

УДК 621.316.728

КОМБІНОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ГЕНЕРАТОРОМ ІЗ КОМПЕНСАЦІЄЮ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ У ВУЗЛІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ**О. В. Бялобржеський, Л. Г. Євтушенко**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: seemAI@kdu.edu.ua

На підставі аналізу теоретичних підходів і технічних рішень, викладених у відомих публікаціях, поставлена задача розробки схеми управління асинхронним генератором. Генератор входить до складу комплексу з автономним інверторним перетворювачем, що забезпечує підтримку реактивного струму генератора (збудження), конденсаторним накопичувачем, інвертором, веденим мережею для управління віддачею активної потужності. Обґрунтовано використання мережевого перетворювача (інвертора, веденого мережею) комплексу генерації енергії для управління потоком активної й неактивної складових потужності, що призводить до зниження рівня неактивної потужності у вузлі мережі. Відзначено, що отримана структура системи має певну симетрію щодо конденсаторного накопичувача як із графічної позиції, так і з позиції напрямку перетворення енергії реактивного характеру. За результатами досліджень, шляхом моделювання, встановлено можливість регулювання неактивного струму мережевого перетворювача в діапазоні, який у декілька разів перевищує активну складову струму, з незначним впливом на показники режиму за активною потужністю.

Ключові слова: асинхронний генератор, інверторний перетворювач, регулювання активної й реактивної потужностей, р-*q* теорія.

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ С КОМПЕНСАЦИЕЙ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В УЗЛЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**А. В. Бялобржеский, Л. Г. Евтушенко**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: seemAI@kdu.edu.ua

На основании анализа теоретических подходов и технических решений, изложенных в известных публикациях, поставлена задача разработки схемы управления асинхронным генератором. Генератор входит в состав комплекса с автономным инверторным преобразователем, обеспечивающим поддержание реактивного тока генератора (возбуждения), конденсаторным накопителем, инвертором, ведомым сетью для управления отдачей активной мощности. Обосновано использование сетевого преобразователя (инвертора, ведомого сетью) комплекса генерации энергии для управления потоком активной и неактивной составляющих мощности, что приводит к снижению уровня неактивной мощности в узле сети. Отмечено, что полученная структура системы имеет определенную симметрию относительно конденсаторного накопителя как с графической позиции, так и с позиции направления преобразования энергии реактивного характера. По результатам исследований, путем моделирования, установлена возможность регулирования активного тока сетевого преобразователя в диапазоне, который в несколько раз превышает активную составляющую тока, с незначительным влиянием на показатели режима по активной мощности.

Ключевые слова: асинхронный генератор, инверторный преобразователь, регулирование активной и реактивной мощностей, р-*q* теория.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Асинхронні генератори (АГ) є одним із різновидів механічного та електромеханічного пристрою, що перетворює енергію двигуна автономної електростанції в електричну енергію. Роботу АГ побудовано на принципі обертання ротора в одному напрямку з магнітним полем, але з більшою швидкістю. У результаті на валу генератора утворюється гальмуючий момент через негативне ковзання ротора, завдяки чому й відбувається вироблення електроенергії [1].

До основних переваг АГ відносять роботу при широкому діапазоні зміни частоти обертання валу ротора, а також високий ступінь надійності порівняно із синхронними генераторами, відсутність обертючих обмоток і електронних деталей, які зазвичай завжди першими виходять із ладу. Завдяки цьому асинхронні генератори відрізняються високою надійністю й тривалим терміном служби [2]. Але негативним чинником, який стримує впровадження аси-

нхронних генераторів, є складність процесу формування збудження.

Для збудження автономно працюючого АГ необхідне джерело реактивної потужності – батареї конденсатора або синхронного компенсатора, підключених до обмотки статора. При цьому майже природною є робота АГ при надсинхронному ковзанні [2], коли швидкість обертання ротора вище швидкості обертючого магнітного поля. Проте практично АГ може збуджуватися при частоті обертання ротора, значно менше синхронної, причому значення напруги й частоти струму виявляються пропорційними частоті обертання ротора і, крім того, залежними від схеми з'єднання конденсаторів [3].

В останні роки набули застосування електромашинні джерела енергії з АГ, збуджуваними за допомогою вентильних перетворювачів, наприклад, автономних інверторів напруги, або працюють у режимі самозбудження із застосуванням конденсато-

рів або з використанням акумуляторної батареї. Це визначається величиною залишкової електроенергії (ЕРС), яка не повинна бути менше порогових напруг елементів перетворювача [4, 5]. Обов'язковою умовою сталого самозбудження АГ є певна швидкість зниження частоти імпульсів управління, що подаються на транзистори, при входженні в область самозбудження. Слід зазначити, що використання інверторної схеми дозволяє підтримувати режим збудження асинхронного генератора та певний рівень віддачі активної потужності. Для віддачі енергії до мережі використовуються інвертори, які веде мережа [6, 8].

