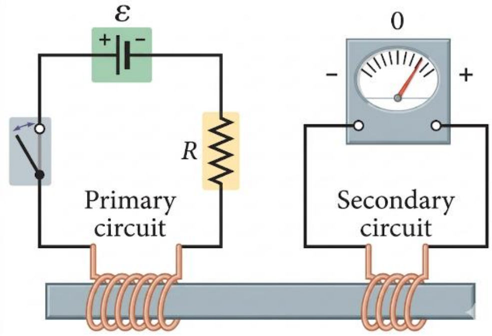
<table>
<tr><td>មធ្យមសិក្សា</td><td>មេរៀនសង្ខេប
មុខវិជ្ជា ៖ រូបវិទ្យា</td><td>ថ្នាក់ទី ១២</td></tr>
<tr><td colspan="3">មេរៀនទី៣ ៖ អូតូអាំងឌុចស្យុង</td></tr>
</table>

១. អំពើទៅវិញទៅមករបស់អាំងឌុចស្យុង

- តាមច្បាប់ផារ៉ាដេ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអាំងឌុីកើតមានកាលណានៅក្នុងបូប៊ីនមានបម្រែបម្រួលភ្លុចអាំងឌុចស្យុង ។
- តាមរយៈការពិសោធន៍បង្ហាញថា កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអូតូអាំងឌុចស្យុង



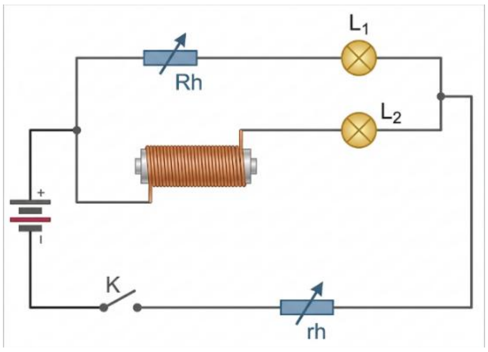
ក្នុងបូប៊ីនទី2អាស្រ័យនឹងលក្ខណៈធរណីមាត្រនៃសៀគ្វីនិងសមាមាត្រនឹងល្បឿននៃបម្រែបម្រួលចរន្ត $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ ក្នុងបូប៊ីនទី1 ។

គេអាចសរសេរ ៖ $e = -M\frac{\Delta I}{\Delta t}$ ដែល M ជាអំពើទៅមករវាងអាំងឌុចស្យុង ។

២. អូតូអាំងឌុចស្យុង

២.១. ពិសោធន៍

ក. ពិសោធន៍ទី1 (បាតុភូតអូតូអាំងឌុចស្យុងពេលគេបិទសៀគ្វី)



គេដំឡើងសៀគ្វីដូចរូប (រេអូស្តា Rh,rh អំពូល L_1, L_2 បូប៊ីន និងជនិតា)

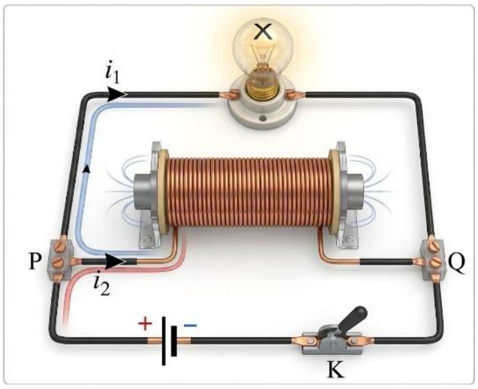
- នៅពេលគេបិទសៀគ្វី
  - គេសង្កេតឃើញថាអំពូល L_2 ដែលតជាស៊េរីនិងបូប៊ីនចាប់ផ្តើមភ្លឺបន្តិចម្តងៗមុននឹងផល់របបធម្មតា ។
  - ចំណែកឯអំពូល L_1 ភ្លឺដល់របបធម្មតាភ្លាមៗ

