



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **80319** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
**H01L 25/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	<b>u 2012 13030</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Саврук Ігор Петрович (UA), Кириленко Всеволод Михайлович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>15.11.2012</b>	(73) Власник(и):	<b>Саврук Ігор Петрович, вул. Л. Українки, 6, кв. 10, с. Угерсько, Стрийський р-н, Львівська обл., 82424 (UA), Кириленко Всеволод Михайлович, вул. Ентузіастів, 35/1, кв. 82, м. Київ-154, 02154 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	<b>27.05.2013</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>27.05.2013, Бюл.№ 10</b>		

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПРЯМОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ В ЗМІННИЙ БАГАТОФАЗНИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ ЗА ДОПОМОГОЮ ФОТОЕЛЕМЕНТІВ

### (57) Реферат:

Пристрій для прямого перетворення сонячної радіації в змінний багатофазний електричний струм за допомогою фотоелементів містить систему приводу, синхронізатор приводу, систему фотоелементів, акумуляторну батарею, систему струмознімання. Щонайменше три основні фотоелементи закріплені один відносно одного, утворюючи грані або частину граней призми, що може обертатись навколо деякої осі, яка проходить крізь цю призму, і освітлюватись з двох або більше сторін відносно цієї осі концентрованим або неконцентрованим сонячним випромінюванням.

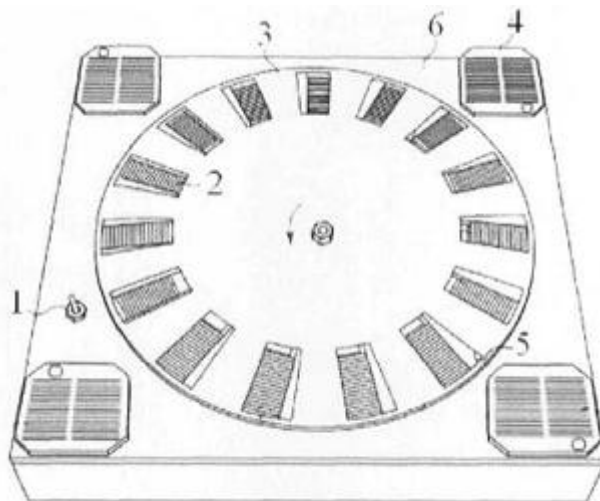


Fig. 1

UA 80319 U



Корисна модель належить до електрики.

В даний час для прямого генерування змінного електричного струму за допомогою фотоелементів використовують різні пристрої, один з яких зображений на фіг. 1 (патент США US2010072823). Складається він з корпусу 6, на якому розміщені головні 2 та допоміжні 4 фотоелементи, диск 3 з отворами 5, який обертається, та вимикача 1. Кожен головний фотоелемент антипаралельно з'єднаний з іншим (фіг. 2), причому один з фотоелементів знаходиться під отвором в диску, а інший затіняється цим диском.

Принцип роботи даного приладу наступний.

Під час обертання диска отвір переміщається, поступово затіняючи один з фотоелементів пари та відкриваючи інший для випромінювання, і таким чином струм змінюється від максимуму в одному напрямку до 0 та наступного збільшення до максимуму в іншому напрямку. Детально схема роботи зображена на фіг. 3-7. На фіг. 8 зображений графік зміни струму, де номер значення струму відповідає номеру фігури з відповідним положенням диска, при якому протікає даний струм.

Диск приводиться в рух двигуном постійного струму, який живиться від додаткових фотоелементів. Від швидкості обертання диска та кількості пар антипаралельно з'єднаних фотоелементів залежить частота генерованого струму. Крім того, обертати диск можна за різними законами руху, змінюючи таким чином форму змінного струму. У випадку рівномірного обертання на виході отримується синусоїдний струм.

Даний пристрій має декілька суттєвих недоліків. Перший полягає у значному недовикористанні загального світлового потоку. Не менше половини його потрапляє на диск, а не на отвори в ньому. Це призводить до займання самим приладом більшої площі при тій самій потужності у порівнянні з іншими варіантами, наприклад фотоелементами з інвертором.

Другий полягає у низькому коефіцієнті використання потужності фотоелементів. Коефіцієнт використання потужності виражається відношенням кількості електроенергії змінного струму, виробленої вищезгаданим приладом на цих фотоелементах, до кількості електроенергії постійного струму, виробленої за той самий період цими ж фотоелементами. Тобто це відношення потужностей двох приладів - постійного та змінного струму, на тих же фотоелементах. Якщо прийняти струм і напругу постійно освітлюваного фотоелемента  $I_a$  та  $U_a$ , то це буде амплітудне значення струму і напруги джерела змінного струму. Звідси потужність вищеприписаного джерела змінного струму становитиме:

$$P_{AC} = \frac{I_a}{\sqrt{2}} \cdot \frac{U_a}{\sqrt{2}}. \quad (1)$$

Потужність джерела постійного струму на цих фотоелементах, в свою чергу, становить:

$$P_{DC} = 2 \cdot I_a \cdot U_a. \quad (2)$$

Тепер можна обчислити коефіцієнт використання потужності:

$$K_B = \frac{I_a \cdot U_a}{2 \cdot I_a \cdot U_a} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ або } 25\%. \quad (3)$$

Це означає, що на створення приладу змінного струму тієї ж потужності, що й у звичайного фотоелемента з інверторним перетворювачем, потрібно затратити в чотири рази більше фотоперетворювачів.