Наявність у структурі генеруючої установки напівпровідникових трифазних перетворювачів для організації та підтримки режиму генерації енергії до мережі є підґрунтям для вирішення задачі підвищення якості електричної енергії у вузлі, до якого підключена генеруюча установка [7].

Метою дослідження є розробка структури електроенергетичного комплексу з асинхронним генератором для забезпечення компенсації неактивних складових потужності вузла електричної мережі.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. На рис. 1 наведена блок-схема електротехнічного комплексу. Системи керування комплексом забезпечують вирішення двох завдань: збудження асинхронного генератора та передачу активної потужності до

конденсаторного накопичувача; передачу активної потужності до мережі з одночасною компенсацією реактивної потужності у вузлі. Первинний двигун 1 розкручує ротор асинхронного генератора 4, швидкість обертання ротора контролюється датчиком швидкості 2, при цьому максимальна величина швидкості обмежується за допомогою системи керування швидкістю 3, на входи якої поступають сигнали з датчика швидкості ω і заданої кутової швидкості ω^{ref} . Забезпечують передачу електричної енергії асинхронного генератора 4 керуванням генераторним перетворювачем 7. Система керування генератором побудована за принципом прямого керування моментом [8].

Датчиком 5 контролюють струми фаз генератора $i_{abc,gn}$. Координатний перетворювач струму 17 забезпечує перетворення Парка трифазних проєкцій узагальненого вектора струму:

$$i_{x,gn} = \frac{2}{3} \left[i_a \cos \theta + i_b \cos \left(\theta - \frac{2\pi}{3} \right) + i_c \cos \left(\theta + \frac{2\pi}{3} \right) \right];$$

$$i_{y,gn} = \frac{2}{3} \left[i_a \sin \theta + i_b \sin \left(\theta - \frac{2\pi}{3} \right) + i_c \sin \left(\theta + \frac{2\pi}{3} \right) \right].$$

Струм $i_{xy,gn}$ координатного перетворювача струму 17 є сигналом зворотного зв'язку для блоку керування вектором поля 22.

