

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ АУТОНОМНОГО ГЕНЕРАТОРА З БЕЗКОНТАКТНИМ КАСКАДНИМ ТРИФАЗНИМ МОДУЛЬОВАНИМ ЗБУДЖУВАЧЕМ ЗА СХЕМОЮ В ОДНУ ЗІРКУ ПІД ЧАС РОБОТИ НА АКТИВНО-ІНДУКТИВНЕ НАВАНТАЖЕННЯ

Методом математичного експерименту виконано дослідження електромагнітних і електромеханічних процесів, які відбуваються в автономній системі електроживлення на базі асинхронізованого генератора з трифазним модульованим збуджувачем. Проведено аналіз процесів на предмет роботоздатності системи живлення під час її роботи на активно-індуктивне навантаження. Встановлено закономірності перебігу електромагнітних і електромеханічних процесів залежно від величини навантаження та схеми модулятора.

Методом математического эксперимента выполнено исследование электромагнитных и электромеханических процессов, происходящих в автономной системе электропитания на базе асинхронизированного генератора с трехфазным модульованным возбудителем. Произведен анализ процессов на предмет работоспособности системы питания при ее работе на активно-индуктивную нагрузку. Установлено закономерности протекания электромагнитных и электромеханических процессов в зависимости от величины нагрузки и схемы модулятора.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Стабілізування частоти напруги в автономних системах електроживлення (АСЕЖ), для яких характерна змінна швидкість обертання ротора генератора, продовжує залишатися актуальною і важливою науково-практичною проблемою.

На сьогодні наука і практика в області електромеханіки та електроенергетики пропонує низку ефективних способів стабілізування частоти напруги. В цьому контексті один із перспективних варіантів створення АСЕЖ полягає в їх побудові на базі асинхронізованих генераторів (АСГ) з безконтактним каскадним модульованим збуджувачем (БКМЗ) [6]. Низка проведених досліджень показують, що такі системи не лише забезпечують практично ідеальне стабілізування частоти напруги при змінній швидкості обертання ротора генератора, але ще й відзначаються високим рівнем надійності бо належать до безконтактних.

Запропонований в [6] метод стабілізування частоти напруги ґрунтується на принципі модуляції напруги, що дає змогу в обмотці ротора генератора отримати струм частоти ковзання, а це, своєю чергою, забезпечує постійну швидкість обертання магнітного поля стосовно обмотки статора генератора і, як наслідок, стабільну частоту напруги генератора.

Електромагнітні і електромеханічні процеси, які відбуваються в таких системах електроживлення належать до особливо складних з погляду характеру визначальних координат та їх функційних взаємозв'язків. Це зумовлено доволі складною будовою цих систем електроживлення. Адже, до їх складу окрім самого генератора входять функційно пов'язані між собою дві асинхронні машини модулятора, тиристорний комутатор циклоконверторного типу, а також застосовуються системи автоматичного керування (САК) відповідними координатами та система керування (СК) вентильним комутатором. Складність будови таких систем електроживлення в поєднанні зі складністю характеру перебігу електромагнітних і електромеханічних процесів, які відбуваються в цих системах, однозначно вказує на те, що безпосередня розробка систем живлення такого типу має ґрунтуватися на всебічних ретельних теоретичних та практичних наукових дослідженнях як стосовно схемних рішень силового електричного кола, так і стосовно закономірностей перебігу електромагнітних і електромеханічних процесів з врахуванням природи споживачів електроенергії. Результати одного з таких досліджень, яке стосується впливу параметрів наванта-

ження і схемних рішень на функціонування автономних систем електроживлення на базі АСГ з БКМЗ під час їх роботи на активно-індуктивне навантаження і становлять предмет цієї статті.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Загально визнано, що математичне моделювання слугує потужним і ефективним засобом дослідження процесів, які відбуваються в електротехнічних системах. Автор протягом останніх років виконав значний обсяг робіт, пов'язаний з розробкою математичних моделей і відповідних програмних комплексів автономних систем електроживлення на базі генераторів з безконтактним каскадним модульованим збуджувачем, а також з проведенням досліджень за допомогою розроблених математичних моделей. Так, у [1, 2] розроблено математичні моделі автономної системи електроживлення на базі асинхронізованого генератора з двофазно-трифазним та трифазно-трифазним БКМЗ відповідно. Характерною особливістю цих математичних моделей є те, що в них не передбачено наявності рушія ротора генератора, що істотно обмежує їх можливість в плані дослідження перебігу електромагнітних і електромеханічних процесів системи. Безумовно, що такі обмеження становили істотний недолік математичних моделей. Тому, на наступному етапі були розроблені математичні моделі, які дають змогу моделювати динамічні електромагнітні та електромеханічні процеси з врахуванням наявності в моделі рушія ротора генератора [3, 4].

ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

З теорії систем генерування на базі асинхронізованого генератора з БКМЗ [6] відомо, що ці системи можуть формуватися за низкою сімейств схем силового електричного кола, які однозначно мають принципний вплив на характер перебігу електромагнітних і електромеханічних процесів. Очевидним також є те, що на перебіг процесів впливає вид навантаження (тобто тип споживачів) та їх режими роботи. Тому завдання дослідження таких систем загалом полягає у вивченні закономірностей перебігу електромагнітних і електромеханічних процесів для кожної з можливих схем силового електричного кола (модулятора, генератора і комутатора), а також для кожного з видів споживачів електроенергії їх параметрів та режимів роботи. В цьому контексті в [5] проведено дослідження функціонування автономної системи електрожив-

лення на базі асинхронізованого генератора з без контактним каскадним модульованим збуджувачем за схемою в одну зірку і спільним з'єднанням фазних гілок машин модулятора під час роботи на активно-індуктивне навантаження. Там акцентувалася увага на спільному з'єднанні фаз модулятора. Для повноти дослідження такої системи за схемою генератора в одну зірку необхідно виконати аналіз електромагнітних і електромеханічних процесів, які відбуваються в системі електроживлення з врахуванням ще однієї можливої схеми модулятора – з комбінованим з'єднанням фазних гілок машин модулятора.

Отже, тут для порівняльного аналізу перебігу електромагнітних і електромеханічних процесів, які відбуваються в АСЕЖ за схемою генератора в одну зірку акцентуватимемо увагу на двох видах схем модулятора: зі спільним з'єднанням, що було предметом аналізу в [5] та комбінованим з'єднанням, що становить предмет аналізу цієї статті.

Таким чином, на підставі викладеного вище, констатуємо, що задача дослідження в цій статті полягає в аналізі електромагнітних і електромеханічних процесів АСЕЖ на базі АСГ з трифазно-трифазним БКМЗ з комбінованим з'єднанням фаз модулятора за схемою генератора в одну зірку та вивченні на його підставі загальної функціонування цих систем живлення для всіх (двох можливих) схем модулятора під час роботи генератора на активно-індуктивне навантаження.

РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМІ

Отже, враховуючи те, що об'єктом порівняльного аналізу процесів системи електроживлення на базі асинхронізованого генератора з трифазним безконтактним каскадним модульованим збуджувачем є АСЕЖ за схемами з комбінованим та спільним з'єднанням фаз модулятора, схема силового електричного кола піддослідної системи електроживлення має вигляд, зображений на рис. 1. З цього рисунку видно, що структурними елементами схеми слугують: дві асинхронні машини АМ1 та АМ2; два джерела живлення цих машин Е1 та Е2 відповідно; безпосередній тиристорний перетворювач частоти (БТПЧ); генератор АГ, яким слугує асинхронна машина, фази обмотки ротора якої з'єднані в зірку. В схемі передбачено два можливі варіанти з'єднання фазних гілок машин модулятора: спільне, коли ключ K_0 замкнений і комбіноване, коли ключ K_0 розімкнений. До системи живлення також входять три споживачі (активно-індуктивні навантаження): Н1, Н2, Н3. Ключі K_1, K_2, K_3 призначені для вмикання та відмикання цих споживачів.