❖ បំណកស្រាយ

- នៅពេលគេបិទសៀគ្វីភ្លាម ចរន្តនៅក្នុងបូប៊ីនកើនឡើងយ៉ាងរហ័ស ដែលធ្វើឱ្យបូប៊ីនខ្លួនឯងផ្ទាល់មានបម្រែបម្រួលភ្លុចអាំងឌុចស្យុង ។
- តាមច្បាប់អាំងឌុចស្យុងអេឡិចត្រូម៉ាញេទិចវាបង្កើតបានជាកម្លាំងអគ្គិសនីចលករអូតូអាំងឌុី ។
- តាមច្បាប់ឡង់ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនេះ បានផ្តល់នូវចរន្តអាំងឌុី i មានទិសដៅផ្ទុយពីចរន្ត i_2 ដែលឆ្លងកាត់បូប៊ីន ។

ដូចនេះ ចរន្តដែលឆ្លងកាត់កំណាត់សៀគ្វីដែលមានបូប៊ីននិងអំពូល L_2 មានតម្លៃតូចជាងចរន្ត i_1 ដែលឆ្លងកាត់អំពូល L_1 ជាហេតុនាំឱ្យអំពូល L_2 មិនភ្លឺតាមរបបធម្មតាដូចអំពូល L_1 ។ ប៉ុន្តែលុះក្រោយមកបន្តិចចរន្តអាំងឌុី $i = 0$ អំពូលទាំងពីរភ្លឺតាមរបបធម្មតាដូចគ្នាវិញ ។

ខ. ពិសោធន៍ទី 2 (បាតុភូតអូតូអាំងឌុចស្យុងពេលគេបើកសៀគ្វី)



គេដំឡើងសៀគ្វីមួយដូចរូប (អំពូល , បូប៊ីន , និងជនិតា)

- នៅពេលគេបើកសៀគ្វី

- គេសង្កេតឃើញថាអំពូលចង្កៀងអគ្គិសនីភ្លឺចិញ្ចាចក្នុងរយៈពេលខ្លីទើបរលត់ ។

❖ បំណកស្រាយ

- នៅពេលគេបើកសៀគ្វីភ្លាម ចរន្តដែលឆ្លងកាត់បូប៊ីនថយចុះយ៉ាងរហ័ស ដែលធ្វើឱ្យក្នុងបូប៊ីនខ្លួនឯងផ្ទាល់មានបម្រែបម្រួលភ្លុចអាំងឌុចស្យុង ហើយបានបង្កើតកម្លាំងអគ្គិសនីចលករអូតូអាំងឌី ។ កម្លាំងអគ្គិសនីចលករនេះ បានផ្ដល់នូវចរន្តអាំងឌី i មានទិសដៅដូចចរន្ត i_2 ឆ្លងកាត់សៀគ្វីបិទដែលមានបូប៊ីន និងអំពូល ខ្លាំងជាងចរន្តដែលផ្ដល់ដោយជនិតា ។

  ដូចនេះបានជាអំពូលភ្លឺខ្លាំងមុនពេលរលត់ ។

២.២. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអាំងឌី

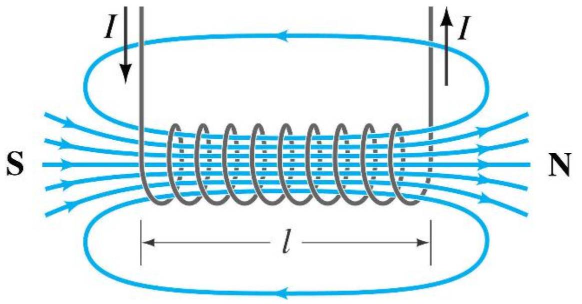
- ចរន្តអាំងឌីដែលកើតឡើងដោយបម្រែបម្រួលភ្លុចម៉ាញេទិចបង្កើតឱ្យមានកម្លាំងអគ្គិសនីចលករអូតូអាំងឌីដែលសមាមាត្រនឹងបម្រែបម្រួលល្បឿនចរន្ត $\frac{di}{dt}$ ៖ $e = -L\frac{di}{dt}$ ។