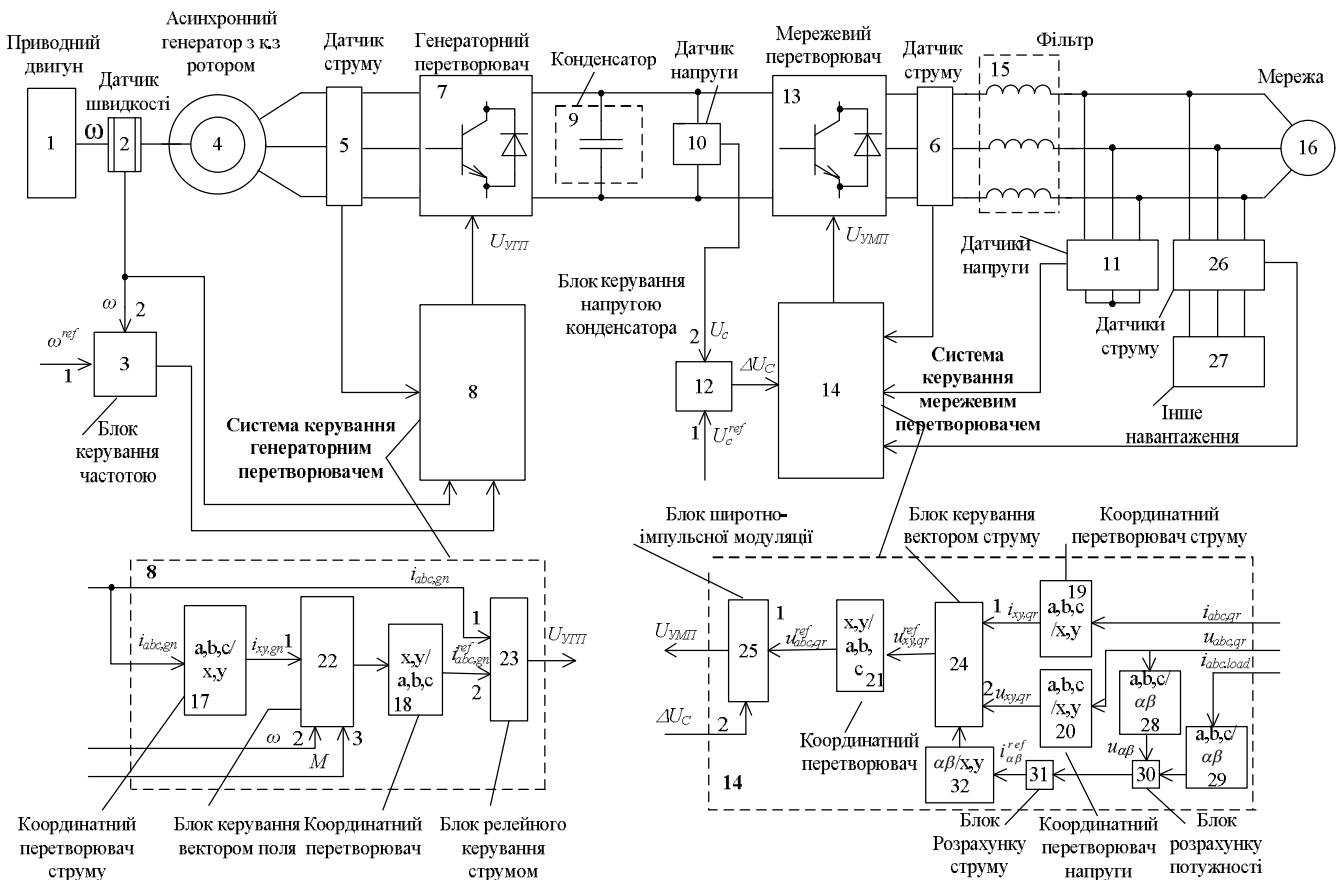


Рисунок 1 – Блок-схема генеруючої установки з автоматичною системою

У блоці керування 3 на підставі заданої кутової швидкості ω^{ref} та поточної кутової швидкості ω , яка контролюється датчиком через визначення похибки $\Delta\omega = \omega^{ref} - \omega$, формують заданий електромагнітний момент асинхронного генератора:

$$M_{gn}^{ref} = k_{\omega p} \Delta\omega + k_{\omega i} \int \Delta\omega dt,$$

де $k_{\omega p} = (JL_r k_{\omega c}) / (3z_p L_m k_{\omega i} T_{kc})$; $k_{\omega i} = k_{\omega p} / 4T_{kc}$; J – момент інерції, приведений до валу асинхронного генератора; L_r – індуктивність ротора; L_m – індуктивність намагнічування генератора; $k_{\omega c}$ – коефіцієнт передачі датчика струму; T_{kc} – мала некомпенсована стала часу контуру швидкості; z_p – число пар полюсів двигуна; $k_{\omega i}$ – коефіцієнт передачі датчика швидкості.

Здану пряму проєкцію вектора струму генератора за віссю x визначають у блоці 21, покладаючи потокозчеплення ротора, $\psi_r^{ref} = const$:

$$i_{x,gn}^{ref} = \psi_r^{ref} / L_m.$$

При цьому поточне потокозчеплення ротора у блоці 22 визначають за складовою струму i_x

$$\psi_r = i_{x,gn} L_m$$

та ортогональну проєкцію вектора струму генератора за віссю y :

$$i_{y,gn}^{ref} = \frac{2M_{gn}^{ref} L_r}{3\psi_r z_p k_r L_m}.$$

Поточне положення ротора:

$$\theta = \int (\omega_r k + L_m i_{x,gn} / T_r \psi_r) dt,$$

де ω_r – частота обертання вектора потокозчеплення ротора; i_x – активна складова струму; k – коефіцієнт зв'язку струму потокозчеплення; $T_r = L_r / R_r$ – стала часу роторного кола.

Координатним перетворювачем 18 виконують зворотне перетворення заданих проєкцій струму $i_{x,gn}^{ref}$, $i_{y,gn}^{ref}$:

$$\begin{aligned} i_{a,gn}^{ref} &= i_{x,gn}^{ref} \cos(\theta) - i_{y,gn}^{ref} \sin(\theta); \\ i_{b,gn}^{ref} &= i_{x,gn}^{ref} \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) - i_{y,gn}^{ref} \sin(\theta - \frac{2\pi}{3}); \\ i_{c,gn}^{ref} &= -(i_{a,gn}^{ref} + i_{b,gn}^{ref}). \end{aligned}$$

У блоці релейного керування струмом 23 визначають поточну похибку регулювання струму фаз $i_{abc,gn}$ та заданого струму $i_{abc,gn}^{ref}$:

$$\Delta i = i_{abc,gn}^{ref} - i_{abc,gn}.$$

Порівняння похибки струму із зоною гістерезису релейного регулятора забезпечує формування напруги керування транзисторами верхнього та нижнього плеча генераторного перетворювача 7 за фазою a :

$$U_{VT,a}^{HI} = \begin{cases} 1 & \text{при } \Delta i > i_{band}; \\ 0 & \text{при } \Delta i < i_{band}; \end{cases} \quad U_{VT,a}^{LO} = \begin{cases} 1 & \text{при } \Delta i < -i_{band}; \\ 0 & \text{при } \Delta i > i_{band}. \end{cases}$$

Аналогічно визначають рівні напруги керування транзисторами верхнього та нижнього плеча генераторного перетворювача за фазами b і c .

Системою керування 8 формують сигнали керування транзисторами генераторного перетворювача 7 ($U_{VT,a}^{HI}$, $U_{VT,a}^{LO}$, $U_{VT,b}^{HI}$, $U_{VT,b}^{LO}$, $U_{VT,c}^{HI}$, $U_{VT,c}^{LO}$), забезпечуючи рівень реактивної потужності в генераторі 4 та передачу активної потужності до конденсатора 9.

