



Serge Rakarskiy

НАД ЄДНІСТЬ

Електродинаміки

ГЕНЕРАТОР + ДВИГУН

ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

DC MOTORS AND GENERATOR

OVER UNITY * ELECTRODYNAMICS

Київ, УКРАЇНА

Авторське право © 2024 «Сергій Ракарський», незалежний дослідник систем над єдністю .

<https://www.patreon.com/user/posts?u=75063604>

Незалежне видання: eBook. Формат PDF, 46 сторінок

Немає обмежень для розповсюдження. При цитуванні посилання на дане джерело обов'язково.

Кожна людина має право на свободу переконань і на вільне вираження їх; це право включає свободу безперешкодно дотримуватися своїх переконань і свободу шукати, одержувати і поширювати інформацію та ідеї будь-якими засобами і незалежно від державних кордонів.

*Організація Об'єднаних Націй.
Загальна декларація прав людини. Стаття 19*

Київ, Україна, березень 11, 2024.

Вступ

Друзі, це сталося! Я навіть не очікував отримати такої результат розрахунку при застосуванні простіших мотора і генератора постійного струму. Ми всі зі школи знаємо, що існує двигун постійного струму. Що він досить потужний для маленьких розмірів. Освіта в своїх підручниках вказує: що цій простий двигун використовують без суттєвих змін принципу дії та конструкції. Крім двигуна постійного струму існує електромагнітний генератор постійного струму. Ці дві машини мають ефект зворотності.

Ми розглянемо деякі цікаві питання, співвідношення та зробимо розрахунки. Як що ви вперше цікавитесь електрикою, приладами генерації електрики я сподіваюсь вам буде корисний цій матеріал.

Розглянемо з точки зору логіки, такі явища як: Закон Ома; електромагнітна індукція (ЕРС) та силу Ампера. Що насправді відрізняє та об'єднує такі прилади джерела електрики: генератор напруги та генератор струму. Розглянемо як працює електричний ланцюг, як працює мережа та інше.

Сьогодні ні один науковець вам точно ні дасть відповіді, що таке електричне поле, магнітне поле. На даний час всі наукові тлумачення явищ електрики та магнетизму це наукові концепції, які взяти за основу. Тому в цьому матеріалі я буду опиратися на логіку та здоровий глузд. Рахуйте що це моя концепція.

Є така мета, щоб після ознайомлення, змогли розбиратися в явищах які утворюються в вашої розетці. Ва зможете самі розрахувати простіші електричні схеми, розрахувати простіший електричний двигун або генератор. Головне ми розрахуємо мотор та генератор у режимі над єдності, без порушень якісь там постулатів фізиці.

Сергій Ракарський

Незалежний дослідник систем надєдності
patreon.com

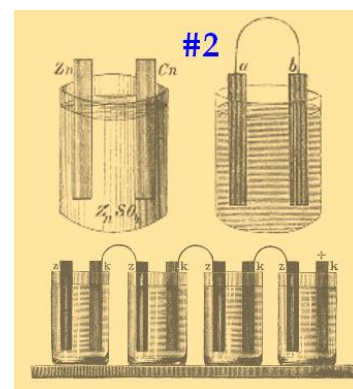
С чого ж почати? Вважаю що почати потрібно з початку, відкриття гальванічної батареї джерела електричної напругі постійного струму. Під час дослідів з електрикою, які проводились науковцями у XVIII столітті, помічали перехід електрики з скляного круга, що натирався, на кондуктор. Багато раз пробували розряджати «лейденську банку» через довгий ланцюг людей, що взялися за руки, але ніхто не висловив ясної думки про можливість тривалого плину електрики провідниками. Відкриттю електричного струму передували досліді італійського анатома Луїджі Гальвані. В один з осінніх днів 1780 року Гальвані провів експеримент з метою з'ясувати, чи викликає такі ж рухи в лапці електрика блискавки. Для цього Гальвані підвісив на латунних гачках декілька жаб'ячих лапок у вікні, закритому залізними ґратами. І він виявив на протилежність своїм очікуванням, що скорочення лапок відбуваються у будь-який час, поза всякою залежністю від стану погоди. Виявлення електричного струму все ще залишалося таємницею. Де ж з'являється струм: тільки в тканинах тіла жаби, тільки у різномірних металах чи ж в комбінації металів і тканин? На щастя, історія розпорядилася так, що результати дослідів Гальвані, викладені ним в його знаменитому «Трактаті про електричні сили при м'язовому русі», який побачив світ в 1791 році, потрапили на очі італійському ученому Алессандро Вольта. Приголомшений Вольта перечитує трактат і знаходить в ньому те, що випало з-під уваги самого автора, – згадку про те, що ефект здригання лапок спостерігався лише тоді, коли лапок торкалися двома різними металами. Вольта вирішує поставити видозмінений дослід, але не на жабі, а на самому собі. *«Признаюся, – писав він, – я з невірою і дуже малою надією на успіх приступив до перших дослідів: такими неймовірними здавалися вони мені, такими далекими від всього, що нам досі відомо було про елек трику... Нині я звернувся до дослідів, сам був очевидцем, сам проводив дивну дію і від невіри перейшов, можливо, до фанатизму!».*

Відтепер Вольту можна було побачити за дивним заняттям: він брав дві монети – обов'язково з різних металів – і... клав їх собі до рота – одну на язик, іншу – під язик. Якщо після цього монети або кружечки Вольта сполучав дротинкою, він відчував кислуватий смак, той самий смак, але набагато слабкіший, що ми можемо відчутти, лизнувши одночасно два контакти батарейки. З дослідів, проведених раніше з електрофором, Вольта знав, що такий смак викликається електрикою. Вольта припустив, що причиною явища, яке спостерігав Гальвані, служила присутність двох різних металів. Керуючись цією думкою, він поставив багато дослідів і, нарешті, зробив важливе відкриття, про що і повідомив у 1800 році Лондонському королівському товариству. Вольта писав, що він знайшов нове джерело електрики, яке діє подібно до батареї слабо

заряджених «лейденських банок». Проте на відміну від гальванічної батареї його прилад заряджається сам собою і розряджається безперервно. При цьому він дав і опис свого приладу. Вольта влаштував свій прилад так. Він поставив один на одного декілька дюжин попарно зібраних цинкових і мідних кружків, розділених папером, змоченим соляною водою. Коли експериментатор торкався однією рукою до нижнього – мідного, а іншою – до верхнього цинкового кружка, то одержував сильний електричний удар. При цьому прилад не розряджався, і скільки б разів він не торкався кружків, удар повторювався, тобто заряд електрики виникав безперервно. Таким чином, Вольта одержав перше досить могутнє джерело електрики – знаменитий «вольтів стовп», що склав цілу епоху в історії фізики (мал. #1). Так було відкрите нове явище – безперервний рух електрики в провіднику, або електричний струм. Створення першого



джерела електричного струму зіграло величезну роль в розвитку науки про електрику і магнетизм. Сучасник Вольта французький учений Араго вважав вольтів стовп *«над одиничним приладом, коли небудь винайде ним людьми, не виключаючи телескопу і парової машини»*. Відразу слідом за цим Вольта зробив ще один великий винахід: він винайшов гальванічну батарею, пишно названу «короною судин», що складалася з багатьох послідовно сполучених цинкових і мідних пластин, опущених попарно в судини з розбавленою кислотою, – вже досить солідне джерело електричної енергії (мал. #2). Можна вважати, що з того дня джерела постійного електричного струму – вольтів стовп і гальванічна батарея – стали відомі багатьом фізикам і знайшли широке застосування в подальших дослідженнях.

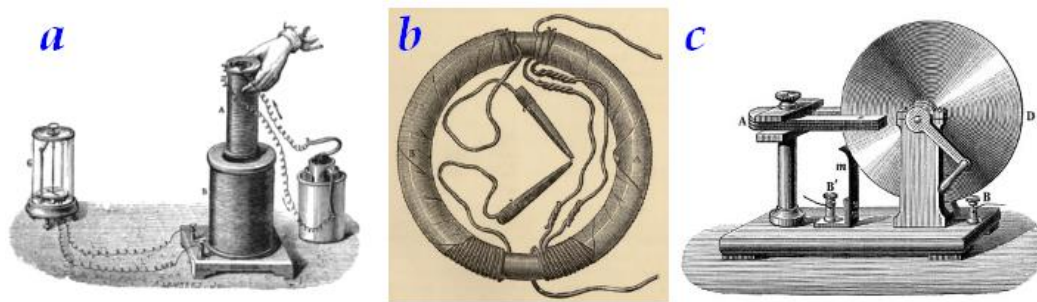


Прилад Вольта спонукав учених до роботи над винаходом подібних джерел струму. З цього почалася ера джерел постійного струму які нам відомі як батарейки які ми з вами замінюємо в багатьох наших приладах, та акумуляторні батареї які досить виконують функцію накопичувача електричної енергії. Ці прилади накопичувача та джерела постійного електричного струму вдосконалюються і сьогодні.

Відкриття явища електромагнітної індукції англійцем Майклом Фарадеєм у 1831 році. Електромагнітна індукція була відкрита 29 серпня 1831 року

Майклом Фарадеєм. Хоча спочатку це явище помітив інший видатний вчений Ханс Християн Ерстед. Проводячи свої досліди, він виявив, що якщо магнітну стрілку помістити біля контуру, по якому пропускається електричний струм, то стрілка відхиляється. Після він висунув припущення, що якщо електричний струм здатний породити явище магнетизму, то, швидше за все, можливо і зворотне явище, коли магнітне поле породжує електричний струм. Фундаментально довести своє припущення Ерстед не зміг, тому слава у відкритті явища електромагнітної індукції дісталася Фарадею, який власне і продовжив починання свого колеги. Цікаво, що на пальму першості в цьому відкритті крім Фарадея претендував американський фізик Джозеф Генрі. Він також зміг провести успішні досліди по індукції струмів. Але поки американець вирішувалося опублікувати результати своєї роботи, Фарадей випередив його.

Досліди Фарадея з індукції:



- a) При русі магнітного осердя всередині дротяної котушки в ній виникає струм
- b) Котушка Фарадея «Трансформатор»: при включенні або виключенні струму в одній обмотці реєструється струм в іншій
- c) Диск Фарадея, перший уніполярний генератор

Електромагнітна індукція – це явище виникнення електричного струму (індукційного струму) в замкнутому провіднику (контурі) при впливі на нього змінюється в часі магнітного поля. При цьому для реалізації цього явища не важливо, рухається провідник або джерело магнітного поля. Завдяки цьому явища стала можлива робота електрогенераторів та інших електричних машин.

Закон електромагнітної індукції Фарадея є основним законом електродинаміки, що стосуються принципів роботи трансформаторів, дроселів, багатьох видів електродвигунів і генераторів. Закон говорить:

Для будь-якого замкнутого контуру індукована електрорушійна сила (ЕРС) дорівнює швидкості зміни магнітного потоку, що проходить через цілий контур, взятого зі знаком "мінус". або іншими словами: Генерована ЕРС пропорційна швидкості зміни магнітного потоку.

Формула даного закону має вигляд:

$$E = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

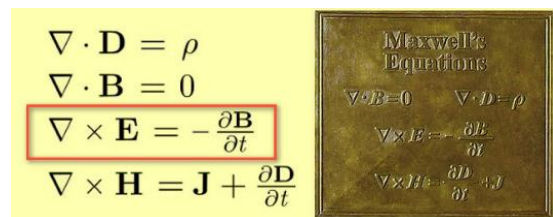
Де: E – електрорушійна сила (у вольтах);
 $\Delta\Phi$ – магнітний потік (у веберах);
 Δt – модуль швидкості зміни магнітного потоку.

якій можливо розрахувати за формулою: $\Phi = BS \cos\alpha$ (B – вектор магнітної індукції (у теслах); S – площа дії вектору магнітної індукції в якому перебуває / рухається провідник (m^2); \cos – угла $[\alpha]$ за яким спрямована дія вектору магнітної індукції до провідника в цьому потоку.

ЕРС індукції в замкненому контурі дорівнює за модулем швидкості зміни магнітного потоку через поверхню обмежену магнітним контуром $\Phi = BS \cos\alpha$.

Джеймс Клерк Максвелл (13 червня 1831, Единбург, Шотландія — 5 листопада 1879, Кембридж, Англія) — шотландський вчений, який створив теорію електромагнітного поля і на підставі її зробив висновок, що змінні електричне і магнітне поля тісно пов'язані одне з одним, утворюючи єдине електромагнітне поле, яке поширюється у вигляді електромагнітних хвиль зі швидкістю світла. Цікаво що Максвелл народився у рік відкриття Фарадеєм явища електромагнітної індукції

Рівняння Максвелла — це основні рівняння класичної електродинаміки, які описують електричне та магнітне поле, створене зарядами й струмами.



$\text{div } D = \rho$ – (Закон Гауса для електрики) Джерело електричного поля — заряди

$\text{div } B = 0$ – (Закон Гауса для магнітного поля) Не існує заряду магнітного поля, силові лінії магнітного поля замкнені.

$\text{curl } E = -dB/dt$ – (Закон Фарадея) Змінне у часі магнітне поле викликає вихрове електричне поле.

$\text{curl } H = dD/dt + J$ – (Закон Ампера, розширений Максвеллом) Електричний струм і змінне електричне поле створюють магнітне поле.

- D — електрична індукція [Кл / м²]
- B — магнітна індукція [Т]
- E — напруженість електричного поля [В / м]
- H — напруженість магнітного поля [А / м]
- j — густина струму [А/м²]
- ρ — густина заряду [Кл / м³]
- $\nabla \cdot$ — оператор дивергенції [1/м],
- $\nabla \times$ — оператор ротора [1/м].

Ротор (також відомий як диференціальний оператор ротора або векторний оператор ротації) — це векторний диференціальний оператор, який використовується в фізиці для вивчення вихрів та обертальних характеристик векторних полів. Він позначається різними способами:

rot (найпоширеніше в російськомовній літературі)

curl (в англомовній літературі, запропоновано Максвеллом)

$\nabla \times$ (як диференціальний оператор набла, векторно множений на векторне поле)

Результат дії оператора ротора на конкретне векторне поле називається ротором поля і представляє собою нове векторне поле. Це поле характеризує в некоторому сенсі вращальну складову поля в відповідних точках. Інтуїтивно, ротор вказує, наскільки і в якому напрямку закручено поле в кожній точці.

Як що простішою мовою,

$[\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho]$: \mathbf{D} — електрична індукція [Кл / м²]; ρ — густина заряду [Кл / м³]; $\nabla \cdot$ — оператор дивергенції [1/м]

Джерелом електричного поля є заряди.

Електричний заряд — фізична величина, яка характеризує здатність тіл створювати електромагнітні поля та брати участь в електромагнітній взаємодії. Електричний заряд звичайно позначають латинськими літерами q або великою буквою Q . Одиницею вимірювання електричного заряду в системі одиниць SI є кулон. Взаємодію електричних зарядів без врахування їх руху вивчає електростатика, а зарядів, що рухаються — електродинаміка. Рух електричних зарядів називається електричним струмом.

$[\nabla \cdot \mathbf{B} = 0]$: \mathbf{B} — магнітна індукція [Т]; $\nabla \cdot$ — оператор дивергенції [1/м]

Не існує заряду магнітного поля, силові лінії магнітного поля замкнені.

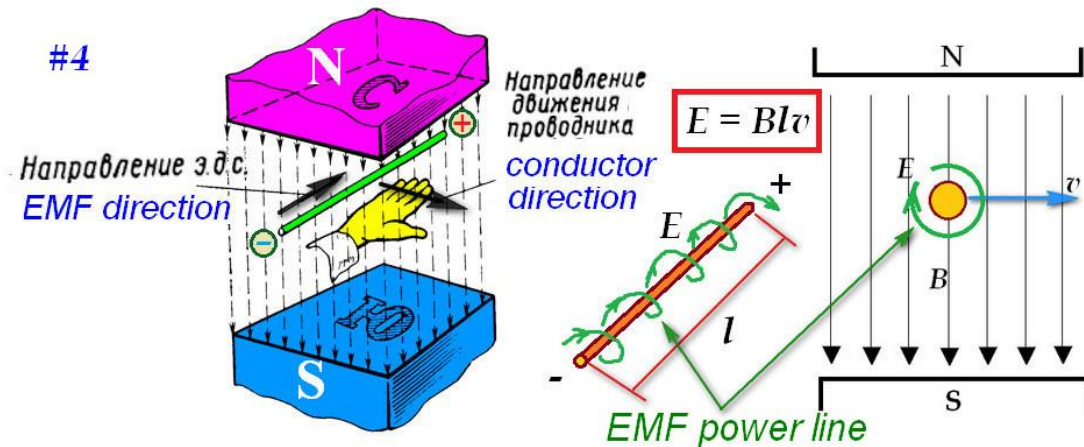
Магнітне поле – це область якогось об'єкта або електричного заряду, в якій діє магнітна сила, з вектором магнітної індукції.

До речі, ми досі не знаємо природу електричних зарядів або що є магнітне поле. Ясно тільки, що магнітне поле це результат дії якогось джерела, а електричне поле може накопичуватися і має потенціали, які можуть бути різними в одному полі. Магнітна індукція магнітних полюсів одного джерела магнітного поля дорівнює за значенням і протилежна за вектором дії. Магнітна індукція це векторна фізична величина, яка характеризує силову дію магнітного поля. В електричному полі є електрична індукція (електричний зсув) - векторна величина, що дорівнює сумі вектора напруженості електричного поля і вектора поляризованості. Електричне поле - створюється будь-яким зарядженим тілом, або змінним магнітним полем, що впливає на будь-яке заряджене тіло.

