

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

ОСМАН АХМЕД МОХАМЕД ШАРАДГА

УДК 621.314: 621.391

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**МЕТОДИ ТА ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ  
НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЗВУКОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

Спеціальність 05.09.12 – напівпровідникові перетворювачі електроенергії  
Галузь знань 14 Електрична інженерія

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Осман Ахмед Мохамед Шарадга

Науковий керівник Швайченко Володимир Борисович, к. т.н., доцент

Київ – 2017

## АНОТАЦІЯ

*Осман Ахмед Мохамед Шарадга.* Методи та засіб забезпечення електромагнітної сумісності напівпровідникових перетворювачів звукотехнічних систем. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.09.12 «Напівпровідникові перетворювачі електроенергії» (014 – Електрична інженерія). – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2017.

Дисертація присвячена рішенням важливої науково-технічної задачі, яка полягає в розробці методів і засобу забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) напівпровідникових перетворювачів звукотехнічних систем.

Виконано аналіз джерел неумисних електромагнітних завад у звукотехнічних системах. Доведено, що найбільш потужними та небезпечними щодо генерації кондуктивних завад в електромережу є напівпровідникові перетворювачі електроенергії вторинних джерел електроживлення та звукових підсилювачів потужності звукотехнічних систем. Визначені обмеження на вношуване загасання протизавадних фільтрів. Удосконалено метод адаптивного налаштування максимумів амплітудно-частотної характеристики основного протизавадового засобу для зменшення кондуктивних завад в електромережі - протизавадного фільтру на гармоніки завад, притаманних напівпровідниковим перетворювачам джерел вторинного електроживлення та підсилювачів потужності звукового контенту. Розширено діапазон регулювання основних параметрів елементів інтелектуального мережевого протизавадного фільтру. Запропоновано концепцію побудови таких фільтрів з визначенням реального електромагнітного оточення на основі розподілених віддалених обчислень. Розроблена імітаційна модель інтелектуального мережевого протизавадного фільтру звукотехнічних систем.

Уточнена математична модель ланок протизавадного фільтру, що полегшує інженерний аналіз для реалізації паралельних процесів обробки даних.

Запропоновано застосування в інтерфейсі звукотехнічних систем технології хмарних обчислень, це дозволило індивідуалізувати і спростити налаштування протизавадових засобів, що дуже важливо в умовах реального електромагнітного оточення.

Запропоновані кілька варіантів технічних засобів, що дозволяють забезпечувати ЕМС звукотехнічних систем як у локальному застосуванні, так і в складі комплексу обладнання з ансамблем звукотехнічних систем різного призначення, наприклад, в кіноконцертному комплексі або звукозаписувальній студії.

Розроблено програмне забезпечення “клієнт-сервер”, яке дозволяє децентралізувати управління параметрами інтелектуального протизавадного фільтру, що призводить до зменшення собівартості.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вдосконалено метод регулювання параметрів протизавадових засобів шляхом застосування динамічного підмагнічування змінним струмом осердя дроселя протизавадного фільтру, який дозволяє не тільки зменшити інерційність, але і уникнути зменшення площі петлі перемагнічування, при цьому істотно розширено діапазон регулювання основного параметра; отримав подальший розвиток метод адаптивного зменшення рівня кондуктивних завад зняттям обмеження на внесене згасання протизавадного фільтру на критичних частотах, шляхом зменшення тональних завад, характерних для звукотехнічних систем, рівень яких перевищує вимоги нормативних документів; вперше запропоновано метод віддаленого розподіленого керування (на основі «хмарних» технологій) інтелектуальним протизавадним фільтром напівпровідникових перетворювачів звукотехнічних систем, що дозволяє в реальному масштабі часу вирішити проблему забезпечення ЕМС в умовах погіршення мінливого ЕМО; розроблено імітаційну модель звукотехнічних систем з інтелектуальним протизавадним фільтром, яка полегшує інженерний

аналіз ефективності та визначення параметрів ЕМС з урахуванням шляхів поширення завад.

Практична цінність роботи полягає в тому, що застосування в протизавадного фільтру звукотехнічних систем динамічного підмагнічування, при використанні вбудованого цифрового сигнального процесору, призначеного не тільки для обробки даних, а й для зміна частот синтезованих тональних послідовностей, дозволяє істотно, до чотирьох разів, розширити діапазон варіювання індуктивності - основного параметра дроселя протизавадного фільтру, що до 20 дБ покращує внесене згасання гармонік завад; застосування притлумлення протифазних тональних сигналів і модифікація структур протизавадних фільтрів за удосконаленими методами дозволяє в 3-5 разів знизити масогабаритні показники за рахунок зміщення резонансних частот у високочастотну область; розроблена методика імітаційного моделювання основних ланок протизавадного фільтру звукотехнічних систем, зокрема, керованого цифровим сигнальним процесором дроселя протизавадного фільтру, дозволяє уникнути фізичного моделювання і тим самим зменшити час проектування і впровадження протизавадових засобів; застосування в інтерфейсі ЗТС технології «хмарних» обчислень дозволяє індивідуалізувати і спростити налаштування протизавадових засобів, що дуже важливо в умовах реального електромагнітного оточення; запропоновані кілька варіантів технічного засобу дозволяють забезпечувати ЕМС звукотехнічних систем як в локальному застосуванні, так і в складі комплексу обладнання з ансамблем звукотехнічних систем різного призначення, наприклад, в кіноконцертному комплексі або звукозаписувальній студії; розроблено програмне забезпечення "клієнт-сервер", яке дозволяє децентралізувати управління параметрами інтелектуального протизавадного фільтру, що дозволяє зменшити собівартість виробу.

Ключові слова: вношуване загасання, електромагнітна сумісність, звукотехнічні системи, напівпровідникові перетворювачі, протизавадний фільтр, хмарні технології, цифрова обробка

## ABSTRACT

*Othman Ahmad Mohammad Sharadjah.* Methods and tools to ensure the electromagnetic compatibility of semiconductor converters of audiosystems. – Qualification scientific work on the manuscripts.

The dissertation for a candidate degree in technical sciences (doctor of philosophy) on specialty 05.09.12 – Semi-Conductor Power Converters" (014 - Electrical engineering). – National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, 2017.

The dissertation is devoted to the decision of an important scientific and technical problem, which consists in the development of methods and means of ensuring the electromagnetic compatibility of semiconductor transducers of sound engineering systems.

The analysis of the sources of noise in the audio systems is carried out. It is proved that the most powerful and dangerous in generating the conductive interferences in the mains are semiconductor power converters of secondary power sources and sound power amplifiers of audio systems. The restrictions on the attenuation of the anti-infiltration filters are determined. The method of adaptive adjustment of high-frequency frequencies of the mains smart RFI-filter to harmonics of noise inherent in audio content is improved. Extended range of adjustment of basic parameters of elements of mains smart RFI-filter. The concept of constructing such filters with the definition of a real electromagnetic environment based on distributed computing is proposed. The simulation model of mains smart RFI-filter of audiosystems is developed. The mathematical model of the sections of the contraband filter is refined, which facilitates engineering analysis for the implementation of parallel data processing processes.

The use of cloud computing technology in the audiosystems interface has been proposed, which allowed to individualize and simplify the setting of anti-theft devices, which is very important in the conditions of real electromagnetic environment.

Several variants of technical means are provided that allow to provide the EMC of the audiosystems both in local application and in the complex of equipment from the ensemble of the audiosystems of different purposes, for example, in a cinema-concert complex or a sound recording studio.

The "client-server" software is developed, which allows decentralized management of the parameters of mains smart RFI-filter, which leads to a reduction in the cost price.

The scientific novelty of the work is that the method of controlling the parameters of contraceptive means by means of the application of dynamic submagnification with alternating current of the core of the choke of mains smart RFI-filter was improved, which allows not only to reduce the inertia, but also to avoid decreasing the area of the reverse enumeration loop, while substantially extending the range of regulation of the main parameter; the method of adaptive reduction of the level of conductive noise received further development by removing the restriction on the attenuation of the mains smart RFI-filter at critical frequencies, by reducing the tonal noise characteristic of sound engineering systems, the level of which exceeds the requirements of normative documents; for the first time, the method of remote distributed control (based on "cloud" technologies) was proposed for the mains smart RFI-filter, of semiconductor converters of audiosystems, which allows to solve the problem of providing EMC in real time in conditions of deteriorating changing of electromagnetic environment; the simulation model of audiosystems with the mains smart RFI-filter, has been developed, which facilitates the engineering analysis of efficiency and determination of EMC parameters taking into account the ways of dissemination of noise.

The practical value of the work lies in the fact that the application in the the mains smart RFI-filter of audiosystems of dynamic magnetization, using the built-in DSP, designed not only for data processing, but also for changing the frequency of synthesized tonal sequences, allows significantly, up to four times, to expand the range of variation of the main parameter of the choke of the mains smart RFI-filter, which up to 20 dB improves the added fading harmonics of interference; the use of tampering with phonon tone signals and the modification of structures of anti-block filters by

improved methods allows to reduce the mass-dimensional parameters by 3-5 times due to the displacement of resonant frequencies in the HF region. The simulation modeling of the main parts of the mains smart RFI-filter of audiosystems, in particular, the driven DSP of the choke of the mains smart RFI-filter, has been developed, avoiding the physical modeling and thereby reducing the design and implementation time of the contraceptive tools; the application of the "cloud" computing technology in the audiosystem interface allows individualization and simplification of anti-freeze settings, which is very important in the context of real electromagnetic environment; the several variants of the technical means was proposed which allow to provide the EMC of the audiosystems both in local application and in the complex of equipment from the ensemble of the audiosystem semiconductor converters of different purposes, for example, in a cinema-concert complex or a sound recording studio; "client-server" software was developed, which allows to decentralize the management of parameters of mains smart RFI-filter, which reduces the cost of the product.

Keywords: attenuation, audiosystems, cloud technologies, digital processing, electromagnetic compatibility, semiconductor converters, mains smart RFI-filter

### СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

1. Довженко О.О. Моделювання електромагнітних процесів перетворювальних пристроїв, що спричиняють електромагнітні завади/ О.О. Довженко, В.Б. Швайченко, О. Шарадга// Електроніка і зв'язь, № 3. - 2011, - С. 210-215

2. Аппаратно-программный комплекс проектирования гибридных помехоподавляющих фильтров/ В.В.Пилинский, Д. В. Титков, А. С. Чупахин, Осман Шарадга, В. Б. Швайченко, Энергосбережение, энергетика, энергоаудит Спец. вып. Т.2, №8 (114) , 2013. - С. 195-200

3. Титков Д.В. Концепция совершенствования интеллектуальных сетевых помехоподавляющих фильтров/ Д.В.Титков, В.Б.Швайченко, О. Шарадга //

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія Техніка та електрофізика високих напруг. №50 (1092). 2014. –С.168-172

4. Особенности восстановления аудиофрагментов носителей механической записи/ А.П. Гребинь, Н.Ф. Левенец, В.Б. Швайченко, О. Шарадга// Наукові записки УНДІЗ, №4(32), 2014. - С.62-67

5. Довженко А. О. Особливості методу ущільнення багатоканального звукового контенту/ А. О. Довженко, В. Б. Швайченко, О. Шарадга// Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. № 20 (1129). 2015. – С. 30-36.

6. Швайченко В. Б. Совершенствование процедуры автоматизированного проектирования сетевых помехоподавляющих фильтров /В. Б. Швайченко, Довженко А.А., Осман Шарадга// Материалы международной НТК «Автоматизация: проблемы, идеи, решения». Севастополь, 2013. - С.218-219

7. Introduction of Procedure the Distributed Processing of Information of Real Time in Adaptive RFI-Filters with Wireless Interface / D.Tytkov, V.Shvaichenko, O. Sharadjah // Матеріали Міжнародної конференції TCSET'2014, Львів-Славське, 2014. – С.152

8. Шарадга Осман. Особенности усовершенствования методов подстройки резонансных характеристик интеллектуальных помехоподавляющих фильтров / Тези доповідей Міжвузівської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасний стан та тенденції розвитку телекомунікацій», Київ, 2015. – С.102-104

9. Довженко О.О., Зінько О.М., Швайченко В.Б., Шарадга Осман/ Патент на корисну модель «Протизавадний фільтр» № 113440, Бюл.№2 від 25.01. 2017 р.



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
<b>РОЗДІЛ 1 АСПЕКТИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ</b>	
<b>ЗВУКОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ .....</b>	<b>19</b>
1.1 Аналіз сучасних тенденцій розвитку звукотехнічних систем.. .....	19
1.2 Особливості обмеження завад, шумів, наведень в аудіотрактах.. .....	24
1.3 Структури мережних протизавдних фільтрів напівпровідникових перетворювачів.....	29
Висновки за розділом 1.....	34
<b>РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖНИХ ПРОТИЗАВАДНИХ</b>	
<b>ФІЛЬТРІВ ЗВУКОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ .....</b>	<b>36</b>
2.1 Оцінка ефективності протизавдних фільтрів з урахуванням паразитних параметрів елементів і шляхів поширення завад у звукотехнічних системах.....	36
2.2 Визначення особливостей характеристик елементів інтелектуального протизавдного фільтру .....	41
2.3 Моделювання показників ефективності засобів забезпечення ЕМС напівпровідникових перетворювачів звукотехнічних систем.....	46
Висновки за розділом 2.....	51
<b>РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ АДАПТАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПРОТИЗАВАДНИХ ЗАСОБІВ</b>	
<b>ДО ЗМІН ЗАВДОВОЇ ОБСТАНОВКИ ПРИ РОБОТІ ЗВУКОТЕХНІЧНИХ</b>	
<b>СИСТЕМ .....</b>	<b>52</b>
3.1 Визначення обмежень на діапазон регулювання АЧХ інтелектуального протизавдного фільтру .....	52
3.2 Вдосконалення методів і засобу керування основними та паразитними параметрами ланок інтелектуальних протизавдних фільтрів .....	56
3.3 Методики визначення електромагнітної обстановки при роботі звукотехнічних систем.....	63
Висновки за розділом 3.....	69

РОЗДІЛ 4. ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ЗВУКОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ.....	70
4.1 Застосування розподілених обчислень за допомогою телекомунікаційних технологій.....	70
4.2 Особливості хмарних технологій обчислень в реальному часі.....	80
4.3 Особливості забезпечення ЕМС звукотехнічних систем в प्रतिзадових засобах на основі хмарних технологій.....	86
Висновки за розділом 4.....	91
РОЗДІЛ 5. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА СТРУКТУРА ПРОЦЕСОРІВ ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ.....	92
5.1 Особливості процесу створення «хмари» та віртуальної машини для мобільних операційних систем.....	92
5.2 Алгоритм і програма роботи інтелектуального вузла засобів забезпечення ЕМС звукотехнічної системи за структурою «клієнт-сервер».....	98
5.3 Особливості структури процесорів для забезпечення ЕМС колами електроживлення звукотехнічних систем.....	108
Висновки за розділом 5.....	113
ВИСНОВКИ .....	114
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	116
ДОДАТОК А .....	125
ДОДАТОК Б.....	138

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У сучасних звукотехнічних системах (ЗТС) напівпровідникові перетворювачі (НПП) джерел вторинного електроживлення, підсилювачів звукової частоти, мобільних телефонів, портативних плеєрів, планшетів, що застосовують цифрові сигнальні процесори (ЦСП) у колах оброблення та керування, шляхом складної обробки сигналів (фільтрації, компандування, еквалізації, спеціальних нелінійних ефектів, притлумлення шуму тощо), повинні забезпечувати високоякісне відтворення звуку. В той же час такі системи повинні задовольняти жорстким вимогам до низького рівня електромагнітної емісії, малого об'єму і ваги. Забезпечити відповідність цим вимогам можливо, щонайменше, декількома способами:

- застосуванням схемотехнічних методів обмеження завадових спектральних складників;
- обробкою звукових сигналів, на основі процедури передискретизації, що дозволяє рівномірно розподілити завади шумів квантування;
- зниженням чутливості електронних засобів до впливу емісій оброблюваних сигналів та підвищенням їх завадостійкості;
- спеціальними організаційними рішеннями в разі застосування ЗТС в умовах складної завадової електромагнітної обстановки.

Забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) НПП ЗТС можливо досягти застосуванням протизавадних фільтрів (ПЗФ). Проте при цьому звужується сфера застосування і збільшується вартість, габарити ЗТС та зростає ризик ураження струмом витоку. Досягти компромісу між вимогами ЕМС, енергоспоживанням і якістю звукового сигналу можливо лише використовуючи інтелектуальні («розумні») ПЗФ [8].

Схемотехнічні рішення пов'язані як безпосередньо зі структурою НПП ЗТС, так і зі структурою протизавадових засобів. Наявність високих частот перетворення НПП джерел вторинного електроживлення з без трансформаторним

входом, підсилювачів звуку класу D, аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворення звукових сигналів в сучасних системах призводять до збільшення рівня завад від цих ЗТС в діапазоні частот, де нормовано гранично допустимі рівні завад, а ефективність завдяки збільшенню кількості ланок ПЗФ обмежена впливом паразитних розподілених параметрів.

Інший важливий спосіб забезпечення ЕМС пов'язано з форматами утворення і кодування цифрового звуку [20, 38]. Застосування процедури передискретизації в звукових форматах SACD забезпечує рівномірність розподілу шумів квантування в спектрі, що призводить до одночасного зменшення рівня завад в низькочастотному діапазоні і збільшення у високочастотному.

Третій спосіб забезпечення ЕМС відносять до проблем внутрішньосистемної ЕМС [23], і саме цифрові ЗТС мають більш високий рівень завадозахищеності в порівнянні з аналоговими ЗТС [30]. Це стосується як процедур відтворення «живого» звуку, так і застосування фонограм з цифрових носіїв. Разом з тим, існують фізичні обмеження зменшення чутливості в трактах звукозапису, обумовлені природою процесів перетворення звукового тиску в електричний, магнітний або оптичний сигнали в процесі створення фонограми.

Четвертий спосіб вимагає необхідності моніторингу електромагнітної обстановки в реальному часі [28], в цих умовах виникає можливість перерозподілу тактових частот роботи цифрових і дискретних кіл ЗТС таким чином, щоб рівень сумарного спектра завад не перевищував вимог, нормованих міжнародними або національними стандартами.

Дослідженням питань і проблем ЕМС НПП електронних засобів займалися, зокрема, Г. Отт, Т. Уільямс, Д. Уайт, Г. С. Векслер, Л. Н. Кечієв, А. Д. Князев, В. І. Кравченко, В. В. Пілінський, А. К. Шидловський, В. Л. Широков.

Визначенню особливостей процесів в ЗТС, що обумовлюють форму споживаного струму і регулярні і паразитні шляхи поширення завад, були присвячені роботи В. Анерта, Я. Сінклера, І. О. Алдошиної, Е. І. Вологдіна, І. М. Дворецького, Ю. О. Ковалгіна, В. О. Нікаміна, Г. М. Розорінова, О. І. Шелухіна.

Завдання застосування ПЗФ для різних цифрових пристроїв раніше вирішувалася іншими авторами, оскільки ПЗФ є найефективнішим засобом обмеження кондуктивних завад. Значні успіхи в цій галузі відображені в роботах О. С. Бландової, Р. Дж. Грешама, Ю. К. Захарова, В. А. Павловського, П. І. Тамквіви, В. О. Темнікова, Л. С. Туріна, В. Б. Швайченка та ін., які досліджували вплив на ефективність ПЗФ структури, регулярних і паразитних параметрів елементів і конструкції. У роботах цих авторів основна увага приділялася конструктивним і схемним особливостям ПЗФ, впливу власних резонансних частот на їх ефективність, проте такі особливості ЗТС, як генерація кондуктивних завад неканонічних частот в діапазоні від 9 до 20 кГц, не було враховано. Проведене дослідження в більшій своїй частині сконцентровано саме на цих особливостях.

А.А.Довженко та ін. [18] зроблена спроба підвищити ефективність ПЗФ введенням інтелектуального складника. Однак, в цих роботах не було визначено необхідні межі змін регулярних параметрів і можливі межі змін паразитних параметрів ПЗФ, а встановлена тільки можливість налаштування максимального обмеження рівня завад шляхом корекції частот власних резонансів із застосуванням високопродуктивних мікроконтролерів.

Т. де Олівера і ін. [74] розроблено метод оптимізації ПЗФ з урахуванням магнітних зв'язків. Автори використовували РЕЕС-метод для визначення просторового розташування індуктивних елементів з мінімізацією паразитних зв'язків. Однак цей підхід не дозволяє змінювати за необхідності власні резонансні частоти ланок ПЗФ в процесі експлуатації ЗТС.

Тому актуальність і необхідність подальшої розробки методів і засобів забезпечення ЕМС ЗТС є суттєвою, впровадження їх дозволить поліпшити електромагнітну обстановку в умовах масового застосування сучасних звукових цифрових систем з НПП в обмеженому просторі.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Теоретична і експериментальна частини дисертаційної роботи виконані на кафедрі звукотехніки та реєстрації інформації факультету електроніки

Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" (КПІ ім. Ігоря Сікорського) Міністерства освіти і науки України. Напрямок досліджень пов'язаний з науковою тематикою кафедри звукотехніки та реєстрації інформації - НДР «Електромагнітна сумісність аудіо-, відео- та телекомунікаційних систем» (№ держ. реєстрації 0114U002194) і темами навчального процесу кафедри і університету в цілому, а саме "Апаратне, математичне і програмне забезпечення цифрових систем у сучасних інформаційних технологіях", "Методологія та методи побудови інтелектуалізованих інформаційних і мережевих технологій, баз даних і знань ", "Програмно-апаратні комплекси розпізнавання образів аудіо- та відеосигналів", і з Основними науковими напрямками і найважливішими проблемами фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук України на 2009-2013 рр., п.1.2.8.1"Розробка високопродуктивних пристроїв та комплексів цифрової обробки сигналів та їх застосування".

**Мета і завдання роботи.** Метою роботи є розробка методів і засобу забезпечення ЕМС, які обмежують рівень завад, генерованих НПП сучасної звукотехнічної апаратури.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі необхідно вирішити такі задачі:

1. Провести аналіз сучасного стану і тенденцій розвитку в галузі створення сучасних ЗТС.

2. Обґрунтувати вибір раціонального способу обмеження рівнів завад в НПП ЗТС, що використовують високопродуктивні мікроконтролери або цифрові сигнальні процесори.

3. Довести можливість і доцільність побудови інтелектуальних ПЗФ, система керування якого вдосконалює функцію обмеження рівня завад реалізацією функції моніторингу ЕМО, внаслідок налаштування АЧХ на реальний рівень завад.

4. Показати доцільність хмарних обчислень з метою формування сигналів, протифазних з тональної завадою, до межі, встановленої нормативними документами.

5. Оцінити рівень внесеного загасання на критичних частотах в смузі частот, де нормовано граничний рівень завад, та обмеження на можливість генерації протифазних з тональною завадою звукових сигналів.

6. Експериментально перевірити шляхом комп'ютерного імітаційного моделювання ефективність запропонованих методів та засобу.

*Об'єкт дослідження* – процеси перетворення сигналу верхньої смуги звукових частот в НПП звукотехнічних систем з використанням цифрових сигнальних процесорів та протизавадних фільтрів.

*Предмет дослідження* – методи моделі і алгоритми перетворення сигналів верхньої смуги звукових частот та створюваних завад від напівпровідникових перетворювачах сучасних звукотехнічних систем.

**Методи дослідження.** В роботі використовувалися методи теорії системного аналізу структур ЗТС та засобів забезпечення їх ЕМС, спектральний аналіз та теорія кодування для визначення спектрів завад, методи теорії електромагнітної сумісності для визначення ефективності запропонованих методів і засобів. Для аналізу звукових сигналів і завад використовувалися методи теорії електромагнітних процесів і електронних систем. Підтвердження достовірності результатів теоретичних досліджень забезпечено комп'ютерним імітаційним моделюванням і натурними експериментами.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

У процесі виконання дисертаційної роботи отримані такі нові наукові результати:

1. Удосконалено метод регулювання параметрів протизавадових засобів НПП шляхом застосування динамічного підмагнічування змінним струмом осердя дроселя ПЗФ, що дозволяє не тільки зменшити інерційність, але і уникнути

зменшення площі петлі перемагнічування, при цьому істотно розширено діапазон регулювання основного параметра.

2. Отримав подальший розвиток метод адаптивного зменшення рівня кондуктивних завад зняттям обмеження на вношуване згасання ПЗФ на критичних частотах, шляхом зменшення тональних завад, характерних для звукотехнічних систем, рівень яких перевищує вимоги нормативних документів.

3. Вперше запропоновано метод віддаленого керування (на основі хмарних обчислень) інтелектуальним ПЗФ НПП ЗТС, що дозволяє в реальному часі вирішити проблему забезпечення ЕМС в умовах мінливого погіршення електромагнітної обстановки.

4. Розроблено імітаційну модель ЗТС з інтелектуальним ПЗФ, яка полегшує інженерний аналіз ефективності та визначення параметрів ЕМС з урахуванням шляхів поширення завад.

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

1. Застосування в ПЗФ ЗТС динамічного підмагнічування, при використанні вбудованого ЦСП, призначеного не тільки для обробки даних, а й для зміни частот синтезованих тональних послідовностей, дозволяє істотно, до чотирьох разів, розширити діапазон варіювання основного параметра дроселя ПЗФ, що до 20 дБ покращує внесене згасання гармонік завад.

2. Застосування притлумлення протифазних тональних сигналів і модифікація структур протизавадних фільтрів дозволяє в 3-5 разів знизити масогабаритні показники внаслідок зміщення резонансних частот в ВЧ-область.

3. Запропонована методика імітаційного моделювання основних ланок ПЗФ ЗТС, зокрема, керованого ЦСП дроселя ПЗФ, дозволяє уникнути фізичного моделювання і тим самим зменшити час проектування і впровадження протизавадових засобів.

4. Запропоноване застосування в інтерфейсі ЗТС технології хмарних обчислень дозволяє індивідуалізувати і спростити налаштування протизавадових засобів, що дуже важливо в умовах реальної ЕМО.



5. Запропоновані кілька варіантів технічного засобу, що дозволяють забезпечувати ЕМС ЗТС як в локальному застосуванні, так і в складі комплексу обладнання з ансамблю ЗТС різного призначення, наприклад, в кіноконцертному комплексі або звукозаписувальній студії.

6. Розроблено програмне забезпечення "клієнт-сервер з децентралізованим керуванням параметрами інтелектуального ПЗФ, що зумовлює зменшення собівартості виробу.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Автором обґрунтовано доцільність розробки методів і засобу забезпечення ЕМС НПП ЗТС. Робота [68] написана автором самостійно. В роботах, опублікованих в співавторстві, автору належать такі результати: [19, 69] – виявлення особливостей джерел генерації завад перетворювальними структурами і реалізація процедури моделювання в середовищі MultySim; [8, 90] – алгоритм даних, а також вибір елементної бази, виходячи з особливостей шляхів поширення завад в ЗТС; [60] – метод обмеження рівня завад із застосуванням віддаленої розподіленої обробки сигналів моніторингу; [43] – виявлення особливостей генерації специфічних завад в ЗТС, що використовують носії механічного запису; [20] – порівняння параметрів сучасних цифрових форматів та визначення особливостей спектрального складу; [46] – технічна реалізація обмеження тональної завади.

**Апробація результатів дисертації.** Наукові і практичні результати дисертаційної роботи оприлюднені та обговорені на всеукраїнських та міжнародних науково-технічних конференціях: "Електроніка і нанотехнології", (м. Київ, 2011 р.), «Автоматизация: проблемы, идеи, решения» (м. Севастополь, 2013 г.), «Силовая электроника и энергоэффективность» (м. Алушта, 2013 р.), TCSET'2014 " (м. Львов-Славске, 2014 р.), III Всеукраїнській науково-технічній конференції „Практические аспекты совместимости электромагнитной и молниезащиты” (м. Харків, 2014 г.), „Мехатронні системи: інновації та інжиніринг” (м. Київ, 2017 р.), науково-технічних конференціях молодих вчених, аспірантів та студентів КПІ ім. Ігоря Сікорського (м. Київ, 2010-2015 р.р.).

**Публікації результатів наукових досліджень.** За темою дисертації опубліковано 9 наукових робіт, з них 5 статей в провідних фахових виданнях України, одна з яких індексована в міжнародній науково-метричній базі Ulrich's Periodical Directory, 1 патент на корисну модель, тези 3 доповідей в збірниках матеріалів конференцій (з них 1 - без співавторів).

**Структура та обсяг дисертаційної роботи.** Дисертація містить вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних літературних джерел на 7 сторінках з 62 найменувань, і 2 додатків, де наведено лістинги деяких програм з результатами моделювання і документи щодо практичного використання результатів дисертаційної роботи.

Основний зміст роботи викладено на 138 сторінках. Робота містить 58 рисунків, 8 таблиць.

## РОЗДІЛ 1. АСПЕКТИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ЗВУКОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

### 1.1 Аналіз сучасних тенденцій розвитку звукотехнічних систем

Сучасні звукотехнічні системи охоплюють практично всі сфери діяльності людей, починаючи з виробничих процесів, охоплюючи системи оповіщення та оголошень, сферу дозвілля, системи зв'язку, системи озвучування великих площ і тощо. Якість звуковідтворення прямо пов'язана з областю застосування, обмежуючи частотний і динамічний діапазон в процесі обробки виключно мови і розширюючи до можливих меж витонченого слуху професійних музикантів. При цьому діапазон перетворюваних потужностей може варіюватися від сотень кіловат для великих кіноконцертних комплексів до одиниць міліватт для телефонного динаміка і часток мікроватт для запису на твердотільний носій. Традиційним аналоговим ЗТС притаманне варіаційно-гармонійне струмоспоживання в діапазоні від 20 Гц до 20 кГц у разі застосування апаратури класу високої чіткості звучання (High Fidelity - HiFi). Аналізу структур і особливостей роботи таких систем присвячено досить велику кількість досліджень іноземних вчених, як російських [4, 16, 29] так і європейських [7, 54, 57, 73, 89]. Сформувалося світове співтовариство фахівців в області звукозапису, об'єднане в спілку аудіоінженерів [56]. Основну увагу в цих роботах було приділено питанням забезпечення якості та достовірності саме звуковідтворення, що опосередковано пов'язано з оцінкою завад, шумів і наведень у процесі перетворення звукового сигналу.

Типову узагальнену структуру аналогової ЗТС наведено на рис.1.1.

Вона містить джерело сигналу 1, первинний перетворювач 2 (наприклад, мікрофон), попередній підсилювач 3, каналний підсилювач 4, вторинний перетворювач 5 (наприклад, магнітна головка запису або випромінювальна антена), канал передачі або носій 6, проміжний перетворювач 7 (наприклад, звукознімач або приймальна антена), звуковий підсилювач потужності 8 і

вихідний перетворювач (наприклад, гучномовець або акустична колонка) 9. При цьому система електроживлення активних елементів схеми 10 може бути як централізованою (НПП електроенергії від промислової чи побутової мережі змінного струму), так і локальною (наприклад, НПП електроенергії від акумуляторів або електричних батарей). Основою сучасної системи електроживлення складають НПП, які працюють в ключовому режимі [8]. Дана структура спрощена і не відображає наявності механізмів транспортування носія фонограми. Залежно від кількості каналів структуру можна масштабувати, наприклад, удвічі, в разі стереофонічного звуковідтворення.

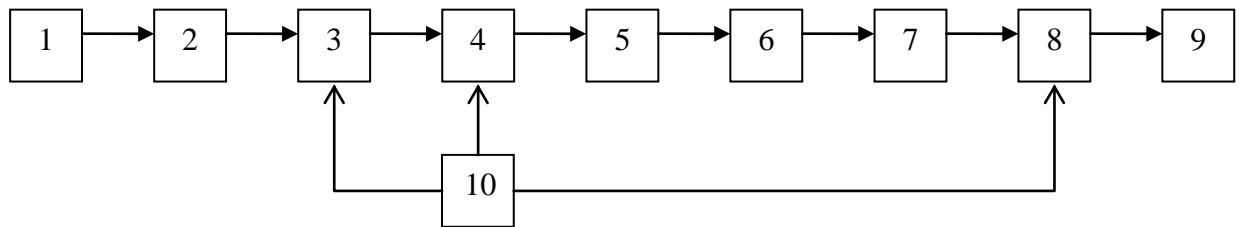


Рисунок 1.1 – Узагальнена структура аналогової ЗТС

Однак уже починаючи з 70-х років минулого століття починається перехід до цифрових ЗТС, який став можливий внаслідок бурхливого розвитку мікропроцесорної техніки і досягнень у сфері цифрової обробки сигналів. При цьому дослідження вчених і розробки провідних фірм в області звукотехніки були спрямовані не тільки на підвищення якості, але і збільшення ємності носіїв звукозапису, що пов'язане з проблемами, притаманними як ЦОС, так і типам носіїв (магнітна стрічка, оптичні та магнітооптичні диски). Необхідно відзначити ряд публікацій, узагальнюючих ці особливості [37, 48, 52, 70].

Структура ЗТС істотно ускладнилася внаслідок необхідності додаткових перетворень сигналу (АЦП и ЦАП) і застосування спеціалізованого обчислювача - аудіопроцесора. Дані елементи структурної схеми можуть відрізнятися як за параметрами (частота дискретизації, розрядність, продуктивність), так і по локалізації. В роботі [13] представлено узагальнену структурну схему багатоканальної цифрової ЗТС (рис.1.2).

Вона містить додаткові вузли, застосування яких обумовлено особливостями процесів в АЦП і багатоканальної ЦОС.

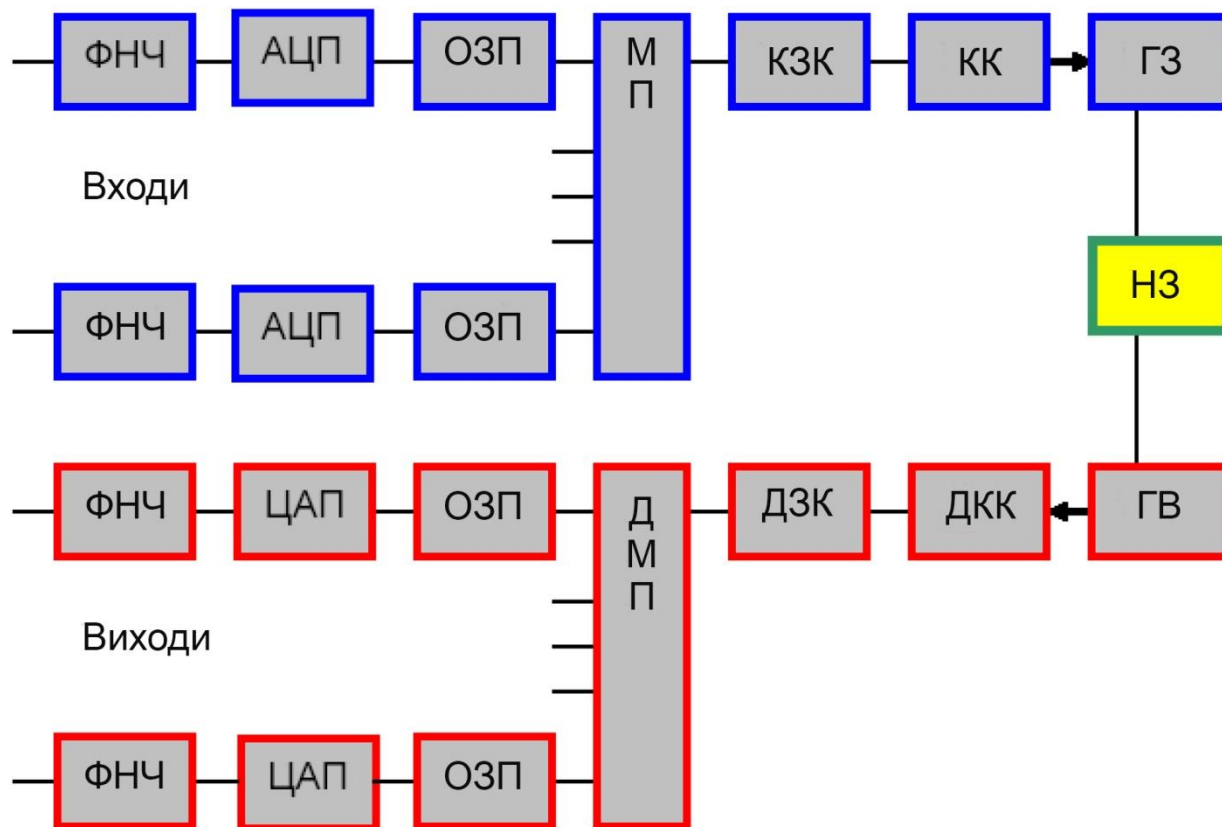


Рисунок 1.2 – Узагальнена функціональна схема цифрового тракту запису і відтворення багатоканального звуку

Схему [13] за рис.1.2, відносять в рівній мірі як до магнітної, так і до оптичної апаратури цифрового запису звуку з мультиплексуванням звукових каналів. У цій схемі на виходах АЦП формують цифрові вибірки з частотою дискретизації  $f_d$ . Кількість АЦП дорівнює числу звукових каналів  $N_k$ . На входах АЦП антиелайсінгові фільтри нижніх частот (ФНЧ) обмежують верхню смугу спектра вхідного сигналу величиною  $f_d/2$  відповідно вимог теореми Котельникова.

Оперативні запам'ятовуючі пристрої (ОЗП) на виходах АЦП призначені для часового стискування вихідних цифрових потоків при мультиплексуванні звукових каналів. В ОЗП запис даних проводиться з частотою дискретизації  $f_d$ , а зчитують їх з частотою, яка в  $N_k$  раз вище.

В ОЗП на входах ЦАП відновлюється вихідна швидкість цифрового потоку.

У мультиплексорі (МП) формується послідовність звукових вибірок з  $N_k$  каналів в єдиний цифровий потік для запису його на одну доріжку або

передавання послідовним кодом. У демультіплексорі (ДМ) при відтворенні після завадостійкого декодування здійснюється відновлення початкової кількості каналів.

Завадостійке кодування реалізовано кодером завадостійкого кодування (КЗК) для забезпечення можливості при відтворенні виявляти і виправляти як одиночні помилки, так і довгі випадіння сигналу або пакети помилок. Для цього при кодуванні проводиться перемеження даних і обчислення перевірочних символів.

При каналному кодуванні (КК) здійснюється перетворення послідовності логічних кодових комбінацій в послідовність імпульсів з дискретною модуляцією їх тривалості. Саме потік цих імпульсів записують на носій запису або передають каналом передавання. При каналному декодуванні (КД) при відтворенні запису з модульованої послідовності імпульсів відтворюють послідовність логічних кодових комбінацій.

У декодері завадостійкого кодування (ДЗК) здійснюють деперемеження цифрових даних, виявлення та виправлення помилок.

Наведена функціональна схема має узагальнений характер і для конкретних цифрових пристроїв запису-відтворення вона може дещо відрізнятись. Це залежить, перш за все, від числа і типу використовуваних оптичних або магнітних головок. Головки можуть призначатися тільки для запису або відтворення або бути універсальними. Запис і/або відтворення можуть виконувати окремо або одночасно. У лазерних рекордерах зазвичай використовують одну універсальну головку. У магнітооптичних і магнітних дискових рекордерах запис проводиться відразу на двох сторонах диска, тому можуть використовуватися 2 або 4 головки. У стрічкових цифрових магнітофонах з головками, що обертаються, їх кількість може бути також 2 або 4. В магнітофонах системи DASH з фіксованими головками їх кількість досягає 48. Все це впливає на побудову термінальної частини функціональної схеми.

Важливо, що в залежності від кількості каналів або перетворювачів сигналу для узгодження з носієм повинна збільшуватися або зменшуватися швидкість цифрового потоку і лінійна щільність запису цифрових даних на носій.

Узагальнивши результати досліджень цифрових ЗТС [35, 38, 53, 85], визначимо тенденції розвитку сучасних ЗТС, а саме збільшення частоти дискретизації, розрядності квантування, кількості каналів, різноманіття форматів, орієнтованих на галузі застосування. Ці особливості суттєво ускладнюють заводську обстановку, що формовано такими ЗТС. Разом с НЧ складниками кондуктивних завод, характерними для аналогової апаратури ЗТС, з'явилися ВЧ складники, які містять не лише гармоніки частоти дискретизації АЦП та тактової частоти аудіопроекторів, але і комбінаційні складники, пов'язані з мультиплікативними заводами, притаманними, наприклад, магнітному запису звуку, та ключовими (імпульсними) режимами роботи звукових підсилювачів та сучасних джерел вторинного електроживлення з безтрансформаторним входом (ДВЕЖ з БТВ) [11, 23, 40, 47].

Значно розширилася кількість публікацій, пов'язаних з проблемою внутрішньосистемної ЕМС ЗТС, присвячених аналізу впливу тракту запису/відтворення звуку на якість відповідного сигналу. Визначено були діапазони і рівні шумів і наведень в системах цифрового магнітного звукозапису, причини випадіння сигналів і способи, що підвищують заводозахищеність цифрової фонограми, характерних для оптичних носіїв [30,70].

Структура цифрової фонограми зазнала суттєвих змін в порівнянні зі структурою аналогової фонограми. На рис.1.3 наведено фрагмент цифрової фонограми [82] із застосуванням самосинхронізованого коду з перемеженням і внесеної надмірністю для виявлення і усунення помилок, в якому поряд з випадковими фрагментами, зумовленими характером звукового сигналу, в явному вигляді присутня детермінована складова.

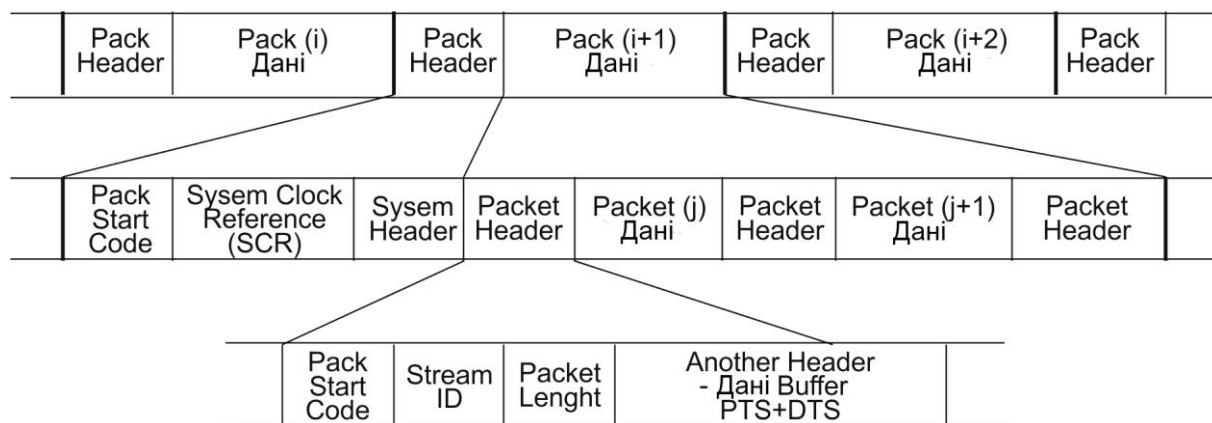


Рисунок 1.3 Структура звукових даних стандарту MPEG 1

Тому ЗТС, що відтворює формати цифрового звуку з застосуванням самосинхронізуючих кодів, необхідно аналізувати як генератори завад, в яких максимум енергії локалізовано на частоті синхронізації.

## 1.2 Особливості обмеження завад, шумів, наведень в аудіотрактах

Наявність завад, шумів і наведень в аудіотрактах не тільки погіршують якість звукового контенту, який записують, підсилюють або передають, але може бути причиною погіршення електромагнітної обстановки в цілому як в приміщеннях, де сформовано вказаний тракт, так і в мережах як енергетичних, так і інформаційних. Розглянемо особливості ЗТС, пов'язані з типом носія запису [42].