Основне призначення системи керування мережевим перетворювачем – забезпечення сталості значення конденсатора 9. Шляхом контролю датчиком 10 система керування напругою конденсатора 12 розраховує відхилення поточної напруги конденсатора u_c і заданої напруги конденсатора u_c^{ref} :

$$\Delta u = u_c^{ref} - u_c.$$

Цей сигнал є вхідним для регулятора струму [8]:

$$i_{y,gr}^{ref} = k_{v,p} \Delta u + k_{v,i} \int \Delta u dt,$$

де $k_{v,p} = \frac{k_v C}{3T_{kv}}$; $k_{v,i} = \frac{k_v C}{12T_{kv}^2}$; C – ємність конденсатора 9; k_v – коефіцієнт передачі перетворювача за керуючою напругою; T_{kv} – мала некомпенсована стала часу контуру напруги. При цьому проєкція струму $i_{x,gr}^{ref}$ покладається нульовою.

Контролюють датчиком 6 струми фаз мережі $i_{abc,gr}$, датчиком 11 контролюють напруги фаз мережі $u_{abc,gr}$. Координатним перетворювачем струму 19 виконують перетворення Парка за виразами (1), (2). Координатним перетворювачем напруги 20 здійснюють перетворення напруги

$$\begin{aligned} e_{x,gr} &= \frac{2}{3} \left[u_a \cos \theta_{gr} + u_b \cos(\theta_{gr} - \frac{2\pi}{3}) + u_c \cos(\theta_{gr} + \frac{2\pi}{3}) \right]; \\ e_{y,gr} &= \frac{2}{3} \left[u_a \sin \theta_{gr} + u_b \sin(\theta_{gr} - \frac{2\pi}{3}) + u_c \sin(\theta_{gr} + \frac{2\pi}{3}) \right]. \end{aligned}$$

На підставі поточних проєкцій струмів і напруг мережі з урахуванням відхилення поточних проєкцій струму мережі від заданих

$$\Delta i_{x,gr} = i_{x,gr}^{ref} - i_{x,gr};$$

$$\Delta i_{y,gr} = i_{y,gr}^{ref} - i_{y,gr}$$

та поточних проєкцій вектора напруги $e_{xy,gr}$ визначають задані проєкції вектора напруги мережевого перетворювача в блоці керування вектором струму 24 з урахуванням компенсації перехресного зв'язку за напругою [8]:

$$u_{x,gr}^{ref} = e_{x,gr} + (k_{c,p} \Delta i_{x,gr} + k_{c,i} \int \Delta i_{x,gr} dt - i_{y,gr}^{ref} j \omega L_f i_{y,gr});$$

$$u_{y,gr}^{ref} = e_{y,gr} + (k_{c,p} \Delta i_{y,gr} + k_{c,i} \int \Delta i_{y,gr} dt + i_{x,gr}^{ref} j \omega L_f i_{x,gr}),$$

де $k_{cc,i} = -\frac{L_f}{2T_{kc} k_{gr,c}}$; $k_{cc,p} = -\frac{R_f}{2T_{kc} k_{gr,c}}$; $T_{kc} = T_{gr,c}$; L_f ,

R_f – індуктивність та активний опір мережевого фільтру 15; T_{kc} – некомпенсована стала часу мережевого перетворювача 13; $k_{gr,c}$ – коефіцієнт передачі мереже-

вого перетворювача; ω – частота напруги мережі.

Виконують зворотнє перетворення координат у блоці 21 заданої напруги $u_{xy,gr}^{ref}$ з (x, y) координат в (a, b, c) :

$$\begin{aligned} u_{a,gr}^{ref} &= u_x \cos \theta_{gr} - u_y \sin \theta_{gr}; \\ u_{b,gr}^{ref} &= u_x \cos(\theta_{gr} - \frac{2\pi}{3}) - u_y \sin(\theta_{gr} - \frac{2\pi}{3}); \\ u_{c,gr}^{ref} &= -(u_a + u_b). \end{aligned}$$

Визначають відносне значення керуючої напруги

$$U_{abc}^{ref} = u_{abc,gr}^{ref} / u_c^{ref}.$$

У блоці широтно-імпульсної модуляції 25 формують опірну напругу:

$$U_{carr} = -\frac{2}{\pi} \arctg \left[\operatorname{tg} \left(t_{mod} 2\pi t - \frac{\pi}{2} \right) \right].$$

Визначають рівень вихідної напруги керування транзисторами мережевого перетворювача 13 за фазою a :

$$U_{out.a}^{HI} = \begin{cases} 1 & \text{при } U_{carr} > U_a^{ref} \\ 0 & \text{при } U_{carr} < U_a^{ref} \end{cases}; U_{out.a}^{LO} = \bar{U}_{out.a}^{HI}.$$

Аналогічно визначають рівні напруги керування транзисторами мережевого перетворювача за фазами b і c .

Сформовані таким чином імпульси керування подають на мережевий перетворювач 13 від системи керування мережевим перетворювачем 14, забезпечуючи передачу активної потужності до мережі.

