2

വൈദ്യുതിയുടെ അടിസ്ഥാനതത്ത്വങ്ങൾ

ആമുഖം

2.1 ഇലക്ട്രിക് കറന്റ്

2.2 വോൾട്ടത

2.3 വൈദ്യുത പവർ

2.4 ഓം നിയമം

2.5 റെസിസ്റ്ററുകളെ ശ്രേണീരൂപത്തിലും സമാന്തരരൂപത്തിലും ഘടിപ്പിക്കൽ

2.6 കപ്പാസിറ്ററുകളെ വിവിധ തരത്തിൽ സംയോജിപ്പിക്കൽ

2.7 കിർച്ചോഫ് നിയമങ്ങൾ

2.8 വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സുകൾ

2.9 കറന്റ് സ്രോതസ്സുകൾ

2.10 DC യും ACയും

2.11 ഫ്രീക്വൻസി, ടൈംപീരിയേഡ്, ഫേസ് ആംഗിൾ

2.12 എ.സി യുടെ RMS, ആവറേജ് മൂല്യങ്ങൾ

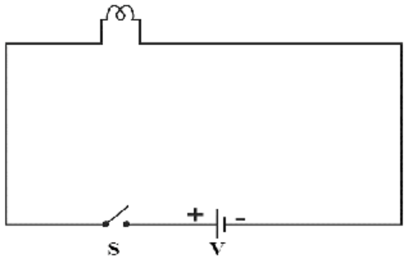
2.13 ഇംപീഡൻസ് എന്ന ആശയം

G5C2Z9

ആമുഖം

എണ്ണമറ്റ ഉപയോഗങ്ങൾ മൂലം ഇലക്ട്രോണിക്സ് നമ്മുടെ നിത്യജീവിതത്തിലെ അവിഭാജ്യഘടകമായി മാറിക്കഴിഞ്ഞു എന്നു നമുക്കറിയാം. സെമികണ്ടക്ടറുകളുടെ അടിസ്ഥാനാശയങ്ങൾ, ഡയോഡുകൾ, ട്രാൻസിസ്റ്ററുകൾ, മറ്റു പ്രത്യേകതരം ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണങ്ങൾ, റെക്ടിഫയറുകളുടെയും ആംപ്ലിഫയറുകളുടെയും ഓസിലേറ്ററുകളുടെയും അടിസ്ഥാന സെർക്കീട്ടുകൾ, ഡിജിറ്റൽ ഇലക്ട്രോണിക്സിന്റെയും അളവുപകരണങ്ങളുടെയും അടിസ്ഥാനതത്ത്വങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെയെല്ലാമുള്ള കാര്യങ്ങളിലൂടെയാണ് അടുത്ത യൂണിറ്റു മുതൽ നാം കടന്നുപോകേണ്ടത്. അതിനുമുമ്പ് നമുക്ക് ഇലക്ട്രോണിക് ഉപകരണങ്ങളുടെയെല്ലാം ഊർജസ്രോതസ്സായ വൈദ്യുതിയുടെ അടിസ്ഥാനതത്ത്വങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഇതിനു തുടക്കമെന്ന നിലയിൽ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ്, വോൾട്ടേജ്, പവർ എന്നിവയൊക്കെ എന്താണ് എന്നും ഒരു കണ്ടക്ടറിലൂടെ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് നിലനിർത്തുന്നത് എങ്ങനെയെന്നും പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിന്റെ മാറ്റത്തിന് അനുസരിച്ച് കറന്റ് എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു എന്നെല്ലാം നമുക്കു മനസ്സിലാക്കാം. റെസിസ്റ്ററുകൾ, കപ്പാസിറ്ററുകൾ, അവയുടെ ശ്രേണീരൂപത്തിലും സമാന്തരരൂപത്തിലുമുള്ള ഘടനകൾ തുടങ്ങിയവയൊക്കെ ഒരു ഇലക്ട്രിക് സെർക്കീട്ടിനെ എങ്ങനെയെല്ലാം ബാധിക്കുന്നു എന്നും ചർച്ച ചെയ്യാം. കൂടാതെ ഓം നിയമം, കിർച്ചോഫ് നിയമം എന്നിവ ഉപയോഗിച്ച് ഒരു ഇലക്ട്രിക് സെർക്കീട്ടിലെ ഓരോ കമ്പോണന്റിലൂടെയുമു ള്ള ഇലക്ട്രിക് കറന്റും അവയ്ക്കെതിരെ വരുന്ന വോൾട്ടേജുകളുമെല്ലാം എങ്ങനെ കണ്ടുപിടിക്കാമെന്നും നമുക്കു പരിശോധിക്കാം.

2.1. ഇലക്ട്രിക് കറന്റ്



ചിത്രം 2.1 ലളിതമായ ഒരു ഇലക്ട്രിക് സെർക്കീട്ട്

ഒരു ടോർച്ച് ലൈറ്റിന്റെ സ്വിച്ച് അമർത്തുമ്പോൾ എന്താണു സംഭവിക്കുന്നത് എന്ന് നിങ്ങൾക്ക് പറയാമോ? ടോർച്ചിനുള്ളിലുള്ള അടിസ്ഥാന സെർക്കീട്ടാണ് ചിത്രം 2.1ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത്. സ്വിച്ച് 'S' അമർത്തുമ്പോൾ സെർക്കീട്ടിലൂടെ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് ഒഴുകുന്നു. ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് ഒഴുകുമ്പോൾ ബൾബ് പ്രകാശിക്കുന്നു. ബാറ്ററിയുടെ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിൽനിന്നു നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിലേക്കാണ് കറന്റ് ഒഴുകുന്ന ദിശ.

ഉയർന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ മേഖലയിൽനിന്നു താഴ്ന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ മേഖലയിലേക്കാണ് കറന്റ് ഒഴുകുന്നത്. ബാറ്ററിയുടെ പൊട്ടൻഷ്യൽ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിനെ അപേക്ഷിച്ച് പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിൽ കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നു.

ഇലക്ട്രിക് ചാർജുകളുടെ ഒഴുക്കിന്റെ നിരക്കിനെയാണ് ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് അഥവാ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് ഇന്റൻസിറ്റി എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ഒരു കണ്ടക്ടറിന്റെ ഏതെങ്കിലും ഒരു ഭാഗത്തുകൂടി 't' സമയത്തേക്കു കടന്നുപോകുന്ന ചാർജ് 'q' ആണെങ്കിൽ ആ കണ്ടക്ടറിലൂടെ ഒഴുകുന്ന കറന്റ്

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

ഇലക്ട്രിക് കറന്റിന്റെ യൂണിറ്റ് ആമ്പിയർ (A) ആണ്. 1 സെക്കന്റിൽ 1 കൂളോം ചാർജ് ഒഴുകുമ്പോഴാണ് 1 ആമ്പിയർ കറന്റ് ഒഴുകുന്നു എന്നു പറയുന്നത്. ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് അളക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് അമ്മീറ്റർ.

2.2. വോൾട്ടത

ഒരു യൂണിറ്റ് പോസിറ്റീവ് ചാർജിനെ ഒരു ബിന്ദുവിൽനിന്നും മറ്റൊരു ബിന്ദുവിലേക്കു ചലിപ്പിക്കാൻ വേണ്ടിവരുന്ന പ്രവൃത്തിയെയാണ് (ഊർജത്തെ) ആ രണ്ട് ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലെ വോൾട്ടേജ് എന്നു പറയുന്നത്. ഇതിനെ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസമെന്നും ഇലക്ട്രോമോട്ടീവ് ഫോഴ്സ് (e m f) എന്നും പറയും.

$$V = \frac{W}{Q}$$

ഇതിൽ

V - പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം (വോൾട്ടേജ് അല്ലെങ്കിൽ വോൾട്ട്)

W- ചെലവാക്കിയ ഊർജം (ജൂൾ)

Q - ഇലക്ട്രിക് ചാർജ് (കൂളോമ്പ്)

ഒരു ഇലക്ട്രിക് സെർക്കീട്ടിലെ ഒരു ബിന്ദുവിൽനിന്നു മറ്റൊരു ബിന്ദുവിലേക്ക് ഒരു കൂളോമ്പ് ചാർജ് ചലിപ്പിക്കാൻ ഒരു ജൂൾ വർക്ക് ആണ് ചെയ്യേണ്ടതെങ്കിൽ ആ രണ്ടു പോയിന്റുകൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസമാണ് ഒരു വോൾട്ട് എന്നു പറയപ്പെടുന്നത്. അതായത് ഒരു ഇലക്ട്രിക് പവർ ലൈനിൽ 220V വോൾട്ടേജ് ഉണ്ട് എന്നാൽ അതിനർഥം അതിലെ ഒരു ലൈനിൽനിന്നു മറ്റേ ലൈനിലേക്ക് അവയ്ക്കിടയിൽ ഘടിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള ഉപകരണംവഴി ഒരോ കൂളോമ്പ് ചാർജ് ചലിപ്പിക്കാൻ 220J വർക്ക് വേണം എന്നാണ്.

1 Volt = 1 Joule/coulomb അല്ലെങ്കിൽ 1V = 1 J/C. വോൾട്ടേജ് അളക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് വോൾട്ട് മീറ്റർ.

2.3. വൈദ്യുത പവർ

ഒരു ബിന്ദുവിൽനിന്നു മറ്റൊരു ബിന്ദുവിലേക്കു ചാർജുകൾ ചലിപ്പിക്കാൻവേണ്ട പ്രവൃത്തിയുടെ സമയനിരക്കിനെയാണ് ഇലക്ട്രിക് പവർ എന്നു വിളിക്കുന്നത്. പവറിനെ സൂചിപ്പിക്കാൻ ഉപയോ

ഗിക്കുന്ന ചിഹ്നം 'P' യും അതിന്റെ യൂണിറ്റ് വാട്ടും (Watt) ആണ്.

1V വോൾട്ടേജുള്ള ഒരു സെർക്കീട്ടിൽ 1A വൈദ്യുതി ഒഴുകുമ്പോൾ അതിനുവേണ്ടി വരുന്ന പ്രവൃത്തിയുടെ സമയനിരക്കാണ് പ്രായോഗികമായി വാട്ട് എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നത്. ഒരു റെസിസ്റ്ററിനെതിരെയുള്ള വോൾട്ടേജിന്റെയും അതിലൂടെയുള്ള കറന്റിന്റെയും ഗുണനഫലമാണ് ആ റെസിസ്റ്റർ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഇലക്ട്രിക് പവറിന്റെ അളവ്.

പവർ = വോൾട്ടേജ് × കറന്റ്

$P = V \times I$ അല്ലെങ്കിൽ $P = VI$

2.4. ഓം നിയമം

പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കൂടുന്നതനുസരിച്ച് ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് കൂടുമെന്നത് നാം കണ്ടു. 'ഒരു നിശ്ചിത ഊഷ്മാവിൽ ഒരു കണ്ടക്ടറിനെതിരെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം അതിലൂടെയുള്ള കറന്റിന് നേർ അനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും എന്നു പറയാം.

ഓം നിയമത്തെ 'നിശ്ചിത ഊഷ്മാവിൽ $V \propto I$' എന്നു ചുരുക്കിപറയാം.

V/I = ഒരു സ്ഥിരാങ്കം

ഈ ആനുപാതികതയുടെ സ്ഥിരാങ്കത്തെയാണ് ഒരു കണ്ടക്ടറിന്റെ റെസിസ്റ്റൻസ് എന്നു പറയുന്നത്. ഇതിന്റെ SI യൂണിറ്റ് ആണ് ഓം (Ω).

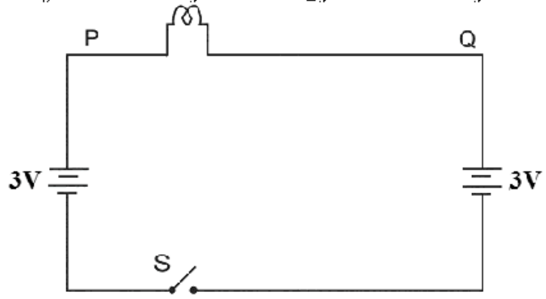
ഓം നിയമം അനുസരിച്ച് പ്രവർത്തിക്കുന്ന കണ്ടക്ടറുകളാണ് ഓമിക് കണ്ടക്ടറുകൾ. ഓം നിയമം അനുസരിക്കാത്ത കണ്ടക്ടറുകൾക്ക് (Non-ohmic conductors) ഉദാഹരണമാണ് സെമികണ്ടക്ടറുകൾ.

2.5. റെസിസ്റ്ററുകളെ ശ്രേണീരീതിയിലും (Series) സമാന്തരരീതിയിലും (Parallel) സംയോജിപ്പിക്കൽ

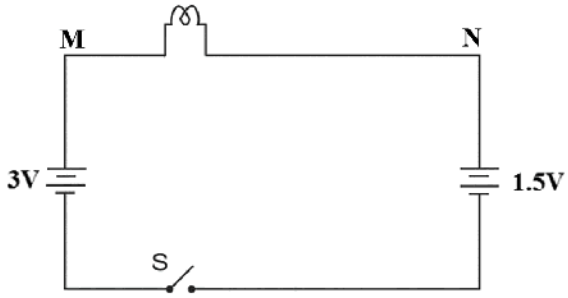
ഒരു ഇലക്ട്രിക് സെർക്കീട്ടിൽ 200Ω റെസിസ്റ്ററും മറ്റൊന്നിലേക്ക് നമുക്ക് ഒരു 50Ω റെസിസ്റ്ററും ആവശ്യമുണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. നമ്മുടെ കൈയിൽ 100Ω റെസിസ്റ്ററുകൾ മാത്രമേ ഉള്ളൂ എങ്കിൽ നാം എന്തു ചെയ്യും?

പഠനപ്രവർത്തനം 1

ചിത്രം 2.2, ചിത്രം 2.3 എന്നിവയിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ രണ്ടു സെർക്കീട്ടുകൾ നിർമിക്കുക.



ചിത്രം 2.2 രണ്ടു ടെർമിനലുകളിലും ഒരേ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം നൽകിയിരിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 2.3 രണ്ടു ടെർമിനലുകളിലും വ്യത്യസ്ത പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസങ്ങൾ നൽകിയിരിക്കുന്നത്.

- *നിങ്ങൾക്ക് എന്തു നിരീക്ഷിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു?*
- *സ്വിച്ചുകൾ അമർത്തുമ്പോൾ ഏതുബൾബ് പ്രകാശിക്കും? ഏതു ബൾബ് പ്രകാശിക്കാതിരിക്കും?*
- *രണ്ടും സെർക്കീട്ടുകളും വ്യത്യസ്ത രീതിയിൽ പെരുമാറുന്നത് എന്തുകൊണ്ടെന്നു ചിന്തിക്കുക.*
- *നിങ്ങളുടെ നിരീക്ഷണഫലത്തെ സാധൂകരിക്കുക.*

P, Q എന്നീ ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസമില്ലാത്തതുകൊണ്ട് ചിത്രം 2.2ലെ ബൾബ് പ്രകാശിക്കുന്നില്ല. ചിത്രം 2.3ൽ M, N എന്നീ ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിൽ ഒരു പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം നൽകിയിരിക്കുന്നതിനാൽ ബൾബിലൂടെ കറന്റ് ഒഴുകുകയും തന്മൂലം ആ ബൾബ് പ്രകാശിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു കണ്ടക്ടറിലൂടെ കറന്റ് പ്രവഹിക്കണമെങ്കിൽ അതിന്റെ രണ്ട് അഗ്രങ്ങൾക്കിടയിൽ ഒരു പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം കൂടിയേ തീരൂ എന്നു നമുക്ക് ഇതിൽ നിന്ന് അനുമാനിക്കാം. 'M' എന്ന ബിന്ദുവിലെ പൊട്ടൻഷ്യൽ കുറച്ചുകൂടി കൂട്ടിയാൽ ആ സെർക്കീട്ടിലൂടെയുള്ള കറന്റ് കൂടുകയും ബൾബ് കൂടുതൽ തെളിച്ചത്തോടെ പ്രകാശിക്കുകയും ചെയ്യും. അങ്ങനെ സെർക്കീട്ടിൽ മാറ്റം വരുത്തി വീണ്ടും നിരീക്ഷിക്കുക.

