

សៀគ្វីអគ្គិសនីមិនលីនេអែរ Nonlinear Dynamics in Electric Circuits (10 points)

សូមអានការណែនាំទូទៅជាមុនសិនមុននឹងចាប់ផ្តើមធ្វើលំហាត់។

សេចក្តីផ្តើម

លក្ខណៈមិនលីនេអែរនៃសារធាតុពាក់កណ្តាលចំលង (ដូចជា ឌីយូត thyristors) ត្រូវបានប្រើប្រាស់ក្នុងសៀគ្វីអេឡិចត្រូនិចជាច្រើន ដូចជាកុងតាក់អេឡិចត្រូនិច និងឧបករណ៍បង្កើតលំយោលអេឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិច។

ការអនុវត្តន៍មួយនៃឌីយូត thyristors គឺត្រួតពិនិត្យចរន្តឆ្លាស់នៅក្នុងផ្នែក power electronics ដូចជាការបំបែកចរន្តធំ (megawatt) ពី AC ទៅ DC។ គ្រឿងអេឡិចត្រូនិចប្រភេទនេះ ត្រូវបានប្រើប្រាស់ក្នុងផ្នែកផ្សេងៗច្រើនទៀត ដូចជានៅក្នុងរូបវិទ្យា (ក្នុងសំណួរផ្នែក B) និងជីវវិទ្យា (ក្នុងសំណួរផ្នែក C)។

គោលបំណង

គោលបំណងនៃលំហាត់នេះគឺដើម្បី:

សិក្សាអំពីភាពមិនប្រក្រតី និងការប្រែប្រួលតូចៗនៃសញ្ញាក្នុងសៀគ្វីតាមរយៈក្រាបមិនលីនេអែរ $I - V$ ។

ស្វែងរកអំពីលទ្ធភាពនៃការអនុវត្តសៀគ្វីនេះនៅក្នុងផ្នែកវិស្វកម្ម និងក្នុងប្រព័ន្ធជីវៈ។

Part A. ភាពមានស្ថេរភាព និង មិនមានស្ថេរភាព Stationary states and instabilities (3 points)

Fig. 1 បង្ហាញក្រាប $I - V$ រាង S-shaped នៃគ្រឿងមិនលីនេអែរ X មួយ។ ចំពោះគ្រឿងអេឡិចត្រូនិចនេះ នៅចន្លោះតង់ស្យុងរវាង $U_{th} = 4.00 \text{ V}$ (តង់ស្យុងកុងតាក់បិទ) និង $U_{th} = 10.0 \text{ V}$ (តង់ស្យុងកុងតាក់បើក) ក្រាប $I - V$ មានច្រើន។ ដូចនេះដើម្បីងាយស្រួល យើងបែងចែកក្រាបនេះជាផ្នែកៗលីនេអែរ (ផ្នែកជាបន្ទាត់ត្រង់)។ តាមពិតទៅបន្ទាត់ផ្នែកខាងលើបើគេបន្លាយវា នោះវានឹងគាត់តាមគល់អ័ក្ស។

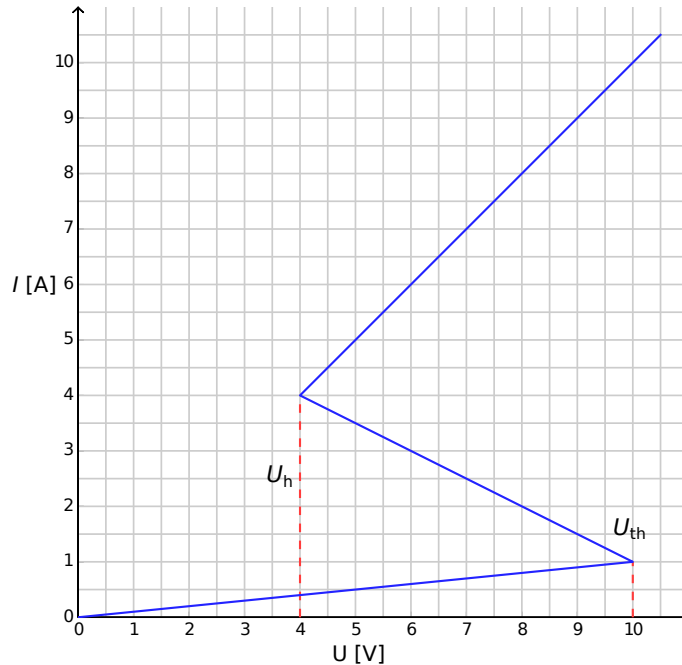


Figure 1: $I - V$ characteristics of the non-linear element X .

