

Міністерство освіти і науки України  
Департамент освіти і науки Дніпропетровської облдержадміністрації  
Дніпропетровське територіальне відділення МАН України

Відділення: технічних наук  
Секція: науково-технічна творчість та  
винахідництво

РОЗРОБКА ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ ДЛЯ  
ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ І ЗАРЯДЖАННЯ ГАДЖЕТІВ  
У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Роботу виконав:  
Яблонський Павло Сергійович,  
учень групи 11-1  
Комунального закладу освіти  
«Фінансово-економічний ліцей»  
Дніпропетровської міської ради

Науковий керівник:  
Буланий Павло Філімонович,  
доцент кафедри фізики НМетАУ,  
кандидат технічних наук

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	1
РОЗДІЛ 1.СТАН ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	4
1.1. Загальний огляд джерел струму.....	4
1.2.Джерела струму для гаджетів .....	5
1.3.Постановка задачі.....	8
РОЗДІЛ 2.РОЗРОБКА ДЖЕРЕЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ .....	9
2.1. Технічні умови для розробки джерела живлення .....	9
2.2. Принцип дії генератора струму .....	9
2.3. Вибір і розрахунок основних елементів джерела струму .....	11
2.4.Схема і принцип дії пристрою .....	13
2.5. Випробовування і дослідження характеристик розробленого пристрою	14
ВИСНОВКИ.....	16
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	17

## ВСТУП

Електрика і магнетизм – це основні розділи фізики, які на даному етапі розвитку людства визначають науково-технічний прогрес: радіоелектроніка, напівпровідники, електростанції, обробка, передача і зберігання інформації, управління апаратом, що знаходиться на великій відстані або в небезпечній зоні, автоматизація технологічних процесів тощо [1].

Однією із умов розвитку людства є необхідність збільшення отримування людством електроенергії. Так, в найбільш розвинутих країнах світу більше 50% всієї електроенергії виробляють на атомних електростанціях.

Виходячи з того, що зупинити пізнання світу і технічний прогрес неможливо, мабуть, треба більш доцільно використовувати вже існуючі джерела енергії, застосовувати екологічно безпечні і відновлювальні. Такими джерелами є енергія Сонця (сонячні батареї, сонячні колектори, природні явища, зумовлені випромінюванням енергії цим світилом на Землю, кругообіг води в природі, вітер, ріст рослин, м'язова сила тварин і людини і т.і.).

Таким чином, одним із викликів людству в умовах науково-технічного прогресу є енергоресурси. Недарма первісні цивілізації (Єгипет, Вавилон, Аккад) виникли на тих частинах земної кулі, де достатня кількість енергії надходить від Сонця[2]. Звідси зрозуміло, чому єгиптяни поклонялися богу Сонця Ра, бо Сонце – це джерело життя на Землі. Енергія, яку отримує Земля від Сонця, в сотні тисяч разів більша від енергії, що виробляє людство.

Різноманітність і багатство проявів електричних і магнітних явищ дає надію на подальші розвиток їх застосування і вдосконалення. Закони електрики і магнетизму лежать в основі будови і дії різноманітних радіотехнічних, електротехнічних, комп'ютерних та багатьох інших приладів і пристроїв, без яких неможливо уявити сучасне життя.

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1. Загальний огляд джерел струму

Джерела струму - це пристрої, що перетворюють різні види енергії в електричну[3]. По виду перетворюваної енергії джерела електричної енергії можуть бути поділені на хімічні і фізичні. Хімічні джерела струму - це пристрої, які виробляють електричну енергію за рахунок окислювально-відновних реакцій між активними речовинами, що входять до їх складу. До хімічних джерел відносяться первинні (електричні елементи і батареї із них), які можуть бути використані одноразово і вторинні (акумулятори і акумуляторні батареї), що призначені для багаторазового використання. Хімічне джерело струму складається із негативного і позитивного електродів, занурених в рідкий або пастоподібний розчин електроліту. Електрорушійна сила таких елементів 1,1-1,6В. Внутрішній опір таких елементів складається з опору електроліту і опору приелектродної плівки, що виникає при поляризації електродів.

Фізичні джерела струму – це пристрої, що перетворюють механічну, теплову, електромагнітну, світлову, радіаційного випромінювання, ядерного розпаду енергію. До фізичних джерел струму відносяться турбогенератори і гідрогенератори, теплогенератори, магнітогідродинамічні генератори, термоемісійні перетворювачі, сонячні батареї, атомні і ізотопні батареї.

У всіх типах генераторів первинна енергія - це енергія, яку одержують шляхом спалення вугілля, газу, торфу(теплові електростанції); енергія, що виділяється при радіоактивному розпаді (атомні електростанції), енергія вітру (вітросилові електростанції), енергія Сонця (сонячні електростанції). В останніх електрична станція використовує сонячне випромінювання. З допомогою системи дзеркал, сонячні промені збирається в пучок і направляються на паровий котел. Одержаний пар направляється на парову турбіну, яка приводить в рух турбогенератор.