Фільтр 15 знижує вплив вищих гармонік струму й напруги, які віддаються в мережу 16.

Для компенсації неактивних складових потужності [7] датчиком струму 26 контролюють струм навантаження 27 $i_{abc,ld}$. Координатними перетворювачами 28, 29 виконують пряме перетворення Кларка:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} u_{\alpha,ld} \\ u_{\beta,ld} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{a,gr} \\ u_{b,gr} \\ u_{c,gr} \end{bmatrix}; \\ \begin{bmatrix} i_{\alpha,ld} \\ i_{\beta,ld} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{a,ld} \\ i_{b,ld} \\ i_{c,ld} \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

Стратегія керування мережевим перетворювачем заснована на теорії p - q [7]. Компоненти активної p та неактивної q потужностей навантаження отримують у блоці 30:

$$\begin{aligned} p_{ld} &= u_{\alpha,ld} i_{\alpha,ld} + u_{\beta,ld} i_{\beta,ld}; \\ q_{ld} &= u_{\beta,ld} i_{\alpha,ld} - u_{\alpha,ld} i_{\beta,ld}. \end{aligned}$$

Регулювання коефіцієнта потужності перетворювача здійснюють шляхом формування певного співвідношення між заданими значеннями активної й реактивної складових вхідного струму $(i_{x,gr}^{ref}, i_{y,gr}^{ref})$.

При $i_{x,gr}^{ref} = 0$ випрямляч обмінюється з мережею тільки активною енергією.

Згідно із [7], компоненти потужності, генеровані мережевим перетворювачем, повинні виключати складові потужності вищих гармонік і реактивної потужності, тобто

$$\begin{aligned} p_{gr} &= -\tilde{p}; \\ q_{gr} &= -q_{ld} = -(\bar{q} + q). \end{aligned}$$

У блоці 31 з урахуванням параметрів обчислюється струм у b - v координатах:

$$\begin{bmatrix} i_{c\alpha} \\ i_{c\beta} \end{bmatrix} = \frac{1}{u_{\alpha,ld}^2 + u_{\beta,ld}^2} \begin{bmatrix} u_{\alpha,ld} & u_{\beta,ld} \\ -u_{\beta,ld} & u_{\alpha,ld} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{p} \\ q_{ld} \end{bmatrix}.$$

Для формування напруги керування у блоці 24 узагальнений вектор струму надають в обертовій системі координат 32:

$$\begin{bmatrix} i_{x,gr}^{ref} \\ i_{y,gr}^{ref} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_{gr} & \sin \theta_{gr} \\ -\sin \theta_{gr} & \cos \theta_{gr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{c\alpha} \\ i_{c\beta} \end{bmatrix}.$$

Визначені складові струму додаються до раніше визначених складових струму керування мережевим перетворювачем.

Роботу комплексу (рис. 1) досліджено за наступними параметрами силової частини: параметри схеми заміщення асинхронної машини: $\omega_0 = 52,3 \text{ c}^{-1}$; $R_s = 0,087 \text{ Ом}$; $L_s = 0,8 \text{ мГн}$; $R_r = 0,228 \text{ Ом}$; $L_r = 0,8 \text{ мГн}$; $L_\mu = 34,7 \text{ мГн}$; $2p = 4$; $J = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; конденсатор: $C = 1 \text{ мФ}$; $U_C = 750 \text{ В}$; трифазний фільтр: $R_f = 3,87 \text{ мОм}$; $L_f = 2 \text{ мГн}$, мережа: $U_{gr} = 250 \text{ В}$; $f_{gr} = 50 \text{ Гц}$.

На рис. 2 надано часові діаграми, що відображають процеси в силовій частині генераторного перетворювача, а на рис. 3 – мережевого перетворювача. Реалізовано експеримент, у ході якого на інтервалі часу 0–0,6 с здійснюється регулювання моменту генераторного перетворювача та збудження генератора. При цьому з мережі споживається деяка частина енергії P_{out} (рис. 2,б) у момент часу 0,28 с система переходить у режим генерування потужності. До 0,8 с відбувається процес генерації виключно активної потужності, зумовленої енергією первинного двигуна. У 0,8 с до вузла мережі підключається навантаження індуктивного характеру, в результаті в каналі керування мережевим перетворювачем (рис. 2,в) окрім складової $i_{x,gr}$, зумовленої активною потужністю, формується складова $i_{y,gr}$, зумовлена неактивною складовою потужності q .

Для проведення аналізу працездатності запропонованої системи проведено серію експериментів із різним рівнем реактивного струму навантаження. Результати експериментів наведені в табл. 1.

На рис. 4–6 зображено отримані при реалізації серії експериментів залежності параметрів режиму від завантаження мережевого перетворювача реактивним струмом. Як випливає з рис. 4, зміна напруги в колі постійного струму зі збільшенням неактивного струму у шість разів відносно розрахункового складає менш ніж 3 %.