В основу даної корисної моделі поставлено задачу збільшення коефіцієнта використання потужності фотоелементів та коефіцієнта використання світлового потоку.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для прямого перетворення сонячної радіації в змінний багатофазний електричний струм, що містить систему приводу, синхронізатор приводу, систему фотоелементів, акумуляторну батарею, згідно з корисною моделлю, три або більше основних фотоелементів закріплені один відносно одного, утворюючи грані або частину граней призми, що може обертатись навколо деякої осі, яка проходить крізь цю призму, і освітлюватись з двох або більше сторін відносно цієї осі концентрованим або неконцентрованим сонячним випромінюванням, а також має в своєму складі систему струмознімання.

Для повнішого використання сонячного випромінювання декілька елементів закріплюються на валу у вигляді граней правильної призми. В даному випадку майже увесь потік падає на призму і лише невеликі пробіски при обертанні призми проходять повз фотоелементи. Ці пробіски можна обчислити, знайшовши площу фігури, обмеженої лінією амплітудного значення струму та лінією синусоїди змінного струму.

В свою чергу, для збільшення коефіцієнта використання потужності фотоелементів, вал з фотоелементами освітлюється з двох або більше сторін.

Найбільш оптимальним є закріплення шести рівних за розмірами фотоелементів у вигляді правильної шестикутної призми, яка освітлюється випромінюванням з двох сторін (фіг. 9-11).

5 Так як при цьому утворюються три окремі пари фотоелементів, струм буде трифазним.

Розглянемо роботу пристрою детальніше. Як відомо, фотострум, який генерується фотоелементом, прямо пропорційний кількості сонячної радіації, яка попадає на цей фотоелемент. Одним зі способів зміни кількості сонячної радіації, яка потрапляє на фотоелемент, може слугувати поворот поверхні фотоелемента відносно світлового потоку. 10 Регулюючи кут між нормаллю поверхні та напрямком променів від 0° до 90° кількість сонячної радіації, яка потрапляє на фотоелемент, змінюється від максимуму до 0 (фіг. 12-14). Це означає, що ця зміна описується за законом косинуса (фіг. 14):

$$\Phi = \Phi_{\max} \cdot \cos(\alpha), \quad (4)$$

де  $\Phi$  - світловий потік;  $\Phi_{\max}$  - максимальне (амплітудне) значення світлового потоку;  $\alpha$  - кут між нормаллю фотоелемента та світловим потоком.

15 Тобто, при рівномірній зміні кута  $\alpha$  або, простіше кажучи, рівномірному обертанні фотоелемента у світловому потоці, який надходить з двох сторін, на ньому генерується фотострум, який змінюється за законом косинуса (гармонічним законом):

$$I = I_{\max} \cdot \cos(\varphi + \omega t), \quad (5)$$

де  $\varphi$  - початкова фаза обертання;  $\omega$  - кутова швидкість;  $t$  - час.

20 При цьому немає значення, навколо якої осі обертається фотоелемент. Форма вихідного струму буде однаковою і залежатиме лише від кутової швидкості. Однак напрямок струму фотоелемента є завжди сталим, тому на виході буде постійний за напрямком пульсуючий синусоїдний струм, який описується за наступним законом:

$$I = |I_{\max} \cdot \cos(\varphi + \omega t)|. \quad (6)$$

25 Щоб отримати синусоїду, необхідно через кожні півперіоду змінювати напрямок протікання струму. Це досягається за допомогою дволамельного колектора (фіг. 15), який встановлений для кожної пари (фази) фотоелементів на спільному валу, чи іншого комутуючого пристрою.

Для обчислення енергії проблиску достатньо обчислити площу фігури, обмеженої лінією амплітудного значення струму та лінією миттєвого значення струму на інтервалі від максимуму синусоїди до моменту, коли струм в одній з фаз досягне 0, або від 0 до  $\frac{\pi}{6}$  (фіг. 11), так як в цей

30 момент проблиск досягне свого максимального значення. Вона знаходиться як різниця площі фігури, обмеженої лінією амплітудного значення, та фігури, обмеженої лінією миттєвого значення струму. Площа фігури, обмеженої лінією амплітудного значення дорівнюватиме:

$$S_a = 1 \cdot \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6} \text{ (в.о.)}. \quad (7)$$

Площа фігури, обмеженої лінією миттєвого значення струму:

$$S_m = \int_0^{\frac{\pi}{6}} \cos x dx = 0,5 \text{ (в.о.)}. \quad (8)$$

Звідси енергія проблиску у відсотковому значенні:

$$E_{\text{пр}} = \frac{S_a - S_m}{S_a} = \frac{6 \cdot \left( \frac{\pi}{6} - 0,5 \right)}{\pi} \cdot 100 = 4,5\%. \quad (9)$$

Тобто на основні фотоелементи попадає 95,5 % всього направлено випромінювання.

35 Для освітлення з іншого боку використовуються дзеркала. Струм фотоелементів на стороні, на яку світловий потік перенаправляється дзеркалами, є дещо меншим внаслідок втрат потоку при відбиванні, тому фотоелементи на діаметрально протилежних сторонах з'єднані паралельно, що дає змогу підтримувати на них однакову напругу. Також використовуються додаткові висувні фотоелементи або дзеркала, які перенаправляють випромінювання на 40 додатковий фотоелемент (фіг. 16-17), для уловлювання проблисків. Висувні дзеркала висуваються на світловий потік збоку синхронно з обертанням вала з основними елементами. Ця енергія проблисків може використовуватись для підзарядки акумуляторної батареї, від якої живиться привід вала з основними фотоелементами. Отже, в даному випадку коефіцієнт використання світлового потоку дорівнюватиме 100 %, так як увесь направлений на прилад 45 потік потрапляє на фотоелементи: 95,5 % - на основні та 4,5 % - на додаткові.