## 1.2. Джерела струму для гаджетів

Під назвою гаджет в даній роботі розуміють пристрій для зв'язку, передачі, обробки і збереження інформації (мобільні телефони, смартфони, плеєри та інші), живлення яких електричною енергією здійснюється без ліній електропередач, тобто автономно. Розрізняють автономні джерела струму конструктивно об'єднані із споживачем (наприклад, електричні елементи або акумуляторні батареї в малогабаритних радіоприймачах, кишенькових електричних ліхтариках, мобільних телефонах і ін.) і незалежні (пересувні електростанції, зокрема, енергопоїзди). Виконаний нами аналіз різних джерел струму гаджетів показав, що потужність, яку вони споживають, не перевищує 10Вт. Наприклад, для живлення мобільного телефону споживана потужність джерела струму становить близько 5Вт, кишенькового ліхтарика-1,5Вт.

Основні джерела струму, які використовують для живлення гаджетів, такі:

- хімічні джерела;
- літій-іонні батареї;
- сонячні батареї.

Як приклад хімічного елемента розглянемо елемент Даніеля, у якого цинковий електрод занурений у розчин цинкового купоросу, а мідний - розчин мідного купоросу. Обидва розчини відокремлені пористою перегородкою. Електрорушійна сила дорівнює 1,1В. Цинковий електрод має негативний потенціал, а мідний - позитивний. Якщо електроди замкнуті металевим провідником, то у зовнішньому колі електроди будуть рухатись від цинкового електрода до мідного. Для відновлення рівноваги іони цинку будуть приходити в розчин, а іони міді осідають на мідному електроді.

Недоліки хімічних джерел для гаджетів наступні:

- мала ємність;
- відносно велика маса;
- малий струм;
- неможливість підзарядки.

Принцип роботи літій-іонної батареї заснований на переміщенні негативно заряджених іонів літію між позитивними і негативними електродами в процесі зарядки і розрядки. Металевий літій у цих процесах участі не бере[4]. Наявність негативно зарядженого електрода, який приймає і віддає іон, є загальними для всіх систем. Існує широкий вибір матеріалів, придатних для реалізації, а також здатний забезпечувати різницю потенціалів між електродами до 3В.

Для нормальної роботи будь якої електрохімічної батареї необхідно, як мінімум, три компоненти: два електроди і електроліт, що забезпечує перенесення іонів. У батареях електроліт може бути рідким, твердим і желеподібним. Конструктивно літій-іонні акумулятори виготовляють в циліндричному і призматичному варіантах.

У циліндричних акумуляторах згорнутий у вигляді рулону пакет електродів і сепаратора вмонтований у металевий корпус, з яким з'єднаний негативний електрод. Позитивний полюс акумулятора, як правило, виготовлений із оксиду кобальта, виведений на кришку через ізолятор. Призматичні акумулятори виготовляються шляхом складання прямокутних пластин одна на одну. Конструкція літій-іонних батарей абсолютно герметична. Вимога абсолютної герметичності визначається неприпустимістю витікання рідкого електроліту, а також недопустимістю потрапляння в акумулятор кисню і вологи, оскільки вони реагують із матеріалами електродів і електроліту. При розгерметизації акумулятор повністю виводиться із ладу.

Літій-іонні акумулятори мають найбільш досконалий захист порівняно з іншими типами батарей.

Система захисту містить такі елементи:

- вимикач, що спрацьовує при досягненні на елементі батареї напруги 4,3В;
- термозапобіжник, який при нагріванні батареї до 90°C від'єднує ланцюг її завантаження;
- вимикач, що спрацьовує при досягненні тиску 1034 кПа;
- вимикач, що спрацьовує при зниженні напруги до 2,5В.

Таким чином, літій-іонні батареї дорожчі і небезпечніші відносно інших хімічних джерел струму. Суттєвими їх перевагами є:

- висока енергетична ємність до 0,2кВт год/кг;
- значне число циклів заряд/разряд до 1000;
- малий саморозряд до 7% в рік.

Сонячна батарея-це пристрій, що перетворює енергію світлового випромінювання в електричну енергію. Поява електрорушійної сили відбувається тоді, коли енергія фотона витрачається на перехід електрона в стан з більшою енергією. Внеоднорідних напівпровідниках, зокрема в р-переходах кремнію. Такі р-п переходи отримують в результаті легування елементами третьої групи (бора, алюмінію) і п'ятої групи (фосфору, стибію) відповідно. При освітленні виникає напруга близько 0,4В. Такі елементарні пристрої називають фотоелектричними комірками або фотодіодами. Збірка таких фотодіодів, з'єднаних послідовно та паралельно називається сонячною батареєю і розміщується на панелі в алюмінієвій рамці, захищеній склом, що запобігає їх забрудненню. Коефіцієнт корисної дії сонячних батарей із кремнієвих фотодіодів досягає 10%, а із арсеніду галію- 20 %. Сонячні батареї з фотодіодів на основі сульфату кадмію, що випускаються у вигляді тонких гнучких плівок, застосовуються для живлення апаратури космічних станцій і супутників. При збільшенні температури навколишнього середовища вихідна напруга сонячної батареї зменшується за лінійним законом. Квадратний метр сонячних батарей коштує близько 400 євро, вихідна потужність складає 100-300Вт.

