

УДК 621.311

Г.І. Лагутін, А.І. Тарасова

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОЇ ТОЧНОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ ДИЗЕЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ 5И57А

В статті пропонуються шляхи удосконалення процесу автоматичної точної синхронізації дизельної електростанції 5И57А та вносяться пропозиції щодо розробки блока синхронізації на сучасній елементній базі з використанням прямих методів вимірювання параметрів синхронізації.

Ключові слова: паралельна робота дизельних електростанцій, автоматична точна синхронізація, блок синхронізації, момент синхронізації, датчик Холла, аналогово-цифровий перетворювач, мікроконтролер, транзистор IGBT.

Вступ

Постановка проблеми. Комплекси озброєння та військової техніки в процесі експлуатації та технічного обслуговування отримують електричну енергію від державної мережі або від власних дизельних електростанцій (ДЕС). Часто виникає необхідність переходу з державної мережі на ДЕС без перерви в електропостачанні, для чого слід здійснити процес синхронізації. Крім того, приймачі електричної енергії комплексів озброєння та військової техніки можуть отримувати електричну енергію від декількох агрегатів, які працюють паралельно. Вмиканню агрегатів на паралельну роботу між собою також передуює процес синхронізації. У ДЕС 5И57А за це відповідає блок синхронізації (БС). Відповідно до технічного опису, синхронізація здійснюється на протязі близько 60 секунд. В мирний час це може бути прийнятним, але з огляду на сучасні підходи до ведення бойових дій, при бойовій роботі необхідна значно більша швидкодія. Швидкість і точність процесу синхронізації може відіграти значну роль в підтриманні боєздатності комплексів озброєння та військової техніки. Існуючий БС є досить точним, але не відповідає вимогам часу щодо швидкодії, у зв'язку з чим гостро постає питання щодо розробки нового БС на сучасній елементній базі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема удосконалення автоматичних синхронізаторів синхронних генераторів актуальна для різних галузей [1–5]. В інших країнах з'являються багато публікацій на цю тему, що свідчить про актуальність тематики, яка розглядається. Існуючі пристрої автоматичної точної синхронізації створені з урахуванням інерційності комутаційних апаратів, які вмикають джерела електроенергії на паралельну роботу. Вони реалізують або принцип постійного кута випередження, або принцип постійного часу випередження подачі команди на синхронізацію [6, 7]. В той же час, сучасний розвиток науки та промислових технологій дозволяє створити безінерційні комутаційні апарати, при цьо-

му взагалі відпадає необхідність в елементах, які створюють випередження за кутом чи за часом, при умові контролю швидкості та прискорення ротора генератора. Закордонні комерційні компанії вже досягли значних успіхів у цьому напрямку і випускають ряд приладів на сучасній мікропроцесорній елементній базі, завдяки яким процес синхронізації проходить достатньо м'яко. Але ці пристрої не випускаються в Україні, мають достатньо високу вартість і розробляються під конкретне обладнання. Оскільки до військових електростанцій висуваються особливо суворі вимоги щодо точності, надійності та швидкодії, то виникає необхідність у створенні автоматичного пристрою точної синхронізації, який би задовольняв цим потребам.

Метою статті є аналіз існуючого блоку синхронізації ДЕС 5И57А та внесення пропозицій щодо розробки пристрою автоматичної точної синхронізації на сучасній елементній базі.

Викладення основного матеріалу

Дизельна електростанція 5И57А у своєму складі має два дизель-генератори. Досить часто виникає необхідність їх паралельної роботи між собою або з мережею. Для здійснення процесу синхронізації в ДЕС 5И57А передбачений блок синхронізації, який належить до синхронізаторів з постійним кутом випередження. У ньому використовується опосередкований метод вимірювання параметрів синхронізації. Цьому блоку синхронізації притаманні недоліки синхронізаторів з постійним кутом випередження та синхронізаторів, які використовують інші опосередковані методи вимірювання параметрів синхронізації, а саме наявність куткової похибки та неможливість визначення величини куту зсуву фаз, коли напруги агрегатів, що синхронізуються, неоднакові, оскільки обвідна напруга биття не проходить через нуль. Недостатня точність і швидкодія цього БС вказують на необхідність розробки сучасного автоматичного синхронізатора на новітній елементній базі.

