



УКРАЇНА

(19) UA (11) 89884 (13) C2
(51) МПК (2009)
H02K 17/00
H02K 17/42

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) АВТОНОМНИЙ АСИНХРОННИЙ ГЕНЕРАТОР

1

(21) а200809091

(22) 11.07.2008

(24) 10.03.2010

(46) 10.03.2010, Бюл.№ 5, 2010 р.

(72) МІШИН ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, КОЗИРСЬКИЙ ВОЛОДИМИР ВІКТОРОВИЧ, КАПЛУН ВІКТОР ВОЛОДИМИРОВИЧ, МАКАРЕВИЧ СВІТЛАНА СЕРГІЙВНА

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) UA 2004032401 A, 17.10.2005 опис, фіг.1 UA 83730 C2, 11.08.2008 опис, фіг.1 CN 2323502 Y, 09.06.1999 реферат, фіг.3 JP 6038467A, 10.02.1994 реферат US 4446416 A, 01.05.1984 весь документ

(57) Автономний асинхронний генератор, виконаний на базі трифазної асинхронної машини з коро-

2

ткозамкненим ротором і обмоткою статора, розділеною в фазній зоні на дві частини, що просторово зміщені між собою в пазах сердечника статора на 30° і з'єднані за схемою поворотного автотрансформатора (АТ) на електричну ємність, причому одна з частин (напівобмоток) прийнята за основну обмотку статора генератора і первинну обмотку АТ, інша - додаткова - зміщена відносно основної на 30° за напрямом обертання поля і є вторинною обмоткою АТ, на виході генератора паралельно навантаженню увімкнена електрична ємність, який відрізняється тим, що вторинна обмотка АТ (додаткова обмотка статора) зашунтована додатковою електричною ємністю.

Винахід відноситься до області електротехніки, зокрема до електричних машин змінного струму, а саме, до асинхронних генераторів.

Відомий автономний асинхронний генератор на базі трифазної асинхронної електричної машини з короткозамкненим ротором [патент України №83730, МПК (H02K 17/00), В.І. Мішин, В.В. Козирський, В.В. Каплун, А.М. Кулинич, СС. Макаревич, опубл. бюл. №15 від 11.08.2008], який характеризується підвищеною якістю електроенергії, що продукується генератором, внаслідок стабілізації напруги і частоти або звуження діапазону їх зміни в допустимих межах при зміні величини й характеру навантаження, підвищенням надійності генератора шляхом удосконалення його конструкції.

Автономний асинхронний генератор працює за принципом самозбудження при наявності залишкового магнетизму у феромагнітному сердечнику ротора і підмагнічуються ємнісним струмом від батареї конденсаторів електричної ємності, включених паралельно навантаженню на виході генератора, причому, його вихідна обмотка статора складається з двох паралельних напівобмоток (основної і додаткової), з'єднаних між собою за схемою поворотного автотрансформатора (АТ) на додаткову електричну ємність. Основна обмотка є

первинною обмоткою АТ, а додаткова його вторинною обмоткою, яка просторово зміщена у пазах сердечника статора відносно основної обмотки на кут 30° за напрямом обертання магнітного поля машини ($\Theta = -30^\circ$).

Недоліком автономного асинхронного генератора є низька форсувальна здатність системи збудження, що спричиняє значні коливання вихідної напруги і частоти при динамічно змінюваному навантаженні, насамперед при одномоментному накиді 100% навантаження. Такий режим характерний для пуску асинхронного двигуна сумірної потужності від автономного генератора. При цьому вирішення задачі ускладнюється незадовільними пусковими характеристиками асинхронного двигуна, що має великий пусковий струм [$I_{\text{пуск}} = (4 \div 8) I_n$], малий пусковий момент [$M_{\text{пуск}} = (0,8 \div 2,0) M_n$] і коефіцієнт потужності [$\cos \varphi_{\text{пуск}} = 0,3 \div 0,5$], що призводить до розмагнічування автономного асинхронного генератора. Крім того, залежність пускового моменту від U^2 спричиняє ще більше його послаблення при зниженні напруги під час запуску асинхронного двигуна.

Пропоновані способи стабілізації напруги і частоти автономного асинхронного генератора при динамічній зміні навантаження (підмагнічування

(13) C2

(11) 89884

(19) UA

сердечника статора постійним струмом, зміною ємності батареї конденсаторів та ін.) ускладнюють установку, збільшують вартість, знижують надійність.

