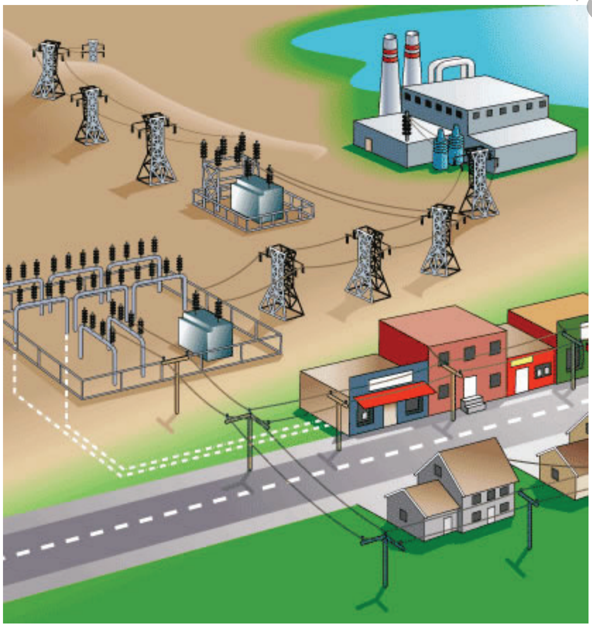
විදුලි යන්ත්‍ර සහ බල පද්ධති
Electrical Machines and Power Systems

යාන්ත්‍රික ඉංජිනේරු තාක්ෂණවේදය හෝ සිවිල් ඉංජිනේරු තාක්ෂණවේදය තරම් විදුලි ඉංජිනේරු තාක්ෂණවේදය ඉපැරණි නොවේ. 1752 දී බෙන්ජමින් ෆ්‍රැන්ක්ලින් අකුණු සහිත අවස්ථාවක වලාකුළුවල ඇති විදුලි ශක්තිය සරුංගලයක් ආධාරයෙන් ලබා ගැනීමට දැරූ ප්‍රයත්නයේ සිට අද වන තුරුත් විදුලි ශක්තිය අවශ්‍ය පරිදි පාලනය කිරීමට ගන්නා සෑම උත්සාහයක් ම විදුලි ඉංජිනේරු තාක්ෂණවේදය වේ. එනම් විදුලි ජනනය, සම්ප්‍රේෂණය, බෙදාහැරීම සහ පරිභෝජනය යන සෑම ක්‍රියාවලියක් ම විදුලි ඉංජිනේරු තාක්ෂණවේදය ලෙස සැලකේ.

ඉලෙක්ට්‍රොනික, පරිගණක, විදුලි සන්දේශ වැනි විවිධ තාක්ෂණිකවේදයන් ජනිත කිරීමටත් පැවැත්මටත් විදුලි ඉංජිනේරු තාක්ෂණවේදය මූල බීජයක් විය. මෙසේ විවිධ ක්ෂේත්‍ර ඔස්සේ ඇදී යන විදුලි ඉංජිනේරු තාක්ෂණවේදය, එකිනෙක පෝෂණය කෙරෙමින් තව තවත් දියුණු වෙමින් ද පුළුල් වෙමින් ද පවතී.

මිනිසාගේ එදිනෙදා කටයුතු පහසු කර ගැනීම සඳහා භාවිත කෙරෙන යන්ත්‍ර සූත්‍ර වැඩි ප්‍රමාණයක් ක්‍රියා කරවනු ලබන්නේ විදුලියෙනි. උදාහරණ ලෙස විදුලි පංකා, ඇඹරුම් යන්ත්‍ර, තණකොළ කපන යන්ත්‍ර ආදිය දැක්විය හැකි අතර, ඒ සඳහා විදුලි මෝටර (electric motors) යොදා ගනු ලැබේ. එමෙන් ම එම කාර්යය ඉටු කර ගැනීම සඳහා අවශ්‍ය විදුලිය ජනනය කිරීම සඳහා බහුල ව යොදා ගනු ලබන්නේ විදුලි ජනකය හෙවත් ජෙනරේටරය (generators) නමැති උපාංගය ය. එම උපකරණවලින් විදුලිය ජනනය කිරීම සඳහා ජලය, සුළඟ වැනි පුනර්ජනනීය ශක්ති (renewable energy) මෙන් ම ඩීසල්, ගෑස්, දැවිතෙල්, ගල් අඟුරු, න්‍යෂ්ටික ශක්තිය වැනි පුනර්ජනනීය නොවන ශක්ති (non-renewable energy) ප්‍රභව ද භාවිත කෙරෙයි.

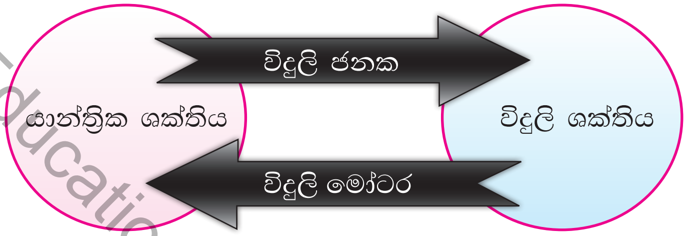


මෙම ඒකකයේ දී විදුලි ජනක, විදුලි මෝටර, පරිණාමක, විදුලි බල ජනනය, විදුලි බල සම්ප්‍රේෂණය, බෙදාහැරීම සහ විදුලි ආරක්ෂාව පිළිබඳ ව සාකච්ඡා කරනු ලැබේ.

Educational Publications Department

1.1 භ්‍රමණ යන්ත්‍රවල ක්‍රියාකාරී මූලධර්ම

විදුලි මෝටර හා විදුලි ජනක දෙවර්ගය ම ගත් කල ඒවා භ්‍රමණ යන්ත්‍ර (rotating machines) ලෙස හැඳින්වේ. විදුලි ජනකයෙන් (generator), යාන්ත්‍රික ශක්තිය විදුලි ශක්තිය බවට පත් කෙරේ. විදුලි මෝටරයෙන් (motor), විදුලි ශක්තිය යාන්ත්‍රික ශක්තිය බවට පත් කෙරේ. මෙම ක්‍රියාවලිය 1.1 රූපය මගින් දැක්වේ.



රූපය 1.1 - භ්‍රමණ යන්ත්‍රවල ක්‍රියාකාරීත්වය

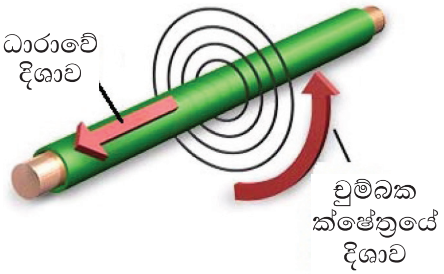
Educational Publications Department

විදුලි ජනකවල හා විදුලි මෝටරවල ක්‍රියාකාරීත්වය ගැන විමසා බැලීමේ දී චුම්බකත්වය (magnetism) හා විද්‍යුත්ගාමක බලය (electromotive force) නිපදවෙන ආකාරය පිළිබඳ දැනීමක් අවශ්‍ය වේ. මේ සඳහා චුම්බකත්වය සහ විද්‍යුත්ගාමක බලය සම්බන්ධ නියමයන් පිළිබඳව පළමු ව විමසා බලමු.

1.1.1 ධාරාවේ දිශාව හා චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ දිශාව

- **ඍජු සන්නායකයක් තුළින් ගලා යන ධාරාව හා ඉන් ඇති වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රය (Magnetic field)**

ඍජු සන්නායකයක් තුළින් ධාරාවක් ගලා යෑමේ දී ඒ වටා චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් පිහිටයි. එය 1.2 රූපය මගින් දක්වා ඇත.



රූපය 1.2 - ධාරාව ගෙන යන සන්නායකය වටා චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පිහිටන ආකාරය

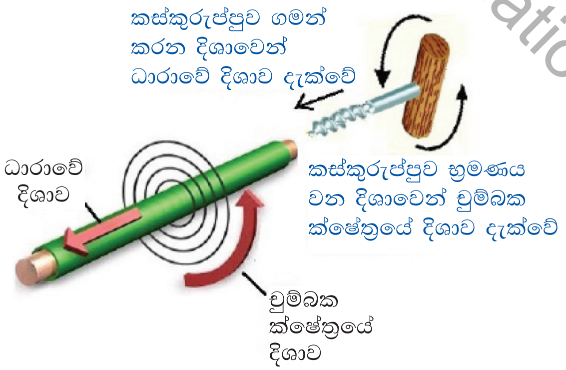
සන්නායකයේ ගලා යන ධාරාවේ දිශාව පදනම් කර ගනිමින් චුම්බක ක්ෂේත්‍රය (magnetic field) පිහිටන දිශාව මැක්ස්වෙල්ගේ කස්කුරුප්පු නියමය (Maxwell's corkscrew rule) හෙවත් සුරත් නියමය (Right hand thumb rule) මගින් නිශ්චය කළ හැකි ය.

මැක්ස්වෙල්ගේ කස්කුරුප්පු නියමය හෙවත් සුරත් නියමය

බෝතලයක් කිරල මූඩියකින් වසා ඇති විට, එම බෝතලය විවෘත කිරීම සඳහා භාවිත කරන හෙලික්සාකාර දකුණත් කස්කුරුප්පුව දක්ෂිණාවර්ත ව භ්‍රමණය කරන විට එය ගමන් කරන දිශාව, සන්නායකයක් තුළින් විදුලි ධාරාව ගමන් කරන දිශාව ද කස්කුරුප්පුව භ්‍රමණය කෙරෙන දිශාව චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ චුම්බක බල රේඛා ගමන් කරන දිශාව ද වේ.

කස්කුරුප්පු නියමය අනුව ධාරාව ගමන් කරන දිශාවට කස්කුරුප්පුව ගමන් කරන විට කස්කුරුප්පු මිට භ්‍රමණය වන දිශාව මගින් චුම්බක බල රේඛාවල දිශාව පෙන්නුම් කෙරෙයි. මෙය 1.3 රූපයෙන් දක්වා ඇත.

මෙම නියමය අනුව සුරතේ මහපටැඟිල්ලෙන් ධාරා දිශාව දක්වූ විට ඉතිරි ඇඟිලි යොමු වී ඇති දිශාවෙන් චුම්බක බල රේඛා ගමන් කරන දිශාව පෙන්නුම් කෙරෙයි. 1.4 රූපයෙන් මෙය දක්වා ඇත.

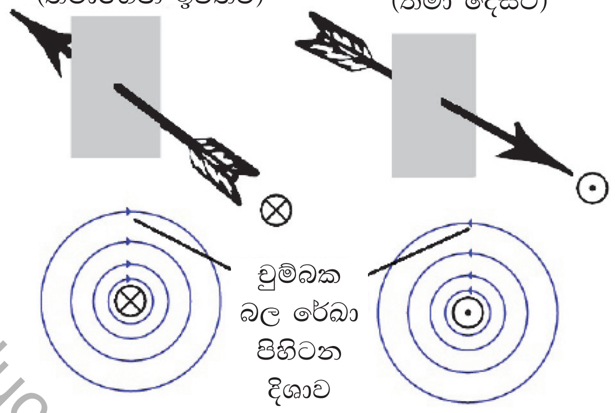


රූපය 1.3 - කස්කුරුප්පු නියමය අනුව චුම්බක බල රේඛාවල දිශාව

රූපය 1.4 - සුරත් නියමය මගින් චුම්බක බල රේඛාවල දිශාව

1.5 රූපයේ ධාරාව ගලන දිශාව අනුව චුම්බක බල රේඛාවල දිශාව සලකුණු කරන ආකාරය දක්වා ඇත. සන්නායකයක් තුළින් ධාරාව ගමන් කරන දිශාව තලය තුළට / තමාගෙන් ඉවතට බව දැක්වීම සඳහා $\otimes$ වූ සංකේතය ද ධාරාව තලයෙන් පිටතට / තමා දෙසට බව දැක්වීමට $\odot$ වූ සංකේතය ද භාවිත කෙරෙයි.

Educational Publications Department



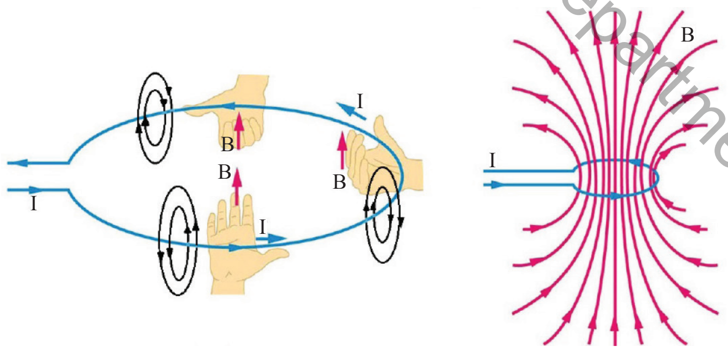
රූපය 1.5 - චුම්බක බල රේඛාවල දිශාව සලකුණු කරන ආකාරය

පැවරුම

කස්කුරුප්පු නියමය (සුරත් නියමය) යොදා 1.5 රූපයෙන් පෙන්වා ඇති ධාරාවේ දිශාව අනුව චුම්බක බල රේඛාවල දිශාවේ නිරවද්‍යතාව විමසා බලන්න.

• පරිනාලිකාවක ගලා යන ධාරාව හා ඉන් ඇති වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රය

පරිනාලිකාවක් (solenoid) යනු සන්නායක දඟරයකි. පරිනාලිකාවක් තුළින් සරල ධාරාවක් ගලා යෑමේ දී එහි ඇති වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පිළිබඳ ව විමසා බැලීමට ප්‍රථම සන්නායක පුඩුවක් (මුදුවක්) තුළින් ධාරාව ගලා යන විට චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ පිහිටීම විමසා බලමු.



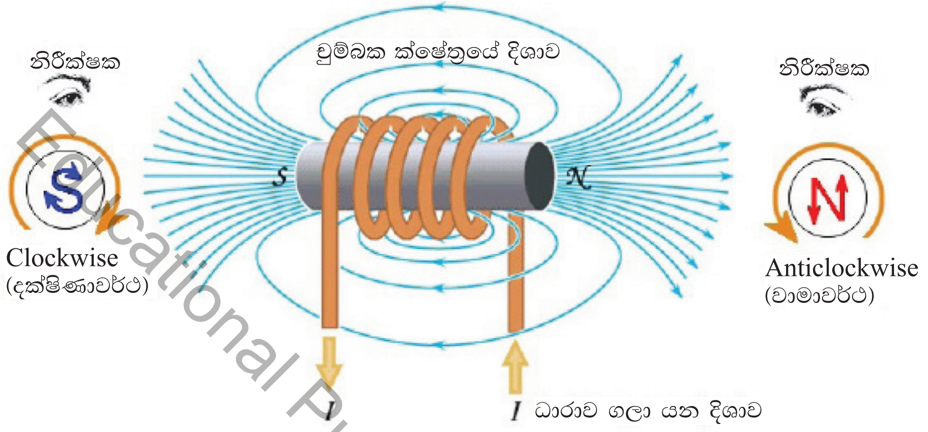
රූපය 1.6 - සන්නායක පුඩුවක චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පිහිටන ආකාරය

සන්නායක කම්බියක් එක් මුදුවක් ඇති වන ආකාරයට සකස් කිරීමෙන් පුඩුවක් නිර්මාණය කරගත හැකි වෙයි. එවැනි පුඩුවක ධාරාවක් ගලා යෑමේ දී චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ඇති වන ආකාරය 1.6 රූපය මගින් දක්වා ඇත. සුරත් නියමය ආධාර කර ගනිමින් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ දිශාව සොයා ගන්නා ආකාරය ද 1.6 රූපයෙන් දක්වා ඇත. මේ අනුව පැහැදිලි

Educational Publications Department

වන්නේ ඍජු සන්නායකයකට වඩා ප්‍රබල චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් සන්නායක මුදුවක් මගින් ඇති කරගත හැකි බවයි.

මුදු කිහිපයකින් යුත් දඟරයක් හෙවත් පරිනාලිකාවක් (solenoid) භාවිත කිරීමෙන් එය තනි ඒකකයක් සේ ක්‍රියා කරන බැවින් වඩා ප්‍රබල චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ජනනය කර ගැනීමට හැකියාව ලැබෙයි.



රූපය 1.7 - පරිනාලිකාව තුළ චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පිහිටන ආකාරය

Educational Publications Department

පරිනාලිකාවක ධාරාව ගලා යන දිශාව අනුව කස්කුරුප්පු නියමයට අනුකූල ව එහි චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පිහිටන අයුරු 1.7 රූපයේ දක්වා ඇත. මෙහි දී අවබෝධ වන්නේ පරිනාලිකාවේ ගලා යන ධාරාව හේතුවෙන් එය දණ්ඩ චුම්බකයක් සේ හැසිරෙන බව යි. ධාරාව ගලා යන පරිනාලිකාවක චුම්බක ධ්‍රැව සොයා ගත හැකි ක්‍රම 2කි. පළමු ක්‍රමය 1.7 රූපය මගින් ම දක්වා ඇත. මෙහි දී නිරීක්ෂකයා පරිනාලිකාව දෙස බලන විට ධාරාව වමාවර්ථ ව ගලා යයි නම් එය උත්තර ධ්‍රැවයකි (North pole). ධාරාව දක්ෂිණාවර්ථ ව ගලා යයි නම් එය දක්ෂිණ ධ්‍රැවයකි (South pole).

රූපය 1.8 - පරිනාලිකාවක චුම්බක ධ්‍රැව නිර්ණය කිරීම

දෙවන ක්‍රමයේ දී පරිනාලිකාව තුළ ධාරාව ගලා යන දිශාවට දකුණතේ ඇඟිලි 1.8 රූපයේ පරිදි පිහිටුවූ කළ, මහපටැඟිල්ලෙන් උත්තර ධ්‍රැවය (North Pole-N) පිහිටන දිශාව පෙන්වයි. එබැවින් අනෙක් කෙළවර දක්ෂිණ ධ්‍රැවය (South Pole-S) බව තහවුරු වේ.

1.1.2 විදුලි ජනකයක ක්‍රියාකාරී මූලධර්ම

විදුලි ජනකයක් මගින් යාන්ත්‍රික ශක්තිය, විදුලි ශක්තියට පරිවර්තනය කෙරේ. විදුලි ජනකයක ක්‍රියාකාරීත්වයේ මූලික ම සාධකය විද්‍යුත් චුම්බක ප්‍රේරණය හා ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලයයි.

• විද්‍යුත් චුම්බක ප්‍රේරණය (Electromagnetic induction)

විද්‍යුත් චුම්බක ප්‍රේරණය යනු වෙනස් වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක සන්නායකයක් තබා ඇති විට හෝ ස්ථාවර චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක සන්නායකයක් චලනයේ දී හෝ සන්නායකය හරහා විද්‍යුත්ගාමක බලයක් (electromotive force (e.m.f.)) හෙවත් වෝල්ටීයතාවක් ප්‍රේරණය වීමයි. මෙහි දී විද්‍යුත් චුම්බක ප්‍රේරණයට වැදගත් වනුයේ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ වෙනස් වීමයි.

• පරිනාලිකාවක් තුළ චුම්බකයක් චලනය වීමේ දී ප්‍රේරණය වන විද්‍යුත්ගාමක බලය

පරිනාලිකාවක් තුළින් චුම්බකයක් එහා මෙහා චලනය කිරීමේ දී චුම්බක බල රේඛා කැපීම හේතුවෙන් එනම්, චුම්බක ක්ෂේත්‍රය වෙනස් වීම හේතුවෙන් එහි දඟරයේ විද්‍යුත්ගාමක බලයක් ප්‍රේරණය වේ. එම විද්‍යුත්ගාමක බලයේ විශාලත්වය ෆැරඩේගේ නියමය අනුව නිර්ණය කළ හැකි ය.

• ෆැරඩේගේ නියමය (Faraday's Law)

සන්නායකයක ඇති වන ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලයේ විශාලත්වය (electro motive force - e.m.f.- *e*), එහි චුම්බක ස්‍රාවය (magnetic flux- *Ø*) කැපීමේ ශීඝ්‍රතාවට අනුලෝමව සමානුපාතික වේ.

$$e \quad \alpha \quad \frac{dØ}{dt}$$

• ලෙන්ස්ගේ නියමය (Lenz's Law)

චුම්බක ස්‍රාවයේ වෙනස් වීම නිසා ෆැරඩේගේ නියමය අනුව ප්‍රේරණය වන විද්‍යුත්ගාමක බලයේ ධ්‍රැවීයතාව ඇති වනුයේ කෙසේ ද යත්, එම විද්‍යුත් ගාමක බලය නිසා උපදින ධාරාව හේතුකොට ඇති වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රය, විද්‍යුත්ගාමක බලය ඇති වීමට හේතු වූ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ වෙනස් වීමට ප්‍රතිවිරුද්ධ වන ලෙසයි.

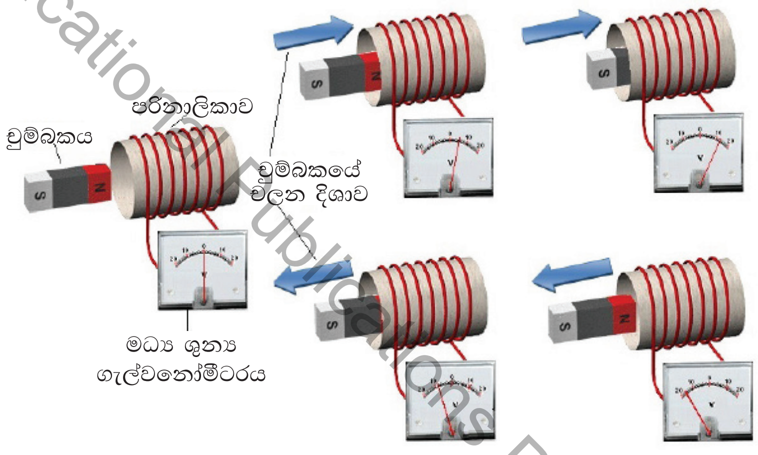
$$e \, \alpha - \frac{dØ}{dt}$$

ෆැරඩේගේ නියමය හා ලෙන්ස්ගේ නියමය අවබෝධ කර ගැනීමට පහත දක්වා ඇති පරීක්ෂණය උපකාරී වේ.

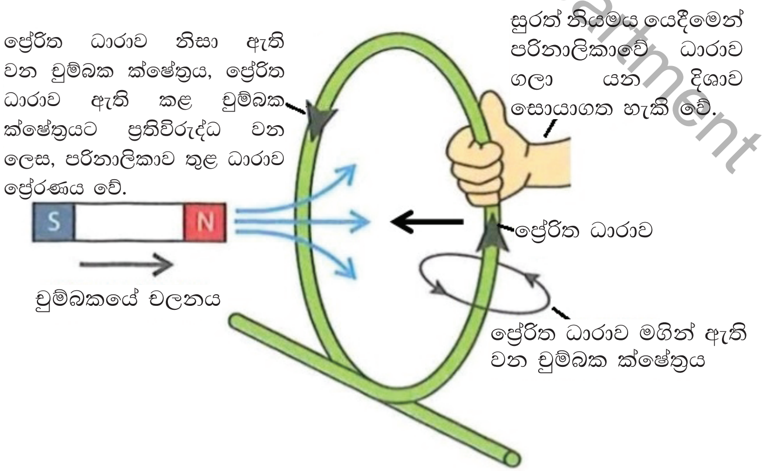
Educational Publications Department

1.9 රූපයේ දැක්වෙන පරිදි පරිනාලිකාවක් ගැල්වනෝමීටරයකට සම්බන්ධ කර චුම්බකයක් පරිනාලිකාවේ ඇතුළතට හෝ පිටතට හෝ වේගයෙන් චලනය කිරීමේ දී එහි වෝල්ටීයතාවක් ඇති වන බව පෙන්වයි. එමගින් ෆැරඩේගේ නියමය පැහැදිලි වේ.

එලෙස ම 1.9 රූපයේ දැක්වෙන පරිදි පරිනාලිකාව තුළට චුම්බකය චලනය කිරීමේ දී චුම්බකයේ බල රේඛා පිහිටන දිශාව අනුව දඟරයේ උපදින ධාරාව ඇති වන අතර, ගැල්වනෝමීටරයේ දර්ශකය දකුණු පසට චලනය වේ. පරිනාලිකාවෙන් පිටතට චුම්බකය චලනය කිරීමේ දී දඟරයේ චුම්බක ක්ෂේත්‍රය වෙනස් වීමේ දිශාව වෙනස් වන බැවින් එහි උපදින ධාරාවේ දිශාව ද වෙනස් වන අතර එහි දී ගැල්වනෝමීටරයේ දර්ශකය වම් පසට චලනය වේ. ලෙන්ස්ගේ නියමයෙන් කියවෙන්නේ මෙම සිද්ධාන්තය යි. 1.10 රූපයෙන් ලෙන්ස්ගේ නියමය තවදුරටත් පැහැදිලි කර පෙන්වයි. මැක්ස්වෙල්ගේ කස්කුරුප්පු නියමය යොදා ගනිමින් ප්‍රේරිත ධාරාවේ දිශාව සොයා ගන්නා ආකාරය එහි පෙන්වා ඇත.



රූපය 1.9 - මධ්‍ය ශූන්‍ය ගැල්වනෝමීටරයක් මගින් පරිනාලිකාවක උපදින විද්‍යුත්ගාමක බලය (e.m.f) නිර්ණය කිරීම



රූපය 1.10 - ලෙන්ස් නියමයේ ආදර්ශනය

Educational Publications Department

ෆැරඩේගේ නියමය අනුව ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය (e.m.f.) පහත සමීකරණය මගින් දැක්විය හැකි ය.

$$e \quad \alpha \quad \frac{d\text{Ø}}{dt}$$

මෙහි, e = ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය (electromotive force)

$\frac{d\text{Ø}}{dt}$ = ස්‍රාවය වෙනස් වීමේ ශීඝ්‍රතාව (rate of change of magnetic flux)

ස්‍රාවය වෙනස් වීමේ ශීඝ්‍රතාවය තත්පරයට වෙබර ($Wb\ s^{-1}$) යන ඒකකයෙන් දැක්වේ.

පරිනාලිකාවේ එක් මුදුවක් (වටයක්) සැලකූ විට,

$$e = \frac{d\text{Ø}}{dt}$$

දඟරයේ වට N ප්‍රමාණයක් ඇත් නම්,

$$e = N \frac{d\text{Ø}}{dt} \quad (N \text{ නියත බැවින්})$$

ලෙන්ස්ගේ නියමයෙන් දැක්වෙන පරිදි ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලයේ දිශාව අනුව පවතින චුම්බක ක්ෂේත්‍රයට ප්‍රතිවිරුද්ධ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති කරන බැවින් ඉහත ප්‍රකාශනය ඉදිරියෙන් ඍණ (–) ලකුණ යොදා ප්‍රකාශ කෙරෙයි.

$$e = -N \frac{d\text{Ø}}{dt}$$

ඉහත සමීකරණයෙන් වෙනස් වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක ඇති පරිනාලිකාවක ප්‍රේරණය වන විද්‍යුත්ගාමක බලය සොයා ගත හැකි අතර විද්‍යුත්ගාමක බලය නිසා ඇති වන ධාරාවේ දිශාව මැක්ස්වෙල්ගේ කස්කුරුප්පු නියමය හෝ ෆ්ලෙමින්ගේ සුරත් නීතිය හෝ යොදා ගැනීමෙන් සොයා ගත හැකි වේ. ෆ්ලෙමින්ගේ සුරත් නීතිය පසු කොටසක විග්‍රහ කර ඇත.

Educational Publications Department

නිදසුන 1

වට 1200කින් යුත් පරිනාලිකාවක් තුළින් ගලා යන චුම්බක ස්‍රාවය තත්පර 0.1ක් තුළ දී 400 μWb සිට ශූන්‍යය දක්වා අඩු කර ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවට එනම්, – 400 μWb දක්වා වැඩි කිරීමේ දී උපදින විද්‍යුත්ගාමක බලයේ විශාලත්වය සොයන්න. මෙහි සෘණ ලකුණෙන් දැක්වෙන්නේ ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවට සිදු වන වැඩි වීමයි.

චුම්බක ස්‍රාවයේ වෙනස් වීම = – 800 μWb = – 800 × 10^{-6} Wb

ඒ සඳහා ගත වන කාලය = 0.1 s

වට ගණන = 1200

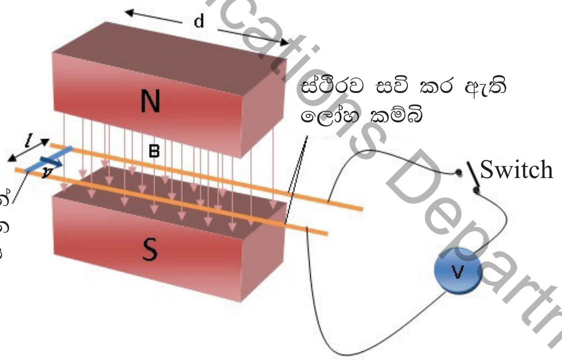
ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය (e) $= N\dfrac{d\text{Ø}}{dt}$

$$e = 1200 \times \frac{800 \times 10^{-6}}{0.1}$$

= 9.6 V

Educational Publications Department

- **චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ සන්නායකයක් චලනය කිරීමේ දී ප්‍රේරණය වන විද්‍යුත්ගාමක බලය**



රූපය 1.11 - චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ සන්නායකයක් චලනය කිරීමේ දී එහි උපදින විද්‍යුත්ගාමක බලය

චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ සන්නායකයක්, බලයක් යොදා චලනය වීමේ දී එහි විද්‍යුත්ගාමක බලයක් (වොල්ටීයතාවක්) ප්‍රේරණය වේ. එම විද්‍යුත්ගාමක බලය (electromotive force) පහත විග්‍රහ කර ඇති පරිදි ගණනය කළ හැකි ය.

ඒකක ක්ෂේත්‍රයක් මත පතිත වන චුම්බක ස්‍රාව ප්‍රමාණය ස්‍රාව ඝනත්වය B නම් වේ. ස්‍රාව ඝනත්වයේ මිනුම් ඒකකය වර්ගමීටරයට වෙබර් (Wb m^{-2}) හෙවත් ටෙස්ලා (Tesla,T) ලෙස දැක්වේ.

1.11 රූපයේ දක්වා ඇති පරිදි ස්‍රාව ඝනත්වය (flux density), B වූ ඒකාකාර චුම්බක ක්ෂේත්‍රයකට ලම්බක ව v වේගයකින් චලනය වන l දිගකින් යුත් සන්නායකයක් සලකන්න.

ස්‍රාව ඝනත්වය, $B = \dfrac{\varnothing}{A}$

මෙහි, $\varnothing$ = චුම්බක ස්‍රාවය (Wb)

A = ක්ෂේත්‍රඵලය (m^2)

එම නිසා, $\varnothing = B\,A$

ෆැරඩේගේ නියමය අනුව චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ චලනය වන එක් සන්නායකයක් සඳහා

$$e = \frac{d\varnothing}{dt}$$

මෙහි $\varnothing = B\,A$ ආදේශයෙන්,

$$e = \frac{d(B\,A)}{dt} \qquad (1)$$

1.11 රූපයට අනුව, l දිගැති සන්නායකයට d දුර ගමන් කිරීමට t කාලයක් ගත වේ නම්,

එමගින් අමදිනු ලබන ප්‍රදේශයේ වර්ගඵලය,

$A = l\,d$ බැවින්,

අංක (1) දරණ සමීකරණය පහත පරිදි දැක්විය හැකි ය.

$$e = \frac{Bld}{t}$$

මෙහි සන්නායකයේ වේගය, $V = \dfrac{d}{t}$ වන නිසා,

$$e = Bl\,v$$

ඉහත $e = Bl\,v$ සමීකරණයේ,

B = ස්‍රාව ඝනත්වය, Wb/m^2 (T) වලින් ද

ℓ = චුම්බක ක්ෂේත්‍රය තුළ ඇති සන්නායකයේ දිග, m වලින් ද

v = සන්නායකයේ චලන ප්‍රවේගය $m\,s^{-1}$ වලින් ද

ආදේශ කළ විට ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය (e), වෝල්ට් (V) වලින් ලැබේ.

Educational Publications Department

නිදසුන 2

80 km h^{-1} වේගයකින් ගමන් ගන්නා වාහනයක ඇක්සලයේ දිග 2 m වේ. පොළොවේ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ ස්‍රාව ඝනත්වය 40 μT නම් ඇක්සලයේ ඇති වන විද්‍යුත්ගාමක බලය සොයන්න.

චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ ස්‍රාව ඝනත්වය $= 40\ \mu T = 40 \times 10^{-6}\ T$

ඇක්සලයේ දිග $= 2\ m$

වේගය $= 80\ km\ h^{-1} = \dfrac{80 \times 1000\ m\ s^{-1}}{60 \times 60} = 22.2\ m\ s^{-1}$

එහි උපදින විද්‍යුත් ගාමක බලය $(e) = Blv$

$e = 40 \times 10^{-6} \times 2 \times 22.2 = 1776 \times 10^{-6}\ V$

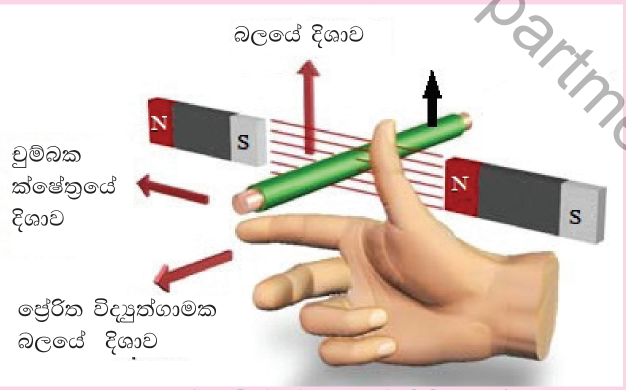
$e = 1776\ \mu V$

ඉහත සඳහන් කළ ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලයේ දිශාව, ෆ්ලෙමින්ගේ සුරත් නීතිය යොදා ගැනීමෙන් සොයා ගත හැකි වේ. ෆ්ලෙමින්ගේ සුරත් නීතිය පහත විග්‍රහ කර ඇත.

- **ෆ්ලේමින්ගේ දකුණත් (සුරත්) නීතිය** (Fleming's Right Hand Rule)

සුරතෙහි පළමු ඇඟිලි තුන එකිනෙකට 90° බැගින් පිහිටි තල තුනක පිහිටුවූ විට, මාපටැඟිල්ලෙන් සන්නායකය චලනය වන දිශාව ද දබරැඟිල්ලෙන් එම සන්නායකය මගින් කැපෙන චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පිහිටන දිශාව ද දැක්වූ විට මැදැඟිල්ලෙන් ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලයේ දිශාව ද පෙන්නුම් කරනු ලැබේ.

සුරත් නියමය ආදර්ශනය කරන ආකාරය 1.12 රූපය මගින් දක්වා ඇත.



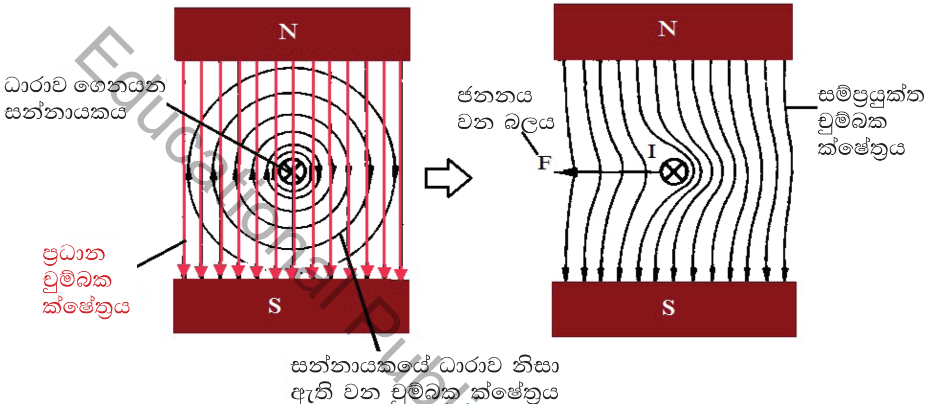
රූපය 1.12 - ෆ්ලෙමින්ගේ දකුණත් නීතිය ආදර්ශනය

Educational Publications Department

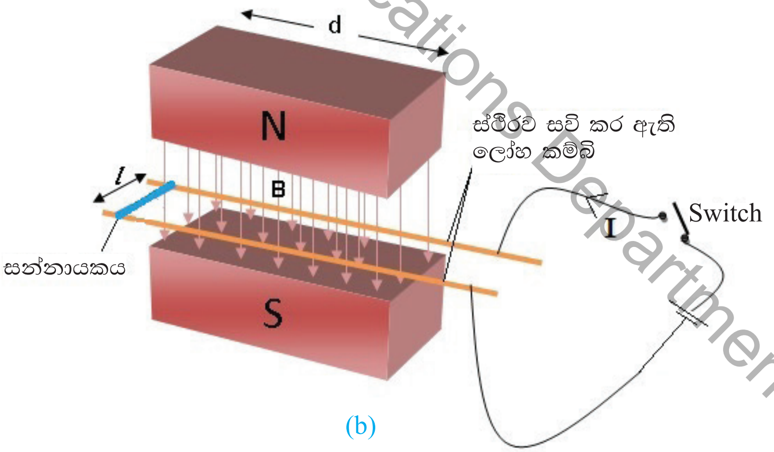
1.1.3 විදුලි මෝටරයක ක්‍රියාකාරී මූලධර්ම

විදුලි මෝටරයක සිදු වනුයේ විදුලි ශක්තිය, යාන්ත්‍රික ශක්තියට පරිවර්තනය කිරීමයි. මෙහි දී බලපාන ප්‍රධාන සාධකය වනුයේ ද විද්‍යුත් චුම්බක ප්‍රේරණයයි.

- **චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ ධාරාව ගෙන යන සන්නායකයක් තබා ඇති විට ඒ මත ඇති වන බලය**



(a)



(b)

රූපය 1.13 - චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ ඇති ධාරාව ගෙන යන සන්නායකයක් මත බලයක් ඇති වන ආකාරය

1.13 (a) රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි ස්‍රාව ඝනත්වය B වූ ඒකකාරී චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ ℓ දිගැති සන්නායකයක් තුළින් I ධාරාවක් තලය තුළට ගලා යන විට සන්නායකයේ දකුණු පස ඇති ස්‍රාවය ප්‍රධාන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ දිශාවට පිහිටා එයට එකතු වන බැවින් දකුණු පස ප්‍රබලතාව වැඩි වේ. සන්නායකයේ වම් පස ඇති ස්‍රාවය ප්‍රධාන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයට විරුද්ධ බැවින් එහි වම් පස ප්‍රබලතාව අඩු වේ. එබැවින් සන්නායකය මත ජනනය වන බලය මගින් එය වමත් පසට තල්ලු වේ.

Educational Publications Department

මේ අනුව ඉහත 1.13 (b) රූපයේ පරිදි ස්‍රාව ඝනත්වය B වූ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ ℓ දිගකින් යුත් සන්නායකයක් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයට ලම්බක ව තබා, ඒ තුළින් I ධාරාවක් ගලා යැවීමේ දී එහි චලනයක් ඇති වේ. සන්නායකයේ චලිතය සඳහා ඇති වන බලයෙහි විශාලත්වය, (F) කෙරෙහි බලපාන සාධක පහත දැක්වේ.

ස්‍රාව ඝනත්වය (B) වැඩි වීමේ දී බලය (F) වැඩි වේ.
සන්නායකය තුළින් ගලා යන ධාරාව (I) වැඩි වීමේ දී බලය (F) වැඩි වේ.
චුම්බක ක්ෂේත්‍රය තුළ ඇති සන්නායකයේ දිග (ℓ) වැඩි වීමේ දී බලය (F) වැඩි වේ.

එනම්, $F \propto BI\ell$

ඕනෑම අවස්ථාවක දී සන්නායකයේ දිග ℓ නියත යයි සැලකිය හැකි ය.

$$F = BI\ell$$

ඉහත සමීකරණයේ ස්‍රාව ඝනත්වය (B) ටෙස්ලා (T) වලින් ද, ධාරාව (I) ඇම්පියර් (A) වලින් ද, සන්නායක දිග (l) මීටර (m) වලින් ද, ගත් විට බලය (F), නිව්ටන් (N) වලින් ලැබේ.

Educational Publications Department

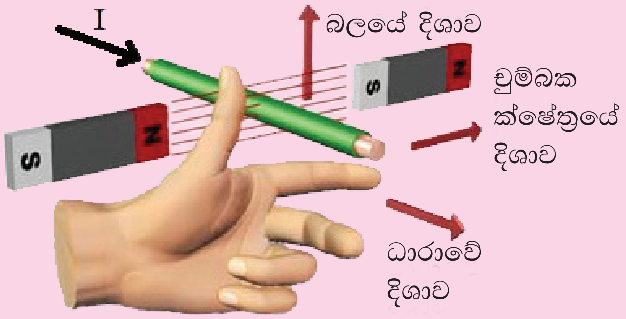
නිදසුන 3

800 A ධාරාවක් ගලා යන 1 m දිගැති සන්නායකයක් ස්‍රාව ඝනත්වය 0.5 T වූ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ තබා ඇති විට, ඒ මත ඇති වන බලය සොයන්න.

චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ ස්‍රාව ඝනත්වය = 0.5 T
සන්නායකයේ දිග = 1 m
සන්නායකයේ ගලා යන ධාරාව = 800 A
සන්නායකය මත ඇති වන බලය $(F) = BIl$
$F = 0.5 \times 800 \times 1$
$F = 400$ N

චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක තබා ඇති සන්නායකයක් තුළින් ධාරාවක් ගලා යෑමේ දී සන්නායකය මත ඇති වන බලයේ දිශාව ෆ්ලෙමින්ගේ වමත් නියමය මගින් සොයා ගත හැකි ය. ෆ්ලෙමින්ගේ වමත් නියමය පහත විස්තර කර ඇති අතර, එය 1.14 රූපයෙන් ආදර්ශනය කෙරේ.

- ෆ්ලේමින්ගේ වමත් නීතිය (Fleming's Left Handed Rule)



රූපය 1.14 - ෆ්ලෙමින්ගේ වමත් නීතිය අනුව සන්නායකයක් මත බලය ඇති වන දිශාව නිර්ණය කෙරෙන ආකාරය

වමතෙහි පළමු ඇඟිලි තුන එකිනෙකට 90^0 වන සේ පිහිටුවූ විට දබරැඟිල්ලෙන් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ දිශාවත් මැදැඟිල්ලෙන් විදුලි ධාරාව ගලා යන දිශාවත් දැක්වූ විට මාපටැඟිල්ලෙන් දැක්වෙන්නේ සන්නායකය මත බලය ඇති වන දිශාවයි.

අභ්‍යාස 1

(1) 500 mm දිගින් යුත් සන්නායකයක් එහි දිගට හා 0.4 T වූ චුම්බක ස්‍රාව සනත්වයක් ඇති ඒකාකාරි චුම්බක ක්ෂේත්‍රයකට ලම්බක ව චලනය කරනු ලැබේ. සන්නායකයේ ජනිත ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය 2 V වන අතර සන්නායකය, ප්‍රතිරෝධය 0.5 Ω වූ සංවෘත පරිපථයක් ඇති කරන්නේ නම්,

(i) සන්නායකය චලනය කරන ප්‍රවේගය ($m\ s^{-1}$ වලින්) කොපමණ ද?

(ii) සන්නායකය මත ක්‍රියා කරන බලය (N වලින්) කොපමණ ද?

(iii) සන්නායකය 600 mm දුරක් චලනය වීමේ දී කරන ලද කාර්යය (J වලින්) කොපමණ ද?

(2) වට 500ක් ඇති පරිනාලිකාවක් හරහා පවතින චුම්බක ස්‍රාවය ශුන්‍යයේ සිට 200 μWb දක්වා 3 ms කාලයක දී ඒකාකාරී ව වැඩි වේ. ඉන් පසු තත්පරයක කාලයක් නොවෙනස් ව 200 μWb වල පවතින අතර, ඊළඟ තත්පරය ඇතුළත නැවතත් ශුන්‍ය දක්වා ඒකාකාරී ව අඩු වේ. මෙයට අදාළ ව පරිනාලිකාවේ ඇති වන ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය, කාලය සමඟ වෙනස් වන ආකාරය ප්‍රස්තාරයකින් දක්වන්න.

(3) පරිවරණය කරන ලද මෘදු යකඩ හරයක *A* හා *B* දඟර 2ක් ඔතා ඇත. *A* දඟරයේ වට 300ක් ද *B* දඟරයේ වට 2800ක් ද ඇත. A දඟරයට 4 A ධාරාවක් සැපයූ විට 800 μWb චුම්බක ස්‍රාවයක් මෘදු යකඩ හරයේ ඇති වේ. 20 ms කාලයක් ඇතුළත ධාරාව ප්‍රතිවර්ත කරන ලද නම් *A* හා *B* දඟර මත ප්‍රේරණය වන විද්‍යුත්ගාමක බල කොපමණ වේ ද?

Educational Publications Department

සාරාංශය

- යාන්ත්‍රික ශක්තිය $\xrightarrow{\text{විදුලි ජනක}}$ විදුලි ශක්තිය
- විදුලි ශක්තිය ජනනය කර ගැනීමට පහත සිද්ධාන්ත මූලික වේ.
  - ඒකාකාර චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක චලනය වන සන්නායකයක් තිබීම

$$e = Bl\,v$$

  - නැතහොත් වෙනස් වන චුම්බක හෝ ක්ෂේත්‍රයක සන්නායක් හෝ පරිනාලිකාවක් හෝ තිබීම

$$e = -N\frac{d\phi}{dt}$$

- ප්‍රේරණය වන ධාරාවේ දිශාව සොයා ගැනීමට ෆ්ලෙමින්ගේ සුරත් නියමය යොදා ගැනේ.
- ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා විදුලි ජනක මෙන්ම සරල ධාරා විදුලි ජනක නිපදවා ඇත්තේ මෙම මූලික සිද්ධාන්ත පදනම් කර ගෙන යි.
- විදුලි ශක්තිය $\xrightarrow{\text{විදුලි මෝටරය}}$ යාන්ත්‍රික ශක්තිය
- විදුලි ශක්තිය යොදා ගනිමින් යාන්ත්‍රික ශක්තිය ඇති කර ගැනීමට මූලික වන සිද්ධාන්තය නම් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ ධාරාව ගෙන යන සන්නායකයක් පැවතීමයි.

$$F = BI\ell$$

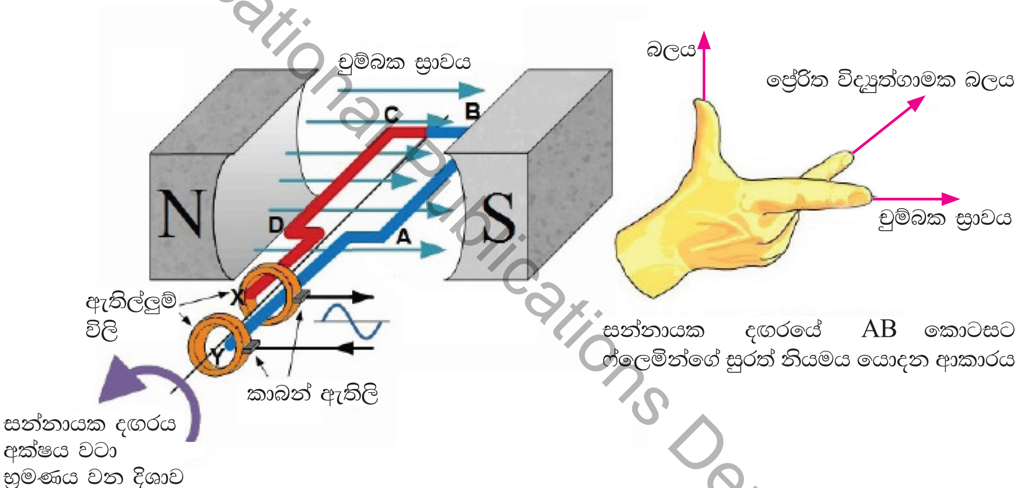
- ඇති වන බලයේ දිශාව සොයා ගැනීමට ෆ්ලෙමින්ගේ වමත් නියමය යොදා ගැනේ.

Educational Publications Department

1.2 ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා ජනක (Alternating Current (AC) Generators)

චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ සන්නායක දඟරයක් චලනය කිරීමේ දී මෙන් ම සන්නායක දඟරය නිසල ව තබා චුම්බක ක්ෂේත්‍රය වෙනස් කිරීමේ දී සන්නායක දඟරය මත විද්‍යුත්ගාමක බලයක් (වෝල්ටීයතාවක්) ඇති වන බව 1.1 කොටසේ දී අවබෝධ කර ගතිමු. 1.15 රූපයේ දැක්වෙන පරිදි චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ භ්‍රමණය වෙමින් පවතින සන්නායක පුඩුවක් තුළ මෙසේ ප්‍රේරණය වන වොල්ටීයතාව ප්‍රත්‍යාවර්ත වන අතර, එය එලෙස ම බාහිර පරිපථයකට සම්බන්ධ කළ විට ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවක් ජනිත වේ. ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා ජනකයක ක්‍රියාකාරීත්වයේ මූලික පදනම මෙම සංසිද්ධිය යි.

1.2.1 එකලා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව ජනනය



රූපය 1.15 - චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ භ්‍රමණය වන සන්නායක පුඩුවක ධාරාවක් ප්‍රේරණය වන ආකාරය

1.15 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා ජනකයක එක් දඟරයක් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ භ්‍රමණය වෙමින් පවතින ආකාරය යි. දඟරයේ අග්‍ර (X,Y) වෙන වෙන ම ඇතිල්ලුම් විලි දෙකකට සම්බන්ධ කර ඇති අතර, දඟරය වාමාවර්ත ව භ්‍රමණය කෙරේ. දඟරයේ AB කොටස සැලකූ විට දඟරය වාමාවර්ත ව චලනයේ දී AB කොටස මේ අවස්ථාවේ උඩ අතට චලනය වන බවත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රය උත්තර (N) ධ්‍රැවයේ සිට දක්ෂිණ (S) ධ්‍රැවයට 1.15 රූපයේ ඊ හිස මගින් පෙන්වා ඇති පරිදි වන බවත් පැහැදිලි වේ. මේ අවස්ථාවට අනුකූල ව ෆ්ලෙමින්ගේ සුරත් නියමය යොදා ගන්නා ආකාරය 1.15 රූපයේ ම පෙන්වා ඇත. මේ අනුව පැහැදිලි වන්නේ A සිට B දිශාවට ධාරාව ගලා යන බව යි. මෙපරිදි ම දඟරයේ ඉතිරි කොටස් මත ද ෆ්ලෙමින්ගේ සුරත් නියමය යොදා ධාරාව ගලා යන දිශාව විමසීමේ දී මේ අවස්ථාවේ පුඩුව තුළ ධාරාව Y අග්‍රයේ සිට X අග්‍රය දෙසට ගලා යන බව අවබෝධ කර ගත හැකි ය.

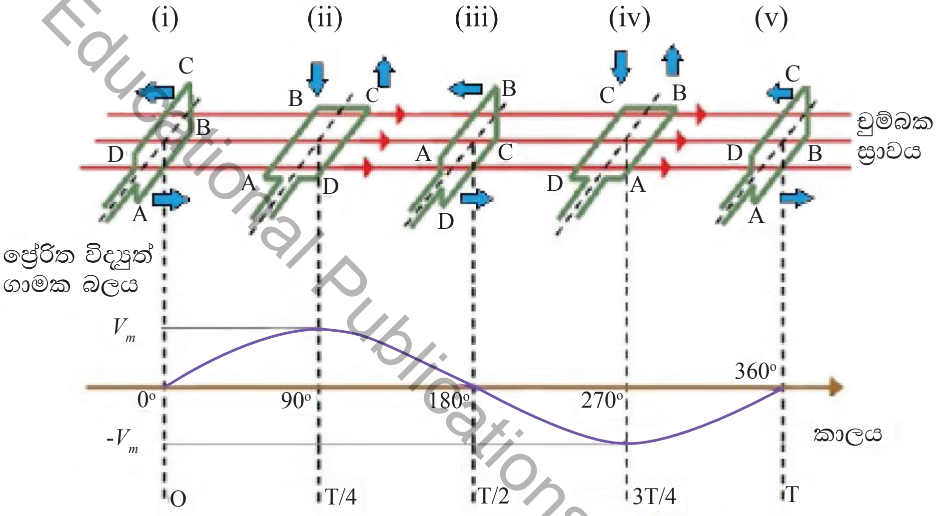
දඟරය 180°කින් භ්‍රමණය කිරීමේ දී දඟරයේ බාහුවල පිහිටීම මාරු වේ. එවිට X අග්‍රයේ සිට Y අග්‍රය දක්වා දඟරය තුළින් ධාරාව ගලා යන බව පැහැදිලි ය. එනම් මෙහි දී ධාරාව

Educational Publications Department

ප්‍රත්‍යාවර්ත වේ. මෙලෙස දඟරයේ පිහිටීම අනුව ඒ තුළින් ගලා යන ධාරාවේ දිශාව ෆ්ලෙමින්ගේ සුරත් නියමයට අනුකූල ව වෙනස් වන අතර, දඟරය මත බලපවත්වන චුම්බක ස්‍රාව ඝනත්වය (B) වෙනස් වන බැවින් $e = Blv$ අනුව ප්‍රේරණය වන විද්‍යුත්ගාමක බලයේ අගය ද වෙනස් වේ.

1.2.2 ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවේ සයිනාකාර ස්වභාවය

1.15 රූපයේ පරිදි සැකසූ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ භ්‍රමණය වන සන්නායක පුඩුවක, එහි පිහිටීම අනුව විද්‍යුත්ගාමක බලය ප්‍රේරණය වන ආකාරය 1.16 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත.



රූපය 1.16 - එකලා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව නිපදවෙන ආකාරය

Educational Publications Department

1.16 රූපයේ පෙනන පරිදි චුම්බක ක්ෂේත්‍රය තුළ දඟරය වාමාවර්ත ව භ්‍රමණය කිරීමේ දී AB, CD සන්නායක කොටස් වෘත්තාකාර පථයක ගමන් කරයි.

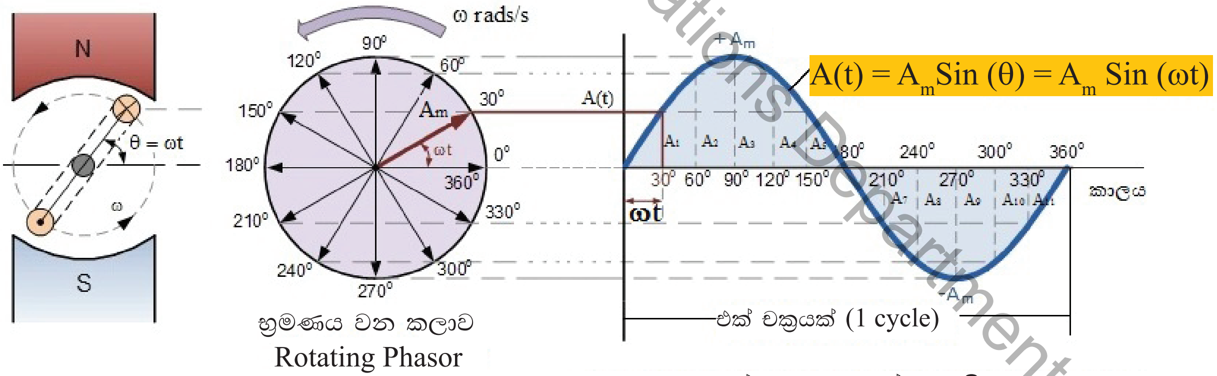
- AB හා CD සන්නායක කොටස් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයට සමාන්තර ව ගමන් කරන රූපයේ (i) අවස්ථාවේ දී චුම්බක බල රේඛා නොකැපීම හේතුවෙන් ස්‍රාව ඝනත්වය ශූන්‍ය ($B = 0$) වේ. එනිසා මේ (i) අවස්ථාවේ දී විද්‍යුත්ගාමක බලයක් ප්‍රේරණය නොවේ ($e = 0$).
- 1.16 රූපයේ (i) අවස්ථාවේ සිට (ii) අවස්ථාව දක්වා සන්නායක දඟරය භ්‍රමණයේ දී AB හා CD කොටස් දඟරයේ අක්ෂය වටා 0° සිට 90° දක්වා භ්‍රමණය වී ඇත. (i) අවස්ථාවේ සිට (ii) අවස්ථාව දක්වා දඟරය භ්‍රමණය වීමේ දී චුම්බක බල රේඛා කැපීම හේතුවෙන් විද්‍යුත්ගාමක බලය ප්‍රේරණය වන අතර, විද්‍යුත්ගාමක බලය ක්‍රමයෙන් වැඩි වී 90° දී ((ii) අවස්ථාවේ දී) චුම්බක ශ්‍රාව ඝනත්වය උපරිම බැවින් ධන උපරිමයකට (V_m) පත් වේ.
- (ii) අවස්ථාවේ සිට (iii) අවස්ථාවට යෑමේ දී 90° සිට 180° දක්වා සන්නායක භ්‍රමණය වන අතර, එසේ භ්‍රමණයේ දී විද්‍යුත්ගාමක බලය අඩු වී (iii) අවස්ථාවේ දී ශූන්‍ය වන බව අවබෝධ කර ගත හැකි වේ.

- AB, CD සන්නායක 180°කින් භ්‍රමණය වී ඇති (iii) අවස්ථාවේ දී (i) අවස්ථාවට සම්පූර්ණ ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවට AB හා CD සන්නායක කොටස් චලනය වේ. එවිට ෆ්ලෙමින්ගේ සුරත් නියමය යෙදීමෙන් AB හා CD කොටස්වල ධාරාව ගලා යන දිශාව ප්‍රතිවිරුද්ධ අතට වන බව අවබෝධ කර ගත හැකි ය.

- මෙසේ (iii) සිට (iv) අවස්ථාවට දඟරය භ්‍රමණය වීමේ දී 180° සිට 270° දක්වා AB, CD කොටස් භ්‍රමණය වේ. එහි දී විද්‍යුත්ගාමක බලය ශුන්‍යයේ සිට සෘණ උපරිමය ($-V_m$) දක්වා වැඩි වී නැවත (v) අවස්ථාවට පත් වීමේ දී අගය ක්‍රමයෙන් අඩු වී ශුන්‍යට පත් වේ.

- (v) අවස්ථාව වන විට AB, CD සන්නායක කොටස්, 360°කින් එහි අක්ෂය වටා භ්‍රමණය වී ඇති අතර එය මුල් පිහිටුමට සමාන වේ. මෙසේ දඟරයක් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක භ්‍රමණයේ දී කාලය සමඟ ඇති වන ප්‍රත්‍යාවර්ත විද්‍යුත්ගාමක බලය 360° තුළ වෙනස් වෙමින් ඇති වන තරංග කොටස එක් **චක්‍රයක් (cycle)** ලෙස හැඳින්වේ.

ප්‍රත්‍යාවර්ත විද්‍යුත්ගාමක බලය මෙසේ ජනනය කර එම පරිපථයට විබැරක් (load) එක් කළ විට ඇති වන ධාරාව ද ප්‍රත්‍යාවර්ත වන අතර කාලය සමඟ විචලනය වන මේ තරංග සයිනාකාර වන බව 1.17 රූපය මගින් විස්තර කෙරේ.



රූපය 1.17- ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා සයිනාකාර තරංගයක් නිපදවන ආකාරය

1.17 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවේ එක් චක්‍රයක් (cycle) තුළ වෝල්ටීයතාවේ හෝ ධාරාවේ හෝ අගය වෙනස් වන ආකාරය යි. චුම්බක ධ්‍රැව 2ක් ඇති අවස්ථාවේ දඟරයේ භ්‍රමණ වේගය, ω rad s^{-1} නම් t කාලයක දී එය $\theta = \omega t$ කෝණයකින් විචලනය වේ.