- A.1 ដោយប្រើក្រាប ចូរគណនាអស៊ីស្តង់ R_{on} នៃ X ត្រង់តង់ស្យុងក្នុងតាក់បើក និង អស៊ីស្តង់ R_{off} ត្រង់តង់ស្យុងក្នុងតាក់បិទនៃក្រាប $I - V$ ។ បន្ទាត់លីនេអែរផ្នែកកណ្តាលពិពណ៌នាដោយសមីការខាងក្រោម: 0.4pt

$$I = I_0 - \frac{U}{R_{int}}. \quad (1)$$

ចូររកតំលៃ I_0 និង អស៊ីស្តង់នៃបន្ទាត់លីនេអែរផ្នែកកណ្តាល R_{int} .

គ្រឿង X ត្រូវបានតភ្ជាប់ជាស៊េរី (មើល Fig.2) ជាមួយនឹងអស៊ីស្តង់មួយមានអស៊ីស្តង់ R ឬប៊ីនមួយមានអាំងឌុចតង់ L និងប្រភពតង់ស្យុងមួយ \mathcal{E} ។

គេថា ស្បៀងនេះស្ថិតក្នុងភាពលំនឹងជម្រុំ (stationary state) បើចរន្តមិនប្រែប្រួលតាមពេល $I(t) = \text{const}$ ។

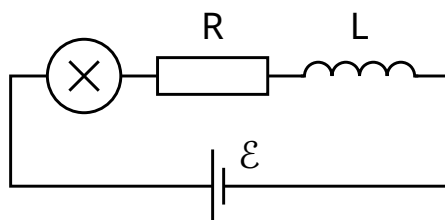


Figure 2: Circuit with element X , resistor R , inductor L and voltage source \mathcal{E} .

A.2 ក្នុងសៀគ្វីនៃ Fig. 2 តើចំនួន stationary states ដែលអាចមានស្មើប៉ុន្មាន បើអ្នក 1pt
ជ្រើសរើសយក តំលៃរបស់ \mathcal{E} ជាក់លាក់មួយ និង $R = 3.00 \Omega$?
តើចំលើយរបស់អ្នកប្រែប្រួលយ៉ាងដូចម្តេចបើ $R = 1.00 \Omega$?

A.3 ក្នុង Fig. 2 គេអោយ $R = 3.00 \Omega$, $L = 1.00 \mu\text{H}$ និង $\mathcal{E} = 15.0 \text{ V}$ ។ 0.6pt
ចូរគណនាតំលៃចរន្ត $I_{\text{stationary}}$ និងតង់ស្យុង $V_{\text{stationary}}$ នៃគ្រឿង X នៅពេលដែលវាស្ថិត
ក្នុង stationary state ។

សៀគ្វីក្នុង Fig. 2 គឺ stationary state ដែល $I(t) = I_{\text{stationary}}$ ។ Stationary state នេះ គឺមានលំនឹង បើបន្ទាប់ពីបំលាស់
ទីតូចមួយ (ចរន្តកើន រឺថយ) ចរន្តត្រឡប់ទៅ stationary state វិញ។ បើប្រព័ន្ធជ្លាស់ទីចេញពី stationary state គេ
ថាវាមិនមានលំនឹង។

A.4 ប្រើតំលៃលេខក្នុង ផ្នែក A.3 ហើយ សិក្សាភាពមានស្ថេរភាព និងមិនមានស្ថេរភាពនៃ sta- 1pt
tionary state ជាមួយនឹង $I(t) = I_{\text{stationary}}$ ។
តើ $\delta I(t)$ ប្រែប្រួលអាស្រ័យពេលយ៉ាងដូចម្តេច បើ $\delta I(0) > 0$ និង បើ $\delta I(0) < 0$?
តើ stationary state គឺ មានស្ថេរភាព (stable) រឺ មិនមានស្ថេរភាព (unstable) ?

