

# Оцінка завадостійкості аналогових функціональних перетворювачів на комутованих конденсаторах

Л.З. Мичуда<sup>1</sup>

*Анотація* – In this paper the analysis of disturbances acting on the functional analog switched-capacitor converters and offers approaches to evaluation and reduce their impact.

*Ключові слова* – АФП на комутованих конденсаторах, Завади, Адитивна завада, Ємнісна наводка, Розділення кіл і сигналів.

## I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Однією з важливих метрологічних характеристик приладу чи системи є їх завадостійкість. Аналогові функціональні перетворювачі (АФП) на комутованих конденсаторах (КК) мають високу точність і великий набір здійснюваних операцій, але питання їх захисту від завад не досліджувалися.

Завади за їх джерелами виникнення поділяють на внутрішні і зовнішні. Внутрішні завади (шуми) виникають в самому пристрої за рахунок флуктуацій струму в резисторах, напівпровідникових приладах і т.д. Зовнішні завади поділяються на промислові (індустріальні) і атмосферні. Спектр індустріальних завад досить широкий, завади містять імпульсні, флуктуаційні і регулярні складові. В загальному на вимірювальні прилади та перетворювачі діють кондуктивні завади, електричні (ємнісні) наводки, електромагнітні наводки, перехресні завади, завади постійного струму (паразитні термо-е.р.с.), завади, спричинені наявністю заземлених контурів.

Розглянемо які завади діють на АФП на КК та можливі способи зменшення їх впливу.

## II. АНАЛІЗ ВИНИКНЕННЯ ЗАВАД АФП НА КК

АФП складається з конденсаторних комірок логарифматорів та антилогарифматора, на які поступає вхідний аналоговий сигнал та зразковий сигнал від джерела зразкової напруги, схем порівняння у комірках логарифматорів, блок узгодження роботи елементів перетворювача (до нього входять, наприклад, генератор тактових сигналів, формувач імпульсних послідовностей, одновібратор) блок вибору та керування математичними операціями. Конденсаторні комірки працюють з аналоговими сигналами та число-імпульсними кодами, а блок узгодження та блок керування математичними операціями – лише з послідовностями імпульсів. Для оцінки завадостійкості до еквівалентної схеми перетворювача включено також лінію зв'язку АФП з джерелом сигналу, саме джерело сигналу, точки заземлення та мережеве живлення.

АФП, як і більшість вимірювальних інформаційно-вимірювальних систем, є низькоомними, тому кондуктивними завадами можна знехтувати.

Якщо джерело сигналу розташоване досить близько від АФП, то завада загального виду не виникає і застосовують переважно заземлення загального затискача, при цьому завади мережевої частоти, що проникають через силові трансформатори в кола перетворювача, не вносять помітної адитивної складової. Якщо джерело сигналу розташоване на об'єкті, віддаленому на сотні метрів, який має потенціал точки заземлення, відмінний від потенціалу точки заземлення АФП та інформаційно-вимірювальної системи (ІВС), до якої АФП на КК включений, то різниця цих потенціалів є джерелом завади загального виду і на опорі лінії зв'язку виділяється адитивна завада. Якщо джерело сигналу нормально заземлено, то, крім адитивної завади, завадами загального виду будуть фазові напруги мережі, що діють через паразитні ємності силових трансформаторів.

Адитивна завада може сягати значної величини, якщо не застосовувати заходів, які збільшують опори паразитних зв'язків елементів АФП з точками заземлення. Гальванічне розділення та екранування дозволяють суттєво збільшити значення цих опорів і, відповідно, зменшити адитивні складові.

Для уникнення паразитних зв'язків необхідна ізоляція елементів АФП від точки заземлення та від мережі. Обидві умови ізоляції виконуються, якщо схему АФП разом з джерелом сигналу розділити на дві ізольовані між собою частини. Причому одна частина повинна бути гальванічно зв'язана з джерелом сигналу і його точкою заземлення, а друга частина гальванічно зв'язана з точкою заземлення АФП та його ІВС. Розділення схеми на дві ізольовані частини може бути здійснене за будь-якою межею. Здійснення ізоляції за різними межами призводить до різної ефективності ізоляції, об'єму обладнання для ізоляції, внесеної похибки від елементів розділення і зниження швидкодії від елементів розділення. Крім того, ізоляція за різними межами вимагає різних технічних рішень елементів розділення. З множини можливих меж ізоляції найбільш бажані, як найбільш просто технічно здійснені, ті межі, які ізолюють інформаційні зв'язки між блоками, а також межі, які ізолюють обмотки силових трансформаторів для ізоляції перетворювача від мережі. Такі межі ізоляції можуть бути п'яти видів, - назвемо їх 1-1 ÷ 5-5.

<sup>1</sup> Каф. АТХП, Національний університет «Львівська політехніка», вул. Устияновича, 5, Львів, 79013, УКРАЇНА, E-mail: grycko@rambler.ru

Ізоляція за межею 1-1 здійснюється з допомогою гальванічного розділення аналогового зв'язку між джерелом сигналу і АФП за допомогою введення системи модулятор-демодулятор. Таке розділення можна здійснити, не торкаючись конструкції власне АФП, встановивши систему модулятор-демодулятор безпосередньо перед входом АФП. Зв'язок між модулятором і демодулятором може здійснюватися або з допомогою магнітного поля (трансформатор), або оптично (оптрони). Здійснення ізоляції за межею 1-1 не торкається специфіки роботи АФП, і її виконання повністю аналогічне до виконання ізоляції у вимірювальних підсилювачах. Висока ефективність захисту і простота виконання ізоляції є вагомими перевагами ізоляції за межею 1-1.