Основними носіями звукової інформації в аналоговій формі є грамплатівки, магнітна стрічка і фотоплівка. Кожен носій запису в процесі запису вносить до записаної інформації власні спотворення, зумовлені особливостями процесу запису-відтворення та фізичного принципу реєстрації. Відновлення або реставрація фонограм, записаних на аналогових носіях, передбачає, в першу чергу, зменшення внесених самим носієм спотворень і перешкод, а потім поліпшення якісних параметрів записаної інформації до рівня сучасних цифрових носіїв і вимог.

Будь-який носій схильний до сприйняття шкідливих впливів зовнішнього середовища та старіння в процесі використання. Кожен носій має характерні особливості запису і відтворення, характерні шуми і спотворення, термін



придатності до відтворення тощо.

Так для грамплатівки характерна поява механічних пошкоджень звукової канавки при багаторазовому відтворенні, які проявляються у вигляді помітних спотворень, а поява поперечних подряпин, запиленості поверхні в процесі неправильного зберігання і утримання пластинки виявляється у вигляді ефекту «сипучого піску», клацання і потріскувань.

Для магнітного запису - наявність шуму стрічки як постійне «шипіння», прояв ефекту саморозмагнічування, копірефекту, механічного руйнування магнітного шару стрічки і механічного пошкодження основи стрічки, що проявляється у вигляді спотворень, випадінь, деренчання звуку.

Для фотографічних фонограм - це вузький діапазон частот, клацання за рахунок подряпин фотоемульсії, специфічний шум паузи у вигляді постійного струму, плавання або «дроблення» звуку через неточності заправки плівки.

Таким чином, відтворення сигналів з неякісного носія призводить до виникнення в спектрі струмоспоживання додаткових, в тому числі і негармонійних складників, що є причиною появи завад в захищеному діапазоні.

Однією з найважливіших особливостей процесів поширення завад ЗТС є наявність шляхів неконтрольованої витoku, пов'язаних з несиметричним шляхом, тобто проходженням завади через паразитну ємність щодо «землі». Проблема обмеження завад несиметричним шляхом ускладнюється також в умовах неможливості надійного уземлення корпусу ЗТС, що, зазвичай, є типовою ознакою побутових ЗТС [10].

Застосування засобів забезпечення електромагнітної сумісності за кондуктивними шляхами, зокрема, протизавадних фільтрів, не дозволяє ефективно обмежувати завади, що пов'язано з наявністю цього неконтрольованого шляху поширення завад від НПП ЗТС. Кондуктивні завади поширюються як симетричним шляхом проводами мережі електроживлення, так і несиметричним, по одному з проводів і землею, причому рівень завади істотно залежить від ефективності уземлення ЗТС, і зв'язку джерела завади з контуром уземлення [45, 47]. На рис.1.4 показана схемна модель шляхів поширення кондуктивних завад

при наявності еквівалента мережі (ЕМ) та ланки протизавадного фільтра (ПЗФ), підключеного до джерела вторинного електроживлення (ДВЕЖ) ЗТС.

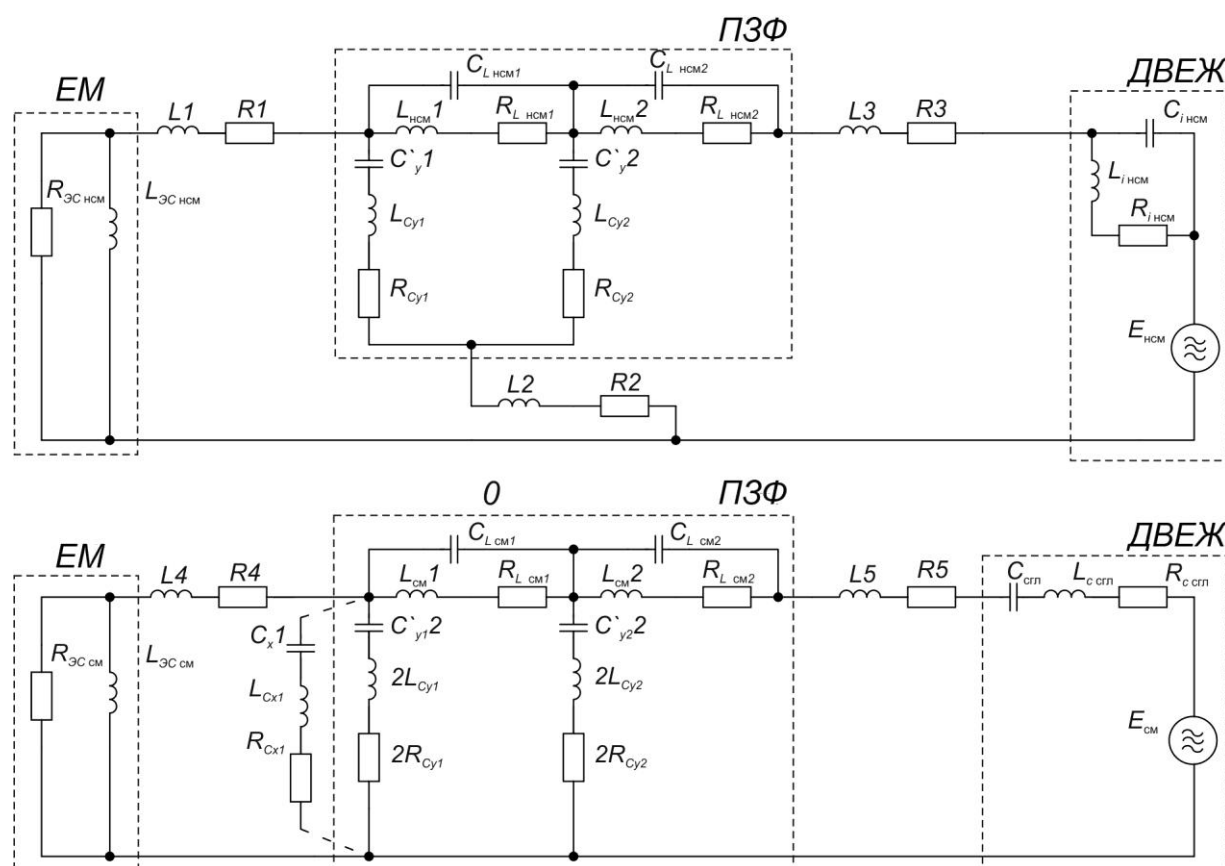


Рисунок 1.4 Схемна модель шляхів поширення кондуктивних завад (а - несиметричного, б - симетричного) за наявності еквівалента мережі і ланки ПЗФ.

Таким чином, наявність неконтрольованих шляхів поширення несиметричних завад істотно ускладнює процедуру їх обмеження, оскільки струми завади через паразитні ємності в колі «джерело завади-уземлення» можуть «обійти» елементи фільтрації, призначені для поглинання завад такого типу.

Іншим фактором, що визначає підвищений рівень завад від ЗТС, є рівні гармонік струмів сигналів звукового контенту, які пропорційні потужності цих систем.

На рис.1.5 наведено схемну модель структури ЗТС кіноконцертного комплексу із зазначенням потужностей перетворюваних сигналів, пов'язаних з фізичною природою носія фонограми, в звуковий смуг частот і зазначені основні джерела і рецептори завад. Специфічні джерела завад ЗТС при відтворенні фотографічних фонограм згруповано по підсистемах.

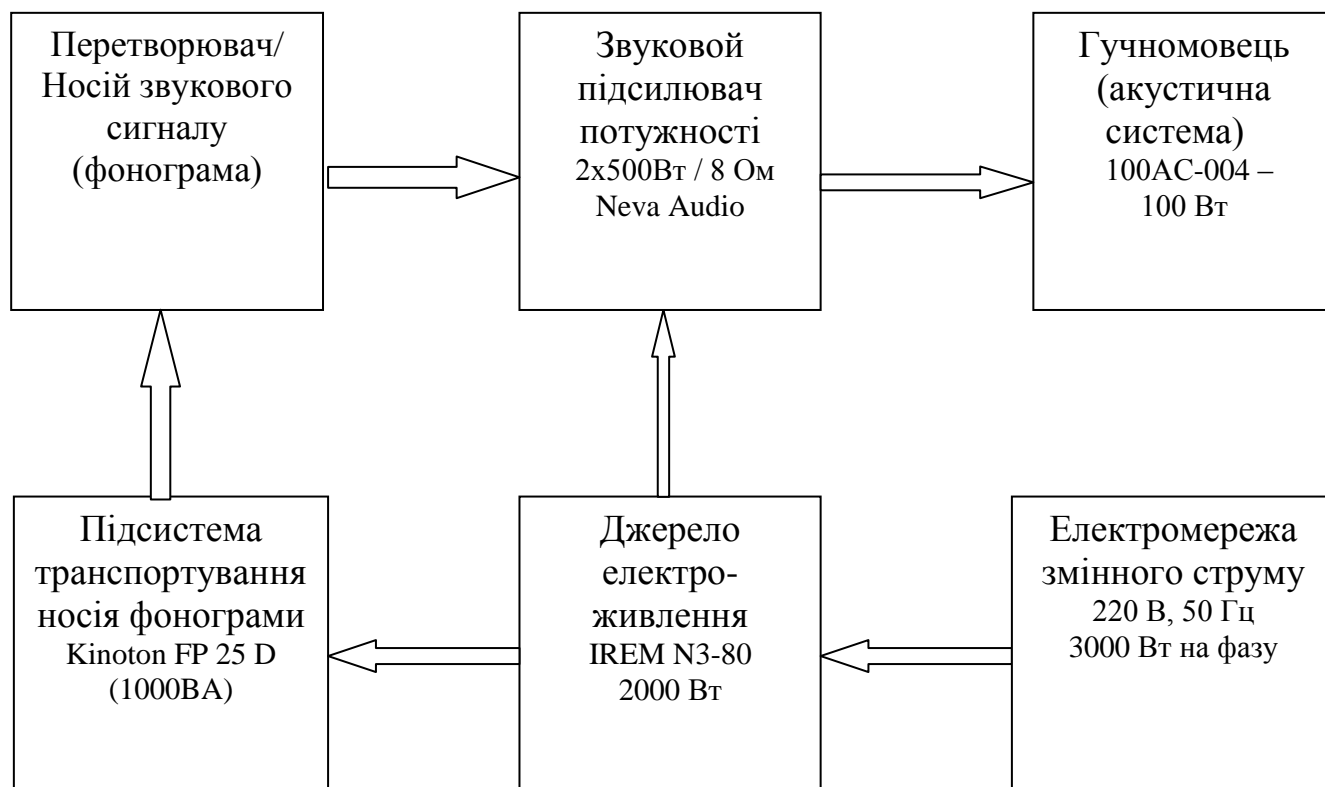


Рис.1.5 Основні генератори (джерела) завод сучасних ЗТС

Причиною виникнення завод у кожній з підсистем ЗТС є як процеси перемикання напівпровідникових елементів в НПП (підсилювачах, випрямлячах і перетворювачах) [6, 23, 24, 47, 61, 71], так і електромеханічні вузли транспортування носія запису і перетворювачів електричного сигналу в звуковий тиск [43].

На рис.1.6 наведено спектральні характеристики типових звукових фрагментів в залежності від контенту. Чорний колір - крива стандарту [77], кольору червоний, помаранчевий, жовтий зелений, блакитний і фіолетовий – відповідно усереднені обвідні музики в стилях рок, диско, джаз, легка музика 60-х, сучасне діджейська, класична, народна.

Аналіз наведених кривих дозволяє стверджувати, що в залежності від звукового контенту в смузі частот, яку сприймає слуховий апарат людини, наприклад, в межах стандартного для сучасних носіїв цифрового звукозапису діапазону від 20 Гц до 20 кГц, яка потрапляє в захищаний діапазон, виникають завади на неканонічних частотах, тобто таких, які не кратні частоті мережі або частотам перетворення ДВЕЖ.

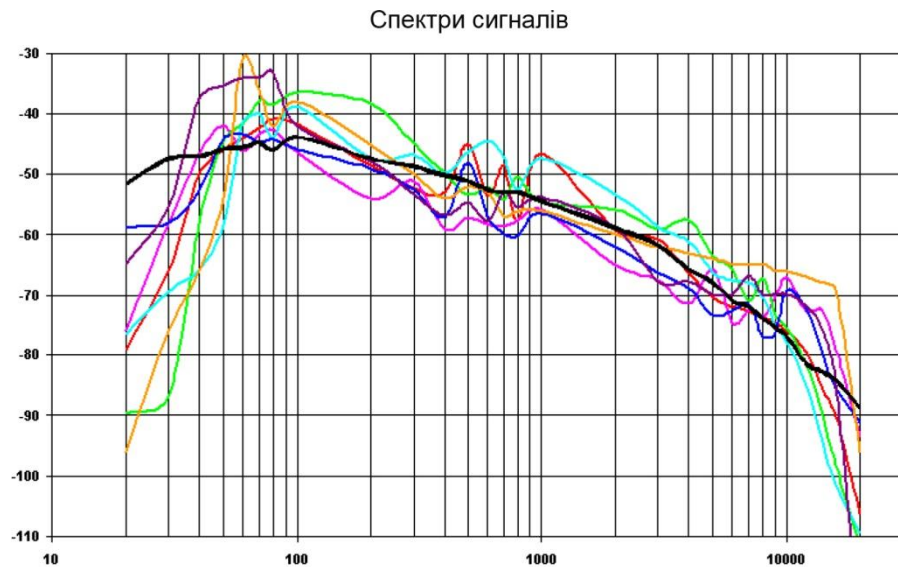


Рисунок 1.6. Типові області концентрації енергії звукового сигналу в залежності від контенту

Високий рівень технологій при розробці ЗТС визначається, по-перше, необхідністю забезпечення енергоефективності, мініатюризації і надійності складових його компонентів, що істотно можуть бути погіршені за умови порушення вимог ЕМС. Проблему ЕМС ще більше ускладнює в сучасних ЗТС цифрова обробка сигналів і формати звукозапису із стисненням складових фонограми (як в кожному каналі, так і по каналній матриці). Тому вибір необхідних методів і засобів забезпечень ЕМС на етапі проектування дозволяє значно скоротити витрати на експлуатацію таких систем, а їх застосування в електронних технічних засобах в цілому [47], і в звукотехнічних системах, зокрема, дозволяє виконати вимоги Директиви ЄС [79]. Однак, якщо завдання дискретного управління параметрами елементів ПЗФ можна вирішити відомими методами, то проблема ефективного обмеження завад, частоти яких змінюються внаслідок особливостей звукового контенту, вимагає нових підходів і рішень. Окрім того, частоти комутації ключів НПП джерел вторинного електроживлення та звукових підсилювачів зазвичай фіксовані та не однакові, тому налаштування максимумів загасання ПЗФ на їх гармоніки в широкій смузі є складною технічною задачею.

### 1.3 Структури мережних протизавадних фільтрів напівпровідникових перетворювачів

Основним технічним засобом забезпечення ЕМС у кондуктивних колах є протизавадний фільтр [70, 72]. Особливості процесів обмеження завад пов'язані як з конструктивними і схемними рішеннями як власне ПЗФ [44, 74] так і конкретних НПП ЗТС, а також з особливостями інформаційного сигналу, тобто фонограми.

Найбільш критичним за критерієм ЕМС є такі НПП як звуковий підсилювач потужності (позиція 8 рис.1.1), що працює в ключовому режимі [41] та джерело електроживлення, структурні вузли якого працюють в ключовому режимі на високій частоті (позиція 10 рис.1.1) [47].

Найбільш поширені структури сучасних ДВЕЖ ЗТС з декількома навантаженнями Н (рис.1.7) окрім згладжувальних фільтрів ЗФ містять декілька НПП, зокрема низькочастотні та високочастотні випрямлячі В, інвертори регульовані РІ (рис. 1.7,а) та нерегульовані НІ (рис. 1.7,б) та стабілізатори напруги СН, що працюють в ключовому режимі, зі зворотним зв'язком ЗЗ. Саме вони є переважними джерелами завад в ДВЕЖ ЗТС.

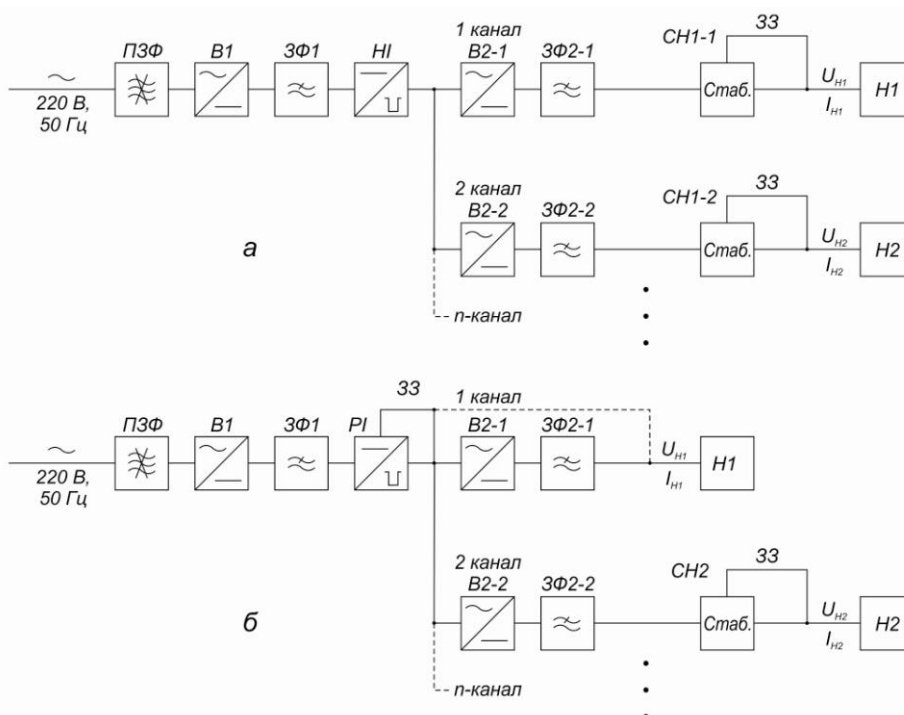


Рисунок 1.7 – Структурні схеми сучасних ДВЕЖ

Відомо [47], що основним джерелом завад в захищеному діапазоні є високочастотні інвертори, структуру яких для потужних ЗТС, зазвичай, реалізують за мостовою (рис. 1.8,г) або напівмостовою (рис. 1.8,в) схемами. Зазначені структури притаманні також звуковим підсилювачам класу D.

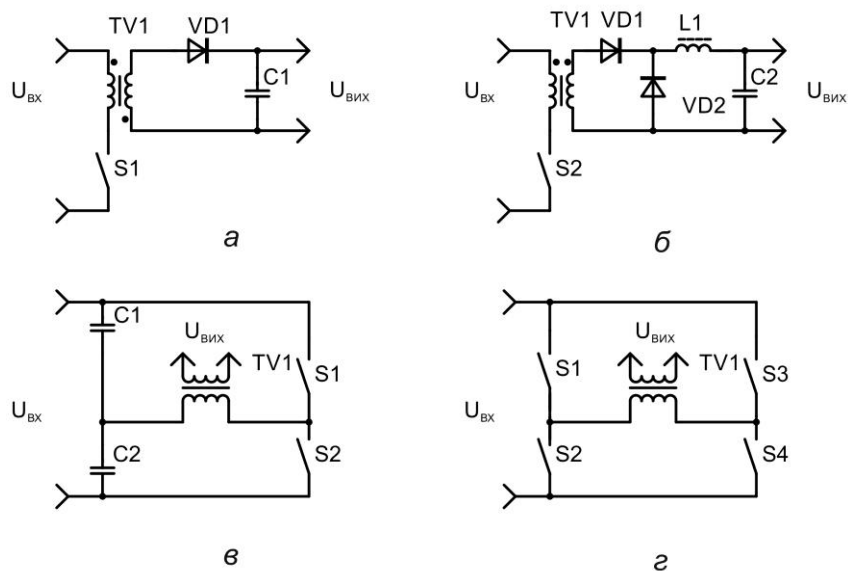


Рисунок 1.8 – Типові структури силових каскадів сучасних НПП

В НПП ЗТС малої потужності застосовують структури силових каскадів за схемами конверторів однотактного зворотного та прямого, відповідно, рис.1.8,а та 1.8,б.

Тому забезпечити ЕМС ЗТС великої потужності з підсилювачами класу D (рис. 1.9) та ДВЕЖ з БТВ без застосування ПЗФ неможливо.

Вихідний сигнал з такого підсилювального каскаду проходить через фільтр нижніх частот, перед тим як досягне гучномовця, тому що цей сигнал являє собою модульовані імпульси, а не аналоговий сигнал, який можна подати на гучномовець.

В спектрі звукового сигналу в разі застосування сігма-дельта модуляції наявні разом з низькочастотними складниками також високочастотні. Зазвичай, внаслідок високих ККД таких підсилювачів, рівні завад також можуть перевищувати гранично допустимі.

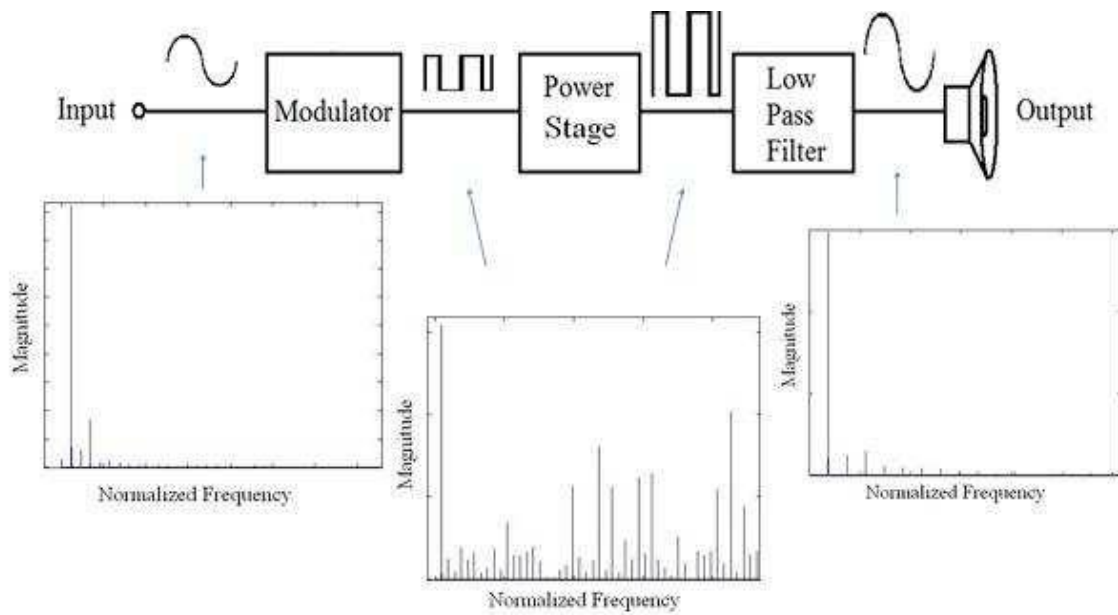


Рисунок 1.9 – Типова схема звукового підсилювача потужності класу D з зазначенням спектральних характеристик сигналів в тракті

На рисунку 1.10 наведено спектр сигналу частотою 2 кГц, дискретизований частотою 10 МГц, імітаційне моделювання проведено в програмному середовищі MATLAB. Типовий спектр сигналу на виході дельта-сигма модулятора до фільтра містить явно виражені спектральні складники в низькочастотній області.

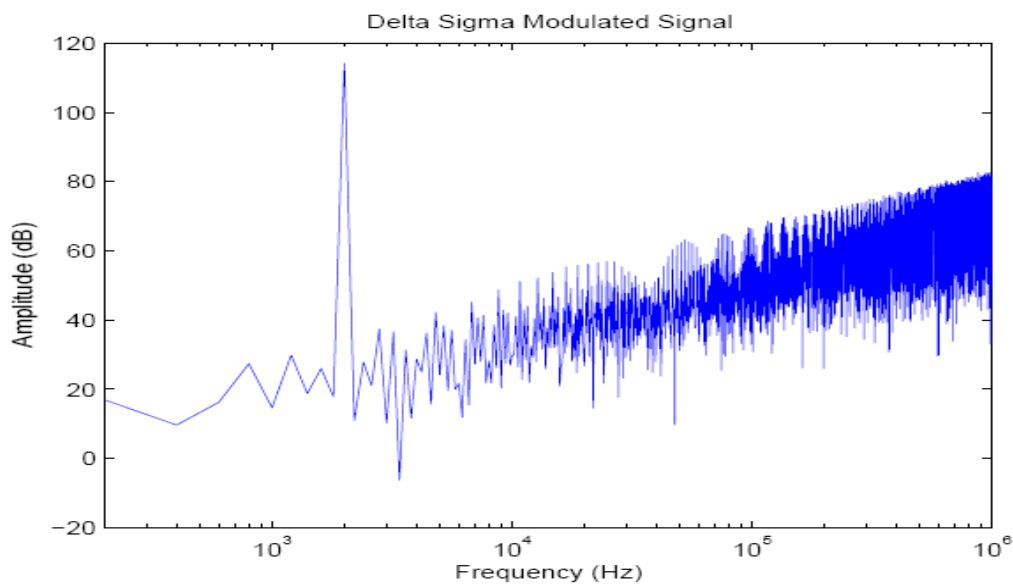


Рисунок 1.10 – Спектр тонального сигналу частотою 2 кГц з дельта-сигма модуляцією за частоти 10 МГц

Сигнал з частотою 2 кГц добре виділяється, але навколо нього присутня велика кількість шумів, які потрібно відфільтрувати. Існує кілька способів відфільтрувати шуми та завади, які можна класифікувати в залежності від типу шуму.

Застосування цифрової обробки сигналів в структурі ЗТС, завади від якої мають імпульсну або аналогову природу, а система ЦОС оперує цифровими даними, зумовило ряд специфічних проблем. Для ефективної роботи інтелектуального ПЗФ у реальних умовах необхідний аналоговий інтерфейс введення-виведення, що вимагає застосування АЦП. У системах ЦОС, які можна застосувати в ПЗФ для ЗТС для управління в режимі реального часу, інтерфейс введення-виведення є слабкою ланкою, оскільки він вносить затримку яку важко обмежити та збільшує час адаптації. Тому застосування дискретного принципу управління виконавчими елементами ПЗФ [44], які забезпечують зміну параметрів ланок, має свої переваги.

Це зумовило виключення можливості застосування попереднього налаштування на відповідні смуги фільтрів (ланок). Тому застосований відомий підхід в засобах обмеження рівня кондуктивних завад на основі ПЗФ, що містить Г-подібні ланки фільтра нижніх частот. На основі врахування особливості прояву паразитних резонансних контурів, впливу елементів конструкції і шляхів поширення завад, можлива адаптація параметрів. На рис. 1.11 наведено схемну модель такої ланки - з урахуванням паразитних параметрів основних компонентів, паразитних параметрів конструкції і шляхів поширення. У моделі поряд з регулярними параметрами дроселя  $L_{w1}$ ,  $L_{w2}$ , конденсаторів за симетричним  $C_x$  і несиметричним  $C_{y1}$ ,  $C_{y2}$  шляхом враховані паразитні міжвиткові  $C_{Lw1}$ ,  $C_{Lw2}$  і міжобмоткову  $C_{Lw1-w2}$  ємності дроселя, паразитні індуктивності симетричних  $L_{Cx1}$  і несиметричних  $L_{Cy1}$ ,  $L_{Cy2}$  конденсаторів, а також розподілені ємності  $C_{к-3}$  корпусу (осердя) дроселя щодо уземлювального провідника.



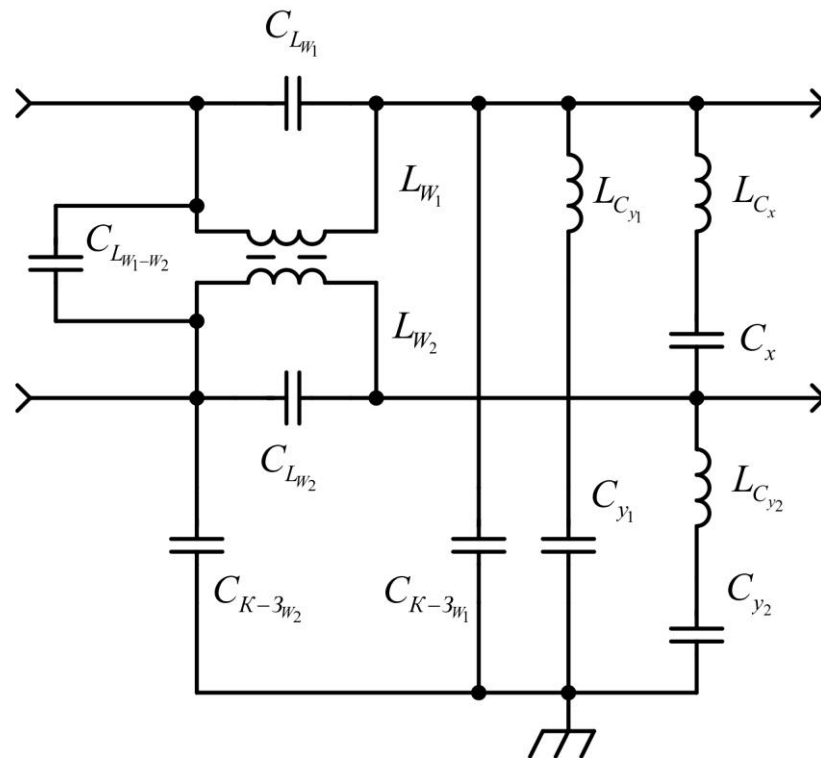


Рисунок 1.11 - Схемна модель Г-подібної ланки двопровідного ПЗФ з урахуванням паразитних параметрів основних компонентів, паразитних параметрів конструкції і шляхів поширення завад.

Необхідно визначити вплив відповідних резонансних частот на ефективність таких засобів.

Структурну схему удосконалення типової системи ЦОС, яка застосована в інтелектуальному ПЗФ [26, 49] з адаптацією в реальному часі, наведено на рис. 1.12.

Аналоговий вхідний фільтр застосовують для обмеження смуги частот вхідного аналогового сигналу перед його перетворенням в цифрову форму, щоб зменшити накладення дискретних спектрів (так званий антиелайсінговий). АЦП трансформує аналоговий вхідний сигнал в цифрову форму. Після цифрової обробки в процесорі можлива генерація сигналу управління параметрами ПЗФ для адаптації структури до спектральних складових, властивих звуковому контенту, в захищаємій смузі частот. Головний вузол системи, представленої на рис. 1.12, - мікроконтролер або цифровий сигнальний процесор. Цифровий

процесор може виконувати один з декількох алгоритмів ЦОС і відобразити вхідну послідовність  $u(n)$  у вихідну  $u^y(n)$  без перетворення в аналоговий сигнал.

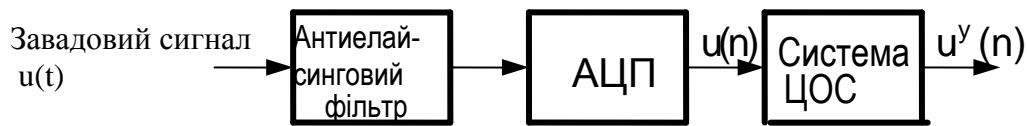


Рисунок 1.12 - Структурна схема узагальненої системи керування інтелектуального ПЗФ для ЗТС в режимі реального часу

Недоліком відомих рішень [18] є, по-перше, дискретність перебудови власних резонансних частот ПЗФ, по-друге, обмежений діапазон їх варіювання, і відсутність можливості активного загасання. Тому дослідження і розробка нових методів і засобів забезпечення ЕМС є актуальною науковою задачею, яка передбачає необхідність обґрунтувати вибір раціонального способу обмеження рівнів завад в ЗТС, що використовують високопродуктивні мікроконтролери або цифрові сигнальні процесори, довести можливість і доцільність побудови інтелектуальних ПЗФ, які виконують разом з функцією обмеження завад також функцію моніторингу ЕМО, реалізуючи налаштування АЧХ передатної функції на реальний рівень завад, запропонувати рішення, що дозволяють в реальному часі адаптувати параметри ПЗФ за критерієм ЕМС.

## Висновки за розділом 1

1. Сучасні звукотехнічних системи внаслідок наявності декількох каскадів НПП є джерелами кондуктивних завад, концентрованих в нижній частині захищеного діапазону, та забезпечити електромагнітну сумісність яких неможливо без застосування відповідних методів і засобів.

2. Відомі пасивні протизавадні фільтри мають конструктивні і схемні обмеження, що не дозволяють простим масштабуванням збільшувати внесене згасання для забезпечення ЕМС на критичних частотах.

3. Удосконалення інтелектуальних протизавадних фільтрів як основного засобу забезпечення ЕМС кондуктивними шляхами дозволить з урахуванням реальної ЕМО ефективно обмежувати рівень завад.

4. Для оцінки можливості підвищення ефективності інтелектуальних ПЗФ необхідно виявити причини обмежень, що накладаються особливостями як методів регулювання параметрів ПЗФ, так і сучасних технологій обробки звукових сигналів.

## РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖНИХ ПРОТИЗАВАДНИХ ФІЛЬТРІВ ЗВУКОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

### 2.1 Оцінка ефективності протизавадних фільтрів з урахуванням паразитних параметрів елементів і шляхів поширення завад в звукотехнічних системах

Для цього проведемо моделювання основних прототипів ПЗФ - фільтрів мережних протизавадних захисних (ФМПЗЗ) [26]. Відмінність типів полягає в значенні робочого струму, а також у відповідних параметрах індуктивних та ємнісних елементів.

Проаналізуємо три типи фільтрів, кожний з яких має три Г-подібні ланки і одну П-подібну.

Особливістю мережних протизавадних фільтрів є необхідність раціонального розподілу за смугою захищених частот послідовних ланок. В окресі нижчих частот регулярні параметри дроселя та конденсатора достатньо великі, що вимагає застосування відповідно компонентів з порівняно великих розмірів, отже й з великими паразитними параметрами. В окресі нижчих частот може бути доцільним цю ланку виконати як двокаскадну. У більш високочастотній смузі частот, відповідно, реактивні регулярні й паразитні параметри компонентів є меншими. Це стосується також і більш високочастотних діапазонів захищеної смуги частот, що ускладнює процес проектування мережних протизавадних фільтрів.

На рис.2.1 наведено схемну модель фільтра з урахуванням паразитних параметрів елементів типу ФМПЗЗ-1-3. Тут елементи L1, L4, L7 і C2, C5, C8 позначають основні параметри відповідно дроселів і конденсаторів ПЗФ, а L2, L5, L8 і C1, C4, C7 - їх паразитні параметри. Елементи схемної моделі L9- L11 і C9- C11 враховують паразитні параметри сполучних проводів і обмежувача викидів напруги [59]. Загальне внесене згасання ілюструє рис.2.2. Активними втратами у ПЗФ нехтуємо внаслідок режиму холостого ходу і істотно меншого порядку в

порівнянні з втратами потужності в потужних блоках радіоелектронних систем [49].

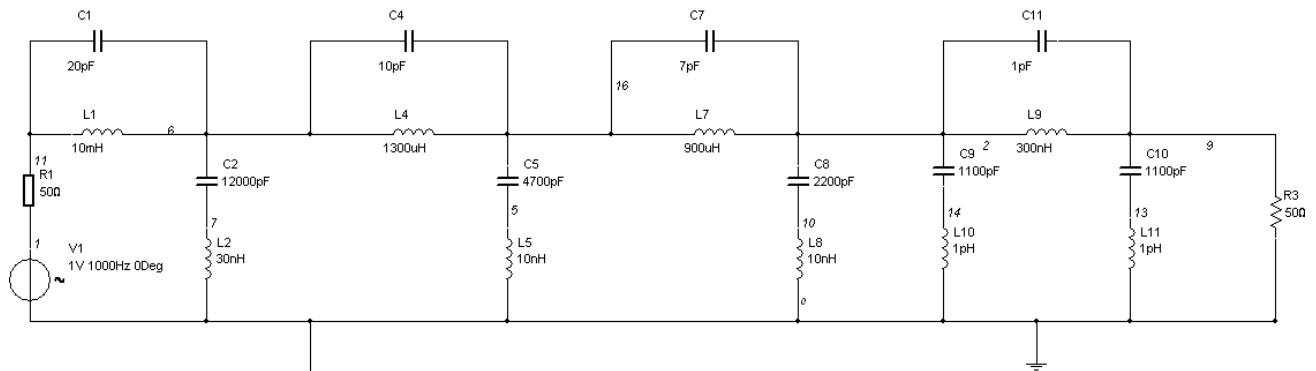


Рисунок 2.1 – Схемна модель фільтра типу ФМПЗЗ-1-3

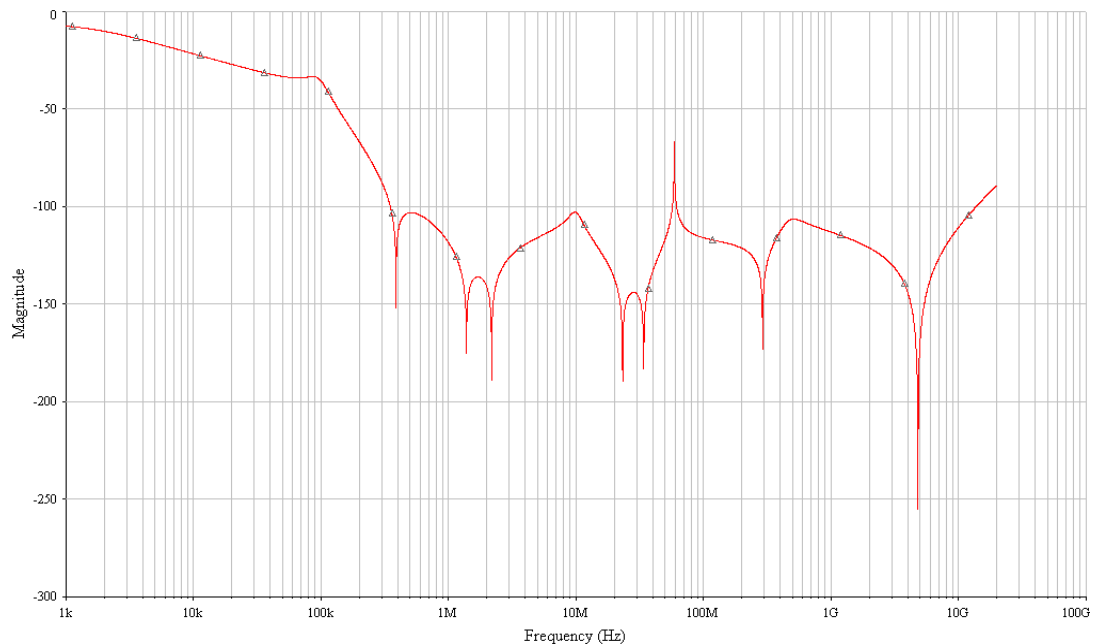


Рисунок 2.2 – Внесене загасання фільтра типу ФМПЗЗ-1-3

Для визначення особливостей залежності вношуваного загасання ПЗФ необхідно оцінити відповідні результати моделювання для фільтра типу ФМПЗЗ-1-6 та ФМПЗЗ-1-10 зі струмами силою 6 А та 10 А відповідно.

Позиційні позначення схемних моделей цих фільтрів відображають відповідні параметри елементів, які були визначено для рис.2.1 [26]. Основні і паразитних параметри елементів наведено в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Відповідні позиційним познам значення індуктивностей фільтра типу ФМПЗЗ-1-6 та ФМПЗЗ-1-10

Тип/Познака	L1	L2	L4	L5	L7	L8	L9	L10	L11
ФМПЗЗ-1-6	6,3 мГ	30 нГ	62 мкГ	25 нГ	64 мкГ	12 нГ	1 пГ	1 пГ	18 нГ
ФМПЗЗ-1-10	150 мГ	50 нГ	1,66 мкГ	25 нГ	5 мкГ	15 нГ	1 пГ	1 пГ	300 нГ

Таблиця 2.2 – Відповідні позиційним познам значення ємностей фільтра типу ФМПЗЗ-1-6 та ФМПЗЗ-1-10

Тип/Познака	C1	C2	C4	C5	C7	C8	C9	C10	C11
ФМПЗЗ-1-6	17 пФ	18 нФ	12 пФ	8,2 нФ	5 пФ	4,7нФ	2,35 нФ	2,35 нФ	1 пФ
ФМПЗЗ-1-10	25 пФ	1,5 мкФ	10 пФ	0,68 мкФ	10 пФ	0,33мкФ	0,11 мкФ	0,11 мкФ	1 пФ

Загальне внесене згасання таких фільтрів містить також "резонансні" сплески та провали, подібні до результатів моделювання ФМПЗЗ-1-3 за кількістю, що визначено однаковою структурою, але не за частотами локалізації.

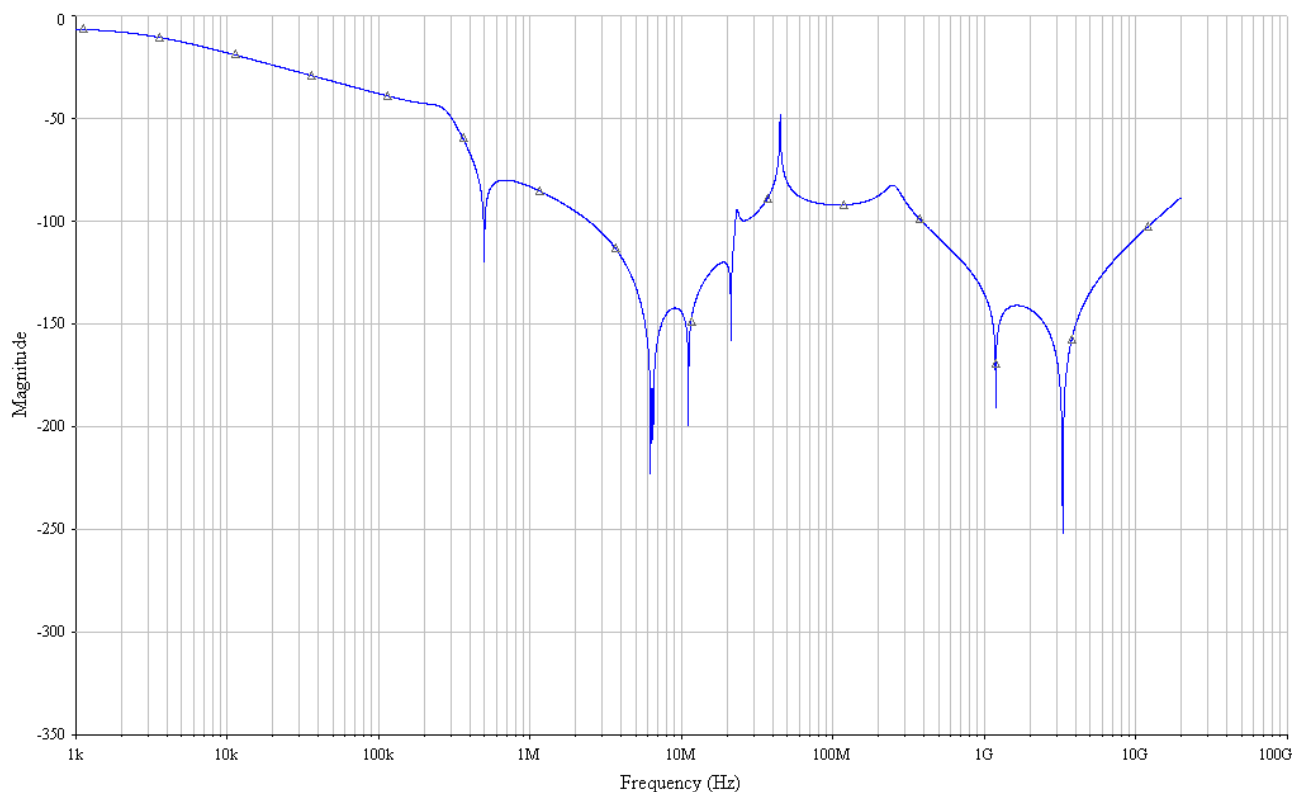


Рисунок 2.3 – Внесене загасання фільтра типу ФМПЗЗ-1-6



Рисунок 2.4 – Внесене загасання фільтра типу ФМПЗЗ-1-10

Результати проведеного моделювання дозволяють стверджувати, що триланкова структура ПЗФ забезпечує захист в смузі частот від 10 кГц до 20 ГГц.

