до виходу (14, 23) силового електронного ключа (10), керуючий вхід (13, 25) якого підключений через перший резистор (33)
45 до затвора (37) р-МДН транзистора (31), витік (38) якого підключений до входу живлення (39) силового електронного ключа (10), керуючий вхід (13, 25) останнього підключений через другий резистор (34) до затвора (40) n-МДН транзистора (32), витік (41) якого підключений до загального входу (42) силового електронного ключа (10).

6. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що спрямовуючий екран (19) складено із визначеного числа n Е-подібних або П-подібних феритових осердь (43), які закріплені по на дисковій основі (44) по її периметру (45) у формі кільця з внутрішнім діаметром d та зовнішнім діаметром D, і заглибинами феритових осердь (43) разом утворюють один або декілька кільцевих пазів (20) для розташування секцій (21, 22) первинного індуктора (6), причому
50 $d = 2\pi n t$; $D = d + 2b$,

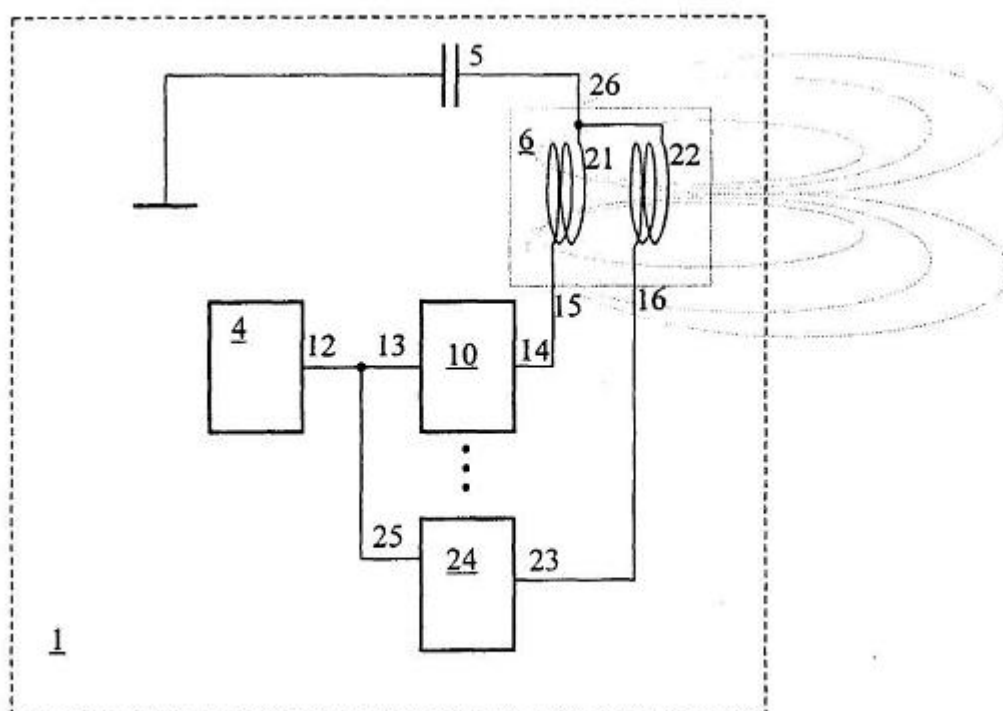
де t - товщина феритового осердя (43); b - ширина феритового осердя (43), а значення величини d відповідає найменшому діаметру первинного індуктора (6).

7. Пристрій за пп. 1 та 3, який **відрізняється** тим, що виводи (15, 16) щонайменше двох секцій (21, 22) обмоток первинного індуктора (6) включені зустрічно.

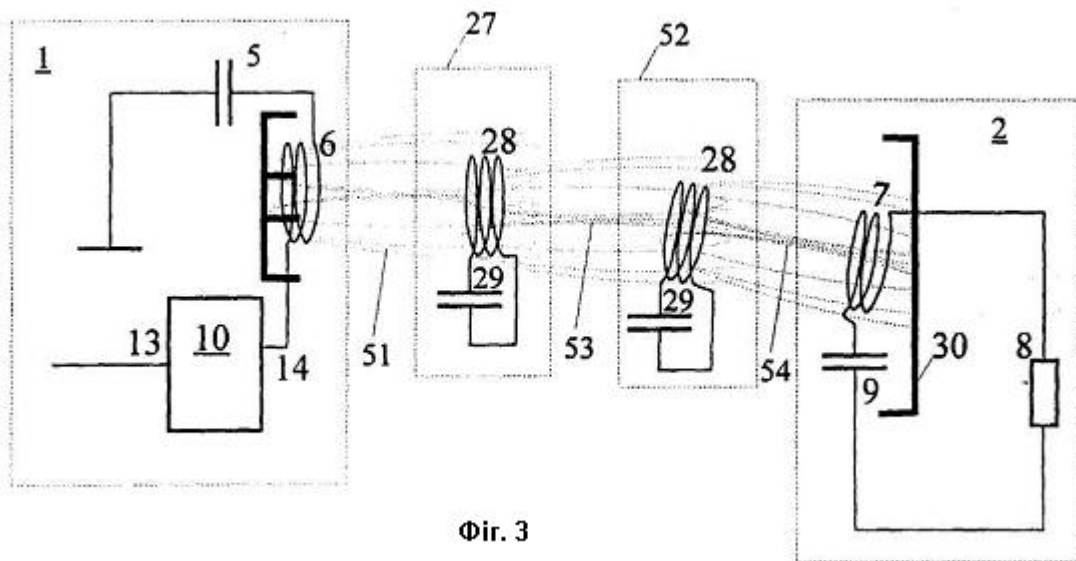
8. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що вторинний індуктор (7) оснащено додатковим екраном (30).



