

ПУСК АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ В УМОВАХ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧОЇ УСТАНОВКИ НА БАЗІ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА З ЄМНІСНИМ ЗБУДЖЕННЯМ

Вступ. Найбільш розповсюдженим споживачем електричної енергії як в промисловості так і в інших сферах народного господарства є асинхронний двигун (АД) з короткозамкненим ротором [1]. В умовах енергетичної нестабільності, пов'язаних з природними явищами, віддаленістю об'єктів, аварійно-ремонтними роботами заповнити відсутність централізованого енергопостачання можуть автономні системи електропостачання (АСЕ) малої потужності з асинхронними генераторами (АГ). Зважаючи на те, що в цьому випадку АД, як споживач, і АГ, як джерело електричної енергії, мають співставні значення потужності, а також факт низької перевантажувальної здатності останнього досить гостро стоїть питання гарантованого пуску споживачів електричної енергії при живленні від АСЕ. Особливо це актуально при прямому пуску асинхронних короткозамкнених двигунів [2]. Пускові струми, які виникають при цьому, настільки великі, що напруга АГ без прийняття спеціальних заходів може зменшитися до значень, коли стійка робота як генератора так і включених споживачів стає неможливою, а підключені електродвигуни розганяються досить повільно або зовсім не розганяються. А сучасні системи ємнісного збудження не в повній мірі забезпечують роботу електропривода при живленні від АСЕ.

Мета роботи. Підвищення ефективності застосування автономних установок на базі асинхронних генераторів з конденсаторним збудженням при підключенні асинхронних електроприводів співставної потужності.

Матеріали й результати досліджень. Електромагнітні процеси, які призводять до втрати збудження АГ проходять за 2-3 періоду, а відновлення може тривати до десяти секунд і більше. Тому для поліпшення пускових характеристик і збільшення потужностей електрообладнання, яке підключається до автономної генераторної установки, необхідно обмежувати пускові струми або полегшувати пуск, компенсуючи дії знакозмінних ударних моментів. Вирішення вказаної задачі можливе в декількох варіантах.

У першому випадку розглянуто застосування пускових систем на основі тиристорних пускових пристроїв (ТПП) та перетворювачів частоти (ПЧ). Основне завдання, яке вирішується при пуску з використанням ТПП або ПЧ – одержання плавного наростання струму, моменту і частоти обертання двигуна.

Проведені в роботі дослідження як одиночного пуску АД, так і запуску декількох АД (каскадний та груповий пуск) з номінальними моментами опору на валах, що характеризують різні технологічні механізми, показали – перевантажувальна здатність АГ витримується і забезпечується нормальна робота АД при співвідношенні потужностей $S_{IM} / S_{AG} \leq 0.5$. У випадку неповного завантаження АД (до 80% від номінального навантаження) з застосування ПЧ це співвідношення складає $S_{IM} / S_{AG} \leq 0.6$. Проте, з точки зору техніко-економічних показників застосування пускових систем не виправдано в розглянутих автономних установках малої потужності. Крім того АСЕ відрізняються співставлення потужностей джерел і споживачів електроенергії, значно коротшими кабельними лініями і, отже, значно більшим взаємозв'язком всіх елементів електричної системи. Тому встановлення в електроенергетичній системі силових тиристорних або транзисторних перетворювачів створює форму кривої змінної напруги, що істотно впливає на якість роботи інших споживачів.

В зв'язку з цим в роботі виконані дослідження опосередкованих пускових систем з управлінням динамічним моментом АД [3] (рис. 1): регулювання швидкості наростання напруги (автотрансформаторний та реакторний пуски) та створення ненульових початкових умов («сприятливе» підключення АД).

