

МАХОВИЧНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ В СТАЦІОНАРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

*Комаха Віталій Петрович к.т.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет*

Котача В.
Vinnytsia National Agrarian University

Анотація: у даній роботі пропонується розглянути накопичувачі енергії, які знаходять широке застосування в автономних енергетичних установках.

Коротко проаналізовано механічні накопичувачі енергії.

Наведено взаємозв'язок параметрів та режимів роботи механічного накопичувача.

Приведено основні енергетичні співвідношення і характерні параметри маховичних пристроїв.

Подано схему безпаливної електроенергетичної установки, оснований на силі інерції маховика.

Ключові слова: енергетична установка, механічний накопичувач енергії, маховик.

Вступ

Для сучасної енергетики, як стаціонарної, так і автономної, важливого значення набувають інтенсивні форми розвитку, що висувають підвищені вимоги до якісних показників енергетичних установок [1]. У цьому плані зростає роль накопичувачів енергії, що забезпечують рішення цілого ряду проблем: накопичення, зберігання, перетворення енергії, реалізацію оптимальних режимів роботи устаткування, живлення споживачів з нестандартними параметрами і т. д.

Основна частина

Накопичувачі енергії знаходять усе більш широке застосування в електроенергетичних системах, автономних енергетичних установках, транспортних системах, бортовому устаткуванні, технологічній апаратурі та електрофізичних стендах.

У загальному вигляді під накопичувачем енергії розуміють пристрій, що дозволяє накопичувати в нім енергію якого-небудь виду протягом періоду заряду t_3 , а потім передавати істотну частину цієї енергії навантаженню протягом періоду розряду t_p . Взаємозв'язок параметрів накопичувача при заряді і розряді визначається законом збереження енергії, вираженого співвідношенням [2]:

$$P_3 t_3 \eta = P_p t_p, \quad (1)$$

де P_3 і P_p – середні значення потужностей зарядного і розрядного процесів;

η – ККД накопичувача.

Значення t_3 і t_p , а також енергетичні показники при заряді і розряді можуть сильно відрізнятися. Відповідно, існує декілька основних напрямів використання накопичувачів. По-перше, їх основна роль може зводитися до акумуляції надлишкової енергії при відключенні значної частини споживачів і наступного використання накопиченої енергії в періоді інтенсивного енергоспоживання. При цьому значення t_3 і t_p мають приблизно однаковий порядок, а показники енергії при заряді і розряді досить близькі.

Як і для будь-якого виду накопичувачів енергії (НЕ), характерними режимами роботи механічних накопичувачів (МН) є заряд (накопичення) і розряд (віддача енергії). Зберігання енергії є проміжним режимом МН. У зарядному режимі до МН підводиться механічна енергія від зовнішнього джерела, причому конкретна технічна реалізація джерела енергії визначається типом МН. При розряді МН основна частина накопиченої енергії передається споживачу. Деяка частина накопиченої енергії витрачається на компенсацію втрат, що мають місце в розрядному режимі, а в більшості видів МН – і в режимах зберігання.

Оскільки у ряді накопичувальних установок час заряду може набагато перевершувати час розряду (t_3 , t_p), можливе істотне перевищення середньозарядної потужності P_p над середньою потужністю P_3 заряду МН.

Таким чином, в МН накопичувати енергію допустимо за допомогою порівняно малопотужних джерел. Основні різновиди МН підрозділяються на статичні, динамічні і комбіновані пристрої [3].

Статичні МН запасують потенційну енергію за допомогою пружної зміни форми або об'єму робочого тіла або при його переміщеннях проти напрямку сили тяжіння в гравітаційному полі.



Тверде, рідинне або газоподібне робоче тіло цих МН має статичний стан в режимі зберігання енергії, а заряд і розряд НЕ супроводжуються рухом робочого тіла.

Динамічні МН акумулюють кінетичну енергію переважно в масах твердих обертових тіл. Умовно – до динамічних МН можна віднести також накопичувальні пристрої прискорювачів заряджених елементарних часток, в яких запасасться кінетична енергія електронів або протонів, циклічно рухомих по замкнених траєкторіях.

Комбіновані МН запасують одночасно кінетичну і потенційну енергію. Прикладом комбінованого МН може бути маховик. При обертанні маховика в ньому разом з кінетичною енергією запасасться потенційна енергія пружної деформації. Для використання накопиченої енергії в такому МН відбувається використання обох видів енергії.

По рівню питомої накопиченої енергії, що приводиться на одиницю маси або об'єму акумулюючого елемента, динамічні інерційні МН істотно перевершують деякі інші різновиди НЕ (наприклад, індуктивні і ємнісні накопичувачі). Тому МН представляють великий практичний інтерес для різноманітних застосувань в різних галузях техніки.

