

УДК 62 - 83 : 621.313.333

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИЙ КОМПЛЕКС З КОМПЕНСОВАНИМИ АСИНХРОННИМИ МАШИНАМИ

Р. М. Чуєнко, кандидат технічних наук

С. С. Макаревич, кандидат технічних наук

В. В. Гаврилюк, інженер

Анотація. Запропоновано конструкцію електромеханічного комплексу із компенсованими асинхронними машинами.

Ключові слова: електромеханічний комплекс, компенсований асинхронний двигун, компенсований асинхронний генератор.

Важливим для практики, але досить важким режимом для електричних машин є спільна робота в автономній системі сумірних за величиною потужностей генератора і двигуна. Особливо важко для обох машин у такій системі протікає процес пуску і розгону асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором від генератора змінного струму. Великий пусковий струм двигуна при малому пусковому моменті, що залежить від квадрату (U^2) напруги живлення, зниження цієї напруги при обмеженій потужності генератора зменшують можливості задовільного запуску асинхронного двигуна в автономній системі. Чотири-п'ятикратне форсування збудження синхронного генератора підтримує рівень напруги при накиді навантаження, що забезпечує запуск і нормальну роботу асинхронного двигуна потужністю до 70 % від потужності генератора [2].

Використання асинхронного генератора з різким зниженням напруги при накиді навантаження, потреба великої реактивної потужності для компенсації її в навантаженні і для збудження самого генератора, складність регулювання і підтримки стабільності напруги практично виключається в автономних системах електропостачання з навантаженням у вигляді асинхронного двигуна сумірного з потужністю генератора.

Мета досліджень – розробка автономного електромеханічного комплексу із компенсованими асинхронними машинами.

Матеріали та методика досліджень. Внутрішня ємнісна компенсація реактивної потужності покращує властивості і підвищує можливості спільної роботи обох компенсованих асинхронних машин в так названому автономному електромеханічному комплексі.

Так, в компенсованому асинхронному генераторі підвищується рівень напруги і ступінь жорсткості зовнішніх характеристик, покращуються умови стійкої роботи при збільшенні струму навантаження, можливе форсування збудження для підтримки рівня напруги при накиді навантаження; в двигуні зростає пусковий момент і знижується пусковий струм. Все це дозволяє асинхронним генератору і двигуну працювати разом в єдиній автономній системі. У генератора і двигуна при спільній їх роботі в складі автономного електромеханічного комплексу загальними є робоча напруга \dot{U} і струм \dot{I} . Генератор повинен забезпечити рівень напруги, необхідний двигуну для створення моменту обертання, що задовольняє умову пуску, розгону і усталеного режиму роботи двигуна із заданим навантаженням.

У процесі пуску і розгону двигун повинен створювати обертовий момент M , що перевищує момент M_c його навантаження на валу на (10-15) %. Тобто, збитковий (надлишковий) момент ΔM двигуна повинен бути $\Delta M = M - M_c \geq (0,1 \div 0,15)M$ в усіх точках механічної характеристики в процесі розгону двигуна від ковзання $s = 1$ до $S \approx S'_n + 0,01$, тобто до ковзання s'_n , близького до значення при його навантаженні. Тільки в усталеному режимі роботи при ковзанні s'_n , яке відповідає заданому навантаженню двигуна, його момент повністю урівноважує момент навантаження, $M = M_c$. При цьому ковзання s'_n залежить від навантаження на валу і може відрізнитися від номінального s_n , яке відповідає номінальному моменту M_n навантаження. Розрахунок режиму роботи як двигуна, так і живлячого його генератора, проводять при заданому навантаженні двигуна і його ковзання в межах ($0 \leq s \leq 1$), у тому числі і при s_n для номінального M_n . Для асинхронного генератора, як і для двигуна в автономній системі можна використовувати різні способи

компенсації, але в генераторі варто віддати перевагу максимальному ступеню компенсації – узагальненому (УКААГ), що забезпечує його спільну роботу із будь-яким асинхронним двигуном (рис. 1) потужністю до 70 % від номінальної потужності генератора. Така величина гранично допустимої потужності двигуна прийнятна і в автономній системі з синхронним генератором (СГ), що створює передумову для об'єктивної порівняльної оцінки автономних систем з СГ і УКААГ.

