

Згідно з отриманими макромоделями, функціональні схеми стійких до зміни амплітуди й частоти аналогового та цифрового генераторів гармонічних сигналів можна реалізувати на базі інтеграторів, суматорів, помножувачів, подільників та ланок затримки за часом. Як свідчать результати досліджень, отримані генератори є асимптотично стійкими до зміни частоти коливань. Їх можна використовувати для функціонування в широких амплітудному та частотному діапазонах у різноманітних пристроях, зокрема, в модуляторах сигналів. Синтезовані генератори на відміну від існуючих не передбачають переналаджування своїх компонентів, якщо потрібно змінити амплітуду або частоту коливань, тобто схеми генераторів є амплітудо- та частотонезалежними.

1. Барбашин Е.А. Введение в теорию устойчивости. М., 1967. 2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов. М., 1986. 3. Мандзій Б.А., Желяк Р.Г. Основи аналогової мікросхемотехніки. Львів, 1998. 4. Chua L.O., Green D.N. Synthesis of nonlinear Periodic Systems // IEEE Trans. on Circuit and Systems. 1974. Vol. CAS-21. P.286–294. 5. Tymoshchuk P. V. Shapovalov Y. I. Synthesis of electronic devices on the determination and digitization of implicit algebra-differential equations base // Radioelectronics and Communications Systems. 1998. Vol.41. P.41–43. 6. Тутце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М., 1982.

УДК 621.365

Турковський В.Г., Жовнір Ю.М.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра ЕПМС

ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕНАСТРОЄНИХ СХЕМ ІНДУКТИВНО-ЄМНІСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

© Турковський В.Г., Жовнір Ю.М., 2000

За допомогою математичної моделі досліджено енергетичні характеристики (встановлені потужності реактивних елементів, коефіцієнта реактивної потужності) нерезонансних схем індуктивно-ємнісних перетворювачів джерела напруги в джерело струму з взаємодуктивним зв'язком елементів

Індуктивно-ємнісні перетворювачі (ІЄП) джерела напруги в джерело струму широко використовують для живлення електротехнічних установок, зокрема дугових сталеплавильних печей змінного струму (ДСП) [1, 4]. Згідно з [4], зменшення негативного впливу печей на мережу досягається не лише за умови жорсткої стабілізації струму навантаження, а й за нестабільності струму у межах 10...20 %, що дає змогу використовувати у схемах електропостачання печей не лише настроєні (резонансні) схеми, а й ненастроєні схеми ІЄП. Дослідження характеристик ненастроєних схем ІЄП показало, що в окремих режимах вони мають певні переваги порівняно з настроєними схемами.

Нижче наведені деякі результати досліджень характеристик ненастроєних схем ІСП на прикладі схеми з взаємоіндуктивним зв'язком реактивних елементів. Однофазний еквівалент заступної схеми зображено на рис.1. На схемі прийнято такі умовні позначення: E_L, E_H – електрорушійні сили відповідно у контурах з силовим реактором та навантаженням; $X_M e^{\pm j\alpha}$ – комплексний коефіцієнт взаємоіндуктивного зв'язку; α – кут міжфазного магнітного зв'язку; $R_H, X_H, R_{L1}, X_{L1}, R_{L2}, X_{L2}$ – відповідно резистанс та індуктивний опір навантаження й півобмоток силового реактора; R_C, X_C – резистанс та ємнісний опір конденсаторної батареї (КБ). Під час аналізу розглядали схемні варіанти ІСП, що мають мінімальну встановлену потужність КБ.

Дослідження ненастроєних схем ІСП здійснено за допомогою математичної моделі ІСП, реалізованої з використанням пакета **Matchad**. Розрахунки виконували у відносних одиницях, де за базові величини прийнято ЕРС в контурі з реактором та індуктивний опір X_{L1} силового реактора. У ненастроєних схемах змінювався ємнісний опір конденсаторної батареї ІСП відносно його значення при резонансі ($X_C^* = 1.0$). Добротність реактора прийнята такою, що дорівнює 100, а відносні втрати в КБ-0,0045. Результати, які наведені нижче, відповідають такій сукупності параметрів:

куту зсуву фаз між електрорушійними силами в контурах навантаження та реактора – 120 ел.град; кут міжфазного магнітного зв'язку – 0 та 300 ел.град.

