



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **123446** (13) **C2**
(51) МПК (2021.01)
H02H 7/04 (2006.01)
H02J 3/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2018 08517	(72) Винахідник(и): Саєнко Юрій Леонідович (UA), Попов Артем Сергійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 06.08.2018	(73) Володілець (володільці): ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, Донецька обл., 87555 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 08.04.2021	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 100090 C2, 12.11.2012 CN 106992506 A, 28.07.2017 CN 106253226 A, 21.12.2016 CN 203942275 U, 12.11.2014 CN 108306274 A, 20.07.2018 US 5656924 A, 12.08.1997 EP 2293401 A1, 09.03.2011
(41) Публікація відомостей про заявку: 10.07.2019, Бюл.№ 13	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 07.04.2021, Бюл.№ 14	

(54) СПОСІБ ГАСІННЯ ФЕРОРЕЗОНАНСНИХ ПЕРЕНАПРУГ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ**(57) Реферат:**

Спосіб гасіння ферорезонансних перенапруг в електричних мережах з ізольованою нейтраллю належить до електроенергетики, а саме до електричних мереж, що працюють з ізольованою нейтраллю, та призначена для захисту цих мереж від ферорезонансних перенапруг. Спосіб гасіння ферорезонансних перенапруг в електричних мережах з ізольованою нейтраллю, в якому реєструють напруги нульової послідовності $3U_0$ за допомогою мікроконтролера, яку вимірюють з обмотки розімкнутої трикутником вимірювального трансформатора напруги, та підключають баластний резистор до цієї обмотки для гасіння ферорезонансу. Додатково у режимі реального часу виконують розрахунок амплітудно-частотного спектра напруги нульової послідовності в діапазоні частот від 10 до 300 Гц, і за умови, якщо амплітудно-частотний спектр напруги $3U_0$ попадає в діапазон, який відповідає режиму ферорезонансу: у діапазоні частот 10-40 Гц та амплітудою напруги $3U_0$ від 20 до 500 В, у діапазоні частот 49-51 Гц та амплітудою напруги $3U_0$ від 150 до 500 В, у діапазоні частот 60-300 Гц та амплітудою напруги $3U_0$ від 20 до 500 В, то поточний режим ідентифікують як ферорезонанс, в результаті чого формують логічний сигнал для підключення баластного резистора до обмотки розімкнутої трикутником вимірювального трансформатора напруги, що приводить до гасіння ферорезонансу. Технічним результатом є підвищення чутливості захисту від ферорезонансних перенапруг та створення універсального способу гасіння ферорезонансних перенапруг і як результат - удосконалити захист електричних мереж від перенапруг, що дозволяє створити універсальний та ефективний алгоритм ідентифікації та гасіння ферорезонансних перенапруг, який не реагує на металеві замикання на землю та здатен розпізнавати як субгармонійні ферорезонансні перенапруги, так і ферорезонанси на промисловій частоті та вищих гармонійних складових.