Для інерційних МН характерні короточасні розрядні режими. Відбір енергії від МН супроводжується зменшенням кутової швидкості маховика до допустимого рівня. В окремих випадках гальмування може відбуватися аж до повної зупинки маховика. Можливі «ударні» розряди, що відрізняються одноразовим або циклічним відбором запасеної енергії, причому внаслідок великого кінетичного моменту і малого часу розряду МН зниження кутової швидкості його ротора відносно невелике, хоча потужність, що віддається, може досягати досить високих значень. У такому режимі МН особливі вимоги пред'являються до забезпечення міцності валу. Під впливом крутного моменту на валу виникає небезпечна дотична напруга, частина кінетичної енергії ротора переходить в потенційну енергію пружних деформацій вала маховика.

Приведемо основні енергетичні співвідношення і характерні параметри маховичних пристроїв.

Кінетичну енергію в принципі можна запасати при будь-якому русі маси. Для рівномірного поступального руху тіла масою M з швидкістю v кінетична енергія становитиме

$$W = Mv^2/2. \quad (2)$$

Питома енергія

$$W_{num} = W/M = v^2/2, \quad (3)$$

залежить (квадратично) тільки від лінійної швидкості тіла.

Для різноманітних енергетичних і транспортних застосувань раціональні МН обертового руху – інерційні МН (маховики), кінетична енергія яких становитиме

$$W = J\Omega^2/2, \quad (4)$$

визначається квадратом кутової швидкості:

$$\Omega = 2\pi n, \quad (5)$$

де n – частота обертання;

J – момент інерції маховика відносно осі обертання.

Якщо дисковий маховик має радіус r і масу M , яка дорівнює:

$$M = \gamma V \quad (6)$$

де V – об'єм;

γ – щільність матеріалу.

$$J = Mr^2/2 = \gamma Vr^2/2, \quad (7)$$

Відповідно будемо мати

$$W = \pi^2 n^2 \gamma Vr^2 \quad (8)$$

Питома енергія (на одиницю M або V) складатиме

$$W_{num} = W/M = \pi^2 n^2 r^2, \text{ Дж/кг} \quad (9)$$

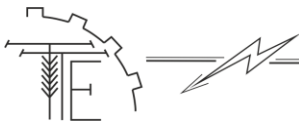
$$W_{0num} = W/V = \pi^2 n^2 \gamma Vr^2, \text{ Дж/м}^3. \quad (10)$$

Значення Ω і n при заданому розмірі r обмежуються лінійною швидкістю

$$v = \Omega r = 2\pi nr, \quad (11)$$

пов'язаною з допустимою розривною напругою матеріалу σ_p . Відомо, що напруга σ в дисковому або циліндричному роторі МН залежить від v^2 . Залежно від геометричної форми металевих маховиків для них характерні допустимі граничні швидкості на периферії приблизно від 200 до 500 м/с [4].

Розглянемо запропоновану схему безпаливної електроенергетичної установки, яку зображено



на рисунку, основаної на силі інерції маховика розігнаного до робочої швидкості електродвигуном ДБСМ-1Е4-У4, $P_d = 180$ Вт, напругою 220 В та частотою обертання вала 1420 хв⁻¹.