Крім того, додаткові фотоелементи можуть взагалі не використовуватись, а на світловий потік пробісків може висуватись світлопоглинаючий матеріал. Коефіцієнт використання світлового потоку в даному випадку залишатиметься на рівні 95,5 %. Уловлювання пробісків є обов'язковим для того, щоб вони через систему дзеркал не повертались назад в навколишнє середовище, що може створювати завади для приладів систем навігації літаків або засліплювати птахів.

Коефіцієнт використання потужності фотоелементів в даному приладі буде дорівнювати відношенню потужності джерела трифазного струму на цих фотоелементах до потужності цих фотоелементів при генеруванні постійного струму. Приймаючи струм і напругу постійно освітлюваного фотоелемента  $I_a$  та  $U_a$ , потужність трифазного джерела обчислюватиметься як:

$$P_{3\phi} = 3 \cdot \frac{I_a}{\sqrt{2}} \cdot \frac{U_a}{\sqrt{2}}, \quad (10)$$

а потужність джерела постійного струму, в свою чергу, як:

$$P_{DC} = 3 \cdot I_a \cdot U_a. \quad (11)$$

Звідси коефіцієнт використання потужності фотоелементів:

$$K_B = \frac{3 \cdot I_a \cdot U_a}{3 \cdot I_a \cdot U_a} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ або } 50\%. \quad (12)$$

Світловий потік на призму з фотоелементів направляється концентраторною системою за схемою Кассегрена (фіг. 18). Застосування концентратора дає змогу зменшити необхідну площу фотоперетворювачів, що, в свою чергу, дозволяє використовувати дорогі, але високоефективні багатоперехідні фотоелементи. Крім того, зі зменшенням розмірів фотоелементів знижується їх маса та затрати енергії на обертання вала з цими фотоелементами, що в кінцевому підсумку підвищує загальний ККД системи. Для уникнення потрапляння розсіяного та неплоскопаралельного випромінювання на фотоелементи внутрішні стінки корпусу з фотоелементами покриваються поглинаючим випромінювання покриттям. Також встановлюється фільтр неплоскопаралельного випромінювання у вигляді матриці з великою кількістю наскрізних отворів для світла та тонкими стінками між ними, як показано на фіг. 19. Для уникнення потрапляння бруду та сторонніх предметів в корпус з фотоелементами зі сторони входу променів зроблена стінка корпусу зі скла.

Для постійного направлення концентратора на сонце використовується система двоосового стеження.

Для охолодження фотоелементів використовується рідкий або газоподібний теплоносій, який підводиться через сальники та канал у валу до теплообмінників під фотоелементами.

Робота пристрою паралельно з автономною або об'єднаною електромережею відбувається наступним чином. З вольт-амперної характеристики фотоелемента (фіг. 20) випливає важливий висновок: в межах ЕРС фотоелемента напруга на ньому при зміні падаючого випромінювання можна підтримувати майже сталою. Для цього існують два шляхи: або змінювати опір навантаження ( $U = IR$ ), або компенсувати зміни струму фотоелемента іншим паралельно увімкненим джерелом. Крім того, зміною струму паралельного джерела також компенсується й можлива зміна опору навантаження. Саме другий спосіб використовується при паралельній роботі з мережею. Дане джерело під'єднується паралельно з мережею, як показано на схемі (фіг. 21), де  $I$  - фотоелемент як джерело струму;  $Z_H$  - опір навантаження в мережі;  $E_r$  - ЕРС інших генерувальних потужностей мережі;  $I_\phi$  - струм фотоелемента;  $I_r$  - струм інших генерувальних потужностей;  $I_H$  - струм навантаження;  $U_M$  - напруга в мережі. ЕРС фотоелемента при цьому вибирається дещо вищою (з запасом), ніж номінальна напруга мережі. Напругу в мережі згідно зі схемою можна описати рівнянням:

$$U_M = I_H \cdot Z_H = (I_\phi + I_r) \cdot Z_H. \quad (13)$$

При зміні  $I_\phi$ , пов'язаній зі зміною світлового потоку, або навантаження в мережі  $Z_H$ , напруга регулюється струмом інших генерувальних потужностей, тобто зміною потужності інших джерел відповідно до балансу енергії в енергосистемі.

Як було сказано вище, частота і фаза струму залежить від кутової швидкості та початкової фази обертання вала з фотоелементами. Для підключення до мережі автоматична система керування приводу синхронізує частоту і фазу обертання вала з частотою в мережі, після чого відбувається з'єднання з мережею на паралельну роботу як і в звичайних генераторах.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Пристрій для прямого перетворення сонячної радіації в змінний багатофазний електричний струм за допомогою фотоелементів, що містить систему приводу, синхронізатор приводу,  
 5 систему фотоелементів, акумуляторну батарею, який **відрізняється** тим, що три або більше основних фотоелементів закріплені один відносно одного, утворюючи грані або частину граней призми, що може обертатись навколо деякої осі, яка проходить крізь цю призму, і освітлюватись з двох або більше сторін відносно цієї осі концентрованим або неконцентрованим сонячним випромінюванням, а також має в своєму складі систему струмознімання.
- 10 2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що між краєм принаймні одного фотоелемента та сусіднім до нього ребром призми залишається проміжок, через який може проходити потік охолоджуючого повітря.
3. Пристрій за пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що містить систему поглинання неплоскопаралельного випромінювання.
- 15 4. Пристрій за пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що містить систему захисту від перегрівання фотоелементів.
5. Пристрій за пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що містить систему охолодження фотоелементів.
6. Пристрій за пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що містить систему охолодження фотоелементів та систему захисту від перегрівання фотоелементів.
- 20 7. Пристрій за пп. 1-6, який **відрізняється** тим, що для уловлювання проблесків висувається система додаткових фотоелементів.
8. Пристрій за пп. 1-6, який **відрізняється** тим, що для уловлювання проблесків висувається оптична система, яка перенаправляє їх на додаткові фотоелементи.
- 25 9. Пристрій за пп. 1-6, який **відрізняється** тим, що для уловлювання проблесків висувається світлопоглинаючий матеріал.