Part B. ឌីយ៉ូត Thyristors ផ្នែករូបវិទ្យា: ឧបករណ៍បន្សាយសញ្ញាវិទ្យុ (5 points)

ឥឡូវនេះ យើងសិក្សាទៅលើសៀគ្វីថ្មីមួយទៀត (មើល Fig. 3) ។ ពេលនេះ គ្រឿងមិនលីនេអែ X ត្រូវគេដាក់ជាខ្នងជា
មួយកង់ដង់សាទ័រមួយមានកាបាស៊ីតេ $C = 1.00 \mu\text{F}$ ។ ហើយផ្នែកនេះត្រូវគេដាក់ជាសេរីជាមួយនឹងអេស៊ីស្ត័រមួយមានអេស៊ី
ស្តង់ $R = 3.00 \Omega$ និង ប្រភពតង់ស្យុង $\mathcal{E} = 15.0 \text{ V}$ ។ សៀគ្វីនេះស្ថិតក្រោមលក្ខខណ្ឌលំយោលដែលលោតពីផ្នែកលី
នេអែមួយទៅផ្នែកលីនេអែមួយទៀតនៃក្រាប $I - V$ ពេញមួយវដ្តនៃលំយោល។

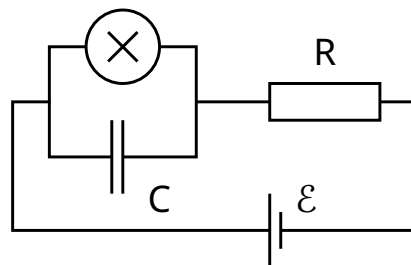


Figure 3: Circuit with element X , capacitor C , resistor R and voltage source \mathcal{E} .

B.1 ចូរគូសវដ្តនៃលំយោលនៅលើក្រាប $I - V$ រួមទាំងបញ្ជាក់ទិសដៅនៃលំយោល (ស្រប រឺ 1.8pt
ផ្ទុយទ្រនិចនាឡិកា) ។ សូមពន្យល់ចំលើយរបស់អ្នក ដោយប្រើសមីការនិងក្រាប។

B.2 ចូររកកន្សោម និងគណនាតំលៃពេល t_1 និង t_2 ដែលប្រើលើផ្នែកលីនេអែននីមួយៗនៃក្រាប $I-V$ ក្នុងមួយរដ្ឋ។ គណនាខួប T នៃរដ្ឋនេះ ដោយសន្មតថារយៈពេលលោតពីផ្នែកលីនេអែនមួយទៅមួយទៀតនៃក្រាប $I-V$ អាចចោលបាន។ 1.9pt

B.3 ចូររកតម្លៃអានុភាពមធ្យម P ដែលបានស្រូមដោយគ្រឿងមិនលីនេអែននេះក្នុងមួយលំយោលពេញ។ ចូរបញ្ជាក់ចំលើយរបស់អ្នកដោយចោលផ្នែកលេខខ្លាំងរាយ។ 0.7pt

សៀវភៅក្នុង Fig. 3 ត្រូវបានប្រើដើម្បីតម្លើងប្រព័ន្ធផ្សាយរលកវិទ្យុ (ខ្សែវែងមួយ)។ សំរាប់គោលបំណងនេះ គ្រឿង X ត្រូវបានភ្ជាប់ទៅនឹងចុងម្ខាងនៃអង់តែនលីនេអែនវែង s មួយ។ ចុងម្ខាងទៀតនៃខ្សែគឺសេរី។ ក្នុងអង់តែន រលកអេឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិចជញ្ជូនបានកើតឡើង។ ល្បឿននៃរលកអេឡិចត្រូម៉ាញ៉េទិចតាមទិសអង់តែនដូចក្នុងសុញ្ញកាស។ អង់តែនផ្សាយប្រើលំយោលអាមូនិចគ្រឹះដោយខួប T នៃសំនួរ B.2។

B.4 ចូររកតំលៃប្រសើរបំផុតនៃ s ដោយសន្មតថា វាមិនលើសពី 1 km ទេ។ 0.6pt

Part C. Bistable non-linear elements in biology: neuristor (2 points)