Переваги сонячних батарей наступні:

- мала маса;
- тривалий термін експлуатації;

До їх недоліків можна віднести:

- неможливість виробляти енергію вночі;
- різку залежність вихідної потужності від кута падіння променів, що потребує використання автоматичних систем орієнтування у просторі;
- зниження вихідної потужності в умовах підвищеного радіаційного фону і проникаючої радіації.

- забруднення, яке знижує коефіцієнт корисної дії батареї.

### 1.3. Постановка задачі

Аналіз генераторів електричного струму для живлення гаджетів показав наступне:

- найбільше застосування знаходять літій-іонні батареї;
- застосування сонячних батарей хімічних джерел струму обмежене;
- можлива зарядка літій-іонних батарей до 1000 разів;
- струм зарядки літій-іонних батарей становить 0,4-0,8А.

Порівняння побутових хімічних і літій-іонних джерел струму, показало, що перші мають внутрішній опір більший і менший стум зарядання. З наведеного випливає, що застосування хімічних джерел для живлення і підзарядання через їх малий струм (великий внутрішній опір) можливе тільки при послідовно-паралельному з'єднанні. Це приведе до того, що маса такого джерела струму буде вбагато разів більша від маси самого гаджета. Крім того, хімічні джерела струму не відновлювальні, тобто вони одноразові. Суттєвим їхнім недоліком є мала потужність, яка в більшості випадків менше від 10Вт.

Мета роботи - розробка і дослідження джерела електричного струму для зарядання і живлення гаджетів у польових умовах за рахунок фізичного навантаження людини.



## РОЗДІЛ 2.

### РОЗРОБКА ДЖЕРЕЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

#### 2.1. Технічні умови для розробки джерела живлення

Джерело живлення гаджетів повинне забезпечувати безперервну роботу гаджета і служити як зарядний пристрій для нього. Технічні характеристики: напруга на виході близько 5-8В з можливістю регулювання; внутрішній опір повинен не перевищувати 6-8 Ом; зарядний струм і струм, що споживається гаджетом, повинен бути в межах 0,2-0,8 А; первинна енергія, тобто енергія за рахунок якої відбувається її перетворення в електричну, повинна бути відновлювальною. При подальшому удосконаленні цей пристрій повинен відповідати умовам дизайну, принципам ергономіки і бути конкурентоспроможним.

Аналіз технічних умов показав, що таким потребам може задовольняти генератор постійного струму, розрахований на напругу до 8 В і потужністю 10Вт. Первинною енергією для такого генератора можуть служити фізичні зусилля людини. Причому для підвищення ефективності їх використання людині необхідно здійснювати кругові рухи з якомога меншим підйомом частин тіла. Це може бути кисть руки, всі частини якої створюють обертальні рухи. Пробні випробування показали також на необхідність застосування мультиплікатора. В даному випадку мультиплікатор виконує функцію збільшення передавального відношення. Частота обертання вала на виході повинна бути значно вищою, ніж на вході.

#### 2.2. Принцип дії генератора струму

Принцип дії генератора постійного струму оснований на обертанні рамки в однорідному магнітному полі. Виводи провідника рамки підведені до півкілець, до яких, в свою чергу, пружинками притиснуті щітки.

Поява електрорушійної сили зумовлена законом електромагнітної індукції Фарадея: індуктивний струм у замкненому провідному контурі виникає кожного

разу при зміні магнітного потоку, який пронизує провідний контур[5]. Електрорушійна сила є прямо пропорційна швидкості зміни магнітного потоку[6]

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

Для однорідного магнітного поля

$$\phi = B \cdot S \cdot \cos\varphi \quad (2),$$

$d\phi$  – магнітний потік, Вб;  $B$ - індукція магнітного поля, Тл;  $S$ - площа провідного контура,  $m^2$ ;  $\varphi$ - кут між перпендикуляром до площини контура і напрямом індукції магнітного поля.

При обертанні рамки з постійною кутовою швидкістю кут  $\varphi$  змінюється з часом за законом

$$\varphi = \omega t \quad (3)$$

Тоді із (2) і (3) випливає, що

$$\phi = B \cdot S \cdot \cos\omega t \quad (4)$$

Візьмемо похідну від  $\phi$  за часом (рівняння)(4)

$$\frac{d\phi}{dt} = -BS\omega \sin\omega t \quad (5)$$

Підставимо (5) у рівняння (1), отримаємо

$$\varepsilon = BS\omega \sin\omega t \quad (6)$$

Із рівняння (6) випливає, що електрорушійна сила змінюється за гармонійним законом.