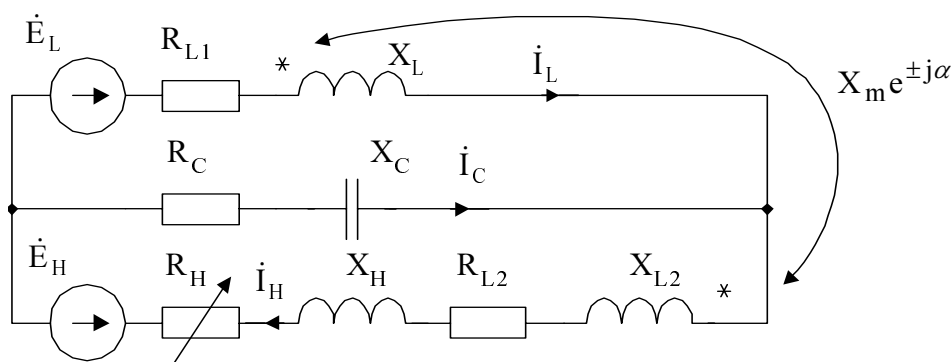


Рис.1. Однофазний еквівалент заступної схеми.

Дослідження ненастроєних схем ІСП проведено за допомогою математичної моделі ІСП, реалізованої з використанням пакета **Matchad**. Розрахунки виконувались у відносних одиницях, де за базові величини прийнято ЕРС в контурі з реактором та індуктивний опір X_{L1} силового реактора. У ненастроєних схемах змінювався ємнісний опір конденсаторної батареї ІСП відносно його значення при резонансі ($X_C^* = 1.0$). Добротність реактора прийнята такою, що дорівнює 100, а відносні втрати в КБ-0,0045. Результати, які наведені нижче, відповідають такій сукупності параметрів: куту зсуву фаз між електрорушійними силами в контурах навантаження та реактора – 120 ел.град; кут міжфазного магнітного зв'язку – 0 та 300 ел.град.

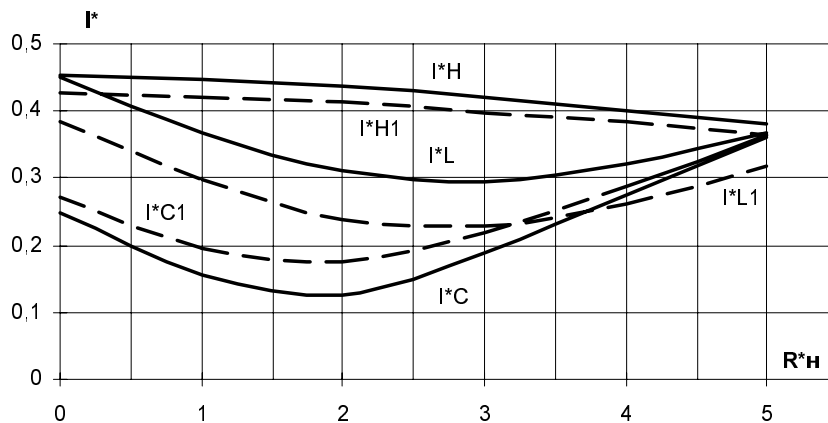


Рис.2. Залежність струмів реактора.

Аналіз впливу кратності ємнісного опору на характер зміни струмів реактивних елементів порівняно з настроєними схемами показав, що параболічна форма залежностей цих струмів у функції резистансу навантаження зберігається. На рис.2 зображені залежності струмів реактора, конденсаторної батареї та навантаження від резистансу навантаження для ненастроєної ($X_C^* = 2,0$) з активним (суцільні лінії I_L, I_C, I_H) та активно-індуктивним навантаженням (пунктирні лінії I_{L1}, I_{C1}, I_{H1}). При цьому, порівняно з настроєними схемами збільшується фокусна відстань параболічних залежностей, мінімум кривої струму реактора зсувається в область більших значень резистансу навантаження. Значення резистансу навантаження, якому відповідає мінімум кривої струму КБ, залишається майже незмінним. Це призводить до того, що значення струму реактора під час короткого замикання (КЗ) на затискачах навантаження майже не відрізняється від цього струму настроєної схеми, а струм КБ в аналогічних умовах суттєво зменшується.

Для варіантів схем ІЄП з кутом міжфазного магнітного зв'язку 300 ел. градусів зміна ємнісного опору аналогічно впливає на характер залежностей струмів реактивних елементів.