Винаходом ставиться завдання підвищення якості електроенергії, що виробляє асинхронний генератор, шляхом підвищення форсувальної здатності його системи збудження для стабілізації напруги і частоти (або звуження діапазону їх відхилень в заданих межах) при динамічній зміні величини і характеру навантаження, підвищення надійності генератора шляхом удосконалення його конструкції.

Поставлене винаходом завдання досягається подвійним ємнісним підмагнічуванням, а саме: вихідна обмотка статора, що складається з двох напівобмоток (основної і додаткової), з'єднаних між собою за схемою поворотного автотрансформатора на електричну ємність, причому додаткова обмотка зміщена відносно основної за напрямом обертання магнітного поля на заданий кут 30° , а вторинна обмотка, крім того, зашунтована додатковою ємністю.

На Фіг.1-4 представлені:

на Фіг.1 принципова електрична схема трифазного автономного компенсованого асинхронного генератора з подвійним внутрішнім підмагнічуванням (C_Δ, C_K) при роботі на статичне навантаження Z_H ;

на Фіг.2 принципова електрична схема фази компенсованого автономного асинхронного генератора з подвійним внутрішнім підмагнічуванням (C_Δ, C_K) при роботі на статичне навантаження Z_H ;

на Фіг.3 векторна діаграма фази: а - компенсованого автономного асинхронного генератора з зовнішнім ємнісним C збудженням і внутрішнім C_Δ ємнісним підмагнічуванням за схемою АТ, б - фрагмент векторної діаграми генератора з подвійним внутрішнім (ємності C_Δ, C_K) підмагнічуванням;

на Фіг.4 зовнішні характеристики автономного асинхронного генератора: а - з зовнішнім ємнісним збудженням C ; б - компенсованого асинхронного генератора з зовнішнім ємнісним збудженням C і внутрішнім ємнісним C_Δ підмагнічуванням; в - з подвійним C_Δ і C_K внутрішнім ємнісним підмагнічуванням.

Принцип створення ЕРС на виході як відомого асинхронного генератора, так і пропонуваного, заснований на використанні явища самозбудження від ємнісного струму при наявності залишкового магнетизму у сталі ротора. При обертанні ротора від приводного двигуна залишковий потік ротора індукуює ЕРС у вихідних обмотках статора, які включені на електричні ємності. Ємнісний струм обмоток статора підмагнічує систему, збільшує обертовий магнітний потік, відповідно зростають ЕРС і струм, генератор збуджується як звичайна асинхронна машина (Вольдек А.И. Електричні машини. - Л.: Енергія, 1978. - 832с.). На виході генератора створюється напруга, що відповідає перетину вольтамперних характеристик машини й

еквівалентної ємності C_0 . При холостому ході

генератора частота $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}}$ коливального

контурі ланцюга машини дорівнює швидкості обертання приводного двигуна $\omega_0 = \omega$, L_0 - еквівалентна індуктивність генератора при холостому ході.

При навантаженні індуктивно-активного характеру на виході генератора з'являється струм $I_H = I_{Ha} - jI_{Hp}$. У випадку, якщо активна складова навантаження зі струмом I_{Ha} урівноважується моментом і потужністю приводного двигуна, то збільшення реактивного навантаження зі струмом I_{Hp} при постійній ємності розмагнічує систему, що приводить до зниження струму ємнісного збудження, потоку Φ , ЕРС \dot{E}_1 , напруги \dot{U}_1 на виході генератора і його частоти. Швидкість обертання магнітного поля генератора зменшується $\omega_1 < \omega_0$ холостого ходу. При постійній швидкості ω привідного

двигуна ковзання $S = \frac{\omega_1 - \omega}{\omega_1}$ буде

від'ємним і збільшуватиметься за величиною.

Так працює відомий автономний асинхронний генератор з однією обмоткою статора і постійною ємністю на виході. У компенсованому асинхронному генераторі обидві обмотки статора перетинаються одним обертовим магнітним потоком Φ , але у зв'язку з просторовим зсувом їх одна відносно одної, в обмотках індукуються однакові за величиною (при однаковій кількості витків обмоток) ЕРС, зміщені між собою по фазі на кут Θ . В основній обмотці статора і в обмотці ротора, приведені до статора, ці ЕРС можна представити як

$$\dot{E}_1 = \dot{E}_2 = jX_m(I_1 + I_2 + I_{\Delta}e^{-j\Theta}) = -jx_m I_0, \quad \text{де}$$

