

**НОВА ВЕРСІЯ АНАЛОГОВОГО СИМУЛЯТОРА SPICE**

Ришко С.А.

Науковий керівник – ст. викл. каф МЕЕПП Карнаушенко В.П.  
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,  
м. Харків, Україна  
e-mail: serhii.ryshko@nure.ua

SPICE (Simulation Program with an Emphasis on Integrated Circuits) has long been the primary tool for engineers used to simulate analog circuits. However, with the increasing availability of simulation tools, many of which are open source or free to use, questions have arisen such as their ability to support the latest broadband devices. One notable limitation is that existing SPICE programs may not have the device equations required to correctly model SiC and GaN devices.

Із зростаючою доступністю інструментів моделювання, багато з яких є відкритими або безкоштовними для використання, виникли питання, такі як їх здатність підтримувати новітні широкозонні пристрої. Пристрої з широкою забороненою зоною мають унікальні характеристики, але вони також створюють проблеми з точки зору моделювання схеми. Одним із помітних обмежень є те, що існуючі програми SPICE можуть не мати рівнянь пристроїв, необхідних для правильного моделювання пристроїв на основі SiC та GaN.

Невдовзі, з'явився новий і, що дуже важливо для навчальних закладів, безкоштовно доступний інструмент QSPICE, що надає можливість моделювання схем інженерам, які розробляють проекти на основі SiC.

Пристрої з карбиду кремнію набувають популярності в енергетичних додатках, особливо в зв'язку з розвитком «зелених технологій» на транспорті завдяки своїм характеристикам. SiC відрізняється від кремнію більш широкою забороненою зоною та високими енергетичними характеристиками. Таким чином, SiC має більш високу робочу напругу, низький опір і менші розміри топологічної комірки, що покращує провідність і опір перемикачання в порівнянні зі стандартними кремнієвими пристроями. Навпаки, кремній стикається з проблемами при роботі за напруги, що перевищує пару сотень вольт, вимагаючи складних технологій, таких як суперпереходи або впровадження біполярних транзисторів з ізольованим затвором (IGBT) в силових додатках.

Типова ситуація минулого, коли розробники силової електроніки використовували доступні аналогові схеми та кремнієві елементи комутації змінилась у зв'язку з розробкою нових систем управління, в основі яких базовим компонентом стали цифрові технології. Застосування мікроконтролерів і мікропроцесорів в блоках керування силовими компонентами, що базуються на передових напівпровідникових технологіях є звичайними елементами передових енергетичних систем.

Отже, наявність симуляторів, які вирішують проблему моделювання пристроїв для силової електроніки є нагальною як з точки зору розробників електроніки так і виробників компонентів.

QSPICE має зручний інтерфейс і численні вдосконалення порівняно зі старими інструментами аналогового моделювання (рис):

- оновлена підтримка розширеного моделювання аналогових і цифрових систем, наприклад тих, що використовуються в програмах штучного інтелекту та машинного навчання;

- механізм моделювання, який використовує вдосконалені чисельні методи та оптимізовані для сучасного обчислювального обладнання, включаючи інтерфейс користувача, що відтворюється графічним процесором і керування пам'яттю з підтримкою SSD, щоб забезпечити значно вищу швидкість і точність;

- скорочений загальний час роботи на основі порівняльних тестів Qorvo із набором тестових схем.

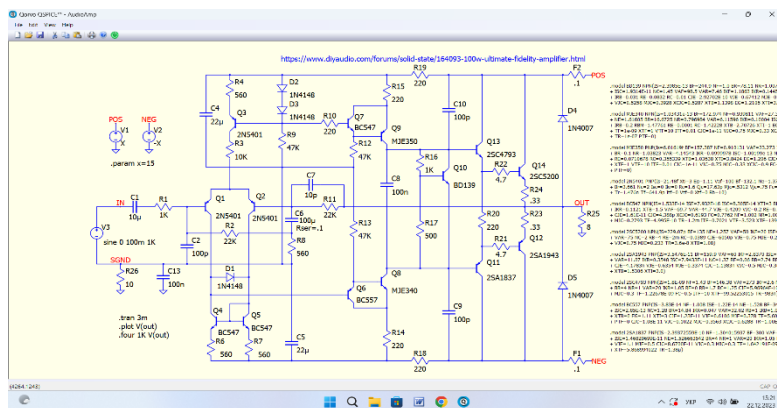


Рисунок – Вікно QSPICE з тестовим прикладом схеми підсилювача потужності звукової частоти

Наявність регулярно оновлюваної бібліотеки моделей QSPICE, що містить карбід кремнію Qorvo та розширені рішення керування живленням, значно полегшує розробникам оцінку та проектування силових пристроїв і систем.

#### Список використаних джерел:

1. QSPICE – поповнення в ряду симуляторів / Пятайкина М.І., Горбенко Є.О., Карнаушенко В.П. // Збірник матеріалів V форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» АЕРТ-2023. – Харків, ХНУРЕ, 2023.

2. «Системи автоматизованого проектування мікросистем»: Навчальний посібник для студентів ЗВО. / Упоряд.: Бондаренко І.М., Бородін О.В., Грицунов О.В., Карнаушенко В.П. – Харків: ХНУРЕ. – 2021. – 144 с.