

INSTRUMENTE SOFTWARE UTILIZATE PENTRU SIMULAREA FUNȚIONĂRII FILTRELOR ELECTRICE DE CURENȚI SLABI

Dan-Gabriel STĂNESCU¹, Ioana-Gabriela SÎRBU², Ioan-Alexandru MIHĂILĂ³,
Alin-Iulian DOLAN⁴, Lucian MANDACHE⁵, Cosmin-Marian BUȘE⁶

^{1,2,3,4,5,6}Universitatea din Craiova, Facultatea de Inginerie Electrică

dan.stanescu@edu.ucv.ro¹, ioana.sirbu@edu.ucv.ro², mihaila.ioan.e9v@student.ucv.ro³,
alin.dolan@edu.ucv.ro⁴, lucian.mandache@edu.ucv.ro⁵, buse.marian.c7f@student.ucv.ro⁶

Rezumat. În cadrul acestei lucrări sunt prezentate și analizate o parte dintre instrumentele software disponibile la ora actuală pentru simularea circuitelor electrice de curenți slabi. Scopul utilizării mai multor tipuri de instrumente software este de a ajuta viitorii cercetători din domeniu în a găsi instrumentul software care se pretează cel mai bine în studiul și analiza funcționării unor circuite electrice de curenți slabi utilizați în partea de comandă pentru sisteme de acționări electrice. Sunt realizate ca exemplificări simulări pentru un filtru activ trece jos de tip Butterworth de ordin II.

1. INTRODUCERE

Instrumentele software utilizate în simularea funcționării unor circuite de curenți slabi cu aplicații în domeniul ingineriei electrice au cunoscut în ultimul timp o dezvoltare din ce în ce mai mare, mai ales în perioada de pandemie. Gradul de complexitate al acestora variază foarte mult, acesta fiind influențat de timpurile de analize care se pot face, de precizia legată de rezultatele obținute sau de timpul necesar obținerii rezultatelor finale [1-4]. Prima categorie este cea a instrumentelor software complexe de analiză a funcționării circuitelor electrice oferite contra cost (Ansys-Nuhertz Filter Solutions, SPICE, etc.). A doua categorie este cea a instrumentelor oferite de către firme producătoare de componente electronice cum ar fi cei de la TEXAS INSTRUMENTS care oferă programul de analiză și simulare TINA sau de către cei de la ANALOG DEVICES care vin cu programul LTSPICE. A treia categorie este cea a instrumentelor software dedicate pentru analiza funcționării la nivel de simulare a unor categorii de circuite electrice, instrumente care permit o dimensionare/analiză rapidă dar strict focalizată pe categoria de circuite pentru care au fost realizate. Acestea pot fi accesate online, gratuit cum ar fi Okawa Electric Design. În cadrul acestei lucrări sunt prezentate rezultatele simulărilor pentru 3 tipuri de instrumente software utilizate din cadrul ultimelor două categorii analizate mai sus.

2. SIMULAREA FUNȚIONĂRII UNUI FILTRU ACTIV DE ORDIN DOI DE CURENȚI SLABI DE TIP BUTTERWORTH

În cadrul părții de condiționare a semnalelor electrice provenite de la senzorii de măsură curent și tensiune utilizați în partea de comandă a unor sisteme de acționare electrică în curent alternativ se utilizează și circuite de filtrare activă de tip trece jos, realizate de regulă cu filtre active Butterworth de ordin II. În aceste condiții trebuie realizată o dimensionare a circuitelor de filtrare activă în concordanță cu specificațiile cerute de lanțul de condiționare și de cel de conversie analog-numerică. Acest lucru se poate face conform cu [5, 6] în care pentru dimensionare se impun valorile standardizate ale rezistoarelor din circuit și se obțin valorile elementelor capacitive din structura filtrului ținându-se cont de funcția de transfer a filtrului (ec.1) și de frecvența de tăiere. Valorile obținute se rotunjesc apoi la cele

standardizate. Procedura necesită un timp mai mare de calcul chiar și în varianta implementării numerice a algoritmului de dimensionare, având în vedere faptul că rezultatele obținute nu sunt cele standardizate. Întreg algoritmul de dimensionare este prezentat în detaliu în [6].

$$H(s) = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{1}{s^2 + s\left(\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_2}\right) + \frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2}} \quad (1)$$

Mărimile luate în considerare în relația de mai sus sunt cele din structura filtrului prezentat în Fig. 1.