UA 123446 C2

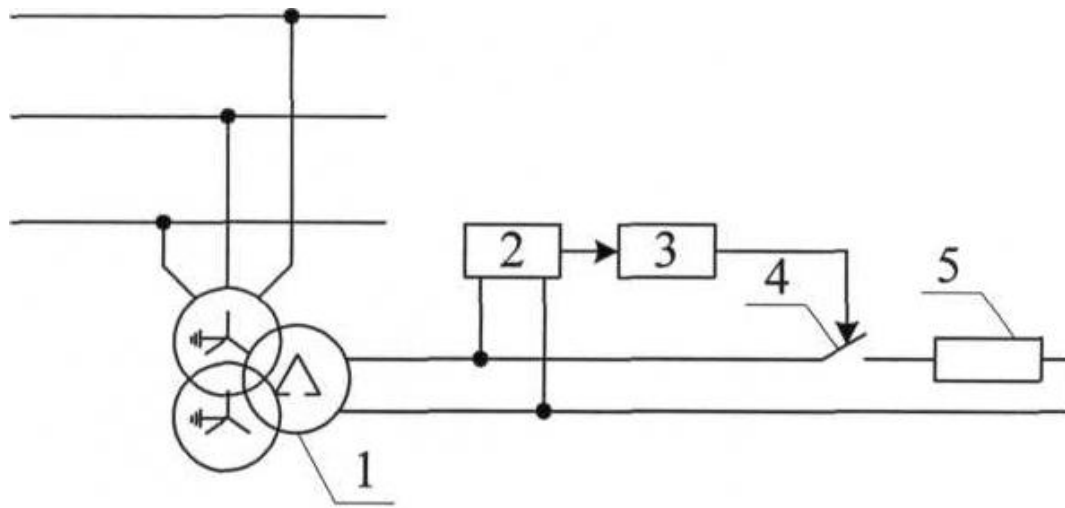


Fig. 1

Винахід належить до галузі електроенергетики, а саме до електричних мереж, що працюють з ізольованою нейтраллю, та призначена для захисту цих мереж від ферорезонансних перенапруг. Відомою проблемою цих мереж є можливість існування довготривалих ферорезонансних перенапруг, що розвиваються між нелінійною індуктивністю трансформаторів

5 напруги контролю ізоляції (ТНКИ) та фазною ємністю мережі на землю. У разі існування ферорезонансних перенапруг прискорюється процес старіння ізоляції обладнання та підвищується ризик її пошкодження.

Відомим способом гасіння ферорезонансних перенапруг є стаціонарне підключення резистора номіналом 25 Ом 400 Вт до обмотки розімкнутого трикутника ТНКИ [Андреев В.А. Релейний захист, автоматика і телемеханіка в системах електропостачання. - М.: Вища школа. - 1985. - 160 с.]. За існування напруги нульової послідовності цей резистор створює додаткові активні втрати в контурі нульової послідовності, у результаті чого коливання стають згасаючими, тобто недовготривалими. Проте, як показав досвід експлуатації, дане технічне рішення не забезпечує високу ефективність. Зокрема при деяких параметрах мережі та

15 кількості трансформаторів напруги ферорезонансні коливання є незгасаючими навіть за наявності резистора. Крім того, за існування стійкого замикання на землю баластний резистор додатково навантажує ТНКИ, погіршуючи його метрологічні характеристики.

Як прототип вибрано відомий спосіб гасіння ферорезонансних перенапруг в електричних мережах з ізольованою нейтраллю, що містить реєстрацію напруги нульової послідовності за допомогою мікроконтролера, яка вимірюється з обмотки розімкнутого трикутника вимірювального трансформатора напруги, та підключення баластного резистора до цієї обмотки для гасіння ферорезонансу [Третяк Б.С., Журахівський А.В. Підвищення надійності вимірювальних трансформаторів напруги в мережах з ізольованою нейтраллю - Електро. -2010. -6. -с. 43-45].

20

Принцип дії прототипу полягає в такому. У режимі реального часу виконується реєстрація напруги нульової послідовності (далі за текстом напруга $3u_0$) за допомогою аналого-цифрового перетворювача мікроконтролера. При виникненні субгармонійного ферорезонансу в обмотці розімкнутого трикутника виникає напруга з частотою близько 25 Гц. За наявності в спектрі напруги $3u_0$ складової в межах 24,5-25,5 Гц ідентифікується факт виникнення ферорезонансу та

30 підключається баластний опір до обмотки розімкнутого трикутника вимірювального трансформатора напруги, чим забезпечується зрив ферорезонансних перенапруг. Алгоритм захисту не реагує на стійкі металеві замикання на землю, оскільки у спектрі напруги $3u_0$ у цьому режимі переважає складова 50 Гц.

Прототип має такі недоліки. Спосіб гасіння ферорезонансу орієнтований лише на субгармонійні процеси частотою 25 Гц. При цьому із практики відомо, що ферорезонанс може розвиватися на субгармоніках, нижчих за 25 Гц (наприклад, 17 Гц), на промисловій частоті або на вищих гармонійних складових (наприклад, 100 Гц, 150 Гц). Тобто запропоноване у прототипі технічне рішення дозволяє організувати захист електромережі лише від одного з різновидів ферорезонансу. До інших типів ферорезонансних перенапруг прототип є нечутливим.