നമ്മുടെ കൈയിൽലുള്ള 100Ω റെസിസ്റ്ററുകൾ പലതരത്തിൽ സംയോജിപ്പിച്ച് ഈ പ്രശ്നം പരിഹരിക്കാൻ കഴിയും.

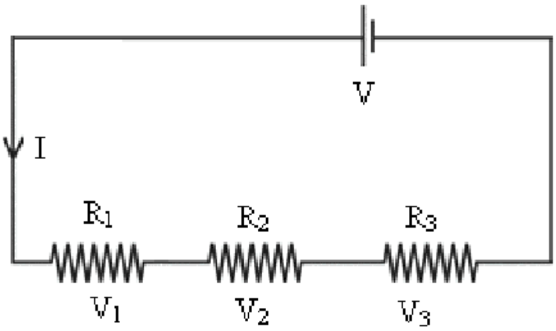
റെസിസ്റ്ററുകൾ രണ്ടു തരത്തിൽ സംയോജിപ്പിക്കാം

1. ശ്രേണീരീതിയിൽ
2. സമാന്തരരീതിയിൽ

ശ്രേണീരീതിയിൽ സംയോജിപ്പിക്കൽ (Series)

രണ്ടോ അതിലധികമോ റെസിസ്റ്ററുകളിൽ ഒരേ വൈദ്യുതി ഒഴുകുന്ന തരത്തിലാണ് അവ സംയോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതെങ്കിൽ ആ റെസിസ്റ്ററുകൾ ശ്രേണീരീതിയിലാണ് സംയോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്നു പറയാം. ശ്രേണീരീതിയിൽ സംയോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന R_1, R_2, R_3 എന്നീ റെസിസ്റ്ററുകൾക്ക് കുറുകെ 'V' വോൾട്ട് നൽകിയിരിക്കുന്നു എന്നു കരുതുക. ചിത്രം 2.4 കാണുക.

ഈ സെർക്കീട്ടിൽ എല്ലാ റെസിസ്റ്ററുകളിലൂടെയും ഒരേ കറന്റാണ് ഒഴുകുന്നത്. പക്ഷേ, ഓരോ റെസിസ്റ്ററിനു കുറുകെയുമുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം പലതാണ്. ഓം നിയമമനുസരിച്ച്,



ചിത്രം 2.4 റെസിസ്റ്ററുകൾ ശ്രേണീരൂപത്തിൽ

'R_1' ന് കുറുകെ വരുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം, $V_1 = IR_1$

'R_2' ന് കുറുകെ വരുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം, $V_2 = IR_2$

'R_3' ക്ക് കുറുകെ വരുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം, $V_3 = IR_3$

R_1, R_2, R_3 എന്നിവയുടെ സഫല (Effective) റെസിസ്റ്റൻസ് 'R' എന്നതും സെർക്കീട്ടിലൂടെയുള്ള കറന്റ് 'I' എന്നതും ആണെങ്കിൽ സെർക്കീട്ടിലെ സഫല പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം,

$V = IR$ ആയിരിക്കും.

എന്നാൽ സെർക്കീട്ട് വോൾട്ടേജ് ആയ 'V' വോൾട്ട് എന്നത് ഓരോ റെസിസ്റ്ററിനു കുറുകെയും വരുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസങ്ങളുടെ ആകെ തുകയായിരിക്കും.

അതായത് $V = V_1 + V_2 + V_3$

ഇതിൽ വോൾട്ടേജിന്റെ മൂല്യമായ $V = IR$ എന്നതു പകരം വച്ചാൽ,

$$IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

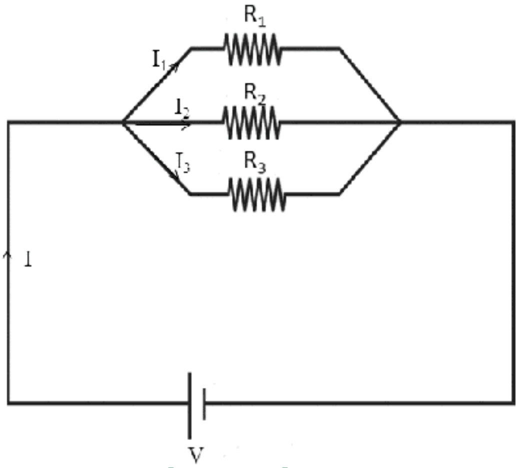
'I' എന്ന പൊതു ഘടകം കൊണ്ട് സമത്തിന്റെ ഇരുവശവുമുള്ള പദങ്ങളെ ഹരിച്ചാൽ

$R = R_1 + R_2 + R_3$ എന്നു ലഭിക്കും.

അതായത് ഒന്നിലധികം റെസിസ്റ്ററുകളെ ശ്രേണീരൂപത്തിൽ ഘടിപ്പിച്ചാൽ അവയുടെ സഫല റെസിസ്റ്റൻസ് എന്നത് അതിൽ ഓരോ റെസിസ്റ്ററിന്റെയും റെസിസ്റ്റൻസ് മൂല്യങ്ങളുടെ ആകെ തുക ആയിരിക്കും.

സമാന്തരരീതിയിൽ സംയോജിപ്പിക്കൽ (Parallel)

രണ്ടോ അതിലധികമോ റെസിസ്റ്ററുകളിൽ ഓരോന്നിലും ഒരേ വോൾട്ടേജ് വരുന്ന തരത്തിലാണ് അവ സംയോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതെങ്കിൽ ആ റെസിസ്റ്ററുകൾ സമാന്തരരീതിയിലാണ് എന്നു പറയാനാവും. R_1, R_2, R_3 എന്നീ റെസിസ്റ്ററുകൾ സമാന്തരമായി ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുകയും അവയ്ക്കു കുറുകെ V വോൾട്ട് പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം നൽകിയിരിക്കുകയുമാണെന്നു കരുതുക. ചിത്രം 2.5 കാണുക.



ചിത്രം 2.5 റെസിസ്റ്ററുകളെ സമാന്തരമായി സംയോജിപ്പിക്കൽ

ഇവിടെ എല്ലാ റെസിസ്റ്ററുകളും ഒരേ ടെർമിനലുകൾക്ക് കുറുകെയാണ് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്നതുകൊണ്ട് ഓരോ റെസിസ്റ്ററിനു കുറുകെയും വരുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം തുല്യംതന്നെയാണ്. പക്ഷേ, ഓരോ റെസിസ്റ്ററിലൂടെയും ഒഴുകുന്ന കറന്റ് വ്യത്യസ്തമാണ്. ഓം നിയമമനുസരിച്ച് ആ കറന്റുകളുടെ അളവ് നമുക്കു കണ്ടുപിടിക്കാം.

'R_1' ലൂടെ ഒഴുകുന്ന കറന്റ്, $I_1 = \frac{V}{R_1}$

'R_2' യിലൂടെ ഒഴുകുന്ന കറന്റ്, $I_2 = \frac{V}{R_2}$

'R_3' യിലൂടെ ഒഴുകുന്ന കറന്റ്, $I_3 = \frac{V}{R_3}$

ഈ സെർക്കീട്ടിലൂടെയുള്ള മൊത്തം കറന്റ് $I = \frac{V}{R}$, ആയിരിക്കും ഇവിടെ 'R' എന്നത് സെർക്കീട്ടിന്റെ സഫല റെസിസ്റ്റൻസ് ആകുന്നു.

പക്ഷേ, സെർക്കീട്ടിലൂടെയുള്ള മൊത്തം കറന്റ് = ഓരോ റെസിസ്റ്ററിലും ഒഴുകുന്ന കറന്റുകളുടെ ആകെതുക ആണ്.

അതായത്, $I = I_1 + I_2 + I_3$

ഈ സൂത്രവാക്യത്തിൽ $I = \frac{V}{R}$ എന്ന കറന്റിന്റെ മൂല്യം പകരം വച്ചാൽ,

$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

ഇതിലെ പൊതുഘടകമായ 'V' യെ ഒഴിവാക്കിയാൽ,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

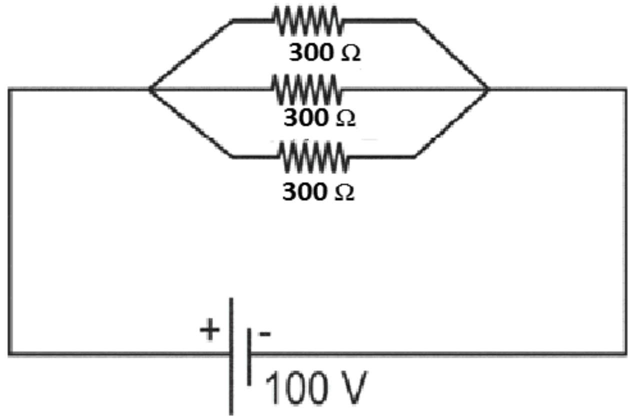
അതായത് റെസിസ്റ്ററുകളുടെ സമാന്തരഘടനയിൽ സഫല റെസിസ്റ്റൻസിന്റെ വ്യുൽക്രമം അതിലെ

ഓരോ റെസിസ്റ്ററിന്റെയും റെസിസ്റ്റൻസ്മൂല്യങ്ങളുടെ വ്യുൽക്രമങ്ങളുടെ ആകെ തുക ആയിരിക്കും.

'R_1','R_2' എന്നീ രണ്ടു റെസിസ്റ്ററുകൾ മാത്രം സമാന്തരമായി ഘടിപ്പിക്കുകയാണെങ്കിൽ അവയുടെ സഫല റെസിസ്റ്റൻസ് $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ ആയിരിക്കും.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കുക

ചിത്രം 2.6ൽ കാണുന്ന സെർക്കീട്ടിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ആകെ കറന്റ് കണ്ടുപിടിക്കുക. അതിലെ ഓരോ റെസിസ്റ്ററിലൂടെ ഒഴുകുന്ന കറന്റുകളും കാണുക.



ചിത്രം 2.6

ഉത്തരം

300 Ω വീതമുള്ള 3 റെസിസ്റ്ററുകൾ സമാന്തരമായാണ് ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത്.

ഇതിന്റെ സഫല റെസിസ്റ്റൻസ് കാണുന്നതിന്,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{300} + \frac{1}{300} + \frac{1}{300}$$

$$R = \frac{300}{3}$$

$$= 100\,\Omega$$

സെർക്കീട്ടിലൂടെയുള്ള ആകെ കറന്റ്

$$I = \frac{V}{R} = \frac{100}{100} = 1\,A$$

$R_1 = R_2 = R_3$ ആയതിനാൽ ഓരോ റെസിസ്റ്ററിലൂടെയും ഒഴുകുന്ന കറന്റ്

$$= \frac{\text{ആകെ കറന്റ്}}{\text{റെസിസ്റ്ററുകളുടെ എണ്ണം}} = \frac{1}{3}A$$

മേൽ സൂചിപ്പിച്ച പ്രശ്നത്തിൽനിന്ന് 'R' റെസിസ്റ്റൻസ്മൂല്യം വീതമുള്ള '*n*' റെസിസ്റ്ററുകൾ സമാന്തരമായി ഘടിപ്പിച്ചാൽ ആഘടനയുടെ സഫല റെസിസ്റ്റൻസ് $R_{eff} = \frac{R}{n}$ എന്ന് നമുക്കു മനസ്സിലാക്കാം. രണ്ട് 100 Ω റെസിസ്റ്ററുകൽ ശ്രേണീരൂപത്തിൽ ഘടിപ്പിച്ചാൽ നമുക്ക് 200 Ω സെർക്കീട്ട് റെസിസ്റ്റൻസ് ലഭിക്കുന്നു. കാരണം $R_{effective} = R_1 + R_2$ 50 Ω സെർക്കീട്ട് റെസിസ്റ്റൻസ് ആണ് വേണ്ടതെങ്കിൽ ഇവയെ സമാന്തരമായി ഘടിപ്പിച്ചാൽ മതിയാവും. കാരണം $1/R_{effective} = 1/R_1 + 1/R_2$. അതിനാൽ റെസിസ്റ്ററുകൾ ശ്രേണീരൂപത്തിൽ ഘടിപ്പിച്ചാൽ റെസിസ്റ്റൻസ്മൂല്യം വർധിക്കുമെന്നും സമാന്തരമായി ഘടിപ്പിച്ചാൽ കുറയുമെന്നും മനസ്സിലാക്കാം.

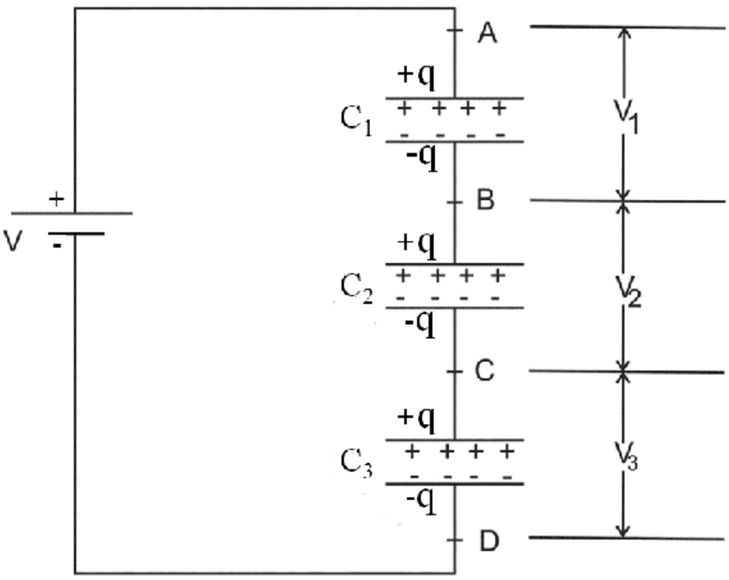
പഠനപ്രവർത്തനം 2

മൂല്യമുള്ള റെസിസ്റ്ററുകൾ ഉപയോഗിച്ച് 200 Ω റെസിസ്റ്റൻസും 50 Ω റെസിസ്റ്റൻസും ലഭ്യമാക്കാൻ നിർദേശിക്കുന്ന 2.5 വിഭാഗത്തിലെ ചോദ്യത്തിന് ഉത്തരം കണ്ടെത്തുക.