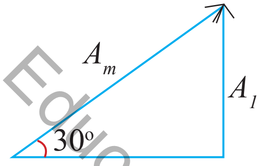
Educational Publications Department

$\theta = \omega t = 90^o$ වන අවස්ථාවේ දී චුම්බක ස්‍රාව සනත්වය උපරිම වන බැවින්, විද්‍යුත් ගාමක බලය හෝ ධාරාවේ හෝ උපරිම අගය (peak value) ලැබේ. වෙනත් ඕනෑ ම අවස්ථාවක දී ලැබෙන අගය හෙවත් ක්ෂණික අගය (instantaneous value) පහත සම්බන්ධතාවෙන් ගණනය කර ගත හැකි ය.

$$A(t) = A_m \text{ Sin } \theta$$

$$= A_m \text{Sin } (\omega t)$$

උදාහරණයක් ලෙස $\theta = 30^o$ $(\omega t = 30^o)$ අවස්ථාව සලකන්න.



$$A_1 = A_m \text{ Sin } 30^o = \frac{A_m}{2}$$

Educational Publications Department

ඒ අනුව එක් එක් කෝණයන්හි දී ක්ෂණික අගය 1.1 වගුවෙහි දක්වා ඇත.

වගුව 1.1

$A_1 = A_m \text{ Sin } 30^o = \frac{A_m}{2}$	$A_7 = A_m \text{ Sin } 210^o = \frac{-A_m}{2}$
$A_2 = A_m \text{ Sin } 60^o = \frac{\sqrt{3}}{2} A_m$	$A_8 = A_m \text{ Sin } 240^o = -\frac{\sqrt{3}}{2} A_m$
$A_3 = A_m \text{ Sin } 90^o = A_m$	$A_9 = A_m \text{ Sin } 270^o = -A_m$
$A_4 = A_m \text{ Sin } 120^o = \frac{\sqrt{3}}{2} A_m$	$A_{10} = A_m \text{ Sin } 300^o = -\frac{\sqrt{3}}{2} A_m$
$A_5 = A_m \text{ Sin } 150^o = \frac{A_m}{2}$	$A_{11} = A_m \text{ Sin } 330^o = \frac{-A_m}{2}$
$A_6 = A_m \text{ Sin } 180^o = 0$	$A_{12} = A_m \text{ Sin } 360^o = 0$

වෝල්ටීයතාව හා ධාරාව වෙන් වෙන් ව විග්‍රහ කිරීමේ දී ඕනෑ ම අවස්ථාවක දී අගය, එනම්: ක්ෂණික අගය පහත සඳහන් පරිදි දැක්විය හැකි ය.

වෝල්ටීයතාවේ ක්ෂණික අගය (V_i)
Instantaneous Voltage

$$V_i = V_m \text{ Sin } \theta$$

ධාරාවේ ක්ෂණික අගය (I_i)
Instantaneous Current

$$I_i = I_m \text{ Sin } \theta$$

ඕනෑ ම අවස්ථාවක දී අගය, එනම් ක්ෂණික අගය නිර්ණය වනුයේ කෝණයේ සයින් අගය මත බැවින්, මෙයට ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා සයිනාකාර තරංගයක් (AC sinusoidal wave form) යයි කියනු ලබයි.

නිදසුන 4

විදුලි සැපයුමක උපරිම වෝල්ටීයතාව 10 V නම්, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300°, 330°, 360° දී වෝල්ටීයතාවේ ක්ෂණික අගයන් සොයන්න. ලබා ගන්නා ලද අගයන් අනුව ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා වෝල්ටීයතා වක්‍රය අඳින්න.

$$V_i = V_m \text{ Sin } \theta$$

(i) $\theta = 30^o$ දී , $V_1 = V_m \text{ Sin } 30^o = 10 \times 0.5 = 5 \text{ V}$

(ii) $\theta = 60^o$ දී, $V_2 = V_m \text{ Sin } 60^o = 10 \times 0.866 = 8.66 \text{ V}$

(iii) $\theta = 90^o$ දී, $V_3 = V_m \text{ Sin } 90^o = 10 \times 1 = 10 \text{ V}$

(iv) $\theta = 120^o$ දී, $V_4 = V_m \text{ Sin } 120^o = 10 \times 0.866 = 8.66 \text{ V}$

(v) $\theta = 150^o$ දී, $V_5 = V_m \text{ Sin } 150^o = 10 \times 0.5 = 5 \text{ V}$

(vi) $\theta = 180^o$ දී, $V_6 = V_m \text{ Sin } 180^o = 10 \times 0 = 0 \text{ V}$

(vii) $\theta = 210^o$ දී, $V_7 = V_m \text{ Sin } 210^o = 10 \times - 0.5 = -5 \text{ V}$

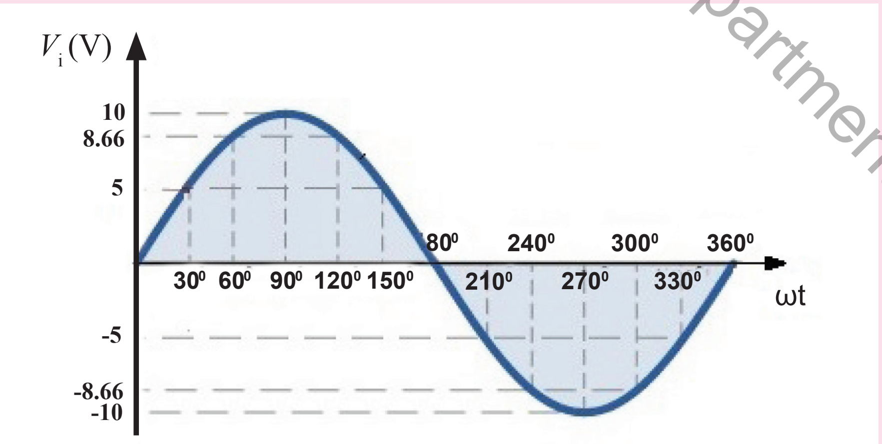
(viii) $\theta = 240^o$ දී, $V_8 = V_m \text{ Sin } 240^o = 10 \times - 0.866 = - 8.66 \text{ V}$

(ix) $\theta = 270^o$ දී, $V_9 = V_m \text{ Sin } 270^o = 10 \times -1 = - 10 \text{ V}$

(x) $\theta = 300^o$ දී, $V_{10} = V_m \text{ Sin } 300^o = 10 \times - 0.866 = - 8.66 \text{ V}$

(xi) $\theta = 330^o$ දී, $V_{11} = V_m \text{ Sin } 210^o = 10 \times - 0.5 = - 5 \text{ V}$

(xii) $\theta = 360^o$ දී, $V_{12} = V_m \text{ Sin } 360^o = 10 \times 0 = 0 \text{ V}$



Educational Publications Department

නිදසුන 5

විදුලි සැපයුමක උපරිම ධාරාව 20 A නම්, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°, 360° දී ධාරාවේ ක්ෂණික අගයන් සොයන්න.

$I_i = I_m \, \text{Sin} \, \theta$

(i) $\theta = 45^\circ$ දී $I_1 = I_m \, \text{Sin} \, 45^\circ = 20 \times 0.707 = 14.14 \text{ A}$

(ii) $\theta = 90^\circ$ දී $I_2 = I_m \, \text{Sin} \, 90^\circ = 20 \times 1 = 20 \text{ A}$

(iii) $\theta = 135^\circ$ දී $I_3 = I_m \, \text{Sin} \, 135^\circ = 20 \times 0.707 = 14.14 \text{ A}$

(iv) $\theta = 180^\circ$ දී $I_4 = I_m \, \text{Sin} \, 180^\circ = 20 \times 0 = 0 \text{ A}$

(v) $\theta = 225^\circ$ දී $I_5 = I_m \, \text{Sin} \, 225^\circ = 20 \times - 0.707 = 14.14 \text{ A}$

(vi) $\theta = 270^\circ$ දී $I_6 = I_m \, \text{Sin} \, 270^\circ = 20 \times - 1 = - 20 \text{ A}$

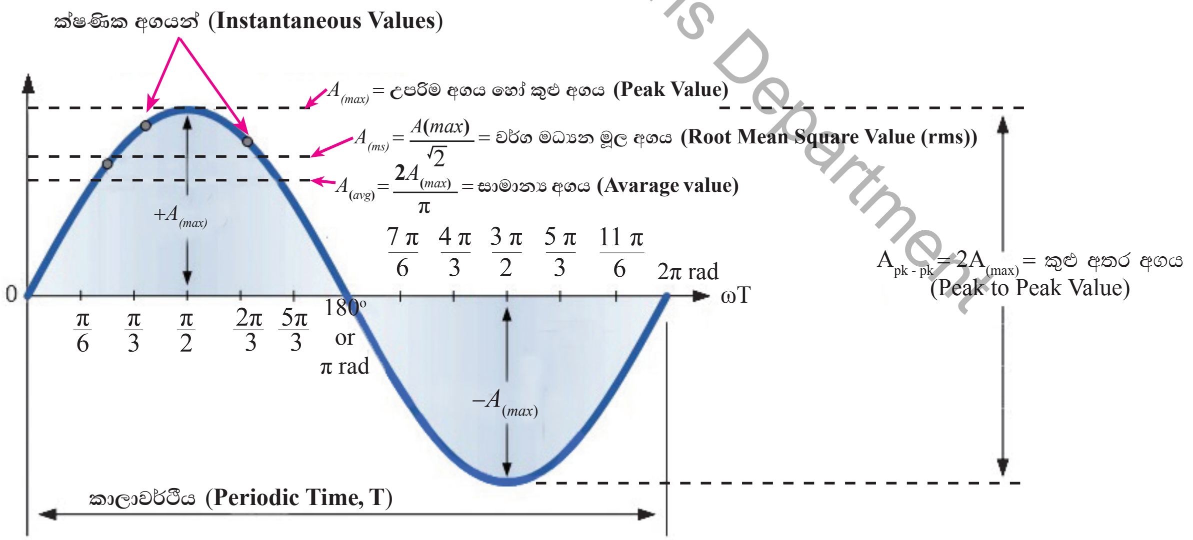
(vii) $\theta = 315^\circ$ දී $I_7 = I_m \, \text{Sin} \, 315^\circ = 20 \times - 0.707 = - 14.14 \text{ A}$

(viii) $\theta = 360^\circ$ දී $I_7 = I_m \, \text{Sin} \, 360^\circ = 20 \times 0 = - 0 \text{ A}$

Educational Publications Department

1.2.3 ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා සයිනාකාර තරංගයක මූලික ලක්ෂණ

ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා සයිනාකාර තරංගයක් 1.18 රූපයේ පෙන්වා ඇති අතර, එවැනි තරංගයක මූලික ලක්ෂණ වෙන් වෙන් වශයෙන් හඳුනා ගනිමු.



රූපය 1.18 - ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා සයිනාකාර තරංගයක මූලිකාංග

● කාලාවර්තය (Period T)

ප්‍රත්‍යාවර්තක ධාරාවේ එක් චක්‍රයක් සම්පූර්ණ වීමට ගත වන කාලය කාලාවර්තය (period, T) යනුවෙන් හඳුන්වනු ලැබේ.

● සංඛ්‍යාතය (Frequency f)

තත්පරයක් තුළ දී ඇති වන චක්‍ර ප්‍රමාණය සංඛ්‍යාතය (frequency, f) යනුවෙන් හඳුන්වනු ලැබේ.

එම නිසා, $$T = \frac{1}{f}$$

සංඛ්‍යාතය මනිනු ලබන ඒකකය, තත්පරයට චක්‍ර (cycles per seconds) හෙවත් හර්ට්ස් (Hz) වේ.

නිදසුන 6

ශ්‍රී ලංකාවේ විදුලි සැපයුමේ සංඛ්‍යාතය $f = 50$ Hz. මේ විදුලි සැපයුමේ කාලාවර්තය ගණනය කරන්න.

කාලාවර්තය, $T = \frac{1}{f}$

$= \frac{1}{50}$

$= 0.02$ s

$= 20$ ms

● උපරිම අගය (Peak Value, A_{max})

සයිනාකාර තරංගයේ වැඩි ම උස එහි උපරිම අගය (peak value) ලෙස හඳුන්වනු ලැබේ.

● කුළු අතර අගය (Peak to Peak Value, A_{pk-pk})

උපරිම ධන අගයත් උපරිම සෘණ අගයත් අතර පවතින වෙනස කුළු අතර අගය ලෙස හැඳින්වේ. සමමිතික සයිනාකාර තරංගයක් ගත් විට කුළු අතර අගය උපරිම අගය මෙන් දෙගුණයක් වේ.

$$A_{peak\text{-}peak} = 2A_{max}$$

● වර්ග මධ්‍යන්‍ය මූල අගය (Root Mean Square Value, A_{rms})

කාලය සමග වෙනස් වන සයිනාකාර තරංගයක් වර්ග කර, එහි මධ්‍යන්‍යය සොයා එම අගයෙහි වර්ගමූලය ගත් විට එම අගය වර්ග මධ්‍යන්‍ය මූල අගය ලෙස හැඳින්වේ. බොහෝ විට නාමික අගය (nominal value/rated value) ලෙස විදුලි උපකරණවල සටහන් කරනු ලබන්නේ මෙම වර්ග මධ්‍යන්‍ය මූල අගය යි.

Educational Publications Department

වර්ග මධ්‍යන්‍ය මූල අගය හා උපරිම අගය අතර සම්බන්ධතාව පහත දක්වා ඇති පරිදි වේ.

$$A_{rms} = \sqrt{2}\, A_{max} = 0.707\, A_{max}$$

● සාමාන්‍ය අගය (Average Value, A_{avg})

ඍජුකරණය (rectified) කරන ලද කාලය සමග වෙනස් වන සයිනාකාර තරංගයේ මධ්‍යන අගය එහි සාමාන්‍ය අගය (average value) ලෙස හැඳින්වේ. සාමාන්‍ය අගය හා උපරිම අගය අතර ඇති සම්බන්ධය පහත පරිදි වේ.

$$A_{avg} = \frac{2}{\pi} A_{max} = 0.637\, A_{max}$$

Educational Publications Department

නිදසුන 7

230 V / 50 Hz විදුලි සැපයුමකට සම්බන්ධ කර ඇති විදුලි කේතලයක් සැපයුමෙන් ලබා ගන්නා ධාරාව 10 A නම්, වෝල්ටීයතාවේ හා ධාරාවේ උපරිම අගය හා සාමාන්‍ය අගය සොයන්න.

වෝල්ටීයතාවේ වර්ග මධ්‍යන්‍ය මූල අගය $V_r = 0.707\, V_m$

වෝල්ටීයතාවේ උපරිම අගය $V_m = V_{rms}/0.707 = 230/0.707 = 325 \text{ V}$

වෝල්ටීයතාවේ සාමාන්‍ය අගය $V_{avg} = 0.637\, V_m$

$V_{avg} = 0.637 \times 325 = 207 \text{ V}$

ධාරාවේ වර්ග මධ්‍යන්‍ය මූල අගය $I_{rms} = 0.707\, I_m$

ධාරාවේ උපරිම අගය $I_m = I_{rms}/0.707 = 10 / 0.707 = 14.14 \text{ A}$

ධාරාවේ සාමාන්‍ය අගය $I_{avg} = 0.637\, I_m$

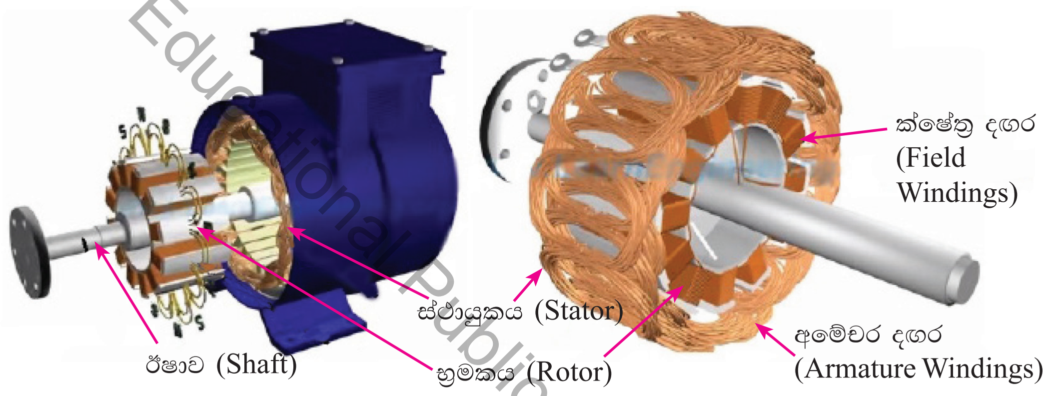
$I_{avg} = 0.637 \times 14.14 = 9 \text{ A}$

1.2.4 තෙකලා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව ජනනය

ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා ජනක බොහෝ විට නිපදවනුයේ තෙකලා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා ජනක ලෙස යි. මේ ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා ජනක ඒවායේ සැකසුම හා ක්‍රියාවලිය මත වර්ග දෙකකි. එනම්, සමමුහුර්තක ජනක (synchronous generators) හා ප්‍රේරණ ජනක (induction generators) යනුවෙනි. විදුලි ජනනයේ දී විශාල ජව ප්‍රමාණයක් ලබා ගන්නා බොහෝ අවස්ථාවල යොදා ගැනෙනුයේ සමමුහුර්තක ජනක වේ.

● සමමුහුර්තක ජනකයක සැකසුම

චුම්බක ක්ෂේත්‍රයට සාපේක්ෂ ව දඟරය හෝ දඟරයට සාපේක්ෂ ව චුම්බක ක්ෂේත්‍රය හෝ චලනය කිරීමේ දී ධාරාවක් හට ගනී. සමමුහුර්තක ජනකවල සිදු වනුයේ සන්නායක දඟර ස්ථාවර ව තබා චුම්බක ක්ෂේත්‍රය චලනය කිරීම යි. සමමුහුර්තක ජනකවල චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ලබා ගැනීමට ස්ථිර චුම්බක මෙන් ම විද්‍යුත් චුම්බක ද යොදා ගැනේ. විශාල ජව ප්‍රමාණයක් ලබා ගන්නා සමමුහුර්තක විදුලි ජනකවල විද්‍යුත් චුම්බක මගින් චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ලබා ගැනේ. 1.19 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත්තේ විද්‍යුත් චුම්බක මගින් චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ලබා ගන්නා සමමුහුර්තක විදුලි ජනකයක හරස් කැපුමකි.



රූපය 1.19 - තෙකලා සමමුහුර්තක ජනකයක ප්‍රධාන කොටස්

සමමුහුර්තක ජනකයේ, විද්‍යුත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ඇති කරන කොටස භ්‍රමකය (rotor) ලෙස හැඳින්වෙන අතර, සන්නායක දඟරය දරා සිටින අචල කොටස ස්ථායුකය (stator) ලෙස හැඳින්වේ. භ්‍රමකයේ සවි කර ඇති විද්‍යුත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ඇති කිරීමට යොදා ගන්නා සන්නායක දඟරය ක්ෂේත්‍ර දඟරය (field winding) ලෙස හැඳින්වේ. මේ ක්ෂේත්‍ර දඟරයට ලබා දෙනුයේ සරල ධාරාවකි. ස්ථායුකයේ ඇති ප්‍රත්‍යාවර්ත විදුලිය ජනනය කෙරෙන සන්නායක දඟර, ආමේචර දඟර (armature windings) ලෙස හැඳින්වේ. විදුලි ජනකවල භ්‍රමකය ඇතැම් විට සිලින්ඩරාකාර භ්‍රමකයක් (cylindrical rotor) ලෙසත් ඇතැම් විට පිටට නෙරා ඇති භ්‍රමකයක් (salient pole rotor) ලෙසත් නිපදවේ. චුම්බක ධ්‍රැව ගණන 4ට වැඩි වන සෑම අවස්ථාවක ම පිටට නෙරා ඇති භ්‍රමකයක් භාවිත වේ.

මේ අනුව ජනක යන්ත්‍රයකින් විදුලි සැපයුමක් ජනනය වීම සඳහා එම ජනකයේ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති කළ යුතු ය. මෙලෙස චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති කිරීමේ ක්‍රියාවලිය සකොබොනය කිරීම (Excitation) ලෙස නම් කරයි.

ජනක යන්ත්‍ර විවිධ ක්‍රමවලට වර්ග කළ හැකි අතර ප්‍රායෝගිකව භාවිත වන ජනක යන්ත්‍ර මෙම සකොබොනය කරනු ලබන ක්‍රම අනුව නිත්‍ය සැකෙබුම, ස්වයං සැකෙබුම සහ වෙන් වෙන්ව සැකෙබුම ලෙස වර්ග කළ හැකි ය.

Educational Publications Department

1. නිත්‍ය සැකෙබුම (Permanent Exciation)

මෙම ක්‍රමයේ දී ජනක යන්ත්‍රයේ චුම්බක බල රේඛා ඇති කිරීම සඳහා ස්ථිර චුම්බක භාවිත කෙරෙයි. මෙයට සරල උදාහරණයක් ලෙස බයිසිකල් ඩයිනමෝව දැක්විය හැකි අතර බයිසිකල් රෝදයට සම්බන්ධ වන ඩයිනමෝවේ භ්‍රමකය වෘත්තාකාර ස්ථිර චුම්බකයකි. එය භ්‍රමණය වන විට, වටේ ස්ථිරව සවිකර ඇති ස්ථායුකයේ දඟර මගින් එම ස්ථිර චුම්බකයේ චුම්බක බලරේඛා කැපීම හේතුවෙන් ස්ථායුකයේ ඇති දඟර අග්‍රවල ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා විද්‍යුත්ගාමක බලයක් ජනනය වේ.

තවත් උදාහරණයක් ලෙස 1.20 රූපයේ දැක්වෙන පරිදි එහා මෙහා ගෙන යා හැකි 50 MW වැනි විශාල ප්‍රමාණයේ ජනක යන්ත්‍රවල ප්‍රධාන ජනක යන්ත්‍රය සකොබොනය කිරීම සඳහා එම ඊෂාවේ ම තවත් ජනක යන්ත්‍රයක් සවිකර ඇත. එය සකොබොන ජනකය වේ. එම සකොබොන ජනකය සකොබොනය කිරීම සඳහා තවත් ස්ථිර චුම්බක සහිත ජනකයක් එම ඊෂාවේම සවිකර ඇත. එය කෙටියෙන් P.M.G (Perment maget generator) ලෙස ද නම් කරයි.

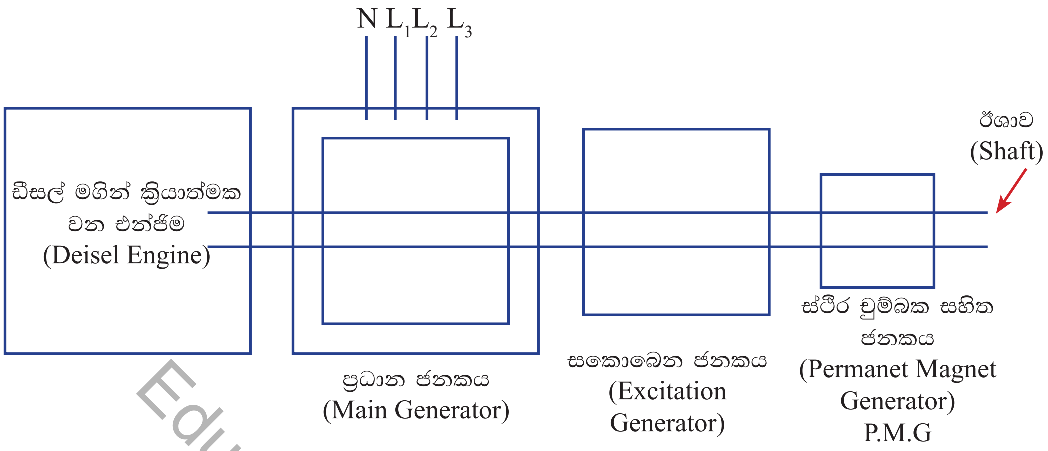
2. ස්වයං සැකෙබුම (Self Excitation)

මෙම ක්‍රමයේදී ජනක යන්ත්‍රයෙන් සැපයුමක් ලබා ගැනීම සඳහා සකෝබොනය කිරීමට එම ජනකයෙන්ම ජනනය වන විද්‍යුත්ගාමක බලයෙන් කොටසක් ලබා ගන්නා අතර ආරම්භක අවස්ථාවේ දී සකොබොනය සිදුවනුයේ ජනක යන්ත්‍රයේ ක්ෂේත්‍ර දඟර ඔතා ඇති හරයේ ශේෂ වී ඇති චුම්බක ක්ෂේත්‍රය (Residual Magnetism) මගිනි. එනම්, මෙම ජනක යන්ත්‍රවල ඇති ක්ෂේත්‍ර දඟරවලට බාහිරින් වෙනත් සැපයුමක් ලබා නොදේ. එම ජනක යන්ත්‍රයෙන්ම ජනනය වන විද්‍යුත්ගාමක බලයෙන් කොටසක් ක්ෂේත්‍ර දඟරවලට ලබා දෙනු ලැබේ. උදාහරණයක් ලෙස එහා මෙහා ගෙන යා හැකි 750W, 500W වැනි කුඩා ප්‍රමාණයේ ජනන යන්ත්‍රවල මෙම සකොබොන ක්‍රමය භාවිත වේ.

3. වෙන් වෙන්ව සැකෙබුම (Seperate Excitation)

මෙම ක්‍රමයේ දී සැපයුම ලබා ගන්නා ප්‍රධාන ජනක යන්ත්‍රය සංකොබොනය සඳහා බාහිරින් පිහිටි බැටරියක් හෝ තවත් ජනක යන්ත්‍රයක් භාවිත කෙරෙයි. එනම්, භ්‍රමකයේ ඇති ක්ෂේත්‍ර දඟරවලට ඇතිලුම් වළලු හරහා සරල ධාරා සැපයුමක් ලබා දෙනු ලැබේ. මෙයට උදාහරණයක් ලෙස වාහන එන්ජින්වල භාවිත වන ජනකවල (ඕල්ටනේටරය) සකොබොනය සඳහා එම වාහනයේ ඇති බැටරියෙන් සැපයුම ලබා දෙනු ලැබේ. තවද සමහර ජල විදුලි බලාගාරවල ඇති ජනක යන්ත්‍ර සකොබොනය සඳහා ද බාහිරින් පිහිටි තවත් ජනන යන්ත්‍රයක් භාවිත කෙරෙයි.

Educational Publications Department

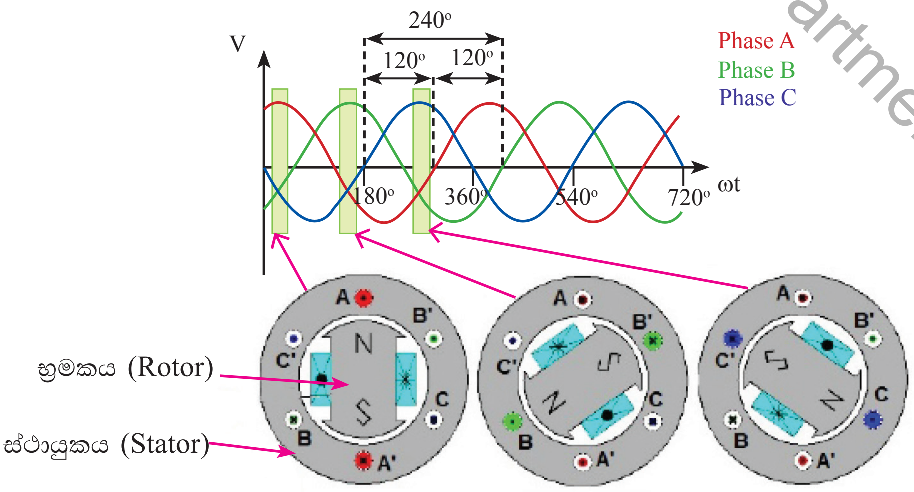


රූපය 1.20 - නිත්‍ය සකෙබුම ඩීසල් එන්ජිමක් මගින් දිවෙන සමමුහුර්තක ජනකයකට යොදා ගන්නා අයුරු දැක්වෙන දළ සටහනක්

Educational Publications Department

1.2.5 තෙකලා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවේ මූලික ලක්ෂණ

තෙකලා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවේ කලාවන් තුන, *a, b, c* ලෙස මෙන් ම *R, Y, B* ලෙස ද පොදුවේ හැඳින්වේ. මෙසේ කලාවන් තුන ලබා ගැනීමට අවශ්‍ය වන පරිදි *a, b, c* ආමේචර දඟර (armature winding) ස්ථායුකයේ (stator) එතීම සිදු කෙරේ. *a, b, c* දඟර එතීමේ දී ඒවා එකිනෙකට 120° ආනතියක් සිටින සේ එතීම සිදු කරන අතර, දඟර තුනෙහි අග්‍ර තුනක් එකිනෙකට සම්බන්ධ කොට පොදු අග්‍රයක් ලෙසත් අනෙක් අග්‍රත් පිටතට ගනු ලැබේ. මෙසේ ආමේචර එතුම් ඇති ස්ථායුකය මධ්‍යයේ ක්ෂේත්‍ර දඟරය (field winding) සහිත භ්‍රමකය (rotor) භ්‍රමණය කෙරේ. ක්ෂේත්‍ර දඟරයට සැපයූ සරල ධාරාව නිසා ඇති වන විද්‍යුත් චුම්බකය භ්‍රමණය වීමේ දී එකිනෙකට 120°ක ආනතියකින් ඔතන ලද ආමේචර දඟරවල විද්‍යුත්ගාමක බලය ප්‍රේරණය වන ආකාරය 1.21 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත.

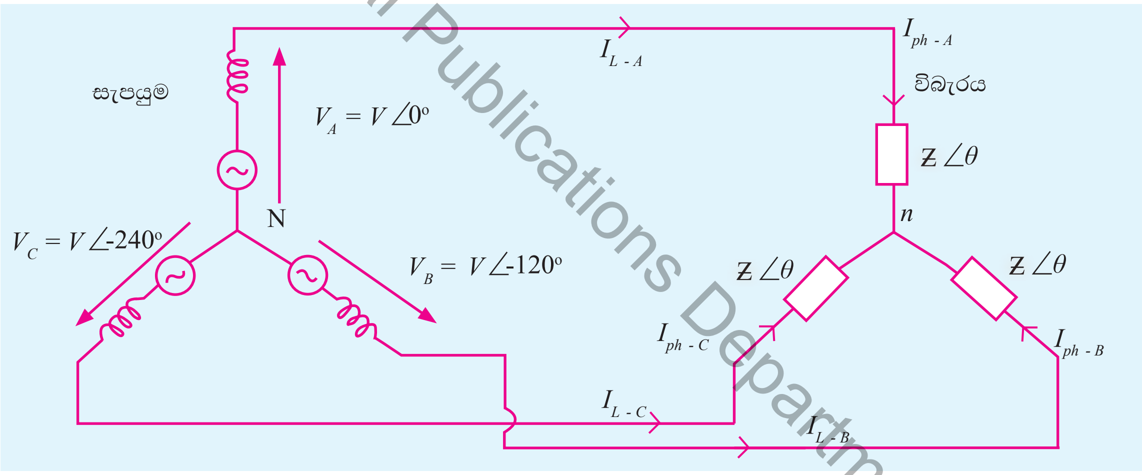


රූපය 1.21 - තෙකලා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා ජනකයක නිපදවෙන වෝල්ටීයතාවන්ගේ තරංග පිහිටන ආකාරය

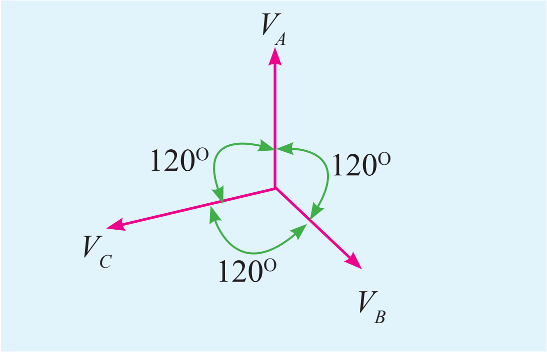
මෙහි දී විද්‍යුත්ගාමක බලය ප්‍රේරණය වීම ෆ්ලෙමින්ගේ දකුණත් නියමයට හා ෆැරඩේගේ නියමයට අනුකූල ව ම සිදු වේ. විද්‍යුත් චුම්බකයේ උත්තර ධ්‍රැවය, දඟරය කෙළින් ම පිහිටන අවස්ථාවේ අදාළ දඟරයේ ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය උපරිම වන බව පැහැදිලි ය.

දඟර ඔතා ඇති ක්‍රමයට අනුකූල ව ම ප්‍රේරණය වන විද්‍යුත්ගාමක බලය ද *a, b, c* අනුපිළිවෙළින් එකිනෙකට 120°ක් පසුපසින් විද්‍යුත්ගාමක බලයේ උපරිම අගය ලබා දේ.

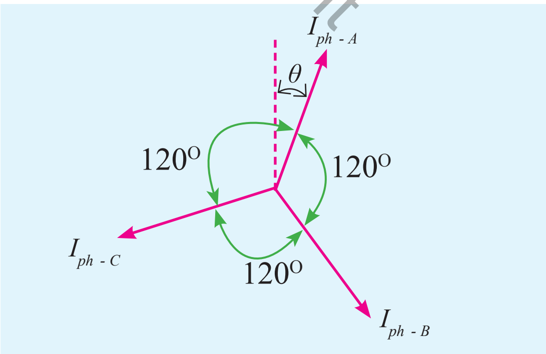
1.22 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත්තේ ආමේචර දඟරයේ සැපයුම පරිපථ සටහනක දී යොදා ගන්නා ආකාරය යි. 1.23 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත්තේ තෙකලා වෝල්ටීයතාව අවධික සටහනක් (phasor diagram) මගින් ඉදිරිපත් කරන ආකාරය යි. අවධික සටහනක පෙන්වනුයේ වෝල්ටීයතාවේ හා ධාරාවේ වර්ග මධ්‍යන මූල (rms) අගයන් වේ. සමබර (balanced) තෙකලා පද්ධතියක කලා තුනේ වොල්ටීයතාවයන්ගේ විශාලත්වයන් එකිනෙකට සමාන වන අතර, 120° කෝණික වෙනසකින් පවතී. මෙම පද්ධතියට 1.22 රූපයේ පරිදි සමබර විබැරක් සවි කළ පසු විබැර තුන හරයා ගලා යන ධාරාවන් ද විශාලත්වයෙන් එකිනෙකට සමාන වන අතර, 120° කෝණික වෙනසකින් පවතී. 1.24 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත්තේ එම ධාරාවන් අවධික සටහනක් මගින් පෙන්වන ආකාරයයි.



රූපය 1.22 - පරිපථ සටහනක සැපයුම හා විබැර පෙන්වන ආකාරය



රූපය 1.23 - තෙකලා වෝල්ටීයතාවේ අවධික සටහන



රූපය 1.24 - තෙකලා ධාරාවේ අවධික සටහන

Educational Publications Department

මෙසේ එක් එක් දඟරය හරහා පවතින වෝල්ටීයතාව කලා වෝල්ටීයතාව (phase voltage) ලෙසත් දඟරය හරහා ගලා යන ධාරාව කලා ධාරාව (phase current) ලෙසත් හැඳින්වේ. දඟර දෙකක අග්‍ර දෙකක් හරහා පවතින වෝල්ටීයතාව මං වෝල්ටීයතාව (line voltage/ line - to - line voltage) ලෙසත් දඟරයේ අග්‍රවලින් පිටතට ගලා යන ධාරාව මං ධාරාව (line current) ලෙසත් හැඳින්වේ.

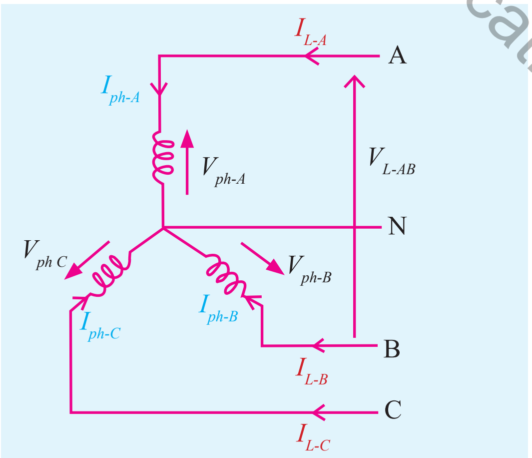
- **තෙකලා පද්ධති සම්බන්ධ කරන ආකාර**

තෙකලා පද්ධතිවල සම්බන්ධ කෙරෙන විදුලි ජනක, විදුලි මෝටර හෝ තෙකලා විබැර මෙන්ම පරිණාමකවල දඟර ද බොහෝ විට තාරකා (star) ආකාරයෙන් හෝ ඩෙල්ටා (delta) ආකාරයෙන් සම්බන්ධ කෙරේ. ඩෙල්ටා ආකාරය ඇතැම් විට දැල් (mesh) සම්බන්ධය ලෙස ද හැඳින්වේ.

Educational Publications Department

තාරකා සම්බන්ධය (Star Connection)

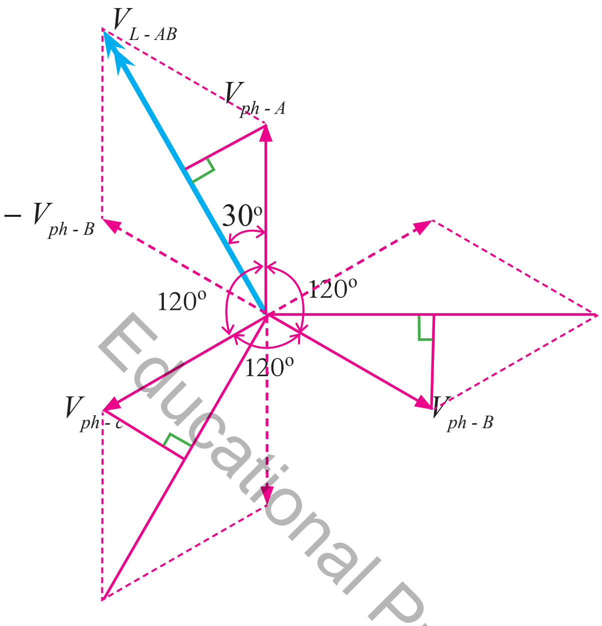
තෙකලා පද්ධති තාරකා ආකාරයෙන් සම්බන්ධ කළ විට වෝල්ටීයතාවේ හා ධාරාවේ කලා (phase) අගයන් හා මං (line) අගයන් අතර පවතින සම්බන්ධතාව 1.25 රූපයෙන් පෙන්වා ඇති තාරකා සම්බන්ධය ඇසුරෙන් විග්‍රහ කළ හැකි ය. මෙහි දී දඟරවල ආරම්භක අග්‍ර 3 හෝ අවසාන අග්‍ර එකට සම්බන්ධ කොට එය පොදු අග්‍රය (N) ලෙස යොදා ගනු ලබන අතර ඉතිරි අග්‍ර 3 රූපයේ පරිදි *A, B* හා *C* ලෙස පිටතට පැමිණේ.



රූපය 1.25 - තෙකලා තාරකා සම්බන්ධය

V_L - මං වෝල්ටීයතාව
V_{ph} - කලා වෝල්ටීයතාව
I_L - මං ධාරාව
I_{ph} - කලා ධාරාව

1.25 පරිපථ සටහනට අදාළ අවධික සටහන 1.26 රූපයේ මෙන් ඉදිරිපත් කළ හැකි ය.



රූපය 1.26 - තාරකා සම්බන්ධය ඇති විට තෙකලා වෝල්ටීයතාවයේ අවධික සටහන (phasor diagram)

$$\vec{V}_{L-AB} = \vec{V}_{ph-A} + \overleftarrow{V}_{ph-B}$$

$$\vec{V}_{L-AB} = \vec{V}_{ph-A} - \vec{V}_{ph-B}$$

සමබර පද්ධතියක් ගත් විට,

$$|\vec{V}_{ph-A}| = |\vec{V}_{ph-B}| = V_{ph-c}$$

හා $|V_{L-AB}| = V_L$ නම්

1.27 (b) රූපයෙන්,

$$V_L = 2V_{ph}\,\mathrm{Cos}\,30^o$$

$$V_L = 2V_{ph}\frac{\sqrt{3}}{2}$$

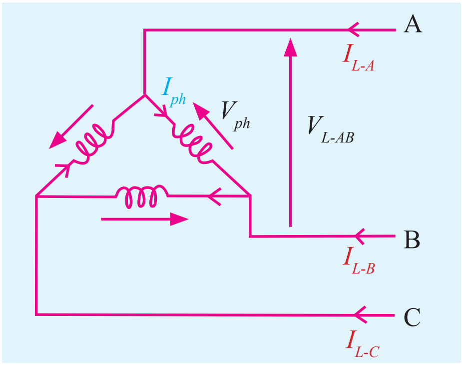
$$\boxed{V_L = \sqrt{3}\,V_{ph}}$$

1.27 (a) රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි දඟරය හරහා ධාරාව = අග්‍රවලින් පිට වන ධාරාව

$$\therefore \boxed{I_L = I_{ph}}$$

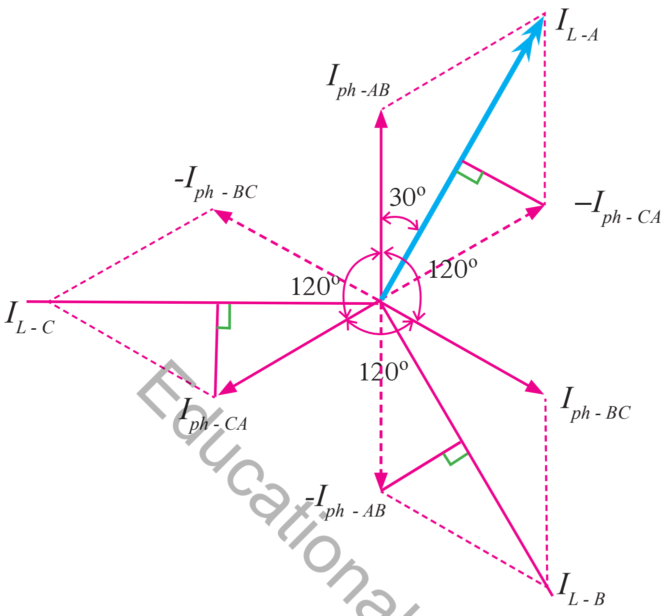
ඩෙල්ටා (දැල්) සම්බන්ධය (Delta (Mesh) Connection)

1.27 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත්තේ තෙකලා පද්ධතියක් ඩෙල්ටා ආකාරයෙන් සම්බන්ධ කරන ආකාරය යි. ඊට අනුකූල අවධික සටහන 1.28 රූපයෙන් පෙන්වා තිබේ. මෙහි දී දඟර තුනෙහි එක් දඟරයක අවසානය අනෙක් දඟරයේ ආරම්භයට, ලෙස දඟර තුනෙහි අග්‍ර සංවෘත පුඩුවක් ආකාරයට සම්බන්ධ කෙරේ. දඟර දෙකක් එකට සම්බන්ධ වන ස්ථානවලින් රූපයේ පරිදි අග්‍ර තුනකින් *A, B* හා *C* ලෙස පිටතට ඇමිණේ.



රූපය 1.27 - තෙකලා ඩෙල්ටා සම්බන්ධය

Educational Publications Department



මෙහි දී,

V_L - මං වෝල්ටීයතාව

V_{ph} - කලා වෝල්ටීයතාව

I_L - මං ධාරාව

I_{ph} - කලා ධාරාව

රූපය 1.28 (b) - ඩෙල්ටා සම්බන්ධය ඇති විට තෙකලා වෝල්ටීයතාවයේ අවධික සටහන

Educational Publications Department

$$\vec{I}_{L-A} = \vec{I}_{ph-AB} - \vec{I}_{ph-CA}$$

සමබර පද්ධති සඳහා,

$$|\vec{I}_{ph-AB}| = |\vec{I}_{ph-CA}| = |\vec{I}_{ph-BC}|$$

$$|I_{L-A}| = I_L$$

$$\therefore I_L = 2\, I_{ph} \cos 30^{o}$$

$$I_L = 2\, I_{ph} \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\boxed{I_L = \sqrt{3}\, I_{ph}}$$

මෙහි දී දඟරය හරහා පවතින වෝල්ටීයතාව හෙවත් කලා වෝල්ටීයතාව (V_{ph}), කලා 2ක අග්‍ර අතර, පවතින වෝල්ටීයතාව හෙවත් මං වෝල්ටීයතාවට (V_L) සමාන වන බව 1.27 රූපයෙන් පැහැදිලි වේ.

$$\therefore \boxed{V_L = V_{ph}}$$

- ## තෙකලා පද්ධතිවල ජවය

තාරකා සම්බන්ධය (star connection)

එක් කලාවක වැය වන ජවය $P_{ph} = V_{ph} I_{ph} \cos\theta$

කලා තුනෙහි වැය වන මුළු ජවය $P_T = 3P_{ph}$

$= 3\, V_{ph} I_{ph} \cos\theta$

මෙහි θ යනු ධාරාවේ හා විභවයේ කලා කෝණික වෙනස (phase angle difference) වන අතර Cos θ යනු ජව සාධකය (Power factor) වේ.

තාරකා සම්බන්ධයේ දී,

$V_L = \sqrt{3}\, V_{ph}$ බැවින්,

$V_{ph} = \dfrac{V_L}{\sqrt{3}}$

සහ $I_L = I_{ph}$

$\therefore \quad P_T = 3 . \dfrac{V_L}{\sqrt{3}}\; I_L \cos\theta$

$$\boldsymbol{P_T = \sqrt{3}\; V_L I_L \cos\theta}$$

ඩෙල්ටා සම්බන්ධය (delta connection)

එක් කලාවක වැය වන ජවය $P_{ph} = V_{ph} I_{ph} \cos\theta$

කලා තුනෙහි වැය වන මුළු ජවය $P_T = 3P_{ph}$

$= 3\, V_{ph} I_{ph} \cos\theta$

මෙහි θ ධාරාවේ හා විභවයේ කලා කෝණික වෙනස (phase angle difference) වන අතර Cos θ යනු ජව සාධකය (Power factor) වේ.

ඩෙල්ටා සම්බන්ධයේ දී,

$I_L = \sqrt{3}\, I_{ph}$ බැවින්,

$I_{ph} = \dfrac{I_L}{\sqrt{3}}$

සහ $V_L = V_{ph}$

$\therefore \quad P_T = 3 . \; V_L \dfrac{I_L}{\sqrt{3}} \cos\theta$

$$\boldsymbol{P_T = \sqrt{3}\; V_L I_L \cos\theta}$$

Educational Publications Department

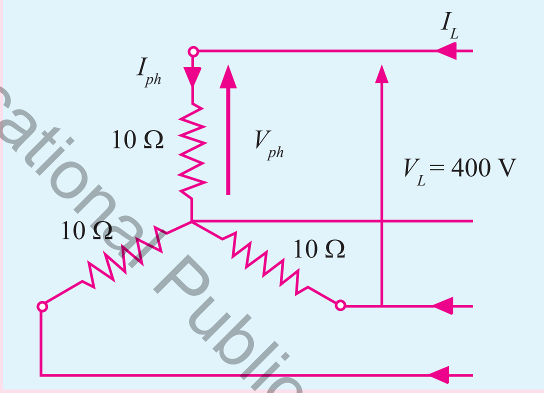
නිදසුන 8

10 Ω වූ ප්‍රතිරෝධක තුනක් තෙකලා 400 V/ 50 Hz විදුලි සැපයුමකට,

(a) තාරකා ක්‍රමයට (b) ඩෙල්ටා ක්‍රමයට සම්බන්ධ කර ඇතැයි සලකා,

(i) එක් එක් අවස්ථා සඳහා පරිපථ සටහන් ඇඳ, මං වෝල්ටීයතාව, කලා වෝල්ටීයතාව, මං ධාරාව හා කලා ධාරාව සලකුණු කර ඒවායේ අගයන් ගණනය කරන්න.

(ii) එක් එක් අවස්ථාවන්වල දී වැය වන මුළු ජවය සොයන්න.



රූපය 1.29 - ප්‍රතිරෝධ තාරකා ක්‍රමයට සම්බන්ධ කිරීම

Educational Publications Department

(a) තාරකා ක්‍රමය

(i) මං වෝල්ටීයතාව, $V_L = 400$ V

කලා වෝල්ටීයතාව $V_{Ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$

$= \frac{400}{\sqrt{3}}$

$= 230$ V

කලා ධාරාව $I_{Ph} = \frac{V_{ph}}{R}$

$= 230/ 10 = 23$ A

මං ධාරාව $I_L = I_{Ph} = 23$ A

(ii) මුළු ජවය, $P_{Total} = \sqrt{3}\ V_L I_L Cos\ \theta$

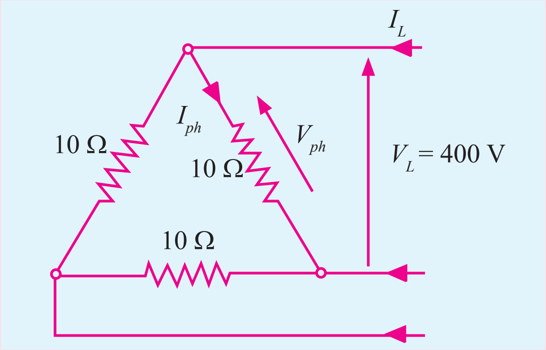
ප්‍රතිරෝධයක් පමණක් ඇතිවිට ප්‍රතිරෝධය හරහා ඇති විභවය හා ප්‍රතිරෝධය හරහා ගලා යන ධාරාව එකම කලාවේ පිහිටයි.

එනම්, $\theta = 0$

$\therefore\ \text{Cos}\ \theta = 1$

$P_{Total} = \sqrt{3} \times 400 \times 23 \times 1$

$= 16$ kW



රූපය 1.30 - ප්‍රතිරෝධ ඩෙල්ඩා ක්‍රමයට සම්බන්ධ කිරීම

(b) ඩෙල්ටා ක්‍රමය

(i) මං වෝල්ටීයතාව $V_L = 400$ V

කලා වෝල්ටීයතාව $V_{ph} = V_L$

$V_{Ph} = 400$ V

කලා ධාරාව $I_{Ph} = V_{Ph} / R$

$= 400/ 10 = 40$ A

මං ධාරාව $I_L = \sqrt{3}\, I_{Ph} = \sqrt{3} \times 40$ A

$= 69$ A

(ii) මුළු ජවය, $P_{Total} = \sqrt{3}\, V_L I_L \; \text{Cos}\, \theta$

$\theta = 0$

$\therefore \text{Cos}\, \theta = 1$

කලා ධාරාව $I_{Ph} = V_{Ph} / R$

$P_{Total} = \sqrt{3} \times 400 \times 69 \times 1$

$= 48$ kW

Educational Publications Department

අභ්‍යාස 2

(1) පරිපථයක් ශ්‍රේණිගත ව අමුණා ඇති සංරචක (components) දෙකකින් යුක්ත වන අතර, එයට එකලා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවක් ලබා දී ඇත. සංරචක දෙක හරහා ඇති විභව අන්තරයන් පිළිවෙළින් පහත පරිදි වේ.

$V_1 = 180 \text{ Sin } (314\, t)$ Volts
$V_2 = 120 \text{ Sin } (314\, t + \pi/3)$ Volts

අවධික සටහනක් (phasor diagram) ආධාරයෙන් පහත කොටස් සඳහා පිළිතුරු සපයන්න.

(i) සැපයුම් වෝල්ටීයතාව $E_m \text{ Sin } (wt + \theta)$ ආකාරයෙන් ලියන්න.

(ii) සැපයුම් වෝල්ටීයතාවේ වර්ග මධ්‍යන්‍ය මූල අගය (rms voltage) සොයන්න.

(iii) සැපයුමේ සංඛ්‍යාතය කොපමණ ද?

(2) (a) තෙකලා විදුලි සැපයුමක V, මං වෝල්ටීයතාව ද I, මං ධාරාව ද ϕ, වෝල්ටීයතාව හා ධාරාව අතර කලා කෝණය ද නම් අවධික සටහනක් (phasor diagram) ආධාරයෙන් සමබර විබැරක් (balanced load) තාරකා ආකාරයෙන් එම සැපයුමට සම්බන්ධ කළ ද ඩෙල්ටා ආකාරයෙන් එම සැපයුමට සම්බන්ධ කළ ද ලබා ගන්නා මුළු ජවය $\sqrt{3}\; VI \text{ Cos } \phi$ වන බව පෙන්වන්න.

(b) සමබර විබැරක් දඟර 3කින් සමන්විත වන අතර, එක් එක් දඟරයක ප්‍රතිරෝධය 4 Ω ද ප්‍රේරක අගය 0.02 H ද වේ. මෙම දඟර

(i) තාරකා ක්‍රමයට,

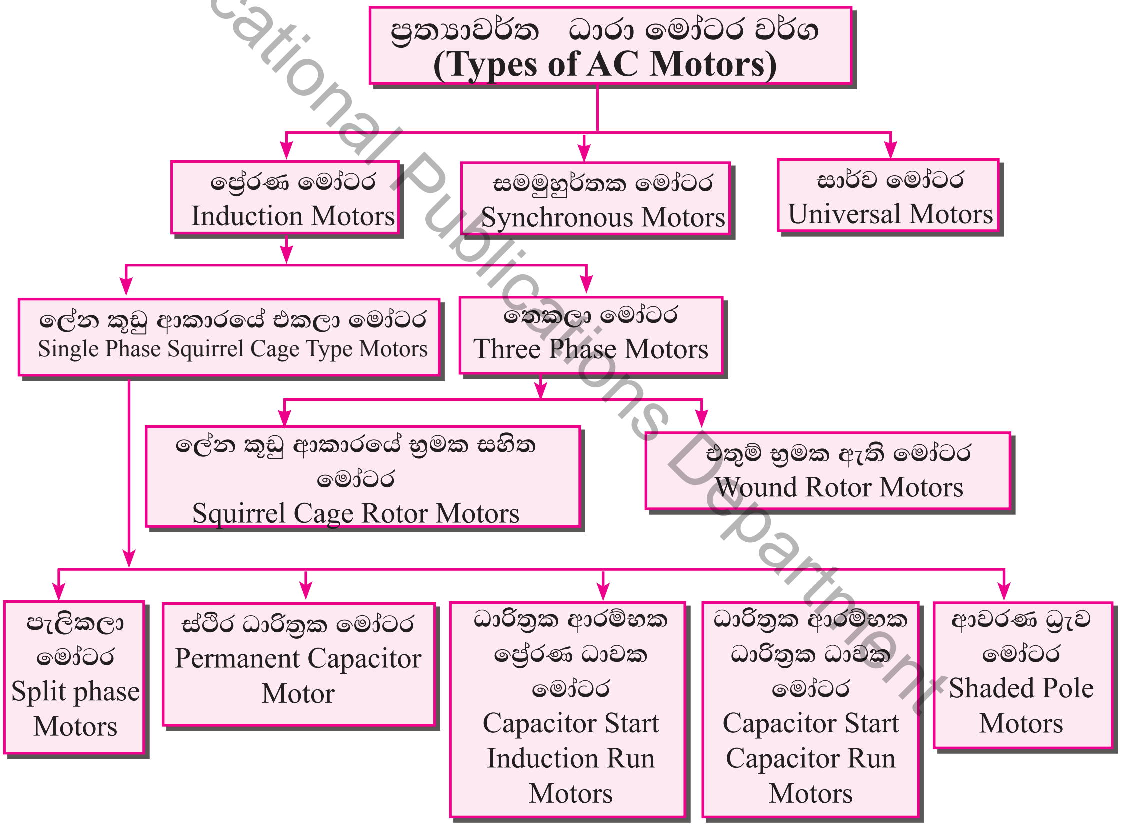
(ii) ඩෙල්ටා ක්‍රමයට

400 V, 50 Hz තෙකලා සැපයුමකට සම්බන්ධ කර ඇති විට, සැපයුමෙන් ලබා ගන්නා මුළු ජවය සොයන්න.

Educational Publications Department

1.3 ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා මෝටර (Alternating Current Motors)

ගෘහ විදුලි උපකරණවල මෙන් ම කර්මාන්ත ක්ෂේත්‍රයේ දී ද විදුලි මෝටරවල භාවිතය ඉතා බහුල බව අපට බොහෝ විට දැකිය හැකි ය. ඒ ඒ අවශ්‍යතා සඳහා විදුලි මෝටර නොයෙක් ආකාරයන්ගෙන් නිපදවා ඇත. විදුලි මෝටර සෙල්ලම් බඩු, ඔරලෝසු වැනි කුඩා උපකරණවල සිට ඉතා විශාල කොන්ක්‍රීට් මිශ්‍ර කරන යන්ත්‍ර, දොඹකර වැනි යන්ත්‍ර සඳහා භාවිත කිරීමට සුදුසු පරිදි නොයෙක් ධාරිතාවන්ගෙන් ද විවිධ වූ වේගයන් ලබා ගත හැකි වන පරිදි ද නිපදවා ඇත. ප්‍රධාන වශයෙන් මෝටර සරල ධාරාවෙන් ක්‍රියාකරන හා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවෙන් ක්‍රියා කරන ලෙස වර්ගීකරණය කළ හැකි ය. මෙම පරිච්ඡේදයේ දී ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා මෝටර පිළිබඳ ව පැහැදිලි කෙරේ. ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා මෝටර පහත සටහනේ පරිදි තවදුරටත් වර්ගීකරණය කළ හැකි ය.



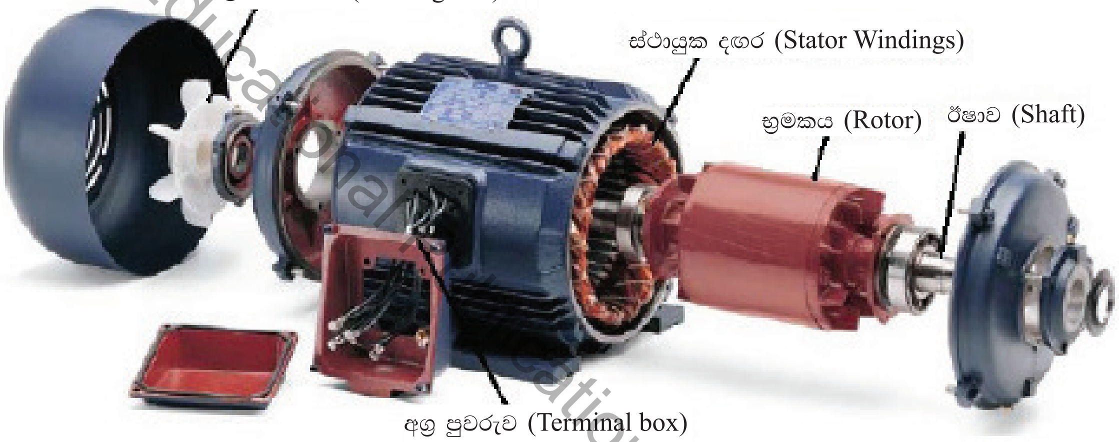
ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා මෝටර, ප්‍රේරණ මෝටර (induction motors) සමමුහුර්තක මෝටර (synchronous motors) හා සාර්ව මෝටර් (universal motors) වශයෙන් වර්ග කළ හැකි ය. මේවා, කුඩා යන්ත්‍ර සඳහා එකලා මෝටර ද විශාල යන්ත්‍ර සඳහා තෙකලා මෝටර ද භාවිත කරනු ලැබේ. ලේන කූඩු ආකාර ප්‍රේරණ මෝටර නිර්මාණය අතින් ඉතා සරල

Educational Publications Department

වන බැවින් අනෙකුත් මෝටරවලට වඩා අඩු මිලකට ලබා ගත හැකි අතර, නඩත්තු කිරීම හා අලුත්වැඩියා කිරීම ඉතා පහසු ය. එබැවින් නියත වේගයන් අවශ්‍ය විදුලි පංකා, ජල පොම්ප, සම්පීඩක යන්ත්‍ර ආදිය සඳහා ප්‍රේරණ මෝටර යොදා ගනු ලැබේ. ඇතිල්ලුම් විලි ආකාර (slip ring type) නොහොත් එතූ භ්‍රමක සහිත ප්‍රේරණ මෝටර (wound rotor induction motors) මිල අධික වන අතර, එම මෝටර වැඩි ජවයක් අවශ්‍ය විශාල ඇඹරුම් යන්ත්‍ර, විශාල සම්පීඩන යන්ත්‍ර ධාවනය කිරීම සඳහා යොදා ගනී.