ក្នុងផ្នែកនេះ យើងសិក្សាអំពីការអនុវត្តរបស់គ្រឿងមិនលីនេអែននេះ ក្នុងដំណើរនៃជីវៈមួយចំនួន។ ប្រសាទក្នុងខួរក្បាលរបស់មនុស្សមានលក្ខណៈដូចខាងក្រោម៖ នៅពេលដែលខួរក្បាលត្រូវបានភ្ជាប់ដោយសញ្ញាខាងក្រៅ វាបង្កើតសញ្ញាលំយោលមួយ ហើយវាត្រឡប់ទៅភាពដើមរបស់វាវិញ។ លក្ខណៈនេះហៅថាការរំជួល (ភ្លោច) ចិត្ត។ យោងតាមលក្ខណៈនេះ សញ្ញាអំពុលស្បូង (pulses) អាចជាលក្ខណៈប្រសាទគួរមគ្គុក្នុងប្រព័ន្ធប្រសាទ។ ប្រព័ន្ធប្រសាទអេឡិចត្រូនិចមួយត្រូវបានបង្កើតឡើងដើម្បីធ្វើតាមការភ្លោចនេះ ហើយសញ្ញាដែលជាលនេះ (pulse propagation) ហៅថា neuristor (ពី ប្រសាទ និងគ្រឿងអេឡិចត្រូនិច)។

យើងចង់បង្កើត neuristor មួយ ដោយប្រើសៀវភៅមួយដែលមានគ្រឿងមិនលីនេអែ X ។

ឥឡូវនេះ តង់ស្យុង \mathcal{E} ក្នុងសៀវភៅនៃ Fig. 3 ថយចុះទៅ $\mathcal{E}' = 12.0 \text{ V}$ ។ លំយោលឈប់ ហើយប្រព័ន្ធទៅដល់ stationary state របស់វា។ បន្ទាប់មកតង់ស្យុងកើនឡើងយ៉ាងរហ័សទៅតំលៃដើមវិញគឺ $\mathcal{E} = 15.0 \text{ V}$ ហើយ បន្ទាប់ពីរយៈពេល τ ($\tau < T$) តំលៃរបស់វាត្រូវបានកំណត់ទៅជា \mathcal{E}' វិញ (មើល Fig. 4)។ ពេលនោះវាមានតំលៃកម្រិតមួយ τ_{crit} ហើយប្រព័ន្ធមានលក្ខណៈផ្សេងគ្នាចំពោះ $\tau < \tau_{crit}$ និង $\tau > \tau_{crit}$ ។

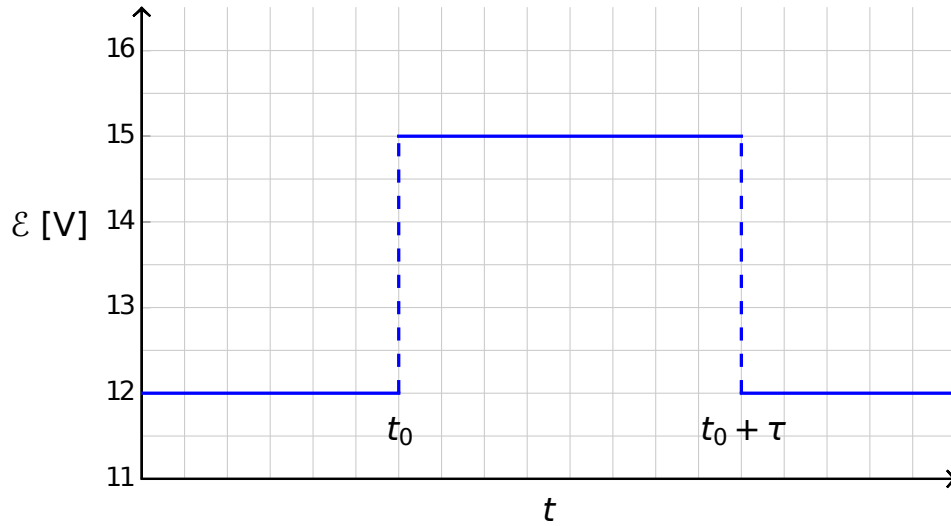


Figure 4: Voltage of the voltage source as a function of time.

C.1	គូសក្រាប $I_X(t)$ របស់ X ចំពោះ $\tau < \tau_{\text{crit}}$ និង $\tau > \tau_{\text{crit}}$ ។	1.2pt
C.2	សរសេរកន្សោម និងអោយតំលៃលេខ τ_{crit} ចំពោះពេលបើកកុងតាក់។	0.6pt
C.3	តើសៀគ្វីដែលមាន $\tau = 1.00 \times 10^{-6}$ s ជា neuristor រឺទេ?	0.2pt