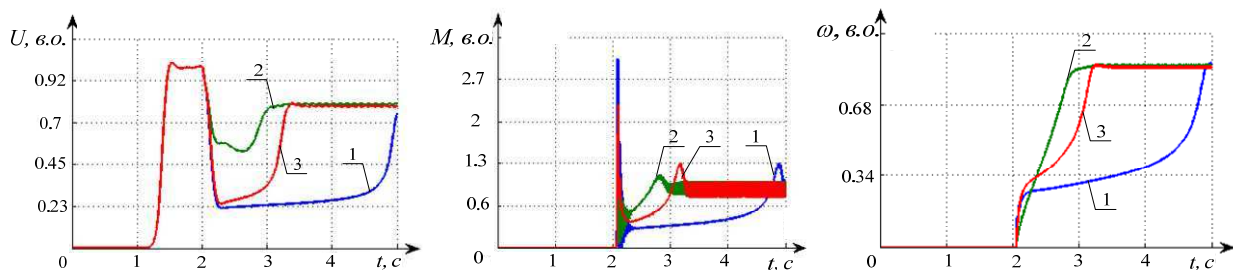


Рис. 1. Перехідні процеси напруги, моменту і швидкості при пуску АД потужністю $S_{IM}=0.31S_{AG}$:

1 – прямий пуск, 2 – пуск з регулюванням швидкості наростання напруги, 3 – пуск при створенні ненульових початкових умов

З [1, 3] відомо, що «сприятливе» включення АД здійснюється при рівності нулю аперіодичних складових струмів, що забезпечує підключення кожної обмотки в області максимуму відповідної напруги. Але такий режим при підключенні трифазного АД без нульового проводу, а тим більше синхронізувати моменти включення в умовах автономних систем реалізувати практично неможливо. Тому в роботі для здійснення режиму пуску

АД близького до «сприятливого» пропонується система з пофазним включенням – 2 з 3 фаз АД включалися (фази А і В) одночасно для 3-х випадків: при U_{lmax} (табл. 1), U_{lmin} (табл. 2) і довільному значенні (табл. 3), а третя фаза (фаза С) підключалася з певною затримкою на кут φ_3 (рис. 2).

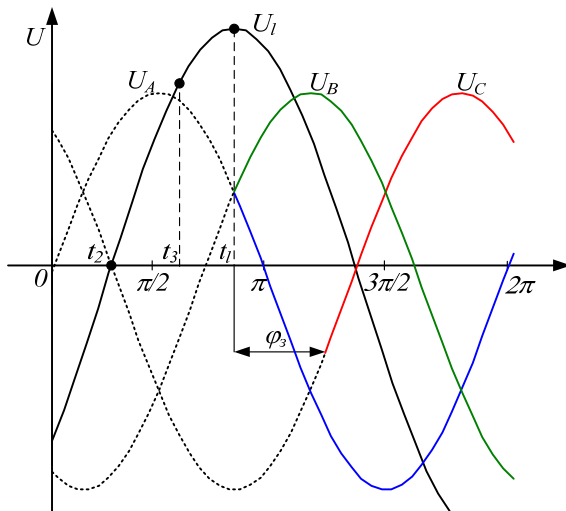


Рис. 2. Підключення фаз АД

Табл. 1 Включення при U_{lmax}

φ_3 , ел. град.	0	45	90	135	180
при безпосередньому підключенні					
λ_m	3.3	3.4	2.9	1.4	1.2
з урахуванням параметрів лінії живлення					
λ_m	3.8	3.7	3.1	1.5	1.35

Табл. 2 Включення при U_{lmin}

φ_3 , ел. град.	0	45	90	135	180
при безпосередньому підключенні					
λ_m	3.3	3.2	2.8	2.1	1.5
з урахуванням параметрів лінії живлення					
λ_m	3.8	3.8	3.2	2.4	1.7

Табл. 3 Включення в довільний момент часу

φ_3 , ел. град.	0	45	90	135	180
при безпосередньому підключенні					
λ_m	3.0	3.3	3.1	2.2	1.3
з урахуванням параметрів лінії живлення					
λ_m	3.7	3.6	3.3	2.5	1.4

В результаті виконаних математичних досліджень встановлено, що найбільш «сприятливою» умовою пуску АД є підключення 2 фаз в момент максимального значення їх лінійної напруги U_{lmax} , а 3-ю фазу необхідно підключати з затримкою за фазою на кут π . В якості критерію оптимальності приймалось мінімальне значення відношення знакозмінних ударних моментів при пуску до номінального моменту АД – $\lambda_{m.min} = M / M_n$.