ដែល L ជាអាំងឌុចតង់ គិតជា ហង់រី H

$\frac{di}{dt}$ ជាបម្រែបម្រួលល្បឿនចរន្តគិតជា A/s

២.៣. ទំនាក់ទំនងរវាងអាំងឌុចតង់ និងភ្លុចម៉ាទិច

❖ បង្ហាញពីទំនាក់ទំនងរវាងអាំងឌុចតង់ និងភ្លុចម៉ាញេទិច



តាមរូបមន្ត ៖ $e = -L\frac{di}{dt}$

ដោយ $e = -\frac{d\Phi}{dt}$

យើងបាន ៖ $L\frac{di}{dt} = \frac{d\Phi}{dt} \Leftrightarrow Ldi = d\Phi$

ដោយធ្វើអាំងតេក្រាល

នោះ $\int d\Phi = \int Ldi$

ដូចនេះ $\Phi = Li$

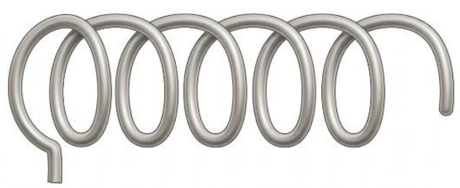
❖ អាំងឌុចតង់នៃសូលេណូអ៊ីត

តាមរូបមន្ត $\Phi = Li$ ដែល$\Phi = BAN = \mu_o\frac{N}{L}i \times AN$

នាំឱ្យ $Li = \mu_o\frac{N}{L}i \times AN \Leftrightarrow L = \mu_o\frac{N^2}{L}A$

ដូចនេះ $L = \mu_o\frac{N^2}{L}A$

❖ សៀគ្វីគ្មានអាំងឌុចតង់

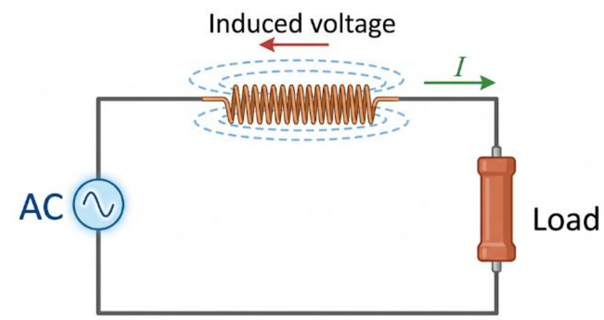


- បូប៊ីនទាំងឡាយសុទ្ធតែមានអាំងឌុចតង់ផ្ទាល់របស់វា ។
- ដើម្បីបង្កើតបូប៊ីនដែលគ្មានអាំងឌុចតង់គេត្រូវបត់ខ្សែចម្លងជាពីរមុននឹងរុំវាជាស្នៀជាប់ៗគ្នា ទង្វើបែបនេះគឺមកពីស្នៀពីរជិតគ្នាមានចរន្តស្មើគ្នាឆ្លងកាត់មានទិសដៅផ្ទុយគ្នា ធ្វើឱ្យភ្លុចសរុបស្មើសូន្យនោះអាំងឌុចតង់ក៏ស្មើសូន្យដែរ ។

៣. កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអូតូអាំងឌី

- បូប៊ីនមួយសម្គាល់ដោយអាំងឌុចតង់ L ឆ្លងកាត់ដោយចរន្តដែលមានអាំងតង់ស៊ីតេ i ។ កាលណាចរន្តប្រែប្រួលទៅតាមពេល t នៅក្នុងបូប៊ីនកើតមានបាតុភូតអាំងឌុចស្យុង ។
- កម្លាំងអគ្គិសនីចលករអូតូអាំងឌីត្រូវបានកំណត់ដោយ៖ $e = -\frac{d\Phi}{dt} = -L\,\frac{di}{dt}$