Конструктивно провідник рамки з'єднаний з півкільцями. Тоді виходить, що через кожні  $180^\circ$  змінюється знак електрорушійної сили і знак потоку вектора магнітної індукції. В результаті напрям струму не змінюється, але він буде пульсуючим і змінюватиметься за законом

$$I = \frac{SB\omega|\sin\omega t|}{R+r} \quad (7),$$

де  $R$  - навантаження, створене гаджетом,  $r$  - внутрішній опір провідного контура генератора. Для збільшення електрорушійної сили рамку виготовляють багатовитковою. В результаті струм зростає у число разів, що дорівнює кількості витків.

$$I = \frac{SB\omega N|\sin\omega t|}{R+r} \quad (8).$$

### 2.3. Вибір і розрахунок основних елементів джерела струму

Із рівняння (8) випливає, що для заданих значень індукції, площі, числа витків і навантаження  $R$  сила струму визначається частотою обертання  $n = \frac{\omega}{2\pi}$  і опором обмотки провідного контура  $r$ . Сила струму прямо пропорційна частоті обертання. При виборі генератора постійного струму значення  $S$  оцінювали за міделевим перерізом. Відношення частот обертання на вході і виході мультиплікатора визначили відношенням кількості обертів на виході при одному оберті на вході. Отримане число дорівнювало 5,5.

Відношення діаметрів шківів маховика і генератора було вибрано як 8:1. Таким чином, при частоті обертання мультиплікатора на вході 1 Гц вал двигуна обертася з частотою  $n = 2 * 5,5 * 8 = 44$  Гц. Із усіх випробуваних генераторів струму відібрали ті, опір яких був меншим 10 Ом. При внутрішньому опорі більшому 30 Ом і електрорушійній силі до 10 В не вдалося одержати струм зарядки гаджета більшим за 0,2 А. Тому був вибраний генератор із внутрішнім опором 8 Ом.

Для зниження енергії, що споживає табло, був вибраний світлодіод, що починав світитися при провідженні струму 20 мА.

Розрахунок низькочастотного фільтра проводився за співвідношенням  $\tau = RC$ . В результаті був вибраний малогабаритний конденсатор ємністю 100 мкФ, розрахований на напругу 10 В.

Експериментальна оцінка потужності кисті руки виконала за допомогою тягарця масою 1кг і секундоміра. Розрахунок був виконаний за співвідношенням:

$$P=A/t \quad (9),$$

де  $A$ -робота, Дж;  $t$ -час обертання, с.

Робота оцінювалась за формулою

$$A = kmghN \quad (10),$$

де  $m$ -маса тягарця, кг;  $g=9,8\frac{M}{c^2}$ - прискорення вільного падіння;  $h=d$ , м – діаметр кола, що описує кисть руки;  $N$  – кількість повних обертів;  $t$ , с – час експерименту;  $K \geq 2$  – коефіцієнт, що враховує роботу гальмування.

Після підстановки (10) в (9) отримаємо:

$$P = \frac{kmghN}{t} \quad (11)$$

Враховуючи, що

$$\frac{N}{t} = \nu \quad (12)$$

( $\nu$  - частота обертання, Гц), отримаємо

$$P = Kmgd\nu \quad (13)$$

**Для  $m=1\text{кг}$ ;  $g=10\frac{M}{c^2}$ ;  $d=0,12\text{м}$ ;  $N=180$ ;  $t=60\text{с}$ ;  $K=2$  отримаємо  $P \approx 8\text{Вт}$ .**

В дійсності потужність кисті значно більша, тому що виконується робота по підніманню і гальмуванню самої кисті, а також робота сил тертя в суглобах[4].

## 2.4. Схема і принцип дії пристрою

Схема запропонованого пристрою показана на рис.1.

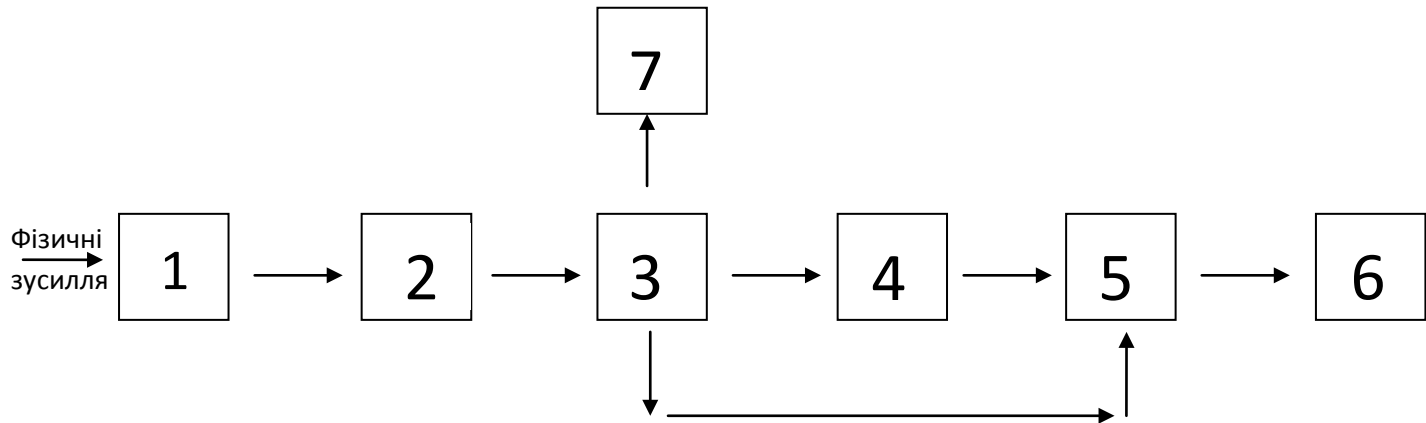


Рис. 1 Блок-схема джерела живлення

- 1 – мультиплікатор;
- 2 – маховик;
- 3 – генератор постійного струму;
- 4 – фільтр;
- 5 – система захисту;
- 6 – гаджет;
- 7 – інформаційне табло (світлова і цифрова інформація).