În continuare sunt prezentate rezultatele simulării unui filtru activ de curenți slabi trece jos de tip Butterworth (FATJ) având frecvența de tăiere de 10 kHz. Au fost realizate simulări utilizând trei programe diferite Okawa Electric Design, TINA, și LT Spice.

Așa cum a fost menționat în partea de introducere, există instrumente software care permit o analiză și o dimensionare rapidă. În cazul de față s-a impus frecvența de tăiere și factorul de calitate al filtrului activ și s-au obținut valorile standardizate pentru elementele pasive ale filtrului analizat utilizând [7].

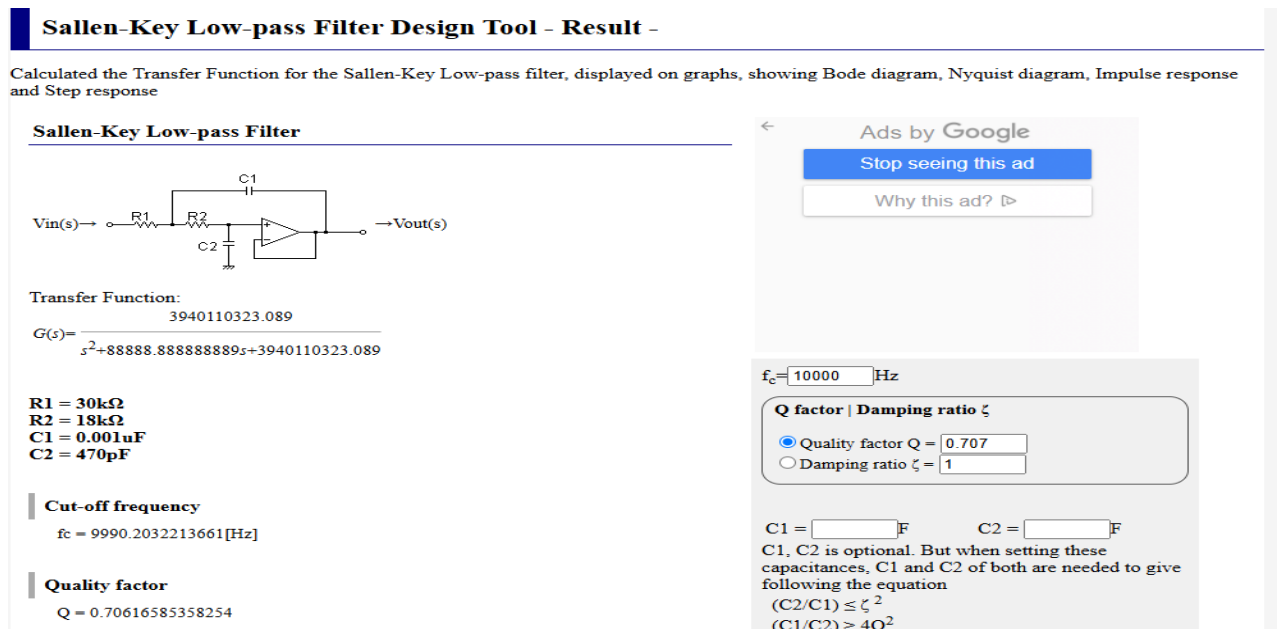


Fig.1. Ilustrativă privind FATJ realizat utilizând programul OKAWA Electric Design [6]