З метою підтвердження результатів математичних досліджень був розроблений експериментальний пристрій пофазного підключення навантаження призначений для реалізації принципу «сприятливого» пуску АД зі зменшенням знакозмінних ударних моментів (струмів). Пристрій складається з силової частини СЧ, блоку детекторів нуля БДН, блоку індикації БІ та блоку управління пофазним включенням БУПВ (рис. 3).

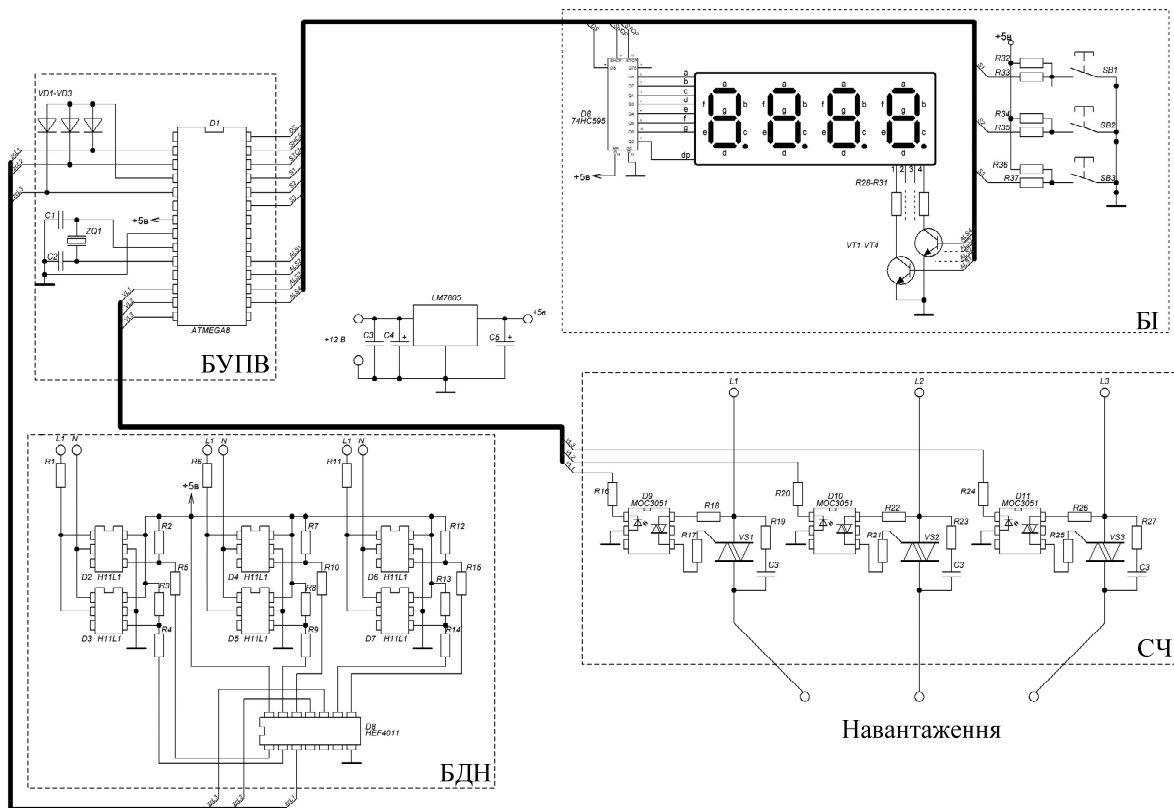


Рис. 3. Принципова схема пристрою «сприятливого» підключення навантаження

Основне завдання приладу – виконувати запуск навантаження зі зміщенням по кожній фазі на встановлений кут. Органами управління є кнопки SB1 – SB3. Кнопка SB1 "ПУСК" – виконує підключення навантаження до мережі згідно вибраного режиму; SB3 "СТОП" – здійснює відключення навантаження; SB2 "МЕНЮ" – здійснює вибір фази навантаження (А, В, С) та завдання кута φ_3 затримки на її включення, активна тільки при зупиненому пристрої. Вся інформація відображається на цифровому індикаторі HL1, а для реалізації динамічної індикації використовується мікросхема D8 – блок ідентифікації БІ.