Джерело живлення працює таким чином. З виходу мультиплікатора обертовий момент передається на маховик. При розкручуванні маховика 2, який згладжує механічні пульсації, момент передається на вал генератора 3. На виході генератора появляється напруга. Пульсуюча напруга подається на вхід фільтра 4. Система захисту 5 – це малогабаритні слабострумні реле  $P_1$  і  $P_2$ . При досягненні мінімально необхідної напруги на виході генератора реле  $P_1$  замикає нормально розімкнуті

контакти і напруга подається на розйом живлення чи підзарядку гаджета 6. Інформаційне табло 7 індукує роботу генератора (появу напруги – світлодіод і величину напруги – цифровий вольтметр)

2.5. Випробовування і дослідження характеристик розробленого джерела струму

Для дослідження сконструйованого джерела струму були використані такі вимірювальні прилади:

- аналоговий мультиметр Ц4353;
- цифровий мультиметр ДТ-830В;
- секундомір.

Як гаджет був використаний мобільний телефон SAMSUNG 2010р. випуску, для зарядки якого необхідно забезпечити напругу 5 В і силу струму 0.7 А. На першому етапі буда досліджена експериментальна залежність вихідної напруги джерела від частоти обертання генератора постійного струму (рис.2).

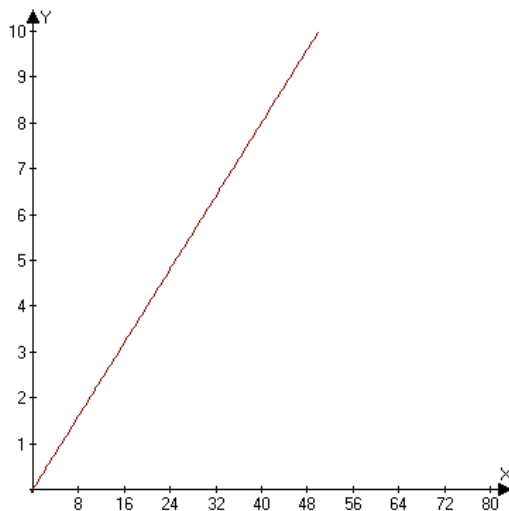


Рис.2. Експериментальна залежність вихідної напруги від частоти обертання генератора

Встановлено, що ця залежність добре корегує з рівнянням (11). Струм навантаження досягає 0,7А при напрузі на виході генератора 6 В. Встановлено

також, що заряджання мобільного телефону відбувається при напрузі до 3,5 В. Струм зарядки протікав при умові, що напруга на виході джерела була більша від напруги на літій-іонній батареї при відімкненому джерелі.

## ВИСНОВКИ

Літературний огляд і вичення данної теми показали, що зараз не існує джерел струму для електроживлення гаджетів в польових умовах при відсутності автономних джерел. По результатах даної роботи можна зробити наступні висновки:

- показана можливість створення джерела струму для роботи в польових умовах;
- розроблено і сконструйовано джерело живлення, що забезпечує напругу на виході від 1,5 В до 6 В;
- струм через завантаження можна змінювати в межах 0,15-0,7А;
- проведено випробовування джерела для живлення мобільного телефону SAMSUNG;
- при подальшому вдосконаленні воно може бути використано у Збройних силах України.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безденежных Е.А. Физика в живой природе и медицине / Е.А. Безденежных, Н.С. Брикман. –К. : Рад. школа, 1976. – 200с.
2. Всесвітня історія / Б.М.Гончар, М.Ю.Козицький, В.М. Мордовинцев та ін. – К. : Знання, 2000. – 324с.
3. Кучерук І.М. Загальний курс фізики / І.М. Кучерук,І.Т. Горбачук, П.П. Луцик. – К. : Техніка, 2001. – Т. 2. Електрика і магнетизм. – 452с.
4. Мякишев Г.Я. Физика / Г.Я.Мякишев, Б.Б.Буховцев. – М. : Просвещение, 1991. – 254с.
5. Советский энциклопедический словарь/ А.М. Прохоров, М.С. Гиляров, Е.М. Жуков и др. – 4-е изд.– М. : Сов. энциклопедия, 1989. – 1632с.
6. Физический энциклопедический словарь/ Гл. ред. А.М. Прохоров.– М. : Сов.энциклопедия, 1984. – 944с.