В існуючому БС більша частина часу, що затрачується на синхронізацію, йде на вимірювання параметрів синхронізації. Крім того, опосередкований метод вимірювання вносить свою похибку. При синтезі структурної схеми автоматичного синхронізатора рекомендується використовувати прямі методи вимірювання. Для вимірювання частоти обертання вала генератора доцільно використовувати датчик Холла (Holl), при цьому фрагмент постійного магніту розміщується на роторі, а приймальна частина датчика закріплюється на статорі (рис. 3).

Датчик формує імпульси, що подаються на блок обробки сигналів, який в свою чергу подає команду на зміну прискорення та швидкості обертання вала генератора відносно частоти напруги шин. Для більш точного визначення моменту синхронізації доцільно також контролювати прискорення обертання вала генератора. Для цього рекомендується сигнал, знятий з датчика Холла, пропустити через диференціатор (D). Основну елементну базу автоматичного точного синхронізатора складають сучасні мікроконтролери, які обробляють дискретну інформацію [8, 9]. Тому для порівняння напруг генераторів необхідно здійснити їх аналогово-цифрове перетворення, для чого до складу пристрою, що розробляється, слід включити АЦП.

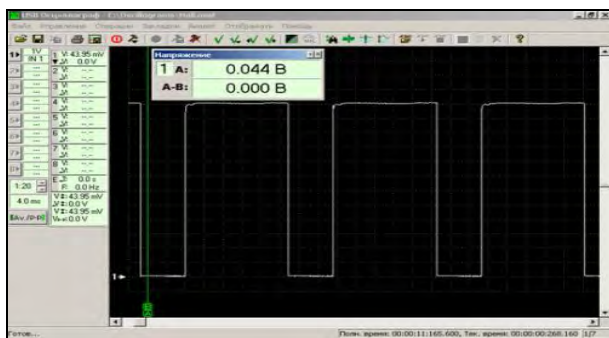


Рис. 3. Осцилограма напруги вихідного сигналу датчика Холла

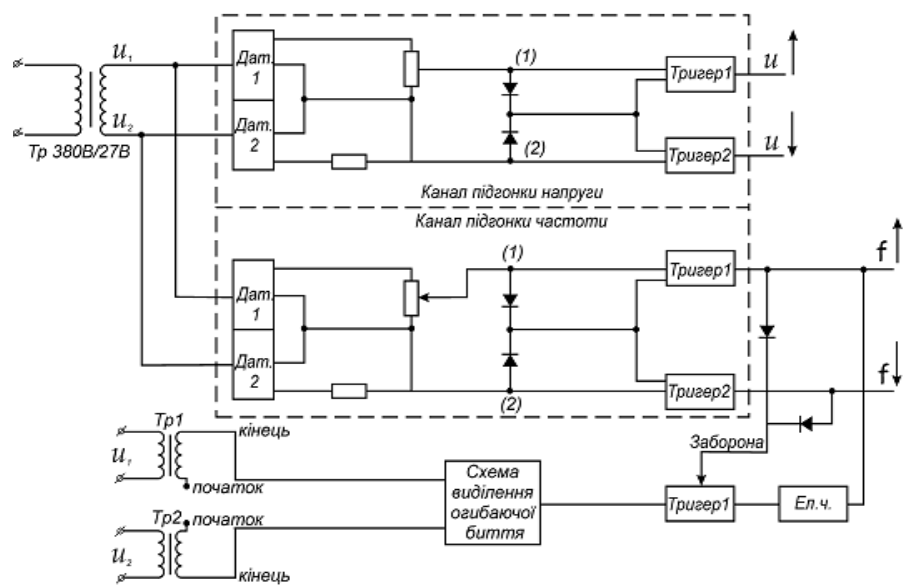


Рис. 1. Функціональна схема блоку синхронізації

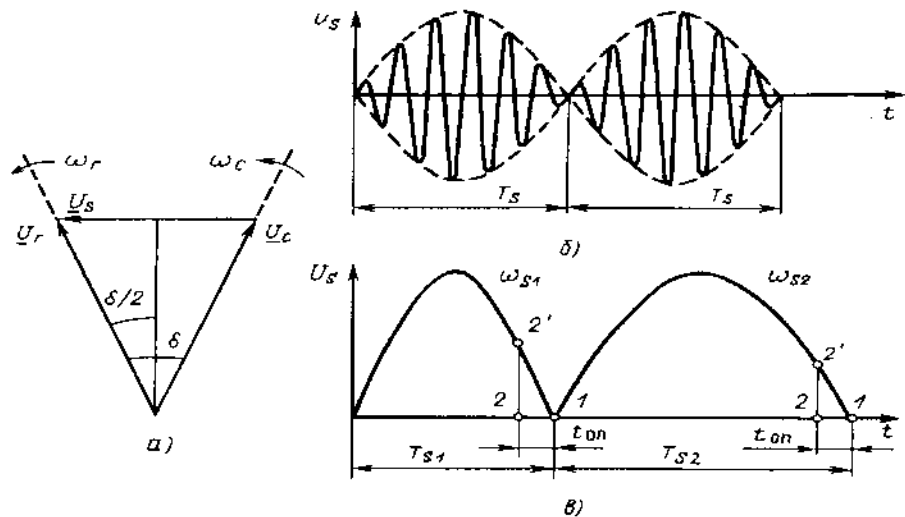


Рис. 2. Напряга биття: а – векторна діаграма; б – зміна миттєвих значень напруги биття; в – зміна діючих значень напруги биття