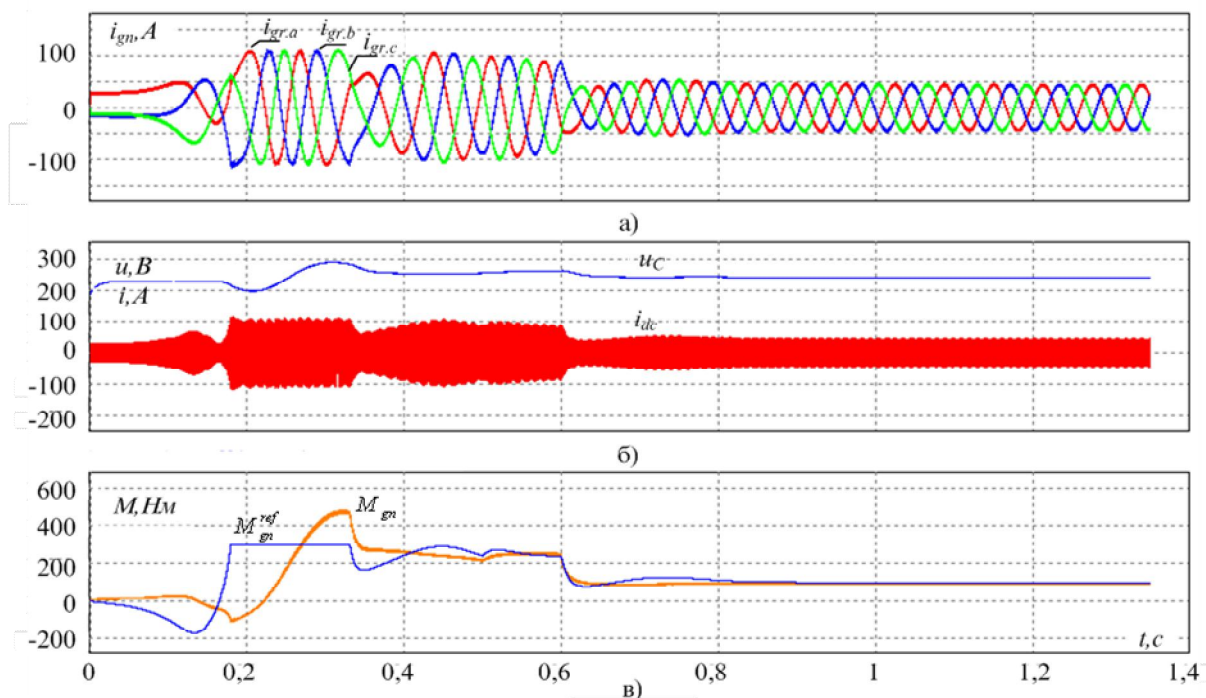


Рисунок 2 – Часові діаграми силового каналу генераторної частини:
 а) струм статора генератора; б) напруга і струм ланки постійного струму генераторного перетворювача;
 в) заданий і поточний моменти генератора