40

В основі способу гасіння ферорезонансних перенапруг в електричних мережах з ізольованою нейтраллю поставлена задача підвищення чутливості захисту від ферорезонансних перенапруг та створення універсального способу гасіння ферорезонансних перенапруг і як результат - удосконалити захист електричних мереж від перенапруг.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі гасіння ферорезонансних перенапруг в електричних мережах з ізольованою нейтраллю, що містить реєстрацію напруги нульової послідовності за допомогою мікроконтролера, яку вимірюють з обмотки розімкнутого трикутника вимірювального трансформатора напруги, та підключення баластного резистора до цієї обмотки для гасіння ферорезонансу, згідно з винаходом, у режимі реального часу виконують розрахунок амплітудно-частотного спектра напруги нульової послідовності в діапазоні частот

50 від 10 до 300 Гц, і за умови, якщо амплітудно-частотний спектр напруги $3u_0$ попадає в діапазон, який відповідає режиму ферорезонансу: у діапазоні частот 10-40 Гц та амплітудою напруги $3u_0$ від 20 до 500 В; у діапазоні частот 49-51 Гц та амплітудою напруги $3u_0$ від 150 до 500 В; у діапазоні частот 60-300 Гц та амплітудою напруги $3u_0$ від 20 до 500 В поточний режим ідентифікують як ферорезонанс, в результаті чого формують логічний сигнал для підключення

55 баластного резистора до обмотки розімкнутого трикутника вимірювального трансформатора напруги, що приводить до гасіння ферорезонансу.

Нижче винахід пояснюється на прикладі її виконання з посиланнями на креслення, на яких зображено:

на фіг. 1 - блок-схема, що пояснює принцип гасіння ферорезонансних перенапруг;

на фіг. 2 - граничні значення напруги $3u_0$, за яких виконується ідентифікація режиму ферорезонансу та формується сигнал на підключення баластного резистора до обмотки розімкнутого трикутника для гасіння ферорезонансних перенапруг;

на фіг. 3 - приклади часових залежностей напруги $3u_0$ та амплітудно-частотні спектри напруги $3u_0$ за умови існування ферорезонансних перенапруг.

Спосіб гасіння ферорезонансних перенапруг в електричних мережах з ізольованою нейтраллю здійснюється таким чином. У режимі реального часу напруга з виводів обмотки розімкнутого трикутника вимірювального трансформатора напруги $3u_0$ (1 на фіг. 1) подається на мікроконтролер пристрою захисту (2 на фіг. 1), який виконує цифрову обробку напруги $3u_0$ та розрахунок амплітудно-частотного спектра цієї напруги в діапазоні частот від 10 до 300 Гц. За умови, якщо амплітудно-частотний спектр напруги $3u_0$ попадає в діапазон, який відповідає режиму ферорезонансу (у діапазоні частот 10-40 Гц амплітуда напруги $3u_0$ становить від 20 до 500 В; у діапазоні частот 49-51 Гц амплітуда напруги $3u_0$ становить від 150 до 500 В; у діапазоні частот 60-300 Гц амплітуда напруги $3u_0$ становить від 20 до 500 В) поточний режим ідентифікується як ферорезонанс, в результаті чого формується логічний сигнал (3 на фіг. 1) на спрацювання нормально відкритого контакту (4 на фіг. 1) та підключення шунтувального резистора (5 на фіг. 1) до обмотки розімкнутого трикутника вимірювального трансформатора напруги, що приводить до гасіння ферорезонансу. Після гасіння ферорезонансних перенапруг та зміни амплітудно-частотного спектра напруги $3u_0$ схема повертається до початкового стану. Граничні значення амплітудно-частотного спектра напруги $3u_0$, за яких відбувається ідентифікація ферорезонансу та підключення баластного опору (див. фіг. 2), отримано шляхом цифрової обробки осцилограм перехідних процесів у діючих мережах, а також шляхом моделювання перехідних процесів у електромережах з ізольованою нейтраллю та подальшому аналізу осцилограм перехідних процесів. На фіг. 3 наведено приклади часових залежностей напруги $3u_0$ та амплітудно-частотні спектри напруги $3u_0$ за умови існування ферорезонансних перенапруг.

Розглянемо більш детально часові залежності та амплітудно-частотні спектри напруги $3u_0$ в режимі ферорезонансу, які зображені на фіг. 3.