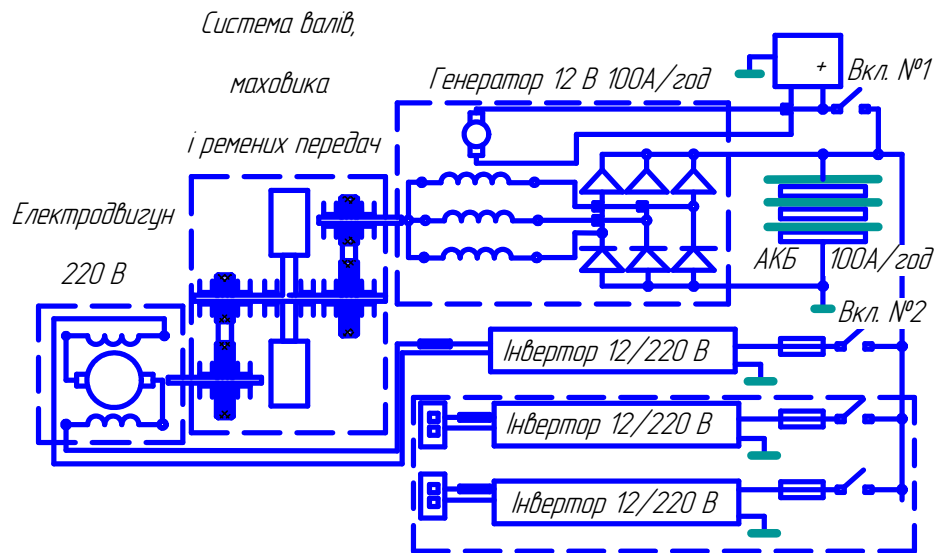


Рис. 1. Схема безпаливної електроенергетичної установки

Принцип роботи такої схеми полягає в тому, що розкручений маховик (надалі лише підтримування його частоти обертання) через блок пасових передач крутитиме ротор генератора 32.3701, 12 В, 100 А/год. Маховик використовується з метою збільшення крутного моменту. В даній схемі маховик не є накопичувачем енергії, а пристроєм, який створює ефект розігнаної маси. В процесі маса маховика буде віддавати вектор сили і отримувати необхідний вектор від електродвигуна, а накопичена при розгоні енергія буде постійна, в результаті підтримування його частоти обертання електродвигуном – працюючий генератор здійснюватиме гальмування системи, а двигун постійно підкручуватиме систему, як би утворюючи обороти маховика і генератора. Для забезпечення ефекту «підтримання» частота обертання маховика повинна бути в два рази більше від частоти обертання ротора генератора. Підведення напруги здійснюється через штепсельні роз'єми з ретельною ізоляцією провідників та блоку інверторів: один із інверторів дозволяє від акумуляторної батареї, ємністю не менше 100 А/год, забезпечити роботу електродвигуна; другий – живлення споживачів напругою 220 В; третій – в ненавантаженому (малонавантаженому) режимі підзарядку акумуляторної батареї.

Отже, використання сили інерції маховика дозволяє крутити генератор в стані навантаження (роботи), без витрат енергії, які перевищуватимуть його розкручування. Однак, і в період розкручування витрати енергії можна зменшити за рахунок розкручування маховика вручну, що дозволить полегшити момент пуску електродвигуна.

Висновок

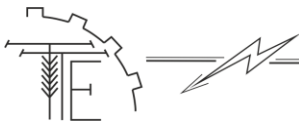
Інерційні МН в автономних електроенергетичних установках можна застосовувати як буфер, який буде компенсувати пікову навантаженість генератора при живленні електроспоживачів в системі мобільного електропостачання. При стаціонарному компонуванні набори інерційних МН, які включені в схемі паралельно, можуть вбирати великий об'єм енергії, але головне - можуть робити це дуже швидко і так же швидко віддавати накопичене.

Список літератури

1. Johnson D.E., Corman I.I. Maximum Energy Densities for Composites Flywheels. – 1980 Flywheel Technology Symposium, October 1980. – Pp. 93–100.
2. Kulkarni S.V. Composite-Material Flywheels and Containment Systems, Energy and Tech. Rev., L.L.H. Lab., March 1982. – Pp. 18–29.
3. Гулиа Н.В. Маховичные двигатели / Н.В. Гулиа. – М.: Машиностроение, 1976. – 163с.
4. Genta G. Utilizzazione degli accumulatori di energia cinetica su veicoli urbani di Superficie, ATA. – Apr. 1976. – Pp. 174–180.

References

1. Johnson D.E., Corman I.I. Maximum Energy Densities for Composites Flywheels. – 1980 Flywheel



Technology Symposium, October 1980. – Pp. 93–100.

2. Kulkarni S.V. Composite-Material Flywheels and Containment Systems, *Energy and Tech. Rev., L.L.H. Lab.*, March 1982. – Pp. 18–29.

3. Gulia N.V. *Makhovichnyye dvigateli / N.V. Gulia . - M : . Mashinostroyeniye , 1976. - 163s .*

4. Genta G. *Utilizzazione degli accumulatori di energia cinetica su veicoli urbani di Superficie, ATA. – Apr. 1976. – Pp. 174–180.*

МАХОВИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В СТАЦИОНАРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Аннотация: в данной работе предлагается рассмотреть накопители энергии, которые находят широкое приложение в автономных энергетических установках.

Коротко проанализированы механические накопители энергии.

Приведена взаимосвязь параметров и режимов работы механического накопителя.

Приведены основные энергетические соотношения и характерные параметры маховичных устройств.

Представлена схема безтопливной электроэнергетической установки, основанной на силе инерции маховика.

Ключевые слова: энергетическая установка, механический накопитель энергии, маховик.

FLY-WHEEL OF ENERGY SOURCE IN STATIONARY POWER PLANTS

Summari: in this work it is suggested to consider the stores of energy, which find wide application in autonomous power plants.

The mechanical stores of energy are shortly analysed.

Intercommunication over of parameters and modes of operations of mechanical store is brought.

Basic of power correlations over and characteristic parameters of fly-wheel of are brought built on.

A chart is given to the electroenergy setting, based on force of inertia of fly - wheel.

Keywords: power plant, mechanical store of energy, fly-wheel.