I_1, I_{Δ}, I_2 - відповідно струми основної, додаткової

обмоток статора та обмотки ротора, $I_{\Delta}e^{-j\Theta}$ -

струм додаткової обмотки, приведений до осі основної, I_0 - струм намагнічування. Додаткова обмотка статора зміщена щодо основної на кут Θ за напрямком обертання поля, тому її ЕРС \dot{E}_{Δ} відстає від \dot{E}_1 на кут Θ ($\Theta < 0$), тобто

$\dot{E}_{\Delta} = \dot{E}_1 e^{j\Theta}; e^{j\Theta}; e^{-j\Theta}$ - поворотні множники, що враховують просторовий зсув обмоток одна відносно одної і приведення струмів до осі відповідної обмотки.

Просторовий зсув обмоток статора одна відносно одної на кут Θ дає зсув по фазі ЕРС цих обмоток на такий же кут, що забезпечує необхідну для ефективного роботи напругу на конденсаторі з ємністю C_{Δ} , що дорівнює $\dot{U}_{C\Delta} = \dot{U}_{\Delta} - \dot{U}$, де $\dot{U} = \dot{E}_1 - I_1 Z_1$, $\dot{U}_{\Delta} = \dot{E}_{\Delta} - I_{\Delta} Z_{\Delta}$, а без врахування спаду напруги в обмотках $\dot{U}_{C\Delta} \approx \dot{E}_{\Delta} - \dot{E}_1$ (Фіг.3а,

б). Так при $\Theta = -30^\circ U_{C\Delta} \approx \frac{U_{\Phi}}{2}$ (Фіг.3а), а при включенні конденсаторів за схемою «трикутник» на вихідних кінцях додаткової обмотки ця напруга дорівнює $U_{C\Delta} \approx \frac{U_{\text{л}}}{2}$, де U_{Φ} - фазна, $U_{\text{л}}$ - лінійна напруги генератора при з'єднанні основних обмоток статора за схемою «зірка».

За умовами технологічної простоти при виконанні генератора на базі серійного асинхронного двигуна кут Θ зручно прийняти рівним 30° . Його одержують поділом 60° фазної зони трифазної обмотки на дві рівні частини з просторовим зсувом між ними 30° . При неможливості одержати $\Theta=30^\circ$ його приймають $20 \div 40^\circ$ з виконанням основної і додаткової обмоток у двох різних шарах пазів сердечника.

Під дією напруги $U_{C\Delta}$ у конденсаторі C_{Δ} протікає струм i_{Δ} , що випереджає по фазі $\dot{U}_{C\Delta}$ на 90° (Фіг.3а). Цей струм містить активну та реактивну складові по відношенню до її ЕРС \dot{E}_{Δ} і напруги \dot{U}_{Δ} , і тому одночасно є робочим струмом додаткової обмотки.

Додаткова і основна обмотки статора є робочими, енергонесучими за активною потужністю, але реактивна потужність їх може мати протилежний характер. У колі додаткової обмотки за рахунок конденсатора C_{Δ} вона може бути ємнісною, а в основній - індуктивною. При взаємоіндуктивному зв'язку між обмотками реактивна потужність електромагнітним шляхом переходить з додаткової обмотки в основну. У цьому полягає сутність внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності, при якій знижується реактивний намагнічуючий струм обмоток, підвищується коефіцієнт потужності їх і усього генератора загалом, знижується величина необхідної основної ємності на виході генератора.

З ростом навантаження генератора збільшуються робочі струми обох обмоток статора - основної I_1 і додаткової I_{Δ} . Але струм i_{Δ} є одночасно і струмом ємності C_{Δ} , яка послідовно включена з

додатковою обмоткою як вторинною обмоткою АТ. Збільшення струму I_{Δ} призводить до збільшення напруги на конденсаторі і виробітку ним реактивної потужності $Q_{C\Delta} = I_{\Delta}^2 X_{C\Delta} = I_{\Delta}^2 \omega_1 C_{\Delta}$, що надходить у генератор. Це упереджує або послабляє розмагнічування магнітопроводу генератора зі зростанням навантаження. Напруга на виході генератора і його частота змінюються менше, ніж у звичайного асинхронного генератора, а при певних співвідношеннях між ємностями C і C_{Δ} , вони можуть практично стабілізуватися при зростанні навантаження (патент України №83730).