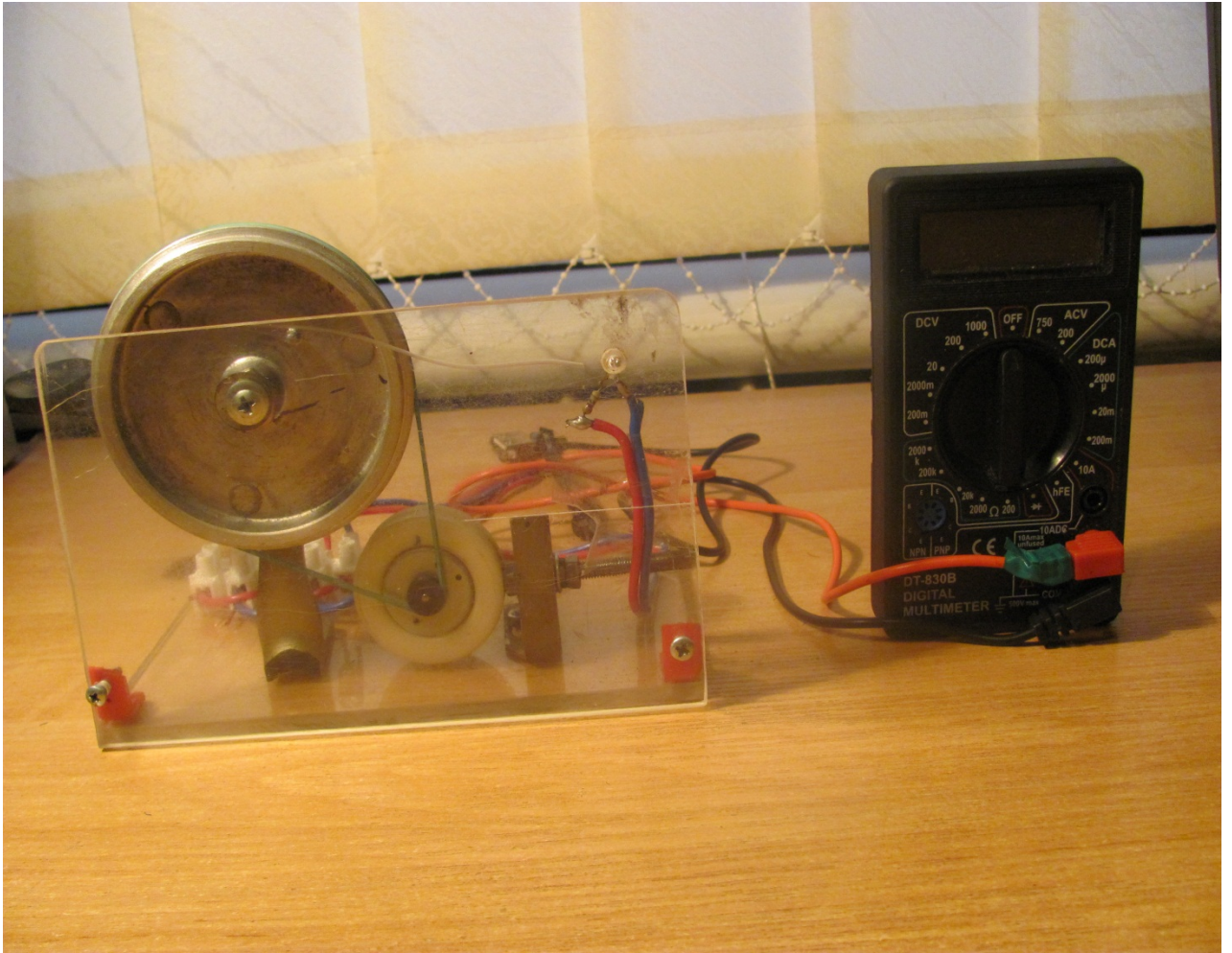


Рис.1. Розробка. Джерело живлення гаджетів.

