

## БОРОТЬБА З ЕФЕКТОМ МІЛЛЕРА В СХЕМАХ КЕРУВАННЯ З MOSFET ТА IGBT ТРАНЗИСТОРАМИ

**Вдовін Б.В., 1С курс**

*Науковий керівник*

**Курашкін С.Ф., доц., к.т.н.**

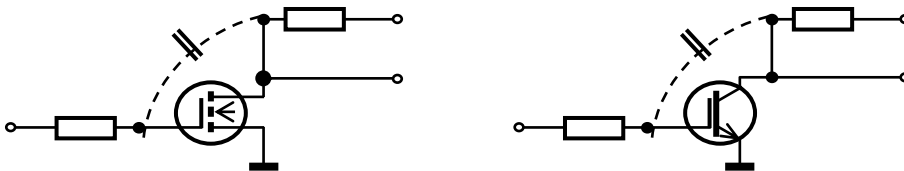
*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**e-mail: vdovinbogdan0@gmail.com**

**e-mail: etem@tsatu.edu.ua**

*Розглянуті причини виникнення паразитних явищ, пов'язаних з ефектом Міллера у схемах з MOSFET і IGBT транзисторами та заходи щодо їх позбавлення.*

**Постановка проблеми.** Під час проектування електронних схем, в яких використовуються силові MOSFET і IGBT ключі для керування потужними електроприводами має місце їх помилкове відкриття, причиною чого є виникнення скрізного струму через наявність в його входному колі конструктивної паразитної ємності Міллера «затвор-стік» (рис. 1, а) або «затвор-колектор» (рис. 1, б).



Рисунк 1 – Транзисторний електронний ключ: а) MOSFET;

**Аналіз останніх досліджень.** Існує декілька методів рішення даної проблеми: розділення резисторів вмикання та вимикання у колі затвора, увімкнення конденсатора між затвором та емітером, використання від'ємної напруги запирання, та активне пригнічення за допомогою додаткового біполярного транзистора.

**Мета статті** – розглянути особливості методів боротьби з ефектом Міллера.

**Основні матеріали дослідження.** Розділення резисторів у колі затвора виконується включенням паралельно резистору  $R_3$  іншого резистора послідовно з діодом. Такий метод суттєво впливає на динамічні характеристики транзистора, тому потребує пошуку компромісу між надійністю та швидкістю спрацювання, отже оптимального рішення такий метод не передбачає. Додатковий конденсатор між затвором та емітером IGBT впливає на динамічні властивості транзистора, оскільки підвищується сумарний заряд затвора, необхідний для досягнення порогової напруги відпирання, що певною мірою послабляє ефект Міллера.

Додаткове введення джерела від'ємної напруги у коло затвора транзистора найчастіше застосовується в потужних схемах – таке рішення є найбільш простим та надійним, оскільки велика від'ємна напруга на затворі запобігає тому, щоб паразитний імпульс, наведений ємністю Міллера змістив напругу вмикання до порогового рівня. Однак застосування такого методу підвищує вартість пристрою, та втрати у колі керування. Схема активного пригнічення ефекту Міллера реалізується за допомогою додаткового біполярного  $p-n-p$  транзистора, замикаючого ланцюг затвор-емітер, при досягненні на ньому заданого значення.

**Висновок.** Метод активного пригнічення ефекту Міллера найбільш універсальний і придатний для застосування практично в любых імпульсних перетворювачах.

**Список використаних джерел.**

1. Болобин И.А. Эффект Миллера. Научно-практический журнал «Современная техника и технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://technology.snauka.ru/2017/03/12948>

2. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи. Семейства, характеристики, применение / П.А. Воронин. – М.: Издательский дом «Додэка XXI», 2005. – 384 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

**Олійник В.Ю., 1С курс ЕЕЕ**  
**Присяжнюк О.І, 1С курс ЕЕЕ**

*Науковий керівник*

**Нестерчук Д.М., к.т.н., доцент**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*etem@tsatu.edu.ua*

*etem@tsatu.edu.ua*

**Постановка проблеми.** П'єзоелектричні перетворювачі – це перетворювачі, принцип дії яких оснований на явищах прямого (електризація кристалів діелектриків під дією механічних напружень) та зворотного п'єзо ефектів (механічна деформація кристала під дією електричного поля).

Особливістю п'єзо ефекту є його знаковитливість, тобто зміна знаку заряду при заміні стискання розтягненням та зміна знаку деформації при зміні напрямку поля. До матеріалів, яким властивий п'єзо ефект, належать кварц, сегнетова сіль, а також п'єзокераміка: титанат барію та цирконат свинцю. Вхідною величиною для п'єзоелектричного перетворювача є механічна сила, а вихідною – ЕРС.

На рисунку 1 наведена схема п'єзоелектричного перетворювача [1].

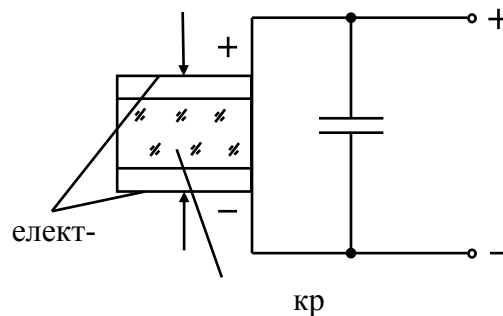


Рисунок 1 – Схема п'єзоелектричного перетворювача

Характеристика градування п'єзоелектричного перетворювача має вигляд

$$U = f(F) = \frac{d_{11}}{C} \cdot F, \quad (1)$$

де  $d_{11}$  – п'єзоелектричний модуль, який залежить від матеріалу та його стану.

Перевагами таких перетворювачів є малі габарити, висока надійність, простота конструкції, можливість вимірювати параметри, що швидко змінюються, а недоліками - значні похибки під час вимірювання сталої сили, оскільки заряд, що з'явився на гранях п'єзокристалу, може стікати через вхідний опір вторинного приладу, тому то п'єзоелектричні перетворювачі доцільно застосовувати для вимірювання змінної сили.

**Аналіз останніх досліджень.** За наведеною на рисунку 1 схемою стає доцільним розробити еквівалентну схему перетворювача, який з'єднаний кабелем з вимірювальним колом – рисунок 2. П'єзокристал разом з електродами утворюють конденсатор, ЕРС якого дорівнює

$$E = \frac{q}{C} = \frac{d_{11}}{C} \cdot F. \quad (2)$$

Згідно [1, 2] вихідна напруга перетворювача з підключеним до нього вимірювальним колом дорівнює