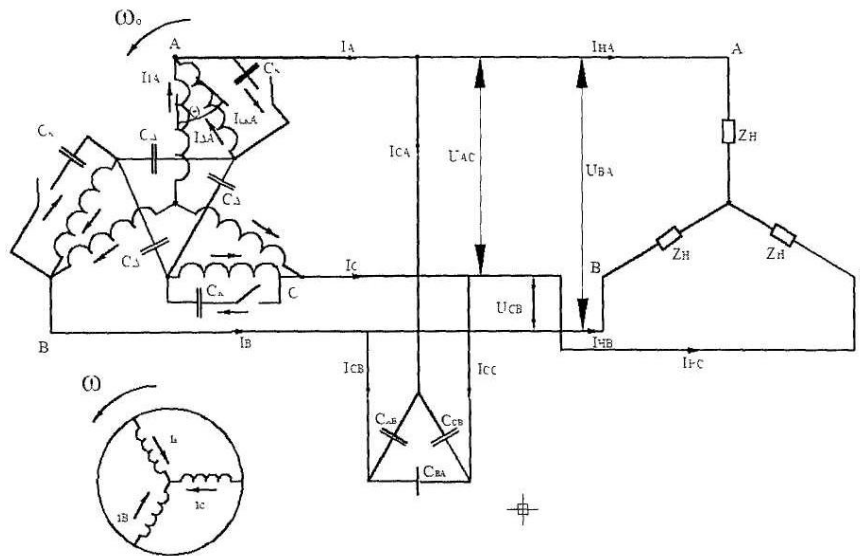
З метою подальшого удосконалення генератора щодо стабілізації напруги і частоти, і навіть підвищення напруги зі зростанням навантаження, пропонується додаткове подвійне внутрішнє підмагнічування шляхом шунтування вторинної обмотки АТ ємністю C_K .

Додаткова обмотка по відношенню до ємності C_K є вторинною обмоткою трансформатора і тому

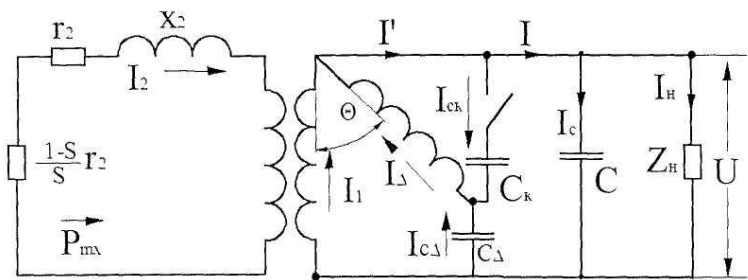
струм $i_{CK} = \frac{\dot{U}_{\Delta}}{-jX_{CK}}$ замикаючись по контуру вто-

ринної обмотки збільшує струм $i_{\Delta} = i_{C\Delta} + i_{CK}$. При цьому струм ємності C_{Δ} і додаткової обмотки різні $i_{\Delta} \neq i_{C\Delta}$. Збільшення струму i_{Δ} приводить до подальшого зростання ЕРС в основній обмотці $\dot{E}_{\Delta m} = -x_m i_{\Delta} e^{-j\Theta}$ (Фіг.3б), що збільшує вихідну напругу генератора, дає можливість його регулювання, підвищує ступінь жорсткості зовнішніх характеристик (Фіг.4в) і діапазон стійкої роботи.

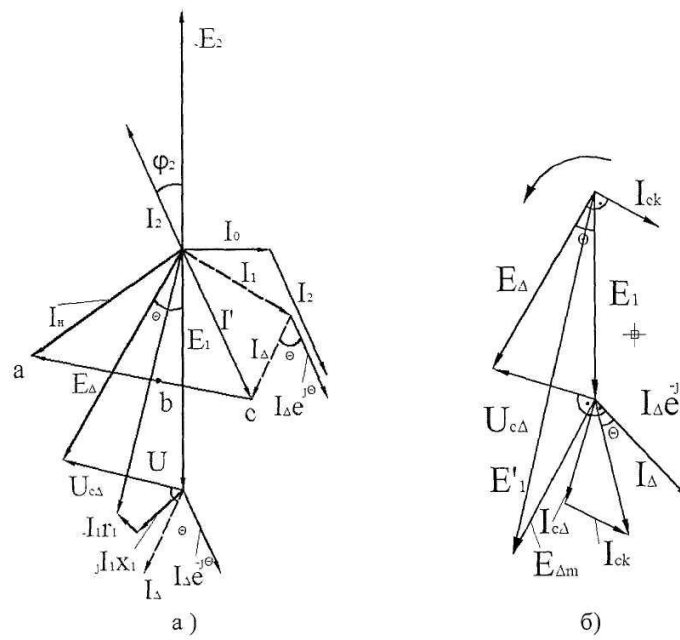
Таким чином, шунтування вторинної обмотки АТ ємністю C_K забезпечує підвищену форсувальну здатність генератора при різкому збільшенні навантаження, наприклад, при пуску асинхронного двигуна сумірної потужності від асинхронного генератора в автономній системі електроживлення.