Решта позначень на схемі рис. 1 мають такий зміст. Літерами ϕ, i, E позначено: потенціали, струми та електрорушійні сили. Літерами F, G, H в нижніх індексах відповідно позначено належність координат до модулятора, генератора, та активно-індуктивного навантаження. Літерами S, R в нижніх індексах позначено належність відповідних величин до статора і ротора електричних машин. Цифрами в нижніх індексах позначено номери електричних гілок у межах кожного із структурних елементів, а цифрою 0 в нижньому індексі – вузли з нульовим потенціалом. При цьому одним штрихом у верхньому індексі позначено потенціали $\phi_0, \phi_{20}, \phi_{21}$, які утворюються, коли ключ K_0 розімкнений (комбіноване з'єднання), а двома штрихами – нульовий потенціал ϕ_0^0 , який утворюється, коли ключ K_0 замкнений (спільне з'єднання). Цифрами в круглих дужках (1) і т. д. у верхньому індексі позначено належність відповідних величин до АМ1, АМ2 та джерел живлення модулятора Е1 і Е2.

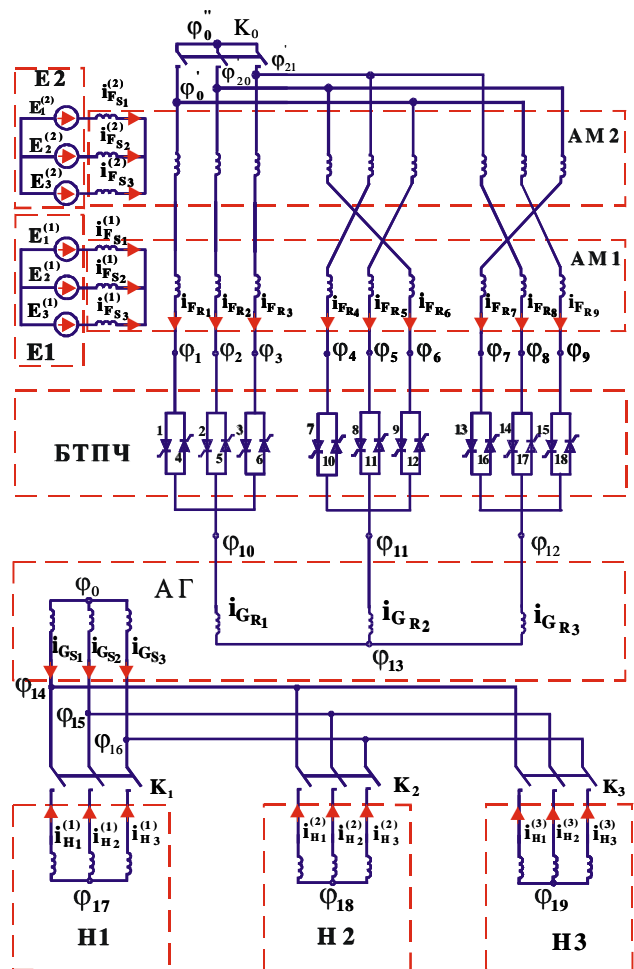


Рис. 1. Схема силового електричного кола АСЕЖ

Зі схеми силового електричного кола системи живлення рис. 1 видно, що кожна з фаз обмоток роторів АМ1 та АМ2 розділені на три гілки, які з боку виходу з АМ2 і входу до АМ1 з'єднані між собою послідовно з перехрещенням фаз. Саме таке сполучення АМ1 та АМ2 утворює функційний структурний елемент, який забезпечує модуляцію напруги і тому називається модулятором [6].

Суть дослідження полягає в розрахунку електромагнітних та електромеханічних процесів, результатом якого є отримання розрахункових функціональних залежностей миттєвих значень всіх визначальних координат: струмів, потенціалів та напруг, а також швидкості обертання ротора генератора та машин модулятора і їх електромагнітних моментів.

Дослідження автономної системи електроживлення проведемо для асинхронізованого генератора потужністю 100 кВт. Моделювання процесів виконаємо для режиму, в якому задане значення ковзання ротора генератора є постійним і таким, що відповідає синхронній швидкості, тобто дорівнює нулю. На початковій стадії робочого циклу АСЕЖ вмикається рушій та виконується розгін ротора генератора. При досягненні швидкості обертання ротора близької до синхронної вмикається напруга живлення машин модулятора, тобто вмикається збудження. На наступній стадії робочого циклу системи виконується почергове вмикання трьох споживачів Н1, Н2, Н3, а на останньому етапі виконується почергове відмикання в зворотній послідовності раніше ввімкених споживачів: Н3, Н2, Н1. Протягом цілого робочого циклу функціонують системи автоматичного керування

для стабілізації швидкості обертання ротора та амплітуди фазної напруги АСГ.