Важливою особливістю наведених результатів є наявність суттєвої нерівномірності АЧХ в захищаємій смузі частот.

У зв'язку зі збільшенням номенклатури елементної бази [59] можна підібрати дещо краще рішення щодо вибору обмежувача сплесків напруги. Цього достатньо, щоб захистити пристрій практично від будь-якого високовольтного розряду.

Електричний струм, що проходить через індуктивний елемент, викликає процеси перемагнічування магнітопроводу, які в свою чергу, спричиняють зміну значення індуктивності. Імітаційне моделювання дозволяє визначити різницю між внесеним загасанням в режимі холостого ходу і в робочому режимі (сила струму кола навантаження відповідає значенню номінального струму для даного фільтра). Удосконалену імітаційну модель ПЗФ, реалізовану в сукупності рівнянь, що враховує змінення індуктивності дроселя залежно від струму навантаження, наведено на рис. 2.5.

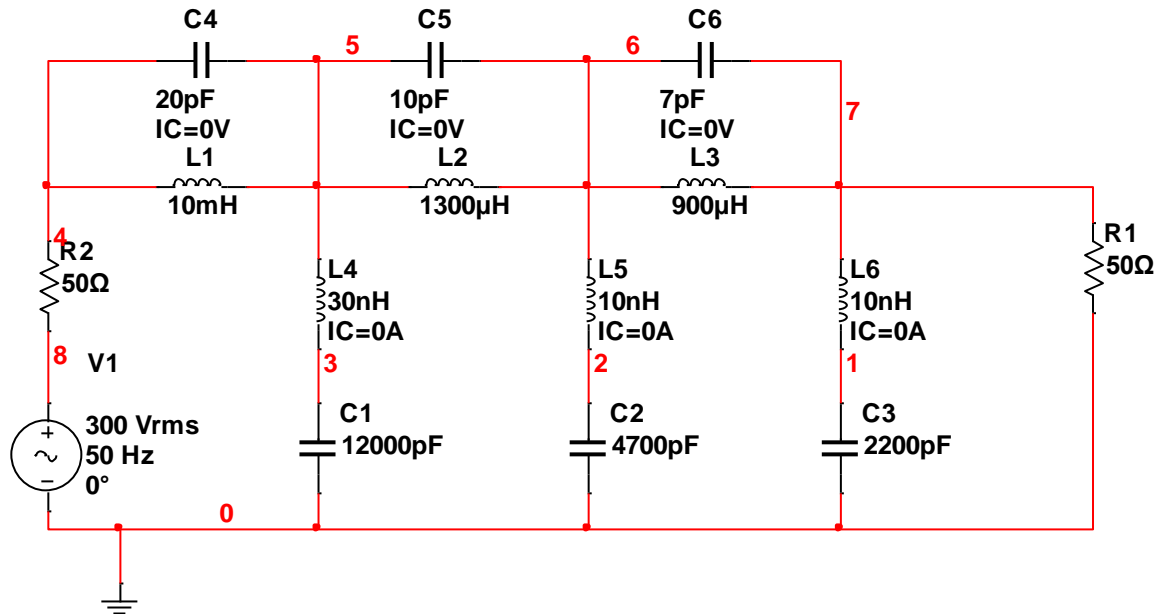


Рисунок 2.5 Схемна модель щодо імітації впливу сили струму в ПЗФ на параметри досліджуваного кола

При вихідному номінальній напрузі електричної мережі 220 В, номінальній силі струму кола навантаження 3 А і максимальному значенні сили струму витoku 3,5 мА проведено розрахунок параметрів фільтрів ФМПЗЗ-1-3. На виході фільтра застосовані прохідні фільтри типу Б23Б з власною ємністю 2200 пФ і індуктивністю 12 нГн. Вони забезпечують внесене згасання не менше 80 дБ в смузі частот до 18 ГГц.

А для фільтрів типу ФМПЗЗ-1-6 в результаті розрахунків при номінальній силі струму кола навантаження 6 А і максимальної значенні сили струму витoku 5 мА, застосовані прохідні фільтри типу Б23Б з власною ємністю 4700 пФ і індуктивністю 18 нГн. Вони забезпечують внесене згасання в межах 80 ... 120 дБ в смузі частот до 18 ГГц.

Також при розрахунку параметрів елементів фільтра типу ФМПЗЗ-1-10 при номінальній силі струму кола навантаження 10 А максимальне значення сили струму витoku становить 5% від сили струму кола навантаження. В результаті розрахунків обрані прохідні фільтри типу Б23Б з власною ємністю 0.22 мкФ і



індуктивністю 300 нГн. Вони також забезпечують внесене згасання 80 ... 120 дБ в смузі частот до 18 ГГц.

## 2.2 Визначення особливостей характеристик елементів інтелектуального протизавадного фільтру

Найбільш ефективним засобом для обмеження кондуктивних електромагнітних завад є ПЗФ [1, 23, 24, 28, 69], схемні моделі Г-подібної ланки ( $LC$  фільтр) якого наведено на рис.2.6. Особливістю аналізу функціонування базової ланки є врахування як регулярних параметрів, а саме індуктивності дроселя  $L$  та ємності конденсатора  $C$ , так і паразитних, а саме індуктивності виводів конденсатора  $L_C$ , міжвиткової ємності дроселя  $C_L$  та розподіленої ємності «корпус дроселя - уземлення»  $C_{к-з}$ .

Для обчислення співвідношення для визначення коефіцієнта загасання (коефіцієнт загасання – Attenuation) для однієї Г-подібної ланки цими припущеннями позначимо як

$$A = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} \approx \frac{Z_1}{Z_2}, \quad (2.1)$$

де  $Z_1$  – імпеданс послідовного відносно рецептора елементу ( $L$ ),

$Z_2$  – імпеданс паралельного елементу ( $C$ ).

Для схеми за рис. 2.6,а визначимо вираз для модуля  $A$ , як

$$A = \frac{X_L - X_C}{X_C} = \omega^2 LC - 1 = \left( \frac{f}{f_{p1}} \right)^2 - 1 \approx \left( \frac{f}{f_{p1}} \right)^2, \quad (2.2)$$

де  $X_L = \omega L$  – модуль індуктивного реактансу,

$X_C = 1/\omega C$  – модуль ємнісного реактансу.

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad (2.3)$$

де  $f_{p1}$  – частота резонансу фільтра на ділянці низьких частот.

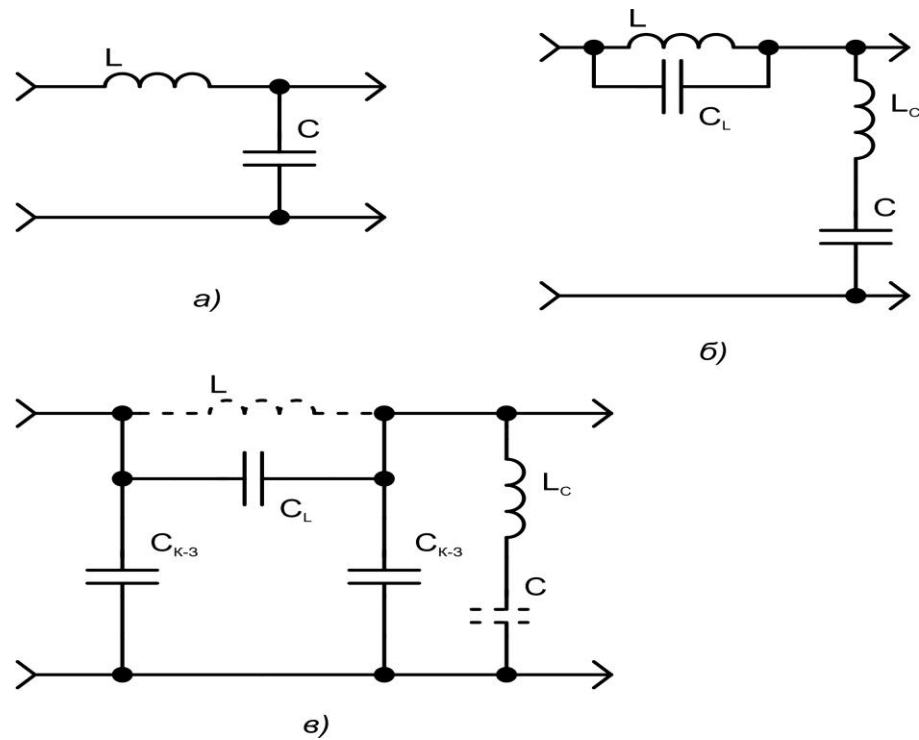


Рисунок 2.6 - Схемні моделі Г-подібної ланки LC фільтра:

- а) ідеалізована (актуальна на ділянках нижніх частот робочої смуги),
- б) з урахуванням паразитних параметрів основних елементів (актуальна на ділянках середніх частот робочої смуги),
- в) з урахуванням паразитних параметрів конструкції (актуальна на ділянках високих частот робочої смуги - суцільні лінії)

Визначимо добуток  $LC$  ( $L$  в мікрогенрі,  $C$  в мікрофарадах), за яким забезпечено задане значення  $A$  для нижньої ділянки частот:

$$LC = \left( \frac{159}{f_n} \right)^2 A_n, \quad (2.4)$$

де  $f_n$  – нижня частота робочої ділянки (одиниці кілогерц).

На середніх частотах (рис. 2.6,б) коефіцієнт загасання (за умови  $X_L \gg X_C$ ) визначено, як:

$$A = \frac{\sqrt{\frac{L}{C_L}} \cdot \left( \frac{\xi_1}{1 - \xi_1} \right)}{\sqrt{\frac{L}{C}} \cdot \left( \frac{\xi_2^2 - 1}{\xi_2} \right)} = \frac{f_{p4} f_{p2} f_{p3}}{f_{p1} f^2 \left[ \left( \frac{f_{p2}}{f} \right)^2 - 1 \right] \left[ 1 - \left( \frac{f_{p3}}{f} \right)^2 \right]}, \quad (2.5)$$

$$\text{де } \xi_1 = \frac{f}{f_{p2}},$$

$$\xi_2 = \frac{f}{f_{p3}},$$

$f_{p2} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_L}}$  - частота резонансу контуру з котушки індуктивності ( $L$ ) та з урахуванням її паразитного параметра  $C_L$ ,

$f_{p3} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_C C}}$  - частота резонансу контуру з конденсатора ( $C$ ) та з урахуванням його паразитного параметра  $L_C$ ,

,  
 $f_{p4} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_C C_L}}$  - частота резонансу на ділянці верхніх частот (контур з паразитних параметрів  $L_C$  і  $C_L$ ).

Для верхніх частот (рис. 2.6,в) для моделі однієї Г-подібної ланки коефіцієнт загасання дорівнює:

$$A = \frac{\frac{1}{\omega C_0} - \omega L_0}{\omega L_0} = \left( \frac{f_{p4}}{f} \right)^2 - 1. \quad (2.6)$$

За формулою (2.6) треба визначити частоту  $f_B$ , на якій значення  $A_B$  відповідає вимогам технічного завдання:

$$f_B = \frac{f_{p4}}{\sqrt{A-1}}. \quad (2.7)$$

Характеристика загасання такої ланки с урахуванням паразитних параметрів буде мати вигляд «гребінця» (рис. 2.7).

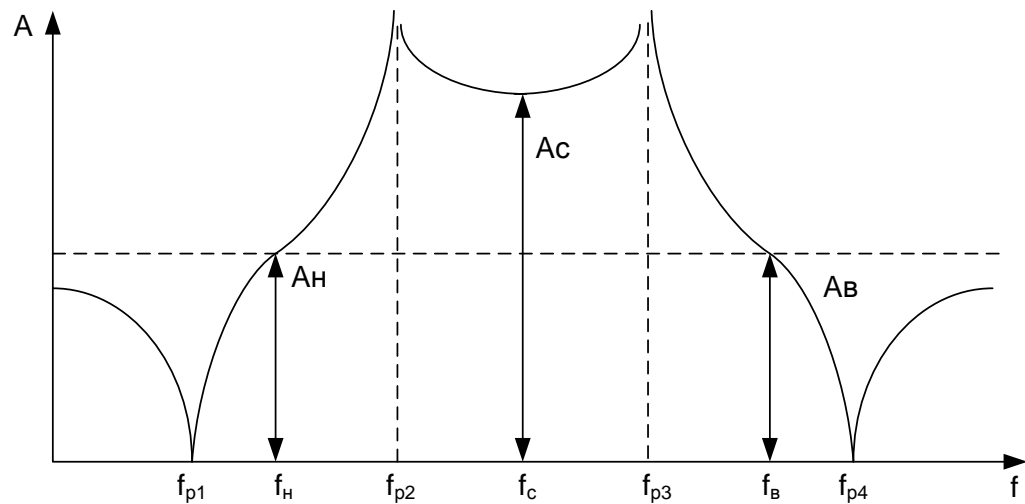


Рисунок 2.7 – Характеристика загасання  $LC$ -ланки с урахуванням паразитних параметрів  $L_C$  та  $C_L$

Аналіз залежності (рис. 2.7) доводить, що залежність  $A(f)$  має нетривіальний характер, тому для розрахунків значення  $A_C$  в певній смузі  $f_n \dots f_b$  поблизу  $f_c$ , мав би бути не менше, ніж задане значення за нижньої частоти смуги загасання  $A_H$  і  $A_B$  – за верхньої частоти смуги загасання.

В реальних системах електромагнітні завади поширюються в двох напрямках - в мережу електроживлення і в коло навантаження. Фільтри застосовують як для зниження рівня завад саме в джерелі завад, так і для зменшення завад, які надходять до рецептора ззовні.

Аналіз особливостей подібних структур протизавадних фільтрів обґрунтовує розроблення схеми електричної принципової та дозволяє визначити вимоги щодо обмежень на програмну частину системи, а особливості мікроконтролера фірми Silicon Laboratories C8051F120 обґрунтовує вибір конкретного типу для розробки схем пристроїв нового покоління програмно-технічної системи захисту звукотехнічної апаратури колами електроживлення. У таблиці 2.3 відзначені основні електричні параметри.

Таблиця 2.3 - Основні електричні параметри

Параметр	Умова	Мін.	Тип.	Макс.	Од. вим.
Напруга джерела живлення аналогових модулів	SYSCL=0...50 МГц	2.7	3.0	3.6	В
	SYSCL>50 МГц	3.0	3.3	3.6	В
Струм живлення аналогових модулів (активних)			1,7		мА
Струм живлення аналогових модулів (відключених)			0,2		мкА
Різниця між напругами живлення аналогових і цифрових кіл (VDD – AV+)				0.5	В
Напруга живлення цифрових кіл (VDD)	SYSCLK = 0 ... 50 МГц	2,7	3,0	3,6	В
	SYSCLK > 50 МГц	3,0	3,3	3,6	В
Струм живлення ЦП та цифрових модулів (активних)	VDD=3.0В, Частота = 100 МГц		65		мА
	VDD=3.0В, Частота = 50 МГц		35		мА
	VDD=3.0В, Частота = 1 МГц		1		мА
	VDD=3.0В, Частота = 32 кГц		33		мкА
Струм живлення ЦП та цифрових модулів (неактивне, відсутність звернення до Flash пам'яті)	VDD=3.0В, Частота = 100 МГц		40		мА
	VDD=3.0В, Частота = 50 МГц		20		мА
	VDD=3.0В, Частота = 1 МГц		0,4		мА
	VDD=3.0В, Частота = 32 кГц		15		мкА
Струм живлення в режимі сну	Генератор зупинен		0,4		мкА
Напруга зберігання даних ОЗУ			1,5		В
SYSCL	VDD, AV+=2.7-3,6В	0		50	МГц
	VDD, AV+=3.0-3,6В	0		100	МГц
Робоча температура		-40		+85	°С

Розроблено функціональну схему ключа IPS7081 (R) (S) PbF (рис. 2.9) Даний ключ є потужним МОН транзистором з схемою управління і температурного захисту.

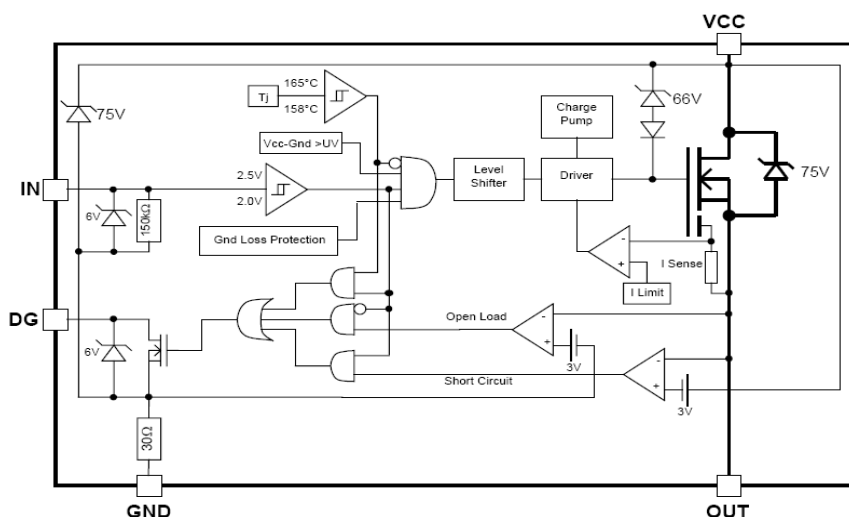


Рисунок 2.9 – Функціональна схема IPS7081(R)(S)PbF

### 2.3 Моделювання показників ефективності засобів забезпечення ЕМС напівпровідникових перетворювачів звукотехнічних систем

Доцільно визначити, як зміна параметрів ланки і фільтра в цілому через обмеження на методи їх регулювання [64] вплине на діапазон перебудови частот провалів в АЧХ ПЗФ.

Для цього в середовищі імітаційного моделювання Electronic Work Bench (Multisim v.10) [66] було проведено моделювання визначення ефективності ПЗФ за критерієм мінімуму внесеного загасання. Імітацію робочого режиму ПЗФ забезпечено відповідним опором навантаження при відомому значенні напруги електромережі (рис.2.10).

На цьому рисунку наведено схемні моделі ПЗФ в робочому режимі для сили струму навантаження відповідно 6 А з імітацією зміни паразитних параметрів регулярних елементів. Проведено визначення діапазону зміни частотних максимумів і мінімумів в характеристиці внесеного загасання ПЗФ, обумовлених впливом змін паразитних параметрів на порядок як зі збільшенням, так і зменшенням щодо значень, встановлених експериментально [26].

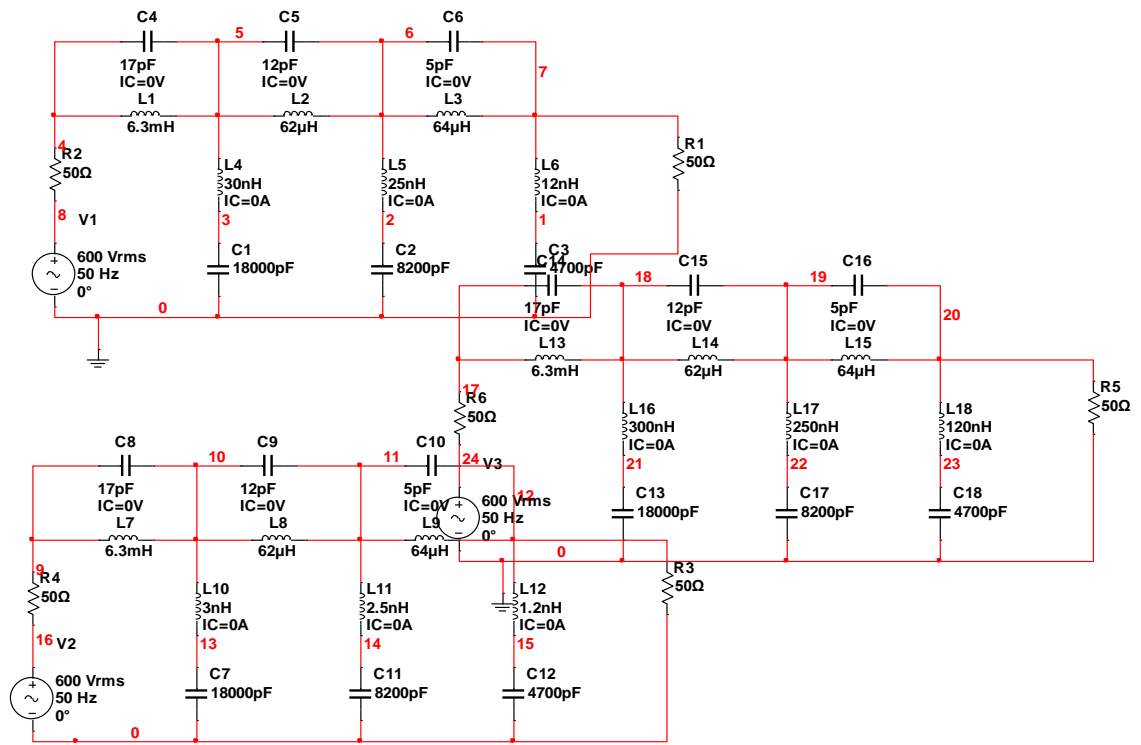


Рисунок 2.10 - Імітаційні моделі ПЗФ з урахуванням паразитних параметрів  $L_C$  і  $C_L$  в робочому режимі для сили струму навантаження 6 А при зміні значення  $C_L$  на порядок щодо значень по вихідній схемі: (а) паразитних індуктивностей конденсаторів вгору - збільшення (б) і вниз - зменшення (в).

Результат впливу таких змін ілюструє рис.2.11, на якому відповідно наведені результати імітаційного моделювання схеми по рис. 2.10, з базовими параметрами (синій колір), а також при зміні в 10 разів більше (зелений колір) або менше (червоний колір) виміряного паразитного параметра конденсаторів ПЗФ, тобто індуктивності  $L_C$ .

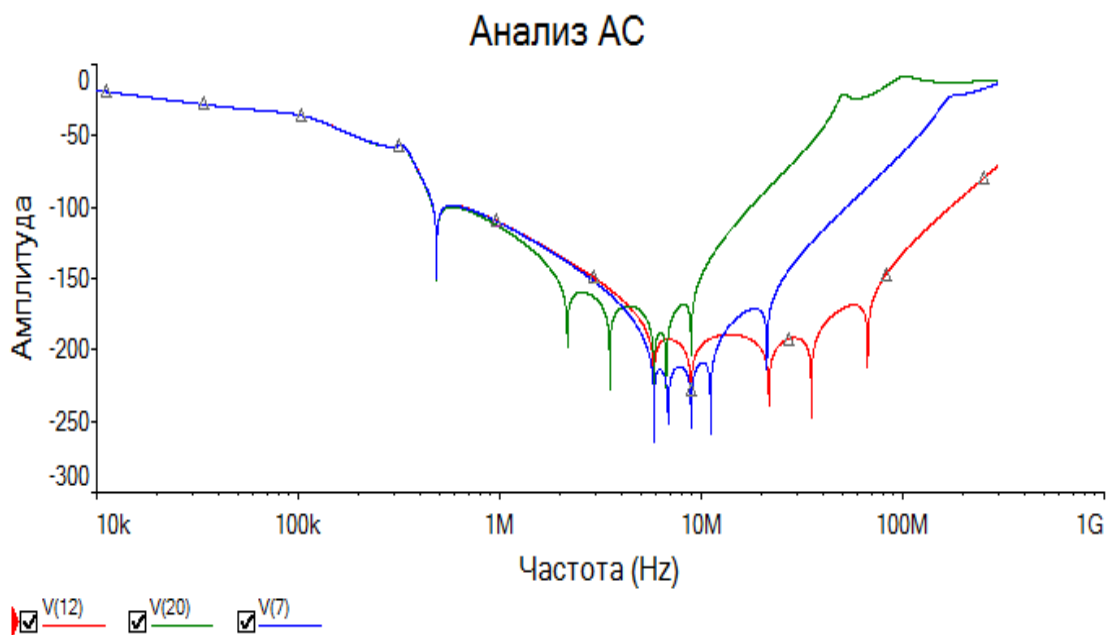


Рисунок 2.11 - Характеристики загасання ПЗФ з урахуванням зміни параметра одного з елементів ПЗФ при силі струму 6 А при номінальному значення паразитної індуктивності конденсаторів (синій колір), при збільшенні на порядок (зелений колір) і зменшенні на порядок (червоний колір)

Таке моделювання проводилося для трьох базових схем ФМПЗЗ - на 3, 6 і 10 А, причому досліджувався вплив всіх основних паразитних параметрів регулярних елементів - як дроселів, так і конденсаторів (Додаток А).

Таким чином встановлено, що регулюванням параметрів можна адаптувати внесене згасання так, щоб максимум внесеного загасання, в децибелах (дБ), переміщався в смугу частот, де сконцентровані завади. Перебудова можлива в межах 300%. Тим самим можна забезпечувати електромагнітну сумісність, задовольнивши вимоги норм - наприклад, міжнародний стандарт [76] нормує рівень емісії завад від устаткування, що підключаються до промислової електричної мережі з струмом споживання до 16 А на рівні 73 дБ відносно 1 мкВ.

Система керування основним параметром дроселя підмагнічуванням осердя містить АЦП (можлива керована розрядність), мікроконтролер (МК), блок пам'яті (БП), де зберігаються константні значення  $\sin$  і  $\cos$ , компаратор (К), ЦАП, генератор ШІМ (ГШ), а також шини передачі даних і шини синхронізації.

Блок-схема алгоритму роботи системи керування параметрами дроселя ПЗФ представлена на рис.2.12



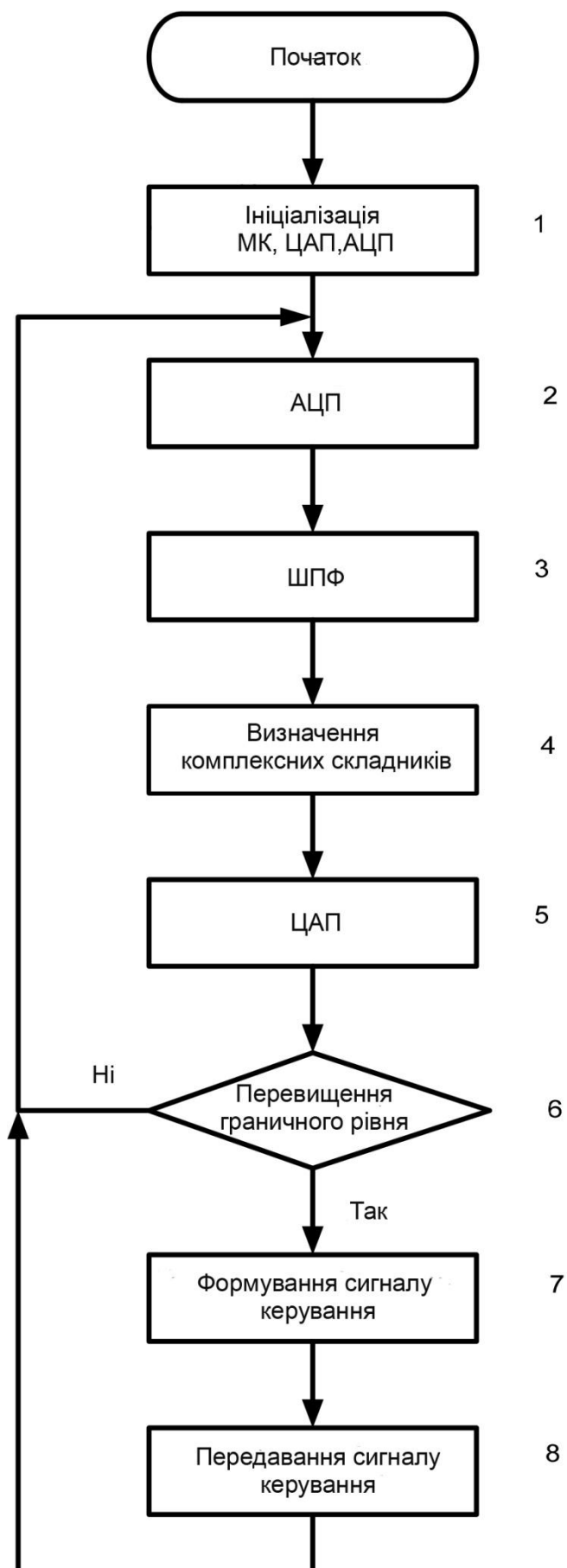


Рисунок 2.12 – Блок-схема алгоритма

На основі блок-схеми алгоритму була розроблена програмна частина пристрою [90] при використанні в структурі інтелектуального ПЗФ мікроконтролера типу C8051F120 [26].

Програму з використанням таймерів доцільно застосовувати в разі низькочастотної ШІМ, що найбільш характерно для звукового контенту, що містить мова або звуки музичних інструментів з максимумом енергії в низькочастотній області спектра. Блок схему програми на мові С з використанням таймерів наведено на рис.2.13.

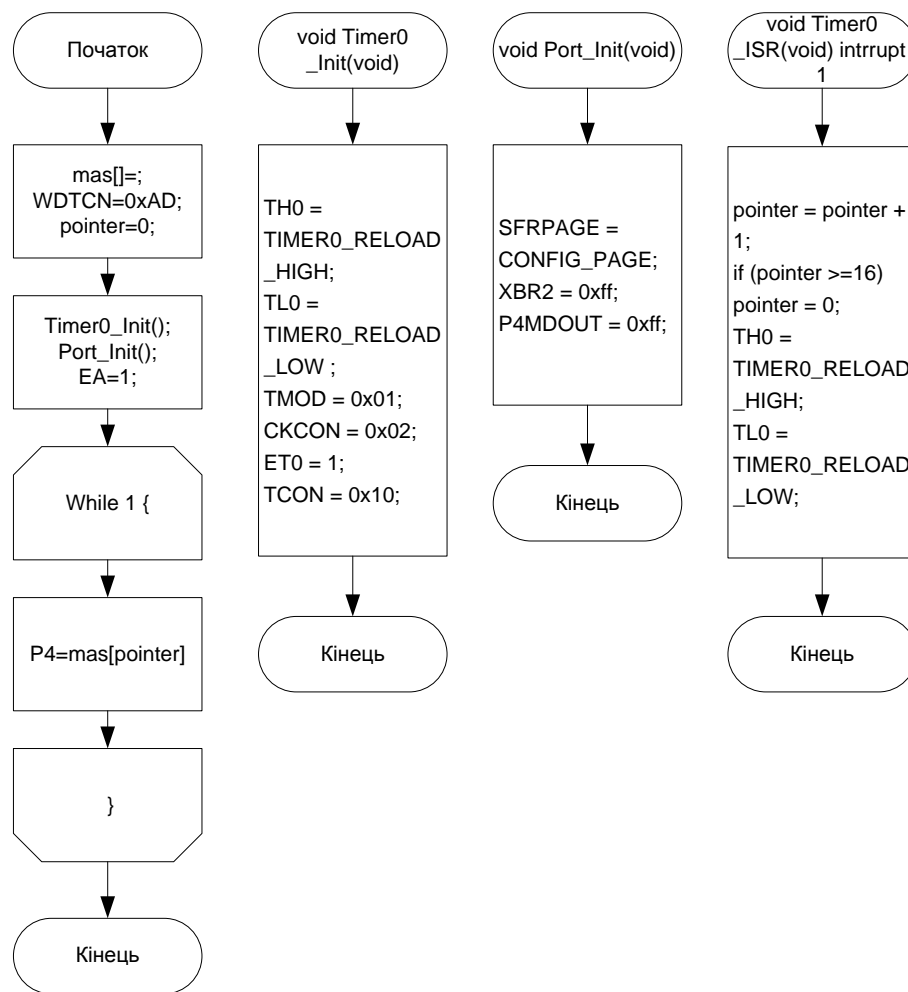


Рисунок 2.13 –Блок схема програми на мові С з використанням таймерів.

Також дана програма характеризується обмеженням щодо застосування лише 5 таймерів для генерації ШІМ послідовностей формування гармонійних (тональних) сигналів. Її перевага полягає в тому, що вона передбачає значно

більш спрощену процедуру зміни частоти, форми і фази сигналів як з метою підмагнічування, так і інших застосувань.

## **Висновки за розділом 2**

1. Результати імітаційного моделювання ефективності ПЗФ підтверджують істотну нерівномірність їх АЧХ.

2. Розроблена імітаційна модель дозволяє опосередковано враховувати номінальне значення робочого струму ПЗФ шляхом варіювання індуктивності дроселів з осердями з феромагнітного матеріалу.

3. Показано, що істотне (на порядок) зміна як регулярних, так і паразитних параметрів ланок ПЗФ забезпечує переміщення провалів АЧХ в широкому діапазоні частот, з діапазоном перебудови 300%.

4. Особливості звукового контенту зумовили необхідність формування низькочастотної ШІМ, що найбільш ефективно в разі переважання мови або звуків музичних інструментів з максимумом енергії в низькочастотній області спектра.

## РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ АДАПТАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПРОТИЗАВАДОВИХ ЗАСОБІВ ДО ЗМІН ЗАВАДОВОЇ ОБСТАНОВКИ ПРИ РОБОТІ ЗВУКОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

### 3.1 Визначення обмежень на діапазон регулювання АЧХ інтелектуального протизавадного фільтра

Аналіз результатів моделювання ефективності багатоланкових ПЗФ, проведеного в підрозділі 2.1 показав, що зміна на порядок базової величини основного або паразитного параметра елементів ланки дозволяє зміщувати мінімуми АЧХ в істотних межах, починаючи з частоти 1 МГц (див. рис.2.10).

Оцінимо діапазон зміни індуктивності дроселя за методом, описаним в роботах [27, 68]. Сутність методу полягає в тому, що в додатковій обмотці на осерді дроселя ПЗФ подають послідовність однополярних імпульсів, які забезпечують підмагнічування постійним струмом. Даний підхід дозволяє змістити робочу точку на петлі перемагнічування в перший квадрант. Таке рішення можна ілюструвати рис.3.1, на якому показана часткова петля перемагнічування дроселя ПЗФ в робочому режимі, реалізованому за цим методом.

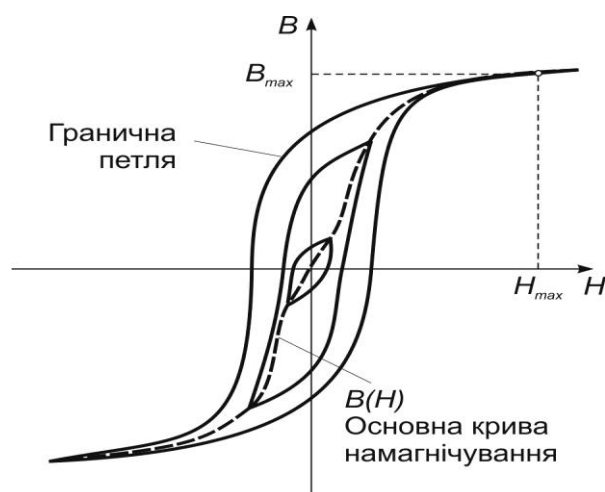


Рисунок 3.1 - Залежність магнітної індукції  $B$  осердя дроселя ПЗФ від напруженості магнітного поля  $H$

Кут нахилу часткової петлі перемагнічування прямо пропорційний абсолютній магнітній проникності дроселя  $\mu_a$ .

$$\mu_a = \Delta B / \Delta H. \quad (3.1)$$

Застосування постійного підмагнічування призводить до зміщення початкової точки за первісною кривою намагнічування, що, в свою чергу, і забезпечує пропорційну зміну індуктивності.

$$L_{др} = \mu_a W^2 S_c / l_c, \quad (3.2)$$

де  $W$  – кількість витків основної обмотки,  $S_c$  – площа перерізу осердя дроселя,  $l_c$  – довжина середньої лінії осердя дроселя.

Визначимо зміну кута нахилу для першого квадранта петлі перемагнічування в разі застосування фериту марки Н2000НМ (рис.3.2) [65].

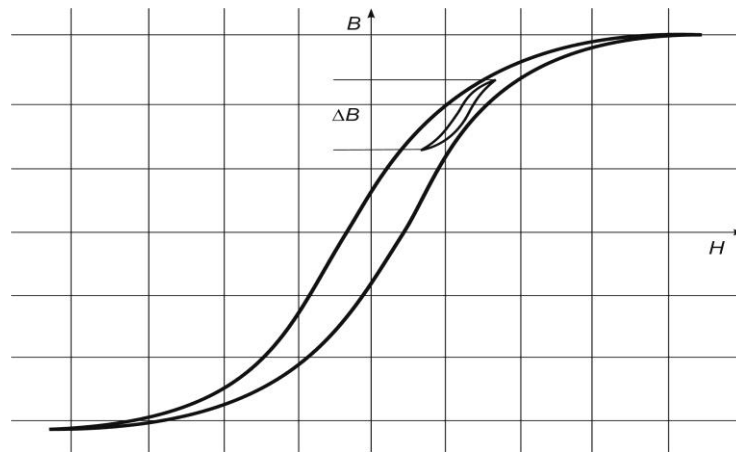


Рисунок 3.2 – Часткова крива перемагнічування в першому квадранті петлі перемагнічування фериту марки Н2000НМ

Умовно цю початкову криву можливо розподілити на три ділянки - нелінійну ділянку початкового намагнічування 1, лінійну ділянку намагнічування 2 і нелінійну ділянку поблизу області насичення 3.

Нелінійність першої ділянки обумовлена інерційністю магнітних доменів речовини, а кут нахилу початкової кривої намагнічування змінюється від нуля до максимального значення, характерного для цієї магнітної речовини. Нелінійність третьої ділянки обумовлена процесами насичення осердя, в результаті якого після орієнтування магнітних доменів в напрямку зовнішнього поля подальше збільшення напруженості зовнішнього магнітного поля не призводить до збільшення магнітної індукції. При цьому кут нахилу початкової кривої

намагнічування змінюється від максимального значення до нуля. Максимальне значення кута нахилу початкової кривої намагнічування характерно для другої ділянки.

Особливості процесів перемагнічування дозволяють зробити висновок про те, що відомий метод [18] зміни індуктивності дроселя ПЗФ, заснований на підмагнічуванні осердя постійним струмом, за умови оптимізації його основного параметра за критерієм забезпечення максимальної індуктивності для заданої напруженості магнітного поля, дозволяє здійснювати змінення тільки як зменшення значення індуктивності. Цим обумовлений перший недолік відомого методу.

Мінімальне значення в цьому випадку буде визначено абсолютною магнітною проникністю вакууму  $\mu_0 = 4 \pi 10^{-7}$  Гн/м, що забезпечить зменшення індуктивності на порядок для високочастотних матеріалів і на два-три порядки для низькочастотних.

Для порівняння наведемо петлю перемагнічування для високочастотного осердя - мю-пермалоя марки П (рис.3.3) [14].

Принцип притлумлення завад із застосуванням дроселя заснований на явищі виникнення проти-ЕРС на індуктивності при проходженні струму завади. Закон електромагнітної індукції дозволяє визначити значення цієї величини при переході від нескінченно малих змін магнітного потоку в часі до кінцевих величин як

$$e_{др} = - W \Delta\Phi/\Delta t, \quad (3.3)$$

де  $W$  – кількість витків основної обмотки,  $\Phi$  – магнітний потік в осерді, спричинений струмом завади, генерованої в захищеній смузі частот.

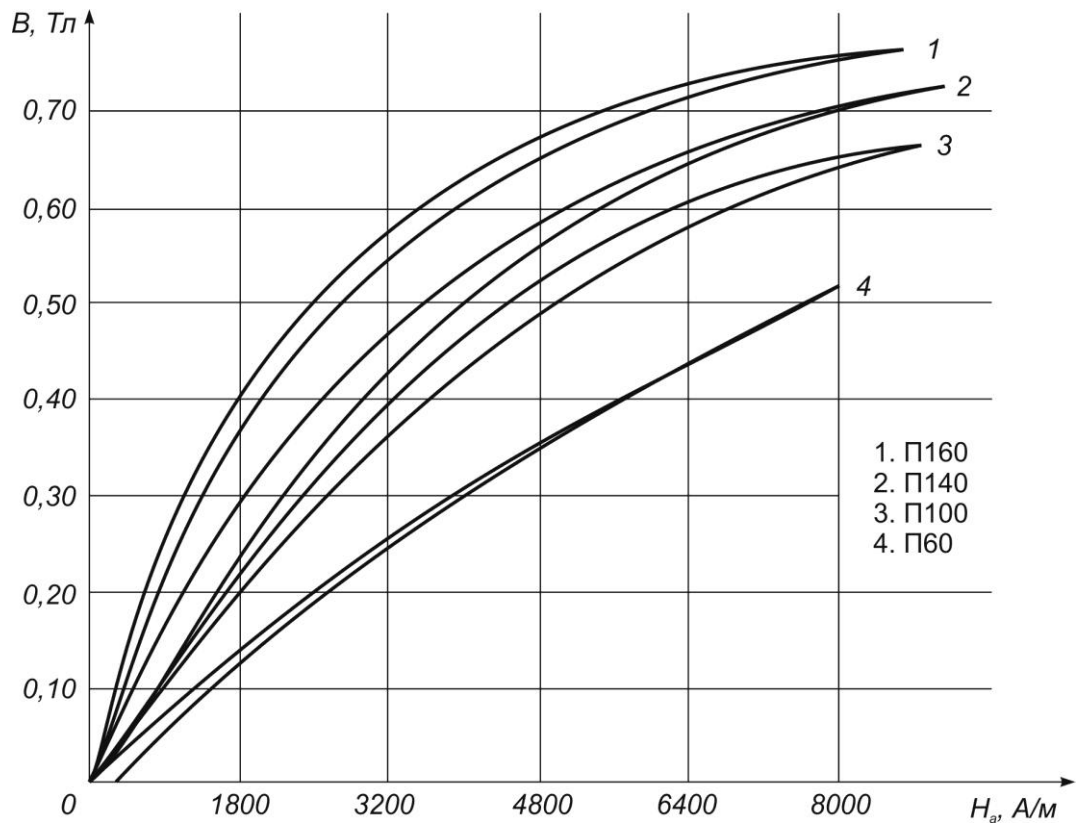


Рисунок 3.3 - Перший квадрант петлі перемагнічування мю-пермалою марки П, де наведено криві матеріалів з різною відносною магнітною проникністю, відповідно, 1 типу - 160, 2 – 140, 3 – 100 та 4 - 60

Оскільки зміна магнітного потоку  $\Delta\Phi$  в осерді дроселя за відомого значення площі його перетину прямо пропорційно зміні магнітної індукції

$$\Delta\Phi = S \Delta B, \quad (3.4)$$

то зменшення зміни магнітної індукції при постійному підмагнічуванні призведе до зменшення значення проти-ЕРС і, відповідно, до зменшення ефективності ПЗФ, а саме, зменшення його згасання.

Таким чином, другим недоліком відомого методу є зменшення діапазону зміни магнітної індукції при постійному підмагнічуванні не менше, ніж удвічі, що призводить до еквівалентного погіршення внесеного загасання щонайменш на 6 дБ.

Отже, бажано вдосконалити відомий метод адаптації параметрів ПЗФ на основі постійного підмагнічування осердя дроселя таким чином, щоб розширити

як діапазон частот, в якому можлива така адаптація, так і підвищити внесене згасання за умов відсутності необхідності розширення захищеної смуги частот.