Проаналізовано вплив кратності ємнісного опору та індуктивності навантаження на встановлені потужності елементів схеми та установки в цілому за умови оптимізації схеми за потужністю КБ. Відносна сумарна встановлена потужність елементів ІЄП визначалась так:

$$Q_{LC}^* = \frac{Q_{Lmax}^* + Q_{Cmax}^*}{P_{корном}^*}, \quad (1)$$

де Q_{Lmax}^*, Q_{Cmax}^* – найбільше значення відповідно габаритної потужності силового реактора та встановленої потужності КБ ІЄП в діапазоні зміни резистансу навантаження від значення при короткому замиканні до номінального, $P_{корном}^*$ – номінальна потужність навантаження, тобто потужність визначена при резистансі навантаження, що відповідає мінімальній відносній встановленій потужності КБ.

З аналізу видно, що збільшення ємнісного опору дає змогу зменшити відносну встановлену потужність КБ ІЄП. При цьому частково збільшується відносна встановлена потужність електромагнітного реактора.

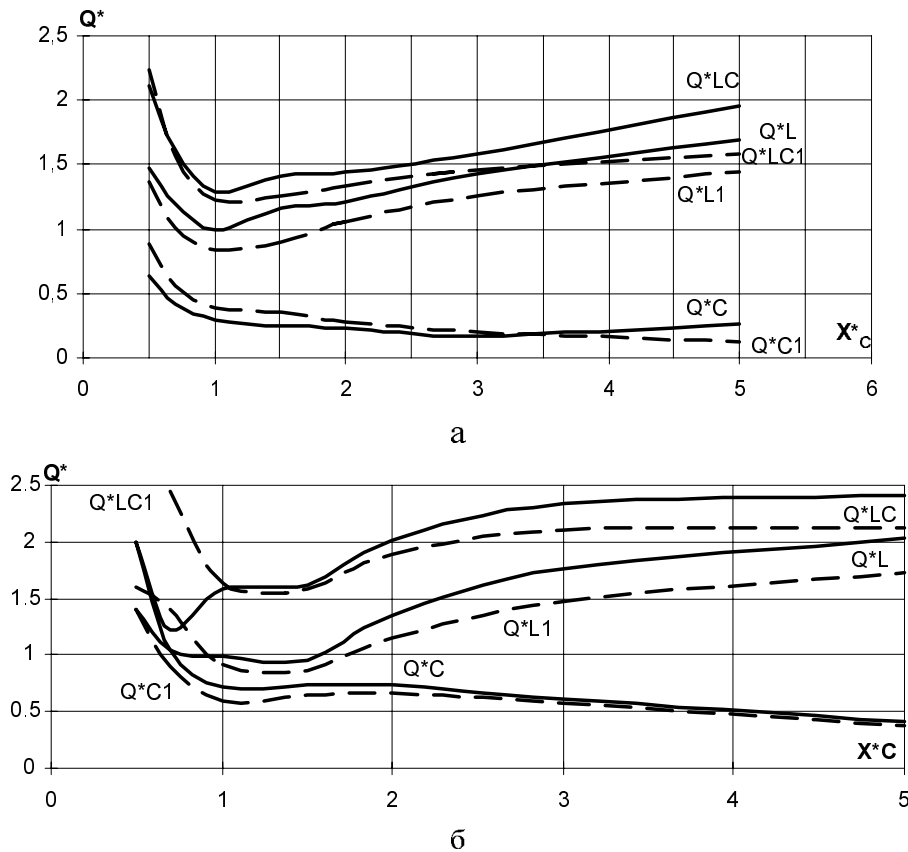


Рис.3. Залежності відносної сумарної встановленої потужності (Q_{LC}^*)

та встановленої потужності окремих елементів від кратності ємнісного опору КБ (X_C^*) ІСП для схеми ІСП з кутом міжфазного магнітного зв'язку 0 (а) та 300 ел.град (б).

На рис.3 для схеми ІСП з кутом міжфазного магнітного зв'язку 0 (а) та 300 (б) ел.град наведені залежності відносної сумарної встановленої потужності (Q_{LC}^*) та встановленої потужності окремих елементів (реактора Q_L^* й конденсаторної батареї Q_C^*) від кратності ємнісного опору КБ (X_C^*) ІСП для випадків з активним (суцільні лінії Q_L, Q_C, Q_{LC}) та активно-індуктивним (пунктирні лінії Q_{L1}, Q_{C1}, Q_{LC1}) навантаженням, індуктивність якого становить 50 % індуктивності силового реактора.