З метою вивчення функціонування системи живлення загалом і стійкості роботи комутатора, зокрема, під час її роботи на активно-індуктивне навантаження, проведемо розрахунки електромагнітних процесів для декількох різних за величиною значень активного опору та індуктивності навантаження, а також для декількох різних коефіцієнтів потужності R-L навантажень. Теоретичні передбачення та низка попередніх досліджень (зокрема [5]) показують, що ці параметри мають істотний вплив на стійкість роботи комутатора, що є визначальним для функціонування такої системи живлення принципово. Для коректності порівняння функціонування системи електроживлення з різними схемами модулятора під час її роботи на активно-індуктивне навантаження тут промодельюємо електромагнітні і електромеханічні процеси для ідентичних значень параметрів R-L навантаження як і в [5]. Про якість електроенергії за критерієм стабільності амплітуди напруги і відповідно про роботоздатність систем живлення цього типу можна робити висновок на підставі аналізу характеру розрахункових залежностей таких інтегральних координат як модулі зображувальних векторів (амплітуд) фазних напруг і струмів статора та струмів фаз ротора генератора $u_{G_s}^v, i_{G_s}^v, i_{\mu}^v$.

Отже, розрахуємо та проаналізуємо електромагнітні процеси, які відбуваються в автономній системі електроживлення за схемою генератора в одну зірку і комбінованим з'єднанням фаз модулятора. На рис. 2 зображені розрахункові залежності зазначених вище координат $u_{G_s}^v, i_{G_s}^v, i_{\mu}^v$, отриманих для роботи АСЕЖ на три активно-індуктивні навантаження з однаковими параметрами:

$$R_H^{(1)} = R_H^{(2)} = R_H^{(3)} = 10 \text{ Ом}, \quad L_H^{(1)} = L_H^{(2)} = L_H^{(3)} = 0,02387 \text{ Гн}.$$

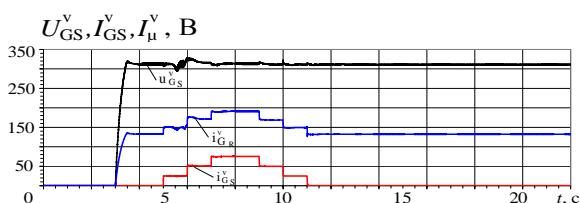


Рис. 2. $u_{G_s}^v, i_{G_s}^v, i_{\mu}^v$ – модулі зображувальних векторів фазних напруг і струмів статора та фазних струмів ротора генератора

Коефіцієнт потужності для таких співвідношень активного опору і індуктивності навантажень становить 0,8 ($\cos \varphi = 0,8$). Характер кривих цих координат відображає повний робочий цикл АСЕЖ за окремими його етапами. На першому етапі (за час від $t=0$ до $t=3$ с) рушій розкручує ротор генератора до синхронної швидкості. В момент часу $t=3$ с вмикається збудження. Тому на наступному відрізку спостерігається поява і зростання струму збудження (струму в обмотках ротора генератора) і, як наслідок, напруги статора генератора. Генератор працює в режимі неробочого ходу в діапазоні від $t=3$ до $t=5$ с. Починаючи з моменту часу $t=5$ с, щосекунди вмикаються споживачі в послідовності: Н1, Н2, Н3. На проміжку часу від $t=7$ до $t=9$ с генератор працює на всі три споживачі. А, починаючи з $t=9$, споживачі відмикаються в зворотній до увімкнення послідовності: Н3, Н2, Н1.

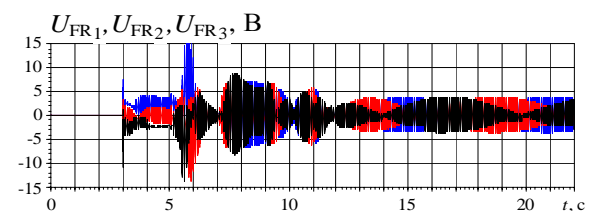
З форми кривої модуля зображувального вектора фазної напруги статора генератора видно, що амплі-

туда напруги є стабільною, а в області перехідних процесів, спричинених увімкненням та відмиканням споживачів, перебуває в допустимих стандартами межах відхилення від заданого значення.

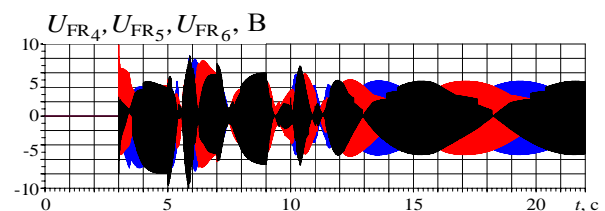
Вирішальну роль у забезпеченні необхідного і очікуваного характеру цих координат відіграє стійкість роботи комутатора. А це залежить від багатьох чинників, серед яких параметри машин модулятора і генератора, алгоритм і функціонування системи керування комутатором та системи автоматичного керування стабілізування визначених координат (тут амплітуди напруги генератора), а також параметри та режими роботи споживачів. З цього рисунку також видно, що система автоматичного керування виконує свою функцію стабілізування амплітуди напруги статора генератора, а інші координати (струми та напруги) відображають поведінку системи в межах робочого циклу (неробочого ходу, почергового вмикання споживачів, роботи в режимі повного навантаження та почергового відмикання споживачів).

Важливу роль у функціонуванні системи збудження і АСЕЖ загалом відіграє перебіг електромагнітних процесів у модуляторі. Тому перейдемо до аналізу напруг модулятора.

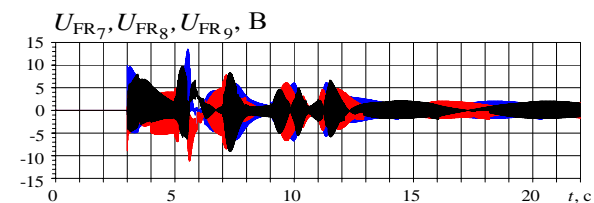
На рис. 3 зображено розрахункові залежності від часу миттєвих значень спадів напруг трьох трифазних груп фазних гілок роторів машин модулятора. Кожен з трьох рисунків За-в ілюструє миттєві значення спадів трифазних електричних напруг на послідовно з'єднаних фазних гілках роторів машин модулятора: рис. 3,а – напруги $u_{FR_1}, u_{FR_2}, u_{FR_3}$; рис. 3,б – напруги $u_{FR_4}, u_{FR_5}, u_{FR_6}$; рис. 3,в – напруги $u_{FR_7}, u_{FR_8}, u_{FR_9}$.



а – $u_{FR_1}, u_{FR_2}, u_{FR_3}$ – миттєві напруги I, II, III фазних гілок роторів машин модулятора



б – $u_{FR_4}, u_{FR_5}, u_{FR_6}$ – миттєві напруги IV, V, VI фазних гілок роторів машин модулятора



в – $u_{FR_7}, u_{FR_8}, u_{FR_9}$ – миттєві напруги VII, VIII, IX фазних гілок роторів машин модулятора

Рис. 3. Розрахункові залежності миттєвих значень напруг фазних гілок роторів машин модулятора

Криві на рис. 3 виразно відображають фізику процесів, внаслідок яких отримано електричні напруги модульованої форми частоти ковзання. Як бачимо з рисунків 3, на проміжку часу, де ковзання дорівнює нулю ($S=0$), спостерігаємо напруги без модуляції частотою заповнення $f_3=150$ Гц. Оскільки фазні напруги зсунуті між собою на 120° , а розгалужені фазні гілки роторів АМ1 та АМ2 для другої та третьої фазних груп сполучені між собою перехресно зі зсувом на 120° (див. схему рис.1), то за частотою модуляції кожна з трьох трифазних систем напруг та струмів також зсунуті між собою на кут 120° , що виразно ілюструє рис. 3. Амплітуди напруг змінюється залежно від зміни електрорушійних сил джерел живлення, а ця, своєю чергою, таким чином, щоб підтримувати потрібне значення струму збудження.

З рис. 3 видно, що криві напруг мають модульовану форму з частотою ковзання і частотою заповнення, значення якої залежить від швидкості обертання ротора генератора і співвідношення кількості пар полюсів машин модулятора [6].

З рис. 3 видно, що модулятор, згідно з теоретичним передбаченнями виконує свою функцію – утворення напруг модульованої форми, потрібних для формування циклоконвертером трифазної системи струмів частотою ковзання.

Структурні елементи АСЕЖ перебувають у стані функційного взаємного зв'язку. Тому будь-які збурення в одному з них неминуче відповідно впливають на процеси в усіх інших. У випадку цього режиму джерелом таких збурень слугує вмикання та відмикання споживачів, що призводить до зміни швидкості обертання ротора генератора. Очевидно, що напруги та струми фазних гілок роторів машин модулятора також повинні реагувати на ці збурення. З візуального аналізу форми кривих напруг, зображених на рис. 3 виразно видно, що криві цих напруг зазнають істотного реформування яке, спричинено перехідними процесами, які, своєю чергою, виникли внаслідок ввімкнення та відмикнення навантаження.

Визначальний вплив на перебіг процесів у таких системах та їх функціонування загалом мають процеси в обмотці збудження генератора. Тому інформація про характер електричних струмів та напруг у обмотці ротора генератора має принципово важливе значення. Проаналізуємо розрахункові залежності фазних напруг ротора генератора, які зображені на рис. 4. З цього рисунку видно, що характер фазних напруг ротора генератора відображає закономірності електромагнітних процесів, які відбуваються в модуляторі. Внаслідок роботи комутатора в обмотці ротора генератора формується трифазна система напруг частоти ковзання. На дільницях постійної швидкості обертання ротора генератора частота напруг дорівнює нулю, тобто маємо випрямлену постійну напругу. Зміна амплітуди напруги на дільницях, де вона змінна і значення напруги на дільницях, де вона постійна, визначається зміною амплітуд модульованих напруг на виході модулятора (див. рис. 3).

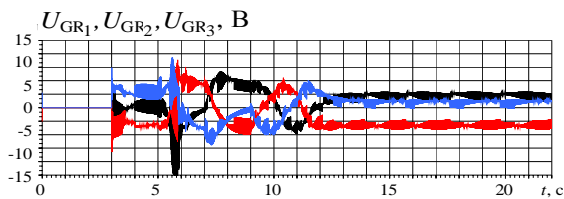


Рис. 4. u_{GR_1} , u_{GR_2} , u_{GR_3} – напруги ротора АГ

Фазні напруги ротора генератора частоти ковзання дають підставу на сподівання отримати фазні струми ротора генератора аналогічної форми. На рис. 5 зображені розрахункові залежності від часу фазних струмів ротора генератора.

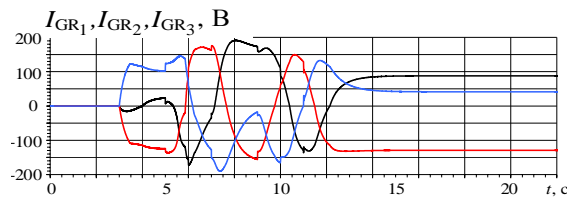


Рис. 5. i_{GR_1} , i_{GR_2} , i_{GR_3} – струми ротора АГ

Характер кривих цих струмів вказує на те, що безконтактна система збудження на базі каскадного модулятора дає змогу отримати струм збудження генератора частоти ковзання, що, своєю чергою, забезпечує постійну швидкість обертання магнітного поля генератора стосовно обмотки статора, а значить і постійну частоту напруги генератора не залежно від частоти обертання ротора генератора. Водночас форма кривих на цьому рисунку виразно вказує на те, що модульований перетворювач частоти дає змогу отримати високоякісні струми збудження, що слугує необхідною умовою для отримання високоякісної напруги генератора за критерієм гармонічного спектра.

З наведених вище результатів моделювання (рис. 2-5) видно, що для вибраних параметрів навантаження АСЕЖ за схемою генератора з комбінованим з'єднанням фазних гілок машин модулятора працює стабільно. Але при збільшенні навантаження та коефіцієнта потужності (як і в [5]) стійкість роботи системи порушується. Результати дослідження показують, що автономна система електроживлення за схемою генератора з комбінованим з'єднанням фазних гілок машин модулятора працює стабільно для більших навантажень порівняно зі схемою зі спільним з'єднанням. Це означає, що така схема модулятора є більш досконалою. Аргументом для такого важливого висновку слугує порівняння характеру основних інтегральних координат $u_{G_s}^v$, $i_{G_s}^v$, i_{μ}^v зображених на рис. 2 (для комбінованого з'єднання) та характеру цих же координат при ідентичних параметрах навантаження для схеми зі спільним з'єднанням, отриманих в [5] і зображених на рис. 6.