Оскільки в третій ланці ПЗФ, що забезпечує усунення завад в високочастотному діапазоні захищеної смуги частот, застосовують зазвичай котушки індуктивності без осердя або елементи безвиткових прохідних фільтрів, то для цих ланок недоцільно або неможливо застосувати розглянутий вище відомий метод адаптації. Тому для таких ВЧ-ланок ПЗФ неможливо здійснювати плавну зміну частот мінімумів АЧХ ланки. Каскадна або покрокова зміна кількості витків або шунтування елементів прохідних фільтрів (див. рис.3.4) не дозволяє забезпечити плавність налаштування параметрів.

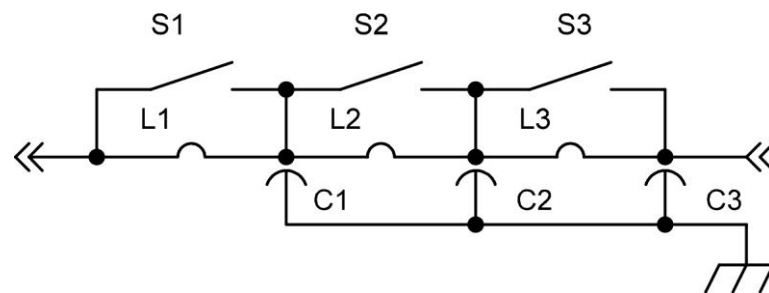


Рисунок 3.4 – Схемна модель ВЧ-ланки ПЗФ, яка забезпечує покрокову адаптацію індуктивності дроселя

Отже, ефективність таких рішень обмежена, причому для першого способу крок, з яким буде зменшуватися значення індуктивності, є ступеневою функцією кількості витків (див. формулу 3.1).

### **3.2 Удосконалення методів і засобу керування основними і паразитними параметрами ланок інтелектуальних протизавадних фільтрів**

Розглянемо технічні можливості, які дозволять вдосконалити відомий метод адаптації параметрів дроселя ПЗФ. Він передбачає наявність в подвоєному дроселі фільтра додаткової обмотки, [46], постійний струм підмагнічування якої може бути змінений за допомогою керування з ШІМ за результатами моніторингу завадової обстановки. Наявність цієї обмотки, без додаткової зміни конструкції



дроселя, вимагає оцінки можливостей сформувати схемним шляхом в колі інтелектуального керування динамічне підмагнічування змінним струмом.

Відомі технічні рішення, які широко застосовують в магнітному звукозаписі, пов'язані з визначенням рівня струму підмагнічування в залежності від частоти [16, 31]. Дані залежності базуються на аналізі тракту з урахуванням параметрів носія магнітного запису і особливостей його транспортування [43]. Врахування таких особливостей не потрібне в разі застосування концепції «чистих відсіків» в конструкції ПЗФ [47].

Процес ВЧП найчастіше описується моделлю Прейсаха. Властивості сердечника відображаються на діаграмі Прейсаха щільністю розподілу часток магнітної речовини  $\rho(H_b, H_m)$  за полями перемагнічування  $H_b$  і зміщення  $H_m$ .

Для тонкого елементарного шару магнітного матеріалу, вилученого від обмотки на відстань  $y$ , сумарну залишкову намагніченість можна визначити як:

$$M_r(l) = F(H_{\Sigma}) = 2 \cdot M_{rs} \cdot \int_Q \rho \cdot [H_b(l, y), H_m(l, y)] dH_b \cdot dH_m, \quad (3.5)$$

де  $Q$  — область залишкової намагніченості на діаграмі, що відбиває стан частинок, які змінили свою намагніченість під впливом зовнішнього поля;  $H_b(l, y) = H_{BЧ0}(l/v_3)h(x, y)$ ,  $H_l(l, y) = H_{30}(l/v_3)h(x, y)$ ,  $I = x - v_3t$ ,  $H_{BЧ0}(t)$  и  $H_{30}(t)$  — поля ВЧП з сигналом в немагнітному оточенні ( $x=0$ );  $h(x, y) = H(x, y)/H_0$  — відносний розподіл статичного поля осердя.

При цьому чинне сумарне поле

$$H_{\Sigma}(x, y, t) = H_3(x, y, t) + H_{BЧ}(x, y, t) = h(x, y)[H_{30}(t) + H_{BЧ0}\cos\omega_{BЧ}t], \quad (3.6)$$

де  $\omega_{BЧ}$  — частота ВЧП.

При відносно низькій щільності запису  $\Omega_3 v_3 \ll \omega_{BЧ}$  і досить великий  $\omega_{BЧ}$  область залишкової намагніченості в процесі ВЧП приймає форму трикутника, висота якого визначається рівнем поля сигналу або завади  $H_3$ , а її проекція на вісь  $H_b$  - рівнем поля ВЧП ( $H_{BЧ}$ ), як це ілюструє рис. 3.5.

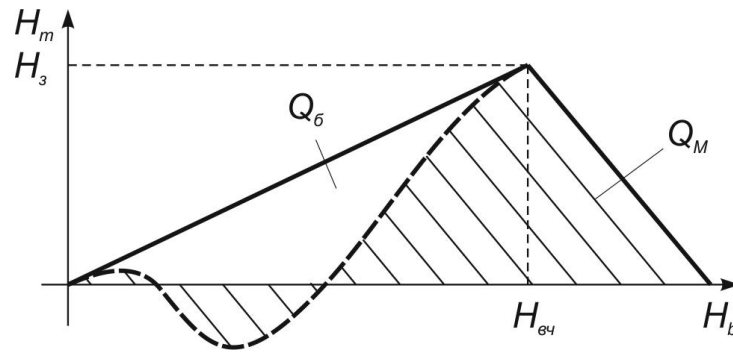


Рисунок 3.5 - Область залишкової намагніченості

Висота ділить цей трикутник на два прямокутних - великий з площею  $Q_б$  і малий з площею  $Q_M$ . Це дозволяє представити формулу (3.7) у вигляді суми інтегралів:

$$M_r(l, y) = 2 \cdot M_{rs} \cdot \left( \int_0^{H_{вч}} \int_0^{H_3 \cdot H_b / H_{вч}} \rho \cdot \mathbb{H}_b(l, y), H_M(l, y) \overline{d}H_b \cdot dH_M + \right. \\ \left. + \int_{H_3}^{H_3 + H_M} \int_0^{H_3 + H_{вч} - H_b} \rho \cdot \mathbb{H}_b(l, y), H_M(l, y) \overline{d}H_b \cdot dH_M \right) = M_{rb}(l, y) + M_{rM}(l, y) \quad (3.8)$$

Складова залишкової намагніченості  $M_{rM}$  впливає в основному на характеристики нелінійності процесу підмагнічування. Її слід враховувати в нелінійній моделі процесу при необхідності визначення характеристик намагнічування і нелінійних спотворень. У ряді випадків при цьому використовують видозмінену діаграму Прейсаха в координатах полів переходу  $H_+ = H_b + H_m$  і повернення  $H_- = H_m - H_b$ , що забезпечує однозначний зв'язок між координатами діаграми і поля [31].

При малому рівні завади  $H_3 \ll H_{вч}$  впливом  $M_{rM}$  можна практично знехтувати, а щільність  $\rho(H_b, H_M)$  за віссю  $H_M$  вважати рівномірною. Це дозволяє значно спростити формулу

$$M_r(l, y) \approx M_{r\bar{0}}(l, y) = 2 \cdot m \cdot M_{rs} \cdot \int_0^{H_{вч}} \rho \cdot \mathbb{H}_b(l, y) \overline{d}H_b \quad (3.9)$$

де

$$m = H_3 / H_{вч} = F_{M.3.} / F_{вч}. \quad (3.10)$$

Формула (3.9) є основою лінійної моделі процесу намагнічування. З її допомогою можна, наприклад, визначити характеристику підмагнічування - залежність  $M_r$  від рівня ВЧП.

На основі формули (3.9) оцінюють і хвильові характеристики процесу (АХХ і ФХХ) при гармонійному вхідному сигналі  $H_3 = H_{3,m} \cos(\omega t)$ . Результат намагнічування в комплексній формі при цьому записують у вигляді

$$M_r(\Omega) = |M_r(\Omega)| \cdot e^{-j\varphi(\Omega)}, \quad (3.11)$$

де  $|M_r(\Omega)|$  - АХХ (амплітудно-хвильова характеристика) і фазовий зсув залишкової намагніченості носія  $\varphi(\Omega)$  визначають за дійсним  $M_{rRe}(\Omega)$  і уявним  $M_{rIm}(\Omega)$  складниками, згідно з формулою (3.11).

Збільшення  $\Omega$  деформує область залишкової намагніченості в межах великого трикутника, як показано на рис. 3.5, що призводить до відповідної зміни  $|M_r(\Omega)|$  і  $\varphi(\Omega)$ .

Формула (3.11) дозволяє визначити характеристики залишкової намагніченості в різних елементарних шарах осердя з урахуванням основних характеристик і параметрів процесу намагніченості. Сумарний ефект визначається суперпозицією впливу кожного з шарів на вихідні характеристики засобів забезпечення ЕМС. У структурних схемах двовимірних моделей, що використовують при моделюванні для усунення неперервних завад, враховується розбиття щодо товстого робочого шару осердя на елементарні шари, рівномірним або з урахуванням градієнта поля осердя. В останньому випадку можна істотно збільшити продуктивність моделювання.

Обмеження шляхом спрощення наведених вище описів процесу намагнічування пов'язані в основному з обмеженнями моделі Прейсаха. Основні обмеження моделі визначаються постулатом про однорідність зовнішнього поля, що діє на частинки по осі їх легкого намагнічування незалежно від положення частки, і магнітного стану робочого шару. Якщо припущення слабкої залежності щільності розподілу  $\rho(H_b, H_m)$  від рівня намагніченості робочого шару

підтверджується експериментально (при відносно малих  $H_m$ ), то однорідність зовнішнього поля притлумлення завад не може бути гарантована навіть у тонкому елементарному шарі. Це викликано векторним характером поля, що змінюється за величиною і напрямком в межах робочого шару. Домінуючий вплив поздовжньої складової поля намагніченості на результати побічно підтверджується вимірюванням зсуву критичної зони при зміні поля ВЧП.

Найбільш раціональний спосіб, можливий для забезпечення розширення діапазону регулювання індуктивності дроселя ПЗФ, полягає в розширенні площі робочої петлі гістерезису шляхом переходу від постійного підмагнічування осердя до змінного.

Вдосконалений метод можна сформулювати наступним чином. Послідовність імпульсів струму підмагнічування осердя дроселя ПЗФ сформована тригерно-релейних способом, що дозволяє змінювати як тривалість імпульсів, так і частоту їх слідування, в залежності від завадової обстановки, причому шпаруватість визначатиме діапазон зміни напруженості поля підмагнічування, а частоту визначить діапазон максимального внесеного загасання.

На основі запропонованого методу можна реалізувати один з основних засобів забезпечення ЕМС шляхом обмеження рівня кондуктивних завад - протизавадний фільтр.

Запропоновано протизавадний фільтр [46] (рис.4.6), який містить  $2N$  конденсаторів, де  $N - 2, 3 \dots$ , і  $N$ -обмотовий дросель, обмотки якого намотані погоджено одна щодо іншої при однаковій кількості витків і намотані на осерді, в якому застосований магнітний шунт, причому кожна пара з  $2N$  конденсаторів і відповідної обмотки  $N$ -обмоткового дроселя утворюють  $\Pi$ -подібну схему фільтра нижніх частот, а осердя дроселя виконано у вигляді двох частин  $\text{Ш}$ -подібної форми, крайні стержні яких пов'язано торцями впритул, середні стержні реалізують магнітний шунт з повітряним зазором. Новим у порівнянні з прототипом [1] є те, що на середніх стержнях розміщують додаткову обмотку, яку з'єднують з генератором струму підмагнічування.

Впровадження такого засобу забезпечення ЕМС забезпечує збільшення внесеного загасання по несиметричному шляху і розширює функціональні можливості ПЗФ.

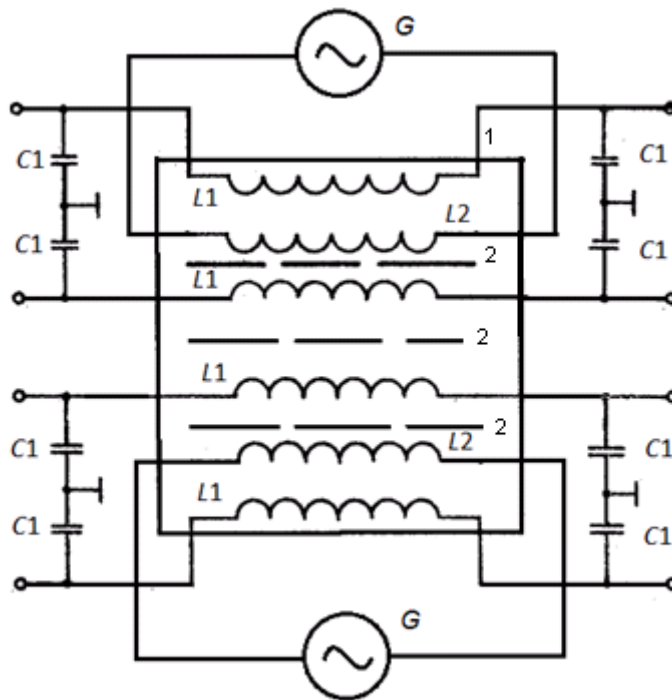


Рисунок 3.6 - Схемна модель удосконаленого засобу забезпечення електромагнітної сумісності

Технічним рішенням, що дозволяє застосувати удосконалений метод в структурі інтелектуального ПЗФ, є фазування додаткових обмоток таким чином, щоб забезпечити змінне підмагнічування (рис. 3.7).

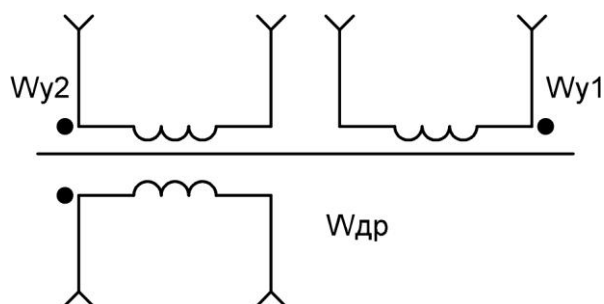


Рисунок 3.7 - Схема розташування обмоток для забезпечення змінного підмагнічування осердя дроселя

На ці обмотки з вихідної послідовності подвоєної частоти формують дві синхронні послідовності відповідно з непарних і парних імпульсів, що легко забезпечити незначною доробкою відомої структури керування за рис.3.8 [25].

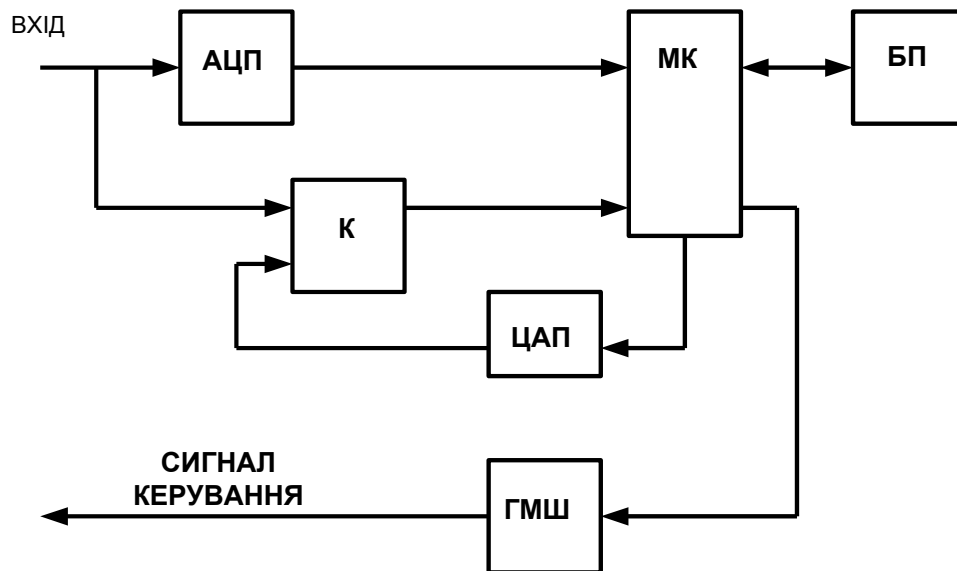


Рисунок 3.8 Схемна модель формувача струму постійного підмагнічування

Ще одне з удосконалень методу полягає в обмеженні тривалості імпульсів в зазначених послідовності. Таким чином, застосувавши діляник частоти DD1 на 2, дві логічні схеми І мікросхеми DD2 і додатковий ключовий транзистор VT 2 (рис.3.9), отримуємо можливість формувати еквівалентний сигнал високочастотного підмагнічування без постійної складової.

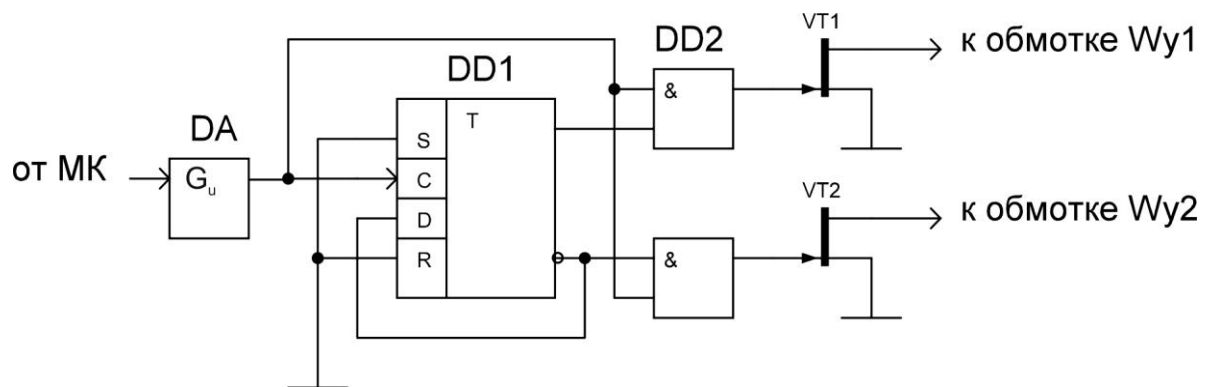


Рисунок 3.9 - Схемна модель вихідного каскаду формувача струму змінного підмагнічування

Оскільки імпульсні послідовності забезпечують шпаруватість  $Q = 4$  (рис.3.10 а), тим самим автоматично усувається проблема еквівалентного короткого замикання, що при шпаруватості  $Q = 2$  (рис.3.10, б) призводить двічі

за період частоти підмагнічування до насичення осердя дроселя і періодичному зменшенню його еквівалентної індуктивності до мінімального значення.

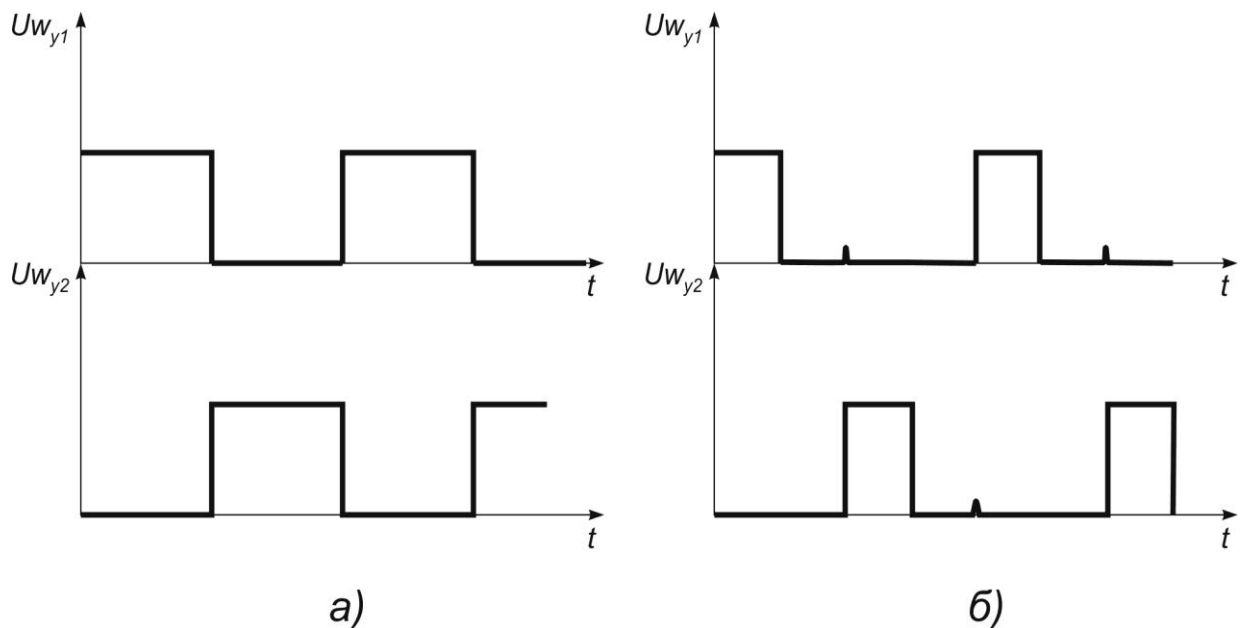


Рисунок 3.10 - Часові діаграми імпульсів керування індуктивністю дроселя для реалізації змінного підмагнічування з ризиком насичення осердя (а) і без (б)

### 3.3 Методики визначення електромагнітної обстановки при роботі звукотехнічних систем

Оцінка ЕМО в великих приміщеннях, наприклад, кіноконцертних залах, палацах культури або спорту, в яких сконцентровані ЗТС великої потужності понад 1 кВт, є досить складною проблемою. Дослідженню аспектів цієї проблеми присвячено досить велику кількість робіт [2, 5, 6, 22]. Визначення електромагнітної обстановки в приміщеннях, де застосовуються звукотехнічних системи, або відкриті майданчики, озвучування яких вимагає застосування таких систем великої потужності, можливо експериментальним шляхом. Найбільш достовірні результати можуть бути отримані лише шляхом безперервного моніторингу як рівня електромагнітного поля і його концентрації в обсязі або за площею, так і вимірювання в реальному часі рівня мережевих кондуктивних

перешкод. Розташування підсистем таких потужних ЗТС і особливості їх заземлення істотно впливає на рівень кондуктивних завад, що поширюються несиметричним шляхом. Наприклад, порушення вимог щодо технології уземлення найкоротшим шляхом і з мінімальним регламентованим опором, істотно обмежить ефективність ПЗФ, що не дозволить реалізувати всі переваги інтелектуального управління його параметрами. На рис. 3.8 представлена структура розташування обладнання кіноконцертного комплексу [6] і еквівалентна схема кола уземлення, що враховує довжину і опір контуру уземлення.

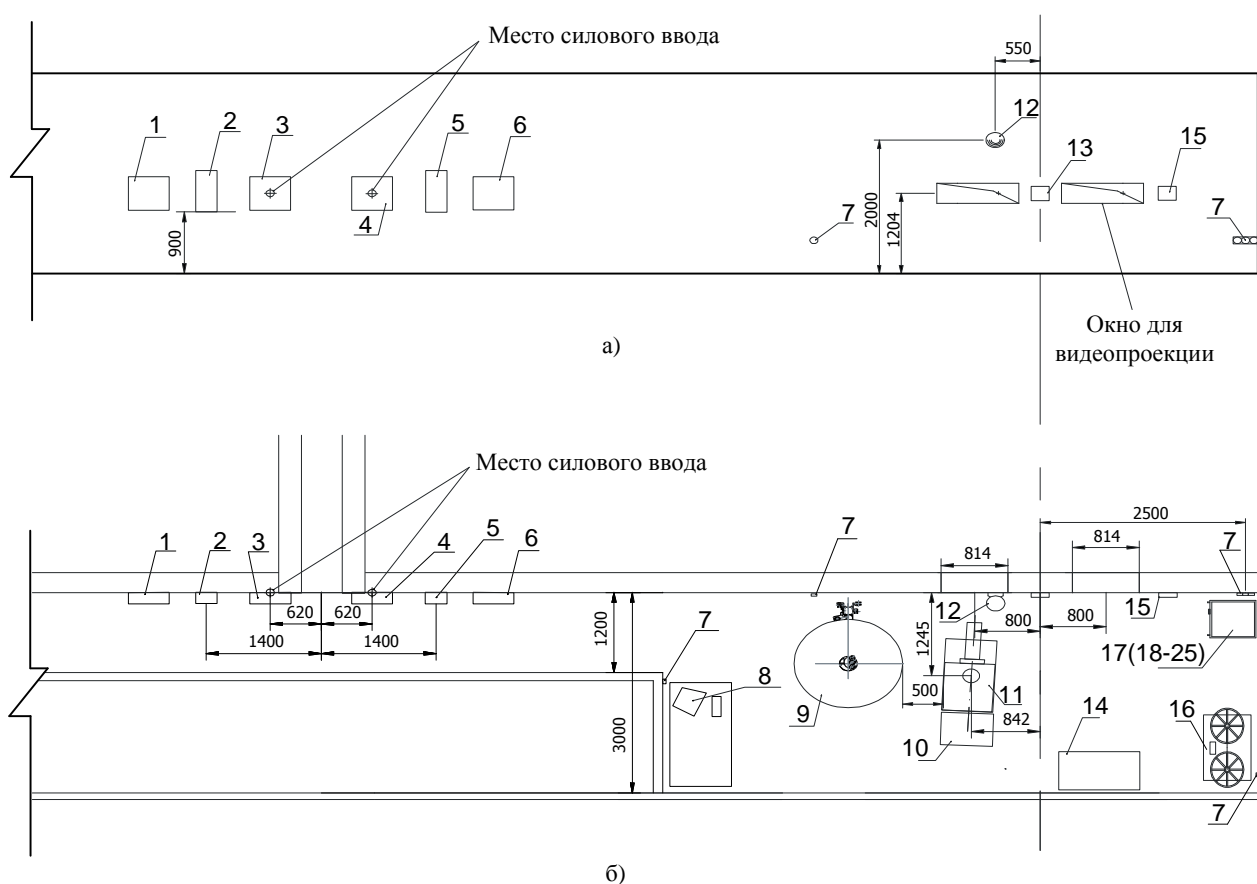


Рисунок 3.8 – Структура розташування підсистем потужної ЗТС (а) і еквівалентна схема кола уземлення (б)

Кіноконцертний комплекс являє собою складну систему обладнання, що утворюють взаємний вплив в аспекті забезпечення електромагнітної сумісності. Тому відомі методики визначення ЕМО ЗТС [6, 76] припускають, що облік можливих чинників виникнення завад і вибір сумісного обладнання необхідно



виконувати на етапі проектування системи. Для з'ясування електромагнітної обстановки кіноконцертного комплексу необхідно раціонально підійти до вибору відповідного методу - можна використовувати методи, засновані на прямих вимірах, методи імітаційного моделювання та розрахункові методи. визначення електромагнітної обстановки кіноконцертного комплексу. Перевага розрахункових методів і методів імітаційного моделювання полягає в тому, що з їх допомогою можна прогнозувати електромагнітну обстановку на стадії проектування нового об'єкта. Метод прямих вимірювань використовують для з'ясування ЕМО на діючих об'єктах, а також тих, що підлягають реконструкції та в зв'язку з модернізацією обладнання, що використовується. Різноманіття джерел завад, присутніх в приміщенні, диктує необхідність систематизації відомостей про них і виділення в їх складі якісно однорідних груп, які характеризують певними конструктивними подібностями або просторово-часовими характеристиками випромінюваного поля. Та обставина, що всі джерела завад в приміщенні є багаточастотними і їх габаритні розміри виявляються одного порядку з характерними розмірами аналізованої області простору, призводить до принципової неможливості однозначного розбиття джерел на класи, тобто багато з них або їх конструктивні блоки можуть бути віднесені до декількох класів одночасно. Таким чином, прогнозна оцінка ЕМО передбачає враховувати як завади випромінювання, так і кондуктивні в їх взаємозв'язку, базуючись на апріорних відомостях щодо частотних і енергетичних параметрів підсистем ЗТС, та наявності НПП ключового типу.

Запропонована методика визначення ЕМО пов'язана з можливостями ІМПЗФ, а саме адаптації параметрів його елементів таким чином, щоб зміщувати максимуми внесеного загасання в область концентрації основної енергії завад ЗТС. Для звукового контенту ця область - низькочастотна. На рис. 3.9 показано розподіл потужності сигналу за частототою для музичного твору *Requiem for a Dream* жанру неокласицизму, для якого характерні низькі і середні частоти через велику кількість класичних музичних інструментів (такі як фортепіано, скрипка та ін.) [3, 9,35].

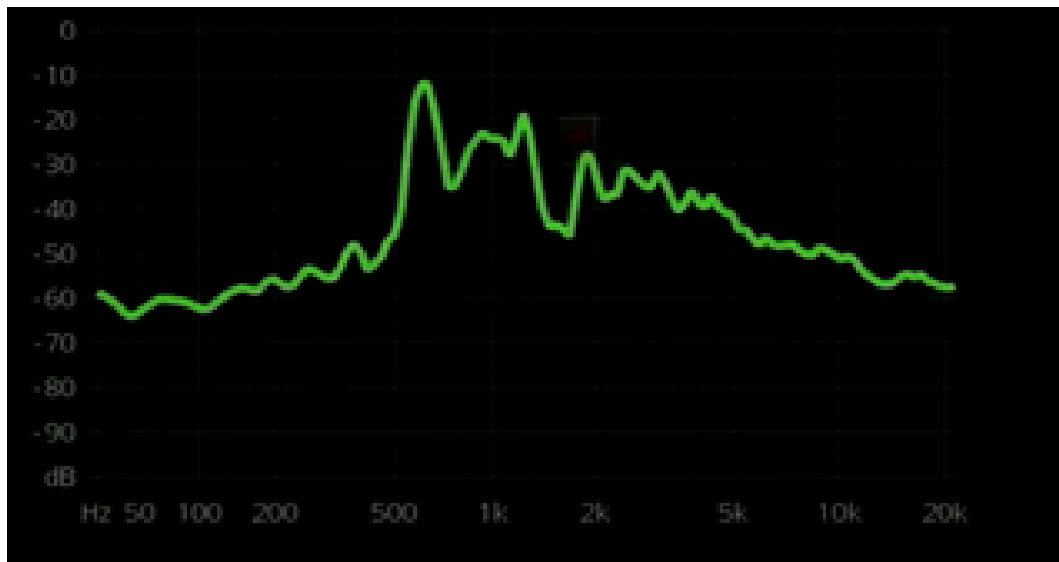


Рисунок 3.9 – Области частот концентрації звукової енергії, характерні для різних музичних інструментів і типів звучання голосу людини (див. табл.3.1) в міру зростання частот.

Особливістю завод від НПП типу підсилювача потдності классу D в ЗТС є наявність періодичності фрагментів як мови (наприклад, форманти), так і музики (наприклад, приспиви), з секундними або хвилинними інтервалами (рис.3.10), причому формати самосінхронізованого кодування, що є особливістю сучасних цифрових ЗТС, пов'язані з концентрацією енергії заводи в області частоти синхронізації. У разі застосування формату цифрового звуку SACD [12, 39] частота передискретизації сягає 2 МГц, що для захищеного діапазону 9 кГц - 30 МГц можна віднести до високочастотної області. У цій же області концентровано заводи, з частотою, кратною частотам дискретизації підсилювачів класу D [41] та частотам перемикання інверторів ДВЕЖ з безтрансформаторним входом [47].

Таблиця 3.1 Области частот концентрації звукової енергії, характерних для різних музичних інструментів і типів звучання голосу людини

Тип музичного інструменту/ Тип звучання голосу людини	Область частот концентрації енергії звукового сигналу, Гц
Електрична бас-гітара	41-250 Гц
Контрабас	40-300 Гц
Туба	45-320 Гц
Тромбон	80-500 Гц
Фагот	60-630 Гц
Валторни	60-740 Гц
Віолончель	65-880 Гц
Труба	160-990 Гц
Акустична гітара	82-1175 Гц обертона 1000-8000 Гц
Альт	130-1240 Гц
Гобой	230-1480 Гц
Електрична гітара	82-1570 Гц
Кларнет	140-1980 Гц
Флейта	240-2300 Гц
Скрипки	210-2800 Гц обертона 3500-18000 Гц
Пікколо-флейта	560-2500 Гц
Рояль, фортепіано	27-4200 Гц
Бас	75-330 Гц
Баритон	110-392
Тенор	120-500 Гц
Контральто	165-692
Меццо-сопрано	170-880 Гц
Сопрано	230-1100 Гц
Колоратурне сопрано	1397 Гц

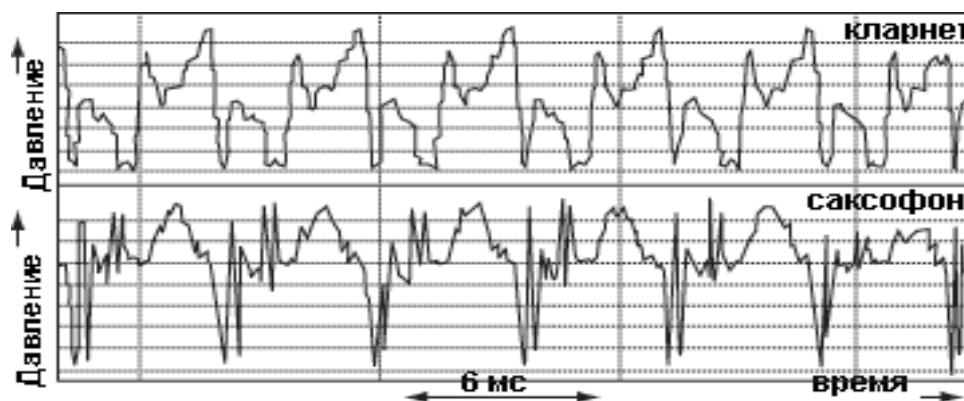


Рисунок 3.10 – Часові залежності звукового тиску кларнета і саксофона [3]

Тому основою методики визначення ЕМО з урахуванням застосування ІМПЗФ є інструментальний контроль (оцінка) рівня завад в смугах захищеного діапазону, де сконцентрована основна енергія завад НПП ЗТС і забезпечена можливість перебудови резонансних частот ПЗФ, для ефективного (нижче нормованого рівня) зменшення домінуючої завади.

У відомому типі ІМПЗФ елементом інтелектуального вузла є мікроконтролер (МК) на основі 51 ядра типу С8051F120. Його апаратні можливості дозволяють з частотою до 20 МГц здійснювати багатоканальні 8 розрядні вибірки для оцінки рівня завад.

Оцінимо рівень завад, які підлягають моніторингу і частотний діапазон, в якому можливо здійснити для реального масштабу часу переналаштування параметрів ПЗФ.

Вимірювання рівня кондуктивних завад може залежати від вимог нормативних документів, які регламентують параметри ЕМС, огляд яких наведено, наприклад, в [47, 76]. Для цього необхідно забезпечити нормоване перетворення або струму завади, або напруги завади в мережі електроживлення в напругу на вході АЦП МК. Точність вимірювання, що визначено для даної розрядності, може бути забезпечено на рівні  $\delta = 1/28 = 0,00390625$  і порівнянн з мінімальним рівнем нормованої завади шляхом зведення до 1 В вхідного напруги.

Для промислової мережі змінного струму або електромережі загального призначення можливе застосування резистивного подільника  $R1/R2 = 230\text{кОм} / 1\text{кОм}$ .

Для струму завади необхідно застосувати схему нормувального перетворювача в шині нульового/уземлювального провідника на основі диференційного підсилювача.

### Висновки за розділом 3

1. Удосконалено метод адаптації параметрів елементів ІМПЗФ з метою узгодження максимумів загасання з енергетичними смугами частот завади.

2. Показано, що підмагнічування постійним або імпульсним однополярним струмом осердя дроселя ПЗФ дозволяє змінювати індуктивність лише в істотно обмеженому діапазоні.

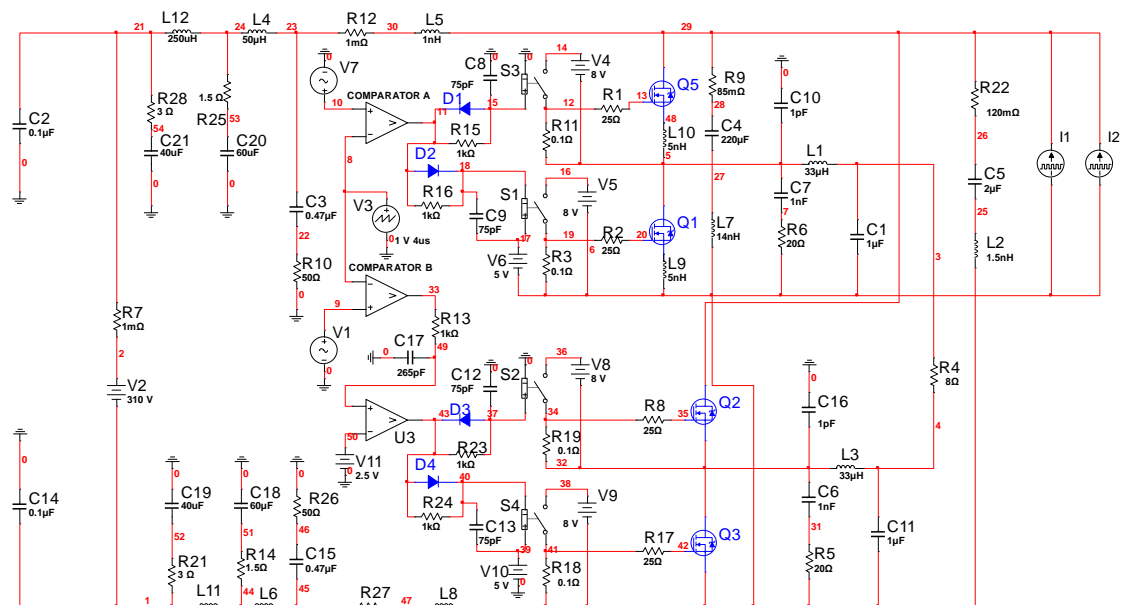
3. Запропоновано використання динамічного підмагнічування Двополярність струмом, що вчетверо розширює діапазон. Завдяки цьому резонансні частоти  $f_{p1}$ ,  $f_{p2}$ , відповідні максимуму внесеного загасання будуть перекривати смуги частот домінуючої завади в разі налаштування на конкретну електромагнітну обстановку. Підстроювання можливе в будь-якій ланці ПЗФ, навіть якщо гармоніки тональних завад, що виникають в результаті нелінійних перетворень, потрапляють в високочастотну смугу. Однак в третій ланці можлива тільки ступінчаста адаптація, оскільки ВЧ дроселі конструктивно виконані без осердя.

4. На основі блок-схеми алгоритму була розроблена програмна частина для ПЗФ. Програму з використанням таймерів доцільно застосовувати в разі низькочастотної ШІМ. Також програма обмежена використанням лише кількістю таймерів. Але за цим алгоритмом значно легше провести як зміни частоти так і форми сигналів.

## РОЗДІЛ 4. ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЗВУКОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

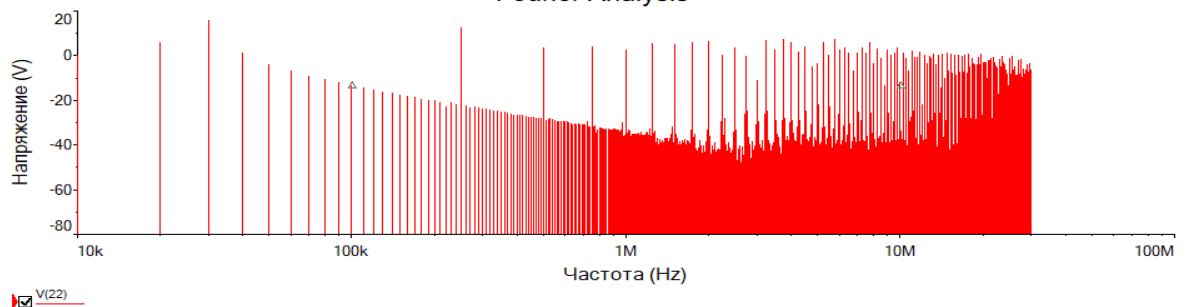
### 4.1 Застосування розподілених обчислень за допомогою телекомунікаційних технологій

Моделювання завад від напівпровідникового інвертора ДВЕЖ (рис. 4.1,а) підтверджує наявність значних рівнів завад (рис.4.1,б), навіть за умов пауз у звуковому контенті ЗТС [41]. Удосконалена імітаційна модель містить еквівалент мережі, що враховує імпеданс електромережі в низькочастотному діапазоні згідно з IEC/TR 60725 та EN 500065-1.



а

Fourier Analysis



б

Рисунок 4.1 Імітаційна модель мостового інвертора (а) та результати аналізу спектральних складників завад (б)

В додатку А наведено результати аналізу завад в залежності від особливостей типу електромереж, що враховано відповідними типами еквівалентів мереж, застосування та потужності. Наведені результати дозволяють стверджувати що у спектрі завад можливо виділити локалізовані низькочастотні складники, на які має бути налаштовані максимуми загасання ІМПЗФ. Відома структура фільтра [49], що дає змогу адаптувати його характеристики відповідно до завадового оточення. Можливі кілька процедур, що призводять до підвищення ефективності фільтра. Деякі з них вимагають значних обчислювальних ресурсів і реалізація такого пристрою призведе до суттєвого подорожчення виробу.

Запропоновано концепцію інтелектуального протизавадного фільтру з віддаленою обробкою даних [60] як елемента інформаційної системи. Доцільно доповнити відому структуру безпроводовим модулем (передавачем) для віддаленого контролю роботи ПЗФ. Саме такий підхід реалізує технологія „Інтернету речей”. Структура інтелектуального фільтра при цьому розподілена на дві частини, наведені на рис.4.2, де безпосередньо на місці встановлення в блоці 2 визначено відліки аналого-цифрового перетворення МК та обчислення рівня домінуючої завади в електромережі (блок 1) винесено за межі як корпусу ІМПЗФ, так, власне і самої ЗТС (блок 3) з НПП включно. Друга (інформаційні) частина відокремлена і в ній (блок 4) передбачено апаратно-програмну підтримку визначення електромагнітної обстановки на місці застосування ЗТС і генерація необхідного сигналу для налаштування параметрів ІМПЗФ. Загалом ця процедура призводить до ускладнення системи, але ефективність суттєво зростає.

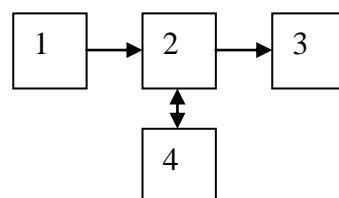


Рисунок 4.2 – Удосконалена структура ІМПЗФ з віддаленим контролем ЕМО

Стрімкий розвиток телекомунікаційних мереж і обчислювальних технологій дозволив вирішувати трудомісткі обчислювальні завдання з використанням двох і більше комп'ютерів, об'єднаних в мережу, виносити ці складні обчислювальні завдання в мережу – на наш час це середовище отримало назву "хмара".

Сучасні канали зв'язку, мобільні або фіксовані, мають велику пропускну здатність, яку, в свою чергу, використовують для зв'язку з "хмарами" [ 33] і це надає можливість ефективного використання хмарних обчислювальних сервісів, внаслідок цього здешевлено і спрощено процес розподілених обчислень.

Оператори зв'язку вважають хмарні технології в перспективі одним з найбільш перспективних напрямків на ринку додаткових послуг сьогодення. В "хмарах" переносять найглобальніші і найважчі обчислення, одним з яких є обробка потоку даних, які потребують застосування теорії прийняття рішень [25].