1.4 තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටර (Three Phase Induction Motors)

Educational Publications Department

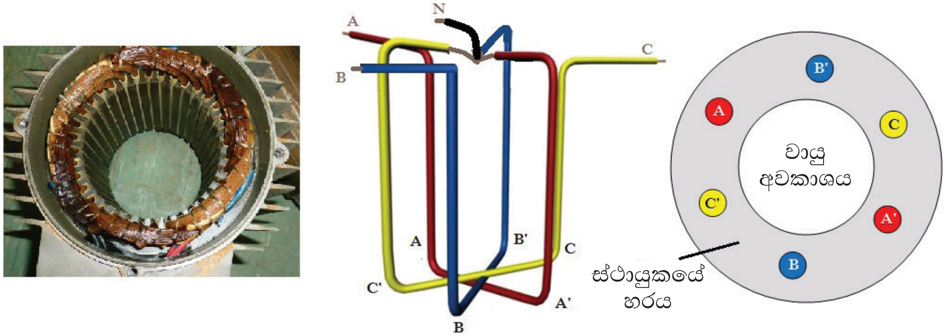


රූපය 1.31 - තෙකලා ලේන කුඩු ආකාර ප්‍රේරණ මෝටරයක කොටස්

1.31 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ තෙකලා ලේන කුඩු ආකාර ප්‍රේරණ මෝටරයක (squirrel cage type induction motor) කොටස් ය. මෙහි භ්‍රමණය වන කොටසට භ්‍රමකය (rotor) යයි ද, ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව ලබාදෙන අචල කොටසට ස්ථායුකය (stator) යයිද කියනු ලැබේ. ස්ථායුකයේ එතුම් තුනක් ඇති අතර ඒවා තාරකා (star) හෝ ඩෙල්ටා (delta) ක්‍රමයට සම්බන්ධ කළ හැකි ය. ලේන කුඩු ආකාර ප්‍රේරණ මෝටරයක භ්‍රමකයේ එතුමක් නොමැති අතර, ඒ වෙනුවට තඹ සන්නායක දඬු (copper rotor bars) යොදා ඇත.

1.4.1 තෙකලා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා ප්‍රේරණ මෝටරයක ස්ථායුකය (Stator)

මෝටරයකින් කෙරෙනුයේ විදුලි ශක්තිය චාලක ශක්තිය බවට පරිවර්තනය කිරීම යි. තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරවල විදුලිය ලබා දෙනුයේ අචල ව පවතින ස්ථායුක දඟරවලට ය (stator windings).



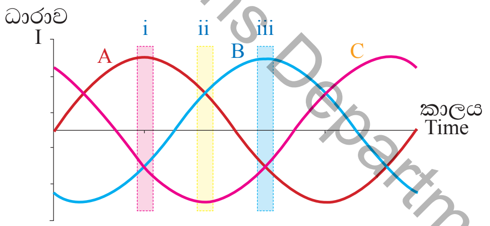
ස්ථායුකය   ස්ථායුකයේ දඟර පිහිටන ආකාරය   ස්ථායුකයේ හරස් කැපුමක්

රූපය 1.32 - තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක ස්ථායුක දඟරය

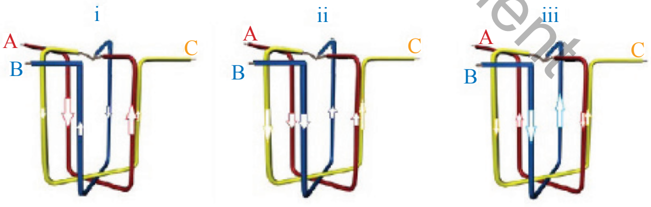
1.32 රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරවල කලා තුනට අයත් එතුම් ස්ථායුකයේ පරිවරණය කරන ලද තහඩුවලින් තනා ඇති හරයේ (laminated stator core) තිබෙන දික් තව් (තැලි) (slots) තුළ ගිල්වා ඇත. මෙහි හරය පරිවරණය කරන ලද තහඩු ස්ථර ගණනාවකින් (laminated) තනා ඇත්තේ සුළි ධාරා හානිය අඩු කර ගැනීමට යි. එසේ නැතහොත් හරය තුළ චුම්බක ස්‍රාවය ගලා යෑමේ දී ඇති වන සුළි ධාරාව හේතුවෙන් ජව හානියක් ඇති වීමෙන් මෝටරයෙන් උපදවා ගත හැකි ප්‍රතිදාන ජවය (output power) අඩු වේ. එතුම් තුනෙහි කෙළවර කොටස් හා පොදු අග්‍රය, අග්‍ර පුවරුවට (terminal box) සම්බන්ධ කර ඇත. ස්ථායුකයේ දඟර පිහිටන ආකාරයත් ස්ථායුකයේ හරස් කැපුමක් 1.32 රූපයේම පෙන්වා ඇත.

1.4.2 තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති වන ආකාරය

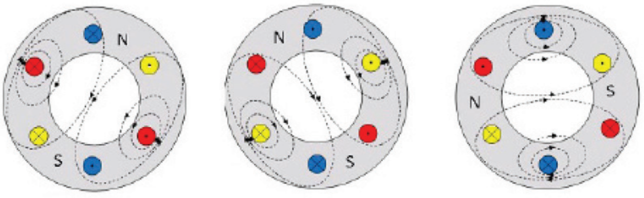
මෝටරයට සැපයෙන තෙකලා විදුලි ධාරාව



i, ii, iii අවස්ථාවන්හි දී ස්ථායුක දඟර තුළ ධාරාව ගලා යන ආකාරය



i, ii, iii අවස්ථාවන්හි දී ස්ථායුකයේ චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පිහිටන ආකාරය



රූපය 1.33 - තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති වීම

Educational Publications Department

තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක ස්ථායුක දඟරවලට සැපයෙනුයේ ප්‍රත්‍යාවර්ත තෙකලා ධාරාව වන අතර, ස්ථායුකයේ දඟර එතීම කෙරෙනුයේ එහි භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති වන ආකාරයට යි. මෙහි දී දඟර එතීමේ ක්‍රමය මත අවශ්‍ය චුම්බක ධ්‍රැව ගණන වෙනස් කර ගත හැකි වේ. චුම්බක ධ්‍රැව ගණන වැඩි වීමේ දී ස්ථායුකයේ හට ගන්නා චුම්බක ක්ෂේත්‍රය භ්‍රමණය වන වේගය (සමමුහුර්තක වේගය) අඩු වේ.

1.33 රූපයෙන් විදහා දක්වෙන්නේ චුම්බක ධ්‍රැව දෙකක් ඇති වන සේ එතුම් කර ඇති ප්‍රේරණ මෝටරයක සැපයෙන ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවට අනුකූල ව ස්ථායුකයේ චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පවතින ආකාරය යි.

සැපයෙන තෙකලා ධාරාවේ අවස්ථා 3ක් (i, ii, iii ලෙස) ගෙන එම අවස්ථාවන්හි දී ස්ථායුක දඟරවල ධාරාව ගලා යන දිශාව 1.33 රූපයේ ම පෙන්වා ඇත. මෙසේ ධාරාව ගලා යන විට මැක්ස්වෙල්ගේ කස්කුරුප්පු නියමයට අනුකූල ව චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පවතින ආකාරය ද 1.33 රූපයේ ම ස්ථායුකයේ හරස්කඩ මත දක්වා තිබේ.

ස්ථායුකයේ වායු අවකාශය හරහා චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පවතින දිශාව අනුව උත්තර (N) ධ්‍රැවයේ සිට දක්ෂිණ (S) ධ්‍රැවයට චුම්බක බල රේඛා ඇතුළු වීම අනුව උත්තර ධ්‍රැවය (N) හා දක්ෂිණ ධ්‍රැවය (S) පවතින ආකාරය නිර්ණය කළ හැකි ය. i, ii හා iii අවස්ථා සලකන විට, සැපයූ ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව නිසා ස්ථායුකයේ භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති වී තිබෙන ආකාරය පෙනේ.

ස්ථායුකයේ ඕනෑ ම කලා දෙකක් එකිනෙක මාරු කළ හොත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවට භ්‍රමණය වන බව මැක්ස්වෙල්ගේ කස්කුරුප්පු නියමය හා ෆ්ලෙමින්ගේ වමත් නියමය අනුව අවබෝධ කර ගත හැකි ය. එබැවින් සැපයුම් කලා තුනෙන් දෙකක අග්‍ර මාරු කිරීමෙන් තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටර්වල භ්‍රමණ දිශාව මාරු කළ හැකි වේ.

Educational Publications Department

1.4.3 සමමුහුර්තක වේගය (Synchronous speed)

ඉහත විස්තර කළ ස්ථායුකයේ හට ගන්නා චුම්බක ක්ෂේත්‍රය භ්‍රමණය වන වේගයට සමමුහුර්තක වේගය (synchronous speed) යයි කියනු ලැබේ. මෙය බොහෝ විට N_s සංකේතයෙන් දැක්වේ.

මෙම සමමුහුර්තක වේගය (N_s), විදුලි සැපයුමේ සංඛ්‍යාතය ට (f) අනුලෝම ව සමානුපාතික වන අතර, ධ්‍රැව ගණන (p) ට ප්‍රතිලෝම ව සමානුපාතික වේ.

සමමුහුර්තක වේගය $N_s \alpha f$ f = සංඛ්‍යාතය (තත්පරයට චක්‍ර)

$$N_s \alpha \frac{1}{p}$$ P = ධ්‍රැව ගණන

$$N_s \alpha \frac{f}{p}$$

සමමුහුර්තක වේගය (synchronous speed - N_s), මිනිත්තුවට වට (revolution per minute, rpm) ලෙස යොදා ගන්නා විට, එය පහත සමීකරණය මඟින් දැක්විය හැකි ය.

$$N_s = \frac{60\,f}{p/2}$$

$$N_s = \frac{120\,f}{p} \quad \text{rpm}$$

මේ අනුව ධ්‍රැව ගණන අනුව ස්ථායුකයේ තිබිය යුතු දඟර ගණන හා සමමුහුර්තක වේගය ඒ අනුව වෙනස් වන ආකාරය 1.2 වගුවෙන් පෙන්වා ඇත. වැඩි චුම්බක ධ්‍රැව ගණනක් ලබා ගැනීමට වැඩි දඟර ගණනක් අවශ්‍ය වන බවත්, එවිට දඟර අතර කෝණය අඩු වන බවත් වගුවෙන් පැහැදිලි වේ. ධ්‍රැව ගණන වැඩි වීමේ දී සමමුහුර්තක වේගය අඩු වන බව ද පැහැදිලි ව පෙනේ.

Educational Publications Department

වගුව 1.2

ධ්‍රැව ජෝඩු ගණන	ධ්‍රැව ගණන	දඟර ගණන	දඟර අතර කෝණය	චුම්බක ක්ෂේත්‍රය එක් වටයක් භ්‍රමණය වීමේ දී කාලාවර්ත ගණන	සමමුහුර්තක වේගය (N_s) - rpm
1	2	3	**120°**	**1.**T	$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{2} = 3000$
2	4	6	**60°**	**2.**T	$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500$
3	6	9	**40°**	**3.**T	$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{6} = 1000$
4	8	12	**30°**	**4.**T	$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{8} = 750$
5	10	15	**24°**	**5.**T	$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{10} = 600$
6	12	18	**20°**	**6.**T	$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{12} = 500$
$\frac{P}{2}$	P	$\frac{3P}{2}$	$\frac{360^o}{3p/2}$	$\frac{P.T}{2}$	$N_s = \frac{120f}{p}$

1.4.4 තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක භ්‍රමකය (Rotor)

තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටර ඒවායේ භ්‍රමකයේ නිර්මාණය අනුව වර්ග දෙකකි.

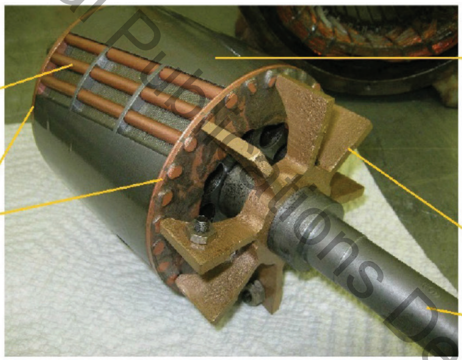
එනම්,

- ලේන කූඩු ආකාර භ්‍රමක සහිත ප්‍රේරණ මෝටර (squirrel cage rotor type induction motors)
- ඇතිල්ලුම් විලි හෝ එතුම් සහිත ප්‍රේරණ මෝටර (slip ring or wound rotor type induction motors)

ඉහත දෙවර්ගයේ ම ස්ථායුක එතුම් එක සමාන වුවත් භ්‍රමකයේ නිර්මාණය එකිනෙකට වෙනස් වේ.

Educational Publications Department

• ලේන කූඩු ආකාර භ්‍රමකය (Squirrel Cage Rotor)



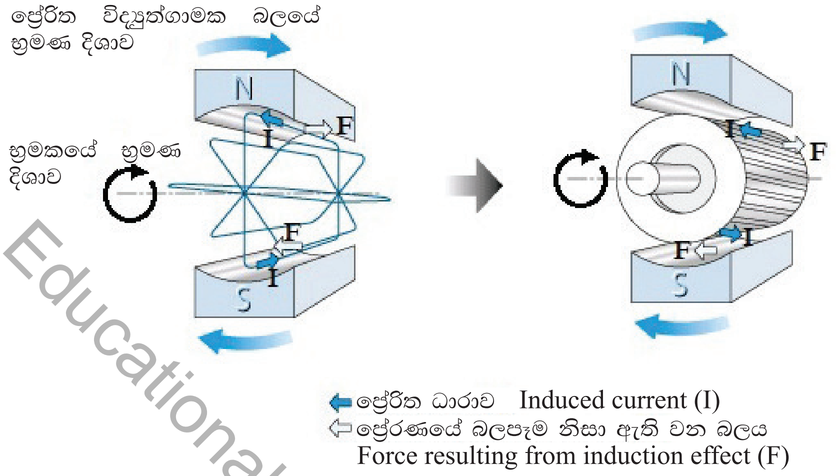
රූපය 1.34 - ප්‍රේරණ මෝටරයක ලේන කූඩු ආකාර භ්‍රමකයක් (squirarel cuge rotor)

1.34 රූපයෙහි දක්වා ඇත්තේ ලේන කූඩු ආකාර භ්‍රමකයකි. මෙහි සන්නායක, තඹ හෝ ඇලුමිනියම් දඬු වන අතර, එම දඬු ලේන කූඩුවක් ආකාරයට දෙපස ඇලුමිනියම් හෝ තඹ තහඩු දෙකකට පාස්සා ලුහුවත් කර සකසා ඇත.

ස්ථායුක දඟරවලට ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව සැපයූ විට ඇති වන සමමුහුර්තක වේගයෙන් භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රය තුළ ඉහත භ්‍රමකය රඳවා ඇති විට භ්‍රමක දඬු චුම්බක බල රේඛා මගින් කැපීම නිසා ඒ මත ධාරාවක් උපදී. එම ධාරාවේ දිශාව ෆ්ලෙමින්ගේ දකුණත් නීතිය අනුව ගණනය කිරීමට හැකි ය.

එවිට ඉහත ධාරාව ගෙන යන සන්නායක දඬු චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ ඇති නිසා ඒ මත බලයක් ඇති වීම හේතුවෙන් මෙහි භ්‍රමණය සිදු වේ. මෙහි භ්‍රමණ දිශාව ෆ්ලෙමින්ගේ වමත් නීතිය අනුව නිගමනය කිරීමට පුළුවනි. මෙම මෝටරයේ ක්‍රියාකාරිත්වය 1.35 රූපයෙන් දැක්වේ.

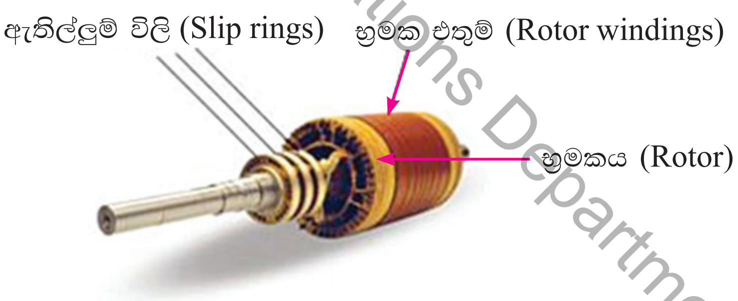
ඕනෑ ම කලාවන් දෙකක් එකිනෙක මාරු කළ හොත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ භ්‍රමණ දිශාව වෙනස් වීමෙන් මෝටරයේ භ්‍රමණ දිශාව ද වෙනස් කළ හැකි ය.



රූපය 1.35 - ලේන කූඩු ආකාර භ්‍රමක සහිත ප්‍රේරණ මෝටරයක ක්‍රියාකාරිත්වය

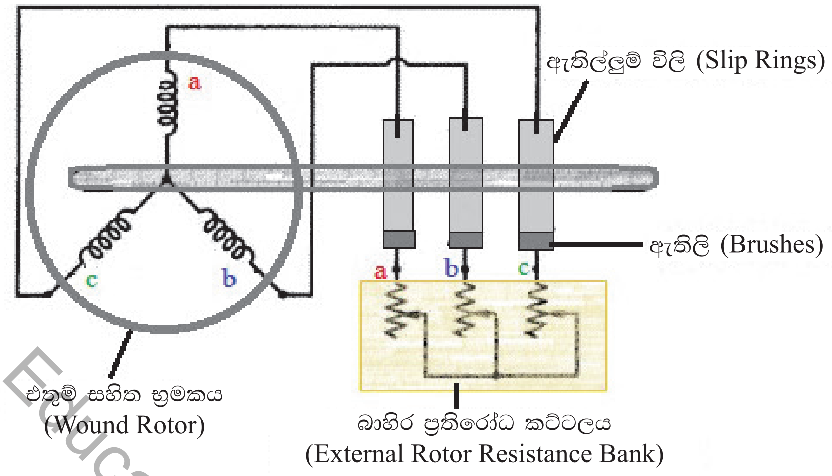
Educational Publications Department

- ## ඇතිල්ලුම් විලි හෝ එතුම් සහිත භ්‍රමක (Slip Ring or Wound Rotor)



රූපය 1.36 - ඇතිල්ලුම් විලි හෝ එතුම් සහිත භ්‍රමකය (slip ring or wound rotor)

තෙකලා ඇතිල්ලුම් විලි ආකාර භ්‍රමක (three phase slip ring rotor) ලේන කූඩු ආකාර භ්‍රමකවලින් බොහෝ වෙනස් වේ. මෙය එතුම් සහිත භ්‍රමක (wound rotor) ලෙස ද හැඳින්වේ. ලේන කූඩු ආකාර භ්‍රමකයට පිටතින් බලපෑමක් කළ නොහැකි ය. එහෙත් ඉහත 1.36 රූපයේ පෙන්වා ඇති තෙකලා ඇතිල්ලුම් විලි ආකාර භ්‍රමකයක් එතුම් සහිත වන අතර, එම එතුම් තාරකා ආකාරයට සම්බන්ධ කර ඉතිරි අග්‍ර ඇතිල්ලුම් විලිවලට සම්බන්ධ කර ඇති බැවින් එම ඇතිල්ලුම් විලිවලට සම්බන්ධ කර ඇති බුරුසු හරහා 1.37 රූපයේ පරිදි බාහිර ප්‍රතිරෝධ කට්ටලයකට සම්බන්ධ කළ හැකි ය. එමගින් ආරම්භක ධාරාව පාලනය කළ හැකි අතර, වේගයද යම් ප්‍රමාණයකට පාලනය කළ හැකි ය.



රූපය 1.37 - ඇතිල්ලුම් විලි / එතුම් සහිත ප්‍රේරණ මෝටරයක භ්‍රමක එතුම් බාහිර ප්‍රතිරෝධ කට්ටලයට සම්බන්ධ කර ඇති ආකාරය

Educational Publications Department

1.4.5 ප්‍රේරණ මෝටරවල වේගය

ස්ථායුකයේ ඇති වන භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයට පසු ව භ්‍රමකය භ්‍රමණය වන බැවින් භ්‍රමකයෙහි වේගය (N_r), සමමුහුර්තක වේගයට (N_s) වඩා අඩු වේ. එම වේග වෙනසට මෝටරයේ ලිස්සුම (slip) යයි කියනු ලබයි. මෙය s සංකේතයෙන් දැක්වේ.

ලිස්සුම (slip) $= N_s - N_r$

ප්‍රතිශත ලිස්සුම $= s = \dfrac{(N_s - N_r)}{N_s} \times 100\%$

$N_s = \dfrac{120 f}{p}$ සූත්‍රයට අනුව, සංඛ්‍යාතය (frequency, f) වෙනස් කිරීමෙන් මෝටරයේ වේගය වෙනස් කළ හැකි ය. මේ සඳහා සංඛ්‍යාත වෙනස් කරන ධාවකයක් (variable frequency drive, VFD) යොදා ගනී.

තව ද ධ්‍රැව සංඛ්‍යාව (number of poles, p) වෙනස් කිරීමෙන් ද මෝටරයේ වේගය වෙනස් කළ හැකි ය. ධ්‍රැව ජෝඩු සංඛ්‍යාව වැඩි කිරීමේ දී මෝටරයේ වේගය අඩු වේ. මේ සඳහා මෝටරයේ එතුම් ඒ ඒ ආකාරයට වෙනස් ප්‍රමාණයේ ධ්‍රැව ලබා ගත හැකි පරිදි ඔතා ඇත. නමුත් මෙමගින් ලබා ගත හැක්කේ සීමිත වේග ප්‍රමාණයකි.

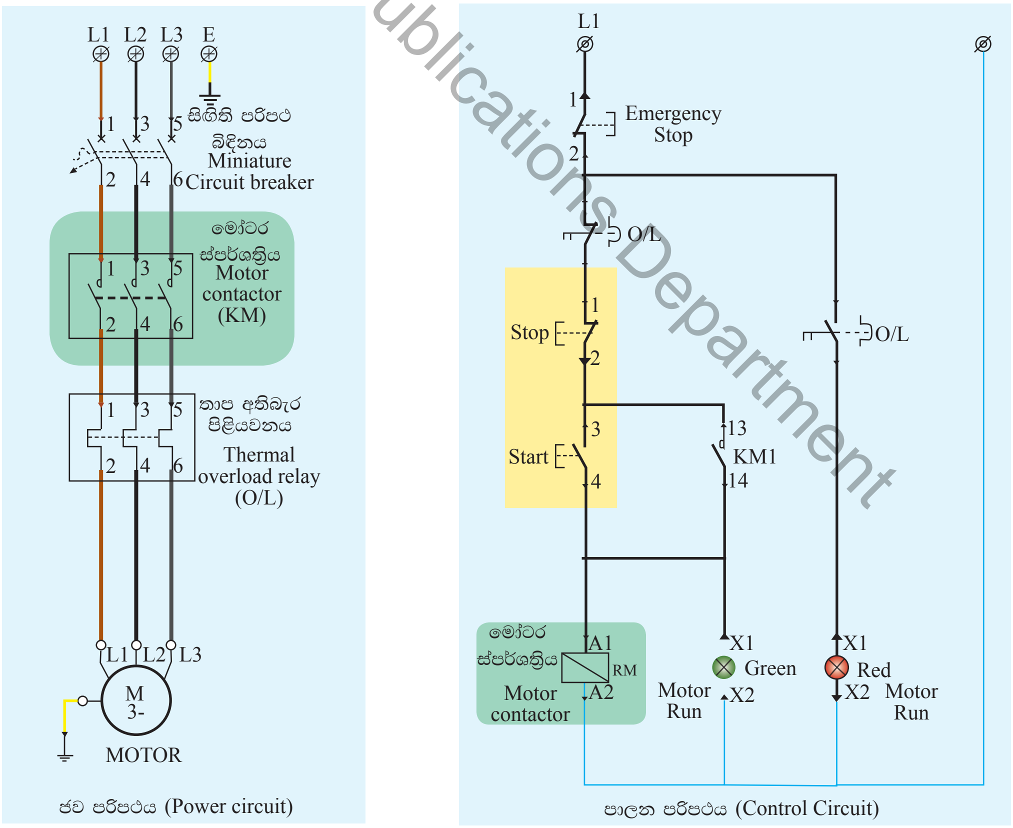
මීට අමතර ව, සපයන වෝල්ටීයතාව පාලනය කිරීම හා බාහිර ප්‍රතිරෝධ එකතු කිරීම වැනි ක්‍රම ද ප්‍රේරණ මෝටරවල වේගය වෙනස් කිරීමට යොදා ගත හැකි ය. එහෙත් මෙවන් ක්‍රම භාවිතය ඉතා විරල වේ.

1.4.6 තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටර සඳහා යොදන ආරම්භක උපක්‍රම

මෝටරයක් ආරම්භයේ දී එහි ප්‍රමත ධාරාව (rated current) මෙන් හය ගුණයක පමණ ධාරාවක් සැපයුමෙන් ලබා ගනී. විශාල ධාරාවක් සැපයුමෙන් ලබා ගැනීමේ දී පරිපථයට සම්බන්ධ විලායක (fuse) දැවී යෑම, සිඟිති පරිපථ බිඳින (miniature circuit breakers) මගින් හෝ අධිධාරා පිළියවන (over current relay) මගින් සැපයුම විසන්ධි වීම හෝ යොත් (cables) / එතුම් (windings) දැවී යෑම වුව ද සිදු විය හැකි ය. එසේ ම විශාල විභව බැස්මක් ද ඇති වේ. මෙය වැළැක්වීම සඳහා ආරම්භක උපක්‍රමයක් යෙදිය යුතු ය. තවද ප්‍රධාන විදුලි සැපයුම නොමැති අවස්ථාවක දී මෝටරයේ සැපයුම ස්වයංක්‍රිය ව විසන්ධි විය යුතු අතර, නැවත විදුලිය ලැබීමේ දී ඉබේ ක්‍රියාත්මක නොවිය යුතු ය. තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරවල භාවිත වන ආරම්භක උපක්‍රම පහත විග්‍රහ කර ඇත.

- ### සෘජු සබැඳුම් මෝටර ආරම්භකය (Direct Online Motor Starter)

කුඩා ප්‍රමාණයේ මෝටරවලට සැපයුමෙන් ලබා ගන්නා ධාරාව අඩු බැවින් මේවා සඳහා විදුලි සැපයුම සෘජු ව සම්බන්ධ කළ හැකි ය. මේ සඳහා D.O.L. ආරම්භකය (direct online motor starter) භාවිත කරනු ලැබේ. D.O.L. මෝටර ආරම්භක ජව පරිපථය හා පාලන පරිපථය 1.38 රූපයෙන් දක්වා ඇත.



රූපය 1.38 - (a) D.O.L. මෝටර ආරම්භකයේ ජව පරිපථය හා පලන පරිපථය

Educational Publications Department

D.O.L මෝටර ආරම්භකය

රූපය 1.38 - (b) D.O.L. ආරම්භකය

Educational Publications Department

ජව පරිපථයේ (power circuit) දැක්වෙන පරිදි තෙකලා විදුලි සැපයුම මුලින්ම විලායක (fuse) හෝ සිඟිති පරිපථ බිඳිනයට (miniature circuit breaker) සම්බන්ධ වන අතර, ඉන් පසු (අති බැර පිළියවනය (over load relay)) ස්පර්ශත්‍රියේ (motor contactor) ප්‍රධාන ස්පර්ශක හරහා මෝටරයට සම්බන්ධ වේ.

පාලන පරිපථයේ දී (control circuit) එක් කලාවකින් විදුලි සැපයුම ඇරඹුම් බොත්තමට (start button) සපයා, ඉන් පසු නැවතුම් බොත්තම (stop button) හරහා අධිබැර පිළියවනය තුළින් ස්පර්ශත්‍රියේ ක්‍රියාකාරී දඟරයට සම්බන්ධ වේ.

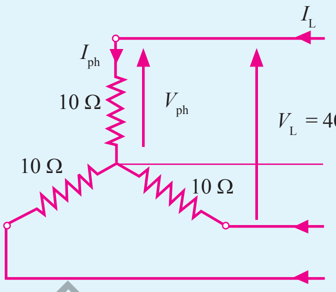
ජව පරිපථයයේ ඇරඹුම් බොත්තම ක්‍රියා කරවීමේ දී නැවතුම් බොත්තම හරහා අධිබැර පිළියවනය තුළින් ස්පර්ශත්‍රියේ ක්‍රියාකාරී දඟරයට ධාරාව සැපයීමෙන් එය ක්‍රියාත්මක වී, එමගින් ජව පරිපථයේ ස්පර්ශක වැසී යෑමෙන් මෝටරයට විදුලිය සැපයේ. මෝටරය ක්‍රියාත්මක වන අවස්ථාවේ දී යම් හෙයකින් මෝටරය අධිබැර වීමක් සිදු වුව හොත් අධිබැර පිළියවනය මගින් පාලන පරිපථයේ ස්පර්ශත්‍රිය ඇරීමෙන් ස්පර්ශත්‍රිය හරහා මෝටරය ක්‍රියා විරහිත වේ. මෙහි දී සිදු වනුයේ අධිධාරාවක් ගලා යෑමේ දී අධිබැර පිළියවනයේ ඇති ද්විලෝහ පටිය (bimetallic strip) රත් වීමෙන් එය නැවී යෑම නිසා එහි ඇති ස්පර්ශත්‍රියක් මගින් මෝටරයට සැපයෙන විදුලි සැපයුම විසන්ධි කිරීම යි. 1.38 (b) රූපයෙන් භාවිතයේ පවතින D.O.L ආරම්භකයක් පෙන්වයි.

- ## තාරකා / ඩෙල්ටා ආරම්භකය (Star - Delta Starter)

තාරකා / ඩෙල්ටා ආරම්භකයේ ක්‍රියාකාරිත්වය අවබෝධ කර ගැනීමට පහත උදාහරණය සලකන්න.

10 Ω වූ ප්‍රතිරෝධක තුනක් (a) තාරකා ක්‍රමයට (b) ඩෙල්ටා ක්‍රමයට අමුණා 400 V සැපයුමකට සම්බන්ධ කොට ඇත. එක් එක් අවස්ථාවේ දී වැය වන ජවය පහත දක්වා ඇති පරිදි ගණනය කළ හැකි ය.

තාරකා සම්බන්ධය (star connection)



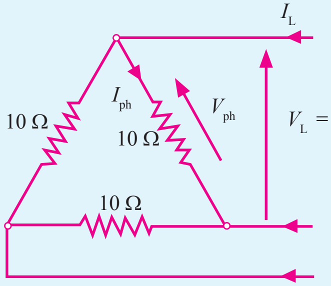
$$V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230 \text{ V}$$

$$I_L = I_{ph} = \frac{V_{ph}}{R} = \frac{230}{10} = 23 \text{ A}$$

$$P_{3ph} = \sqrt{3} V_L I_L \text{Cos}\theta$$

$$= \sqrt{3} \times 400 \times 23 \times 1 = 16 \text{ kW}$$

ඩෙල්ටා සම්බන්ධය (Delta connection)



$$V_L = V_{ph} = 400 \text{ V}$$

$$I_{ph} = \frac{V_{ph}}{R} = \frac{400}{10} = 40 \text{ A}$$

$$I_L = \sqrt{3} I_{ph} = \sqrt{3} \times 40 = 69 \text{ A}$$

$$P_{3ph} = \sqrt{3} V_L I_L \text{Cos}\theta$$

$$= \sqrt{3} \times 400 \times 69 \times 1 = 48 \text{ kW}$$

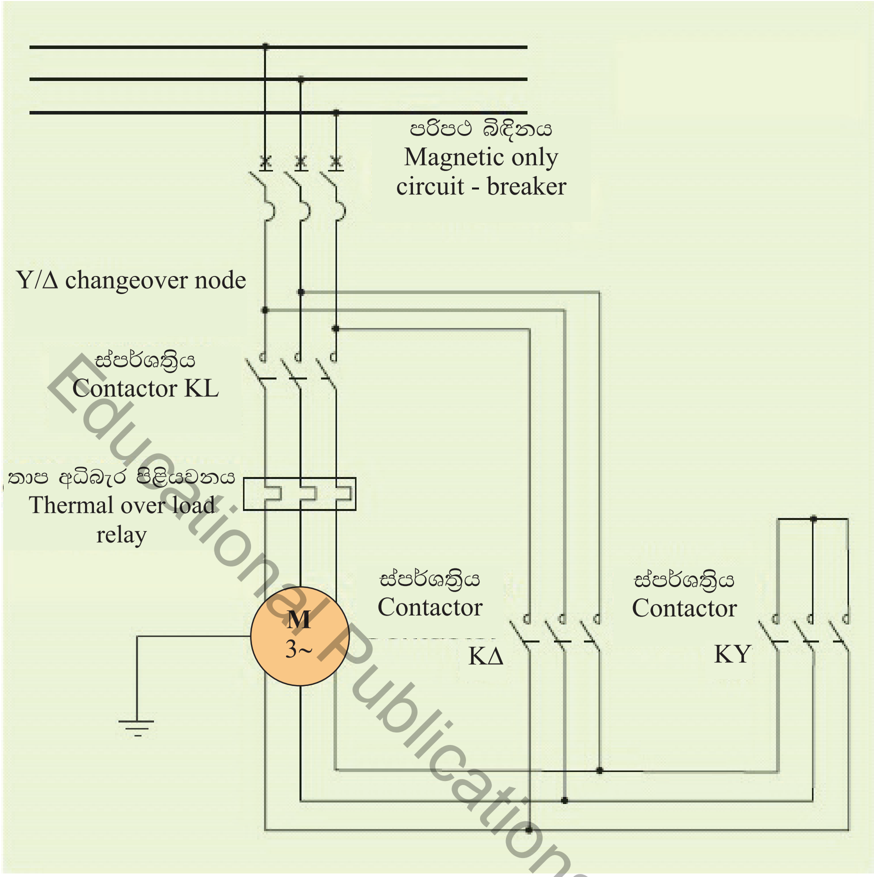
සටහන

මෙහි θ යනු වෝල්ටීයතාව සහ ධාරාව අතර ඇති කලා කෝණය යි. Cosθ අගය විදුලි පද්ධතියේ ජව සාධකය නම් වේ. පරිපථයක ධාරිත්‍රක හෝ ප්‍රේරක අඩංගු වී ඇති විට ජව සාධකය එකට වඩා අඩු අගයක් ගැනීමට අවකාශ ඇති අතර ප්‍රතිරෝධ පමණක් ඇති විට එහි අගය ඒකකය කි.

ඉහත උදාහරණයට අනුව පෙනී යන්නේ එතුම් ඩෙල්ටා (delta) ක්‍රමයට සම්බන්ධ කිරීමේ දී තාරකා (star) ක්‍රමය මෙන් තුන් ගුණයක ජවයක් උපදවා ගත හැකි බව යි. එබැවින් විශාල ජවයන් ඇති මෝටර ඩෙල්ටා ක්‍රමයට ක්‍රියා කරවනු ලැබේ. එහෙත් ඩෙල්ටා ක්‍රමයේ දී තාරකා ක්‍රමය මෙන් තුන්ගුණයක ධාරාවක් සැපයුමෙන් ලබා ගනී. එබැවින් විශාල ජවයක් ඇති මෝටර ආරම්භයේ දී තාරකා ක්‍රමයට සම්බන්ධය පවත්වා, ආරම්භ වී නියමිත වේගයට පැමිණීමෙන් පසු ඩෙල්ටා ක්‍රමයට මෝටරය ක්‍රියාත්මක කෙරේ.

මෙම ක්‍රමය තාරකා ඩෙල්ටා ඇරඹුම් ක්‍රමය (star-delta starting method) ලෙස හැඳින්වේ. 1.39 රූපයෙන් ස්වයංක්‍රීය ව ක්‍රියත්මක වන තාරකා - ඩෙල්ටා ආරම්භකයක් දැක්වේ.

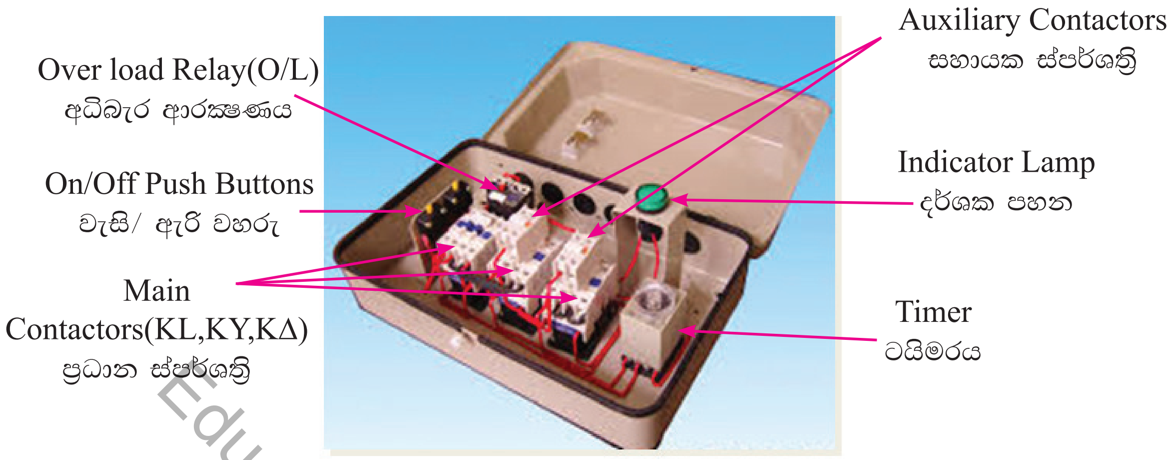
Educational Publications Department



රූපය 1.39 - තාරකා ඩෙල්ටා ආරම්භකය (Star - delta starter)

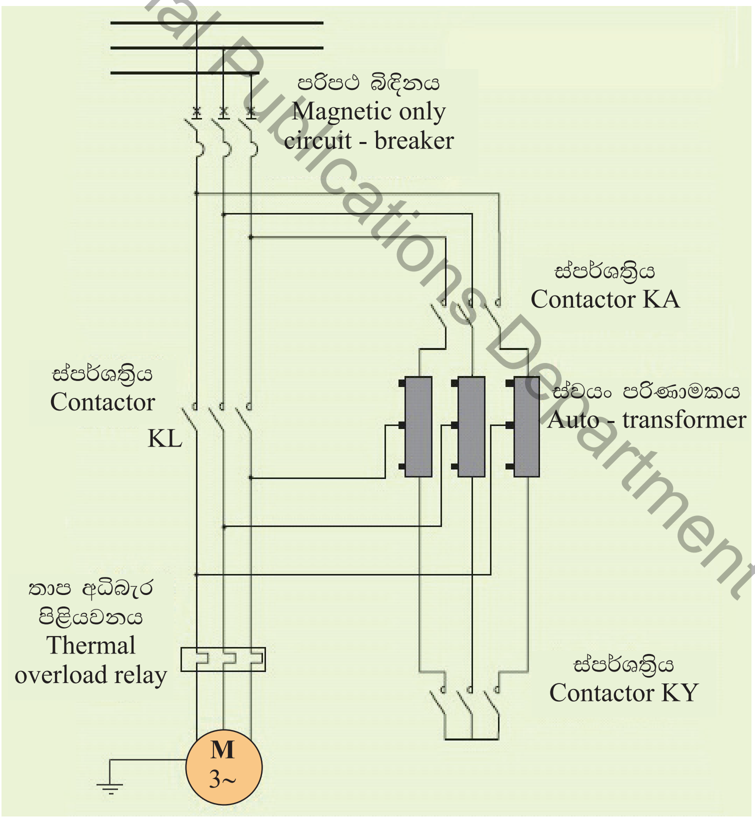
1.39 රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි මෝටරය ක්‍රියා කිරීම ආරම්භ කිරීමට පරිපථ බිඳිනය (circuit breaker) වසා, ඒ සමග ම KL ස්පර්ශත්‍රිය (KL contactor) ද වසා, KY ස්පර්ශත්‍රිය ද (KY contactor) වැසිය යුතු ය. මෙසේ කිරීමෙන් මෝටරයේ එතුම් (windings) තාරකා (star) ආකාරයට සම්බන්ධ වී ඇත. මෙසේ ආරම්භ කිරීමෙන් පසු කිසියම් දන්නා කාලාන්තරයක් ගත වීමට සලස්වයි. මේ කාලාන්තරයේ දී මෝටරය එහි නියමිත වේගයට පැමිණේ. එම කාලාන්තරයෙන් පසු දෙවන පියවර ලෙස KY ස්පර්ශත්‍රිය (KY contactor) විවර කර, KΔ ස්පර්ශත්‍රිය (KΔ Contactor) වැසීම සිදු කෙරේ. මේ අවස්ථාවේ මෝටරයේ එතුම් ඩෙල්ටා ආකාරයට පවතින අතර, මෙය මෝටරයේ සාමාන්‍ය ක්‍රියාකාරී පිහිටුම වේ. 1.40 රූපයේ ස්වයංක්‍රීය තාරකා ඩෙල්ටා ආරම්භක උපාංග දැක්වේ.

Educational Publications Department



රූපය 1.40 - ස්වයංක්‍රිය තාරකා - ඩෙල්ටා ආරම්භකය (Automatic Star/Delta Starter Circuit)

- ## ස්වයං පරිණාමක ආරම්භකය (Auto-transformer Starter)



රූපය 1.41 - ස්වයං පරිණාමක ආරම්භකය

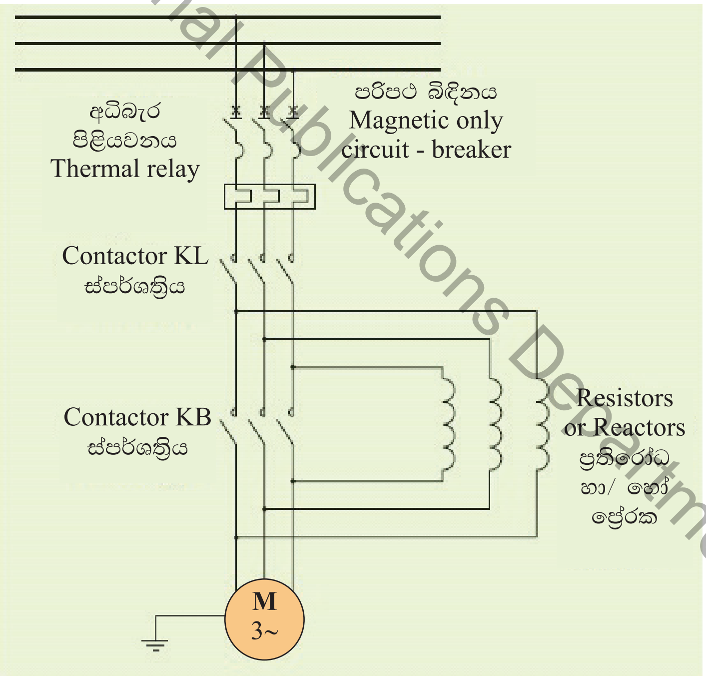
Educational Publications Department

1.41 රූපයේ දක්වා ඇති ක්‍රමයේ දී ආරම්භක වෝල්ටීයතාව අඩු කිරීම සඳහා ස්වයං පරිණාමකයක් යොදා ගැනේ. මෝටරය ආරම්භයේ දී එය ස්වයං පරිණාමකයේ එක් සවුනකට සවි කර ඇති අතර, පරිපථ බිඳිනය ද KA ස්පර්ශක්‍රිය ද KY ස්පර්ශක්‍රිය ද වසා පවතී. මේ නිසා වෝල්ටීයතාව මෙන් ම මෝටරය ලබා ගන්නා ධාරාව ද අඩු වේ. මෝටරය ආරම්භ කර, එය මොටරයේ නියමිත වේගයෙන් 80%- 90% දක්වා පැමිණීමේ දී KY ස්පර්ශක්‍රිය පමණක් විවර කර, ස්වයං පරිණාමකයේ ප්‍රේරකය හරහා ම අඩු වෝල්ටීයතාවෙන් යුත් සැපයුම පැවතීමට සලස්වයි. වේගය නියමිත වේගයට ම පැමිණි පසු KL ස්පර්ශක්‍රිය වසා KA ස්පර්ශක්‍රිය විවර කෙරේ. එම අවස්ථාවේ මෝටරය සෘජුව ම විදුලි ජාලයට සම්බන්ධ වේ.

මේ ආරම්භක ක්‍රමය තාරකා - ඩෙල්ටා ක්‍රමයට වඩා මිල අධික ක්‍රමයක් වන අතර, මෙය මධ්‍යම ප්‍රමාණයේ හෝ විශාල ජව සහිත ලේන කූඩු ආකාර භ්‍රමක යුත් ප්‍රේරණ මෝටර සඳහා යොදා ගැනේ.

Educational Publications Department

- ## ස්ථායුකයට බාහිර ව ප්‍රතිරෝධ හෝ ප්‍රේරක යොදා ආරම්භය

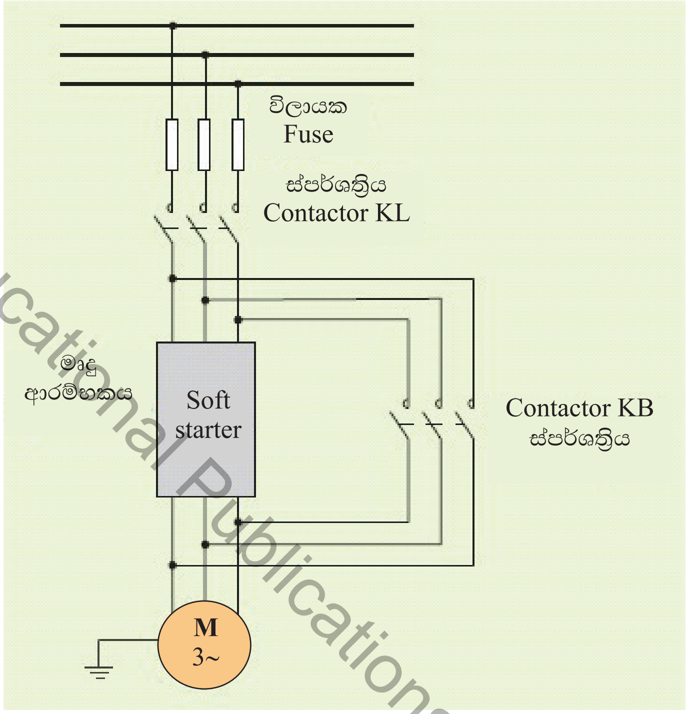


රූපය 1.42 - බාහිර ප්‍රතිරෝධ හෝ ප්‍රේරක යොදා ආරම්භය

මෙම ක්‍රමය 1.42 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත. මෙහි දී මෝටරයේ ස්ථායුකයට (stator) පිටතින් ස්ථායුක දඟර සමග ශ්‍රේණිගත ව ප්‍රතිරෝධ හා ප්‍රේරක සවි කිරීමෙන් මෝටරය ආරම්භයේ දී සැපයෙන වෝල්ටීයතාව අඩු කෙරේ. එනිසා ආරම්භයේ දී රූපයේ පෙන්වා ඇති KL ස්පර්ශක්‍රිය වසා තිබෙන අතර, KB ස්පර්ශක්‍රිය විවර කර ඇත. මෝටරය නියමිත වේගයට පැමිණීමෙන් පසු KB ස්පර්ශක්‍රිය වැසෙන බැවින් ඒ අවස්ථාවේ මෝටරයට මුළු වෝල්ටීයතාව ම සැපයේ. මේ ක්‍රමය ලේනකූඩු ආකාර භ්‍රමක ඇති ප්‍රේරණ මෝටර සඳහා

යොදා ගැනෙන අතර, වඩාත් සුදුසු වනුයේ වැඩි අවස්ථිතියක් ඇති, සාපේක්ෂ ව අඩු ආරම්භක ව්‍යාවර්තයක් හා ධාරාවක් අවශ්‍ය මෝටර සඳහා වේ.

• මෘදු ආරම්භක (Soft Starters)



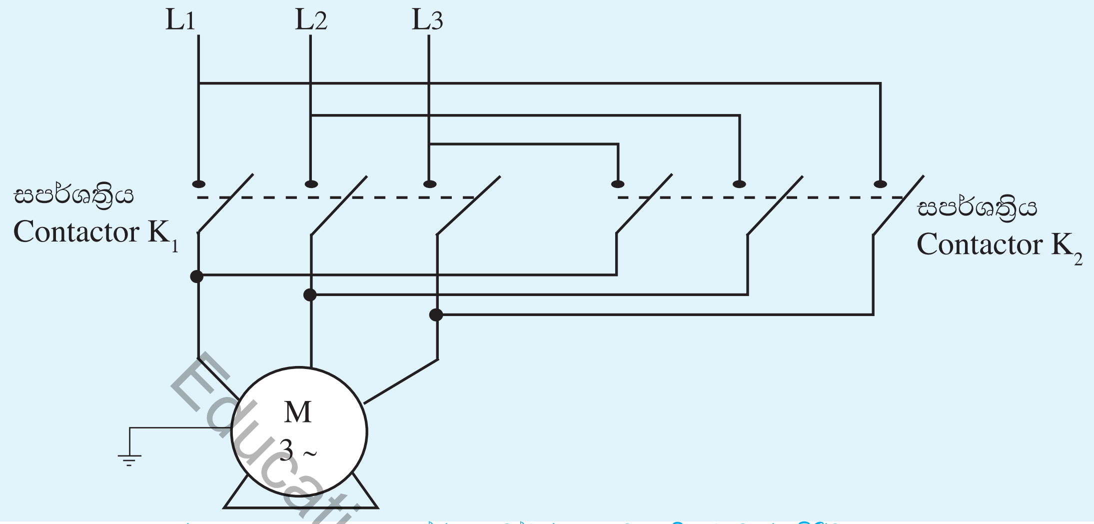
රූපය 1.43 - මෘදු ආරම්භකය

Educational Publications Department

1.43 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත්තේ මෘදු ආරම්භයක් ප්‍රේරණ මෝටරයක් සඳහා යොද ගන්නා ආකාරය යි. මෙය නවීන ආරම්භක ක්‍රමයක් වන අතර, වැඩි ආයෝජනයක් කිරීමට සිදු වන ක්‍රමයකි. මෙහි දී භාවිත වනුයේ ස්ථිතික ඉලෙක්ට්‍රෝනික උපාංග යි. මේ ක්‍රමය භාවිතයේ දී ධාරාව ක්‍රමික ව පාලනය කළ හැකි බැවින් ආතතියකින් තොර ව මෘදු ආරම්භයක සිට සාමාන්‍ය ක්‍රියාකාරී අවස්ථාවට පැමිණීම සිදු වේ.

• තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක් භ්‍රමණ දිශාව මාරු කර ධාවනය කිරීම

තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක භ්‍රමණ දිශාව මාරුකිරීම මෝටරයට ලබා දෙන තුන්කලා සැපයුමේ, සැපයුම් රැහැන් දෙකක අග්‍ර මාරු කිරීමෙන් කළ හැකි වේ. කර්මාන්ත ක්ෂේත්‍රයේ භාවිත කරනු ලබන තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක භ්‍රමණ දිශාව මාරු කිරීම සඳහා 1.44 රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි සපර්ශත්‍රිය (Contactor) දෙකක් භාවිත කර එයින් පළමු වැන්න (Contactor K_1) ක්‍රියාත්මක වන විට අනුපිළිවළින් කලා තුන මඟින් මෝටරයට සැපයුම ලැබේ. එම ස්පර්ශත්‍රිය (Contactor K_1) විවෘතවී (Off) දෙවන ස්පර්ශත්‍රිය (Contactor K_2) ක්‍රියාත්මක වූ විට පහත පරිපථ රූපයේ පරිදි. L_1 කලාව පෙර L_3 කලාව ලබාදුන් අග්‍රයටත්, L_3 කලාව පෙර L_1 කලාව ලබාදුන් අග්‍රයටත් සම්බන්ධ වී මෝටරයට සැපයුව ලැබේ. එවිට තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරය භ්‍රමණ දිශාව මාරු වී ධාවනය වේ.



රූපය 1.44 - තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක භ්‍රමණ දිශාව මාරු කිරීම

Educational Publications Department

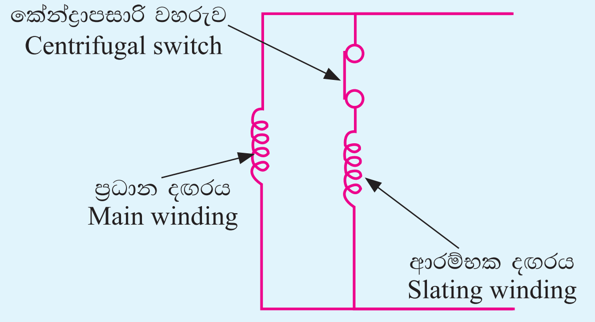
1.5 ඒකලා ප්‍රේරණ මෝටර (Single Phase Induction Motors)

තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක එක් එක් කලාව අතර 120° ක කලා වෙනසක් ඇති නිසා ධාරාව සැපයූ විට ස්ථායුකයේ භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති වේ. එහෙත් ඒකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක ස්ථායුකයෙහි කලා වෙනසක් කෘත්‍රිම ව ඇති කිරීමට සිදු වේ. මේ සඳහා විවිධ ක්‍රම භාවිත වන අතර, එසේ යොදා ගන්නා ක්‍රම මත ඒකලා මෝටර පහත පරිදි වර්ග කළ හැකි ය.

1. පැලිකලා ප්‍රේරණ මෝටර
2. ස්ථිර ධාරිත්‍රක
3. ධාරිත්‍රක ආරම්භක ප්‍රේරණ මෝටර
4. ධාරිත්‍රක ආරම්භක - ධාරිත්‍රක ධාවන ප්‍රේරණ මෝටර
5. ආවරණ ධ්‍රැව ප්‍රේරණ මෝටර (එබ්බවූ ධ්‍රැව මෝටර්)

1.5.1 පැලිකලා ප්‍රේරණ මෝටරය (Split Phase Induction Motor)

මෙම මෝටරයේ ප්‍රධාන හා අමතර ලෙස ඒ හරහා ගලා යන ධාරාවන්ගේ කලා වෙනසක් ඇති වන ලෙස එතුම් දෙකක් පවතී. ආරම්භක එතුම ලෙස හැඳින්වෙන මෙම අමතර එතුම සමඟ ශ්‍රේණිගතව කේන්ද්‍රාපසාරී ස්විච්චයක් සවි කර ඇත. මෝටරය නියමිත වේගයෙන් 75% පමණ වන විට ස්විච්චය ක්‍රියාත්මක වී අමතර එතුම පරිපථයෙන් විසන්ධි කෙරේ. එතුම් දෙකෙහි ගලා යන ධාරාවන් අතර කලා වෙනසක් ලබා ගැනීමට ආරම්භක එතුමේ ප්‍රතිරෝධය ඉතා වැඩි අගයක් ලැබෙන සේ යොදා ගැනේ. ඉතාමත් අඩු ආරම්භක ධාරාවක් හා අඩු ව්‍යාවර්ථයක් ඇති මෙම පැලිකලා මෝටර ශීතකරණවල ඇති සම්පීඩකය ක්‍රියාකිරීමට භාවිත කරයි. පැලිකලා මෝටරයේ දළ පරිපථ සටහන 1.45 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත.



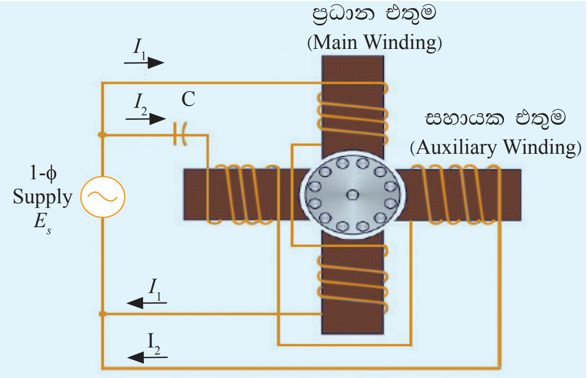
රූපය 1.45 - පැලිකලා මෝටරයේ පරිපථ සටහන

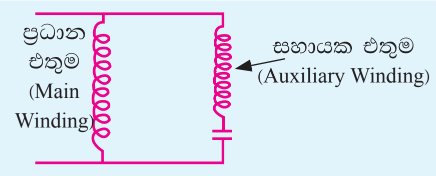
Educational Publications Department

1.5.2 ස්ථිර ධාරිත්‍රක ප්‍රේරණ මෝටර (Permanent Capacitor Induction Motor)

මෙම වර්ගයේ මෝටරවල ද ධාවන දඟරය හා ආරම්භත දඟරය වශයෙන් එතුම් දෙකක් පවතින අතර ආරම්භක දඟරයට ශ්‍රේණිගතව ධාරිත්‍රකයක් සම්බන්ධ කර එම පරිපථය ධාවන දඟරයට සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කර ඇත. ඉහත සඳහන් කළ පරිදි අමතර නැත හොත් ආරම්භක එතුමට ශ්‍රේණිගත ව ධාරිත්‍රකයක් සම්බන්ධ කර ඇති නිසා එතුම් දෙකෙහි ධාරාවන් අතර කලා වෙනසක් ඇති වේ. මෙවැනි කලා වෙනසක් ඇති ධාරාවක් ස්ථායුක දඟර තුළින් ගලා යැමේ දී භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති වන අතර ධාරාව අනුව චුම්බක ක්ෂේත්‍රය පවතින දිශාව මැක්ස්වෙල්ගේ කස්කුරුප්පු නියමය යොදා ගැනීමෙන් සොයා ගත හැකි ය.

මෙම එකලා මෝටරවල ලේන කූඩු ආකාර භ්‍රමක භාවිත වන අතර, භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක පවතින මේ භ්‍රමක ද තෙකලා මෝටරයක ආකාරයෙන් ම භ්‍රමණය වීම සිදු වේ. එසේම මෝටරය ධාවනය වන සෑම අවස්ථාවක දී ම එනම්, ආරම්භක අවස්ථාවේ මෙන්ම ධාවන අවස්ථවේ දී ද ධාරිත්‍රකය පරිපථයට සම්බන්ධව පවතී. එබැවින් පරිපථය හරහා ගලන ධාරාව පාලනය කිරීමෙන් මෙම වර්ගයේ මෝටර් විචල්‍ය වේගයෙන් ධාවනය කිරීමට හැකි වේ. එම නිසා මෙම වර්ගයේ මෝටර, සීලිං පංකා, සහ මේස පංකා සඳහා භාවිත කරයි. ස්ථිර ධාරිත්‍රක ප්‍රේරණ මෝටරයක දළ පරිපථ සටහන හා ස්ථායුකයේ දඟර පිහිටන ආකාරය 1.46 (a) රූපයේ දක්වා ඇත.

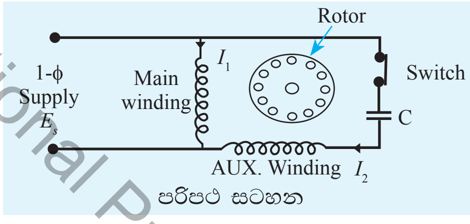




රූපය 1.46 (a) - එකලා ස්ථිර ධාරිත්‍රක මෝටර

1.5.3 ධාරිත්‍රක ආරම්භක ප්‍රේරණ මෝටර (Capacitor Start Induction Motor)

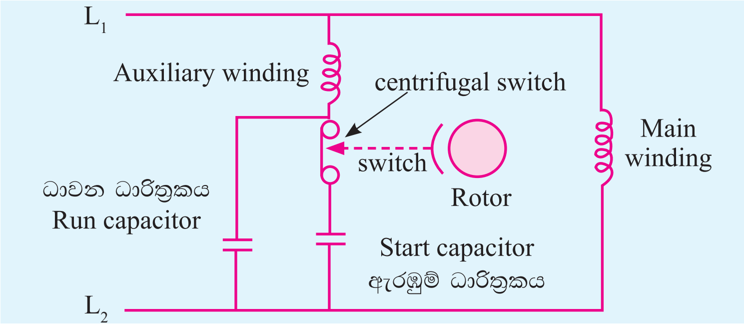
මෙම වර්ගයේ මෝටරවලට ආරම්භක දඟරය හා ධාවන දඟරය වශයෙන් දඟර දෙකක් හා ආරම්භක දඟරයට ශ්‍රේණිගතව ධාරිත්‍රකයක් හා කේන්ද්‍රාපසාරි වහරුවක් (Centrifugal Switch) සම්බන්ධ කර ඇත. මෝටරයට සැපයුම ලබා දී ධාවනය වන විට නියමිත වේගයේ 65% ක් 75% අතර වේගයකට පැමිණි විට කේන්ද්‍රාපසාරි වහරුව ක්‍රියාත්මක වී ආරම්භක ධාරිත්‍රකය හා දඟරය සහිත කොටස පරිපථයෙන් ඉවත් වේ. ධාවන දඟරයෙන් පමණක් ධාවන වේ. කේන්ද්‍රාපසාරි වහරුවක් ක්‍රියත්මක වන බැවින්, මෙම වර්ගයේ මෝටර් විචල්‍ය වේගයෙන් ධාවනය කළ නොහැකි ය. විබැරක් සමඟම ආරම්භ වන අධි ශීතකරණ යන්ත්‍ර, වතුර පොම්ප සඳහා මෙම මෝටර භාවිත වේ. ධාරිත්‍රක ආරම්භක ප්‍රේරණ මෝටරයේ දළ පරිපථ රූපසටහන 1.46 (b) රූපයෙන් පෙන්වා ඇත.