៤. ថាមពលម៉ាញេទិច



បើ V ជាតង់ស្យុងរវាងគោលនៃបូប៊ីន

យើងបាន ៖ $P = Vi = Li\frac{di}{dt}$

តែ $dE_L = Pdt = Li\frac{di}{dt}dt = Lidi$

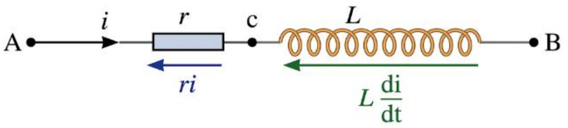
នាំឱ្យ $\int_0^{E_L} dE_L = \int_0^{i} Lidi \Leftrightarrow E_L = \frac{1}{2}Li^2$

ដូចនេះថាមពលនៃកុងដង់សាទ័រត្រូវបានកំណត់ដោយ ៖ $E_L = \frac{1}{2}Li^2$

ដែល E_L ជាថាមពលនៃកុងដង់សាទ័រ គិតជា J

៥. សៀគ្វី RL

៥.១. ទំនាក់ទំនងរវាងអាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត និងតង់ស្យុង



បូប៊ីនមួយមានរេស៊ីស្តង់ r និងអាំងឌុចតង់ L

យើងបានផលបូកតង់ស្យុង $V_{AB} = V_{AC} + V_{CB} = ri + L\frac{di}{dt}$

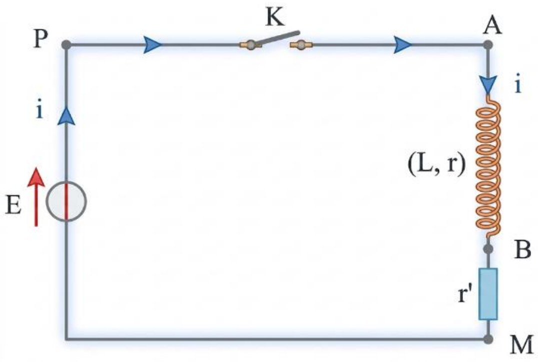
ដូចនេះតង់ស្យុងរវាងគោលនៃបូប៊ីនកំណត់ដោយ $V_{AB} = ri + L\frac{di}{dt}$

- កាលណាចរន្តឆ្លងកាត់បូប៊ីនមានតម្លៃថេរ (របបអចិន្ត្រៃយ៍) $\frac{di}{dt} = 0$ យើងបាន$V_{AB} = ri$

ដូចនេះ តង់ស្យុងរវាងគោលនៃបូប៊ីនគឺ $V_{AB} = ri$

❖ សមីការឌីផេរ៉ង់ស្យែល

- នៅខណៈ $t = 0$ (ពេលបិទសៀគ្វី) អាំងតង់ស៊ីតេចរន្ត i ក្នុងសៀគ្វីស្មើសូន្យ
- នៅខណៈ $t > 0$