Найсприятливіші умови для спільної роботи в автономній системі створюються за схемою рис. 1, а, де обидві машини (УКААГ і УКАД) мають властивості підвищеної ефективності при узагальненій ємнісній компенсації реактивної потужності.

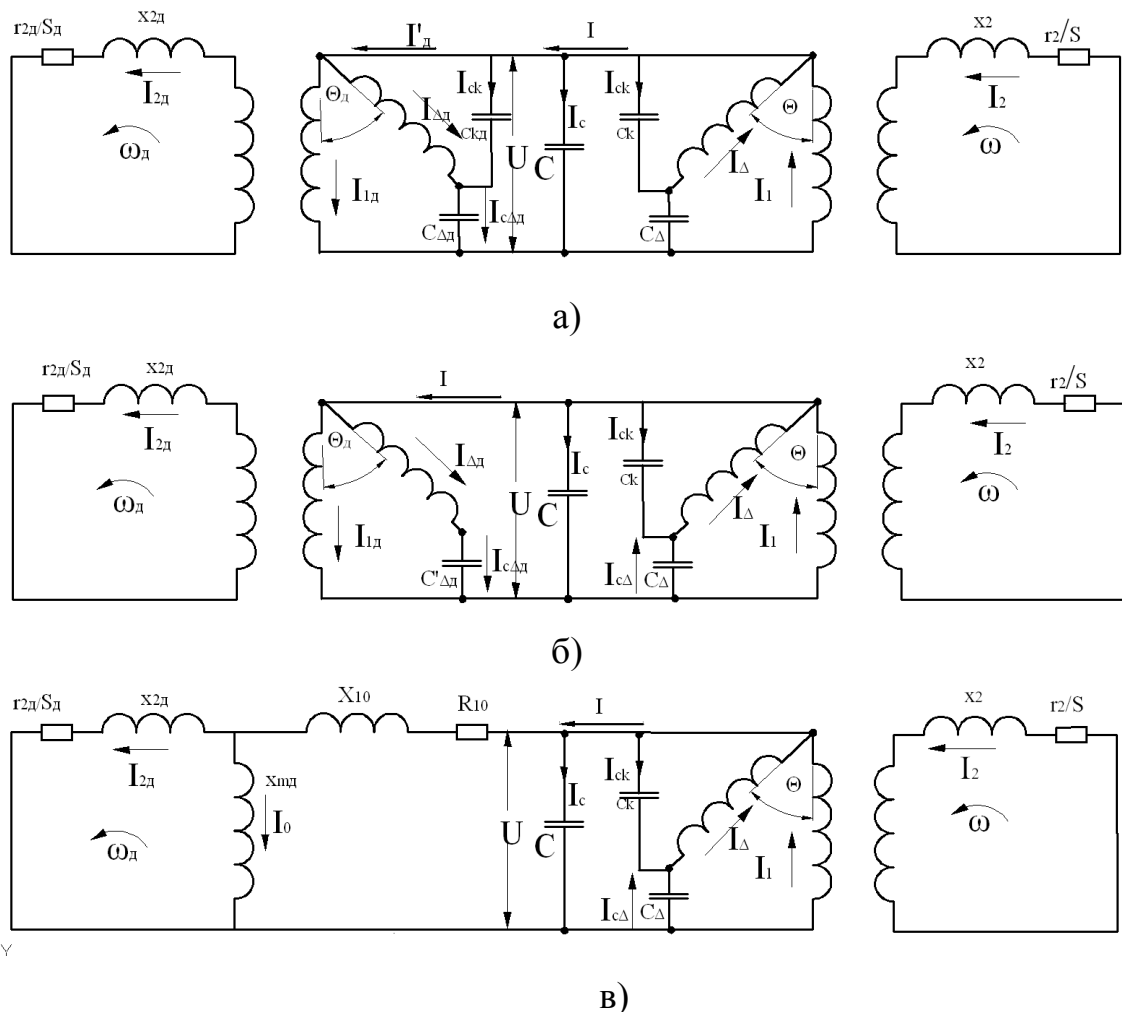


Рис. 1. Принципові електричні схеми автономного електромеханічного комплексу при роботі узагальненого асинхронного генератора (УКААГ) на асинхронний двигун:
 а – УКАД, б – КАД, в – базовий АД