Хмарні технології істотно змінюють способи доставки і використання програм. Доступ до хмарних сервісів може здійснюватися з будь-якого місця і в будь-який час. При цьому традиційні корпоративні і безпроводові мережі є критичним компонентом, який з'єднує користувачів і пристрої з «хмарами». Глобальним мережам часто не вистачає продуктивності, надійності, необхідного рівня безпеки, а також інструментів видимості (visibility) і моніторингу додатків, які важливі при розгортанні хмарних сервісів (див. рис 4.3).

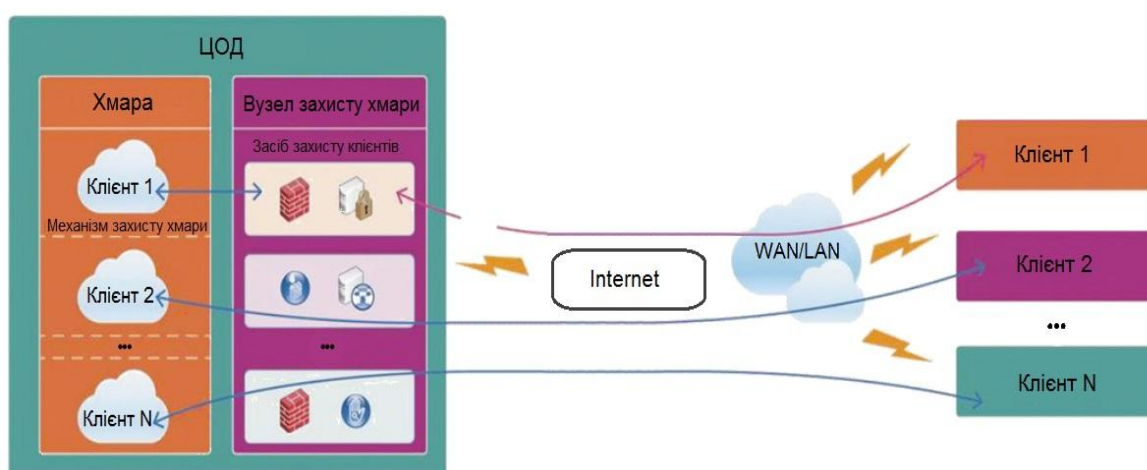


Рисунок 4.3 – Структура взаємодії ІМПЗФ (Клієнт І) і віддаленої системи моніторингу ЕМО



Загальна структура рис.4.3 охоплює відокремлені ІМПЗФ, підключені як клієнт сервісу до однієї, так і до різних електромереж змінного струму, безпроводний доступ локальної або глобальної мережі до центру обробки даних, що надає сервіс захисту інформації. Саме це дає змогу убезпечити зовнішній несанкціонований вплив на керування параметрами ІМПЗФ.

#### 4.1.1 Взаємозв'язок хмарних обчислень і пропускної здатності каналів зв'язку

При міграції в «хмару» виявлено суттєву залежність від каналів зв'язку. Тому необхідно знати, які програми використовують той чи інший канал, які з них можна заблокувати, а яким надати більш високий пріоритет. Це дозволяє AVC (Application Visibility and Control) [75], що працює на фізичних або віртуальних маршрутизаторах.

З огляду на визначену в розділі 3 роботи вимог щодо швидкості передачі відліків для визначення рівня завад, канали зв'язку повинні мати велику пропускну здатність, тобто, забезпечувати широкосмуговий або високошвидкісний доступ в Інтернет, який, в свою чергу, може бути мобільним або фіксованим.

Широкосмуговий або високошвидкісний доступ в Інтернет дає можливість працювати зі швидкістю передавання даних, яка перевищує максимально можливу при використанні комутованого доступу через модем і телефонну мережу загального користування. Здійснюють, зазвичай, з використанням проводних, оптоволоконних і безпроводних ліній зв'язку різних типів. Комутований доступ принципово не застосовний, зважаючи на умови застосування як ЗТС, так і безпосередньо ІМПЗФ, оскільки комутований доступ має обмеження швидкості передачі даних близько 56 кбіт/с і повністю завантажує телефонну лінію, яка не завжди наявна, тому ніяк не підходить для вирішення завдання моніторингу ЕМО в реальному часі, зате широкосмугові технології забезпечують у багато разів більшу швидкість обміну даними і не монополізують телефонну лінію. Крім високої швидкості, широкосмуговий доступ забезпечує

безперервне підключення до Інтернету (без необхідності встановлення комутованого з'єднання) і так званий «двосторонній» зв'язок, тобто можливість як приймати («завантажувати»), так і передавати («вивантажувати») інформацію на високих швидкостях. Передбачена можливість розподілу швидкості передавання в залежності від вимог до потоку даних. Запропонована в розділах 2 та 3 роботи структура дозволяє реалізовувати в каналі «сервер-клієнт» передавання лише сигналів керування, що сприяє можливості обмежувати критичні завади від НПП ЗТС в реальному часі.

Фіксований доступ реалізують на основі провідних з'єднань, та технологій Local area networks (LANs), Dial-up Internet access або технології широкопasmового доступу (Broadband access). Тому його застосування також обмежує мобільність ЗТС та призводить до суттєвого подорожчення виробу в цілому.

У той час як мобільний доступ забезпечує передачу даних безпроводовим чином, в наш час можуть використовувати такі широкопasmові технології мобільного зв'язку, як WCDMA/ HSPA (покоління 3.5G), HSPA + (3.75G покоління). Також застосовують технології 4G: WiMAX і LTE. Є приклади розгортання технології 5G, яку планують завершити до 2022 р. [92].

#### 4.1.2 Хмарні обчислення

Хмарні технології є перспективним і сучасним напрямком інформаційних технологій. Свою назву «хмарні технології» отримали від символу на діаграмах комп'ютерних мереж, де досить часто Інтернет зображено у вигляді "хмари", яка позначає доступ до програм і ресурсів через Всесвітню Мережу [32].

Хмарні обчислення (англ. Cloud computing) - це модель забезпечення повсюдного та зручного доступу на вимогу через мережу до загального пулу обчислювальних ресурсів, що підлягають налаштуванню (наприклад, до комунікаційних мереж, серверів, засобів зберігання даних, додатків і сервісів), і які можуть бути оперативно надані та звільнені з мінімальними управлінськими витратами і зверненнями до провайдера [86].

Споживачі послуг хмарних обчислень можуть значно зменшити витрати на інфраструктуру інформаційних технологій (в короткостроковому і середньостроковому планах) і гнучко реагувати на зміни обчислювальних потреб, використовуючи властивості обчислювальної еластичності (англ. Elastic computing) хмарних послуг.

#### 4.1.3 Характеристики

Провайдери хмарних рішень дозволяють орендувати через Інтернет обчислювальні потужності та дисковий простір. Переваги такого підходу - доступність (користувач платить тільки за ті ресурси, які йому потрібні) і можливість гнучкого масштабування. При цьому клієнтів позбавлено від необхідності створювати і підтримувати власну обчислювальну інфраструктуру.

За оцінками експертів, використання хмарних технологій в багатьох випадках призводить до скорочення витрат в два-три рази в порівнянні з розгортанням власної розвиненої ІТ-структури.

"Хмара" відкриває новий підхід до обчислень, за якого ані обладнання, ні програмне забезпечення не належать підприємству. Замість цього провайдер надає замовнику вже готовий сервіс.

До застосування "хмар" доцільно залучати такі проекти, які вимагають великих обчислювальних ресурсів для обслуговування користувачів, але у яких не можна дозволити створення та експлуатацію власного центру обробки даних.

Національним інститутом стандартів і технологій США (NIST) встановлено такі обов'язкові характеристики хмарних обчислень [86]:

- самообслуговування на вимогу (англ. Self service on demand), коли споживач самостійно визначає і змінює обчислювальні потреби, такі як серверний час, швидкість доступу та обробки даних, обсяг збережених даних без взаємодії з представником постачальника послуг;
- універсальний доступ до мережі, коли послуги доступні споживачам через мережу передачі даних незалежно від термінального пристрою;

- об'єднання ресурсів (англ. Resource pooling), коли постачальник послуг об'єднує ресурси для обслуговування великої кількості споживачів в єдиний пул для динамічного перерозподілу потужностей між споживачами в умовах постійної зміни попиту на потужності; при цьому споживачі контролюють тільки основні параметри послуги (наприклад, обсяг даних, швидкість доступу), але фактичний розподіл ресурсів, що надають споживачеві, здійснює постачальник (в деяких випадках споживачі все ж можуть управляти деякими фізичними параметрами перерозподілу, наприклад, вказувати бажаний центр обробки даних з міркувань географічної близькості);

- еластичність, коли послуги можуть бути надані, розширені, звужені в будь-який момент часу, без додаткових витрат на взаємодію з постачальником, як правило, в автоматичному режимі;

- облік споживання, коли постачальник послуг автоматично обчислює спожиті ресурси за певного рівня абстракції (наприклад, обсяг збережених даних, пропускна здатність, кількість користувачів, кількість транзакцій), і на основі цих даних оцінює обсяг наданих споживачам послуг.

Перевагою для постачальника, внаслідок об'єднання ресурсів і випадкового характеру звернень з боку споживачів, є те, що хмарні обчислення дозволяють економити на масштабах, використовуючи менші апаратні ресурси, ніж при виділенні апаратних потужностей для кожного споживача, а внаслідок автоматизації процедур модифікації виділення ресурсів істотно знижено витрати на абонентське обслуговування.

Як перевага споживача, ця технологія дозволяє отримати послуги з високим рівнем доступності (англ. High availability) і низькими ризиками непрацездатності, забезпечити швидке масштабування обчислювальної системи завдяки еластичності без необхідності створення, обслуговування і модернізації власної апаратної інфраструктури.

Зручність і універсальність доступу забезпечено широкою доступністю послуг і підтримкою різного класу термінальних пристроїв (персональних

комп'ютерів, мобільних телефонів, інтернет-планшетів, вбудованих комунікаторів) [79,84].

#### 4.1.4 Моделі розгортання

Обчислювальну "хмару" може бути розгорнуто як мережу різного рівня: приватну, публічну, громадську або гібридну [86].

Приватна хмара (англ. Private cloud) - це хмарна інфраструктура, яку призначено для використання виключно однією організацією, що охоплює кілька користувачів (наприклад, підрозділів). Приватна хмара може перебувати у власності, управлінні та експлуатації як самої організації, так і третьої сторони (або деякої їх комбінації). Така "хмара" може фізично знаходитися як в юрисдикції власника, так і поза нею.

Саме такий тип мережі може бути встановлено для реалізації концепції локальних ІМПЗФ НПП ЗТС.

Публічна хмара (англ. Public cloud) - це хмарна інфраструктура, яку призначено для вільного використання широким загалом. Публічне хмара може перебувати у власності, управлінні та експлуатації комерційних, академічних (освітніх і наукових) або державних організацій (або будь-якої їх комбінації). Публічна хмара знаходиться в юрисдикції постачальника хмарних послуг. Саме такий тип мережі може бути встановлено для реалізації концепції регіональних ІМПЗФ НПП ЗТС.

Громадська хмара (англ. Community cloud) - це хмарна інфраструктура, яку призначено для використання конкретною спільнотою споживачів з організацій, що мають спільні цілі (наприклад, завдання, вимоги безпеки, політику і відповідність різноманітним вимогам). Громадська хмара може перебувати у спільній власності, управлінні та експлуатації однієї або більше організацій із товариства або третьої сторони (або деякої їх комбінації). Така "хмара" може фізично знаходитися як в юрисдикції власника, так і поза нею. Саме такий тип мережі може бути встановлено для реалізації концепції суспільних ІМПЗФ НПП ЗТС.

Гібридна хмара (англ. Hybrid cloud) - це хмарна інфраструктура, яку складає з двох або більше різних хмарних інфраструктур (приватних, громадських або публічних), які є унікальними сутностями, але з'єднані між собою стандартизованими або спеціалізованими технологіями, що забезпечують перенесення даних і додатків (наприклад, використання ресурсів публічної хмари для балансування навантаження між "хмарами") [86].

#### 4.1.5 Програмне забезпечення як послуга

SaaS (англ. Software as a service - програмне забезпечення як послуга; також англ. Software on demand - програмне забезпечення за вимогою) - бізнес-модель продажу та використання програмного забезпечення, за якою постачальник розробляє веб-сервіс і самостійно керує ним, надаючи замовнику доступ до програмного забезпечення через Інтернет. Основна перевага моделі SaaS для споживача послуги полягає у відсутності витрат, пов'язаних з установкою, оновленням і підтримкою працездатності обладнання і працюючого на ньому програмного забезпечення. Наведені основні особливості такого ПЗ:

У моделі SaaS [50, 67]:

- програму пристосовано для віддаленого використання;
- однією програмою користуються декілька клієнтів;
- оплату стягують або у вигляді щомісячної абонентської плати, або на основі обсягу операцій;
- підтримка програми включена в оплату;
- модернізація та оновлення програми відбувається оперативно і прозоро для клієнтів.

В рамках моделі SaaS замовники платять не за володіння програмним забезпеченням як таким, а за його оренду (тобто за його використання через веб-інтерфейс). Таким чином, на відміну від класичної схеми ліцензування ПЗ, замовник несе порівняно невеликі періодичні витрати, і йому не потрібно інвестувати значні кошти в придбання ПЗ та апаратної платформи для його розгортання, а потім підтримувати його працездатність. Схема періодичної оплати передбачає, що якщо необхідність в програмному забезпеченні тимчасово

відсутня, то замовник може призупинити його використання і заморозити виплати розробнику.

Перевага для розробника деякого пропрієтарного (власного) програмного забезпечення полягає в тому, що модель SaaS дозволяє ефективно боротися з неліцензійним програмним забезпеченням, оскільки ПЗ як таке не потрапляє до кінцевих замовників. Крім того, концепція SaaS часто дозволяє зменшити витрати на розгортання і впровадження систем технічної і консультаційної підтримки продукту, хоча і не виключає їх повністю.

Основні характеристики SaaS [63]:

- доступ до ПЗ, розробленого відповідно до моделі ПЗ як послуги, надають віддалено мережевими каналами і як правило через веб-інтерфейс, крім того, можуть використовувати тонкі клієнти і термінальний доступ;

- програмне забезпечення розгорнуто в центрі обробки даних у вигляді єдиного програмного ядра, з яким працюють всі замовники;

- програмне забезпечення надають за умови сплати періодичних орендних платежів;

- обслуговування та оновлення програмного забезпечення виконують централізовано на стороні постачальника програми, надають як послугу (SaaS)

- вартість технічної підтримки зазвичай додано до орендної плати.

Програмне забезпечення на вимогу надають замовнику в оренду і це завжди передбачає періодичну оплату. Як одиницю тарифікації зазвичай використовують користувачі (за надання CRM-системи) або число записів в базі даних (за надання HRM-системи), рідше - якісь інші функціональні характеристики (наприклад, кількість певних операцій або трафік) [91]. У деяких випадках замовникам пропонують змішані моделі, в рамках яких можуть додатково оплачувати розширені функції (наприклад, замовник може платити за користувачів і за розширене сховище даних).

Контракт на оренду SaaS передбачає не тільки оплату за використання ПЗ, а й оплату всіх витрат, пов'язаних з підтримкою його працездатності, оновленням і захистом даних. Ряд постачальників SaaS пропонує варіант контракту на оренду -

SLA (Service Level Agreement). У таких контрактах фіксують параметри, пов'язані з працездатністю ПЗ. Зазвичай це гарантії доступності ПЗ в процентах протягом року. Кращі центри обробки даних здатні гарантувати доступність ПЗ не менш 99,5% часу в рік.

У тому випадку, якщо програмне забезпечення не вимагає початкової адаптації під потреби замовника, первинний платіж за ПЗ може бути відсутнім в принципі. Дана обставина є найважливішою перевагою моделі SaaS над класичним ліцензуванням програмного забезпечення, яке вимагає істотних початкових інвестицій на його закупівлю.

## **4.2 Особливості хмарних технологій обчислення в реальному часі**

### **4.2.1 Особливості моделей обслуговування**

Основні позитивні властивості SaaS є економічні та організаційні.

Ключовим чинником, що пояснює економічну доцільність SaaS, є «ефект масштабу» - провайдер SaaS обслуговує єдине програмне ядро, яким користуються всі клієнти, і тому витрачає меншу кількість ресурсів в порівнянні з управлінням окремими копіями програмного забезпечення для кожного замовника. Крім того, використання єдиного програмного ядра дозволяє планувати обчислювальні потужності і зменшує проблему пікових навантажень для окремих замовників. Все це дозволяє постачальникам SaaS рішень істотно знизити вартість обслуговування ПЗ. Отже, періодична вартість послуг для кінцевого замовника стає нижче витрат, що виникають при використанні класичної моделі ліцензування.

Іншим ключовим фактором є рівень обслуговування SaaS. Провайдер SaaS здатний запропонувати рівень обслуговування та підтримки ПЗ в працездатному стані, недоступний для внутрішніх ІТ-відділів компаній.

Основні переваги SaaS для замовників:

- відсутність необхідності установки ПЗ на робочих місцях користувачів - доступ до ПЗ здійснюють через звичайний браузер;



- радикальне скорочення витрат на розгортання системи в організації, а саме витрати на оренду приміщення, організацію центру обробки даних, оплату праці співробітників тощо;

- скорочення витрат на технічну підтримку і оновлення розгорнутих систем (аж до їх повної відсутності);

- швидкість впровадження, обумовлена відсутністю витрат часу на розгортання системи;

- дружній інтерфейс - більшість співробітників уже звикли до використання веб-сервісів;

- прозорість і передбачуваність платежів, захист інвестицій;

- мультиплатформеність;

- можливість отримати більш високий рівень обслуговування ПЗ.

Перевагаги SaaS для розробників:

- зростання популярності веб-сервісів для кінцевих користувачів;

- розвиток веб-технологій, великі функціональні можливості веб-сервісів і спрощення їх реалізації;

- швидкі процеси впровадження і порівняно низькі витрати ресурсів на обслуговування конкретного клієнта;

- легке проникнення на глобальні ринки;

- відсутність проблем з неліцензійним поширенням ПЗ;

- на відміну від класичної моделі, замовника SaaS пов'язано з розробником, він не може відмовитися від послуг розробника і продовжувати використовувати систему. Таким чином, забезпечено захист інвестицій розробника в процесі продажу.

Існує ряд стримуючих факторів, що обмежують використання даної моделі.

По-перше, концепція SaaS застосовна далеко не для всіх функціональних класів систем. Оскільки основна економія ресурсів провайдера досягається внаслідок збільшення масштабу, модель SaaS виявляється неефективною для систем, що вимагають глибокої індивідуальної адаптації під кожного замовника, а також інноваційних та нішевих рішень.

Концепція PaaS, що є розвитком SaaS, знімає це обмеження.

По-друге, багато замовників побоюються застосовувати SaaS - з міркувань безпеки і можливого витіку інформації з боку постачальника послуг. Питання, пов'язані з безпекою, обмежують використання концепції SaaS для критично важливих систем, в яких обробляється виключно конфіденційна інформація. З іншого боку, відповідальність за витік інформації з боку розробника зазвичай регламентовано у відповідних договорах, а ймовірність такого витіку часто нижче, ніж в разі використання внутрішніх систем. У тому числі цьому сприяє відсутність програмно-апаратного комплексу, на якому розгорнута система, співробітникам компанії. У разі розгортання SaaS в промислових центрах обробки даних, забезпечено істотно кращий захист внаслідок використання більш потужних і комплексних рішень з інформаційної безпеки.

По-третє, обмежуючим фактором SaaS є необхідність наявності постійного підключення до Інтернету. Багато продуктів SaaS компенсують це наявністю модулів для автономної роботи. З розвитком мережі значення цього чинника зменшується (в розвинених країнах він неактуальний вже в наш час). З іншого боку, для територіально-розподілених компаній, які повинні працювати в єдиному інформаційному середовищі, цей фактор не є актуальним [79].

#### 4.2.2 Платформа як послуга

Platform as a Service (PaaS, «платформа як послуга») - модель хмарних обчислень, за якої споживач отримує доступ до використання інформаційно-технологічних платформ: операційних систем, систем управління базами даних, сполучному програмному забезпеченню, засобів розробки і тестування, розташованим в хмарного провайдера. У цій моделі всією інформаційно-технологічною інфраструктурою, включно з обчислювальними мережами, серверами, системами зберігання даних, цілком управляє провайдер, провайдер же визначає набір доступних для споживачів видів платформ і набір керованих параметрів платформ, а споживачеві надають можливість використовувати платформи, створювати їх віртуальні екземпляри, встановлювати, розробляти,

тестувати, експлуатувати на них прикладне програмне забезпечення, при цьому динамічно змінюючи кількість споживаних обчислювальних ресурсів. Саме це є прийнятним для реалізації концепції ІМПЗФ з віддаленою обробкою даних як елемента інформаційної системи.

Провайдер хмарної платформи може стягувати плату зі споживачів в залежності від рівня споживання, тарифікація можлива за часом роботи програм споживача, за обсягом оброблюваних даних і кількості транзакцій над ними, з мережевого трафіку. Провайдери хмарних платформ досягають економічного ефекту завдяки використанню віртуалізації і економії на масштабах, коли з множини споживачів в один і той же час лише частина з них активно використовує обчислювальні ресурси, споживачі - внаслідок відмови від капітальних вкладень в інфраструктуру і платформи, розрахованих під пікову потужність і непрофільних витрат на безпосереднє обслуговування всього комплексу [84].

#### 4.2.3 Інфраструктура як послуга

Інфраструктура як послуга (англ. Infrastructure as a service, IaaS) - це модель обслуговування, в рамках якої споживачеві надають можливість управляти засобами обробки і зберігання, комунікаційними мережами та іншими основними обчислювальними ресурсами, на базі яких споживач може розгорнути і використовувати довільне програмне забезпечення, до складу якого можуть входити операційні системи і прикладні програми. Споживач не керує фізичною і віртуальною інфраструктурою, що лежить в основі «хмари», проте він контролює операційні системи, системи зберігання, встановлені програми і, можливо, має обмежений контроль над деякими компонентами (наприклад, мережевими екранами вузлів) [39, 87].

IaaS охоплює три основні компоненти [84]:

- апаратні засоби (сервери, системи зберігання даних, клієнтські системи, мережеве обладнання);
- операційні системи та системне ПЗ (засоби віртуалізації, автоматизації, основні засоби управління ресурсами);

- сполучне ПЗ (наприклад, для керування системами).

Технології віртуалізації дозволяють взяти обладнання та розподілити його обчислювальні потужності на частини, які відповідають поточним потребам завдання, тим самим збільшуючи обмеження наявних потужностей. В результаті забезпечено перехід від придбання, управління і амортизації апаратних активів до купівлі процесорного часу, дискового простору, пропускної здатності мережі, яка необхідна для виконання прикладної програми.

Ще недавно для управління різними типами устаткування потрібно різне ПЗ для керування. Віртуалізація дозволяє реалізувати весь набір функцій управління в одній інтегрованої платформі.

Відома структура фільтра [26] забезпечує адаптацію його характеристики відповідно до заводої обстановки. Можливі кілька процедур, які дозволяють підвищити ефективність фільтра. Деякі з них вимагають значних обчислювальних ресурсів і реалізація такого пристрою призведе до суттєвого подорожчання виробу.

Запропонована концепція інтелектуального протизаводного фільтра з віддаленою обробкою даних як елемента інформаційної системи не завжди реалізована в межах однієї установи. Доцільно доповнити відому структуру безпроводовим модулем (передавачем) для віддаленого контролю роботи ПЗФ. Структуру такого вдосконаленого інтелектуального фільтра, який встановлено між електромережею 1 та НПП ЗТС 5, наведено на рис. 4.4, де елементи у прямокутнику штриховою лінією визначають його особливості, а саме пасивну частину 2, МК за АЦП 3 та безпроводовий модуль 4.

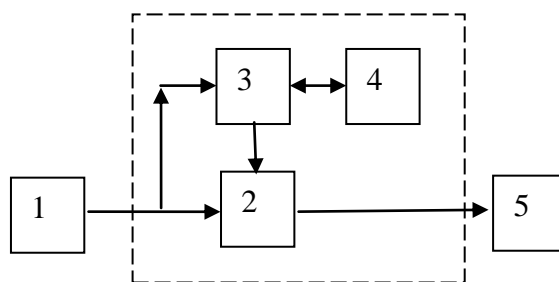


Рисунок 4.4 – Функціональна схема безпроводової взаємодії ІМПЗФ з «хмарою» для моніторингу ЕМО

Запропонований новий метод забезпечення ЕМС ЗТС передбачає застосування безпроводового інтерфейсу і розподілених хмарних обчислень для оцінки ЕМО і визначення домінуючої завади від НПП ЗТС залежно від контенту. Схемну модель для реалізації такого методу наведено на рис.4.5.

Для сучасних інформаційних систем характерна можливість гнучкого масштабування. Віддалене керування і моніторинг може забезпечити пропонована структура ПЗФ, що дозволяє оцінити ЕМО і адаптувати свої параметри для забезпечення ЕМС за рис 4.5, де , відповідно, 1 – мережа змінного струму, 2 – ІМПЗФ 3 – Wi-Fi модуль клієнта, 4 – ЗТС, 5 - Wi-Fi модуль сервера, 6 – роутер, 7 – сервер.

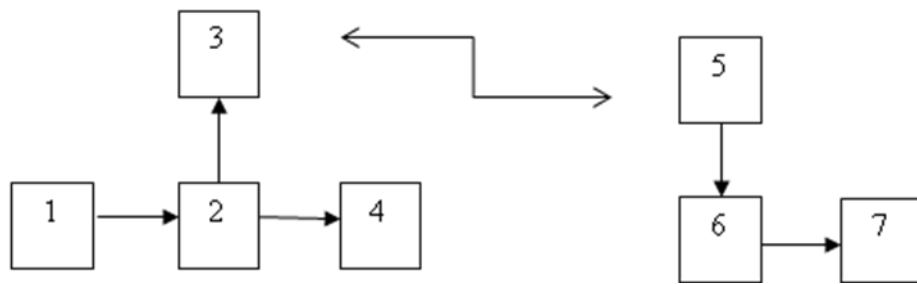


Рисунок 4.5 – Схемна модель реалізації нового методу забезпечення ЕМС

Сучасні технології розподілених хмарних обчислень дозволяють, на основі техніко-економічного аналізу доцільності застосування, забезпечити обробтку в реальному масштабі часу процесів з верхніми граничними частотами, які відповідають вимогам та граничним рівням на параметри ЕМС, а саме рівня завад, що поширюються в електромережу від НПП ЗТС кондуктивними шляхами.

Для потокового (без стиснення) передавання даних безпроводовими мережами формують потік, швидкість якого обчислюють за виразом

$$L = n \cdot f_d \cdot k_{\text{нсс}}, \quad (4.1)$$

де  $L$  - швидкість передачі інформації (Bitrate),  $n$  - розрядність АЦП,  $f_d$  - частота дискретизації,  $k_{\text{нсс}}$  - коефіцієнт надлишковості службових символів

Для забезпечення безпроводового віддаленого доступу можливе застосування відповідних мікросхем прийомо-передавачів, інкапсульованих в корпусі ПЗФ. Перелік і основні параметри бюджетних модулів наведено в табл.4.1.

Таблиця 4.1 - Безпроводові модулі, доступні на сучасному ринку

Назва	Протокол	Пропускна здатність	Відстань	Вартість 1 виробу в партії з 1000 шт
NRF24LE1	свой	до 2 Mps	до 500 м	\$3
HC-05	Bluetooth	до 1.5 Mps	до 500 м	\$4
LinkSprite Cuhead WiFi module	WiFi	до 2 Mps	До 1.5км	\$45
wizfi210	WiFi	до 11 Mps	До 2 км	\$53

### 4.3 Особливості забезпечення ЕМС звукотехнічних систем в протизавадових засобах на основі хмарних технологій

Визначимо особливості процедури створення віртуальної машини для моніторингу ЕМО і визначення домінуючої завади. Для цього на підставі зазначених вище властивостей хмарної технології оцінимо складність створення однієї машини під ОС Windows та Linux.

#### 4.3.1 Створення однієї віртуальної машини під ОС Windows

Перш за все, необхідно зареєструватися. Реєстрації нагадує реєстрацію на будь-якому іншому Інтернет-сервісі, за винятком того, що пароль повідомляє робот (англійською мовою), який дзвонить з американського номера. Ця процедура умовно безкоштовна.

Після успішної реєстрації необхідно увійти в свій аккаунт і знайти там пункт AWS Management Console (рис. 4.6) - це консоль управління "хмарою".

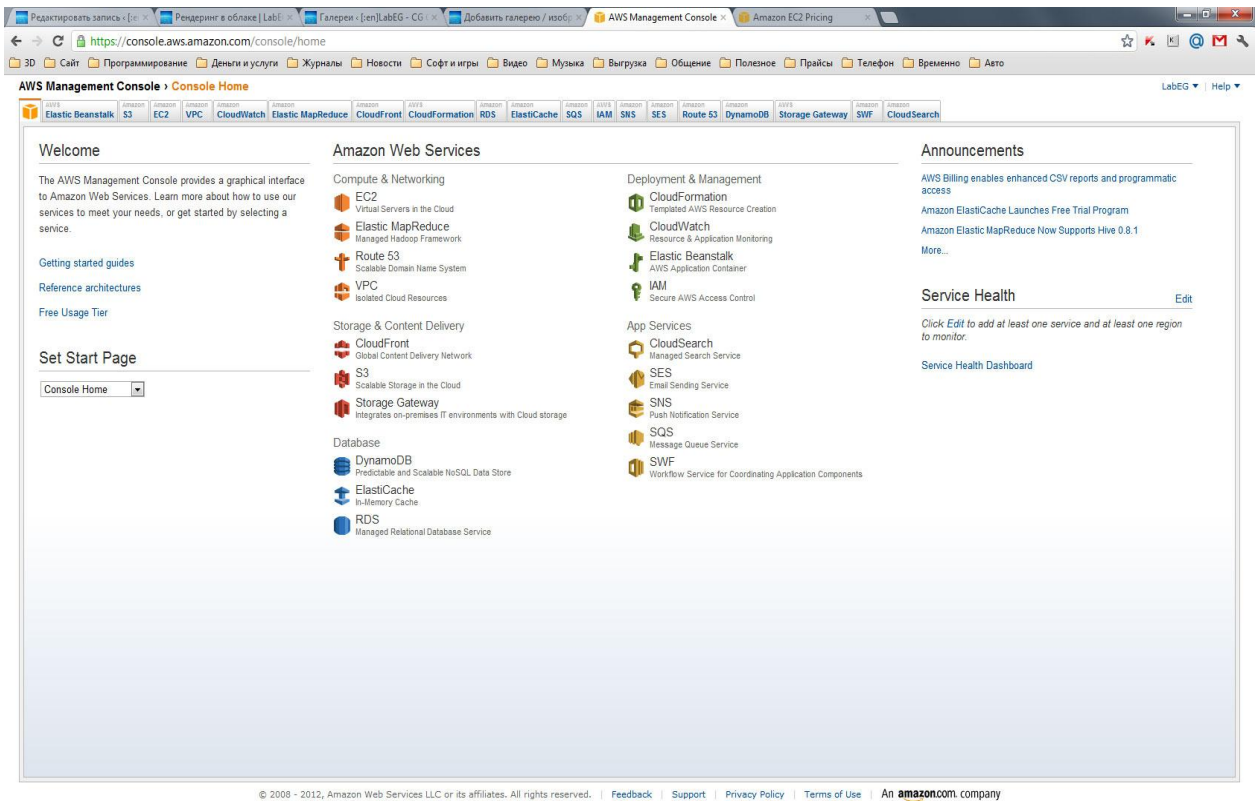


Рисунок 4.6 – Консоль керування "хмарою"

Це дуже проста і інформативна система керування, яка не потребує введення вручну командного рядка. Кожна закладка є окремим сервісом. Для чого призначена кожна з них описано в офіційному керівництві до "хмари" (наприклад, в Amazon EC2 - це AWS Management Console FAQs). Зазвичай, для роботи необхідно не більше трьох закладок.

Для створення нової машини необхідно знайти закладку Amazon EC2 і перейти в сервіс створення і керування віртуальними машинами (рис. 4.7).

Перед тим як створювати віртуальні машини необхідно вибрати регіон, в якому їх будуть розташовувати і можна почати створювати першу віртуальну машину. Потрібно натиснути кнопку "Create instance" і за допомогою помічника створити «instance», але варто враховувати, що частина підключених послуг оплачується окремо, тому потрібно уважно вибирати додані послуги.

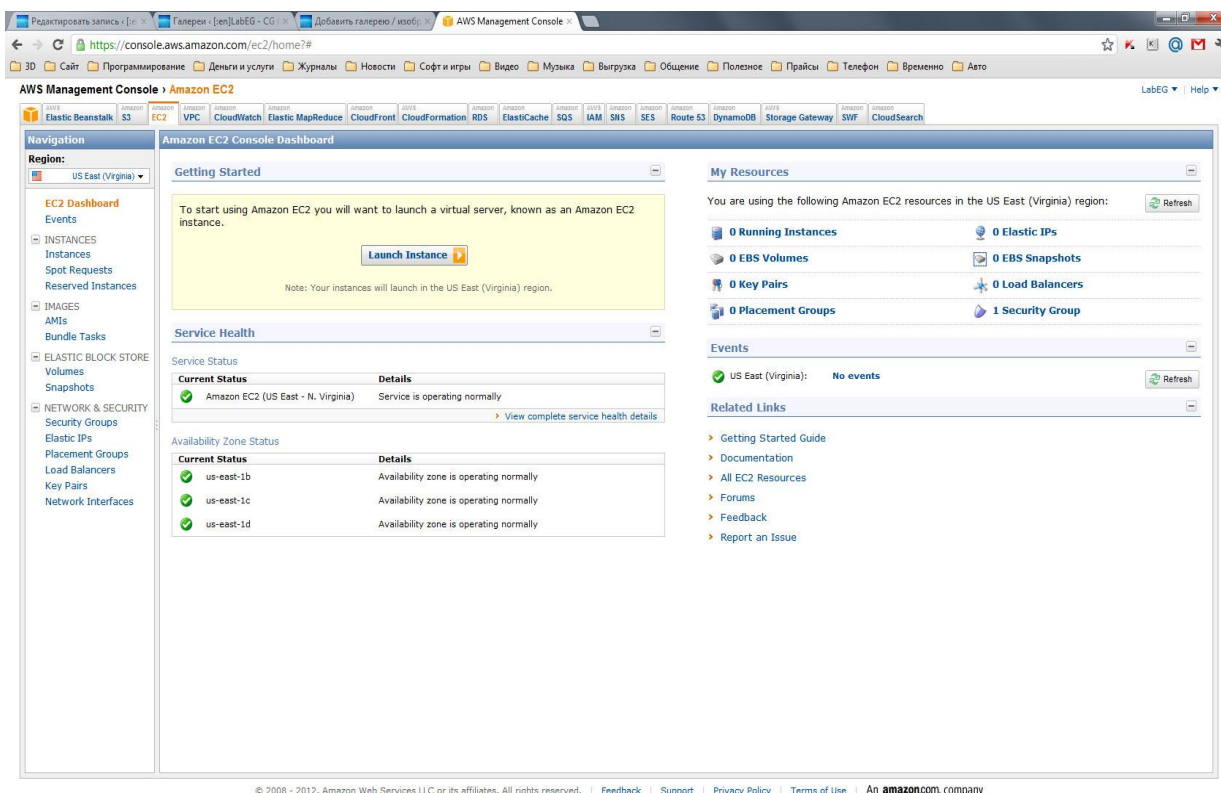


Рисунок 4.7 - Сервіс створення та управління віртуальними машинами

Коли всі налаштування зроблені, то можна натиснути кнопку "Launch instance". Розпочнеться створення «instance». Займає це до 15 хв., але, як правило, відбувається швидше. Після створення «instance» потрібно отримати до нього доступ. Для цього потрібно знати пароль від нього, потрібно натиснути на «instance» правою кнопкою миші і вибрати «Get Windows Password», ввести паролі, які були отримані на етапі створення «instance», і отримати інформацію, необхідну для віддаленого підключення до машини: адресу машини, ім'я користувача і пароль .

Після створення оболонки віртуальної машини з'являється можливість встановити необхідні програми. Взагалі необхідно створити три окремих машини. На першій машині розташовують власне моніторинг-менеджер, а також сервер ліцензій, на другій машині програми для моніторингу, ця ж машина буде виконувати функцію вихідного «instance» при розмноженні керованих ІМПЗФ, на третій - зберігають робочі файли (протоколи ЕМО).



### 4.3.2 "Хмари" під Linux і оцінка ЕМО на них

Хмарний сервіс Selectel працює тільки на Linux машинах. Але оскільки більшість програм спектрального аналізу в реальному масштабі часу не працює на Linux (наприклад, Frequency Analyzer), діяти безпосередньо і встановити програмний пакет неможливо, але в даному випадку це і не потрібно.

Насправді не для всіх завдань потрібна обов'язкова присутність самого програмного пакета, в більшості випадків для поставлених завдань достатньо наявності одного тільки швидкого перетворення Фур'є, модулі для якого зазвичай представлені і в Linux версіях. Наприклад, буде використано V-Ray Standalone, який можна взяти з версії Vray для Maya під Linux.

Наприклад, реєстрація в Selectel і запуск хмарної машини можливий з використання Linux дистрибутивом OpenSuse. Після вибору дистрибутива, із запропонованих, починається створення віртуальної машини, займає це приблизно 5 хв. (рис 4.8).

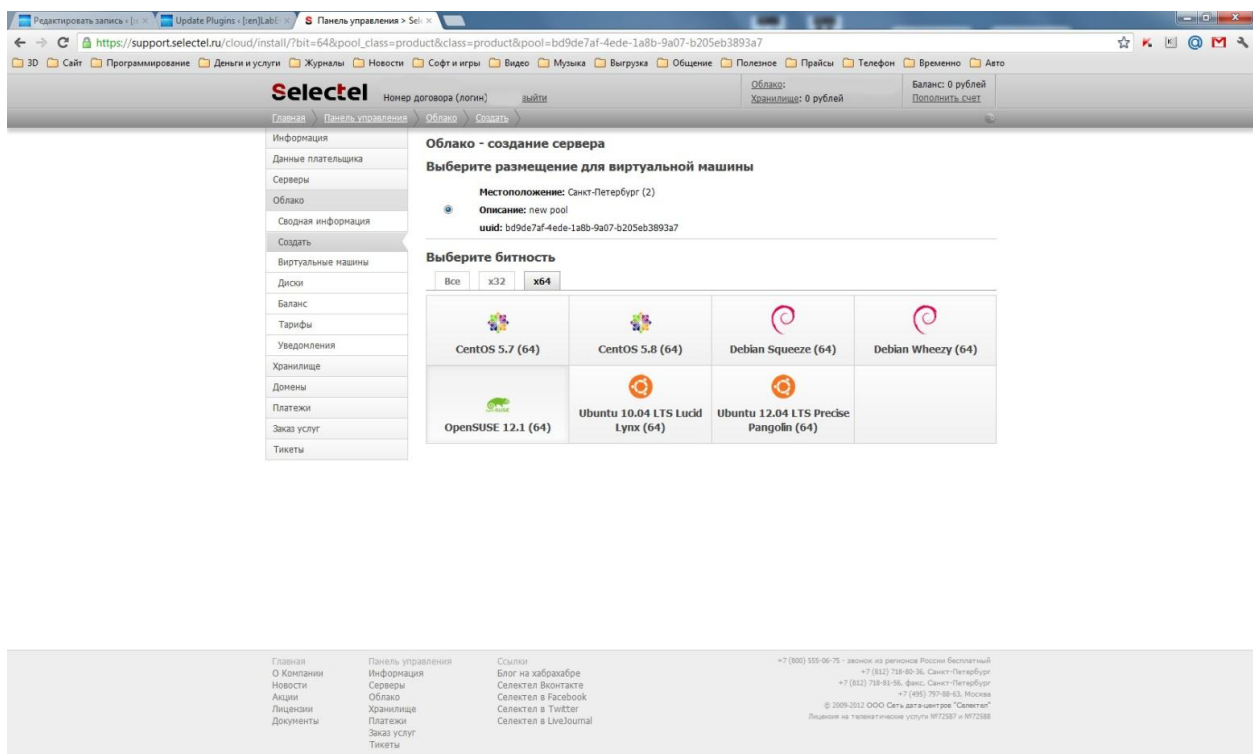


Рисунок 4.8 – Створення віртуальної машини в "хмарі" Selectel

Після закінчення створення віртуальної машини в хмарі можливо підключитися до неї по SSH. Тепер необхідно налаштувати моніторинг, для цього достатньо лише завантажити туди відліки, і під час установки вибрати діапазон

аналізу. Опис процесу установки і запуску сервера ліцензій докладно описано в інструкції до інсталяції [58].

Саме ці особливості хмарних обчислень дозволяє розгорнути систему ІМПЗФ в мережу і масштабувати для глобального відстеження ЕМО. Подібна пропонується структура представлена на рис.4.9. Позначення блоків згідно рис. 4.5, де індекс  $i=1, \dots, N$  визначає кількість ІМПЗФ у комплексі ЗТС, а вузол 8 відображує безпосередньо „хмару”.

Такий метод дозволить не тільки враховувати локальну ЕМО територіально розподілених ЗТС, а й координувати заводську обстановку в розподілених мережах змінного струму загального призначення. Локалізація заводів в загальних сегментах як мереж загального призначення, так і промислових, дозволить при виявленні домінуючою заводу її обмежувати не тільки в місці виникнення, а й для інших ЗТС, підключених до даних мереж.

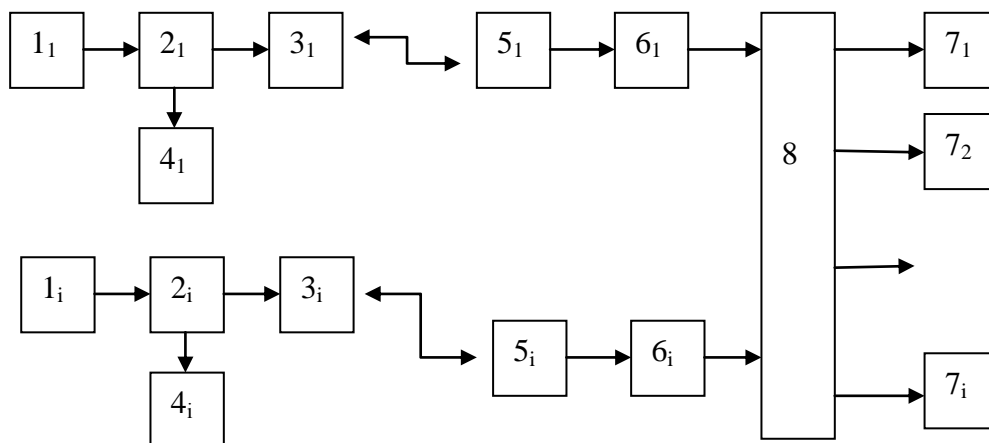


Рисунок 4.9 – Схемна модель реалізації нового методу забезпечення ЕМС мережею ІМПЗФ

Він є основою для розробки концепції засобів забезпечення (ЗЗ) ЕМС на основі методу віддаленого розподіленого керування інтелектуальним ПЗФ. Дана концепція передбачає такі базові підсистеми і процеси:

- наявність у структурі ПЗФ елементів керування параметрами;
- наявність у структурі ЗЗ ЕМС безпроводового інтерфейсу;

- наявність у мережі електроживлення системи моніторингу ЕМО;
- застосування технології клієнт-сервер для розподілених обчислень рівня домінуючої завади від НПП ЗТС;
- оренда послуг провайдерів «хмарних» технологій.

#### **Висновки за розділом 4**

1. У спектрі завод НПП ЗТС наявні локалізовані спектральні складники в низькочастотній області, обмеження яких відомими традиційними методами обмежує ефективність як НПП, так і ЗТС або їх комплексів в цілому.