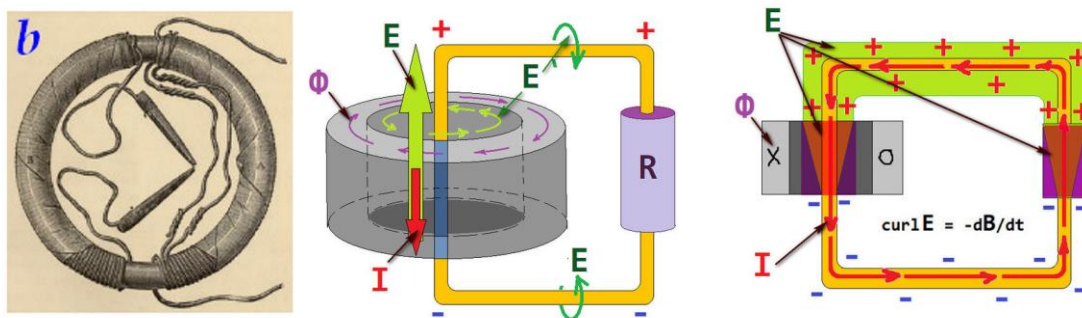
Зрозуміло тільки, що це різні явища, які між собою взаємодіють. Наступні рівняння Максвелла якраз розкривають це питання..

**[$\text{curl } \mathbf{E} = -d\mathbf{B}/dt$]: \mathbf{E} - напруженість електричного поля [В/м]; \mathbf{B} - магнітна індукція [Т]
 Змінне у часі магнітне поле викликає вихрове електричне поле.**

Це як раз, та сама дія, коли одне поле породжує інше, в даному випадку магнітне поле породжує електричне. Що об'єднує ці два поля? Не здогадалися? Їх об'єднує наявність силових ліній індукцій. Знайомий ще зі школи малюнок (мал.#4), якій пояснює як утворюється ЕРС на провіднику якій рухається у магнітному полі. Я додав структуру силової лінії електричного поля (*EFM power line*) яке утворюється.



Так, ви не помилилися, силова лінія має структуру спіралі навколо провідника. Визначити вектор ЕРС можливо за правилом правої руки чи гвинта. На малюнку зазначено контактний вид електромагнітної індукції, це коли силові лінії перерізають/перетинають провідник. Є ще один вид електромагнітної індукції, яке заперечує офіційна фізика. До речі Фарадей працював зі своєю індукційною котушкою (першим електричним трансформатором). Фактично він мав діло с двома видами індукцій (*можливо з трьома*): Взаємоіндукцією та електромагнітною індукцією (ЕРС) від зміни магнітного поля без контактного типу. Магнітні лінії які замкнуті у кільцевому сердечнику не можуть фізично перетинати провідник.



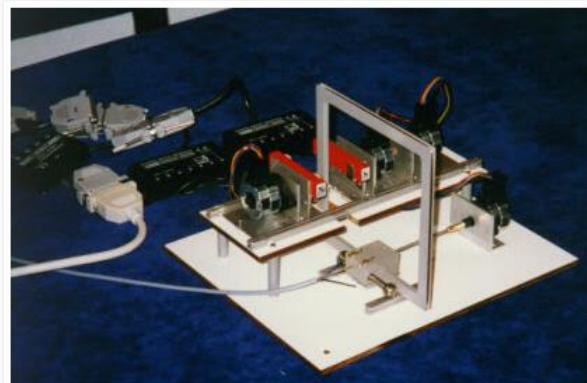
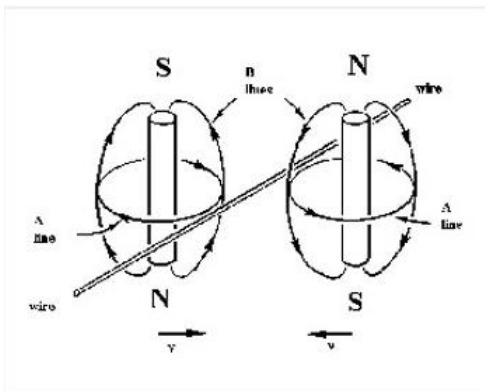
На малюнку зображена котушка Фарадея та принцип дії безконтактної ЕРС, яку фіксував Фарадей но на жаль не зміг побачити різницю.

Інженери визначають дану ЕРС за формулою трансформатору:

$$E = \frac{2\pi\Phi f}{\sqrt{2}} = 4.44\Phi f$$

Явище даної форми ЕРС фізики не розкривають, але всі синхронні електромагнітні генератори з сердечниками, де котушки намотані на стержні або закладені у закритий паз, працюють за принципом даної ЕРС. Парадокс.

Утворення ЕРС на поверхні провідника у фокусі мінливого магнітного поля продемонстровано в експерименті Крістіана МОНШТЕЙНА [Швейцарія 1997], в якому було створено умови для провідника, коли він потрапляв у фокус мінливого неоднорідного магнітного потоку.



Підведемо підсумок явища, електромагнітна індукція, де первинна діюча магнітна індукція яка діє на провідник, на провіднику утворює явище виникнення силових ліній електричного поля з різницею електричних потенціалів на кінцях провідника. Особливість цього явища що воно існує тільки при магнітному полі що змінюється, яке діє на провідник. За признаками ЕРС відповідає дії електричної індукції, тільки джерелом котрого є магнітне поле яке змінюється, а не електричне поле джерела.

[$\text{curl } \mathbf{H} = \text{dD}/\text{dt} + \mathbf{J}$]: \mathbf{H} — напруженість магнітного поля [A/м]; \mathbf{D} — електрична індукція [Кл/м²]; \mathbf{j} — густина струму [A/м²] Електричний струм і змінне електричне поле створюють магнітне поле.

Закон Ампера (1) — закон взаємодії постійних струмів, котрий установив Андре-Марі Ампер 1820 року. Із закону Ампера виходить, що паралельні провідники з постійними струмами, які течуть в одному напрямі, притягуються, а в протилежному — відштовхуються.

Закон Ампера (2) для циркуляції магнітного поля — твердження про те, що інтеграл по замкненому контуру від магнітної індукції пропорційний силі електричному струму, що протікає через площу, обмежену контуром.

Це дуже цікаве рівняння та закон. Підіймо до розгляду цього питання трохи з іншого боку. Запитаємо себе, яке явище виконує роботу в наших електромагнітних приладах, котрі ми використовуємо щодня. Ви напевно будете здивовані, но роботу виконує магнітне поле яке утворюється навколо провідника, котрий під'єднаний до джерела електричної напруги з різницею відповідних електричних потенціалів. Діє це магнітне поле як раз за магнітною силою яку відкрив Ампер у законі якій носе його ім'я. Що про це ми можемо знати з підручника фізики:

Сила Ампера - це сила, з якою магнітне поле діє на провідник зі струмом. Вона залежить від щільності струму, що йде по провіднику, на індукцію магнітного поля, в якому знаходиться провідник. Сила Ампера була відкрита французьким фізиком Андре Марі Ампером. Для її визначення використовується закон Ампера, а напрямок визначається за допомогою правила лівої руки.

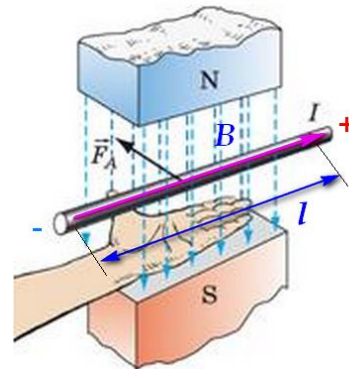
Від чого залежить значення сили Ампера?

$$F(A) = BIl \sin \alpha \quad (1), \text{ де}$$

- $F(A)$ — сила Ампера;
- B — індукція магнітного поля, в якому розташований провідник;
- I — сила струму в провіднику;
- l — довжина активної частини провідника (тобто частини провідника, розташованої в магнітному полі);
- α — кут між напрямком вектора магнітної індукції і напрямком струму в провіднику.

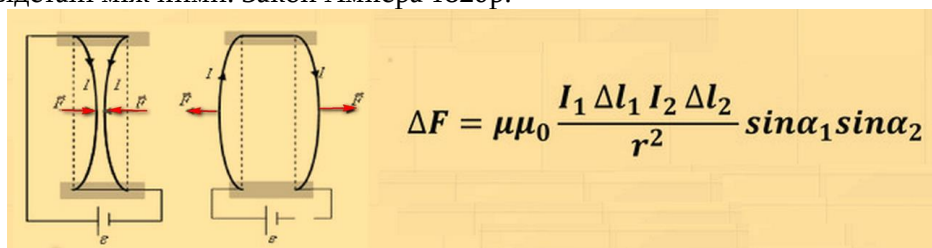
Правило лівої руки:

Якщо ліву руку розташувати так, щоб лінії магнітного поля входили в долоню, а чотири витягнуті пальці вказували напрямок струму в провіднику, то відігнутий на 90° великий палець укаже напрямок сили Ампера.



Це все добре, но Ампер спочатку у 1820 році встановив силу взаємодію між двома паралельними провідниками зі струмом.

Два нескінченно малі елементи провідників зі струмом взаємодіють між собою із силою, яка прямо пропорційна довжинам цих елементів, силам струму в них та обернено пропорційна квадрату відстані між ними. Закон Ампера 1820р.



Закон Ампера відіграє таку ж роль у магнітостатиці, як закон Кулона є електростатиці. (тобто за законом Ампера можна обчислити силу взаємодії між двома паралельними провідниками скінченної довжини зі струмами I_1 , I_2 , відстань між якими r)

$$F = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$$

Це все добре, но що за дивина цій **струм**, якій фізика визначає як потік заряджених електричних частинок, якій за її тлумаченням утворює вихрове магнітне поле навколо провідника.

Використовуючи подібність між електричним і магнітним полями, введемо величину, що кількісно характеризує магнітне поле:

Електричне поле - напруженість електричного поля

$$E = \frac{F}{q} \left[1V = \frac{1N}{1C} \right] (2)$$

Магнітне поле - магнітна індукція (силова характеристика)

$$B = \frac{F}{Il} \left[1T = \frac{1N}{1A * 1m} \right] (3)$$

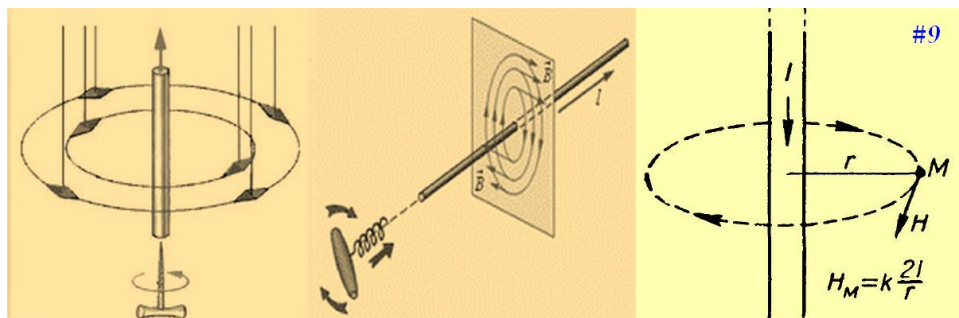
Друга формула ще відома як Модуль сили Ампера, якій дорівнює добутку сили струму в провіднику, вектору магнітної індукції, довжини провідника і синуса кута між напрямками векторів магнітної індукції і струму провідника:

$$F(A) = BIl \sin \alpha (4)$$

Щоб зрозуміти різницю між формулами (1) та (4) треба ще з'ясувати один фундаментальний закон електродинаміки.

Закон Біо-Савара-Лапласа — закон, який визначає магнітну індукцію навколо провідника, в якому протікає електричний струм.

Спочатку Жан-Батіст Біо і Фелікс Савар на підставі своїх експериментів сформулювали закон, що визначав напруженість магнітного поля навколо дуже довгого прямолінійного провідника зі струмом. Цей закон називають законом Біо-Савара. П'єр-Симон Лаплас узагальнив результати Біо та Савара, сформулювавши закон, який визначав напруженість магнітного поля в будь-якій точці навколо контуру зі струмом довільної форми. Хоча історично закон був сформульований для напруженості магнітного поля, в сучасному формулюванні використовується магнітна індукція.



За законом Біо-Савара:

$$B = k \frac{I}{2r} \quad (5), \text{ де}$$

B — магнітна індукція в точці M на відстані r від прямолінійного провідника із струмом I (мал. #9); k — коефіцієнт пропорційності, величина і розмірність якого залежать від вибору системи фізичних величин, r — радіус-вектор.

У Міжнародній системі величин (ISQ): $k = \mu_0 / 4\pi$ (6), де μ_0 — магнітна стала.

Фактично цей закон здійснює перевід показника сили струму I (А), електричної системи вимірювання в показник вектору магнітної індукції Bi (Тл) навколо провідника. Позначати магнітну індукцію від електричного струму пропоную літерами англійського алфавіту $[Bi]$, а магнітну індукцію зовнішнього магнітного поля літерами $[Bm]$. Для подальшого застосування модуля сили та сили Ампера в електротехнічній практиці це дуже важливо.

Якщо слідувати логіці, з'ясується наступний алгоритм закону Ампера і рівняння Максвелла. Я вважаю ще це також електромагнітна індукція тільки в зворотному напрямку електромагнітної індукції Фарадея. Формулу даної індукції слід записати в наступному вигляді:

$$\text{curl } Bi = - \frac{dE}{dt} \quad (7)$$

Вважаю що моя концепція закону електромагнітної індукції (7) яка об'єднує Закон Ампера, Закон Біо-Савара, ще Закон Ома для повного ланцюга є логічною та аргументованою. Прикладна формула для формули (7) може бути виведена за потребою. Вважаю що в даний час вона здійснює розуміння що діється в електричному ланцюзі під струмом. Формула Максвелла для цієї індукції залишається в значеннях для електричного вимірювання:

$$\text{curl } H = \frac{dD}{dt} + J \quad (8)$$

Напруженість магнітного поля H (А/м) в точці, розташованій на відстані r від нескінченного прямого провідника зі струмом I , обчислюється за формулою:

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad (9), \text{ де}$$

I - сила струму, Ампер; r - відстань, метр.

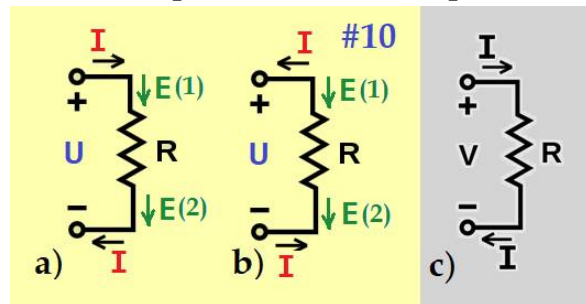
Якщо поглянути на формулу Максвелла (8) та формулу магнітної напруженості провідника під струмом (9), це рівняння для електричної системи вимірювань. Формула (7) яку я запропонував вказує за суттю теж саме, але переводить явище до категорії електромагнітної індукції з електричного поля в поле магнітне. Як раз цієї складової не вистачає в електродинаміці.

Де це ми можемо побачити? Тоді переходимо до Закону Ома.

Георг Симон Ом, німецький фізик (16 березня 1787, Ерланген — 7 липня 1854, Мюнхен), проводив дослідження протікання струму в електричному колі на початку XIX століття. На шляху до встановлення закономірності йому довелося подолати чимало перешкод. Для проведення досліджень і встановлення закономірності необхідно було мати вимірювальні прилади, джерела струму із стандартними властивостями, що не змінювалися б з часом, стандартні провідники. Усе це довелося створити або вдосконалити.

Закон Ома — це твердження про пропорційність сили струму в провіднику прикладеній напрузі, справедливе для металів і напівпровідників за не надто великих прикладених напругах. Якщо для елемента електричного кола справедливий закон Ома, то цей елемент має лінійну вольт-амперну характеристику.

Більш точно — закон Ома стверджує, що сила струму I [A] у провіднику між двома точками (мал. #10, с) прямо пропорційна напрузі U [V] на цих двох точках. Вводячи константу пропорційності — опір R [Ω], можна прийти до звичайного математичного рівняння, яке показує цю залежність. Крім того напрямок струму вірний якій вказан на малюнку (#10, b), традиційно напрямок струму вказують як у на малюнках (#10, a, c). Все це ми з'ясуємо далі.



В електротехніці прийнято записувати закон Ома в інтегральному вигляді

$$I=U/R \text{ (10), де}$$

I — сила струму, U — прикладена напруга, R — електричний опір провідника.

При аналізі електричних схем три еквівалентні вирази закону Ома використовуються як взаємозамінні:

$$I=U/R \text{ або } U=I \cdot R \text{ (11) або } R=U/I \text{ (12)}$$

Водночас, закон Ома стверджує, що R у цьому відношенні є постійним і не залежить від струму. Якщо опір не є постійним, попереднє рівняння не можна назвати законом Ома, але його все одно можна використовувати як визначення постійного опору.

Закон Ома — це емпіричне співвідношення, яке точно визначає провідність переважної більшості електропровідних матеріалів за багатьох порядків величини струму. Однак деякі матеріали не підкоряються закону Ома; їх називають неомічними.

Отже опір є характеристикою провідника, а не матеріалу, й залежить від довжини та поперечного перерізу провідника. Тому в фізиці застосовують закон Ома у диференціальному вигляді:

$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E} \quad (13), \text{ де}$$

\mathbf{j} — густина струму, σ — питома провідності матеріалу,
 \mathbf{E} — напруженість електричного поля.