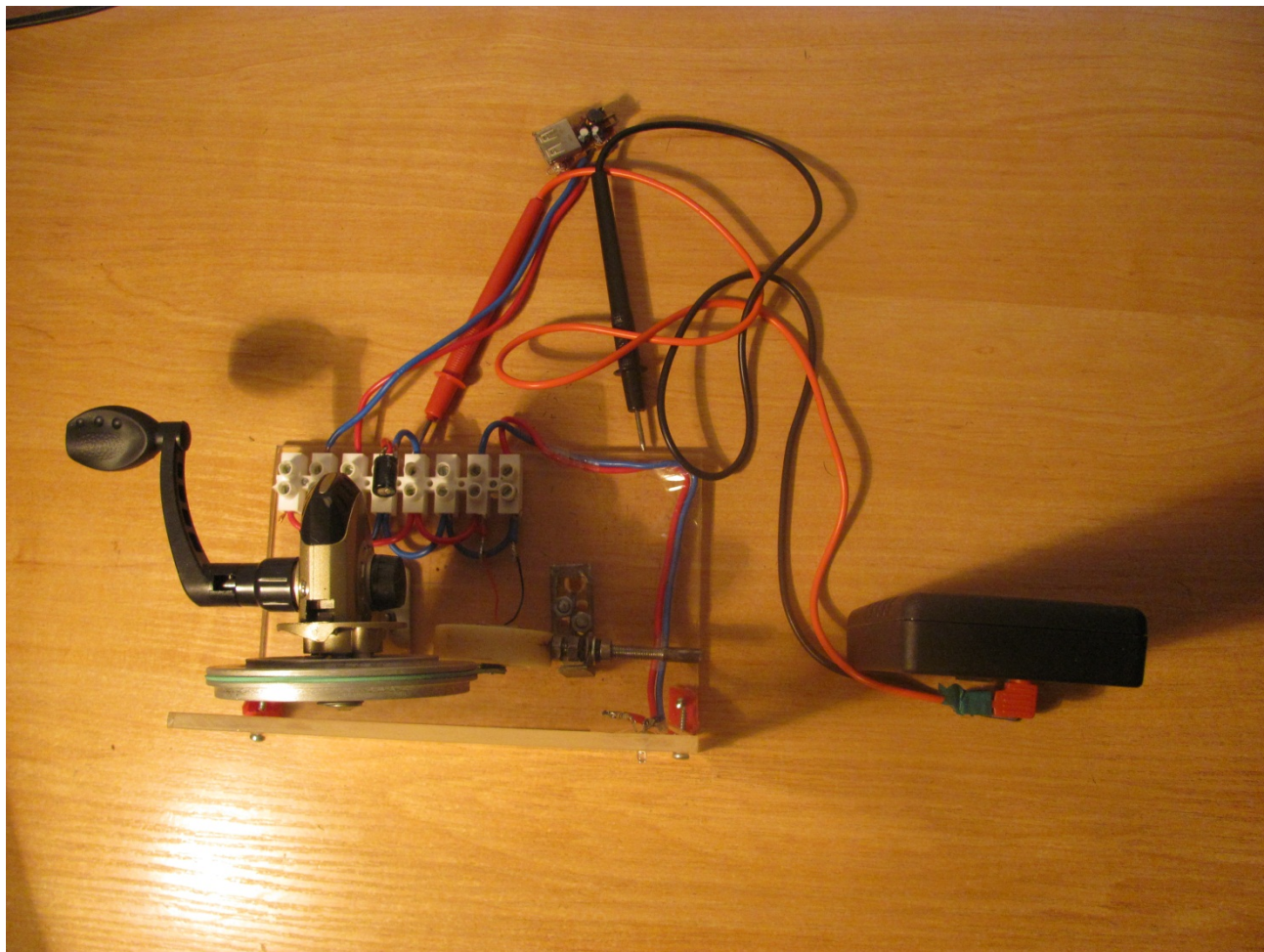


Рис.2. Розробка. Джерело живлення гаджетів.