2. Хмарні технології як дуже зручний і ефективний напрямок для розв'язання складних завдань, які вимагають великих системних ресурсів, одним з яких є моніторинг ЕМО, тому є умовою вирішення проблеми ЕМС ЗТС в реальному часі, причому різні моделі розгортання дозволяють більш зручно і ефективно використовувати їх для управління параметрами ІМПЗФ.

3. Хмарні технології розвиваються досить швидко, головні переваги «хмари» - швидка і дешева обробка даних. Хмарні сервіси доступні кожному користувачеві ІМПЗФ, внаслідок невисокої вартості оренди ресурсів.

4. Хмарні технології можуть бути ефективно використані як для задач забезпечення ЕМС одиничним ІМПЗФ, так і мережі із застосуванням сукупності таких фільтрів.

5. Запропоновано концепцію нового ПЗФ з безпроводовим інтерфейсом і розподіленою обробкою даних в реальному часі, яка забезпечує зменшення рівня домінуючою завади не тільки в місці виникнення, а й у інших ЗТС, що працюють від даного сегмента мережі.

## РОЗДІЛ 5. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА СТРУКТУРА ПРОЦЕСОРІВ ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ

### 5.1 Особливості процесу створення «хмари» і віртуальної машини під мобільні операційні системи

Паралельні обчислення застосовують в сферах, в яких виникає задача оброблення великих масивів даних, складних математичних обчисленнях, моделюванні складних систем та процесів: моделювання клімату, гена інженерія, проектування інтегральних схем, аналіз забруднення навколишнього середовища, інвестиційний банкінг, біржова торгівля і аналітика, створення лікарських препаратів тощо [12, 34, 36].

Однією зі сфер застосування є процедура моніторингу, в тому числі і ЕМО в мережі електроживлення, пов'язаної із застосуванням ЗТС. Вимоги адаптації параметрів ІМПЗФ в режимі реального часу з метою забезпечення ЕМС можливо забезпечити як апаратними, так і організаційними способами, до яких можна віднести паралельні обчислення.

Проведемо аналіз математичної моделі і характеристик паралельних обчислень на прикладі однієї з моделей такого застосування [5]. Для цієї моделі необхідно отримати оцінки часу виконання програми  $T_n$  для трьох варіантів: одним процесором -  $T_1$ , обмеженою кількістю процесорів  $p$  -  $T_p$  і для ідеалізованого випадку, коли кількість процесорів нескінченна -  $T_\infty$ .

Розглянемо програму  $P$ , що складено з  $n$  модулів  $M_i$ :

$$P = \{M_1 M_2 \dots M_i\}. \quad (5.1)$$

Припустимо, що програму реалізації (5.1) виконують на комп'ютері з деяким числом процесорів, що працюють із спільною пам'яттю. Вихідні дані, отримані в результаті роботи одного модуля, можуть бути вхідними даними для іншого модуля. Таким чином виникає залежність між модулями, яка визначає можливий порядок їх виконання.

Множину модулів розіб'ємо на  $k$  рівнів. До рівня  $I$  віднесемо ті модулі, для початку роботи яких потрібно завершення роботи модулів верхніх рівнів, з яких хоча б один належить рівню  $I - 1$ . Модуль рівня  $i$  з номером  $k$  будемо позначати як  $M_k^i$ .

Модулі, що належать до рівня 1, мають всі необхідні дані, отримані від зовнішніх джерел. Вони не потребують завершення роботи інших модулів і можуть виконуватися паралельно, будучи запущеними в початковий момент виконання програми.

Зв'яжемо з програмою  $P$  орієнтований граф залежностей модулів. Граф не містить циклів і відображає розбиття модулів на рівні. Модулі є вершинами графа, а ребра відображають залежності між модулями. Ребро веде від модуля  $M_k^i$  до модуля  $M_k^j$ , якщо для початку виконання модуля  $M_k^j$  потрібно завершення роботи модуля  $M_k^i$ . У вузлах графа розміщують інформацію щодо очікуваного виконання модуля, де час вимірюють в деяких умовних одиницях. На рис. 5.1 показаний приклад графа таких залежностей.

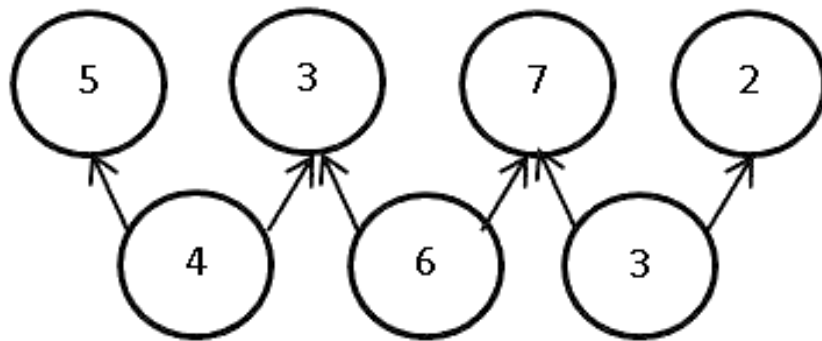


Рисунок 5.1 - Граф залежностей модулів

Використаємо наведені вище оцінки часу для трьох варіантів. В останньому випадку досить  $n$  процесорів, за кількістю модулів програми.

Передбачимо, що всі ці показники розраховують за двох умов:

- залежності між модулями, які задано графом залежностей, реалізовано;
- характеристики розраховано для оптимальної послідовності роботи процесорів.

У разі одного процесора достатньо виконання тільки першої умови. Передбачено звичайний порядок виконання модулів - послідовне виконання модулів одного рівня, потім перехід до виконання модулів наступного рівня.

Для варіанту необмеженої кількості процесорів оптимальним є такий розклад, коли кожен модуль починає виконуватися, як тільки завершені всі модулі, необхідні для його роботи.

Для варіанту  $p$  процесорів можна розподілити модулі за процесорами, задавши для кожного процесора множину модулів, виконувану цим процесором:

$$D(P_i) = \{M_{i,1}, M_{i,2}, \dots, M_{i,r}\}. \quad (5.2)$$

Розподіл модулів за процесорами спільно з графом залежностей однозначно визначає послідовність (розкладання в послідовності) роботи і час виконання програми за цим розкладанням. Передбачено, що кожен процесор виконує модулі з розподілу (5.2). Після чергового модуля він відразу ж переходить до виконання наступного модуля, якщо для цього модуля виконані всі залежності, задані графом залежностей. В іншому випадку процесор очікує завершення роботи необхідних модулів. Час закінчення останнього модуля в розподілі (5.2) задає час роботи даного процесора. Той процесор, який останнім закінчує роботу, саме визначає загальний час виконання завдання для даного розкладання. Введення раніше характеристика передбачає оптимальне розкладання виду за цільовою функцією:

$$T_p = \min_D T_p^D. \quad (5.3)$$

Завдання складання оптимального розкладання відносять до складних завдань, а в разі  $n \rightarrow \infty$  до завдань трансобчислювальної складності. На практиці для програм великого розміру вдається явно обчислити значення  $T_p$ . З цієї причини інтерес представляє завдання отримання оцінок для  $T_p$ .

Для введених характеристик виконується співвідношення:

$$T_\infty \leq T_p \leq T_1. \quad (5.4)$$

Припустимо, що час виконання всіх модулів однаковий  $t$ . Очевидно, що  $T_1 = n \times t$ .

Дійсно, один процесор має виконати всі модулі програми, проходячи, наприклад, послідовно один рівень за іншим.

Також очевидно, що час  $T_\infty$  можна обчислити за формулою:

$$T_\infty = k \times t. \quad (5.5)$$

Для часу  $T_p$  отримаємо оцінки зверху і знизу. Зрозуміло, що  $p$  процесорів, почавши одночасно працювати, можуть виконати обчислення модулів рівня  $b$  за час  $[n_i / p] \times t$ , де  $[*]$  позначає мінімальне ціле, яке більше або дорівнює (\*). Звідси випливає, що загальний час роботи визначено формулою:

$$T_p = \Sigma [n_i / p] \times t, \quad (5.6)$$

оскільки  $[*] \geq (*)$ , то:

$$T_p \geq \Sigma (n_i / p) \cdot t = t / p \Sigma n_i = n \cdot t / p = T_1 / p. \quad (5.7)$$

Формула дає нижню оцінку часу виконання завдання  $p$  процесорами.

Якщо на кожному рівні число модулів кратно  $p$ , то оцінка досяжна. У кращому випадку  $p$  процесорів можуть скоротити час виконання програми в  $p$  разів у порівнянні з часом, необхідним для виконання цієї роботи одним процесором.

Отримаємо тепер оцінку зверху. Оскільки  $[*] \leq (*) + 1$ , то

$$T_p \leq \Sigma (n_i / p + 1) \times t = t / p \Sigma n_i + \Sigma t_i = n \times t / p + k \times t = T_1 / p + T_\infty. \quad (5.8)$$

Об'єднанням (5.8) і (5.7) отримуємо:

$$T_1 / p \leq T_p \leq T_1 / p + T_\infty. \quad (5.9)$$

До основних характеристик паралельних обчислень відносять: прискорення, ефективність, втрачена ефективність [3].

Прискорення  $S_p(n)$  визначають як відношення:

$$S_p(n) = T_1(n) / T_p(n). \quad (5.10)$$

Важливо правильно інтерпретувати відношення (5.10). Чисельник і знаменник розраховують для двох різних алгоритмів. Коли завдання орієнтоване на виконання одним процесором, то можна скласти алгоритм, оптимальний для

послідовного виконання. Використання декількох процесорів вимагає використання алгоритму, який передбачає розпаралелювання. Найчастіше, послідовний алгоритм є неефективним для паралельного виконання.

З нижньої оцінки випливає, що прискорення не може перевищувати кількості процесорів:

$$S_p(n) \leq p. \quad (5.11)$$

Іноді ця оцінка порушується, і прискорення може бути більше  $p$ . У цьому випадку говорять про гіперприскорення. Гіперприскорення може виникнути, якщо додавання процесорів впливає не тільки на обчислення. Наприклад, застосована додаткова пам'ять, можливо, інші пристрої, що сприяють прискоренню вирішення завдання.

Ефективність  $E_p(n)$  визначають як відношення:

$$E_p(n) = S_p(n) / p. \quad (5.12)$$

За оптимального прискорення ефективність дорівнює 1. Якщо ж ефективність істотно нижче 1, то часто кількість процесорів доцільно зменшити, використовуючи їх більш ефективно. Пояснимо ситуацію прикладом. Розглянемо класичну задачу обчислення суми елементів масиву. Послідовний алгоритм, використовуючи один процесор, обчислює суму за час порядку  $\Theta(n)$ . Схему обчислення наведено на рис. 5.2. Обчислення суми можна розпаралелити, побудувавши пірамідальний алгоритм, який буде обчислювати суму за час  $\Theta(\log n)$ , але для нього на першому кроці потрібно  $n/2$  процесорів, які будуть обчислювати суми пар елементів масиву.

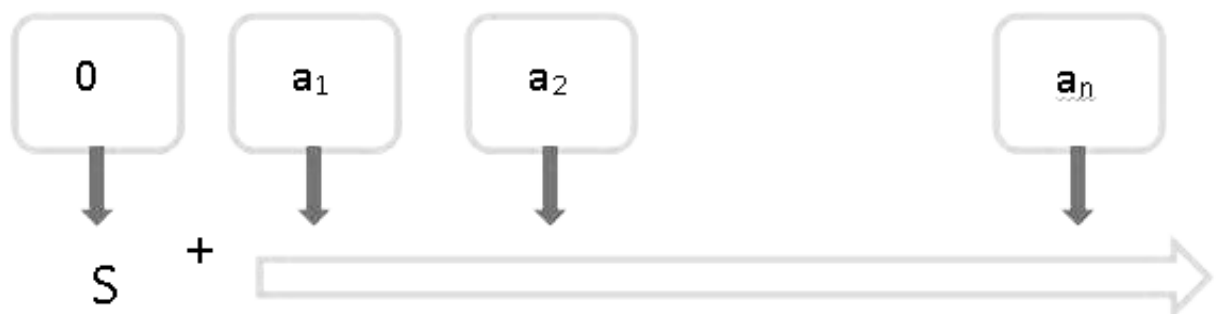


Рисунок 5.2 - Послідовне підсумовування



На наступному кроці кількість процесорів скоротиться вдвічі, коли обчислюють суми четвірок процесорів. Для отримання остаточного результату на останньому кроці потрібно лише один процесор. Схема обчислення показана на рис. 5.3.

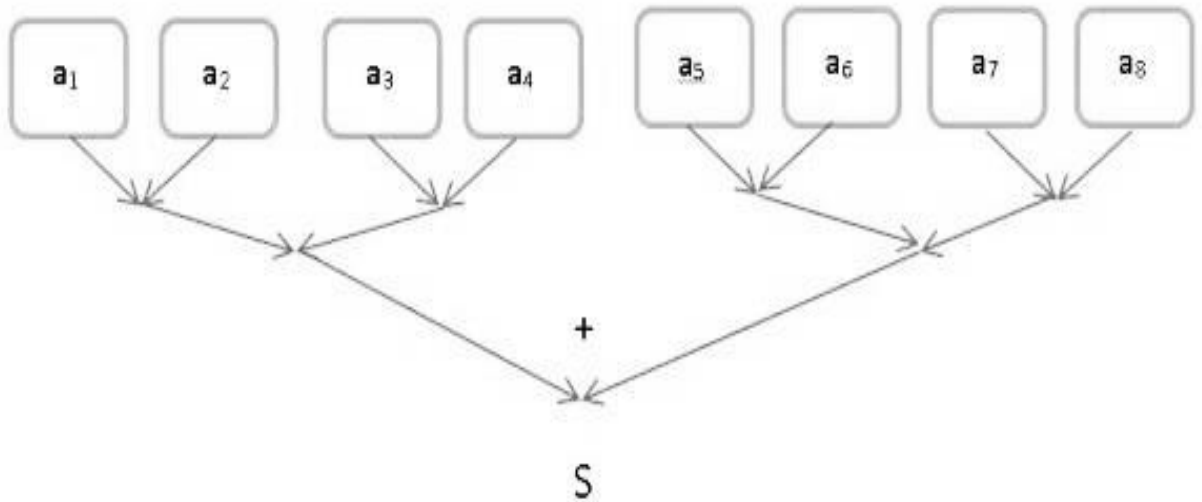


Рисунок 5.3 - Схема пірамідального паралельного обчислення суми елементів

Прискорення для цього алгоритму в разі обчисленні суми великої кількості елементів визначають як

$$S_p(n) = n / (\log_2 n). \quad (5.13)$$

Ефективність за цих умов

$$E_p(n) = S_p(n) / p = 2n / (n \log_2 n) = 2 / (\log_2 n). \quad (5.14)$$

У даному алгоритмі для  $E_p(n) = 1/2$  кількість процесорів дорівнює 16. Маючи 16 процесорів, можна розділити масив на 16 частин, для кожної з них процесори обчислюють часткові суми, а потім залишиться скласти ці окремі суми. В цьому випадку прискорення дорівнює 16, але ефективність наближена до 1.

Проблему ефективності можна оцінити і за іншим критерієм. Нехай застосовують комп'ютер з багатоядерним процесором. Оцінимо, наскільки ефективно використовують його можливості.

Введемо в розгляд міру невикористаних можливостей, втраченої вигоди -  $U_p(n)$ , визначивши її таким чином:

$$U_p(n) = T_p(n) / T_{\text{порт}} - 1. \quad (5.15)$$

Вважаючи, що оптимальний час, який можна досягти, використовуючи  $p$  процесорів, визначено нижньою оцінкою для  $U_p(n)$ , отримаємо:

$$U_p(n) = pT_p(n) / T_{\text{порт}} - 1. \quad (5.16)$$

## **5.2 Алгоритм і програма забезпечення роботи інтелектуального вузла засобів забезпечення ЕМС звукотехнічної системи за структурою «клієнт-сервер»**

Розробка алгоритмів (особливо для методів паралельних обчислень) для вирішення складних науково-технічних завдань зазвичай є значною проблемою. Основні етапи створення паралельних алгоритмів [80, 83], загальну схему яких наведено на рис. 5.4, потребують таких дій:

- виконати аналіз наявних обчислювальних схем і здійснити їх поділ (декомпозицію) на частини (підзадачі), які можуть бути реалізовані незалежно один від одного;
- виділити для сформованого набору підзадач інформаційні взаємодії, які здійснюють в ході розв'язання вихідного поставленого завдання;
- визначити необхідну (або доступну) для вирішення завдання обчислювальну систему і виконати розподіл набору підзадач між процесорами системи.

Розподіл підзадач між процесорами має бути виконано таким чином, щоб кількість інформаційних зв'язків (комунікаційних взаємодій) між підзадачами було мінімальним.

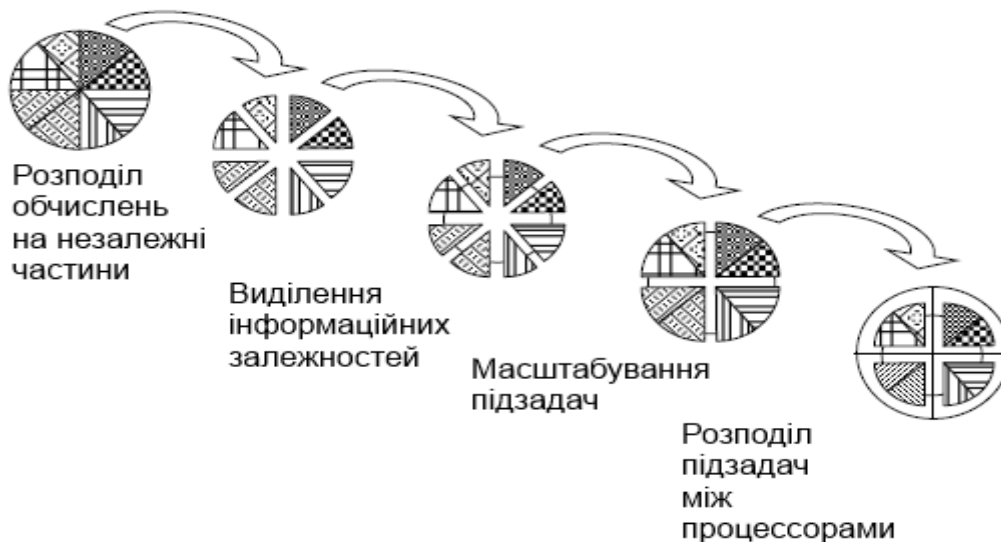


Рисунок 5.4 - Загальна схема розробки паралельних алгоритмів

Після виконання всіх зазначених вище етапів проектування можна оцінити ефективність розроблених паралельних методів: для цього зазвичай визначають значення показників якості паралельних обчислень (прискорення, ефективність, масштабованість). За результатами проведеного аналізу може виявитися необхідним повторення окремих (у граничному випадку - всіх) етапів розробки - слід зазначити, що повернення до попередніх кроків розробки може відбуватися на будь-якій стадії проектування паралельних обчислювальних схем.

Тому часто додатковою дією в наведеній вище схемі проектування є коригування складу сформованої множини завдань після визначення наявної кількості процесорів - підзадачі можуть бути агреговані за наявності малого числа процесорів або, навпаки, в іншому випадку деталізовані. В цілому, дані дії можуть бути визначені як масштабування розробляемого алгоритму і виділені як окремий етап проектування паралельних обчислень.

Щоб застосувати такий паралельний метод, необхідно виконати розробку програм для вирішення сформованого набору підзадач і розмістити розроблені програми по процесорах відповідно до обраної схеми розподілення підзадач.

Для проведення обчислень програми запускають на виконання (програми на стадії виконання зазвичай вважають процесами), для реалізації інформаційних взаємодій програми повинні взаємодіяти із засобами обміну даними (каналами передачі повідомлень).

У нашому випадку застосування ІМПЗФ за структурою мережі (рис.4.10) найбільш перспективним є застосування стандартів безпроводового зв'язку Wi-Fi і WiMAX, які підтримують такі апаратні засоби, як, наприклад модуль типу ESP 8266, що поєднує переваги МК з ядром типу x51 і безпроводового модуля, який забезпечує обмін даними в структурі «клієнт» - «сервер» [90].

Апаратна частина містить маршрутизатор, побудований на мікросхемі Atheros AR9330, з WiFi-інтерфейсом 802.11 b/g/n 150 Мб/с, USB 1 x 2.0, Ethernet 1 x 100Мб, операційна система OpenWrt (UNIX подібна). Це дає можливість підключити через USB інтерфейс модуль АЦП і за розробленою програмою забезпечити зчитування коефіцієнтів завади, передавати ці значення на сервер, потім отримувати коефіцієнти корекції.

МК системи управління ІМПЗФ формує масив з 1024 байт, а після обробки формує вісім 16-бітних коефіцієнтів для фільтра, також потоком, оскільки зчитування або запис спрощено, це узгоджено з технологією передавання, бо передавання завжди тільки потокове. На рис.5.5 наведено алгоритми взаємодії клієнта (системи керування ІМПЗФ), як головний потік (а) з сервером як системою віддаленої розподіленої обробки – потік обробки запитів сервера (б). За цим алгоритмом розроблена програма, що реалізує в реальному часі коригування параметрів ІМПЗФ таким чином, щоб максимуми АЧХ ланок фільтра перекривали смуги частот захищеного діапазона, де зосереджена енергія завад, зумовлених НПП ЗТС залежно від звукового контенту.

Корекція відбувається 5000 раз на секунду, коефіцієнт завади має розмір 1024 байт, коефіцієнт корекції має 128 байт, це потребує каналу не менше 46 Мб/с, вочевидь це задовольняє наявним можливостям каналу WiFi стандарту IEEE 802.11 ac, що забезпечують граничну швидкість 422 Мб/с.

Розроблену програму для сучасного безпроводового засобу взаємодії з віддаленою розподіленою обчислювальною системою в хмарі на модулі типу на мові програмування Lua наведено в додатку А. Вона забезпечує через безпроводовий канал зчитування значення з модуля корекції завад, відправляє його на сервер, очікує реакції і через інтерфейс WiFi передає коефіцієнти корекції

до модуля корекції завад, і повторюється за циклом, що дозволяє зменшити регулярну заваду від НПП.

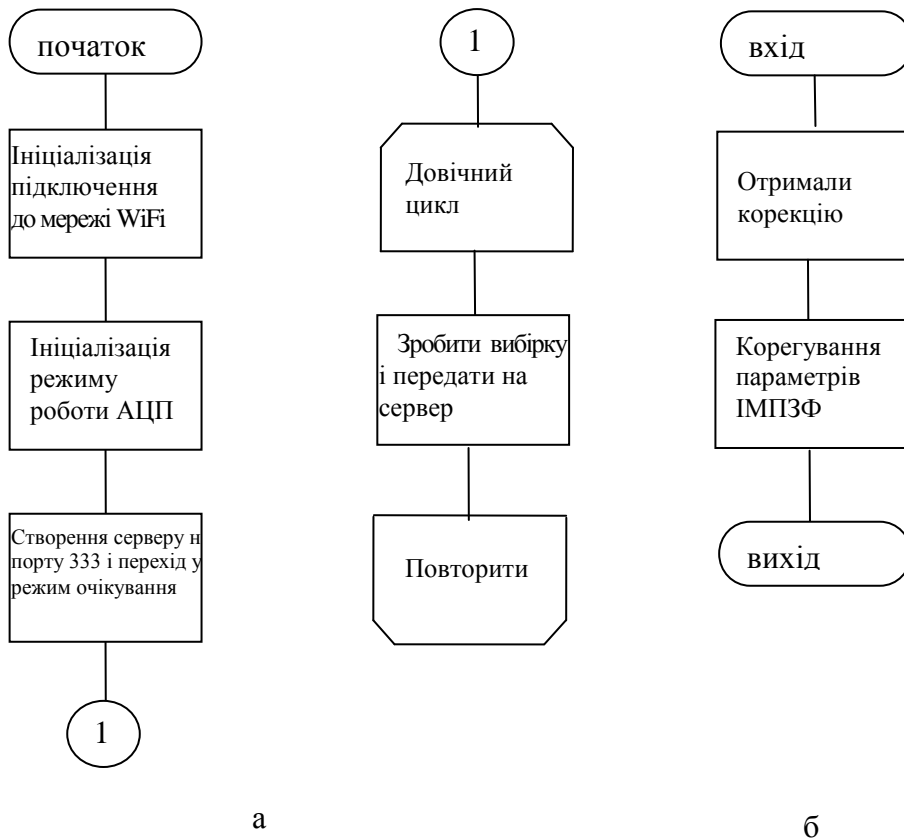


Рисунок 5.5 – Алгоритми взаємодії «клієнт-сервер» для головного потоку (а) та для серверу (б)

Слід зазначити, що кожен процесор, зазвичай, призначено для вирішення однієї підзадачі, однак за наявності великої кількості підзадач або за використання обмеженого числа процесорів це правило може бути не дотримане та, в результаті, на процесорах може виконуватися одночасно кілька програм (процесів). Зокрема, при розробці та початкової перевірці паралельної програми для виконання всіх процесів може використовуватися один процесор (при розташуванні на одному процесорі процеси виконують в режимі розподілу часу).

Розглянувши особливості реалізації паралельних обчислень, можна відзначити, що даний підхід значною мірою орієнтований на обчислювальні системи з розподіленою пам'яттю, коли необхідні інформаційні взаємодії реалізуються за допомогою передачі повідомлень каналами зв'язку між

процесорами. Однак дана схема може бути застосована без втрати ефективності паралельних обчислень і для розробки паралельних методів для систем зі спільною пам'яттю - в цьому випадку механізми передачі повідомлень для забезпечення інформаційних взаємодій повинні бути замінені операціями доступу до загальних (поділюваних) змінним.

На наш час визначають чотири основні методи організації паралельних обчислень [12]: паралелізм на рівні завдань, паралелізм на рівні даних, паралелізм на рівні алгоритмів, паралелізм на рівні інструкцій.

Існує ряд проблем даних методів організації паралельних обчислень, до них відносять такі загальні проблеми:

- синхронізація;
- гонка даних (data race)
- взаємне блокування (deadlock)
- проблема обміну даними (Send - Receive).

Часто розпаралелювання на рівні завдань є простим і при цьому ефективним. Таке розпаралелювання можливо в тих випадках, коли можна розкласти завдання на незалежні підзадачі, кожна з яких можна вирішити окремо. Розпаралелювання на рівні завдань демонструє операційна система, запускаючи на багатоядерній машині програми на різних ядрах.

Не зважаючи на те, що даний вид розпаралелювання простий і в ряді випадків досить ефективний, але якщо необхідно виконувати однорідні завдання, а саме це є характерним при визначенні ЕМО в разі впливу НПП ЗТС, то даний вид розпаралелювання не застосовують.

Операційна система ніяк не може прискорити програму, яка використовує тільки один процесор, скільки б ядер не було б при цьому є. Програма, розбиває кодування відліки сигналів звуку і завади в напрузі мережі на два завдання, і нічого не вимагає від третього або четвертого ядра. Що б розпаралелити однорідні завдання, потрібно використовувати паралелізм на рівні даних.

Паралелізм на рівні даних полягає в застосуванні однієї і тієї ж операції до множини елементів даних. Паралелізм даних демонструє архіватор, який

використовує для упаковки кілька ядер процесора. Дані розбивають на блоки, які однаковим чином обробляють різні вузли.

Даний вид паралелізму широко використовують для вирішення задач чисельного моделювання. Розрахункова область представлена у вигляді осередків, що описують стан частотних смуг в відповідні моменти часу - рівень, домінуючу заваду, процентне співвідношення рівнів сигналу/шум, періодичність тощо. Кількість таких осередків може бути дуже великим - до  $10^9$ . Кожен з цих осередків має бути оброблений одним і тим же способом. Тут модель паралелізму за даними вкрай зручна, оскільки дозволяє завантажити кожне ядро, виділивши йому певний набір осередків. Рахункову область розбивають на геометричні об'єкти, наприклад паралелепіпеди, і осередки, що увійшли в цю область, віддають на обробку певного ядра. В математичній фізиці такий тип паралелізму називають геометричним паралелізмом.

Наступний метод - це метод розпаралелювання окремих процедур і алгоритмів (рис. 5.6). Сюди можна віднести алгоритми паралельного сортування, множення матриць, рішення системи лінійних рівнянь. На цьому рівні абстракції зручно використовувати таку технологію паралельного програмування, як OpenMP [55].

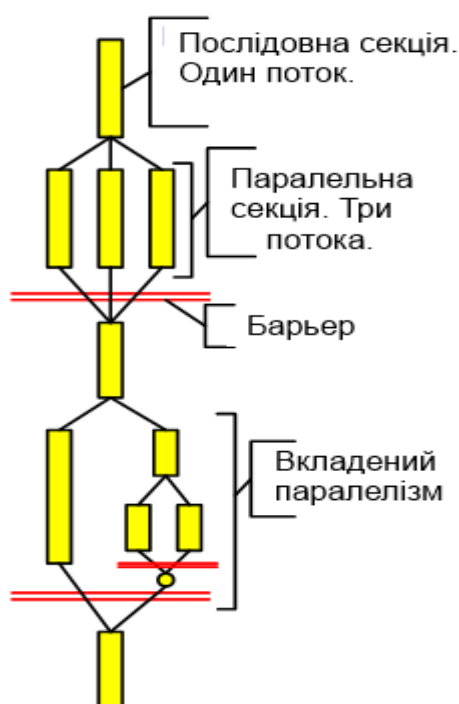


Рисунок 5.6 - Паралелізм на рівні алгоритму

OpenMP (Open Multi-Processing) - це набір директив компілятора, бібліотечних процедур і змінних оточення, які призначені для програмування багатопотокових додатків на багатопроцесорних системах. У OpenMP використовують модель паралельного виконання «розгалуження-злиття». Програма OpenMP починається як єдиний потік виконання, званий початковим потоком.

Коли потік потрапляє в паралельну конструкцію, він створює нову групу потоків, що складається з головного і деякого числа додаткових потоків, і стає головним у новій групі. Всі члени нової групи (включно з головним потоком) виконують код всередині паралельної конструкції. В кінці паралельної конструкції є неявний бар'єр. Після паралельної конструкції виконання призначеного для користувача коду продовжує тільки головний потік. В одну паралельну структуру може бути вкладено інші паралельні структури.

За реалізації ідеї "інкрементального розпаралелювання» OpenMP ідеально підходить для розробників, бажаних швидко розпаралелити свої обчислювальні програми з великими паралельними циклами. Розробник не створює нову паралельну програму, а просто послідовно додає в текст послідовної програми OpenMP-директиви.

Завдання реалізації паралельних алгоритмів досить складне і тому існує досить велика кількість бібліотек паралельних алгоритмів, що дає змогу розробляти програми, не вдаючись у специфіку реалізації паралельної обробки даних.

Найнижчий рівень паралелізму, здійснюваний на рівні паралельної обробки процесором декількох інструкцій або команд (рис. 5.7).

На цьому ж рівні знаходиться пакетна обробка декількох елементів даних однією командою процесора. Йдеться про технологію MMX, SSE, SSE2 тощо. Цей вид паралельності іноді виділяють в ще більш глибокий рівень розпаралелювання - паралелізм на рівні бітів.

Програма являє собою потік інструкцій, які виконує процесор. Можна змінити порядок цих інструкцій, розподілити їх за групами, які будуть



виконуватися паралельно, без зміни результату роботи всієї програми. Це і називають паралелізмом на рівні інструкцій. Для реалізації даного виду паралелізму в мікропроцесорах використовують кілька конвеєрів команд, такі технології як прогноз команд, перейменування регістрів.

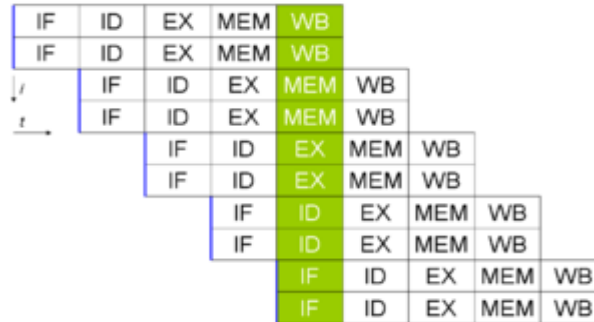


Рисунок 5.7 - Паралелізм на рівні команд

Для вищезазначених методів організації паралельних обчислень наявні усі зазначені проблеми: синхронізація, гонка даних, взаємне блокування, проблема обміну даними (Send - Receive або Map - Reduce). Також, однією з основних проблем є проблема недостатньої продуктивності паралельних обчислень, виконуваних на CPU.

Коли кілька модулів однієї і тієї ж програми запускають на різних процесорах, то виникає необхідність в синхронізації їх дій.

На рис. 5.8 зображено саме таку ситуацію, коли модулю А можуть бути необхідні результати роботи модулів В і С, тому почати своє виконання модуль А може тільки після закінчення роботи як модуля В, так і модуля С, які можуть виконуватися паралельно, але невідомо, який з них першим закінчить роботу. У будь-якому випадку запуск модуля А на виконання повинен бути синхронізований з закінченням робіт модулів В і С.

В разі розпаралелювання за даними один і той же модуль  $F$  може бути виконаний на  $k$  процесорах і паралельно виконуватися, обробляючи різні підмножини даних. Результати роботи  $k$  процесорів потім об'єднують в процесі роботи модуля  $G$ . Зрозуміло, що запуск на виконання модуля  $G$  має бути синхронізовано з закінченням роботи модуля  $F$  на всіх  $k$  процесорах, що працюють паралельно.

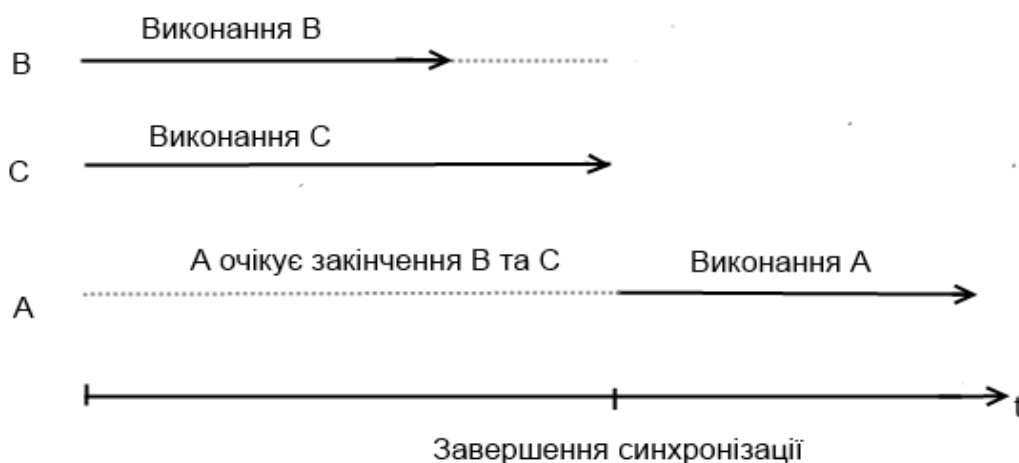


Рисунок 5.8 – Ілюстрація проблеми синхронізації

Паралельні обчислення вимагають ретельної синхронізації роботи модулів програми, які виконують різні процесори.

Так звана проблема "гонки даних" виникає для мультипроцесорних комп'ютерів із загальною пам'яттю. Оскільки процесори працюють паралельно, то в одні і ті ж моменти часу вони можуть отримувати доступ до одних і тих же даних, що зберігається в загальній пам'яті, як для читання, так і для запису.

Якщо спільне зчитування даних є можливим і допустимим, то одночасний запис двох різних значень в одну і ту ж частину пам'яті є неприпустимим. Запис завжди має йти по черзі. Конкурування процесорів за запис в один і той же розділ пам'яті називають "гонкою даних". У цій гонці виграє не той, хто прийшов першим, а той, хто прийшов останній, оскільки саме його результати будуть збережено в пам'яті.

Щоб впоратися з проблемою «гонки даних», необхідно застосовувати блокування, закриваючи ресурс для інших конкурентів, які повинні перервати свою роботу і очікують моменту звільнення ресурсу. Але утворюється механізм блокування, який породжує переривання роботи всієї програми, коли виникає ситуація, звана взаємним блокуванням.

Розглянемо найпростішу ситуацію (рис. 5.9), що призводить до виникнення взаємного блокування. Нехай є два конкурента  $A$  і  $B$ , які претендують на два ресурси  $f$  і  $g$ .

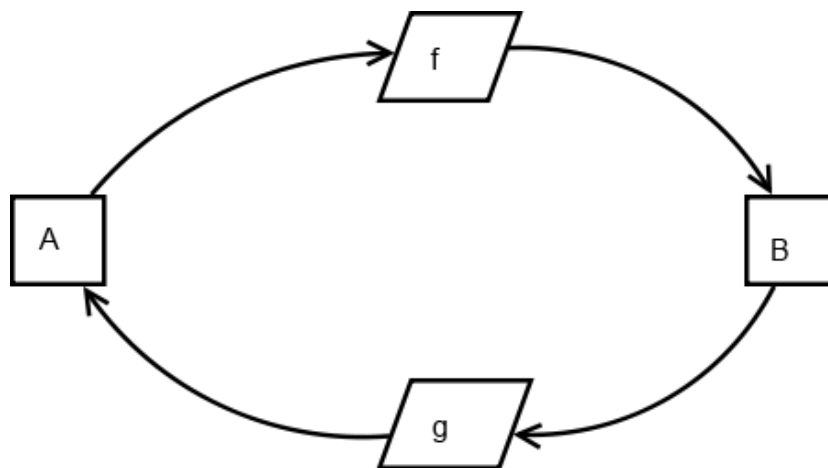


Рисунок 5.9 - Проблема взаємного блокування

Нехай гонку за ресурс  $f$  виграв  $A$  і відповідно заклав цей ресурс для  $B$ . Гонку за ресурс  $g$  виграв  $B$  і заклав ресурс для  $A$ . Але того, щоб закінчити свою роботу, йому потрібен ресурс  $g$ , тому він стає в чергу, чекаючи звільнення ресурсу  $g$ . І аналогічно,  $B$  очікує звільнення ресурсу  $f$ .

Виникає ситуація взаємного блокування, коли ні  $A$ , ні  $B$  не можуть продовжити свою роботу.

Для мультікомп'ютерних комплексів, де кожен комп'ютер комплексу має власну пам'ять, проблеми гонки даних і взаємного блокування не настільки актуальні. Тут виникає своя не менше серйозна проблема. В процесі роботи комп'ютери повинні обмінюватися даними, посилаючи один одному повідомлення. У кластерах (типовому вигляді мультікомп'ютерного комплексу) комп'ютери об'єднані високошвидкісними лініями зв'язку. Однак, передача даних є повільною операцією, і час на передачу даних може компенсувати весь виграш, отриманий за рахунок розпаралелювання обчислень. Тому при аналізі ефективності роботи програми, яка працює на кластері або іншому мультікомп'ютерному комплексі, де паралельно працюють процесори обмінюються повідомленнями лініями зв'язку, не маючи доступу до спільної пам'яті, важливу роль відіграють операції відсилки і отримання повідомлень (send - receive).

### 5.3 Особливості структури процесорів для забезпечення ЕМС колами електроживлення звукотехнічних систем

Розглядаючи завдання знаходження оптимального параметра автоматичної системи моніторингу ЕМО за наявності завад, яка була приведена в першому підрозділі, можна виділити наступні відомості про завдання:

1. Оптимальний кортеж параметрів знаходиться серед великої кількості доступних кортежів параметрів (кортежів)
2. Завдання обчислення критерію оптимальності (в даному випадку безпечного за вимогою ЕМС або порушення вимог ЕМС результату PnL - profit & loss) для кожного з кортежів незалежні і не вимагають обміну інформацією між собою.

Отже, саме для такого завдання моніторингу ЕМО оптимально використовувати паралелізм на рівні даних.

На рис. 5.10 схематично наведено принцип роботи методу виконання обчислень на GPU, який охоплює наступні етапи:

- генерація множини кортежів параметрів і завантаження вихідної інформації на GPU;
- проведення тестування автоматичної моніторингової системи для всієї множини кортежів параметрів;
- знаходження оптимального параметра за критерієм максимальності безпечного за вимогою ЕМС (або порушення вимог ЕМС) результату PnL.

На першому етапі генеровано множину кортежів параметрів - згенерований на CPU список кортежів параметрів, з яких потрібно вибрати оптимальний параметр. Також на даному етапі завантажують і обробляють поточну інформацію щодо інструментарію аналізу спектру. Перший етап виконують на центральному процесорі ЕОМ.

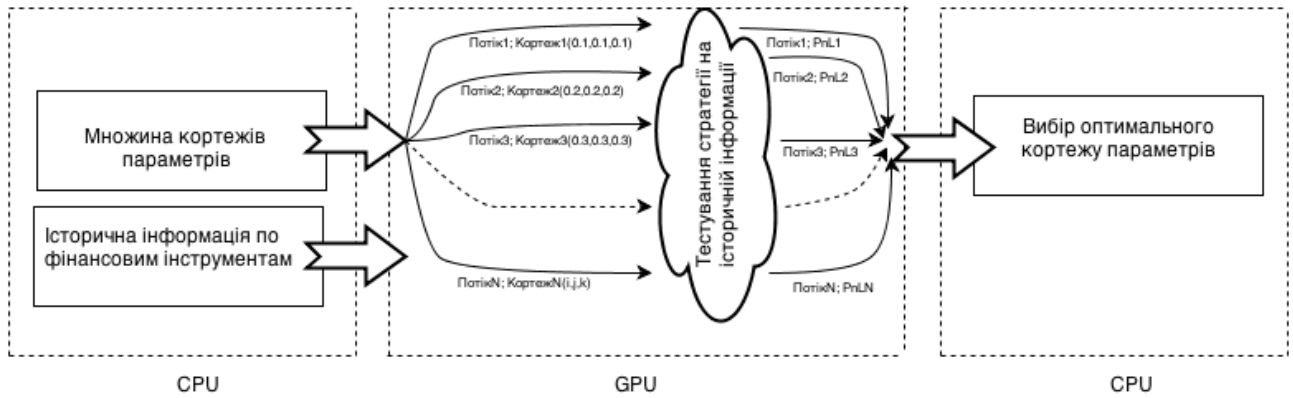


Рисунок 5.10 - Принцип роботи методу виконання обчислень на графічному акселераторі

На другому етапі множину кортежів параметрів і поточну інформацію копіюють на GPU, де кожен кортеж виділяється окремий потік графічного процесора. Для кожного кортежу проведено тестування автоматичної системи моніторингу на завантажених поточних даних і знаходять результат порушення вимог EMC ( $PnL$ ).

На третьому етапі отримані результати тестувань синхронізуються з оперативною пам'яттю і на CPU знаходиться кортеж параметрів за критерієм максимального значення  $PnL$ :  $PnL(S(Pi)) \rightarrow \max, Pi \in M$ ,

де  $Pi$  - знайдено кортеж,  $M$  - згенерована на першому етапі множина кортежів.

Таким чином виявляють критичну заваду в виділеній смузі частот.

Модуль тестування призначено для вирішення завдання тестування автоматичної моніторингової системи за розробленим паралельним алгоритмом на графічних акселераторах.

На рис. 5.11 наведено діаграму класів запропонованого для застосування інструментального засобу.

Модуль призначеного для користувача інтерфейсу і аналізу результатів призначено для агрегації отриманих даних від модуля тестування, вимірювання ефективності (час виконання) методу тестування на CPU і на GPU, відображення інформації користувачеві, або якщо виникла помилка, інформації про помилку.