Еквівалентність двох форм запису

Різниця потенціалів (напруга) на кінцях провідника довжиною

$$U = \Delta\varphi = EI$$

Якщо провідник має площу перерізу S , то сила струму в ньому зв'язана з густиною сили струму формулою: $I = jS$.

Виходячи із закону Ома в формі: $j = \sigma E$ підставляючи значення $j = I/S$ та $E = U/l$, отримуємо рівняння $I/S = \sigma(U/l)$, або

$$U = \frac{l}{\sigma S} I = RI$$

де опір R визначається через питому провідність формулою
 $R = l/\sigma S = \rho l/S$ тут $\rho = 1/\sigma$ — питомий опір.

В електротехніці є такий момент обчислення падіння напруги на навантаженні електричного ланцюга. Для розрахунку падіння напруги на резисторі використовують наступну математичну формулу:

$$U_{[R]} = IR \quad (14), \text{ де}$$

$U_{[R]}$ - це падіння напруги на резисторі, у вольтах; I - сила електричного струму, у Амперах, яка проходить через нього; R - опір деталі, у Омах.

В законі Ома для обчислення використовують значення діючої напруги U , прикладеної до навантаження R , для визначення сили струму I . Формули 14 і 11 на перший погляд однакові, но розраховують різні показники Розрахунок падіння напруги є одним із фундаментальних, для розрахунку електричних ланцюгів. Існує формула струму для повного електричного ланцюга з навантаженням та джерелом ЕРС.

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad (15), \text{ де}$$

I – струм в замкнутому ланцюзі, ампері; \mathcal{E} – електрорушійна сила, вольти;
 R – опір навантаження, Ω ; r – опір джерела, Ω .

Розглянемо що діється на простому прикладі електричного ланцюга. Самий зрозумілий вид джерела це гальванічна чарунка до якої під'єднана електрична лампочка як навантаження R

Гальванічний елемент — хімічне джерело живлення, в якому використовується різниця електродних потенціалів двох металів, занурених у електроліт. Гальванічний елемент є невідзарядним хімічним джерелом електроенергії.

Електричний акумулятор — хімічне джерело електричного струму багаторазової дії, особливість якого полягає в зворотності внутрішніх хімічних процесів, що забезпечує його багаторазове циклічне використання (через заряд-розряд) для накопичення електричної енергії та автономного електроживлення різноманітних електротехнічних пристроїв та систем. Електричний акумулятор належить до категорії хімічних джерел напруги.

Джерело напруги або генератор напруги — елемент електричного кола (ланцюга), який забезпечує на своїх клеммах певне значення напруги, яке не залежить від струму в колі. Іншим терміном, який застосовується в електриці, є джерело струму, що забезпечує певне значення сили струму в колі.

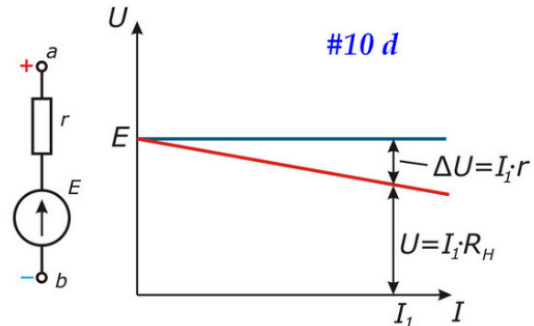
Ідеальне джерело напруги характеризується певним значенням електрорушійної сили і нульовим внутрішнім опором. Сила струму, що протікає через таке джерело, повністю визначається (за законом Ома) колом навантаження:

$I = \mathcal{E}/R$, де \mathcal{E} — електрорушійна сила, R — електричний опір навантаження.

Реальні джерела напруги мають скінченні значення внутрішнього опору.

На графіку (мал.#10d) наведено навантажувальні характеристики ідеального джерела напруги (джерела ЕРС) (блакитна лінія) та реального джерела напруги (червона лінія).

$E = \Delta U + U_i$, де $\Delta U = I r$ — падіння напруги на внутрішньому опорі джерела; $U_i = I R$ — падіння напруги на навантаженні.



При короткому замиканні ($R_{LOAD} = 0$) $E = \Delta U$, тобто уся потужність джерела енергії розсіюється на його внутрішньому опорі. У цьому випадку струм $I_{KЗ}$ буде максимальним для даного джерела ЕРС. Знаючи напругу холостого ходу та струм короткого замикання, можна обчислити внутрішній опір джерела напруги:

$$r = U_{[XX]} / I_{[KЗ]}$$

Формулу струму для повного кола слід записати в наступному вигляді:

$$I = \frac{\Delta U + U_i}{R + r} \quad (16)$$

Таким чином формули (15) і (16) тотожні. Розберемо роботу замкнутого електричного кола з активним навантаженням. Активне навантаження має теплову характеристику роботи яка визначається за Законом Джоуля - Ленца

Закон Джоуля — Ленца — фізичний закон, що дає кількісну оцінку теплової дії електричного струму. Закон був експериментально встановлений у 1841 році англійським фізиком Джеймсом Прескоттом Джоулем і незалежно від нього вченим німецького походження російської імперії Емілієм Ленцом в 1842 році.

Формулювання закону звучить наступним чином: Кількість теплоти, що виділяється в провіднику зі струмом, прямо пропорційна силі струму, напрузі й часу проходження струму через провідник.

Математичний запис закону:

$$Q = I \cdot U_i \cdot t \quad (17), \text{ де}$$

I — сила струму, U_i — спад напруги на ділянці кола, t — час проходження струму.

Застосувавши закон Ома для ділянки кола, закон Джоуля-Ленца можна записати як

$$Q = I^2 R t \quad (18), \text{ де } R \text{ — опір провідника.}$$

Якщо подивитися складові обчислення кількість теплоти відповідає значенню потужності у часі, тобто це значіння кількості потужності або кількості енергії.

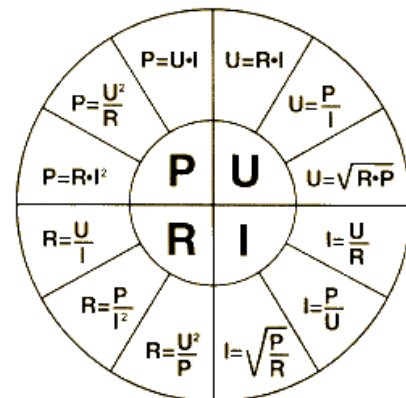
Потужність (N , P , W) — робота, що виконана за одиницю часу, або енергія, передана за одиницю часу. Одиниця вимірювання SI: **Вт** (Інші величини: к.с., В·А, тощо):

$$N = \frac{A}{t} \quad (19), \text{ де}$$

N — потужність, A — виконана робота, t — проміжок часу, за який ця робота виконана.

Енергія [діяти, діяльність] — це скалярна фізична величина, загальна кількісна міра руху і взаємодії, або всіх видів матерії (мається на увазі що поля фізика рахує теж за матерію) . Поняття енергії пов'язане зі здатністю фізичного тіла або системи виконувати роботу. Під час цього, тіло або система частково губить енергію, витрачаючи її на зміни в навколишніх тілах.

Енергія простим виразом, застосування потужності для виконання роботи, яке вимірюється у джоулях (Дж), то по відношенню до потужності: $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}$. Таким чином Закон Ома прийняв сучасний вид обчислення.



Приклад обчислювання потужності роботи резистора. Припустимо резистор має опір 10Ω , струм який проходить через резистор $1,2 \text{ A}$. Резистор включений у навантаження 1 годину (3600 секунд), розрахуємо виконану роботу використав формулу (18):

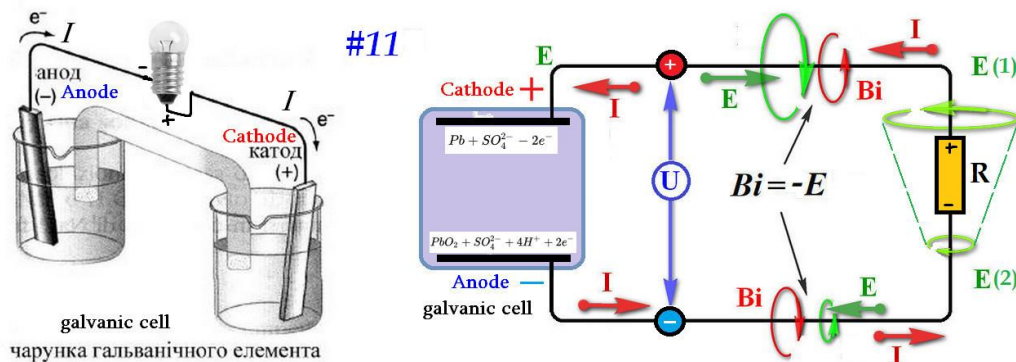
$$Q = I^2 R t = 1,2^2 \text{ A} * 10 \Omega * 3600 \text{ сек} = 51\,840 \text{ Дж або } 14,4 \text{ Вт*ч}$$

Як що вам потрібно визначити роботу резистора в вимірах теплової енергії (наприклад калоріях) є система обчислювання: 1 Дж дорівнює $0,239 \text{ Кал}$, тобто

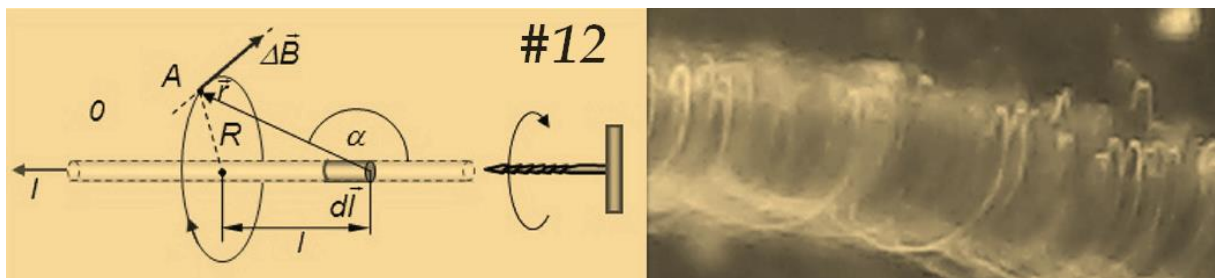
$$51\,840 \text{ Дж} * 0,239 \text{ Кал} = 12381,771456 \text{ Калорій}$$

$51\,840 \text{ Дж}$ або $14,4 \text{ Вт*ч}$ це показник яка електромагнітна потужність в колі, була розсіяна у вигляді інфрачервоного випромінювання з резистора, а вимір у калоріях тільки для порівняння.

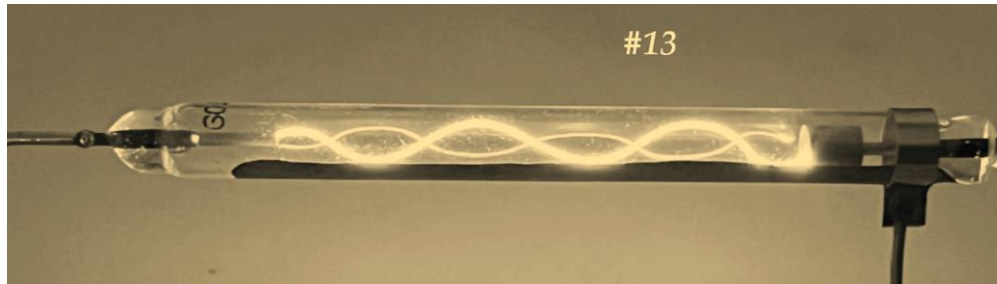
Залишається з'ясувати питання що саме виконує роботу в електричному колі. Виконаємо наше дослідження на прикладі самого простішого кола в якій включено: джерело - гальванічна чарунка та навантаження - лампочка розжарювання (мал. #11).



Як виглядає магнітне поле навколо провідника зі струмом? В підручниках нам малюють у вигляді замкнутих магнітних силових ліній у вигляді кілець. Якщо так, чому сила струму та магнітна індукція має рівномірний фактор на протязі всього кола? Дослідники сфотографували дрід під постійним струмом обмокнувши його в магнітну рідину (мал. #12):



Ми бачимо що магнітні силові лінії у вигляді спірالی навколо провідника. Другим дослідником була зроблена фотографія напруги та струму в скляній колбі з газом, яка буда включена в коло зі змінним струмом (мал. #13):

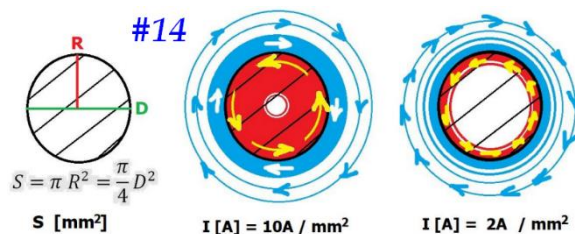


Знов спіраль, та вже дві спірالی з плазми. Фізик буде стверджувати що дві спірالی це потік протонів та електронів, як стверджує концепція офіційної фізики. Добре, а як к цьому відносяться інші фізики? Цитата з одного із форумів на якому це питання обговорювалося: *«Вільні Електрони рухаються в перерізі провідника зі швидкістю дрейфу, а це 0.6-0.8 мм на секунду, за 1 хвилину електрони пройдуть 6 см, за 1 годину 3,6 метра. А коли ми вмикаємо вмикач світла на стіні, світло загоряється миттєво, щось тут не те».*

Густина струму - векторна фізична величина, що має сенс сили електричного струму, який протікає через елемент поверхні одиничної площі. За рівномірного розподілу густини струму і зі спрямованості її з нормою до поверхні, через яку протікає струм, для величини вектора густини струму виконується:

$$j = I/S, \text{ де } I - \text{ сила струму (А), через поперечний переріз провідника площею } S(\text{mm}^2)$$

Малюнок (#14) показує, як розраховується переріз провідника, і як розподіляється струм (червоним) у різних станах: для постійного $I = 10\text{A/mm}^2$ і змінного ВЧ струму $I = 2\text{A/mm}^2$.

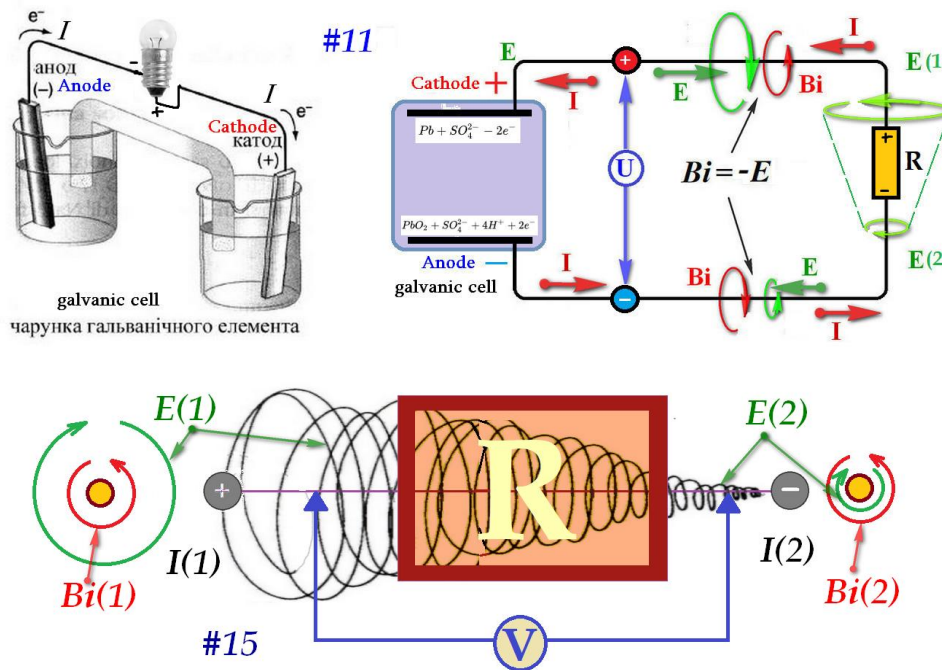


Значення опору одного і того ж провідника змінному струму може бути більшим за значення опору постійному струму.

Опір провідника змінному струму називають активним опором. Опір, який чинив би цей провідник постійному струму, омичним. Відношення активного опору провідника R_a до його омичного опору R_o називається коефіцієнтом поверхневого ефекту k_s ($k_s = R_a/R_o$).

Явище поверхневого ефекту позначається тим сильніше, чим більший діаметр дроту, його питома провідність, магнітна проникність і чим вища частота змінного струму. Явище скін-ефекту стає дуже помітним на досить високих частотах, коли через витіснення струмів високої частоти до поверхні провідника працює дуже тонкий шар поверхні, а всередині провідника струм відсутній. Тобто, що вища частота змінного струму в провіднику, то тонший скін-шар, і можливість пропуску струму я відобразив на малюнку праворуч як приклад 2A/mm^2 .

Я вважаю що струм (магнітна індукція) залежить від магнітних здібностей матеріалу провідника, навколо котрого збуджується магнітне вихрове поле. Саме магнітне поле існує поки його живить електричне поле, через електрорушійну силу, яка проявляється за формою замикання силових ліній електричного поля між різними потенціалами того самого електричного поля. Розглянемо ще раз малюнок (#11) вже його праву частину. Я вказав додатково напрямок силових ліній ЕРС та вихрової магнітної індукції. Через опір R, вказано що 'де зменшення амплітуди силових ліній ЕРС: $E(1) > E(2)$. В протилежність зменшенню амплітуди силових ліній ЕРС, силові лінії магнітної індукції однакові з початку та в кінці ланцюга, що приєднується до джерела напруги: $Bi(1) = Bi(2)$.