රූපය 1.46 (b) - ධාරිත්‍රක ආරම්භක ප්‍රේරණ මෝටරයේ පරිපථ සටහන

1.5.4 ධාරිත්‍රක ආරම්භක - ධාරිත්‍රක ධාවන ප්‍රේරණ මෝටර (Capacitor Start - Capacitor Run Induction Motors)

විශාල බැරයන් සඳහා භාවිත කරන මෝටරවල ඇරඹුම් ව්‍යාවර්තය (starting torque) වැඩි කර ගැනීමට ආරම්භක අවස්ථාවේ අමතර ධාරිත්‍රකයක් (start capacitor) 1.45 (c) රූපයේ පරිදි සම්බන්ධ කෙරේ. මෙම ධාරිත්‍රකය මෝටරයේ ඊෂාවට (shaft) සම්බන්ධ කර ඇති කේන්ද්‍රාපසාරී ස්විච්චය (centrifugal switch) හරහා ධාවන ධාරිත්‍රකයට (run capacitor) සමාන්තරගතව සම්බන්ධ වේ. එබැවින් ආරම්භක අවස්ථාවේ සමක ධාරිත්‍රකතාව වැඩි වීම නිසා වැඩි ව්‍යාවර්තයක් ඇති වේ. මෝටරය ආරම්භ වූ පසු කේන්ද්‍රාපසාරී ස්විච්චය මඟින් ආරම්භක ධාරිත්‍රකය විසන්ධි වේ.

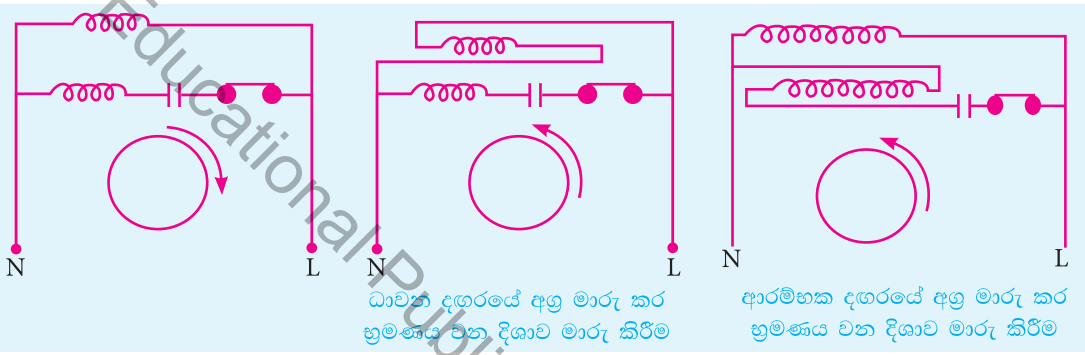


රූපය 1.46 (c) - ධාරිත්‍රක ආරම්භක - ධාරිත්‍රක ධාවන ප්‍රේරණ මෝටරයේ පරිපථ සටහන

Educational Publications Department

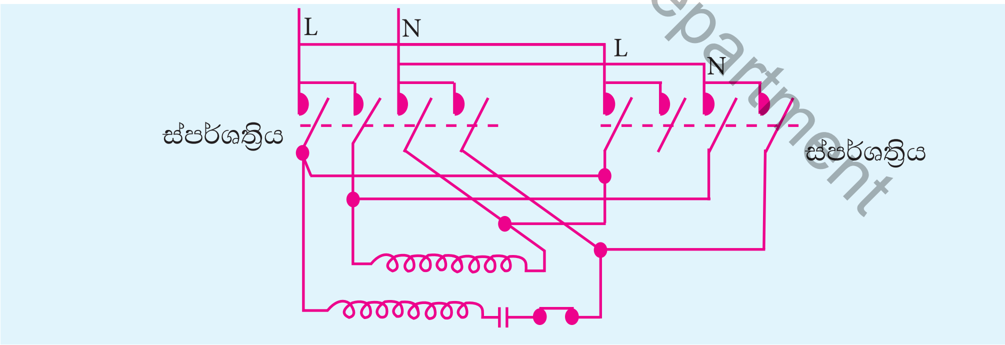
මේ වර්ගයේ මෝටර අධිපීඩිත ජල පොම්ප (high pressure water pumps), රික්තක පොම්ප (vacuum pumps), දැව නිෂ්පාදන යන්ත්‍ර (wood working machinery) හා වායු සම්පීඩන (air compressors) සඳහා යොදා ගැනේ.

ඉහත සඳහන් කළ තනිකලා ප්‍රේරණ මෝටර් වර්ග හතරෙන් ඕනෑම මෝටරයක භ්‍රමණ දිශාව මාරු කිරීමට අවශ්‍ය නම්, ආරම්භක දඟරයේ හෝ ධාවන දඟරයේ යන දඟර දෙකෙන් ඕනෑම එක් දඟරයක අග්‍ර මාරු කිරීමෙන් භ්‍රමණය වන දිශාව මාරු කරගත හැකි වේ. උදාහරණයක් ලෙස ධාරිත්‍රක ආරම්භක ප්‍රේරණ ධාවන මෝටරයක භ්‍රමණ දිශාව මාරු කිරීමට අවශ්‍ය පරිපථ සටහන 1.46 (d) රූපයෙන් දැක්වේ.



රූපය 1.46 (d) - එකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක භ්‍රමණ දිශාව මාරු කෙරෙන ආකාරය දැක්වෙන පරිපථ සටහන්

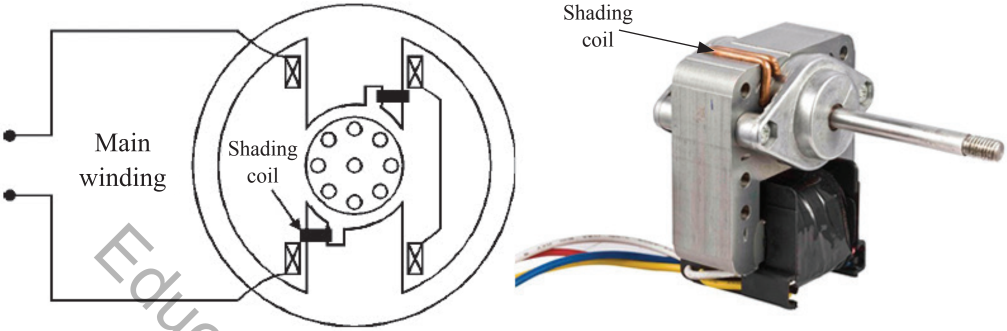
කර්මාන්ත ක්ෂේත්‍රයේ භාවිත වන එකලා ප්‍රේරණ මෝටරවල නිතර නිතර භ්‍රමණ දිශාව මාරු කිරීමට අවශ්‍ය අවස්ථාවන්හි දී, ධ්‍රැව හතරේ ස්පර්ශත්‍රික දෙකක් භාවිත කෙරෙයි. එලෙස භ්‍රමණ දිශාව මාරු කිරීම සඳහා ස්පර්ශත්‍රික භාවිත කෙරෙන ආකාරය දැක්වෙන දළ පරිපථ සටහනක් 1.46 (e) රූපයේ පෙන්වා ඇත.



රූපය 1.46 (e) - එකලා ප්‍රේරණ මෝටරයක භ්‍රමණ දිශාව මාරු කිරීම සඳහා ස්පර්ශත්‍රික භාවිතය

Educational Publications Department

1.5.5 ආවරණ ධ්‍රැව මෝටර (Shaded pole motors)



රූපය 1.47 - ආවරණ ධ්‍රැව මෝටරය

1.47 රූපයේ දක්වා ඇත්තේ එකලා ආවරණ ධ්‍රැව මෝටරයකි (single phase shaded pole motor). මෙහි ප්‍රධාන ධ්‍රැවයේ කුඩා පලුවකට ලුහුවත් (short circuit) කරන ලද තඹ මුදුවක් සවි කොට ඇත. ප්‍රධාන දඟරය එකලා සැපයුමකට සම්බන්ධ කළ විට උපදින චුම්බක ස්‍රාවයෙන් කොටසක් ප්‍රධාන ධ්‍රැවය හරහා ද අනෙක් කොටස තඹ මුදුවක් සවි කොට ඇති සහායක ධ්‍රැවය හරහා ද ගමන් කරයි. තඹ මුදුව නිසා එම ධ්‍රැව දෙක හරහා ගලා යන ස්‍රාවයන් අතර, කලා වෙනසක් ඇති වේ. මේ කලා වෙනස හේතුවෙන් ස්ථායුකයේ භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති කිරීමට සමත් වේ. මෙහි දී භ්‍රමකය පෙර විස්තර කළ ලේන කූඩු ආකාර වන අතර ක්‍රියාකාරීත්වය ද එලෙස ම සිදුවේ.

මෙම මෝටර විශාලත්වයෙන් කුඩා වන අතර බොහෝ විට ගෘහස්ථ උපකරණ (household equipment) සඳහා පමණක් භාවිත වේ. කැසට් රෙකෝඩර්, සිසිලන පංකා, ටයිමර් හා සෙල්ලම් බඩු සඳහා මෙම ආවරණ ධ්‍රැව මෝටර යොදා ගැනේ.

1.6 සාර්ව මෝටර (Universal Motors)

සාර්ව මෝටර, ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවෙන් මෙන් ම සරල ධාරාවෙන් ක්‍රියා කළ හැකි විශේෂිත මෝටර වර්ගයකි. සාර්ව මෝටරයේ සැකසුම සරල ධාරා ශ්‍රේණි මෝටරයකට බෙහෙවින් සමාන වේ. මෙහි ස්ථායුකයේ (stator) ක්ෂේත්‍ර දඟර (field windings) ඔතා ඇති අතර භ්‍රමණය වන ආමේචරය (armature) හෙවත් භ්‍රමකය (rotor), ආමේචර (භ්‍රමක) දඟරවලින් හා න්‍යාදේශකයෙන් (commutator) යුක්ත වේ. න්‍යාදේශකය මත ඇතිලි (brushes) සවි කර ඇත. මෙහි ස්ථායුකයේ හරය මෙන් ම භ්‍රමකයේ හරය ද පරිවරණය කරන තහඩුවලින් (laminated) සමන්විත කර ඇත්තේ සුළි ධාරා හානිය වැළැක්වීමට යි. සාර්ව ධාරා මෝටරයක කොටස් හා එතුම් සම්බන්ධ වී ඇති ආකාරය 1.48 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත. මේ මෝටරයේ ආමේචර එතුම හා ක්ෂේත්‍ර එතුම ශ්‍රේණිගත ව සම්බන්ධ කර තිබේ.

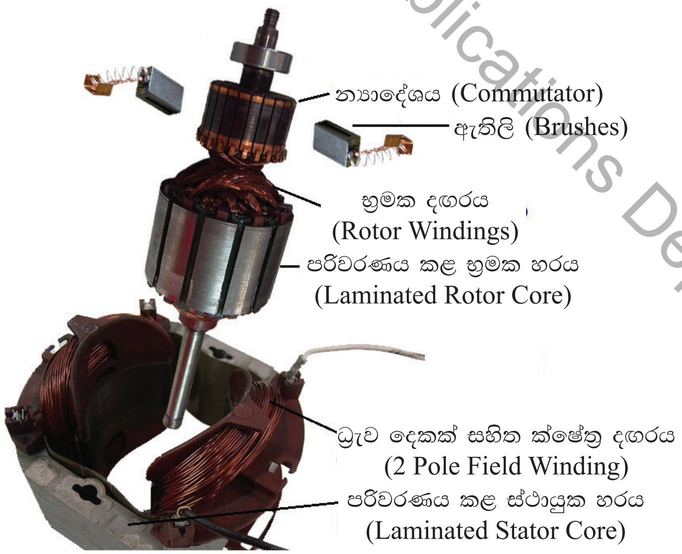
Educational Publications Department

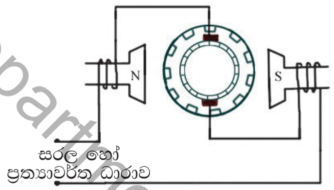
සාර්ව මෝටරයකට සරල ධාරාවක් ලබාදුන් විට එය සරල ධාරා ශ්‍රේණි මෝටරයක් ලෙස ක්‍රියා කරයි. ක්ෂේත්‍ර දඟරයට ලබා දුන් සරල ධාරාව නිසා එහි විද්‍යුත් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් හට ගන්නා අතර, ඒ ධාරාව ම ආමේචර එතුම හරහා ද ගලා යයි. ධාරාව ගලා යන සන්නායකයක් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ තබා ඇති විට සන්නායකය මත බලයක් ඇති වන බව ඔබ දන්නා කරුණකි. මෙසේ ඇති වන බලය හෝ ව්‍යවර්තය නිසා භ්‍රමකය භ්‍රමණය වේ. ෆ්ලෙමින්ගේ වමත් නීතිය යෙදීමෙන් භ්‍රමණ දිශාව සොයා ගත හැකි ය.

සාර්ව මෝටරයකට ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවක් සැපයුව ද එය එක ම දිශාවකට භ්‍රමණය වේ. මෙයට හේතුව මෝටරයේ ආමේචර එතුම හා ක්ෂේත්‍ර එතුම ශ්‍රේණිගත ව සම්බන්ධ කර තිබීම යි. එනිසා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව ධන, සෘණ ලෙස ක්‍රමික ව වෙනස් වීමේ දී ඊට අනුරූප ව ම ක්ෂේත්‍ර දඟරයේ මෙන් ම ආමේචර දඟරයේ ද ධාරාව ගලන දිශාව වෙනස් වේ. මේ හේතුවෙන් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ දිශාව හා ආමේචරයේ ධාරාව ගලා යන දිශාව වෙනස් වන්නේ භ්‍රමකය මත ඇති වන බලයන්ගේ දිශාව වෙනස් නොවන ලෙස යි. එනිසා භ්‍රමකය, ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව සැපයූ විට ද එක ම දිශාවකට භ්‍රමණය වේ.

මෙම මෝටර මගින් සරල ධාරා ශ්‍රේණි මෝටර මගින් මෙන් අධික වේගයන් ලබාගත හැකි බැවින් විදුම් යන්ත්‍ර, ග්‍රයින්ඩර් යන්ත්‍ර, මහන මැෂින් මෝටර, රික්ත ශෝධක (vacuum cleaners) හා ආහාර මිශ්‍රක (food mixture) සඳහා යොදා ගැනේ.

Educational Publications Department

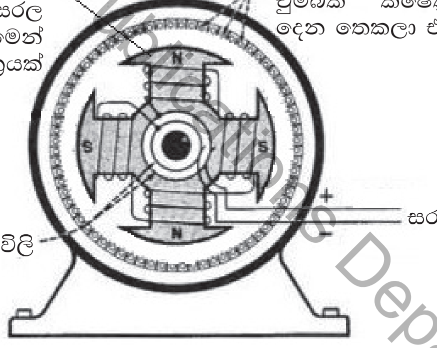




රූපය 1.48 - සාර්ව මෝටර (universal motors)

1.7 සමමුහුර්තක මෝටර (Synchronous Motors)

සමමුහුර්තක මෝටරවල ස්ථායුක දඟර ප්‍රේරණ මෝටරවල ස්ථායුක දඟර හා සමාන වේ. එබැවින් මෝටරයේ ස්ථායුක දඟරවලට විදුලි සැපයුම ලබා දුන් විට එහි ද කලින් විස්තර කළ පරිදි භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති වේ. ස්ථායුකයේ ඇති වන මෙම භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රය සමමුහුර්තක වේගය ලෙස හැඳින්වෙන බවත් එහි අගය සොයා ගන්නා ආකාරයත් මීට ඉහත දී පෙන්වා ඇත. මෙම භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රය තුළ ස්ථිර චුම්බකයක් තැබුව හොත් එහි උත්තර ධ්‍රැවය භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ දක්ෂිණ ධ්‍රැවය සමඟ චුම්බක ව අගුලු වැටීමක් සිදු වේ. එනිසා ස්ථිර චුම්බකය ද භ්‍රමණය වන චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ වේගය වන, සමමුහුර්තක වේගයෙන් ම භ්‍රමණය වීමට පටන් ගනී. මෙසේ කුඩා මෝටරවල භ්‍රමකය ලෙස ස්ථිර චුම්බක භාවිත වුවත් විශාල මෝටරවල භ්‍රමකය ලෙස විද්‍යුත් චුම්බක යොදා ගැනේ. විද්‍යුත් චුම්බක භ්‍රමකයක් සහිත සමමුහුර්තක මෝටරයක හරස් කැපුමක් 1.49 රූපයෙන් පෙන්වා දී ඇත. මෙහි දී භ්‍රමකයේ ඇති ක්ෂේත්‍ර දඟරයට සරල ධාරාවක් සැපයේ.



රූපය 1.49 - සමමුහුර්තක මෝටරයක ආකෘතියක්

සමමුහුර්තක මෝටරයේ ගැටලුවකට ඇත්තේ මෝටරය ආරම්භයේ දී නැවතී ඇති භ්‍රමකය එක විට සමමුහුර්තක වේගයට පැමිණීමට අපහසු හෙයින් මෝටරය ආරම්භ කිරීමට වෙනත් මෝටරයක් (pony motor) මගින් කරකවා දිය යුතු වීම යි. එසේ නැත හොත් සමහර මෝටරවල භ්‍රමකයේ ලේන කූඩු ආකාර භ්‍රමකවල මෙන් භ්‍රමක දඬු ගිල්වා දෙපස ලුහුවත් කර ඇත. එවිට මෝටරය ලේන කූඩු ආකාර මෝටරයක් ලෙස ආරම්භ වී උපරිම වේගයට පැමිණීමත් සමඟ ම සමමුහුර්තක වේගයට පැමිණේ.

ප්‍රේරණ මෝටර (induction motors) මෙන් නො ව, සමමුහුර්තක මෝටර මගින් 3000 rpm, 1500 rpm, 1000 rpm වැනි නියත වේගයෙන් ලබා ගත හැකි අතර, පහසුවෙන් අවශ්‍ය පරිදි වේග අනුපාත (ගියර් රෝද මගින්) ලබාගත හැකි වේ. එබැවින් මේවා විදුලි ඔරලෝසු, ටයිමර් වැනි උපකරණ සඳහා යොදා ගනු ලැබේ.

Educational Publications Department

සමමුහුර්තක මෝටරවල භ්‍රමකයේ ක්ෂේත්‍ර එතුමට සපයන සරල ධාරාව (සකොබන ධාරාව - excitation current, I_f) වැඩි කර ගෙන යෑමේ දී මෝටරයේ සැපයුම් ධාරාව ක්‍රමයෙන් අඩු වී යම් අවම අගයකට පැමිණීමෙන් පසු නැවත වැඩි වේ. එයට හේතුව සකොබන ධාරාව, I_f වැඩි කර ගෙන යෑමේ දී සැපයුම් ධාරාවේ ජව සාධකය, Cos θ අඩු විලම්භ (lagging) අගයක සිට ක්‍රමයෙන් වැඩි වී, Cos θ = 1 දක්වා වැඩි වී තව දුරටත් I_f ධාරාව වැඩි කිරීමේ දී ජව සාධකය, Cos θ හි අගය නැවත අඩු පෙරටු (leading) අගයකට අඩු වීම යි.

එනම් අඩු සකොබන ධාරාවක දී (under excitation) විලම්භ ජව සාධකයකින් ද (lagging power factor), වැඩි සකොබන ධාරාවක දී (over excitation) පෙරටු ජව සාධකයකින් ද (leading power factor), සමමුහුර්තක මෝටර ක්‍රියා කරයි. එබැවින් මේ සමමුහුර්තක මෝටර, විදුලි පද්ධතිවල ජව සාධකය ඉහළ නැංවීම සඳහා ද යොදාගනී. එසේ භාවිත වන සමමුහුර්තක යන්ත්‍ර, සමමුහුර්තක ධාරිත්‍රක (synchronous condensers) ලෙස හැඳින්වේ.

Educational Publications Department

අභ්‍යාස 3

(1) a. විශාල ජවයන්ගෙන් යුතු තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටර සඳහා සුදුසු මෝටර ආරම්භක වර්ගයක් සඳහන් කරන්න.

b. තෙකලා ප්‍රේරණ මෝටර සඳහා මෙසේ ආරම්භකයක් අවශ්‍ය වීමට හේතු පැහැදිලි කරන්න.

(2) ආවරණ ධ්‍රැව ප්‍රේරණ මෝටරය එකලා ප්‍රේරණ මෝටරයකි. එහි ස්ථායුකයේ එක් ධ්‍රැවයක කොටසකට ලුහුවත් කරන ලද තඹ මුදුවක් සවි කොට ඇත. මෙසේ කිරීමට ප්‍රධාන හේතුව සැකෙවින් පැහැදිලි කරන්න.

(3) සාර්ව මෝටරයේ සුවිශේෂ ලක්ෂණ සඳහන් කර, එය භාවිතයේ යෙදෙන අවස්ථා සඳහන් කරන්න.

(4) සමමුහුර්තක මෝටරය අන් මෝටරවලින් වෙනස් වන විශේෂතා සඳහන් කර, එම විශේෂ ගුණ අනුව මෝටරයේ භාවිතයන් සඳහන් කරන්න.

1.8 ➡ සරල ධාරා යන්ත්‍ර (DC Machines)

සරල ධාරා ජනක (DC generators) සහ සරල ධාරා මෝටර (DC motors) යන දෙවර්ගය ම ගත් විට සරල ධාරා යන්ත්‍ර (DC machines) ලෙස හැඳින්වේ. මේ සරල ධාරා යන්ත්‍ර ක්‍රියාකාරීත්වය ද පෙර සාකච්ඡා කළ විද්‍යුත් චුම්බක මූලධර්ම මත පදනම් වේ. එනම්,

- සන්නායකයක් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක චලනය වීමේ දී ඒ සන්නායකයේ වෝල්ටීයතාවක් ප්‍රේරණය වේ.

  චාලක ශක්තිය, විදුලි ශක්තිය බවට පරිවර්තනය වන මේ අවස්ථාව විදුලි ජනන ක්‍රියාවලිය යි.

- විදුලි ධාරාවක් ගමන් ගන්නා සන්නායකයක් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක ඇති විට සන්නායකය මත යාන්ත්‍රික බලයක් ඇති වේ.

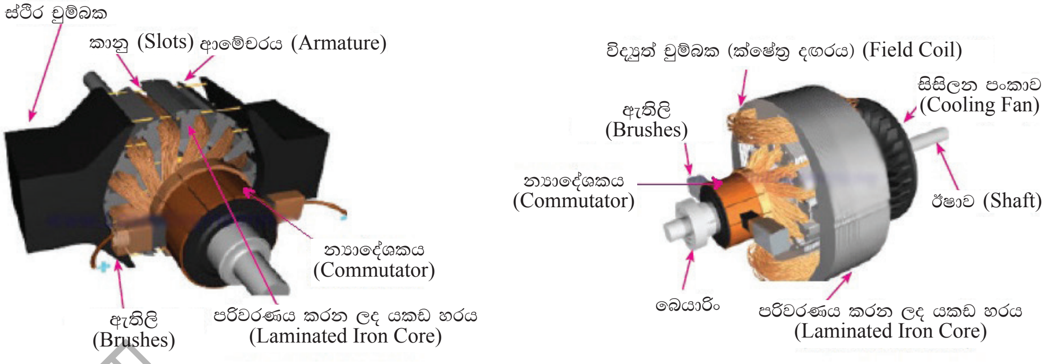
  විදුලි ශක්තිය, චාලක ශක්තිය බවට පරිවර්තනය වන මේ අවස්ථාව මෝටරයක ක්‍රියාවලිය යි.

සරල ධාරා ජනක මෙන් ම සරල ධාරා මෝටර ද නිර්මාණය අතින් එක සමාන වේ. එනම් සරල ධාරා යන්ත්‍රයකට, සරල ධාරාවක් සැපයීමෙන් එය මෝටරයක් ලෙස ක්‍රියා කරන අතර, සරල ධාරා යන්ත්‍රයක භ්‍රමකය වෙනත් උපක්‍රමයකින් කරකැවීමෙන් එය සරල ධාරා ජනකයක් ලෙස භාවිත කළ හැකි ය.

1.8.1 සරල ධාරා යන්ත්‍රයක කොටස්

සරල ධාරා යන්ත්‍රවල චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ඇති කර ගන්නා ක්‍රමය අනුව යන්ත්‍ර වර්ග දෙකක් පවතී. කුඩා යන්ත්‍රවල චුම්බක ක්ෂේත්‍රය ඇති කර ගැනීමට ස්ථායුකයේ ස්ථිර චුම්බක ධ්‍රැව 2ක් සවි කර ඇත. විශාල යන්ත්‍රවල මේ සඳහා ස්ථායුකයේ ක්ෂේත්‍ර දඟර (field winding) ඔතා විද්‍යුත් චුම්බක සකසා ගැනේ. ස්ථායුකය මධ්‍යයේ භ්‍රමකය පිහිටා ඇත. භ්‍රමකය, ආමේචර දඟරය (armature winding) හා න්‍යාදේශකය (commutator) යන අංගවලින් සමන්විත වේ. ආමේචර දඟරයේ අග්‍ර න්‍යාදේශ ඛණ්ඩ හරහා ඇතිලි (brushes) මගින් පිටතට සම්බන්ධ කිරීම සිදු වේ. ස්ථිර චුම්බක හා විද්‍යුත් චුම්බක භාවිත වන සරල ධාරා යන්ත්‍රයක කොටස් 1.50 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත.

Educational Publications Department



ස්ථිර චුම්බක සරල ධාරා යන්ත්‍රය

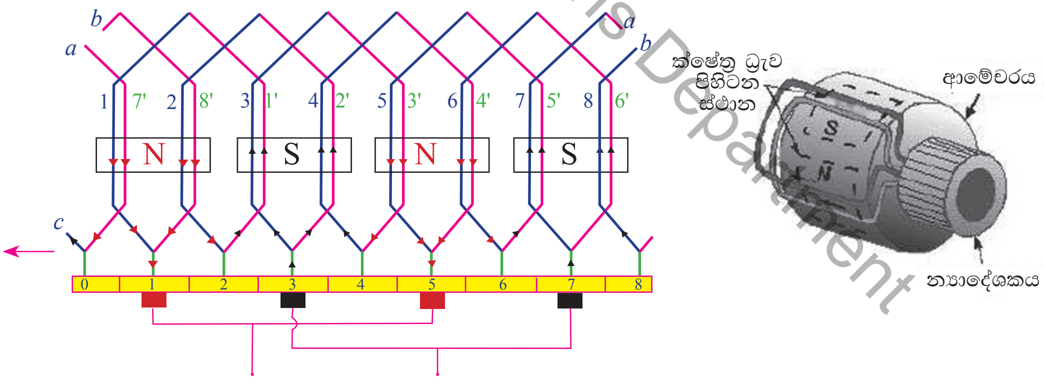
විද්‍යුත් චුම්බක සරල ධාරා යන්ත්‍රය

රූපය 1.50 - සරල ධාරා යන්ත්‍රයක කොටස්

සරල ධාරා යන්ත්‍රවල ආමේචරයේ න්‍යාදේශකයට දඟර සම්බන්ධ කොට ඇති ආකාරය අනුව එතුම් ආකාර දෙකකි:

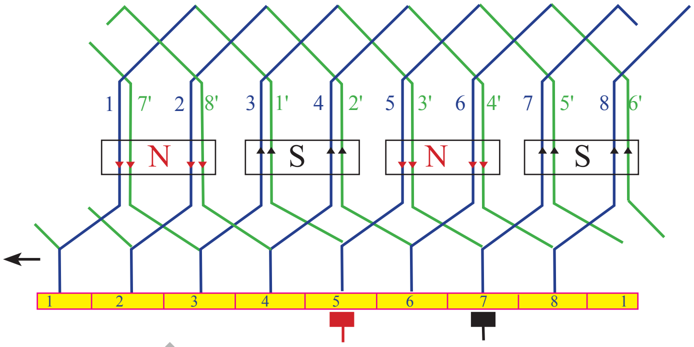
1. අතිවැසුම් එතුම (lap winding)
2. තරංග එතුම (wave winding)

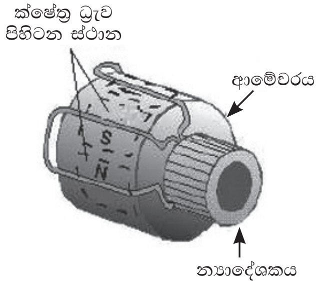
1.51 රූපයෙන් අතිවැසුම් එතුම ද 1.52 රූපයෙන් තරංග එතුම ද පෙන්නුම් කෙරේ.



රූපය 1.51 - අතිවැසුම් එතුම (lap winding)

Educational Publications Department



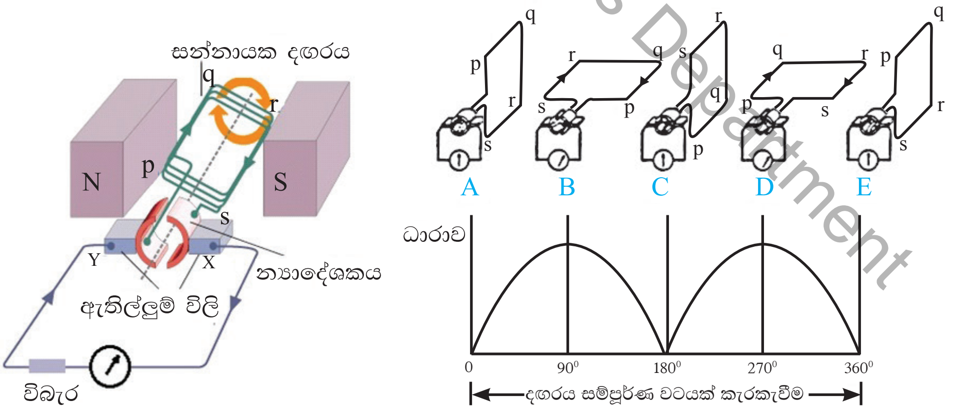


රූපය 1.52 - තරංග එතුම (wave winding)

අතිවැසුම් එතුමේ දී ආමේචරයේ සැපයුම පිටතට ලබා ගන්නා බුරුසුවලට එතුම් සමාන්තරගත ව සම්බන්ධ වන අතර, අතිවැසුම් එතුමෙහි සමාන්තර පථ ප්‍රමාණය හා බුරුසු ගණන ධ්‍රැව ගණනට සමාන වේ. මේ අතිවැසුම් එතුම් ක්‍රමය සහිත සරල ධාරා යන්ත්‍ර යොදා ගැනෙනුයේ අඩු වෝල්ටීයතාවක වැඩි ධාරාවක් අවශ්‍ය වන අවස්ථාවන්හි දී ය.

තරංග එතුමෙහි සමාන්තර පථ ප්‍රමාණය හා බුරුසු ගණන සැම විට ම දෙකකි. මේ තරංග එතුම සහිත සරල ධාරා යන්ත්‍ර යොදා ගැනෙනුයේ අධිවෝල්ටීයතාවක අඩු ධාරාවක් අවශ්‍ය වන අවස්ථාවන්හි දී ය.

1.8.2 සරල ධාරා ජනකයක ක්‍රියාකාරීත්වය



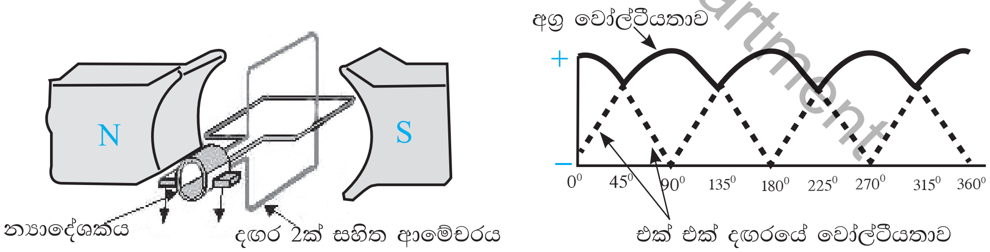
රූපය1.53 - සරල ධාරා ජනකයක (එක් දඟරයක) ක්‍රියාකාරීත්වය

1.53 රූප සටහනේ චුම්බක ධ්‍රැව යුග්මයක් (N/S) මධ්‍යයේ භ්‍රමණය වන සන්නායක දඟරයක් පෙන්වා ඇත. එහි අග්‍ර, ඇතිලි පළු (න්‍යාදේශ ඛණ්ඩ) දෙකට සම්බන්ධ කර, ඒ හරහා බුරුසු මගින් ආමේචරයේ නිපදවෙන සරල ධාරාව ඇමීටරයක් හරහා විබැරට (load) සපයා ඇත.

Educational Publications Department

1.53 රූප සටහනේ A අවස්ථාවෙහි දී චුම්බක බලරේඛා නොකැපෙන බැවින් ධාරාව ශූන්‍ය වේ. එහෙත් දක්ෂිණාවර්ත ව 90^oකින් භ්‍රමණය වීමේ දී ධාරාව ක්‍රමයෙන් වැඩි වී B අවස්ථාවෙහි දී ධන උපරිම වේ. මෙහි දී ෆ්ලෙමින්ගේ දකුණත් නීතියට අනුව පුඩුව තුළින් S සිට P දක්වා ගලා යන ධාරාව, X සිට Y දක්වා ඇමීටරය තුළින් විබැර හරහා ගලා යයි. එබැවින් X ධන අග්‍රයක් වන අතර, Y ඍණ අග්‍රයක් වේ. තව දුරටත් දක්ෂිණාවර්ථ ව 90^oකින් භ්‍රමණය වීමේ දී, එනම්, පුඩුව චුම්බක ධ්‍රැවයෙන් ඉවතට යාමේ දී ක්‍රමයෙන් ධාරාව අඩු වී C අවස්ථාවෙහි දී (180° දී) ශූන්‍ය වේ (ප්‍රස්තාරයේ පළමු අර්ධ චක්‍රය). සන්නායක පුඩුව දක්ෂිණාවර්ත ව තවත් 90^oකින් භ්‍රමණය වීමේ දී එහි බාහු දෙක මාරු වීමේ දී න්‍යාදේශ ඛණ්ඩ දෙක ද මාරු වීම නිසා ෆ්ලෙමින්ගේ දකුණත් නීතියට අනුව පුඩුව තුළින් P සිට S දක්වා ගලා යන ධාරාව, X සිට Y දක්වා ඇමීටරය තුළින් විබැර හරහා ගලා යයි. එබැවින් එහි දී ද X ධන අග්‍රයක් වන අතර, Y ඍණ අග්‍රයක් වේ. එනම්ඃ එක ම දිශාවකට ධාරාව ගලා යන අතර, D අවස්ථාවෙහි දී ද ධන උපරිම වේ. තව දුරටත් දක්ෂිණාවර්ත ව තවත් 90^0කින් භ්‍රමණය වීමේ දී නැවත A අවස්ථාවට පැමිණෙන බැවින් (360^0 දී) ධාරාව නැවත ශූන්‍ය වේ (ප්‍රස්තාරයේ දෙවන අර්ධ චක්‍රය). එනම් මෙමඟින් ස්පන්දනය වන සරල ධාරාවක් නිපදවේ. මෙය ශුද්ධ සරල ධාරාවක් නොවන අතර, A සහ C අවස්ථාවල දී ධාරාවක් නූපදී. මෙම තත්ත්වය මඟ හරවා දිගට ම ධාරාවක් ලබා ගැනීම සඳහා 1.54 රූපයේ ඇති පරිදි දඟර දෙකක් න්‍යාදේශ ඛණ්ඩ හතරකට සම්බන්ධ කර ඇත.

1.54 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ දඟර දෙකක් වෙන වෙන ම න්‍යාදේශ ඛණ්ඩ හතරකට සම්බන්ධ කර ඇති විට එහි අග්‍ර අතර වෝල්ටීයතාව ඇති වන ආකාරය යි. 1.54 රූපයේ ඇති වක්‍රයේ දැක්වෙන පරිදි එක් දඟරයක ධාරාව ක්‍රමයෙන් අඩු වී ගෙන යන අතර, අනෙක් දඟරය මගින් චුම්බක බලරේඛා කැපෙන බැවින් එම දඟරයේ ධාරාව උපදී. එබැවින් අඛණ්ඩ සරල ධාරාවක් මෙමඟින් ලබා ගත හැකි ය. එහි දැක්වෙන පරිදි මෙහි ඇති රැළිත්ත (ripple) ස්වභාවය නිසා සුමට සරල ධාරාවක් මෙමඟින් ලබා ගත නොහැකි ය. එබැවින් නියත සරල ධාරාවක් ලබා ගැනීම සඳහා සරල ධාරා ජනකය නිපදවීමේ දී වැඩි පුඩු ගණනක් හා න්‍යාදේශ ඛණ්ඩ (commutor segments) ගණනාවක් යොදා ගැනේ.



රූපය 1.54 - සරල ධාරා ජනකයක (දඟර දෙකක) ක්‍රියාකාරීත්වය

Educational Publications Department

1.8.3 සරල ධාරා ජනකයක ආමේචර දඟරයේ නිපදවන විද්‍යුත්ගාමක බලය - E

සරල ධාරා ජනකයක සිදු වන්නේ චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ ආමේචරය භ්‍රමණය කිරීම යි. චුම්බක බල රේඛා කැපී යෑම හේතුවෙන් ජනනය වන විද්‍යුත්ගාමක බලයෙහි විශාලත්වය පහත සඳහන් කරුණු මත රඳා පවතී.

ආමේචරය එක් වටයක් භ්‍රමණය කිරීමේ දී ජනනය වන විද්‍යුත්ගාමක බලය, E ලෙස ගනිමු.

එක් සන්නායකයක් සැලකීමේ දී,

කැපෙන මුළු ස්‍රාව ප්‍රමාණය = එක් ධ්‍රැවයක ස්‍රාවය ($\emptyset$) × ධ්‍රැව ගණන (p) = $\emptyset$p

භ්‍රමණ වේගය = N rpm = N/60 rps නිසා

එක් වටයක් සඳහා ගත වන කාලය $= \dfrac{60}{N}$ s

E = d $\emptyset$/dt (ස්‍රාවය කැපීමේ ශීඝ්‍රතාව) බැවින්,

$$E = \frac{\emptyset\, p}{60/N} = \frac{\emptyset\, N\, p}{60}$$

එමෙන් ම ආමේචරයේ මුළු සන්නායක සංඛ්‍යාව Z නම් හා ඒවා සමාන්තරගත ව සම්බන්ධ කර ඇති නිසා, සමාන්තර පථ ගණන a නම්,

එක් සමාන්තර පථයක ඇති සන්නායක සංඛ්‍යාව = Z/a

ආමේචරයේ ජනනය වන වි.ගා.බ.ය., E නම්,

$$E = \frac{\emptyset\, Z N\, p}{60a}$$

ආමේචරයේ අතිවැසුම් එතුමක් (lap winding) ඇත් නම් $a = P$ වන අතර, තරංග එතුමක් නම් $a = 2$ වේ.

නිදසුන 9

ධ්‍රැව හතරක් ඇති ජනකයක ආමේචරයේ කානු 51ක් තුළ එක් කානුවක සන්නායක 12 බැගින් ඇත. එක් ධ්‍රැවයක ස්‍රාවය 25 mWb වේ. මෙම ජනකය 900 rpm වේගයෙන් භ්‍රමණය කළ හොත් උපදින විද්‍යුත්ගාමක බලය ජනකය (a) තරංග එතුමේ (b) අතිවැසුම් එතුමේ ඇති විට, සොයන්න.

Educational Publications Department

(a) තරංග එතුමේ ඇති විට,

$$a = 2$$

$$E = \frac{\phi ZNp}{60\,a}$$

$$= \frac{25 \times 10^{-3} \times 51 \times 12 \times 900 \times 4}{60 \times 2}$$

$$= 459\ V$$

(b) අතිවැසුම් එතුමේ ඇති විට,

$$a = p = 4$$

$$E = \frac{\phi ZNp}{60.a}$$

$$= \frac{25 \times 10^{-3} \times 51 \times 12 \times 900 \times 4}{60 \times 4}$$

$$= 229\ V$$

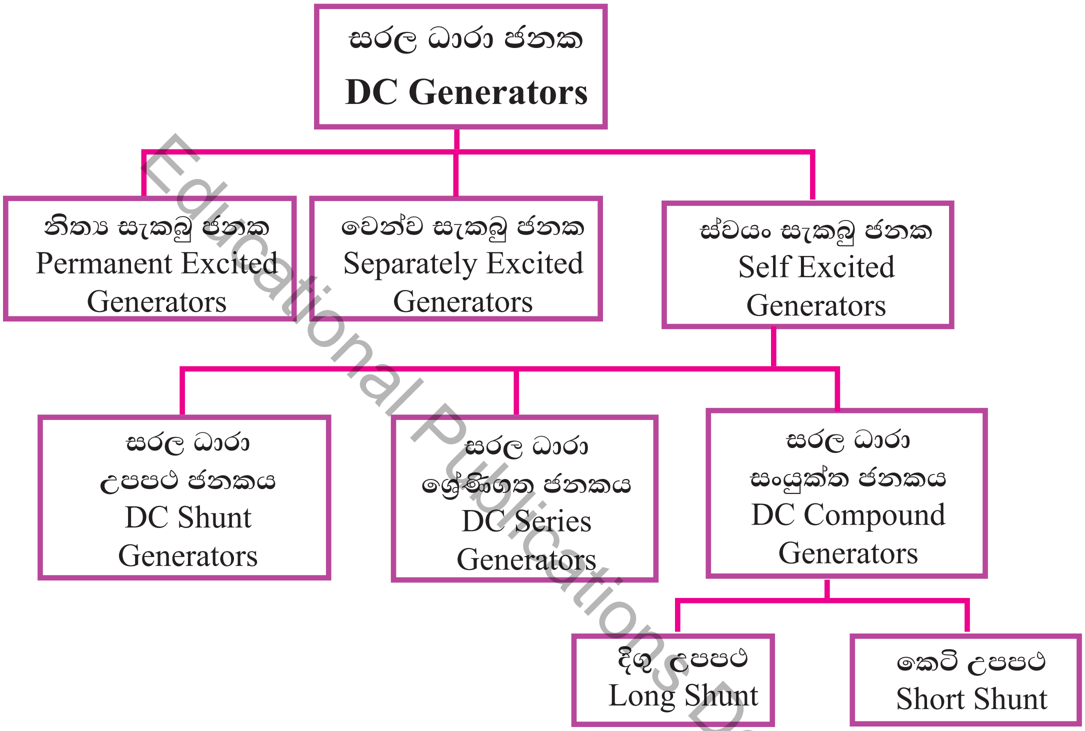
Educational Publications Department

අතිවැසුම් එතුමේ ඇති විට, සමාන්තරගත පරිපථ සංඛ්‍යාව වැඩි නිසා එක් එක් සමාන්තර පරිපථයට අඩංගු වන සන්නායක සංඛ්‍යාව අඩු වේ. එනිසා එක් සමාන්තර පරිපථයක උපදින විද්‍යුත්ගාමක බලය අඩු වේ. එහෙත් සමාන්තරගත පරිපථ සංඛ්‍යාව වැඩි නිසා මෙමගින් වැඩි ධාරාවක් ලබාගත හැකි ය. එබැවින් අතිවැසුම් එතුමේ ඇති ජනකයක් මගින් අඩු වෝල්ටියතාවක් සහිත වැඩි ධාරාවක් ලබාගත හැකි ය.

තරංග එතුමේ ඇති විට, සමාන්තරගත පරිපථ සංඛ්‍යාව 2 නිසා එක් එක් සමාන්තර පරිපථයට අඩංගු වන සන්නායක සංඛ්‍යාව වැඩි වේ. එනිසා (අතිවැසුම් එතුමට සාපේක්ෂ ව) එම සන්නායක සංඛ්‍යාව මත උපදින විද්‍යුත්ගාමක බලය වැඩි වේ. එහෙත් සමාන්තරගත පරිපථ සංඛ්‍යාව අඩු නිසා මෙමගින් ලබා ගත හැකි ධාරාව අඩු වේ. එබැවින් තරංග එතුමේ ඇති ජනකයක් මගින් වැඩි වෝල්ටියතාවක් සහිත අඩු ධාරාවක් උපදවා ගත හැකි ය.

1.8.4 සරල ධාරා ජනක වර්ගීකරණය

මූලික වශයෙන් සරල ධාරා ජනක සකොබනය කරනු ලබන ක්‍රමය අනුව වර්ග කළ හැකි අතර, ස්වයං සැකබුම් සරල ධාරා ජනක යන්ත්‍ර ඒවායේ එතුම් (ක්ෂේත්‍ර එතුම හා ආමේචර එතුම) සම්බන්ධ කර ඇති ආකාරය අනුව පහත සඳහන් පරිදි වර්ගීකරණය කෙරේ.

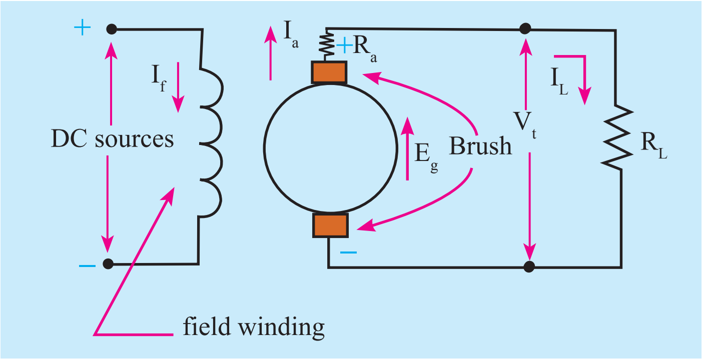


Educational Publications Department

- **නිත්‍ය සැකබු ජනක (Permanent Excited Generators)**

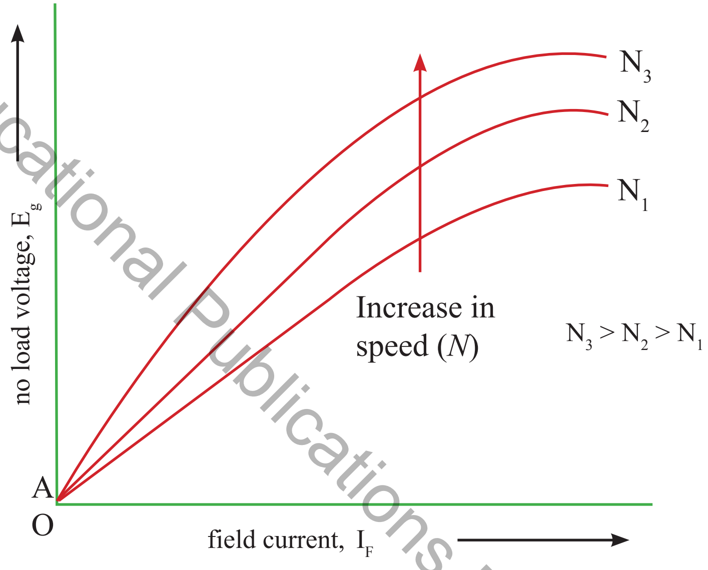
නිත්‍ය සැකබුම් ජනක යන්ත්‍රවල සකබොනය සඳහා ස්ථිර චුම්බක භාවිත කරයි.

- **වෙන්ව සැකබු ජනක (Separately Excited Generators)**



රූපය 1.55 - සරල ධාරා වෙන් ව සැකබු ජනකය

මෙම වෙන් ව සැකබූ ජනකවල ක්ෂේත්‍ර දඟරයට වෙන ම සරල ධාරාවක් (සකොබන ධාරාව exciting current , I_f) විදුලි සැපයුමක් මගින් සපයනු ලබයි. 1.55 රූපයේ දැක්වෙන පරිදි ආමේචරය කරකැවීමෙන් නිපදවෙන ධාරාව විබැරට සපයනු ලබයි. විබර සවි නොකර ජනකයේ අග්‍ර විවෘත ව පරිපථයක් ලෙස තබා (open circuit) මේ වෙන් ම සැකබූ ජනකයේ සකොබන ධාරාව, I_f ක්‍රමයන් වැඩි කරමින් අමේචරය නියත වේගයකින් කරකැවීමේ දී ජනකයේ ප්‍රේරණය වන විද්‍යුත්ගාමක බලය, E_g වෙනස් වන ආකාරය 1.56 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත. I_f ක්‍රමයෙන් වැඩි කිරීමේ දී විද්‍යුත්ගාමක බලය ක්‍රමයෙන් වැඩි වී, චුම්බක ක්ෂේත්‍රය සංතෘප්ත වූවාට පසු එය නියත අගයක් ගනී.



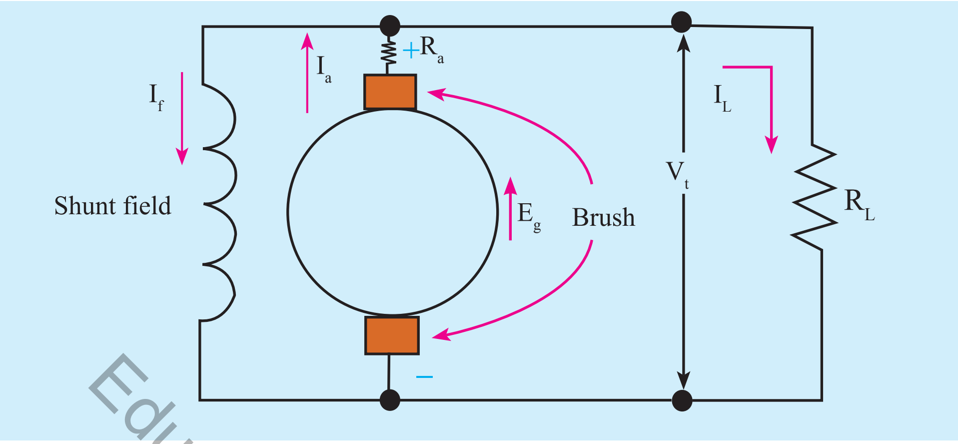
රූපය 1.56 - විවෘත පරිපථ අවස්ථාවේ වෙන් ව සැකබූ සරල ධාරා ජනකය ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය

Educational Publications Department

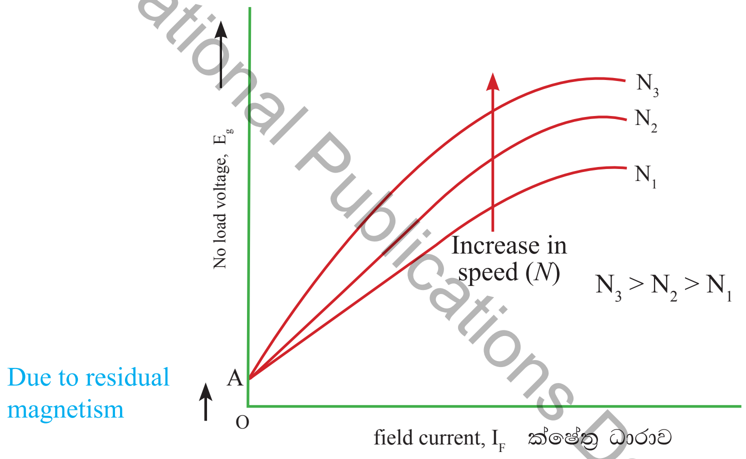
මේ වෙන් ව සැකබූ සරල ධාරා ජනක භාවිත වනුයේ වැඩි පරාසයක පවතින අග්‍ර වෝල්ටීයතාවක් අවශ්‍ය වන අවස්ථාවල දී පමණි.

● සරල ධාරා උපපථ ජනකය (DC Shunt Generator)

සරල ධාරා උපපථ ජනකය (DC shunt generator), ස්වයං සැකබූ ජනකයකි (Self excited). මෙහි දී ක්ෂේත්‍ර දඟරය, ආමේචර, දඟරයට සමාන්තර ව අමුණා ඇති අතර, විද්‍යුත්ගාමක බලය ප්‍රේරණය වීමට ශේෂ චුම්බකත්වයක් (residual magnetism) පැවතිය යුතු වේ. සරල ධාරා උපපථ ජනකයේ පරිපථ සටහන 1.57 රූපයෙන් පෙන්වා ඇති අතර විද්‍යුත්ගාමක බලය ප්‍රේරිත සකොබන ධාරාව, I_f සමඟ වෙනස් වන ආකාරය 1.58 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත. ආමේචරයේ භ්‍රමණ වේගය වැඩි වත් ම ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය ද වැඩි වන බව 1.58 රූපයෙන් පැහැදිලි වේ.



රූපය 1.57 - සරල ධාරා උපපථ ජනකයක්



රූපය 1.58 - සරල ධාරා උපපථ ජනකයක විවෘත පරිපථ අවස්ථාවේ විද්‍යුත්ගාමක බලය සකොබන ධාරාව සමඟ වෙනස් වීම

Educational Publications Department

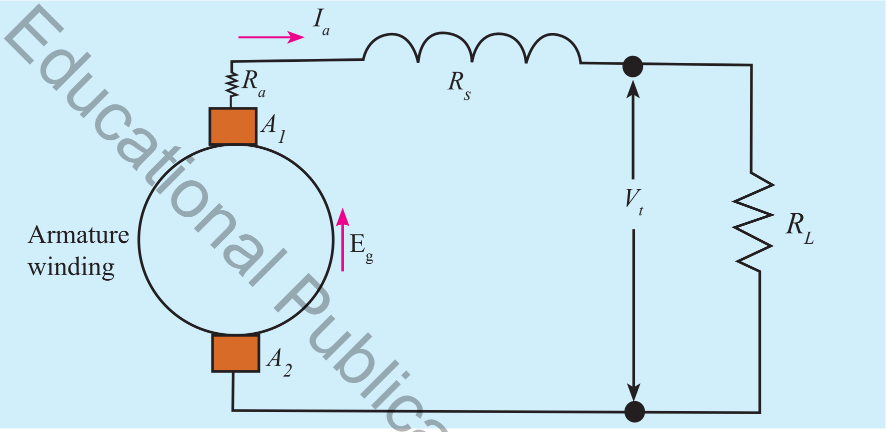
1.57 රූපයට අනුව,

$E_g = V_t + I_a R_a$ $\qquad\qquad$ $I_a = I_L + I_f$

- E_g - නොබැර අවස්ථාවේ දී විද්‍යුත්ගාමක බලය (No load e.m.f.)
- I_a - ආමේචර ධාරාව (Armature Current)
- V_t - පූර්ණ බැර අවස්ථාවේ දී අග්‍ර වෝල්ටීයතාව (Full Load Terminal Voltage)
- I_f - ක්ෂේත්‍ර ධාරාව (Field Current)
- R_a - ආමේචරයේ ප්‍රතිරෝධය (Armature Resistance)
- I_L - බැර ධාරාව (Load Current)
- $I_a R_a$ - ආමේචරයේ ඇති වන විභව බැස්ම (Voltage Drop in the Armature)

මේ අනුව සරල ධාරා උපපථ ජනකයට විබැරයක් සවි කළ විට ආමේචරයේ ප්‍රතිරෝධය හේතුවෙන් ජනකයේ අග්‍ර වෝල්ටීයතාව, ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලයට වඩා අඩු අගයක් ගන්නා බව පැහැදිලි වේ. විබැරයක් සම්බන්ධ කළ විට ඇති වන ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය ද විවෘත පරිපථ අවස්ථාවේ ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලයට වඩා අඩු වේ. මෙයට හේතුව ආමේචර ප්‍රතික්‍රියා බැස්ම (Armature Reaction Drop) ලෙස හැඳින්වේ. මෙය පසුව අවබෝධ කර ගනිමු.

• සරල ධාරා ශ්‍රේණිගත ජනකය (DC Sereis Generator)



රූපය 1.59 - සරල ධාරා ශ්‍රේණිගත ජනකය

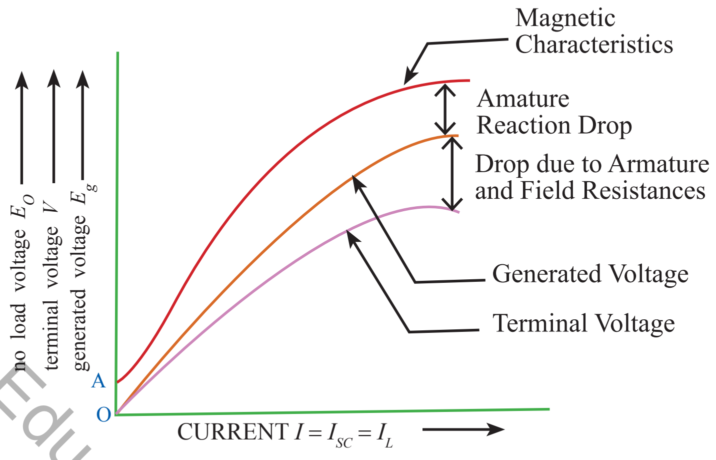
Educational Publications Department

1.59 රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි ශ්‍රේණිගත ජනකවල, ක්ෂේත්‍ර දඟරය, ආමේචර දඟරයට ශ්‍රේණිගත ලෙස සම්බන්ධ කර ඇත. මෙහිදී ද ක්ෂේත්‍ර දඟරයේ ඇති ශේෂ චුම්බකත්වය (residual magnetism) නිසා ආමේචරය කරකැවීමේ දී සුළු විද්‍යුත්ගාමක බලයක් ප්‍රේරණය වේ. එමගින් නිපදවන ධාරාව (සකොබන ධාරාව, exciting current - I_f) විබැර (load) හරහා නැවත ක්ෂේත්‍ර දඟරයට සැපයීමෙන් චුම්බක ක්ෂේත්‍රයේ ප්‍රබලතාව වැඩි වීමෙන් ආමේචරයේ විද්‍යුත්ගාමක බලය තවදුරටත් වැඩි වේ. මේ ආකාරයට 1.60 රූපයේ ඇති වක්‍රයේ දැක්වෙන පරිදි විද්‍යුත්ගාමක බලය එහි උපරිම අගය දක්වා වැඩි වේ.

1.59 රූපයට අනුව,

$$E_g = V_t + I_a (R_a + R_s)$$

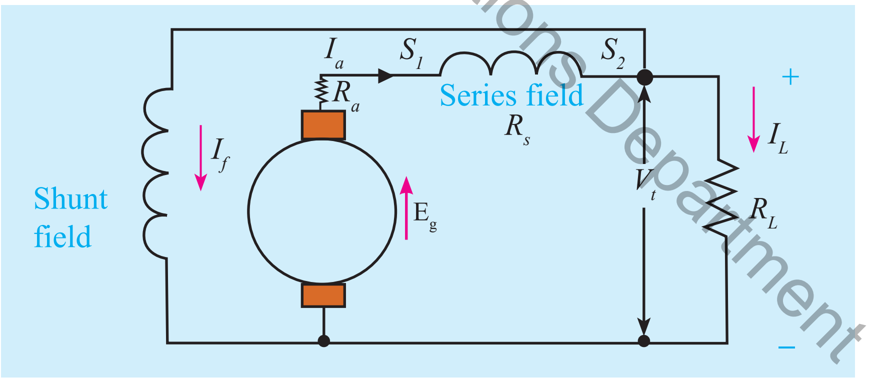
E_g - නොබැර අවස්ථාවේ දී විද්‍යුත්ගාමක බලය (No load e.m.f.)
I_a - ආමේචර ධාරාව (Armature Current)
V_t - අග්‍ර වෝල්ටීයතාව
I_f - ක්ෂේත්‍ර ධාරාව (Field Current)
R_a - ආමේචර දඟරයේ ප්‍රතිරෝධය
R_S - ක්ෂේත්‍ර දඟරයේ ප්‍රතිරෝධය



රූපය 1.60 - සරල ධාරා ශ්‍රේණිගත ජනකවල ලාක්ෂණික වක්‍ර

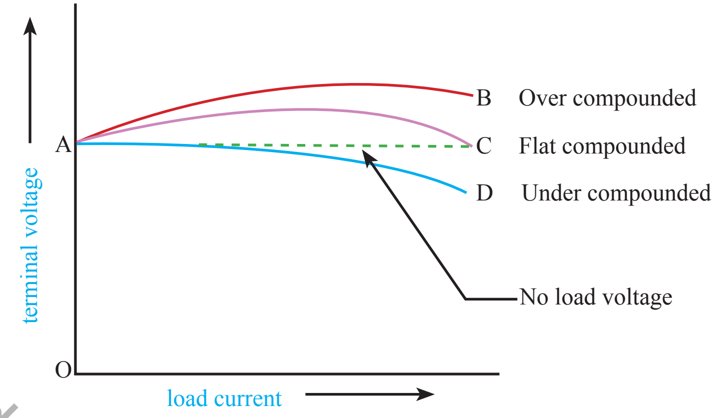
සරල ධාරා ශ්‍රේණිගත මෝටර, වොල්ටීයතාව පාලනය අවශ්‍ය වන භාවිතයන් සඳහා සුදුසු නොවේ. එනිසා මේවායේ භාවිතය ඉතා අඩු වන අතර, ඇතැම් විට වෝල්ටීයතා වර්ධකයක් (voltage booster) ලෙස යොදා ගැනේ.