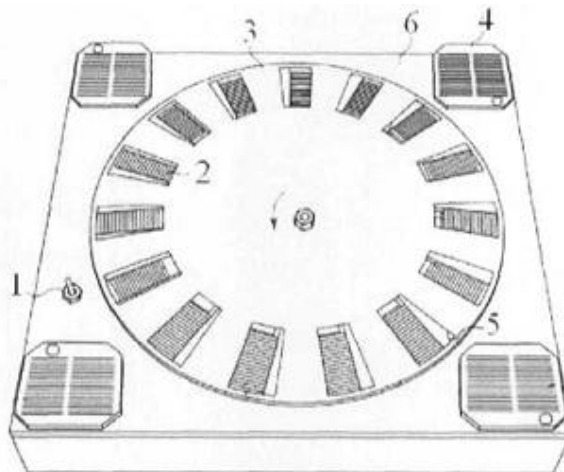


Fig. 1

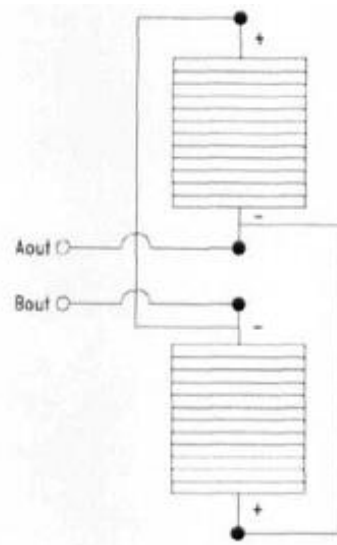


Fig. 2

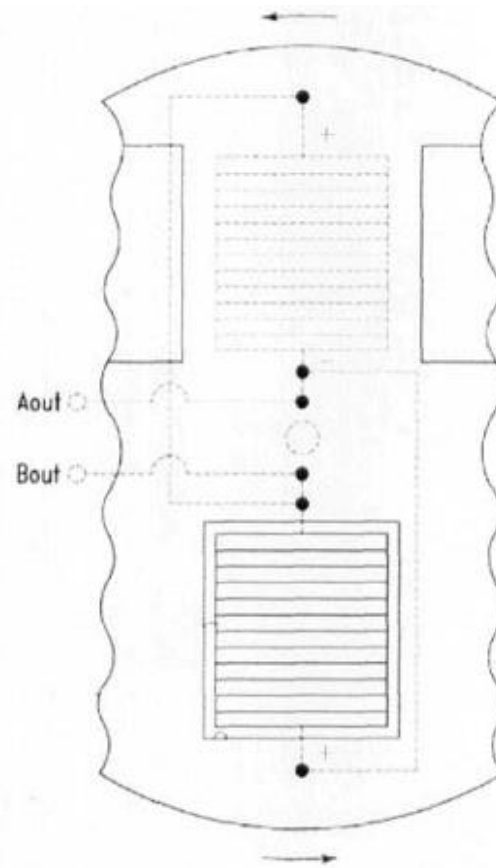
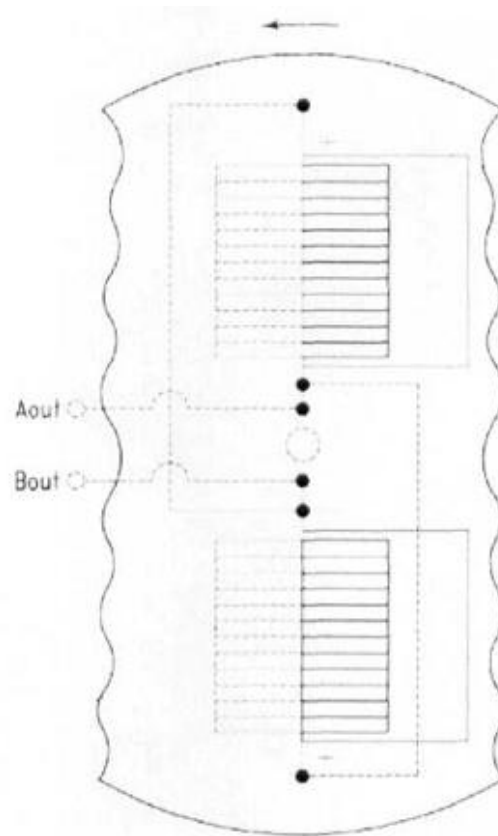
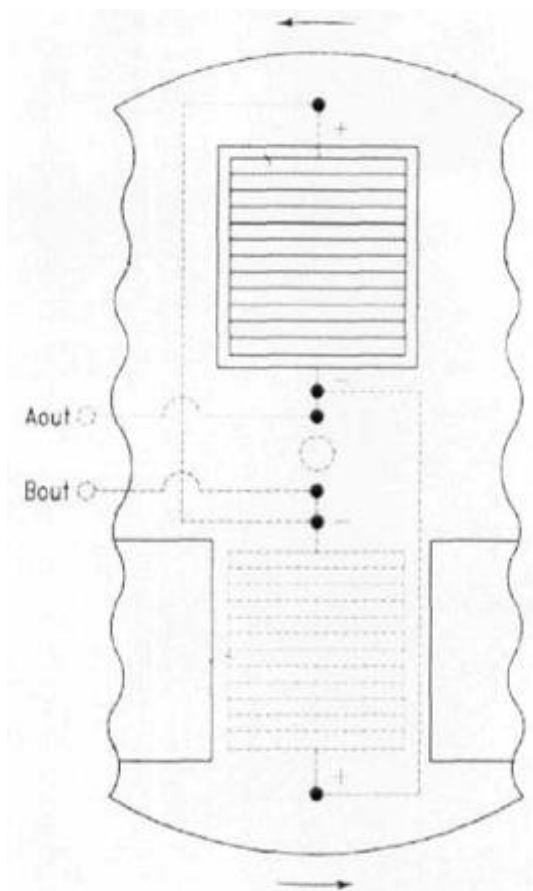