យើងបាន $V_{AM} = V_{AB} + V_{BM}$

$$E = ri + L\frac{di}{dt} + r'i$$

$$E = (r + r')i + L\frac{di}{dt}$$

យើងតាង $r + r' = R$ ជារេស៊ីស្តង់សមមូលនៃឌីប៉ូល RL

$$E = Ri + L\frac{di}{dt} \Leftrightarrow E - Ri = L\frac{di}{dt}$$

នាំឱ្យ $\frac{dt}{L} = \frac{di}{E-Ri}$

ដោយធ្វើអាំងតេក្រាលលើអង្គទាំងពីរយើងបាន

$$\int_0^t \frac{dt}{L} = \int_0^i \frac{di}{E-Ri}$$

$$\frac{1}{L}\int_0^t dt = -\frac{1}{R}\int_0^i \frac{(E-Ri)'di}{E-Ri}$$

$$\frac{1}{L}[t]_0^t = -\frac{1}{R}[\ln(E-Ri)]_0^i$$

$$\frac{1}{L}(t-0) = -\frac{1}{R}(\ln(E-Ri) - \ln E)$$

$$-\frac{R}{L}t = \ln\frac{(E-Ri)}{E} = \ln(1-\frac{R}{E}i)$$

$$-\frac{t}{\tau} = \ln(1-\frac{R}{E}i)$$

$$\ln e^{-\frac{t}{\tau}} = \ln(1-\frac{R}{E}i)$$

$$e^{-\frac{t}{\tau}} = 1-\frac{R}{E}i \Leftrightarrow i = \frac{E}{R}(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$$

ដូចនេះ $i = \frac{E}{R}\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = I_P\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

ដែល $I_P = \frac{E}{R}$ ជាចរន្តអតិបរមាគិតជា (A) , $\tau = \frac{L}{R}$ ជាថេរពេលគិតជា (s)

- ករណីកុងតាក់ត្រូវបានចំហ

យើងបាន $V_{AB} + V_{BM} = 0$

$$ri + L\frac{di}{dt} + r'i = 0$$

$$Ri + L\frac{di}{dt} = 0$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{R}{L}i \Leftrightarrow \frac{di}{i} = -\frac{R}{L}dt$$

ដោយធ្វើអាំងតេក្រាលលើអង្គទាំងពីរ

យើងបាន $\int_{I_P}^i \frac{di}{i} = -\frac{R}{L}\int_0^t dt \Leftrightarrow [\ln i]_{I_P}^i = -\frac{R}{L}[t]_0^t$

$$\ln i - \ln I_P = -\frac{t}{\tau} \Leftrightarrow \ln\frac{i}{I_P} = \ln e^{-\frac{t}{\tau}}$$

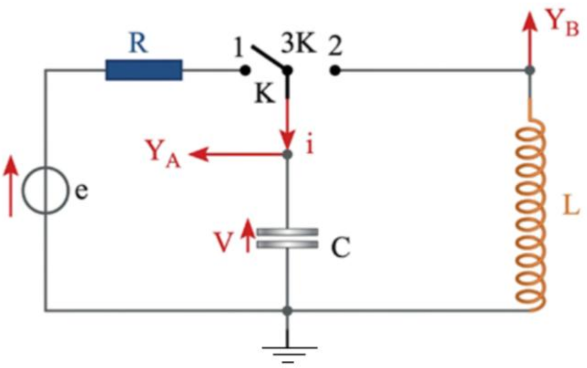
នាំឱ្យ $i = I_P e^{-\frac{t}{\tau}}$

ដូចនេះ $i = I_P e^{-\frac{t}{\tau}}$

៦. សៀគ្វី LC

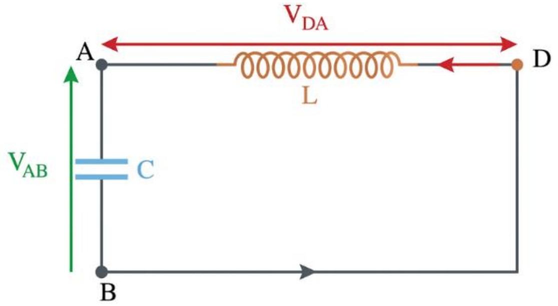
៦.១. ការតម្លើងសៀគ្វី

គេប្រើសៀគ្វីមួយដូចរូប



- នៅពេលកាច់កុងតាក់ K ទៅទីតាំង 1 កុងដង់សាទ័រជាអ្នកផ្ទុកថាមពល ។
- ពេលគេកាច់កុងតាក់ K ទៅទីតាំង 2 កុងដង់សាទ័រផ្ទេរថាមពលទៅឱ្យបូប៊ីន ។ បន្ទាប់មកបូប៊ីនក៏ផ្ទេរថាមពលទៅឱ្យកុងដង់សាទ័រវិញ ។