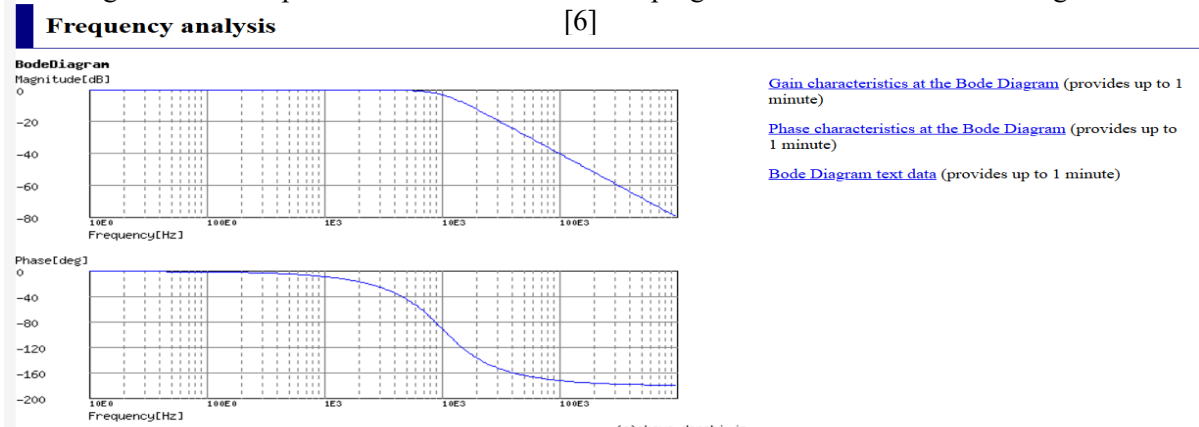


Fig. 2. Ilustrativă privind caracteristicile de frecvență pentru FATJ utilizând programul OKAWA Electric Design [7]

Pe baza rezultatelor obținute, în Fig. 1 se observă o mică abatere față de valorile impuse pentru frecvența de tăiere și pentru factorul de calitate, abateri care nu afectează funcționarea întregului circuit în care este amplasat acest filtru activ de curenți slabi și care sunt datorate utilizării valorilor standardizate pentru elementele RC din structura filtrului. Validarea acestor rezultate se poate vedea și din caracteristicile de frecvență obținute în figura 2.

Se poate trece astfel la următoarea etapă, de simulare a funcționării filtrului utilizând două programe de simulare a circuitelor electrice. Analiza funcționării filtrului poate fi extinsă cu aceste programe, inclusiv analiza în domeniul timp. Se pregătește astfel integrarea structurii de filtrare în circuite mai complexe cum ar fi circuitele de condiționare a semnalelor electrice. Figurile 3, 4 și 5 reprezintă aceste rezultate obținute utilizând programul TINA [8]. Din analiza rezultatelor simulărilor se poate vedea defazajul de 90^0 grade între tensiunea de intrare și cea de ieșire (defazaj specific unui filtru de ordin II- Fig. 4 și 5) și căderea asimptotică de -3 dB.