У якості комутуючого апарата пропонується використовувати безінерційний біполярний транзистор з керованим затвором IGBT, який в залежності від модифікації може комутувати потужності ДЕС 5И57А. Такий транзистор забезпечує при подачі команди на вмикання миттєву комутацію за умови, що мікроконтроллер зрівняв швидкості та надав необхідне прискорення, що забезпечить м'яку синхронізацію без перехідних процесів. Завдяки використанню транзистора IGBT по-перше досягається скорочення часу на синхронізацію, а по-друге взагалі зникає необхідність в тих елементах синхронізатора, які створюють випередження за кутом або часом, що дозволяє спростити схему пристрою та знизити його вартість. Крім того, до переваг комутаційного пристрою на основі транзистора IGBT слід також віднести відсутність рухомих частин, а отже і неможливість механічних пошкоджень.

Структурна схема запропонованого пристрою автоматичної точної синхронізації надана на рис. 4.

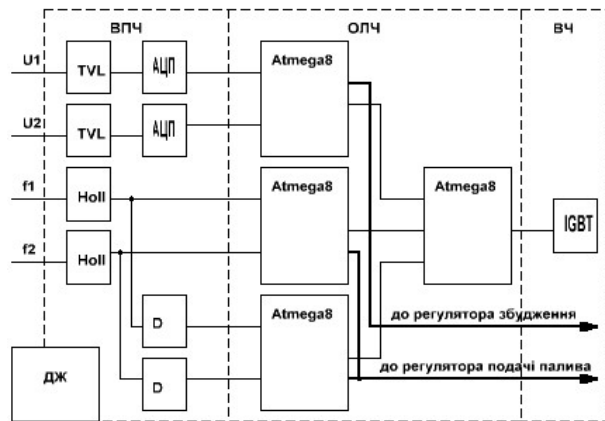


Рис. 4 Структурна схема автоматичного синхронізатора на мікроконтролерах

Цей пристрій складається з вимірювально-перетворювальної частини (ВПЧ), обчислювально-логічної частини (ОПЧ) та виконавчої частини (ВЧ). Вимірювально-перетворювальна частина має у своєму складі вимірювальні трансформатори напруги, аналогово-цифрові перетворювачі, датчики Холла та диференціатори. Інформація з АЦП, датчиків Холла та диференціаторів подається на мікроконтролери ОПЧ, де ця інформація обробляється та за умови виконання умов синхронізації подається команда вмикання на IGBT. Якщо параметри виходять за встановлені межі, то формуються команди на регулятор збудження генератора для зміни напруги або на регулятор подачі палива дизельного двигуна для зміни частоти вихідної напруги дизель-генератора.