- *ആവശ്യമായ സെർക്കീട്ടുകൾ വരയ്ക്കുക.*
- *ശ്രേണീരൂപത്തിലും സമാന്തരരൂപത്തിലും ഘടിപ്പിക്കുന്ന റെസിസ്റ്റൻസ് ഘടനകളിൽ ഓരോന്നിലും കൂടുതൽ റെസിസ്റ്ററുകൾ ഉൾക്കൊള്ളിച്ചാൽ അവയുടെ സഫലപ്രതിരോധങ്ങൾ എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെടും?*

2.6 കപ്പാസിറ്ററുകൾ ശ്രേണീരൂപത്തിലും സമാന്തരരൂപത്തിലും സംയോജിപ്പിക്കാൻ കഴിയും

കപ്പാസിറ്ററുകളെയും ശ്രേണീരൂപത്തിലും സമാന്തരരൂപത്തിലും ഘടിപ്പിക്കാൻ കഴിയും.



ചിത്രം 2.7 കപ്പാസിറ്ററുകളെ ശ്രേണീരൂപത്തിൽ സംയോജിപ്പിക്കൽ

കപ്പാസിറ്ററുകൾ ശ്രേണീരൂപത്തിൽ:

C_1, C_2, C_3 എന്നീ കപ്പാസിറ്റൻസ് മൂല്യമുള്ള മൂന്നു കപ്പാസിറ്ററുകൾ ശ്രേണീരൂപത്തിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരി

ക്കുകയും ആ സെർക്കീട്ടിന് കുറുകെ 'V' വോൾട്ട് പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം നൽകിയിരിക്കുകയു മാണെന്ന് കരുതുക (ചിത്രം 2.7). ഇവിടെ എല്ലാം കപ്പാസിറ്ററുകളും ശേഖരിക്കുന്നത് ഒരേ അളവ് ചാർജാണ്. എന്നാൽ അവ ഓരോന്നിലും വരുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം വ്യത്യസ്തമാണ്. സെർക്കീട്ടിൽ വരുന്ന ആകെ വോൾട്ടേജ് എന്നത് ഓരോ കപ്പാസിറ്ററിലും വരുന്ന വോൾട്ടേജുകളുടെ തുകയ്ക്ക് തുല്യമാണ്.

അതുകൊണ്ട്, $V = V_1 + V_2 + V_3$ ____________ (1)

സെർക്കീട്ടിലെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് 'C' യും വോൾട്ടേജ് $V = \frac{\text{ചാർജ്}}{\text{കപ്പാസിറ്റൻസ്}}$ എന്നതും പ്രയോഗി ച്ചാൽ

സൂത്രവാക്യം (1)

$$\frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}$$

പൊതുഘടകമായ 'q' ഒഴിവാക്കിയാൽ

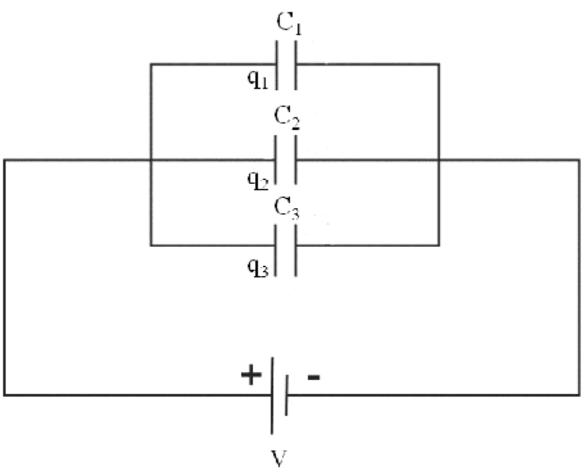
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

C_1, C_2 എന്നീ മൂല്യങ്ങളുള്ള രണ്ടു കപ്പാസിറ്ററുകൾ മാത്രമാണ് ശ്രേണീ രൂപത്തിൽ ഘടിപ്പിക്കുന്ന തെങ്കിൽ

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \text{അല്ലെങ്കിൽ } C = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}$$

കപ്പാസിറ്ററുകൾ സമാന്തരരൂപത്തിൽ

C_1, C_2, C_3 എന്നീ മൂല്യങ്ങളുള്ള മൂന്നു കപ്പാ സിറ്ററുകൾ ഒരു 'V' വോൾട്ട് ബാറ്ററിക്ക് കുറുകെ സമാന്തരമായി ഘടിപ്പിച്ചാൽ മൂന്നു കപ്പാസിറ്ററുകൾക്കു കുറുകെയും വരുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം തുല്യമായിരിക്കും. അതായത് 'V' വോൾട്ട് തന്നെയായിരിക്കും. പക്ഷേ, കപ്പാസിറ്ററുകൾ ശേഖരിക്കുന്ന ചാർജ് വ്യത്യസ്ത അളവിലുള്ളത് ആയിരിക്കും.



ചിത്രം 2.8 കപ്പാസിറ്ററുകളെ സമാന്തരരൂപത്തിൽ സംയോജിപ്പിക്കൽ

q_1, q_2, q_3 എന്നിങ്ങനെയാണ് C1, C2, C3 എന്നീ കപ്പാസിറ്റൻസ് ഉള്ള കപ്പാസിറ്ററുകൾ യഥാ ക്രമം ശേഖരിക്കുന്നതെങ്കിൽ ബാറ്ററിയിൽ നിന്നും എടുക്കപ്പെടുന്ന ആകെ ചാർജ്

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

സെർക്കീട്ടിലെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് 'C' ആണെങ്കിൽ

$$CV = C_1V + C_2V + C_3V$$

അതായത്

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

അതുകൊണ്ട് രണ്ടോ അതിലധികമോ കപ്പാസിറ്ററുകൾ സമാന്തരരൂപത്തിൽ ഘടിപ്പിച്ചാൽ അവയുടെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് അതിലെ ഓരോ കപ്പാസിറ്ററിന്റെയും കപ്പാസിറ്റൻസുകളുടെ ആകെ തുക ആയിരിക്കും.

ശ്രേണീരൂപത്തിൽ ഘടിപ്പിച്ചാൽ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് അതിലെ ഏറ്റവും ചെറിയ കപ്പാസിറ്റൻസ് മൂല്യത്തേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും. സമാന്തരരൂപത്തിലാണ് കപ്പാസിറ്ററുകൾ ഘടിപ്പിക്കുന്നതെങ്കിൽ ആ സെർക്കീട്ടിന്റെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് അതിലെ ഏറ്റവും വലിയ കപ്പാസിറ്റൻസ് മൂല്യത്തേക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കുക

9 pF കപ്പാസിറ്റൻസ് വീതമുള്ള മൂന്നു കപ്പാസിറ്ററുകൾ (a) ശ്രേണീരൂപത്തിൽ (b) സമാന്തരരൂപത്തിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. സെർക്കീട്ടിന് 30V DC ആണ് നൽകുന്നതെങ്കിൽ ഓരോ ഘടനയ്ക്കുമുള്ള സഫല കപ്പാസിറ്റൻസും ഓരോ കപ്പാസിറ്ററും ശേഖരിക്കുന്ന ചാർജിന്റെ അളവും കണക്കാക്കുക.

ഉത്തരം

സമാന്തരഘടനയുടെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ്

$C = C_1 + C_2 + C_3 = 9 + 9 + 9 = 27\,pF$

9 pF കപ്പാസിറ്ററിലെ ചാർജ്

$CV = 9 \times 10^{-12} \times 30$

$= 27 \times 10^{-11}\,C$

ആകെ ചാർജ് $q = q_1 + q_2 + q_3$

$= C_1V + C_2V + C_3V$

$= 3 \times 27 \times 10^{-11}\,C$

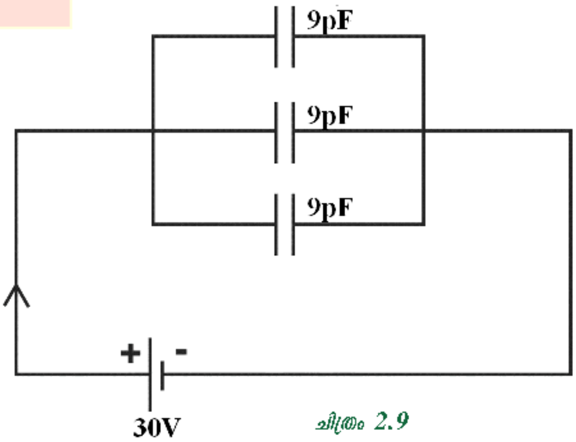
$= 71 \times 10^{-11}\,C$

ശ്രേണീഘടനയിലെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ്

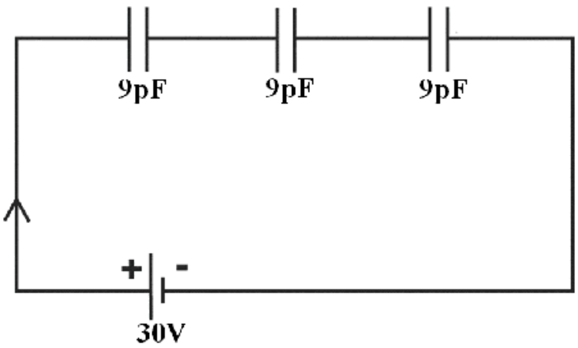
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{1}{9}$$

അതുകൊണ്ട്, $C = \frac{9}{3} = 3pF$



ചിത്രം 2.9



ചിത്രം 2.10

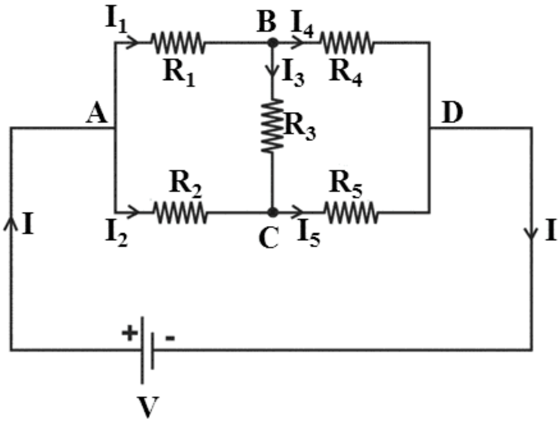
ശ്രേണീരൂപത്തിൽ ഘടിപ്പിക്കുമ്പോൾ ഓരോ കപ്പാസിറ്ററിലും വരുന്ന ചാർജ് തുല്യമായിരിക്കും.

$$q = CV$$
$$= 3 \times 10^{-12} \times 30$$
$$= 9 \times 10^{-11} C$$

2.7 കിർച്ചോഫ് നിയമങ്ങൾ

ചിത്രം 2.11 ൽ കൊടുത്ത സെർക്കീട്ട് അപഗ്രഥിക്കുക.

ഈ സെർക്കീട്ട് ഒരു ശ്രേണീരൂപത്തിലോ സമാന്തരരൂപത്തിലോ ഒക്കെയുള്ള ലളിതമായ ഒന്നാക്കി ചെറുതാക്കാൻ കഴിയില്ല. കാരണം ശ്രേണീരൂപത്തിലോ സമാന്തരരൂപത്തിലോ എന്ന് നിർവചിക്കാൻ കഴിയാത്ത റെസിസ്റ്ററുകളുടെ സംയോജനം അതിലുണ്ട്. അതുകൊണ്ട് ഇത്തരം സെർക്കീട്ടുകൾ ഓം നിയമം ഉപയോഗിച്ച് ലളിതമായി അപഗ്രഥിക്കാനാവില്ല. അത്തരം സങ്കീർണമായ സെർക്കീട്ട്ശൃംഖലകൾ അപഗ്രഥിക്കുന്നതിന് റോബർട്ട് കിർച്ചോഫ് രണ്ട് പൊതുനിയമങ്ങൾ ആവിഷ്കരിച്ചിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 2.11 കിർച്ചോഫ് നിയമങ്ങൾ വിശദമാക്കുന്ന സെർക്കീട്ട്

കിർച്ചോഫ് കറന്റ് നിയമം (KCL)

വിവിധ സെർക്കീട്ട് കമ്പോണന്റുകൾ സംയോജിക്കുന്ന ഒരു സന്ധിയിൽ പ്രവേശിക്കുന്ന കറന്റുകളുടെ ആകെ തുക ആ സന്ധിയിൽ നിന്നു പുറത്തേക്ക് ഒഴുകുന്ന കറന്റുകളുടെ ആകെ തുകയ്ക്ക് തുല്യമായിരിക്കും. ചിത്രം 2.11 പരിഗണിച്ചാൽ

സന്ധി A, $I = I_1 + I_2$

സന്ധി B, $I_1 = I_3 + I_4$

സന്ധി C, $I_3 + I_2 = I_5$

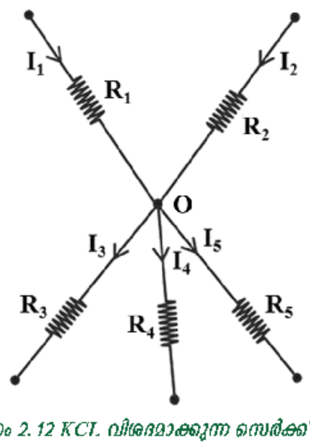
സന്ധി D, $I_4 + I_5 = I$

സന്ധിയിൽ പ്രവേശിക്കുന്ന കറന്റുകളെ പോസിറ്റീവായും സന്ധിയിൽനിന്ന് പുറത്തേക്ക് ഒഴുകുന്ന കറന്റുകളെ നെഗറ്റീവായും പരിഗണിച്ചാൽ "ഒരു സന്ധിയിൽ സംയോജിക്കുന്ന കറന്റുകളുടെ സദിശ തുക (Algebraic sum) പൂജ്യമായിരിക്കും" എന്നു പ്രസ്താവിക്കാം.

ചിത്രം 2.12ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു നോക്കുക. ഇതിൽ I_1, I_2 എന്നീ കറന്റുകൾ 'O' എന്ന സന്ധിയിൽ പ്രവേശിക്കുന്നവയും I_3, I_4, I_5 എന്നിവ സന്ധിയിൽനിന്നു പുറത്തേക്കു പോകുന്നവയുമാണെന്നു കാണാം.

കിർച്ചോഫ് കറന്റ് നിയമമനുസരിച്ച് (KCL)

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$$



ചിത്രം 2.12 KCL വിശദമാക്കുന്ന സെർക്കീട്ട്

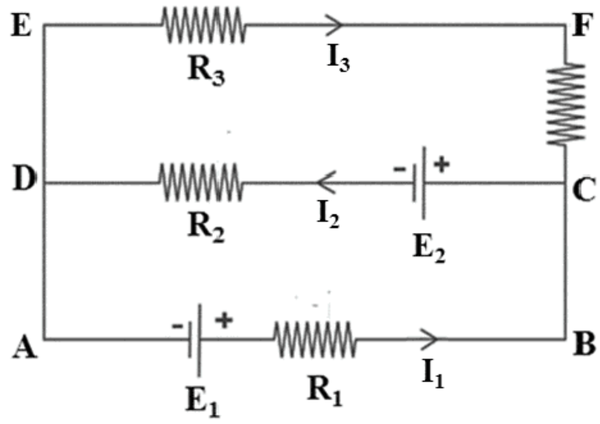
കിർച്ചോഫ് വോൾട്ടേജ് നിയമം (KVL)

"ഒരു അടഞ്ഞ സെർക്കീട്ട് ലൂപ്പിന് ചുറ്റുമുള്ള ആകെ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസങ്ങളുടെ സദിശ തുക പൂജ്യം ആയിരിക്കും" എന്നാണ് കിർച്ചോഫ് വോൾട്ടേജ് നിയമം പ്രസ്താവിക്കുന്നത്.