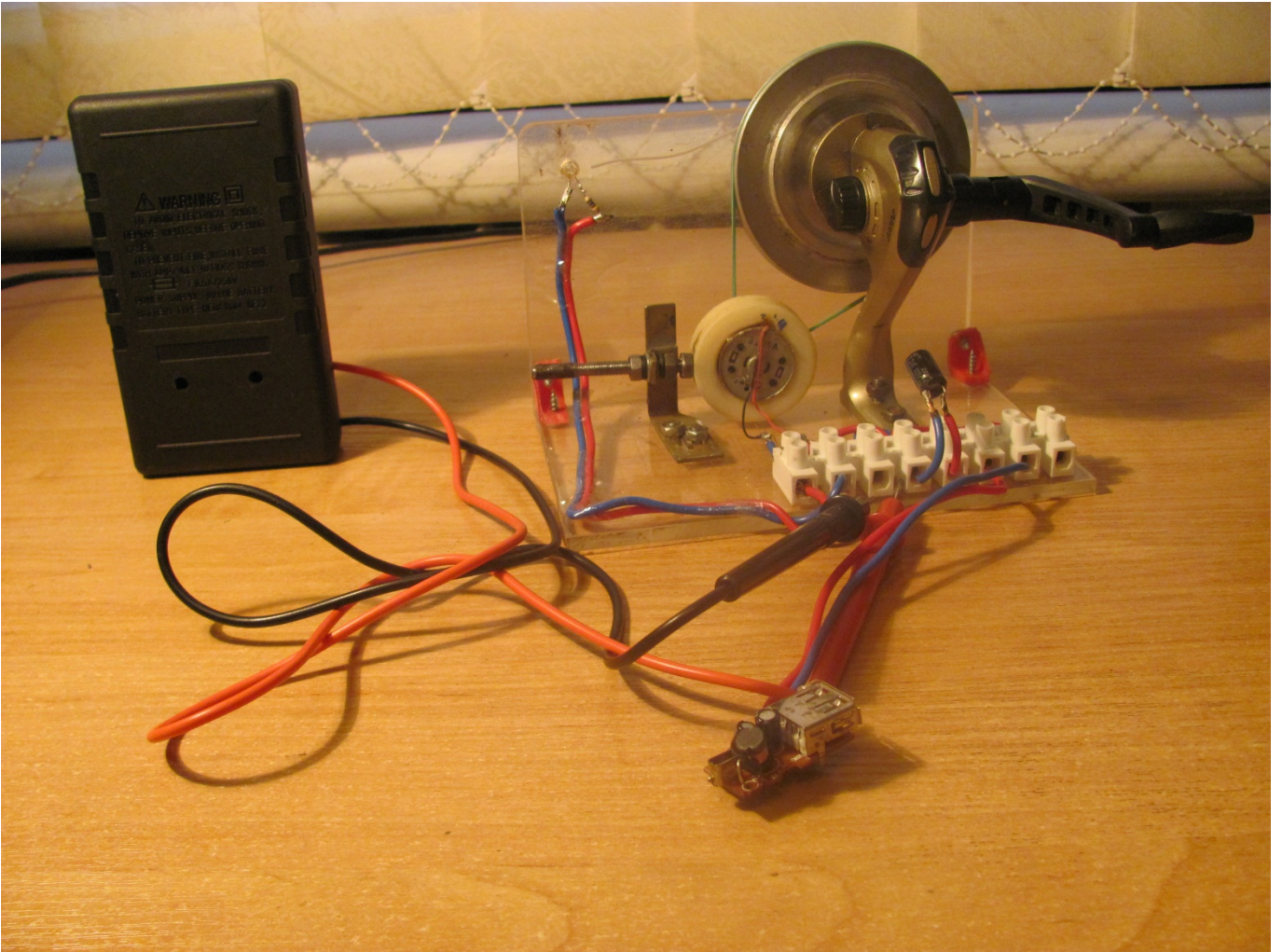


Рис.3. Розробка. Джерело живлення гаджетів.

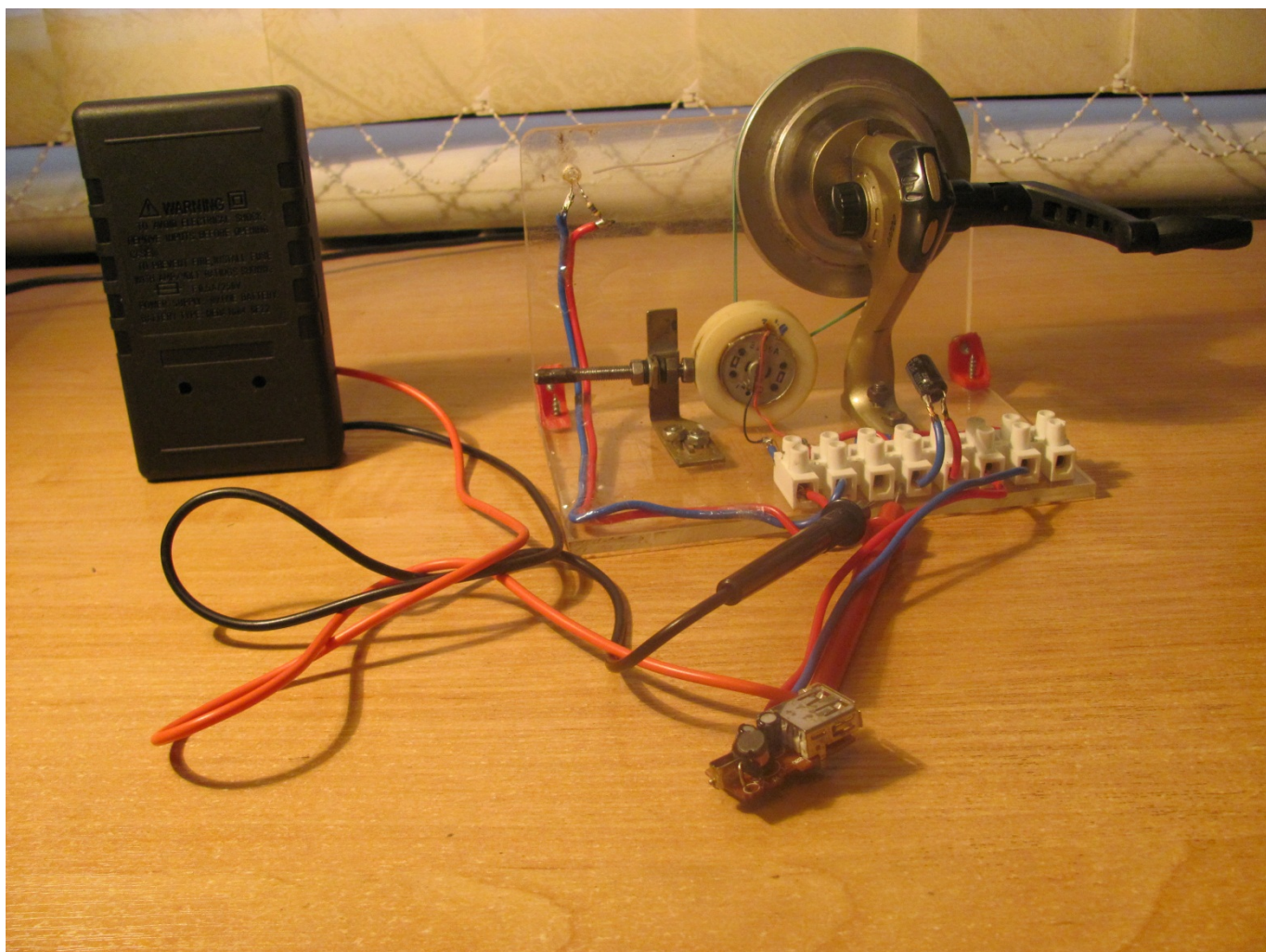


Рис.4. Розробка. Джерело живлення гаджетів.