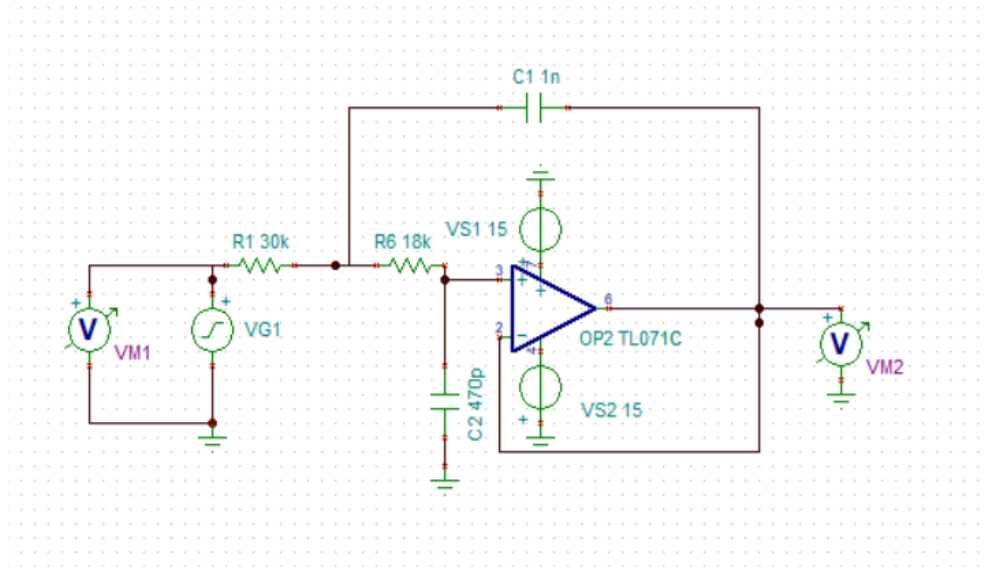


Fig. 3. Ilustrativă privind schema FATJ realizat utilizând programul TINA

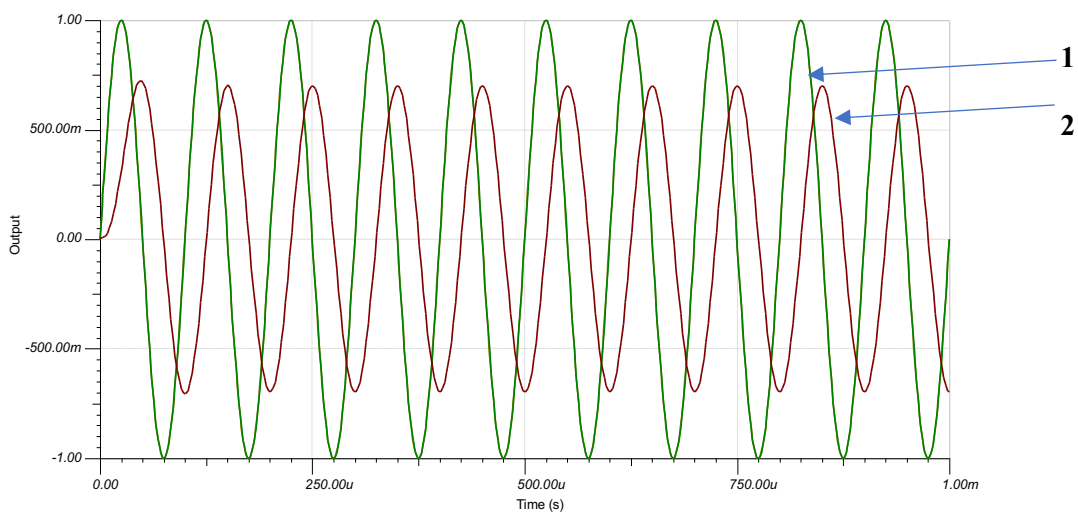


Fig. 4. Ilustrativă privind analiza în domeniul timp pentru FATJ analizat utilizând programul TINA:
 1- Forma de undă a semnalului de tensiune de la intrarea filtrului (V)
 2- Forma de undă a semnalului de tensiune de la ieșirea filtrului (V)