വിശദീകരണം

താഴെ കാണുന്ന സെർക്കീട്ട് പരിഗണിക്കുക. KVL ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ ദിശാസൂചിക കണക്കിലെടുക്കേണ്ടത് വളരെ പ്രധാനമാണ്. ഇതു മനസ്സിലാക്കാൻ താഴെ പറയുന്ന വിശദീകരണം നിങ്ങളെ സഹായിക്കും.

നമുക്ക് ABCDA എന്ന ലൂപ്പ് പരിഗണിക്കുകയും A എന്ന ബിന്ദുവിൽ നിന്ന് എതിർഘടികാരദിശയിൽ ഈ ലൂപ്പിലൂടെ നമുക്ക് കടന്നുപോവുകയും ചെയ്യാം.



ചിത്രം 2.13 KVL ദിശാസൂചികകൾ

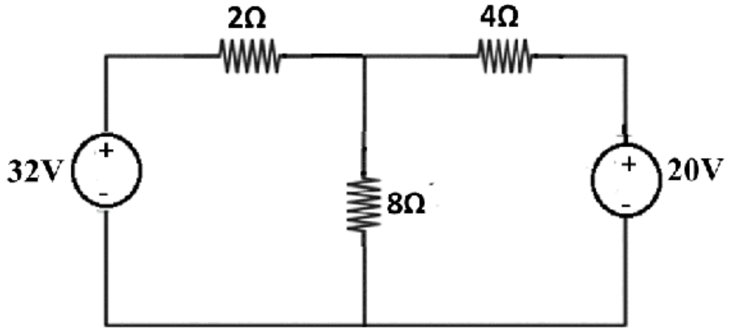
1. ‘E_1’ *emf* ഉള്ള സെല്ലിലൂടെ കടന്നുപോകുമ്പോൾ നെഗറ്റീവിൽനിന്നു പോസിറ്റീവിലേക്കാണ് യാത്ര. തന്മൂലം ‘E_1’ പോസിറ്റീവായി കരുതാം.
2. നമ്മുടെ സഞ്ചാരദിശയും കറന്റിന്റെ ദിശയും ‘R_1’ എന്ന റെസിസ്റ്ററിന്റെ കാര്യത്തിൽ ഒന്നാണ് എന്നതുകൊണ്ട് R_1 ന് എതിരെ വരുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തെ നെഗറ്റീവായി കരുതാം. അതായത് $-I_1R_1$
3. ‘E_2’ *emf* ഉള്ള സെല്ലിലൂടെ കടക്കുമ്പോൾ നാം പോസിറ്റീവിൽനിന്ന് നെഗറ്റീവിലേക്കാണ് കടക്കുക. തന്മൂലം ‘E_2’ നെഗറ്റീവായി കരുതാം.
4. അതുപോലെ ‘R_2’ എതിരെയുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം നെഗറ്റീവായി കരുതാം. അതായത് $-I_2R_2$

KVL അനുസരിച്ച് ABCDA എന്നീ സെർക്കീട്ട് ലൂപ്പിൽ

$E_1 - I_1R_1 - E_2 - I_2 R_2 = 0$ എന്ന സമവാക്യം എഴുതാം.

ചോദ്യം : 2.1

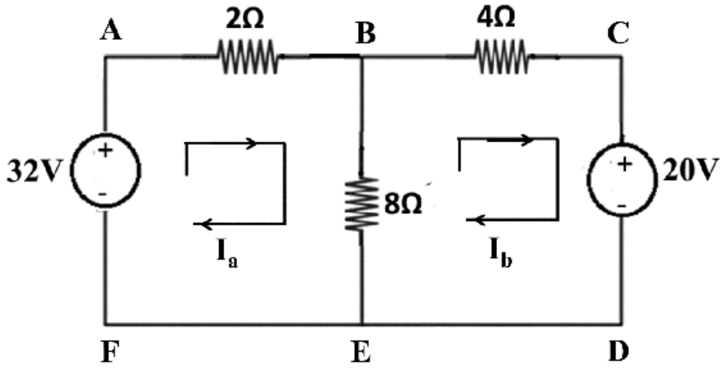
താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സെർക്കീട്ടിൽ ഓരോ റെസിസ്റ്ററിലൂടെയും ഒഴുകുന്ന കറന്റ് കണ്ടുപിടിക്കുക.



ചിത്രം. 2.14

ഉത്തരം

KVL ഉപയോഗിച്ച് ഉത്തരം കണ്ടെത്താം.



ചിത്രം 2.15

ABEFA എന്ന ലൂപ്പിൽ KVL പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$-2I_a - 8(I_a - I_b) + 32 = 0$$

BCDEB എന്ന ലൂപ്പിൽ KVL പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ,

$$-4I_b - 20 - 8(I_b - I_a) = 0$$

ഈ സമവാക്യങ്ങളെ ലഘൂകരിച്ചാൽ,

$$10\,I_a - 8\,I_b = 32$$

$$-8\,I_a + 12\,I_b = -20$$

ഈ രണ്ടു സമവാക്യങ്ങളെ വീണ്ടും ലഘൂകരിച്ചാൽ

$I_a = 4A$, $I_b = 1A$ എന്നു ലഭിക്കും.

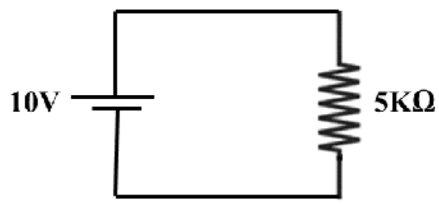
2Ω റെസിസ്റ്ററിലൂടെയുള്ള കറന്റ് $= I_a = 4A$

8Ω റെസിസ്റ്ററിലൂടെയുള്ള കറന്റ് $= I_a - I_b = 3A$

4Ω റെസിസ്റ്ററിലൂടെയുള്ള കറന്റ് $= I_b = 1A$

2.8 വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സുകൾ

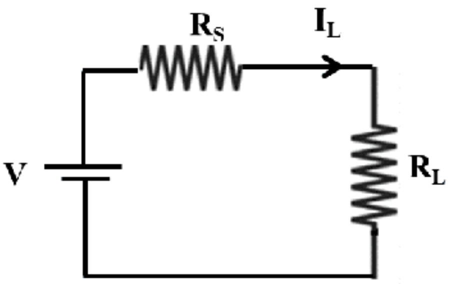
ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസ് പൂജ്യമായിട്ടുള്ള ശുദ്ധമായ ഒരു ബാറ്ററിയെ സംബന്ധിച്ചാണെങ്കിൽ അതിൽ ആന്തരിക വോൾട്ടേജ് നഷ്ടം (Internal Voltage drop) ഇല്ലാത്തതിനാൽ മുഴുവൻ ബാറ്ററി വോൾട്ടേജും ബാറ്ററിക്കു കുറുകെ ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള ലോഡിൽ പ്രത്യക്ഷപ്പെടും. അങ്ങനെയുള്ള ഒരു ബാറ്ററി ഐഡിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിന് (Ideal voltage source) ഉദാഹരണമാണ്.



ചിത്രം 2.16

ചിത്രം 2.16 ൽ കാണുന്ന സെർക്കീട്ടിൽ ഓം നിയമം അനുസരിച്ച് 2*m*A കറന്റ് ലോഡിൽ കൂടി ഒഴുകുന്നു. നാം ലോഡ് റെസിസ്റ്റൻസ് 1K ആയി കുറച്ചാൽ അപ്പോഴും ലോഡ് വോൾട്ടേജ് 10V തന്നെയായിരിക്കും. എന്നാൽ ലോഡ് കറന്റ് 10*m*A ആയി വർധിക്കും.

ഒരു ഐഡിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിൽനിന്നുള്ള ഔട്ട്പുട്ട് വോൾട്ടേജ്, ലോഡ് റെസിസ്റ്റൻസിനെയോ ഔട്ട്പുട്ട് കറന്റിനെയോ ആശ്രയിച്ചായിരിക്കില്ല. മുകളിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന സെർക്കീട്ടിൽ ലോഡ് റെസിസ്റ്റൻസ് പൂജ്യമായി കുറയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ, അതിന്റെ ലോഡ് കറന്റ് അനന്തമായി മാറും. എന്നാൽ കുറഞ്ഞ അളവിലുള്ള ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസിന്റെ സാന്നിധ്യം മൂലം ഒരു റിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിന് അനന്തമായി കറന്റ് ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാനാവില്ല. ഇതിൽനിന്നെല്ലാം മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കുന്നത്, ഒരു റിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിന് കുറച്ച് ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസ് ഉണ്ടായിരിക്കും എന്നാണ്.



ചിത്രം 2.17

ഒരു റിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിൽ ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസും (R_S) ലോഡ് റെസിസ്റ്റൻസും (R_L) ശ്രേണീരൂപത്തിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവിടെ ലോഡ് റെസിസ്റ്റൻസ് പൂജ്യമായി പരിഗണിക്കുകയാണെങ്കിൽ

ഓം നിയമമനുസരിച്ച്, $I_L = \frac{V}{R_S}$.

ഇത് ഒരു റിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിന് പുറപ്പെടുവിക്കാൻ കഴിയുന്ന പരമാവധി ലോഡ് കറന്റ് ആണ്. എന്നാൽ സാധാരണനിലയിലെ ലോഡ് കറന്റ് (R_L ഗണ്യമായ അളവിലാകുമ്പോൾ)

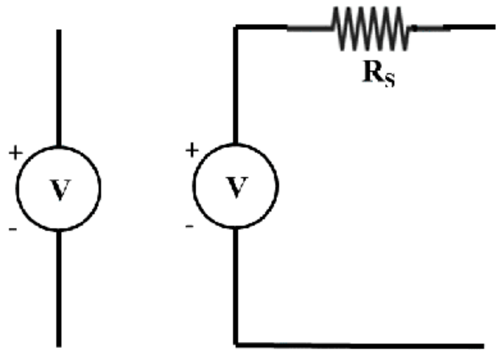
$$I_L = \frac{V}{R_S + R_L}$$ അതുകൊണ്ട് ലോഡ് വോൾട്ടേജ് $$V_L = \frac{VR_L}{R_S + R_L}$$

ഇതിൽ ലോഡ്റെസിസ്റ്റൻസ് (R_L) കൂടുന്നതനുസരിച്ച് ലോഡ് വോൾട്ടേജും കൂടും. ലോഡ് റെസിസ്റ്റൻസ് അനന്തമാകുമ്പോൾ ($R_S << R_L$) ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസ് (R_S) നിസ്സാരമാകുന്നു. കൂടാതെ, ലോഡ് വോൾട്ടേജ് ഐഡിയൽ സ്രോതസ്സിന്റെ വോൾട്ടേജ് തുല്യമാകത്തക്കവിധത്തിൽ എത്തുന്നു. വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സുകളുടെ ചിത്രീകരണവും ചിഹ്നങ്ങളും ചിത്രം 2.18ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

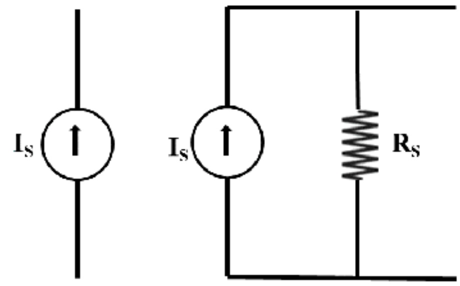
റിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിൽ ആന്തരിക റെസിറ്റൻസ് ഐഡിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിനൊപ്പം ശ്രേണീരൂപത്തിലാണ് ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്.

2.9 കറന്റ് സ്രോതസ്സുകൾ

ഒരു വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിനു വളരെ ചെറിയ ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസും ഒരു കറന്റ് സ്രോതസ്സിന് വളരെ വലിയ ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസുമാണുള്ളത്. മാതൃകാപരമായി ഒരു കറന്റ് സ്രോതസ്സിന് ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസ് അനന്തമാണ്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ, ഒരു കറന്റ് സ്രോതസ്സുൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഔട്ട്പുട്ട് കറന്റ് ലോഡ്റെസിസ്റ്റൻസിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. യഥാർഥ കറന്റ് സ്രോതസ്സിൽ ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസ് എപ്പോഴും ഐഡിയൽ കറന്റ് സ്രോതസ്സുമായി സമാന്തരരൂപത്തിലാണ് ചിത്രീകരിക്കപ്പെടുന്നത്.

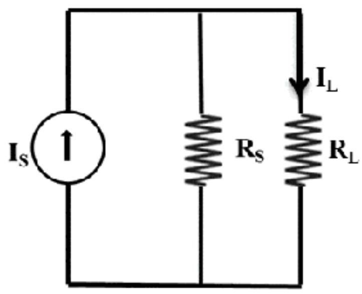


ചിത്രം 2.18 വൈദ്യുതസ്രോതസ്സുകൾ ശ്രേണീരൂപത്തിൽ
(a) ഐഡിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സ്
(b) റിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സ്



ചിത്രം 2.19 (a) ഐഡിയൽ കറന്റ് സ്രോതസ്സ് (b) റിയൽ കറന്റ് സ്രോതസ്സ്

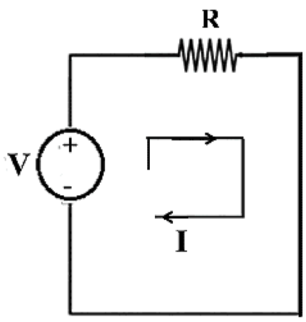
ലോഡ് ടെർമിനലുകൾ ഷോർട്ട് ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ മുഴുവൻ സെർക്കീട്ട് കറന്റും ഷോർട്ട് ചെയ്യപ്പെട്ട ലോഡിൽക്കൂടി പ്രവഹിക്കുന്നു എന്നു ചിത്രം 2.20ൽ നിന്നു മനസ്സിലാക്കാവുന്നതാണ്. ലോഡ് റെസിസ്റ്റൻസ് (R_L) കൂടുന്തോറും ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസ് വഴി കറന്റ് പ്രവഹിക്കുകയും തദ്ഫലമായി ലോഡ് കറന്റ് കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുകൊണ്ട് ലോഡ് കറന്റ് സുസ്ഥിരമായി നിലനിർത്താൻ ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസ് കൂട്ടേണ്ടതുണ്ട്.



ചിത്രം 2. 20 കറന്റ് സ്രോതസ്സും അതിന്റെ ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസും ലോഡുമായി ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു.

2.10 ഡയറക്ട് കറന്റും (DC) ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറന്റും (AC)

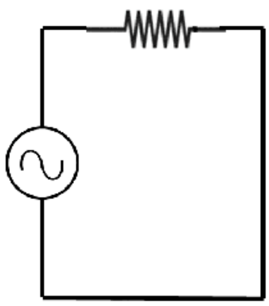
ഒരു ബാറ്ററിയിൽനിന്നു ലഭിക്കുന്ന കറന്റ് ഡയറക്ട് കറന്റാണെന്നും ഗാർഹിക വൈദ്യുത കണക്ഷനിൽനിന്നു ലഭിക്കുന്ന കറന്റ് ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറന്റാണെന്നും നമുക്കറിയാം. ഡയറക്ട് കറന്റ് സംവിധാനവും ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറന്റ് സംവിധാനവും തമ്മിലുള്ള അടിസ്ഥാനവ്യത്യാസങ്ങൾ എന്തൊക്കെയാണെന്ന് ഇനി പരിശോധിക്കാം.