• සරල ධාරා සංයුක්ත ජනකය (DC Compound Generator)



රූපය 1.61 - සරල ධාරා සංයුක්ත ජනකය

Educational Publications Department



රූපය 1.62 - සරල ධාරා සංයුක්ත ජනකවල ලාක්ෂණික වක්‍ර

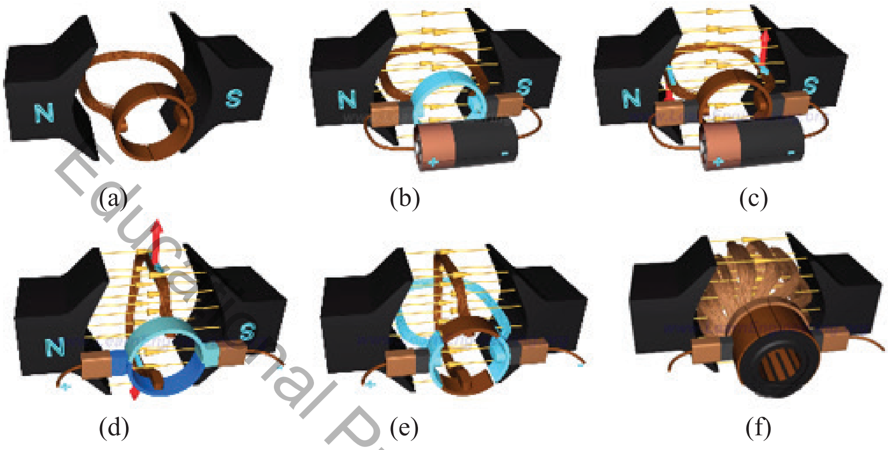
මෙම සංයුක්ත ජනකවල 1.61 රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි ආමේචර දඟරයට ශ්‍රේණිගත ව හා සමාන්තරගත ව ක්ෂේත්‍ර දඟරයන් දෙකක් සම්බන්ධ කර ඇත. එබැවින් මෙහි ශ්‍රේණිගත ජනක සහ උපපථ ජනක යන දෙකෙහි ම ලක්ෂණ ඇත. 1.62 රූපයේ පෙන්වා ඇත්තේ සංයුක්ත ජනකයේ ලාක්ෂණික වක්‍රය යි. මෙම ජනකයේ අඩු ශ්‍රේණිගත පොට ගණනක් ඇති විට බැර ධාරාව වැඩි වීමේ දී අග්‍ර වෝල්ටීයතාව විශාල ලෙස අඩු වේ. 1.62 රූපයේ ඇති AD වක්‍රයෙන් මෙම අවස්ථාව දැක්වේ. වැඩි ශ්‍රේණිගත පොට ගණනක දී බැර ධාරාව වැඩි වීමේ දී අග්‍ර වෝල්ටීයතාව විශාල ලෙස වැඩි වේ. 1.62 රූපයේ ඇති AB වක්‍රයෙන් මෙය නිරූපණය වේ. මේ ලාක්ෂණික අනුව ශ්‍රේණිගත පොට ගණන නියමිත පරිදි යෙදීමෙන් මෙමගින් නියත අග්‍ර වෝල්ටීයතාවක් ලබාගත හැකි ය. 1.62 රූපයේ ඇති AC වක්‍රයෙන් මෙය දැක්වේ. මේ සරල ධාරා සංයුක්ත මෝටරවල විවිධ අග්‍ර වෝල්ටීයතා ලක්ෂණික පවතින බැවින් මෙම වර්ගයේ මෝටර වැඩි වශයෙන් භාවිත වේ.

Educational Publications Department

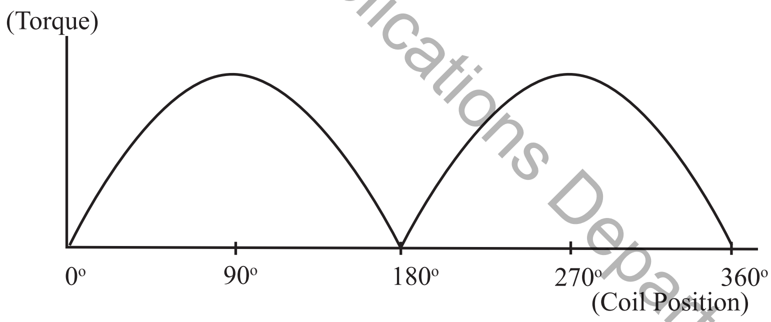
1.8.5 සරල ධාරා මෝටරයක ක්‍රියාකාරීත්වය

සරල ධාරා මෝටරයක ක්‍රියාකාරීත්වය අවබෝධ කර ගැනීමට 1.63 (a) සිට 1.63 (f) රූප සටහන් දෙස අවධානය යොමු කරමු. 1.63 (a) රූප සටහනේ චුම්බක ධ්‍රැව දෙකක් (N/S) මාධ්‍යයේ තබා ඇති සන්නායක දඟරයක් පෙන්වා ඇත. එහි අග්‍ර ඇතිලි පළු (න්‍යාදේශ ඛණ්ඩ) දෙකකට සම්බන්ධ කර ඒ හරහා බුරුසු මගින් සරල ධාරාවක් දඟරයට සපයා ඇති ආකාරය 1.63 (b) රූප සටහන මඟින් පෙන්වා ඇත. එහි චුම්බක බලරේඛා N සිට S දක්වා පිහිටන බැවින් 1.63 (c) රූප සටහනේ පරිදි + අග්‍රයේ සිට – අග්‍රය දක්වා ධාරාව ගලායෑමේ දී ෆ්ලෙමින්ගේ වමත් නියමය අනුව දකුණු බාහුව ඉහළටත් වම් බාහුව පහළටත් චලනය වීම හේතුවෙන් දඟරය වාමාවර්ත ව භ්‍රමණය වේ. වාමාවර්ත ව 90°කින් භ්‍රමණය වීමේ දී 1.63 (d) රූප සටහනේ ඇති අවස්ථාවෙහි දී බලය ඉහළට ඇති බැවින් වමට ව්‍යාවර්තයක් ඇති නො වේ. ඒ අවස්ථාව පසු කළ වහා ම නැවත ව්‍යාවර්තයක් ඇති වී දඟරය වාමාවර්ත ව භ්‍රමණය වේ. එනම්: 1.64 රූපයේ පෙන්වා ඇති වක්‍රයේ පරිදි ස්පන්දනය වන ව්‍යාවර්තයක් ඇතිවේ.

මෙසේ කඩින් කඩ භ්‍රමණය වීම වැළැක්වීම සඳහා 1.63 (e) රූප සටහනේ පරිදි දඟර දෙකක් 90°කින් ආනත ව න්‍යාදේශ ඛණ්ඩ හතරක් සහිත ව යෙදීමෙන් පළමු දඟරය නවතින විට දෙවන දඟරය මගින් බලය ලබාදේ. එහෙත් මෙමගින් ද නියත ව්‍යාවර්තයක් ඇති නො වේ. මෙසේ දඟර හා න්‍යාදේශ ඛණ්ඩ සංඛ්‍යාව 1.63 (f) රූප සටහනේ පරිදි වැඩි කිරීමෙන් වඩාත් නියත ව්‍යාවර්ථයක් ඇති කර ගත හැකි ය.



රූපය 1.63 - සරල ධාරා මෝටරයක ක්‍රියාකාරීත්වය



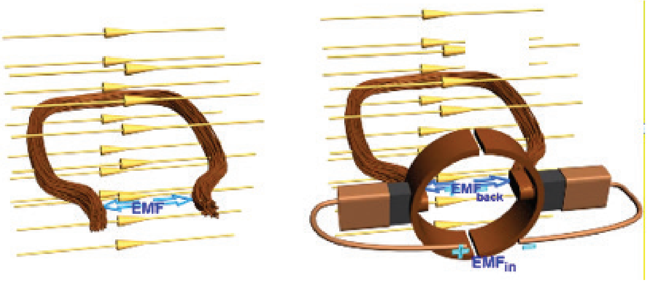
රූපය 1.64 - සරල ධාරා මෝටරයක එක් දඟරයක් ඇති විට ව්‍යාවර්ථය

1.8.6 සරල ධාරා මෝටරයක ආමේචරයේ උපදින ප්‍රතිවිද්‍යුත්ගාමක බලය

චුම්බක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ ආමේචර දඟරය භ්‍රමණය වීමේ දී චුම්බක බලරේඛා කැපීම නිසා විද්‍යුත්ගාමක බලයක් ප්‍රේරණය වේ. 1.65 රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි මේ ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය සැපයුම් වෝල්ටීයතාවට ප්‍රතිවිරුද්ධ බැවින් මෙයට ප්‍රතිවිද්‍යුත්ගාමක බලය යයි කියනු ලබයි. මේ ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලයේ විශාලත්වය පෙර විස්තර කළ සරල ධාරා ජනකය සඳහා වූ ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලයට සමාන වේ.

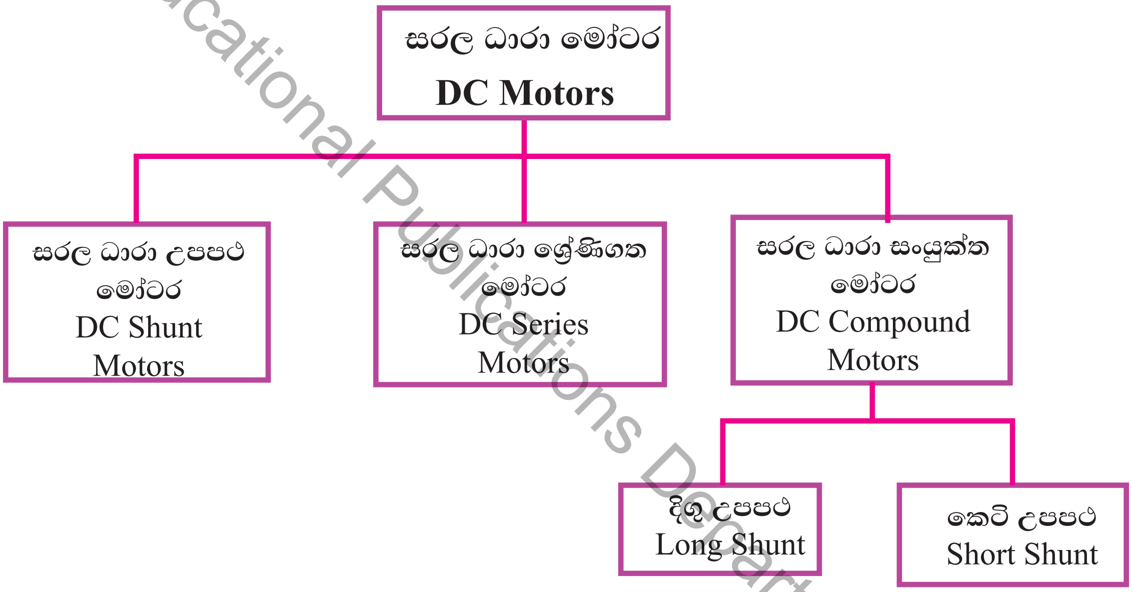
එනම්: $$E_b = \frac{\phi ZNp}{60a}$$

Educational Publications Department



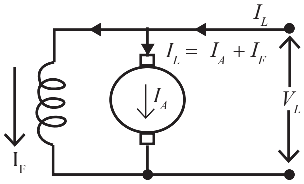
රූපය 1.65 - ප්‍රතිවිද්‍යුත්ගාමක බලය ඇති විට

1.8.7 සරල ධාරා මෝටර වර්ගීකරණය

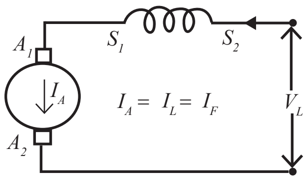


සරල ධාරා මෝටර ප්‍රධාන වශයෙන් සරල ධාරා උපපථ මෝටර, සරල ධාරා ශ්‍රේණිගත මෝටර හා සරල ධාරා සංයුක්ත මෝටර ලෙස වර්ගී කරණය කෙරෙන අතර, එම එක් එක් වර්ගයේ මෝටරවල එතුම් සම්බන්ධ වන ආකාරය 1.66 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත.

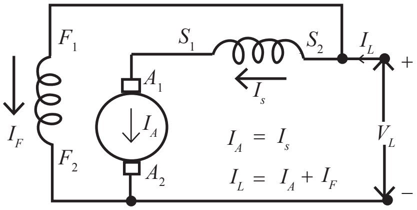
Educational Publications Department



උපපථ මෝටරයේ එතුම් සම්බන්ධය



ශ්‍රේණිගත මෝටරයේ එතුම් සම්බන්ධය



සංයුක්ත මෝටරයේ එතුම් සම්බන්ධය

රූපය 1.66 - සරල ධාරා මෝටරවල එතුම් සම්බන්ධය

- **සරල ධාරා මෝටරයේ වේගය**

සරල ධාරා මෝටරයේ වේගය සඳහා සමීකරණයක් පහත දැක්වෙන පරිදි ගොඩ නගා ගත හැකි ය.

$$E_b = \frac{\emptyset ZNp}{60a}$$ සූත්‍රය අනුව,

$$\frac{Zp}{60.a}$$ යනු නියත අගයක් බැවින්,

$$E_b \; \alpha \; \emptyset N$$

$$E_b = k\,\emptyset N$$

එලෙස ම $V = E_b + I_a R_a$

$$E_b = V - I_a R_a$$

$$k\,\emptyset N = V - I_a R_a$$

අග්‍ර වෝල්ටීයතාව V හා සසඳන කළ $I_a R_a$ ඉතා කුඩා බැවින්,

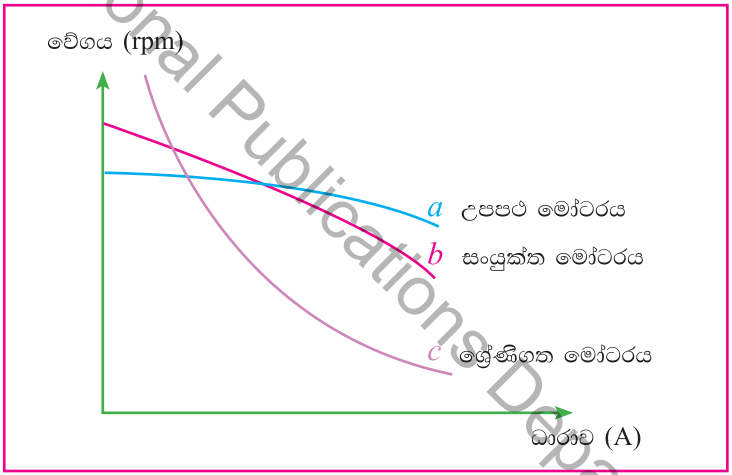
$k\,\emptyset N = V$ දැක්විය හැකි ය.

$$N = \frac{V}{k\,\emptyset}$$

Educational Publications Department

මෙයින් පැහැදිලි වන්නේ සරල ධාරා මෝටරයක වේගය N, අග්‍ර වෝල්ටීයතාව Vට අනුලෝම ව සමානුපාතික වන අතර, චුම්බක ස්‍රාවය $\O$ ට ප්‍රතිලෝම ව සමානුපාතික වන බව යි. එනම්: අග්‍ර වෝල්ටීයතාව සහ ක්ෂේත්‍ර ධාරාව වෙනස් කිරීමෙන් මෝටරයක වේගය පාලනය කළ හැකි වේ.

1.67 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත්තේ එක් එක් වර්ගයේ මෝටරවල වේගය ධාරාව සමඟ වෙනස් වන ආකාරය යි. උපපථ මෝටරයක සැපයුම් ධාරාව වෙනස් කළ ද ක්ෂේත්‍ර ධාරාවේ වෙනස් වීම ඉතා අඩු බැවින්, එහි ස්ථාවර වේගයක් පවතී. ශ්‍රේණිගත මෝටරයේ ක්ෂේත්‍ර දඟරය ශ්‍රේණිගත ව පවතින බැවින්, විබැර ඉවත් කළ හොත් ධාරාව ශූන්‍ය වීමෙන් චුම්බක ස්‍රාවය ශූන්‍ය වේ. මෝටරයේ වේගය, ස්‍රාවයට ප්‍රතිලෝමව සමානුපාතික බැවින් ඒ අවස්ථාවේ මෝටරය ඉතා අධික වේගයක් ලබා ගනී. මෙම හේතුව නිසා ශ්‍රේණිගත මෝටර විබර විසන්ධි වීමට ඉඩ තිබෙන භාවිතයන් සඳහා යොදා නොගැනේ. සංයුක්ත මෝටරයේ ද විබැර නැති අවස්ථාවේ වැඩි වේගයක් ඇති වීමට හේතුව එහි ශ්‍රේණිගත එතුම යි.



රූපය 1.67 - සරල ධාරා මෝටරවල වේගය සැපයුම් ධාරාව සමඟ වෙනස් වීම

Educational Publications Department

- **සරල ධාරා මෝටරයේ ව්‍යාවර්තය**

මෝටරයේ අග්‍ර වෝල්ටීයතාව $V = E_b + I_a R_a$ ලෙස දැක්විය හැකි ය.

ඉහත සමීකරණයේ සෑම පදයක්ම I_a වලින් ගුණ කිරීමෙන්,

$$V I_a = E_b I_a + I_a^2 R_a$$

මෙහි VI_a යනු මෝටරයට සැපයෙන ජවය යි. $I_a^2 R_a$ යනු ජව හානිය යි. එබැවින්, $E_b I_a$ වලින් දැක්වෙන්නේ මෝටරයේ යාන්ත්‍රික ප්‍රතිදාන ජවය යි.

$$P = E_b I_a$$

මෝටරය භ්‍රමණය වන කෝණික වේගය, $\omega = 2\pi N$

මෝටරයේ යාන්ත්‍රික ප්‍රතිදාන ජවය $\quad P = T\omega = 2\pi NT$

$$E_b I_a = 2\pi NT \text{ ——— } ①$$

$$E_b = \frac{\phi Z N p}{60.a} \quad \text{සූත්‍රය අනුව,}$$

$$\frac{Zp}{60.a} \quad \text{නියත බැවින්,}$$

$$E_b \;\alpha\; \phi N \text{ වේ}$$

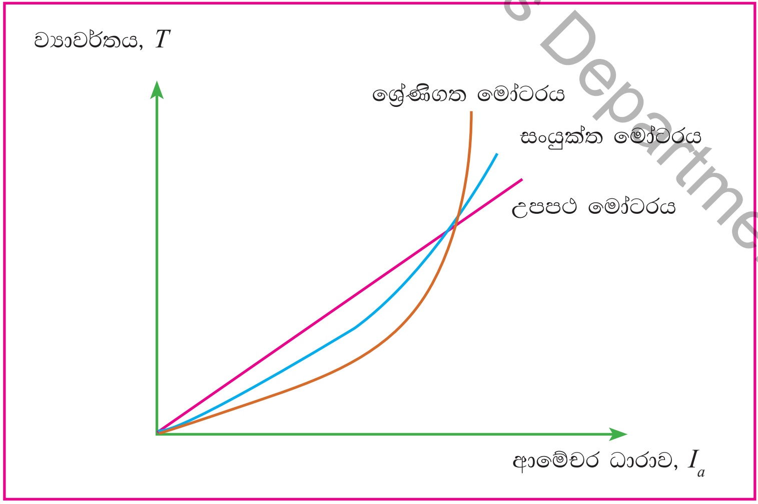
$$\text{එනම් } E_b = k\,\phi N \text{ ——— } ②$$

① හා ② සමීකරණ අනුව $\quad k\,\phi N.\,I_a = 2\pi NT$

$$T \;\alpha\; \phi\, I_a$$

ඉහත සම්බන්ධතාව අනුව ව්‍යාවර්තය (T), චුම්බක ස්‍රාවය ϕ ට සහ ආමේචර ධාරාව, I_a ට අනුලෝම ව සමානුපාතික වේ.

සරල ධාරා මෝටරවල ව්‍යාවර්තය (torque), ආමේචර ධාරාව සමග වෙනස් වන ආකාරය 1.68 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත.



රූපය 1.68 - සරල ධාරා මෝටරවල ව්‍යාවර්තය, ධාරාව සමග වෙනස් වීම

Educational Publications Department

ශ්‍රේණිගත මෝටරවල ක්ෂේත්‍ර දඟරයට ශ්‍රේණිගත ව ආමේචර දඟරය ඇති නිසා ආමේචර ධාරාව I_a අනුව චුම්බක ස්‍රාවය $\emptyset$ වෙනස් වේ.

$$T \propto \emptyset . I_a \text{ අනුව,}$$
$$T \propto I_a . I_a$$
$$T \propto I_a^2$$

එබැවින් ශ්‍රේණිගත මෝටරවල ආමේචර ධාරාව I_a වෙනස් කිරීමෙන් මෝටරයක ව්‍යාවර්තය, T ශීඝ්‍රයෙන් වෙනස් කළ හැකි ය. එබැවින් කිසි ම විටක ශ්‍රේණිගත මෝටරයක් විබැරක් රහිත ව ක්‍රියාත්මක නොකළ යුතු ය.

ශ්‍රේණිගත මෝටර මඟින් අධික ව්‍යාවර්තයක් ලබා ගත හැකි බැවින් වාහනවල පණගැන්වුම් මෝටර (starter motors) දුම්රියවල ධාවන මෝටර සඳහා යොදා ගනී. එසේ ම උපපථ මෝටර නියත වේගයන් අවශ්‍ය, වාහනවල වයිපර් මෝටර, විදුලි පංකා, ඇඹරුම් යන්ත්‍ර සඳහා යොදා ගනී. සංයුක්ත මෝටර නියත වේගයන් සහ අධික ව්‍යාවර්තයන් අවශ්‍ය, දොඹකර වැනි යන්ත්‍ර සඳහා යොදා ගනී.

Educational Publications Department

අභ්‍යාස 4

(1) ''ආමේචරය'' සහ ''ක්ෂේත්‍රය'' යනු ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා යන්ත්‍ර සහ සරල ධාරා යන්ත්‍රවල දී භාවිත වන යෙදුම් වේ. ප්‍රත්‍යාවර්ත සමමුහුර්තක යන්ත්‍රයක් සැලකීමේ දී ඒවායේ ආමේචර දඟරය හා ක්ෂේත්‍ර දඟරය පිහිටියේ ස්ථායුකයේ ද භ්‍රමකයේ ද යන්න පැහැදිලිව පිළිවෙළින් සඳහන් කරන්න. ඒ අනුව ඒවායේ ක්‍රියාකාරීත්වය අවබෝධ කර ගන්න.

(2) වාහනවල ආරම්භක මෝටර (ස්ටාර්ටර් මෝටර) සඳහා සරල ධාරා ශ්‍රේණිගත මෝටර යොදා ගැනීමට හේතු, මෝටරයේ ලාක්ෂණික වක්‍ර භාවිතයෙන් පැහැදිලි කරන්න.

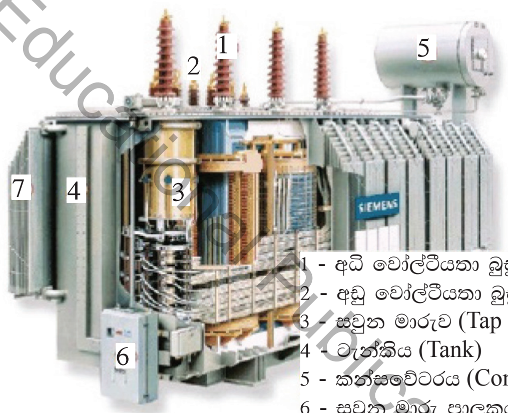
(3) විවිධ වර්ගයේ මෝටර අතුරින් සරල ධාරා මෝටරයක් හඳුනා ගැනීමට එහි පවතින සුවිශේෂ අංගය කුමක් ද?

(4) විදුලි දුම්රිය වැනි වාහන විදුලියෙන් ඇදගෙන යෑමේ ක්‍රියාවලිය (electric traction) සඳහා සරල ධාරා මෝටර යොදා ගැනීමට හේතු පැහැදිලි කරන්න.

(5) වෙනස් වේගවලින් ක්‍රියා කිරීමට අවශ්‍ය කාර්ය සඳහා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා මෝටර වලට වඩා සරල ධාරා මෝටර යෝග්‍ය වේ. මේ ගැන සාකච්ඡා කරන්න.

1.9 පරිණාමක (Transformers)

පරිණාමකයක් යනු දඟර දෙකක් හෝ ඊට වැඩි දඟර ගණනක් අන්‍යෝන්‍ය චුම්බක ස්‍රාවයකින් (mutual flux) බැඳ පවතින විද්‍යුත් චුම්බක (electromagnetic) උපකරණයකි. පරිණාමකවලින් කෙරෙන ප්‍රධාන කාර්යය වනුයේ අවශ්‍යතාව අනුව වෝල්ටීයතාව හා ධාරාව අඩු හෝ වැඩි කර ගැනීම යි. පරිණාමක, විදුලි සම්ප්‍රේෂණය හා බෙදාහැරීමේ සිට ගෘහස්ථ උපකරණවල ද භාවිතයට ගැනේ. විශාල ජව පරිණාමකයක් 1.69(a) රූපයෙන් හා ගෘහස්ථ උපකරණවල භාවිත වන කුඩා පරිණාමකයක් 1.69(b) රූපයෙන් දක්වා ඇත.



1 - අධි වෝල්ටීයතා බුසුව (High Voltage Bushing)
2 - අඩු වෝල්ටීයතා බුසුව (Low Voltage Bushing)
3 - සවුන මාරුව (Tap Changer)
4 - ටැන්කිය (Tank)
5 - කන්සවේටරය (Conservator)
6 - සවුන මාරු පාලකය (Tapchanger controller)
7 - රේඩියේටරය (Radiator)

(a) ජව පරිණාමකයක්

(b) ගෘහස්ථ උපකරණවල භාවිත වන කුඩා පරිණාමකයක්

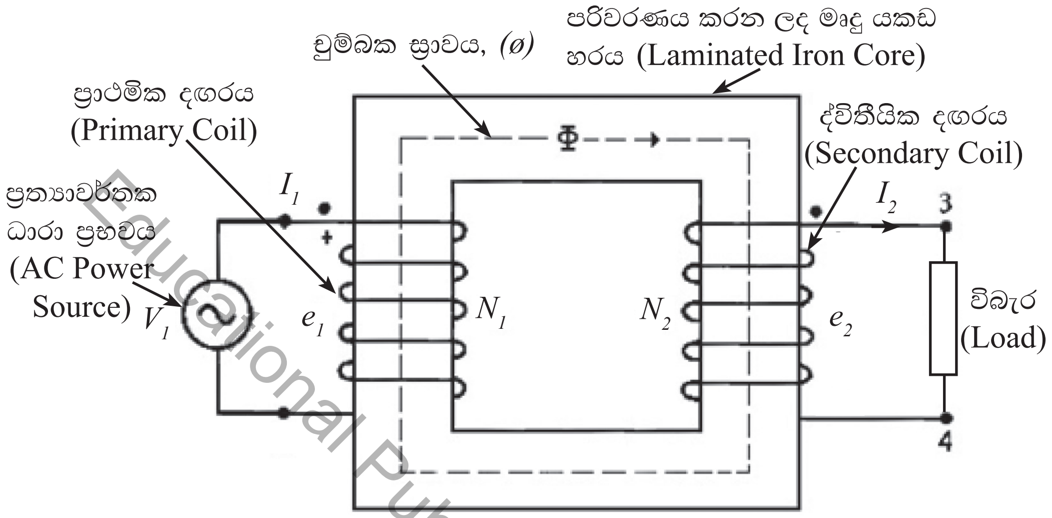
රූපය 1.69 - (a) ජව පරිණාමකයක් (b) ගෘහස්ථ උපකරණවල භාවිත වන කුඩා පරිණාමකයක්

1.9.1 පරිණාමකයක සැකැස්ම

1.70 රූපයේ දක්වා ඇත්තේ සරල පරිණාමකයක එතුම්, එහි හරය හරහා සම්බන්ධ වී ඇති ආකාරය යි. මෙහි එතුම් අතර විදුලිමය සම්බන්ධතාවක් නොමැත. මේ එතුම් තඹ සන්නායකවලින් යුක්ත වන අතර, ඒවා පරිවරණය කරන ලද මෘදු යකඩ හරයෙහි (laminated iron core) දෙපැත්තේ කණු (limbs) වටා ඔතා ඇත. පරිවරණය කරන ලද හරයක් භාවිත වනුයේ සුළි ධාරා හානිය (eddy current loss) වැළැක්වීම සඳහා වේ.

Educational Publications Department

ප්‍රාථමික දඟරයට (primary winding) ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා විදුලි සැපයුම සම්බන්ධ කර ඇති අතර ද්විතීයික දඟරයට (secondary winding) විබැර (load) සම්බන්ධ කර ඇත. අවශ්‍ය වෝල්ටීයතාවන් සහ ධාරා ප්‍රමාණයන් අනුව දඟරවල වට ගණන හා සන්නායකවල හරස්කඩ වර්ගඵලය තීරණය කෙරේ.



රූපය 1.70 - සරල පරිණාමකයක්

Educational Publications Department

V_1 = ප්‍රාථමික (සැපයුම්) වෝල්ටීයතාව

V_2 = ද්විතීයික වෝල්ටීයතාව

e_1 = ප්‍රාථමික ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය

e_2 = ද්විතීයික ප්‍රේරිත විද්‍යුත්ගාමක බලය

N_1 = ප්‍රාථමික වට ගණන

N_2 = ද්විතීයික වට ගණන

I_1 = ප්‍රාථමික ධාරාව

I_2 = ද්විතීයික ධාරාව

1.9.2 පරිණාමකයක ක්‍රියාකාරීත්වය

පරිණාමකයක ප්‍රාථමික දඟරයට ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවක් සැපයීමෙන් එම දඟරයේ ඇති වන චුම්බක ස්‍රාවය, Ø ද ප්‍රත්‍යාවර්ත ව වෙනස් වන අතර, එය හරය තුළින් ගලා ගොස් චුම්බක පරිපථය සම්පූර්ණ වේ. එසේ ප්‍රත්‍යාවර්ත ව වෙනස් වන චුම්බක ස්‍රාවය, Ø නැවත ප්‍රාථමික දඟරය තුළින් ගලා යෑමේ දී, චුම්බක බල රේඛා කැපීම නිසා සැපයුම් වෝල්ටීයතාවට ප්‍රතිවිරුද්ධ විද්‍යුත්ගාමක බලයක්, e_1 ප්‍රේරණය වේ. මෙයට ස්වයං ප්‍රේරණය (self induction) යැයි කියනු ලැබේ. මේ ස්වයං ප්‍රේරණය නිසා ඇති වන විද්‍යුත්ගාමක බලය ෆැරඩේගේ නියමය අනුව පහත දැක්වෙන සූත්‍රය මගින් දැක්විය හැකි ය.

$$e_1 = -N_1 \frac{d\emptyset}{dt} \longrightarrow (1)$$

ප්‍රත්‍යාවර්තව වෙනස් වන චුම්බක ස්‍රාවය, $\emptyset$, ද්විතීයික දඟරය තුළින් ගලා යෑමේ දී, චුම්බක බල රේඛා කැපීම නිසා එහි ද විද්‍යුත්ගාමක බලයක් ප්‍රේරණය වේ. ප්‍රාථමිකයට සැපයෙන ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව කාලය අනුව වෙනස් වන බැවින් චුම්බක ස්‍රාවය, $\emptyset$ ද කාලය අනුව වෙනස් වේ. එබැවින් ෆැරඩේ නියමය අනුව විද්‍යුත්ගාමක බලයක් ප්‍රේරණය වේ. මෙසේ ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව පරිණාමනය කළ හැකිමුත් සරල ධාරාව කාලය අනුව වෙනස් නොවන නියත අගයක් බැවින් පරිනාමණය කළ නොහැකි ය.

මෙසේ එක් දඟරයක් මගින් තවත් දඟරයක විද්‍යුත්ගාමක බලයක් ප්‍රේරණය වීම අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය (mutual induction) යනුවෙන් හඳුන්වනු ලැබේ. මේ අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය නිසා ද්විතීයිකයේ ඇති වන විද්‍යුත්ගාමක බලය ෆැරඩේගේ නියමය අනුව පහත දැක්වෙන සූත්‍රය මගින් දැක්විය හැකි ය.

$$e_2 = -N_2 \frac{d\emptyset}{dt} \longrightarrow (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)} \text{ න්} \quad \boxed{\frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2}}$$

හානි රහිත පරිණාමකයක් සැලකීමෙන්,

$$e_1 = V_1$$
$$e_2 = V_2$$

එමනිසා, $$\boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}}$$

එලෙස ම,

ප්‍රාථමික දඟරයේ ජවය = ද්විතීයික දඟරයේ ජවය බැවින්,

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

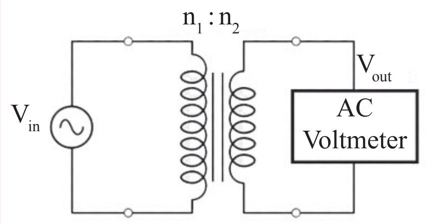
ඒ අනුව, $$\boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}}$$

එබැවින්, $$\boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}}$$ ලෙස දැක්විය හැකි ය.

Educational Publications Department

ක්‍රියාකාරකම 1

පරිණාමකයක ප්‍රාථමික / ද්විතීයික වට ගණන සහ ප්‍රාථමික / ද්විතීයික වෝල්ටීයතා අතර සම්බන්ධතාව පරීක්ෂා කිරීම.



රූපය 1.71 - නොබැර පරිණාමකය (No load transformer)

1.3 වගුවේ දී ඇත්තේ පරිණාමක හරයකට ඒ ඒ වට ගණනින් යුත් දඟර සම්බන්ධ කරමින් ප්‍රාථමික දඟරයට විදුලිය සපයා ප්‍රාථමික හා ද්විතීයික වෝල්ටීයතා මැන සටහන් කරන ලද අගයන් වේ.

වගුව 1.3

No.	n_1	n_2	$V_{in}(V)$	$V_{out}(V)$
1	1200	1200	10	10
2	1200	1200	20	20
3	1200	600	20	10
4	600	1200	20	40

මෙහි දී ලබාගත් පාඨාංක අනුව පෙනී යන්නේ පරිණාමකයක ප්‍රාථමික / ද්විතීයික වෝල්ටීයතා අනුපාතය, ප්‍රාථමික / ද්විතීයික වට අනුපාතයට සමාන වන බව යි.

$$\frac{V_{in}}{V_{out}} = \frac{n_1}{n_2}$$

1.4 වගුවේ දී ඇත්තේ පරිණාමක හරයකට ඒ ඒ වට ගණනින් යුත් දඟර සම්බන්ධ කරමින් ප්‍රාථමික දඟරයට විදුලිය සපයා ප්‍රාථමික හා ද්විතීයික ධාරා මැන සටහන් කරන ලද අගයන් ය.

වගුව 1.4

No.	n_1	n_2	$I_1(A)$	$I_2(A)$
1	1200	1200	0.10	0.09
2	1200	600	0.06	0.10
3	600	1200	0.35	0.17

මෙහි දී ලබාගත් පාඨාංක අනුව පෙනී යන්නේ පරිණාමකයක ප්‍රාථමික ද්විතීයික වට අනුපාතය, ප්‍රාථමික ද්විතීයික ධාරා අනුපාතයේ පරස්පරයට සමාන වන බව යි.

Educational Publications Department

මෙම පරීක්ෂණ දෙකෙහි ප්‍රතිඵල අනුව පහත සම්බන්ධතාව දැක්විය හැකි ය.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{V_{in}}{V_{out}} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

මෙම පරීක්ෂණ දෙකෙහි ප්‍රතිඵල අනුව පෙනී යන්නේ පරිණාමකවල (transformers) ද්විතීයික වට ගණන (secondary turns) ප්‍රාථමික වට (primary turns) ගණනට වඩා වැඩි කිරීමෙන් ද්විතීයික වෝල්ටීයතාව වැඩි කර ගත හැකි බවත් එහි දී ද්විතීයික ධාරාව අඩු වන බවත් ය. මෙවන් පරිණාමක අධිකර පරිණාමක (step-up transformers) ලෙස හැඳින්වේ. එලෙස ම පරිණාමකවල ද්විතීයික වට ගණන අඩු කිරීමෙන් ද්විතීයික වෝල්ටීයතාව අඩු කර ගත හැකි බවත් එහි දී ද්විතීයික ධාරාව වැඩි වන බවත් පෙනේ. එම පරිණාමක අවකර පරිණාමක (step-down transformers) යනුවෙන් හැඳින්වෙයි. තව ද ප්‍රාථමික වට ගණන ද්විතීයික වට ගණනට සමාන වන විට, ප්‍රාථමික හා ද්විතීයික වෝල්ටීයතා සමාන වන බව පෙනේ. එම පරිණාමකවලට වෙන් කිරීමේ පරිණාමක (isolating transformers) යැයි කියනු ලබේ.

Educational Publications Department

1.9.3 පරිණාමක වර්ගීකරණය (භාවිතය අනුව)

- **අධිකර පරිණාමක (Step up Transformers)**

අධිකර පරිණාමකයක් යනු වෝල්ටීයතාව වැඩි කර ගැනීමට යොදා ගන්නා පරිණාමකයකි. බල පද්ධති සඳහා අධිකර පරිණාමකවල අවශ්‍යතාව පහත නිදසුන මගින් අවබෝධ කර ගත හැකි ය.

විදුලි බලාගාරයක සිට ඉතා දුර බැහැර, එනම් 100 km දුරින් ඇති යම් ප්‍රදේශයකට අවශ්‍ය විදුලි බල ඉල්ලුම 5.75 MW යයි සිතමු. වෝල්ටීයතාව 230 V නම් හා ජව සාධකය, Cos θ =1 ලෙස සැලකූ විට සැපයුමෙන්, ලබා ගන්නා ධාරාව (I) වනුයේ,

$$I = \frac{p}{V.\text{Cos}\,\theta} = \frac{5\,750\,000}{230 \times 1} = 25\,000 \text{ A}$$

මෙවන් විශාල ධාරාවක් ගලා යෑමේ දී ඇති වන විභව බැස්ම ($V = IR$) අධික වන අතර, හානි වන විදුලි ජවය ද ($P = I^2 R$) අධික වේ. එබැවින් ඒ සඳහා යෙදිය යුතු කේබලයේ ප්‍රමාණය ද අවම තරමින් වර්ගමීටර හතරක් ($4\ m^2$) වනු ඇත. මෙවන් ප්‍රමාණයේ කේබල යෙදීම කිසි සේත් ප්‍රායෝගික නො වේ.

මේ තත්ත්වය මගහැරීම සඳහා වෝල්ටීයතාව වැඩි කිරීමෙන් ධාරාව අඩු කර, විදුලි බලය පාරිභෝගිකයා දක්වා සම්ප්‍රේෂණය කෙරේ. මේ සඳහා අධිකර පරිණාමක භාවිත කෙරේ. එනම්: ජනනය කරනු ලබන 12.5 kVක් පමණ වන වෝල්ටීයතාව 132 kV හෝ 220 kV පමණ වෝල්ටීයතාවක් දක්වා අධිකර පරිණාමක මගින් වැඩි කර සම්ප්‍රේෂණය කිරීමෙන් ඉහත විස්තර කළ පරිදි ධාරාව ඊට අනුරූප ව අඩු වන නිසා කුඩා හරස්කඩ වර්ගඵලයක් ඇති සන්නායක භාවිත කිරීමට අවස්ථාව සැලසේ.

• අවකර පරිණාමක (Step-down Transformers)

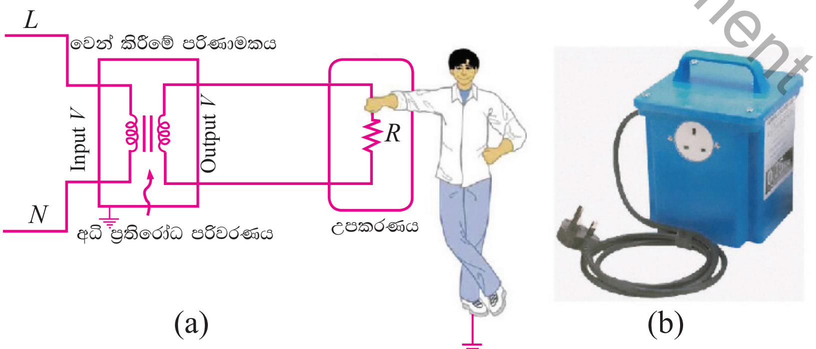
අවකර පරිණාමකයක් යනු වෝල්ටීයතාව අඩු කර ගැනීමට යොදා ගන්නා පරිණාමකයකි. බල පද්ධති සැලකීමේ දී ඉහත විස්තර කළ පරිදි ඉහළ නංවන ලද අධි වෝල්ටීයතාව (132 kV හෝ 220 kV) පාරිභෝගික මධ්‍යස්ථාන කරා ගෙන ඒමෙන් අනතුරු ව නැවත අවකර පරිණාමක මගින් 33 kV පමණ වෝල්ටීයතාවකට අඩු කර, විශාල කර්මාන්ත සඳහා ලබා දේ. තව දුරටත් ඒ ඒ පාරිභෝගිකයාගේ අවශ්‍යතාව පරිදි, 33 kV වෝල්ටීයතාව, 11 kV දක්වාත් 400 V දක්වාත් අඩු කර ගැනීමට අවකර පරිණාමක යොදා ගනී.

Educational Publications Department

• වෙන් කිරීමේ පරිණාමක

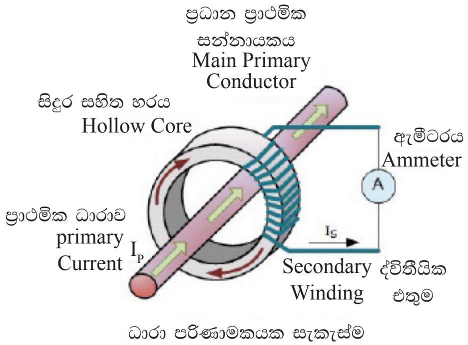
වෙන්කිරීමේ පරිණාමක බොහෝ විට ආරක්ෂක උපක්‍රමයක් ලෙස යොදා ගැනේ. මේ පරිණාමකවල ප්‍රාථමික වට ගණන ද්විතීයික වට ගණනට සමාන වේ. එබැවින් ප්‍රාථමික හා ද්විතීයික වෝල්ටියතා සමාන වේ. ද්විතීයික දඟරය ප්‍රධාන සැපයුමට සම්බන්ධ නොවන බැවින් සැපයුම් වෝල්ටීයතාවට සමාන වෝල්ටීයතාවකින් ක්‍රියා කරන විදුලි උපකරණයක යම් බිම් කාන්දුවක් ඇති වුවත් එය ප්‍රධාන සැපයුමට සම්බන්ධ නොවන බැවින්, එය භාවිත කරන්නාට විදුලි සැර නොවදී. එබැවින් මේවා ආරක්ෂක උපක්‍රමයක් ලෙස කර්මාන්තශාලාවල ඇති ඊයම් පෑස්සුම් උපකරණ (soldering iron), මැහුම් යන්ත්‍ර, වැඩ බංකු (work bench) සහ නාන කාමරවල භාවිත කරන විදුලි උපකරණ සඳහා යොදා ගනී.

වෙන් කිරීමේ පරිණාමකයක එතුම් පවතින ආකාරය නිසා විදුලි සැර නොවදින අන්දමත්, 1.72(a) රූපයෙන් ද වෙන් කිරීමේ පරිණාමකයක බාහිර පෙනුමත් 1.72(b) රූපයෙන් ද දක්වා ඇත.



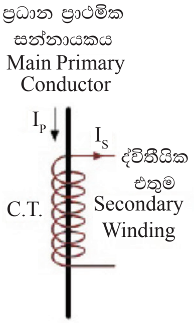
රූපය 1.72 - වෙන් කිරීමේ පරිණාමක

• ධාරා පරිණාමක (Current Transformers - CT)



රූපය 1.73 (a) - ධාරා පරිණාමකයක ධාරාවක් මනින ආකාරය

ධාරා පරිණාමක, අධික ධාරාවන් මැනීම සඳහා යොදා ගනී. 1.73(a) රූපයේ සන්නායකයක ගලා යන ධාරාව, ධාරා පරිණාමකයක් හරහා ඇමීටරයක් මගින් මනින ආකාරය දක්වා ඇත. මෙහි දී සන්නායකය තුළින් ධාරාව ගලා යෑමේ දී ඒ වටා ඇති වන චුම්බක ස්‍රාවය වෘත්තාකාර හරය තුළින් ගලා යාමේ දී, ධාරා පරිණාමකයේ සන්නායක මගින් කැපීම හේතුවෙන් එම දඟරයේ උපදින ධාරාව ඇමීටරය මගින් මනිනු ලැබේ. ධාරා පරිණාමකයක ප්‍රාථමික දඟරය සන්නායකය ම වන අතර, ද්විතීයික දඟරය, ධාරා පරිණාමකයේ දඟරය යි. එනම් මෙහි ප්‍රාථමික දඟරයට සාපේක්ෂ ව ද්විතීයික දඟරයේ වට ගණන වැඩි නිසා ද්විතීයික දඟරයේ ධාරාව ඉතා අඩු වන අතර, ද්විතීයකයේ ධාරාව බොහෝ විට 5 A හෝ 1 A වේ. එනම්: මේවායේ ධාරා අනුපාත (current ratios) 50/5, 100/5, 500/5, 800/5, 1000/5 ආදි වශයෙන් පවතී. ධාරා පරිණාමක, මිනුම් ලබා ගැනීමට අමතර ව, ආරක්ෂණ පිළියවන (protective relays) සඳහා සංවේදක (sensors) ලෙස යොදා ගැනේ. මේ ධාරා පරිණාමකවල ප්‍රාථමික දඟරයට සාපේක්ෂ ව ද්විතීයික දඟරයේ වට ගණන ඉතා වැඩි නිසා එහි අග්‍රවල අධි වෝල්ටීයතාවක් පවතින බැවින් එහි අග්‍ර කිසි විටක වත් විවෘත පරිපථ (open circuit) කර නොතැබිය යුතු ය. ඇමීටරය සම්බන්ධ කර නොමැති අවස්ථාවල එහි අග්‍ර කෙටි පරිපථ (short circuit) කර තිබිය යුතු ය. ධාරා පරිණාමකයක සංකේතය 1.73(b) රූපයෙන් හා බාහිර ස්වභාවය 1.73(c) රූපයේ දක්වා ඇත.



පරිපථ සංකේතය
(b)

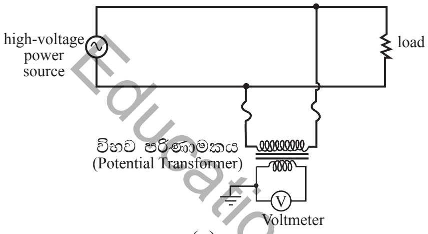
උපපොළවල භාවිත වන ධාරා පරිණාමක (c) පර්යේෂණාගාර මට්ටමේ ධාරා පරිණාමක

රූපය 1.73 - (b) ධාරා පරිණාමකයේ පරිපථ සංකේතය (c) ධාරා පරිණාමකයේ බාහිර පෙනුම

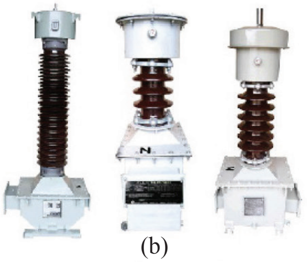
Educational Publications Department

• විභව පරිණාමක (Potential Transformers - PT)

11 kV, 33 kV, 132 kV, 220 kV වැනි අධි වෝල්ටීයතාවන් සාමාන්‍ය වෝල්ට්මීටරයක් මගින් ප්‍රායෝගික ව මැනිය නොහැකි ය. එබැවින් 1.74 රූප සටහනේ පරිදි විභව පරිණාමකයක් හරහා වෝල්ට්මීටරයට සම්බන්ධ කරනු ලැබේ. මෙහි ප්‍රාථමික දඟරය වැඩි පොට සංඛ්‍යාවකින් යුක්ත වන අතර, ද්විතීයික දඟරය අඩු පොට සංඛ්‍යාවකින් යුක්ත වේ. විභව පරිණාමක ද මිනුම්වලට අමතර ව ආරක්ෂණ පිළියවන (protective relays) සඳහා සංවේදක (sensors) ලෙස ද යොදා ගැනේ.



(a)
විභව පරිණාමක සම්බන්ධ කෙරෙන ආකාරය

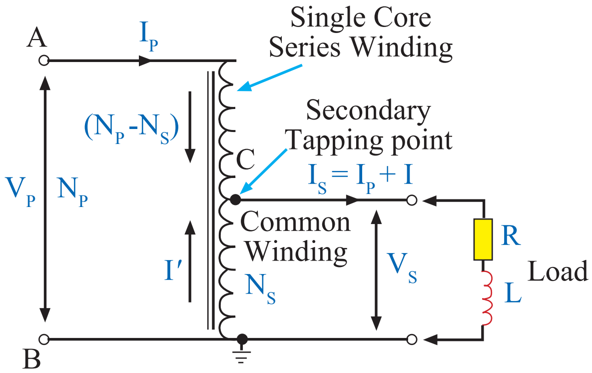

(b)
උපපොළවල භාවිත වන විභව පරිණාමක

(c)
පර්යේෂණාගාර මට්ටමේ විභව පරිණාමක

රූපය 1.74 - විභව පරිණාමක

• ස්වයං පරිණාමක (Auto Transformers)

ස්වයං පරිණාමකයක ප්‍රාථමික හා ද්විතීයික වශයෙන් එතුම් දෙකක් වෙනුවට එක එතුමක් (single winding). පමණක් ඇත. එය 1.75 රූපයේ පරිදි සම්බන්ධ කරනු ලැබේ. මෙහි ප්‍රාථමික දඟරයේ AB අග්‍ර දෙකට V_P සැපයුම ලබාදෙනු අතර, C අග්‍රය සීරුමාරු (adjust) කිරීමෙන් ද්විතීයික වෝල්ටීයතාව වෙනස් කළ හැකි ය. B පොදු අග්‍රය වේ.



රූපය 1.75 - ස්වයං පරිණාමකයක්

ස්වයං පරිණාමක ගෘහස්ථ වෝල්ටීයතාවේ දී (230 V), වෝල්ටීයතාව අඩු හෝ වැඩි කර ගැනීමට යොදා ගැනේ. විදුලි සම්ප්‍රේෂණයේ දී වෝල්ටීයතා දෙකක් භාවිත වේ නම් (උදාහරණයක් ලෙස ශ්‍රී ලංකාවේ 132 kV හා 220 kV භාවිත වේ) එම පද්ධති එකිනෙකට සම්බන්ධ කිරීමට ස්වයං පරිණාමක යොදා ගැනේ. තව ද වැඩි දුරකට විදුලිය බෙදා

Educational Publications Department

හැරීමේ දී (විශේෂයෙන් ග්‍රාමීය ව) වෝල්ටීයතාව සම්මත අගයන්වල පවත්වා ගැනීමට ස්වයංක්‍රීය ව ක්‍රියා කරන සවුන සහිත ස්වයං පරිණාමක (automatic tap changing auto transformers) යොදා ගැනේ.

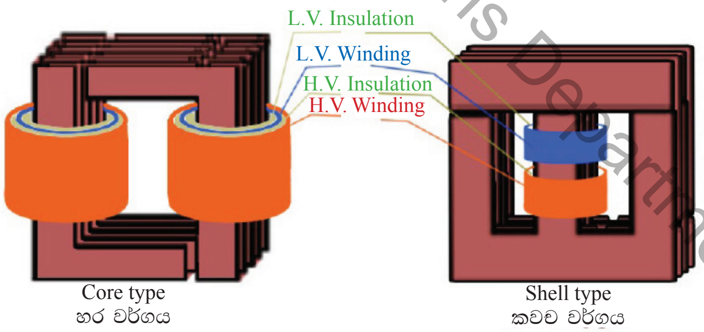
1.9.4 පරිණාමකවල හරය නිපදවා ඇති ආකාර අනුව ඒවායේ වර්ග

පරිණාමකයක ප්‍රධාන වශයෙන් ඇත්තේ ප්‍රාථමික හා ද්විතීයික යන දඟර දෙකත් ඒවා ඔතා ඇති යකඩ හරයත් ය. දඟර (windings) තඹ සන්නායකවලින් යුක්ත වේ. හරය සඳහා ලෝහ කුට්ටියක් භාවිත කළේ නම් එතුළින් චුම්බක ස්‍රාවය ගලා යාමේ දී චුම්බක බල රේඛා වටා ඇති වන සුළි ධාරා නිසා ඇති වන (I^2R) ජව හානිය (eddy current loss) නිසා හරය අධික ලෙස රත් වීම හේතුවෙන් පරිණාමකයෙහි කාර්යක්ෂමතාව අඩු වේ. එබැවින් හරය එකිනෙකට පරිවරණය කරන ලද පතුරු සහිත ලෝහ තහඩුවලින් (laminated iron core) නිපදවා ඇත.

චුම්බක හරයේ ස්වභාවය අනුව පරිණාමක වර්ග 2කි.
එනම්,

1. හර වර්ගය (Core type)
2. කවච වර්ගය (Shell type)

1.76 රූපයේ මෙම පරිණාමකවල දළ සටහන් පෙන්වා ඇත. කවච වර්ගයේ පරිණාමකය යොදා ගැනීමෙන් කාන්දු වන චුම්බක ස්‍රාවය අවම කර ගත හැකි ය.



රූපය 1.76 - ජව පරිණාමක හර වර්ගය හා කවච වර්ගය

Educational Publications Department

අභ්‍යාස 5

(1) එකලා 250 kVA, 11 000 V/ 415 V, 50 Hz පරිණාමකයක ද්විතීයිකයේ වට 80ක් ඇත.

a. පූර්ණ විබැර අවස්ථාවේ (full load) පරිණාමකයේ ප්‍රාථමිකයේ හා ද්විතීයිකයේ ධාරාව ගණනය කරන්න.

b. ප්‍රාථමිකයේ වට ගණනය කරන්න.

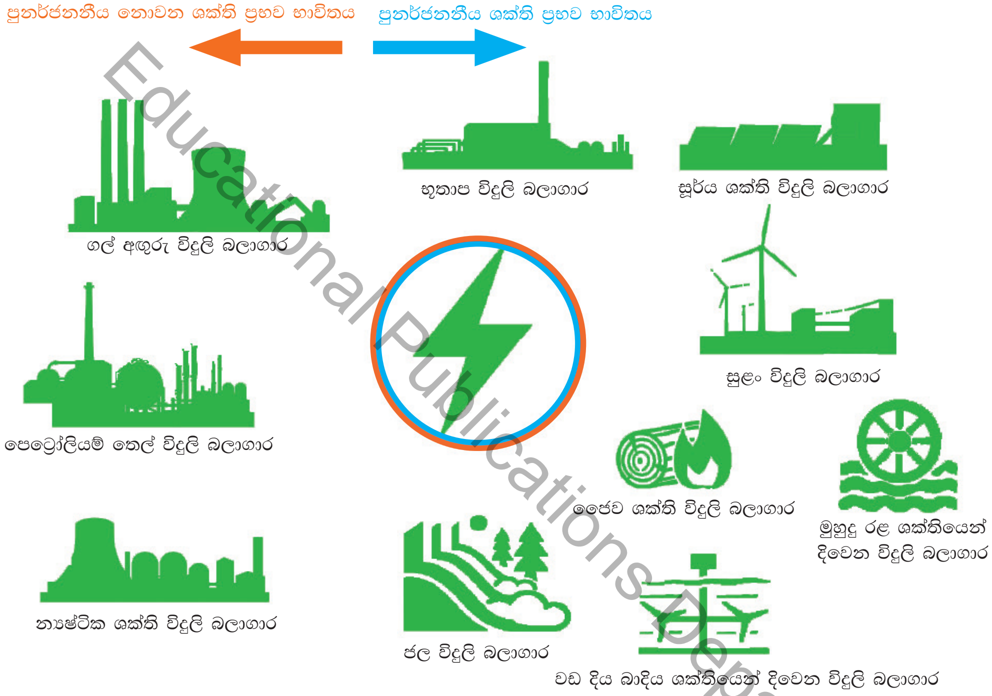
(2) පරිණාමකයකට සරල ධාරාවක් සැපයුවහොත් කුමක් සිදු වේ ද? සාකච්ඡා කරන්න.

(3) 110 V වෝල්ටීයතාවයෙන් ක්‍රියාකරන යන්ත්‍රයක් 230 V සැපයුමකින් ක්‍රියා කරවීම සඳහා භාවිත කළ යුතු පරිණාමක වර්ගය සඳහන් කර, යන්ත්‍රයට අදාළ වෝල්ටීයතාව වෙනස් කරන අකාරයට සිද්ධාන්ත ඇසුරෙන් පැහැදිලි කරන්න.

Educational Publications Department

1.10 විදුලි බල ජනනය (Power Generation)

විදුලි බල ජනනය පිළිබඳ අධ්‍යයනය කිරීමේ දී විදුලි බලය උත්පාදනය කිරීම සඳහා යොදා ගන්නා ශක්ති ප්‍රභවයන් (energy sources) පිළිබඳ ව දැනුවත් වීම ඉතා වැදගත් වේ. මෙම ශක්ති ප්‍රභවයන් ප්‍රධාන වශයෙන් පුනර්ජනනීය (renewable) හා පුනර්ජනනීය නොවන (non - renewable) ලෙස ආකාර දෙකකට බෙදෙන අතර, 1.77 රූපයෙන් මෙය සරල ව පෙන්වා ඇත.



රූපය 1.77 - විදුලි බල ජනනය

Educational Publications Department

ශ්‍රී ලංකාවේ විදුලි බල අවශ්‍යතා ප්‍රධාන වශයෙන් සපුරා ගන්නේ ජල විදුලියෙන් සහ පොසිල ඉන්ධන දහනය මගිනි. එහෙත් විදුලි බල ඉල්ලුමේ වැඩි වීමත් පොසිල ඉන්ධන හිඟ වීමත් නිසා විකල්ප බලශක්තීන් යොදා ගැනීමේ අවශ්‍යතාව මතු වෙමින් පවතී. මේ විකල්ප බලශක්තීන්ගේ ශක්ති පරිවර්තන ක්‍රියාවලිය පිළිබඳ සරල පැහැදිලි කිරීමක් හා ශ්‍රී ලංකාවේ විදුලි බල අවශ්‍යතා සඳහා ප්‍රධාන වශයෙන් යොදා ගන්නා බලශක්තීන්ගේ පරිවර්තන ක්‍රියාවලිය පිළිබඳ සවිස්තරාත්මක පැහැදිලි කිරීමක් ඉදිරි පරිච්ඡේද මගින් ඉදිරිපත් කෙරේ.

1.11 පුනර්ජනනීය ශක්ති ප්‍රභව මගින් විදුලි බල ජනනය (Use of Renewable Energy Sources for Power Generation)

නැවත නැවතත් භාවිතයට ගත හැකි හා භාවිතයෙන් පසු නැවත ජනනය කළ හැකි ශක්ති ප්‍රභව පුනර්ජනනීය ශක්ති ප්‍රභව ලෙස හැඳින්වේ. උදාහරණ වශයෙන් සූර්ය ශක්තිය (solar), සුළඟ (wind), ජෛව ස්කන්ධ (bio mass), ජල (hydro), මුහුදු රළ (ocean wave), භූ තාපය (geo thermal) ආදිය දැක්විය හැකි ය.