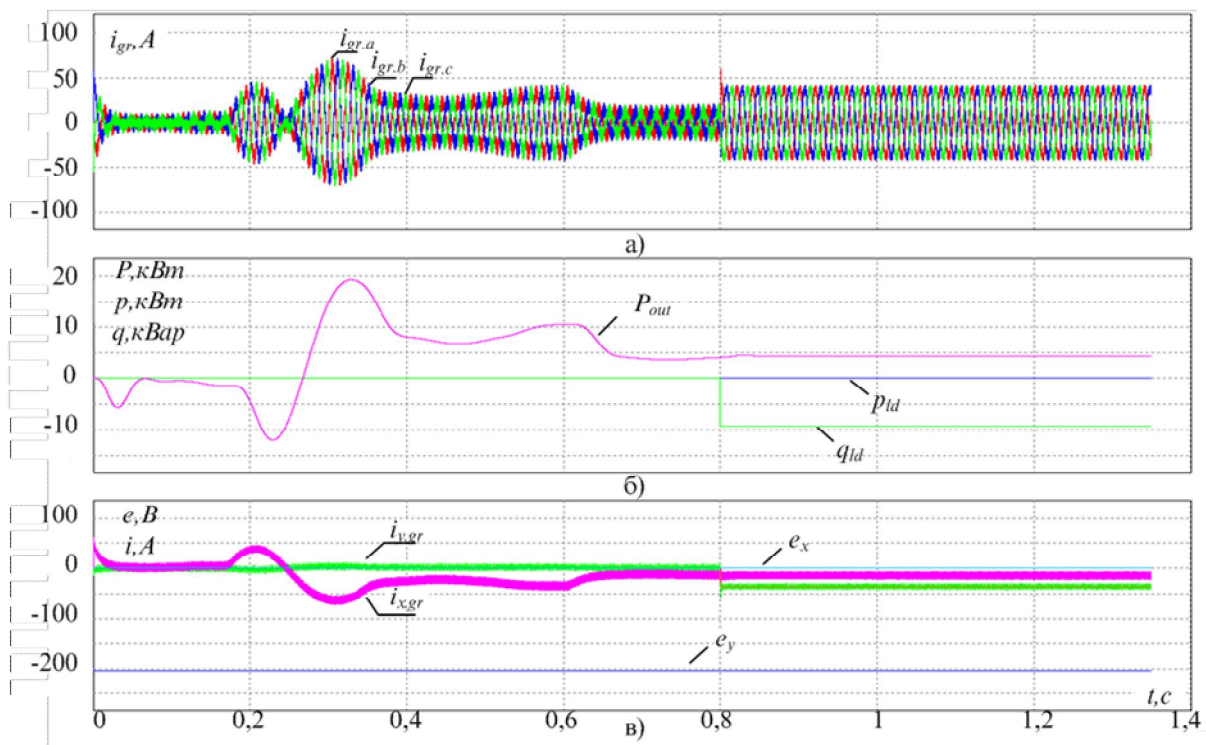


Рисунок 3 – Часові діаграми силового каналу генераторної частини:
 а) струм мережевого перетворювача; б) складові потужності;
 в) проекції струмів та ЕРС мережевого кола перетворювача

Таблиця 1 – Показники моделі при зміні реактивного струму навантаження

$i_{x,ld}$, A	U_C , В	$i_{x,gn}$, A	q , Вар	P_{out} , Вт
50	971,9	27,95	7654,6	4268,33
100	969,3	27,96	15309,3	4352,17
150	961,7	27,88	22963,96	4328,87
200	960,6	27,93	30618,62	4359,69
250	956,3	27,89	38273,27	4337,62
300	952,4	27,92	45927,93	4306,29
350	947,1	27,95	53582,5	4306,09

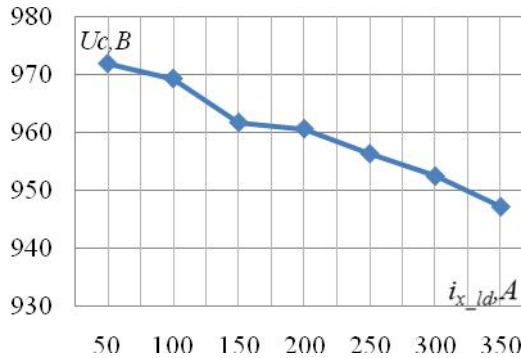


Рисунок 4 – Залежність напруги на конденсаторі від зміни реактивного струму навантаження

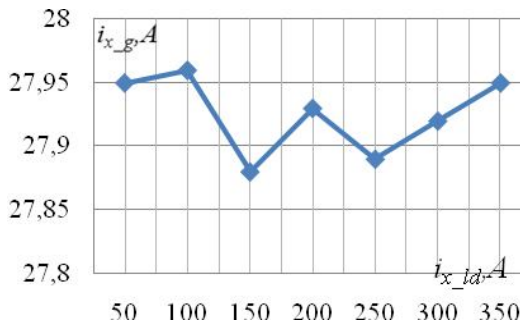


Рисунок 5 – Залежність реактивного струму генератора від зміни реактивного струму навантаження

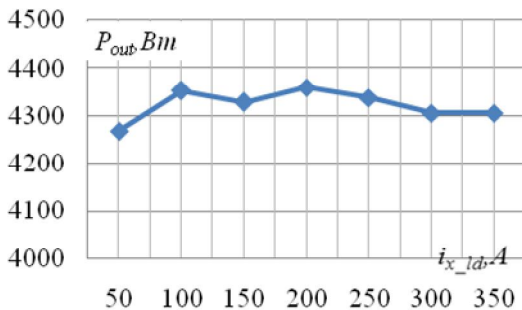


Рисунок 6 – Залежність вихідної потужності від зміни реактивного струму навантаження

При цьому, як витікає з рис. 5, впливом неактивного струму навантаження мережевого перетворювача на генератор можна знехтувати. Аналогічно

незначущий вплив досліджуваного параметра режиму відмічається на активну потужність, генеровану системою до мережі живлення (рис. 6).

ВИСНОВКИ. Обґрунтовано використання мережевого перетворювача комплексу генерації енергії на базі асинхронного генератора для керування потоком активної та неактивної складових потужності та зниження рівня неактивної потужності у вузлі мережі. Отримана структура системи має певну симетрію відносно конденсаторного накопичувача як із графічної позиції, так і з позиції напряму перетворення енергії реактивного характеру.

Розроблено структуру системи керування мережевим перетворювачем відповідно до основних положень p - q теорії, яка шляхом формування складової реактивного струму в каналі керування забезпечує режим мережевого перетворювача, що додатково забезпечує компенсацію неактивних складових потужності вузла мережі.

Формування неактивної складової струму мережевого перетворювача, яка перевищує в декілька разів розрахункову, у випадку, що розглядався, незначно вплинуло на параметри режиму, які характеризують процес генерації активної потужності.