ചിത്രം 2. 21 ഒരു സെർക്കീട്ടിലെ DC വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിന്റെ ചിത്രീകരണം.

ഡയറക്ട് കറന്റ് (DC)

ഒരു സെർക്കീട്ടിൽ ഡയറക്ട് കറന്റ് ഒരു ദിശയിലേക്കു മാത്രമേ പ്രവഹിക്കുകയുള്ളൂ. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഈ വൈദ്യുതപ്രവാഹം ഏകദിശാ വൈദ്യുതപ്രവാഹം (യൂണി ഡയറക്ഷണൽ കറന്റ് ഫ്ളോ) എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. DCകറന്റിൽ വോൾട്ടേജിന് സ്ഥിരമായ ഒരു ധ്രുവത്വം (പൊളാരിറ്റി) ഉണ്ടായിരിക്കും. ഒരു ബാറ്ററിയിലെ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശ പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിൽ നിന്നും നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിലേക്ക് ഒരു ആരോ മാർക്ക് കൊണ്ടാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. എന്നാൽ, ഇലക്ട്രോൺപ്രവാഹത്തിന്റെ ദിശ നെഗറ്റീവ് ടെർമിനലിൽനിന്നു പോസിറ്റീവ് ടെർമിനലിലേക്കായിരിക്കും. അതായത് ഇലക്ട്രോൺ പ്രവാഹം വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിന്റെ വ്യവസ്ഥാപിത ദിശയ്ക്കു വിപരീതദിശയിലായിരിക്കും (ചിത്രം 2.21).



ചിത്രം 2. 22 AC വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിന്റെ ചിത്രീകരണം

ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറന്റ് (AC)

ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറന്റിന്റെ അളവ് (മാഗ്നറ്റ്യൂഡ്) തുടർച്ചയായി വ്യത്യാസപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കും. അതായത്, ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറന്റിന്റെ പ്രവാഹം ആദ്യം ഒരു ദിശയിലേക്കും പിന്നീട് വിപരീത ദിശയിലേക്കുമായിരിക്കും (ചിത്രം 2.22).

മുൻക്ലാസുകളിൽ പാഠിച്ചതനുസരിച്ച് ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണനിയമ പ്രകാരം ഒരു കോയിലിൽ വലയം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സിന് വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ആ കോയിലിൽ ഒരു *emf* പ്രേരിതമാകുന്നു. ഫാരഡെയുടെ രണ്ടാം നിയമമനുസരിച്ച് ഈ പ്രേരിത *emf* കോയിലിൽ വലയം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സിന്റെ വ്യതിയാനനിരക്കിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. കൂടാതെ കാന്തിക ഫ്ളക്സിന് വ്യതിയാനമുണ്ടാകാനുള്ള കാരണത്തെ എതിർക്കുന്ന രീതിയിലായിരിക്കും പ്രേരിത *emf* ന്റെയും അതുമൂലമുണ്ടാകുന്ന കറന്റിന്റെയും ദിശ. 'A' വിസ്തീർണമുള്ളതും 'N' ചുറ്റുകളുള്ളതുമായ ചതുരാകൃതിയിലുള്ള ഒരു വയർ ലൂപ്പ് 'ω' ആംഗുലാർ പ്രവേഗത്തിൽ 'B' കാന്തിക ഫീൽഡ് ശക്തിയുള്ള മേഖലയിൽ CD അക്ഷത്തിനു ചുറ്റും കറങ്ങുന്നു എന്നു കരുതുക. കാന്തിക ഫീൽഡിനെ അഭിമുഖീകരിക്കുന്ന (ലംബമായി) കോയിലിന്റെ വിസ്തീർണം $A\cos\theta$ ആണ്. അപ്പോൾ കോയിലിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന കാന്തിക ഫ്ളക്സിന്റെ അളവ്

$$\phi = NBA\cos\theta$$

$$\phi = NBA\cos\omega t,\ \theta = \omega t$$ ആയതുകൊണ്ട്

ആ കോയിലിൽ പ്രേരിതമാകുന്ന *emf*,

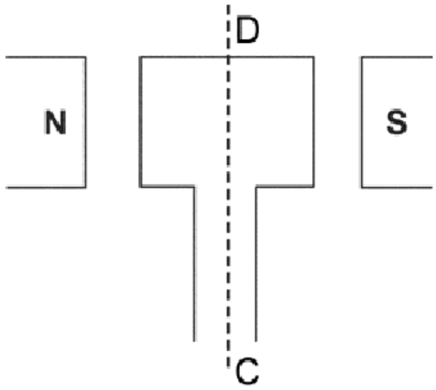
$$V = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$= \frac{d(NBA\cos\omega t)}{dt}$$

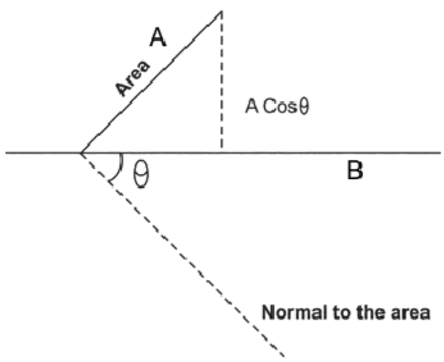
$$= -NBA\frac{d(\cos\omega t)}{dt}$$

$$= -NBA(-\omega\sin\omega t)$$

$$= NBA\omega\sin\omega t$$



emf ന്റെ പരമാവധി മൂല്യം $V_0 = NBA\omega$ യും ഫേസ് 'ωt' യും ആണെങ്കിൽ $V = V_0\sin\omega t$ എന്നും പറയാം. ആ കമ്പിച്ചുരുൾ 180° യിൽ കറക്കുമ്പോൾ അതിലെ പ്രേരിത *emf* അല്ലെങ്കിൽ കറന്റ് പൂജ്യത്തിൽനിന്ന് പരമാവധിയിലേക്ക് ഉയരുകയും തിരികെ വരുകയും ചെയ്യും. വീണ്ടും ഈ കമ്പിച്ചുരുൾ 180^0 യിൽ കറക്കുകയാണെങ്കിൽ അതിലെ പ്രേരിത *emf* അതിന്റെ വിപരീതദിശയിൽ പൂജ്യത്തിൽനിന്ന് പരമാവധിയിലേക്കു കുതിക്കുകയും തിരിച്ചുവരുകയും ചെയ്യും. കോയിൽ ഒരു പ്രാവശ്യം പൂർണമായി കറങ്ങുമ്പോൾ (360^0) ഒരു സൈക്കിൾ പൂർത്തിയാക്കി എന്നു പറയാം.

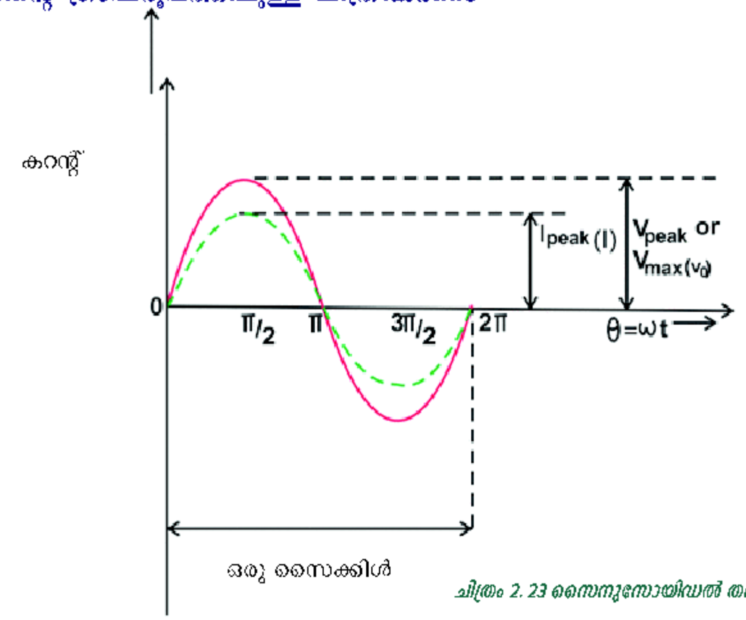


2.11 ഫ്രീക്വൻസി, ടൈംപിരീയഡ്, ഫേസ് ആങ്കിൾ

ഒരു പോസിറ്റീവ് അർധസൈക്കിളും ഒരു നെഗറ്റീവ് അർധസൈക്കിളും കൂടിച്ചേരുന്നതാണ് ഒരു സൈക്കിൾ. ഒരു ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറന്റ് ഒരു സെക്കന്റിൽ പൂർത്തിയാക്കുന്ന സൈക്കിളുകളുടെ എണ്ണത്തെ അതിന്റെ ഫ്രീക്വൻസി എന്നു പറയുന്നു. ഇതിന്റെ യൂണിറ്റ് ഹെർട്ട്സ് (Hz) അല്ലെങ്കിൽ സൈക്കിൾസ് പെർ സെക്കന്റ് (cps) ആണ്. ഗാർഹികവൈദ്യുത കണക്ഷനിൽനിന്നുള്ള AC പ്രവാഹത്തിന്റെ ഫ്രീക്വൻസി 50Hz ആണെന്നറിയാം. ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറന്റ് ഒരു സൈക്കിൾ പൂർത്തിയാക്കാനെടുക്കുന്ന സമയത്തെ ടൈം പിരീയഡ് എന്നു പറയുന്നു. ഇതിനെ 'T' എന്ന അക്ഷരം കൊണ്ടാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഫ്രീക്വൻസിയുടെ വ്യുൽക്രമമാണ് ടൈം പിരീയഡ് അതായത് $T = \frac{1}{f}$.

ഒരു AC തരംഗരൂപത്തെ സൈൻതരംഗങ്ങളുടെ ആകെ തുകയായി അനുമാനിക്കാവുന്നതാണ്. അതായത് സൈൻതരംഗം, $V = V_o \sin(2\pi ft+\varphi)$, ഇവിടെ V_o പരമാവധി ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡും 'f' ഫ്രീക്വൻസിയും φ ഫേസ് ആംഗിളുമാണ്. തരംഗരൂപത്തിന്റെ ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് പൂജ്യത്തിൽ തുടങ്ങുകയാണെങ്കിൽ ഫേസും പൂജ്യമായിരിക്കും. അത് മറ്റേതെങ്കിലും അളവിലാണ് തുടങ്ങുന്നതെങ്കിൽ ഫേസ് ആംഗിൾ അതിന് ആനുപാതികമായിരിക്കും.

സൈൻതരംഗത്തിന്റെ ഗ്രാഫ്രൂപത്തിലുള്ള ചിത്രീകരണം



ചിത്രം 2. 23 സൈനുസോയിഡൽ തരംഗരൂപം

സമയത്തിനാനുപാതികമായി സൈനുസോയിഡൽ കറന്റിന്റെയും വോൾട്ടേജിന്റെയും വ്യതിയാനം വിശദമാക്കുന്ന പട്ടിക.

$\theta = \omega t$	$V = V_o \sin \omega t$	$I = I_0 \sin \omega t$
0	0	0
$\frac{\pi}{2}$	V_o	I_o
π	0	0
$\frac{3\pi}{2}$	$-V_o$	$-I_o$
2π	0	0

2.12 AC യുടെ ആവറേജ് മൂല്യവും RMS മൂല്യവും

സമയത്തിനനുസരിച്ച് AC വോൾട്ടേജ് വ്യത്യാസപ്പെട്ടുകൊണ്ടേയിരിക്കും. ഒരു AC വോൾട്ടേജിന്റെ ആവറേജ് മൂല്യം എന്നു പറയുന്നത്, അതിനു തത്തുല്യമായ DC വോൾട്ടേജിന്റെ അളവാണ്. AC സൈൻതരംഗങ്ങളുടെ ഒരു സൈക്കിളിന്റെ ആവേറേജ് മൂല്യം പൂജ്യമായിരിക്കുമല്ലോ. അതുകൊണ്ട് ഒരർധ സൈക്കിൾ മാത്രം പരിഗണിച്ച് നമുക്ക് ആവറേജ് മൂല്യം കണ്ടെത്താം.

സൈൻ തരംഗങ്ങളുടെ ശരാശരി മൂല്യം കണ്ടെത്താനുള്ള സമവാക്യം

$$I_{average} = 1/(T/2) \int_0^{T/2} I_0 \sin \omega t dt$$

ഇതിൽ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ആയതുകൊണ്ട് I average എന്നു പറയുന്നത് $I_{average} = \frac{2I_o}{\pi}$ എന്നു കണ്ടെത്താം.

എന്നിരുന്നാലും ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറന്റിന്റെ ഊർജമാറ്റത്തിന്റെ ശരിയായ മൂല്യം കണക്കാക്കാൻ AC യുടെ ശരാശരി മൂല്യമോ (Mean value) ആവറേജ് മൂല്യമോ ഉപയുക്തമല്ല. എന്നാൽ ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറണ്ടിനാൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന താപോർജത്തിന്റെ അളവിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് AC യുടെ ആവറേജ് മൂല്യം നിർണയിക്കപ്പെടുന്നതെങ്കിൽ അത് താരതമ്യേന കൃത്യമായിരിക്കും. അതിനു കാരണം രണ്ട് അർധ സൈക്കിളുകളിലും ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന താപോർജം തുല്യമായിരിക്കും. അതിന്റെ ആവറേജ് മൂല്യം ഒരിക്കലും പൂജ്യമായിരിക്കുകയില്ല. ഒരു നിശ്ചിത അളവ് AC ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന താപോർജത്തിന്റെ അതേ അളവ് താപംതന്നെ അത്രയും സമയംകൊണ്ട് ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാനാവശ്യമായ DC യുടെ അളവിനെയാണ് ആ AC യുടെ RMS (Root mean square) മൂല്യം എന്നു പറയുന്നത്.

'dt' എന്നു ഒരു വളരെ ചെറിയ സമയപരിധിയിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന താപത്തിന്റെ അളവ്, dH=Pdt ആയിരിക്കും. ഇവിടെ P എന്നത് 'dt' സമയത്ത് രൂപപ്പെടുന്ന പവറിന്റെ അളവാണ് AC യുടെ ഒരു സൈക്കിളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന താപോർജം.

$$H = \int_0^T P dt$$

$$= I_0^2 \sin^2 \omega t \, R \, dt$$

$$= \frac{I_0^2 R}{2} T$$

$$= \int_0^T I_0^2 \sin^2 \omega t \, R \, dt$$

ഇത് ഇന്റഗ്രേഷൻ ചെയ്യുമ്പോൾ

$H = \frac{I_0^2 R}{2} T$ (1) എന്നു ലഭിക്കും.

ഒരു DC I_{rms} മേൽപ്പറഞ്ഞ H നു തുല്യമായ താപം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുമ്പോൾ,

$H = I^2_{rms} R T$ (2)

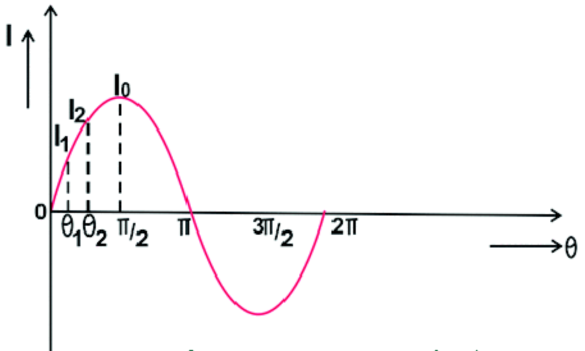
സമവാക്യം (1) ഉം (2) ഉം സമീകരിച്ചാൽ

$I_{rms} = \frac{I_o}{\sqrt{2}}$ എന്നു ലഭിക്കും.