Задовільною (при певних параметрах узагальненої ємнісної компенсації) є і робота УКААГ на серійний асинхронний двигун (рис. 1, в) сумірної (до 70 %) з ним потужності. Якщо пуск і розгін АД в цьому варіанті дає допустимі результати, то за іншими варіантами (рис. 1, б) роботи УКААГ з компенсованими двигунами (КАД) вони будуть звичайно ще кращими.

Результати досліджень. Як приклад наведемо результат розрахунку характеристик машин і визначення умов їх спільної роботи в електромеханічному комплексі приймаємо узагальнений компенсований генератор (УКААГ), виконаний на базі АД 4А71В2 $P_n = 1,1$ кВт і серійний асинхронний двигун 4А71А2 $P_n = 0,75$ кВт, $I_n = 1,7$ А, $U_n = 220$ В, $M_n = 2,54$ Нм, $x_{m0} = 337,2$ Ом та іншими параметрами по [1].

Але в автономній системі двигун зашунтований ємністю C з опором x_c для компенсації його реактивної потужності і для збудження генератора.

Загальний опір $Z = \frac{-jx_c Z_\delta}{Z_\delta - jx_c} = r + jx$ на виході генератора при зменшенні ковзання

S_δ двигуна змінюється на відміну від опору Z_δ двигуна. Так, за малої ємності зі зростанням опору x_δ при малому ковзанні s_δ загальний реактивний опір x в $Z = r + jx$ змінює свій знак, переходячи через $x=0$. Це повторно призводить до зниження напруги генератора. Перше зниження виникло на початку пуску двигуна при $s_\delta = 1$, малих опорах Z_2 і Z_δ і максимальним накидом пускового струму I_δ , зі зменшенням пускового моменту. При досягненні s_δ величин 0,2-0,1 при переході загального реактивного опору x на виході генератора через нуль і зміні його знаку виникає повторний спад напруги генератора, і відповідно, зниження моменту двигуна. За малого навантаження продовжується розгін двигуна з підвищенням напруги, долається зменшення моменту. При навантаженні відповідної точки a механічної характеристики двигун переходить в режим усталеного процесу зі зниженою швидкістю і незадовільними показниками за струмом, втратами потужності, стійкості в роботі зі змінами навантаження.

Вплив на генератор зміною його ємнісних параметрів x_c , $x_{c\Delta}$, x_{ck} можливо послаблення або навіть виключення окремих недоліків в процесі пуску і розгону АД. Так, при збільшенні ємності «С» на виході генератора (приймавши $x_c = 50$ Ом) загальний опір $Z = r + jx$ при розгоні двигуна плавно зростає, не змінюючи свого активно-ємнісного характеру. Збільшується рівень напруги генератора при пуску двигуна та його пусковий момент. Двигун розганяється під навантаженням і працює в усталеному режимі стійко (рис. 2).

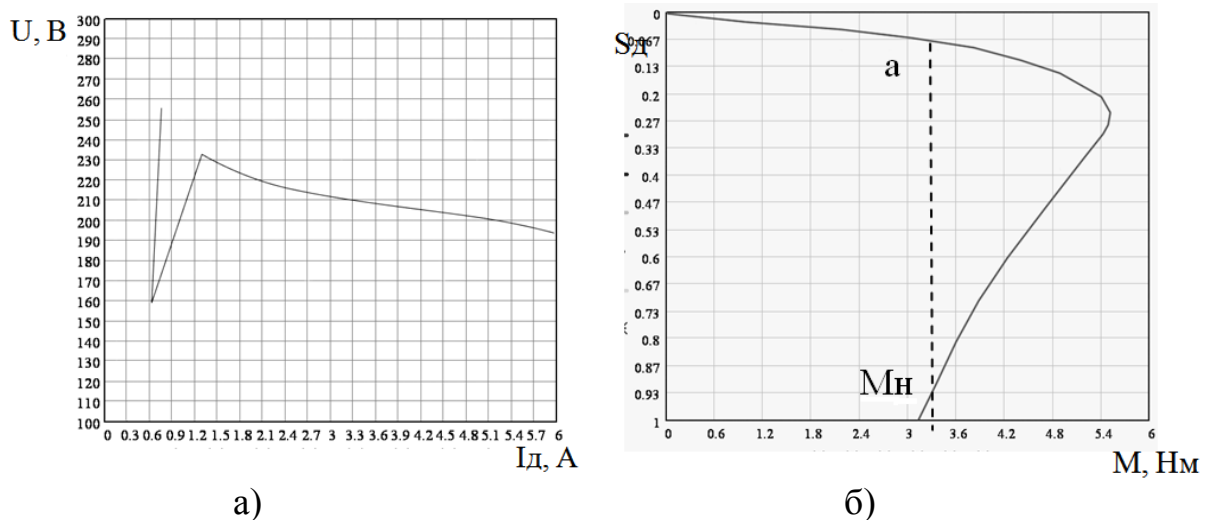


Рис. 2 – Зовнішні характеристики компенсованого генератора (УКААГ) на базі 4A71B2 (а) та механічні характеристики асинхронного двигуна 4A71A2 (б) під час їх сумісної роботи: при $x_{c\Delta} = 150$ Ом, $x_{ck} = 50$ Ом, $x_c = 100$ Ом

Задовільні результати спільної роботи УКААГ (або КААГ) і серійного АД сумірної з генератором потужності можуть бути досягнуті і за інших співвідношень компенсувальних ємностей генератора, які відповідають заданому режиму роботи автономного електромеханічного комплексу. При цьому необхідно враховувати, що в комбінації C , C_{Δ} , C_k ємність C забезпечує реактивною потужністю навантаження і збудження генератора, реактивна енергія ємності C_{Δ} також збуджує генератор і підбуджує його зі збільшенням навантаження, за допомогою ємності C_k форсують збудження і підтримують рівень напруги генератора при накиді навантаження. Після закінчення пускової

операції з двигуном ємність C_k генератора може бути відключена або переведена в режим компенсації реактивної потужності навантаження.

Висновки

Автономний електромеханічний комплекс у складі компенсований асинхронний генератор – компенсований асинхронний двигун має вищі енергетичні показники порівняно із комплексом у складі компенсований асинхронний генератор – асинхронний двигун при однакових зі сторони генератора умовах.

Список літератури

1. Асинхронные электродвигатели серии 4А: Справочник / [А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф В.И. Афонин, Е.А. Соболевская]. / – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
2. Вольдек А.И. Электрические машины / Вольдек А.И. – Л.: Энергия, 1976. – 782 с.
3. Компенсовані асинхронні машини: монографія / [В.І. Мішин, В.В. Каплун, Р.М. Чуєнко та ін.]. – К.: КНУТД, 2012. – 221 с.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С КОМПЕНСИРОВАННЫМИ АСИНХРОННЫМИ МАШИНАМИ

Р.Н. Чуенко, С.С. Макаревич, В.В. Гаврилюк

Аннотация. *Предложена конструкция автономного электромеханического комплекса с компенсированными асинхронными машинами.*

Ключевые слова: *автономный электромеханический комплекс, компенсированный асинхронный двигатель, компенсированный асинхронный генератор*

ELECTROMECHANICAL COMPLEX WITH COMPENSATED ASYNCHRONOUS MACHINES

R. Chuenko., S. Makarevich, V. Gavriliuk

Annotation. *The construction of autonomous electromechanics complex with compensated asynchronous machines is offered.*

Key words: *autonomous electromechanical complex, compensated induction motor, compensated induction generator.*