На малюнку (#15) я вказав як виглядає спіраль силових ліній ЕРС між контактами джерела з напругою. Падіння амплітуди силових ліній ЕРС, здійснюється саме на навантаженні R. Ліворуч та праворуч я вказав напрямок (вектор) дії силових ліній ЕРС [E] та магнітної індукції перетворення [Bi], котрі протилежні одне одному. Тому припущення, що на дроті якій під'єднаний до джерела напруги електричної різниці потенціалів, відбуваються електромагнітна індукція перетворення електричного поля в поле магнітне, можемо рахувати логічним та прийняти як концепцію. Запис цього явища можемо записати в наступному вигляді, якій запропоновано раніше (7):

$$\text{curl } Bi = - \frac{dE}{dt} \quad (7)$$

Рівняння Максвелла для електричної системи вимірювання, виразимо як для дії електромагнітної індукції:

$$\boxed{\text{curl } H = dD/dt + J} \longrightarrow \boxed{\text{curl } B_i = -dE/dt}$$

Рівняння можемо записати в новому вигляді:

- $\text{div } D = \rho$
- $\text{div } B = 0$
- $\text{curl } E = -dB_m/dt$
- $\text{curl } B_i = -dE/dt$

У даному варіанті для електромагнітних індукцій, вводимо різновиди: магнітну індукцію зовнішнього магнітного поля (B_m) і магнітну індукцію (B_i) навколо провідника, від ЕРС джерела напруги, до якого під'єднано провідник. Примітне те, що магнітна індукція від зовнішнього магнітного поля не має прямої зворотної дії, то електромагнітна індукція навколо провідника має зворотну дію. Зворотна дія проявляється при явищі самоіндукції.

Вважаю що всі потрібні та спірні питання, для подальшого розгляду теми видання з'ясували. Також з'ясували що існує джерело напруги (генератор напруги) у вигляді електрохімічного приладу гальванічної батареї або акумулятора. Ми ще повернемося для уточнення особливостей даного приладу у разі комутації силових ліній ЕРС та магнітної індукції навколо провідника. Ми не знаємо з чого складаються силові лінії електричного та магнітного полів. Ми бачимо що у повітряних проміжках електричного контуру ці лінії мають плазмову структуру, які використовуються в електротехніці як іскрові проміжки (розрядники) та проміжки з плазмовою дугою (зварювання металів).

Висновки маємо дуже логічні і зрозумілі: електрична поляризація, це виникнення на електропровідних полюсах об'єкта, що поляризується, зони електричного заряду, з відповідним вектором та густиною електричної індукції. При замиканні цих електрично поляризованих зон провідником силові лінії фокусуються у вигляді спіралі і прагнуть досягти кінця даного провідника (замкнутися). Таким чином, підключені проводи до джерела напруги на кінцях цих підключених проводів знаходяться під напругою від джерела. Дану дію в електродинаміці називають "електрорушійною силою".

Якщо на провідник діє змінний вектор магнітної індукції зовнішнього магнітного поля, то на поверхні провідника виникає силова лінія електричної індукції. Силевий вплив даної силової лінії навколо провідника так само є "електрорушійною силою".

У протилежному напрямку вектору силової лінії електричної індукції "ЕРС", від джерела електричних потенціалів або зовнішнього магнітного поля при замкнутому електричному контурі, формуються силові лінії магнітного поля. В електротехніці до нашого дослідження, цю дію називають виникненням сили струму, яке формує магнітне поле.

На мій погляд це тлумачення більш логічне та закономірне за факторами які ми спостерігаємо в електричних ланцюгах.

Також можемо зробити висновок що існує два види магнітних полів статичного, явище котрого ми спостерігаємо в дії постійних магнітів або у феромагнітному осередді при його збудженні динамічним магнітним полем (або явищем), яке ми спостерігаємо як раз навколо провідника при дії електромагнітної індукції.

Як раз ми цей момент уточнили заміною рівняння Максвелла для Закону Ампера, (розширений Максвеллом): "Електричний струм і змінне електричне поле створюють магнітне поле."

Ще припускаймо що у статичного магнітного поля силові лінії замкнуті або між власними полюсами, або полюсами інших джерел. В динамічному магнітному полі силові лінії можуть бути замкнуті для генераторів струму або незамкнуті для генераторів напруги. В електричній системі вимірювання динамічне магнітне поле повністю відповідає явищу сили струму якій вимірюють у Амперах. Закон Ампера, за принципом дії як раз відповідає дії динамічних магнітних полів двох провідників, або провідника з динамічним магнітним полем в потоці статичного магнітного поля.

Силові лінії електричного поля (полюсів заряду) незамкнуті, вони прагнуть замкнутися. За законом Кулона різнойменні електричні заряди притягаються. Якщо електрична напруженість електричної індукції досягає можливості замкнутися через силові лінії, виникає явище електричного розряду з формуванням динамічного магнітного поля впродовж лінії змикання силових ліній електричного поля, яке ми знаємо як електрорушійна сила. При цьому електрична енергія змикання витрачається на утворення магнітного динамічного поля, це явище ми знаємо як явище електричного струму.

Далі будемо розглядати простіший електромагнітний генератор. Гарантую вам ще один цікавий момент як працює провідник зі струмом у магнітному полі. В електротехніці електромагнітний генератор вважають джерелом струму (генератором струму). Цікаво на фоні розглянутих нами вище питань що таке струм но назва вірна і ми це з'ясуємо. Приготуйтеся ми будемо дуже багато рахувати. Я би вам порадив взяти у руки олівець та зошит та рахувати слідом за моїми прикладами з іншими початковими даними. Інженер –конструктор це з початку, завдання або задум, далі креслення та розрахунки і тільки потім металообробка, монтаж та запуск.

Простіший електромагнітний генератор постійного струму.

Ви напевно знайомі з загальним тлумаченням принципу дії генератора постійного струму:

Генератор постійного струму, це електромеханічна машина відбувається перетворення механічної енергії, що підводиться від первинного двигуна, на електричну, яка знімається з обмотки якоря за допомогою колектору й щіток. До щіток генератора приєднуються споживачі електричної енергії (електричне навантаження).

Ми знайомі з формулою розрахунку електричної потужності [P_e] в ланцюзі постійного струму:

$$P_e = IU \quad (20)$$

Формула розрахунку механічної потужності [P_k] має вигляд:

$$P_k = Fv \quad (21), \text{ де}$$

F – сила, яка прикладеться, Н; v – швидкість прикладання сили, м/с.

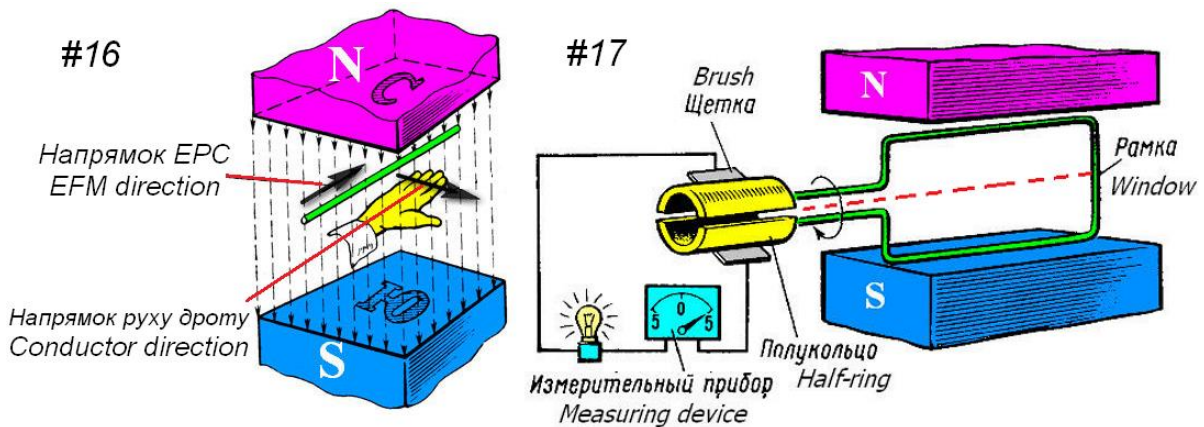
Мені хтось може пояснити, яким чином механічна потужність перетворюється в електричну, якщо генератор працює на явище електромагнітної індукції за якою виникає електрорушійна сила в обмотці генератора, при зміні магнітного поля. Час та швидкість зміни магнітного поля є умовами і не обов'язково повинне бути механічне обертання ротору у статорі. Це такий собі момент як офіційне тлумачення не відповідає дійсності.

Для подальшого розуміння тлумачити функцію дії електромагнітного генератора – будемо в наступній редакції: електромагнітний генератор перетворює енергію магнітного поля в електромагнітну енергію електричного кола. У електромагнітному генераторі виконуються дії електромагнітних індукцій: генерація ЕРС (різниці електричних потенціалів) та генерація струму (динамічного магнітного поля електромагнітного кола).

Принцип роботи генератора постійного струму.

Принцип дії електричного генератора ґрунтується на використанні явища електромагнітної індукції, яке полягає в такому. Якщо в магнітному полі постійного магніту переміщати провідник так, щоб він перетинав магнітний потік, то в провіднику виникне електрорушійна сила (ЕРС), що зветься ЕРС індукції (*індукція - від латинського слова *inductio* - наведення, спонукання*), або індукованою ЕРС. Електрорушійна сила виникає і в тому випадку, коли провідник залишається нерухомим, а переміщується магніт. Явище виникнення індукованої ЕРС у провіднику - називається електромагнітною індукцією. Якщо провідник, у якому індукується ЕРС, увімкнути в замкнене електричне коло, то під дією ЕРС по колу потече струм, який називають індукованим струмом.

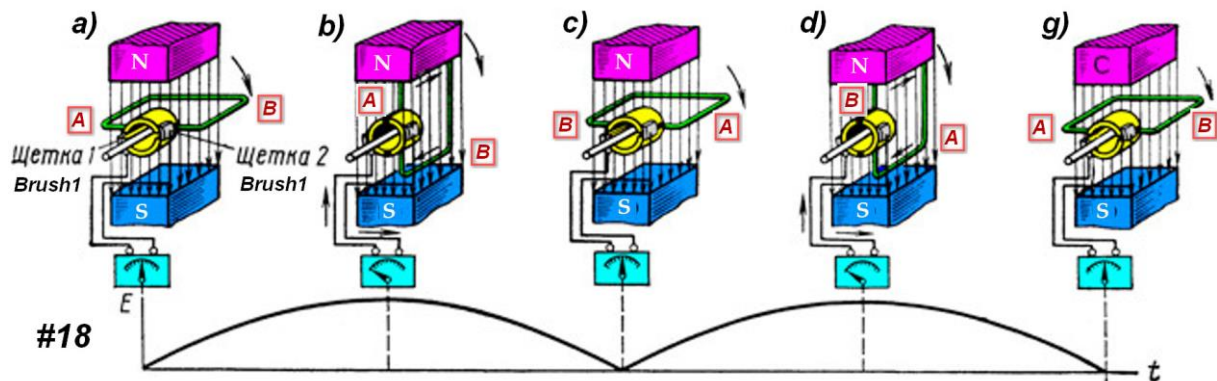
Дослідним шляхом встановлено, що величина індукованої ЕРС, яка виникає в провіднику під час його руху в магнітному полі, зростає зі збільшенням індукції магнітного поля, довжини провідника і швидкості його переміщення. Індукована ЕРС виникає тільки тоді, коли провідник перетинає магнітне поле. Під час руху провідника вздовж магнітних силових ліній ЕРС у ньому не індукується. Напрямок індукованої ЕРС і струму найпростіше визначити за правилом правої руки (мал. #16): якщо долоню правої руки тримати так, щоб у неї входили магнітні силові лінії поля, відігнутий великий палець показував би напрямок руху провідника, то решта витягнутих пальців укажуть напрям дії індукованої ЕРС та напрямку струму в провіднику. Магнітні силові лінії спрямовані від північного полюса магніту до південного.



Маючи загальне уявлення про електромагнітну індукцію, розглянемо принцип дії найпростішого генератора (мал. #17) Провідник у вигляді рамки з мідного дроту укріплений на осі та поміщений у магнітне поле. Кінці рамки приєднані до двох ізольованих одна від одної половин (півкільців) одного кільця. Контактні пластини (щітки) ковзають по цьому кільцю. Таке кільце, що складається з ізольованих півкільць, називають колектором, а кожне півкільце - пластиною колектора. Щітки на колекторі мають бути розташовані таким чином, щоб вони під час обертання рамки одночасно переходили з одного півкільця на інше якраз у ті моменти, коли ЕРС, що індукується в кожній стороні рамки, дорівнює нулю, тобто коли рамка проходить своє горизонтальне положення.

За допомогою колектора змінна ЕРС, що індукується в рамці, випрямляється, і в зовнішньому ланцюзі створюється постійний за напрямком струм. Приєднавши до контактних пластин зовнішнє коло з електровимірювальним приладом, що фіксує величину індукovanого струму, переконаємося, що розглянутий пристрій дійсно є генератором постійного струму.

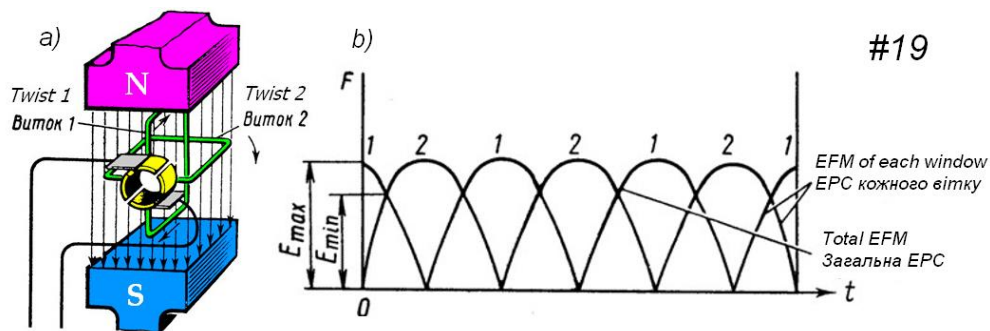
У будь-який момент часу t ЕРС $[E]$ (мал. #18), що виникає в робочій стороні $L [A]$ рамки, протилежна у напрямку ЕРС, що виникає в робочій стороні $L [B]$. Напрямок ЕРС. у кожному боці рамки легко визначити, скориставшись правилом правої руки. ЕРС, що індукується всією рамкою, дорівнює сумі ЕРС, що виникають у кожній її робочій стороні. Величина ЕРС у рамці безперервно змінюється. У той час, коли рамка підходить до свого вертикального положення, кількість силових ліній, що перетинаються провідниками в 1 с , буде найбільшою і індукується в рамці максимальна ЕРС. Коли рамка проходить горизонтальне положення, її робочі сторони ковзають уздовж силових ліній, не перетинаючи їх, та ЕРС. не індукується. У період руху сторони B рамки до південного полюса магніту (мал. #18, a, b) струм у ній спрямований на нас. Цей струм проходить через півкільце, щітку 2, вимірювальний прилад до щітки /у бік $[A]$ рамки. У цій стороні рамки струм індукується у напрямку від нас. Свого найбільшого значення ЕРС у рамці досягає тоді, коли її сторони розташовані безпосередньо під полюсами (мал. #18, b).



При подальшому обертанні рамки ЕРС у ній зменшується і через чверть оберту стає рівною нулю (мал.#18, c). У цей час щітки переходять із одного півкільця на інше. Таким чином, за першу половину обороту рамки кожне півкільце колектора стикалося лише з однією щіткою. Струм проходив по зовнішньому ланцюгу в одному напрямку від щітки 2 до щітки 1. Продовжуватимемо обертати рамку. Електрорушійна сила в рамці знову починає зростати, оскільки її робочі сторони будуть перетинати магнітні силові лінії. Однак напрямок ЕРС змінюється на протилежне, тому що провідники перетинають магнітний потік у зворотному напрямку. Струм, що індукується осторонь $[A]$ рамки, спрямований тепер на нас. Але з огляду на те, що рамка обертається разом з колектором, півкільце, з'єднане зі стороною A рамки, стикається тепер не зі щіткою 1, а зі щіткою 2 (мал.#18, d) і по зовнішньому ланцюгу проходить струм того ж напрямку, як і в час у першій половині обороту. Отже, колектор випрямляє струм, тобто забезпечує проходження струму, що індукується, в зовнішньому ланцюгу в одному напрямку. До кінця останньої чверті обороту (мал.#18, g) рамка повертається в початкове положення (мал.#18, a), після чого весь процес зміни струму в ланцюгу повторюється.

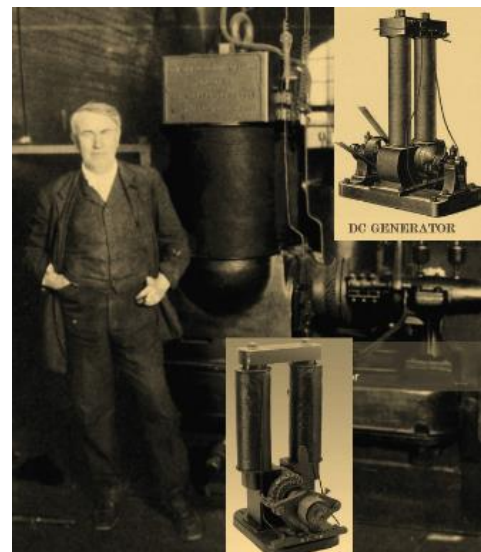
Таким чином, між щітками 2 і 1 діє постійна у напрямку ЕРС, і струм зовнішнього ланцюга завжди проходить в одному напрямку - від щітки 2 до щітки 1. Хоча цей струм залишається постійним у напрямку, він змінюється за величиною, тобто пульсує. Такий струм практично важко використати.