ഒരു സൈക്കിളിലെ എല്ലാ ക്ഷണികമൂല്യങ്ങളുടേയും വർഗങ്ങളുടെ ശരാശരിയുടെ വർഗമൂലമാണ് ഒരു AC വോൾട്ടേജിന്റെ അഥവാ കറന്റിന്റെ RMS മൂല്യം.

വിശദീകരണം

RMS മൂല്യം നിർവചിക്കുന്നതിനായി താഴെ കൊടുത്ത ചിത്രം നോക്കുക (ചിത്രം 2.24).



ചിത്രം 2. 24 ഒരു സൈനുസോയിഡൽ തരംഗരൂപത്തിന്റെ ക്ഷണികമൂല്യങ്ങൾ

ചിത്രം 2.24 ൽ $I_1, I_2, I_3...$ തുടങ്ങിയവയാണ് $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ ആംഗിളുകളിലുള്ള കറന്റിന്റെ ക്ഷണികമൂല്യങ്ങൾ (Instantaneous values). ഇതിൽ I_0 ആണ് പരമാവധി ക്ഷണികമൂല്യം.

കറന്റിന്റെ RMS മൂല്യത്തിന്റെ നിർവചനപ്രകാരം

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{I_1^2 + I_2^2 + ______}{2\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{\int_0^{2\pi} I^2 d\theta}{2\pi}}$$

Iയ്ക്കുപകരം $I_0 \sin\theta$ ഉപയോഗിച്ചാൽ ഇന്റഗ്രൽ കാൽകുലസ് ഉപയോഗിച്ച് നമുക്ക് ഇതിന്റെ ഉത്തരം കണ്ടെത്താവുന്നതാണ്.

i.e., $I_{rms} = I_0 / \sqrt{2}$ കൂടാതെ

$V_{rms} = V_0 / \sqrt{2}$

പഠന പ്രവർത്തനം -3

നിങ്ങളുടെ സ്കൂൾ ലബോറട്ടറിയിലെ 230/6V ട്രാൻസ്ഫോർമർ ഉപയോഗിച്ച് 230V 50H_z സപ്ലൈയിൽനിന്നു 6V DC ഔട്ട്പുട്ട് ലഭ്യമാക്കുക. CRO ഉപയോഗിച്ച് ഈ 6V AC അപഗ്രഥിക്കുക. AC തരംഗരൂപം നിരീക്ഷിക്കുകയും വോൾട്ടതയുടെയും ഫ്രീക്വൻസിയുടെയും പരമാവധി മൂല്യം അളക്കുകയും ചെയ്യുക. RMS മൂല്യം കണക്കാക്കുക.

- *എങ്ങനെയാണ് CRO യിൽ നിന്നു ലഭിച്ച തരംഗരൂപത്തിലുള്ള പരമാവധി വോൾട്ടേജിന്റെ യഥാർഥ മൂല്യം കണ്ടെത്തിയത്?*
- *അപ്രകാരം ലഭിച്ച പരമാവധി മൂല്യം ട്രാൻസ്ഫോർമറിന്റെ സെക്കന്ററി വോൾട്ടതയായ 6V നെക്കാൾ കൂടുതലാണോ?*
- *താഴെപ്പറയുന്നതിൽ ട്രാൻസ്ഫോർമറിന്റെ സെക്കന്ററി ടെർമിനലുകളിൽനിന്നു ലഭിച്ച 6V ACഏതളവിലുള്ളതാണ്?*

  (a) RMS (b) ശരാശരി (Average) (c) പരമാവധി

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കുക

AC യുടെ RMS മൂല്യത്തിന്റെ പ്രാധാന്യമെന്ത്?

ചോദ്യം 2.2

ഒരു AC വോൾട്ടേജിന്റെ ക്ഷണികമൂല്യം (ഇൻസ്റ്റന്റേനിയസ് വാല്യൂ) V = 141 sin (314t) എന്നു പ്രതിനിധാനം ചെയ്യപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ ഫ്രീക്വൻസിയും RMS മൂല്യവും കണ്ടെത്തുക.

ഉത്തരം

$$V_0 = 141\,V$$

$$2\pi f = 314$$

$$f = \frac{314}{2\pi} = 50\,Hz$$

$$V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} = 141/1.41 = 100\,V$$

2.13 ഇംപിഡൻസ് എന്ന ആശയം

ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറന്റിന്റെ പ്രസരണം ലാഭകരമാണെന്നുള്ളതുകൊണ്ടുതന്നെ ഗാർഹികവാണിജ്യ ആവശ്യങ്ങൾക്ക് വ്യാപകമായി AC യാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾക്കെല്ലാവർക്കുമറിയാം. ഓമിക് റെസിസ്റ്റൻസിനെ (R) കൂടാതെ ഇൻഡക്ടൻസിനും (L) അല്ലെങ്കിൽ കപ്പാസിറ്റൻസിനും (C) ആൾട്ടർനേറ്റിങ് കറന്റിന്റെ ഒഴുക്കിൽ ശക്തമായ സ്വാധീനമുണ്ട്. ഓമിക് റെസിസ്റ്റൻസിനെപ്പോലെ ത്തന്നെ ഇൻഡക്ടറിന്റെ ഇൻഡക്ടൻസ് (L) മൂല്യവും കറന്റിന്റെ ഒഴുക്കിനെ പ്രതിരോധിക്കുന്നുണ്ട്. ഈ പ്രതിരോധത്തെ ഇൻഡക്ടീവ് റിയാക്ടൻസ് (X_L) എന്നു വിളിക്കുന്നു. അതുപോലെ, കപ്പാസിറ്ററിന്റെ കപ്പാസിറ്റൻസ് മൂലമുണ്ടാകുന്ന പ്രതിരോധത്തെ കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസ് (X_C) എന്നുപറയുന്നു. റെസിസ്റ്റൻസ്, ഇൻഡക്ടീവ് റിയാക്ടൻസ്, കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസ് തുടങ്ങിയവയുടെ യൂണിറ്റ് ഓം (ohms) (Ω) ആണ്.

ഒരു സെർക്കീട്ടിന്റെ കറന്റിന്റെ ഒഴുക്കിനെ ബാധിക്കുന്ന മുഴുവൻ പ്രതിരോധത്തിന്റെയും ആകെ തുകയാണ് ഇംപിഡൻസ്. ഇത് റെസിസ്റ്റൻസ് പോലെത്തന്നെയാണെങ്കിലും കപ്പാസിറ്റൻസിന്റെയും ഇൻഡക്ടൻസിന്റെയും സാന്നിധ്യം കൂടി പരിഗണിക്കുന്നു.

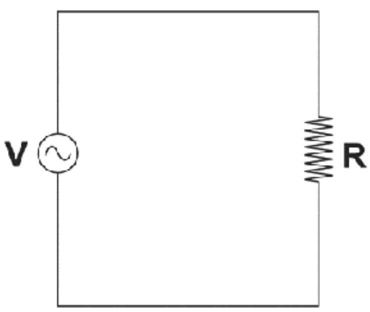
റെസിസ്റ്റൻസ് മാത്രമുള്ള AC സെർക്കീട്ട്

ചിത്രം 2.25 ലേതുപോലെ ഓമിക് റെസിസ്റ്റൻസ് മാത്രമുള്ള ഒരു സെർക്കീട്ട് പരിഗണിക്കുക.

നമുക്കറിയാവുന്നതുപോലെ വോൾട്ടേജിന്റെ ക്ഷണിക മൂല്യം

$$V = V_0 \sin \omega t \quad \text{——————} (1)$$

I=V/R ആയതുകൊണ്ട്, ഈ സെർക്കീട്ടിന്റെ കറന്റിന്റെ ക്ഷണികമൂല്യം $I = V_0 \sin \omega t/R$



ചിത്രം 2.25 റെസിസ്റ്റൻസ് മാത്രമുള്ള AC സെർക്കീട്ടിന്റെ ചിത്രീകരണം

Vo /R= I_o. കറന്റിന്റെ പരമാവധി മൂല്യം ആയതുകൊണ്ട് മുകളിൽ പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന സമവാക്യത്തെ

$I= I_o \sin \omega t$ ——(2) എന്ന് എഴുതാം.

മുകളിൽ സൂചിപ്പിച്ച 1 ഉം 2 ഉം സമവാക്യങ്ങളിൽനിന്ന് കറന്റും വോൾട്ടേജും ഒരേ ഫേസിലാണ് എന്നത് വ്യക്തമാകുന്നു.

നമുക്ക് ഇൻഡക്ടൻസ് മാത്രമുള്ള ഒരു AC സെർക്കീട്ട് വിശകലനം ചെയ്യാം.

ചിത്രം 2.26 ശ്രദ്ധിക്കുക. ഈ സെർക്കീട്ടിൽ L ഹെൻറി ഇൻഡക്ടൻസ് മൂല്യമുള്ള ഒരു ഇൻഡക്ടറിൽ $V=V_o \sin \omega t$ എന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം നൽകുന്നു. ഫാരഡെയുടെ വൈദ്യുതകാന്തികപ്രേരണ നിയമം (Law of electromagnetic induction) അനുസരിച്ച് ഇൻഡക്ഷൻ കോയിൽ ഒരു പ്രേരിത emf (Induced emf) $e= -d\Phi/dt$ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നുണ്ടെന്ന് നമുക്കറിയാം.

$\Phi= LI$ ആയതുകൊണ്ട്, $e = -L\, dI/dt$,

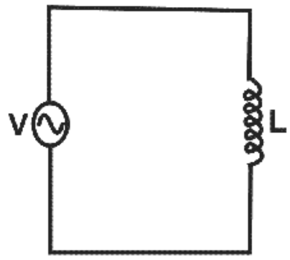
ചിത്രം 2.26 ലെ സെർക്കീട്ടിൽ KVL പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ

$V_o \sin \omega t - L\, dI/dt = 0$

$dI/dt = (V_o/L) \sin \omega t$

അതുകൊണ്ട് $I = \int \left(\frac{V_o}{L}\right) \sin \omega t dt$

ഇൻഡഗ്രൽ കാൽകുലസ് ഉപയോഗിച്ചാൽ നമുക്ക് $I = \frac{V_o}{\omega L} (-\cos\omega t)$ എന്നു ലഭിക്കും.



ചിത്രം 2. 26 ഇൻഡക്ടൻസ് മാത്രമുള്ള AC സെർക്കീട്ട്

എന്നാൽ ത്രികോണമിതി സമ്പ്രദായത്തിലെ

$\sin (90- \omega t) = \cos\omega t$

അല്ലെങ്കിൽ $\sin (\omega t-90) = -\cos\omega t$ എന്ന സൂത്രവാക്യത്തിന്റെ സഹായത്തോട

(I_o എന്നത് ഇൻഡക്ടറിലൂടെയുള്ള കറന്റിന്റെ പരമാവധി മൂല്യമാണെങ്കിൽ)

$I = I_o \sin (\omega t-90)$ എന്നു ലഭിക്കും. ഇവിടെ $I_o = V_o / L\omega$ ആയിരിക്കും.

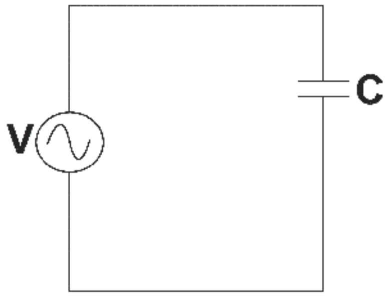
ഇൻഡക്ടറിൽ കൂടിയുള്ള കറന്റ്, വോൾട്ടേജിന് 90^o അല്ലെങ്കിൽ $\pi/2$ റേഡിയൻസ് പിന്നിലാകുന്നെന്ന് കറന്റിന്റെയും മോൾട്ടേജിന്റെയും സമവാക്യങ്ങൾ തെളിയിക്കുന്നു.

ഒരു ഇൻഡക്ടറിനു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജിന്റെ പരമാവധി മൂല്യവും കറന്റിന്റെ പരമാവധി മൂല്യവും (പീക് വാല്യൂ) തമ്മിലുള്ള അംശബന്ധമാണ് ഇൻഡക്ടീവ് റിയാക്ടൻസ് (X_L)

$\omega = 2\pi f$ ആണെങ്കിൽ $X_L=V_o/ I_o =L\omega =2\pi fL$

ഇതിൽ നിന്ന് ഇൻഡക്ടവ് റിയാക്ടൻസ് സപ്ലൈ ഫ്രീക്വൻസിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നതായി വ്യക്തമാകുന്നു. അതായത്, ഇൻഡക്ടീവ് റിയാക്ടൻസ്, X_L ന്റെ മൂല്യം ഫ്രീക്വൻസിയുമായി നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. ഇൻഡക്ടീവ് റിയാക്ടൻസിന്റെ യൂണിറ്റും ഓം (ohm) ആണ്. റിയാക്ടൻസിന്റെ, അതായത് പൂർണമായും ഇൻഡക്ടീവ് ആയിട്ടുള്ള ഒരു സെർക്കീട്ടിൽ കറന്റ് വോൾട്ടേജിന് 90^o അല്ലെങ്കിൽ $\pi/2$ റേഡിയൻസ് പിന്നിലായിരിക്കും.

കപ്പാസിറ്റൻസ് മാത്രമുള്ള AC സെർക്കീട്ട്



ചിത്രം 2.27 കപ്പാസിറ്റൻസ് മാത്രമുള്ള എ സി സെർക്കീട്ടിന്റെ ചിത്രീകരണം

ചിത്രം 2.27ൽ വോൾട്ടേജ്, $V = V_0 \sin \omega t$ യും കപ്പാസിറ്റർ കപ്പാസിറ്റൻസ് 'C' യുമുള്ള സെർക്കീട്ട് കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

കപ്പാസിറ്ററിലെ ചാർജിന്റെ അളവ്, $q = CVo \sin \omega t$

ഒരു കപ്പാസിറ്ററിൽക്കൂടി കടന്നുപോകുന്ന കറന്റിന്റെ അളവ് അതിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ചാർജ് വ്യതിയാനനിരക്കിനു തുല്യമായിരിക്കുമെന്നു നമുക്കറിയാം.

അതായത് കറന്റ് $i = dq/dt = d\,(CVo \sin \omega t)/dt$

ഡിഫറൻസിയേഷൻ ഉപയോഗിച്ച് ഇതിനെ $i = CVo\, \omega \cos\omega t$ എന്നു കാണാം.