1.11.1 සූර්ය ශක්තිය (Solar Power)

මිනිසාගේ පැවැත්ම සඳහා ස්වභාව ධර්මයෙන් දායාදයක් ලෙස ලැබී ඇති ශක්ති ප්‍රභවයක් ලෙස සූර්යයා හැඳින්විය හැකි ය. එනම්: මිනිසාට / සත්ත්වයන්ට ශ්වසනය සඳහා සහ ශාකවල පැවැත්ම සඳහා අවශ්‍ය ඔක්සිජන් නිපදවීමට, රෙදි / දර ආදිය වියළීමට මෙන් ම විදුලිය නිපදවීමට ද සූර්ය ශක්තිය යොදා ගනී. භාවිතයෙන් පසු අවසන් නොවන බැවින් නැවත නැවතත් භාවිත කළ හැකි ය. සූර්ය කෝෂ (solar photovoltaic (solar PV)) හා සූර්ය තාප ජනක පද්ධති (solar thermal systems) මගින් සූර්ය ශක්තිය, විද්‍යුත් ශක්තියට පරිවර්තනය කෙරේ.

සූර්ය කිරණ මගින් ලැබෙන ශක්තිය සූර්ය කෝෂ මගින් එක් වර ම විද්‍යුත් ශක්තියට පරිවර්තනය කෙරේ. මේ සූර්ය කෝෂ සිලිකන් වැනි අර්ධ සන්නායකවලින් (semi conductors) සාදා ඇත. මේවායෙහි ට්‍රාන්සිස්ටරවල (transistors) මෙන් ධන (+) සහ ඍණ (–) ස්තර දෙකකින් යුත් PN සන්ධියකින් යුක්ත වේ. සූර්යාලෝකය ඒ මත පතිත වූ විට එම සන්ධියේ ඇති බන්ධන දැලිස බිඳී මුක්ත ඉලෙක්ට්‍රෝන (–) හා කුහර (+) ඇති වේ. මෙහි දී ඇති වන විභවය 0.5 V පමණ වේ. මෙවැනි කෝෂ කිහිපයක් ශ්‍රේණිගත ව සම්බන්ධ කිරීමෙන් සූර්ය පැනලයක් තනා ගනු ලැබේ. 1.78 රූපයෙන් සූර්ය කෝෂ පැනලයක් පෙන්නුම් කෙරේ.

රූපය 1.78 - සූර්ය කෝෂ පැනලයක්

Educational Publications Department

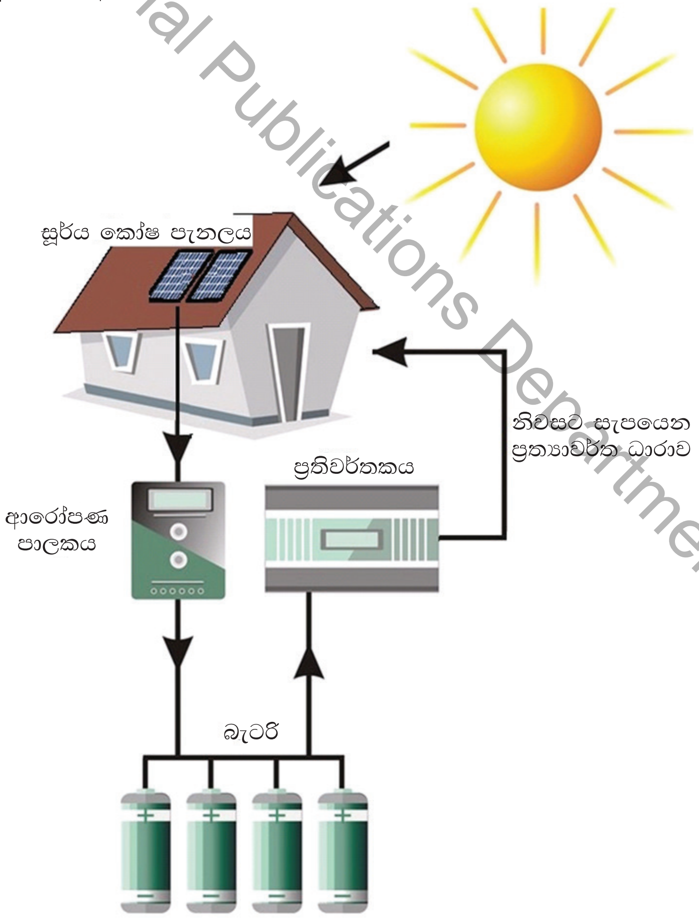
සූර්ය කෝෂ පද්ධති (solar PV systems) මගින් විදුලිය ජනනය කිරීමේ තාක්ෂණය, අවසන් භාවිතය අනුව කොටස් දෙකකට බෙදේ.

(i) තනි ව පවතින සූර්ය කෝෂ පද්ධති (off - grid or stand alone solar PV systems)
(ii) ප්‍රධාන විදුලි ජාලයට සම්බන්ධ සූර්ය කෝෂ පද්ධති (grid connected solar PV systems)

● තනි ව පවතින සූර්ය කෝෂ පද්ධති (Off-grid Solar PV Systems)

සූර්යයාගෙන් නිකුත් කෙරෙන කිරණ සූර්ය කෝෂ පැනලයක් මත පතිත වීමට සලස්වා එම කෝෂවලින් ලැබෙන සරල ධාරාව (DC current) ආරෝපණ පාලකය (charge controller) හරහා බැටරිය (battery) ආරෝපණය කිරීම සඳහා යොදා ගනී. බැටරියේ ගබඩා කර ගනු ලබන විදුලි ශක්තිය ප්‍රතිවර්තකයක් (inverter) මගින් ප්‍රත්‍යාවර්තක ධාරාවට පරිවර්තනය කර භාවිතය සඳහා යොදා ගනී. 1.79 රූපයෙන් තනි ව පවතින සූර්ය කෝෂ පද්ධතියක සැකැස්ම පෙන්නුම් කර ඇත.

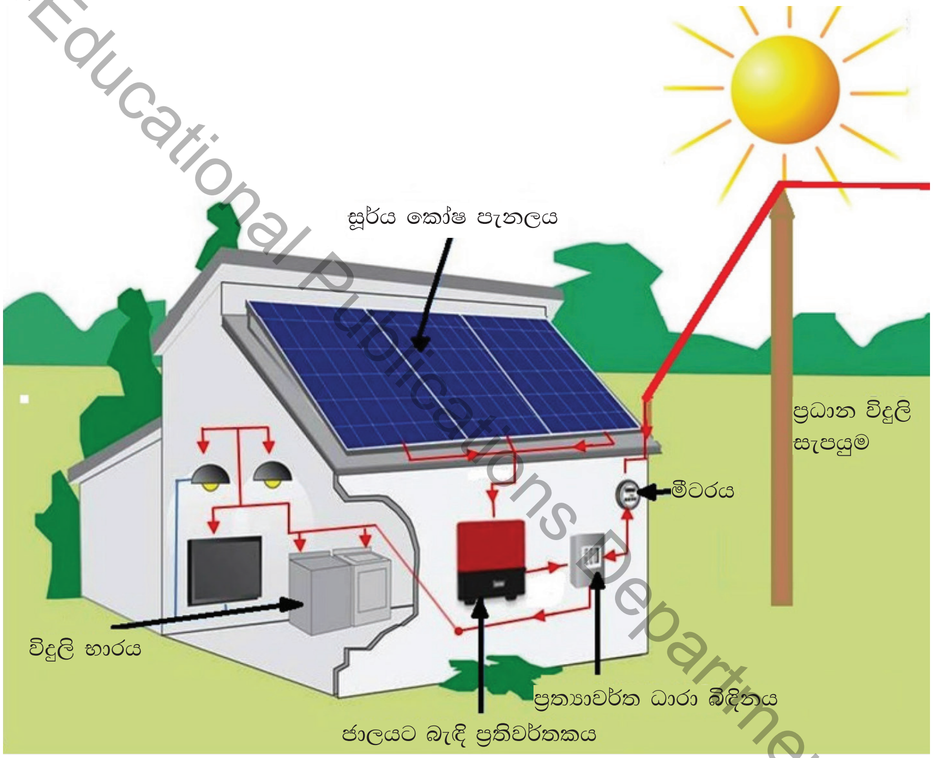
Educational Publications Department



රූපය 1.79 - සූර්ය ශක්තිය මගින් විදුලිය නිපදවීම (තනිව පවතින සූර්ය කෝෂ භාවිතය)

● ප්‍රධාන විදුලි ජාලයට සම්බන්ධ සූර්ය කෝෂ පද්ධති (Grid Connected Solar PV Systems)

ප්‍රධාන විදුලි ජාලයට සම්බන්ධ සූර්ය කෝෂ පද්ධති, විදුලි ගබඩාවක් (උදහරණයක් ලෙස බැටරියක්) ඇති සහ නැති ලෙස ආකාර දෙකකි. මෙසේ ප්‍රධාන විදුලි ජාලයට සම්බන්ධ නිවෙස් පද්ධති (solar home systems) ලෙස හඳුන්වන නිවෙස්වල වහලයේ සූර්ය කෝෂ රඳවා කෙරෙන විදුලි ජනනයේ දී බොහෝ දුරට බැටරි භාවිත නොවේ. එනමුත් මහා පරිමාණ ප්‍රධාන විදුලි ජාලයට සම්බන්ධ සූර්ය කෝෂ පද්ධතිවල දී විදුලි ගබඩාවක් යොදා ගැනේ. ප්‍රධාන විදුලි ජාලයට සම්බන්ධ සූර්ය නිවෙස් පද්ධතියක සැකැස්ම 1.80 රූපයෙන් දැක්වේ.

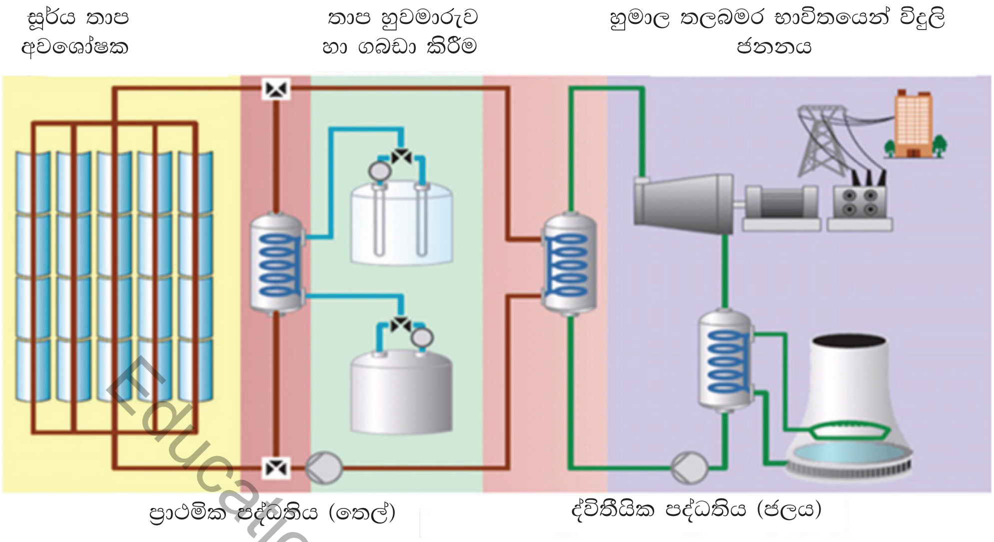


රූපය 1.80 - ප්‍රධාන විදුලි ජාලයට සම්බන්ධ සූර්ය නිවෙස් පද්ධතියක සැකැස්ම

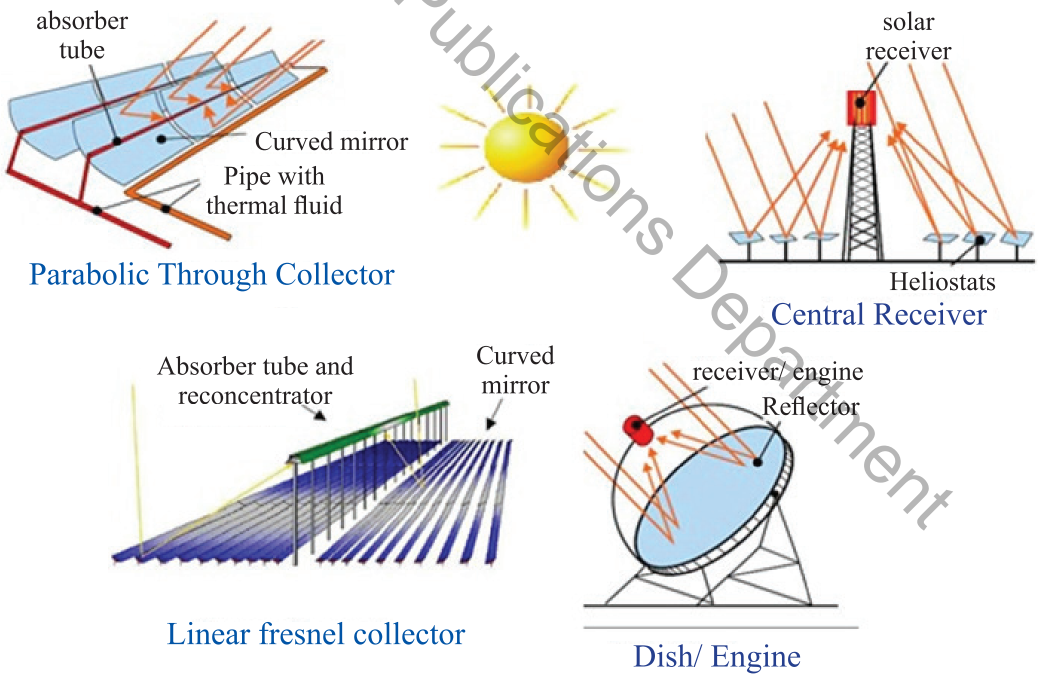
Educational Publications Department

● සූර්ය තාප ජනක මගින් විදුලි ජනනය (Solar Thermal Systems)

සූර්ය තාප ජනක මගින් විදුලිය ජනනයේ දී සූර්ය කිරණ මගින් ලබා ගන්නා තාප ශක්තිය, හුමාල තලබමර මගින් චාලක ශක්තියට පරිවර්තනය කර අවසානයේ විද්‍යුත් ශක්තිය ලබා ගැනේ. 1.81 රූපයෙන් මෙසේ විදුලිය ජනනය කරන ආකාරය දක්වා ඇත. මෙහි දී ආලෝක පරිවර්තක විශාල ප්‍රමාණයක් තාප ශක්තිය රැස් කර ගැනීම සඳහා අවශ්‍ය වන අතර, ආලෝක පරිවර්තක ලෙස විවිධ ක්‍රම අත්හදා බලා ඇත. parabolic through collector, linear fresnel collector, central receiver system with dish collector සහ central receiver system with distributed reflectors යනු ඉන් කිහිපයකි. මේ විවිධ ආලෝක පරිවර්තක 1.82 රූපයෙන් දැක්වේ.



රූපය 1.81 - සූර්ය තාප ජනක මගින් විදුලි ජනනය



රූපය 1.82 - සූර්ය තාප ජනක මගින් විදුලි ජනනයේ දී භාවිත වන විවිධ ආලෝක පරිවර්තක

Educational Publications Department

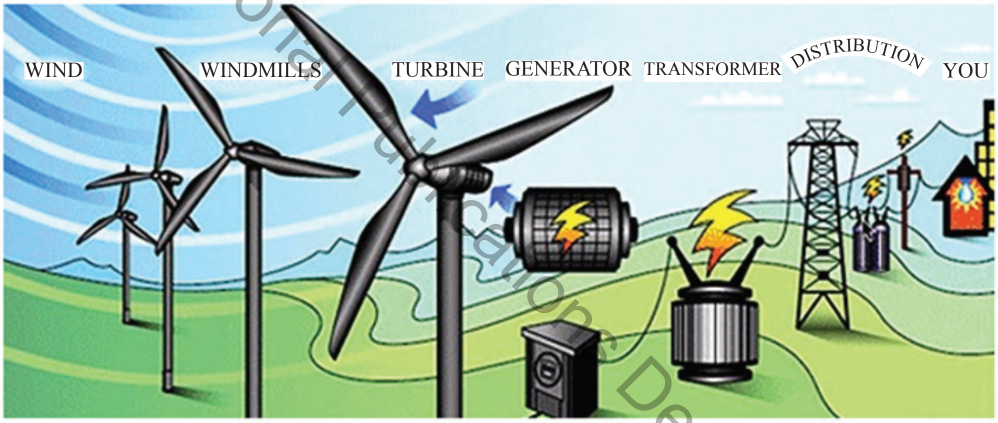
1.11.2 සුළඟේ ශක්තිය (Wind Power)

පෘථිවිය මතුපිට එක් එක් ස්ථානවල ඇති ඒකාකාර නොවන උෂ්ණත්වයන් හේතුවෙන් ඒ ස්ථාන අතර ඇති වන පීඩන වෙනස නිසා සුළඟ ඇති වේ. සුළඟ හැමීමේ දී ජනනය වන ශක්තිය, ධාන්‍ය පිරිසිදු කිරීම, ජලය පොම්ප කිරීම, සිසිලනය මෙන් ම විදුලිය නිපදවීම සඳහා ද යොදා ගැනේ.

• සුළං භ්‍රමක (Wind Turbines) ආධාරයෙන් විදුලිය නිපදවීම

Educational Publications Department

සුළඟේ ඇති චාලක ශක්තිය ප්‍රයෝජනයට ගෙන සුළං තලබමරය භ්‍රමණය කිරීමෙන් ඊට සම්බන්ධ ජනකය මගින් විදුලිය නිපදවේ. 1.83 රූපයෙන් සුළං විදුලි බලාගාරයක ප්‍රධාන කොටස් දැක්වේ.



සුළඟ	සුළං මෝල් හරහා හමා යයි	විශාල සුළං තලබමර භ්‍රමණය වේ	එමගින් කැරකැවෙන විදුලි ජනක මගින් විදුලිය නිපදවේ	නිපදවෙන විදුලිය පරිණාමක යොදා ගනිමින් වෝල්ටීයතාව වැඩි කර විදුලි ජාලයට සම්ප්‍රේෂණය කෙරේ

රූපය 1.83 - සුළං විදුලි බලාගාරයක ක්‍රියාකාරිත්වය

සුළං තලබමරයේ තල පිහිටන අක්ෂය (සිරස් හෝ තිරස් අතට) අනුව තලබමර වර්ග 2කි.

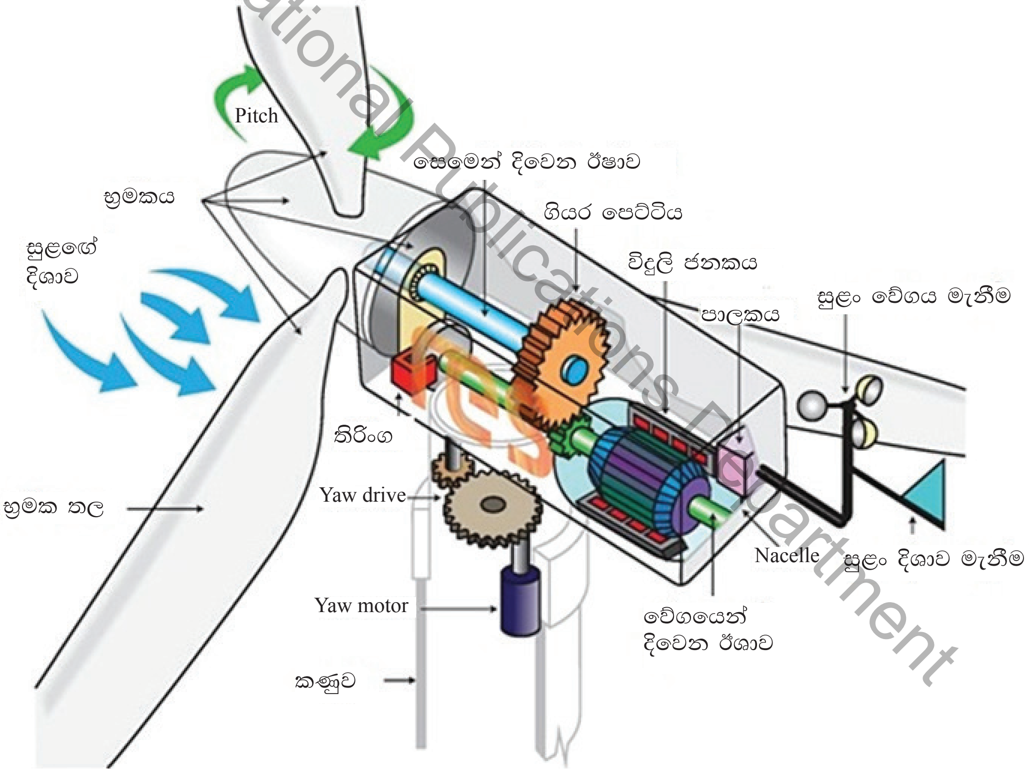
(i) සිරස් අක්ෂ සුළං තලබමර (vertical axis wind turbines)
(ii) තිරස් අක්ෂ සුළං තලබමර (horizontal axis wind turbines)

මින් වඩාත් ප්‍රචලිත වනුයේ තිරස් අක්ෂ සුළං තලබමර මගින් විදුලිය නිපදවීම යි. තිරස් අක්ෂ සුළං තලබමර මගින් විදුලිය නිපදවීමේ තාක්ෂණවේද (technologies) හතරක් ප්‍රධාන වශයෙන් හඳුනාගත හැකි වේ.

(i) Type 1 : fixed speed with squirrel cage induction generators
(ii) Type 2 : variable speed with induction generator having variable external rotor resistance
(iii) Type 3 : doubly-fed induction generators
(iv) Type 4 : synchronous or induction generators with full converter interface

මුල් යුගයේ දී පළමු වර්ගයේ (type 1) සුළං තලබමර මගින් විදුලිය නිපදවීම වඩාත් ප්‍රචලිත විය. පළමු ක්‍රමයේ ඇති විවිධ තාක්ෂණික ගැටලු හේතුවෙන් මෑත යුගයේ ඉදි වන සුළං විදුලි බලාගාර සඳහා තෙවන හා සිව්වන (type 3 and type 4) ක්‍රමවේද බොහෝ දුරට භාවිත කෙරේ.

පළමු වර්ගයේ සුළං තලබමරයක ප්‍රධාන කොටස් 1.84 රූපයෙන් පෙන්වයි.



රූපය 1.84 - පළමු වර්ගයේ (Type 1) සුළං තලබමරයක ප්‍රධාන කොටස්

Educational Publications Department

1.11.3 ජෛව ස්කන්ධ (Bio mass) සහ ජෛව වායු (Bio gas)

සූර්ය ශක්තිය ප්‍රභාසංස්ලේෂනය නමැති ජෛව රසායනික ක්‍රියාවලිය මගින් රසායනික ශක්තිය වශයෙන් තිර කර ගැනීම ශාක මගින් ඉටු කරන කාර්යයකි. මෙම ශක්තිය මත මුළු පෘථිවියේ ම ජීවය රඳා පවතී. ශාක සහ සතුන්ගේ පටක තුළ රසායනික ව තිර කර ඇති ශක්තිය මිනිසාගේ විවිධ ශක්ති අවශ්‍යතා සපුරා ගැනීමට භාවිත කළ හැකි ය. මෙසේ තැන්පත් වන රසායනික ශක්තිය, තාපය හා විදුලිය නිපදවීම සඳහා ද යොදා ගැනේ.

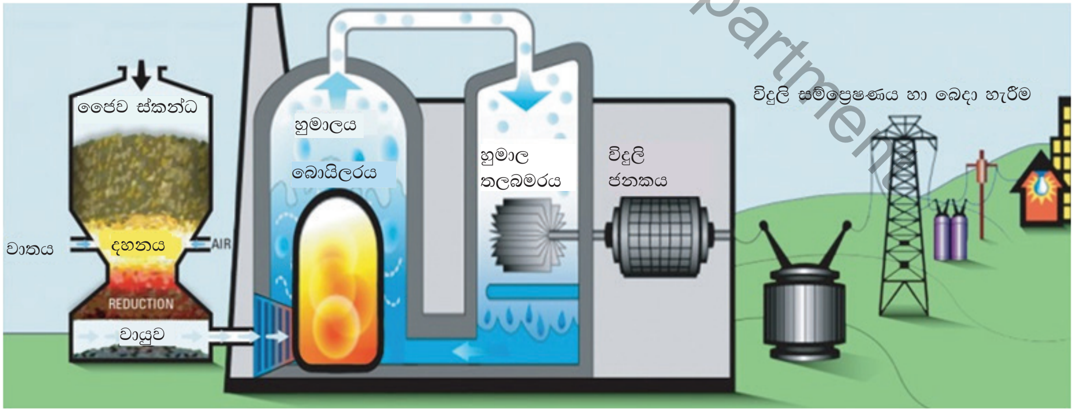
ඉහත විග්‍රහ කළ පරිදි රසායනික ශක්තිය ලෙස ගබඩා වන ජෛව ශක්තීන් (bio energy), විදුලිය නිපදවීමට යොදා ගන්නා ප්‍රධාන ආකාර 2කි.

(i) ජෛව ස්කන්ධ (biomass) දහනය
(ii) ජෛව වායු (bio gas) දහනය

Educational Publications Department

● ජෛව ස්කන්ධ (Biomass) දහනය මගින් විදුලිය නිපදවීම

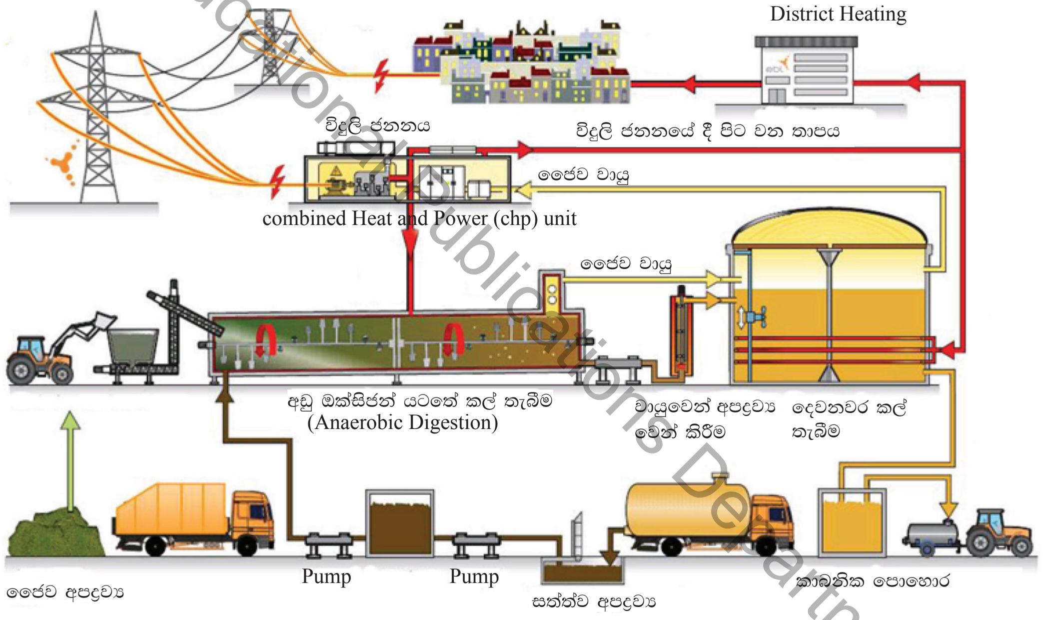
ජෛව ස්කන්ධ මගින් විදුලිය නිපදවීමේ දී පළමු පියවර ලෙස තාප - රසායනික (thermo - chemical process) ක්‍රමයක් මගින් ජෛව ස්කන්ධවල දහන ශක්තිය වැඩි කිරීමක් සිදු කෙරේ. මේ සඳහා අධිපීඩනයේ ඔක්සිකරණය (combustion), අඩු ඔක්සිජන් යටතේ අර්ධ දහනය මගින් වායුවක් නිපදවීම (gasification) හා අඩු ඔක්සිජන් යටතේ අර්ධ දහනය කර 600 °C තරම් අඩු උෂ්ණත්වයේ ජෛව තෙල් (bio oil) නිපදවීම (pyrolysis) ආදි විවිධ තාක්ෂණික ක්‍රම භාවිත වේ. මෙසේ වැඩිදුර සකසා ගත් ජෛව ස්කන්ධ (bio mass) දහනය කිරීමෙන් නිපදවෙන හුමාලය ආධාරයෙන් හුමාල තලබමරය ක්‍රියාත්මක කර, ඊට සම්බන්ධ විදුලි ජනකය ක්‍රියාත්මක කිරීමෙන් විදුලිය නිපදවේ. ජෛව ස්කන්ධ තාප බලාගාරයක ප්‍රධාන කොටස් 1.85 රූපයෙන් දැක්වේ.



රූපය 1.85 - ජෛව ස්කන්ධ (gasification) තාප බලාගාරයක ප්‍රධාන කොටස්

● ජෛව වායු (Bio Gas) දහනය මගින් විදුලිය නිපදවීම

ජෛව වායු මගින් විදුලිය නිපදවීමේ දී ශාක කොටස් මෙන් ම මිනිසුන් / සතුන් විසින් පරිභෝජනය කර බැහැර කරනු ලබන අපද්‍රව්‍ය ආදිය ද එක් රැස් කොට කාලයක් ගබඩා කර තැබීමෙන් (anaerobic digestion) එයින් නිකුත් වන වායුව ඉන්ධන වශයෙන් භාවිත කරයි. මේ වායුව දහනය කිරීමෙන් වායු තලබමරය ක්‍රියාත්මක කරවා ඊට සම්බන්ධ ජනකය මගින් මෙහි දී විදුලිය නිපදවයි. 1.86 රූපයෙන් මෙම ක්‍රියාවලිය පෙන්නුම් කෙරේ. මෙහි දී බොහෝ අවස්ථාවල සංයුක්ත තාප හා විදුලි පද්ධති (combined heat and power) භාවිත වේ. වායු තලබමරයෙන් විදුලිය නිපදවීමේ දී පිට වන තාප ශක්තිය මගින් හුමාලය නිපදවා එම තාප ශක්තිය සීත රටවල නිවෙස් හා වෙනත් ස්ථාන උණුසුම් කිරීමට යොදා ගැනේ (district heating).



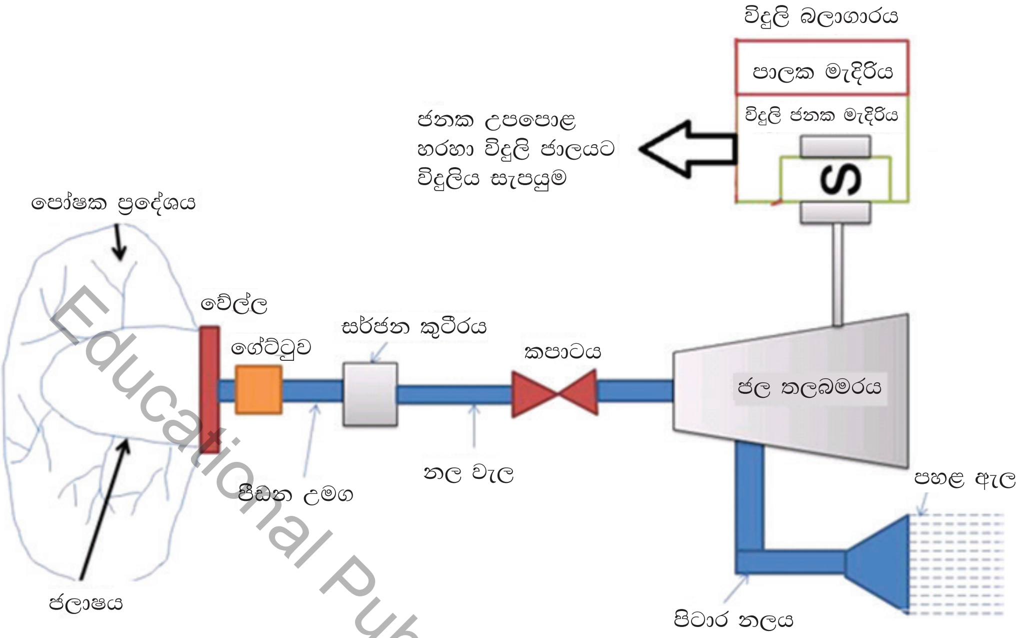
රූපය 1.86 - සත්ත්ව ජෛව වායු පරිභෝජනය කර විදුලිය නිපදවීම

1.11.4 ජල ශක්තිය (Hydro Power)

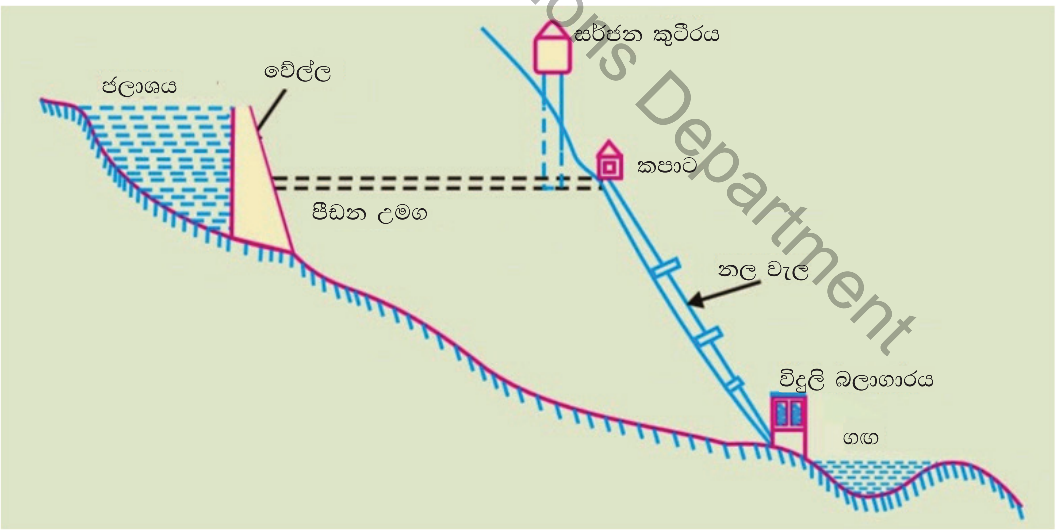
ජලයේ ගැබ් වී ඇති ශක්තිය විවිධ කාර්යයන් සඳහා භාවිත කළ හැකි ය. ජලය ඉහළ සිට පහළට ගලා යෑමට සලස්වා එහි ඇති විභව ශක්තිය චාලක ශක්තිය බවට හරවා කෘෂිකාර්මික කටයුතු, මිනිසාගේ එදිනෙදා ජල අවශ්‍යතා සපුරා ගැනීම සඳහා අවශ්‍ය ස්ථානවලට රැගෙන යෑම සඳහා යොදා ගන්නා අතර, මේ ශක්තිය ඉතා අඩු වියදමකින් විශාල පරිමාණයෙන් විදුලිය ජනනය කිරීම සඳහා යොදා ගනී.

Educational Publications Department

- **ජල විදුලිය (Hydro Power Generation)**



රූපය 1.87 - ජල විදුලි බලාගාරයක ක්‍රියාකාරීත්වය



රූපය 1.88 - ජල විදුලි බලාගාරයක ආකෘතියක්

Educational Publications Department

ජල විදුලි බලාගාර තනනු ලබන්නේ ඉතා හොඳ වර්ෂාපතනයක් නිරතුරු ව ම ලැබෙන උස් ප්‍රදේශවල ය. පෝෂක ප්‍රදේශ ලෙස හැඳින්වෙන මේ ප්‍රදේශයෙන් ගලා එන ජලය, මාර්ගය හරස් කර වේල්ලක් බැඳ ජලාශයක් තනා ගැනේ. ජලාශයේ රැස් කර ගන්නා ජලය 1.87 හා 1.88 රූපවල පරිදි උමඟක් මාර්ගයෙන් විදුලි බලාගාරය දක්වා ගෙන යනු ලැබේ. උස් ප්‍රදේශයක රඳවා ඇති ජල ස්කන්ධයයේ ගැබ් වී ඇති විභව ශක්තිය, ඉතා පහළ ස්ථානයක ඇති තලබමරය වෙත ගෙන ඒමේ දී චාලක ශක්තිය බවට පත් වී, එමගින් තලබමරය භ්‍රමණය කර, ඊට සම්බන්ධ ජනකය මගින් විදුලි ශක්තිය නිපදවේ. මෙහි දී ලබා ගත හැකි විදුලි ශක්තිය රඳා පවතිනුයේ ජලාශයේ රැස් කර ගන්නා ජල ස්කන්ධය (m), ගුරුත්වජ ත්වරණය (g) සහ ජල හිස (H) මත යි. මෙහි දී ලබා ගත හැකි විභව ශක්තිය (E) පහත සමීකරණය මගින් ගණනය කළ හැකි ය.

$$E = mgH$$

ජල හිස යනු ජලාශයේ ජල මට්ටමේ සිට තලබමරයට ජලය මුදාහරින ස්ථානය තෙක් ඇති උස යි. ජල හිස වැඩි වන තරමට ලබා ගත හැකි විභව ශක්තිය වැඩි වේ. ජල හිස අනුව එම ජල විදුලි බලාගාර පහත සඳහන් පරිදි වර්ගීකරණය කළ හැකි ය.

(a) අඩු හිස සහිත බලාගාර	-	Low Head Plants	$H \leq 15$ m
(b) මධ්‍යම හිස සහිත බලාගාර	-	Medium Head Plants	$15 < H \leq 70$ m
(c) ඉහළ හිස සහිත බලාගාර	-	High Head Plants	$70 < H \leq 250$ m
(d) ඉතා ඉහළ හිස සහිත බලාගාර-	-	Very High Head Plants	$H > 250$ m

1.87 හා 1.88 රූපවල දක්වා ඇත්තේ ජල විදුලි බලාගාරයක ඇති ප්‍රධාන කොටස් ය. එක් එක් කොටස්වල ක්‍රියාකාරිත්වයන් පහත විස්තර වේ.

පෝෂක ප්‍රදේශය (Catchment Area)

ජල විදුලි බලාගාර තනනු ලබන්නේ ඉතා හොඳ වර්ෂාපතනයක් නිරතුරු ව ම ලැබෙන ප්‍රදේශවල ය. මේ ස්ථාන පෝෂක ප්‍රදේශ ලෙස හැඳින්වෙයි.

ජලාශය (Reservoir)

ඉහත පෝෂක ප්‍රදේශයෙන් ගලා එන ජල මාර්ගය හරස් කර වේල්ලක් (dam) බැඳ, එහි ජලය රැස් කර ගැනීමට ජලාශයක් තනා ගනු ලබයි. 1.89 රූපයෙන් ජල විදුලි බලාගාරයක ජලාශය පවතින ආකාරය පෙන්නුම් කෙරේ.

Educational Publications Department

රූපය. 1.89 - ජලාශය

National Publications Department

පීඩන උමඟ (Pressure Tunnel)

මෙම උමං මාර්ගයෙන් ජලය, විදුලි බලාගාරය දක්වා ගෙන යනු ලැබේ. උමගේ විෂ්කම්භය ක්‍රමයෙන් අඩු වන ලෙස කොන්ක්‍රීට් ආස්තරණය කරනු ලබන අතර, එමගින් ජලයේ පීඩනය වැඩි කර ගනු ලැබේ. උමගින් මුදාහරින ජලය ඇරීම / වැසීම සඳහා ගේට්ටු (sluice gates) යොදා ඇත.

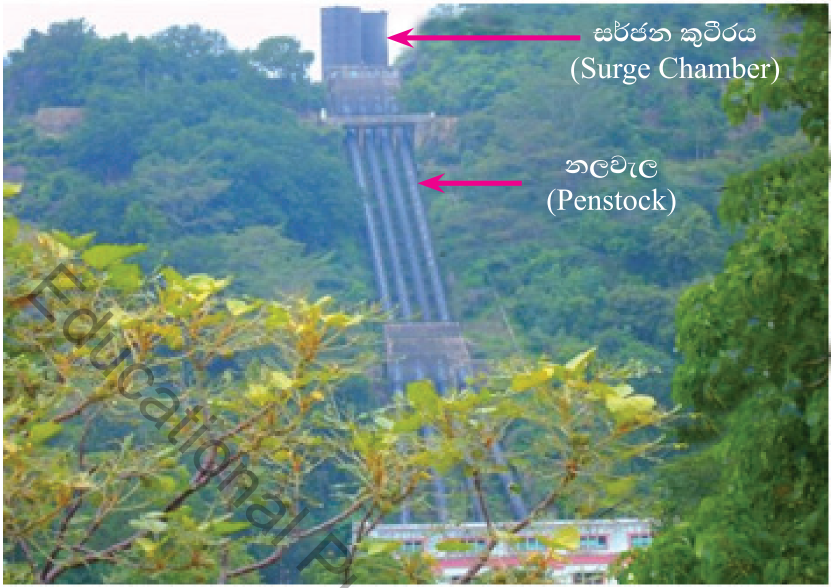
සර්ජන කුටීරය (Surge Chamber)

උමං මාර්ගය කෙළවර ඇති මෙම සර්ජන කුටීරය මගින් කෙරෙනුයේ හදිසියේ ජනකය නැවැත්වීමට සිදු වන අවස්ථාවක තලබමරයට සැපයෙන ජල සැපයුම නවතන අවස්ථාවේ දී ඇති වන අධික පීඩනය සංතුලනය කිරීම යි. එසේ නැති නම් අධික පීඩනය නිසා නලවැල් (penstock) විනාශ වී යා හැකි ය.

නලවැල (Penstock)

අධික බෑවුමක් සහිත ව පිහිටුවා ඇති මෙම වාගේ නලවල විෂ්කම්භය ක්‍රමයෙන් අඩු වන ලෙස තනා ගැනීමෙන් ජලයේ පීඩනය තවත් වැඩි කර ගනු ලැබේ. මෙම නලවැල ඔස්සේ ලැබෙන ජලය, කපාට (valve) හරහා ජෙට් හෝ විකට් ගේට්ටු මගින් පාලනය කොට තලබමරයේ පෙති මතට යොමු කරයි. ජනකය භ්‍රමණය වන වේගය (speed, r.p.m.) මත ජනනය වන විදුලියේ සංඛ්‍යාතය (frequency, Hz) රඳා පවතී. එබැවින් සංඛ්‍යාතය (frequency) නියත ව තබා ගැන්මට ජනකයෙහි භ්‍රමණ වේගය නියත ව තබා ගත යුතු ය. මේ සඳහා ගවනරයක් (governor) භාවිත වන අතර, එමගින් ජෙට් හෝ විකට් ගේට්ටු පාලනය කර වේගය නියත ව තබා ගැනීම සිදු වේ.

සර්ජන කුටීරයේ සිට තලබමර පිහිටි විදුලි බලාගාරය දක්වා ජලය ගෙනෙන නල වැලක ඡායාරූපයක් 1.90 රූපයෙන් දැක්වේ.



රූපය. 1.90 - සර්ජන කුටීරයේ සිට දිවෙන නලවැල

තලබමර (Turbine)

ජල විදුලි බලාගාරවල ජනකය ක්‍රියාත්මක කිරීම සඳහා භාවිත වන තලබමර 1.91 රූපයේ පරිදි වර්ගීකරණය කළ හැකි ය. ජල තලබමර, ද්‍රව ප්‍රාථමික චාලකයක් (hydraulic prime mover) ලෙස ද හඳුන්වනු ලැබේ.

- තලබමර (Turbine)
  - ප්‍රතික්‍රියක වර්ගය (Reaction Type)
    - ෆ්‍රාන්සිස් (Francis)
    - අවර පෙති (Propeller Type)
      - ස්ථිර පෙති සහිත (Fixed Blade)
      - වෙනස් කළ හැකි පෙති සහිත (Adjustable Blade) (Kaplan Turbines)
  - ආවේගී වර්ගය (Impulse Type)
    - පෙල්ටන් වීල් (Pelton Wheel)
    - ක්‍රොස්ෆ්ලෝ (Cross-flow)

රූපය 1.91 - ජල තලබමර වර්ගීකරණය

Educational Publications Department

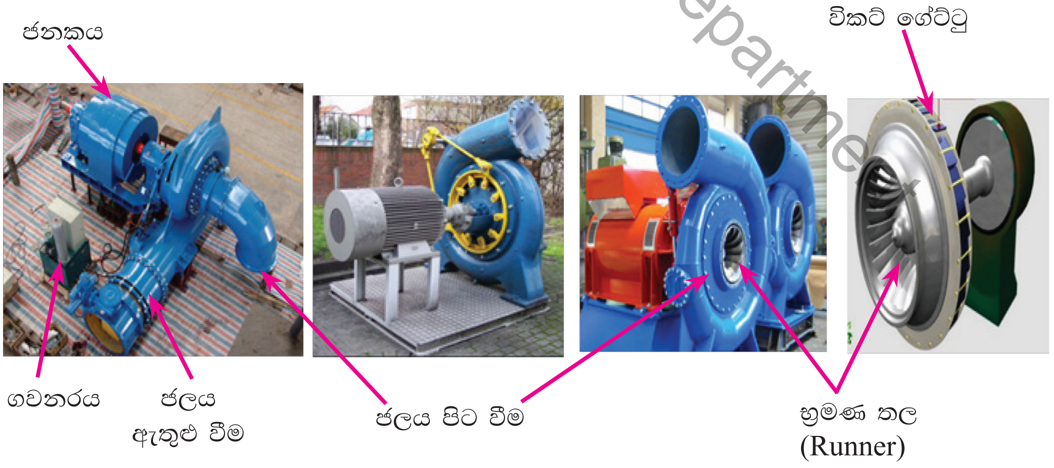
ජල විදුලි බලාගාරයක් සඳහා තලබමරයක් තෝරා ගැනීමේ දී මූලික වන්නේ ජල හිස (head, H) සහ අදාළ ස්ථානයේ ජල පරිමාව යි (volume of water or flow). ජල තලබමර ප්‍රධාන වශයෙන් ප්‍රතික්‍රියක වර්ගයේ (reaction type) තලබමර හා ආවේගී වර්ගයේ (impulse type) තලබමර ලෙස කොටස් දෙකකට බෙදේ.

● ප්‍රතික්‍රියක වර්ගයේ තලබමර (Reaction Type Turbines)

ප්‍රතික්‍රියක වර්ගයේ තලබමරයක චාලක ශක්තිය ඇති වීමට, ජල පහරේ පීඩනය සහ චලනය යන සාධක දෙක ම උපයෝගී වේ. ප්‍රතික්‍රියක වර්ගයේ තලබමර ඒවායේ සැකැස්ම මත ෆ්‍රන්සිස් (Francis) හා ප්‍රොපෙලර් (Propeller) ලෙස කොටස් දෙකකට වර්ග කෙරේ. ප්‍රොපෙලර් වර්ගයේ තලබමර වෙනස් කළ හැකි හා නොහැකි පෙති සහිත ලෙස කොටස් දෙකකි. මින් වඩාත් ප්‍රචලිත ව භාවිත වනුයේ වෙනස් කළ හැකි තල සහිත කප්ලාන් (Kaplan) වර්ගයේ ප්‍රොපෙලර් තලබමරයි. මෙම ප්‍රතික්‍රියක වර්ගයේ තලබමර ගලා යන ජලපහර ඔස්සේ ම සවි කරනු ලැබේ. ඒ නිසා ජලපහර තලබමරයේ තල මත එක වර පතිත වේ. මෙම ප්‍රතික්‍රියක වර්ගයේ තලබමර වඩාත් සුදුසු වනුයේ අඩු හෝ මධ්‍යම ජලහිසක් (low or medium head) හා වැඩි ජලපහරක් (high flow) සහිත ස්ථානවලට යි.

ෆ්‍රාන්සිස් තලබමරය (FrancisTurbine)

මෙම ෆ්‍රාන්සිස් තලබමර ප්‍රතික්‍රියක තලබමරයක් වන අතර, මධ්‍යම ජල හිසක් (medium head, 40 - 60 m) සහිත බලාගාර සඳහා භාවිත වේ. 1.92 රූපයේ පෙනෙන පරිදි අධික පීඩනයක් යටතේ විකට් ගේට්ටු තුළින් ඇතුළු වන ජලය, වක්‍රාකාර භ්‍රමණ තල (runner) භ්‍රමණය කරමින් ඉන් පිට වේ. මේ තලබමර බොහෝ විට අක්ෂය සිරස් අතට සවි කරනු ලැබේ. වේගය නියත ව තබා ගැනීම සඳහා ජල ධාරාව පාලනය කිරීමට ගවනරය මගින් විකට් ගේට්ටු ඇරීම / වැසීම සිදු කරයි.

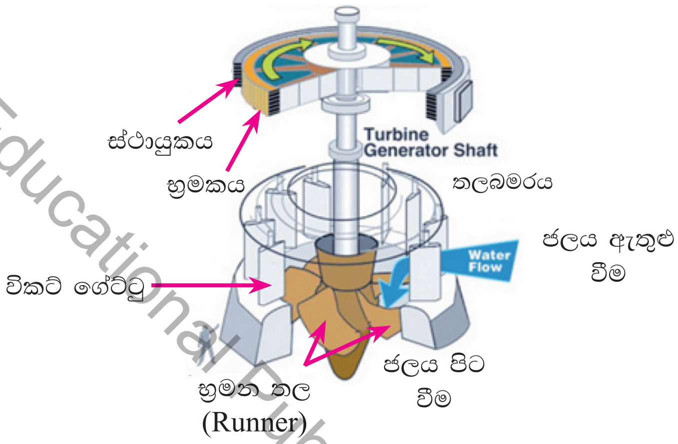


රූපය. 1.92 - ෆ්‍රාන්සිස් තලබමරයකින් ක්‍රියා කරන ජල විදුලි බලාගාරයක ප්‍රධාන කොටස්

Educational Publications Department

කප්ලාන් තලබමර (Kaplan Turbine)

කප්ලාන් තලබමර ද ප්‍රතික්‍රියක වර්ගයේ තලබමරයකි. මෙහි තල වෙනස් කළ හැකි වන අතර, අඩු ජල හිසක් (low head, 10 -70 m) සහිත වැඩි ජල ධාරාවක් සහිත ස්ථානවලට මෙය වඩාත් යෝග්‍ය වේ. 1.93 රූපයෙන් කප්ලාන් තලබමරය ජල විදුලිබලාගාරයක සවි වන අන්දම දැක්වෙන අතර 1.94 රූපයෙන් කප්ලාන් තලබමරයක බාහිර පෙනුම දැක්වේ.



රූපය 1.93 - කප්ලාන් තලබමරයේ භාවිතය

රූපය 1.94 - කප්ලාන් තලබමරය

Educational Publications Department

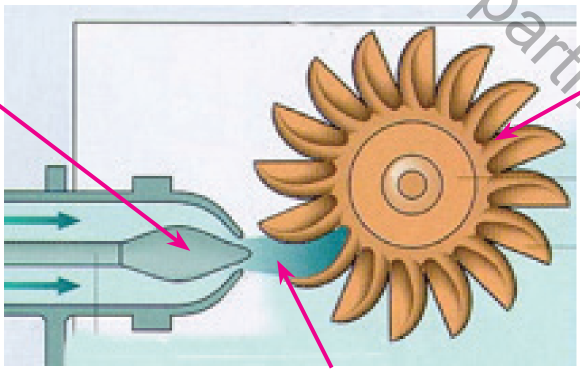
- ## ආවේගී වර්ගයේ තලබමර (Impulse Type Turbines)

ආවේගී වර්ගයේ තලබමර එහි ක්‍රියාකාරීත්වයට යොදා ගනුයේ ජලයේ ප්‍රවේගය යි. මෙහි දී තලබමරයේ කැරකෙන කොටස බකට්ටු ලෙස සකසා ඇති අතර, ජල පහර සෑම බකට්ටුවකට ම වැදීමට සැලැස්වේ. මෙම වර්ගයේ තලබමර උස ජලහිසක් (high head) සහිත අඩු ජල ප්‍රවාහයක් (low flow) සහිත ස්ථාන සඳහා වඩාත් සුදුසු වේ. පෙල්ටන් වීල් (Pelton wheel) හා ක්‍රොස් ෆ්ලෝ (Cross - flow) තලබමර මෙම වර්ගයට අයත් වන අතර, පෙල්ටන් වර්ගයේ තලබමර වඩාත් ප්‍රචලිත ව ඇත.

පෙල්ටන් වීල් (Pelton Wheel Turbine)

ඉහත විග්‍රහ කළ පරිදි මෙම පෙල්ටන් තලබමර ආවේගී තලබමරයක් වන අතර, ඉහළ ජල හිසක් (high head) සහිත බලාගාර සඳහා භාවිත වේ. 1.95 හා 1.96 රූප මගින් පෙනෙන පරිදි ජෙට් මගින් තලබමරයේ බකට්ටු මතට නොසලය තුළින් ජලය විදිනු ලබයි. ඉන් ඇති වන ආවේගය මගින් භ්‍රමණය සිදු වේ. මෙහි භ්‍රමණ තල බොකුටු ආකාරයට තනා ඇත්තේ නොසලය තුළින් විදිනු ලබන ජලය බකට් එකෙහි මැදට වැදී දෙපැත්තට විහිදී යෑම නිසා ආවේගී බලයක් ඇති කිරීම සඳහා ය. වේගය නියත ව තබා ගැනීම සඳහා ජල ධාරාව පාලනය කිරීමට ගවනරය මගින් නොසලය ඇරීම වැසීම සිදු කෙරෙයි.

රූපය 1.95 - පෙල්ටන් වීල් තලබමරයේ සැකැස්ම



රූපය 1.96 - පෙල්ටන් වීල් තලබමරයේ ක්‍රියාකාරිත්වය, හරස්කඩකින්

Education Publications Department

● ධාරිතාව අනුව ජල විදුලි බලාගාර වර්ගීකරණය

ජල විදුලි බලාගාර ඒවායේ ධාරිතාව අනුව ද වර්ගීකරණය කෙරෙයි.

- ඉතා අඩු ධාරිතා ජල විදුලි බලාගාර 0.1 MW දක්වා
  Micro hydro power plants
- අඩු ධාරිතා ජල විදුලි බලාගාර 1 MW - 10 MW
  Mini hydro power plants
- මධ්‍යම ධාරිතා ජල විදුලි බලාගාර 100 MW දක්වා
  Medium hydro power plants
- අධි ධාරිතා ජල විදුලි බලාගාර 100 MW වැඩි
  High Capacity hydro power plants

1.11.5 මුහුදු රළ ශක්තිය (Ocean Wave Power)

පෘථිවියේ සහ චන්ද්‍රයාගේ ඇති ගුරුත්වාකර්ෂණ බල හේතුවෙන් වඩදිය - බාදිය සහ මුහුදු රළ ඇති වීම සිදු වේ. එහිදී නිපදවෙන ශක්තිය විදුලි බලය නිපදවීම සඳහා යොදා ගත හැකි ය. මුහුදු රළ මගින් විදුලි ජනනය තවමත් පරීක්ෂණ මට්ටමේ පවතී.

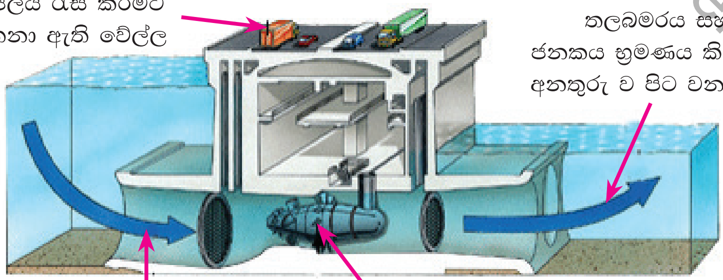
විදුලි ශක්තිය නිපදවීම සඳහා මුහුදු රළ ක්‍රම දෙකකට භාවිත කෙරෙයි.

(i) වඩදිය - බාදිය අතර ජලයේ ඇති වන විභව ශක්තිය ප්‍රයෝජනයට ගැනීම (tidal wave power)

(ii) සුළං තත්ත්වය අනුව මුහුදු රළවල ඇති වන චාලක ශක්තිය ප්‍රයෝජනයට ගැනීම. (kinetic energy in ocean waves)

● වඩදිය - බාදිය අතර ජලයේ ඇති වන විභව ශක්තිය ප්‍රයෝජනයට ගැනීම

මේ ක්‍රමයේ දී, 1.97 රූපයේ දක්වා ඇති පරිදි වඩදිය අවස්ථාවේ දී රැස් කරගන්නා ජලය නළ මාර්ග ඔස්සේ තලබමරය කරා ගෙන ගොස්, එමගින් ජනකය ක්‍රියාත්මක කොට විදුලි ශක්තිය නිපදවීම සිදු කෙරෙයි.



රූපය 1.97 - වඩදිය බාදිය අතර ජලයේ ඇති වන විභව ශක්තිය ප්‍රයෝජනයට ගෙන විදුලිය නිපදවීම

Educational Publications Department

• මුහුදු රළවල චාලක ශක්තිය ප්‍රයෝජනයට ගැනීම

මුහුදු රළවල චාලක ශක්තිය විවිධ තාක්ෂණික ක්‍රම ඔස්සේ විදුලි ජනනය සඳහා යොදා ගැනීමට පර්යේෂණ පැවැත්වේ. ඉන් එක් ක්‍රමයක් 1.98 රූපයෙන් දැක්වේ. එම ක්‍රමයේ දී සුළං හමන විට මුහුදේ නැගෙන රැලි මගින් ජලරෝදයක් (තලබමරය) භ්‍රමණය කොට එමගින් ජනකය ක්‍රියාත්මක කොට විදුලි ශක්තිය නිපදවීම සිදු කෙරෙයි.

රූපය 1.98 - මුහුදු රළවල ඇති වන චාලක ශක්තිය ප්‍රයෝජනයට ගෙන විදුලිය නිපදවීම

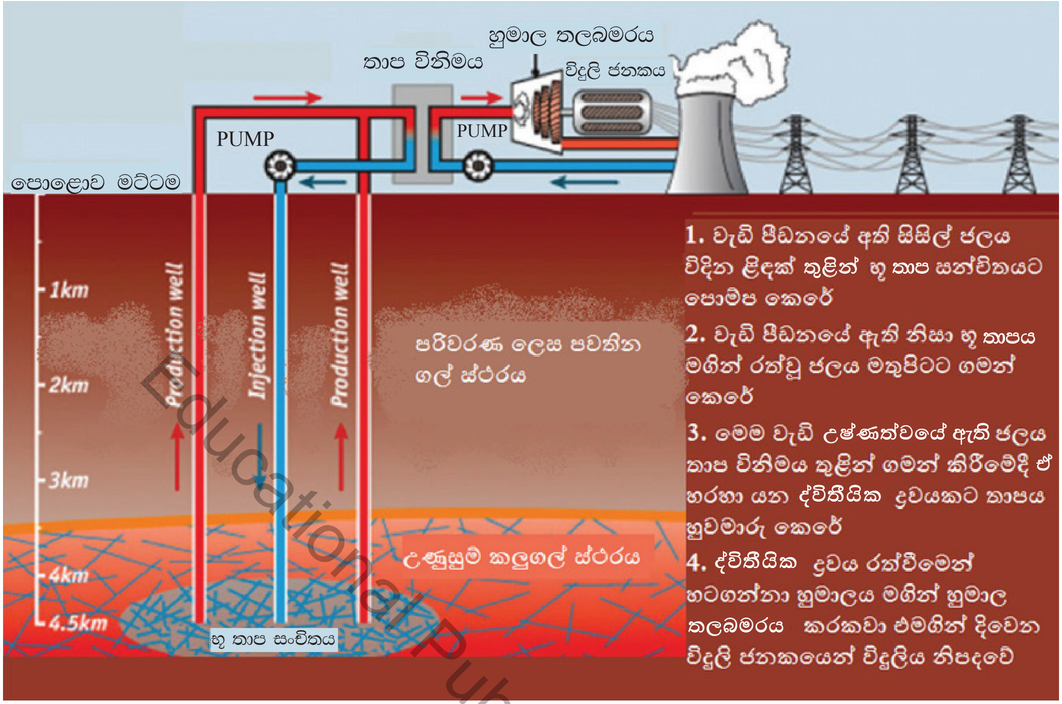
Educational Publications Department

1.11.6 භූ තාපය (Geo thermal)

පෘථිවියේ අභ්‍යන්තර න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියා හේතුවෙන් ඇති වන තාපය සහ පෘථිවිය නිර්මාණයේ දී ජනනය වී ඇති අභ්‍යන්තර තාපය, භූ තාපය වශයෙන් සරල ව දැක්විය හැකි ය. ගිනි කඳු පිපිරීම සහ උණුදිය උල්පත් ඇති වීම භූ තාපය පිටතට පැමිණෙන අවස්ථා වේ. මේ තාප ශක්තිය විදුලිය ජනනය කිරීම සඳහා යොදා ගැනීමට පර්යේෂණ පැවැත්වේ.