Розглянемо, як можна отримати струм з невеликою пульсацією, тобто струм, величина якого під час роботи генератора мало змінюється. Уявімо собі генератор, що складається з двох розташованих перпендикулярно один до одного витків (мал.#19, а). Початок і кінець кожного витка приєднані до колектор, що складається тепер із чотирьох колекторних пластин.



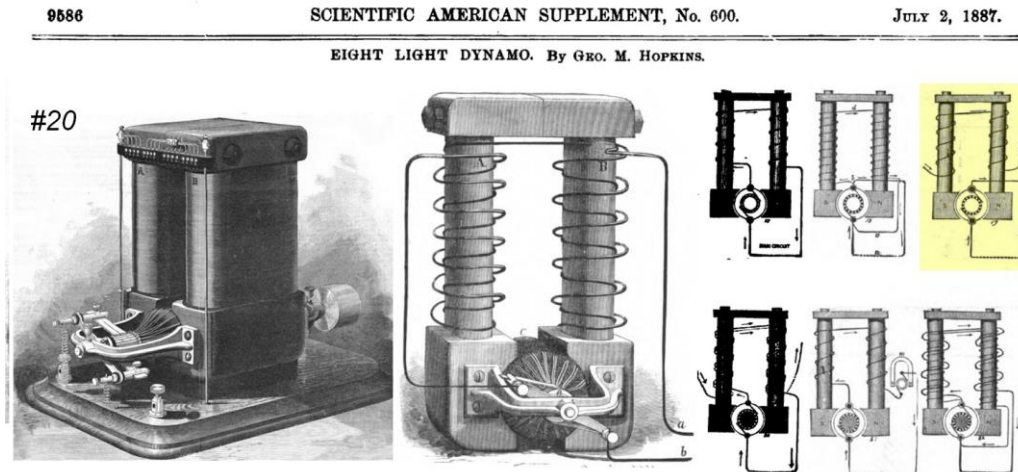
При обертанні цих витків у магнітному полі у них виникає ЕРС. Однак індуковані в кожному витку ЕРС досягають своїх нульових і максимальних значень не одночасно, а пізніше одна одною на час, що відповідає повороту витків на чверть повного обороту, тобто на 90° . У положенні, зображеному на (мал.#19, а), у витку 1 виникає максимальна ЕРС, рівна E_{max} . У витку 2 ЕРС не індукується, тому що його робочі сторони ковзають уздовж магнітних силових ліній, не перетинаючи їх. Величини ЕРС витків показано на (мал.#19, b). У міру повороту витків ЕРС витка 1 зменшується. Коли витки повернуться на $1/8$ обороту, ЕРС витка 1 дорівнює E_{min} . У цей момент відбувається перехід щіток на другу пару колекторних пластин, з'єднаних з витком 2. Виток 2 повернувся на $1/8$ обороту, перетинає магнітні силові лінії і в ньому індукується ЕРС, рівна тій же величині E_{max} . При подальшому повороті витків е.р.с. витка 2 зростає до найбільшої величини E_{max} . Таким чином, щітки виявляються постійно з'єднаними з витками, в яких індукується ЕРС величиною від E_{min} до E_{max} .

Якщо вважаєте що це теоретичне тлумачення роботи електромагнітного генератора постійного струму ви помиляєтесь. На прі кінці ХХІ сторіччя та початку ХХ сторіччя у використанні був постійний струм. Промислово вироблялися генератори постійного струму на різні потужності. На фотографії праворуч Томас Едісон на фоні потужного генератора постійного струму кінця ХХІ сторіччя (орієнтовно 1890- 99 рік). Ми розглянемо подрібніше конструкцію цих генераторів, тільки меншу його копію, яка теж є на фото знизу.



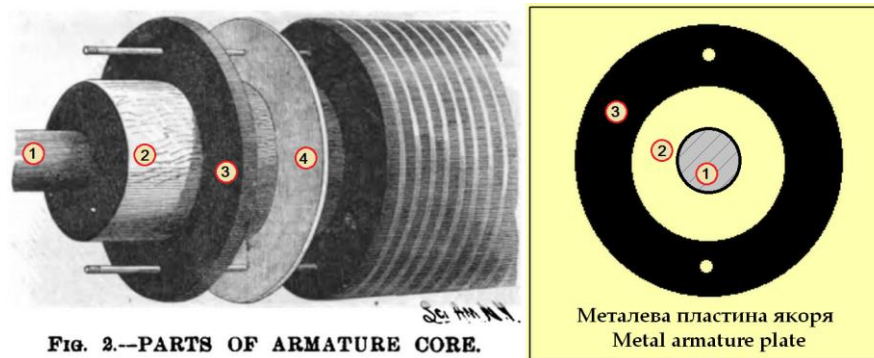
Є опис для самостійного виготовлення електромагнітного динамо в НАУКОВОМУ АМЕРИКАНСЬКОМУ ДОДАТКУ, № 600. 2 ЛИПНЯ 1887 РОКУ. (стор.9586 - 9590) ВІСІМ ЛЕГКИХ ДИНАМО. Гро. М. ХОПКІНС.

[Eight Light Dynamo - Scientific American Supplement № 600 July 2, 1887](#)



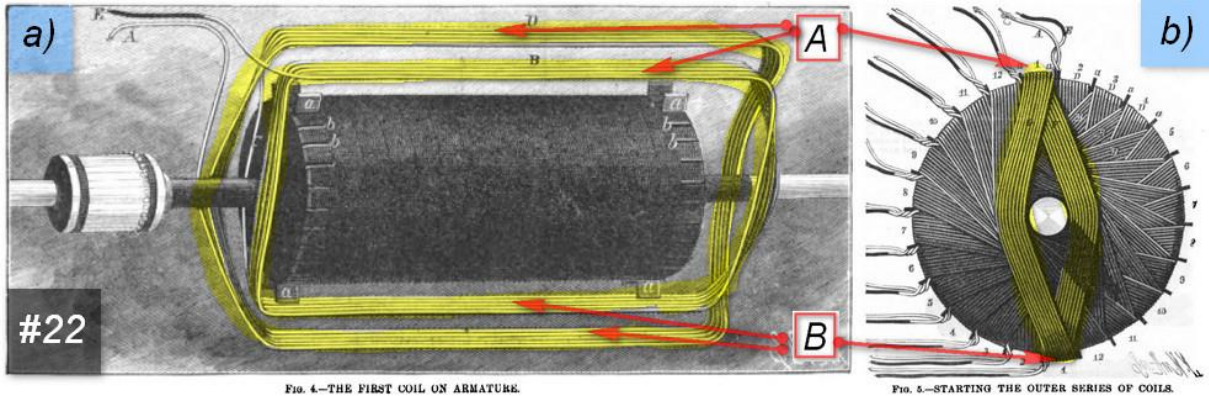
Матеріал ярма, стрижнів котушок збудження і полюсних наконечників виготовлені з металу. Цікаво як виготовлений якір і як намотані обмотки, розглянемо детальніше.

Вал якоря (1) встановлений так, щоб вільно крутитися на підшипниках, а між периферією якоря і магнітом є зазор близько одного дюйма. На ділянці вала якоря, лежачому між полюсами магніту збудження, розміщений дерев'яний циліндр (2), із ретельно висушеної твердої деревини зазначеного вище розміру. На цьому дерев'яному циліндрику тридцять дев'ять залізних кілець або шайб (3) з проміжними бумажними кільцями (4) того ж розміру і товщини близько одного тридцять другого дюйма. У залізних кільцях в діаметрально протилежних точках просверлені латунні стержні, за допомогою яких скріплюється вся серія. Кожна з цих стержней по всій своїй довжині укладена в трубку з твердої резини або паперу, а гайки на протилежних кінцях стержней електричні відділені від концевих шайб шайбами з ізоляційного матеріалу, такого як слюда, вулканіт або вулканізоване волокно. Расположение частей сердечника якоря показано на рис. 2, на якому деякі залізні кольца відділяються від іншого, щоб більш наглядно проілюструвати конструкцію.

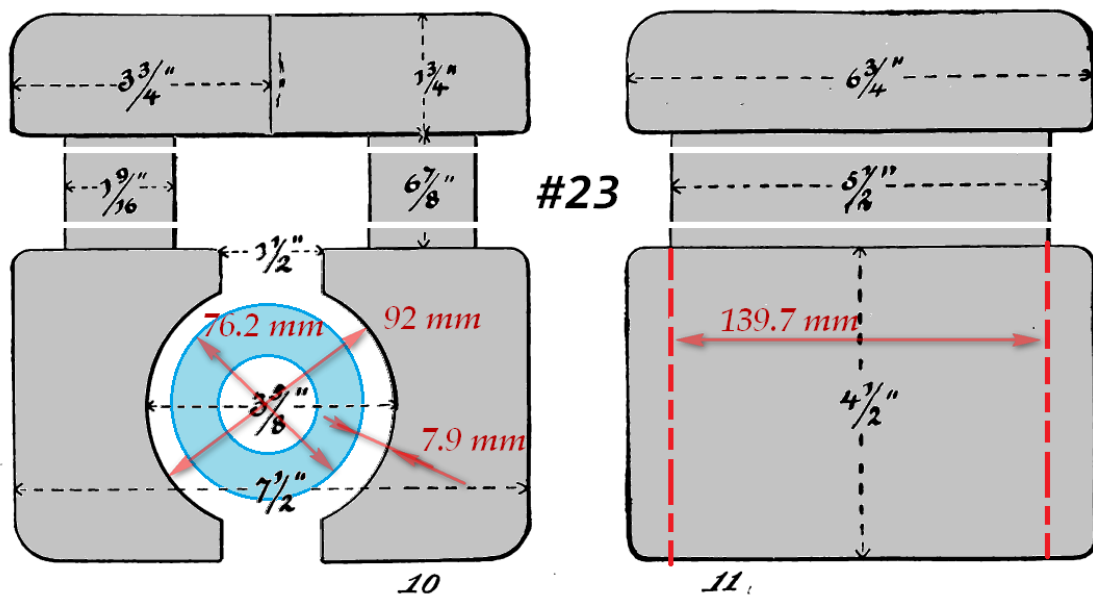


Ряд залізних кілець прикріплений до дерев'яного циліндра і валу двома штифтами, що проходять через кольца, дерев'яний циліндр і вал.

Обмотки мотаються поверх якоря формуючи ті самі обертові рамки з провідника, які ми розглянули в описі теорії такого генератора.



Потрібно уточнити розміри. Основним є розміри якоря і проміжку, решта формується під дані розміри. У публікації розміри в дюймах, а їх перевів у міліметри (на малюнку червоним).



Діаметр металевого кільця якорю складає 76,2 мм;
 Діаметр відстані між наконечниками полюсів складає 92,007 мм;
 Проміжок між кільцем та полюсом складає 7,9 мм;
 Довжина якорю яка контактує з наконечниками полюсів складає 139,7 мм.

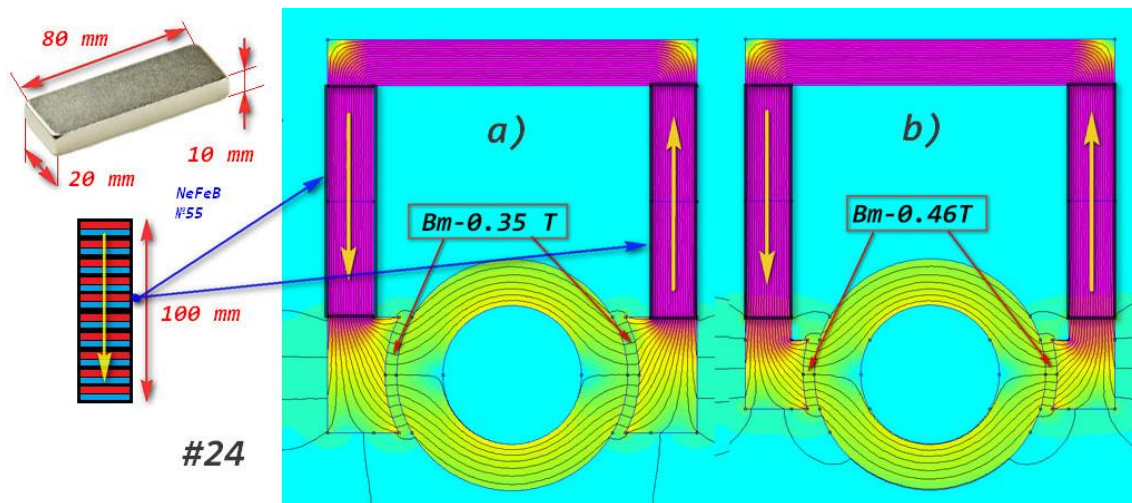
Для розрахунку буде використане збудження від постійних магнітів. Замість котушок збудження розрахуємо необхідну кількість магнітів. Я узяв до уваги розміри неодимових магнітів що є у продажу 80 x 20 x 10 мм (№55). Якщо ми складемо два магніта по довжині, то отримаємо довжину активної сторони рамки обмотки: 80 мм * 2 = 160 мм.

Визначимося з діаметром якорю, візьмемо значення 100 мм. Далі нам треба визначитися зі значенням магнітної індукції у зазорі. Для розрахунку я використав програмне забезпечення FEMM (мал.#24).

Для розрахунку максимальної ЕРС використовуємо формулу ЕРС для провідника у магнітному полі:

$$E = Bm * l * v \quad (22)$$

В цьому питанні є золоте правило генератора, опір провідника повинен стримитися до нуля. Для виконання цього правила треба збільшити перетин та зменшити довжину. Конструктивною особливістю генератора, якій проектується є колекторний комутатор, якій не дуже полюбляє високу швидкість обертання генератора, Візьмемо за точку підрахунку швидкість обертання 900 обертів за хвилину. Залишається тільки показник магнітної індукції. Тому я запланував отримати у проміжку статора та якорю значення магнітної індукції у інтервалі 0,4 – 0,5 тесла.



Як ви бачите на малюнку діаграмі магнітного поля системи нашого генератора при застосуванні більшої площі контакту через проміжок полюсних накладок та якорю, магнітне поле розсівається по площини контакту, що впливає на значення магнітної індукції у проміжку. Я зменшив площину контакту майже до перетину магнітного кола магнітів та ярма, в перетині котрих магнітна індукція складає 1,4 тесла, отримав заплановану мірність магнітної індукції. В кінцевому варіанті розрахунково магнітна індукція у проміжку дорівнює:

$$Bm = 0,46 \text{ Тл}$$

Далі уточнюємо технічне завдання проектування генератора:

- Повна потужність однієї обмотки P_g - 40 Вт;
- Напруга в колі U - 12В;

Я зробив розрахункову таблицю в Excel, ввів розрахункові формули і значення:

РАМКОВИЙ ГЕНЕРАТОР ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

#	позначення	Позиція	Значення	одиниця
1	D	Діаметр якору	0,102	m
2	l	Довжина активного вікна	0,16	m
3	n	Частота обертання	900	rpm
4	v	Швидкість зміни поля	4,80	m/s
5	f	Частота імпульсів у рамці	15	Hz
6	k	Коефіцієнт обмотки	1	
7	B	Магнітна індукція в контурі	0,45	T
8	n	Кількість активних проводів	2	PCS
9	w	Кількість витків у вікні	37	PCS
10	e	ЕРС вікна	0,692	V
11	E	ЕРС (фази)	25,60	V
12	La	Довжина витка активної котушки	0,32	m
13	Lr	Довжина витка пасивного	0,102	m
14	L	Довжина фази сумарна	11,942	m
15	dL	Діаметр фази проводу	0,8	mm
16	pL	Кількість жил в пучку	1	PCS
17	sL	Перетин фазного проводу	0,502	mm^2
18	Sl	Сумарний перетин фазного проводу	0,50	mm^2
19	$I(sL)$	Допустимий струм на секцію проводу	5,02	A
20	$I(Sl)$	Допустимий струм на секцію дроту	5,02	A
21	$R(Llm)$	Опір 1м проводу	0,036	ohm/m
22	$R(L)$	Опір жили	0,428	ohm
23	Rq	Інше (опір з'єднання)	0,020	ohm
24	Rz	Опір навантаження $Rz=U^2/P$	3,600	ohm
25	R	Загальний опір контуру:	4,0	ohm
26	U	Напруга: батарея / мережа	12,0	V
27	$I(max)$	Максимальний розрахунковий імпульс струм	3,36	A
29	$I(Rz)$	Максимальний струм навантаження	3,33	0,03
30	$I(i)$	Допустимий імпульсний струм	5,02	1,66
28	$P(i)$	Пікова потужність	40,31	W
31	$P(cos\Phi)$	Потужність з коефіцієнтом потужності	0,040	kW

Перевіряємо базові розрахунки. Для розрахунку ЕРС одного витка рамки нам потрібно розрахувати швидкість обертання рамки у метрах секунду. Для цього в електротехніці є відповідна формула:

$$v = 2\pi \frac{n}{30} \quad (23)$$

$$v = 2 * 3.14 * (900 \text{ rpm} / 30) = 4,8 \text{ м/с}$$

Активна довжина провідника складається з двох відрізків довжиною 0,16 метрів:

$$l = 2 * 0,16 \text{ м} = 0,32 \text{ метра.}$$

Магнітну індукцію ми розраховували раніше: $B_m = 0.46 \text{ Тл}$ (я ввожу 0,45 Тл)

Рахуємо ЕРС одного витка за формулою (22)

$$E = 0,45 \text{ Тл} * 0,32 \text{ м} * 4,8 \text{ м/с} = 0,692 \text{ вольт.}$$

Струм навантаження, рахуємо за базовою формулою:

$$I = U^2 / P = 122\text{V} / 40\text{W} = 144\text{V} / 40\text{W} = 3,6 \Omega$$

Струм навантаження, рахуємо за базовою формулою Закону Ома:

$$I = U / R = 12 \text{ V} / 3,6 \Omega = 3,33 \text{ А}$$

Далі ми повинні виконати умову відповідності струму навантаження зв струмом повного кола, якій розраховується за формулою (16):

$$I = \frac{\Delta U + U_i}{R + r} = \frac{U}{R}$$

Інженерами практикується інша формула яка також рахує відповідність струму навантаження і струму в повному колі:

$$I = \frac{E - U}{R + r} = \frac{U}{R} \quad (24)$$

Це рівняння відповідності як раз свідчення, що ЕРС перетворюється на струм. То що струм в електричній системі обчислювання є магнітною індукцією навколо провідника ми з'ясували раніше. Це як раз твердження цього яке весь час було в нас перед очима. В нашому розрахунку це такі значення:

$$(25,6\text{В} - 12\text{В} = \mathbf{13,6\text{В}}) / (3,6\Omega + 0,448\Omega = 4,048\Omega) = 12\text{В} / 3,6\Omega = 3,33\text{А}$$

13,6 В як раз є рівнем падіння рівня ЕРС яке додається до повного ЕРС на холостому ході. Це падіння можливе розрахувати за формулами падіння для дроту обмотки та навантаження:

$$(\Delta U = 3,333\text{A} * 0,448\Omega = 1,5\text{V}) + (U_i = 3,333\text{A} * 3,6\Omega = 12,1\text{V}) = 13,6\text{V}$$

Чому такі розрахунки? Електромагнітний генератор є джерелом струму. Принцип дії полягає в генерації повної ЕРС, яка частково, при підключенні опору навантаження, перетворюється на струм – магнітну індукцію навколо провідника. Важлива умова присутності у колі діючої напруги для виконання умов закону Ома на ділянці ланцюга з навантаженням.