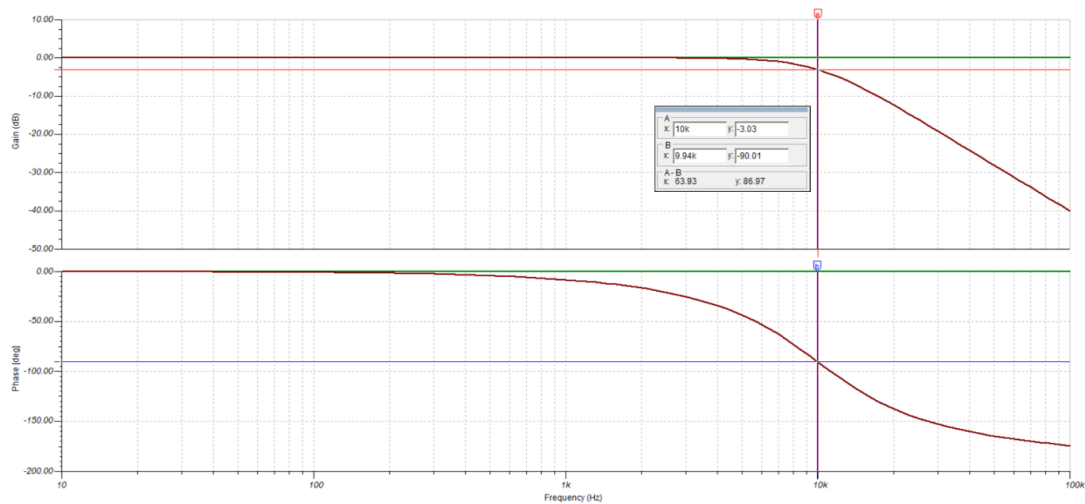


Fig. 5. Ilustrativă privind caracteristicile de frecvență pentru FATJ analizat utilizând programul TINA

În funcție de instrumentele software aflate la dispoziția specialiștilor din domeniu, se pot alege și alte instrumente software pentru realizarea simulărilor menționate. Acest lucru este ilustrat prin simulările utilizând programul LT Spice (Fig. 6 și 7) [9].