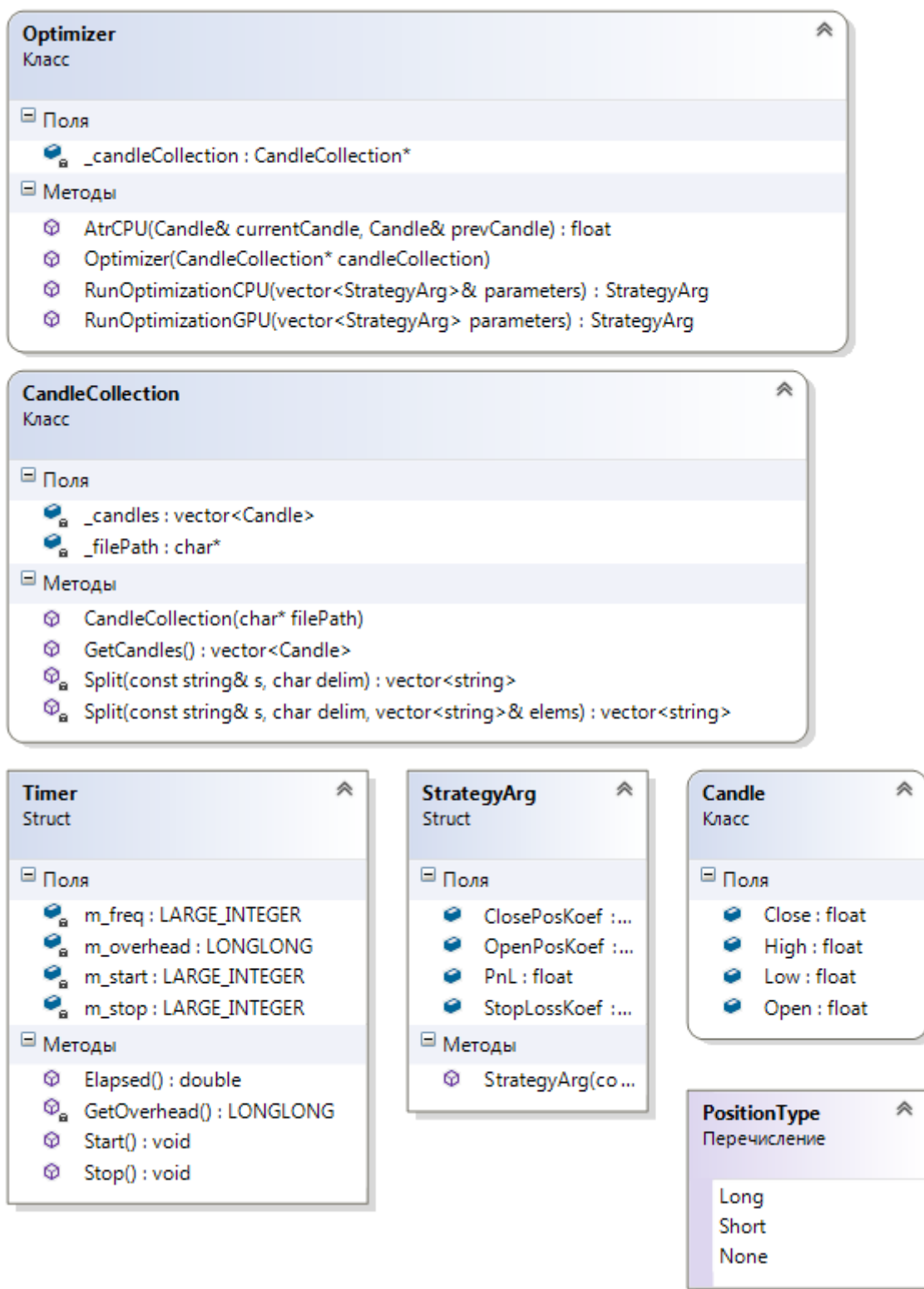


Рисунок 5.11 - Діаграма класів інструментального засобу

Для аналізу ефективності розробленого методу і використаних засобів було проведено порівняння швидкодії двох аналогічних методів класу `Optimizer`: один виконується на CPU, інший на GPU.

Зазначимо основні відмінності між архітектурою CPU і GPU. Ядра CPU створені для виконання одного потоку послідовних інструкцій з максимальною

продуктивністю, а GPU проектують для швидкого виконання великої кількості паралельно виконуваних потоків інструкцій. Універсальні процесори оптимізовано для досягнення високої продуктивності єдиного потоку команд, що обробляє як цілі числа, так і числа з плаваючою крапкою. При цьому доступ до пам'яті в режимі Random (випадковий).

Порівняльну характеристику зазначених вище систем зведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 Порівняльна характеристика комп'ютерних систем, спеціалізованих для виконання паралельних обчислень

	Багатопроцесорні системи	Мультиком-п'ютерні системи	Системи з графічними акселераторами
Максимальна продуктивність	До $3 \times 10^{12}$ операцій з плаваючою крапкою за секунду	Пропорційно кількості комп'ютерів	До $6 \times 10^{12}$ операцій з плаваючою крапкою за секунду
Складність розробки системи та адміністрування	Низька (технологія відпрацьована, на ринку багато готових рішень)	Висока (необхідність створювати та адмініструвати мережу)	Низька (відпрацьована, на ринку багато готових рішень)
Складність застосування системи	Низька (технологія відпрацьована, реалізація на будь-якій багатопоточній мові програмування)	Середня (захист передачі даних в мережі та синхронізація)	Середня (сучасна технологія GPGPU)
Ціна	Тисячі умовних одиниць	Пропорційно кількості комп'ютерів	Сотні умовних одиниць

У табл. 5.2. наведено порівняльну характеристику основних технологій для проведення паралельних обчислень на GPU - CUDA, OpenCL, C ++ AMP.

Таблиця 5.2 Порівняльна характеристика технологій, спеціалізованих для виконання паралельних обчислень на графічних акселераторах

	CUDA	OpenGL	C++AMP
Доступність	Технологія NVidia	Відкритий стандарт	Відкритий стандарт
Наявність програмних засобів розробки	SDK, NSight (debugger, profiler)	SDK, debugger, (AMD)	Інтеграція с Microsoft Visual Studio 2017 (debugger, profiler)
Застосування декількох пристроїв	Передбачено	Передбачено Застосування CPU та GPU	Передбачено Застосування CPU и GPU
Мова програмування	Спрощений C	На основі стандарту C 99	Розширення C++
Переваги	Швидкодія	Підтримка гетерогенних обчислень	Зручність програмної моделі
Недоліки	Закритий стандарт	Необхідність оптимізації	Обмежена підтримка



## Висновки за розділом 5

1. Обґрунтовано відмову від застосування однопоточних систем на основі аналізу сфери застосування паралельних обчислень для вирішення завдань моніторингу ЕМО, що вимагають значних обчислювальних ресурсів, обробки великих масивів даних, складних математичних обчислень,

2. Доведена ефективність використання декількох обчислювальних модулів для вирішення завдань керування ІМПЗФ на основі математичної моделі виконання паралельних обчислень.

3. Визначено мінімум обов'язкових етапів алгоритмів для реалізації саме віддаленого моніторингу ЕМО та зазначено особливості розробки паралельних потоків:

- розподіл обчислень на незалежні частини;
- виділення інформаційних залежностей;
- масштабування під завдання;
- розподіл підзадач між процесорами.

4. Покращено за швидкодією метод виконання паралельних обчислень відліків напруги на вході ІМПЗФ НПП ЗТС на графічних акселераторах, враховуючи архітектурні відмінності GPU та CPU.

5. Створено інструментальний засіб, що дозволяє проводити паралельні обчислення на графічних акселераторах, на мові програмування C ++ з використанням технології GPGPU C ++ AMP.

6. Обґрунтовано застосування стандартів безпроводового зв'язку Wi-Fi і WiMAX, які підтримують такі апаратні засоби, як, наприклад, модуль типу ESP 8266, що поєднує переваги МК з ядром типу x51 і безпроводового модуля, який забезпечує обмін даними від ІМПЗФ в структурі «клієнт-сервер».

7. Розроблено алгоритм та програму взаємодії ІМПЗФ на мові Lua в разі обміну даними між ІМПЗФ та розподіленими процесорами в хмарі за структурою «клієнт-сервер».

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішується актуальна науково-технічна задача забезпечення електромагнітної сумісності напівпровідникових перетворювачів ЗТС. На основі дослідження завадових властивостей звукових сигналів, структур НПП у ключовому режимі, використання інтелектуальних протизавадних фільтрів за різними структурами, застосування розподілених віддалених обчислень запропонована концепція, що дозволяє забезпечувати ЕМС в реальному часі за умови мінливої електромагнітної обстановки.

Основні результати роботи полягають в наступному:

1. На підставі аналізу сучасного стану та тенденцій розвитку структур сучасних ЗТС, що містять декілька напівпровідникових перетворювачів електроенергії, визначені основні джерела завад та особливості процесів, які їх викликають.
2. Обґрунтовано вибір раціонального способу обмеження рівнів завад від НПП ЗТС, що використовують високопродуктивні мікроконтролери або цифрові сигнальні процесори на основі вдосконаленого методу регулювання параметрів протизавадових засобів шляхом застосування динамічного підмагнічування змінним струмом осердя дроселя ПЗФ, що дозволяє не тільки зменшити інерційність, але і уникнути зменшення площі петлі перемагнічування, при цьому істотно, до 4 разів, розширено діапазон регулювання основного параметра.
3. Доведена можливість і доцільність побудови інтелектуальних ПЗФ, система керування яких спільно з функцією обмеження завад забезпечує функцію моніторингу ЕМО, що дозволяє налаштувати АЧХ передатної функції під наявний рівень завад на основі подальшого розвитку методу адаптивного зменшення рівня кондуктивних завад зняттям обмеження на внесене згасання ПЗФ на конкретних частотах, шляхом обмеження завад, характерних для НПП ЗТС, рівень яких перевищує вимоги нормативних документів.

4. Показана доцільність застосування хмарних обчислень з метою формування сигналів, що обмежують тональну заваду, до межі, визначеного нормативними документами на підставі нового методу віддаленого (розподіленого) управління інтелектуальним мережевим ПЗФ ЗТС, що дозволяє в реальному масштабі часу вирішити проблему забезпечення ЕМС в умовах мінливого погіршення ЕМО.
5. Оцінено рівень внесеного загасання на критичних частотах в захисній смузі частот і обмеження на можливість генерації протифазних з тональної завадою сигналів.
6. Експериментально перевірено ефективність запропонованих методів і засобів на розробленій імітаційній моделі ЗТС з інтелектуальним ПЗФ, яка полегшує інженерний аналіз ефективності та визначення параметрів ЕМС з урахуванням шляхів поширення завад.
7. Показано, що швидка адаптація параметрів фільтра до умов електромагнітної обстановки дозволяє істотно, в десятки разів, зменшити рівень завад на критичних частотах, покращивши тим самим електромагнітну сумісність.
8. Запропоновано концепцію нового ПЗФ з безпроводовим інтерфейсом і розподіленою обробкою даних в реальному часі та розроблено алгоритм та програму взаємодії з засобами віддалених розподілених обчислень.

**ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. А. с. 1748219 СССР, МКИ Н 02 М 1/12, Н 03 Р 7/09. Помехоподавляющий фильтр / Л. С. Турин, О. В. Максимов (СССР). опубл. 15.07. 92, Бюл. № 26.
2. Акустика / Ш. Я. Вахитов, Ю. А. Ковалгин, А. А. Фадеев, Ю. П. Щевьев; Под ред. Ю. А. Ковалгина – М. : Горячая линия–Телеком, 2009. – 660 с.
3. Алдошина И. А. Основы психоакустики/ И. А. Алдошина [Электронный ресурс]. – Режим доступа [https:// lib100.com/music/osnovi\\_psihoakustiki/pdf](https://lib100.com/music/osnovi_psihoakustiki/pdf). Дата доступа 12.09.2016
4. Алдошина И. А. Электроакустика и звуковое вещание / И. А. Алдошина, Э. И. Вологдин, А. П. Ефимов и др. ; под общ. ред. Ю. А. Ковалгина. – М. : Горячая линия–Телеком, Радио и связь, 2007. – 872 с.
5. Алдошина И.А. Электроакустические измерения и оценка качества звучания / И. А. Алдошина. – СПб.: ГУТ, 1998. – 64 с.
6. Анализ допустимых регламентированных уровней эмиссии и чувствительности оборудования киноконцертного комплекса / В. В. Пилинский, А. С. Чупахин, В. Б. Швайченко, А. А. Довженко // Технологии ЭМС. – 2015. – № 3(54) – С.18–25.
7. Анерт В. Техника звукоусиления / В. Анерт, Ф. Стеффен. – М.: Эра, 2004. – 461 с.
8. Аппаратно-программный комплекс проектирования гибридных помехоподавляющих фильтров / В. В. Пилинский, Д. В. Титков, А. С. Чупахин, Осман Шарадга, В. Б. Швайченко // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. Спец. вып. – 2013. – Т.2. – №8 (114). – С. 195-200
9. Блауэрт Й. Пространственный слух / Й. Блауэрт. – М. : Энергия, 1979. – 224 с.
10. Бытовая электроакустическая аппаратура: Справочник / Алдошина И.А., Бревдо В. Б., Веселов Г. Н. и др. – М.: Радио и связь, 1992. – 319 с.
11. Векслер Г.С. Электропитающие устройства электроакустической и кинотехнической аппаратуры / Г.С. Векслер, В. В. Пилинский. – К.: Вища шк., 1986. – 384 с.

12. Воеводин В.В. Модели и методы в параллельных процессах / В.В. Воеводин. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
13. Вологдин Э. И. Аналоговая и цифровая звукозапись / Э. И. Вологдин. – СПб.: СТ "Факультет ДВО", 2004. – 74 с.
14. Вонсовский С. В. Магнетизм. Магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков / С. В. Вонсовский. – М.: Наука, 1971. – 1032 с.
15. Гергель В.П. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем / В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин. – Нижний Новгород: Издательство ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2003. – 184 с.
16. Гитлиц М.В. Магнитная запись сигналов / М. В. Гитлиц. – М.: Радио и связь, 1981. – 160 с.
17. Денбновецький С. В. Кодування сигналів в електронних системах. Ч.1. Параметри сигналів і каналів зв'язку та методи їх оцінювання / С. В. Денбновецький, І. В. Мельник, Л. Д. Писаренко. – К.: Кафедра, 2016. – 524 с.
18. Довженко О. О. Засади застосування інтелектуальних протизавадових фільтрів в електромережах: апаратні можливості інтелектуальних фільтрів для забезпечення електромагнітної сумісності / О. О. Довженко, В. В. Пілінський, В. Б. Швайченко // Технічна електродинаміка. Тем. вип. Проблеми сучасної електротехніки. – Ч. 3.– 2010. – С. 73-76
19. Довженко О. О. Моделювання електромагнітних процесів перетворювальних пристроїв, що спричиняють електромагнітні завади / О. О. Довженко, В.Б. Швайченко, О. Шарадга // Електроніка і зв'язь. – № 3. – 2011. – С. 210-215
20. Довженко А. О. Особливості методу ущільнення багатоканального звукового контенту / А. О. Довженко, В. Б. Швайченко, О. Шарадга // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – № 20 (1129). – 2015. – С. 30-36.
21. Дискретные методы модуляции импульсных преобразователей цифровых аудиосистем / Ю. А. Оникиенко, В. В. Пилинский, М. В. Родионова, В. Б. Швайченко // Электроника и связь. – 2003. – №19. – С. 55-57

22. Ефимов А. П. Акустические измерения, оценки, контроль / А. П. Ефимов, Ю. С. Рысин, Д. Г. Свобода. – М. : МТУ- СИ, 2005. – 113 с.
23. Енергозабезпечення електронної апаратури. Практикум / В. В. Пілінський, М. В. Родіонова, О. І. Рибін та ін.; За ред. Пілінського В. В. – К.: Вища шк., 1994. – 258 с.
24. Жежеленко И.В. Электромагнитные помехи в системах электроснабжения промышленных предприятий/ И. В. Жежеленко, О. Б. Шиманский. – К. : Вища шк., 1986. – 119 с.
25. Згуровский М. З. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами / М. З. Згуровский, А. А. Павлов. – К. : Наукова думка, 2010. – 575 с.
26. Звіт з НДР "Програмно-технічна система забезпечення захисту інформаційних ресурсів по колам електроживлення", КВНТД І.2 11.09.03 № Держреєстрації 0109U005988. Наук. керівник Пілінський В.В. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 143 с.
27. Звіт з НДР “Електромагнітна сумісність аудіо-, відео- та телекомунікаційних систем”, № Держреєстрації 0114U002194. Наук. керівник Пілінський В.В. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 147 с.
28. Кечиев Л. Н. ЭМС и информационная безопасность в системах телекоммуникации / Л. Н. Кечиев, П. В. Степанов. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2005. – 320 с.
29. Ковалгин Ю. А. Стерефоническое радиовещание и звукозапись: учеб. пособие / Ю. А. Ковалгин, Э. И. Вологдин, Л. Н. Кацнельсон; под ред. Ю. А. Ковалгина. – М. : Горячая линия–Телеком, 2007. – 720 с.
30. Ковалгин Ю. А. Цифровое кодирование звуковых сигналов / Ю. А. Ковалгин, Э. И. Вологдин. – СПб.: Корона-принт, 2004. – 240 с.,
31. Лауфер М. В. Теоретические основы магнитной записи сигналов на движущийся носитель / М. В. Лауфер, И. А. Крыжановский. – К.: Вища школа. 1982. – 270 с.
32. Леонов В. Google Docs, Windows Live и другие облачные технологии / Василий Леонов. – М.: Эксмо-Пресс, 2012 г. – 304 с.

33. Лунтовський А.О. Розподілені сервіси телекомунікаційних мереж та повсюдний комп'ютинг і Cloud-технології / А.О. Лунтовський, М.М. Клімаш, А.І. Семенко. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2013. – 368 с.
34. Медведев А. В. Распараллеливание решения краевых задач на квазиструктурированных сетках с использованием гибридных вычислений CPU + GPU / А. В. Медведев, В. М. Свешников, И. Ю. Турчановский // Вест. Новосибирского государственного университета. Информационные технологии. – 2014. – Т. 12. – № 1. – С. 50 - 54
35. Меерзон Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры / Б. Я. Меерзон. – М.: Аспект Пресс, 2004. – 205 с.
36. Мельник И. В. Использование параллельных вычислений для моделирования технологических газоразрядных источников электронов / И. В. Мельник, А. О. Лунтовский // Электронное моделирование. – 2016. – Т. 38. – № 3. – С. 1–17
37. Никамин В. А. Системы пространственного звучания / В. А. Никамин. – СПб.: Корона принт, 2004. – 192 с.
38. Никамин В. А. Цифровая звукозапись. Технологии и стандарты / В. А. Никамин. – СПб.: НиТ, 2002. – 256 с.
39. Облачные сервисы. Взгляд из России / Под ред. Е. Гребнева — М.: CNews, 2011. — 282 с.
40. Оникиенко Ю. А. Анализ влияния параметров источника питания и входного сигнала на уровень кондуктивных помех усилителя класса D / Ю. А. Оникиенко, В. В. Пилинский, В. Б. Швайченко // Технічна електродинаміка. Тем.вип. Силова електроніка і енергоефективність. – 2012. – Ч.1 – С.70-74.
41. Оникієнко Ю. О. Система прогнозування кондуктивних завад звукових підсилювачів класу D : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.09.08 „Прикладна акустика та звукотехніка” / Ю. О. Оникієнко. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 24 с.
42. Особенности восстановления аудиофрагментов носителей механической записи / А. П. Гребинь, Н. Ф. Левенец, В. Б. Швайченко, О. Шарадга // Наукові записки УНДІЗ. – 2014. – №4(32). – С. 62-67

43. Особенности реставрации и восстановления аудиосигналов, обусловленные спецификой носителя магнитной записи / А. П. Гребинь, Н. Ф. Левенец, В. Б. Швайченко, Д. М. Пробытый // Наукові записки УНДІЗ. – 2015 – №2(36). – С. 38-43
44. Особливості мікропроцесорного керування параметрами дроселя протизавадового фільтра для керування характеристиками загасання в смузі частот 3..5 декад / В. Б. Швайченко В. В.Пілінський, С. М. Веретюк, А. О. Довженко // Електроніка і зв'язь. Тем. вып. "Електроніка і нанотехнології". – 2011. – № 4. – С. 182-186
45. Отт Г. Методы подавления шумов и помех в электронных системах / Г. Отт. – М.: Мир, 1979. – 318 с
46. Патент на корисну модель 113440 Україна, МПК Н03Н 7/075 (2006.01), Н02К 11/02 (2016.01). Протизавадний фільтр / О. О. Довженко, О. М. Зінько, В. Б. Швайченко, Осман Шарадга; заявник та патентотримач Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”. – № u201608128; заявл. 22.07.16 ; опубл. 25.01.17, Бюл. № 2
47. Подавление электромагнитных помех в цепях электропитания/ Г. С. Векслер, В. С. Недочетов, В. В. Пилинский и др.; [под ред. Г. С. Векслера](#). – К.: Техніка, 1990. – 167 с.
48. Попов О. Б. Цифровая обработка сигналов в трактах звукового вещания: учеб. пособие для вузов / О. Б. Попов, С. Г. Рихтер. – М.: Горячая линия–Телеком, 2007. – 341 с.
49. Програмно-технічна система забезпечення захисту інформаційних ресурсів по колам електроживлення / В. В. Пілінський, В. Б. Швайченко, О. О. Довженко, В. М. Бакіко // Інформаційні технології в освіті. – 2010. – Вип. 7. – С. 170-174.
50. Риз Д. Облачные вычисления / Джордж Риз. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 288 с.
51. Рихтер С. Г. Цифровое радиовещание / С. Г. Рихтер. – М.: Горячая линия–Телеком, 2008. – 352 с.



52. Розоринов Г. Н. Устройства цифровой магнитной звукозаписи / Г. Н. Розоринов, В. Д. Свяченый. – К.: Техніка, 1991. – 157 с.
53. Севашко А. В. Звукорежиссура и запись фонограмм / А. В. Севашко. – М.: Альтекс-А, 2004. – 432 с.
54. Сайт компанії Dolby – Режим доступу : [www.dolby.com/us/en/about/leadership/ray-dolby.html](http://www.dolby.com/us/en/about/leadership/ray-dolby.html). Дата доступу 28.09.2015
55. Сайт компанії Open Quant. - Режим доступу: <http://www.smartquant.com/openquant.php>. - Дата доступу 17.09.2016
56. Сайт Спільки аудіоінженерів – Режим доступу : [www.aes.org](http://www.aes.org) . Дата доступу 22.07.2015
57. Селф Д. Проектирование усилителей мощности звуковой частоты / Д. Селф. – М.: ДМК Пресс, 2009.– 536 с.
58. Создание виртуальной машины (сервера) [Электронный ресурс]. Режим доступу <http://kb.selectel.ru/2205906/html> Дата доступу 11.12.2016
59. Сильве А. Варистор варистору рознь: надежная защита от скачков напряжения / Новости электроники. – 2016. – № 6. – С. 45-51
60. Титков Д. В. Концепция совершенствования интеллектуальных сетевых помехоподавляющих фильтров / Д. В. Титков, В. Б. Швайченко, О. Шарадга // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія Техніка та електрофізика високих напруг. – 2014. – №50 (1092). – С. 168-172
61. Транзисторные преобразователи с улучшенной электромагнитной совместимостью / А. К. Шидловский, А. В. Козлов, Н. С. Комаров, Г. А. Москаленко. – К.: Наук. Думка, 1993. – 271 с.
62. Турин Л. С. Типовые схемы помехоподавления для блоков питания электронной аппаратуры / Л. С. Турин // Вестник связи.— 1978.— № 8.— С. 24—26.
63. Фингар П. Dot.Cloud: облачные вычисления - бизнес-платформа XXI века / Питер Фингар. – М. : Акваринарная книга, 2011. — 256 с.
64. Ханзел Г.Е. Справочник по расчету фильтров / Г.Е. Ханзел. – М.: Сов. радио, 1974. – 288 с.

65. Хек К. Магнитные материалы и их техническое применение / К. Хек. – М.: Энергия, 1973. – 304 с
66. Хернитер М. Е. Электронное моделирование в Multysim / М. Е. Хернитер. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 488 с.
67. Черняк Л. SaaS — конец начала./ Л. Черняк 2010 Режим доступа <http://www.osp.ru/os/2007/10/4706040/> Дата доступа 10.09.2016
68. Шарадга Осман. Особенности усовершенствования методов подстроки резонансных характеристик интеллектуальных помехоподавляющих фильтров / Осман Шарадга // Тези доповідей Міжвузівської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасний стан та тенденції розвитку телекомунікацій» – Київ, 2015. – С.102-104.
69. Швайченко В. Б. Совершенствование процедуры автоматизированного проектирования сетевых помехоподавляющих фильтров / В. Б. Швайченко, А. А. Довженко, Осман Шарадга // Материалы международной НТК «Автоматизация: проблемы, идеи, решения». – Севастополь, 2013. – С.218-219
70. Шелухин О. И. Цифровое кодирование звуковых сигналов / О. И. Шелухин, Н. Ф. Лукьянцев. – М.: Радио и связь, 2000. – 456 с.
71. Шидловський А. К. Стабілізація параметрів електричної енергії в трифазних системах / А. К. Шидловський, В. О. Новський, А. Ф. Жаркін. – К.: ІЕД НАН України, 2013. – 378 с.
72. An anti-RFI filter for the mains - Режим доступа : [www.tnt-audio.com/clinica/filter.html](http://www.tnt-audio.com/clinica/filter.html) Дата доступа 17.03.2015
73. Armstrong, K. AES-X13 and interference-free pro-audio systems / K. Armstrong, T. Waldron // IEEE International Symposium. "EMC 2002", Sorrento, Italy, 2002. – Vol. 1. – P. 434 – 439.
74. Automatic Layout Optimization of an EMC filter / Thomas De Oliveira, Jean-Michel Guichon, Jean-Luc Schanen, Laurent Gerbaud // IEEE Energy Conversion Conference and Expo, Atlanta, United States, Sep., 2010. – P.217-224
75. Cisco Application Visibility and Control Field Definition Guide for Third-Party Customers [Електронний ресурс]. Режим доступа <https://www.cisco.com/c/>

en/us/td/ docs/routers/access/ISRG2/AVC/api/guide/ AVC\_Metric\_Definition\_Guide/4\_AVC\_Solution\_Overview.html Дата доступа 11.12.2016

76. CISPR 22 Edition 6.0 2008-09 IEC STANDARDS+ Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement – Режим доступа : [http://www.webstore.iec.ch/preview/info\\_cispr22 {ed6.0.RL} b.pdf](http://www.webstore.iec.ch/preview/info_cispr22_ed6.0.RL_b.pdf) >. – Дата доступа: 29 сентября 2016.
77. DIN 17831
78. Directive 2014/30/EU of 26 February 2014 on the harmonization of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/electromagnetic-compatibility>. Дата доступа 14.02.2017
79. Hellerstein J. M. SoCC '10: Proceedings of the 1st ACM symposium on Cloud computing / Joseph M. Hellerstein, — N. Y.: ACM, 2010.
80. Gazda C. A wideband common-mode suppression filter for bend discontinuities in differential signaling using tightly coupled microstrips / C. Gazda et al, // IEEE Trans. Adv. Pack., Nov. 2010. vol. 33, no. 4, - P. 969–978
81. Gregory K. Accelerated Massive Parallelism with Microsoft Visual C++ / K. Gregory, A. Miller. - Sebastopol: O'Reilly Media, 2012.
82. ISO/IEC 11172-3 Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1,5 mbit/s. Part 3. Audio
83. Kaufmann M. Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach / M. Kaufmann. – New York: Morgan Kaufman Publishing, 1998.
84. Lee Gillam. Cloud Computing: Principles, System and Application / Nick Antonopoulos, Gillam Lee. – Springer, 2010. – 379 p.
85. Nisbett Alek. The Technique of the Sound Studio. For Radio, Television and Film / Alek Nisbett. – London – New York : Fokal Press. – 436 p.
86. National Science Foundation . Grand Challenge: High-Performance Computing and Communications, Report, Committee on Physical, Mathematical and Engineering

Sciences - D.C.: U.S. Office of Science and Technology Policy, National Science Foundation, 1992.

87. McAllister N. Oracle rallies PaaS providers to float cloud interop spec/ Neil McAllister// The Register. – 2012 Режим доступу [http://www.theregister.co.uk/2012/08/30/oracle\\_camp\\_paas\\_interop\\_spec/print.html](http://www.theregister.co.uk/2012/08/30/oracle_camp_paas_interop_spec/print.html). Дата доступу 24.06.2016
88. Petrishev O. Electroacoustic Effects as Motive of Power Electronics Units EMI Generation / O. Petrishev, V. Pilinsky, M. Rodionova, V. Shvaichenko // Proc. of 19<sup>th</sup> International Wroclaw Symposium & Exhibition on Electromagnetic Compatibility (EMC-2008): Wroclaw, June 11-13, 2008. – P. 405 – 410.
89. Sinclair R. I. Introducing digital audio/ Ian R. Sinclair. - London: PC Publishing, 1988. – 89 p.
90. Tytkov D. Introduction of Procedure the Distributed Processing of Information of Real Time in Adaptive RFI-Filters with Wireless Interface / D. Tytkov, V. Shvaichenko, O. Sharadjah // Матеріали Міжнародної конференції TCSET'2014 , –Львів-Славське, 2014. – С.152
91. Wider B. Cloud Architecture Patterns / Bill Wilder. – O'Reily Media, 2012. – 182 p.
92. 5 G сеть: перспективы развития и возможности / Мир прогнозов [Электронный ресурс]. Режим доступу <http://www.mirprognozov.ru/prognosis/science/5g-set-perspektivy-i-razvitiya-i-vozmojnosti> Дата доступу 11.12.2016

## ДОДАТОК А

### A.1 Multysim моделі мостового напівпровідникового перетворювача та спектральні характеристики створюваних завад

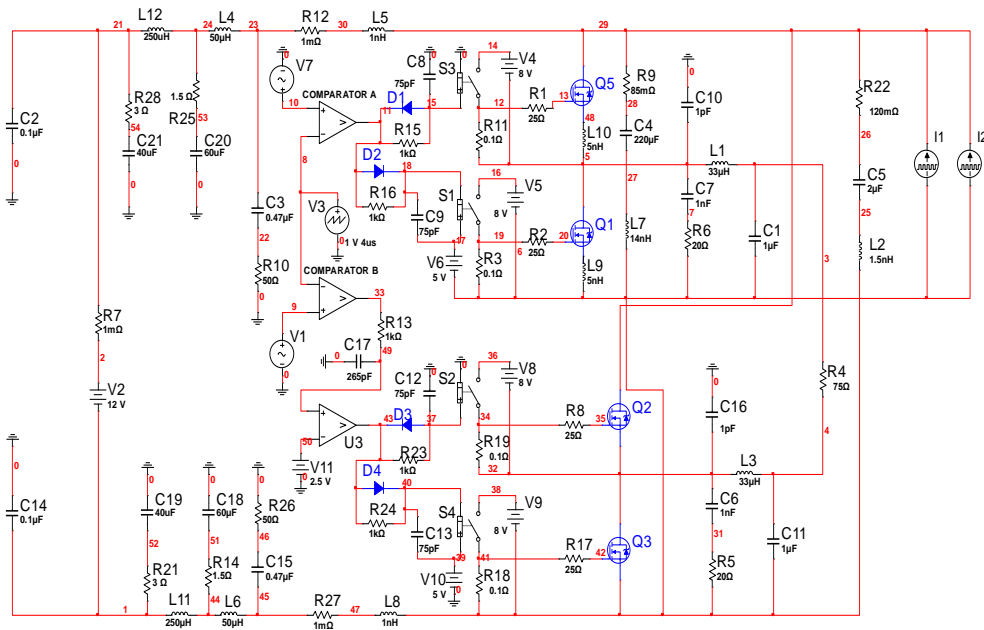


Рисунок А1 – Структура моделі НПП з параметрами ЕМ для джерела постійного струму середньої потужності

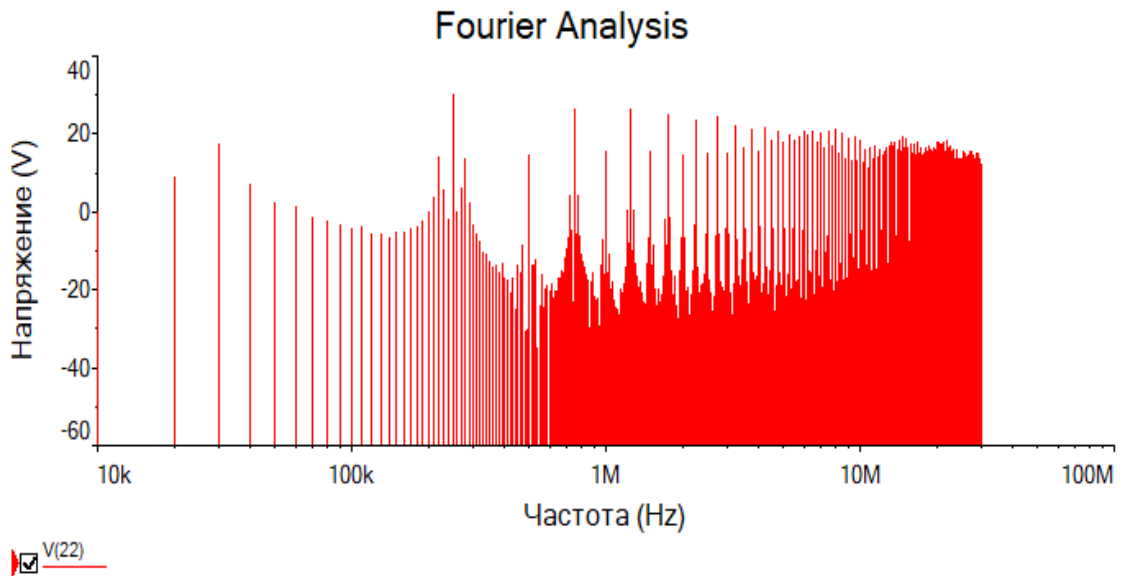
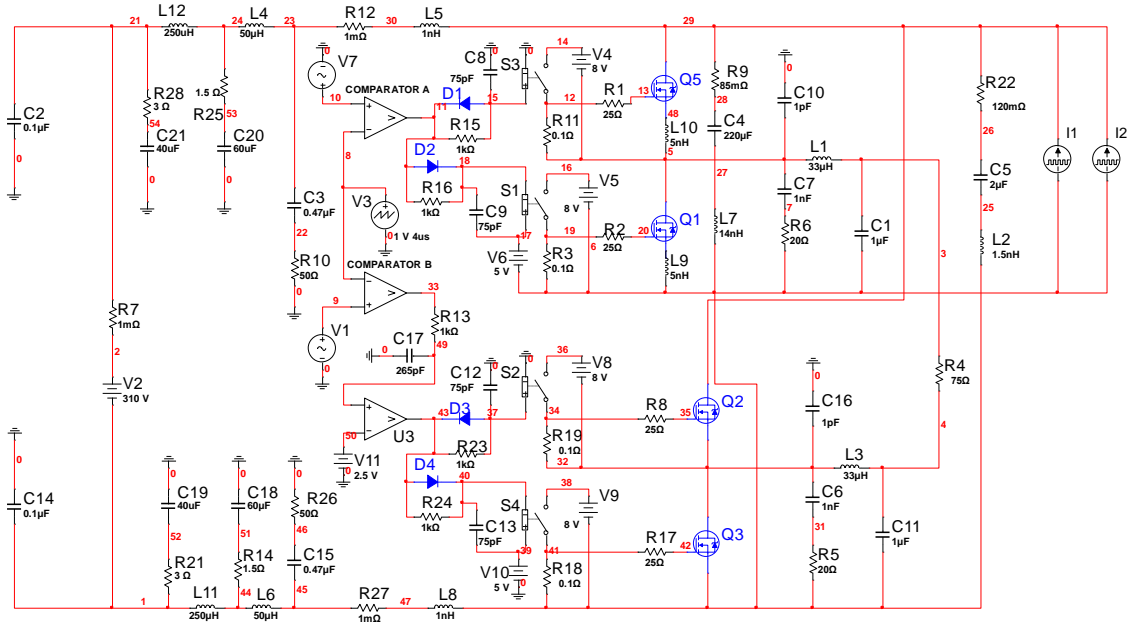
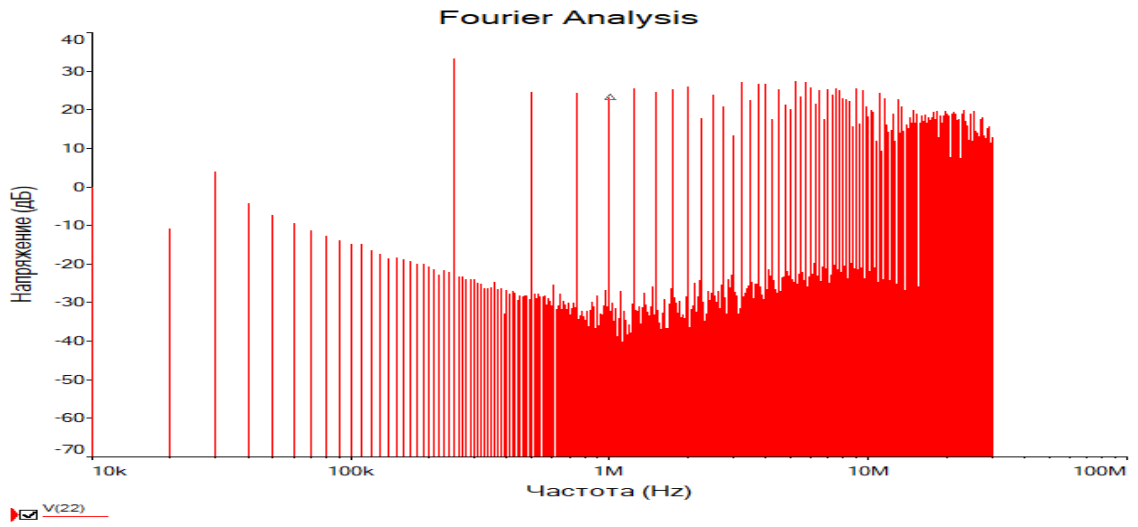


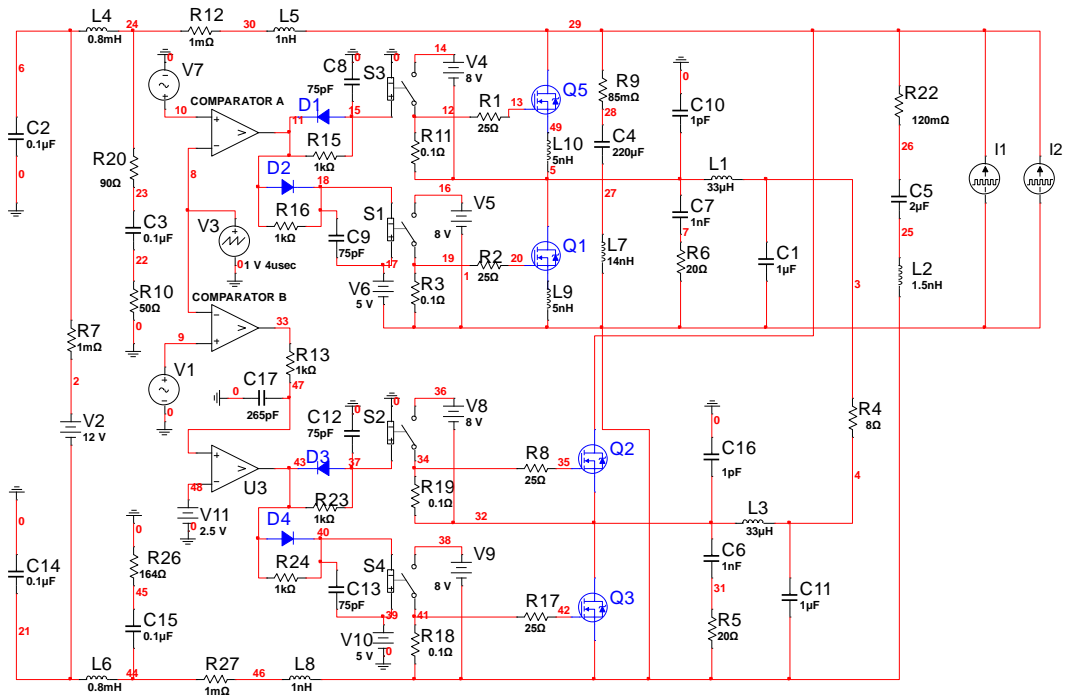
Рисунок А2 – Спектральна характеристика створюваних завад



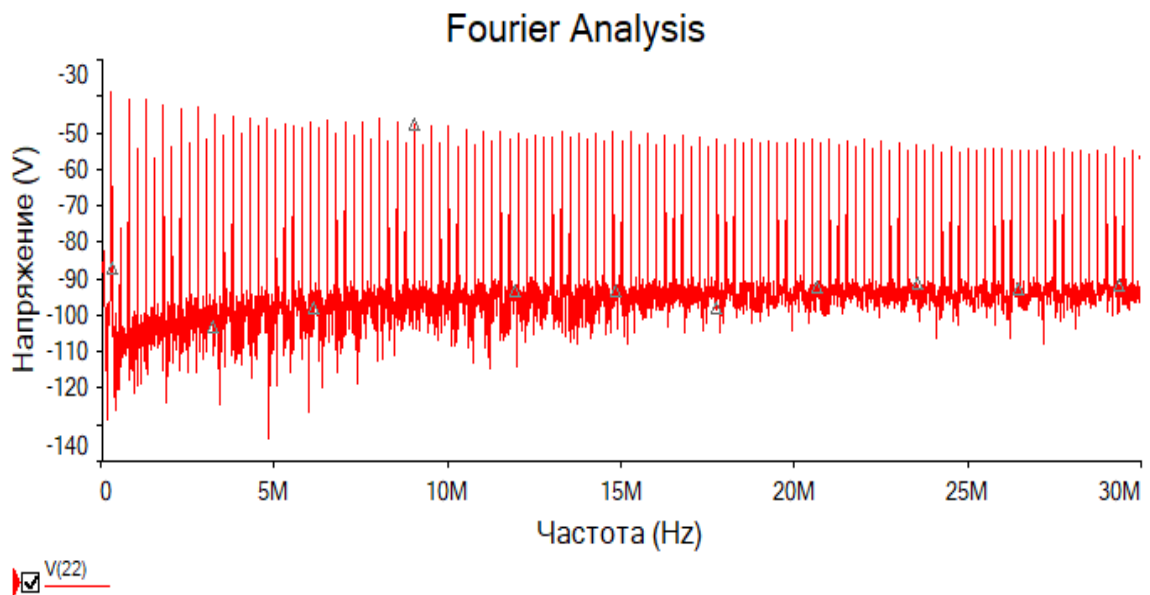
**Рисунок А3 – Структура моделі НПП з параметрами ЕМ для джерела змінного струму великої потужності**