Відмінність від гальванічної батареї, в тому що в електричному колі, до якого під'єднана обмотка генератора силові лінії магнітної індукції замкнені між собою, а у гальванічної батареї силові лінії магнітної індукції діють від одного електричного полюса (-) до другого електричного полюса (+) джерела напруги.

Електромагнітний генератор і Гальванічний елемент в електротехніці є джерелами напруги і струму. Різниця в принципі дії. Гальванічний елемент виробляє частину ЕРС, якої бракує для підтримки електричної напруженості на клеммах батареї, саме з цієї причини його називають Генератор Напруги. Електромагнітний генератор виробляє спочатку повну ЕРС, яка надалі перетворюється на силу струму шляхом падіння напруги. Саме з цієї причини його називають Генератор Струму.

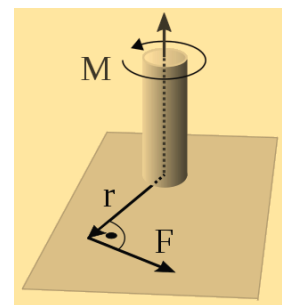
В обох приладах ЕРС перетворюється на СТРУМ (МАГНІТНУ ІНДУКЦІЮ НАВКОЛО ПРОВІДНИКА).

Магнітна індукція в обмотці генератора утворює взаємодію з магнітною індукцією зовнішнього магнітного поля. Ця взаємодія утворює електромагнітний момент на валу генератора, який заважає обертати якор.

Цю силову дію чомусь зв'язують з правилом Ленца, яке має відношення як раз до дій векторів електричної та магнітної індукції в перетворенні одного на інше.

Електромагнітна сила $[F(A)]$ напряму пов'язана з моментом сили (крутним моментом) у механіці через обертання якорю або ротору.

Момент сили (крутний момент) - векторна фізична величина, що характеризує дію сили на механічний об'єкт, яка може спричинити його обертальний рух. Визначається як векторний добуток радіус-вектора точки прикладання сили $[r]$ і вектора сили $[F]$. Моменти сил, що утворюються в різних умовах, у техніці можуть мати назви: крутильний момент, обертальний момент, крутильний момент, крутильний момент, обертальний момент, скручувальний момент.



Момент сили позначається символом $[M]$ або $[\tau]$ (tau).
Одиниця виміру в СІ: Н·м (Ньютон метр).

$$[M] \text{ або } [\tau] = Fr \quad (25)$$

Є формули які перераховують показники механічної потужності $[P_k]$ у ватах, в крутний момент $[\tau]$ у Ньютон метри, та навпаки

$$\tau = \frac{9,55 \cdot P_k}{n} \quad (26) \quad P_k = \frac{\tau \cdot n}{9,55} \quad (27)$$

Ще раз згадаємо що є Потужність (N, P, W) — робота [A], що виконана за одиницю часу [t], або енергія, передана за одиницю часу:

$$N=A/t,$$

де N — потужність, A — виконана робота, t — проміжок часу, за який ця робота виконана.

У системі SI потужність вимірюється у Ватах. Іншою одиницею вимірювання, яка ще й досі широко використовується, є кінська сила (1 к.с. = 735,5 Вт).

Потужність в механіці, якщо на рухоме тіло діє сила, то ця сила здійснює роботу. Потужність в цьому випадку рівна скалярному добутку вектора сили на вектор швидкості, з якою рухається тіло:

$$P_k = F \cdot v \cdot \cos\alpha$$

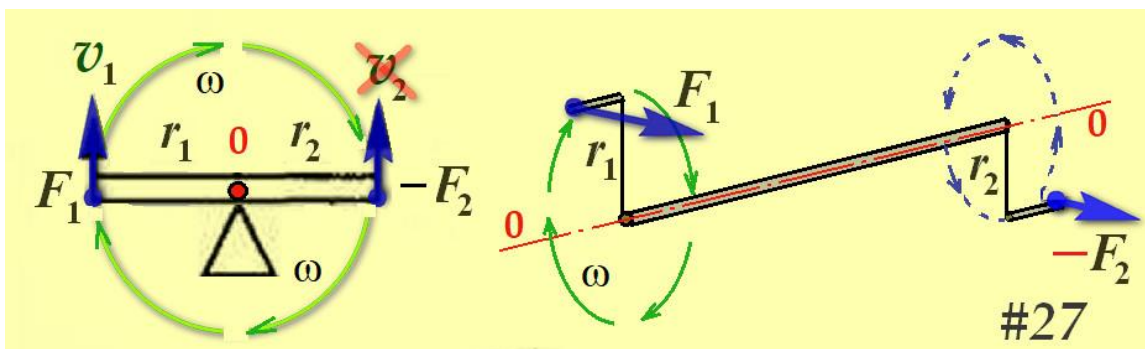
де F — сила, v — швидкість, α — кут між вектором швидкості і сили.

Окремий випадок механічної потужності [Pk] при обертальному русі:

$$P_k = \tau\omega = \frac{\pi\tau n}{30} \quad (28)$$

де, τ — момент, ω — кутова швидкість, π — число пі 3,14159265358979323, n — частота обертання (число обертів за хвилину, об/хв).

Ми вже з'ясували, що електромагнітний генератор під час виконання роботи з під'єднанням навантаженням, створює магнітну індукцію навколо провідника. Умовою виконання цієї роботи механічним електрогенератором є швидкість зміни магнітного поля яка досягається швидкістю обертання рамці провідника на якорі. Для обертання якорю генератора треба прикласти механічну потужність зовнішніх двигунів: гідротурбіни, газової турбіни, вітряні турбіни, ДВЗ тощо. Як все це виглядає, у випадку виконання роботи, зображено на малюнку (#27). Електромагнітна сила [$-F_2$] зі знаком мінус, тому що вона заважає механічній силі двигуна [F_1] обертати ось [0] механічної системи двигуна та генератору.



Електромагнітний момент електрогенератора [$\tau_g = F_2 \cdot r_2$], складається зі сили Ампера [$-F_2$] та радіус вектору [r_2]. Напрямок дії сили Ампера, протилежний напрямку моменту сили (крутного моменту) двигуна [$\tau_m = F_1 \cdot r_1$], якій обертає якір генератора. Припустимо, що радіус вектори двигуна і генератора рівні. Для обертання механічної системи потрібно ще врахувати крутний момент холостого ходу [τ_0]. Розрахунок потрібного крутного моменту двигуна треба виконати за формулою [$\tau_m = \tau_g \tau_0$]. Завдання моменту сили двигуна компенсувати електромагнітний момент генератора та забезпечити обертання якорю з кутовою швидкістю яка забезпечує розрахункову швидкість обертання, для виконання явища електромагнітної індукції встановленого рівня.

Розрахуємо магнітний момент розрахованого генератора постійного струму (сторінка 28). Для розрахунку напишемо відповідну формулу:

$$\tau = Fa \cdot r = Bm \cdot 2l \cdot I \cdot \frac{D}{2} \cdot w \quad (29)$$

де: Bm - магнітна індукція зовнішнього поля у зоні дії на провідник зі струмом;
 I - сила струму провідника; l - довжина активного провідника; w - кількість провідників у обмотці рамки; D - діаметр якорю.

Рахуємо:

$$\tau_g = 0,45 \text{ Тл} \cdot 2 \cdot 0,16 \text{ м} \cdot 3,36 \text{ А} \cdot (0,102 \text{ м} / 2) \cdot 37 \text{ витків} = 0,913 \text{ Нм}$$

Переведемо в меру механічної потужності використавши формулу (27):

$$P_{k_g} = \tau_{g_n} / 9,55 = (0,913 \text{ Нм} \cdot 900 \text{ об/хв}) / 9,55 = 86,04 \text{ Вт}$$

Ми отримали результат значення механічної потужності електромагнітного моменту генератора $P_{k_g} = 86 \text{ Вт}$, більший за електричну потужність $P_{e_g} = 40,3 \text{ Вт}$.

Я досліджував це питання з яким ви можете ознайомитися за присиланням:

[СИЛА АМПЕРА https://rakatskiy.blogspot.com/p/ampere-force.html](https://rakatskiy.blogspot.com/p/ampere-force.html)

Виявлена залежність результуючій дії сили Ампера від рівня падіння напруги на провіднику зі струмом. Цю залежність можливо розрахувати формулою:

$$k_R = \frac{U}{E} \quad (30)$$

де: k_R - коефіцієнт залежності ; E - ЕРС без під'єданого навантаження;
 U - діюча напруга на клеммах генератора з навантаженням.

Розрахуємо коефіцієнт залежності:

$$k_R = U / E = 12 \text{ В} / 25,6 \text{ В} = 0,469$$

Додаємо його до обчислюваного електромагнітного моменту генератора за формулою (29)

$$\tau = k_R \cdot Fa \cdot r = Bm \cdot 2l \cdot I \cdot \frac{D}{2} \cdot w \quad (29.1)$$

$$\tau_g = 0,469 \cdot 0,45 \text{ Тл} \cdot (2 \cdot 0,16 \text{ м}) \cdot 3,36 \text{ А} \cdot (0,102 \text{ м} / 2) \cdot 37 \text{ витків} = 0,43 \text{ Нм}$$

Ще раз переведемо в міру механічної потужності використавши формулу (27):

$$P_{k_g} = k_R \cdot \tau_g n / 9,55 = 0,469 \cdot (0,913 \text{ Нм} \cdot 900 \text{ об/хв}) / 9,55 = 40,3 \text{ Вт}$$

В електротехніці для розрахунку повної електричної потужності генератора застосовують формулу $P_e(g) = EI = 25,6\text{В} \cdot 3,36\text{А} = 86 \text{ Вт}$, що не відповідає фактичній електричній потужності, яка виконує роботу на навантаженні,

$$P_{e[LOAD]} = UI = 12\text{В} \cdot 3,36\text{А} = 40,3 \text{ Вт}.$$

В механіці існує поняття потенційної та кінетичної енергії. Потенційна разом із кінетичною енергією, яка враховує не тільки положення тіл у просторі, а й рух, потенціальна енергія складає механічну енергію фізичної системи.

$$Ek = \frac{1}{2}mv^2, \quad (30)$$

де: Ek — кінетична енергія тіла; m — маса тіла; v — швидкість руху тіла

Кінетична енергія обертання: Речі, які котяться без ковзання, мають деяку частку своєї енергії як поступальну кінетичну, а решту - як обертальну кінетичну. Співвідношення залежить від моменту інерції об'єкта, який котиться.

$$Ek = \frac{1}{2}J\omega^2 \quad (31)$$

де: ω - кутова швидкість і J - момент інерції навколо осі обертання.

Механічна робота, застосована під час обертання, - це крутний момент (τ), що перевищує кут повороту (θ): $W = \tau\theta$

Миттєва потужність кутового прискорюється тіла - це крутний момент, що разів перевищує кутову швидкість: $P = \tau\omega$

Загальна формула потенційної лінійного вектору механічної енергії має алгоритм добутку маси тіла на квадрат швидкості:

$$E = mv^2, \quad (32); \text{ для всесвіту } E = mc^2, \quad (33)$$

де: E – потенційна механічна енергія (Дж); m – маса тіла (кг); v - швидкість переміщення тіла (м/с); c – швидкість світла (м/с).

Виходячи з аналогії механічної системи можемо записати електромагнітну систему енергій для електромагнітного генератору:

Потенційна електричного полю:

$$Ee = EI, \quad (34)$$

Робоча магнітного полю:

$$Ee = \frac{1}{2}EI, \quad (35) \text{ або } Ee = UI, \quad (36)$$

Де: Ee – електромагнітна енергія потенційна або яка виконує роботу (Дж); E – електрорушійна сила кола без підключення опору навантаження (B); U – діюча напруга на клеммах генератору при під'єднанні опору навантаження (B); I – сила струму або магнітне поле навколо провідника (*електрична система вимірювання*), яке наслідком перетворення ЕРС навколо провідника (A).

Це тлумачення є як раз є логічним математичним доказом, що частина електричного потенційного поля системи E (ЕРС) переварюється на магнітне поле навколо провідника Bi (A) яке і виконує роботу.

Таким чином нова редакція рівнянь Максвелла:

- $\text{curl } E = -dB_m / dt$
- $\text{curl } B_i = -dE / dt$

повністю підтверджуються на прикладі роботи простішого електромагнітного генератору з під'єднаним навантаженням.

Раніше ми розглядали, що для обертання якоря генератора потрібен приводний двигун, який забезпечує момент сили (крутний момент) для подолання електромагнітної сили генератора та обертання якоря генератора з певною кутовою швидкістю під навантаженням та холостому ходу.

Звичайно для цього завдання використовуються двигуни які мають механічну силу для обертання від тиску пара або газу, напору води, вітру тощо. Для розрахунку механічної частини всі дії силового впливу джерел, перераховуються в крутний момент ($H \cdot m$) та механічну потужність (Bm).

Всі дії механічної системи пов'язані з втратами на тертя та обертання в холостому режимі та під навантаженням. Холостий режим це механічна потужність яка потребує обертання якорю з розрахунковою кутовою швидкістю обертання. Дали розглянемо можливість використання у ролі двигуна приводу - електродвигуна.

За конструкцією електродвигун дуже схожий на конструкцію генератора, но має зворотню дію електрогенератора.

Електродвигун – це електрична машина, за допомогою якої електромагнітна енергія перетворюється в механічну, для приведення в рух різних механізмів. Це твердження абсолютно вірне, в порівнянні з дією електрогенератора, в якому механічна сила є тільки умовою для виконання електромагнітної індукції.

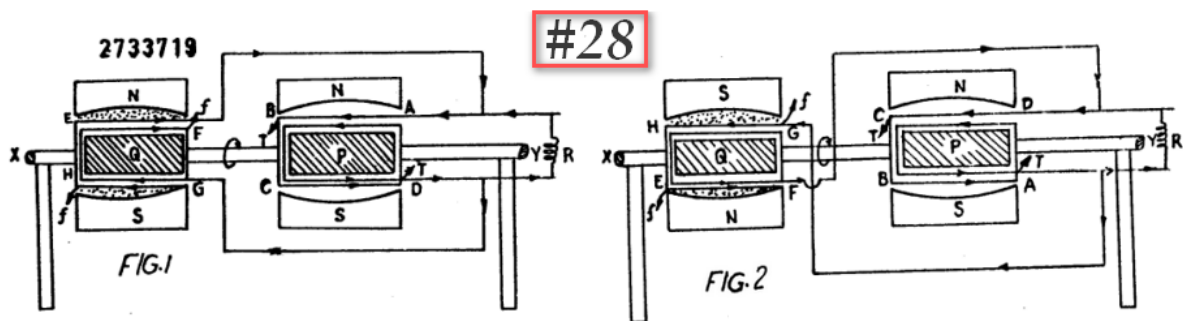
Електродвигун є основним елементом електроприводу. Як правило, електродвигун складається з двох основних компонентів – якорю (ротора) та статора.

Сучасна офіційна наука заперечує використання електродвигуна в якості приводного двигуна для електрогенератора, щоб отримати показник коефіцієнта корисної дії більш за 100%. Цю дію науковці відносять до здібностей системи в якості «вічного двигуна», що за думкою науковців неможливо. Ми це перевіримо щоб підтвердити або спростувати дане твердження. Для цього візьмемо для розгляду цікавий патент, який як раз супротив тверджень науковців.