На фіг. 3 (а) зображено приклад субгармонійного ферорезонансу, що виник в результаті відключення однофазного замикання на землю в мережі з ізольованою нейтраллю. Аналіз амплітудно-частотного спектра напруги $3u_0$ показує, що в напрузі присутня складова 25 Гц з амплітудою 115 В. Відповідно до способу у діапазоні частот 10-40 Гц амплітуда напруги $3u_0$, яка відповідає режиму ферорезонансу, становить від 20 до 500 В. В даному випадку частота становить 25 Гц, амплітуда становить 115 В. Даний режим буде ідентифіковано як ферорезонанс, та сформовано логічний сигнал на підключення шунтувального резистора до обмотки розімкнутого трикутника.

На фіг. 3 (б) зображено приклад ферорезонансу, що виник в результаті комутації в мережі з ізольованою нейтраллю. Аналіз амплітудно-частотного спектра напруги $3u_0$ показує, що в напрузі присутня складова 50 Гц з амплітудою 162 В. Відповідно до способу у діапазоні частот 49-51 Гц амплітуда напруги $3u_0$, яка відповідає режиму ферорезонансу, становить від 150 до 500 В. В даному випадку частота становить 50 Гц, амплітуда становить 162 В. Даний режим буде ідентифіковано як ферорезонанс, та сформовано логічний сигнал на підключення шунтувального резистора до обмотки розімкнутого трикутника.

На фіг. 3 (в) зображено приклад ферорезонансу, що виник в результаті подачі напруги на ненавантажені шини в мережі з ізольованою нейтраллю. Аналіз амплітудно-частотного спектра напруги $3u_0$ показує, що в напрузі присутня складова 100 Гц з амплітудою 262 В. Відповідно до способу у діапазоні частот 100-300 Гц амплітуда напруги $3u_0$, яка відповідає режиму ферорезонансу, становить від 150 до 500 В. В даному випадку частота становить 100 Гц, амплітуда становить 265 В. Даний режим буде ідентифіковано як ферорезонанс, та сформовано логічний сигнал на підключення шунтувального резистора до обмотки розімкнутого трикутника.

Запропонований спосіб гасіння ферорезонансних перенапруг в електричних мережах з ізольованою нейтраллю дозволяє створити універсальний та ефективний алгоритм ідентифікації та гасіння ферорезонансних перенапруг, який не реагує на металеві замикання на землю та здатен розпізнавати як субгармонійні ферорезонансні перенапруги, так і ферорезонанси на промисловій частоті та вищих гармонійних складових. Це дозволяє створити комплексний захист електромереж з ізольованою нейтраллю від ферорезонансних перенапруг.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб гасіння ферорезонансних перенапруг в електричних мережах з ізольованою нейтраллю, в якому реєструють напруги нульової послідовності $3u_0$ за допомогою мікроконтролера, яку вимірюють з обмотки розімкнутої трикутником вимірювального трансформатора напруги, та підключають баластний резистор до цієї обмотки для гасіння ферорезонансу, який відрізняється тим, що додатково у режимі реального часу виконують розрахунок амплітудно-частотного спектра напруги нульової послідовності в діапазоні частот від 10 до 300 Гц, і за умови, якщо амплітудно-частотний спектр напруги $3u_0$ попадає в діапазон, який відповідає режиму ферорезонансу: у діапазоні частот 10-40 Гц та амплітудою напруги $3u_0$ від 20 до 500 В, у діапазоні частот 49-51 Гц та амплітудою напруги $3u_0$ від 150 до 500 В, у діапазоні частот 60-300 Гц та амплітудою напруги $3u_0$ від 20 до 500 В, то поточний режим ідентифікують як ферорезонанс, в результаті чого формують логічний сигнал для підключення баластного резистора до обмотки розімкнутої трикутником вимірювального трансформатора напруги, що приводить до гасіння ферорезонансу.