• භූ තාපයෙන් විදුලිය නිපදවීම

1.99 රූපයේ දැක්වෙන පරිදි ගැඹුරු පොළොවෙහි අධික තාප ශක්තියක් ඇති ස්ථාන ගවේෂණය කොට, එම ස්ථානවලට සිසිල් ජලය පොම්ප කිරීමෙන්, ජලය අධික තාපයකට භාජනය කෙරෙයි. එවිට රත් වූ ජලය ඉබේ ම නළ මාර්ගයන් ඔස්සේ පොළොව මතුපිටට පැමිණෙන අතර, ජලයේ ඇති අධික තාපය භාවිතයෙන් තලබමරයට සැපයිය යුතු හුමාලය නිෂ්පාදනය කරගනු ලැබේ. මේ සඳහා තාප විනිමයක් (heat exchanger) භාවිත කෙරෙයි. එනම් මෙහි දී තලබමරයට සැපයෙන අධි පීඩිත ජලය, තාප විනිමය හරහා යැවීමේ දී පොළොව මතුපිටට පැමිණෙන ජලයේ අධික තාපය උරා ගෙන වාෂ්ප බවට පත් වේ. එමගින් හුමාල තලබමරය භ්‍රමණය කිරීමෙන් ඊට සම්බන්ධ විදුලි ජනකය ක්‍රියා කරවනු ලැබේ.



රූපය 1.99 - භූ තාප ශක්තිය ප්‍රයෝජන ගෙන විදුලිය නිපදවීම

1.12 ➡ පුනර්ජනනීය නොවන ශක්ති ප්‍රභව මගින් විදුලි බල ජනනය (Non Renewable Energy)

භාවිතයෙන් පසු නැවත නැවතත් භාවිත කළ නොහැකි ශක්ති ප්‍රභව පුනර්ජනනීය නොවන ශක්ති ප්‍රභව ලෙස හඳුන්වනු ලැබේ. පුනර්ජනනීය නොවන ශක්ති ප්‍රභව කිහිපයක් පහත දක්වා ඇත.

පොසිල ඉන්ධන (fossil fuel)

- පෙට්‍රල්, ඩීසල්, භූමිතෙල් වැනි පෙට්‍රෝලියම් තෙල් වර්ග (petroleum products)
- ගල් අඟුරු (coal)
- ස්වාභාවික වායු (natural gas)

න්‍යෂ්ටික ශක්තිය (nuclear power)

ඉතා ඈත අතීතයේ දී ජෛව ස්කන්ධ, විවිධ වූ භෞතික හා රසායනික ක්‍රියාකාරකම්වලට භාජනය වී පොසිල ඉන්ධන නිර්මාණය වී ඇත. ඒ අනුව පොසිල ඉන්ධන සඳහා ද සූර්ය ශක්තිය මූලික වී ඇති බව පැහැදිලි වේ. එහෙත් ඛණිජ ඉන්ධන යම් නිශ්චිත ප්‍රමාණයක් පමණක් ඇති අතර, එම ප්‍රමාණය අවසන් වූ විට නැවත ජනනය වීමට ඉතා දීර්ඝ කාලයක් ගත වන බැවින් ඒවා පුනර්ජනනීය නොවන ශක්ති ප්‍රභව වශයෙන් හඳුන්වනු ලැබේ.

Educational Publications Department

1.12.1 පොසිල ඉන්ධන (Fossil Fuel) භාවිතයෙන් විදුලි ශක්තිය නිපදවීම

පොසිල ඉන්ධන විදුලි බලාගාරවල, පෙට්‍රෝලියම් (petroleum) ගල් අඟුරු (coal) හා ස්වාභාවික වායු (natural gas) ආදි පොසිල ඉන්ධන වැඩි වශයෙන් භාවිත වේ. පොසිල ඉන්ධන මගින් විදුලිය ජනනයේ දී බොහෝ විට පහත පරිදි ශක්ති පරිවර්තනයක් සිදු වේ.

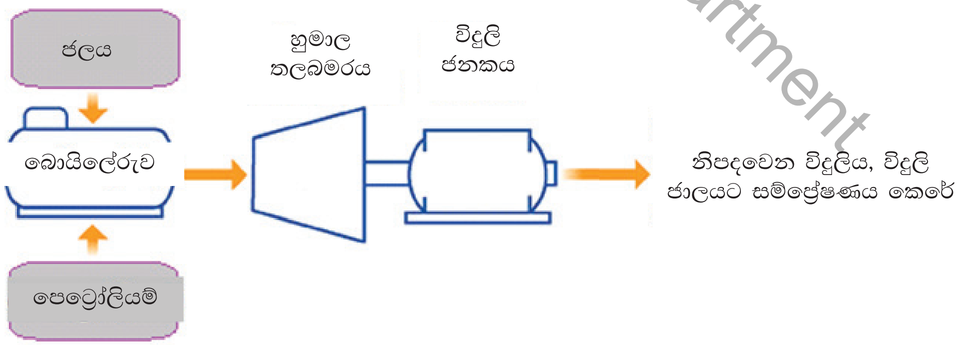
රසායනික ශක්තිය ⟶ තාප ශක්තිය ⟶ චාලක ශක්තිය හෝ යාන්ත්‍රික ශක්තිය ⟶ විද්‍යුත් ශක්තිය

● පෙට්‍රෝලියම් තෙල් (Petroleam) භාවිතයෙන් විදුලිය නිපදවීම

විදුලිය නිපදවීම සඳහා දැවිතෙල් (fuel oil), ඩීසල් හා පෙට්‍රල් වැනි පෙට්‍රෝලියම් තෙල් වර්ග භාවිත වේ. මෙහි දී භාවිත වන දාහ්‍ය ද්‍රව්‍ය අනුව විදුලිය ජනනය සඳහා භාවිත වන තාක්ෂණවේදය වෙනස් වේ. දැවිතෙල් භාවිත වනුයේ මහා පරිමාණ විදුලිය නිපදවීමේ ක්‍රියාවලිවල දී වන අතර, ඩීසල් හා පෙට්‍රල් කුඩා හා මධ්‍ය පරිමාණ විදුලි ජනක සඳහා යොදා ගැනේ.

හුමාල තලබමර භාවිතය

තාප විදුලි බලාගාරවල වැඩි වශයෙන් භාවිත වනුයේ මේ තාක්ෂණවේදයයි. දැවිතෙල් දාහ්‍ය ද්‍රව්‍ය ලෙස භාවිත කරන විට එය දහනය කර ලැබෙන තාපයෙන් අධි පීඩිත අධි උෂ්ණත්වයේ ඇති හුමාලය නිපදවේ. මෙසේ නිපදවෙන හුමාල වැඩි ප්‍රවේගයකින් තලබමරය හරහා යැමේ දී හුමාලය තලබමරය (steam turbine) ක්‍රියාත්මක වී ඊට සම්බන්ධ විදුලි ජනකය ක්‍රියාත්මක වීමෙන් විදුලිය නිපදවේ. 1.100 රූපයෙන් මේ ක්‍රියාවලිය පෙන්නුම් කෙරේ.

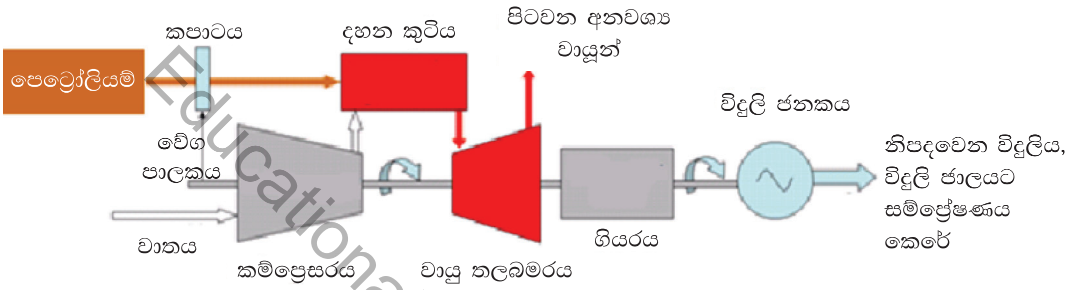


රූපය 1.100 - දැවිතෙල් භාවිතයෙන් ක්‍රියා කරන හුමාල තලබමරය

Educational Publications Department

වායු තලබමර භාවිතය

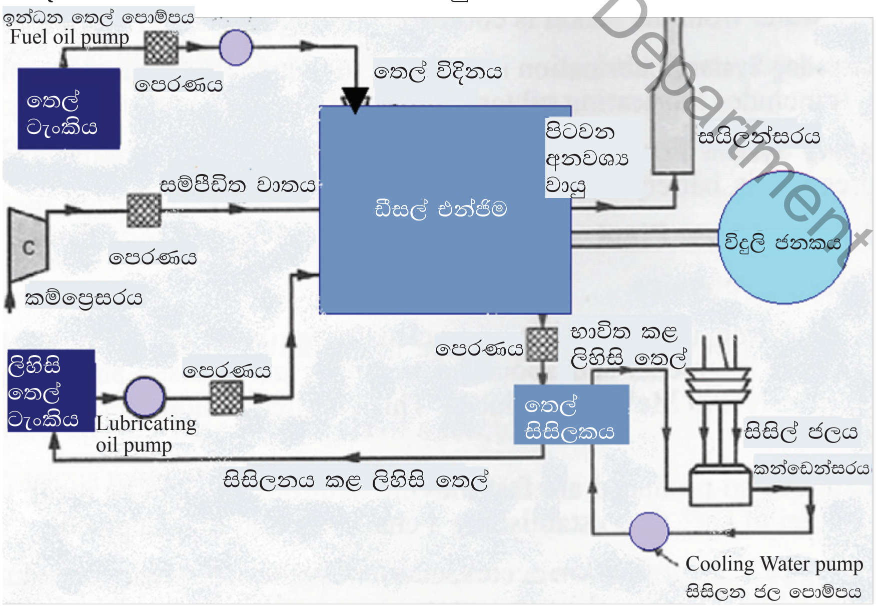
මෙහි දී ජලවාෂ්ප වෙනුවට අධි උෂ්ණත්වයට පත් කළ වායුව යොදා ගැනීමෙන් තලබමරය ක්‍රියාත්මක කෙරේ. පළමු ව පිරිසිදු වාතය වායු පීඩකය (compressor) හරහා යැමට සලස්වා පීඩනය වැඩි කර පසු ව එම වායුවට දැවිතෙල් ඉසිමින් දහනය කර උෂ්ණත්වය වැඩි කෙරේ. මෙම අධි උෂ්ණත්වයේ හා අධි පීඩනයේ ඇති වායුන් වායු තලබමරය (gas turbine) හරහා යැමේ දී තලබමරය ක්‍රියාත්මක වී ඊට සම්බන්ධ ජනකය මගින් විදුලිය නිපදවේ. මෙය 1.101 රූපයෙන් පෙන්නුම් කෙරේ.



රූපය 1.101 - දැවිතෙල් භාවිතයෙන් දිවෙන වායු තලබමර

එන්ජින් භාවිතය

මෙහි දී දාහ්‍ය ද්‍රව්‍ය ලෙස පෙට්‍රල් හෝ ඩීසල් වැඩි වශයෙන් භාවිත වේ. මෙම එන්ජින් අභ්‍යන්තර දහන එන්ජින් (Internal Combustion Engine) ලෙස හැඳින්වේ. ඩීසල් හා පෙට්‍රල් එන්ජින්වල වෙනසක් පවතින නමුත් අවස්ථා දෙකේ දී ම ඉන්ධන දහනයෙන් පිස්ටන ක්‍රියාත්මක කිරීමෙන් දඟර කඳ (crank shaft) භ්‍රමණය වීමේ දී විදුලි ජනකයෙන් විදුලිය නිපදවේ. මෙය 1.102 රූපයෙන් පෙන්නුම් කෙරේ.

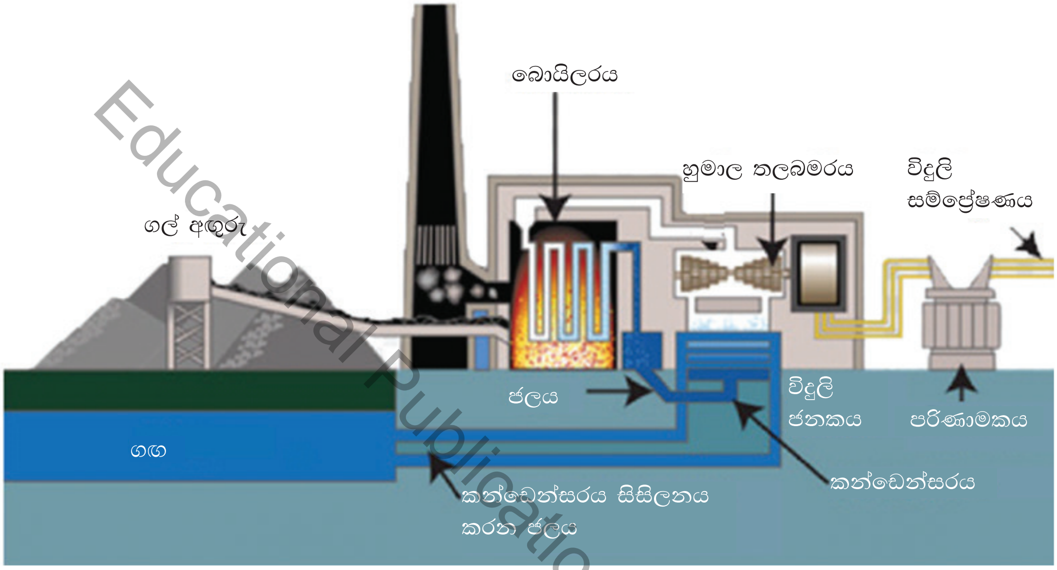


රූපය 1.102 - ඩීසල් වැනි ඉන්ධන යෙදවූ එන්ජිමක් භාවිත කිරීමෙන් විදුලිය නිපදවීම

Educational Publications Department

1.12.2 ගල් අඟුරු (Coal) භාවිතයෙන් විදුලිය නිපදවීම

මෙහි දී ගල් අඟුරු දහනය කිරීමෙන් ලබා ගන්නා තාප ශක්තිය මගින් ජලය වාෂ්ප බවට පත් කොට හුමාල තලබමරය භ්‍රමණය කොට එමගින් විදුලි ජනකය ක්‍රියාත්මක කරනු ලැබේ. 1.103 රූපයේ ගල් අඟුරු බලාගාරයක දළ සැකැස්මක් දැක්වේ.

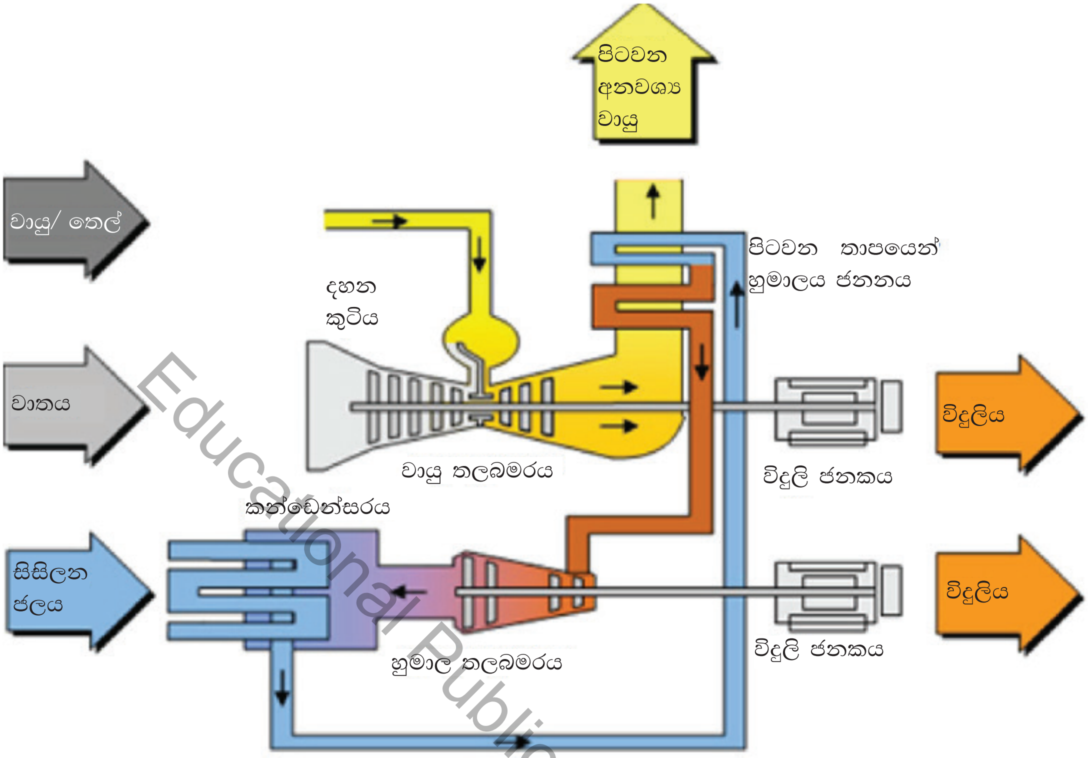


රූපය 1.103 - අඟුරු දහනය කිරීමෙන් ලබා ගන්නා තාප ශක්තිය මගින් විදුලිය නිපදවීම

Educational Publications Department

1.12.3 ස්වාභාවික වායු (Natural Gas) භාවිතයෙන් විදුලිය නිපදවීම

මෙහි දී ස්වාභාවික වායු දහනය කිරීමෙන් ලබා ගන්නා තාප ශක්තිය මගින් වායු තලබමරය භ්‍රමණය කොට එමගින් විදුලි ජනකය ක්‍රියාත්මක කරනු ලැබේ. ඊට අමතර ව 1.104 රූපයේ දැක්වෙන පරිදි අධි තාපයකට භාජනය වූ වායු තලබමරයෙන් (gas turbine) පිට වන පිටාර වායුව (exhaust gas) මගින් ජලය රත් කර ජල වාෂ්ප නිපදවා කලින් විස්තර කළ පරිදි හුමාල තලබමරයක් (steam turbine) ක්‍රියාත්මක කර අමතර විදුලි ජවයක් තවත් ජනකයකින් ලබා ගත හැකි ය. මෙසේ වායු හා හුමාල තලබමර දෙවර්ගය ම උපයෝගී කර ගන්නා අවස්ථාවල දී එම විදුලිබලාගාර සංයුක්ත චක්‍ර (combine cycle) බලාගාර ලෙස හැඳින්වෙන අතර එසේ කිරීමෙන් විදුලිය නිපදවීමේ කාර්යක්ෂමතාව වැඩි වේ.

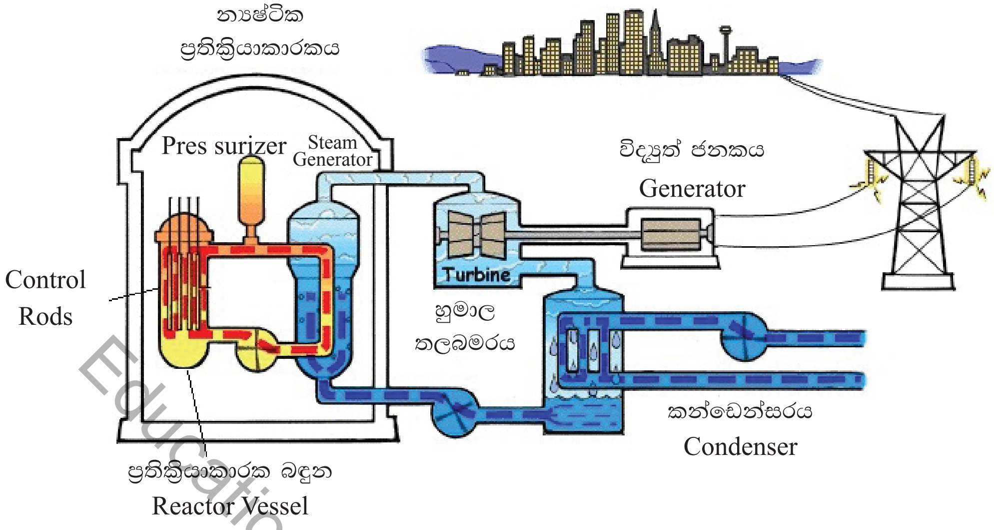


රූපය 1.104 - ස්වාභාවික වායු දහනය කිරීමෙන් ලබා ගන්නා තාප ශක්තිය මගින් විදුලිය නිපදවීම

1.12.4 න්‍යෂ්ටික ශක්තිය (Nuclear power) භාවිතයෙන් විදුලිය නිපදවීම

න්‍යෂ්ටික විදුලි බලාගාර ද තාප බලාගාර වන අතර, එහි තාප ශක්තිය නිපදවනුයේ න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරක (nuclear reactor) තුළ යි. න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරක තුළ න්‍යෂ්ටික දාම ප්‍රතික්‍රියා (nuclear chain reactions) හට ගැනීම හා පාලනය කිරීම සිදු වන අතර, මෙහි දී යුරේනියම් - 235 (U^{235}) මූලද්‍රව්‍ය විකිරක අමුද්‍රව්‍ය ලෙස යොදා ගැනේ. න්‍යෂ්ටික දාම ප්‍රතික්‍රියාවේ දී නිපදවන තාපයෙන් හුමාල තලබමරය ක්‍රියා කරවා එමගින් භ්‍රමණය වන විදුලි ජනකය හරහා විදුලිය නිපදවේ.

Educational Publications Department



රූපය 1.105 - න්‍යෂ්ටික ශක්තිය මගින් විදුලිය නිපදවීම

Educational Publications Department

න්‍යෂ්ටික දාම ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමේ දී යුරේනියම් මූලද්‍රව්‍යයේ න්‍යෂ්ටිය විඛණ්ඩණය (fission) වන බැවින් එහි දී අධික තාපයක් මෙන් ම විකිරණශීලී කිරණ ද නිකුත් වේ. එබැවින් පරිසර හානිය අවම වන පරිදි න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරකය ඉතාමත් හොඳින් පරිවරණය කර ඇත. 1.105 රූපයෙන් න්‍යෂ්ටික විදුලි බලාගාරයක දළ සටහනක් දක්වා ඇත.

අභ්‍යාස 6

(1) විදුලිය නිපදවීමට යොදා ගන්නා පුනර්ජනනීය ශක්ති ප්‍රභව යනු කවරක් ද? ඒ සඳහා උදාහරණ 5ක් සඳහන් කරන්න.

(2) (a) ජලය හැර සෙසු පුනර්ජනනීය ශක්ති ප්‍රභව මගින් විදුලිය නිපදවීම, පුනර්ජනනීය නොවන ශක්ති ප්‍රභව මගින් විදුලිය නිපදවීම් තරම් භාවිත නොවන්නේ ඇයි ද යන්න සාකච්ඡා කරන්න.

(b) පුනර්ජනනීය හා පුනර්ජනනීය නොවන ශක්ති ප්‍රභව 2ක් උදාහරණ ලෙස ගෙන තවදුරටත් විස්තරාත්මක ව සාකච්ඡා කරන්න.

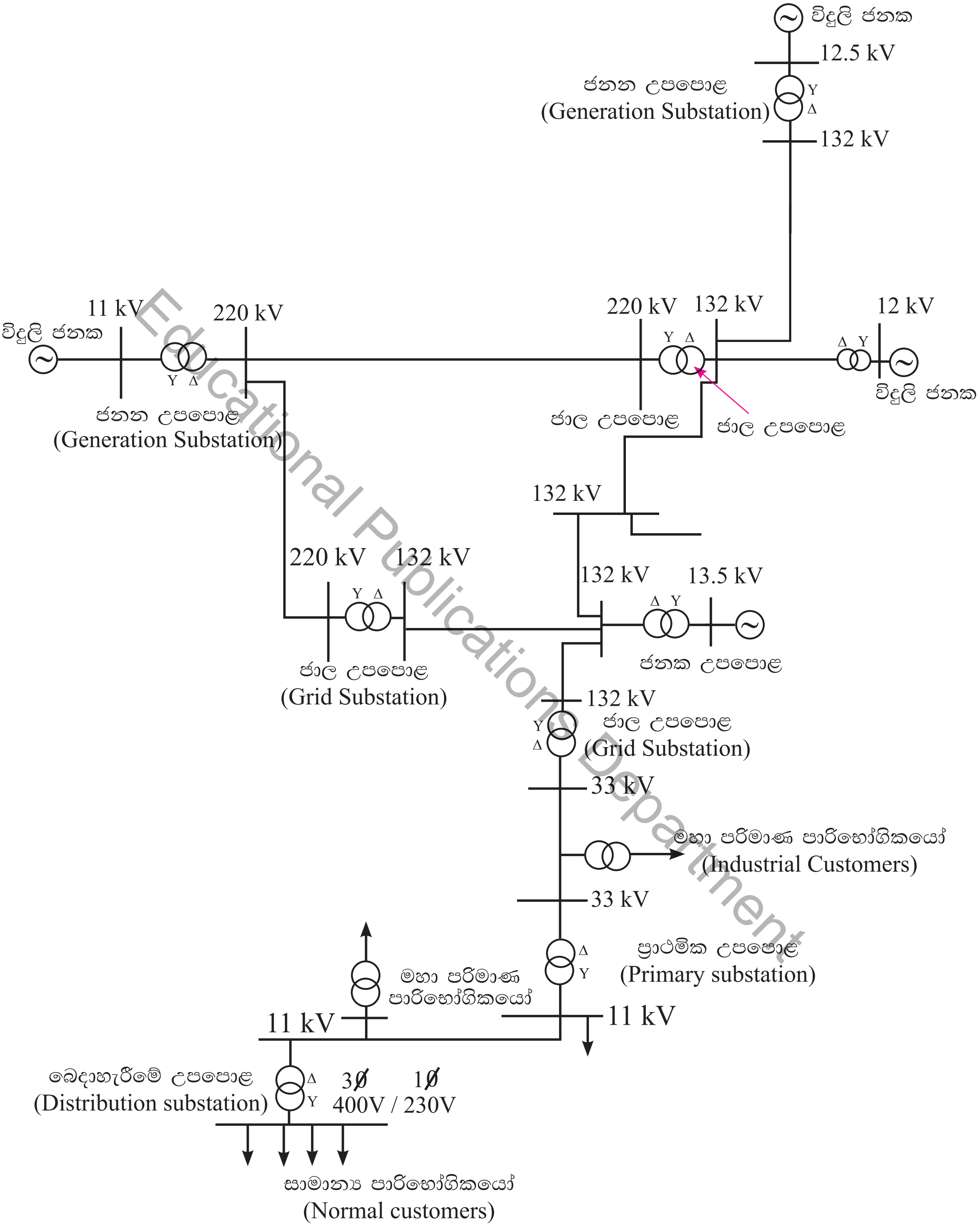
(3) විශාල ජල විදුලි බලාගාරයක ජලය රැස් කරන ස්ථානයේ සිට ජලය රැගෙන ගොස් විදුලි බලය නිපදවන අවස්ථාව දක්වා පෙන්වන දළ සටහනක් ඇඳ, එහි කොටස් නම් කරන්න.

1.13 විදුලි බල සම්ප්‍රේෂණය හා බෙදාහැරීම (Electrical Power Transmission an Distribution)

විදුලි බලාගාර බොහෝ විට තනනු ලබන්නේ ජනාකීර්ණ නොවන ප්‍රදේශවල වන අතර, විශේෂයෙන් ජල විදුලි බලාගාර පිහිටා ඇත්තේ පාරිභෝගික මධ්‍යස්ථානවල (demand centres / customer centres) සිට ඉතා දුර බැහැර පෙදෙස්වල ය. විදුලි බලාගාරයේ සිට පාරිභෝගිකයා දක්වා විදුලිය රැගෙන ඒම ප්‍රධාන වශයෙන් කොටස් දෙකකට වෙන් කර දැක්වේ. එනම්: විදුලි බල සම්ප්‍රේෂණය (electric power transmission) හා විදුලි බල බෙදාහැරීම යි (electric power distribution). විදුලි බල සම්ප්‍රේෂණය ලෙස හඳුන්වනුයේ විදුලි බලාගාරයේ සිට පාරිභෝගික මධ්‍යස්ථාන අසල ඇති ජාල උපපොළ (grid substation) දක්වා විදුලි ශක්තිය මහා පරිමාණ වශයෙන් රැගෙන යෑමයි. විදුලි බලය බෙදාහැරීම ලෙස හැඳින්වෙනුයේ ජාල උපපොළවල (grid substations) සිට පාරිභෝගිකයා දක්වා විදුලි ශක්තිය රැගෙන යෑමේ ක්‍රියාවලියයි.

විදුලි සම්ප්‍රේෂණ රැහැන් (transmission line), ජාල උපපොළවල් (grid substations) හරහා එකිනෙකට සම්බන්ධ ව ජාලයක් (grid) සේ පවතී. එනිසා එම කොටස සම්ප්‍රේෂණ ජාලය (transmission grid) ලෙස හැඳින්වෙන අතර, කිසියම් රටක විදුලි සම්ප්‍රේෂණ හා බෙදාහැරීමේ ජාල දෙක එකතු වූ විට එය විදුලි බල ජාලය (power grid) හෝ ජාතික විදුලිබල ජාලය (national power grid) ලෙස හැඳින්වේ. මෙවන් විදුලි බල ජාලයක දළ සැකැස්මක් 1.106 රූපයෙන් දැක්වේ.

Educational Publications Department



රූපය 1.106 - විදුලිබල ජාලයක දළ සටහනක්

Educational Publications Department

1.13.1 විදුලි බල සම්ප්‍රේෂණය (Electric Power Transmission)

විදුලි බලය, විදුලි බලාගාරවල සිට පාරිභෝගික මධ්‍යස්ථාන දක්වා බොහෝ දුරක් සම්ප්‍රේෂණය කිරීමට සිදු වේ. මෙසේ සම්ප්‍රේෂණයේ දී විදුලි රැහැන්වල (transmission lines) විශාල විභව බැස්මක් ඇති වේ. එබැවින් අඩු වෝල්ටීයතාවක් යටතේ විදුලිය සම්ප්‍රේෂණය කළ හොත් අධික විභව බැස්ම හේතුවෙන් පාරිභෝගිකයාට අවශ්‍ය සුදුසු ම වෝල්ටීයතාව සැපයිය නොහැකි ය. ආරක්ෂාව හා ආර්ථික හේතු සැලකීමෙන් පාරිභෝගික උපකරණ සම්මත වෝල්ටීයතාවක් හා සංඛ්‍යාතයක් යටතේ නියත ශක්ති ප්‍රමාණයක් ලබාගෙන ක්‍රියා කිරීමට නිපදවා ඇත. එබැවින් අඩු වෝල්ටීයතාවක් යටතේ මේ උපකරණ නිසි පරිදි ක්‍රියා කරවිය නොහැකි ය. එලෙස අඩු වෝල්ටීයතාවකින් විදුලිය සම්ප්‍රේෂණය කළ හොත් පාරිභෝගිකයාට සැපයිය යුතු විශාල ධාරාව සැපයීමට විශාල හරස්කඩක් සහිත සන්නායක රැහැන් මාර්ග යොදා ගැනීමට ද සිදු වේ. මෙය කිසි සේත් ප්‍රායෝගික නොවන බැවින් විදුලි සම්ප්‍රේෂණය සඳහා අධි වෝල්ටීයතාවක් භාවිත වේ.

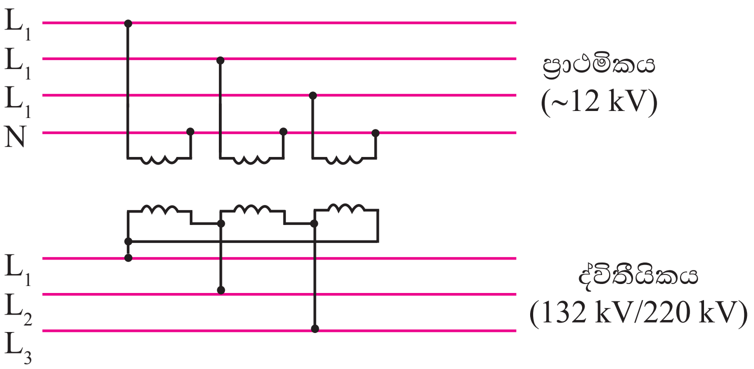
මෙම සම්ප්‍රේෂණ වෝල්ටීයතාවන් සමාන්‍යයෙන් 110 kV වලට ඉහළ අගයක් ගනී. ඇතැම් දියුණු රටවල විදුලි සම්ප්‍රේෂණ සඳහා 765 kV වැනි ඉතා අධි වෝල්ටීයතාවන් ද භාවිත වේ. එහෙත් ශ්‍රී ලංකාවේ සම්ප්‍රේෂණ වෝල්ටීයතාවන් (transmission voltage) ලෙස දනට භාවිත වනුයේ 132 kV හා 220 kV වේ. විදුලි සම්ප්‍රේෂණ පද්ධතිය සෑම විට ම තෙකලා විදුලි පද්ධතියක් වන අතර, ඉහත වෝල්ටීයතාවන් කලා දෙකක් අතර පවතින වෝල්ටීයතා අගයන් වේ (line to line voltage).

විදුලි බල සම්ප්‍රේෂණයේ දී (power transmission) එය ඍජු ව ම ජනන උපපොළ (generation substation) සිට ජාල උපපොළ (grid substation) දක්වා සම්ප්‍රේෂණය කරනු ලබන අතර, ඒ අතරතුර පාරිභෝගිකයාට බෙදා හැරීමක් සිදු නො වේ.

- ### ජනන උපපොළ (Generation Substation)

සාම්ප්‍රදායික විශාල විදුලි ජනක සැලකීමේ දී, සාමාන්‍යයෙන් විදුලිය ජනනය කරනු බලන වෝල්ටීයතාව 10.5 kV සිට 15 kV අතර අගයක් වේ. මෙසේ ජනනය කරනු බලන විදුලිය, බලාගාර අසල ඇති අධිකර පරිණාමක මගින්, ඉහත සාකච්ඡා කළ පරිදි අධි වෝල්ටීයතාවකට පත් කර සම්ප්‍රේෂණය කෙරේ. මෙසේ ජනන වෝල්ටීයතාව, සම්ප්‍රේෂණ වෝල්ටීයතාවට වැඩි කර ගන්නා අධිකර පරිණාමක ඇතුළු ආරක්ෂණ හා මිනුම් මෙවලම් ක්‍රමානුකූල ව සම්බන්ධ කර ඇති විදුලි බලාගාරයට අයත් කොටස ජනන උපපොළක් (generation substation) ලෙස හැඳින්වේ. මෙය ප්‍රධාන පරිණාමකය හා ස්විච්ච අංගනය (Main transformer and switch yard) ලෙස ද හැඳින්වේ. මෙහි ඇති අධිකර පරිණාමකයේ ප්‍රාථමික දඟර තාරකා (Star) ආකාරයටත් ද්විතීයික දඟර ඩෙල්ටා (Delta) ආකාරයටත් සම්බන්ධ කර ඇත. 1.106 රූපයේ අධිකර පරිණාමකයේ එතුම් සම්බන්ධ වන ආකාරය දක්වා ඇත.

Educational Publications Department



රූපය 1.106 - ජනන උපපොළක අධිකර පරිණාමකයේ එතුම් සම්බන්ධ විය හැකි ආකාරය

Educational Publications Department

- **වැඩි වෝල්ටීයතාවකින් විදුලි සම්ප්‍රේෂණයේ වාසි**

(i) පරිණාමකයක් භාවිතයෙන් වෝල්ටීයතාව වැඩි කිරීමේ දී ධාරාව ද ඊට අනුකූල ව අඩු වන බැවින් විදුලි සම්ප්‍රේෂණයේ දී විභව බැස්ම අඩු වේ (Voltage drop, $V = IR$).

(ii) වැඩි විභවයකින් අඩු ධාරාවක් සම්ප්‍රේෂණය කරන බැවින් ජව හානිය ද අඩු වේ. (Power loss = I^2R)

(iii) අඩු ධාරාවක් සම්ප්‍රේෂණය කරන බැවින් රැහැන් මාර්ග (Transmission line) සඳහා අඩු හරස්කඩක් සහිත සන්නායක භාවිත කළ හැකි බැවින් ආර්ථික අතින් විශාල වාසියක් ලැබේ.

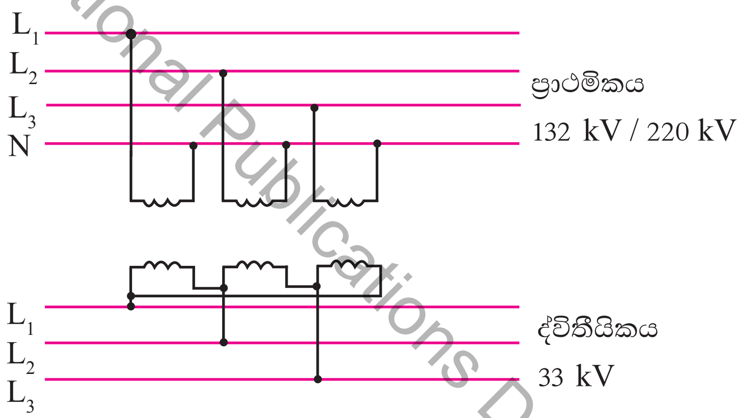
(iv) සම්ප්‍රේෂණය සඳහා වෝල්ටීයතාව වැඩි කිරීමේ දී අධිකර පරිණාමකයේ ද්විතීයික දඟර, ඩෙල්ටා ආකාරයට සම්බන්ධ කර ඇති බැවින් රැහැන් තුනක් මඟින් විදුලි සම්ප්‍රේෂණ කළ හැකි වේ. මේඟින් ද ආර්ථික වාසියක් ලැබේ.

- **විදුලි සම්ප්‍රේෂණ රැහැන් (Transmission Lines)**

අධි වෝල්ටීයතාවේ ඇති විදුලිය, ජනන උපපොළේ (generation substation) සිට ජාල උපපොළ (grid substation) දක්වා විදුලි රැහැන් ඔස්සේ සම්ප්‍රේෂණය කෙරේ. බොහෝ විට විදුලි සම්ප්‍රේෂණය සඳහා අවකාශයේ, කුලුනු මතින් දිවෙන විදුලි රැහැන් (overhead transmission lines) භාවිත වේ. පොළොව යටින් දිවෙන විදුලි කේබල (underground cables), විදුලි සම්ප්‍රේෂණ සඳහා යොදා ගැනීම ඉතා විරල වේ. අවකාශයේ, කුලුනු මතින් දිවෙන සම්ප්‍රේෂණ විදුලි රැහැන් නිරාවරණ ව පවතින අතර, බොහෝ විට නියමිත පරිදි සකස් කළ ඇලුමිනියම් ලෝහ සන්නායකවලින් නිර්මිත වේ. ඇතැම් අවස්ථාවල විදුලි රැහැන් ශක්තිමත් කිරීමට, ඇලුමිනියම් සමග වානේ කම්බි සුදුසු පරිදි යොදා ගැනේ. තෙකලා විදුලිය, රැහැන් තුනක් මගින් සම්ප්‍රේෂණය කිරීම සිදු වේ.

- ## ජාල උපපොළ (Grid Substation)

ජාල උපපොළක් (grid substation) යනු සම්ප්‍රේෂණ වෝල්ටීයතාව (transmission voltage), ශ්‍රී ලංකාවේ භාවිත වන පරිදි 132 kV හෝ 220 kV, බෙදාහැරීමේ වෝල්ටීයතාව (distribution voltage), ශ්‍රී ලංකාවේ භාවිත වන පරිදි 33 kV හෝ 11 kV දක්වා අවකර පරිණාමක භාවිතයෙන් අඩු කරනු ලබන ස්ථානය යි. ජාල උපපොළවල (grid substations) විශේෂ ආරක්ෂක හා මිනුම් මෙවලම් ක්‍රමානුකූල ව සම්බන්ධ කර ඇත. මේ ජාල උපපොළවල් (grid substations) වල ඇති අවකර පරිණාමකවල ප්‍රාථමික දඟර (අධිවෝල්ටීයතා) තාරකා ආකාරයට ද ද්විතීයික දඟර (මධ්‍යම වෝල්ටීයතා) ඩෙල්ටා ආකාරයට ද සම්බන්ධ කර ඇත. පරිණාමකයේ එතුම් සම්බන්ධය 1.107 රූපයෙන් දැක්වේ. මේ හේතුවෙන් මධ්‍යම වෝල්ටීයතා ජාලයට අවශ්‍ය ආරක්ෂණය සැලසීමට භූගත සම්බන්ධතාව ලබාදීම සඳහා භූගත කිරීමේ පරිණාමකයක් (grounding transformer) අවකර පරිණාමකයේ ද්විතීයිකයට සම්බන්ධ කෙරේ.

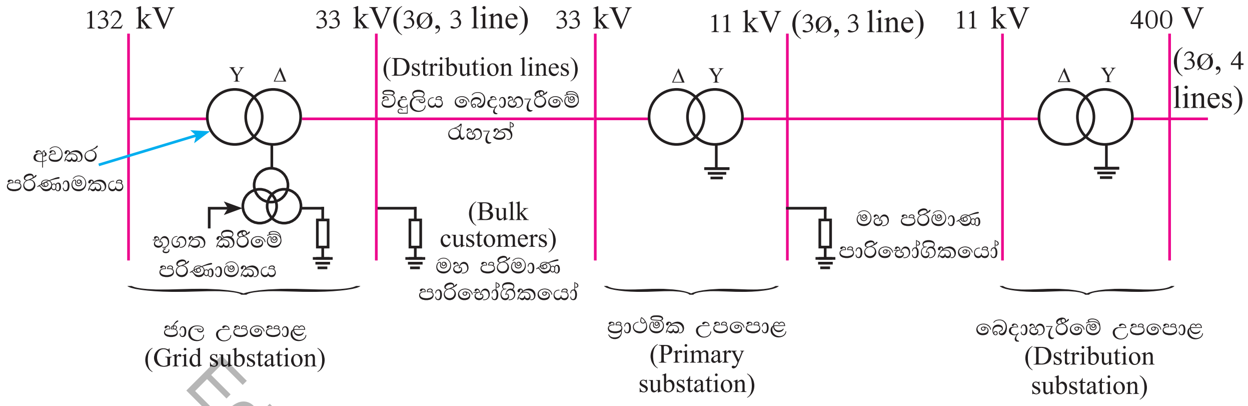


රූපය 1.107 - ජාල උපපොළක අවකර පරිණාමකයක එතුම් සම්බන්ධ විය හැකි ආකාරයක්

Educational Publications Department

1.13.2 විදුලි බලය බෙදාහැරීම (Electric Power Distribution)

විදුලි බලය බෙදාහැරීම (power distribution) ආරම්භ වන්නේ ජාල උපපොළ (grid substation) සිට යි. විදුලි බලය බෙදාහැරීම වෝල්ටීයතා මට්ටම් (distribution voltage levels) කිහිපයකින් සිදු වේ. ශ්‍රී ලංකාවේ දී විදුලි ජනනයේ සිට පරිභෝගිකයා දක්වා විදුලිය රැගෙන ඒමේ දී 33 kV හා 11 kV යන මධ්‍යම වෝල්ටීයතා ද (medium voltages), 400 V යන අඩු වෝල්ටීයතාව ද විදුලි බලය බෙදාහැරීමේ ජාලයට (distribution network) අයත් වේ. 1.108 රූපයෙන් විදුලි බලය බෙදාහැරීමේ ජාලයක දළ සටහනක් දැක්වේ.



රූපය 1.108 - විදුලිබල බෙදාහැරීමේ ජාලයක දළ සටහනක්

1.108 රූපයේ පෙන්වා ඇති පරිදි මහා පරිමාණ පාරිභෝගිකයන් (bulk customers) හට 33 kV වෝල්ටීයතාවේ සෘජු ව ම විදුලිය බෙදාහැරීම සිදු වේ. මීට අමතර ව විදුලි රැහැන් මගින් ජාල උපපොළ (grid substation) සිට ප්‍රාථමික උපපොළ (primary substation) දක්වා විදුලිය රැගෙන විත් එහි දී අවකර පරිණාමක භාවිතයෙන් වෝල්ටීයතාව 11 kV දක්වා අඩු කෙරේ. ඇතැම් මහා පරිමාණ පාරිභෝගිකයෝ (bulk customers) හට 11 kV වෝල්ටීයතාවවෙන් සෘජු ව ම විදුලිය බෙදාහරින අතර ප්‍රාථමික උපපොළ (primary substation) සිට බෙදාහැරීමේ උපපොළ (distribution substation) දක්වා විදුලිය රැගෙන යෑම තව දුරටත් සිදු වේ. බෙදාහැරීමේ උපපොළේ දී (distribution substation) වෝල්ටීයතාව 400 V දක්වා අඩු කරනුයේ අවකර පරිණාමකය භාවිතයෙනි. සාමාන්‍ය පාරිභෝගිකයන් සඳහා විදුලිය බෙදාහැරීම සිදු වනුයේ 400 V වෝල්ටීයතාවෙනි. මෙහි දී ඇතැම් පාරිභෝගිකයන් හට 400 V ලෙස තෙකලා විදුලිය ද ඇතැම් පාරිභෝගිකයන් හට 230 V ලෙස තනිකලා (එකලා) විදුලිය ද සැපයීම සිදු කෙරේ. මීට අමතර ව 33 kV සිට සෘජු ව ම 400 V දක්වා වෝල්ටීයතාව අඩු කර ගන්නා බෙදාහැරීමේ උපපොළ ද රැසක් පවතී.

- **ප්‍රාථමික උපපොළ (Primary Substation)**

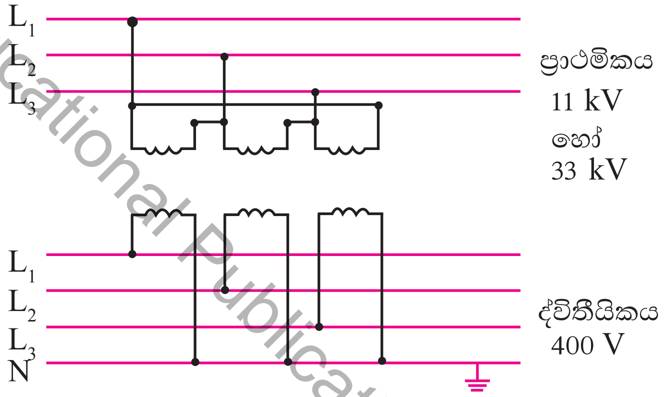
ප්‍රාථමික උපපොළේ දී (primary substation) විදුලිය බෙදාහැරීමේ වෝල්ටීයතාව 33 kV සිට 11 kV දක්වා අවකර පරිණාමක භාවිතයෙන් අඩු කරනු ලැබේ. ප්‍රාථමික උපපොළ අවකර පරිණාමක එකක් හෝ කිහිපයක් තිබීමට පුළුවන. අවකර පරිණාමකවලට අමතර ව ආරක්ෂක හා මිනුම් මෙවලම් ද ප්‍රාථමික උපපොළක ක්‍රමානුකූල ව සම්බන්ධ කර ඇත. මෙහි ඇති අවකර පරිණාමකයේ ප්‍රාථමික එතුම් ඩෙල්ටා (delta) ආකාරයට සම්බන්ධ කර ඇති අතර, ද්විතීයික එතුම් තාරකා (Star) ආකාරයට සම්බන්ධ කර ඇත. ද්විතීයිකයේ පොදු අග්‍රය භූගත කර ඇත.

Educational Publications Department

- ## බෙදාහැරීමේ උපපොළ (Distribution Substation)

බෙදාහැරීමේ උපපොළ (distribution substation) අන් සෑම උපපොළකට ම වඩා වෙනස් වේ. බෙදාහැරීමේ උපපොළක් යනු එක් අවකර පරිණාමකයක් පමණි. එහි අමතර ව ඇත්තේ පරිණාමකයේ හා විදුලි රැහැන්වල ආරක්ෂාව සඳහා යොදා ඇති විලායක හා ආරක්ෂණ පිළියවණ වේ. බෙදාහැරීමේ උපපොළක දී වෝල්ටීයතාව 11 kV (හෝ 33 kV) සිට 400 V දක්වා අඩු කිරීම සිදු වේ. මෙහි දී භාවිත වන අවකර පරිණාමකයේ ප්‍රාථමිකයේ, එතුම් ඩෙල්ටා ලෙස ද ද්විතීයිකයේ, එතුම් තාරකා ආකාරයට ද සකසා ඇත. මෙහි දී ද ද්විතීයිකයේ පොදු අග්‍රය භූගත කර ඇත. 1.109 රූපයෙන් අවකර පරිණාමයේ එතුම් සම්බන්ධ පෙන්වා ඇත.

Educational Publications Department



රූපය 1.109 - බෙදාහැරීමේ උපපොළක අවකර පරිණාමකයේ එතුම් සම්බන්ධ වන ආකාරය

1.13.3 සම්ප්‍රේෂණයේ දී හා බෙදාහැරීමේ දී භාවිත කරන අත්‍යවශ්‍ය උපාංග හා උපකරණ

- ## පරිණාමක (Transformers)

විදුලි සම්ප්‍රේෂණයේ දී හා බෙදාහැරීමේ දී ප්‍රධාන වශයෙන් අධිකර හා අවකර පරිණාමක භාවිත වේ. ජනන උපපොළවල හා ජාල උපපොළවල ඉතා විශාල ප්‍රමාණයේ, විශාල ධාරිතාවක් සහිත පරිණාමක එකක් හෝ වැඩි ගණනක් භාවිත වේ. ශ්‍රී ලංකාවේ භාවිතය අනුව බොහෝ විට මේ පරිණාමකයක ධාරිතාව 30 MVA වලට වඩා වැඩි අගයක් ගනී. ප්‍රාථමික උපපොළවල ඇති පරිණාමක මධ්‍යම ප්‍රමාණයේ වන අතර, එම පරිණාමකයක් බොහෝ විට 5 MVA හෝ 10 MVA පමණ ධාරිතාවකින් යුක්ත ය. බෙදාහැරීමේ පරිණාමකවල ධාරිතාව බොහෝ විට 1000 kVA වලට අඩු අගයක් ගනී.

- ## විදුලි රැහැන් හෝ භූගත කේබල (Overhead line or underground cables)

- ## ආරක්ෂණ හා මැනුම් මෙවලම් (Protection and measuring equipment)

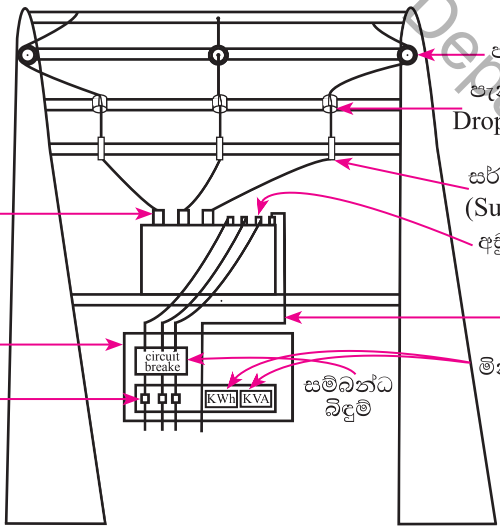
උදාහරණ : ධාරා පරිණාමක (Current transformers)
විභව පරිණාමක (Voltage transformers)
පරිපත බිඳුම් (Circuit breakers)
} ජනන උපපොළවල හා ජාල උපපොළවල පමණක් ඇත.
Protective relays
Autoreclosers - බෙදාහැරීම් ජාලයේ පමණක් ඇත.
විලායක (Fuses) - බෙදාහැරීම් උපපොළවල පමණක් ඇත.
සර්ජන ආරක්ෂණ (Surge arrestors) - සෑම උපපොළකම ඇත.
භූගත සම්බන්ධය (Earthing)

- **පරිවරණ (Insulators)**

අධිවෝල්ටීයතා භාවිතයේ දී පරිවරණය (insulate) කිරීම අත්‍යවශ්‍ය සාධකයක් වේ. විදුලිය සම්ප්‍රේෂණය හා බෙදාහැරීමේ දී සෑම උපකරණයක් සඳහා ම අවශ්‍ය පරිදි පරිවරණය සපයා ඇති අතර, විදුලි රැහැන් කුලුනුවලට සම්බන්ධ කිරීමේ දී පරිවරණ තැටි (insulator disks) භාවිත වේ. විදුලි බල සම්ප්‍රේෂණයේ දී භාවිත වන එක් පරිවරණ තැටියකට ආසන්න වශයෙන් 11 kV වෝල්ටීයතාවක් දාරා සිටිය හැකි වේ.

- **බෙදාහැරීමේ උපපොළක (Distribution Substation) කොටස්**

කණු දෙකක් මත සවි කළ (double – pole mounted) බෙදාහැරීමේ උපපොළක් 1.110 රූපයේ දැක්වේ. තනි කණුවක් මත සවි කළ (single pole monmted) හා ශක්තිමත් ආධාරකයක් මත තැබූ (plinth mounted) බෙදාහැරීමේ උපපොළවල් ද ශ්‍රී ලංකාවේ දී දැක ගත හැකි වේ.



රූපය 1.110 - කණු දෙකක් මත සවි කළ බෙදා හැරීමේ උපපොළක දළ සටහනක්

Educational Publications Department

1.13.4 විදුලි බිල්පතක් සකස් කිරීම

ශ්‍රී ලංකාවේ දී විදුලි බිල්පතක් සැකසීමේ යන්ත්‍රණය (electricity tariff plan) සැකසීම මහජන උපයෝගීතා කොමිසම (Public Utility Commission) මඟින් සිදු කෙරේ. විදුලි බිල සැකසීමේ යන්ත්‍රණය ගෘහස්ථ, කර්මාන්ත, හෝටල්, පොදු, රාජ්‍ය, පුණ්‍යායතන හා පාසල් ලෙස වර්ගීකරණයක් සිදුවේ.

ගෘහස්ථ පරිභෝජනය සඳහා ශ්‍රී ලංකාවේ දැනට අනුමත විදුලි බිල සැකසීමේ යාන්ත්‍රණ ක්‍රම දෙකක් පවතී. එක් ක්‍රමයක් කට්ටි කරන ලද අය කිරීමේ ක්‍රමයක් (block tariff) වන අතර අනෙක් ක්‍රමය භාවිත කරන කාලය අනුව අය කිරීමේ ක්‍රමයයි (Time of use). භාවිත කරන කාලය අනුව අය කිරීමේ ක්‍රමය පාරිභෝගික කැමැත්ත මත පමණක් ක්‍රියාත්මක වන ලෙස දැනට පවතී. ගෘහස්ථ පරිභෝජනය සඳහා බහුලව භාවිත වනුයේ කට්ටි කරන ලද අය කිරීමේ ක්‍රමයයි. මෙහි දී පරිභෝජනයට ගන්නා මුළු ඒකක ගණන පමණක් සැලකීමට ගන්නා අතර එම විදුලිය පරිභෝජනයට ගත් වේලාව සැලකීමට නො ගනී.

එවැනි විදුලි බිල ගණනය කිරීමේ යාන්ත්‍රණයක් (domestic purpose tariff plan) පහත විස්තර කෙරේ.

මාසික පරිභෝජනය 0 - 60 kWh අතර පවතී නම් පහත ලෙස අය කිරීම සිදු කෙරේ.

මාසික පරිභෝජනය (kWh)	ඒකකයකට අය කිරීම (Rs/ kWh)	ස්ථිර අය කිරීම (Rs/ month)
0 - 30	2 . 50	30
31 - 60	4 . 85	60

මාසික පරිභෝජනය 60 kWh වලට වැඩි නම් පහත දක්වා ඇති ආකාරයෙන් අය කිරීම් සිදු කෙරේ.

මාසික පරිභෝජනය (kWh)	ඒකකයකට අයකිරීම (Rs/ kWh)	ස්ථිර අය කිරීම (Rs/ month)
0 - 60	7 . 85	N / A
61 - 90	10 . 00	90
91 - 120	21 .75	480
121 - 180	32 00	480
> 180	45 00	540

- **විදුලි ඒකකය**

විදුලි ශක්තිය මැනීමේ දී විදුලි ඒකකය යන වචනය භාවිත වේ. මෙහි දී විදුලි ඒකකයක් (Unit) යනු කිලෝවොට් පැය (kWh) එකකි.

Educational Publications Department

විදුලි උපකරණයක වැය වන ජවය දන්නේ නම් එම උපකරණය භාවිත වන කාලය අනුව වැය වූ විදුලි ශක්තිය, එනම්: විදුලි ඒකක ගණන ගණනය කළ හැකි වේ.

නිදසුන 10

5 kW විදුලි උපකරණයක් පැය දෙකක් භාවිත කළ හොත් වැය වන ශක්තිය ගණනය කරන්න.

විදුලි ශක්තිය = ජවය × කාලය

$$E = p.t$$
$$= 5 \times 2 \text{ kWh}$$
$$= 10 \text{ kWh} = 10 \text{ units}$$

Educational Publications Department

• විදුලි උපකරණ සඳහා වැය වන ජවයන්

විදුලි උපකරණ සඳහා වැය වන සම්මත ජවයන්, වොල්ටීයතාව හා සංඛ්‍යාතය විදුලි උපකරණවල සඳහන් කර ඇත. තෝරා ගත් ගෘහස්ථ විදුලි උපකරණ කිහිපයක් සඳහා වැය වන සාමාන්‍ය ජවයන් පහත දක්වා ඇත.

වායු සමීකරණය	= 1000 - 2000 W
විදුලි උදුන	= 1000 - 4000 W
විදුලි කේතලය	= 1000 W
ශීතකරණය	= 200 W
ගිල්වන තාප දඟරය	= 1000/1500 W
රෙදි සෝදන යන්ත්‍රය	= 1500 W
වර්ණ රූපවාහිනී	= 100 - 300 W
බිම ඔපදමනය	= 500 W
ඇඹරුම් යන්ත්‍රය	= 300 W
සීලිං විදුලි පංකාව	= 100 W
මේස විදුලි පංකාව	= 40 W
විදුලි ඉස්තිරික්කය	= 750/ 1500 W
සූත්‍රිකා පහන්	= 40 W/ 60 W/ 75 W/ 100 W
ප්‍රදීපන පහන්	= 20 W/ 40 W/ 80 W
සුසංහිත ප්‍රදීපන පහන්	= 7 W/ 9 W/ 11 W/ 18 W/ 23 W
බත් පිසින උදුන	= 600 W

• විදුලි බිල ගණනය

විදුලි බිල ගණනයේ දී ඉහත සාකච්ඡා කළ විදුලි බිල ගණන යන්ත්‍රණය අනුගමනය කළ යුතු ය. විදුලි බිල ගණනය අවබෝධ කර ගැනීමට පහත උදාහරණ සලකන්න.

නිදසුන 11

ගම්බද නිවෙසක දෛනික ව පහත සඳහන් උපකරණ පමණක් භාවිතා වේ නම් දින 30ක මාසයක් සඳහා ඉහත සඳහන් කර ඇති අය ක්‍රමය අනුව විදුලි බිල ගණනය කරන්න.

- 11 W වූ සුසංහිත පහන් 4ක් පැය 5ක්
- 100 W වූ කුඩා වර්ණ රූපවාහිනිය පැය 4ක්

දිනකට වැය වන විදුලි ශක්තිය $= (11 \times 4 \times 5) + (100 \times 4)$ Wh

$= 620$ Wh

මාසික ව වැය වන විදුලි ශක්තිය $= 620 \times 30$ Wh

$= 18.6$ kWh

විදුලි පරිභෝජනය ඒකක 60කට අඩු බැවින් මේ පරිභෝගික මුල් කාණ්ඩයට අයත් වේ.

ඒකක 18.6 සඳහා වන මාසික ගාස්තුව = රු. 2.50×18.6

= රු. 46.50

මාසික ස්ථාවර අය කිරීම = රු. 30

මාසික විදුලි බිල = රු. $(46.50 + 30)$

= රු. 76.50

Educational Publications Department

නිදසුන 12

නාගරික මධ්‍යම පන්තික නිවෙසක පහත පරිදි දෛනික විදුලි පරිභෝජනය සිදු වේ නම් දින 30ක මාසයක් සඳහා ඉහත ක්‍රමය යටතේ විදුලි බිල ගණනය කරන්න.

- 11 W වූ සුසංහිත පහන් 5ක් පැය 5ක්
- 600 W වූ බත් පිසින උදුන පැය 1/2
- 1000 W ශීතකරණය පැය 10
- 200 W රූපවාහිනිය පැය 5ක්
- 100 W සීලිං විදුලි පංකා 2ක් පැය 5ක්

දිනකට වැය වන විදුලි ශක්තිය $= (11 \times 5 \times 5) + (600 \times 0.5) + (100 \times 10) + (200 \times 5) + (100 \times 2 \times 5)$

$= 3575$ Wh

මාසික ව වැය වන විදුලි ශක්තිය $= 3.575 \times 30$ kWh

$= 107.25$ kWh

පරිභෝජනය ඒකක 60ට වැඩි බැවින් මේ පාරිභෝගිකයා දෙවන කාණ්ඩයට අයත් වේ.