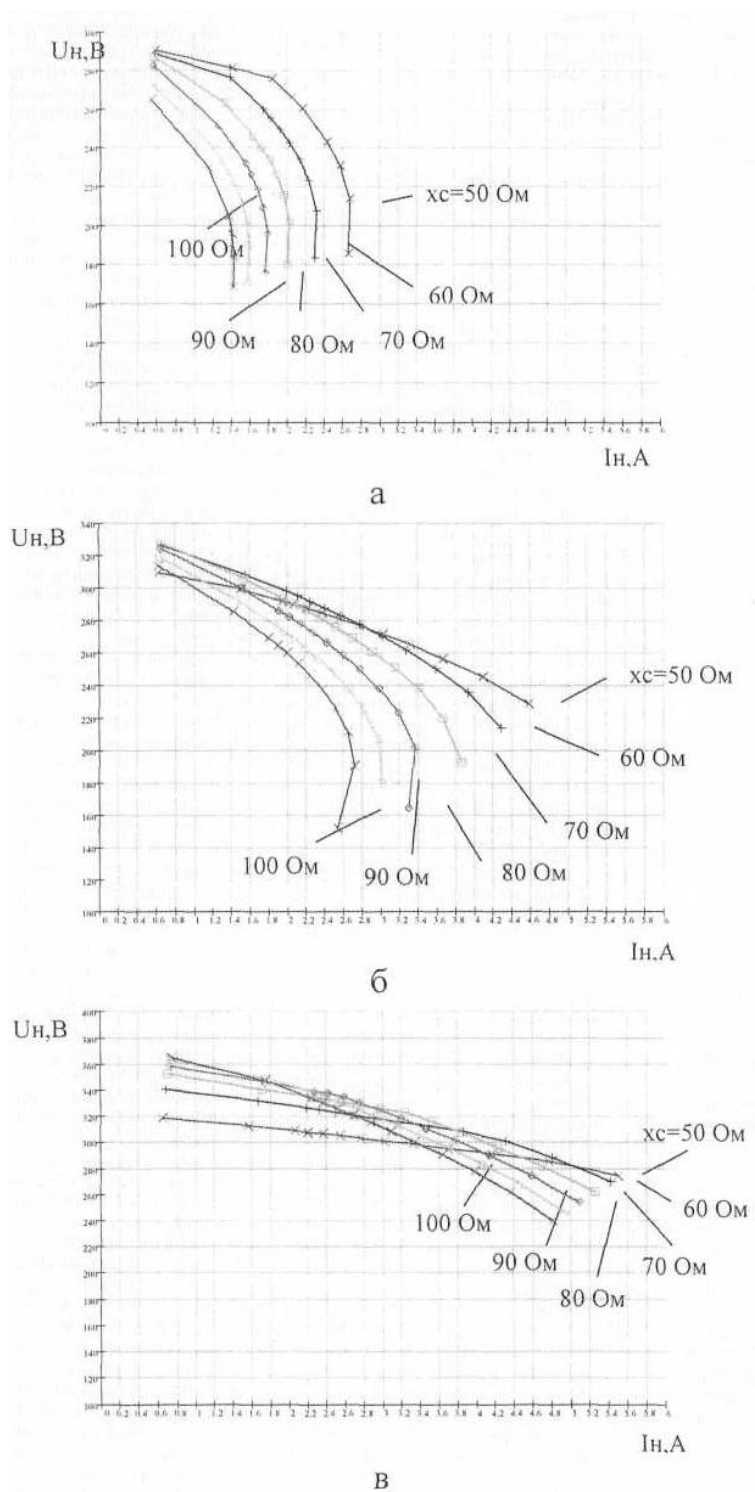
Фиг. 1



Фиг. 2.



Фиг. 3.



Фіг.4