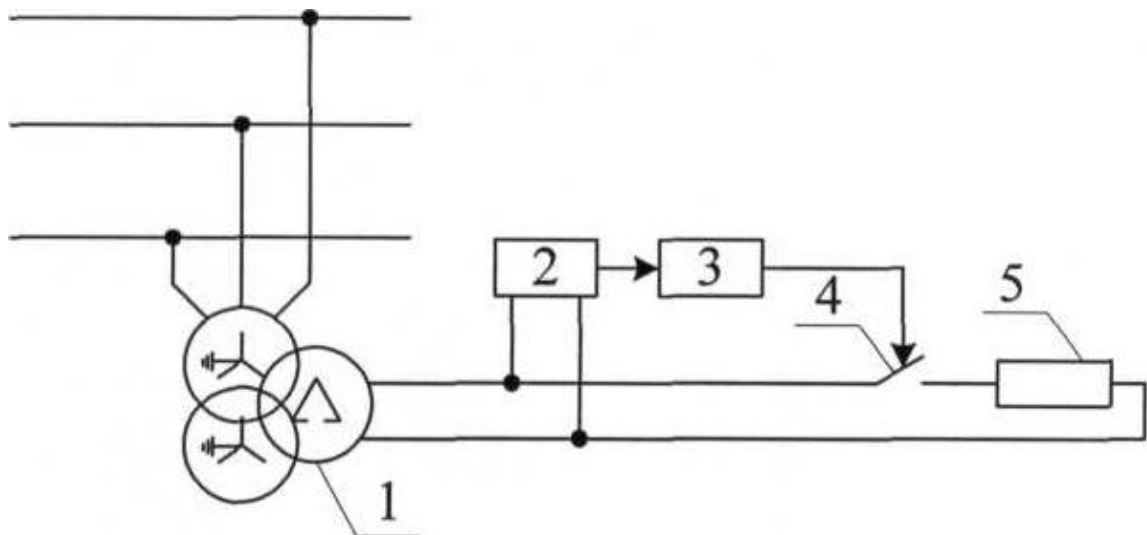


Fig. 1

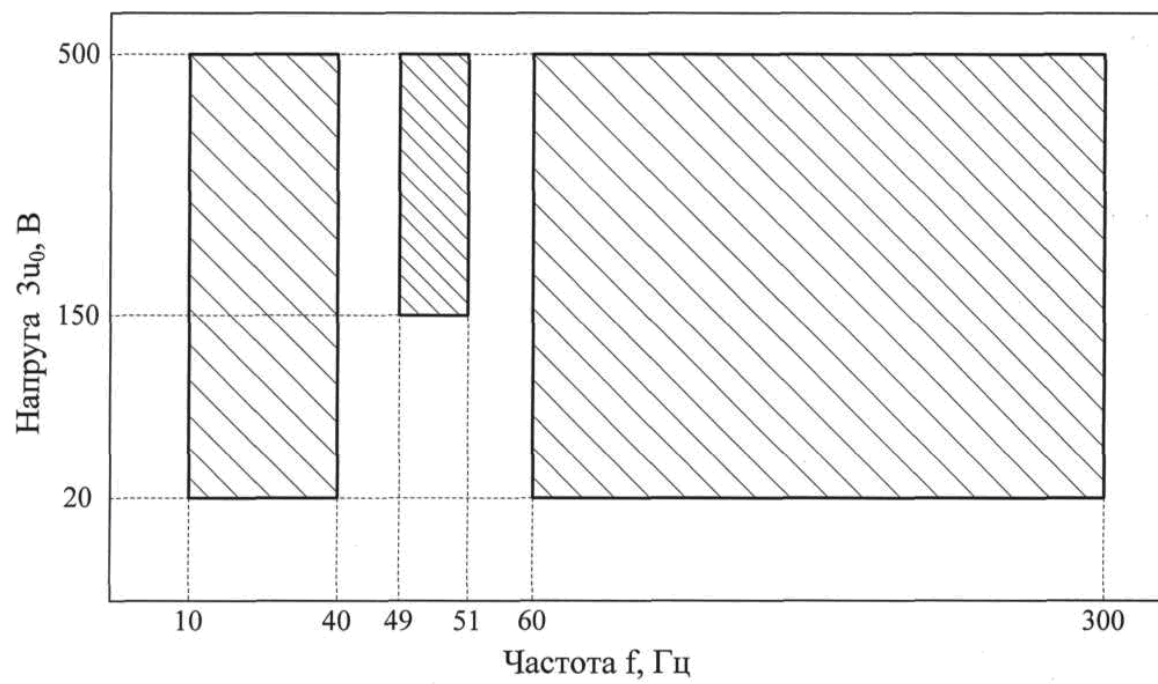