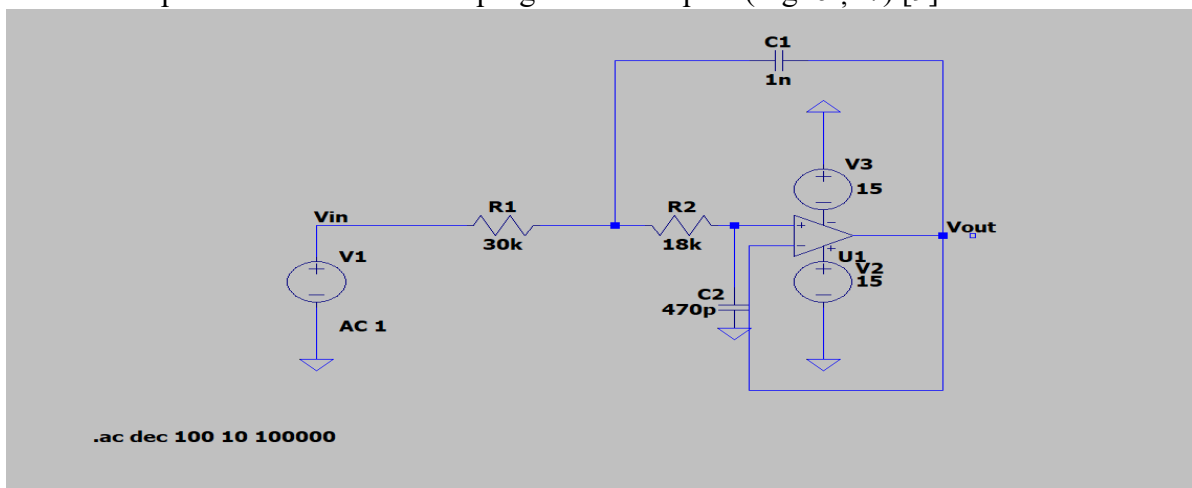


Fig. 6. Ilustrativă privind schema FATJ realizat utilizând programul LT Spice

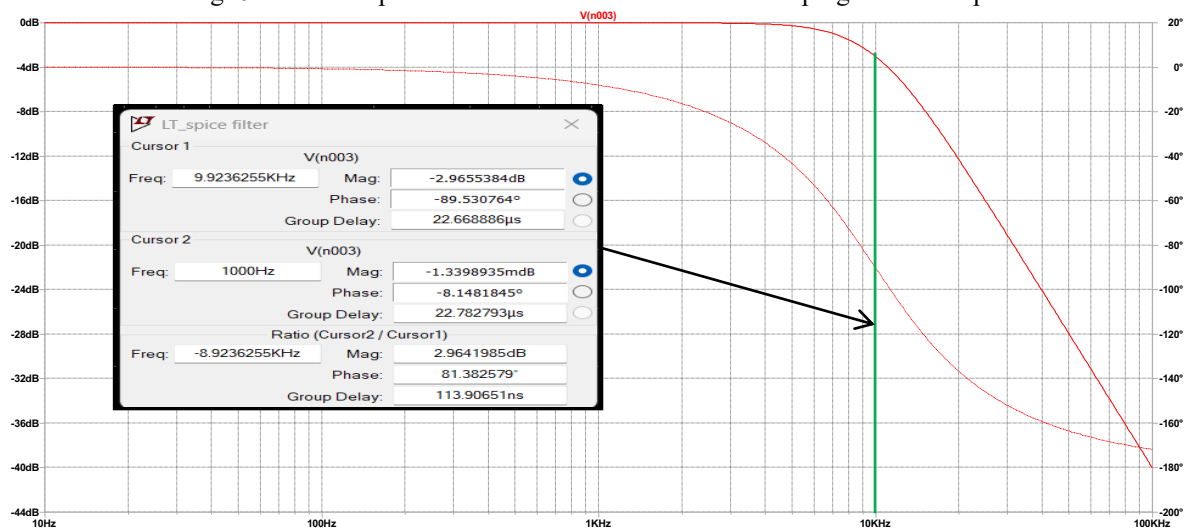


Fig. 7. Ilustrativă privind caracteristicile de frecvență pentru FATJ analizat utilizând programul LT Spice

Ca și programul TINA și acesta permite extinderea simulărilor și a analizelor plecând de la structura de filtrare prezentată [9].

4. CONCLUZII

În cadrul acestei lucrări au fost realizate o serie de simulări privind funcționarea circuitelor electrice de curenți slabi. Ca și model de circuit a fost simulat și analizat un FATJ utilizând 3 tipuri de instrumente software.

Scopul acestor simulări a fost acela de a scoate în evidență următoarele:

-software-ul de tip open source analizat (Okawa Electric Design) are avantajul dimensionării rapide a filtrelor electrice pasive și active, este limitat doar la anumite categorii de filtre electrice iar la cele active utilizează amplificatoare operaționale ideale și este strict utilizat pentru analiza unor circuite electrice uzuale.

-instrumentele software tot de tip open source TINA, LT Spice oferite de cei de la Texas Instruments și de către cei de la Analog Devices pot fi utilizate pentru o gamă largă de simulări a circuitelor electrice de curenți slabi, putând include componentele electronice oferite de către producători. Acest lucru conferă un avantaj în etapa de realizare a unui circuit electric datorită faptului că soluțiile obținute la nivel de simulare se apropie foarte mult de cele reale pentru categoria de componente alese oferite de către producători.

CONFIRMARE

Lucrarea a fost prezentată la Simpozionul de Mașini Electrice SME'XX, ediția 2024."

BIBLIOGRAFIE

1. L. Mandache, D. Topan, *Simularea circuitelor electrice. Algoritmi și programe de calcul*, Ed. Universitaria, Craiova, 2009.
2. D.G. Stănescu, M.E. Ardeleanu, I.G. Sîrbu, C.M. Stănoiu, *Designing and Testing of a Low Current Active Band Stop Filter*, Proc.of the ISFEE 2018, Nov. 1-3, Bucharest, pp.1-4, 2018.
3. D.G. Stănescu, P.M. Nicolae, G.A. Dobroiu, L.D. Popa, *Designing and Testing of a Second Order Active RC Low-pass Filter with Different Quality Factors*, Proc.of the ISFEE, pp. 1-4, Nov. 28-29, Bucharest, 2014.
4. D.G. Stănescu, I.G. Sîrbu, I.A. Mihăilă, M.E. Ardeleanu, R.C. Dinu, *Simularea comportării unui sistem de două bobine cuplate magnetic în prezența tolelor metalice*, APME, **19,1**, pp. 103-108, 2023.
5. M.S. Ghausi, K.R. Laker, *Modern Filter Design: Active RC and Switched Capacitors*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ,1981.
6. Texas Instruments, *Active filter design techniques-Chapter 16*, 2001.
7. Okawa Electric Design disponibil pe <http://sim.okawa-denshi.jp/en/OPseikiHikeisan.htm>.
8. *** <https://www.ti.com/tool/TINA-TI>.
9. *** <https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>