ЛІТЕРАТУРА

- Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.
- Середа Д.С., Бялобржеський О.В. Порівняння робочих характеристик генератора постійного струму та асинхронного генератора та узгодження їх з характеристиками вітрогенератора лабораторної установки // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2013. – Вип. 2/2013 (22). – С. 308–314.
- Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. – Кн. 1: «Ветроэлектрогенераторы». – Харьков: Харьковский авиационный институт, 2003. – 400 с.
- Марков А.М., Замаруев В.В., Ивахно В.В., Николочкин С.М. Система статорного возбуждения асинхронного генератора // Техническая электродинамика. – К., 2000. – Вып. 4. – С. 42–50.
- Торопцев Н.Д. Асинхронные генераторы для автономных электрических установок. – М.: НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2004. – 86 с.
- Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
- Akagi H., Watanabe E.H., Aredes M. Instantaneous power theory and applications to power conditioning // IEEE Press. – USA: Hoboken, New Jersey, 2007. – 379 p.
- Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока. – Иваново: ГОУВ-ПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2008. – 298 с.

COMBINED MANAGEMENT SYSTEM WITH ASYNCHRONOUS GENERATOR REACTIVE POWER COMPENSATION IN ELECTRICAL NETWORK NODE

O. Bialobrzeski, L. Evtushenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: seemAI@kdu.edu.ua

Purpose. Development of the structure of the electricity complex asynchronous generator to provide compensation inactive components power unit mains in a stand-alone generating systems. **Methodology.** The analysis of existing technical solutions of building electrical systems of a autonomous generating plants using asynchronous machines. Formed structure of the power unit and the control system of the complex electrical transducer devices. The structure of the complex includes a two-fold conversion of electrical energy by means of three-phase inverter transistor inverters built in a bridge circuit. Wherein one converter is synchronized with an asynchronous machine, and the other - with the network. Known methods of vector control AC machines used for the formation of reactive current asynchronous machine and to stabilize the generation mode, as well as stabilizing the voltage in the DC link and control of active power component of the current given up to the network. **Results.** The proposed complex electrical control system ensures the formation of the necessary, under the current rotation speed of the asynchronous machine, the reactive current, thus maintaining power generation mode when the changing speed of the rotor of the machine. Another three-phase transistor inverter transformer provides energy return in the net current, which is caused by the charge storage capacitor in the DC circuit. **Originality.** Driving force of the complex electrical circuit is symmetrical with respect to the DC link by the method of energy conversion. In fact, it can provide any flow direction of both active and reactive power, which is caused by control actions and the current value supplied to the complex mechanical power. Additionally, given the positions of p-q instantaneous power theory, the power control inactive introduced to the consumer circuit and its compensation current by adjusting the inverter converter synchronized with the network. **Practical value.** Resulting in the progress of electrical model of the complex it can be used for studies of energy conversion processes in the management of power plants generating channels. References 8, tables 1, figures 6.

Key words: asynchronous generator, inverter converter, active and reactive power controll, p-q theory.

REFERENCES

1. Kharitonov, V.P. (2006), *Avtonomnyye vetroelektricheskiye ustanovki* [Stand-alone wind power installation], GNU VIESKH, Moscow. (in Russian)
2. Sereda, D.S. and Bialobrzeskiy, O.V. (2013), "Comparing the performance of the DC generator and asynchronous generator and harmonize them with the characteristics of wind turbine laboratory facility", *Elektromekhanichni i energozberigayuchi systemy*, Vol. 2, no. 22, pp. 308–314. (in Ukrainian)
3. Krivtsov, V.S., Oleynikov, A.M. and Yakovlev, A.I. (2003), *Neischerpayemaya energiya, "Vetroelektrogeneratory"* [Inexhaustible energy, Book 1: "Wind power"], KhAI, Kharkov. (in Russian)
4. Markov, A.M., Zamaruyev, V.V., Ivakhno, V.V. and Nikulochkin, S.M. (2000), "The stator excitation asynchronous generator system", *Tekhnicheskaya elektrodinamika*, Vol. 4, pp. 42–50 (in Russian)
5. Toroptsev, N.D. (2004), *Asinkhronnyye generatory dlya avtonomnykh elektricheskikh ustanovok* [Asynchronous generators for autonomous electrical installations], NTF "Energoprogress", "Energetik", Moscow. (in Russian)
6. Tvaydell, Dzh. and Ueyr, A. (1990), *Vozobnovlyayemye istochniki energiyi* [Renewable energy], Energoatomizdat, Moscow. (in Russian)
7. Akagi, H., Watanabe, E.H. and Aredes, M. (2007), "Instantaneous power theory and applications to power conditioning", *IEEE press*, Hoboken, New Jersey, USA.
8. Vinogradov, A.B. (2008), *Vektornoye upravleniye elektroprivodami peremennogo toka* [Vector control of AC electric drive], GOUVPO "Ivanovskiy gosudarstvennyy energeticheskiy universitet imeni V.I. Lenina", Ivanovo. (in Russian)

Стаття надійшла 23.01.2016.