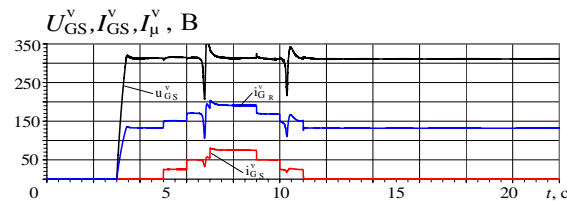


Рис. 6. $u_{G_s}^v$, $i_{G_s}^v$, i_{μ}^v – модулі зображувальних векторів фазних напруг і струмів статора та фазних струмів ротора генератора для схеми модулятора зі спільним з'єднанням фазних гілок ротора машин модулятора для навантаження: $R_H=10$ Ом, $L_H=0,02387$ Гн

З рис. 6 видно, що схема модулятора зі спільним з'єднанням фазних гілок машин модулятора не забезпечує стійкості роботи системи електроживлення для таких великих навантажень, як схема з комбінованим з'єднанням. Аналогічні висновки правомірні стосовно коефіцієнта навантаження. Тут також схема модулятор

зі спільним з'єднанням фазних гілок машин модулятора забезпечує стійкість роботи системи для більших значень коефіцієнта потужності (навіть близьких до 1).

Отримані результати дослідження АСЕЖ за схемою генератора в одну зірку і спільним та комбінованим з'єднанням фазних гілок ротора машин модулятора під час її роботи на активно-індуктивне навантаження дають підставу узагальнити результати дослідження про закономірності перебігу електромагнітних і електромеханічних процесів в цій системі живлення залежно від параметрів активно-індуктивного навантаження та схем з'єднання фазних гілок машин модулятора. Ці узагальнення сформуємо у висновках.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз електромагнітних і електромеханічних процесів, які відбуваються в АСЕЖ на базі АСГ з трифазно-трифазним БКМЗ за схемою генератора в одну зірку і комбінованим з'єднанням фазних гілок роторних обмоток машин модулятора під час її роботи на активно-індуктивне навантаження принципово є роботопридатною.

2. На стійкість роботи комутатора і системи живлення загалом істотний вплив мають параметри активно-індуктивного навантаження. Збільшення навантаження з боку споживачів понад критичне значення порушує стійкість роботи комутатора і систем електроживлення загалом.

3. Робота АСЕЖ є стійкою і стабільною для практично необмеженого діапазону коефіцієнта потужності активно-індуктивного навантаження на відміну від аналогічної системи електроживлення зі спільним з'єднанням фазних гілок машин модулятора.

4. Порівняльний аналіз характеру перебігу електромагнітних і електромеханічних процесів, які відбуваються в АСЕЖ на базі АСГ з БКМЗ за схемами модулятора зі спільним і комбінованим з'єднанням фазних гілок машин модулятора показує, що схема модулятора з комбінованим з'єднанням забезпечує вищий рівень стабільності роботи комутатора і системи електроживлення загалом, а ніж схема модулятора зі спільним з'єднанням фазних гілок машин модулятора.

5. Для практичного впровадження системи генерування за схемою генератора в одну зірку рекомендується система з трифазно-трифазним модулятором за схемою комбінованого з'єднання фазних гілок машин модулятора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Василів К.М. Математична модель динамічних процесів автономної електроенергетичної системи на базі безконтактного асинхронізованого генератора з двофазно-трифазним каскадним модульованим збуджувачем / К.М. Василів // Технічна електродинаміка. – 2005. – № 2. – С. 54-60.
2. Василів К. М. Математична модель динамічних процесів автономної електроенергетичної системи на базі безконтактного асинхронізованого генератора з трифазно-трифазним каскадним модульованим збуджувачем / К.М. Василів // Технічна електродинаміка. – 2004. – № 5. – С. 50-55.
3. Василів К. М. Узагальнена математична модель автономної електроенергетичної системи на базі асинхронізованого генератора з безконтактним каскадним трифазно-трифазним модульованим збуджувачем за нульовою схемою / К.М. Василів // Електротехніка і електромеханіка. – 2009. – № 2. – С. 15-20.