**Рисунок А4 – Спектральна характеристика створюваних завад**

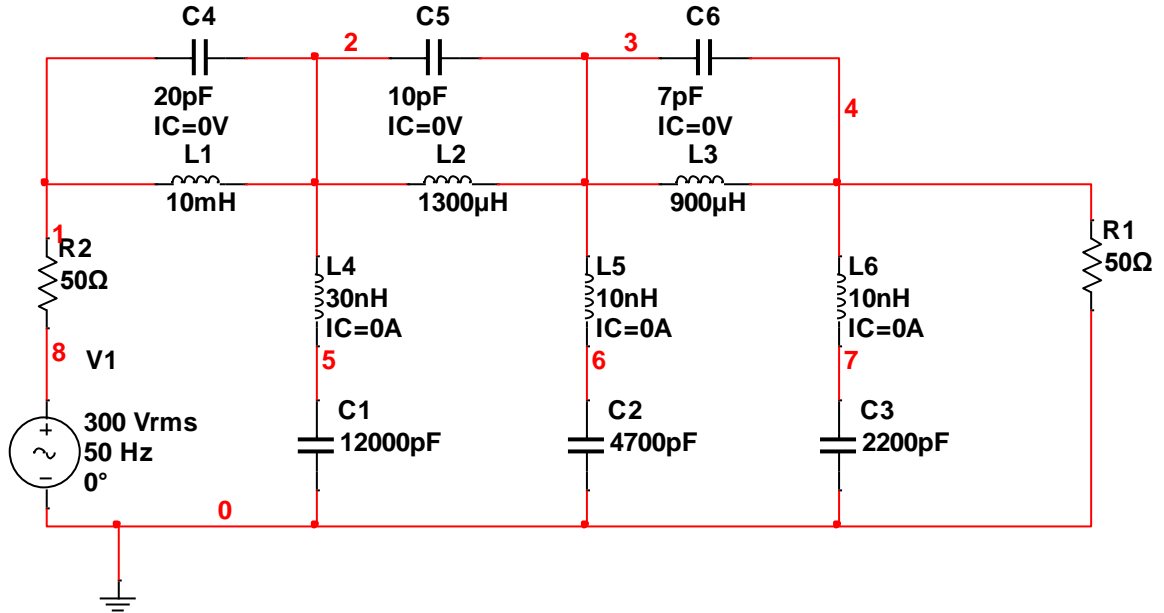


**Рисунок А5 – Структура моделі НПП з параметрами ЕМ для джерела постійного струму малої потужності**

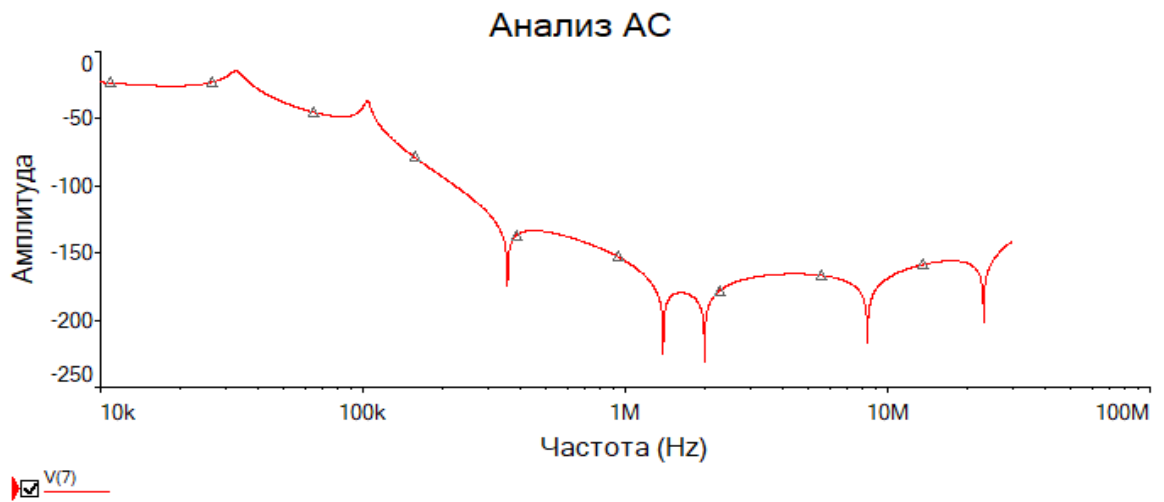


**Рисунок А6 – Спектральна характеристика створюваних завад**

**A.2 Multysim моделі протизвадного фільтра та характеристики вношуваного загасання**

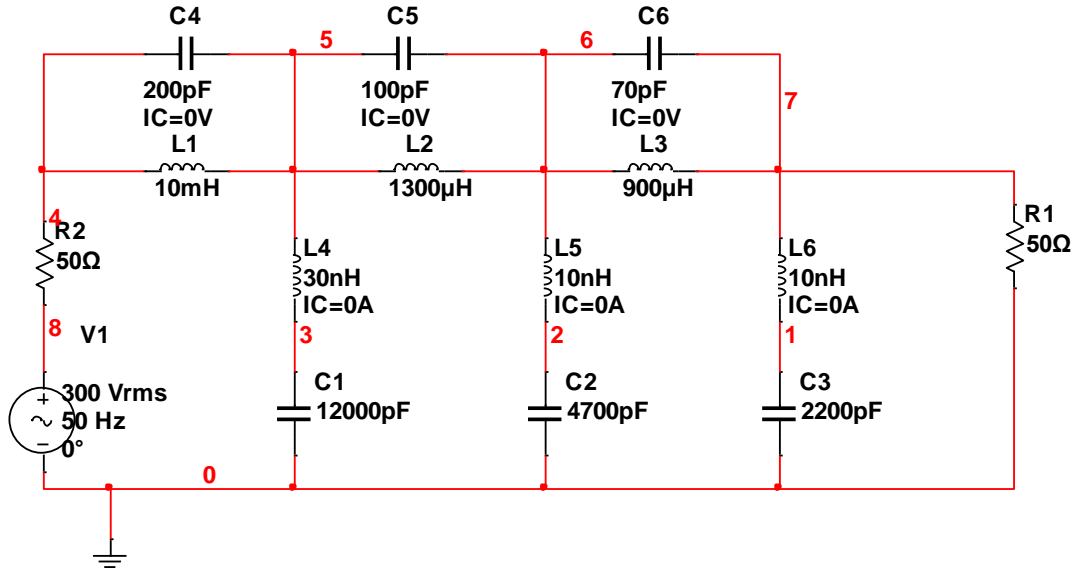


**Рисунок А7 – Структура моделі на струм 3 А з нормованими параметрами**

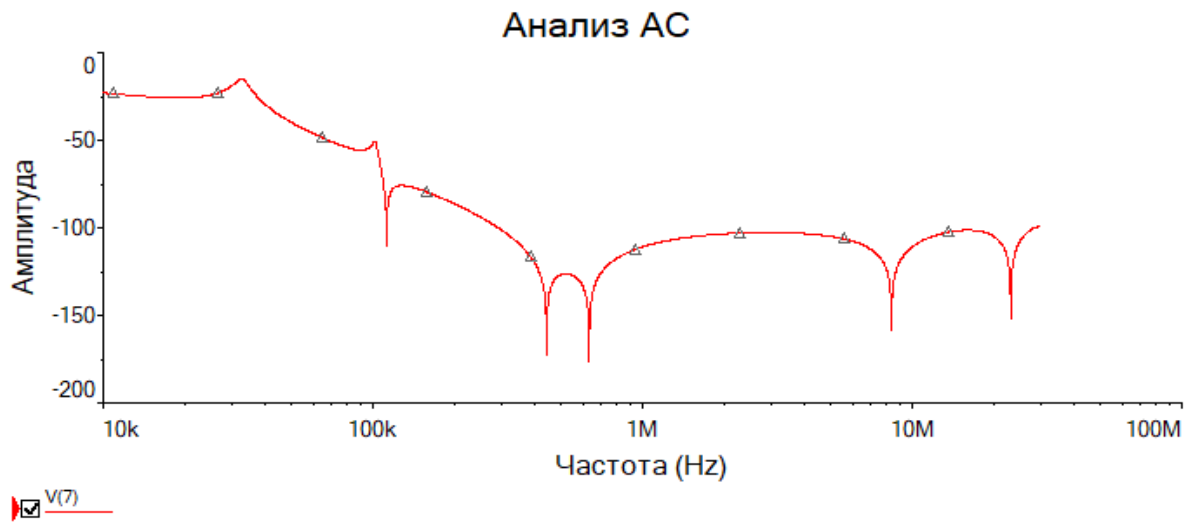


**Рисунок А8 – Характеристика вношуваного загасання**

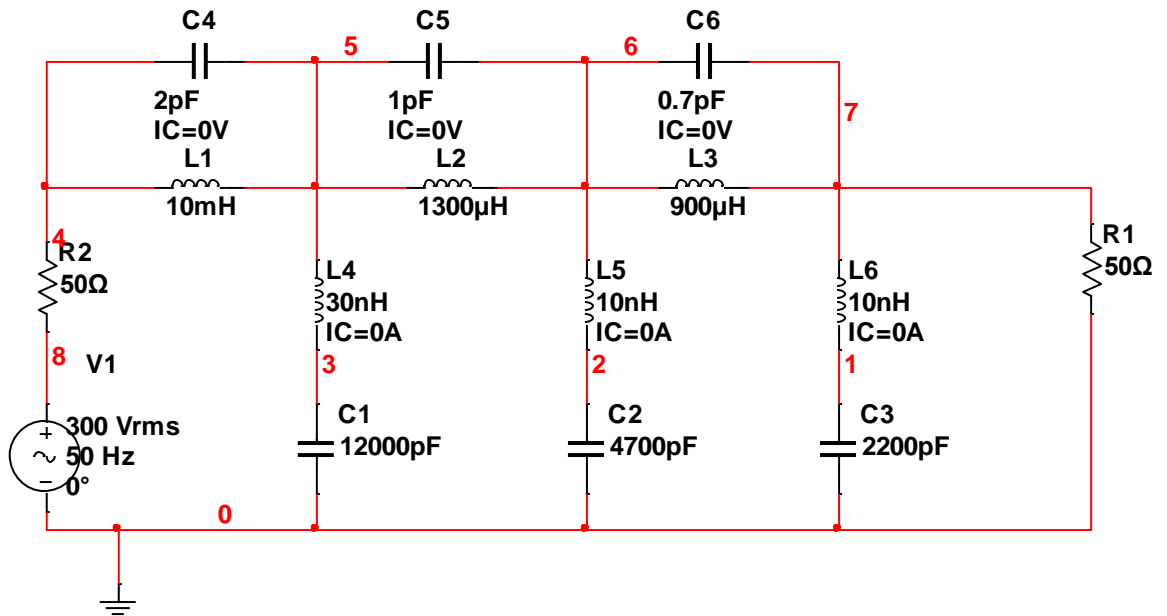




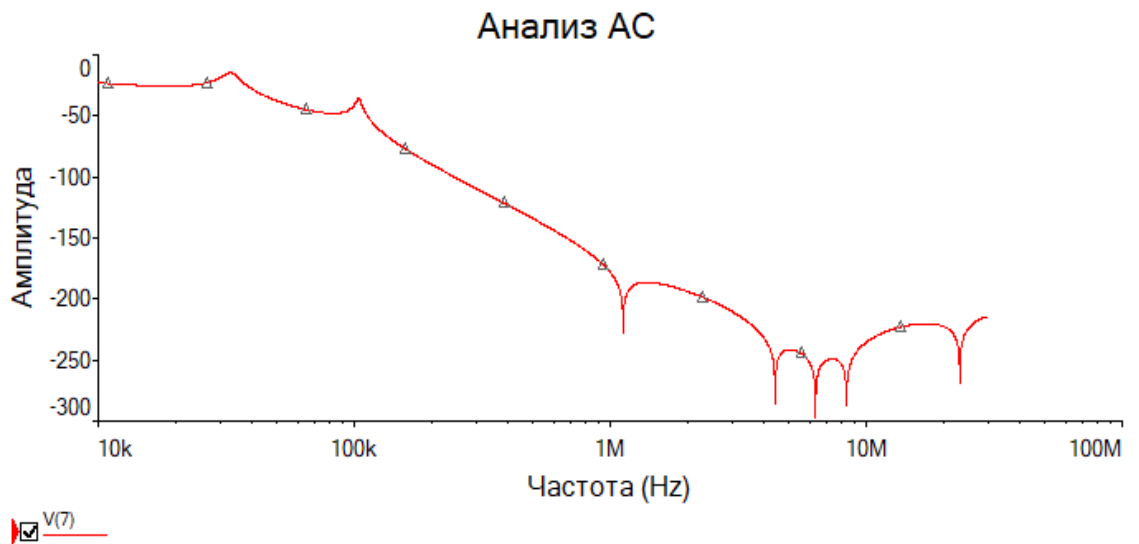
**Рисунок А9 – Структура моделі на струм 3 А з збільшеними на порядок параметрами**



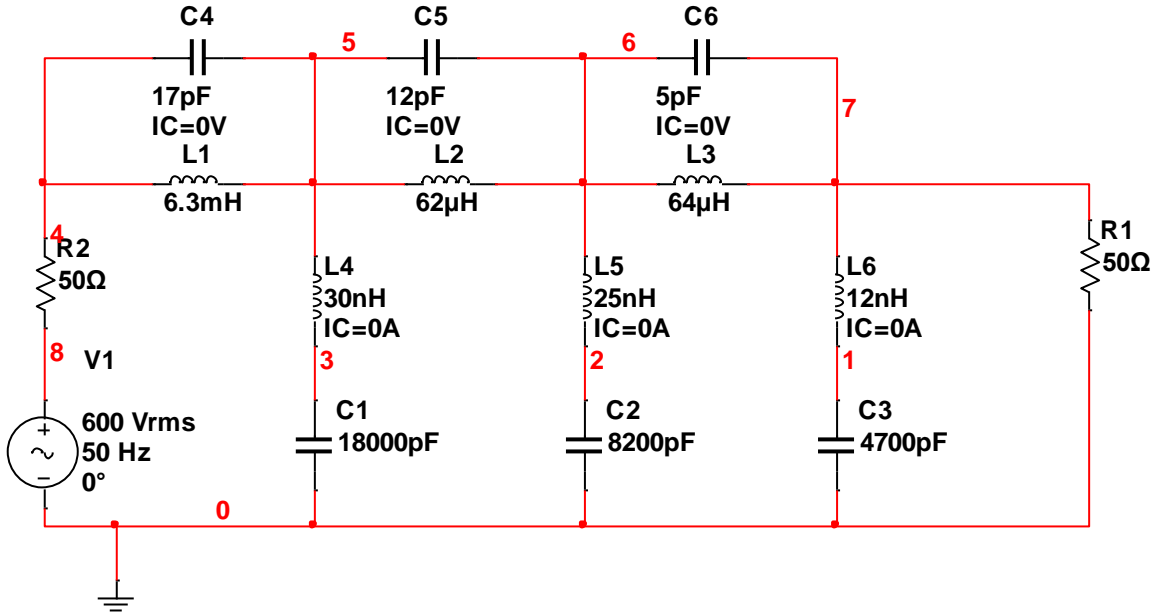
**Рисунок А10 –Характеристика вношуваного загасання**



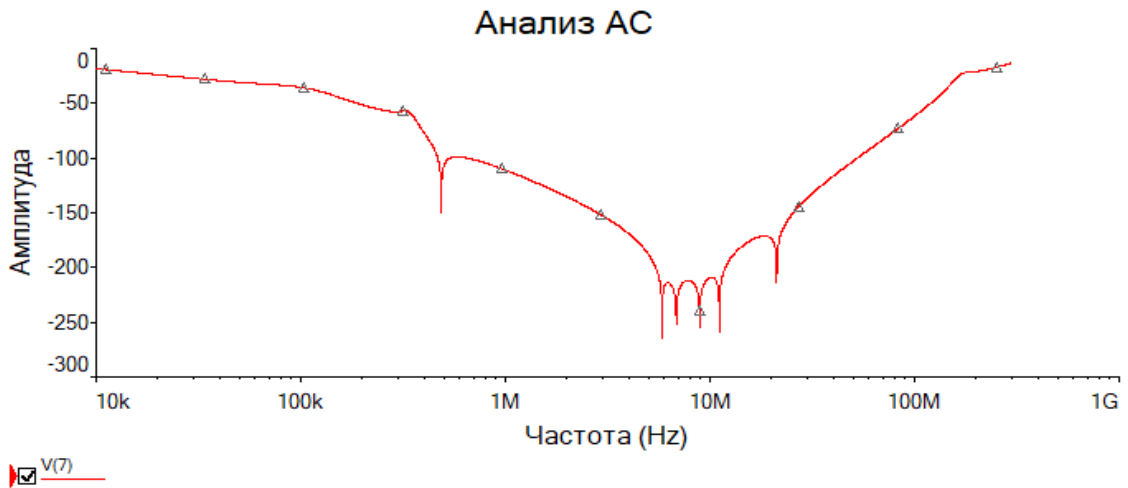
**Рисунок А11 – Структура моделі на струм 3 А з зменшеними на порядок параметрами**



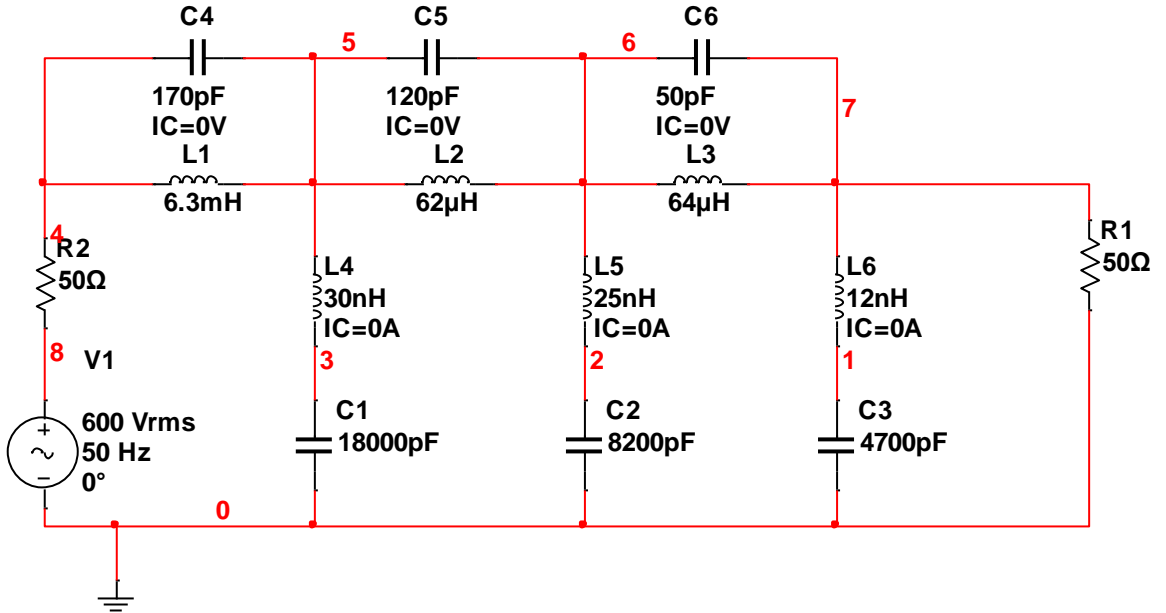
**Рисунок А12 – Характеристика вношуваного загасання**



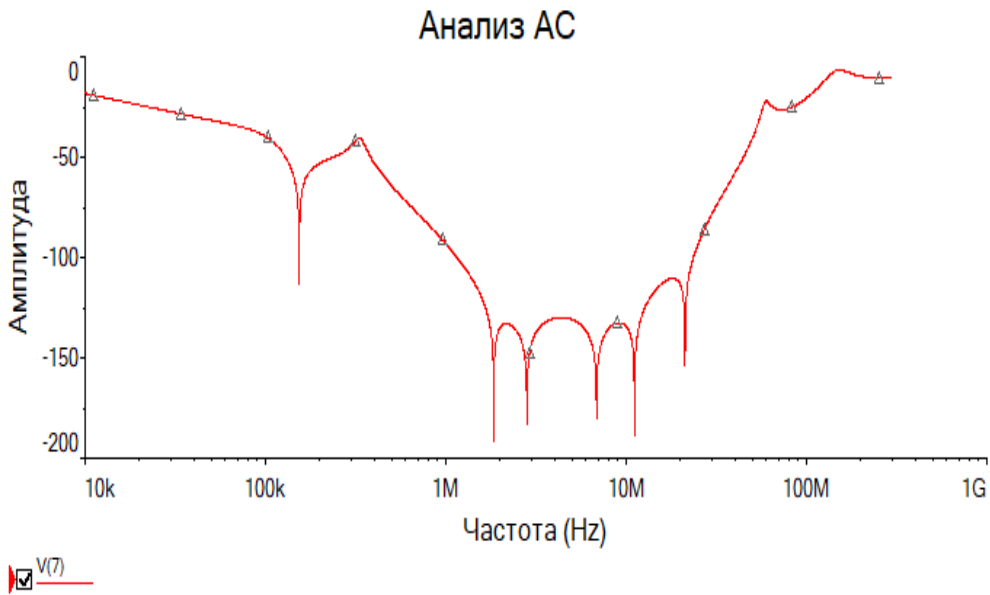
**Рисунок А13 – Структура моделі на струм 6 А з нормованими параметрами**



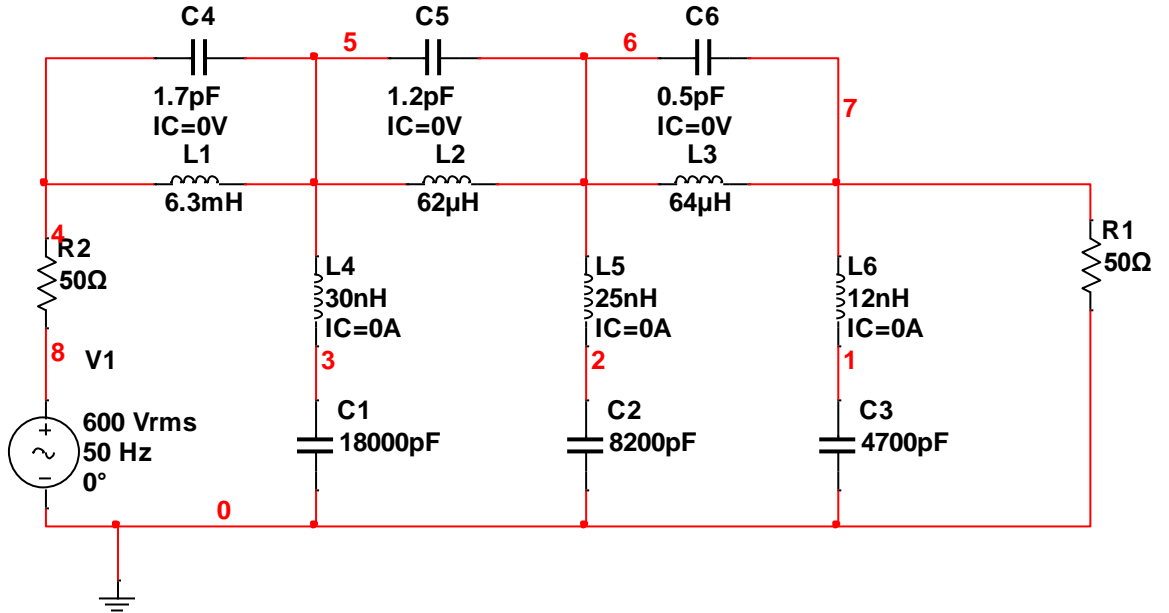
**Рисунок А14 –Характеристика вношуваного загасання**



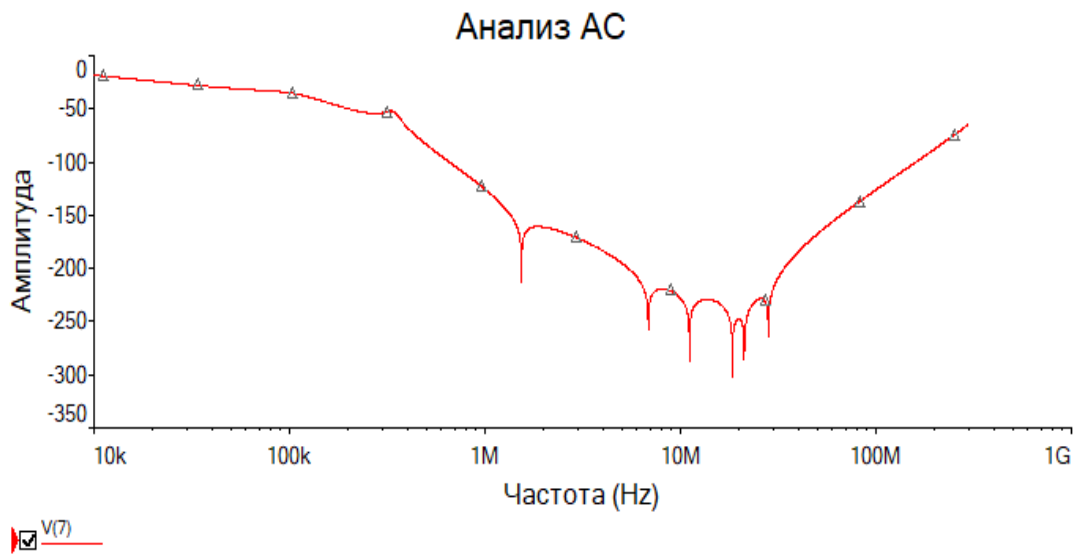
**Рисунок А15 – Структура моделі на струм 6 А з збільшеними на порядок параметрами**



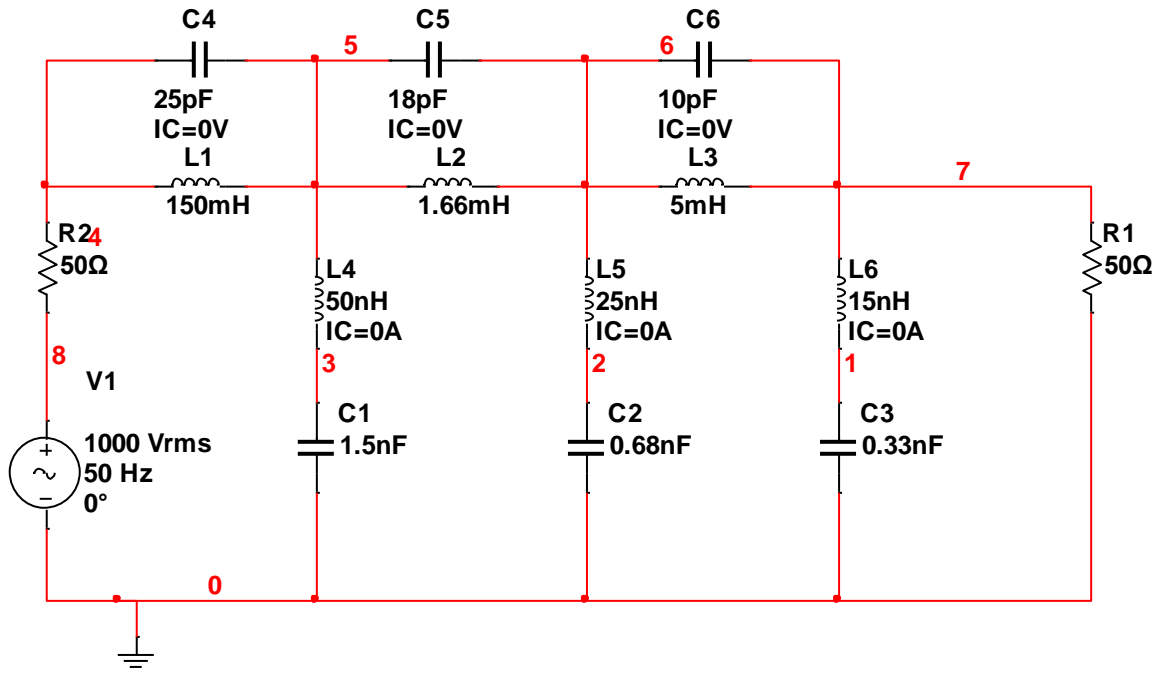
**Рисунок А16 –Характеристика вношуваного загасання**



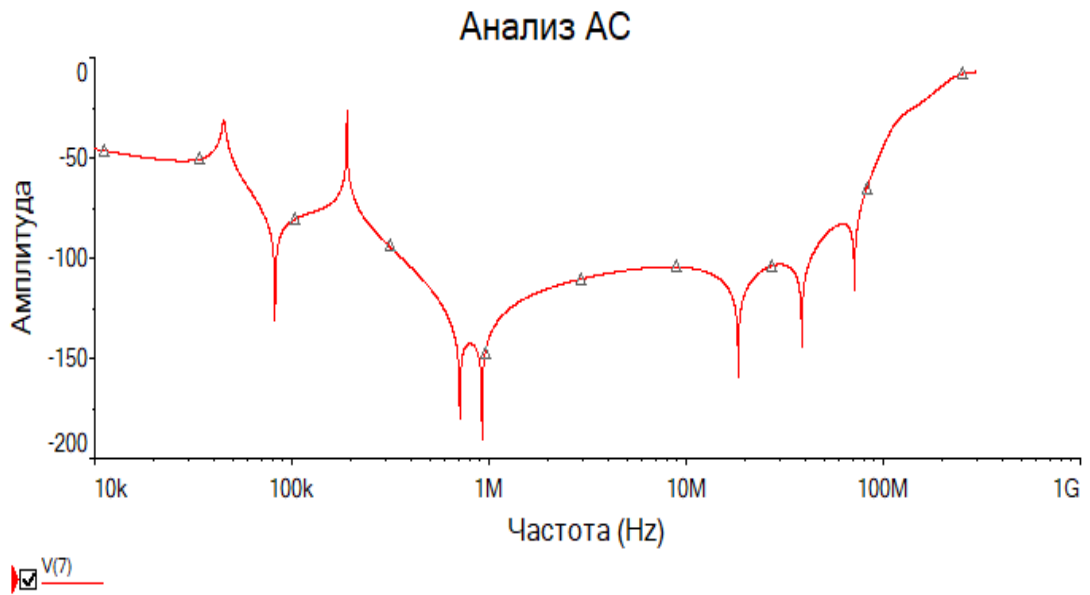
**Рисунок А17 – Структура моделі на струм 6 А з зменшеними на порядок параметрами**



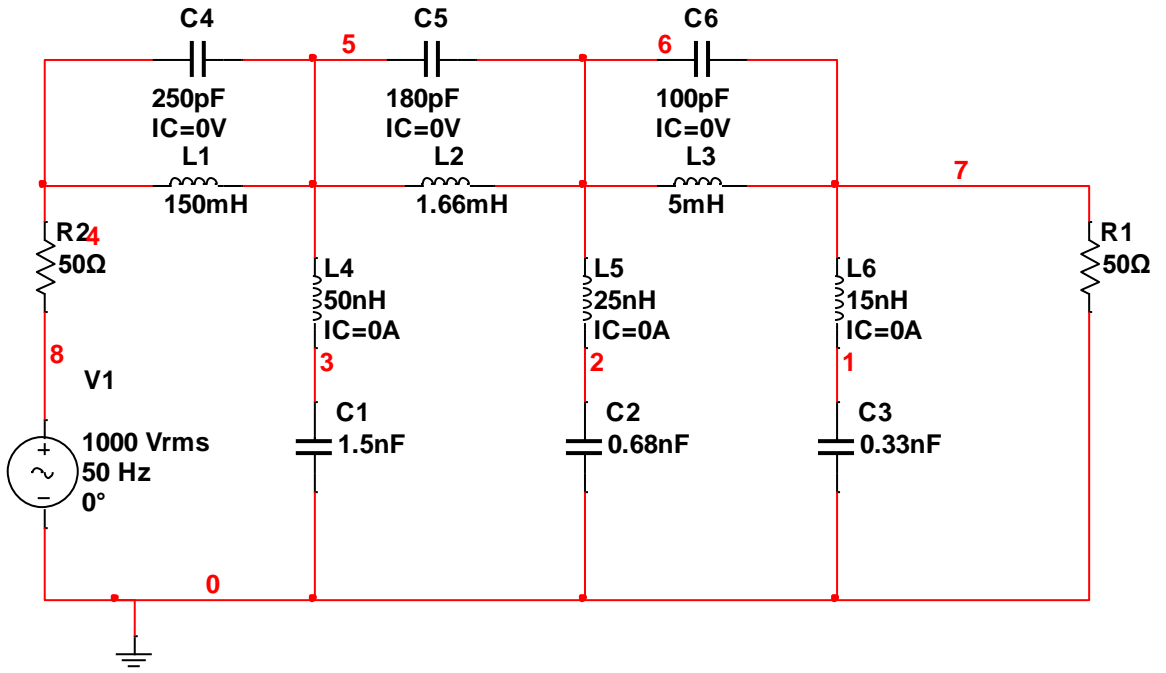
**Рисунок А18 –Характеристика вношуваного загасання**



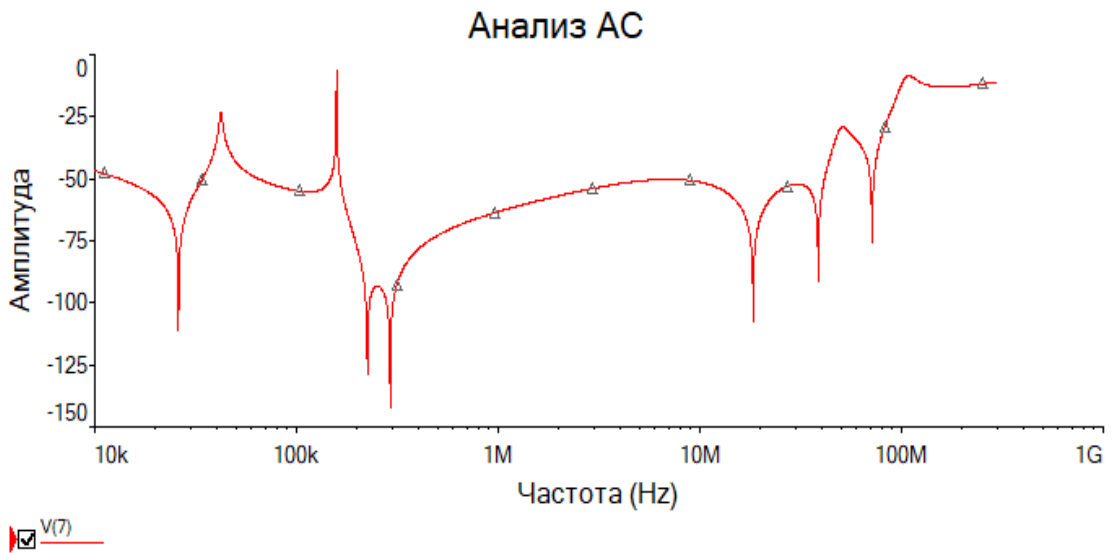
**Рисунок А19 – Структура моделі на струм 10 А з нормованими параметрами**



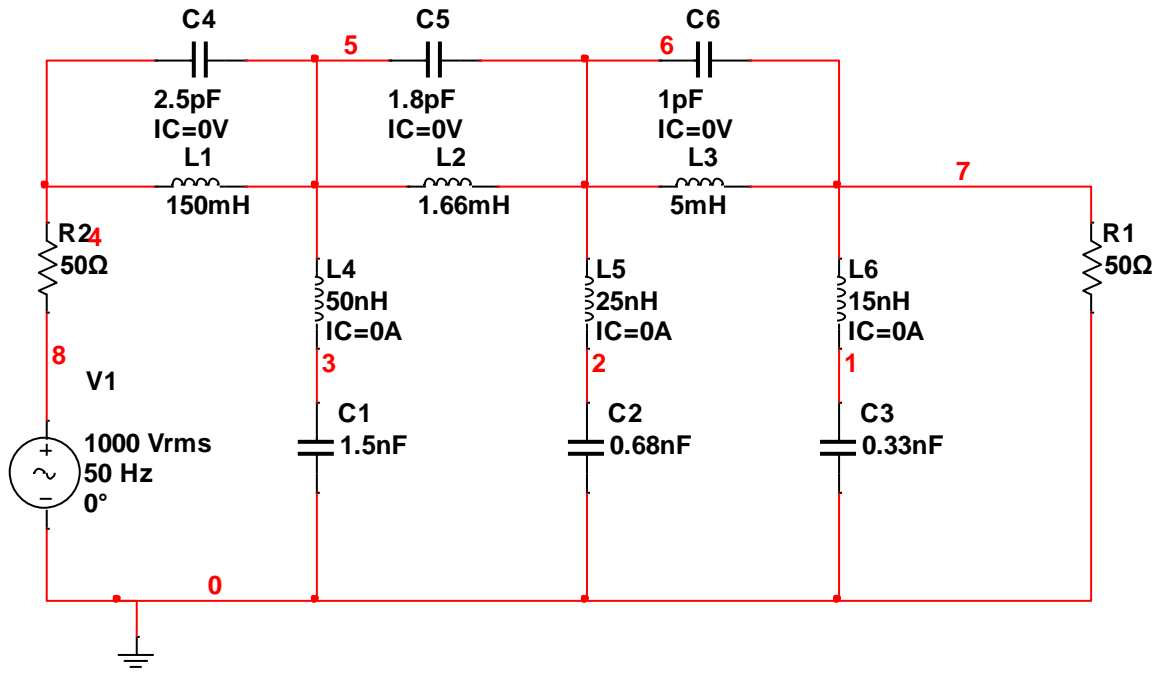
**Рисунок А20 –Характеристика вношуваного загасання**



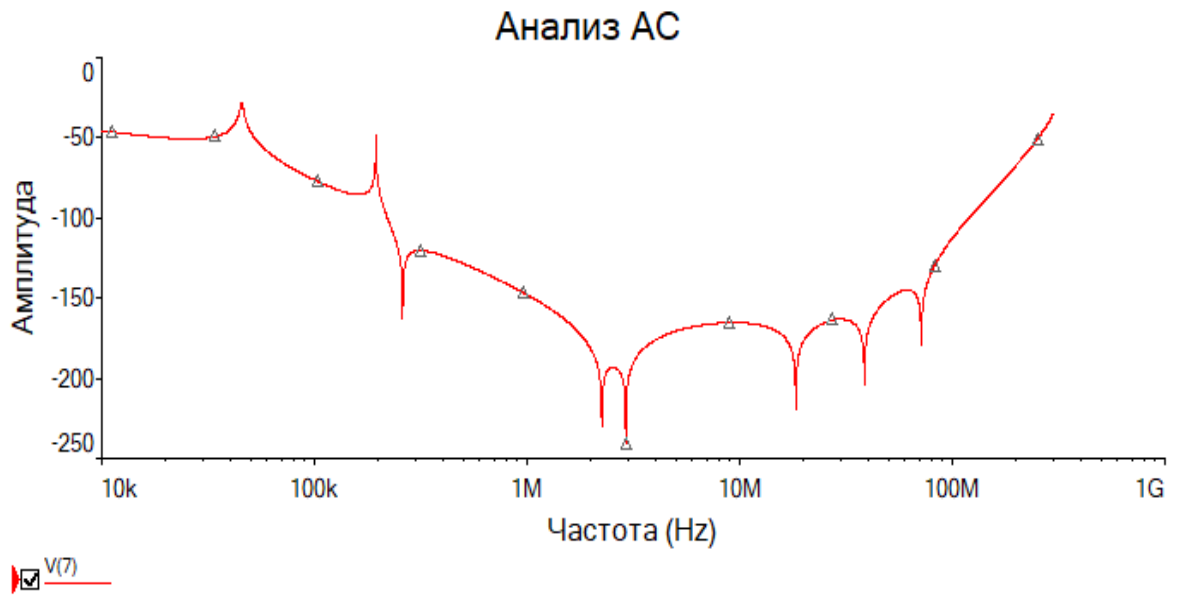
**Рисунок А21 – Структура моделі на струм 10 А з збільшеними на порядок параметрами**



**Рисунок А22 –Характеристика вношуваного загасання**



**Рисунок А23 – Структура моделі на струм 10 А з зменшеними на порядок параметрами**



**Рисунок А24 –Характеристика вношуваного загасання**



### А 3. Текст програми на мові Lua для взаємної ІМПЗФ в структурі «клієнт-сервер»

```
--WiFi Setup
wifi.setmode(wifi.STATION)
local cfg={ }
cfg.ssid="MyWiFinetwork"
cfg.pwd="MyWiFiPassword"
wifi.sta.config(cfg)
cfg = nil
collectgarbage()

--Set ADC mode
adc.force_init_mode(adc.INIT_ADC)

--Create Server
sv=net.createServer(net.TCP)

function receiver(sck, data)
    io.wite( tonumber(data) ) -- write corection to filter
end

if sv then
    sv:listen(333, function(conn)
        conn:on("receive", receiver)
        conn:send("Ok")
    end)
end

print("Started.")

-- forever

while 1 do
    sck:send( adc.read(0) ) -- send new ADC value
end
```

## ДОДАТОК Б

### Акти впровадження



#### АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи  
Османа Ахмеда Мохамеда Шарадга у навчальному процесі  
Національного технічного університету України  
„Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (КПІ ім. Ігоря Сікорського)

Ми, що нижче підписалися, декан факультету електроніки КПІ ім. Ігоря Сікорського д.т.н., проф. Жуйков В.Я., зав. кафедри звукотехніки та реєстрації інформації д.т.н., проф. Власюк Г.Г., професор кафедри звукотехніки та реєстрації інформації к.т.н., проф. Пілінський В.В. та доцент кафедри звукотехніки та реєстрації інформації к.т.н., доц. Швайченко В.Б., склали Акт впровадження результатів дисертаційної роботи випускника аспірантури кафедри звукотехніки та реєстрації інформації Османа Ахмеда Мохамеда Шарадга „Методи та засіб забезпечення електромагнітної сумісності напівпровідникових перетворювачів звукотехнічних систем” у навчальний процес кафедри звукотехніки та реєстрації інформації, а саме:

- 1) у дисципліні „Електроживлення в телекомунікаційних системах” додано тему „Особливості застосування мережевих інтелектуальних протизавадних фільтрів”;
- 2) у дисципліні „Електромагнітна сумісність електронних засобів” запропоновано додатково під час визначення електромагнітній обстановки застосовувати „хмарні технології”;
- 3) у дисципліні „Обчислювальна техніка та мікропроцесори” в лабораторний практикум додано завдання щодо програмування мікроконтролерів на ядрі X51 для забезпечення керування параметрами дроселя ІМПЗФ

Декан факультету електроніки  
д.т.н., проф.

 Жуйков В.Я.

Зав. кафедри звукотехніки та реєстрації інформації  
д.т.н., проф.

 Власюк Г.Г.

Проф. кафедри звукотехніки та реєстрації інформації  
к.т.н., проф.

 Пілінський В.В.

Доц. кафедри звукотехніки та реєстрації інформації  
к.т.н., доц.

 Швайченко В.Б.



**НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ  
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА МІКРОСИСТЕМНОЇ ТЕХНІКИ  
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

03056, Україна, м.Київ, вул. Політехнічна, 16

Тел./факс: +380 (44) 236 9676

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
В.о. директора  
НДІ електроніки та мікросистемної техніки  
Д.Д. Татарчук

«    »    2017 р.

**ДОВІДКА**

про практичне впровадження  
результатів дисертаційної роботи Османа Ахмеда Мохамеда Шарадга  
«Методи та засіб забезпечення електромагнітної сумісності напівпровідникових  
перетворювачів звукотехнічних систем», поданої на здобуття вченого ступеню кандидата  
технічних наук за спеціальністю 05.09.12 – Напівпровідникові перетворювачі  
електроенергії

Розроблені в дисертаційній роботі Османа Ахмеда Мохамеда Шарадга «Методи та засіб забезпечення електромагнітної сумісності напівпровідникових перетворювачів звукотехнічних систем» нові та удосконалені методи та засіб забезпечення на основі інтелектуального мережевого протизавадного фільтра для підвищення ефективності роботи напівпровідникових перетворювачів з метою забезпечення електромагнітної сумісності електронної апаратури використано під час виконання науково-дослідної роботи «Забезпечення електромагнітної сумісності технічних засобів» (№ держ. реєстрації 0114U002194).

Безпосередньо виконані дослідження ефективності застосування адаптованих структур в протизавадних фільтрах, розроблені конструктивні рішення та проведено патентний пошук, що дозволив оформити патент на корисну модель. В заключному звіті з НДР розділ 4 містить результати досліджень, отримані Османом Ахмедом Мохамедом Шарадга самостійно.

Вчений секретар  
НТР НДІ ЕМСТ  
КПІ ім.Ігоря Сікорського  
с.н.с, к.т.н.  
Науковий керівник д/б  
№ ДР 0114U002194  
с.н.с, к.т.н.

 В.В.Лавриненко

 В.В. Пілінський