Патент **DE2733719A1**, який опублікований 1979-02-15 у Німеччині, винахідника: Chitta Ranjan Mukherjee.
Категорія: H02K53/00 Передбачувані динамо-електричні вічні двигуни

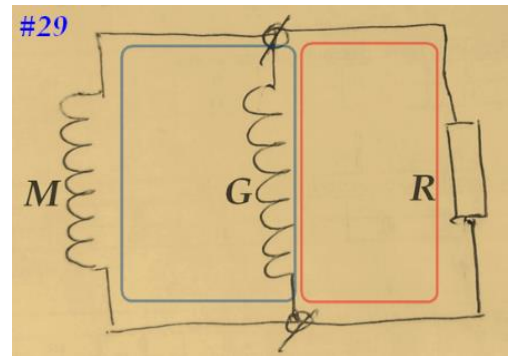
"Електрогенератор без зовнішнього джерела механічної енергії - використовує звичайний генератор і електричний блок з магнітами збудження та якорем"

Анотація: Машина для перетворення магнітної енергії в електричну, наприклад, генератор, сконструйована таким чином, що, на відміну від звичайних генераторів, які потребують введення зовнішнього джерела механічної енергії в генератор для отримання електричної енергії, для отримання електричної енергії не потрібна енергія з будь-якого зовнішнього джерела, крім самого генератора, для отримання електричної енергії. Таким чином, винахід містить звичайний електричний генератор і електричний блок, оснащений магнітами збудження (поля) і якорем, що містить провідники, по яких проходить електричний струм, що протидіє силі протидії, яка створюється на валу звичайного генератора, для створення приводної сили, необхідної для обертання валу генератора. Електричний блок встановлюється на валу генератора, обертається разом з валом і безперервно створює рушійне зусилля на валу.



Кому цікаве можете прочитати патент в [оригіналі](#) або в перекладі [українською](#).

Як що ми розглянемо малюнки з патенту на малюнку (#28), то побачимо дві рамкових намотки, на однієї осі, які обертаються в магнітних полях постійних магнітів. Рамкові намотки з'єднані паралельно, до цього з'єднання під'єднано навантаження R. На електричній схемі це виглядає дуже просто та дуже неправдоподібно (мал. #29).



При розрахунку генератора ми використовували коло, яке на малюнку позначено червоним кольором. Нам треба з'ясувати можливу роботу кола, яке позначено блакитним контуром, з урахуванням крутного моменту двигуна та електромагнітного моменту генератора.

Для початку з'ясуємо електричні показники двигуна, як навантаження. Розрахуємо показники двигуна постійного струму потужністю $P_e = 40$ Вт, при напрузі у колі $U = 12$ В. Нам треба розрахувати опір та струм:

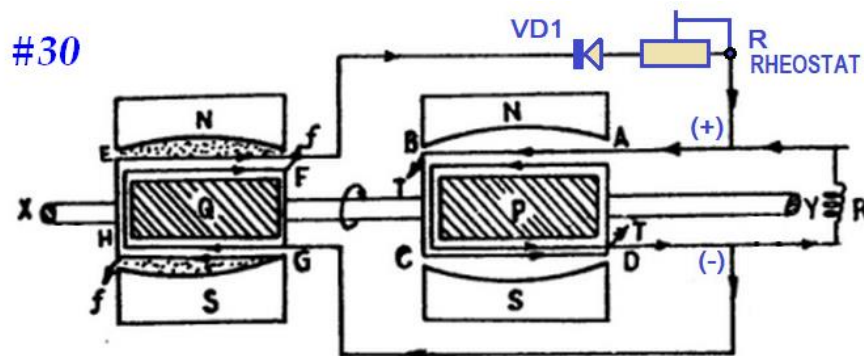
$$R = U^2 / P_e = (12V)^2 / 40W = 3,6 \Omega$$

$$I = U / R = 12 V / 3,6 \Omega = 3,33 A$$

Опір дроту рамки генератору $r = 0,428 \Omega$. Для виконання умови роботи машини як двигуна постійного струму потужністю 40 Вт, нам треба додати в ланцюг електромеханічної машини додатковий опір 3,12 Ω . Таким чином буде виконано умови опору для двигуна як навантаження:

$$R_{\text{motor}} = r_L + R_{\text{rheostat}} = 0,428 \Omega + 3,12 \Omega = 3,6 \Omega$$

Припустимо, що ми розкрутили систему та під'єднали дві машини через вал, замкнули контакти (мал.#30) додавши реостат та діод таким чином що двигун струм в обмотці двигуна мав заплановане направлення.



Розрахуємо електричні та механічні показники такої системи. Я склав розрахунковий модуль в Excel та ввів відповідні дані для генератора та двигуна.

Табл.№31

#	Позиція	позначення	одиниця	Генератор		Двигун	
1	Діаметр анкера	<i>D</i>	<i>mm</i>	102		102	
2	Довжина активного вікна	<i>l</i>	<i>mm</i>	160		160	
3	Частота обертання	<i>RPM</i>	<i>rpm</i>	900		900	
4	Магнітна індукція в контурі	<i>B</i>	<i>tesla</i>	0,45		0,45	
5	Кількість фазних гнізд	<i>n</i>	<i>pieces</i>	2		2	
6	Кількість витків у вікні	<i>w</i>	<i>pieces</i>	37		37	
7	Діаметр фази дроту	<i>d</i>	<i>mm</i>	0,8		0,8	
8	Коефіцієнт намотування	<i>k(w)</i>	<i>number</i>	1		1	
9	Кількість жил в пучку	*	<i>pieces</i>	1		1	
10	Допустимий струм на секцію проводу	<i>I(Sd)</i>	<i>A</i>	10		10	
11	Опір з'єднання / реостат	<i>R(j)</i>	Ω	0,05		3,17	
12	Потужність навантаження	<i>P(Load)</i>	<i>W</i>	40		40	
13	Напруга: батарея / мережа	<i>U</i>	<i>V</i>	12		12	
14	Коефіцієнт потужності	<i>k(P)</i>	<i>number</i>	1		1	
						1	2
15	Загальний опір контуру:	<i>R</i>	Ω	4,08		3,60	3,60
16	Допустимий струм на секцію дроту	<i>I [w]</i>	<i>A</i>	5,02		5,02	5,02
16	Максимальний струм навантаження	<i>I [LOAD]</i>	<i>A</i>	3,33	0,00	3,33	3,33
17	Максимальний розрахунковий імпульс струму	<i>I</i>	<i>A</i>	3,33	1,69	3,34	3,34
17	Пікова потужність	<i>Pg[Pm]</i>	<i>W</i>	40,01		40,02	40,02
18	Електромагнітний момент на валу	<i>Tg[Tm]</i>	<i>Nm / W</i>	-0,42	-40,03	0,91	0,42
18	Крутний момент (формула) $T_g = (9550 \cdot \text{кВт}) / n$	<i>Tg[Tm]</i>	<i>Nm / W</i>	0,42	40,01	0,42	0,42

Отримав дані які відповідають зворотності електромеханічних машин Показники для двигуна які виділені червоною рамкою зроблені без застосування коефіцієнту відповідності k_R , ті що блакитною з застосуванням котрий розраховано для генератора. В подальшому для розрахунку двигуна будемо використовувати застосування коефіцієнту відповідності.

Ми бачимо що з метою застосування генератору як двигуна треба корегувати опір ланцюгу двигуна. Для цього в електротехніці використовують реостати, що я і вказав на схемі (#30).

Припустимо холостий хід обертання системи складає 20% потужності генератора. Для роботи системи потрібен двигун: $40 \text{ Вт} \cdot 1,2 = 48 \text{ Вт}$.

Розрахуємо показники двигуна постійного струму потужністю $P_e = 48 \text{ Вт}$, при напрузі у колі $U = 12 \text{ В}$. Нам треба розрахувати опір та струм:

$$R = U^2 / P_e = (12\text{V})^2 / 48\text{W} = 3,0 \Omega$$

$$I = U / R = 12 \text{ V} / 3,0 \Omega = 4,0 \text{ A}$$

Наш мотор ми можемо перевести в режим потужності 48 Вт, зменшивши опір реостату до: $3,0 \Omega - 0,428 \Omega = 2,572 \Omega$. Но в цьому випадку зросте струм двигуна та генератору, ми отримаємо рівновагу. Система не спрацює як заплановано.

Таким чином в одному колі під'єднати їх один до одного неможливо. Тільки як що двигун під'єднати до кола з джерелом електрики, а генератор під'єднати до навантаження. Для великої потужності це в окремих випадках роблять і досі.

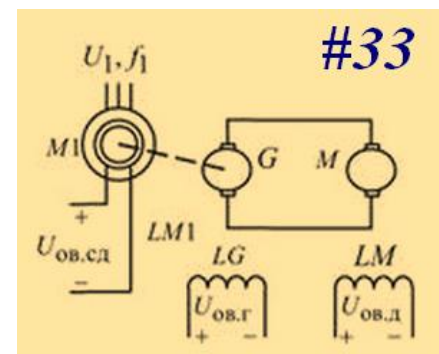
СИСТЕМИ "ПЕРЕТВОРЮВАЧ-ДВИГУН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ"

Для регулювання швидкості двигуна постійного струму по ланцюгу обмотки якоря зміною напруги використовуються регульовані перетворювачі різної фізичної природи:

- електромашинні, що виконуються за системою "генератор-двигун";
- напівпровідникові з тиристорними перетворювачами змінної напруги в регульоване постійне, що виконуються за системою тиристорний перетворювач-двигун (ТП-Д);
- напівпровідникові з транзисторними регуляторами напруги, що виконуються за системою "широтній-імпульсний перетворювач-двигун" (ШИП-Д).

Схема силових ланцюгів системи Г-Д наведена на мал.(#33).

На відміну від релейно-контактних схем управління двигунами постійного струму, в системі Г-Д відсутні громіздкі пускові реостати, а також втрати енергії в них при пусках, реверсах, гальмуванні, а також при регулюванні швидкості. Діапазон регулювання швидкості зазвичай не перевищує 1/30.



Основний недолік систем Г-Д - два обертових агрегати в перетворювачі. Потужність виконавчого (приводного) двигуна у два - три рази більша за потужність вихідного генератору.

Можливу зворотність машин постійного струму, за допомогою включення реостату в ланцюг двигуна ми розраховали раніше. Все відбувається відповідно до законів які застосовуються в електротехніці

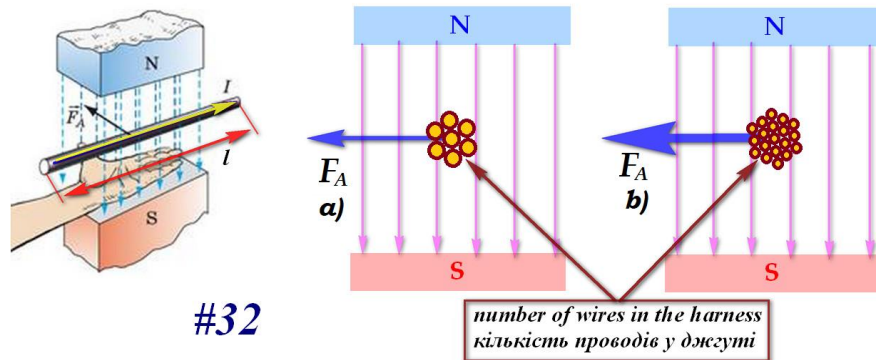
Яке завдання нам треба вирішити? Нам треба збільшити опір навантаження (обмотки двигуна) з одночасним зменшенням електричної потужності збудження та головне збільшення сили Ампера, що потягне за собою збільшення крутного моменту.

В електротехніці застосовують метод розрахунку сили Ампера дроту зі струмом обмотки через розрахунок ампер витків. Згадаємо формулу (29.1):

$$\tau = k_R \cdot Fa \cdot r = Bm \cdot 2l \cdot I \cdot \frac{D}{2} \cdot w \quad (29.1)$$

В нас є показник сили струму $[I]$ яку треба зменшити для зменшення електричної потужності яка прикладається, та кількість витків $[w]$ яку можливо

збільшити при зменшенні перетину провідника додавши також омичного опору до розрахунку двигуна (мал.#32).



Спробуємо розрахувати двигун таким чином що потужність двигуна складатиме 10 Вт: $[10 \text{ Вт} = 12 \text{ В} * 0,83 \text{ А}] [I = U/I = 12 \text{ В} / 0,83 \text{ А} = 14,45 \text{ }\Omega]$ Використовуємо формулу (29.1) таким чином щоб кількість витків відповідала опору мотору постійного струму потужністю 10 Вт. Провід для обмотки використаємо 0,4 мм у діаметрі (максимальний струм 1,26 А).

Табл. #35

#	Позиція	позначення	одиниця	Генератор		Двигун	
1	Діаметр анкера	D	mm	102		102	
2	Довжина активного вікна	l	mm	160		160	
3	Частота обертання	RPM	rpm	900		900	
4	Магнітна індукція в контурі	B	tesla	0,45		0,45	
5	Кількість фазних гнізд	n	pieces	2		2	
6	Кількість витків у вікні	w	pieces	37		238	
7	Діаметр фази дроту	d	mm	0,8		0,4	
8	Коефіцієнт намотування	$k(w)$	number	1		1	
9	Кількість жил в пучку	*	pieces	1		1	
10	Допустимий струм на секцію проводу	$I(Sd)$	A	10		10	
11	Опір з'єднання / реостат	$R(j)$	Ω	0,05		0,01	
12	Потужність навантаження	$P(Load)$	W	40		10	
13	Напруга: батарея / мережа	U	V	12		12	
14	Коефіцієнт потужності	$k(P)$	number	1		1	
15	Загальний опір контуру:	R	Ω	4,08		14,40	
16	Допустимий струм на секцію дроту	$I [w]$	A	5,02		1,26	
16	Максимальний струм навантаження	$I [LOAD]$	A	3,33	0,00	0,83	0,01
17	Максимальний розрахунковий імпульс струму	I	A	3,33	1,69	0,83	0,00
17	Пікова потужність	$Pg[Pm]$	W	40,01		10,00	
18	Електромагнітний момент на валу	$Tg[Tm]$	Nm / W	-0,42	-40,03	0,68	64,34
18	Крутний момент (формула) $Tg = (9550 * кВт) / n$	$Tg[Tm]$	Nm / W	0,42	40,01	0,11	10,00
19	Різниця електричної потужності (ген. - двиг.)	$Pg - Pm$	W	30,01			
20	Різниця крутного моменту (ген. - двиг.)	$(-Tg)+Tm$	Nm	0,26			COP = 4,0

$$\tau_m = 0,469 * 0,45 \text{ Тл} * (2 * 0,16 \text{ м}) * 0,83 \text{ А} * (0,102 \text{ м} / 2) * 238 \text{ витків} = 0,68 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$\text{Перевіряємо за формулою переведення: } \tau = 9,55 \text{ Рє} / n = 9,55 * 10 \text{ Вт} / 900 \text{ об/хв} = 0,11 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$Pk = \tau_m * n / 9,55 = 0,68 \text{ Н}\cdot\text{м} * 900 \text{ об/хв} / 9,55 = 64 \text{ Вт}$$

Таким чином можемо зробити висновок, що нам вдалося розрахувати дію двигуна постійного струму, з показником над єдності перетворення електричної потужності в механічний момент сили:

$$\eta = P_k / P_e = 64 \text{ Вт} / 10 \text{ Вт} = 6,4 * 100 \% = 640 \%$$

Ще врахуємо що крутний момент холостого ходу системі буде в мірності 20% крутного моменту генератора $0,42 \text{ Нм} * 0,2 = 0,084 \text{ Н}\cdot\text{м}$, то ми можемо ще зменшити електричну потужність електродвигуна перерахувавши опір двигуна, додавши в ланцюг реостат (мал.#30).