ത്രികോണമിതി ബന്ധങ്ങൾ (Trigno metric relations) പ്രകാരം $\cos\omega t = \sin(\omega t + \pi/2)$

ആയതിനാൽ, മേൽപ്പറഞ്ഞ സമവാക്യത്തെ $i = CVo\, \omega \sin(\omega t + \pi/2)$ എന്നു കണ്ടെത്താം

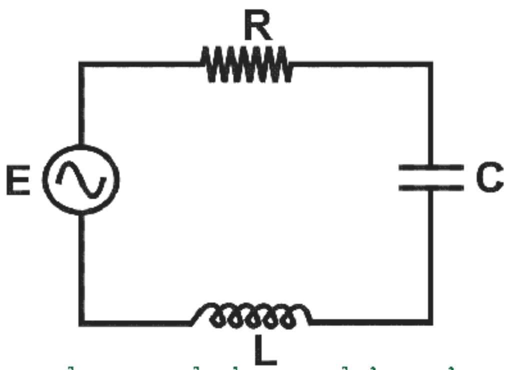
വോൾട്ടേജിന്റെയും കറന്റിന്റെയും മേൽപ്പറഞ്ഞ സൂചനകളിൽനിന്ന് വ്യക്തമാകുന്നത് ഒരു കപ്പാസിറ്ററിലൂടെ കൂടി കടന്നുപോകുന്ന കറന്റ് വോൾട്ടേജിന് 90° അല്ലെങ്കിൽ $\pi/2$ റേഡിയൻസ് മുന്നിലാകുന്നു എന്നാണ്.

ഒരു നിശ്ചിത ഫ്രീക്വൻസിയിൽ ഒരു കപ്പാസിറ്ററിന്റെ വോൾട്ടേജിന്റെ പരമാവധി മൂല്യവും കറന്റിന്റെ പരമാവധി മൂല്യവും തമ്മിലുള്ള അംശബന്ധം ഒരു സറിരാങ്കമായിരിക്കും. ഇതിനെയാണ് കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസ് (X_C) എന്നു പറയുന്നത്.

ഇനി നമുക്ക് ഒരു AC സെർക്കീട്ടിൽ L, C, R എന്നിവയുടെ സംയുക്ത പ്രവർത്തനം എങ്ങനെയെന്നു നോക്കാം.

റെസിസ്റ്റൻസ്, കപ്പാസിറ്റൻസ്, ഇൻഡക്ടൻസ് എന്നിവയുള്ള ഒരു AC സെർക്കീട്ട്

ചിത്രം 2.28 ലെ സെർക്കീട്ട് അപഗ്രഥിക്കുക.



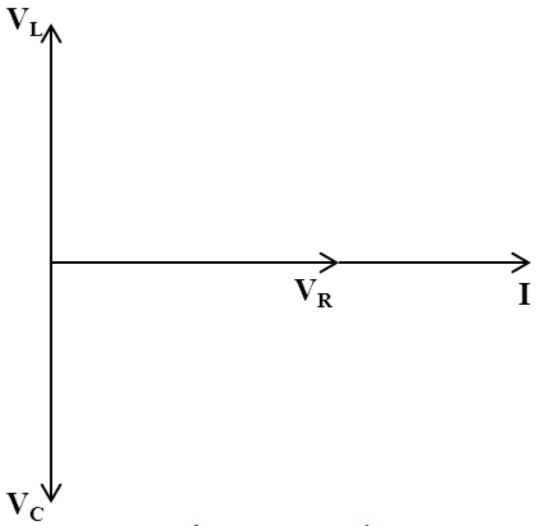
ചിത്രം 2.28 റെസിസ്റ്റൻസും കപ്പാസിറ്റൻസും ഇൻഡക്ടൻസുമുള്ള ഒരു എ സി സർക്കീട്ടിന്റെ ചിത്രീകരണം

ഇവിടെ ഇൻഡക്ടറും കപ്പാസിറ്ററും റെസിസ്റ്ററും ശ്രേണീരൂപത്തിൽ ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു സർക്കീട്ടിൽ E വോൾട്ട് സപ്ലൈ കൊടുക്കുന്നു.

'R'നു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജിന്റെ ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് $V_R = I_0 R$ ആണ്. ഈ വോൾട്ടേജ്, കറന്റിന്റെ അതേ ഫേസിലാണെന്ന് നാം നേരത്തേ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ടല്ലോ.

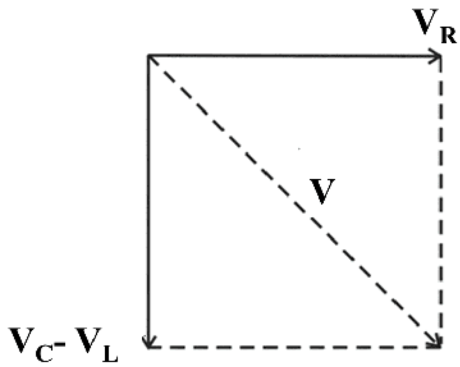
'C'ക്കു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജിന്റെ ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് $V_C = I_0 X_C$ ആണ്. ഈ വോൾട്ടേജ് കറന്റിന് $\pi/2$ റേഡിയൻസ് പിന്നിലാണ്. അതുപോലെത്തന്നെ Lനു കുറുകെയുള്ള വോൾട്ടേജിന്റെ ആംപ്ലിറ്റ്യൂഡ് $V_L = I_0 X_L$ ആണ്. ഈ വോൾട്ടേജ് കറന്റിന് $\pi/2$ റേഡിയൻസ് മുന്നിലാണ്.

ഒരു ഫേസർ ഡയഗ്രമുപയോഗിച്ച് നമുക്ക് ഈ എല്ലാ വോൾട്ടേജുകളെയും ചിത്രീകരിക്കാം. (ചിത്രം 2.29). ഇവിടെ സെർക്കീട്ട് കറന്റിനെയാണ് അടിസ്ഥാനമാക്കിയിരിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 2.29 ഫേസർ ഡയഗ്രം

ഈ ഫേസർ ഡയഗ്രത്തിൽനിന്ന് നമുക്കു മനസ്സിലാകുന്നത് റെസിസ്റ്ററിലെ വോൾട്ടേജും അതിലുള്ള കറന്റും ഒരേ ഫേസിലാണെന്നും ഇൻഡക്ടറിലെ വോൾട്ടേജ്, കറന്റിന് $\pi/2$ റേഡിയൻസ് മുന്നിലാണെന്നും കപ്പാസിറ്റർ വോൾട്ടേജ്, കറന്റിന് $\pi/2$ റേഡിയൻസ് പിന്നിലാണെന്നുമാണ്.



ചിത്രം 2.30 പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസത്തിന്റെ സഫലമൂല്യം കണ്ടെത്തുന്ന രീതി

വെക്ടർ സങ്കലതത്ത്വമനുസരിച്ച് നമുക്ക് ഇപ്രകാരമുള്ള RLC സർക്കീട്ടിലെ വോൾട്ടേജിന്റെ സഫല മൂല്യം കണ്ടെത്താനാവും. (ചിത്രം 2.30 നിരീക്ഷിക്കുക).

സഫലപൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം,

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_C - V_L)^2}$$

ആയതിനാൽ ഈ വോൾട്ടേജിന്റെ പരമാവധി മൂല്യം

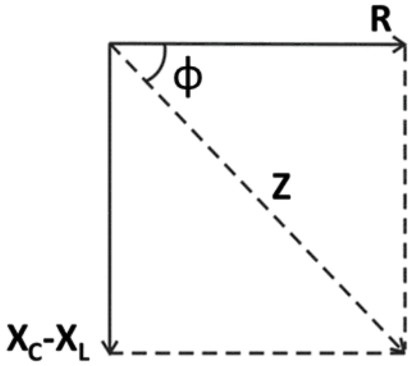
$$V_0 = \sqrt{(I_0 R)^2 + (I_0 X_C - I_0 X_L)^2}$$

$$= I_0 \sqrt{(R^2 + (X_C - X_L)^2)}$$

ഈ സമവാക്യത്തിൽനിന്ന് നമുക്കു കണ്ടെത്താൻ കഴിയുന്നത്, ഒരു നിശ്ചിത ഫ്രീക്വൻസിയിൽ വോൾട്ടേജിന്റെയും കറന്റിന്റെയും പരമാവധി മൂല്യങ്ങളുടെ അനുപാതം ഒരു സ്ഥിരാങ്കം ആയിരിക്കും എന്നുള്ളതാണ്. ഈ സ്ഥിരാങ്കത്തെയാണ് ഒരു സെർക്കീട്ടിന്റെ ഇംപിഡൻസ് എന്നു പറയുന്നത്. ഇതിന്റെ യൂണിറ്റും ഓം (ohm) ആണ്. ഇംപിഡൻസ് കണ്ടെത്താനുള്ള സൂത്രവാക്യം

ഇംപിഡൻസ്, $Z = V_0/I_0 = \sqrt{R^2 + (X_c - X_L)^2}$

ചിത്രം 2.31 ൽ ഇംപിഡൻസ് ത്രികോണം വ്യക്തമാക്കുന്ന ഫേസർ ഡയഗ്രമാണ് തന്നിരിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 2.31 ഇംപിഡൻസ് ത്രികോണം

ഇവിടെ Φ എന്നത് സെർക്കീട്ട് കറന്റിനും സഫലവോൾട്ടേജിനും ഇടയിലുള്ള ഫേസ് വ്യത്യാസമാണ്.

$$\tan \Phi = (X_c - X_L) / R$$

ഈ സമവാക്യത്തിൽ X_C , X_L നെക്കാളും വലുതാണെങ്കിൽ tan Φ പോസിറ്റീവ് ആയിരിക്കും. അതായത് Φ പോസിറ്റീവ് ആണ്. അതുകൊണ്ട് കറന്റ് വോൾട്ടേജിന് മുന്നിലാണ്. സെർക്കീട്ട് കൂടുതൽ കപ്പാസിറ്റീവാണ്.

X_C, X_Lനെക്കാൾ കുറവാണെങ്കിൽ tan Φ നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കും. അതായത്, Φ നെഗറ്റീവാണ്. അതിനാൽ കറന്റ് വോൾട്ടേജിന് പിന്നിലാവുന്നു. സെർക്കീട്ട് കൂടുതൽ ഇൻഡക്ടീവ് ആകുന്നു.

X_C യും X_L ഉം തുല്യമാണെങ്കിൽ സെർക്കീട്ട് പൂർണമായും റെസിസ്റ്റീവ് ആയിരിക്കും.

ഇംപിഡൻസ് (Z) സങ്കീർണരൂപത്തിൽ താഴെക്കാണുന്ന രീതിയിൽ സൂചിപ്പിക്കാൻ കഴിയും. ഇവിടെ റിയൽ ഭാഗം R (റെസിസ്റ്റർ) ഒരു സാങ്കൽപ്പിക ഭാഗവുമായി (+jX ഇൻഡക്ടറിലും – jX കപ്പാസിറ്ററിലും) ശ്രേണീരൂപത്തിലായിരിക്കും.

ഒരു സെർക്കീട്ടിൽ റെസിസ്റ്റർ R ഉം കോയിൽ റിയാക്ടൻസ് X_L ഉം ഉണ്ടെങ്കിൽ $Z = R + j X_L$

ഒരു സെർക്കീട്ടിൽ റെസിസ്റ്റർ R ഉം കപ്പാസിറ്റൻസ് റിയാക്ടൻസ് X_L ഉം ഉണ്ടെങ്കിൽ $Z = R - j X_C$

അതുകൊണ്ട് ഒരു RLC ശ്രേണീ സെർക്കീട്ടിന്റെ ഇംപിഡൻസ്

$Z = R + j (X_L - X_C) = R + jX$

(ഇവിടെ $X = X_L - X_C$) എന്ന സമവാക്യമുപയോഗിച്ച് കണ്ടെത്താം.

ഒരു RLC ശ്രേണീ സെർക്കീട്ടിൽ ഇൻഡക്ടീവ് റിയാക്ടൻസും കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസും തുല്യമാകുമ്പോൾ സപ്ലൈ ഫ്രീക്വൻസി എന്തായിരിക്കും എന്നു ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ? ആ അവസ്ഥയിൽ സെർക്കീട്ടിന്റെ ഇംപിഡൻസ് എന്തായിരിക്കും?

ഇൻഡക്ടീവ് റിയാക്ടൻസ് കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസിനു തുല്യമാകുമ്പോൾ

$X_L = X_C$ ആയിരിക്കും.

അതായത് $2\pi fL = 1/2\pi fC$ അല്ലെങ്കിൽ

$f = 1/2\pi \sqrt{LC}$

ഈ ഫ്രീക്വൻസിയിൽ

$$\text{ഇംപിഡൻസ്,}\ Z = \sqrt{R^2 + (X_c - X_L)^2}$$
$$= \sqrt{R^2 + 0}$$
$$= R$$

അതുകൊണ്ട് ആ സെർക്കീട്ടിന്റെ ഇംപിഡൻസ് ഏറ്റവും കുറവായിരിക്കും. കൂടാതെ സെർക്കീട്ട് റെസിസ്റ്റൻസിനു തുല്യവുമായിരിക്കും. ഇക്കാര്യത്തിൽ ഒരു പ്രത്യേക ഫ്രീക്വൻസിയിൽ ഇൻഡക്ടീവ് റിയാക്ടൻസ് കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസിന് തുല്യമാകുമ്പോൾ, ആ RLC സെർക്കീട്ട് റെസൊണൻസിലായിരിക്കുമെന്നു പറയാം.

നമുക്കു സംഗ്രഹിക്കാം

വൈദ്യുതചാർജുകളുടെ പ്രവാഹനിരക്കിനെയാണ് ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് അഥവാ ഇലക്ട്രിക് കറന്റ് ഇന്റൻസിറ്റി എന്നു പറയുന്നത്. ഒരു നിശ്ചിത ഊർജത്തെ ഒരു ബിന്ദുവിൽനിന്നും മറ്റൊരു ബിന്ദുവിലേക്കു ചലിപ്പിക്കാനാവശ്യമായ പ്രവൃത്തിയെയാണ് ആ രണ്ടു ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം എന്നു പറയുന്നത്. ഈ പ്രവൃത്തിക്കാവശ്യമായ സമയനിരക്കാണ് ഇലക്ട്രിക് പവർ. ഇലക്ട്രിക് പവർ വോൾട്ടേജിന്റെയും കറന്റിന്റെയും ഗുണനഫലമാണ്. ഓം വോൾട്ടേജിന്റെയും കറന്റിന്റെയും ഗുണനഫലമാണ്. ഓം നിയമമനുസരിച്ച് $V \alpha I$ അല്ലെങ്കിൽ $V = IR$ ആയിരിക്കും. റെസിസ്റ്റൻസിന്റെ യൂണിറ്റ് ഓം (ohm) Ω ആണ്. റെസിസ്റ്ററുകൾ ശ്രേണീരീതിയിൽ യോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ, റെസിസ്റ്റൻസിന്റെ സഫലമൂല്യം വർധിക്കുന്നു. $R_{eff} = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots$ എന്നാൽ അവ സമാന്തരരീതിയിൽ സംയോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ അവിടെ റെസിസ്റ്റൻസിന്റെ സഫലമൂല്യം വളരെയധികം കുറയുന്നു. $1/R_{eff} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \ldots\ldots$ കപ്പാസിറ്ററുകൾ, ശ്രേണീരൂപത്തിൽ സംയോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ $1/C_{eff} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \ldots\ldots$ ഉം സമാന്തരരൂപത്തിൽ സംയോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ $C_{eff} = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots\ldots$ ഉം ആയിരിക്കും സങ്കീർണമായ സെർക്കീട്ട് ശൃംഖലകളുടെ സഫലമൂല്യം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് കിർച്ചോഫ് നിയമങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഒരു റിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിൽ ഇന്റേണൽ റെസിസ്റ്റൻസ് സ്രോതസ്സുമായി ശ്രേണീരൂപത്തിലാണ്. AC സപ്ലൈ വോൾട്ടേജിൽ വോൾട്ടേജ്, $V = V_o \sin\omega t$ ആയിരിക്കും. കൂടാതെ AC കറന്റ് $I = I_o \sin\omega t$. ആയിരിക്കും. RMS മൂല്യം $V_{rms} = V_{max}/\sqrt{2}$ ഉം ആവറേജ് മൂല്യം $V_{average} = 2V_{max}/\pi$ ഉം ആയിരിക്കും.