Як видно з показаних на рис.3 залежностей у варіанті схеми ІСП з кутом міжфазного магнітного зв'язку 0 ел. град та активно-індуктивним навантаженням збільшення кратності ємнісного опору в чотири рази щодо резонансного значення призводить до збільшення відносної сумарної встановленої потужності елементів на 17 % (за рахунок збільшення габаритної потужності реактора) й зменшення відносної встановленої потужності КБ майже в два рази відносно її значення в настроєній схемі. При цьому нестабільність струму навантаження становить 16 %.

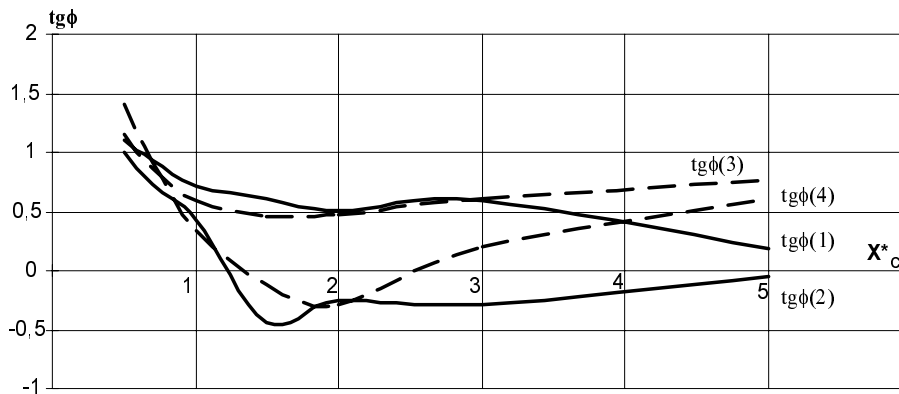


Рис.4. Залежності коефіцієнта реактивної потужності від кратності ємнісного опору.

Дослідження впливу кратності ємнісного опору на коефіцієнт реактивної потужності ІЄП у варіантах з активним та активно-індуктивним навантаженням показали, що відповідним настроюванням елементів схеми можна досягти значення, коефіцієнта реактивної потужності ІЄП, яке дорівнює нулю. На рис.4 зображені залежності коефіцієнта реактивної потужності ІЄП від кратності ємнісного опору для схеми з кутами міжфазного магнітного зв'язку 0 та 300 ел. град для випадків з активним (відповідно $\text{tg}\phi_1$, $\text{tg}\phi_2$ – суцільні лінії) та активно-індуктивним ($X^*_H=0.5$) (відповідно $\text{tg}\phi_3$, $\text{tg}\phi_4$ – пунктирні лінії) навантаженням. Із залежностей видно, що в схемі з кутом міжфазного магнітного зв'язку 300 ел. град за кратності ємнісного опору 1,3 коефіцієнт реактивної потужності ІЄП буде дорівнювати нулю.

Висновки

1. Використання ненастроєних схем ІЄП з взаємоіндуктивним зв'язком елементів за конкретних умов дозволить покращити техніко-економічні показники пристрою на їх основі. При цьому нестабільність струму навантаження знаходиться в допустимих межах.

2. Відповідним настроюванням елементів ІЄП можна досягнути бажаних значень коефіцієнта реактивної потужності установки.

1. Волков И.В., Губаревич В.Н. Принципы построения и оптимизации схем индуктивно-ёмкостных преобразователей. К., 1981. 2. Губаревич В.Н., Исаков В.Н., Александров М.М. и др. Нерезонансные режимы работы индуктивно-ёмкостных преобразователей: Сб. науч. тр. Регуляторы и стабилизаторы тока. К., 1977. С.38–44. 3. Малиновский А.А., Турковский В.Г. Основные характеристики установки стабилизации тока плавильной камеры // Респ. межвед. науч.-техн. сб. "Электрические сети и системы". 1985. Вып.21. С.72–76. 4. Малиновський А.А., Олійник М.Й., Турковський В.Г. Основні вимоги до характеристик устави стабілізації режиму дугових електродечей // Вісн. ДУ "Львівська політехніка". 1994. № 279. С.75–79.