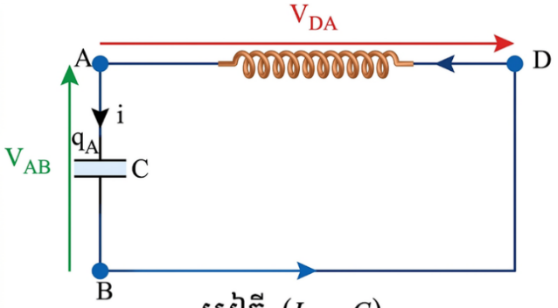
៦.២. បណ្តូរថាមពល



- ថាមពលរបស់កុងដង់សាទ័រ ៖ $E_C = \frac{1}{2}CV^2$
- ថាមពលរបស់បូប៊ីន ៖ $E_L = \frac{1}{2}Li^2$
- យើងបានថាមពលនៃឌីប៉ូល LC ៖ $E_{LC} = \frac{1}{2}CV^2 + \frac{1}{2}Li^2$

៦.៣. ច្បាប់បម្រែបម្រួលតាមពេលនៃសៀគ្វីលំយោល (LC)

ក. សមីការឌីផេរ៉ង់ស្យែលនៃតង់ស្យុងរវាងគោលនៃកុងដង់សាទ័រ



សៀគ្វី $(L\ ,\ C)$

តាមផលបូកតង់ស្យុង ៖ $V_{AB} + V_{BD} + V_{DA} = 0$

តែ $V_{AB} = V_C\ , V_{BD} = 0\ , V_{DA} = V_L = L\frac{di}{dt}$

នាំឱ្យ $V_C + L\frac{di}{dt} = 0 \quad (1)$

ដែល $i = \frac{dq}{dt} = c\frac{dV_C}{dt}$

តាមសមីការ (1)

នាំឱ្យ $V_C + LC\frac{d^2V_C}{dt^2} = 0 \Leftrightarrow \ddot{V}_C + \frac{1}{LC}V_C = 0$

ដូចនេះ $\ddot{V}_C + \frac{1}{LC}V_C = 0$ ជាសមីការឌីផេរ៉ង់ស្យែលនៃតង់ស្យុងរវាងគោលនៃកុងដង់សាទ័រ