4. Василів К. М. Методи і моделі аналізу процесів автономних систем електроживлення на базі асинхронізованого генератора з безконтактним каскадним модульованим збуджувачем: дис. доктора техн. наук: 05.09.03 / Василів Карл Миколайович. – К., 2010. – 398 с.

5. Василів К. М. Аналіз процесів автономного генератора з безконтактним каскадним трифазним модульованим збуджувачем за схемою в одну зірку і спільним з'єднанням фаз модулятора під час роботи на активно-індуктивне навантаження / К.М. Василів // Вісник НТУ "ХПІ". – 2012. – № 49. – С. 27-37.

6. Галиновский А. М. Бесконтактный асинхронизированный генератор с модулированным преобразователем частоты / Галиновский А.М. // Труды I Международной (III Всероссийской) конференции по Электромехатронике. – Санкт-Петербургский гос. электротехн. ун-т. – 1997. – С. 182-192.

Bibliography (transliterated): 1. Vasiliv K.M. Matematichna model' dinamichnih procesiv avtonomnoї elektroenergetichnoї sistemi na bazi bezkontaktnogo asinhronizovanogo generatora z dvofazno-trifaznim kaskadnim modul'ovanim zbudzhuvachem / K.M. Vasiliv // Tehnichna elektrodinamika. - 2005. - № 2. - S. 54-60. 2. Vasiliv K. M. Matematichna model' dinamichnih procesiv avtonomnoї elektroenergetichnoї sistemi na bazi bezkontaktnogo asinhronizovanogo generatora z trifazno-trifaznim kaskadnim modul'ovanim zbudzhuvachem / K.M. Vasiliv // Tehnichna elektrodinamika. - 2004. - № 5. - S. 50-55. 3. Vasiliv K. M. Uzagal'nena matematichna model' avtonomnoї elektroenergetichnoї sistemi na bazi asinhronizovanogo generatora z bezkontaktnim kaskadnim trifazno-trifaznim modul'ovanim zbudzhuvachem za nul'ovoyu shemoyu / K.M. Vasiliv // Elektrotehnika i elektromehanika. - 2009. - № 2. - S. 15-20. 4. Vasiliv K. M. Metodi i modeli analizu procesiv avtonomnih sistem elektrozhivlennya na bazi asinhronizovanogo generatora z bezkontaktnim kaskadnim modul'ovanim zbudzhuvachem: dis. doktora tehn. nauk: 05.09.03 / Vasiliv Karl Mikolajovich. - K., 2010. - 398 s. 5. Vasiliv K. M. Analiz procesiv avtonomnoho generatora z bezkontaktnim kaskadnim trifaznim modul'ovanim zbudzhuvachem za shemoyu v odnu zirku i spil'nim z'ednanniam faz modulyatora pid chas roboti na aktivno-induktivne navantazhennya / K.M. Vasiliv // Visnik NTU "HPI". - 2012. - № 49. - S. 27-37. 6. Galinovskij A. M. Beskontaktnyj asinhronizirovannyj generator s modulirovannym preobrazovatelem chastoty / Galinovskij A.M. // Trudy I Mezhdunarodnoj (III Vserossijskoj) konferencii po `Elektromehanotronike. - Sankt-Peterburgskij gos. `elektrotehn. un-t. - 1997. - S. 182-192.

Надійшла 11.10.2012

Василів Карл Миколайович, д.т.н.
Львівський національний аграрний університет
кафедра електротехнічних систем
79049, Львів, вул. Коломийська, 4, кв. 140
тел. (0322) 226403, 0972453821
e-mail: karl.vasyliv@gmail.com; vasyliv_karl@ukr.net

Vasyliv K.M.

A comparative analysis of processes in an independent generator with a noncontact cascade three-phase modulated exciter via a star-connected circuit under active-inductive loading.

By means of mathematical experiment, the author investigates electromagnetic and electromechanical processes in an independent electric power supply system based on an asynchronous generator with a three-phase modulated exciter. The processes are analyzed to specify the working capacity of the power supply system during its operation under active-inductive loading. Regularities of the electromagnetic and electromechanical processes behavior versus load intensity and the modulator scheme are identified.

Key words – asynchronous generator, asynchronous machine, modulator, noncontact cascade modulated exciter, thyristor frequency converter, electromagnetic and electromechanical processes, mathematical experiment.