Висновки

Таким чином, можна визначити такі напрямки удосконалення систем автоматичної точної синхронізації синхронних генераторів ДЕС 5И57А та аналогічних ДЕС, виконаних за третім ступенем автоматизації:

1. Використання при синтезі системи автоматичної точної синхронізації прямих методів вимірювання параметрів синхронізації на основі датчика Холла для зменшення часу та похибки синхронізації.

2. Застосування при синтезі системи автоматичної точної синхронізації програмованих мікроконтролерів з дискретною обробкою інформації для підвищення гнучкості роботи системи.

3. Впровадження в якості комутаційних апаратів безінерційних силових транзисторів з керованим затвором IGBT для підвищення точності синхронізації.

Список літератури

1. Кононов Б.Т. Системы управления электроснабжением и электроприводом / Б.Т. Кононов, А.И. Коврига. – Х.: ХВВКИУРВ, 1988. – 122 с.
2. Системы управления электроснабжением и электроприводом: учебн. / Б.Ф. Самойленко и др. – МО СССР, 1990. – 240 с.
3. Бажанов С.М. Автоматическое регулирование в энергосистемах / С.М. Бажанов, В.Л. Бенин. – К.: Техника, 1965. – 188 с.
4. Автоматизация систем электроснабжения. учебн. / Г.М. Рогожкин, Б.Т. Кононов и др. – МО СССР, 1985. – 268 с.
5. Доргунов В.Г. Элементы автоматических устройств / В.Г. Доргунов, Н.И. Овчаренко. – М.: Энергия, 1988. – 328 с.
6. Электросиловое оборудование / Л.Н. Кобылкин и др. – Х.: ХВВКИУ, 1980. – 224 с.
7. Павлов Г.М. Автоматика энергосистем / Г.М. Павлов, Г.В. Меркурьев. – М.: Энергия, 1990. – 166 с.
8. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя / А.В. Евстифеев. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 592 с. (Серия «Программируемые системы»).
9. Трамперт В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR – МК.: пер. с нем. / В. Трамперт. – К.: «МК-Пресс», 2006. – 208 с.

Надійшла до редколегії 10.07.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ 5И57А

Г.И. Лагутин, А.И. Тарасова

В статье предлагаются пути усовершенствования процесса автоматической точной синхронизации дизельной электростанции 5И57А и вносятся предложения относительно разработки блока синхронизации на современной элементной базе с использованием прямых методов измерения параметров синхронизации.

Ключевые слова: параллельная работа дизельных электростанций, автоматическая точная синхронизация, блок синхронизации, момент синхронизации, датчик Холла, аналогово-цифровой преобразователь, микроконтроллер, транзистор IGBT.

ANALYSIS AND SYNTHESIS OF SYSTEMS OF AUTOMATIC EXACT SYNCHRONIZATION OF SYNCHRONOUS GENERATORS OF DIESEL POWER-STATION OF 5И57А

Г.И. Lagutin, A.I. Tarasova

In the article the ways of improvement of process of automatic exact synchronization of diesel power-station of 5И57А are offered and suggestions are made in relation to development of block of synchronization on a modern element base with the use of direct methods of measuring of parameters of synchronization.

Keywords: parallel work of diesel power-stations, automatic exact synchronization, block of synchronization, moment of synchronization, sensor of Kholla, analog-to-digital transformer, microcontroller, transistor of IGBT.