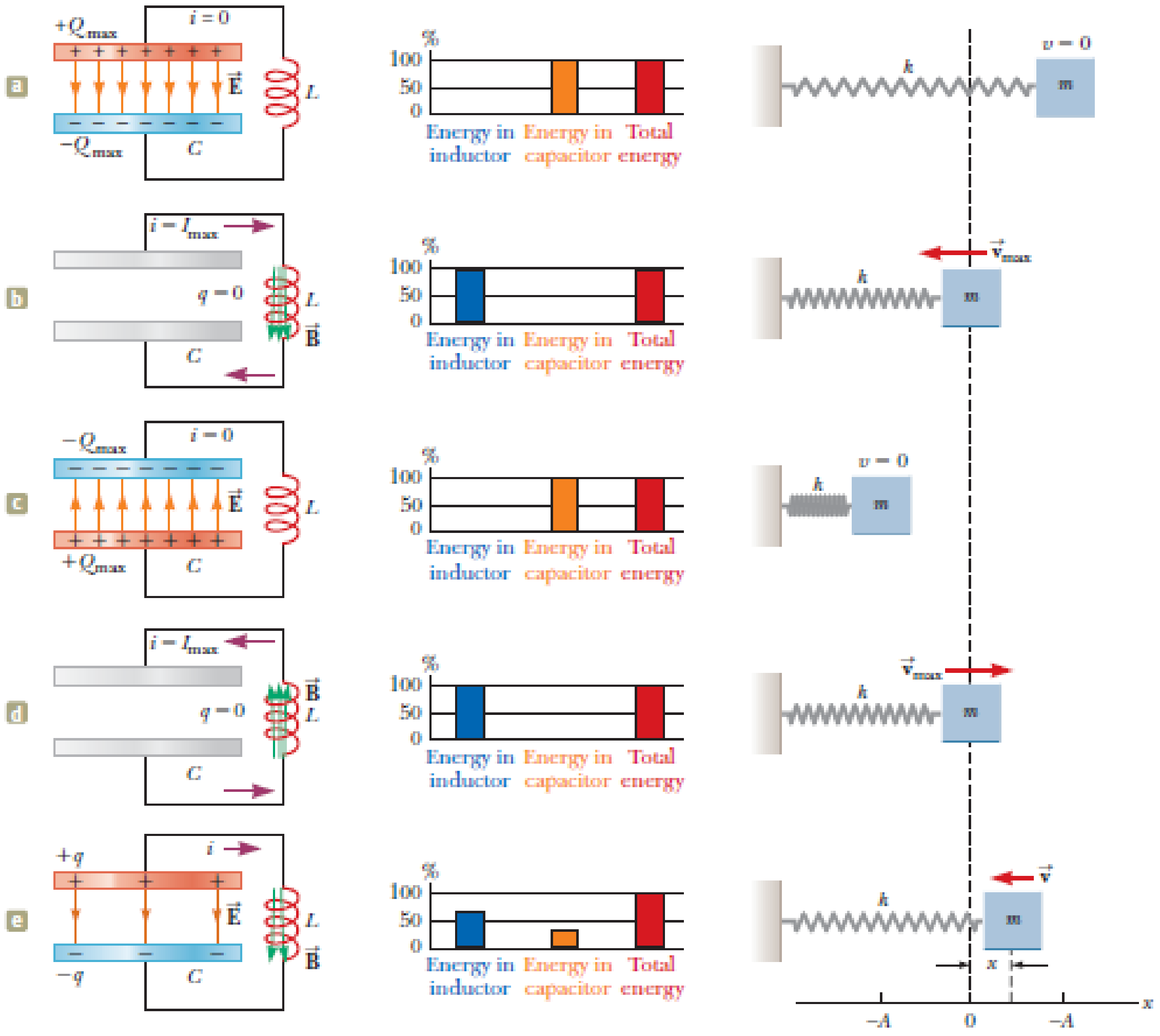
នឹងមានចម្លើយ $V_C(t) = V_m\cos\left(\frac{2\pi}{T_o}t + \varphi_o\right)$ ជាមួយនឹង $T_o = 2\pi\sqrt{LC}$

ដែល T_o ជាខួបផ្ទាល់នៃលំយោលគិតជា s

ខ. លំយោលនៃសៀគ្វី LC

- នៅពេលដែលកុងដង់សាទ័រផ្ទុកថាមពលពេញវាបានផ្ទេរថាមពលទៅឱ្យបូប៊ីន ($q_C = 0 \Rightarrow E_{Lm}$) ។
- បន្ទាប់មកនៅពេលដែលបូប៊ីនផ្ទុកថាមពលពេញ វាបានផ្ទេរថាមពលមកឱ្យកុងដង់សាទ័រវិញ ($i = 0 \Rightarrow E_{Cm}$) ។

❖ បាតុភូតនៃបណ្តូរថាមពលបង្កើតឱ្យមានលំយោលអគ្គិសនីកើតមានឡើងដែលជាលំយោលថេរ ។



៦.៤. ថាមពលនៃសៀគ្វី (LC)

- ករណីរេស៊ីស្តង់អាចចោលបាននោះនឹងមានបាតុភូតបណ្តូរថាមពលកើតឡើងលំយោលអគ្គិសនីជាលំយោលថេរ ។

យើងបាន ៖ $E_{LC} = \frac{1}{2}CV^2 + \frac{1}{2}Li^2 = E_{Lm} = E_{Cm} =$ ថេរ

ដូចនេះ៖ $E_{LC} = E_{Lm} = E_{Cm} = \frac{1}{2}CV^2 + \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}LI_m^2 = \frac{1}{2}CV_m^2 =$ ថេរ