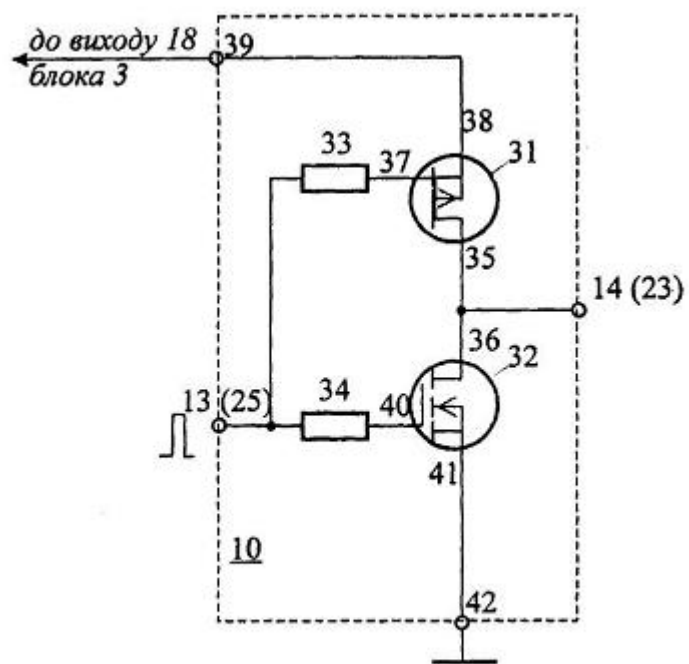
Фиг. 1



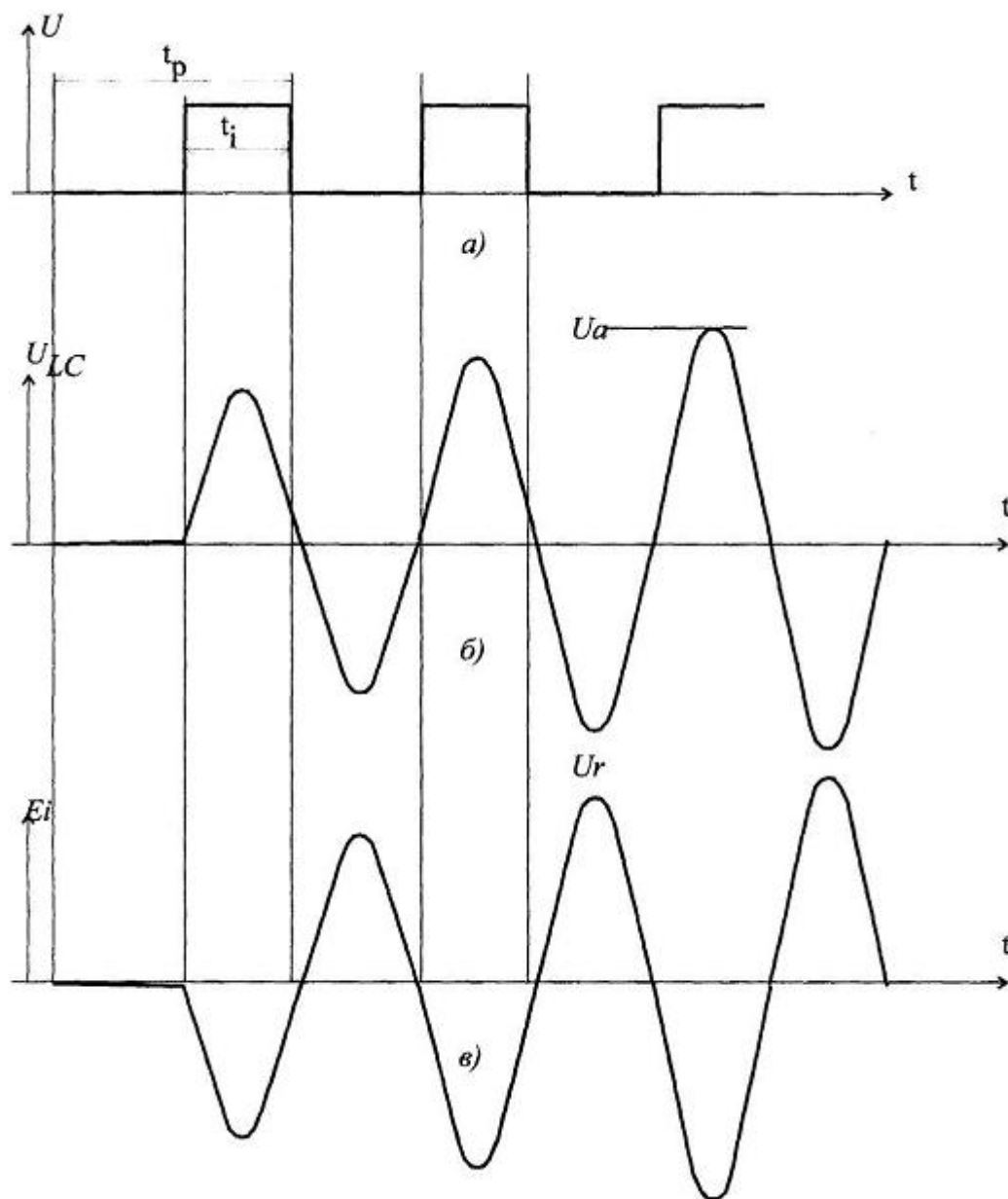
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 7

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601