Fig. 2

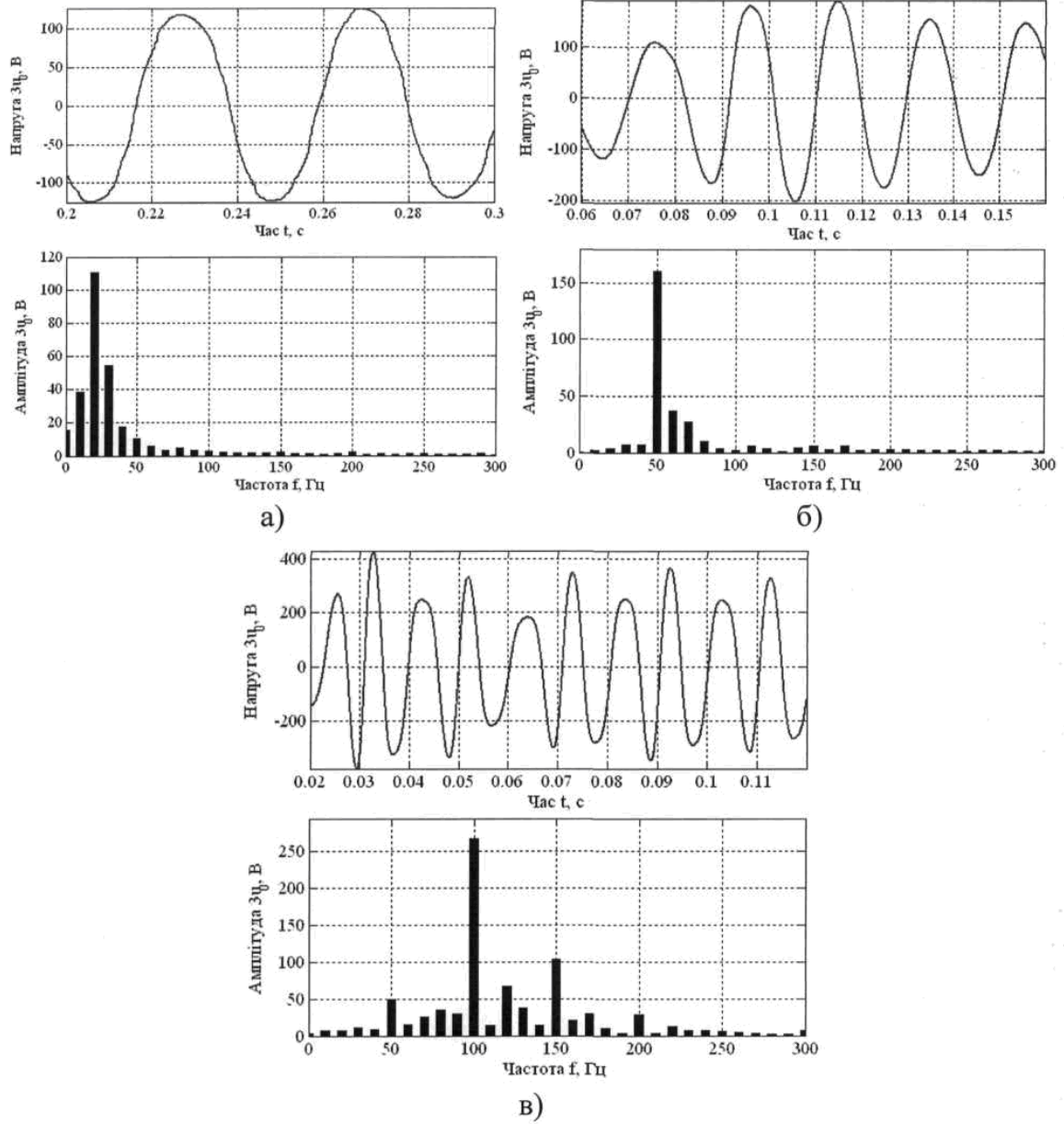


Fig. 3