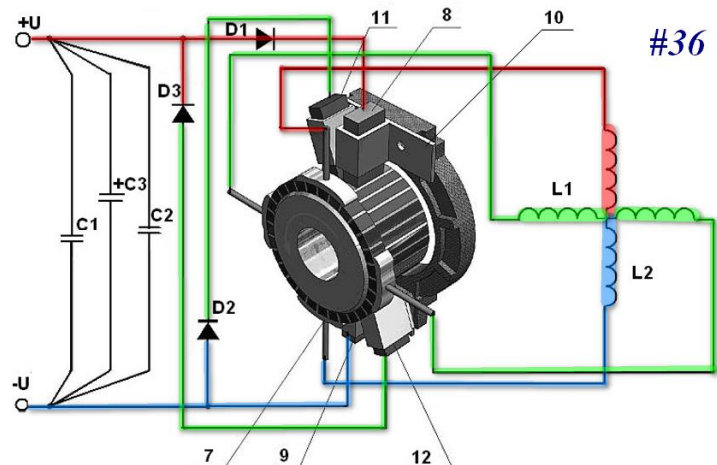
Ми збільшили кількість обертів дроту в рамці двигуна. При вимиканні струму в обмотці буде формуватися ЕРС самоіндукції. Це як раз той самий випадок зворотної дії електромагнітної індукції у електродинаміки Максвелла (має не вірне тлумачення) яке я вточнив раніше, записуємо у вигляді:

$$\text{curl } \mathbf{B}_i = - d\mathbf{E} / dt \rightarrow \text{curl } \mathbf{E} = - d\mathbf{B}_i / dt$$

Таким чином необхідна система зняття напруження електричного поля з обмотки якоря яка від'єднується від живлення. Подібне рішення для зняття ЕРС самоіндукції відпрацювали Канарьов Ф.М. з командою:

[«Генератор електричних імпульсів, що обертається сам \(RU 2460200\)».](#)

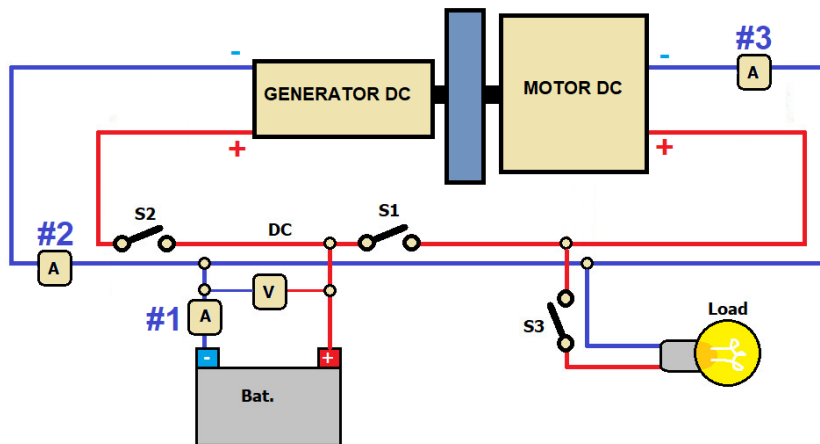
На валу ротора встановлено колектор 7 (мал. #36). Щітки 8 і 9 укріплені в щітковому вузлі 10, прикріпленому до корпусу 4 мотора-генератора. У щітковому вузлі 10 встановлено дві пари щіток. Щітки 8 і 9 передають напругу від джерела живлення в секторі ламельок, що відповідають зближенню магнітних полюсів ротора і статора мотор-генератора до позиції їхнього симетричного розташування. Наступні за цим ламельки колектора починають контактувати зі щітками 11 і 12 (мал. #36), через які імпульс ЕРС самоіндукції $-U_c$, що виникає в обмотці збудження ротора в момент припинення подавання імпульсу напруги $+U$ в обмотку ротора через щітки 11 і 12, передається в конденсатори C1, C2 і C3 (мал. #36) блока живлення ротора, і в такий спосіб рекуперується частина енергії, витраченої на формування збудження в обмотці ротора.





Простіша електрична схема двигуна генератора постійного струму.

Я завжди наполягаю на тому, що ланцюг постійного струму повинен мати буферний накопичувач енергії, який буде опорною напругою для цього ланцюга. Якщо вам важливо довести "над єдність", підключіть кілька амперметрів до ланцюга і перевірте напрямок і силу струму в ланцюзі під час роботи на кожному амперметрі:



#1 (акумулятор), #2 (фаза генератора), #3 (двигун).

Акумулятор може працювати тільки в режимі джерела або в режимі заряду (споживача). Якщо струм йде в напрямку заряду, батарея працює в режимі навантаження. Якщо струм має протилежний напрямок, батарея працює в режимі джерела. Якщо амперметр показує нуль, це означає, що вихідний струм генератора зарядив акумулятор і всі інші навантаження отримують струм від генератора. Якщо струму, що виробляється генератором, недостатньо для навантаження ланцюга, батарея почне розряджатися (генерувати компенсуючу ЕРС), амперметр #1 негайно відреагує, вказуючи напрямок і міру струму. Все дуже просто і зрозуміло.

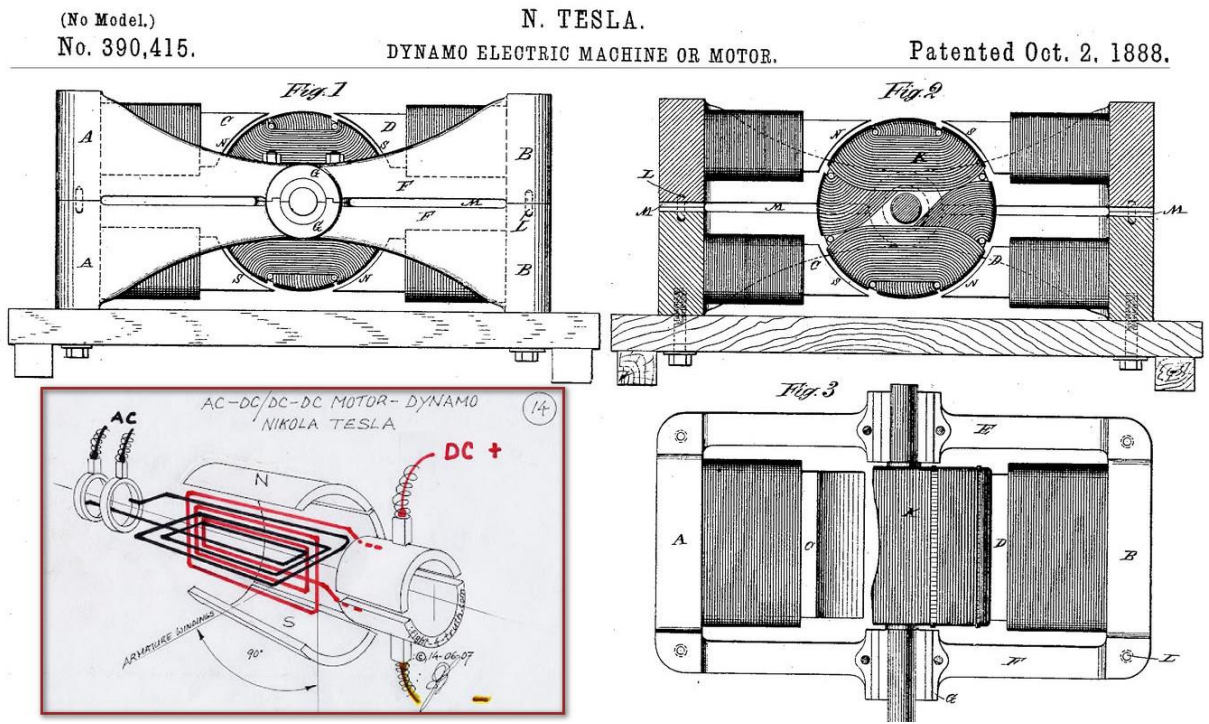
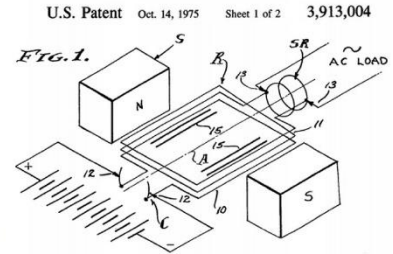
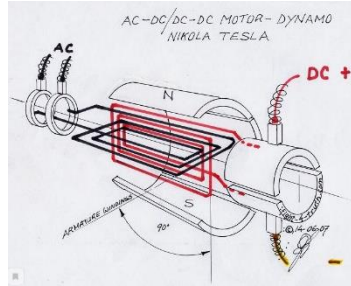
У нашому випадку я б направив імпульс самоіндукції на окремий конденсатор. Залежно від робочої напруги і ємності, накопиченої на конденсаторі, я вирішував, як повернути цю енергію в загальний ланцюг. Можливо, знадобиться понижуючий перетворювач постійного струму.

В світової історії динамо - перетворювачів є два цікавих епізоди: Легенда про мотор-динамо Нікола Тесла, перетворювача Локриджа і винахідника Роберта Александра.

Дивно, але такі чудові проекти перетворювальної машини Роберта

Александера - 1975 року зникли з розробки, так само як і проект Ніколи Тесли - 1931 року. Якщо поміркувати логічно, то можливість ідентичності технології цих пристроїв очевидна, достатньо поглянути на малюнок. Візуально художник зобразив принцип роботи такої машини, який ми розглянули і прорахували абсолютну можливість створення такої машини. Для першої машини, яку ви спробуєте виготовити, вихідна фаза повинна бути постійного струму. Розміщення її слід зробити якщо є бажання спробувати на одному якорі під кутом 90° відносно один одного. Цей момент художник відобразив на макеті двигуна-динамо Ніколи Теслі.

Якщо офіційних документів або свідчень існування в робочому стані динамо двигуна Ніколи Теслі не існує, а тальки думки Теслі, як за його думку перетворити динамо-двигун на електромашинний перетворювач з постійного струму на змінний струм, використавши його [ДИНАМО-ЕЛЕКТРИЧНУ МАШИНУ АБО ДВИГУН \(US390415 від 2 жовтня 1888 року\)](#)



Неймовірна історія яку я почув наприкінці 1982 року від ветерана другої світової війни. Восени 1982 року поступив до роботи в електроцех транспортного підприємства слюсарем електриком. У бригаді працював ветеран другої світової війни, якій іноді згадував неймовірну історію, що була перед його очима. В 1945 році вони взяли в полон розвідгрупу німців. У групі була переносна радіостанція, до комплексу якої входив цікавий пристрій, схожий на елемеханічний перетворювач, що приводився в дію обертанням валу, при розкручуванні шнура на вал. Ветеран стверджував, що прилад сам обертася і забезпечував електрикою радіостанцію. У цю історію ніхто не вірив, просто відносили цю історію до станності ветерана. Він був на підприємстві місцевим винахідником, розробляв усілякі пристрої для полегшення ремонту обладнання автобусів. Я був молодий тому не звернув уваги на явище свідчення пристроїв вільної енергії.

Є цікава історія, яка описана в 2010 році в ілюстрованій лекції Пітера Ліндемманна, доктора наук (повний зміст <http://www.free-energy.ws/> ми тільки доведемо опис пристрою Локріджа):

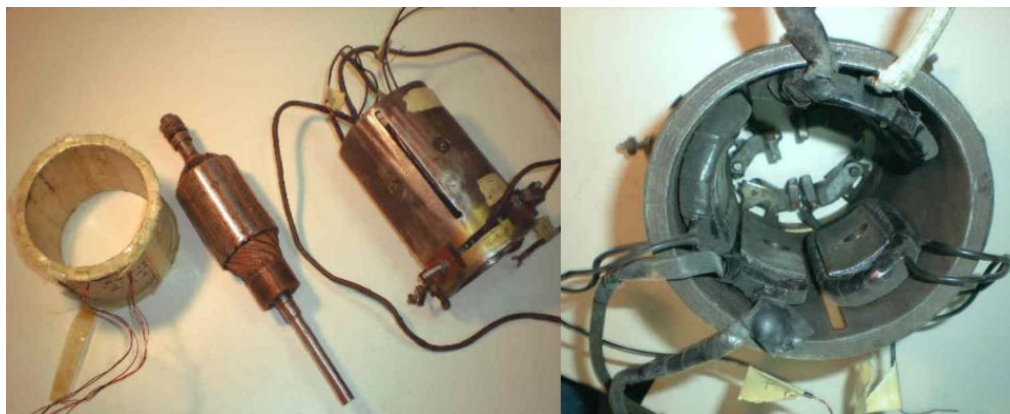
Секрети електродвигунів (частина друга) Розуміння принципу роботи пристрою Локріджа

"Під час операцій з очищення після закінчення Другої світової війни американські солдати проводили обшуки по всій Німеччині, щоб переконатися, що там більше не залишилося ворожих комбатантів. Німеччина місяцями працювала в умовах "затемнення" вночі, тому міста не були легкими цілями для бомбардувань. Крім того, більшість комунальних служб були повністю виведені з ладу, а паливо також було в дефіциті.

Ця ситуація надихнула геніального інженера на ідею зробити собі трохи світла у власному підвалі, вікна якого були повністю зашторені.

Коли американські солдати дісталися цього будинку, машина працювала в підвалі, працювала сама і запалювала лампочки потужністю близько 300 Вт.

Перед вами серце машини.



В основу машини було покладено автомобільний генератор Bosch, найімовірніше, взятий з тогочасного Volkswagen, що випускався обмеженим тиражем. Обмотки статора були модифіковані та змінено їхнє розташування в корпусі. У корпусі були зроблені прорізи, щоб розділити магніти на дві половини. Одна частина була перепризначена для роботи двигуна, а інша половина залишилася в якості генератора. Обмотки на якорі не були змінені.

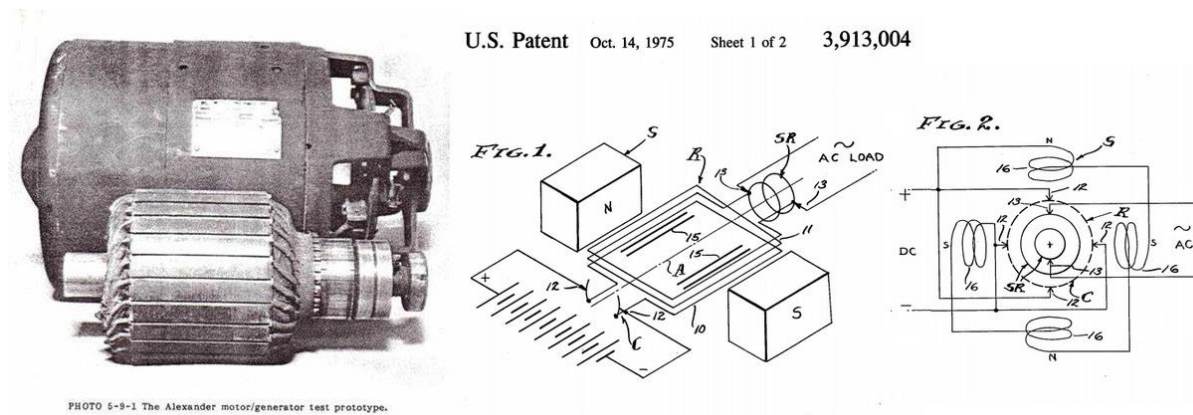
Щітки комутатора також були модифіковані, щоб пристосувати їх до нових положень катушок і нових функцій двигуна.

Американського солдата, який знайшов машину, звали Локридж. Замість того, щоб передати машину своєму начальству, він запакував її в ящик і відправив додому. Повернувшись додому, в Бойсе, штат Айдахо, Локридж переробив машину, створив робочі копії протягом 1950-х років і продавав їх туристам, які відпочивали на вихідних, для освітлення кемпінгів. Сьогодні не збереглося жодної робочої моделі.

У 1980 році інший мешканець Бойсе, друг Джона Бедіні, почав намагатися зібрати докупи всю вцілілу інформацію. Він ніколи не бачив працюючої моделі, хоча знайшов людей, які, як відомо, колись мали працюючі агрегати, але не хотіли обговорювати з ним свій досвід.

30 років по тому, сліди свідчень охололи, а більшість очевидців відійшли у вічність. Залишки проекту були передані Джону Бедіні в 2008 році."

На цьому все не скінчилося, у жовтні 1975 року каліфорнійський винахідник Роберт Александер представив удосконалений силовий агрегат для електромобіля. За задумом винахідника, такий електричний привід повинен був позбавити автовласників у найближчому майбутньому від необхідності використовувати спалене паливо, від зайвого шуму і від необхідності постійно підзаряджати акумулятори.



The National Tattler (11 листопада 1973), с. 6

"Автомобіль, керований безпальною системою" автор Том Валентайн

Вам більше ніколи не доведеться заїжджати на заправку, якщо у виробництво буде запущено безпальний автомобіль Роберта Александера. Александер винайшов систему автоприводу, яка використовує комбінацію електрики, повітря та гідравліки. Його автомобіль може працювати без палива, без шуму, без забруднення і без необхідності щодня підзаряджати батареї. Експерти спантеличені тим, як йому вдається отримувати енергію з "нічого", але він це робить. Таттлер відвідав Пасадену, штат Каліфорнія, для демонстраційної поїздки на старому побитому Фольксвагені, який рухається зі швидкістю 36 миль на годину, але не потребує жодного палива. Інженер і фізик, який супроводжував Таттлера, був вражений. "Це неправильно", - сказав він, - "Ви не можете так їздити". Олександр посміхнувся і приклав палець до губ. "Ш-ш-ш! Не кажи так голосно - машина цього не знає". Маленький електродвигун потужністю 7/8 кінських сил забезпечує початкову потужність. "Для

демонстрації нам довелося зменшити 24-вольтовий вихід електродвигуна до 12 вольт, тому що ми отримували занадто багато енергії", - пояснив Олександр. Олександр, двоє його синів і партнер Джеймс Сміт з Монтебелло побудували безпаливний VW приблизно за 45 днів, в першу чергу, щоб продемонструвати, що у них є відповідь на проблеми автомобільного забруднення і дефіциту палива.

Про такі пристрої не люблять робити увагу крупні мас-медіа для своїх читачів. Всі ці клаптики інформації ми маємо старанням небайдужих. Система не зацікавлена в пристроях які зменшують паливну залежність домогосподарств та промисловості, які сплачуть за енергію (електричну, теплову тощо) немалі гроші. Вартість продажу електрики тільки зростає як і її потреби.

Сподіваюся, матеріал був для вас цікавим і корисним. Якщо захочете перевірити, чи дійсно так відбувається з силою Ампера в двигуні, який виготовлявся в кінці 19 століття, або за власним дизайном майте на увазі що до розрахунку треба мати достовірні початкові данні.

Електрика і механічні прилади що обертаються небезпечні для людини, яка її буде та використовує. Як що ви не маєте досвіду вам треба пройти навчання з правил безпеки будівництва та використання електромеханічних приладів та експлуатації електричних силових мереж. Струм небезпечний для життя крім того він може викликати пожежі при не вірному розрахунку електричного ланцюгу. Електрика та механічні прилади вимагають професійних знань і відповідальності.

[СИЛА АМПЕРА](#)

[Винахід електромагнітного генератора](#)

[Електромагнітний генератор](#)

[Трансформатор?](#)

Сергій Ракарський.

patreon.com