Пристрій працює наступним чином. При натисканні на кнопку SB1 виконується підключення навантаження до мережі в момент проходження синусоїди напруги АГ через нуль по кожній фазі, що реалізується за допомогою БДН – оптопари H11L1 (D2 – D7) і HEF4011 (D8, 4 елементи I – III). Навантаження комутується за допомогою симисторів VS1 – VS3, управління якими здійснюється за допомогою драйверів МОС3051 (D9 – D11), що також забезпечують гальванічну розв'язку цифрової частини схеми БУПВ.

Блок управління пофазним включенням виконаний на базі мікроконтролера ATMEGA8 (D1). Живлення здійснюється за допомогою інтегрального стабілізатора LM7805. Сигнал з детекторів нуля є точкою відліку для мікроконтролера по кожній фазі. У вихідному стані кути φ_3 затримки дорівнюють нулю і тому кожна фаза включається в момент проходження синусоїди напруги через нуль. За допомогою кнопки SB2 задається значення φ_3 по кожній фазі окремо від 0 до 360 електричних градусів з кроком в 1 градус, в результаті можливе проведення досліджень пофазного підключення споживачів згідно приведених вище алгоритмів математичного моделювання.

На рис. 4 приведені машинограми напруги при пуску АД потужністю $S_{IM} = 0.38S_{AG}$ для двох випадків – а) при прямому пуску двигуна, б) при пуску з неоднотимчасним підключенням фаз двигуна, – що підтверджують отримані умови реалізації режиму «сприятливої» комутації при живленні споживачів від АСЕ на базі АГ.

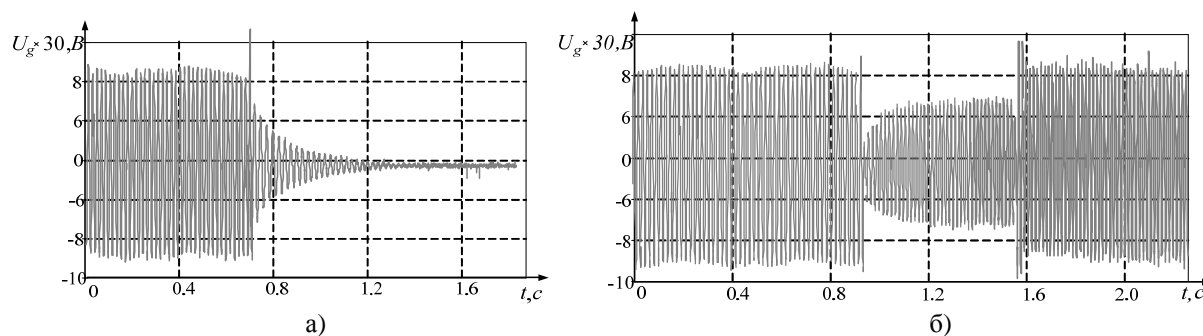


Рис. 4. Машинограми напруги на затискачах АГ при підключенні АД потужністю $S_{IM} = 0.38S_{AG}$

Висновки. Встановлено, що використання пускових систем, на основі тиристорних регуляторів та перетворювачів частоти, дозволяє збільшити ефективність роботи автономної системи електроживлення та забезпечує пуск і нормальні умови роботи електропривода потужністю до 50% від номінальної потужності генератора.

Застосування, замість використовуваних в пускових системах перетворювачів, досліджених і розроблених в роботі систем керування електромагнітними перехідними моментами дозволяє покращити пускові характеристики та експлуатаційні режими електроприводів потужністю не менше ніж 50% потужності генератора.

Удосконалено систему регульованого пуску асинхронного електропривода в режимі управління динамічним моментом, яка дозволяє впровадити режим «сприятливої» комутації при підключенні споживачів до затискачів автономного асинхронного генератора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петров Л.П. Управление пуском и торможением асинхронных двигателей / Л.П. Петров. – М.: Энергоиздат, 1981. – 184 с. ил.
2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: Учеб. Для электроэнергет. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 536 с.
3. Петров И.И. Специальные режимы работы асинхронного электропривода / И.И. Петров, А.М. Мейстель. – М.: Энергия, 1968. – 264 с.