Fig. 3



Φir. 4



Φir. 5

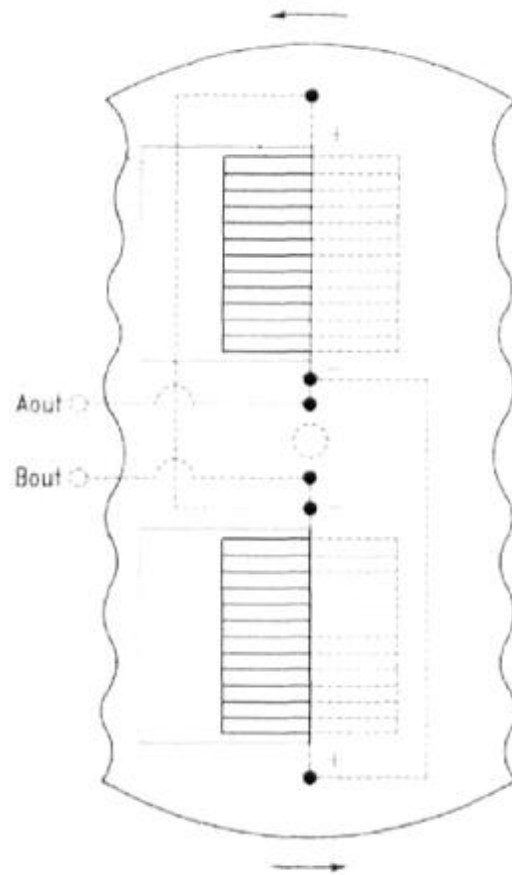


Fig. 6

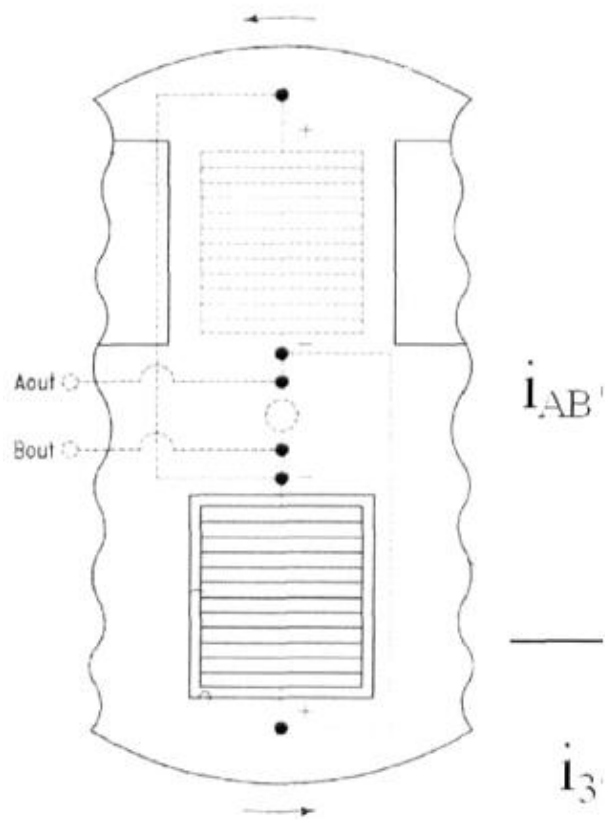


Fig. 7

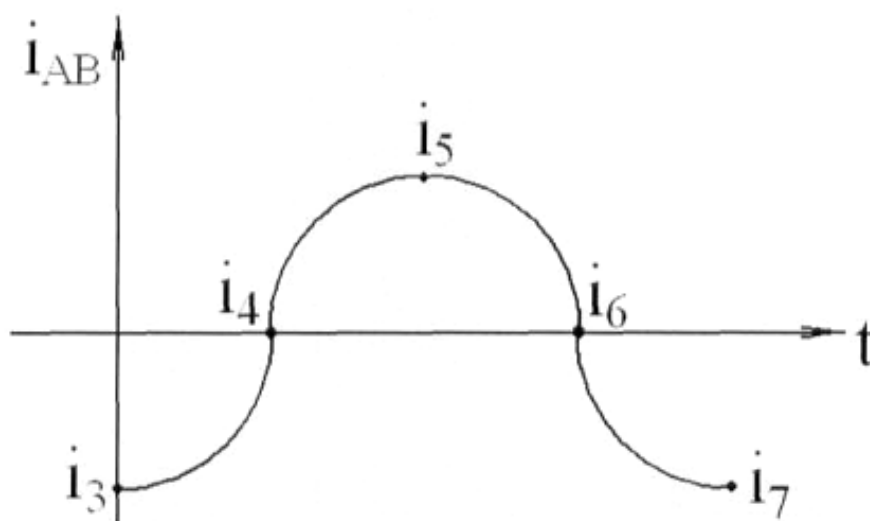


Fig. 8