До недоліків ізоляції за межею 1-1 слід віднести наступні: система модулятор-трансформатор-демодулятор (МТД) вносить додаткову похибку, яку на сучасних елементах досить важко понизити нижче 0,05%; труднощі, пов'язані з отриманням високого вхідного опору (понад 20 кОм) системи МТД і відповідно АФП.

Ізоляція за межею 2-2 здійснюється гальванічним розділенням аналогових зв'язків входу схеми порівняння (СП) і виходу дискретного подільника напруг (ДПН). Таке розділення може бути здійснено з допомогою двох систем МТД, повністю аналогічних системі МТД, яка застосовується при ізоляції за межею 1-1. Перевага ізоляції за межею 2-2 над ізоляцією за межею 1-1 полягає в тому, що вхідний опір АФП може бути досить високим.

Вагомим недоліком ізоляції за межею 2-2 є знижена швидкодія АФП. Швидкодія АФП в цьому випадку буде рівна  $nT$ , де  $n$  - кількість тактів перетворення АФП,  $T$  - час встановлення перехідного процесу системи МТД. Крім того, для здійснення ізоляції за межею 2-2 вимагається дві системи МТД, що ускладнює схему АФП.

Ізоляція за межею 3-3 здійснюється гальванічним розділенням аналогового зв'язку виходу ДПН з допомогою системи МТД, як і при ізоляції за межею 2-2, розділення імпульсного зв'язку між СП і блоком керування (БК) і ізоляцією джерела живлення СП від мережі. Розділення імпульсного зв'язку здійснюється спеціальним елементом розділення. Ізоляція джерела живлення здійснюється з допомогою системи звичайних електричних екранів.

Переваги і недоліки ізоляції за межею 3-3 такі ж, як і при ізоляції за межею 2-2. Загальним недоліком введення ізоляції за межею 1-1, 2-2 і 3-3 є те, що розділенню підлягають аналогові зв'язки. Таке розділення ставить досить високі вимоги до характеристик елементів розділення (їх точності та швидкодії). Підвищення точності та швидкодії елементів розділення аналогових зв'язків зустрічає

відомі труднощі, як і для будь-яких інших перетворювачів аналогових сигналів. Цих труднощів можна уникнути, якщо здійснити розділення передачі імпульсних сигналів. Розділення передачі імпульсних сигналів можна здійснити з мінімальними втратами точності та швидкодії. Розділення тільки імпульсних зв'язків можна здійснити, якщо вибрати межі ізоляції 4-4 або 5-5.

Межа ізоляції 4-4 розділяє імпульсний зв'язок СП з БК, імпульсний зв'язок БК з ДПН і проходить між обмотками трансформаторів блоків живлення ДПН і СП. При такій межі розділення вся аналогова частина схеми АФП опиняється гальванічно зв'язаною з одною точкою заземлення, а вся дискретна частина - гальванічно зв'язаною з другою точкою заземлення.

Межа ізоляції 5-5 розділяє імпульсний зв'язок АФП з дискретною частиною ІВС, і проходить між обмотками трансформаторів блоків живлення СП, ДПН і дискретної частини АФП. Здійснення ізоляції за межами 4-4 і 5-5 вимагає великої кількості елементів розділення імпульсних зв'язків, що ускладнює схему АФП і знижує ефективність захисту у порівнянні з ізоляцією за межами 1-1, 2-2 і 3-3. Проте, враховуючи мінімальні втрати точності та швидкодії АФП, ізоляція за межами 4-4 і 5-5 більш перспективна.

### III. ВИСНОВОК

При ізоляції за всіма межами, незважаючи на значну їх різницю, здійснюється три види розділення зв'язків: розділення аналогових зв'язків, розділення імпульсних зв'язків, розділення обмоток силових трансформаторів (застосування спеціального екранування первинних і вторинних обмоток вихідних трансформаторів). Спільними для цих схем будуть і принципи екранування розділених між собою частин.

Враховуючи велику кількість можливих меж ізоляції, з одної сторони, і загальні принципи здійснення ізоляції, з іншої сторони, особливості застосування гальванічного розділення, екранування та симетрування, доцільно розглядати заводозахищеність кожного конкретного АФП.

### СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Paul Horowitz, Winfield Hill. Sztuka elektroniki.– Wydanie siódme: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa. – 2003, 509 s.
- [2] Мичуда З.Р., Мичуда Л.З. Аналоговий багатофункціональний перетворювач. Патент № 89229 Україна, бюл. №1, Оп. 11.01.2010.
- [3] Мичуда Л.З., Мичуда З.Р. Функціональні перетворювачі рекурентного типу на комутованих конденсаторах для систем енергообліку/ Вісник НУ «Львівська політехніка»: «Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація.» - Львів. - 2010. - № 677 – с.98-104.