මුල් ඒකක 60 සඳහා අය කිරීම	= රු. 7.85 × 60
ඊළඟ ඒකක 31 සඳහා අය කිරීම	= රු. 10.00 × 31
ඉතිරි ඒකක 16.75 සඳහා අය කිරීම	= රු. 21.75 × 16.75
මුළු විදුලි ඒකක 107.25 සඳහා අය කිරීම	= රු. 471 + 310 + 364.31
	= රු. 1145.31
ස්ථිර අය කිරීම් (මාසික ස්ථාවර ගාස්තුව)	= රු. 480.00
එම නිසා මාසික විදුලි බිල	= රු. 1145.31 + 480
	= රු. 1625.31

1.13.5 විදුලිය අරපරිස්සමින් භාවිතයේ වැදගත්කම

විදුලිය අරපරෙස්සමෙන් භාවිත කිරීමෙන් තමාට ද රටට ද මහඟු සේවයක් සිදු වේ. පහත සඳහන් කරුණු අනුගමනය කිරීමෙන් බොහෝ සෙයින් විදුලිය ඉතිරි කර, නාස්තිය අඩු කර ගත හැකි ය.

- භාවිත නොකරන අවස්ථාවල දී විදුලි උපකරණවල සැපයුම විසන්ධි කිරීම.
- සූත්‍රිකා පහන් වෙනුවට සුසංහිත ප්‍රදීපන පහන් (CFL) හෝ (LED) පහන් භාවිත කිරීම. මේවායේ මිල අධික වුවත් ආයු කාලය වැඩි නිසා දීර්ඝකාලීන ව වාසිදායක වේ.
- කියවීම හෝ සූක්ෂ්ම වැඩ සඳහා වැඩි දීප්තියක් ඇති විදුලි පහන් භාවිත කිරීම සහ අනෙක් ස්ථාන සඳහා අඩු දීප්තියක් ඇති විදුලි පහන් භාවිත කිරීම.
- විදුලි පහන් හා පහන් ආවරණ කුණු දූවිලිවලින් තොර ව නිරතුරු ව පිරිසිදු ව තැබීම.
- වැඩ කරන ස්ථානවලට හොඳින් සූර්යාලෝකය ලැබෙන සේ වැඩ මේස ස්ථානගත කිරීම සහ බිත්ති හා සීලිං සඳහා ළා පැහැති තීන්ත භාවිත කිරීම.
- එළිමහන් ආලෝකනය සඳහා ද නව LED පහන් භාවිතය හා චලනයක දී පමණක් ක්‍රියාත්මක වීමට චලන සංවේදක යෙදීම.
- රූපවාහිනී යන්ත්‍ර, DVD යන්ත්‍ර, කැසට් යන්ත්‍ර, පරිගණක යන්ත්‍ර ආදිය භාවිත නොකරන අවස්ථාවල දී ද ඒවායේ ජව සැපයුම්වල (Power supply unit) විදුලිය සුළු වශයෙන් වැය වේ. එබැවින් භාවිත නොකරන අවස්ථාවල දී විදුලි සැපයුම විසන්ධි කර දැමිය යුතු ය.
- පැරණි විදුලි උඳුන් වෙනුවට ක්ෂුද්‍ර තරංග උඳුන් (microwave ovens) හා සම්පීඩන උඳුන් (pressure cookers) යොදා ගැනීම. උයන පිහින අවස්ථාවල දී උඳුන්වල දොරවල් / පියන් විටින් විට විවෘත නොකර එක විට ආහාර උයා ගැනීම කළ යුතු ය.

Educational Publications Department

- රෙදි සෝදන යන්ත්‍රවලට ප්‍රමාණයට වඩා රෙදි, සබන් සහ ජලය නොදැමිය යුතු ය.
- හැකි සෑම අවස්ථාවක ම රෙදි අව්වෙන් වියළාගන්න.
- රෙදි මැදීමේ දී එක විට මැද ගන්න. රෙදි මදිනයේ පතුල මේසයේ නොගැටෙන සේ කෙළින් තබන්න.
- සීලිං පංකා වෙනුවට මේස හෝ සිටුවන පංකා භාවිත කරන්න.
- වායු සමීකරණ 26 ^{o}Cට වඩා අඩු කර නො තබන්න.
- ශීතකරණයේ පහළ කොටසේ උෂ්ණත්වය 3 ^{o}C / 40 ^{o}C පමණද අධි ශීතකරණයේ -15 ^{o}C / - 10 ^{o}C පමණ ද තැබිය යුතු ය.
- ශීතකරණයේ දොර හොඳින් වැසී තිබිය යුතු ය. රබර් බීඩිම හොඳ තත්ත්වයේ නොමැති නම් මාරු කළ යුතු ය. (රබර් බීඩිමේ සබන් ද්‍රාවණයක් පින්සලෙන් ගා ශීතකරණයේ දොර වසා තබා බුබුළු මතුවන්නේ දැයි පරීක්ෂා කරන්න. බුබුළු මතුවන්නේ නම් කාන්දුවීමක් ඇත.
- ශීතකරණයේ අධික ලෙස අයිස් බැඳී ඇත් නම් ශුද්ධ කළ යුතු ය.
- ශීතකරණයේ අධික ලෙස ආහාර පිරවීම නොකළ යුතු ය.

Educational Publications Department

අභ්‍යාස 7

(1) 'ශ්‍රී ලංකාවේ විදුලි සැපයුමේ සංඛ්‍යාතය 50 Hz වේ.' මෙමගින් කුමක් අදහස් වේ ද?

(2) ජාල උපපොළක හා බෙදාහැරීමේ උපපොළක ඇති වෙනස්කම් සාකච්ඡා කරන්න.

(3) විදුලි සම්ප්‍රේෂණය අධි වෝල්ටීයතාවකත් පාරිභෝගිකයාට විදුලි සැපයුම අඩු වෝල්ටීයතාවකත් සිදු කිරීමට හේතු සාකච්ඡා කරන්න.

(4) ශ්‍රී ලංකාවේ බෙදාහැරීමේ උපපොළක ඇති පරිණාමකයක එතුම් සම්බන්ධ වන ආකාරය රූප සටහනකින් පෙන්වන්න.

1.14 විදුලි ආරක්ෂාව (Electrical Safety)

විදුලිය මිනිසාගේ එදිනෙදා කටයුතු පහසු කරවීම සඳහා උදව් වන සැබෑ මිතුරෙකි. එහෙත් එයින් ප්‍රයෝජන ගැනීමේ දී සැලකිලිමත් නොවුණ හොත් තම ජීවිතයට පවා හානි කරන දරුණු සතුරකු විය හැකි ය. එබැවින් විදුලිය භාවිත කිරීමේ දී තමාගේ මෙන් ම අන් අයගේ ද ආරක්ෂාව පිළිබඳ ව සැලකිලිමත් විය යුතු ය. අනෙකුත් කාර්යයන් කිරීමේ දී ඒවායේ ක්‍රියාකාරිත්වය ඇසට හොඳින් පෙනේ. එහෙත් විදුලිය එසේ පෙනෙන දෙයක් නො වේ. අප දකින්නේ එයින් ලබාගත හැකි අතුරු ඵල පමණි. ශ්‍රී ලංකාවේ විදුලි සැර වැදීමෙන් වාර්ෂික ව පුද්ගලයෝ 180කට වඩා මිය යති. එනිසා යම් කටයුත්තක් සඳහා විදුලිය යොදා ගන්නේ නම් විදුලිය මඟින් ඇති විය හැකි අනතුරුවලින් ආරක්ෂා වී ඇති දැයි සෑම විට ම සැලකිලිමත් විය යුතු ය. එබැවින් විදුලියෙන් ආරක්ෂා වීම සඳහා විදුලි සැර වැදෙන අන්දම, එහි දී සිදු වන හානි හා ඒවායේ ප්‍රබලතාව පිළිබඳව ද දැන ගත යුතු ය.

1.14.1 විදුලි සැර වැදීම (Electric Shock)

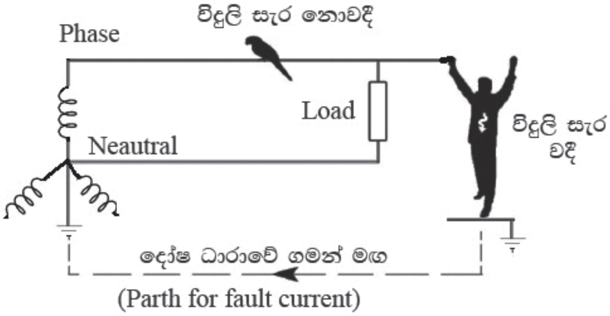
විදුලි සැර වැදීම යනු ශරීරය හරහා විදුලි ධාරාවක් ගමන් කිරීම නිසා ක්ෂණික ව ඇති වන ශරීරයේ උත්තේජනය යි. විදුලි සැර වැදීම නිසා හිරිවැටීම, වේදනාව, පිළිස්සුම මෙන් ම මරණය ද සිදු විය හැකි ය.

විදුලි ධාරාවක් ගලා යෑම සඳහා සෑම විට ම විභව අන්තරයක් හා සංවෘත පරිපථයක් අවශ්‍ය වන අතර, විදුලිය ගලා යනුයේ ප්‍රතිරෝධය අඩු ම මාර්ගයේ වේ. විදුලි සැර වැදීමක් සිදු වනුයේ යම් පුද්ගලයකුගේ හෝ සතකුගේ ශරීරය, විදුලි ධාරාව ගමන් කරන පරිපථයේ කොටසක් වූ විට යි.

පුද්ගල හා දේපළ ආරක්ෂාවේ මූලික අවශ්‍යතාවක් ලෙස විදුලි පද්ධතිය නිසි පරිදි භූගත කිරීම අත්‍යවශ්‍ය වේ. ක්‍රමවේදය අනුව භූගත කිරීමේ ආකාර කිහිපයක් වේ. ශ්‍රී ලංකාවේ භාවිත වනුයේ TT ක්‍රමවේදයයි. මෙම TT භූගත කිරීමේ ක්‍රමවේදයේ දී තෙකලා සැපයුමේ උදාසීන අග්‍රය (බෙදාහැරීමේ උපපොළෙහි ඇති පරිණාමකයේ ද්විතියිකයේ පොදු අග්‍රය) භූගත කර ඇති අතර, පාරිභෝගිකයාගේ විදුලි ස්ථාපනයේ ඇති සියලුම භූගත අග්‍රයන් එකට සම්බන්ධ කර භූගත ඉලෙක්ට්‍රෝඩයක් හරහා වෙනම භූගත කර ඇත.

පොළොව සෑම විට ම ශූන්‍ය විභවයක් දරයි. එබැවින් යම් පුද්ගලයකු හෝ සතකු පොළොවේ සිට ගෙන සිටින අතර, යම් හෙයකින් විදුලිය ගෙන යන සන්නායකයක් ස්පර්ශ වුව හොත් රැහැන හා පොළොව අතර ඇති වන විභව අන්තරය නිසා ශරීරය හරහා විදුලි ධාරාවක් පොළොවට ගලා යයි. එනමුත් එක් අධි වෝල්ටීයතා රැහැනක් මත වසා ඇති කුරුල්ලකුට විදුලි සැර වැදීමක් සිදු නො වේ. මෙයට හේතුව නම් ධාරාව ගමන් කිරීමට සංවෘත පරිපථයක් හෝ කුරුල්ලා හරහා විභව අන්තරයක් නොතිබීම ය. 1.111 රූපයෙන් විදුලි සැර වැදීම විස්තරාත්මක ව නිරූපණය කෙරේ.

Educational Publications Department

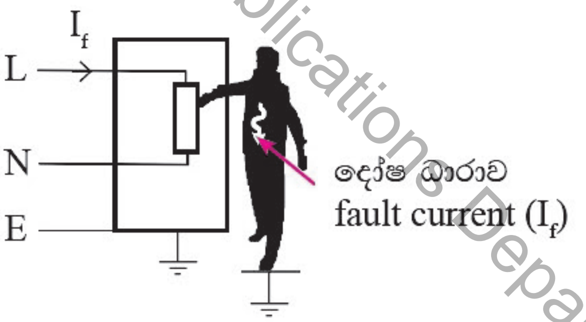


රූපය 1.111 - විදුලි සැර වැදීම

විදුලි සැර වැදීම ආකාර දෙකකට සිදු වේ.

- **සෘජු ව ම සම්බන්ධ වීම (Direct contact under normal condition)**

සෘජු ව ම සම්බන්ධ වීම යනු සජීව සන්නනායකයක් හෝ විදුලි උපකරණයක සජීව කොටසක් ශරීරය හා සෘජු ව ම ස්පර්ශ වීම යි. එවිට 1.112 රූපයේ පෙනෙන පරිදි දෝෂ ධාරාව සෘජු ව ම ශරීරය හරහා ගමන් කරයි.

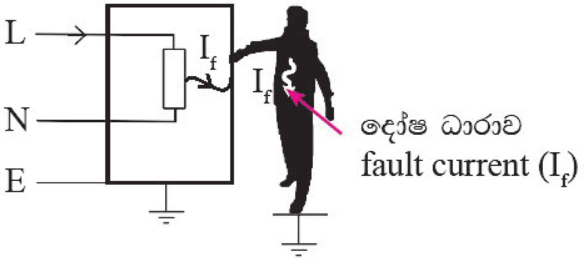


රූපය 1.112 - සෘජුව සම්බන්ධවීමෙන් විදුලි සැර වැදීම

- **අනියම් ආකාරයට සම්බන්ධ වීම (Indirect contact under fault condition)**

අනියම් ආකාරයට සම්බන්ධ වීම යනු සජීව සන්නායකයක හෝ විදුලි උපකරණයක සජීව කොටසේ පරිවරණයට හානි වීමෙන් විදුලි උපකරණයේ රාමුවට දෝෂ ධාරාව කාන්දු වීම නිසා එම රාමුව ස්පර්ශ වීම හේතුවෙන් දෝෂ ධාරාව ශරීරය හරහා 1.113 රූපයේ පෙනෙන පරිදි ගමන් කිරීම යි.

Educational Publications Department



රූපය 1.113 - අනියම් ආකාරයට සම්බන්ධ වීමෙන් විදුලිසැර වැදීම

Educational Publications Department

1.14.2 විදුලි සැර අනතුරුදායක වීමට බලපාන හේතු

නිවෙස්වල බොහෝ දුරට අනතුරු සිදු වනුයේ විදුලි උපකරණ මගිනි. එනම්: ඒවා භාවිතයේ දී විදුලි සැර වැදීමට ඇති අවදානම පිළිබඳ නොසැලකිලිමත් වීම අනතුරුවලට බොහෝ දුරට හේතුවෙයි. එබැවින් පහත සඳහන් කරුණු සැලකිල්ලට ගත යුතු අතර තමා මෙන්ම අන් අය ද ඒ පිළිබඳ ව දැනුවත් කළ යුතු ය.

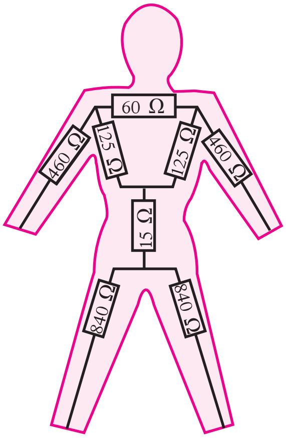
විදුලි සැර වැදීම නිසා ශරීරයේ යම් සුළු උත්තේජනයක් හෝ කම්පනයක සිට පිලිස්සීම් හෝ මරණය දක්වා වූ වෙනස්කමක් සිදු විය හැකි ය. විදුලි සැර නිසා සිදු විය හැකි අනතුරේ ප්‍රමාණය හා ස්වභාවය බොහෝ දුරට රඳා පවතිනුයේ පහත කරුණු මත ය.

(i) ශරීරයේ හරහා විදුලි ධාරාව ගලා යන මාර්ගය හා එහි ප්‍රතිරෝධය
(ii) ශරීරය හරහා ගලා යන විදුලි ධාරාවේ ප්‍රමාණය හා එහි ස්වභාවය
(iii) ශරීරය සජීව පරිපථයට සම්බන්ධ වී තිබෙන කාලසීමාව

- **ශරීරය හරහා විදුලි ධාරාව ගලා යන මාර්ගය හා එහි ප්‍රතිරෝධය**

ධාරාවේ ගමනට දක්වන බාධකය ප්‍රතිරෝධ වන අතර, ඕම්ගේ නියමය ($V=IR$) අනුව, කිසියම් විභව අන්තරයක දී ප්‍රතිරෝධ අඩු වන විට වැඩි ධාරාවක් ගලා යයි.

සාමාන්‍ය වැඩුණු මිනිසකුගේ අභ්‍යන්තර ශරීර ප්‍රතිරෝධය දළ වශයෙන් 1.114 රූපයේ දක්වා ඇති පරිදි වේ. එහෙත් එක් එක් පුද්ගලයාගේ ශරීරය අනුව ද, කාන්තාවක් ද පිරිමියෙක් ද යන්න මත ද, ශරීරයේ ධාරාව ගමන් ගන්නා මාර්ගය අනුව ද අභ්‍යන්තර ප්‍රතිරෝධය වෙනස් වේ. උදාහරණයක් ලෙස වියළි සමක් ඇති පුද්ගලයන්ගේ අභ්‍යන්තර ශරීර ප්‍රතිරෝධය වැඩි අගයක් වන අතර දහඩිය දමන පුද්ගලයන්ගේ අභ්‍යන්තර ශරීර ප්‍රතිරෝධ අඩු අගයක් ගනී. එලෙස ම ගැහැනියකගේ අභ්‍යන්තර ශරීර ප්‍රතිරෝධය, ඒ ප්‍රමාණයේ ම පිරිමියකුගේ අභ්‍යන්තර ශරීර ප්‍රතිරෝධයට වඩා අඩු අගයක් ගනී.



රූපය 1.114 - වැඩුණු පුද්ගලයකුගේ අභ්‍යන්තර ශරීර ප්‍රතිරෝධය

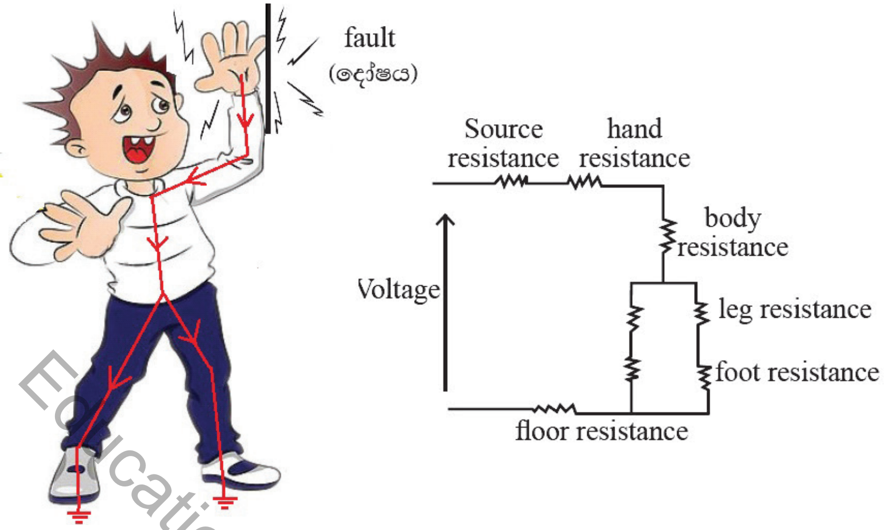
පුද්ගලයන්ගේ අභ්‍යන්තර ශරීර ප්‍රතිරෝධය නියත අගයක් නොවන අතර, එය විභව අන්තරය සමඟ වෙනස් වීම ද රේඛීය නොවේ (highly non- linear). එනම් විභව අන්තරය වැඩි වීමේ දී අභ්‍යන්තර ශරීර ප්‍රතිරෝධය අඩු වීමක් සිදු වේ. උදාහරණයක් ලෙස 10 V ට අඩු විභවයක දී 20 kΩ වන අභ්‍යන්තර ශරීර ප්‍රතිරෝධ 500 Vට වැඩි විභවයක දී 500 Ω පමණ දක්වා අඩු වේ.

තවදුරටත් විමසීමේ දී අභ්‍යන්තර ශරීර ප්‍රතිරෝධය වියළි තත්ත්ව යටතේ 1 kΩ සිට 100 kΩ දක්වා වැඩි අගයක් ගන්නා නමුත්, තෙතමනය වැඩි තත්ත්ව යටතේ 500 Ω සිට 1000 Ω දක්වා අඩු අගයක් ගන්නා බව පර්යේෂකයන් පෙන්වා ඇත.

ශරීරයේ ධාරාව ගමන් ගන්නා මාර්ගය සැලකීමේ දී අත් දෙක හරහා (එනම් එක් අතක සිට අනෙක් අතට) හෝ එක් අතක සිට විරුද්ධ පස කකුලට හෝ හිස සිට කකුලකට හෝ ධාරාව ගලා ගිය හොත් ධාරාව හෘදය හෝ ප්‍රධාන ඉන්ද්‍රිය හරහා යන බැවින් එවන් අවස්ථා ඉතා අනතුරුදායක වේ.

ඕම් නියමය අනුව ප්‍රතිරෝධය අඩු වීමේ දී සිදු වනුයේ වැඩි ධාරාවක් ගලා යෑමයි. විදුලි සැර වැදීමක දී හානිය අවම කර ගැනීමට ප්‍රතිරෝධ වැඩි කිරීමට උපක්‍රම යෙදීමෙන් ධාරාව අඩු කරගැනීමට හැකි වේ. පුද්ගලයකු විදුලි සැර වැදීමකට ලක් වන අවස්ථාවක් 1.115 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත. එහි දී බලපාන ප්‍රතිරෝධ පසෙකින් පෙන්වා ඇත.

Educational Publications Department



රූපය 1.115 - විදුලි සැර වැදීම් දී ප්‍රතිරෝධ පිහිටන ආකාරය

1.115 රූපයෙන් පෙන්වා ඇති පරිදි විදුලි සැර වැදීමක දී ධාරාව ගලා යන ප්‍රතිරෝධ ප්‍රධාන වශයෙන් කොටස් තුනකට වෙන් කළ හැකි වේ.

1. විදුලි රැහැන ශරීරයට සම්බන්ධ වන ස්ථානයේ ප්‍රතිරෝධය
2. ශරීරය පොළොවට සම්බන්ධ වන ස්ථානයේ ප්‍රතිරෝධය
3. ශරීරයේ අභ්‍යන්තර ප්‍රතිරෝධය

කිසියම් වොල්ටීයතාවක දී වැඩිහිටි පුද්ගලයකුගේ ශරීරයේ අභ්‍යන්තර ප්‍රතිරෝධය ආසන්න වශයෙන් නියත අගයක් ගන්නා බැවින් ධාරාව අඩු කිරීමට ඉහත සඳහන් කළ ඉතිරි ස්ථාන දෙකෙහි ප්‍රතිරෝධය වැඩි කිරීමට සිදු වේ. එබැවින් සජීව ස්ථානවල වැඩ කිරීමේ දී අධික ප්‍රතිරෝධයක් සහිත රබර් අත් වැසුම් හා පාවහන් පැලඳීමත්, හොඳ පරිවරණයක් සහිත ආයුධ භාවිතයත්, ඝනකම වැඩි රබර් පලසක් මත සිට වැඩ කිරීමත් මඟින් ප්‍රතිරෝධය වැඩි කර, විදුලි සැර වැදීමක දී ඇති වන ධාරාව අඩු කර ගැනීමට හැකි වන නිසා ආරක්ෂාව වැඩි කර ගත හැකි වේ.

● ශරීරය හරහා ගලා යන විදුලි ධාරාවේ ප්‍රමාණය හා එහි ස්වභාවය

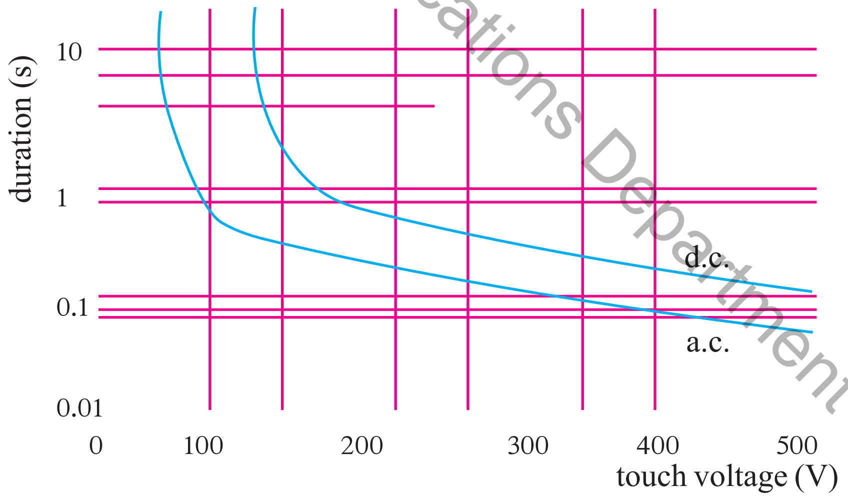
විදුලි සැර වැදීමක දී ගලා යන විදුලි ධාරාව නිසා ශරීරයට වන හානිය ප්‍රධාන ආකාර 3කින් සිදු විය හැකි ය.

1. ස්නායු පද්ධතියේ හා හෘදයෙහි ක්‍රමානුකූල ක්‍රියාකාරිත්වයට බාධා ඇති වීම
2. ශරීරය (ධාරාව ගමන් ගන්නා මාර්ගයේ ඇති අවයව හා සම) දැඩි තාපයකට බඳුන් වී පිලිස්සී යෑම
3. මාංසපේශීන් හැකිලී යෑම

Educational Publications Department

පර්යේෂකයන්ගේ සොයා ගැනීම අනුව ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවකින් විදුලි සැර වැදීම සරල ධාරාවකින් විදුලි සැර වැදීම මෙන් 4 ගුණයේ සිට 5 ගුණය දක්වා අන්තරාදායක වේ. විදුලි සැර වැදීමක දී ධාරාවේ සංඛ්‍යාතය ද අනතුර කොතරම් දරුණු වේ ද යන්න තීරණය වීමට බලපායි. පර්යේෂකයන් පවසන පරිදි අන්තාරාදායක ම සංඛ්‍යාත වනුයේ 50 Hz සිට 60 Hz අතර හා ඒ අවට සංඛ්‍යාතයන්ගෙන් යුත් ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා වේ. අප භාවිත කරනුයේ ද එම සංඛ්‍යාතයන් වීම අභාග්‍යයකි. එම සංඛ්‍යාතයන්ගෙන් යුත් ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා නිසා වන විදුලි සැර වැදීමක දී ඉතා දරුණු මාංසපේශී හැකිලීම් සිදු විය හැකි වන අතර, එවිට දහඩිය දැමීම වැඩි වීම නිසා සමෙහි ප්‍රතිරෝධය ද අඩු කරයි. එක ම වෝල්ටීයතාවක දී සරල ධාරා මෙන් ම අධිසංඛ්‍යාත ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා මගින් විදුලි සැර වැදීම ද 50 Hz - 60 Hz සංඛ්‍යාතයෙන් යුත් ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරා මගින් විදුලි සැර වැදීම තරම් දරුණු නො වේ.

1.116 රූපයෙන් පෙන්වා ඇත්තේ පුද්ගලයකුට අනතුරකින් තොර ව යම්කිසි වෝල්ටීයතාවක් අල්ලා දරා සිටිය හැකි කාලය වේ. එය ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවට (ac) හා සරල ධාරාවට (dc) වෙනස් වන අන්දම රූපයෙන් මනාව පැහැදිලි වේ. උදාහරණයක් ලෙස 100 V ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවක් අනතුරක් නොවී අල්ලා දරා සිටිය හැක්කේ තත්පර 0.8ක පමණ කාලයක් වුව ද 100 V සරල ධාරවක් බොහෝ වේලාවක් අනතුරකින් තොර ව අල්ලා සිටීමට හැකි වේ. විදුලි සැර වැදීමට අරාක්ෂාකාරී වෝල්ටීයතාවන් පුද්ගලයාගේ අභ්‍යන්තර ශරීර ප්‍රතිරෝධය මත වෙනස් වන බව අවබෝධ කර ගත යුතු වේ. කෙසේ වෙතත් 50 Hz - 60 Hz ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව, සරල ධාරාවට වඩා අන්තරාදායක බව පැහැදිලි වේ.



රූපය 1.116 - අල්ලා දරා සිටිය හැකි වෝල්ටීයතාව

සරල ධාරාව වුවත් ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව වුවත් විදුලි සැර වැදීමක දී ධාරාව වැඩි වීමත් සමඟ සිදු විය හැකි හානිය වැඩි වේ. විදුලි සැර වැදීමක දී ශරීරය තුළින් ගලා යන 50 Hz ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාවේ ප්‍රමාණය මත ඇති වන ප්‍රතිඵලය දළ වශයෙන් පහත වගුවේ දක්වා ඇති පරිදි විග්‍රහ කළ හැකි ය.

Educational Publications Department

ශරීරය තුළින් ගලායන ධාරාව	ප්‍රතිචාරය
0.001 A	සම නළියමින් විදුලි සැර වදින බව දනේ.
0.009 A	මාංසපේශීන් තද වන අතර, ස්නායු පද්ධතිය සැපයුම් සංඛ්‍යාතය අනුව හැසිරේ.
0.03 A	හුස්ම ගැනීම අපහසු වන අතර, විනාඩියකින් පමණ නැවත යථා තත්ත්වයට පැමිණීමට නොහැකි වන ලෙස අනතුරු සිදු වේ.
0.1 - 0.2 A	හදවතේ කේෂිකා තන්තුවල ක්‍රියාකාරිත්වය අඩපණ වන අතර, ක්ෂණික ව මරණය ද සිදු වේ.

ඇතැම් අවස්ථාවක දී ධාරාව වැදගත් ඉන්ද්‍රියන් හරහා හෝ ස්නායු කේන්ද්‍රයන් හරහා ගමන් නොකළත් විදුලි සැර වැදීමක දී බාහිර හෝ අභ්‍යන්තර පිලිස්සුම් ඇති විය හැකි ය. මෙසේ පිලිස්සුම් සිදු වන්නේ විදුලි ධාරාව ගමන් කිරීමේ දී පටක මත ඇති වන තාපය හේතුවෙන් වන අතර සම මත හෝ ශරීර අභ්‍යන්තරයේ මාංසපේශීන් මෙන් ම ඇට ද පිලිස්සීමට හැකි ය.

ඉහත සරල ධාරාව ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව මෙන් අනතුරුදායක නොවන බව සඳහන් කළ ද සරල ධාරාව නිසා බොහෝ විට පිලිස්සුම් ඇති වේ.

• ශරීරය සජීව පරිපථයට සම්බන්ධ වී තිබෙන කාලසීමාව

ධාරාවේ ප්‍රමාණය මෙන් ම ශරීරය පරිපථයට සම්බන්ධ වී තිබෙන කාලසීමාව ද විදුලි සැර වැදීමක දී සිදු වන අනතුරේ ස්වභාවය තීරණය වීමට බලපායි. 10 μA ට අඩු ධාරාවක් වැඩි කාලයක් ශරීරය හරහා ගලා ගිය ද අනතුරක් සිදු නො වේ. එහෙත් ධාරාව ඊට වැඩි වීමේ දී අඩු කාලයක දී වුව ද දැඩි හානියක් සිදු වීමට හැකි ය.

ඔබ දන්නවාද?

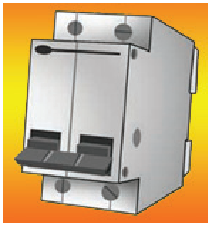
- ඇම්පියර 1කට වඩා අඩු ධාරාවකින් වුව ද පිලිස්සීමක්, දරුණු ආබාධයක් හෝ ඇතැම් විට මරණය පවා සිදු විය හැකි ය.
- 15 W /230 V පමණ වන CFL බල්බයක් ලබා ගන්නා ධාරාවකින් වුව ද මරණය සිදු විය හැකි ය.
- තෙතමනය ඇති ස්ථානයක නම් අඩු වෝල්ටීයතාවකින් වුව ද අනතුරක් සිදු විය හැකි ය.
- විදුලි ධාරාව 280,000 kms^{-1} ක පමණ අධික වේගයකින් Cu කම්බියක් තුළින් ගමන් ගනී. එබැවින් බොහෝ විට ඉන් මිදීමට ඇති කාලය සීමිත ය.
- සෑම විට ම විදුලිය සහිත අනාරක්ෂිත ස්ථානවලින් ඈත් වී සිටිය යුතු ය.
- කිසි විටක වත් විදුලිය විසන්ධි නොකර විදුලි සැර වැදී සිටින අයකු බේරා ගැනීමට නො යන්න. එයින් ඔබට ද විදුලි සැර වැදීමට ඉඩ ඇත.

Educational Publications Department

1.14.3 නිවෙසක විදුලි පද්ධතියේ තිබිය යුතු ආරක්‍ෂක උපකරණ (Safety Devices)

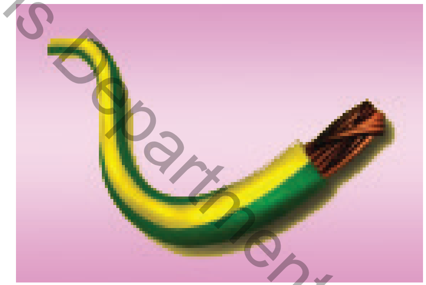
විදුලි උපකරණ භාවිත කිරීමේ දී නිවෙසේ ඒ සඳහා සවි කර ඇති ආරක්‍ෂක උවාරණ යම් දෝෂ අවස්ථාවක දී නිසි පරිදි පරිපථය හා විදුලි උපකරණය ආරක්ෂා කරන්නේ දැයි සැක හැර දැනගත යුතු ය.

- විදුලි පද්ධතිය සම්පූර්ණයෙන් සැපයුමෙන් වෙන් කිරීමට හැකි පරිදි වහා ළඟා විය හැකි ස්ථානයක ප්‍රධාන වහරුව (main switch) හෝ වෙන්කුරුව (isolator) සවි කළ යුතු ය.

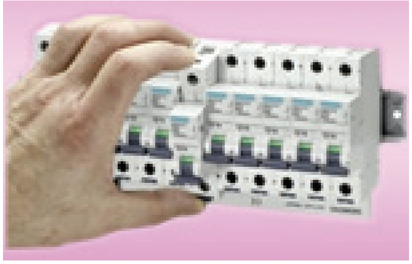


- භූගත දෝෂයක් හෝ විදුලි කාන්දුවක් ඇති වුණ අවස්ථාවක දී විදුලි පද්ධතිය සම්පූර්ණයෙන් ස්වයංක්‍රීය ව සැපයුමෙන් වෙන් කිරීමට හැකි පරිදි ශේෂ ධාරා පරිපථ බිඳිනයක් (Residual Current Circuit breaker - RCCB) සවිකර තිබිය යුතු අතර, එය අවම තරමින් මසකට වරක් වත් එහි ඇති බොත්තම ඔබා එය ක්‍රියාත්මක වන්නේ දැයි පිරික්සිය යුතු ය.

- භූගත වයරය පොළොවට සම්බන්ධ කර ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝඩයට හොඳින් සම්බන්ධ ව ඇත් දැයි නිතර පරීක්‍ෂා කළ යුතු ය.



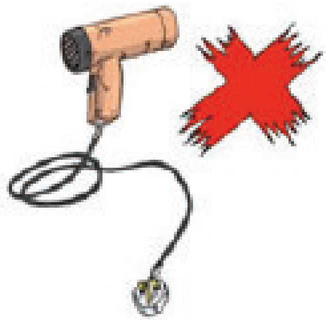
- කෙටි පරිපථ (short circuit) වීමක දී පරිපථය හෝ උපකරණය ආරක්ෂා කිරීම සඳහා සෑම උප පරිපථයක් ම (sub circuit) සිඟිති පරිපථ බිඳිනයකින් (Miniature Circuit Breaker - MCB) ආරක්‍ෂා කර තිබිය යුතු අතර යම් දෝෂ අවස්ථාවක දී සිඟිති පරිපථ බිඳිනයක් ක්‍රියා විරහිත වුව හොත් දෝෂය ඉවත් කිරීමෙන් පසු ව පමණක් සිඟිති පරිපථ බිඳිනය නැවත ක්‍රියාත්මක කළ යුතු ය.



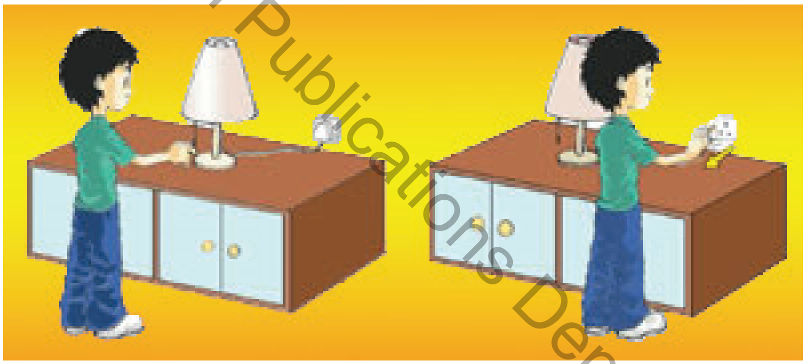
Educational Publications Department

1.14.4 විදුලි උපකරණ භාවිතයේ දී ගත යුතු ආරක්ෂක පිළිවෙත් (Safety Tips)

- විදුලි උපකරණයක් භාවිත කිරීමට පෙර (විශේෂයෙන් කලකින් භාවිත කර නොතිබුණි නම්) එහි ආවරණයට, සැපයුම් කේබලයට හානි වී ඇත් දැයි පරීක්ෂා කළ යුතු ය.



- විදුලි පේනුවක් (plug) කෙවෙනි පිටුවානකට (socket outlet) හොඳින් සවි කිරීමෙන් පසු පමණක් එහි ඇති ඇති වහරුව (switch) ක්‍රියාත්මක කළ යුතු ය. එලෙසම විදුලි පේනුව ගැලවීමේ දී ද වහරුව ක්‍රියා විරහිත කර සිටිය යුතු ය. එසේ නැත හොත් විදුලි පුළිඟු ඇති වීම නිසා හානි ඇති විය හැකි ය.

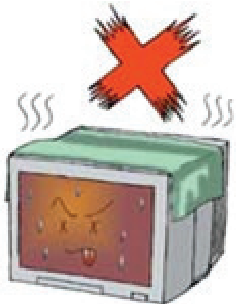


- විදුලි උපකරණවලට සැපයුම ලබාදීමට භාවිත කරන දිගුවන් (extension cords) කුඩා ළමයි ඉන්නා ස්ථානවල නො තබන්න. එලෙස ම කෙවෙනි පිටුවානවල (socket outlets) අග්‍රවලට කුඩා ළමයි ඇඟිලි ගැසීම වැළැක්වෙන සේ ආවරණය වී තිබිය යුතු ය.

Educational Publications Department

- කිසි විටක වත් කෙවෙනි පිටුවානවලින් (socket outlet) පේනුවක් (plug) ගැලවීමේ දී කේබලයෙන් ඇදීම නොකළ යුතු ය. පේනුවෙන් කේබලය ගැලවී යෑමෙන් අනතුරක් සිදු විය හැකි ය.

- විදුලි උපකරණවල ඇති වන තාපය ඉවත් වීම සඳහා අවට හොඳ වාතාශ්‍රයක් ලැබෙන පරිදි විදුලි උපකරණ ස්ථානගත කර තිබිය යුතු ය. භාවිත කරන අවස්ථාවල දී ආවරණය කර නොතිබිය යුතු ය. අධික තාපය හේතුවෙන් ගිනි ගැනීම් පවා සිදු විය හැකි ය.



- අධික විදුලි ජවයක් ලබා ගන්නා විදුලි උපකරණවලට (වායු සමීකරණ යන්ත්‍ර, විදුලි තාපක, විදුලි කේතල, බත් පිසින යන්ත්‍ර, රෙදි සෝදන යන්ත්‍ර ආදිය) තනි කෙවෙනි පිටුවානකින් (socket outlet) සැපයුම ලබා දිය යුතු ය. එම කෙවෙනියෙන් එකවිට වෙනත් උපකරණවලට සැපයුම ලබා නොදිය යුතු ය.

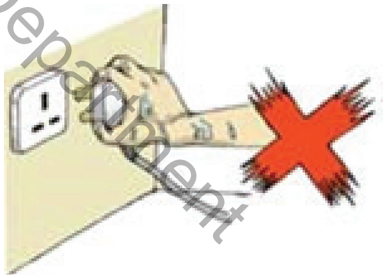
- සෑම විට ම ක්‍රියාත්මක වන විදුලි උපකරණ අසලට කුඩා ළමයින්ට ළංවීමට ඉඩ නො තබන්න. එනම් විශේෂයෙන් තාපන හා භ්‍රමණය වන උපකරණ වන විදුලි ඉස්ත්‍රික්ක, විදුලි කේතල, විදුලි තාපක, විදුලි පංකා, විදුලි මෝටර, විදුලි උඳුන් ආදිය ස්පර්ශ කිරීමෙන් අනතුරු සිදු විය හැකි ය.

Educational Publications Department

- අධික තාපයක් ඇති උපකරණ අසල හෝ ස්පර්ශ වන පරිදි විදුලි කේබල නොතැබිය යුතු ය.

- විදුලි උපකරණ තුළට හා විදුලි පේනු (plugs), කෙවෙනි පිටුවාන (socket outlets), වහරු (switchs) වැනි විදුලි උවාරණ තුළට ජලය ඇතුළු වීම වැළකිය යුතු ය. ඒ සඳහා ජනේල අසල, එළිමහන් ස්ථානවල හා ජල කරාම අසල විදුලි උපකරණ නොතැබිය යුතු ය.

- කිසි විටක වත් තෙත සහිත අත්වලින් විදුලි උපකරණ, කෙවෙනි පිටුවාන (socket outlet) හෝ වහරු (switches) ඇල්ලීමෙන් වැළකිය යුතු ය.



- ජල ගැලීම් අවස්ථාවල විදුලි සැපයුම විසන්ධි කර තබන්න.

Educational Publications Department

* රූපවාහිනී යන්ත්‍ර, DVD යන්ත්‍ර, සංගීත උපකරණ, පරිගණක යන්ත්‍ර ආදිය භාවිත නොකරන අවස්ථාවල දී ඒවායේ විදුලි සැපයුම විසන්ධි කර තබන්න. එයින් විදුලිය ද පිරිමැසේ.

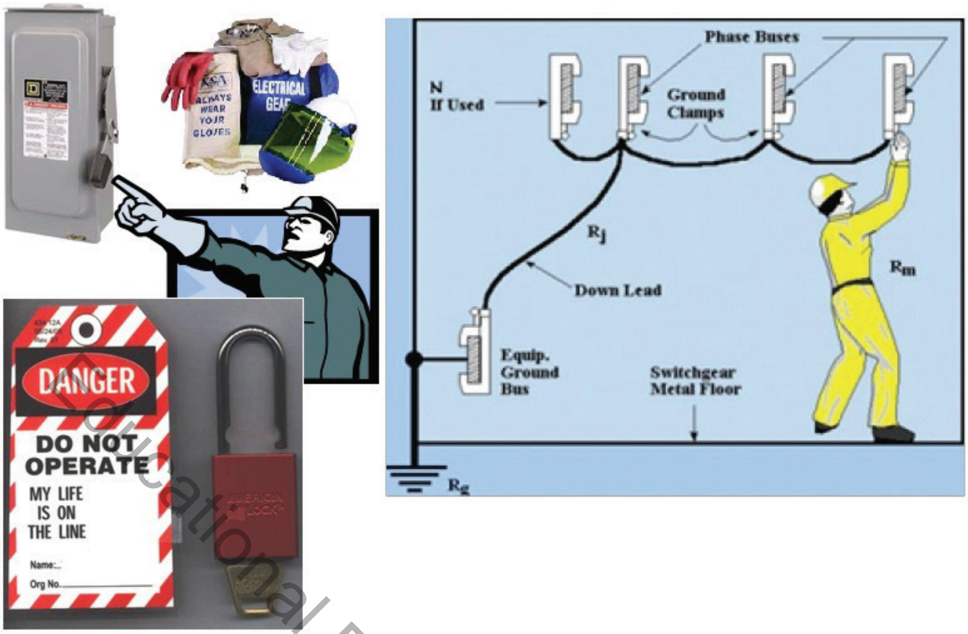
* විදුම් යන්ත්‍ර භාවිතයෙන් බිත්ති විදීමේ දී බිත්ති ඇතුළත විදුලි කේබල තිබිය හැකි බැවින් ඒ පිළිබඳ කල්පනාකාරී විය යුතු ය.

1.14.5 විදුලි පද්ධතියක වැඩ කිරීමේ දී ගත යුතු ආරක්‍ෂක පිළිවෙත් (Safety Precautions)

ඉහත විස්තර කළ පරිදි නිවෙස්වල කෙරෙන සාමාන්‍ය කටයුතුවලට වඩා වැඩි ආරක්ෂක පිළිවෙතක් විදුලි පද්ධතියක වැඩ කිරීමේ දී ගත යුතු වේ. එබැවින් විදුලි පද්ධතියක යම් දෝෂයක් නිවැරදි කිරීම හෝ වෙනත් වැඩක් ආරම්භ කිරීමට පෙර පහත සඳහන් ආරක්ෂක පිළිවෙත් අනුගමනය කළ යුතු ය.

* නිවැරදි ව විදුලි ආරක්ෂණ ඇඳුම් කට්ටලයෙන් සැරසීම (උදා :- නිවැරදි අත් වැසුම්, පාවහන් භාවිතය)
* විදුලි සැපයුම විසන්ධි කොට, පරිපථය සැපයුමෙන් සම්පූර්ණයෙන් වෙන් කිරීම.
* වැඩ කරන අතරතුර විදුලි සැපයුම වෙනත් අයකු විසින් සම්බන්ධ කිරීම වැළැක්වීම සඳහා දැන්වීම් පුවරුවක් යෙදීම හෝ ප්‍රධාන වහරුව අගුළු ලෑම.
* වැඩ කරන විදුලි පද්ධතියේ සැපයුම නොමැති බව තහවුරු කර ගැනීම.
* වැඩ කරන පද්ධතියෙහි සන්නායක එකිනෙක එකට ලුහුවත් කොට භූගත කිරීම.
* වැඩ කරන පද්ධතියට අයත් කොටස වෙන් කර, අනෙක් සජීව කොටස් ශරීරයේ නොගැටෙන පරිදි ආවරණය කර තැබීම.

Educational Publications Department

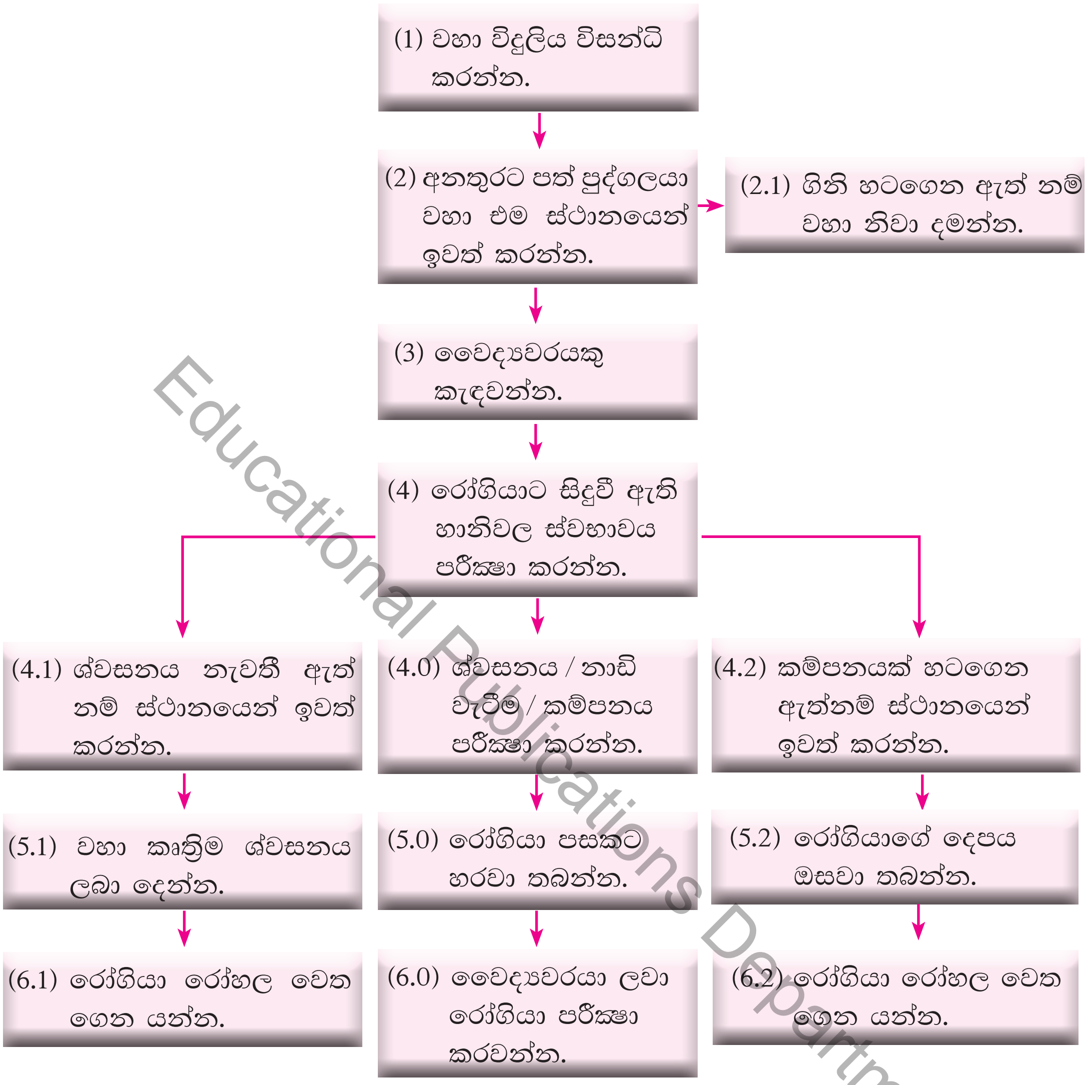


රූපය 1.117 විදුලි පද්ධතියක් වැඩ කිරීමේ දී ගත යුතු ආරක්ෂක පිළිවෙත්

- ## විදුලි රැහැන්වලින් විදුලි සැර වැදීමක දී ගත යුතු ආරක්ෂක ක්‍රියා මාර්ග

ඉහත විස්තර කළ ක්‍රියා මාර්ග නොපිළිපැදීම හේතුවෙන් හෝ යම් අත්වැරැද්දක් සිදු වීමෙන් හෝ නොසැලකිලිමත්කම නිසා හෝ විදුලි සැර වැදීමක් සිදු විය හැකි ය. එවැනි අවස්ථාවක දී කල් නොයවා අනතුරට පත් පුද්ගලයා ඉන් බේරාගැනීමට වහා පියවර යුතු ය. මෙහි දී නිසියාකාර ව අවශ්‍ය පියවර නොගන්නේ නම් අනතුරට පත් පුද්ගලයාගේ තත්ත්වය තවත් උග්‍ර විය හැකි අතර උදව් කිරීමට යන පුද්ගලයාට ද විදුලි සැර වැදිය හැකි ය. එහෙයින් විදුලි සැර වැදුණු පුද්ගලයෙකු බේරාගැනීමේ දී ගත යුතු ආරක්ෂක ක්‍රියා මාර්ග පිළිබඳ ව දැන සිටීම ඉතා වැදගත් වේ. පහත සටහනේ මේ ආරක්ෂක ක්‍රියා මාර්ග දක්වා ඇත.

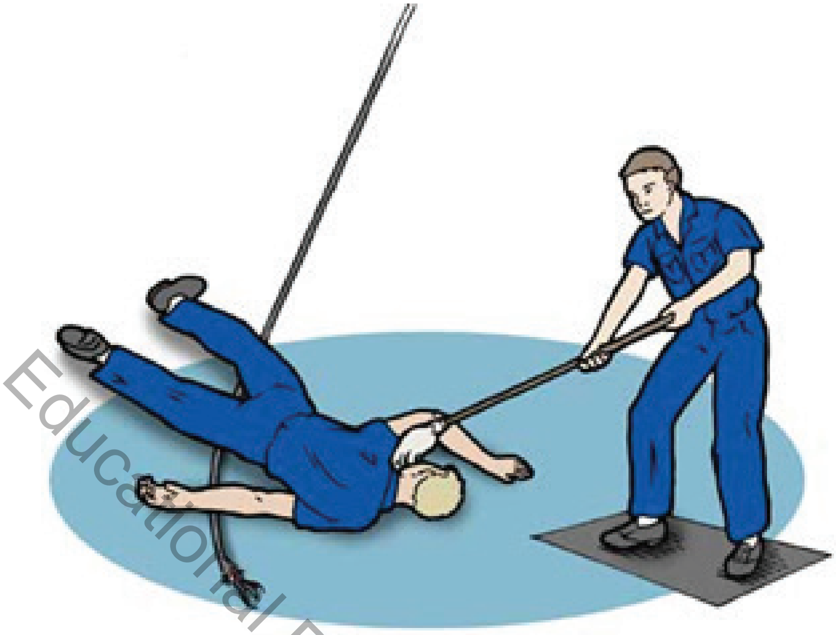
Educational Publications Department



Educational Publications Department

(1) වහා විදුලිය විසන්ධි කරන්න

විදුලි සැපයුම ක්‍රියා විරහිත කිරීම වහා කළ යුතු වුවත් යම් හෙයකින් ඊට බාධාවක් හෝ දිගු කාලයක් ගත වේ නම් 1.118 රූපයේ පරිදි හොඳ රබර් වැනි පලසක් මත සිට වියළි ලීයක් වැනි පරිවාරක දණ්ඩක් ආධාරයෙන් අනතුරට පත් පුද්ගලයා විදුලි සැපයුමෙන් ඉවත් කිරීමට ක්‍රියා කරන්න (මෙහි දී වියළි රෙද්දක් ඔහුගේ ඉණ වටා යවා ඉවතට ඇදීම ද කළ හැකි ය).



රූපය 1.118 පුද්ගලයකු විදුලි සැපයුමෙන් ඉවත් කරන ආකාරය

Educational Publications Department

(2) අනතුරට පත් පුද්ගලයා වහා ඒ ස්ථානයෙන් ඉවත් කරන්න

මෙහිදීද ඔහුගේ ශරීරය ඍජු ව ම ස්පර්ශ නොකර ඔහුගේ ඇඳුමෙන් හෝ වෙනත් වියළි රෙද්දකින් ඇදීමෙන් ඔහු අනතුර වූ ස්ථානයෙන් ඉවත් කළ යුතු ය.

(2.1) ගිනි හටගෙන ඇත්නම් වහා නිවා දමන්න

ගිනි හට ගෙන ඇත් නම් විදුලි ගිනි නිවීම සඳහා භාවිත කරන කාබන් ඩයොක්සයිඩ් හෝ වියළි කුඩු අඩංගු ගිනි නිවනයක් භාවිතයෙන් ගින්න නිවා දමන්න. විදුලිය නොමැති බව දන්නේ නම් පමණක් ඒ සඳහා ජලය වුව ද භාවිත කළ හැකි ය. රෝගියාගේ පිලිස්සුම් තුවාල ඇත් නම් පිරිසිදු සිසිල් ජලයෙන් සිසිලනය කරන්න.

(3) වෛද්‍යවරයකු කැඳවන්න

වෛද්‍යවරයකු / ගිලන් රථයක් ගෙන්වීමට කටයුතු කර ඔවුන් පැමිණෙන තෙක් පහත සඳහන් පියවර ගත යුතු ය.

(4) සිදු වී ඇති හානිවල ස්වභාවය පරීක්ෂා කරන්න

ප්‍රථමාධාර සැපයීමට පෙර රෝගියාගේ තත්ත්වය පරීක්ෂා කිරීම ඉතා වැදගත් වේ. මෙහි දී රෝගියා හුස්ම ගන්නේ ද, හදවතේ ක්‍රියාකාරීත්වය යහපත් ද, ඊට අමතර ව ශාරීරික තුවාල, පිලිස්සීම්, හා අස්ථි බිඳීම් ආදිය ඇත් දැයි පිරික්සිය යුතු ය.

(4.1) ශ්වසනය /නාඩි වැටීම නැවතී ඇත් නම්

කන්නාඩියක් නාසය සහ මුව අසලට ගෙන ඒමෙන් ඒ මත හුමාලය බැඳේ නම් ශ්වසනය සිදු වන බව දැන ගත හැකි ය. එසේ නැත හොත් සැහැල්ලු කඩදාසි කැබැල්ලක් නාසය සහ මුව අසලට ගෙන ඒමෙන් එය චලනය වන්නේ නම් ශ්වසනය හොඳින් සිදු වේ. අතෙහි නාඩි පරීක්ෂා කිරීමෙන් හදවතෙහි ක්‍රියාකාරිත්වය පරීක්ෂා කළ හැකි ය.

මෙහි දී කෘත්‍රිම ශ්වසනය ලබා දීම සඳහා මුවට - මුව ක්‍රමයත් හදවතෙහි ක්‍රියාකාරිත්වය සඳහා හදවත සම්බාහනය (heart massage) කිරීමත් කළ හැකි ය. මෙය ඉතා ඉක්මනින් ලබාදිය යුත්තේ විනාඩි හතරක් වැනි සුළු කාලයක් තුළ මොළයට ලැබිය යුතු ඔක්සිජන් ප්‍රමාණය නොලැබුණ හොත් මරණය පවා සිදු වන බැවිනි.

(4.2) කම්පනයක් හටගෙන ඇත්නම්

කම්පනයක් හට ගෙන ඇත් නම්, නාඩි වැටීම වේගවත් නමුත් දුර්වල වේ. ශරීරය ශීතල ස්වභාවයක් ගන්නා අතර නළල මත දහඩිය ඇති වේ. එවිට රෝගියා 1.119 රූපයේ පරිදි උඩුබැලි අතට බිම දිගා කර දෙපය ඔසවා තබා ශරීරයේ ලේ ගමනාගමනය ඇති කරන්න.

රූපය 1.119 විදුලි සැර වැදී කම්පනයක් ඇති වූ විට රෝගියා තබන ආකාරය

(5.0) රෝගියා පැත්තකට හරවා තබන්න

ඉහත සඳහන් ප්‍රථමාධාර සැපයීමෙන් පසු පහත 1.120 රූපයේ පෙනෙන පරිදි ඔළුව මඳක් ඉහළට නැමෙන සේ තබා රෝගියා පැත්තකට හරවා පහසු ඉරියව්වන්, හොඳින් වාතාශ්‍රය ලැබෙන සේ තබන්න.

Educational Publications Department

රූපය 1.120 ප්‍රථමාධාරවලින් පසු රෝගියා තබන ආකාරය

(6.0) වෛද්‍යවරයා ලවා රෝගියා පරීක්ෂා කරවන්න

රෝගියා යථා තත්ත්වයට පත් වී ඇත් දැයි තීරණය කළ හැක්කේ වෛද්‍යවරයකුට පමණක් බැවින් ඉදිරි ක්‍රියා මාර්ග ගැනීම ඔහුගේ උපදෙස් අනුව සිදු විය යුතු ය. එසේ නැත හොත් රෝහලක් වෙත රැගෙන යා යුතු ය.

අභ්‍යාස 8

(1) එක් විදුලි රැහැනක් මත වසා සිටින කුරුල්ලකුට විදුලි සැර නොවැදීමටත් විදුලි රැහැනක් එල්ලී අනෙක් විදුලි රැහැනේ වැදුණු වවුලකුට විදුලි සැර වැදීමටත් හේතු සාකච්ඡා කරන්න.

(2) ''විදුලි සැර වැදීමක දී සරල ධාරාවට වඩා ප්‍රත්‍යාවර්ත ධාරාව අනතුරුදායක වේ'' මෙය සාකච්ඡා කරන්න.

(3) ශේෂ ධාරා පරිපථ බිඳිනය හා සිගිති පරිපථ බිඳිනය ක්‍රියාත්මක වන අවස්ථා සඳහා පැහැදිලි උදාහරණය බැගින් දෙන්න.

(4) විදුලි පද්ධතියක වැඩ කිරීමේ දී ගත යුතු ආරක්ෂක පිළිවෙත් මොනවා ද?

Educational Publications Department