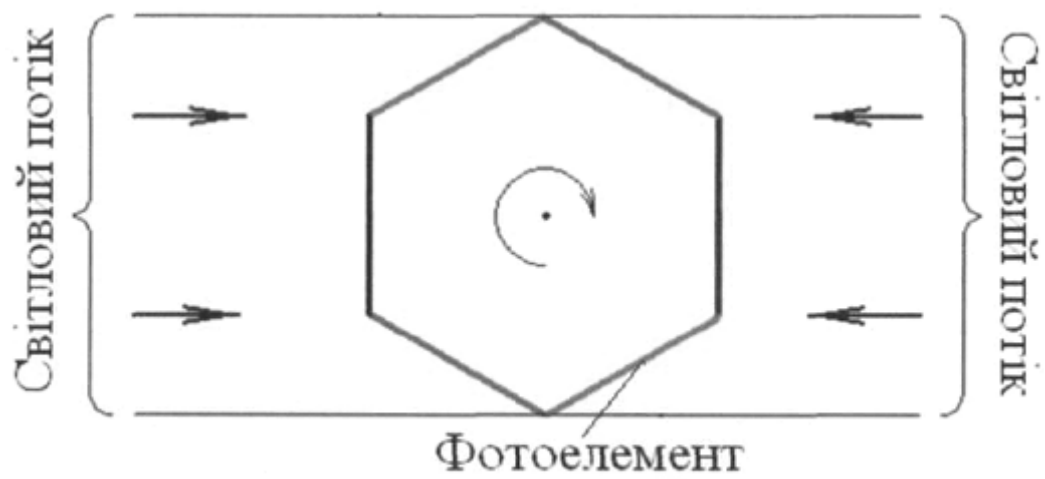


Fig. 9

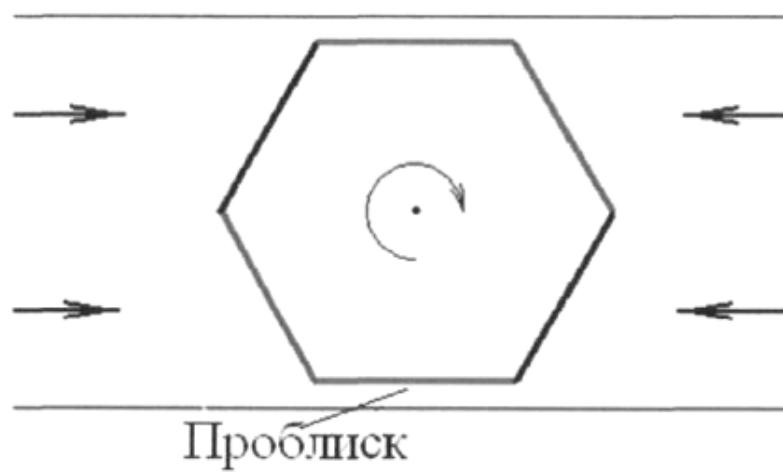
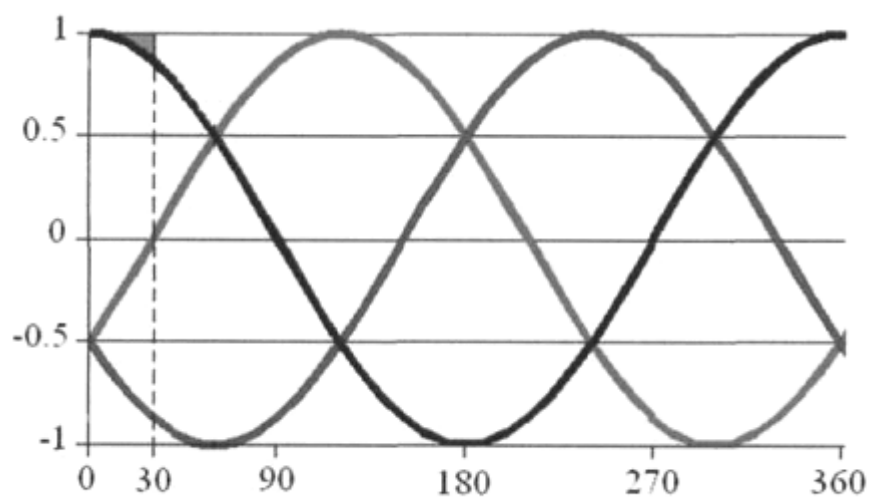
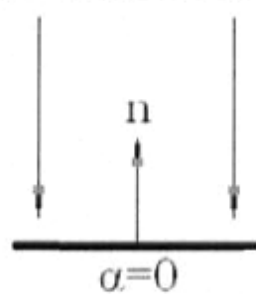


Fig. 10

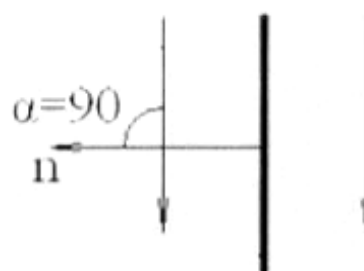


Фиг. 11

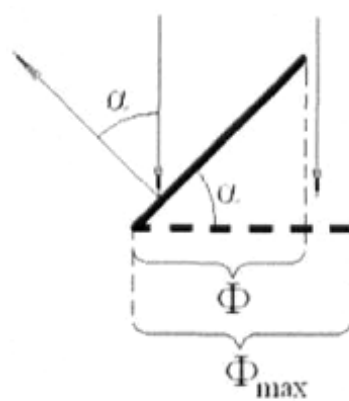
# СВІТЛОВИЙ ПОТІК



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14

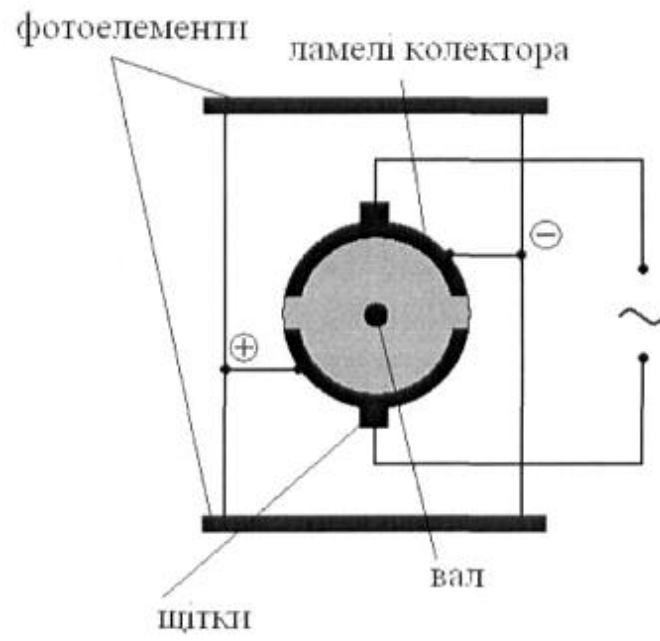


Fig. 15

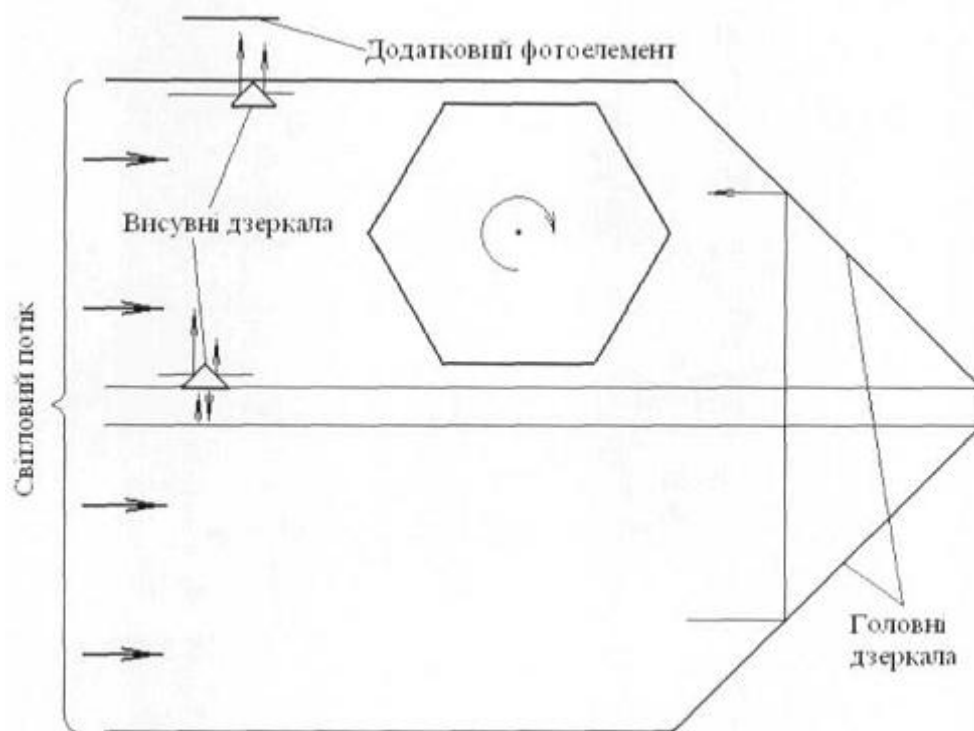
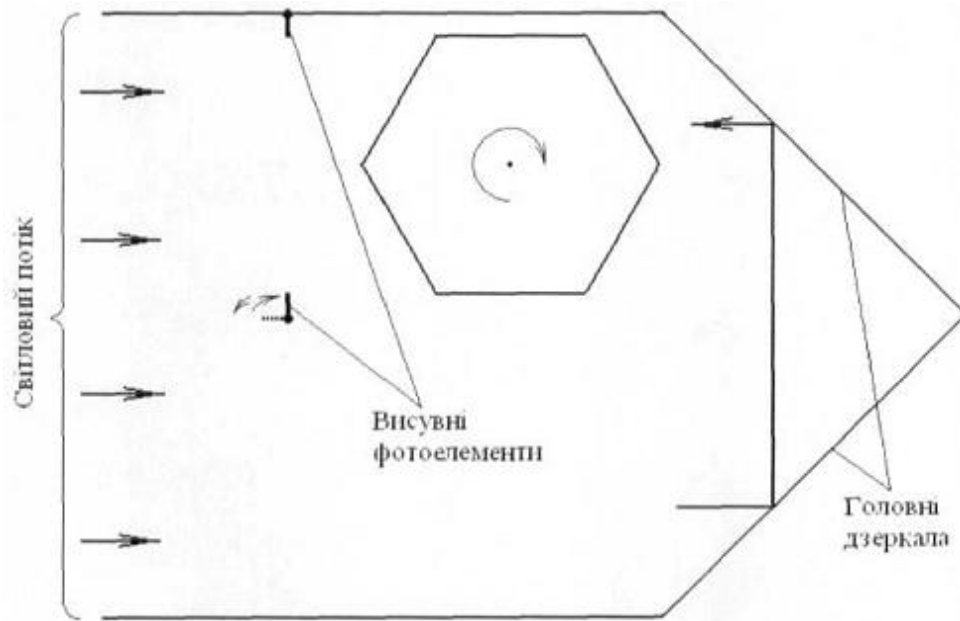
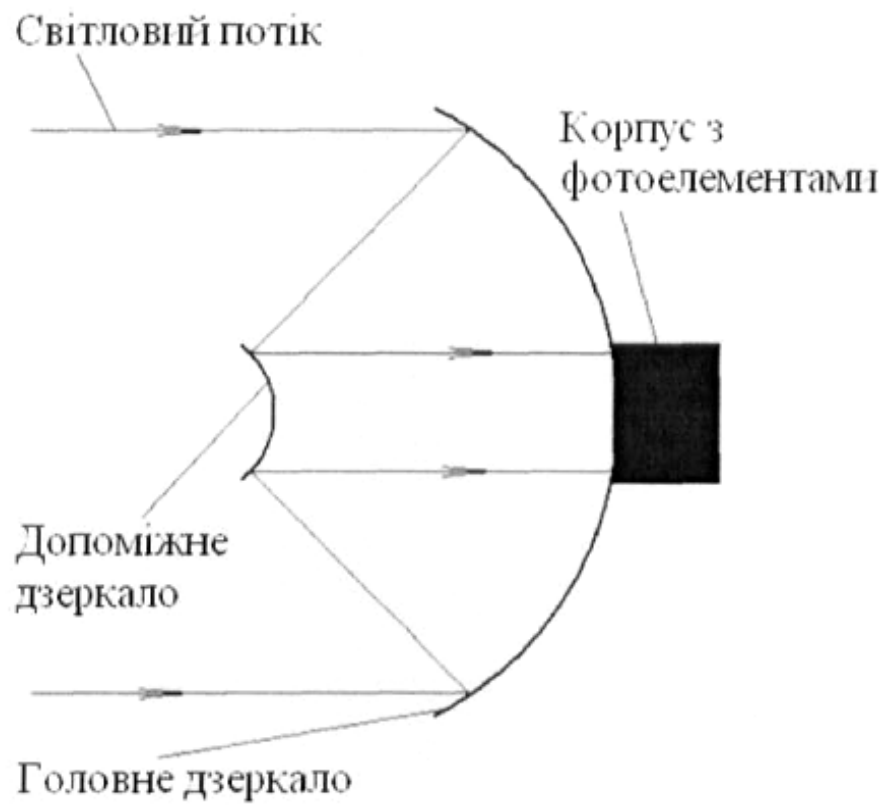


Fig. 16



Фіг. 17



Фіг. 18

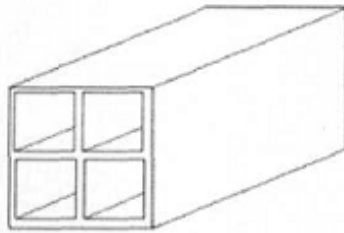


Fig. 19

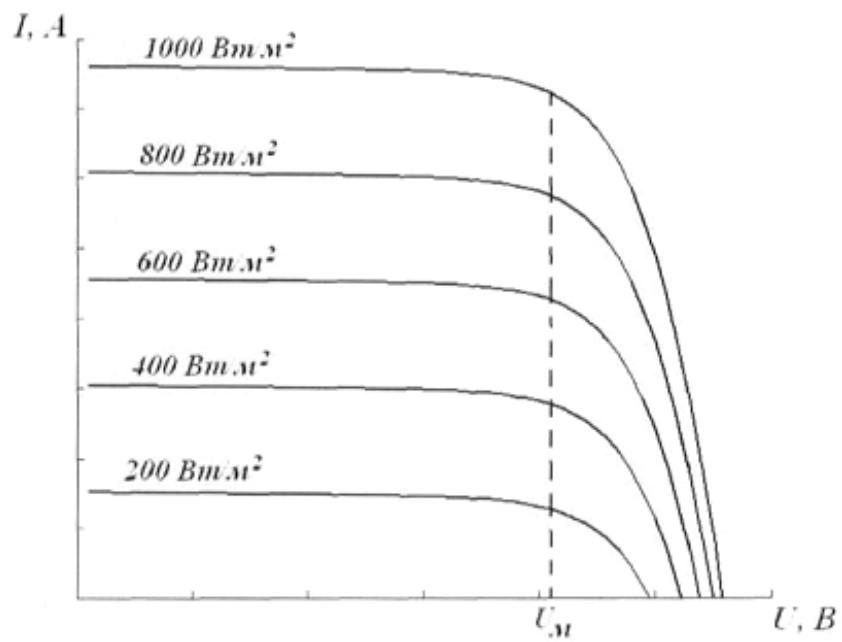


Fig. 20

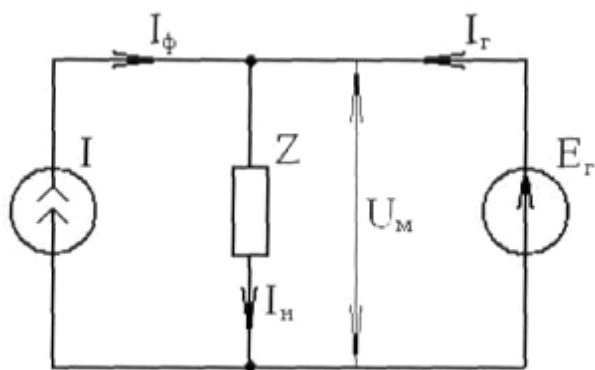


Fig. 21

Комп'ютерна верстка М. Ломалова

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