റെസിസ്റ്റൻസും ഇൻഡക്ടൻസും കപ്പാസിറ്റൻസുമുള്ള ഒരു AC സെർക്കീട്ടിലെ കറന്റിന്റെ ഒഴുക്കിനെ ബാധിക്കുന്ന മുഴുവൻ പ്രതിരോധത്തിന്റെയും ആകെ തുകയാണ് ഇംപിഡൻസ്. ഇത് റെസിസ്റ്റൻസ് പോലെ തന്നെയാണെങ്കിലും ഇംപിഡൻസ് കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസിന്റെയും ഇൻഡക്ടീവ് റിയാക്ടൻസിന്റെയും സാന്നിധ്യംകൂടി പരിഗണിക്കുന്നു. ഒരു RLC ശ്രേണീസെർക്കീട്ടിൽ കപ്പാസിറ്റീവ് റിയാക്ടൻസ്, ഇൻഡക്ടീവ് റിയാക്ടൻസിനെക്കാൾ കൂടുതലാകുമ്പോൾ $X_C > X_L$, $\tan\Phi = (X_C - X_L)/R$ പോസിറ്റീവ് ആയിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് കറന്റ് വോൾട്ടേജിന് മുന്നിലാകുന്നു. $X_C < X_L$, ആണെങ്കിൽ $\tan\Phi$ നെഗറ്റീവ് ആകുന്നു. അതുകൊണ്ട് കറന്റ് വോൾട്ടേജിന് പിന്നിലാകുന്നു. $X_L = X_C$ ആണെങ്കിൽ സെർക്കീട്ട് പൂർണമായും റെസിസ്റ്റീവ് ആയിരിക്കും. ഇംപിഡൻസ് $\sqrt{R^2+(X_C-X_L)^2}$ അല്ലെങ്കിൽ വെക്ടർ രൂപത്തിൽ $Z = R + j(X_L - X_C)$. എന്നു സൂചിപ്പിക്കാം.

പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- ഇലക്ട്രിസിറ്റിയുടെ അടിസ്ഥാനഘടകങ്ങൾ വിവേചിച്ചറിയുന്നു.
- ഓം നിയമമുപയോഗിച്ച് ഇലക്ട്രിക് സെർക്കീട്ടുകളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം കണ്ടെത്തുന്നു.
- ശ്രേണീരൂപത്തിലും സമാന്തരരൂപത്തിലുമുള്ള റെസിസ്റ്ററുകളുടെയും കപ്പാസിറ്ററുകളുടെയും വൈദ്യുതശൃംഖലകളെ അപഗ്രഥിക്കുന്നു.
- കിർച്ചോഫ് നിയമങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് സങ്കീർണമായ ഇലക്ട്രിക്കൽ നെറ്റ്‌വർക്കുകൾ അപഗ്രഥിക്കുന്നു.
- ഐഡിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിന്റെയും കറന്റ് സ്രോതസ്സിന്റെയും സ്വഭാവസവിശേഷതകൾ വിശകലനം ചെയ്യുന്നു.
- DC, AC വോൾട്ടേജുകൾ താരതമ്യം ചെയ്തു വിശദമാക്കുന്നു.
- AC വോൾട്ടേജിന്റെ ഫ്രീക്വൻസിയെയും ഫേസ് ആംഗിളിനെയും കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുന്നു.
- ഇംപിഡൻസ് എന്ന ആശയം വിശദമാക്കുന്നു.

മൂല്യനിർണയം

വസ്തുനിഷ്ഠ ചോദ്യങ്ങൾ

1) 1 ജൂൾ/കൂളോമ്പിന് തുല്യമായത്

(a) വാട്ട് (b) ആംപിയർ (c) 1 ഓം (d) IV

2) 'R' മൂല്യമുള്ള മൂന്നു റെസിസ്റ്ററുകൾ സമാന്തരശ്രേണി രീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ സഫല റെസിസ്റ്റൻസ് മൂല്യം .... ആയിരിക്കും.

a) 3R b) R/3 c) 3/R d) ഇതൊന്നുമല്ല

3) C_1 , C_2 എന്നീ കപ്പാസിറ്ററുകൾ ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചാൽ അതിന്റെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് മൂല്യം .... ആയിരിക്കും.

a) $\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$ b) C_1C_2 c) C_1+C_2 d) ഇതൊന്നുമല്ല

4) ഒരു ഐഡിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സിനെ സംബന്ധിച്ച്

(a) ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസ് പൂജ്യമായിരിക്കും.

(b) ഔട്ട്പുട്ട് വോൾട്ടേജ് ലോഡ്റെസിസ്റ്റൻസിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.

(c) ആന്തരിക വോൾട്ടേജ് നഷ്ടം ഗണ്യമായിരിക്കും.

(d) മേൽപ്പറഞ്ഞവയെല്ലാം ശരിയാണ്.

5) ഒരു ഐഡിയൽ കറന്റ് സ്രോതസ്സിനെ സംബന്ധിച്ച്

(a) ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസ് അനന്തമായിരിക്കും.

(b) ആന്തരിക Ω റെസിസ്റ്റൻസ് നിസ്സാരമായിരിക്കും.

(c) ലോഡ് റെസിസ്റ്റൻസ് കൂടുന്തോറും ലോഡ് കറന്റും കൂടും.

(d) മേൽപ്പറഞ്ഞവയെല്ലാം ശരിയാണ്.

6) ഒരു പൂർണ സൈക്കിളിന്റെ പരമാവധി വോൾട്ടേജ് Vm ഉള്ള ഒരു സൈനുസോയിഡൽ തരംഗത്തിന്റെ ആവറേജ് മൂല്യം

a) $V_m/2$ b) $2V_m$ c) Zero d) V_m

7. ഒരു AC വോൾട്ടേജിൽ, v=100 sin (314t) ആകുന്നു. എങ്കിൽ വോൾട്ടേജിന്റെയും ഫ്രീക്വൻസിയുടെയും പരമാവധി മൂല്യം .... ആണ്.

a) 100V and 100Hz

b) 50V and 50Hz

c) 100V and 50Hz

d) 50V and 100Hz

8) പൂർണമായും റെസിസ്റ്റീവ് ആയ ഒരു സെർക്കീട്ടിലെ കറന്റും വോൾട്ടേജും

(a) $\Pi/2$ ഫേസ് വ്യത്യാസമുള്ളതായിരിക്കും.

(b) Π ഫേസ് വ്യത്യാസമുള്ളതായിരിക്കും.

(c) ഫേസിലായിരിക്കും.

(d) വെക്ടർ അളവുകളായിരിക്കും.

9) ഒരു ഇൻഡക്ടറിലെ റിയാക്ടൻസ്

(a) സപ്ലൈ ഫ്രീക്വൻസിക്ക് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

(b) സപ്ലൈ ഫ്രീക്വൻസിക്ക് വിപരീതാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

(c) ഫ്രീക്വൻസിയെ ആശ്രയിക്കില്ല.

(d) മേൽപ്പറഞ്ഞതൊന്നും ശരിയല്ല.

10) സപ്ലൈ ഫ്രീക്വൻസി $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ആകുമ്പോൾ

a) $X_L > X_C$

b) $X_L < X_C$

c) $Z > R$

d) $X_L = X_C$

11) കറന്റ് വോൾട്ടേജിന് പിന്നിലാകുന്നത്

(a) കപ്പാസിറ്റീവ് ലോഡിൽ

(b) ഇൻഡക്ടീവ് ലോഡിൽ

(c) റെസിസ്റ്റീവ് ലോഡിൽ

(d) ലോഡില്ലാത്തപ്പോൾ

ഉത്തര സൂചകങ്ങൾ

1) d 2) b 3) a 4) a 5) a 6) c 7) c 8) c 9) a 10) d 11) b

Descriptive type questions

1) രണ്ടു പോയിന്റുകൾ തമ്മിലുള്ള പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം നിർവചിക്കുക. അതിന്റെ യൂണിറ്റെന്താണ്?

2) റെസിസ്റ്റൻസിന്റെ SI യൂണിറ്റും ഡൈമൻഷണൽ സൂത്രവാക്യവും എഴുതുക.

3) ഒരു സെർക്കീട്ടിൽ R_1, R_2, R_3 എന്നീ മൂന്നു റസിസ്റ്ററുകൾ ശ്രേണീരീതിയിൽ ഘടിപ്പിച്ചാൽ അവയുടെ സഫല റെസിസ്റ്റൻസ് മൂല്യം എത്രയായിരിക്കും?

4) ഒരു സെർക്കീട്ടിൽ R_1, R_2, R_3 എന്നീ മൂന്നു റെസിസ്റ്ററുകൾ സമാന്തരമായി ഘടിപ്പിച്ചാൽ അവയുടെ സഫല റെസിസ്റ്റൻസ് എത്രയായിരിക്കും?

5) കിർച്ചോഫ് കറന്റ് നിയമം വിശദീകരിക്കുക.

6) കിർച്ചോഫ് വോൾട്ടേജ് നിയമം വിശദീകരിക്കുക.

7) ശ്രേണീരീതിയിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന മൂന്നു കപ്പാസിറ്ററുകളുടെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് കണക്കാക്കാനുള്ള സൂത്രവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുക.

8) സമാന്തരരീതിയിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന മൂന്നു കപ്പാസിറ്ററുകളുടെ സഫല കപ്പാസിറ്റൻസ് കണക്കാക്കാനുള്ള സൂത്രവാക്യത്തിലേക്ക് എത്തിച്ചേരുന്നതെങ്ങനെ?

9) 'R' Ω ഉള്ള '*n*' റെസിസ്റ്ററുകൾ (a) ശ്രേണീരീതിയിലും (b) സമാന്തരരീതിയിലും ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന സഫലപ്രതിരോധം (Effective resistance) താരതമ്യം ചെയ്ത് വിശദീകരിക്കുക.

10) ഐഡിയൽ കറന്റ് സ്രോതസ്സ് എന്നാലെന്തെന്ന് വിശദമാക്കുക.

11) താഴെ പറയുന്ന പദങ്ങൾ വിശദമാക്കുക.

(a) സൈക്കിൾ (b) ടൈം പിരീയേഡ് (c) ഫ്രീക്വൻസി (d) ഒരു AC സിഗ്നലിന്റെ ഫേസ്

12) RMS ന്റെയും ആവറേജ് മൂല്യത്തിന്റെയും പ്രാധാന്യമെന്ത്?

13) AC വോൾട്ടേജിന്റെ RMS ഉം ആവറേജ് മൂല്യവും താരതമ്യം ചെയ്ത് വിശദമാക്കുക.

14) 2Ω മൂല്യം വീതമുള്ള മൂന്നു റെസിസ്റ്ററുകൾ ശ്രേണീരീതിയിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന സഫല റെസിസ്റ്റൻസ് എത്രയാണ്? ഈ സെർക്കീട്ടിനു കുറുകെ ഒരു 20V ബാറ്ററി ഘടിപ്പിച്ചാൽ ഓരോ റെസിസ്റ്ററിലും ഉണ്ടാകുന്ന പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം എത്ര? (ആന്തരിക റെസിസ്റ്റൻസ് അവഗണിക്കുക).

15) 15Ω മൂല്യം വീതമുള്ള മൂന്നു റെസിസ്റ്ററുകൾ സമാന്തരരൂപത്തിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന സഫല റെസിസ്റ്റൻസ് എത്രയാണ്? ഈ സെർക്കീട്ടിനു കുറുകേ ഒരു 20V ബാറ്ററി ഘടിപ്പിച്ചാൽ ഓരോ റെസിസ്റ്ററിലും ഉണ്ടാകുന്ന കറന്റ് എത്രയാണ്? ആ ബാറ്ററിയിൽനിന്ന് എടുക്കപ്പെടുന്ന മൊത്തം കറന്റെത്ര?

16. 'R'Ω മൂല്യമുള്ള *'n'* റെസിസ്റ്ററുകൾ ഏതൊക്കെ രീതിയിൽ സംയോജിപ്പിച്ചാലാണ്

(i) പരമാവധി സഫല റെസിറ്റൻസ് കിട്ടുന്നത്.

(ii) ഏറ്റവും കുറവ് സഫല റെസിസ്റ്റൻസ് കിട്ടുന്നത്.

(a) എങ്ങനെയാണ് നിങ്ങൾ ഇത് പ്രാവർത്തികമാക്കുന്നത.

(b) പരമാവധി സഫല റെസിറ്റൻസും ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ സഫല റെസിസ്റ്റൻസും തമ്മിലുള്ള അംശബന്ധം കണ്ടെത്തിയെഴുതുക.

17) 100Ω റെസിസ്റ്റൻസുള്ള ഒരു സെർക്കീട്ടിലൂടെ A 220V, 50Hz AC സപ്ലൈ കടത്തിവിട്ടാൽ അതിലെ കറന്റിന്റെ RMS മൂല്യം എത്രയായിരിക്കും? പരമാവധി മൂല്യം എത്രയാണ്?

18) ഒരു AC സപ്ലൈയിൽ വോൾട്ടേജ് $v = 100 \sin 100t$. ആണ്. ഇതിന്റെ

(a) വോൾട്ടേജിന്റെ RMS മൂല്യമെത്ര?

(b) വോൾട്ടേജിന്റെ ആവറേജ് മൂല്യമെത്ര?

(c) സപ്ലൈ ഫ്രീക്വൻസി എത്ര?

(d) ടൈംപിരീഡ് എത്ര?

19) ഒരു RLC ശ്രേണീ സെർക്കീട്ടിന്റെ ഇംപിഡൻസ് നിർദ്ധാരണം ചെയ്യുക.

20) ഒരു RLC ശ്രേണീ സെർക്കീട്ടിലെ റെസിസ്റ്റൻസ് R ഉം ഇംപിഡൻസ് Z തമ്മിലുള്ള ഫേസ് ആംഗിളിന്റെ ടാൻജന്റ് തന്നിരിക്കുന്നു. എങ്കിൽ ആ സെർക്കീട്ട് പൂർണമായും റെസിസ്റ്റീവ് ആണോ, കൂടുതൽ ഇൻഡക്ടീവ് ആണോ? അതോ കൂടുതൽ കപ്പാസിറ്റീവ് ആണോ എന്ന് നിങ്ങൾക്ക് കണ്ടെത്താൻ കഴിയുമോ? എങ്ങനെയെന്ന് വിശദമാക്കുക.

21) 230V 50Hz സപ്ലൈയുള്ള ഒരു AC സെർക്കീട്ടിൽ, 100Ω റെസിസ്റ്ററും 50mH ഇൻഡക്ടറും 20 μF കപ്പാസിറ്ററും ശ്രേണീരൂപത്തിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ആ സെർക്കീട്ടിന്റെ ഇംപിഡയൻസ് കണക്കാക്കുക.

22) ഐഡിയൽ വോൾട്ടേജ് സ്രോതസ്സ് എന്നാലെന്ത് വിശദമാക്കുക. സ്രോതസ്സിലൂടെയുള്ള കറന്റിന്റെ സമവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുക.