அலகு

4

மின்காந்தத்தூண்டலும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும்

"சோதனை அறிவியலில் இயற்கை உணர்த்துவதை நம் மனம் விருப்புவெறுப்பற்று ஏற்றுக்கொண்டால், இயற்கையே நமது அன்புத்தோழியாகவும் சிறந்த விமர்சகராகவும் திகழ்வார்" – மைக்கேல் ஃபாரடே

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்துகொள்வது

- மின்காந்தத்தூண்டல் நிகழ்வு
- தூண்டப்பட்ட மின் இயக்குவிசையின் திசையை அறிய லென்ஸ் விதியைப் பயன்படுத்துதல்
- சுழல் மின்னோட்டம் பற்றிய கருத்து மற்றும் அதன் பயன்கள்
- தன் மின்தூண்டல் மற்றும் பரிமாற்று மின்தூண்டல் நிகழ்வுகள்
- தூண்டப்பட்ட மின் இயக்குவிசையை உருவாக்கும் பல்வேறு முறைகள்
- *AC* மின்னியற்றிகளின் அமைப்பு மற்றும் செயல்பாடு
- மின் மாற்றிகளின் தத்துவம் மற்றும் நீண்ட தொலைவிற்கு மின்திறன் அனுப்புதலில் அதன் பங்கு
- மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் *RMS* மதிப்பு
- வெவ்வேறு *AC* சுற்றுகளில் கட்டம் மற்றும் கட்டத் தொடர்புகள் பற்றிய கருத்து
- *AC* சுற்றில் திறன் மற்றும் சுழித்திறன் மின்னோட்டம் பற்றிய நுண்ணறிவு
- *LC* அலைவுகளின் போது ஆற்றல் மாறா நிலையைப் புரிந்துகொள்ளுதல்

ZCA76Y

4.1. மின்காந்தத் தூண்டல் (ELECTROMAGNETIC INDUCTION)

4.1.1 அறிமுகம்

ஒரு கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது, அது கடத்தியைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது என்பதை முந்தைய பாடப்பகுதியில் கற்றோம். இது கிறிஸ்டியன் ஒயர்ஸ்டட் என்பவரால் கண்டறியப்பட்டது. பின்னர் மின்னோட்டம்–தாங்கிய சுற்று ஒன்று, சட்டக்காந்தத்தைப் போல செயல்படுகிறது என ஆம்பியர் நிரூபித்தார். இவை மின்னோட்டத்தால் உருவாக்கப்பட்ட காந்த விளைவுகள் ஆகும்.

இயற்பியலாளர்கள் மறுதலை விளைவை யோசிக்கத் தொடங்கினர். அதாவது காந்தப்புலத்தின் உதவியுடன் மின்னோட்டத்தை உருவாக்க முடியுமா? மறுதலை விளைவை நிறுவ தொடர்ச்சியாக பல சோதனைகள் நடத்தப்பட்டன. இந்தச் சோதனைகள் இங்கிலாந்தின் மைக்கேல் பாரடே மற்றும் அமெரிக்காவின் ஜோசப் ஹென்றி ஆகியோரால் ஒரே காலகட்டத்தில் தனித்தனியாக மேற்கொள்ளப்பட்டன. இந்த முயற்சிகள் வெற்றியடைந்து மின்காந்தத் தூண்டல் என்ற நிகழ்வு கண்டறியப்பட்டது. 1831 இல் மின்காந்தத் தூண்டலைக் கண்டுபிடித்தவர் என்ற பாராட்டை மைக்கேல் பாரடே பெற்றார்.

இந்தப் பாடப்பகுதியில் பாரடேயின் சில சோதனைகள், அதன் முடிவுகள் மற்றும் மின்காந்தத் தூண்டல் நிகழ்வு ஆகியவற்றைக் காண்போம். அதற்கு முன் ஒரு மேற்பரப்புடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் பற்றி நினைவு படுத்துவோம்.

ஒரு நிகழ்வு !

மைக்கேல் பாரடே அவருடைய விரிவுரைகளுக்காகவும் மிகவும் பிரபலமாக இருந்தார். ஒரு விரிவுரையில் மின்காந்தத் தூண்டலை கண்டுபிடிப்பதற்கு வழிவகுத்த அவரது சோதனைகளைப் பற்றி செயல் விளக்கமளித்தார்.

விரிவுரையின் இறுதியில் பார்வையாளர்களில் ஒருவர் பாரடேவை அணுகி, "பாரடே அவர்களே, காந்தம் மற்றும் கம்பிச்சுருளின் செயல்பாடு ஆர்வமூட்டுவதாக இருந்தது. ஆனால் அதன் பயன் என்ன?" என்று வினவினார். பாரடே சாந்தமாக பதிலளித்தார், "ஐயா, புதிதாய் பிறந்த ஒரு குழந்தையின் பயன் என்ன?"

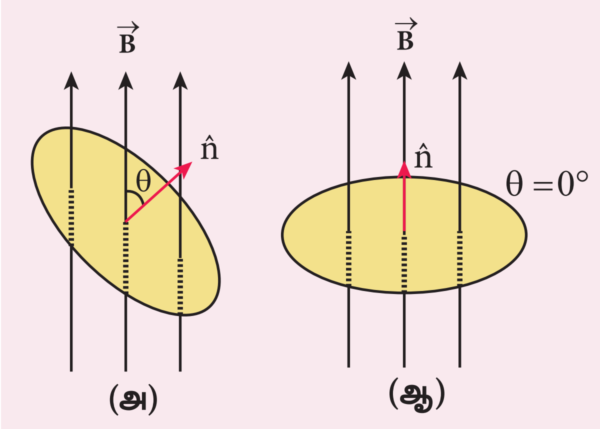
குறிப்பு: தற்போது பெரியவராக வளர்ந்து, ஆற்றல் தேவைகளை பூர்த்தி செய்யும் அந்த சிறிய குழந்தையின் பெருமையை விரைவில் காணலாம்.

4.1.2 காந்தப்பாயம் (Φ_B): (Magnetic flux)

ஒரு காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பு A உடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் Φ_B என்பது அந்தப் பரப்பின் வழியே செங்குத்தாக கடந்து செல்லும் காந்தப்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை என வரையறுக்கப்படுகிறது. மேலும் அதற்கான சமன்பாடு பின்வருமாறு (படம் 4.1(அ)).

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.\, d\vec{A} \qquad (4.1)$$

இங்கு தொகையீடானது பரப்பு A இன் மேல் எடுக்கப்பட்டுள்ளது. θ என்பது காந்தப்புலத்தின் திசைக்கும், பரப்பின் வெளிநோக்கிய செங்குத்துக்கும் இடையே உள்ள கோணமாகும்.



படம் 4.1 காந்தப்பாயம்

படம் 4.1(ஆ) இல் காட்டியுள்ளவாறு காந்தப்புலம் $\vec{B}$ ஆனது பரப்பு A இன் மீது சீராகவும் மற்றும் பரப்பிற்கு செங்குத்தாகவும் இருந்தால், மேற்கண்ட சமன்பாடானது

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.\, d\vec{A} = BA\cos\theta$$

$$= BA \qquad \text{ஏனெனில் } \theta = 0^\circ,\ \cos 0^\circ = 1$$

காந்தப்பாயத்தின் SI அலகு T m^2. இது வெபர் அல்லது Wb எனவும் அளவிடப்படுகிறது.

$$1\ \text{Wb} = 1\ \text{T m}^2$$

எடுத்துக்காட்டு 4.1

3 m^2 பரப்பு கொண்ட வட்ட விண்ணலைக்கம்பி (Circular Antenna) ஒன்று மதுரையில் உள்ள ஒரு இடத்தில் நிறுவப்பட்டுள்ளது. விண்ணலைக் கம்பியின் பரப்பின் தளம் புவிகாந்தப்புலத் திசைக்கு 47° சாய்வாக உள்ளது. அந்த இடத்தில் புவிகாந்தப்புலத்தின் மதிப்பு 4.1×10^{-5} T எனில், விண்ணலைக் கம்பியுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தை கணக்கிடுக.

தீர்வு:

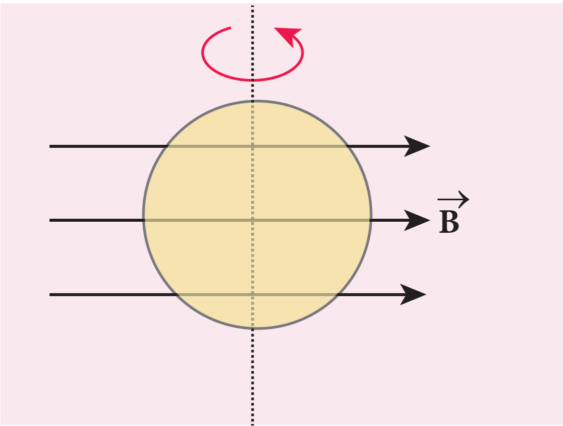
$B = 4.1 \times 10^{-5}$ T; $\theta = 90^\circ - 47^\circ = 43^\circ$; $A = 3m^2$

நாம் அறிந்த வகையில், $\Phi_B = BA\cos\theta$

$$\Phi_B = 4.1 \times 10^{-5} \times 3 \times \cos 43^{\circ}$$
$$= 4.1 \times 10^{-5} \times 3 \times 0.7314$$
$$= 89.96\ \mu\text{Wb}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.2

$5 \times 10^{-2}\ \text{m}^2$ பரப்புள்ள ஒரு வட்ட வடிவச் சுற்று, 0.2 T சீரான காந்தப்புலத்தில் சுழல்கிறது. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு சுற்றானது காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ள அதன் விட்டத்தைப் பொருத்து சுழன்றால், சுற்றின் தளமானது (i) புலத்திற்கு செங்குத்தாக (ii) புலத்திற்கு 60° சாய்வாக மற்றும் (iii) புலத்திற்கு இணையாக உள்ளபோது சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தைக் கணக்கிடுக.



தீர்வு:

$A = 5 \times 10^{-2}\,\text{m}^2;\ B = 0.2\ \text{T}$

(i) $\theta = 0^{\circ}$;

$$\Phi_B = BA\cos\theta = 0.2 \times 5 \times 10^{-2} \times \cos 0^{\circ}$$
$$\Phi_B = 1 \times 10^{-2}\,\text{Wb}$$

(ii) $\theta = 90^{\circ} - 60^{\circ} = 30^{\circ}$;

$$\Phi_B = BA\cos\theta = 0.2 \times 5 \times 10^{-2} \times \cos 30^{\circ}$$
$$\Phi_B = 1 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 8.66 \times 10^{-3}\,\text{Wb}$$

(iii) $\theta = 90^{\circ}$;

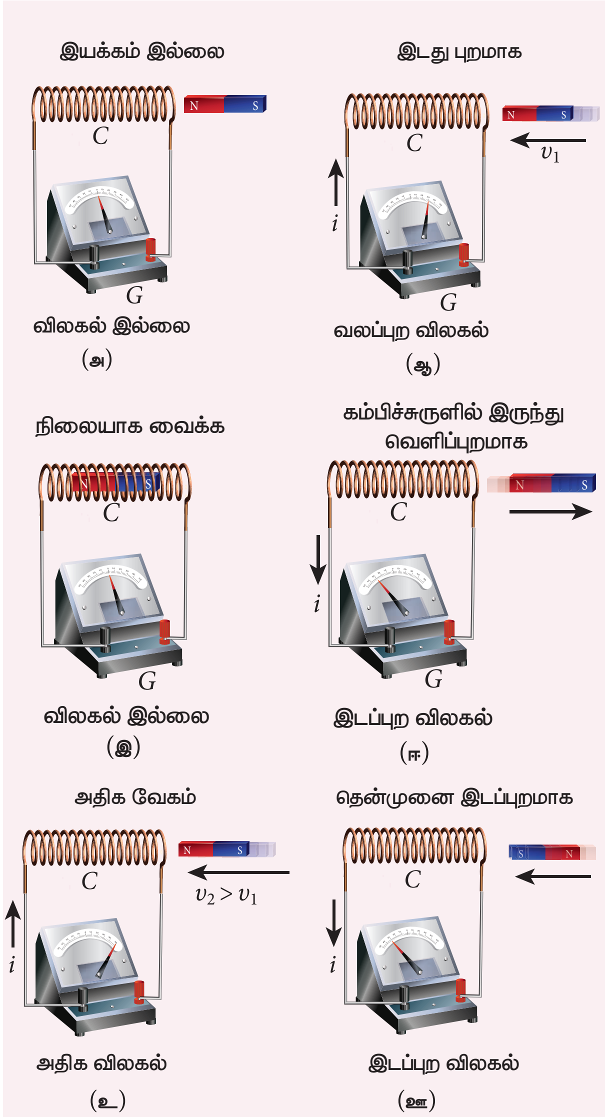
$$\Phi_B = BA\cos 90^{\circ} = 0$$

4.1.3 பாரடேயின் மின்காந்தத் தூண்டல் சோதனைகள்:

முதல் சோதனை:

காப்பிடப்பட்ட கம்பிச்சுருள் C மற்றும் கால்வனோமீட்டர் G ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ள மூடிய சுற்று ஒன்றைக் கருதுக (படம் 4.2 (அ)). சுற்றில் மின்னோட்டம் இல்லாததால் கால்வனோமீட்டர் விலகல் அடையாது.

நிலையான கம்பிச்சுருளினுள் சட்ட காந்தமானது அதன் வட முனை கம்பிச்சுருளை நோக்கியிருக்குமாறு நுழைக்கப்படும்போது கால்வனோமீட்டரில் ஒரு விலகல் ஏற்படுகிறது. இது கம்பிச்சுருளில் ஒரு மின்னோட்டம் பாய்வதைக் குறிக்கிறது (படம் 4.2(ஆ)). கம்பிச்சுருளினுள் காந்தத்தை நிலையாக வைக்கும்



படம் 4.2 பாரடேயின் முதல் சோதனை

பொழுது கால்வனோமீட்டர் விலகலைக் காட்டாது (படம் 4.2 (இ)).

சட்டகாந்தமான தற்போது கம்பிச்சுருளினுள் இருந்து வெளியே எடுக்கப்படும் பொழுது கால்வனோமீட்டரில் மீண்டும் ஒரு கணநேர விலகல் எதிர்த்திசையில் ஏற்படுகிறது. எனவே மின்னோட்டமானது எதிர்த்திசையில் பாய்கிறது (படம் 4.2 (ஈ)). காந்தம் வேகமாக நகர்த்தப்பட்டால் சுற்றில் அதிக மின்னோட்டம் உருவாகி, அதிக விலகலை ஏற்படுத்துகிறது (படம் 4.2 (உ)).

தற்போது சட்ட காந்தம் திருப்பப்பட்டு, தென்முனை கம்பிச்சுருளை நோக்கி இருக்குமாறு வைக்கப்படுகிறது. மேற்கண்ட சோதனையை மீண்டும் செய்தால், வடமுனைக்கு தோன்றிய விலகல்களுக்கு எதிர்த்திசையில் விலகல்கள் ஏற்படுகின்றன (படம் 4.2 (ஊ)).

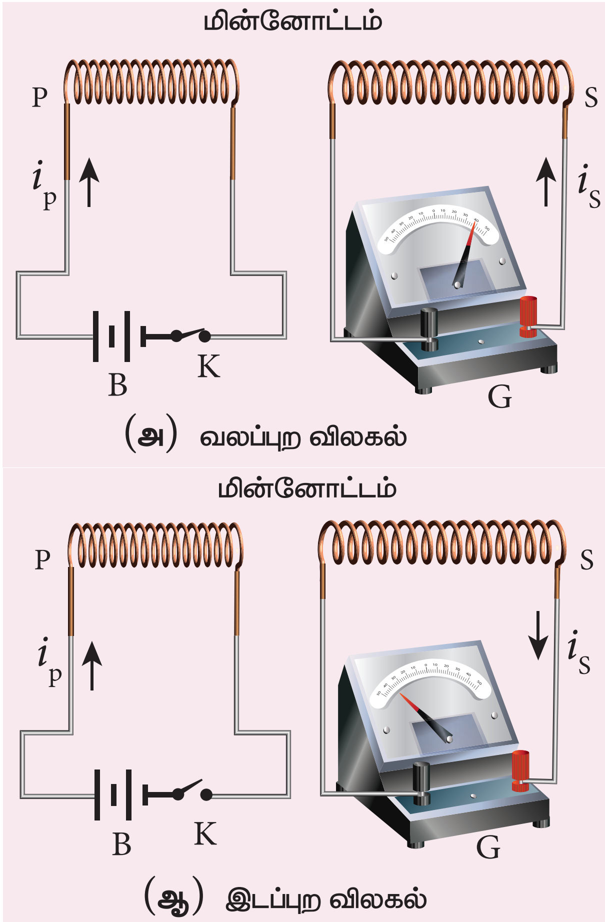
காந்தத்தை நிலையாக வைத்து கம்பிச்சுருளை காந்தத்தை நோக்கி அல்லது வெளிப்புறமாக நகர்த்தினால் அதே முடிவுகள் கிடைக்கின்றன. முடிவாக, காந்தம் மற்றும் கம்பிச்சுருளுக்கு இடையே ஒரு சார்பு இயக்கம் உள்ளபோதெல்லாம் கம்பிச்சுருளில் மின்னோட்டம் உருவாவதைக் குறிக்கும் வகையில் கால்வனோமீட்டரில் விலகல் தோன்றுகிறது.

இரண்டாவது சோதனை:

படம் 4.3(அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு இரு மூடிய சுற்றுகளைக் கருதுக. கம்பிச்சுருள் *P*, மின்கலன் *B* மற்றும் சாவி *K* ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ள சுற்று முதன்மைச் சுற்று எனப்படும். கம்பிச்சுருள் *S* மற்றும் கால்வனோமீட்டர் *G* ஆகியவை உள்ள சுற்று துணைச் சுற்று எனப்படும். கம்பிச்சுருள்கள் *P* மற்றும் *S* இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று அருகில் ஓய்வு நிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ளன.

முதன்மைச்சுற்று மூடப்பட்டால் அதில் மின்னோட்டம் பாயத் தொடங்குகிறது. அந்த நேரத்தில் கால்வனோமீட்டரில் ஒரு கணநேர விலகல் தோன்றுகிறது (படம் 4.3(அ)). மின்னோட்டம் ஒரு நிலையான மதிப்பை அடைந்தவுடன் கால்வனோமீட்டரில் விலகல் தோன்றுவதில்லை.

அதே போல முதன்மைச்சுற்று முறிக்கப்பட்டால், மின்னோட்டம் குறையத் தொடங்குகிறது. அப்போது எதிர்த்திசையில் ஒரு உடனடி விலகல் மீண்டும் ஏற்படுகிறது (படம் 4.3 (ஆ)).



படம் 4.3 பாரடேயின் இரண்டாவது சோதனை

மேற்கண்ட காட்சிப்பதிவுகளில் இருந்து பெறப்படும் முடிவானது, முதன்மைச்சுற்றில் மின்னோட்டம் மாறும்போதெல்லாம் கால்வனோமீட்டர் விலகலைக் காட்டுகிறது.

பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதி:

பாரடேயின் சோதனை முடிவுகளில் இருந்து அவர் உணர்ந்து கொண்டது யாதெனில்,

ஒரு மூடிய கம்பிச்சுருளுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும்போதெல்லாம், ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்பட்டு அதனால் சுற்றில் ஒரு மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இந்த மின்னோட்டம் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் எனப்படும். அந்த மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்திய மின்னியக்கு விசை தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வு மின்காந்தத்தூண்டல் என அழைக்கப்படுகிறது.

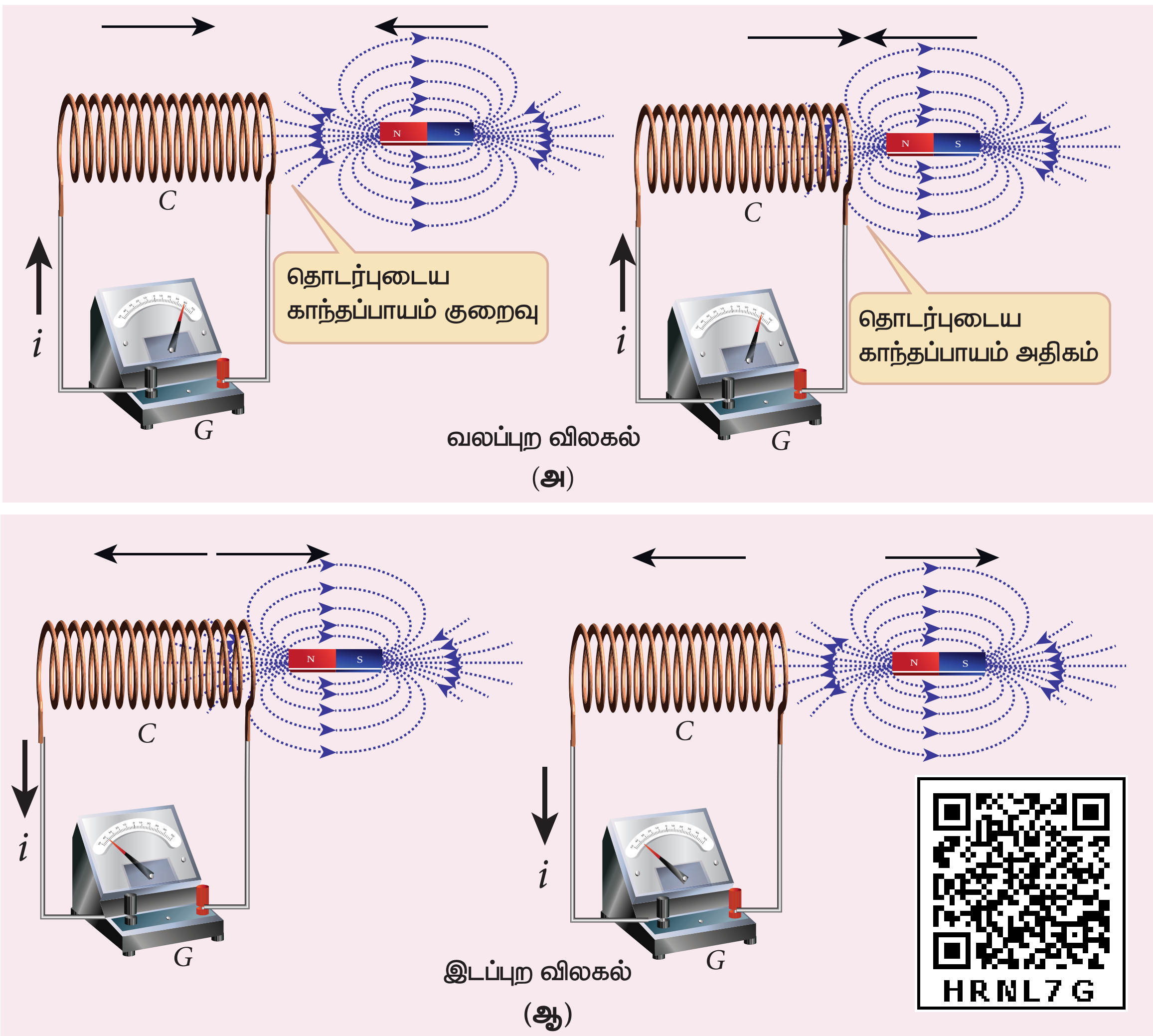
இந்தக் கருத்துகளின் அடிப்படையில் பாரடேயின் சோதனைகளை கீழ்க்காணும் வகையில் புரிந்து கொள்ளலாம்.

முதலாவது சோதனையில், சட்ட காந்தம் ஒன்று கம்பிச்சுருளுக்கு அருகில் வைக்கப்பட்டால் சட்ட காந்தத்தின் சில காந்தப்புலக் கோடுகள் கம்பிச்சுருளின் வழியே செல்கின்றன. அதாவது கம்பிச்சுருளுடன் காந்தப்பாயம் தொடர்புடையதாக ஆகிறது. சட்டகாந்தமும் கம்பிச்சுருளும் ஒன்றை ஒன்று நெருங்கும்போது கம்பிச்சுருளுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் அதிகரிக்கிறது. எனவே இந்த காந்தப்பாய அதிகரிப்பு ஒரு மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டுகிறது. அதனால் சுற்றில் கணநேர மின்னோட்டம் ஒரு திசையில் பாய்கிறது (படம் 4.4 (அ)).

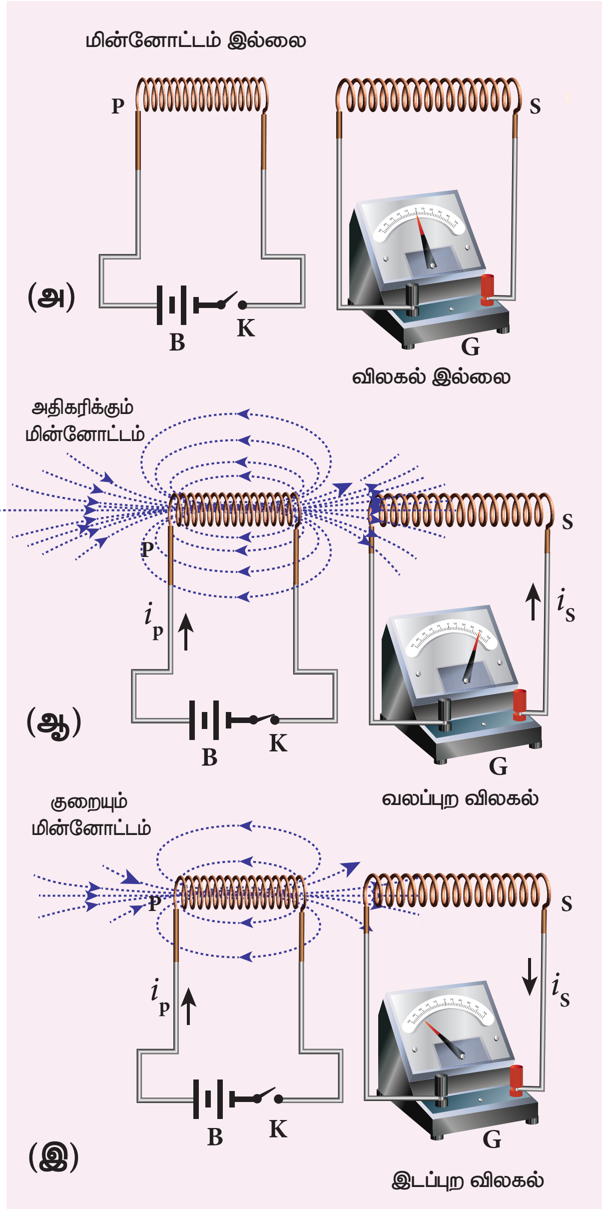
அதே நேரத்தில் அவை ஒன்றைவிட்டு ஒன்று விலகும் போது கம்பிச்சுருளுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் குறைகிறது. காந்தப்பாயக்குறைவு ஒரு மின்னியக்கு விசையை எதிர்த்திசையில் தூண்டி, ஒரு எதிர்த்திசை மின்னோட்டம் சுற்றில் பாய்கிறது (படம் 4.4 (ஆ)). எனவே கம்பிச்சுருள் மற்றும் காந்தம் இடையே சார்பு இயக்கம் உள்ளபோது கால்வனோமீட்டரில் விலகல் உள்ளது.

இரண்டாவது சோதனையில், முதன்மைச்சுருள் P இல் மின்னோட்டம் செல்லும் போது அதனைச் சுற்றி காந்தப்புலம் ஒன்று உருவாகிறது. இந்த காந்தப்புலத்தின் கோடுகள் அச்சுருள் வழியேயும், அருகமை துணைச்சுருள் S இன் வழியேயும் கடந்து செல்லும்.

முதன்மைச்சுற்று திறந்தநிலையில் உள்ளபோது அதில் மின்னோட்டம் பாய்வதில்லை. எனவே, துணைச்சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் சுழியாகும் (படம் 4.5 (அ)).



படம் 4.4 பாரடேயின் முதலாவது சோதனையை விளக்குதல்



படம் 4.5 பாரடேயின் இரண்டாவது சோதனையை விளக்குதல்

எனினும், முதன்மைச்சுற்று மூடப்படும்போது அதிகரிக்கும் மின்னோட்டம் முதன்மைச்சுருளைச் சுற்றி உள்ள காந்தப்புலத்தை அதிகரிக்கிறது. ஆகையால், துணைச்சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் அதிகரிக்கிறது. அதிகரிக்கும் காந்தப்பாயம் துணைச் சுருளில் ஒரு கணநேர மின்னோட்டத்தை தூண்டுகிறது (படம் 4.5 (ஆ)).

முதன்மைச்சுருளில் உள்ள மின்னோட்டம் ஒரு நிலையான மதிப்பை அடைந்த பிறகு துணைச்சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறாது. எனவே துணைச்சுருளில் மின்னோட்டம் மறையும்.

அதேபோலமுதன்மைச்சுற்றுதிறக்கப்படும்போது மின்னோட்டம் குறைகிறது. அது துணைச்சுருளில் மின்னோட்டத்தை எதிர்த்திசையில் தூண்டுகிறது (படம் 4.5 (இ)). எனவே எப்போதெல்லாம் முதன்மைச்சுருள் மின்னோட்டத்தில் மாற்றம் உள்ளதோ அப்போது கால்வனோமீட்டரில் விலகல் உள்ளது.

பாரடேயின் சோதனை முடிவுகள் இரு விதிகளாகக் கூறப்பட்டுள்ளன.

முதல் விதி:

ஒரு மூடிய சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் போதெல்லாம் சுற்றில் ஒரு மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது. காந்தப்பாயம் மாறுகின்ற வரை மின்னியக்கு விசை சுற்றில் இருக்கும்.

இரண்டாம் விதி:

ஒரு மூடிய சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு, நேரத்தைப் பொருத்து சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் வீதத்திற்கு சமமாகும்.

dt என்ற நேரத்தில் ஒரு சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் $d\Phi_B$ என்ற அளவு மாறினால், அச்சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt}$$

N சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருளில் ஒவ்வொரு சுற்றின் பரப்பும் சமமாக உள்ளவாறு இறுக்கமாக சுற்றப்பட்டால், ஒவ்வொரு சுற்றின் வழியே செல்லும் பாயமும் சமமாகும். எனவே கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையானது

$$\varepsilon = N\frac{d(\Phi_B)}{dt} = \frac{d(N\Phi_B)}{dt} \qquad (4.2)$$

இங்கு $N\Phi_B$ என்பது பாயத்தொடர்பு எனப்படும். அது சுருளின் மொத்த சுற்றுகள் N மற்றும் ஒவ்வொரு சுற்றுடன் தொடர்புள்ள காந்தப்பாயம் Φ_B ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

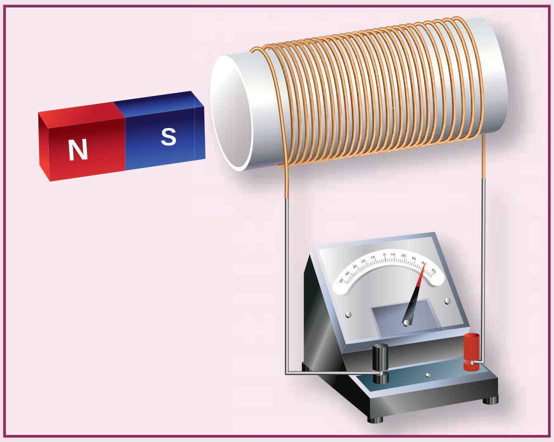
மின்காந்தத் தூண்டலின் முக்கியத்துவம்!

மின்காந்தத்தூண்டல் நிகழ்வின் பயன்பாடு இன்றைய வாழ்க்கையில் எல்லா இடங்களிலும் உள்ளது. வீட்டு உபயோக சாதனங்கள் முதல் பெரிய தொழிற்சாலை இயந்திரங்கள் வரை, கைபேசி முதல் கணினி மற்றும் இணையம் வரை, மின்சார கிடார் முதல் செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பு வரை, அனைத்தும் செயல்பட மின்சாரம் தேவை. மின்திறனுக்கான தேவை எப்போதும் அதிகரித்துக் கொண்டே உள்ளது.

மின்காந்தத்தூண்டல் நிகழ்வின்படி செயல்படும் மின்னியற்றிகள் மற்றும் மின்மாற்றிகளின் உதவியுடன் மின்திறனுக்கான தேவை நிறைவு செய்யப்படுகிறது. எனவே மின்காந்தத் தூண்டல் கண்டுபிடிப்பு இல்லையென்றால், மனிதனின் நவீன சொகுசு வாழ்க்கை சாத்தியமாகி இருக்காது .

செயல்பாடு

மின்காந்தத் தூண்டலை ஆராய்தல்



படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு காப்பிடப்பட்ட கம்பிச்சுருளை மென்மையான உள்ளீடற்ற உள்ளகத்தின் மீது சுற்றியும் அதனுடன் கால்வனோமீட்டரை இணைத்தும் ஒரு சுற்றினை உருவாக்குக. மெல்லிய கம்பியைப் பயன்படுத்தினால் நல்லது. ஏனெனில் கிடைக்கும் இடைவெளியில் அதிக சுற்றுகளை சுற்றலாம். ஒரு வலிமையான சட்டகாந்தத்தின் உதவியுடன், பாரடேயின் முதலாவது சோதனையில் விவரிக்கப்பட்டவாறு மின்காந்தத் தூண்டல் பற்றிய நேரடி அனுபவத்தை மாணவர்கள் பெறலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 4.3

ஒரு உருளை வடிவ சட்டக்காந்தம் ஒரு வரிச்சுருளின் அச்சின் வழியே வைக்கப்பட்டுள்ளது. காந்தமானது சுருளின் அச்சைப் பொருத்து சுழற்றப்பட்டால், சுருளில் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுமா என்பதைக் காண்க.

தீர்வு:

ஒரு உருளை வடிவ காந்தத்தின் காந்தப்புலம் அதன் அச்சைப் பொருத்து சமச்சீராக உள்ளது. காந்தமானது வரிச்சுருளின் அச்சின் வழியே சுழற்றப்படுவதால் வரிச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் உருவாகாது. ஏனெனில் காந்தத்தின் சுழற்சியால் வரிச்சுருளோடு தொடர்புடைய பாயம் மாறுவதில்லை.

எடுத்துக்காட்டு 4.4

2 T என்ற ஒரு காந்தப்புலத்தில் 40 சுற்றுகள் மற்றும் 200 cm^2 பரப்பு கொண்ட மூடிய சுருள் ஒன்று சுழற்றப்படுகிறது. அது 0.2 விநாடி நேரத்தில் அதன் தளம் புலத்திற்கு 30° கோணத்தில் இருக்கும் நிலையில் இருந்து, புலத்திற்கு செங்குத்தாக இருக்கும் நிலைக்கு சுழலுகிறது. அதன் சுழற்சியின் காரணமாக சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையைக் காண்க.

தீர்வு:

$N = 40$ சுற்றுகள்; $B = 2 \text{ Wb m}^{-2}$

$A = 200 \text{ cm}^2 = 200 \times 10^{-4} \text{ m}^2$;

தொடக்க பாயம், $\Phi_i = BA\cos\theta$

$$= 2 \times 200 \times 10^{-4} \times \cos 60^\circ$$

ஏனெனில் $\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

$$\Phi_i = 2 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

இறுதி பாயம், $\Phi_f = BA\cos\theta$

$$= 2 \times 200 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ$$

ஏனெனில் $\theta = 0^\circ$

$$\Phi_f = 4 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு

$$\varepsilon = N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$= \frac{40 \times \left(4 \times 10^{-2} - 2 \times 10^{-2}\right)}{0.2} = 4 \text{V}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.5

ஒரு நேரான கடத்தக்கூடிய கம்பியானது ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்திலிருந்து அதன் நீளம் கிழக்கு – மேற்கு திசையில் உள்ளவாறு கிடைமட்டமாக விழச் செய்யப்படுகிறது. அதில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுமா? உனது விடையை நியாயப்படுத்துக.

தீர்வு:

ஆம்! கம்பியில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படும். ஏனெனில் அது புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறுக்கு செங்குத்தாக இயங்குகிறது. அப்பொழுது புவிக்காந்தப்புலத்தின் காந்தப்புலக் கோடுகளை வெட்டுகிறது.

4.1.4 லென்ஸ் விதி:

ஜெர்மன் இயற்பியலாளர் ஹென்றிச் லென்ஸ் மின்காந்தத் தூண்டலைப் பற்றி தொடர்ச்சியான ஆய்வுகளை மேற்கொண்டு தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை தீர்மானிக்க ஒரு விதியை உருவாக்கினார். இந்த விதி லென்ஸ் விதி என அழைக்கப்படுகிறது.

லென்ஸ் விதியின்படி தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையானது அதன் உருவாக்கத்திற்கு காரணமானதை எப்போதும் எதிர்க்கும் விதத்தில் அமையும்.

ஒரு கம்பிச் சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் போதெல்லாம் சுற்றில் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது என்பதை பாரடே கண்டுபிடித்தார். இங்கு பாய மாற்றம் காரணமாகவும், தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் விளைவாகவும் உள்ளன. விளைவானது எப்போதும் காரணத்தை எதிர்க்கும் என லென்ஸ் விதி கூறுகிறது. எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் காந்தப்பாய மாற்றத்தை எதிர்க்கக்கூடிய திசையில் பாய வேண்டும்.

பாரடே விதியுடன் லென்ஸ் விதியை இணைத்து, சமன்பாடு (4.2) பின்வருமாறு மாற்றி எழுதப்படுகிறது.

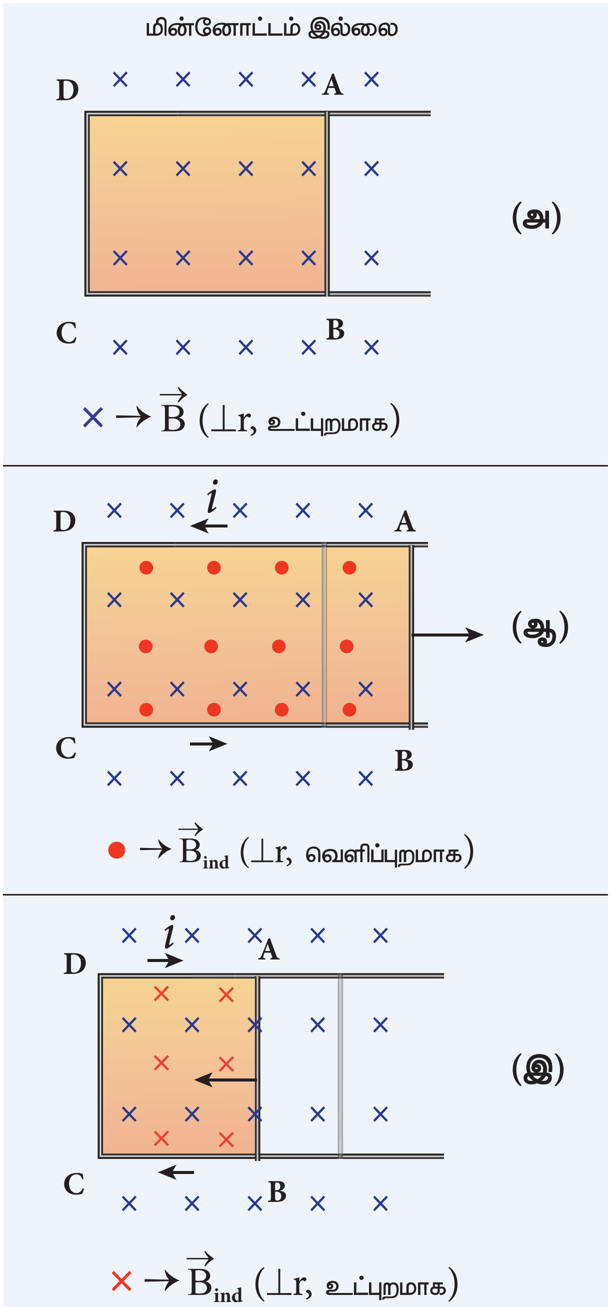
$$\varepsilon = -\frac{d(N\Phi_B)}{dt} \qquad (4.3)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள எதிர்க்குறியானது தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் திசை, காந்தப்பாய மாறுதலை எதிர்க்கும் வகையில் அமையும் என்பதைக் குறிக்கிறது.

லென்ஸ் விதியைப் புரிந்து கொள்ள நாம் இரு காட்சி விளக்கங்களை கருதி, அவற்றின் மூலம் சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காணலாம்.

காட்சி விளக்கம் 1:

ஒரு சீரான காந்தப்புலத்தைக் கருதுக. அதன் புலக்கோடுகள் தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் உள்நோக்கியும் உள்ளன. படம் 4.6 (அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு இந்த புலக்கோடுகள்



படம் 4.6 லென்ஸ் விதியின் முதல் காட்சி விளக்கம்

குறுக்குக்கோடுகளால் (×) குறிக்கப்படுகின்றன. புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளவாறு ஒரு செவ்வக உலோக சட்டம் $ABCD$ காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. AB என்ற புயம் (கம்பித் துண்டு) வலது அல்லது இடது புறமாக நகரும் வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

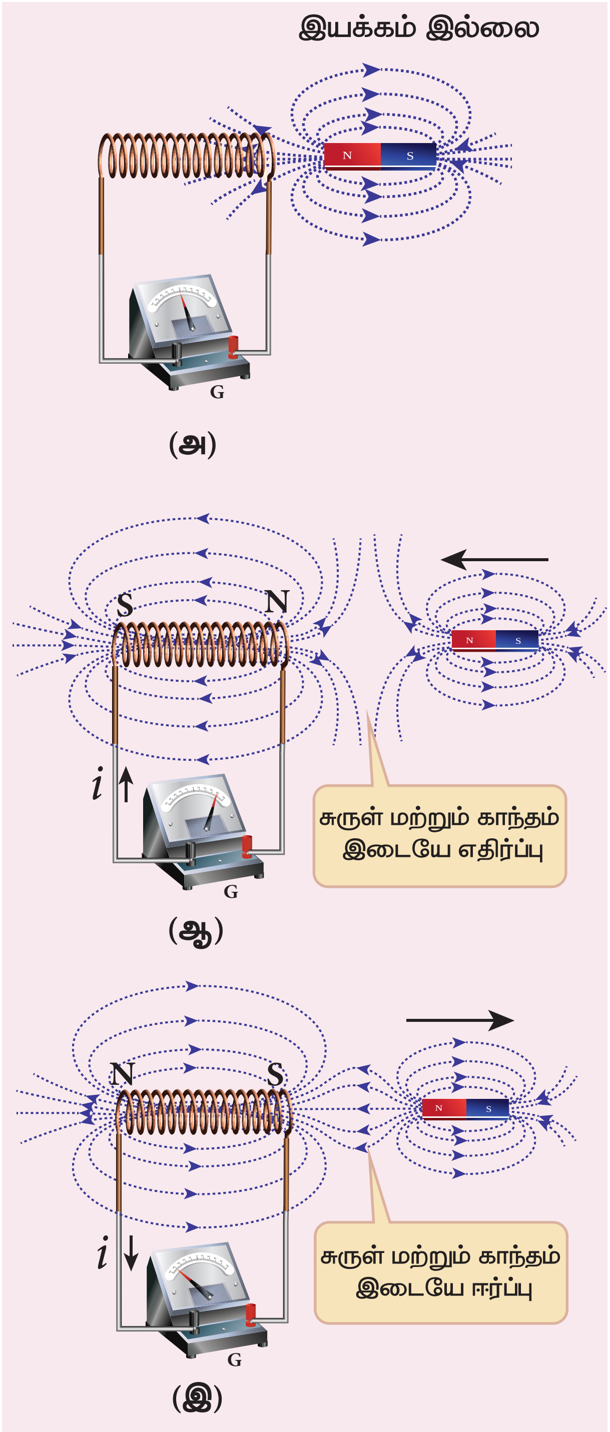
புயம் AB நமக்கு வலது புறமாக நகர்ந்தால், $ABCD$ சட்டத்தின் வழியே செல்லும் புலக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை (காந்தப்பாயம்) அதிகரிக்கிறது. அதனால் ஒரு மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. லென்ஸ் விதியில் கூறியபடி தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் பாய அதிகரிப்பை எதிர்க்கிறது. **காந்தப்பாயத்தை குறைக்கும் வகையில் வெளிப்புறம் நோக்கிய திசையில் மற்றொரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது. அது தற்போதுள்ள காந்தப் புலத்திற்கு எதிர்த்திசையில் அமையும்.**

இவ்வாறு தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலக் கோடுகள் படம் 4.6(ஆ) இல் சிவப்பு நிற வட்டங்களால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. வலக்கை பெருவிரல் விதியைப் பயன்படுத்தி, தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலத்தின் திசையில் இருந்து மின்னோட்டத்தின் திசை இடஞ்சுழியாக உள்ளதை அறியலாம்.

புயம் AB இடப்புறமாக நகர்ந்தால் காந்தப்பாயம் குறைகிறது. அப்போது தூண்டப்படும் மின்னோட்டமானது **காந்தப்பாயத்தை அதிகரிக்கும் வகையில், அதாவது உள்நோக்கிய திசையில் காந்தப்புலத்தை (சிவப்பு நிற குறுக்குக்கோடுகள்) உருவாக்குகிறது.** அது ஏற்கனவே உள்ள காந்தப்புலத்தின் திசையில் அமையும் (படம் 4.6 (இ)). எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தால் பாயக்குறைவு எதிர்க்கப்படுகிறது. இதிலிருந்து தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் வலஞ்சுழியாக பாய்வது தெரிய வருகிறது.

காட்சி விளக்கம் 2:

வடமுனை வரிச்சுருளை நோக்கி இருக்குமாறு ஒரு சட்டக்காந்தத்தை வரிச்சுருளை நோக்கி நகர்த்துவோம் (படம் 4.7(ஆ)). இந்த இயக்கம் கம்பிச்சுருளின் காந்தப்பாயத்தை அதிகரிக்கிறது. அதனால் ஒரு மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் பாய்வதால் வரிச்சுருள் அதன் இருமுனைகளிலும் காந்த முனைகளைக் கொண்டுள்ள காந்த இருமுனையாக மாறுகிறது.



படம் 4.7 லென்ஸ் விதியின் இரண்டாம் காட்சி விளக்கம்

இந்த நேர்வில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தை உருவாக்கும் காரணி காந்தத்தின் இயக்கம் ஆகும். லென்ஸ் விதிப்படி தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் கம்பிச்சுருளை நோக்கிய வடமுனையின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும் விதத்தில் பாய வேண்டும். காந்தத்திற்கு அருகில் உள்ள வரிச்சுருளின் முனை வடமுனையாக அமைந்தால் இது சாத்தியமாகும் (படம் 4.7(ஆ)). பிறகு அது சட்ட காந்தத்தின் வட முனையை விரட்டும் அதாவது

காந்தத்தின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும். வரிச்சுருளின் காந்த முனைகளை அறிந்ததும் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை வலக்கை பெருவிரல் விதியின் மூலம் அறியலாம்.

சட்டக்காந்தத்தை வெளிப்புறமாக நகர்த்தினால் அருகில் உள்ள வரிச்சுருளின் முனை தென்முனையாக அமையும். இது சட்ட காந்தத்தின் வடமுனையை கவர்ந்து இழுத்து, காந்தத்தின் விலகிச் செல்லும் இயக்கத்தை எதிர்க்கிறது (படம் 4.7(இ)).

இதன் மூலம் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை லென்ஸ் விதியிலிருந்து அறியலாம்.

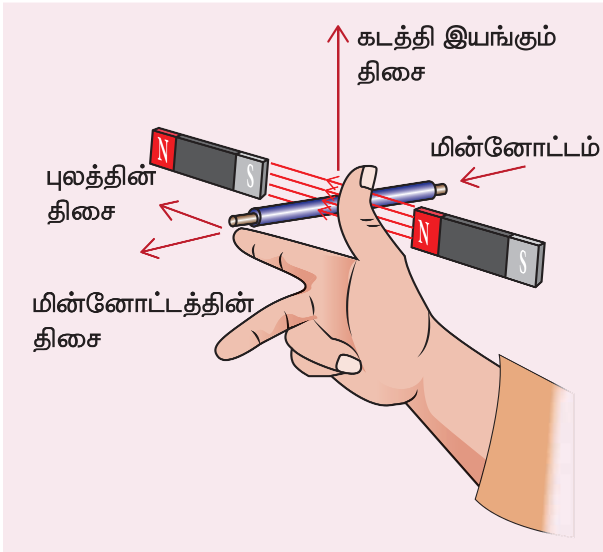
ஆற்றல் மாறா நிலை:

லென்ஸ் விதியை ஆற்றல் மாறா விதியின் அடிப்படையிலும் மெய்ப்பிக்கலாம். அதன் விளக்கம் வருமாறு: லென்ஸ் விதிப்படி காந்தம் ஒன்று கம்பிச்சுருளை நோக்கி அல்லது விலகி நகர்த்தப்படும் போது உருவாகும் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் அதன் இயக்கத்தை எதிர்க்க வேண்டும். அதன் விளைவாக நகரும் காந்தத்தின் மீது எப்போதும் ஒரு எதிர்ப்பு விசை இருக்கும். இந்த எதிர்ப்பு விசைக்கு எதிராக காந்தத்தை நகர்த்த வேண்டுமெனில் புறக் காரணியால் வேலை செய்யப்பட வேண்டும். இங்கு நகரும் காந்தத்தின் இயந்திர ஆற்றல் மின் ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. பின்னர் கம்பிச்சுருளில் அது ஜூல் வெப்பமாக மாற்றப்படுகிறது. அதாவது ஆற்றலானது ஒரு வடிவத்திலிருந்து மற்றொரு வடிவமாக மாற்றப்படுகிறது.

லென்ஸ் விதிக்கு மாறாக, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் அது உருவாகக் காரணமான காந்தத்தின் இயக்கத்திற்கு உதவுவதாக கருதுவோம். தற்போது நாம் காந்தத்தை கம்பிச்சுருளை நோக்கி சிறிதளவு நகர்த்தும் போது, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் கம்பிச்சுருளை நோக்கிய காந்தத்தின் இயக்கத்திற்கு உதவும். பிறகு காந்தமானது எவ்வித ஆற்றல் செலவின்றி கம்பிச்சுருளை நோக்கி நகரத் துவங்கும். பிறகு நிரந்தர இயக்கம் கொண்ட இயந்திரமாக மாறுகிறது. நடைமுறையில் அத்தகைய இயந்திரம் சாத்தியமற்றது. எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் காரணிக்கு உதவுவதாக கருதியது தவறாகும். எனவே லென்ஸ் விதியானது ஆற்றல் மாறா விதிக்கு மிகச்சிறந்த உதாரணமாகும்.

4.1.5 பிளமிங் வலக்கை விதி:

காந்தப்புலத்தில் ஒரு கடத்தி இயங்கும் போது கடத்தியின் இயக்கம், காந்தப்புலம் மற்றும் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் திசைகளை பிளமிங் வலக்கை விதி கூறுகிறது. அது பின்வருமாறு:



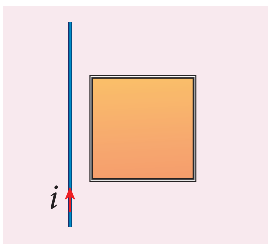
படம் 4.8 பிளமிங் வலக்கை விதி

வலது கையின் பெருவிரல், சுட்டுவிரல் மற்றும் நடுவிரல் ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான திசைகளில் நீட்டப்படுகின்றன (படம் 4.8 இல் காட்டியுள்ளவாறு). காந்தப்புலத்தின் திசையை சுட்டுவிரலும், கடத்தி இயங்கும் திசையை பெருவிரலும் குறித்தால், தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை நடுவிரல் குறிக்கும்.

பிளமிங் வலக்கை விதியை மின்னியற்றி விதி எனவும் அழைக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 4.6

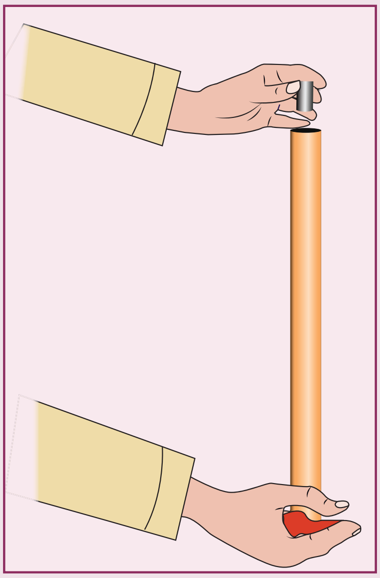
படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு நேரான கடத்தும் கம்பியில் பாயும் மின்னோட்டம் i குறைகிறது எனில், அதன் அருகில் வைக்கப்பட்டுள்ள உலோக சதுரசுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காண்க.



தீர்வு:

வலக்கை விதியிலிருந்து நேரான கம்பியினால் உருவாகும் காந்தப்புலமானது அருகில் உள்ள சதுர சுற்றின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்நோக்கிய திசையில் உள்ளது. கம்பியில் பாயும் மின்னோட்டம் i குறைகிறது எனில், சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயமும் குறைகிறது. அதனால் சுற்றில் தூண்டப்படும் மின்னோட்டம் ஏற்கனவே உள்ள காந்தப்புலத்தின் திசையில் மற்றொரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்கி, பாயக்குறைவை எதிர்க்கிறது. மீண்டும் வலக்கை விதியைப் பயன்படுத்தி, உள்நோக்கித் தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலத்தின் திசையில் இருந்து தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசை வலஞ்சுழி என்பதைக் காணலாம்.

செயல்பாடு

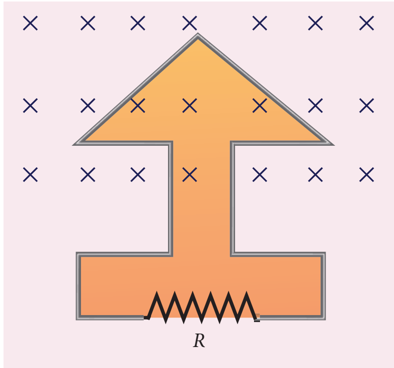


லென்ஸ் விதியின் செயல் விளக்கம்

படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு குறுகிய தாமிரக்குழாய் மற்றும் ஒரு வலிமையான பொத்தான் காந்தம் ஆகியவற்றை எடுத்துக் கொள்க. தாமிரக் குழாயை செங்குத்தாக வைத்து அதனுள் காந்தத்தை விழச் செய்க. காந்தத்தின் இயக்கத்தை கவனித்தால், காந்தமானது அதன் இயல்பாக கீழே விழும் வேகத்தைவிட மெதுவாக விழுவதைக் காணலாம். காரணம் நகரும் காந்தத்தால் உருவாக்கப்படும் மின்னோட்டம், அதை உருவாக்கிய காந்தத்தின் இயக்கத்தை எப்போதும் எதிர்க்கிறது.

எடுத்துக்காட்டு 4.7

சுற்றின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகச் செல்லும் காந்தப்பாயமானது தாளின் தளத்தில் உள்நோக்கி உள்ளது. $\Phi_B = (2t^3 + 3t^2 + 8t + 5)\,\text{mWb}$ என்ற தொடர்பின்படி காந்தப்பாயம் நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், t = 3 s எனும் கால அளவில் கொடுக்கப்பட்ட சுற்றில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு யாது? சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காண்க.



தீர்வு:

$\Phi_B = (2t^3 + 3t^2 + 8t + 5)\,\text{mWb};\; N = 1;\; t = 3\text{ s}$

(i) $$\varepsilon = \frac{d(N\Phi_B)}{dt}$$

$$= \frac{d}{dt}(2t^3 + 3t^2 + 8t + 5) \times 10^{-3}$$

$$= (6t^2 + 6t + 8) \times 10^{-3}$$

t = 3 s எனில்,

$$\varepsilon = [(6\times 9) + (6\times 3) + 8] \times 10^{-3}$$

$$= 80 \times 10^{-3}\,\text{V} \;= 80\,\text{mV}$$

(ii) நேரம் கடக்கும்போது சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் அதிகரிக்கிறது. லென்ஸ் விதிப்படி தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசை பாயஅதிகரிப்பை எதிர்க்கும் வகையில் இருக்க வேண்டும். எனவே, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் கொடுக்கப்பட்ட காந்தப்புலத்திற்கு எதிர்த்திசையில் ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் விதமாக பாய்கிறது. இந்த காந்தப்புலம் செங்குத்தாக வெளிநோக்கி உள்ளது. எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் இடஞ்சுழியாக பாய்கிறது.

4.1.6 லாரன்ஸ் விசையிலிருந்து இயக்க மின்னியக்கு விசை (Motional emf from Lorentz force)

l நீளமுள்ள நேரான கடத்தும் தண்டு AB ஆனது ஒரு சீரான காந்தப்புலம் $\vec{B}$இல் உள்ளதாகக் கருதுக. படம் 4.9 (அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு காந்தப்புலமானது தாளின் தளத்திற்கும் தண்டின் நீளத்திற்கும் செங்குத்தாக உள்ளது. தண்டானது வலது பக்கமாக $\vec{v}$ என்ற மாறா திசைவேகத்தில் இயங்குவதாகக் கொள்க.

தண்டு இயங்கும்போது அதில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்களும் அதே $\vec{v}$ திசைவேகத்தில் காந்தப்புலத்தில் இயங்கும். அதன் விளைவாக கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மீது B இல் இருந்து A இன் திசையில் லாரன்ஸ் விசை செயல்படுகிறது. அதன் தொடர்பானது

$$\vec{F}_B = -e\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \quad (4.4)$$

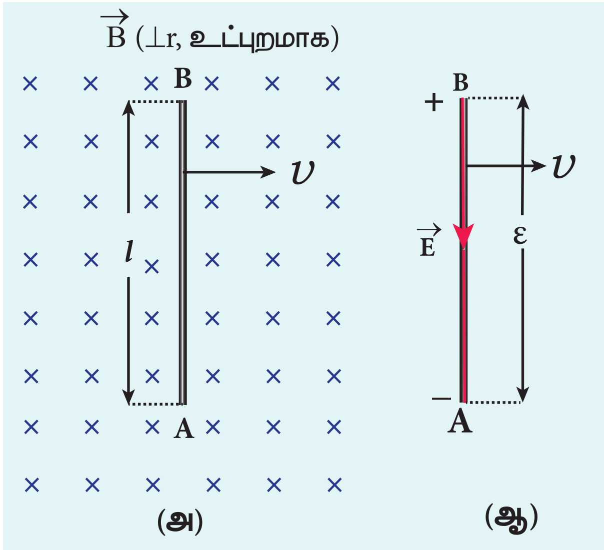
இந்த லாரன்ஸ் விசையானது கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை முனை A இல் குவிக்கிறது. கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் இந்தக் குவியல் தண்டிற்கு குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாட்டை உருவாக்கி, BA திசையில் $\vec{E}$ என்ற மின்புலத்தை தோற்றுவிக்கிறது (படம் 4.9(ஆ)). இந்த மின்புலம் காரணமாக கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மீது கூலும் விசையானது AB திசையில் செயல்படத் தொடங்கும். அதன் சமன்பாடானது

$$\vec{F}_E = -e\vec{E} \quad (4.5)$$

A முனையில் எலக்ட்ரான்கள் குவிகிற வரை மின்புலம் $\vec{E}$ இன் எண்மதிப்பு அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்கும். சமநிலை அடையும் வரை $\vec{F}_E$ விசையும் அதிகரிக்கிறது. சமநிலையில் லாரன்ஸ் விசை $\vec{F}_B$ மற்றும் கூலும் விசை $\vec{F}_E$ ஒன்றையொன்று சமன் செய்கின்றன. A முனையில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மேற்கொண்டு குவியாது.

அதாவது, $\left|\vec{F}_B\right| = \left|\vec{F}_E\right|$

$$\left|-e\ (\vec{v} \times \vec{B})\right| = \left|-e\vec{E}\right|$$



படம் 4.9 லாரன்ஸ் விசையிலிருந்து இயக்க மின்னியக்கு விசை

$$vB \sin 90° = E$$

$$vB = E \quad (4.6)$$

தண்டின் இரு முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V = El$$

$$V = vBl$$

இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு உருவாவதற்கு கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் மீதான லாரன்ஸ் விசையே காரணமாகும். எனவே அது உருவாக்கிய மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon = Blv \quad (4.7)$$

இந்த மின்னியக்கு விசை தண்டின் இயக்கத்தால் உருவாக்கப்படுவதால் இது பெரும்பாலும் **இயக்க மின்னியக்கு விசை** என்றழைக்கப்படுகிறது. மொத்த மின்தடை R கொண்ட ஒரு புறச்சுற்றில் முனைகள் A மற்றும் B இணைக்கப்பட்டால், $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R}$ என்ற மின்னோட்டம் அதில் பாயும். மின்னோட்டத்தின் திசை வலக்கை பெருவிரல் விதியிலிருந்து அறியப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 4.8

சென்னையில் புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு 4.04×10^{-5} T கொண்ட ஒரு இடத்தில் 7.2 m உயரமுள்ள ஒரு கட்டிடத்தின் மேற்புறத்தில் இருந்து 0.5 m நீளமுள்ள கடத்தும் தண்டு தடையின்றி விழுகிறது. தண்டின் நீளம் புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறுக்கு செங்குத்தாக இருப்பின், தண்டானது தரையை தொடும்போது தண்டில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையைக் காண்க (தண்டானது 10 m s^{-2} என்ற சீரான முடுக்கத்துடன் விழுவதாகக் கொள்க).

தீர்வு:

$l = 0.5$ m; $h = 7.2$ m; $u = 0 \text{ m s}^{-1}$;
$g = 10 \text{ m s}^{-2}$; $B_H = 4.04 \times 10^{-5}$ T

தண்டின் இறுதி திசைவேகம்

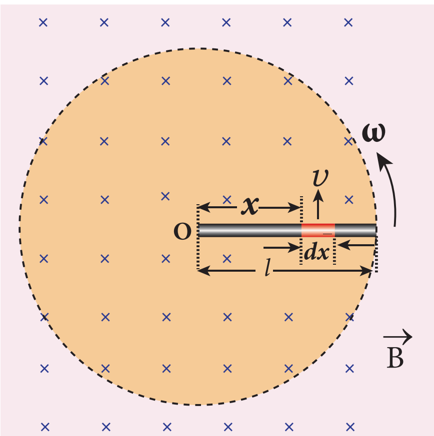
$$v^2 = u^2 + 2gh = 0 + (2 \times 10 \times 7.2) = 144$$
$$v = 12 \text{ m s}^{-1}$$

தண்டானது தரையைத் தொடும்போது தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு

$$\varepsilon = B_H l v = 4.04 \times 10^{-5} \times 0.5 \times 12$$
$$= 242.4 \ \mu\text{V}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.9

படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு B என்ற காந்தப்புலத்தில் l நீளமுள்ள தாமிரத்தண்டு அதன் ஒரு முனையைப் பொருத்து ω என்ற கோணத்திசைவேகத்தில் சுழலுகிறது. சுழலும் தளமானது புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. தண்டின் இரு முனைகளுக்கிடையே தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையைக் காண்க.



தீர்வு:

தண்டு உருவாக்கும் வட்டத்தின் மையத்திலிருந்து x தொலைவில் dx நீளமுள்ள சிறு பகுதியைக் கருதுக. இந்தப் பகுதி புலத்திற்கு செங்குத்தாக $v = x\omega$ என்ற நேர்கோட்டு திசைவேகத்தில் இயங்குவதால் dx பகுதியில் உருவான மின்னியக்கு விசை

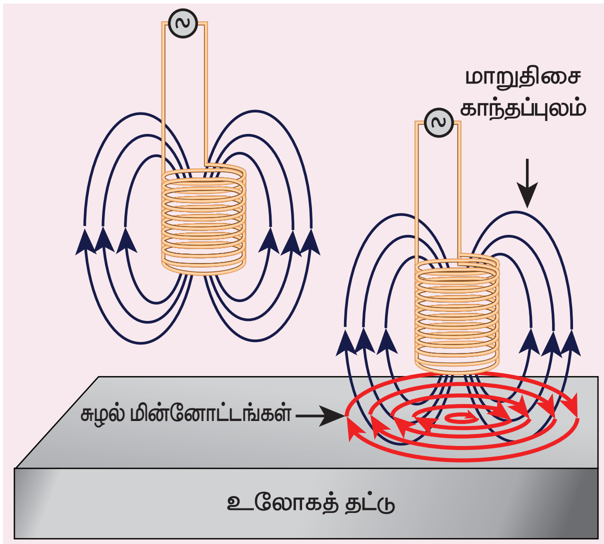
$$d\varepsilon = Bv dx = B(x\omega)dx$$

தண்டானது இது போன்ற பல சிறு பகுதிகளைக் கொண்டு, புலத்திற்கு குத்தாக இயங்குகிறது. அதன் இரு முனைகளுக்கிடையே உருவான மின்னியக்கு விசை

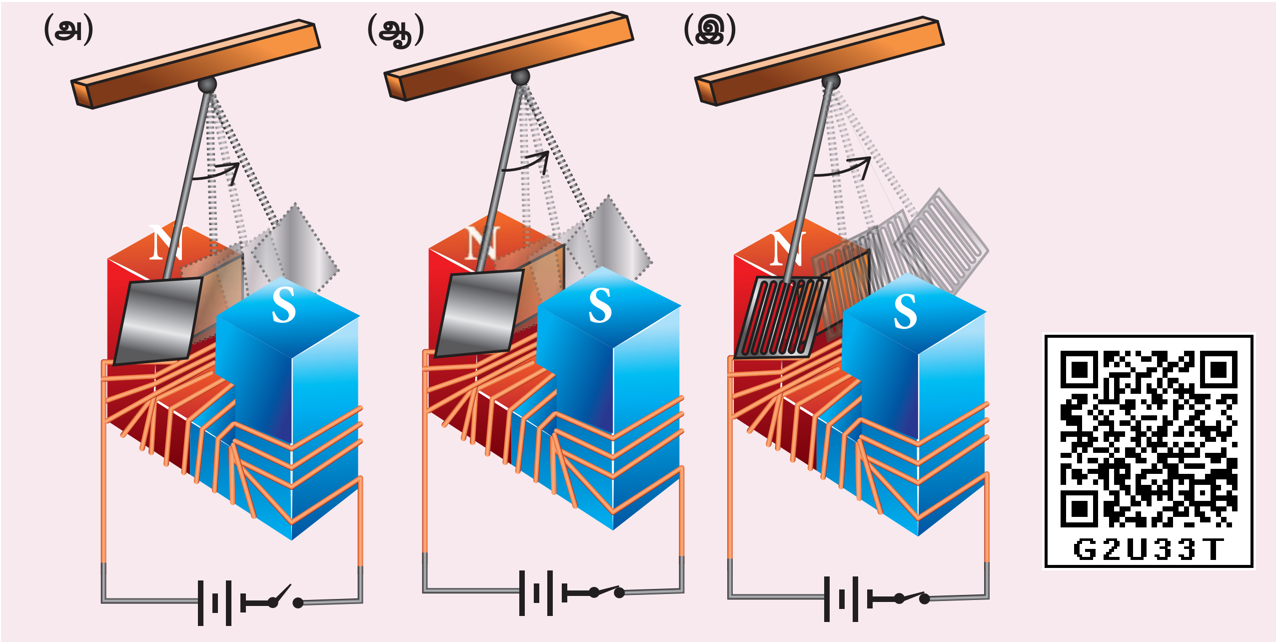
$$\varepsilon = \int d\varepsilon = \int_0^l B\omega x dx = B\omega \left[\frac{x^2}{2}\right]_0^l$$
$$\varepsilon = \frac{1}{2} B\omega l^2$$

4.2 சுழல் மின்னோட்டங்கள் (EDDY CURRENTS)

பாரடேயின் மின்காந்தத் தூண்டல் விதியின்படி, ஒரு கடத்தியின் வழியே செல்லும் காந்தப்பாயம் மாறினால் அக்கடத்தியில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. எனினும் கடத்தியானது கம்பி அல்லது சுருளாக இருக்க வேண்டியதில்லை.



படம் 4.10 சுழல் மின்னோட்டங்கள்



படம் 4.11 சுழல் மின்னோட்டங்களின் செயல் விளக்கம்

கடத்தியானது தகடாகவோ அல்லது தட்டாகவோ இருந்தாலும் அதனுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும்போது ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. ஆனால், வேறுபாடு என்னவெனில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் பாய்வதற்கு குறிப்பிட்ட சுற்றோ அல்லது பாதையோ இருப்பதில்லை. அதன் விளைவாக, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டங்கள் ஒரு புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு வட்டப்பாதைகளில் செல்கின்றன (படம் 4.10). இந்த மின்னோட்டங்கள் நீர்ச்சுழலைப் போன்று இருப்பதால் இவை **சுழல் மின்னோட்டங்கள்** என்று அழைக்கப்படுகின்றன. அவை **ஃபோகால்ட் மின்னோட்டங்கள்** என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

காட்சி விளக்கம்:

சுழல் மின்னோட்டங்கள் உருவாவதை ஒரு எளிய காட்சி விளக்கம் மூலம் காணலாம். ஒரு வலிமையான மின்காந்தத்தின் முனைகளுக்கிடையே அலைவுறக் கூடிய வகையில் உள்ள ஒரு ஊசலைக் கருதுக (படம் 4.11(அ)).

முதலில் மின்காந்தம் நிறுத்தப்பட்ட நிலையில் ஊசல் சிறிது இடம்பெயர்த்து விடப்படுகிறது. அதனால் அலைவுறத்தொடங்கும் ஊசல், ஓய்வு நிலையை அடைவதற்கு முன் அதிக எண்ணிக்கையிலான அலைவுகளை மேற்கொள்கிறது. இங்கு காற்றுத்தடை மட்டுமே தடையுறு விசை ஆகும்.

மின்காந்தம் இயங்குநிலையில் உள்ளபோது ஊசலின் வட்டு அலைவுற்றால், சுழல் மின்னோட்டங்கள் அதில் உருவாகின்றன. அவை அலைவினை எதிர்க்கின்றன. சுழல் மின்னோட்டங்களின் வலிமையான தடையுறு விசையானது ஒரு சில அலைவுகளுக்கு உள்ளாகவே ஊசலை ஓய்வுநிலைக்கு கொண்டு வரும் (படம் 4.11 (ஆ)).

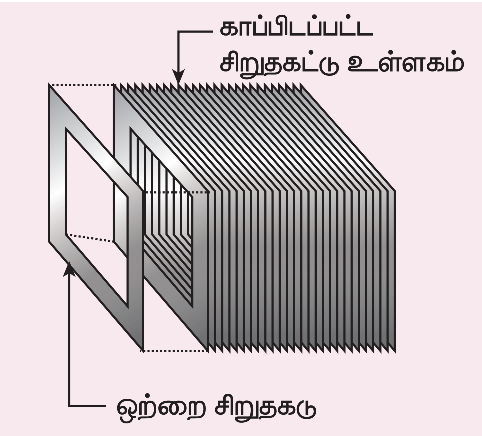
எனினும் வட்டில் சில துளைகள் இடப்பட்டால், சுழல் மின்னோட்டங்கள் குறைக்கப்படுகின்றன. ஊசலானது தற்போது ஓய்வுநிலைக்கு வருமுன் அதிகமான அலைவுகளை மேற்கொள்கிறது. இது ஊசலின் வட்டில் சுழல் மின்னோட்டம் உருவாவதை தெளிவாக விளக்குகிறது (படம் 4.11 (இ)).

சுழல் மின்னோட்டங்களின் குறைபாடுகள் :

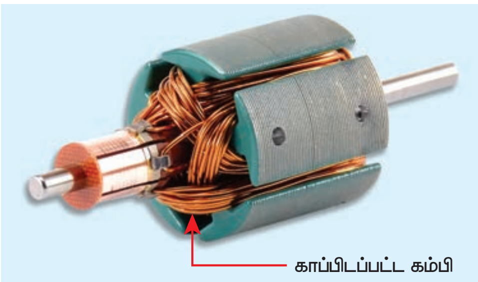
கடத்தியில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் பாயும்போது அதிக அளவிலான ஆற்றல் வெப்ப வடிவில் வெளிப்படுகிறது. சுழல் மின்னோட்டம் பாய்வதால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பு தவிர்க்க இயலாதது. ஆனால் தகுந்த நடவடிக்கைகள் மூலம் இதனைப் பெருமளவு குறைக்கலாம்.

சுழல் மின்னோட்ட இழப்பை சிறுமமாக குறைக்கும் வகையில் மின்மாற்றி உள்ளகம் மற்றும் மின்மோட்டார் சுருளி (Armature) ஆகியவற்றை வடிவமைப்பது முக்கியமாகும். இந்த இழப்புகளைக் குறைக்க மின்மாற்றியின் உள்ளகம் ஒன்றுடன் ஒன்று காப்பிடப்பட்ட சிறுதகடுகளால் உருவாக்கப்படுகின்றன (படம் 4.12 (அ)). மின்மோட்டாருக்கு கம்பிச்சுற்றுகள் காப்பிடப்பட்ட கம்பிகளின் தொகுப்பால் உருவாக்கப்படுகின்றன (படம் 4.12 (ஆ)). அதிக

அளவிலான சுழல் மின்னோட்டங்கள் பாய்வதை பயன்படுத்தப்பட்ட மின்காப்பு அனுமதிக்காது. எனவே இழப்புகள் சிறுமமாகக் குறைக்கப்படுகின்றன.



படம் 4.12 (அ) மின்மாற்றியின் உள்ளகத்தின் காப்பிடப்பட்ட மென்தகடுகள்



படம் 4.12 (ஆ) மின்மோட்டாரின் காப்பிடப்பட்ட கம்பிச்சுற்றுகள்

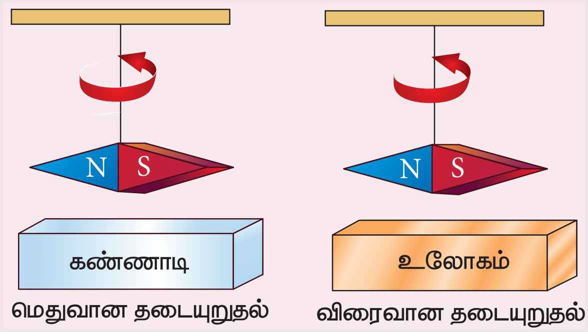
எடுத்துக்காட்டு:

சம அளவு மற்றும் நிறை கொண்ட ஒரு கோளவடிவ கல் மற்றும் கோளவடிவ உலோகப் பந்து ஒரே உயரத்தில் இருந்து விழச் செய்யப்படுகின்றன. கல் அல்லது உலோகப்பந்து, இதில் எது புவிப்பரப்பை முதலில் வந்தடையும்? உனது விடையை நியாயப்படுத்துக. காற்று உராய்வு இல்லையெனக் கருதுக.

விடை:

உலோகப்பந்தை விட கல் முன்னதாக புவிப்பரப்பை வந்தடையும். காரணம், புவிக் காந்தப்புலத்தின் வழியே உலோகப்பந்து விழும்போது அதில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் உருவாகி அதன் இயக்கத்தை எதிர்க்கும். ஆனால் கல்லில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் ஏதும் உருவாகாததால் அது தடையின்றி விழுகிறது.

செயல்பாடு



முதல் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு கம்பியின் கீழ்முனையில் தொங்கும் ஒரு வலிமையான காந்தத்தைக் கொண்டு ஒரு ஊசலை உருவாக்குக. அதன் அடியில் ஒரு கண்ணாடித்தட்டை வைத்து அதனை அலைவுறச் செய்து அது ஓய்வு நிலைக்கு வர ஆகும் நேரத்தைக் குறிக்கவும்.

அடுத்து இரண்டாவது படத்தில் உள்ளவாறு அலைவுறும் காந்தத்திற்கு அடியில் ஒரு உலோகத்தட்டை வைத்து ஊசல் ஓய்வுநிலைக்கு வருவதற்கான நேரத்தைக் குறிக்கவும். இரண்டாவது நேர்வில், காந்தமானது விரைவாக ஓய்வுநிலைக்கு வருகிறது. ஏனெனில் உலோகத்தட்டில் உருவான சுழல் மின்னோட்டங்கள் காந்தத்தின் அலைவுகளை எதிர்க்கின்றன.

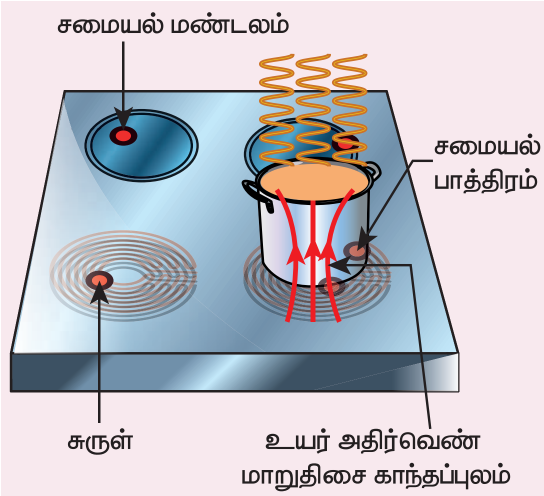
சுழல் மின்னோட்டங்களின் பயன்பாடுகள்:

சில நேர்வுகளில் சுழல் மின்னோட்டம் உருவாவது விரும்பத்தகாதது என்றாலும் மற்ற சில நேர்வுகளில் அது பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. அவற்றில் சிலவற்றை காண்போம்

i. மின்தூண்டல் அடுப்பு
ii. சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி
iii. சுழல் மின்னோட்ட சோதனை
iv. மின்காந்தத் தடையுறுதல்

i. மின்தூண்டல் அடுப்பு (Induction stove)

குறைந்த ஆற்றல் நுகர்வுடன், விரைவாகவும், பாதுகாப்பாகவும் உணவைச் சமைக்க மின்தூண்டல் அடுப்பு பயன்படுகிறது. சமைக்கும் பகுதிக்கு கீழ் காப்பிடப்பட்ட கம்பியால் இறுக்கமாகச் சுற்றப்பட்ட கம்பிச்சுருள் உள்ளது. தகுந்த பொருளால் செய்யப்பட்ட சமையல் பாத்திரம் சமைக்கும் பகுதிக்கு மேல் வைக்கப்படுகிறது. அடுப்பை இயக்கும் போது, சுருளில் பாயும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் அதிக அதிர்வெண் கொண்ட மாறுதிசை காந்தப்புலத்தை



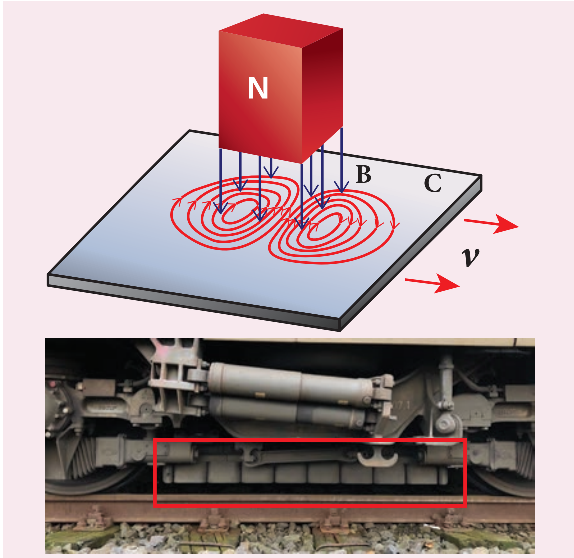
படம் 4.13 மின்தூண்டல் அடுப்பு

உருவாக்குகிறது. அது மிக வலிமையான சுழல் மின்னோட்டங்களை சமைக்கும் பாத்திரத்தில் உருவாக்குகிறது. பாத்திரத்தில் உருவாகும் சுழல் மின்னோட்டங்கள் ஜூல் வெப்பமாதலால் அதிக அளவு வெப்பத்தை உண்டாக்கி, அதனைப் பயன்படுத்தி உணவு சமைக்கப்படுகிறது (படம் 4.13).

குறிப்பு: வீட்டு உபயோக மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் அதிக அதிர்வெண் கொண்ட மாறும் காந்தப்புலத்தை உருவாக்குவதற்காக கம்பிச்சுருளுக்கு வழங்குவதற்கு முன்னர் 50 – 60 Hz இல் இருந்து 20 – 40 KHz ஆக அதிகரிக்கப்படுகிறது.

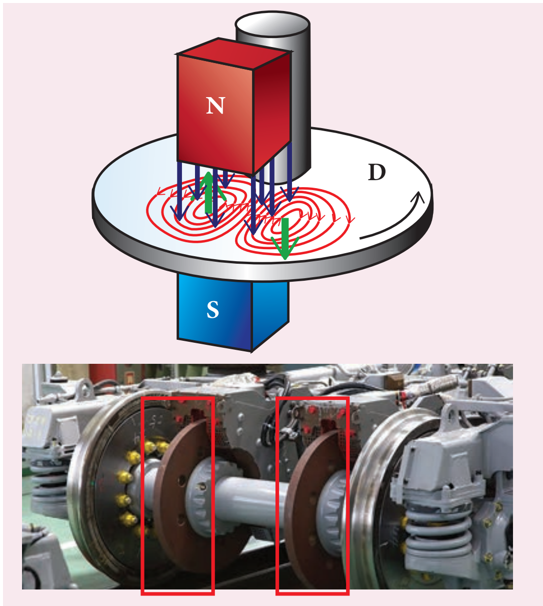
ii. சுழல் மின்னோட்டத்தடுப்பி (Eddy current brake)

இந்த சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி அமைப்பு பொதுவாக அதிவேக இரயில்களிலும், உருளும் வண்டிகளிலும் (roller coasters) பயன்படுகிறது. வலிமையான மின்காந்தங்கள் தண்டவாளங்களுக்கு சற்று மேலே பொருத்தப்படுகின்றன. இரயிலை நிறுத்துவதற்கு மின்காந்தங்கள் இயக்கு நிலைக்கு கொண்டு வரப்படுகின்றன. இந்த காந்தங்களின் காந்தப்புலம் தண்டவாளங்களில் சுழல் மின்னோட்டங்களைத் தூண்டி அவை இரயிலின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும் அல்லது தடுக்கும். இதுவே நேரியல் சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி ஆகும் (படம் 4.14(அ)).



படம் 4.14 (அ) நேரியல் சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி

சில நேர்வுகளில் இரயில் சக்கரத்துடன் வட்டத்தட்டானது பொது உருளைத்தண்டு மூலம் இணைக்கப்படுகிறது. ஒரு மின்காந்தத்தின் முனைகளுக்கிடையே தட்டானது சுழல வைக்கப்படுகிறது. தட்டிற்கும் காந்தத்திற்கும் இடையே சார்பு இயக்கம் உள்ளபோது தட்டில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் உருவாகி அது இரயிலை நிறுத்துகிறது. இதுவே வட்ட வடிவ சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி ஆகும் (படம் 4.14 (ஆ)).

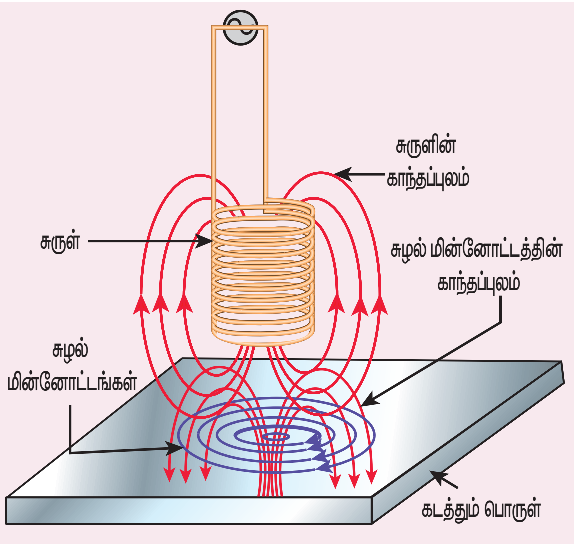


படம் 4.14 (ஆ) வட்ட வடிவ சுழல் மின்னோட்டத் தடுப்பி

iii. சுழல் மின்னோட்டச் சோதனை (Eddy current testing)

கொடுக்கப்பட்ட மாதிரி (specimen) ஒன்றில் உள்ள மேற்புற வெடிப்புகள், காற்றுக் குமிழ்கள் போன்ற குறைபாடுகளை கண்டறிவதற்கான எளிமையான பழுது ஏற்படுத்தாத சோதனை முறைகளில் இதுவும் ஒன்றாகும். காப்பிடப்பட்ட கம்பிச்சுருள் ஒன்றிற்கு மாறுதிசை காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் வகையில் மாறுதிசை மின்னோட்டம் அளிக்கப்படுகிறது. இந்த கம்பிச்சுருளை சோதனைப்பரப்பிற்கு அருகில் கொண்டு வரும்போது சோதனைப் பரப்பில் சுழல் மின்னோட்டம்

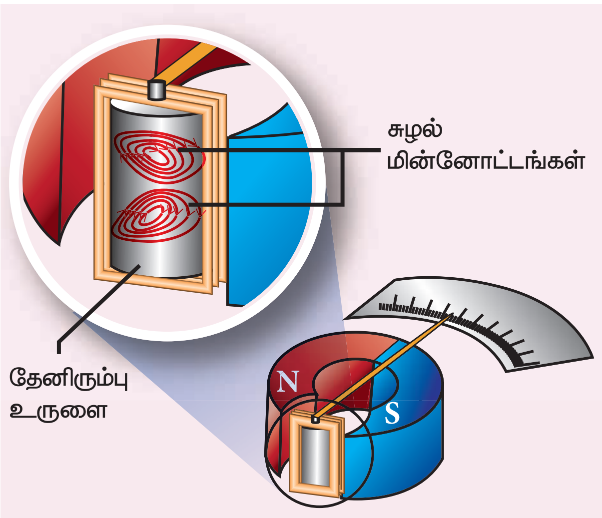
தூண்டப்படுகிறது. பரப்பில் உள்ள குறைபாடுகள், சுழல் மின்னோட்டத்தின் கட்டம் மற்றும் வீச்சில் மாற்றத்தை உருவாக்குகின்றன. இதனை வேறு வழிகளில் கண்டறியலாம். இவ்வாறாக மாதிரியில் உள்ள குறைபாடுகள் கண்டறியப்படுகின்றன (படம் 4.15).



படம் 4.15 சுழல் மின்னோட்டச் சோதனை

iv. மின்காந்தத் தடையுறுதல் (Electro magnetic damping)

கால்வனோமீட்டரின் சுருளிச் சுற்று (Armature winding) ஒரு தேனிரும்பு உருளையின் மீது சுற்றப்பட்டுள்ளது. சுருளிச் சுற்று விலகலடைந்ததும் தேனிரும்பு உருளைக்கும் ஆர வகை காந்தப்புலத்திற்கும் இடையே உள்ள சார்பு இயக்கம் சுழல் மின்னோட்டத்தை உருளையில் தூண்டுகிறது (படம் 4.16). சுழல் மின்னோட்டம்



படம் 4.16 மின்காந்தத் தடையுறுதல்

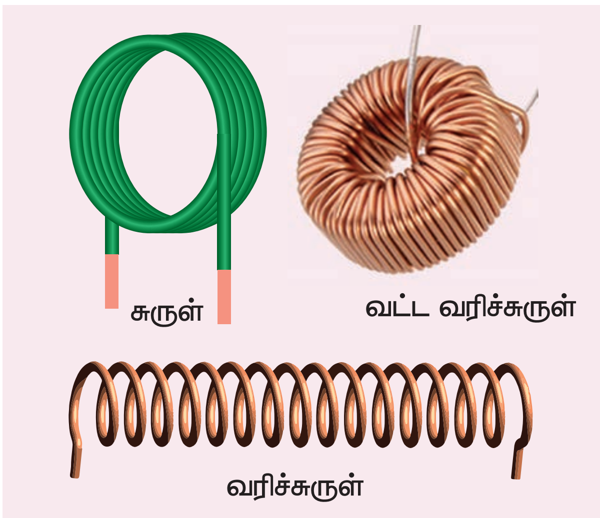
பாய்வதால் உண்டாகும் தடையுறு விசை சுருளிச் சுற்றை உடனடியாக ஓய்வுநிலைக்கு கொண்டு வருகிறது. ஆகவே கால்வனோமீட்டர் நிலையான விலகலைக் காட்டுகிறது. இதுவே **மின்காந்தத் தடையுறுதல்** எனப்படுகிறது.

4.3 தன் மின்தூண்டல் (SELF – INDUCTION)

4.3.1 அறிமுகம்

மின்தூண்டி என்பது அதன் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும்போது காந்தப்புலத்தில் ஆற்றலைச் சேமிக்க உதவும் ஒரு சாதனம் ஆகும். படம் 4.17 இல் காட்டியுள்ள கம்பிச்சுருள்கள், வரிச்சுருள்கள் மற்றும் வட்ட வரிச்சுருள்கள் ஆகியவை வழக்கமான எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும்.

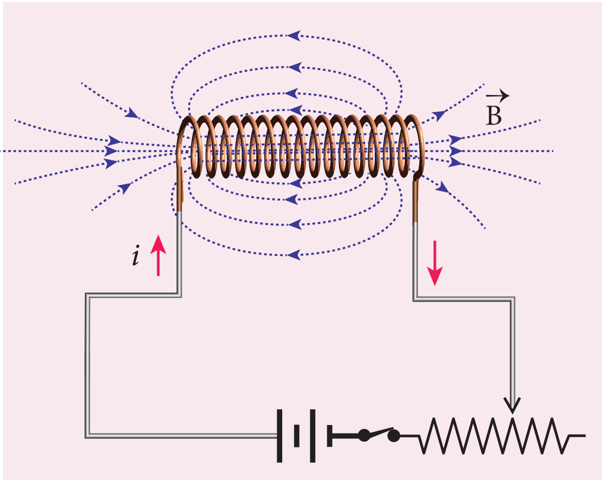
மின்தூண்டல் என்பது ஒரு சுற்றில் பாயும் மின்னோட்ட மாற்றத்தின் காரணமாக (தன் மின்தூண்டல்) அல்லது அதனுடன் காந்தவியலாக தொடர்புள்ள அருகமை சுற்றில் பாயும் மின்னோட்ட மாற்றத்தின் காரணமாக (பரிமாற்று மின்தூண்டல்) மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கும் மின்தூண்டிகளின் பண்பாகும். தன் மின்தூண்டல் மற்றும் பரிமாற்று மின்தூண்டல் பற்றி நாம் அடுத்த பகுதியில் கற்கலாம்.



படம் 4.17 மின்தூண்டிக்கான எடுத்துக்காட்டுகள்

தன் மின்தூண்டல்

ஒரு கம்பிச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் அதனைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும். எனவே, காந்தப்புலத்தின் காந்தப்பாயமானது அந்த கம்பிச்சுருளுடனேயே தொடர்பு கொண்டிருக்கும். மின்னோட்டத்தை மாற்றுவதன் மூலம் இந்த பாயம் மாற்றப்பட்டால், அதே கம்பிச்சுருளில் ஒரு மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது(படம் 4.18). இந்த நிகழ்வு **தன் மின்தூண்டல்** எனப்படும். தூண்டப்பட்ட மின் இயக்குவிசையானது தன் மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை என அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 4.18 தன் மின்தூண்டல்

N சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருளில் ஒவ்வொரு சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் Φ_B எனக்கொண்டால், கம்பிச்சுருளோடு தொடர்புடைய மொத்த காந்தப்பாயமானது ($N\Phi_B$, பாயத்தொடர்பு), கம்பிச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது.

$$N\Phi_B \propto i$$

$$N\Phi_B = Li \qquad (4.8)$$

$$(\text{அல்லது})\ L = \frac{N\Phi_B}{i}$$

விகித மாறிலி L கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் அல்லது தன் மின்தூண்டல் குணகம் என அழைக்கப்படுகிறது. i = 1A எனில், $L = N\Phi_B$. **கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் அல்லது சுருக்கமாக மின்தூண்டல் என்பது 1A மின்னோட்டம் பாயும்போது அக்கம்பிச்சுருளில் ஏற்படும் பாயத்தொடர்பு எனப்படும்.**

மின்னோட்டம் i நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், அதில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதியிலிருந்து இந்த கம்பிச்சுருளில் தன் மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையானது

$$\varepsilon = -\frac{d(N\Phi_B)}{dt}$$

$$= -\frac{d(Li)}{dt} \quad (\text{சமன்பாடு 4.8 ஐ பயன்படுத்த})$$

$$\therefore \varepsilon = -L\frac{di}{dt} \qquad (4.9)$$

$$(\text{அல்லது})\ L = \frac{-\varepsilon}{di/dt}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள எதிர்குறியானது தன் மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை நேரத்தைப் பொருத்து மின்னோட்டம் மாறுவதை எப்போதும் எதிர்க்கிறது என்பதை உணர்த்துகிறது. $di/dt = 1\ \text{A s}^{-1}$, எனில் $L = -\varepsilon$. **கம்பிச்சுருள் ஒன்றில் மின்னோட்டம் மாறும் வீதம் $1\ \text{A s}^{-1}$ எனும் போது அக்கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னியக்கு விசை கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் எனவும் வரையறுக்கப்படுகிறது**

மின்தூண்டலின் அலகு

மின்தூண்டல் ஒரு ஸ்கேலர் ஆகும். இதன் அலகு Wb A^{-1} அல்லது V s A^{-1}. இது ஹென்றி (H) எனவும் அளவிடப்படுகிறது.

$$1\ \text{H} = 1\ \text{Wb A}^{-1} = 1\ \text{V s A}^{-1}$$

மின்தூண்டலின் பரிமாண வாய்ப்பாடு $M\ L^2\ T^{-2} A^{-2}$.

i = 1A மற்றும் $N\Phi_B = 1$ வெபர்–சுற்றுகள் எனில், $L = 1\text{H}$.

எனவே, **கம்பிச்சுருள் ஒன்றில் பாயும் 1A மின்னோட்டம் ஓரலகு பாயத்தொடர்பை உருவாக்கினால், அக்கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் ஒரு ஹென்றி ஆகும்.**

$di/dt = 1\text{A s}^{-1}$ மற்றும் $\varepsilon = -1\ \text{V}$ எனில், $L = 1\text{H}$.

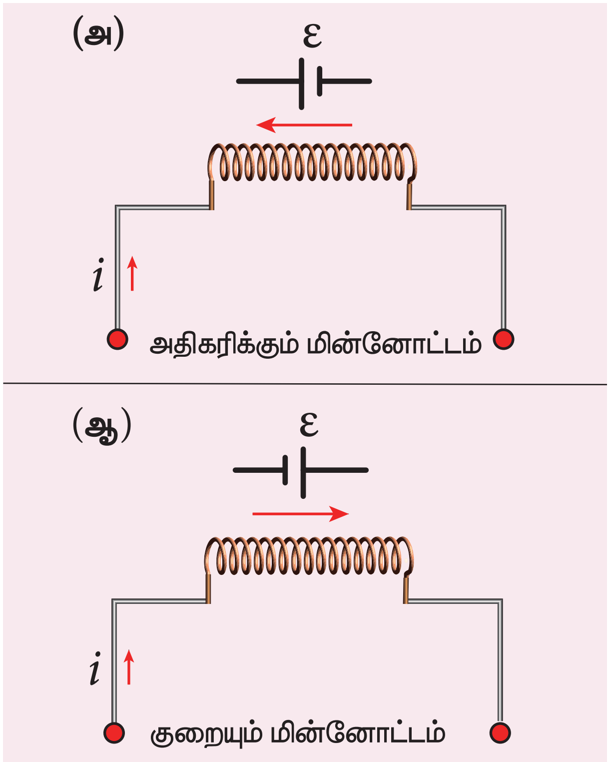
எனவே, கம்பிச்சுருள் ஒன்றில் மின்னோட்டம் மாறும் வீதம் 1As^{-1} எனும் போது, கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னியக்குவிசை 1V

என அமையுமானால் அக்கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் ஒரு ஹென்றி ஆகும்.

மின்தூண்டலின் முக்கியத்துவம்

11 ஆம் வகுப்பில் நாம் நிலைமம் பற்றி அறிந்துகொண்டோம். நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தில் நேர்க்கோட்டு நிலைமத்தின் அளவாக நிறை உள்ளது. அதே வகையில் வட்ட இயக்கத்தில் சுழல் நிலைமத்தின் அளவாக நிலைமத்திருப்புத்திறன் உள்ளது (XI இயற்பியல் பாடப்புத்தகத்தில் பகுதிகள் 3.2.1 மற்றும் 5.4 ஐக் காண்க). பொதுவாக, நிலைமம் என்பது அதன் நிலையில் ஏற்படும் மாற்றத்தின் எதிர்ப்பு எனப்படுகிறது.

இயந்திரவியல் இயக்கத்தில் நிறை மற்றும் நிலைமத்திருப்புத்திறன் ஆற்றும் அதே பங்கினை ஒரு மின்சுற்றில் மின்தூண்டல் ஆற்றுகிறது. ஒரு சுற்று மூடப்பட்டால், அதிகரிக்கும் மின்னோட்டம் ஒரு மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டுகிறது. இந்த மின்னியக்கு விசை சுற்றில் ஏற்படும் மின்னோட்ட அதிகரிப்பை எதிர்க்கிறது (படம் 4.19(அ)). இதேபோல் ஒரு சுற்று திறக்கப்பட்டால், குறையும் மின்னோட்டம் எதிர்த்திசையில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டுகிறது. அது தற்போது மின்னோட்டம் குறைவதை எதிர்க்கிறது (படம் 4.19 (ஆ)).



படம் 4.19 தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை மாறும் மின்னோட்டத்தை எதிர்த்தல்

இவ்வாறாக, கம்பிச்சுருளின் மின்தூண்டல் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் எந்த மாற்றத்தையும் எதிர்த்து அதன் தொடக்க நிலையிலேயே பராமரிக்க முயலுகிறது. எனவே, இது மின்நிலைமம் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

4.3.2 நீண்ட வரிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண்

l நீளமும் A குறுக்குவெட்டுப்பரப்பும் கொண்ட நீண்ட வரிச்சுருள் ஒன்றைக் கருதுக. வரிச்சுருளின் ஓரலகு நீளத்தில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை (அல்லது சுற்று அடர்த்தி) n என்க. வரிச்சுருளின் வழியே i என்ற மின்னோட்டம் பாயும்போது, சீரான காந்தப்புலம் ஒன்று வரிச்சுருளின் அச்சின் திசையில் உருவாகிறது (படம் 4.20). வரிச்சுருளினுள் எந்தவொரு புள்ளியிலும் உள்ள காந்தப்புலம் (பகுதி 3.9.3 ஐக் காண்க)

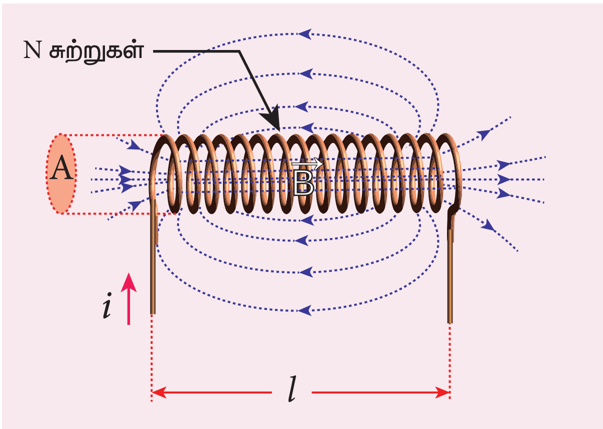
$$B = \mu_\circ ni$$

வரிச்சுருளின் வழியே செல்லும் காந்தபுலக்கோடுகள் ஒவ்வொரு சுற்றுடனும் தொடர்பு கொள்கிறது. ஒரு சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம்

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}.d\vec{A} = BA\cos\theta$$

$$= BA \qquad \because \theta = 0°$$

$$= (\mu_0 ni)A$$



படம் 4.20 ஒரு நீண்ட வரிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண்

வரிச்சுருளின் N சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் அல்லது மொத்த காந்தப்பாயத் தொடர்பு (மொத்தச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை N ஆனது $N = nl$)

$$N\Phi_B = (nl)(\mu_0 ni)A$$
$$N\Phi_B = (\mu_\circ n^2 Al)\, i$$

நமக்குத் தெரியும்

$$N\Phi_B = Li$$

மேற்கண்ட சமன்பாடுகளை ஒப்பிட

$$L = \mu_\circ n^2 Al \qquad (4.10)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து மின்தூண்டலானது வரிச்சுருளின் வடிவத்தையும் (சுற்று அடர்த்தி n, குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு A, நீளம் l) மற்றும் வரிச்சுருளினுள் உள்ள ஊடகத்தையும் பொருத்து அமையும். μ_r ஒப்புமை உட்புகுதிறன் கொண்ட மின்காப்புப் பொருளால் வரிச்சுருள் நிரப்பப்பட்டால்,

$$L = \mu n^2 Al \quad \text{அல்லது} \quad L = \mu_\circ \mu_r n^2 Al$$

ஒரு மின்தூண்டியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல்:

சுற்று ஒன்றில் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தும் போது, மின்தூண்டலானது மின்னோட்டம் அதிகரிப்பதை எதிர்க்கிறது. எனவே சுற்றில் மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துவதற்கு எதிர்ப்பு விசைக்கு எதிராக புறக்காரணிகள் மூலம் வேலை செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு செய்யப்பட்ட வேலை காந்த நிலைஆற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது.

மின்தூண்டியின் மின்தடை புறக்கணிக்கத்தக்க அளவில் உள்ளதாகக் கொள்வோம். அதன் மின்தூண்டல் விளைவை மட்டும் கருதுவோம். எந்த ஒரு நேரம் t–இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon = -L\frac{di}{dt}$$

dq என்ற மின்னூட்டத்தை dt நேரத்தில் எதிர்ப்பு விசைக்கு எதிராக நகர்த்துவதற்கு செய்யப்படும் வேலை dW என்க.

$$dW = -\varepsilon dq$$
$$= -\varepsilon idt \qquad \because dq = idt$$

சமன்பாடு (4.9) இல் இருந்து ε மதிப்பைப் பிரதியிட

$$= -\left(-L\frac{di}{dt}\right)idt$$
$$dW = Lidi$$

i என்ற மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துவதற்கு செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$W = \int dW = \int_0^i Lidi = L\left[\frac{i^2}{2}\right]_o^i$$
$$W = \frac{1}{2}Li^2$$

செய்யப்பட்ட இந்த வேலை, காந்த நிலைஆற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது.

$$\therefore U_B = \frac{1}{2}Li^2 \qquad (4.11)$$

ஆற்றல் அடர்த்தி என்பது வரிச்சுருளின் உள்ளே ஓரலகு பருமனில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் ஆகும். அதன் மதிப்பு

$$u_B = \frac{U_B}{Al} \qquad \because \text{வரிச்சுருளின் பருமன்} = Al$$
$$u_B = \frac{Li^2}{2Al} = \frac{(\mu_0 n^2 Al)i^2}{2Al} \qquad \because L = \mu_0 n^2 Al$$
$$= \frac{\mu_0 n^2 i^2}{2}$$
$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0} \qquad \because B = \mu_0 ni$$

எடுத்துக்காட்டு 4.10

ஒப்புமை உட்புகுதிறன் 800 கொண்ட ஒரு இரும்பு உள்ளகத்தின் மீது 500 சுற்றுகள் கொண்ட வரிச்சுருள் ஒன்று சுற்றப்பட்டுள்ளது. வரிச்சுருளின் நீளம் மற்றும் ஆரம் முறையே 40 cm மற்றும் 3 cm ஆகும். வரிச்சுருளில் மின்னோட்டம் சுழியில் இருந்து 3Aக்கு 0.4 நொடி நேரத்தில் மாறினால், அதில் தூண்டப்பட்ட சராசரி மின்னியக்குவிசையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$N = 500$ சுற்றுகள்; $\mu_r = 800$;
$l = 40$ cm $= 0.4$ m; $r = 3$ cm $= 0.03$ m;
$di = 3 - 0 = 3$ A; $dt = 0.4$ s

தன் மின்தூண்டல் எண்

$$L = \mu n^2 Al \quad \left(\because \mu = \mu_\circ \mu_r ; A = \pi r^2 ; n = \frac{N}{l}\right)$$

$$= \frac{\mu_\circ \mu_r N^2 \pi r^2}{l}$$

$$= \frac{4 \times 3.14 \times 10^{-7} \times 800 \times 500^2 \times 3.14 \times \left(3 \times 10^{-2}\right)^2}{0.4}$$

$$L = 1.77 \text{ H}$$

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon = -L\frac{di}{dt}$$

$$= -\frac{1.77 \times 3}{0.4}$$

$$\varepsilon = -13.275 \text{ V}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.11

காற்று உள்ளகம் கொண்ட ஒரு வரிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் 4.8 mH ஆகும். அதன் உள்ளகம், இரும்பு உள்ளகமாக மாற்றப்பட்டால் அதன் தன் மின்தூண்டல் எண் 1.8 H ஆக மாறுகிறது. இரும்பின் ஒப்புமை உட்புகுத்திறனைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$$L_{காற்று} = 4.8 \times 10^{-3}\text{H}$$

$$L_{இரும்பு} = 1.8\text{H}$$

$$L_{காற்று} = \mu_\circ n^2 Al = 4.8 \times 10^{-3}\text{H}$$

$$L_{இரும்பு} = \mu n^2 Al = \mu_\circ \mu_r n^2 Al = 1.8\text{H}$$

$$\therefore \mu_r = \frac{L_{இரும்பு}}{L_{காற்று}} = \frac{1.8}{4.8 \times 10^{-3}} = 375$$

4.3.3 பரிமாற்று மின்தூண்டல் (Mutual Induction):

கம்பிச்சுருள் ஒன்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், அதனருகில் உள்ள கம்பிச்சுருளில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வு **பரிமாற்று மின்தூண்டல்** எனப்படுகிறது. இந்த தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை பரிமாற்று மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனப்படும்.

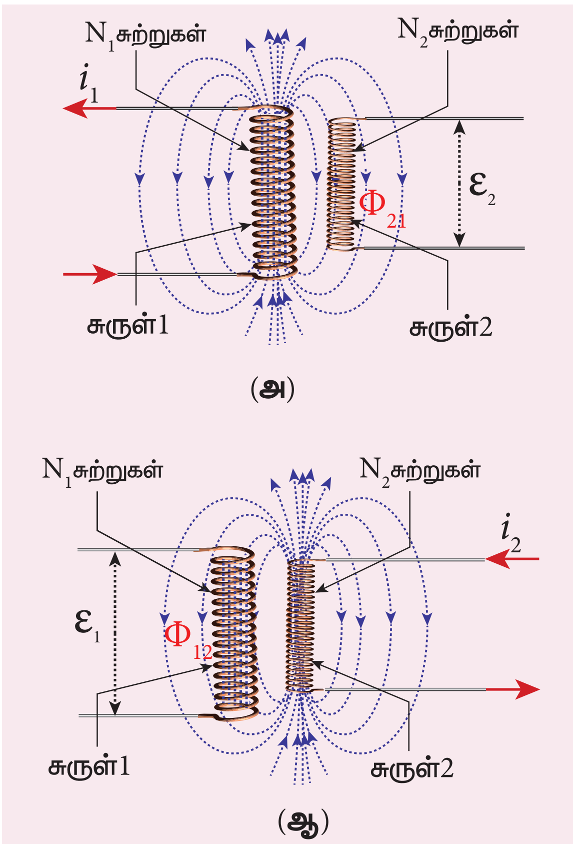
ஒன்றுக்கொன்று அருகில் வைக்கப்பட்ட இரு கம்பிச்சுருள்களைக் கருதுக. i_1 என்ற மின்னோட்டம் கம்பிச்சுருள் 1–இன் வழியே செல்லும்போது உருவாகும் காந்தப்புலமானது கம்பிச்சுருள் 2–லும் தொடர்பு கொள்கிறது (படம் 4.21 (அ)).

கம்பிச்சுருள் 1–ல் பாயும் மின்னோட்டம் காரணமாக கம்பிச்சுருள் 2–ன் ஒரு சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் Φ_{21} என்க. N_2 சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருள் 2–உடன் தொடர்பு கொண்ட மொத்த காந்தப்பாயமானது $(N_2\Phi_{21})$, கம்பிச்சுருள் 1–இல் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது.

$$N_2\Phi_{21} \propto i_1$$

$$N_2\Phi_{21} = M_{21}\, i_1 \qquad (4.12)$$

$$(\text{அல்லது})\ M_{21} = \frac{N_2\Phi_{21}}{i_1}$$



படம் 4.21 பரிமாற்று மின்தூண்டல்

இங்கு விகிதமாறிலி M_{21} என்பது கம்பிச்சுருள் 1–ஐச் சார்ந்து கம்பிச்சுருள் 2–இன் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் அல்லது பரிமாற்று மின்தூண்டல் குணகம் என அழைக்கப்படுகிறது. $i_1 = 1\text{A}$ எனில், $M_{21} = N_2\Phi_{21}$. எனவே **1A மின்னோட்டம் கம்பிச்சுருள் 1–இல் பாயும்போது, கம்பிச்சுருள் 2–இல் ஏற்படும் பாயத்தொடர்பு பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் M_{21} எனப்படும்.**

மின்னோட்டம் i_1 ஆனது நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், கம்பிச்சுருள் 2–இல் ஒரு மின்னியக்கு விசை ε_2 தூண்டப்படுகிறது.

பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதிப்படி, இந்த பரிமாற்று மின் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை ε_2 ஆனது

$$\varepsilon_2 = -\frac{d\left(N_2\Phi_{21}\right)}{dt} = -\frac{d(M_{21}i_1)}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = -M_{21}\frac{di_1}{dt}$$

$$(\text{அல்லது})\ M_{21} = \frac{-\varepsilon_2}{di_1/dt}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள எதிர்க்குறியானது, பரிமாற்று மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசை நேரத்தைப் பொருத்து மின்னோட்டம் i_1 மாறுவதை எப்போதும் எதிர்க்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. $di_1/dt = 1\text{A s}^{-1}$ எனில், $M_{21} = -\varepsilon_2$. **கம்பிச்சுருள் 1–இல் மின்னோட்டம் மாறும் வீதம் 1As^{-1} எனும் போது கம்பிச்சுருள் 2–இல் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னியக்கு விசை, பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் M_{21} எனவும் வரையறுக்கப்படுகிறது.**

இதுபோல கம்பிச்சுருள் 2–இன் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் i_2 நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், கம்பிச்சுருள் 1–இல் மின்னியக்கு விசை ε_1 தூண்டப்படுகிறது. எனவே,

$$M_{12} = \frac{N_1\Phi_{12}}{i_2} \quad \text{மற்றும்} \quad M_{12} = \frac{-\varepsilon_1}{di_2/dt}$$

இங்கு M_{12} என்பது கம்பிச்சுருள் 2–ஐச் சார்ந்து கம்பிச்சுருள் 1–இன் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் ஆகும். கொடுக்கப்பட்ட ஒரு சோடி கம்பிச்சுருள்களுக்கு பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் சமமாகும். அதாவது

$$M_{21} = M_{12} = M$$

பொதுவாக இரு கம்பிச்சுருள்களுக்கிடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டலானது கம்பிச் சுருள்களின் அளவு, வடிவம், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை, அவற்றின் சார்பு அமைப்புமுறை மற்றும் ஊடகத்தின் உட்புகுத்திறன் ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது.

பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணின் அலகு:

பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணின் அலகும் ஹென்றி (H) ஆகும்.

$i_1 = 1\text{A}$ மற்றும் $N_2\Phi_{21} = 1$ வெபர்–சுற்றுகள் எனில், $M_{21} = 1\text{H}$.

எனவே, **கம்பிச்சுருள் ஒன்றில் பாயும் 1 A மின்னோட்டம் அருகில் உள்ள கம்பிச்சுருளில் ஓரலகு பாயத் தொடர்பை உருவாக்கினால், கம்பிச்சுருள்களுக்கு இடையிலான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் ஒரு ஹென்றி ஆகும்.**

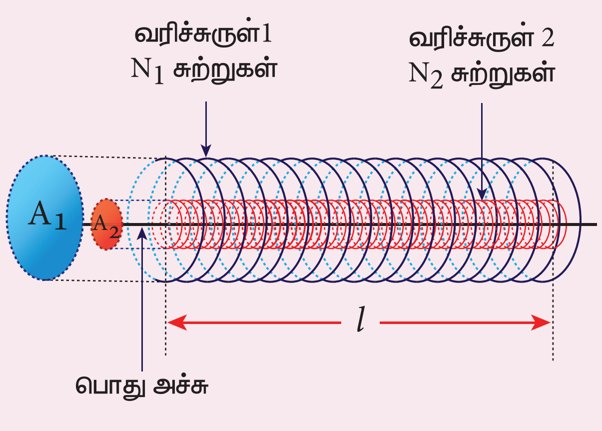
$di_1/dt = 1\text{As}^{-1}$ மற்றும் $\varepsilon_2 = -1\text{ V}$ எனில், $M_{21} = 1\text{H}$.

எனவே, **கம்பிச்சுருள் ஒன்றில் மின்னோட்டம் மாறும் வீதம் 1As^{-1} எனும் போது அருகில் உள்ள கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னியக்குவிசை 1V என அமையுமானால், கம்பிச்சுருள்களுக்கு இடையிலான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் ஒரு ஹென்றி ஆகும்.**

4.3.4 இரு நீண்ட பொது அச்சு கொண்ட வரிச்சுருள்களுக்கிடையே பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்:

சமநீளம் l கொண்ட இரண்டு பொது–அச்சு வரிச்சுருள்களைக் கருதுக. வரிச்சுருள்களின் ஆரங்களுடன் ஒப்பிடும் போது அவற்றின் நீளம் அதிகமாதலால், வரிச்சுருள்களுக்கு உட்புறம் உருவாகும் காந்தப்புலம் சீரானதாக அமையும். மேலும் முனைகளில் ஏற்படும் சீரற்ற காந்தப்புல விளைவு (fringing effect) புறக்கணிக்கத்தக்கது எனக்கொள்வோம். படம் 4.22 இல் காட்டியுள்ளவாறு A_1 மற்றும் A_2 என்பன வரிச்சுருள்களின்

குறுக்குவெட்டுப்பரப்புகள் என்க. A_2 –ஐ விட A_1 பெரியது என்போம். இவற்றின் சுற்று அடர்த்திகள் முறையே n_1 மற்றும் n_2 ஆகும்.



படம் 4.22 இரு நீண்ட பொது அச்சு கொண்ட வரிச்சுருள்களின் பரிமாற்று மின்தூண்டல்

வரிச்சுருள் 1–இன் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் i_1 என்க. அதனுள் உருவாகும் காந்தப்புலம்

$$B_1 = \mu_\circ \, n_1 \, i_1$$

வரிச்சுருள் 2–இன் பரப்பு வழியே செல்லும் $\vec{B_1}$ –இன் காந்தபுலக்கோடுகள் அதன் ஒவ்வொரு சுற்றுடனும் தொடர்பு கொள்கிறது. வரிச்சுருள் 2–இல் ஒரு சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம்

$$\Phi_{21} = \int_{A_2} \vec{B_1}.d\vec{A} = B_1 A_2 \quad \text{ஏனெனில் } \theta = 0^\circ$$
$$= \left(\mu_\circ n_1 i_1\right) A_2$$

வரிச்சுருள் 2–இல் உள்ள N_2 சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் அல்லது மொத்த காந்தப்பாயத் தொடர்பு

$$N_2\Phi_{21} = (n_2 l)\left(\mu_\circ n_1 i_1\right) A_2 \quad \text{ஏனெனில் } N_2 = n_2 l$$
$$N_2\Phi_{21} = (\mu_\circ n_1 n_2 A_2 l) i_1$$

நமக்குத் தெரியும் $N_2\Phi_{21} = M_{21} i_1$. மேற்கண்ட சமன்பாடுகளை ஒப்பிட

$$M_{21} = \mu_\circ n_1 n_2 A_2 l \qquad (4.13)$$

இதுவே வரிச்சுருள் 1–ஐப் பொருத்து வரிச்சுருள் 2–இன் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணிற்கான (M_{21}) கோவை ஆகும். இதுபோன்றே கீழ்கண்டவாறு வரிச்சுருள் 2–ஐப் பொருத்து வரிச்சுருள் 1–இன் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் M_{12}–ஐக் காணலாம்.

வரிச்சுருள் 2–இன் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் i_2 எனில், அதனுள் உருவாக்கும் காந்தப்புலம்

$$B_2 = \mu_\circ n_2 i_2$$

இந்த காந்தப்புலம் B_2 வரிச்சுருள் 2–ன் உள்புறம் சீராகவும், வெளிப்புறம் ஏறக்குறைய சுழியாகவும் இருக்கும். எனவே, வரிச்சுருள் 1–இல் காந்தப்புலம் B_2 உள்ள விளைவுப்பரப்பு (effective area) A_2 ஆகும். பரப்பு A_1 அல்ல. வரிச்சுருள் 1–இல் ஒரு சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம்

$$\Phi_{12} = \int_{A_2} \vec{B_2} \cdot d\vec{A} = B_2 A_2 = \left(\mu_\circ n_2 i_2\right) A_2$$

வரிச்சுருள் 1–இல் உள்ள N_1 சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் அல்லது மொத்த காந்தப்பாயத் தொடர்பு

$$N_1\Phi_{12} = \left(n_1 l\right)\left(\mu_\circ n_2 i_2\right) A_2 \qquad \therefore N_1 = n_1 l$$
$$N_1\Phi_{12} = (\mu_\circ n_1 n_2 A_2 l) i_2$$

$N_1\Phi_{12} = M_{12} i_2$ என்பதால், நாம் பெறுவது

$$M_{12} = \mu_\circ n_1 n_2 A_2 l \qquad (4.14)$$

சமன்பாடு (4.13) மற்றும் (4.14) இல் இருந்து நாம் இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$M_{12} = M_{21} = M \qquad (4.15)$$

பொதுவாக இரு நீண்ட பொது–அச்சு வரிச்சுருள்களுக்கு இடையேயான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் ஆனது

$$M = \mu_\circ n_1 n_2 A_2 l \qquad (4.16)$$

ஒப்புமை உட்புகுதிறன் μ_r கொண்ட மின்காப்பு ஊடகம் வரிச்சுருள்களுக்கு உட்புறம் இருந்தால்,

$$M = \mu n_1 n_2 A_2 l \qquad \text{(அல்லது)}$$
$$M = \mu_\circ \mu_r n_1 n_2 A_2 l$$

எடுத்துக்காட்டு 4.12

முதலாவது கம்பிச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் 2 A இல் இருந்து 10 A ஆக 0.4 விநாடியில் மாறுகிறது. இரண்டாவது கம்பிச்சுருளில் 60 mV மின்னியக்கு விசை தூண்டப்பட்டால், இரு கம்பிச்சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் காண்க. மேலும் முதலாவது கம்பிச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் 4 A இல் இருந்து 16 A ஆக 0.03 விநாடியில் மாறும்போது, இரண்டாவது கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடுக. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பை மட்டும் கருதுக.

தீர்வு:

நேர்வு (i) :

$$di_1 = 10 - 2 = 8\text{ A};\ dt = 0.4\text{ s};$$
$$\varepsilon_2 = 60\times10^{-3}\text{ V}$$

நேர்வு (ii) :

$$di_1 = 16 - 4 = 12\text{ A};\qquad dt = 0.03\text{ s}$$

(i) கம்பிச்சுருள்கள் இடையேயான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்

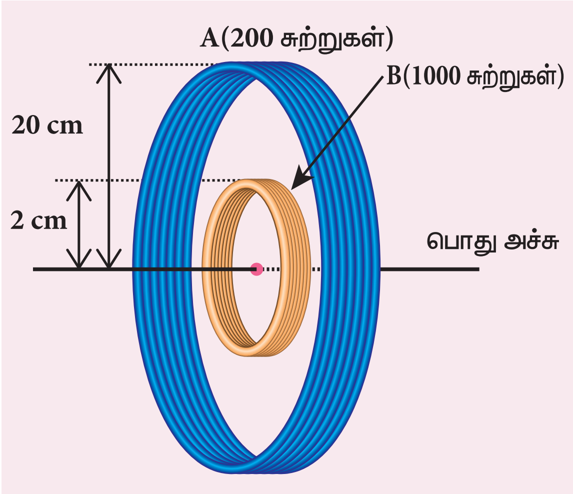
$$M = \frac{\varepsilon_2}{di_1/dt} = \frac{60\times10^{-3}\times0.4}{8}$$
$$M = 3\times10^{-3}\text{ H}$$

(ii) முதல் கம்பிச்சுருளில் மின்னோட்டம் மாறும் வீதத்தால் இரண்டாவது கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon_2 = M\frac{di_1}{dt} = \frac{3\times10^{-3}\times12}{0.03}$$
$$\varepsilon_2 = 1.2\text{ V}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.13

படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு, இரண்டு ஒரு–தள, பொது–அச்சு கொண்ட வட்ட கம்பிச்சுருள்கள் A மற்றும் B–ஐக் கருதுக. கம்பிச்சுருள் A–இன் ஆரம் 20 cm மற்றும் கம்பிச்சுருள் B–இன் ஆரம் 2 cm ஆகும். கம்பிச்சுருள்கள் A மற்றும் B–இல் உள்ள சுற்றுகள் முறையே 200 மற்றும் 1000 ஆகும். கம்பிச்சுருள்கள் இடையேயான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடுக. கம்பிச்சுருள் A–இல் உள்ள மின்னோட்டம் 2 A இல் இருந்து 6 A ஆக 0.04 விநாடியில் மாறினால், கம்பிச்சுருள் B–இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை மற்றும் அந்தக் கணத்தில் கம்பிச்சுருள் B வழியேயான காந்தப்பாயம் மாறும் வீதம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.



தீர்வு:

$$N_A = 200\text{ சுற்றுகள்};\quad N_B = 1000\text{ சுற்றுகள்};$$
$$r_A = 20\times10^{-2}\text{ m};\quad r_B = 2\times10^{-2}\text{ m};$$
$$dt = 0.04\text{ s};\quad di_A = 6-2 = 4\text{A}$$

கம்பிச்சுருள் A–இல் பாயும் மின்னோட்டம் i_A என்க. வட்ட கம்பிச்சுருள் A–இன் மையத்தில் உள்ள காந்தப்புலம் B_A ஆனது

$$B_A = \frac{\mu_\circ N_A i_A}{2r_A} = \frac{4\pi\times10^{-7}N_A i_A}{2r_A}$$
$$= \frac{10^{-7}\times2\times3.14\times200}{20\times10^{-2}}\times i_A$$
$$= 6.28\times10^{-4}\,i_A\ \text{Wb m}^{-2}$$

கம்பிச்சுருள் B–இன் காந்தப்பாயத்தொடர்பு

$$N_B\Phi_B = N_B B_A A_B$$
$$= 1000\times6.28\times10^{-4}\times i_A\times3.14\times\left(2\times10^{-2}\right)^2$$
$$= 7.89\times10^{-4}\,i_A\ \text{Wb turns}$$

கம்பிச்சுருள்கள் இடையேயான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்

$$M = \frac{N_B \Phi_B}{i_A} = 7.89 \times 10^{-4}\,\mathrm{H}$$

கம்பிச்சுருள் B–இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை

$$\varepsilon_B = -M\frac{di_A}{dt}$$

$$\varepsilon_B = \frac{7.89 \times 10^{-4} \times (6-2)}{0.04}$$

(எண்மதிப்பை மட்டும் கருத)

$$\varepsilon_B = 78.9\,\mathrm{mV}$$

கம்பிச்சுருள் B–இல் காந்தப்பாயம் மாறும் வீதம்

$$\frac{d(N_B \Phi_B)}{dt} = \varepsilon_B = 78.9\ \mathrm{m\,Wb\,s^{-1}}$$

4.4 தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையை உருவாக்கும் முறைகள்

4.4.1 அறிமுகம்

மின்னியக்குவிசை என்பது ஒரு மின்சுற்றின் வழியாக மின்னூட்டத்தைச் செலுத்தக்கூடிய ஆற்றல் மூலத்தின் பண்பாகும். உண்மையில் இது ஒரு விசையல்ல என்பதை நாம் ஏற்கனவே அறிந்துள்ளோம். இது, முழுச்சுற்றின் வழியாக ஓரலகு மின்னூட்டத்தை நகர்த்துவதற்குச் செய்யப்பட்ட வேலையாகும். $\mathrm{J\,C^{-1}}$ அல்லது வோல்ட் என்ற அலகினால் அளக்கப்படுகிறது.

மின்னியக்கு விசையை அளிக்கக்கூடிய ஆற்றல் மூலங்களின் சில எடுத்துக்காட்டுகள் வருமாறு: மின் வேதிகலன்கள், வெப்ப மின்சாதனங்கள், சூரிய ஒளிக்கலன்கள் மற்றும் மின்னியற்றிகள் ஆகும். இவற்றில் பெரிய அளவிலான மின் உற்பத்திக்கு திறன் மிகுந்த இயந்திரங்களான மின்னியற்றிகள் பயன்படுகின்றன.

பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதியின்படி, ஒரு சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தில் மாற்றம் ஏற்பட்டால் அச்சுற்றில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இந்த மின்னியக்கு விசை தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனப்படும். தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண் மதிப்பானது

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{அல்லது})$$

$$\varepsilon = \frac{d}{dt}(BA\cos\theta) \qquad (4.17)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து கீழ்கண்ட ஏதேனும் ஒரு வழியில் காந்தப்பாயத்தை மாற்றி, மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கலாம் என்பது தெளிவாகிறது.

(i) காந்தப்புலத்தை (B) மாற்றுவதன் மூலம்

(ii) கம்பிச்சுருளின் பரப்பை (A) மாற்றுவதன் மூலம் மற்றும்

(iii) காந்தப்புலத்தைச் சார்ந்த கம்பிச்சுருளின் திசையமைப்பை (θ) மாற்றுவதன் மூலம்

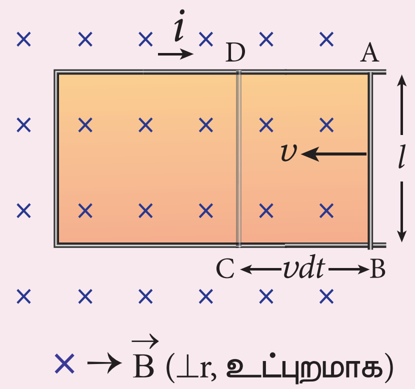
4.4.2 காந்தப்புலத்தை மாற்றுவதன் மூலம் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையை உருவாக்குதல்

பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் பரிசோதனையில் இருந்து ஒரு சுற்றின் வழியே செல்லும் காந்தப்புலத்தின் பாயத்தை மாற்றுவதன் மூலம் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது என கண்டறியப்பட்டது. காந்தப்பாய மாற்றமானது (i) மின் சுற்று மற்றும் காந்தத்திற்கு இடையே உள்ள சார்பு இயக்கம் (முதல் சோதனை) (ii) அருகில் உள்ள சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தை மாற்றுதல் (இரண்டாவது சோதனை) ஆகியவற்றால் மேற்கொள்ளப்படுகிறது.

4.4.3 கம்பிச்சுருளின் பரப்பை மாற்றுவதன் மூலம் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையை உருவாக்குதல்

படம் 4.23–இல் காட்டியுள்ளவாறு l நீளமுள்ள கடத்தும் தண்டு ஒரு பொருத்தப்பட்ட செவ்வக உலோகச் சட்டத்தில் v திசைவேகத்தில் இடதுபுறமாக நகர்வதாகக் கொள்க. இந்த மொத்த அமைப்பும் $\vec{B}$ என்ற சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் காந்தப்புலக்கோடுகள் தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக, உள்நோக்கிய திசையில் உள்ளன.

தண்டானது AB–இல் இருந்து DC–க்கு dt நேரத்தில் நகரும்போது சட்டம் உள்ளடக்கிய பரப்பு குறைகிறது. அதனால் சட்டத்தின் வழியேயான காந்தப்பாயமும் குறைகிறது.



படம் 4.23 சட்டம் உள்ளடக்கிய பரப்பை மாற்றுவதன் மூலம் மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டுதல்

dt நேரத்தில் ஏற்படும் காந்தப்பாய மாற்றம்

$d\Phi_B = B\times$ பரப்பில் ஏற்படும் மாற்றம் (dA)

$= B\times$ பரப்பு $ABCD$

பரப்பு $ABCD = l(vdt)$ ஆகையால்,

$d\Phi_B = Blvdt$ (அல்லது)

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = Blv$$

காந்தப்பாய மாற்றம் காரணமாக சட்டத்தில் மின்னியக்குவிசை தூண்டடப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\varepsilon = Blv \qquad (4.18)$$

இந்த மின்னியக்குவிசை **இயக்க மின்னியக்குவிசை** எனப்படும். ஏனெனில் இது காந்தப்புலத்தில் தண்டின் இயக்கத்தால் உருவானதாகும். பிளமிங் வலக்கை விதியிலிருந்து தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசை வலஞ்சுழியாக உள்ளது என அறியலாம்.

R என்பது சுற்றின் மின்தடை எனில், தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம்

$$i = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$i = \frac{Blv}{R} \qquad (4.19)$$

ஆற்றல் மாறாநிலை:

செங்குத்து காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோட்டம் தாங்கிய நகரக்கூடிய தண்டு AB மீது விசை $\vec{F}_B$ செயல்படுகிறது. இவ்விசை தண்டின் இயக்கத்திற்கு எதிர்த்திசையில் வெளிப்புறமாக செயல்படுகிறது. இவ்விசையானது

$$\vec{F}_B = i\,\vec{l}\times\vec{B} = ilB\sin\theta$$

$= ilB$ ஏனெனில் $\theta = 90°$

$\vec{v}$ என்ற மாறா திசைவேகத்தில் தண்டினை நகர்த்துவதற்கு, காந்தவிசைக்கு சமமான மாறா விசை ஒன்று எதிர்த்திசையில் செலுத்தப்படவேண்டும்.

$$|\vec{F}_{app}| = |\vec{F}_B| = ilB$$

எனவே தண்டினை நகர்த்துவதற்கு வெளிப்புற விசையினால் இயந்திரவேலை செய்யப்படுகிறது. வேலை செய்யப்படும் வீதம் அல்லது திறன்

$P = \vec{F}_{app}\cdot\vec{v} = F_{app}\,v\cos\theta$ இங்கு $\theta = 0°$

$$= ilBv$$

$$= \left(\frac{Blv}{R}\right) lBv$$

$$P = \frac{B^2l^2v^2}{R} \qquad (4.20)$$

தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் சுற்றில் பாயும்போது ஜூல் வெப்பமாதல் நடைபெறுகிறது. சுற்றில் வெப்ப ஆற்றல் வெளிப்படும் வீதம் அல்லது வெளிப்படும் திறன்

$$P = i^2R$$

$$P = \left(\frac{Blv}{R}\right)^2 R$$

$$P = \frac{B^2l^2v^2}{R} \qquad (4.21)$$

இந்த சமன்பாடானது சமன்பாடு (4.20) போலவே அமைந்துள்ளது. எனவே தண்டினை நகர்த்துவதற்கு செய்யப்படும் இயந்திர ஆற்றலானது

மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. பின்னர் சுற்றில் உருவாகும் வெப்ப ஆற்றலாக தோன்றுகிறது. ஆற்றல் மாறா விதியின்படி இந்த ஆற்றல் மாற்றம் அமைந்துள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 4.14

சீரான காந்தப்புலம் 0.4 T இல் 0.03 m^2 பரப்பு கொண்ட வட்ட உலோகவட்டு ஒன்று சுழலுகிறது. சுழற்சி அச்சானது வட்டின் மையம் வழியாகவும் அதன் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் அமைந்துள்ளது. மேலும் சுழற்சி அச்சானது காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு இணையாக உள்ளது. வட்டு ஒரு விநாடி நேரத்தில் 20 சுழற்சிகளை நிறைவு செய்கிறது. வட்டின் மின்தடை 4 Ω எனில், அதன் அச்சுக்கும் விளிம்புக்கும் இடையே தூண்டப்படும் மின்னியக்குவிசை மற்றும் வட்டில் பாயும் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$A = 0.03\ m^2;\ B = 0.4\ T;\ f = 20\ rps;\ R = 4\ \Omega$

ஒரு வினாடி நேரத்தில் வட்டு ஏற்படுத்திய பரப்பு

= வட்டின் பரப்பு × அதிர்வெண்

$$\frac{dA}{dt} = 0.03 \times 20$$

$$= 0.6\ m^2$$

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு,

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d(BA)}{dt} = B\frac{dA}{dt}$$

$$\varepsilon = \frac{0.4 \times 0.6}{1} = 0.24\ V$$

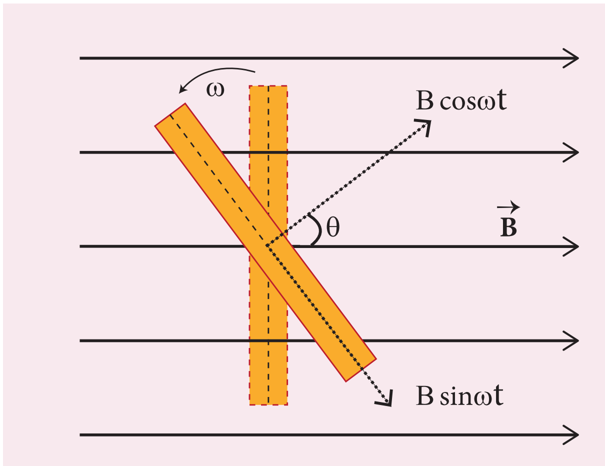
தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம், $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.24}{4} = 0.06\ A$

குறிப்பு

கம்பிச்சுருளுக்கும் காந்தப்புலத்திற்கும் இடையே உள்ள சார்பு திசையமைப்பை மாற்றுவதன் மூலம் மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கலாம். இதனை காந்தப்புலத்தில் கம்பிச்சுருளை சுழற்றியோ அல்லது நிலையான கம்பிச்சுருளுக்குள் காந்தப்புலத்தை சுழற்றியோ சாத்தியமாக்கலாம். இங்கு சுழலும் கம்பிச்சுருள் வகை கருதப்படுகிறது.

4.4.4 காந்தப்புலத்தைச் சார்ந்து கம்பிச்சுருளின் சார்புத் திசையமைப்பை மாற்றுவதன் மூலம் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையை உருவாக்குதல்

படம் 4.24–இல் காட்டியுள்ளவாறு B என்ற சீரான காந்தப்புலத்தில் N சுற்றுகள் கொண்ட செவ்வக கம்பிச்சுருள் ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுக. கம்பிச்சுருளானது புலம் மற்றும் தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ள அச்சைப் பொருத்து ω என்ற கோணத்திசைவேகத்துடன் இடஞ்சுழியாகச் சுழலுகிறது.



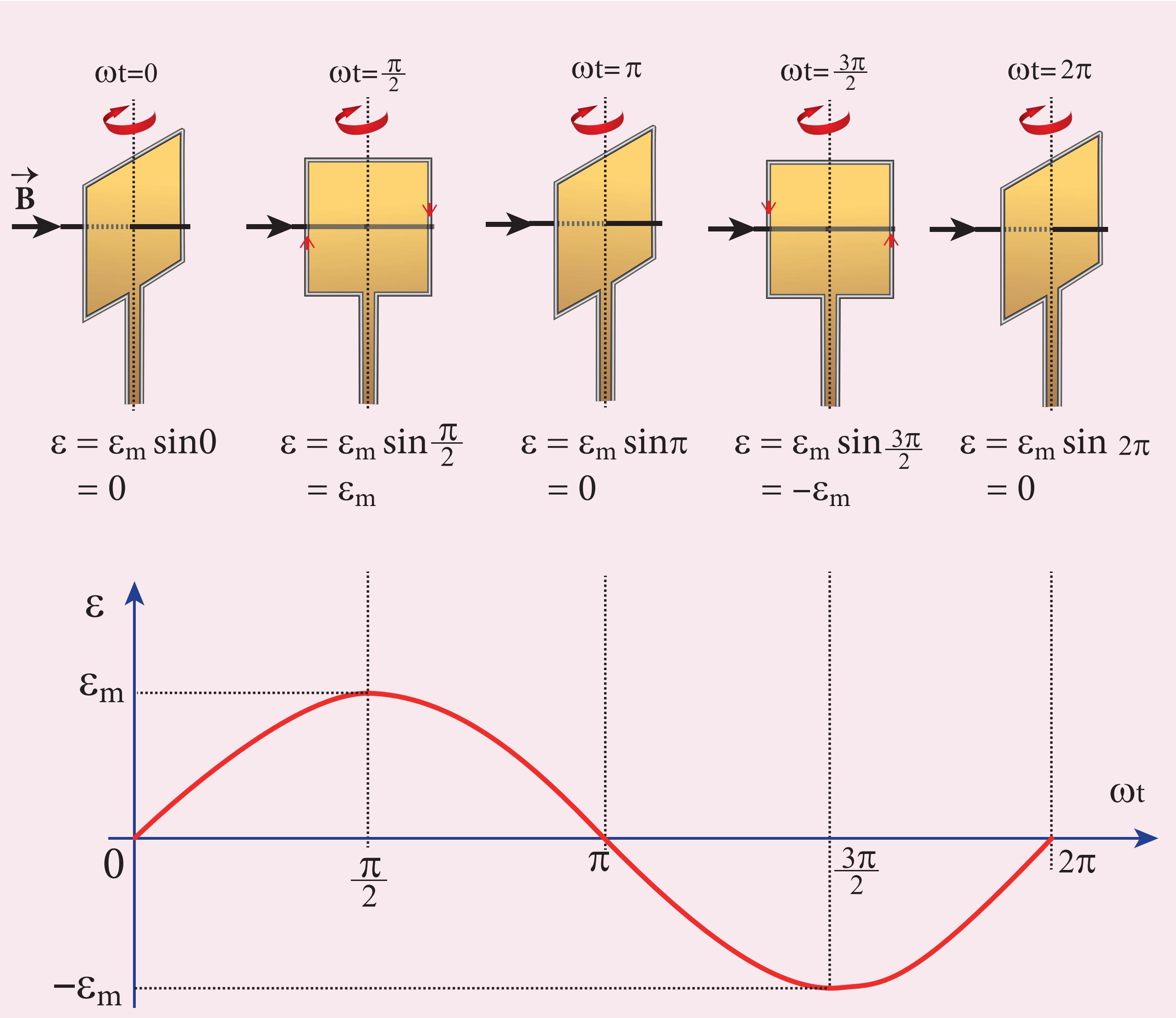
படம் 4.24 கம்பிச்சுருள் $\theta = \omega t$ என்ற கோணம் சுழற்றப்பட்டுள்ளது

நேரம் $t = 0$ எனும்போது, சுருளின் தளம் புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட பாயம் அதன் பெரும மதிப்பு $\Phi_m = NBA$ ஐக் கொண்டிருக்கும் (இங்கு A என்பது சுருளின் பரப்பு ஆகும்).

t வினாடி நேரத்தில், கம்பிச்சுருள் இடஞ்சுழியாக θ (= ωt) என்ற கோணம் சுழற்றப்படுகிறது. இந்த நிலையில், தொடர்பு கொண்ட பாயமானது $NBA \cos\omega t$ –ஆக இருக்கும். இது சுருளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ள $\vec{B}$ –இன் கூறு மூலம் ஏற்படுகிறது. தளத்திற்கு இணையான கூறு ($B \sin \omega t$) மின் காந்தத்தூண்டலில் பங்கேற்ப தில்லை. எனவே, விலக்கப்பட்ட நிலையில் கம்பிச்சுருளின் பாயத்தொடர்பு

$$N\Phi_B = NBA\cos\theta = NBA\cos\omega t$$

பாரடேயின் விதிப்படி, அந்தக் கணத்தில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை



படம் 4.25 *ωt* –யைப் பொருத்து தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை மாறுபடுதல்

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}(N\Phi_B) = -\frac{d}{dt}(NBA\cos\omega t)$$
$$= -NBA(-\sin\omega t)\omega$$
$$= NBA\omega\sin\omega t$$

கம்பிச்சுருளானது அதன் தொடக்க நிலையிலிருந்து 90° சுழற்றப்பட்டால், $\sin\omega t = 1$. எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் பெரும மதிப்பு

$$\varepsilon_m = NBA\omega$$

எனவே எந்தவொரு கணத்திலும் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையானது

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\omega t \qquad (4.22)$$

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையானது நேரக்கோணத்தின் (ωt) சைன் சார்பாக மாறுவதைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை மற்றும் நேரக்கோணத்திற்கு இடையேயான வரைபடம் ஒரு சைன் வளைகோடாக அமையும் (படம் 4.25). இந்த வகையில் மாறும் மின்னியக்குவிசை **சைன் வடிவ மின்னியக்குவிசை** அல்லது **மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை** எனப்படும்.

இந்த மாறுதிசை மின்னியக்குவிசை ஒரு மூடிய சுற்றுக்கு அளிக்கப்பட்டால், சைன் வளைகோடு வடிவில் மாறுகின்ற மின்னோட்டம் அதில் பாய்கிறது. இந்த மின்னோட்டம் **மாறுதிசை மின்னோட்டம்** எனப்படும். அதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$i = I_m \sin\omega t \qquad (4.23)$$

இங்கு I_m என்பது தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு 4.15

600 சுற்றுகள் மற்றும் 70 cm^2 பரப்பு கொண்ட செவ்வக கம்பிச்சுருள் ஒன்று 0.4 T என்ற காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தான அச்சைப் பொருத்து சுழலுகிறது. கம்பிச்சுருள் நிமிடத்திற்கு 500 சுழற்சிகள் நிறைவு செய்தால், கம்பிச்சுருளின் தளமானது (i) புலத்திற்கு குத்தாக (ii) புலத்திற்கு இணையாக மற்றும் (iii) புலத்துடன் 60° கோணம் சாய்வாக உள்ளபோது தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$A = 70 \times 10^{-4} m^2$; $N = 600$ சுற்றுகள்

$B = 0.4$ T; $f = 500$ சுழற்சிகள் / நிமிடம்

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t$$

ஏனெனில் $\varepsilon_m = N\Phi_m \omega = N(BA)(2\pi f)$

$$\varepsilon = NBA \times 2\pi f \times \sin \omega t$$

(i) $\omega t = 0^\circ$ எனில்

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 0 = 0$$

(ii) $\omega t = 90^\circ$ எனில்

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 90^\circ = NBA \times 2\pi f \times 1$$

$$= 600 \times 0.4 \times 70 \times 10^{-4} \times 2 \times \frac{22}{7} \times \left(\frac{500}{60}\right)$$

$$= 88 \text{ V}$$

(iii) $\omega t = 90° - 60° = 30°$ எனில்

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin 30^\circ = 88 \times \frac{1}{2} = 44 \text{ V}$$

4.5 மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி (AC GENERATOR)

4.5.1 அறிமுகம்

மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி (*AC* மின்னியற்றி) அல்லது மின்னாக்கி என்பது ஆற்றல் மாற்றம் செய்யும் கருவியாகும். இது கம்பிச்சுருள் அல்லது புலக்காந்தத்தை சுழற்றுவதற்கு பயன்படும் இயந்திர ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றுகிறது. இல்லங்கள் மற்றும் தொழிற்சாலைகளில் பயன்படும் பெரிய அளவிலான மின்திறனை மின்னியற்றி உற்பத்தி செய்கிறது. படம் 4.26 இல் *AC* மின்னியற்றி மற்றும் அதன் பாகங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

படம் 4.26 AC மின்னியற்றி மற்றும் அதன் பாகங்கள்

4.5.2 தத்துவம்

மின்காந்தத்தூண்டல் விதிப்படி மின்னாக்கிகள் வேலைசெய்கின்றன. கடத்திக்கும், காந்தப்புலத்திற்கும் இடையிலான சார்பு இயக்கம் கடத்தியுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தை மாற்றுகிறது.

இதனால் கடத்தியில் மின்னியக்குவிசையானது தூண்டப்படுகிறது. இந்த மின்னியக்குவிசையின் எண்மதிப்பை பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதியில் இருந்தும், அதன் திசையை பிளமிங் வலக்கை விதியில் இருந்தும் அறியலாம்.

குறிப்பு

காந்தப்புலத்தில் கம்பிச்சுருளை ஒன்றைச் சுழற்றியோ அல்லது நிலையான கம்பிச்சுருளுக்குள் காந்தப்புலத்தை சுழற்றியோ மாறுதிசை மின்னியக்குவிசையானது உருவாக்கப்படுகிறது. இவற்றில் முதல் வகை சிறிய AC மின்னியற்றிகளிலும், இரண்டாம் வகை பெரிய AC மின்னியற்றிகளிலும் பயன்படுகின்றன. பெரும்பாலான மின்திறன் உற்பத்தி நிலையங்களில் சுழலும் காந்தப்புலம் வகையே பயன்படுத்தப்படுகிறது.

4.5.3 அமைப்பு

மின்னியற்றியானது நிலையி (Stator) மற்றும் சுழலி (Rotor) என இரு பெரும் பாகங்களைக் கொண்டுள்ளது. அவற்றின் பெயருக்கேற்றபடி நிலையி நிலையாகவும், சுழலி சுழன்று கொண்டும் உள்ளன. வணிகரீதியிலான மின்னாக்கிகளில் சுருளிச் சுற்று (Armature winding) நிலையியிலும், புலக்காந்தமானது (Field magnet) சுழலியிலும் பொருத்தப்படுகின்றன.

i) நிலையி (Stator)

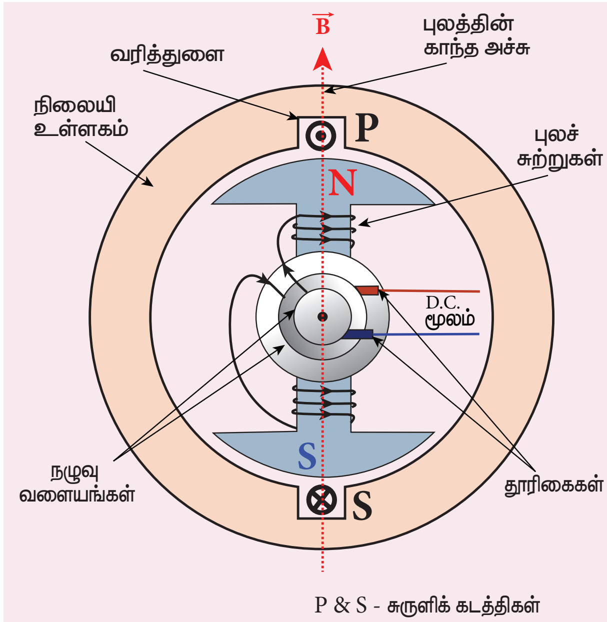
சுருளிச் சுற்று பொருத்தப்பட்டுள்ள நிலையான பகுதி நிலையி எனப்படும். அது நிலையி உள்ளகம் மற்றும் சுருளிச் சுற்று ஆகிய இரண்டு பாகங்களைக் கொண்டுள்ளது.

நிலையி உள்ளகம் அல்லது சுருளி உள்ளகம் இரும்பு அல்லது எஃகு உலோகக் கலவையில் ஆன உள்ளீடற்ற உருளையாகும். சுழல் மின்னோட்ட இழப்புகளைக் குறைப்பதற்கு காப்பிடப்பட்ட தகடுகளால் உள்ளகம் கட்டப்படுகிறது. சுருளிச் சுற்றுகளை பொருத்தும் வகையில் உள்ளகத்தின் உட்புறமாக வரித்துளைகள் (Slots) வெட்டப்பட்டுள்ளன.

நிலையி உள்ளகத்தில் உள்ள வரித்துளைகளில் அமைந்துள்ள கம்பிச்சுருள்கள், சுருளிச் சுற்றுகள் எனப்படும் (படம் 4.27).

ii) சுழலி (Rotor)

சுழலியானது காந்தப்புல கம்பிச்சுற்றுகளைக் (Magnetic field winding) கொண்டுள்ளது.



படம் 4.27 நிலையி உள்ளகம், சுருளிச் சுற்று மற்றும் 2 – துருவச் சுழலி

4688DX

நேர்த்திசை மின்னோட்டமூலம் (DC source) ஒன்றினால் கம்பிச்சுற்றுகளில் காந்தப்புலம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. காந்தப்புல கம்பிச்சுற்றுகளின் முனைகள் ஒரு சோடி நழுவு வளையங்களுடன் இணைக்கப்பட்டு, சுழலி சுழலக்கூடிய தண்டுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். நழுவு வளையங்கள் சுழலியுடன் சேர்ந்து சுழலுகின்றன. நேர்த்திசை மின்னோட்டமூலம் மற்றும் காந்தப்புல கம்பிச்சுற்றுகள் இடையே இணைப்பை ஏற்படுத்த நழுவு வளையங்களின் மீது தொடர்ச்சியாக நழுவிச்செல்லும் இரு தூரிகைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. (படம் 4.27)-ல் 2–துருவச் சுழலி கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

ஒரு–கட்ட மற்றும் மூன்று–கட்ட மின்னியற்றிகளின் அமைப்பு, வேலை செய்யும் விதம் ஆகியவற்றைப் பார்ப்போம்.

4.5.4 நிலையான சுருளிச் சுற்று – சுழலும் புல மின்னியற்றியின் நன்மைகள்

பொதுவாக மின்னியற்றிகள் அதிக மின்னோட்டம் மற்றும் அதிக மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்டுள்ள இயந்திரங்கள் ஆகும். நிலையான சுருளிச் சுற்று–சுழலும் புல அமைப்பு பல நன்மைகளைக் கொண்டது. அவற்றில் சில வருமாறு.

1) தூரிகைத் தொடர்புகளைப் பயன்படுத்தாமல், மின்னோட்டமானது நேரடியாக நிலையி பகுதியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள முனைகளில் இருந்து பெறப்படுகிறது.

2) நிலையான சுருளிச் சுற்றை மின்காப்பு செய்வது எளிமையானதாகும்.

3) நழுவும் தொடர்புகளின் (நழுவு வளையங்கள்) எண்ணிக்கை குறைக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும் நழுவும் தொடர்புகள் குறைந்த மின்னழுத்த நேர்த்திசை மின்னோட்ட மூலத்திற்கு மட்டுமே பயன்படுகின்றன.

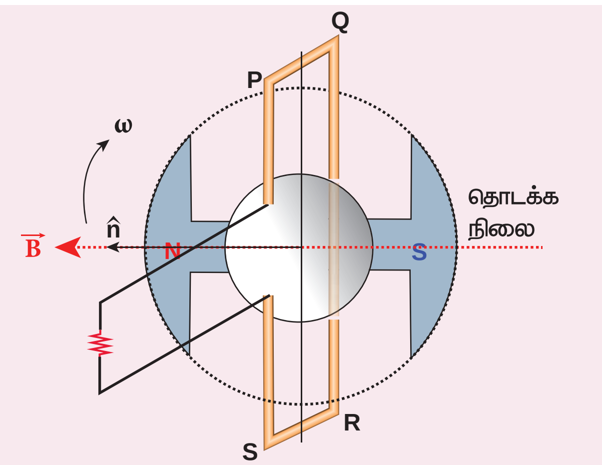
4) சுருளிச் சுற்றுகள் இயந்திரவியல் தகைவின் காரணமாக உருக்குலைவதைத் தடுக்கும் வகையில் அதிக உறுதியாக அமைக்க முடியும்.

4.5.5 ஒரு–கட்ட மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி

ஒரு–கட்ட *AC* மின்னியற்றியில், சுருளிச் சுற்றுகள் தொடர் இணைப்பில் ஒரே சுற்றாக அமைக்கப்பட்டு ஒரு–கட்ட மின்னியக்குவிசை உருவாக்கப்படுகிறது. எனவே இது ஒரு–கட்ட மின்னாக்கி எனப்படுகிறது.

எளிய வகை *AC* மின்னியற்றியில் ஒரு சுற்று கொண்ட செவ்வகச்சுற்று *PQRS*, நிலையி உட்புறத்தில் பொருத்தப்படுகிறது. நிலையி உள்ளே புலச்சுற்றுகள் தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தான அச்சைப் பொருத்து சுழலுமாறு அமைக்கப்படுகிறது

சுற்று *PQRS* நிலையாகவும் மற்றும் தாளின் தளத்திற்கு குத்தாகவும் உள்ளது. புலச் சுற்றுகள் வழியே மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டால், அதனைச் சுற்றி காந்தப்புலம் உருவாக்கப்படுகிறது. வெளிப்புற இயக்கியால் புலக்காந்தமானது வலஞ்சுழியாக சுழற்றப்படுவதாகக் கொள்க (படம் 4.28).



படம் 4.28 தொடக்க நிலையில் PQRS கம்பிச் சுற்று மற்றும் புலக்காந்தம்

புலக்காந்தத்தின் தொடக்கநிலை கிடைமட்டமாக உள்ளதாகக் கருதுக. அந்த கணத்தில், காந்தப்புலத்தின் திசை *PQRS* சுற்றின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசை சுழியாகும் (பகுதி 4.4 இல் நேர்வு (iii) ஐக் காண்க). இது, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை மற்றும் நேரக்கோணம் இடையேயான வரைபடத்தில் தொடக்கப்புள்ளி *O* – ஆல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது (படம் 4.29).

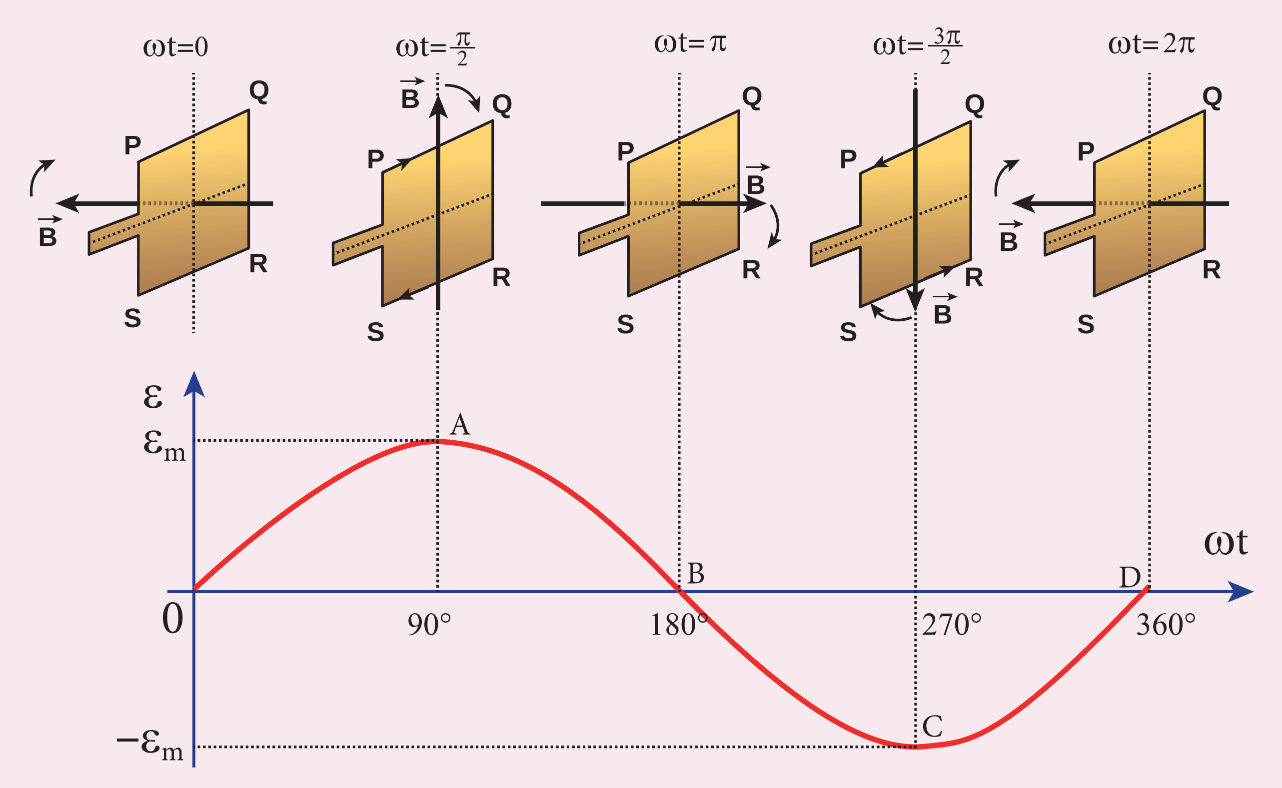
புலக்காந்தம் $90°$ கோணம் சுழன்றால், காந்தப்புலம் *PQRS* –க்கு இணையாகிறது. *PQ* மற்றும் *RS* ஆகியவற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசைகள் பெரும மதிப்பை அடைகின்றன. அவை தொடரிணைப்பில் உள்ளதால், மின்னியக்குவிசைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று கூட்டப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையின் திசையை பிளமிங் வலக்கை விதியில் இருந்து அறியலாம்.

இந்த விதியைப் பயன்படுத்தும்போது கவனம் தேவை. புலத்தைப் பொருத்து, கடத்தியின் இயக்கத்திசையை பெருவிரல் குறிக்கிறது. வலஞ்சுழியாக சுழலும் துருவங்களுக்கு, கடத்தியானது இடஞ்சுழியாக சுழலுவதாக தோன்றும். எனவே, பெருவிரல் இடதுபக்கத்தை நோக்கி இருக்கவேண்டும். தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையின் திசை தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. மின்னியக்குவிசையானது *PQ*–வில் உள்நோக்கியும், *RS*–இல் வெளிநோக்கியும் உள்ளது. எனவே, மின்னோட்டம் *PQRS* வழியே பாய்கிறது. வரைபடத்தில் *A* என்ற புள்ளி இந்த பெரும மின்னியக்குவிசையைக் குறிக்கிறது.

தொடக்கநிலையிலிருந்து $180°$ சுழற்சிக்குப் பின், புலமானது *PQRS*–க்கு செங்குத்தாக அமைகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை சுழியாகிறது. இது *B* என்ற புள்ளியால் குறிக்கப்படுகிறது.

புலக்காந்தத்தின் $270°$ சுழற்சிக்கு, புலமானது மீண்டும் *PQRS*–க்கு இணையாக அமைகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை பெருமமாக உள்ளது. ஆனால் அதன் திசை எதிர்த்திசையாக மாறுகிறது. இதனால் மின்னோட்டம் *SRQP* வழியே பாய்கிறது. இது *C* என்ற புள்ளியால் குறிக்கப்படுகிறது.

$360°$ நிறைவு செய்யும்போது, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை சுழியாகிறது. அது *D* என்ற புள்ளியால் குறிக்கப்படுகிறது. வரைபடத்திலிருந்து, *PQRS*–இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசை மாறுதிசையாக உள்ளது தெளிவாகிறது.



படம் 4.29 நேர கோணத்தைப் பொருத்து தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை மாறுபடுதல்

எனவே, புலக்காந்தம் ஒரு சுழற்சியை நிறைவுசெய்யும் போது, *PQRS* –இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை ஒரு சுற்றை முடிக்கிறது. இந்த அமைப்பிற்கு, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையின் அதிர்வெண், புலக்காந்தம் சுழலும் வேகத்தைச் சார்ந்துள்ளது.

4.5.6 பல–கட்ட மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி

சில *AC* மின்னியற்றிகள் சுருளி உள்ளகத்தில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கம்பிச்சுருளைக் கொண்டிருக்கும். ஒவ்வொரு கம்பிச்சுருளும் மாறுதிசை மின்னியக்குவிசை ஒன்றை உருவாக்குகிறது. இந்த மின்னியற்றிகளில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மின்னியக்குவிசைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இதனால் அவை **பல–கட்ட மின்னியற்றிகள்** என்றழைக்கப்படுகின்றன.

மின்னியற்றியில் இரண்டு மாறுதிசை மின்னியக்குவிசைகள் உருவாக்கப்பட்டால், அது **இரு–கட்ட மின்னியற்றி** எனப்படும். சில *AC* மின்னியற்றிகளில் மூன்று தனித்தனியான கம்பிச்சுருள்கள் உள்ளன. அவை மூன்று தனித்தனியான மின்னியக்கு விசைகளைத் தருகின்றன. எனவே அவை **மூன்று–கட்ட மின்னியற்றிகள்** எனப்படுகின்றன.

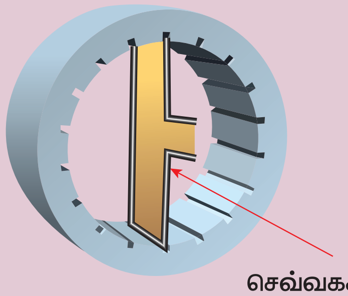
4.5.7 மூன்று–கட்ட மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி

எளிமையான மூன்று–கட்ட *AC* மின்னியற்றி அமைப்பில், சுருளி உள்ளகத்தின் உட்புற பரப்பில் 6 வரித்துளைகள் வெட்டப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு வரித்துளையும் ஒன்றுக்கொன்று $60°$ இடைவெளியில் உள்ளன. இந்த வரித்துளைகளில் ஆறு கடத்திகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. கடத்திகள் 1 மற்றும் 4 தொடராக இணைக்கப்பட்டு கம்பிச்சுருள் 1 உருவாக்கப்படுகிறது. கடத்திகள் 3 மற்றும் 6–ஐ இணைத்து கம்பிச்சுருள் 2–உம், கடத்திகள் 5 மற்றும் 2–ஐ இணைத்து கம்பிச்சுருள் 3–உம் உருவாக்குப்படுகின்றன. எனவே செவ்வக வடிவிலான இந்த கம்பிச்சுருள்கள் ஒன்றுக்கொன்று $120°$ இடைவெளியுடன் உள்ளன (படம் 4.30).

புலக்காந்தத்தின் தொடக்கநிலை கிடைமட்டமாகவும், புலத்தின் திசை கம்பிச்சுருள் 1–இன் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் உள்ளது. ஒரு–கட்ட *AC* மின்னியற்றியில் கண்டவாறு, புலக்காந்தமானது அந்த நிலையிலிருந்து வலஞ்சுழியாக சுழற்றப்பட்டால் கம்பிச்சுருள் 1–இல் தூண்டப்படும் மாறுதிசை

AC மின்னியற்றின் அமைப்பு (தேர்வுக்கு உரியதன்று)

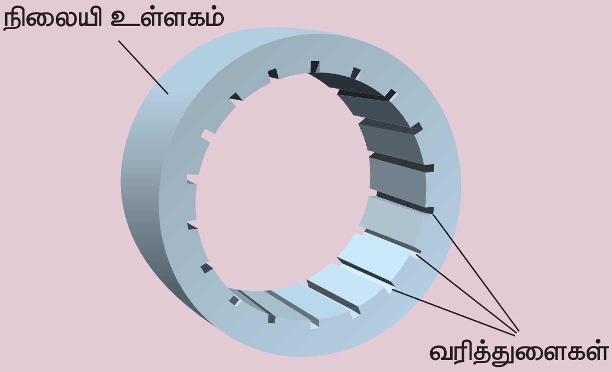
மின்னாக்கியானது நிலையி (Stator) மற்றும் சுழலி (Rotor) என இரு பெரும் பாகங்களைக் கொண்டுள்ளது. நிலையி மற்றும் சுழலி ஆகியவற்றின் அமைப்பைப் புரிந்து கொள்வதற்காக இப்பகுதி கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



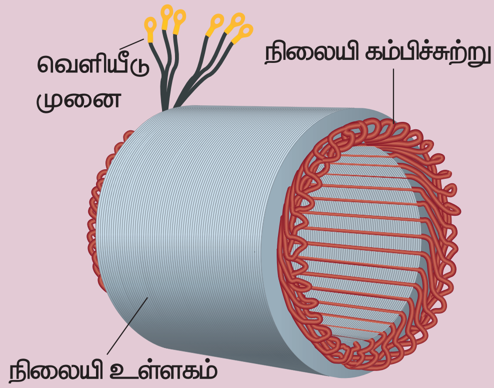
படம்: (ஆ) செவ்வகச் சுற்று கொண்ட நிலையி உள்ளகம்

(i) நிலையி (stator)

நிலையி இரண்டு பாகங்களைக் கொண்டுள்ளது. அவை நிலையி உள்ளகம் மற்றும் சுருளிச் சுற்றுகள்.



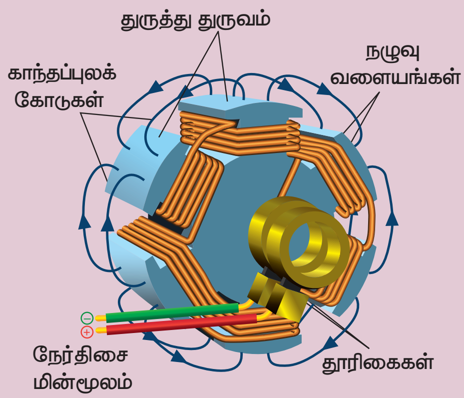
படம்: (அ) வரித்துளைகளுடன் கூடிய நிலையி உள்ளகம்



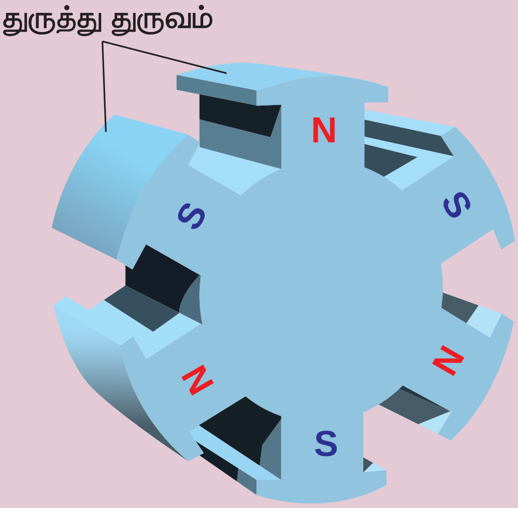
படம்: (இ) சுருளிச் சுற்றுகளைக் கொண்ட நிலையி உள்ளகம்

ii) சுழலி (Rotor)

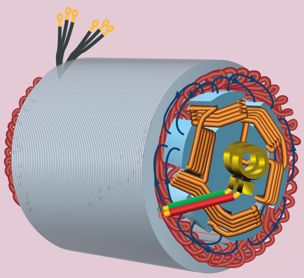
சுழலியானது ஒரே தண்டில் பொருத்தப்பட்டுள்ள காந்தப்புலச் கம்பிச்சுற்றுகள், நழுவு வளையங்கள் மற்றும் தூரிகைகளைக் கொண்டுள்ளது. படம் (ஈ) (உ) (ஊ).



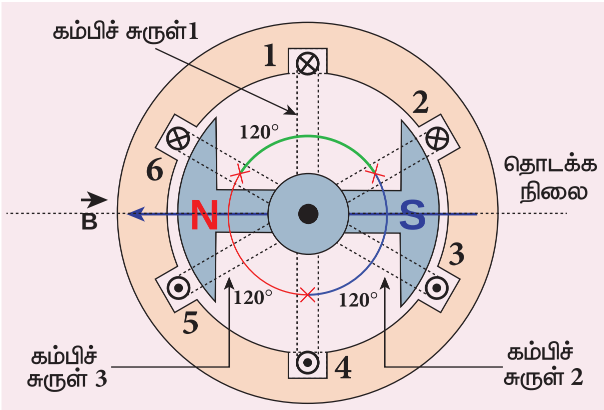
படம்: (உ) புல கம்பிச்சுற்றுகள், நழுவு வளையங்கள் மற்றும் தூரிகைகள் கொண்ட 6 – துருவ சுழலி



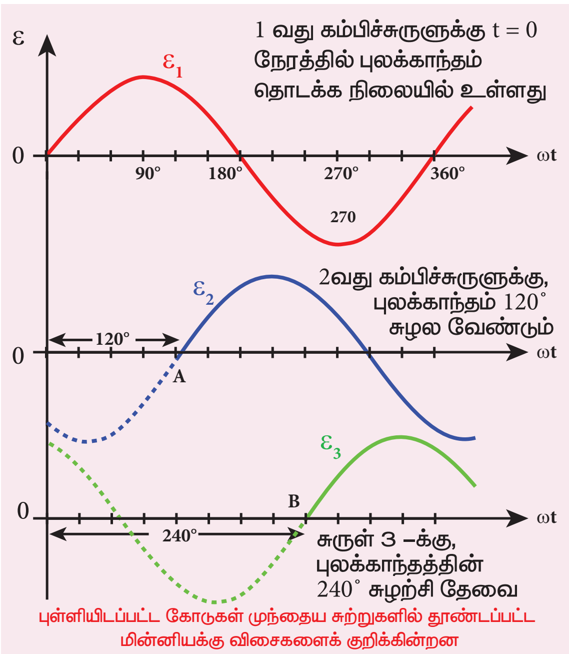
படம்: (ஈ) 6 – துருவ சுழலி



படம்: (ஊ) நிலையி உள்ளகம் மற்றும் சுழலி



படம் 4.30 மூன்று – கட்ட AC மின்னியற்றியின் அமைப்பு



படம் 4.31 மின்னியக்கு விசைகள் ε_1, ε_2 மற்றும் ε_3 நேர கோணத்தைப் பொருத்து மாறுபடுதல்

மின்னியக்குவிசை ε_1 தனது சுற்றை புள்ளி O–இல் இருந்து தொடங்குகிறது. இது படம் 4.31 – இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

புலக்காந்தம் 120° சுழன்ற பிறகு, கம்பிச்சுருள் 2–இல் உள்ள மின்னியக்குவிசை ε_2–ஆனது தனது சுற்றை புள்ளி A–யில் தொடங்குகிறது. எனவே ε_1 மற்றும் ε_2 இடையிலான கட்டவேறுபாடு 120° ஆகும். தொடக்கநிலையிலிருந்து புலக்காந்தம் 240° சுழன்ற பிறகு, கம்பிச்சுருள் 3–இல் உள்ள மின்னியக்குவிசை ε_3 அதன் சுற்றை புள்ளி B–யில் தொடங்குகிறது. இவ்வாறு மூன்று–கட்ட AC மின்னியற்றியில் தூண்டப்படும் மின்னியக்குவிசைகள் ஒன்றுக்கொன்று 120° கட்டவேறுபாட்டைக் கொண்டுள்ளன.

4.5.8 மூன்று–கட்ட மின்னாக்கியின் நன்மைகள்

ஒரு–கட்ட அமைப்பை விட மூன்று–கட்ட அமைப்பு பல நன்மைகளை கொண்டுள்ளது. அவற்றில் சிலவற்றைக் காண்போம்.

1) கொடுக்கப்பட்ட மின்னியற்றியின் பரிமாணத்திற்கு, ஒரு–கட்ட இயந்திரத்தை விட மூன்று–கட்ட இயந்திரம் அதிகமான வெளியீடு திறனை உருவாக்குகிறது.
2) ஒரே அளவிலான திறனுக்கு, ஒரு–கட்ட மின்னாக்கியை விட மூன்று–கட்ட மின்னாக்கி அளவில் சிறியதாக உள்ளது.
3) மூன்று–கட்ட மின்திறன் அனுப்புவதற்கான செலவு குறைவு. ஒப்பீட்டளவில் மூன்று–கட்ட மின்திறன் அனுப்ப மெல்லிய கம்பியே போதுமானதாகும்.

4.6 மின்மாற்றி (TRANSFORMER)

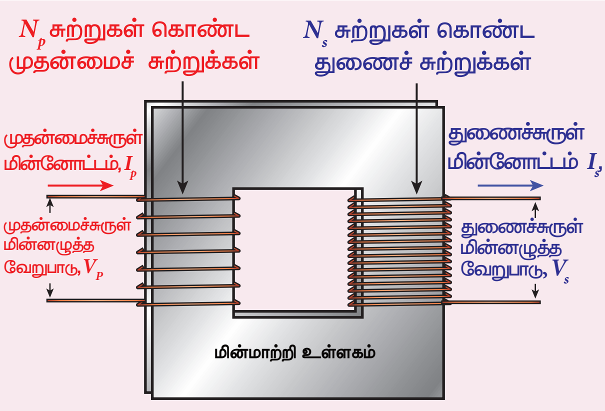
மின்மாற்றி என்பது ஒரு சுற்றிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு மின்திறனை அதன் அதிர்வெண் மாறாமல் மாற்றுவதற்குப் பயன்படும் கருவியாகும். இதில் கொடுக்கப்பட்ட மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்கிறது அல்லது குறைகிறது மற்றும் தொடர்புடைய சுற்றின் மின்னோட்டத்தை குறைத்தோ அல்லது அதிகரித்தோ இது நிகழ்கிறது.

குறைந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை அதிக மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட மின்னோட்டமாக மாற்றினால், அது **ஏற்று மின்மாற்றி** எனப்படும். மாறாக, மின்மாற்றியானது அதிக மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை குறைந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்டமாக மாற்றினால் அது **இறக்கு மின்மாற்றி** எனப்படும்.

4.6.1 மின்மாற்றியின் அமைப்பு மற்றும் செயல்பாடு

தத்துவம்

மின்மாற்றியின் தத்துவமானது இரு கம்பிச்சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் ஆகும். அதாவது ஒரு கம்பிச்சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால், அதனருகில் உள்ள கம்பிச்சுருளில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது.



படம் 4.32 (அ) மின்மாற்றியின் அமைப்பு

படம் 4.32 (ஆ) சாலையோர மின்மாற்றி

அமைப்பு

மின்மாற்றிகளின் எளிமையான அமைப்பில், மின்மாற்றி உள்ளகத்தின் மீது அதிக பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் கொண்ட இரு கம்பிச்சுருள்கள் சுற்றப்பட்டுள்ளன.பொதுவாக,உள்ளகமானதுசிலிக்கன் எஃகு போன்ற நல்ல காந்தப்பொருளினால் செய்யப்பட்ட மெல்லிய தகடுகளால் கட்டமைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பிச்சுருள்கள் மின்னியலாக காப்பிடப்பட்டு இருந்தாலும், உள்ளகம் மூலம் காந்தவியலாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 4.32 (அ)).

மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு அளிக்கப்படும் கம்பிச்சுருள் முதன்மைச்சுருள் P எனப்படும். வெளியீடு திறன் எடுக்கப்படும் கம்பிச்சுருள் துணைச்சுருள் S எனப்படும்.

கட்டமைக்கப்பட்ட உள்ளகம் மற்றும் கம்பிச்சுருள்கள் ஆகியவை சிறப்பான மின்காப்பு மற்றும் குளிர்ச்சியை தரத்தகுந்த ஊடகத்தால் நிரப்பப்பட்ட கொள்கலனில் வைக்கப்பட்டுள்ளன.

செயல்பாடு

முதன்மைச்சுருளானது மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்டால், மெல்லிய தகடுகளால் ஆன உள்ளகத்துடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் மாறுகிறது. காந்தப்பாயக்கசிவு இல்லையென்றால், முதன்மைச்சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் முழுவதும் துணைச்சுருளோடும் தொடர்பில் இருக்கும். இதன் பொருள் ஒரு சுற்று வழியே செல்லும் காந்தப்பாயம் மாறும் வீதம், முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருளுக்கு ஒரே அளவாக உள்ளது.

பாயமாற்றத்தின் விளைவாக, முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருள் இரண்டிலும் மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது. முதன்மைச்சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை அல்லது பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசை ε_p பின்வரும் சமன்பாட்டால் தரப்படுகிறது.

$$\varepsilon_p = -N_p \frac{d\Phi_B}{dt}$$

முதன்மைச்சுருளுக்கு அளிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு υ_p ஆனது பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசை சமமாகும். எனவே

$$\upsilon_p = -N_p \frac{d\Phi_B}{dt} \qquad (4.24)$$

உள்ளகத்தில் உள்ள மாறுதிசை காந்தப்பாயத்தின் அதிர்வெண் அளிக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அதிர்வெண்ணுக்கு சமமாகும். எனவே துணைச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசையும் அளிக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அதிர்வெண்ணையே கொண்டிருக்கும். துணைச்சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை ε_s பின்வருமாறு:

$$\varepsilon_s = -N_s \frac{d\Phi_B}{dt}$$

இங்கு N_p மற்றும் N_s என்பவை முறையே முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருள்களில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை ஆகும். துணைச்சுற்று திறந்த நிலையில் இருந்தால், $\varepsilon_s = \upsilon_s$. இங்கு υ_s என்பது துணைச்சுருள் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும்.

$$\upsilon_s = -N_s \frac{d\Phi_B}{dt} \qquad (4.25)$$

சமன்பாடுகள் (4.24) மற்றும் (4.25) – இல் இருந்து,

$$\frac{\upsilon_s}{\upsilon_p} = \frac{N_s}{N_p} = K \qquad (4.26)$$

இங்கு மாறிலி K ஆனது மின்னழுத்த மாற்றவிகிதம் எனப்படும். ஒரு இலட்சிய மின்மாற்றிக்கு

உள்ளீடு திறன் $v_p i_p$ = வெளியீடு திறன் $v_s i_s$

இங்கு i_p மற்றும் i_s என்பவை முறையே முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருளில் உள்ள மின்னோட்டம் ஆகும். எனவே,

$$\frac{v_s}{v_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{i_p}{i_s} \quad (4.27)$$

சமன்பாடு 4.27–இல் உள்ள அளவுகளை அவற்றின் பெரும மதிப்புகளில் எழுதினால்

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s} = K$$

i) $N_s > N_p (K > 1)$ எனில், $V_s > V_p$ மற்றும் $I_s < I_p$ ஆகும். இந்த நேர்வு ஏற்று மின்மாற்றி ஆகும். இதில் மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்கிறது மற்றும் தொடர்புடைய மின்னோட்டம் குறைகிறது.

ii) $N_s < N_p (K < 1)$ எனில், $V_s < V_p$ மற்றும் $I_s > I_p$ ஆகும். இது இறக்கு மின்மாற்றி ஆகும். இதில் மின்னழுத்த வேறுபாடு குறைகிறது மற்றும் தொடர்புடைய மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது.

மின்மாற்றியின் பயனுறுதிறன் (Efficiency of a transformer):

மின்மாற்றியின் பயனுறுதிறன் η என்பது பயனுள்ள வெளியீடு திறனுக்கும் உள்ளீடு திறனுக்கும் உள்ளதகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\eta = \frac{\text{வெளியீடு திறன்}}{\text{உள்ளீடு திறன்}} \times 100\% \quad (4.28)$$

மின்மாற்றிகள் அதிக பயனுறு திறன் கொண்ட கருவிகள் ஆகும். $96-99\%$ என்ற வரம்பில் இவற்றின் பயனுறு திறன் அமையும். மின்மாற்றிகளில் உள்ள பல்வேறு ஆற்றல் இழப்புகள், அவற்றை 100% பயனுறு திறன் கொண்டதாக இருக்க அனுமதிக்காது.

4.6.2 மின்மாற்றியில் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்புகள்

மின்மாற்றிகளில் இயங்கும் பாகங்கள் ஏதும் இல்லை என்பதால் அவற்றின் பயனுறுதிறன், சுழலும் இயந்திரங்களான மின்னியற்றிகள் மற்றும் மின்மோட்டார்களை விட அதிகமாக இருக்கும். இருந்தபோதிலும் மின்மாற்றியில் ஆற்றல் இழப்பை ஏற்படுத்தும் பல காரணிகள் உள்ளன. அவற்றில் சில பின்வருமாறு.

i) உள்ளக இழப்பு அல்லது இரும்பு இழப்பு

இந்த இழப்பு மின்மாற்றியின் உள்ளகத்தில் ஏற்படுகிறது. காந்தத்தயக்க இழப்பு (பகுதி 3.6 ஐக் காண்க) மற்றும் சுழல் மின்னோட்ட இழப்பு ஆகியவை உள்ளக இழப்பு அல்லது இரும்பு இழப்பு எனப்படும். முதன்மைச்சுருளில் அளிக்கப்படும் மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் மின்மாற்றி உள்ளகம் திரும்பத்திரும்ப காந்தமாக்கப்பட்டும் மற்றும் காந்தநீக்கம் செய்யப்படும்போது, காந்தத் தயக்கம் ஏற்படுகிறது. அதனால் குறிப்பிட்ட அளவு ஆற்றல் இழப்பு வெப்ப வடிவில் ஏற்படுகிறது. அதிக சிலிக்கன் கொண்ட எஃகினால் மின்மாற்றியின் உள்ளகத்தை செய்வதன் மூலம் காந்தத்தயக்க இழப்பானது சிறுமமாக குறைக்கப்படுகிறது.

உள்ளகத்தில் மாறுகின்ற காந்தப்பாயம், அதில் சுழல் மின்னோட்டத்தை தூண்டுகிறது. எனவே சுழல் மின்னோட்டம் பாய்வதால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பு, சுழல் மின்னோட்ட இழப்பு எனப்படும். மெல்லிய தகடுகளால் உள்ளகம் செய்யப்படுவதன் மூலம் இது சிறுமமாக குறைக்கப்படுகிறது.

ii) தாமிர இழப்பு

மின்மாற்றியின் கம்பிச்சுற்றுகளுக்கு மின்தடை உள்ளது. அவற்றின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது, ஜூல் வெப்பவிளைவினால் குறிப்பிட்ட அளவிலான வெப்பஆற்றல் வெளிவிடப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் இழப்பு தாமிர இழப்பு எனப்படும். அதிக விட்டம் கொண்ட கம்பிகளைப் பயன்படுத்தி இது குறைக்கப்படுகிறது.

iii) பாயக்கசிவு

முதன்மைச்சுருளின் காந்தப்புலக்கோடுகள் துணைச்சுருளோடு முழுமையாக தொடர்பு கொள்ளாத போது பாயக்கசிவு ஏற்படுகிறது. கம்பிச்சுருள் சுற்றுகளை ஒன்றின் மீது ஒன்றாக சுற்றுவதன் மூலம் பாயக்கசிவினால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பானது குறைக்கப்படுகிறது.

4.6.3 நீண்ட தொலைவு மின்திறன் அனுப்புகையில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் நன்மைகள்

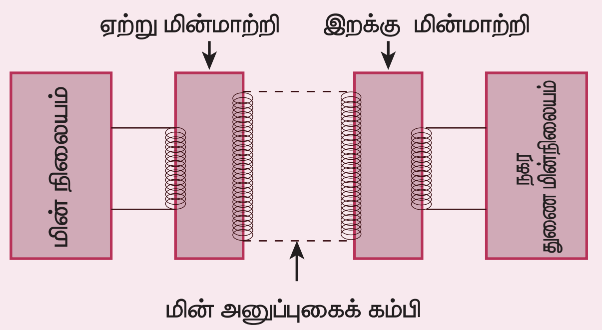
மின்திறன் பெரும் அளவில் AC மின்னியற்றியை பயன்படுத்தி, மின்திறன் நிலையங்களில் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. பயன்படுத்தப்படும் எரிபொருள் வகையைப் பொருத்து இந்த மின்திறன் நிலையங்கள் அனல், நீர் மற்றும் அணு

மின்நிலையங்கள் என வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. பெரும்பாலான மின்நிலையங்கள் தொலைதூர இடங்களில் அமைந்துள்ளன. எனவே, உற்பத்தி செய்யப்படும் மின்திறனானது அவை நுகரப்படும் நகரங்கள் மற்றும் பெருநகரங்களை அடைய நீண்ட தொலைவுகளுக்கு அனுப்புகை கம்பிகள் வழியாக அனுப்பப்படுகிறது. இந்த செயல்முறை **மின்திறன் அனுப்புகை** எனப்படுகிறது.

ஆனால் திறன் அனுப்புகையில் ஒரு சிரமம் உள்ளது. சில நூறு கிலோமீட்டர் நீளம் உள்ள அனுப்புகை கம்பிகளில் ஏற்படும் ஜூல் வெப்பவிளைவினால் (I^2R) ஒரு குறிப்பிடத்தக்க அளவிலானமின்திறன்இழப்புஏற்படுகிறது.இந்ததிறன் இழப்பை i என்ற மின்னோட்டத்தை குறைப்பதாலோ அல்லது மின் அனுப்புகைக்கம்பிகளின் மின்தடை R ஐக் குறைப்பதாலோ சமாளிக்கலாம். மின்தடை R–ஐ தடிமனான தாமிரம் அல்லது அலுமினிய கம்பிகளை கொண்டு குறைக்கலாம். ஆனால், இது அனுப்புகை கம்பிகளின் உற்பத்தி விலை மற்றும் தொடர்புடைய செலவீனங்களை அதிகரிக்கிறது. எனவே இந்த வகையில் திறன் இழப்பைக் குறைக்கும் முறை பொருளாதார ரீதியாக சாத்தியமில்லை.

உற்பத்தி செய்யப்பட்ட திறன் மாறுதிசைப்பண்பு கொண்டதால், ஒரு வழி உள்ளது. மின்மாற்றிகளைக் கொண்டு, மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டை உயர்த்தவோ அல்லது குறைக்கவோ முடியும். மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் மிக முக்கியமான இந்தப் பண்பைப் பயன்படுத்தி, மின்னோட்டத்தை குறைத்து திறன் இழப்பை பெரும் அளவில் குறைக்கலாம்.

அனுப்பும் இடத்தில் ஏற்று மின்மாற்றியைப் பயன்படுத்தி மின்னழுத்த வேறுபாடு உயர்த்தப்படுகிறது மற்றும் தொடர்புடைய மின்னோட்டம் குறைக்கப்படுகிறது (படம் 4.33). பிறகு அது மின் அனுப்புகை கம்பிகள் மூலம் அனுப்பப்படுகிறது. இந்த அதிக மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் உள்ள குறைக்கப்பட்ட மின்னோட்டமானது, எவ்வித கணிசமான இழப்பும் இன்றி சேரும் இடத்தை சென்றடைகிறது. ஏற்கப்படும்



படம் 4.33 நீண்ட தொலைவிற்கான மின்திறன் அனுப்புகை

இடத்தில் இறக்கு மின்மாற்றியைப் பயன்படுத்தி மின்னழுத்த வேறுபாடு குறைக்கப்படுகிறது மற்றும் மின்னோட்டம் தகுந்த அளவுகளுக்கு உயர்த்தப்படுகிறது. பிறகு நுகர்வோர்களுக்கு விநியோகிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு மின்திறன் அனுப்புகை திறமையாகவும், சிக்கனமாகவும் செய்யப்படுகிறது.

விளக்கம்:

இரு வேறுபட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டில், 2 MW மின்திறனானது மொத்த மின்தடை $R = 40\ \Omega$ கொண்ட மின்அனுப்புகை கம்பிகள் வழியாக ஓரிடத்திற்கு அனுப்படுகிறது. ஒன்று குறைவான மின்னழுத்த வேறுபாடு (10 kV) மற்றும் மற்றொன்று உயர் மின்னழுத்த வேறுபாடு (100 kV). இந்த இரு நேர்வுகளிலும் உள்ள திறன் இழப்புகளை தற்போது நாம் கணக்கிட்டு, பின் ஒப்பிடுவோம்.

நேர்வு (i):

$P = 2\text{ MW};\ R = 40\ \Omega;\ V = 10\text{ kV}$

திறன், $P = VI$

$\therefore$ மின்னோட்டம், $I = \dfrac{P}{V} = \dfrac{2\times10^6}{10\times10^3} = 200\text{A}$

திறன் இழப்பு = உருவாக்கப்பட்ட வெப்பம் $= I^2R$

$$= (200)^2 \times 40 = 1.6\times10^6\text{ W}$$

திறன் இழப்பு % $= \dfrac{1.6\times10^6}{2\times10^6}\times100\%$

$$= 0.8\times100\% = 80\%$$

நேர்வு (ii):

$P = 2\text{ MW};\ R = 40\ \Omega;\ V = 100\text{ kV}$

$\therefore$ மின்னோட்டம், $I = \dfrac{P}{V} = \dfrac{2\times10^6}{100\times10^3} = 20\text{A}$

திறன் இழப்பு $= I^2R$

$$= (20)^2 \times 40 = 0.016\times10^6\text{ W}$$

திறன் இழப்பு % $= \dfrac{0.016\times10^6}{2\times10^6}\times100\%$

$$= 0.008\times100\% = 0.8\%$$

ஆகவே, உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் மின்திறன் அனுப்பப்பட்டால், திறன் இழப்பு பெருமளவு குறைக்கப்படுகிறது என்பது தெளிவாகிறது.

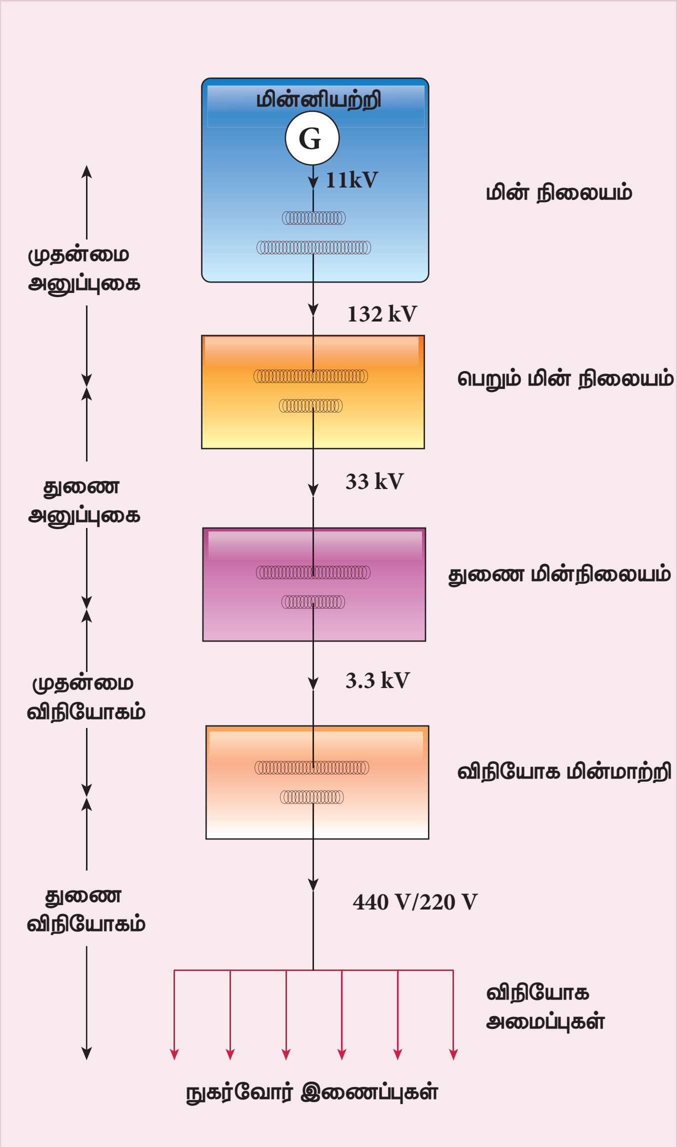
திறன் அமைப்பு – ஒரு பார்வை (தேர்வுக்கு உரியதன்று)

ஒரு பகுதியில் அமைந்துள்ள மின் திறன் நிலையங்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கப்பட்டு, பொதுவான மின்வலை அமைப்பு ஏற்படுத்தப்படுகிறது. அமைப்பில் உள்ள உற்பத்தி நிலையங்கள் அனைத்தும் பக்க இணைப்பில் செயல்படுகின்றன. எந்த ஒரு மின் திறன் நிலையத்திலும் மின் உற்பத்தி தடை பட்டாலோ அல்லது உற்பத்தி நிலையத்தின் திறனை விட திடீரென பளு (மின்தேவை) அதிகரித்தாலோ, அதிக அளவிலான பயனாளர்களுக்கு தடையற்ற மின்திறன் வழங்குவதற்கு இந்த மின்வலை அமைப்பு பயன்படுகிறது.

இதன் பல்வேறு உறுப்புகளான மின் உற்பத்தி நிலையங்கள், மின் அனுப்புகை கம்பிகள், துணை மின் நிலையங்கள் மற்றும் திறன் வழங்கிகள் முதலிய அனைத்தும் மின் ஆற்றலின் தொடர்ச்சியான உற்பத்தி மற்றும் நுகர்வுக்காக ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இதுவே திறன் அமைப்பு (Power system) எனப்படுகிறது. திறன் அமைப்பின் பகுதியான துணை நிலையங்கள் மற்றும் அனுப்புகை கம்பிகள் ஆகியவை மின் இணைத்தொகுதி (Electric grid) எனப்படுகிறது.

திறன் அமைப்பில் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட மின்திறன் இரு கட்டங்களாக நுகர்வோர்களுக்கு கொண்டு செல்லப்படுகிறது. அவை மேலும் இரு கட்டங்களாக பிரிக்கப்படுகின்றன.

1) அனுப்புகை கட்டம்
   a) முதன்மை அனுப்புகை கட்டம்
   b) துணை அனுப்புகை கட்டம்
2) விநியோகக் கட்டம்
   a) முதன்மை விநியோகக் கட்டம்
   b) துணை விநியோகக் கட்டம்



பிறகு அது தனித்தனி நுகர்வோர்களுக்கு வழங்கப்படுகிறது. திறன் அனுப்புகையின் இரு கட்டங்களும் ஒற்றை வரிப்படமாக காட்டப்பட்டுள்ளன. மைய அமைப்பு பொதுவாக 11 kV அளவிற்கு திறனை உற்பத்தி செய்கிறது. பின்னர் அது 132 kV ஆக உயர்த்தப்பட்டு மின் அனுப்புகை கம்பிகள் வழியாக அனுப்பப்படுகிறது. இது முதன்மை அல்லது உயர் மின்னழுத்த அனுப்புகை எனப்படுகிறது.

இந்த உயர்–மின்னழுத்த திறன் நகரங்களின் புறப்பகுதியில் அமைந்துள்ள ஏற்பு நிலையங்களை அடைகிறது. அங்கு 33 kV அளவிற்கு குறைக்கப்பட்டு துணை அல்லது குறை–மின்னழுத்த அனுப்புகையாக நகர எல்லைக்குள் அமைந்துள்ள துணை–மின்நிலையங்களுக்கு அனுப்பப்படுகிறது.

முதன்மை விநியோக அமைப்பில் மின்னழுத்தமானது 33 kV–இல் இருந்து துணை மின்நிலையங்களில் 3.3kV ஆக குறைக்கப்பட்டு, விநியோக மின்மாற்றிகளுக்கு வழங்கப்படுகிறது. இறுதியாக மின்னழுத்த வேறுபாடு 440 V அல்லது 230 V ஆகக் குறைக்கப்பட்டு, அங்கிருந்து விநியோக வலை அமைப்புகளின் வழியாக தொழிற்சாலைகளுக்கும் (440 V) மற்றும் இல்லங்களுக்கு (230 V) விநியோகிக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 4.16

ஒரு இலட்சிய மின்மாற்றியானது முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருள்களில் முறையே 460 மற்றும் 40,000 சுற்றுகளைக் கொண்டுள்ளது. மின்மாற்றியானது 230 V *AC* மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்டால், துணைச்சுருளின் ஒரு சுற்றில் உருவான மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காண்க. துணைச்சுருளுடன் 10^4 Ω மின்தடைப் பளு இணைக்கப்படுகிறது. பளுவிற்கு வழங்கப்பட்ட திறனைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$N_P = 460$ சுற்றுகள்; $N_S = 40,000$ சுற்றுகள்

$V_P = 230$ V; $R_S = 10^4\ \Omega$

(i) துணைச்சுருள் மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$V_S = \frac{V_P N_S}{N_P} = \frac{230 \times 40,000}{460} = 20,000\ \text{V}$$

துணைச்சுருளில் ஒரு சுற்றுக்கான மின்னழுத்த வேறுபாடு, $\frac{V_S}{N_S} = \frac{20,000}{40,000} = 0.5$ V

(ii) வழங்கப்பட்ட திறன்

$$= V_S I_S = \frac{V_S^2}{R_S} = \frac{20,000 \times 20,000}{10^4} = 40\ \text{kW}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.17

மின்புரட்டி (inverter) என்பது நமது இல்லங்களின் பயன்படுத்தப்படும் மின்கருவி ஆகும். வீட்டில் மின்சாரம் இல்லாதபோது, மின்விசிறி அல்லது மின்விளக்கு போன்ற சில கருவிகளை இயக்கத்தேவையான மாறுதிசை மின்னோட்டத்திறனை மின்புரட்டி வழங்குகிறது. மின்புரட்டியின் உள்ளே ஒரு ஏற்று மின்மாற்றி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அது 12V *AC* ஐ 240V *AC* ஆக மாற்றுகிறது. முதன்மைச்சுருள் 100 சுற்றுகளைக் கொண்டுள்ளது. 50 mA மின்னோட்டத்தை புறச்சுற்றுக்கு மின்புரட்டி அளிக்கிறது. துணைச்சுருளில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை மற்றும் முதன்மை மின்னோட்டம் ஆகியவற்றைக் காண்க.

தீர்வு:

$V_p = 12$ V; $V_s = 240$ V

$I_s = 50$mA; $N_p = 100$ சுற்றுகள்

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{I_P}{I_S} = K$$

மின்மாற்று விகிதம், $K = \frac{240}{12} = 20$

துணைச்சுருளில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை

$$N_S = N_P \times K = 100 \times 20 = 2000$$

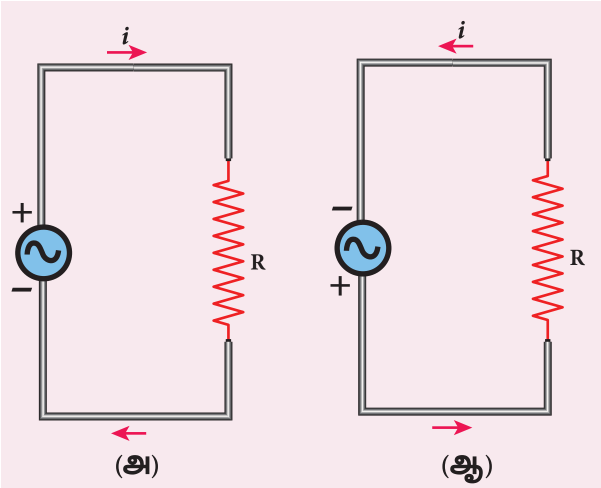
முதன்மை மின்னோட்டம்,

$$I_p = K \times I_s = 20 \times 50\ \text{mA} = 1\ \text{A}$$

4.7 மாறுதிசை மின்னோட்டம் (ALTERNATING CURRENT)

4.7.1 அறிமுகம்

பாடப்பகுதி 4.5–இல், காந்தப்புலத்தைச் சார்ந்த ஒரு கம்பிச்சுருளின் திசையமைப்பை மாற்றினால் மாறுதிசை மின்னியக்குவிசை தூண்டப்பட்டு, அதனால் மூடிய சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டம் பாய்வதை நாம் அறிந்தோம். **மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு என்பது சீரான நேர இடைவெளியில் முனைவுத்தன்மை (Polarity) மாறுகின்ற மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும் மற்றும் அதனால் விளையும் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் திசையும் அதற்கேற்ப மாறுகின்றது.**



படம் 4.34 மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் அதற்கான மாறுதிசை மின்னோட்டம்

படம் 4.34(அ)–வில், ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலம் R என்ற மின்தடையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு கணத்தில் மூலத்தின் மேல்முனை நேர்க்குறியாகவும், கீழ்முனை எதிர்க்குறியாகவும் உள்ளன. எனவே மின்னோட்டம் வலஞ்சுழி திசையில் பாய்கிறது. சிறிது நேரம் கழித்து மின்மூலத்தின் முனைகள் திருப்பப்படுகின்றன. அதனால் தற்போது மின்னோட்டம் இடஞ்சுழி திசையில் பாய்கிறது (படம் 4.34(ஆ)). மாறுபட்ட திசைகளில் சுற்றில் பாயும் இந்த மின்னோட்டம் மாறுதிசை மின்னோட்டம் எனப்படுகிறது.

சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு

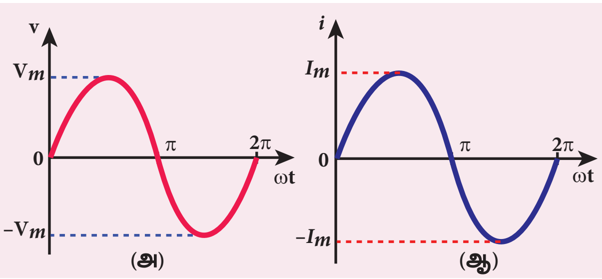
மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலை வடிவம் சைன் அலை என்றால், அது சைன்வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு எனப்படுகிறது. அதற்கான தொடர்பு

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.29)$$

இங்கு v ஆனது மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பு (Instantaneous value), V_m ஆனது பெரும மதிப்பு (வீச்சு) மற்றும் ω ஆனது மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கோண அதிர்வெண் ஆகும். ஒரு மூடிய சுற்றுக்கு சைன்வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு அளிக்கப்பட்டால், விளையும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும் சைன் வடிவில் உள்ளது. அதன் தொடர்பு

$$i = I_m \sin \omega t \qquad (4.30)$$

இங்கு I_m என்பது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு (வீச்சு). ஒவ்வொரு அரை சுற்றுக்குப் பிறகும், சைன் வடிவ மின்னழுத்த வேறுபாடு அல்லது மின்னோட்டத்தின் திசை எதிர்த்திசையில் திருப்பப்படுகிறது. படம் 4.35 – இல் காட்டியுள்ளவாறு அதன் எண் மதிப்பும் தொடர்ச்சியாக மாறுகின்றது.



படம் 4.35 (அ) சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு (ஆ) சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னோட்டம்

குறிப்பு

சுவாரசியம் என்னவெனில், இயற்கையில் சைன் அலைகள் பொதுவாக காணப்படுபவை. நீரின் அலைகள், ஊசல் அலைவுகள் போன்ற காலமுறை இயக்கங்கள் சைன் அலைகளுடன் தொடர்புடையவை. இதனால் சைன் அலையானது இயற்கையின் தேர்வு எனத்தெரிகிறது. மேலும் XI இயற்பியல் பாடப்புத்தகத்தின் அலகு 11 ஐக் காண்க.

4.7.2 மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு (Mean or Average value of AC)

ஒரு நேர்திசை மின்னோட்ட அமைப்பில் மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடு நேரத்தைப் பொருத்து மாறாமல் உள்ளன. எனவே அவற்றின் எண்மதிப்புகளைக் குறிப்பிடுவதில் சிரமம் ஏதுமில்லை. ஆனால் ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்த வேறுபாடு நேரத்திற்கு நேரம் மாறுபடுகிறது. ஆகவே, ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் எண்மதிப்பை எவ்வாறு குறிப்பிடுவது என்ற கேள்வி எழுகிறது. அதனைக் குறிப்பிட பல வழிகள் இருந்தாலும், மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு மற்றும் *RMS* (Root Mean Square) மதிப்பு ஆகிய இரு வழிகளை மட்டும் நமது விவாதத்திற்கு எடுத்துக்கொள்வோம்.

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு

ஒரு சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் எண் மதிப்பு நேரத்திற்கு நேரம் மாறிக் கொண்டே இருக்கிறது மற்றும் அதன் திசையானது ஒவ்வொரு அரை சுற்றிற்கும் எதிர்த்திசையில் திருப்பப்படுகிறது என அறிந்துள்ளோம். நேர் அரை சுற்றின்போது மின்னோட்டம் நேர்க்குறியாக கொள்ளப்படுகிறது மற்றும் எதிர் அரைசுற்றில் அது எதிர்க்குறியாகும். எனவே ஒரு முழு சுற்றிற்கான சமச்சீர் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு சுழி ஆகும்.

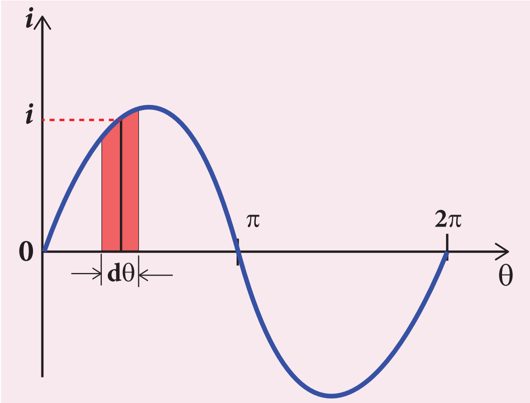
எனவே, சராசரி மதிப்பானது ஒரு சுற்றின் பாதிக்கு மட்டும் அளவிடப்படுகிறது. சராசரி மின்னோட்டம் மற்றும் சராசரி மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகிய மின் சொற்கள், மாறுதிசை மற்றும் நேர்திசை மின்னோட்ட சுற்றுகளை பகுப்பாய்வு செய்வதிலும், கணக்கீடுகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு என்பது ஒரு நேர் அரைச்சுற்று அல்லது எதிர் அரைச்சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டத்தின் அனைத்து மதிப்புகளின் சராசரி என வரையறுக்கப்படுகிறது.

சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் கணநேர மதிப்பு $i = I_m \sin\omega t = I_m \sin\theta$ (இங்கு θ = ωt) என்ற சமன்பாட்டால் குறிப்பிடப்படுகிறது. அதன் வரைபடம் படம் 4.36– இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒரு அரைச்சுற்றில் உள்ள அனைத்து மின்னோட்டங்களின் கூடுதல், நேர் அரைச்சுற்றின் (அல்லது எதிர் அரைச்சுற்று) பரப்பிற்குச் சமமாகும். எனவே,

$$I_{av} = \frac{\text{நேர் அரைச்சுற்றின் பரப்பு (அல்லது எதிர் அரைச்சுற்றின் பரப்பு)}}{\text{அரைச்சுற்றின் அடிப்பக்க நீளம்}} \qquad (4.31)$$



படம் 4.36 மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சைன் அலைவடிவம்

மின்னோட்ட அலையின் நேர் அரைச்சுற்றில் $d\theta$ தடிமன் கொண்ட ஒரு சிறு பட்டையைக் கருதுக (படம் 4.36). i என்பது அந்த பட்டையின் மையப்புள்ளிக்கான மின்னோட்ட மதிப்பு எனக்கொள்க.

சிறு பட்டையின் பரப்பு = $i\, d\theta$

நேர் அரைச்சுற்றின் பரப்பு

$$= \int_0^{\pi} i d\theta = \int_0^{\pi} I_m \sin\theta d\theta$$

$$= I_m \left[-\cos\theta\right]_0^{\pi} = -I_m \left[\cos\pi - \cos 0\right] \quad = 2I_m$$

அரைச்சுற்றின் அடிப்பக்க நீளம் π ஆகும். இதனை சமன்பாடு (4.31) இல் பிரதியிட, நாம் பெறுவது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு

$$I_{av} = \frac{2I_m}{\pi}$$

$$I_{av} = 0.637\, I_m \qquad (4.32)$$

எனவே மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பானது, அதன் பெரும மதிப்பின் 0.637 மடங்கு ஆகும். எதிர் அரைச்சுற்றுக்கு, $I_{av} = -0.637\, I_m$.

குறிப்பு

உதாரணமாக மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் ஒரு அரைச்சுற்றில் $i_1, i_2, \ldots i_n$ என n மின்னோட்டங்களை நாம் கருதினால், அதன் சராசரி மதிப்பு வருமாறு

$$I_{av} = \frac{\text{அரைச்சுற்றில் உள்ள அனைத்து மின்னோட்டங்களின் கூடுதல்}}{\text{மின்னோட்டங்களின் எண்ணிக்கை}}$$

$$I_{av} = \frac{i_1 + i_2 + \ldots + i_n}{n}$$

4.7.3 மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் *RMS* மதிப்பு

RMS என்ற பதம் நேரத்தைப் பொருத்து மாறுகின்ற சைன்வடிவ மின்னோட்டங்கள் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளைக் குறிக்கின்றது மற்றும் இது நேர்த்திசை மின்னோட்ட அமைப்புகளில் பயன்படுவதில்லை.

ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டங்களின் RMS மதிப்பு என்பது ஒரு சுற்றில் உள்ள அனைத்து மின்னோட்டங்களின் இருமடிகளின் சராசரியின் இருமடி மூலம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இது I_{RMS} எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடுகளுக்கு *RMS* மதிப்பானது V_{RMS} என குறிப்பிடப்படுகிறது.

மாறுதிசை மின்னோட்டம் $i = I_m \sin\omega t$ அல்லது $i = I_m \sin\theta$, வரைபடமாக படம் 4.37 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தொடர்புடைய இருமடியாக்கப்பட்ட மின்னோட்ட அலையும் புள்ளியிடப்பட்ட கோட்டால் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒரு முழுச்சுற்றில் உள்ள அனைத்து இருமடியாக்கப்பட்ட மின்னோட்டங்களின் கூடுதல், இருமடியாக்கப்பட்ட அலையின் ஒரு சுற்றின் பரப்பிற்குச் சமமாகும்.

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\text{இரு மடியாக்கப்பட்ட அலையின் ஒரு சுற்றின் பரப்பு}}{\text{ஒரு சுற்றின் அடிப்பக்க நீளம்}}} \qquad (4.33)$$

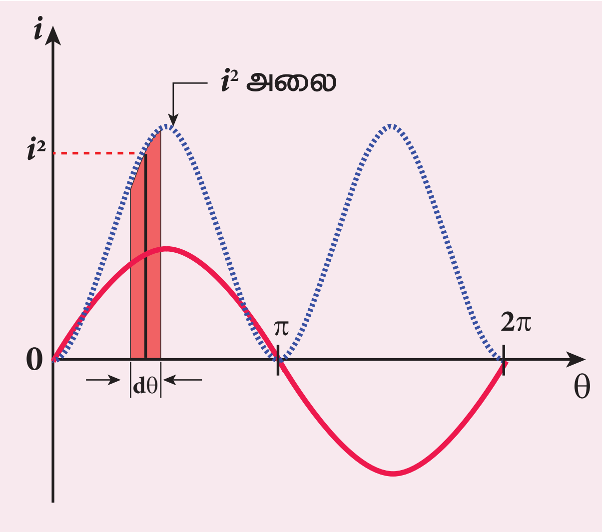
படம் 4.37 – இல் காட்டியுள்ளவாறு இருமடியாக்கப்பட்ட மின்னோட்ட அலையின் முதல் அரைச்சுற்றில் $d\theta$ அகலம் கொண்ட சிறு பட்டையின்

பரப்பு கருதப்படுகிறது. i^2 என்பது அந்த பட்டையின் மையப்புள்ளிக்கான இருமடி மின்னோட்ட மதிப்பு எனக் கொள்க.

சிறு பட்டையின் பரப்பு = $i^2 d\theta$

இருமடியாக்கப்பட்ட அலையின் ஒரு சுற்றின் பரப்பு

$$= \int_0^{2\pi} i^2 d\theta$$



படம் 4.37 *AC*-இன் இருமடியாக்கப்பட்ட அலை

$$= \int_0^{2\pi} I_m^2 \sin^2\theta d\theta = I_m^2 \int_0^{2\pi} \sin^2\theta d\theta \qquad (4.34)$$

$$= I_m^2 \int_0^{2\pi} \left[\frac{1-\cos 2\theta}{2}\right] d\theta$$

ஏனெனில் $\sin^2\theta = \dfrac{1-\cos 2\theta}{2}$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\int_0^{2\pi} d\theta - \int_0^{2\pi} \cos 2\theta d\theta\right]$$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\theta - \frac{\sin 2\theta}{2}\right]_0^{2\pi}$$

$$= \frac{I_m^2}{2}\left[\left(2\pi - \frac{\sin 2\times 2\pi}{2}\right) - \left(0 - \frac{\sin 0}{2}\right)\right]$$

$$= \frac{I_m^2}{2} \times 2\pi = I_m^2 \pi \qquad [\because \sin 0 = \sin 4\pi = 0]$$

ஒரு சுற்றின் அடிப்பக்க நீளம் 2π ஆகும். இதனை சமன்பாடு (4.33) இல் பிரதியிட, நாம் பெறுவது

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{I_m^2 \pi}{2\pi}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{rms} = 0.707\, I_m \qquad (4.35)$$

ஆகையால், ஒரு சமச்சீரான சைன் வடிவ மின்னோட்டத்திற்கு அதன் RMS மதிப்பானது அதன் பெரும மதிப்பில் 70.7 % உள்ளது என காண்கிறோம். இது போன்றே மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு,

$$V_{rms} = 0.707\, V_m \qquad (4.36)$$

எனக் கண்டறியலாம்.

குறிப்பு

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் RMS மதிப்பானது பயனுறு மதிப்பு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. அது $I_{\text{பயன்}}$ என குறிப்பிடப்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் RMS மதிப்பை அதற்குச் சமமான நேர்திசை மின்னோட்டத்துடன் ஒப்பிடப் பயன்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னோட்டமானது சுற்று ஒன்றின் வழியே குறிப்பிட்ட நேரம் பாயும்பொழுது உருவாக்கும் வெப்ப ஆற்றலை, அதே நேரத்தில் அதே சுற்றில் உருவாக்கும் மாறாத நேர்மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு, மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பயனுறு மதிப்பு எனப்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் பயனுறு மதிப்பு $V_{\text{பயன்}}$ என குறிப்பிடப்படுகிறது.

குறிப்பு

உதாரணமாக மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் ஒரு சுற்றில் $i_1, i_2, \ldots i_n$ என n மின்னோட்டங்களைக் கருதினால், அதன் RMS மதிப்பு வருமாறு

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\text{ஒரு சுற்றில் உள்ள இருமடியாக்கப்பட்ட அனைத்து மின்னோட்டங்களின் கூடுதல்}}{\text{மின்னோட்டங்களின் எண்ணிக்கை}}}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{i_1^2 + i_2^2 + \ldots + i_n^2}{n}}$$

வீட்டு உபயோக மின்கருவிகளில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்ட மதிப்பீடுகள் பொதுவாக அதன் RMS மதிப்பால் குறிப்பிடப்படுகின்றன. வீடுகளுக்கான AC மின்விநியோகம் 230 V, 50 Hz ஆகும். இங்கு 230 V என்பது RMS அல்லது பயனுறு மதிப்பு ஆகும். அதன் பெரும மதிப்பு $V_m = \sqrt{2}\ V_{rms} = \sqrt{2} \times 230 = 325\,V.$

(உங்களுக்குத் தெரியுமா?)

எடுத்துக்காட்டு 4.18

50 Hz அதிர்வெண் மற்றும் பெரும மதிப்பு 20 V கொண்ட ஒரு சைன் வடிவ மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கான சமன்பாட்டை எழுதுக. தொடர்புடைய மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் நேரம் இடையேயான வரைபடத்தை வரைக.

தீர்வு:

$f = 50\,Hz;\ V_m = 20\ V$

கணநேர மின்னழுத்த வேறுபாடு, $\upsilon = V_m \sin \omega t$

$= V_m \sin 2\pi f t$

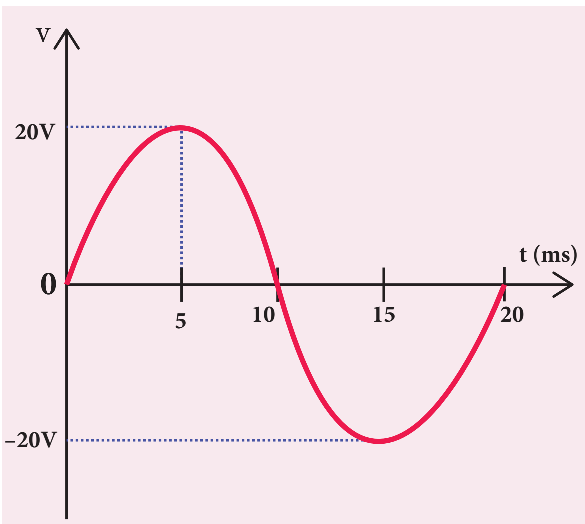
$= 20 \sin(2\pi \times 50)t\ = 20 \sin(100 \times 3.14)t$

$\upsilon = 20 \sin 314t$

ஒரு சுற்றுக்கான நேரம், $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02\,s$

$= 20 \times 10^{-3}\,s\ = 20\ ms$

அலைவடிவமானது கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது



எடுத்துக்காட்டு 4.19

ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சமன்பாடு $i = 77 \sin 314t$ ஆகும். அதன் பெரும மதிப்பு, அதிர்வெண், அலைவுநேரம் மற்றும் t = 2 ms–இல் கணநேர மதிப்பு ஆகியவற்றைக் காண்க.

தீர்வு:

$i = 77 \sin 314\,t\ ;\ t = 2\ ms = 2 \times 10^{-3}\,s$

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பொதுவான சமன்பாடு $i = I_m \sin \omega t$ உடன் ஒப்பிடும் போது

(i) பெரும மதிப்பு, $I_m = 77\,A$

(ii) அதிர்வெண், $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{2 \times 3.14} = 50\ Hz$

(iii) அலைவுநேரம், $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02\ s$

(iv) $t = 2\ ms$, இல் கண மதிப்பு

$i = 77 \sin(314 \times 2 \times 10^{-3})$

$= 77 \sin\left(314 \times 2 \times 10^{-3} \times \frac{180^\circ}{3.14}\right)$

$= 77 \sin 36^\circ = 77 \times 0.5878$

$= 45.26\,A$

கட்ட வெக்டர் மற்றும் கட்ட விளக்கப்படம் (Phasor and phasor diagram)

கட்ட வெக்டர் (Phasor)

ஒரு சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடானது (அல்லது மின்னோட்டம்) தொடக்கப்புள்ளியைப் பொருத்து, இடஞ்சுழியாக ω என்ற கோணத்திசைவேகத்துடன் சுழலும் ஒரு வெக்டரால் குறிப்பிடப்படுகிறது. அத்தகைய ஒரு சுழலும் வெக்டர் கட்ட வெக்டர் எனப்படும். கட்ட வெக்டர் பின்வரும் வகையில் வரையப்படுகிறது.

- கோட்டுத் தூண்டின் நீளம், மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் (அல்லது மின்னோட்டத்தின்) பெரும மதிப்புக்கு V_m (அல்லது I_m) சமமாக உள்ளது.
- அதன் கோணத்திசைவேகம் ω, மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் (அல்லது மின்னோட்டத்தின்) கோண அதிர்வெண்ணிற்கு சமமாக உள்ளது.

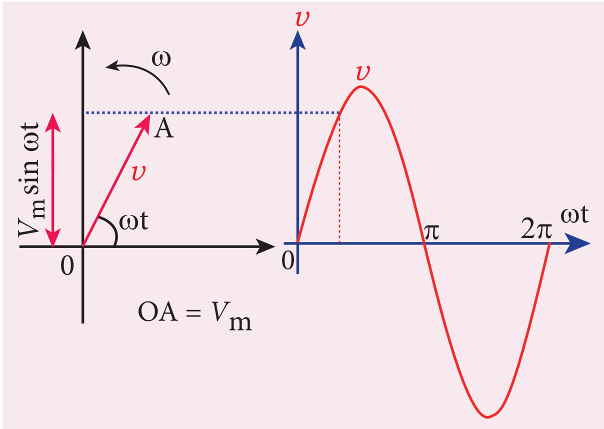
- எந்த ஒரு செங்குத்து அச்சிலும் உள்ள கட்ட வெக்டரின் வீழ்ச்சியானது மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் (அல்லது மின்னோட்டத்தின்) கணநேர மதிப்பைத் தருகிறது.
- கட்ட வெக்டருக்கும், குறிப்பு அச்சுக்கும் (நேர் X – அச்சு) இடையே உள்ள கோணம் மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் (அல்லது மின்னோட்டத்தின்) கட்டத்தைக் குறிக்கிறது.

கட்ட வெக்டர் என்ற கருத்து வெவ்வேறு மாறுதிசை மின்னோட்ட சுற்றுகளின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்ட தொடர்பை ஆராய்வதற்காக அறிமுகப்படுத்தப்படுகிறது.

கட்ட விளக்கப்படம்

பல்வேறு கட்ட வெக்டர்கள் மற்றும் அவற்றின் கட்டத் தொடர்புகளைக் காட்டும் வரைபடம் கட்ட விளக்கப்படம் எனப்படுகிறது. ஒரு சுற்றுக்கு அளிக்கப்பட்ட $v = V_m \sin \omega t$ என்ற சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டை கருதுக. இந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டை படம் 4.38 இல் காட்டியுள்ளவாறு $\overrightarrow{OA}$ என்ற கட்ட வெக்டரால் குறிக்கலாம்.

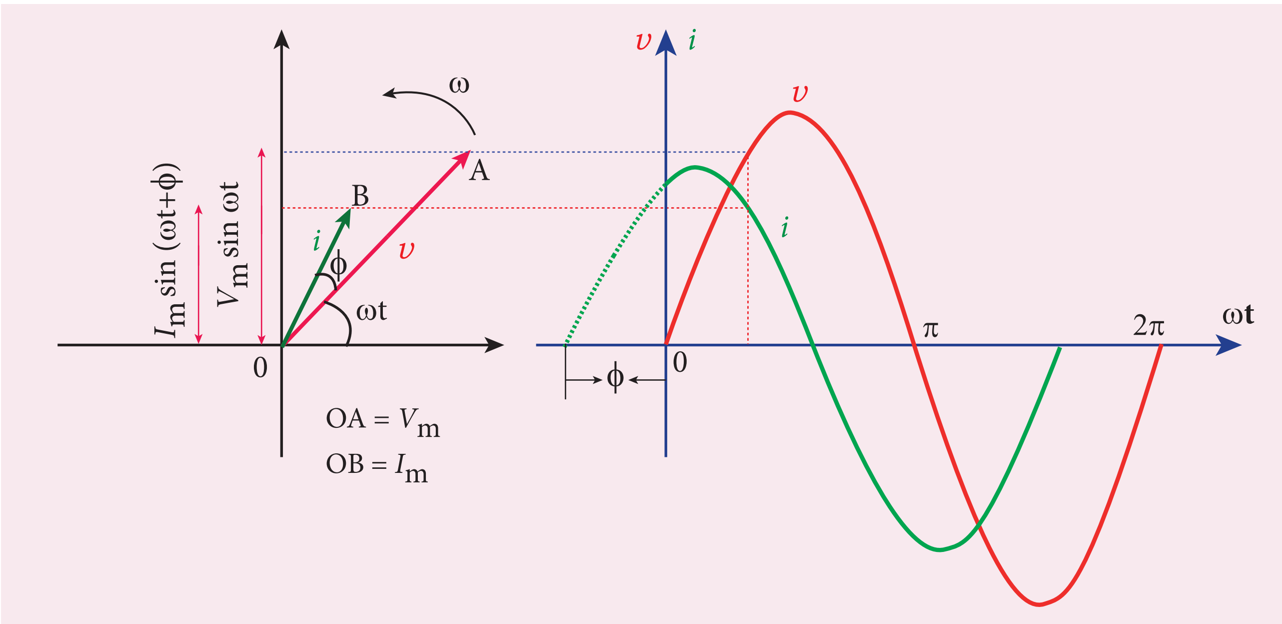
இங்கு $\overrightarrow{OA}$ இன் நீளம் பெரும மதிப்புக்கு (V_m) சமமாகும். Y – அச்சின் மீதான அதன் வீழ்ச்சி அந்த நேரத்தின் கணநேர மதிப்பு ($V_m \sin \omega t$) ஐத் தருகிறது. இது X – அச்சுடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் அளிக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கட்டத்தைத் (ωt) தருகிறது.



படம் 4.38 மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு $v = V_m \sin \omega t$ –ற்கான கட்ட விளக்கப்படம்

O ஐப் பொருத்து, $\overrightarrow{OA}$ ஆனது இடஞ்சுழித் திசையில் ω என்ற கோணத்திசைவேகத்துடன் சுழன்றால், மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலை வடிவம் தோன்றுகிறது. $\overrightarrow{OA}$–இன் ஒரு முழுச் சுழற்சிக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் ஒரு சுற்று உருவாகிறது.

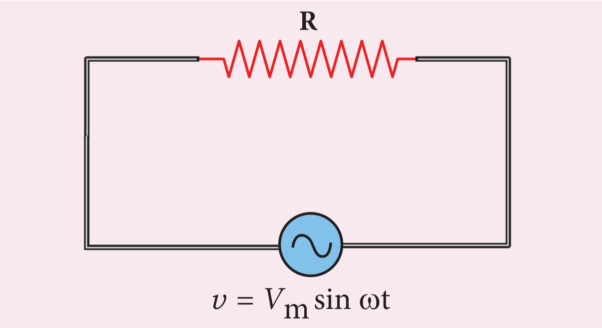
அதே சுற்றில் உள்ள மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை $i = I_m \sin(\omega t + \phi)$ என்ற தொடர்பால் குறிப்பிடலாம். அது மற்றொரு கட்ட வெக்டர் $\overrightarrow{OB}$ ஆல் குறிக்கப்படுகிறது. இங்கு ϕ என்பது மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்டக்கோணமாகும். இந்த நேர்வில் படம் 4.39–இல் காட்டியுள்ளவாறு மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட மின்னோட்டமானது



படம் 4.39 i ஆனது v – ஐ ϕ கட்டம் முந்திச் செல்வதற்கான கட்ட விளக்கப்படம் மற்றும் அலை வரைபடம்

ϕ என்ற கட்ட அளவில் முந்தி உள்ளது. மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட மின்னோட்டம் பின்தங்கி இருப்பின், $i = I_m \sin(\omega t - \phi)$ என நாம் எழுதலாம்.

4.7.4 மின்தடையாக்கி மட்டும் உள்ள AC சுற்று



படம் 4.40 மின்தடையாக்கி உள்ள AC சுற்று

ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலத்துடன் R மின்தடை கொண்ட மின்தடையாக்கி இணைக்கப்பட்டுள்ள சுற்று ஒன்றைக் கருதுக (படம் 4.40). மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பானது

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.37)$$

இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு காரணமாக இச்சுற்றில் பாயும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் i ஆனது R இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபட்டை உருவாக்குகிறது. அதனை இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$V_R = iR \qquad (4.38)$$

கிர்க்காஃபின் சுற்று விதியின் படி, (பகுதி 2.5.2 ஐக் காண்க) ஒரு மூடிய சுற்றில் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகளின் குறியியல் கூட்டுத்தொகை சுழியாகும். இந்த மின்தடைச் சுற்றுக்கு

$$v - V_R = 0$$

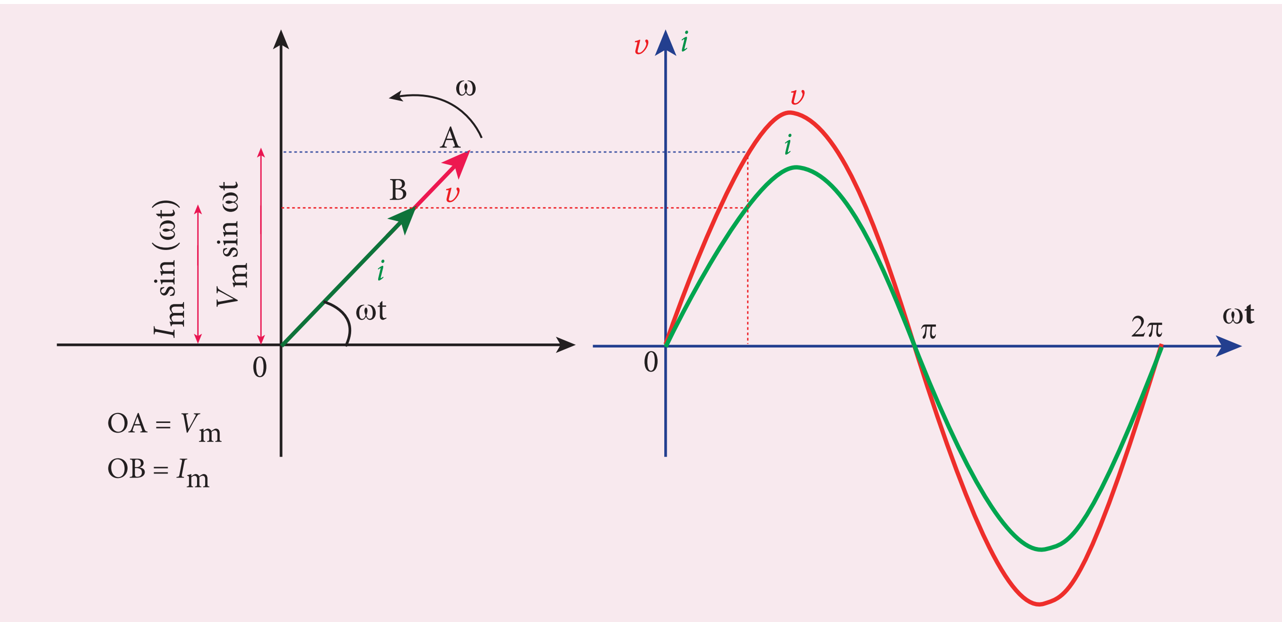
சமன்பாடு (4.37) மற்றும் (4.38) – இல் இருந்து

$$V_m \sin \omega t = iR$$

$$i = \frac{V_m}{R} \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin \omega t \qquad (4.39)$$

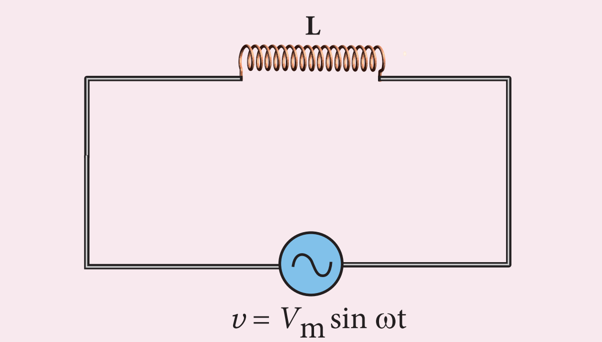
இங்கு $\frac{V_m}{R} = I_m$ என்பது சுற்றில் உள்ள மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு ஆகும். சமன்பாடுகள் (4.37) மற்றும் (4.39) இல் இருந்து, ஒரு மின்தடைச் சுற்றில் செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன என்பது தெளிவாகிறது. அதன் பொருள், அவற்றின் பெருமம் மற்றும் சிறுமத்தை ஒரே நேரத்தில் அவை அடைகின்றன. இதை கட்ட விளக்கப் படத்தில் காணலாம் (படம் 4.41). மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளதை அலை வரைபடமும் காட்டுகிறது (படம் 4.41).



படம் 4.41 R மட்டும் உள்ள AC சுற்றின் கட்ட விளக்கப்படம் மற்றும் அலை வரைபடம்

4.7.5 மின்தூண்டி மட்டும் உள்ள AC சுற்று

ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலத்துடன் L மின்தூண்டல் எண் கொண்ட மின்தூண்டி இணைக்கப்பட்டுள்ள சுற்று ஒன்றைக் கருதுக (படம் 4.42). மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பானது



படம் 4.42 மின்தூண்டி உள்ள AC சுற்று

$$v = V_m \sin \omega t \qquad (4.40)$$

மின்தூண்டி வழியே பாயும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் சுற்றில் தன் மின்–தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை அல்லது பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசையை தூண்டுகிறது. இந்தப் பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசையானது

$$\varepsilon = -L\frac{di}{dt}$$

மின்தூண்டிச் சுற்றுக்கு கிர்க்காஃபின் சுற்று விதியை பயன்படுத்தினால், நாம் பெறுவது

$$v + \varepsilon = 0$$

$$V_m \sin \omega t = L\frac{di}{dt}$$

$$di = \frac{V_m}{L}\sin \omega t \; dt$$

இருபுறமும் தொகைப்படுத்த, நாம் பெறுவது

$$i = \frac{V_m}{L}\int \sin \omega t \, dt$$

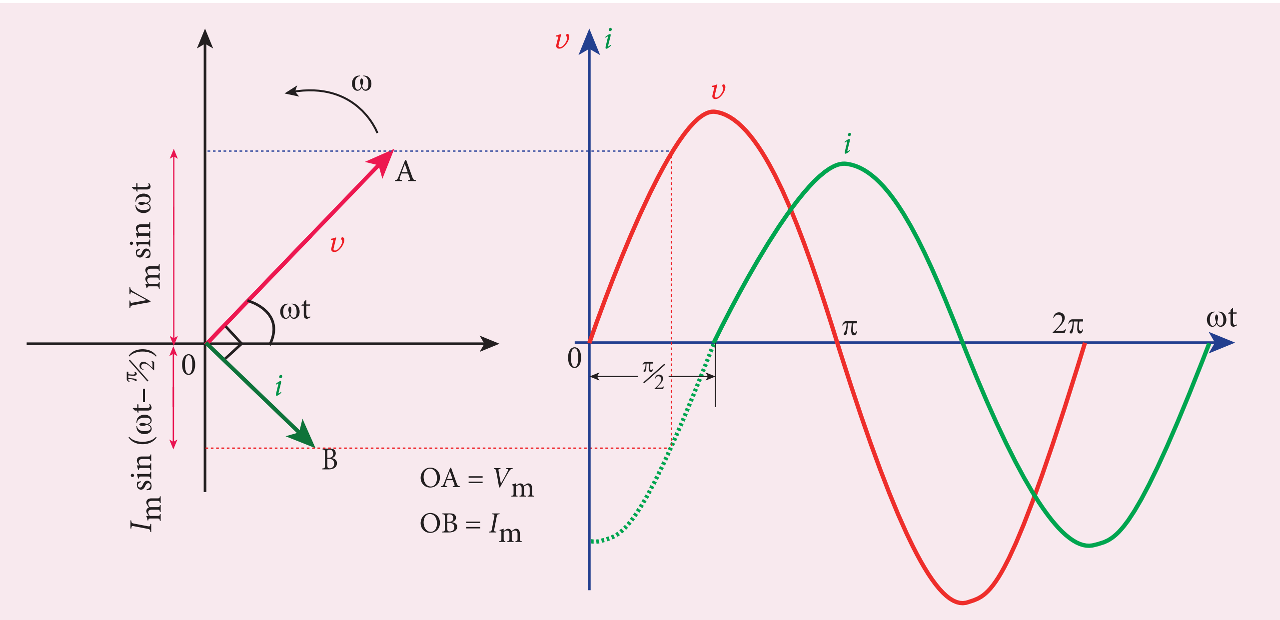
$$i = \frac{V_m}{L\omega}(-\cos \omega t) + \text{மாறிலி}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள தொகை மாறிலி நேரத்தைச் சார்ந்ததல்ல. சுற்றில் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு நேரத்தைச் சார்ந்துள்ள பகுதியை மட்டுமே கொண்டுள்ளதால், நாம் மின்னோட்டத்தில் உள்ள நேரச்சார்பு இல்லாத பகுதியை (தொகை மாறிலி) சுழியாக்கலாம்.

$$\left(\because \; -\cos \omega t = -\sin\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right) = \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \right)$$

$$i = \frac{V_m}{\omega L}\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{(அல்லது)}$$

$$i = I_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \qquad (4.41)$$



படம் 4.43 L மட்டும் உள்ள AC சுற்றின் கட்ட விளக்கப்படம் மற்றும் அலை வரைபடம்

இங்கு $\frac{V_m}{\omega L} = I_m$ என்பது சுற்றில் உள்ள மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு ஆகும். சமன்பாடு (4.40) மற்றும் (4.41)–இல் இருந்து, மின்தூண்டிச் சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டமானது செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட $\frac{\pi}{2}$ என்ற கட்ட அளவில் பின்தங்கி உள்ளது என்பது தெளிவாகிறது. இது கட்ட விளக்கப்படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்னோட்டம் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட 90° பின்தங்கி உள்ளதை அலை வரைபடத்திலும் காணலாம் (படம் 4.43).

மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பு X_L

மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு $I_m = \frac{V_m}{\omega L}$ ஆகும். இந்தச் சமன்பாட்டை மின்தடைச் சுற்றின் $I_m = \frac{V_m}{R}$ என்ற சமன்பாட்டுடன் நாம் ஒப்பிடுவோம். மின்தடைச்சுற்றில் மின்தடை ஆற்றிய பங்கினை, இங்கு ωL என்ற அளவு செய்கிறது. மின்தூண்டி அளிக்கும் இந்த மின்தடையானது மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பு (X_L) எனப்படும். இது ஓம் என்ற அலகால் அளக்கப்படுகிறது.

$$X_L = \omega L$$

ஒரு மின்தூண்டி மாறுதிசை மின்னூட்டத்தை (AC) தடுக்கிறது. ஆனால் அது நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தை (DC) அனுமதிக்கிறது. ஏன்? மற்றும் எவ்வாறு ?

ஒரு மின்தூண்டி L என்பது நெருக்கமாக சுற்றப்பட்ட திருகு சுழலான கம்பிச்சுருள் ஆகும். L வழியே பாயும் சீரான நேர்த்திசை மின்னோட்டம் (DC) அதனைச் சுற்றி சீரான காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது. அதனால் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறாது. எனவே, தன் மின்தூண்டல் மற்றும் தன் மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை (பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசை) ஏதுமில்லை. மின்தூண்டியானது ஒரு மின்தடையைப் போன்று செயல்படுவதால் நேர்த்திசை மின்னோட்டம் மின்தூண்டி வழியே பாய்கிறது.

L வழியே பாயும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் (AC), நேரத்தைச் சார்ந்து மாறுபடும் காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது. அதனால் தன் மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை (பின்னோக்கிய மின்னியக்கு விசை) உருவாக்கப்படுகிறது. லென்ஸ் விதியின்படி, இந்த பின்னோக்கிய மின்னியக்குவிசை மின்னோட்டத்தின் எந்த மாற்றத்தையும் எதிர்க்கிறது. மாறுதிசை மின்னோட்டம் எண் மதிப்பு மற்றும் திசை இரண்டிலும் மாறுபடுவதால் L இல் அதன் ஓட்டம் எதிர்க்கப்படுகிறது. சுழி மின்தடை கொண்ட ஒரு இலட்சியமின்தூண்டிக்குபின்னோக்கியமின்னியக்கு விசையானது செலுத்தப்பட்ட மின்னியக்கு விசைக்கு சமமாகவும், எதிர்த்திசையிலும் உள்ளது. எனவே L ஆனது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தைத் தடுக்கிறது.

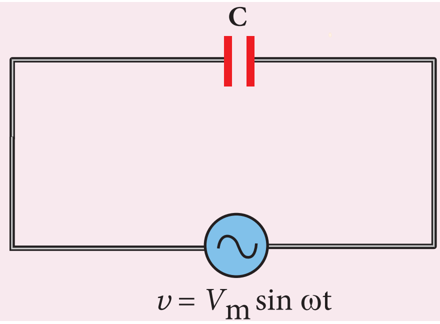
$$X_L = 2\pi f L \quad (4.42)$$

இங்கு f என்பது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் ஆகும். ஒரு நேர்த்திசை மின்னோட்டத்திற்கு $f = 0$. எனவே, $X_L = 0$. இதனால் நேர்த்திசை மின்னோட்டத்திற்கு ஒரு இலட்சிய மின்தூண்டி மின்மறுப்பை அளிக்காது.

4.7.6 மின்தேக்கி மட்டும் உள்ள AC சுற்று

ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலத்துடன் C மின்தேக்குத்திறன் கொண்ட மின்தேக்கி இணைக்கப்பட்ட சுற்று ஒன்றைக் கருதுக (படம் 4.44). மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பானது

$$v = V_m \sin \omega t \quad (4.43)$$



படம் 4.44 மின்தேக்கி உள்ள AC சுற்று

மின்தேக்கியில் உள்ள கணநேர மின்னூட்டம் q என்க. அந்தக் கணத்தில் மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னியக்கு விசை $\frac{q}{c}$ ஆகும்.

கிர்க்காஃபின் சுற்று விதிப்படி,

$$v - \frac{q}{C} = 0$$

$$q = CV_m \sin \omega t$$

மின்னோட்டத்தின் வரையறைப்படி

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}\left(CV_m \sin \omega t\right)$$

$$= CV_m \frac{d}{dt}\left(\sin \omega t\right)$$

$$= CV_m \omega \cos \omega t \qquad \text{(அல்லது)}$$

$$i = \frac{V_m}{1/C\omega} \sin\left(\omega t + \pi/2\right)$$

மின்னோட்டத்தின் கணநேர மதிப்பு

$$i = I_m \sin\left(\omega t + \pi/2\right) \qquad (4.44)$$

இங்கு $\frac{V_m}{1/C\omega} = I_m$ என்பது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு ஆகும். சமன்பாடுகள் (4.43) மற்றும் (4.44) இல் இருந்து, மின்தேக்கிச்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டமானது செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட $\pi/2$ என்ற கட்ட அளவில் முந்தி உள்ளது என்பது தெளிவாகிறது. படம் 4.45 இல் இது வரைபடமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு மின்தேக்கிச் சுற்றுக்கான அலை வரைபடமும், மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட 90° முந்திச் செல்வதைக் காட்டுகிறது.

மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு X_C

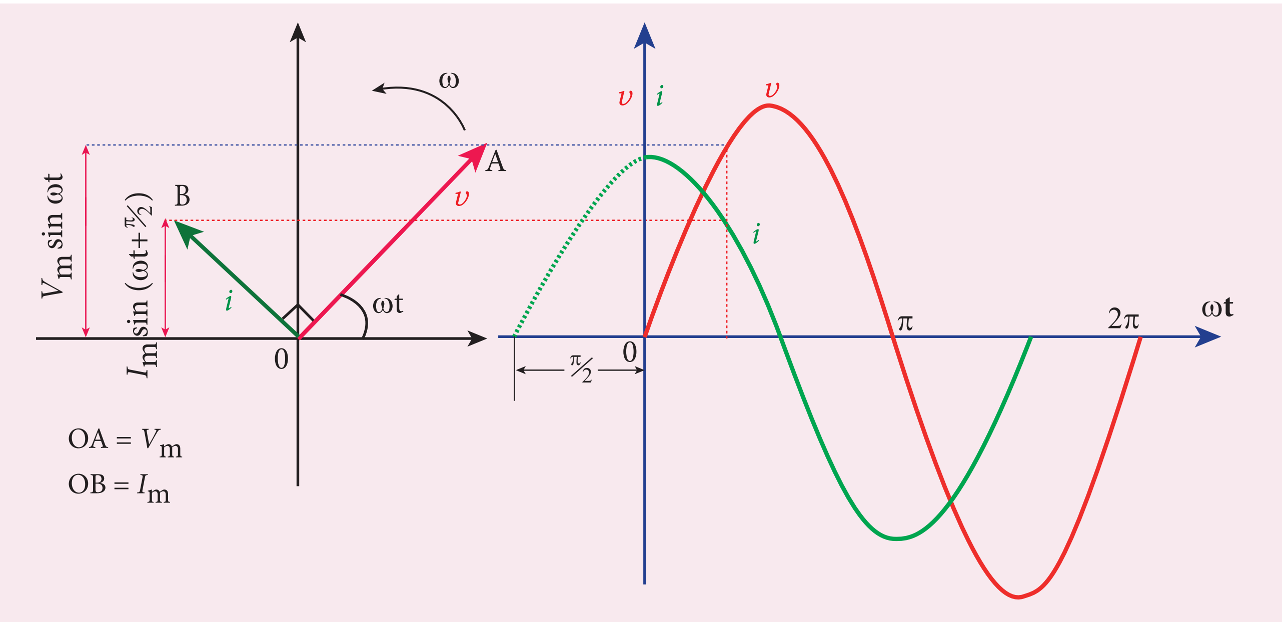
மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு $I_m = \frac{V_m}{1/C\omega}$ ஆகும். இந்தச் சமன்பாட்டை மின்தடைச் சுற்றின் $I_m = \frac{V_m}{R}$ என்ற சமன்பாட்டுடன் நாம் ஒப்பிடுவோம். மின்தடைச்சுற்றில் மின்தடை ஆற்றிய பங்கினை, இங்கு $\frac{1}{C\omega}$ என்ற அளவு செய்கிறது. மின்தேக்கி அளிக்கும் இந்த மின்தடையானது மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு (X_C) எனப்படும். இது ஓம் என்ற அலகால் அளக்கப்படுகிறது.

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \qquad (4.45)$$

மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு (X_C) அதிர்வெண்ணிற்கு எதிர்த்தகவில் மாறுகிறது. நேர்த்திசை மின்னோட்டத்திற்கு $f = 0$.

$$\therefore X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{0} = \infty$$

இவ்வாறு, ஒரு மின்தேக்கிச் சுற்று நேர்த்திசை மின்னோட்டத்திற்கு முடிவிலா மின்மறுப்பை அளிக்கிறது. அதனால் நேர்த்திசை மின்னோட்டம் மின்னோட்டம் மின்தேக்கியின் வழியே பாய இயலாது.



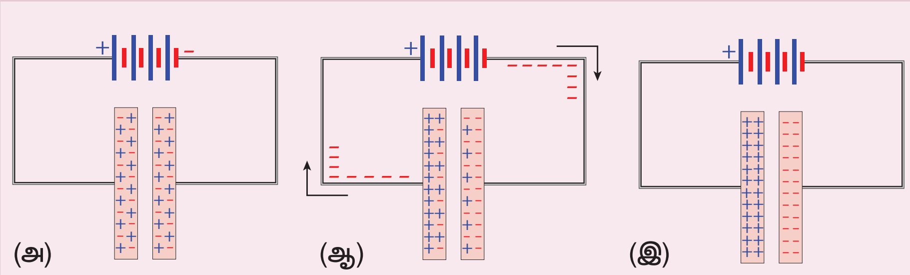
படம் 4.45 C மட்டும் உள்ள AC சுற்றின் கட்ட விளக்கப்படம் மற்றும் அலை வரைபடம்

ஒரு மின்தேக்கி நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தை தடுக்கிறது. ஆனால் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை அனுமதிக்கிறது. ஏன்? மற்றும் எவ்வாறு? (தேர்வுக்கு உரியதன்று)

மின்தேக்கியில் இரு உலோகத் தட்டுகள் இணையாக, ஒன்றுக்கொன்று நெருக்கமாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. தட்டுகளுக்கு இடையே இடைவெளி உள்ளது. ஒரு மின்தேக்கி C உடன் மின்னழுத்த மூலம் (நேர்த்திசை அல்லது மாறுதிசை மின்னழுத்தவேறுபாடு) இணைக்கப்படும் போதெல்லாம் மூலத்திலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் தட்டை அடைந்து நின்று விடுகின்றன. அவை தட்டுகளுக்கிடையே உள்ள இடைவெளியை தாண்டி சுற்றில் பாய்வதைத் தொடர இயலாது. எனவே, ஒரு திசையில் பாயும் எலக்ட்ரான்கள் (அதாவது நேர்த்திசை மின்னோட்டம்) மின்தேக்கியின் வழியே கடக்க இயலாது. ஆனால் மாறுதிசை மின்னோட்ட மூலத்திலிருந்து வரும் எலக்ட்ரான்கள் C வழியே பாய்வதாகத் தெரிகிறது. உண்மையிலேயே என்ன நிகழ்கிறது என நாம் காண்போம்!

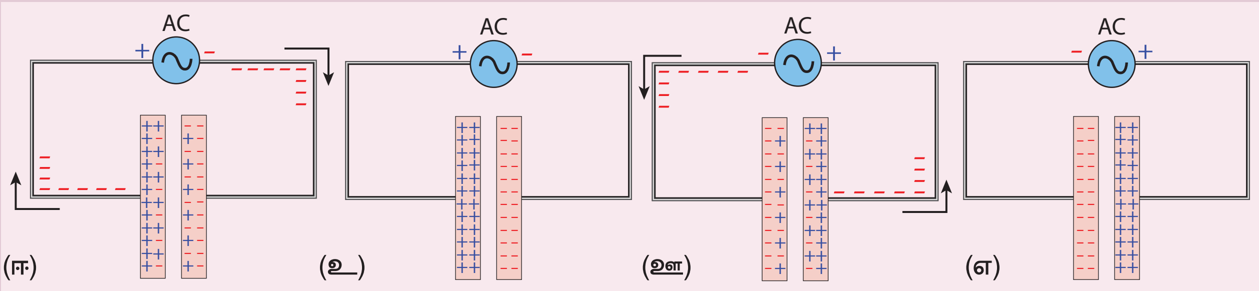
நேர்த்திசை மின்னோட்டம் மின்தேக்கி வழியே பாயாது:

ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியைக் கருதுக. அதன் தட்டுகள் மின்னூட்டம் அற்றவை (சம அளவான நேர் மற்றும் எதிர் மின்னூட்டங்கள்). படம் (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு ஒரு நேர்த்திசை மின்னோட்ட மூலம் (மின்கலன்) C க்கு குறுக்காக இணைக்கப்படுகிறது.



மின்கலன் இணைக்கப்பட்ட உடனேயே எதிர் முனையிலிருந்து எலக்ட்ரான் பாயத்தொடங்கி, வலது தட்டில் குவிந்து அதனை எதிர் மின்னூட்டம் உடையதாக்குகிறது. இந்த எதிர் மின்னழுத்தம் காரணமாக அருகில் உள்ள இடது தட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் விரட்டப்பட்டு, மின்கலனின் நேர்முனையை நோக்கி நகர்த்தப்படுகின்றன. எலக்ட்ரான்கள் இடது தட்டை விட்டு விலகியதும் அது நேர் மின்னூட்டம் உடையதாகிறது (படம் (ஆ)). இந்த செயல்முறை மின்னேற்றம் (Charging) எனப்படுகிறது. எலக்ட்ரான்கள் பாயும் திசை அம்புக்குறிகளால் காட்டப்பட்டுள்ளன.

தட்டுகளின் மின்னேற்றம் மின்கலனின் மின்னழுத்தவேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும் வரை தொடர்கிறது. C முழுவதுமாக மின்னேற்றம் அடைந்ததும் மின்னோட்டம் நின்றுவிடுகிறது. இப்போது மின்தேக்கி நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தை தடுக்கிறது (படம் இ) என நாம் கூறுகிறோம்.



மாறுதிசை மின்னோட்டம் மின்தேக்கியின் வழியே பாய்கிறது (?!)

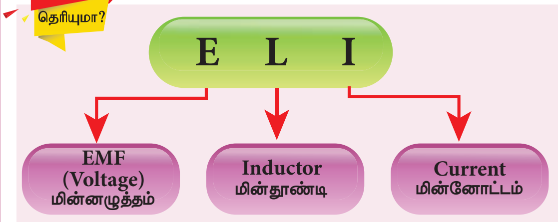
C க்கு குறுக்காக தற்போது ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்ட மூலம் இணைக்கப்படுகிறது. ஒரு கணத்தில் மூலத்தின் வலது பக்கம் எதிர் மின்னழுத்தத்தில் உள்ளது. பிறகு எலக்ட்ரான்கள் எதிர் முனையிலிருந்து வலது தட்டுக்கும் மற்றும் இடது தட்டிலிருந்து நேர்முனைக்கும் படம் (ஈ) இல் காட்டியுள்ளவாறு பாய்கிறது. ஆனால் எந்த எலக்ட்ரானும் தட்டுகளுக்கு இடையே உள்ள இடைவெளியைக் கடப்பதில்லை. இந்த எலக்ட்ரான் பாய்வது அம்புக்குறிகளால் குறிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு தட்டுகள் மின்னேற்றம் அடைவது நடைபெறுகிறது மற்றும் தட்டுகள் முழுவதுமாக மின்னேற்றம் அடைகின்றன (படம் (உ)).

சிறிது நேரம் கழித்து, மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் முனைவுத்தன்மை நேர் எதிராக மாறுகிறது. மூலத்தின் வலது பக்கம் தற்போது நேர் மின்னழுத்தத்தில் உள்ளது. வலது தட்டில் குவிந்துள்ள எலக்ட்ரான்கள் நேர்முனைக்கு பாயத் தொடங்குகிறது மற்றும் எதிர் முனையிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் இடது தட்டுக்கு பாய்ந்து, அதில் சேமிக்கப்பட்டுள்ள நேர் மின்னூட்டத்தை நடுநிலையாக்குகிறது (படம் (ஊ)). இதன் விளைவாக தட்டுகளில் உள்ள நிகர மின்னூட்டங்கள் குறையத் தொடங்குகிறது. இது மின்னிறக்கம் (Discharging) எனப்படுகிறது. படம் (எ) –இல் காட்டியுள்ளவாறு C ஆனது மீண்டும் மாறிய முனைவுத்தன்மையுடன் மின்னேற்றம் அடைகிறது.

ஆகையால், மின்தேக்கி மின்னேற்றம் அடையும் போது எலக்ட்ரான்கள் ஒரு திசையில் பாய்கின்றன மற்றும் மின்னிறக்கம் நடைபெறும்போது அதன் திசை திருப்பப் படுகிறது (இரு நேர்வுகளிலும் மரபு மின்னோட்டமும் எதிரெதிராக உள்ளன). சுற்றில் எலக்ட்ரான்கள் பாய்ந்தாலும், தட்டுகளுக்கு இடையே உள்ள இடைவெளியை எந்த எலக்ட்ரானும் கடந்து செல்லாது. இவ்வாறாக, மாறுதிசை மின்னோட்டம் மின்தேக்கி வழியே பாய்கிறது.

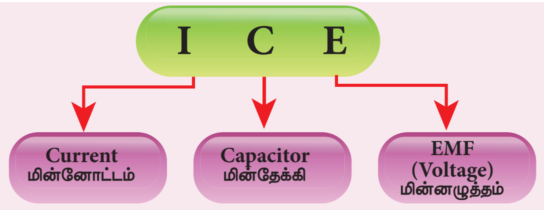
உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ELI **என்றால் என்ன?**



ELI என்பது ஒரு சுருக்கப்பெயர் (Acronym) ஆகும். அதன் பொருள் ஒரு மின்தூண்டிச் சுற்றில் மின்னியக்கு விசை (*EMF*) மின்னோட்டத்தை (Current) முந்திச் செல்கிறது என்பதாகும்.

ICE **என்றால் என்ன?**



ICE என்பது ஒரு சுருக்கப் பெயர் ஆகும். அதன் பொருள் ஒரு மின்தேக்கிச் சுற்றில் மின்னோட்டம் (Current)மின்னியக்கு விசையை(*EMF* மின்னழுத்த வேறுபாடு) முந்திச் செல்கிறது என்பதாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 4.20

பயனுறு மின்னோட்டம் 6 mA பாயும் ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றில் புறக்கணித்தக்க அளவில் மின்தடை கொண்ட ஒரு 400 mH கம்பிச்சுருள் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அதிர்வெண் 1000 Hz எனில், கம்பிச்சுருளின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காண்க.

தீர்வு:

$L = 400 \times 10^{-3}$ H; $I_{eff} = 6 \times 10^{-3}$A

$f = 1000$ Hz

மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பு, $X_L = L\omega = L \times 2\pi f$

$$= 2 \times 3.14 \times 1000 \times 0.4$$
$$= 2512\ \Omega$$

L க்கு குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$V = I X_L = 6 \times 10^{-3} \times\ 2512$$
$$V = 15.072\ \text{V}(RMS)$$

எடுத்துக்காட்டு 4.21

220 V, 50 Hz மாறுதிசை மின்னோட்ட மூலத்திற்கு குறுக்கே $\frac{10^2}{\pi}\mu$F மின்தேக்குத்திறன் கொண்ட ஒரு மின்தேக்கி இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு, மின்னோட்டத்தின் RMS மதிப்பு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக. மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டத்தின் சமன்பாடுகளை எழுதுக.

தீர்வு:

$$C = \frac{10^2}{\pi} \times 10^{-6}\text{F},\ V_{RMS} = 220\ \text{V};\ f = 50\,\text{Hz}$$

(i) மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு,

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$
$$= \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times \frac{10^{-4}}{\pi}} = 100\ \Omega$$

(ii) மின்னோட்டத்தின் RMS மதிப்பு

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{X_C} = \frac{220}{100} = 2.2\ \text{A}$$

(iii) $V_m = 220 \times \sqrt{2} = 311$ V

$$I_m = 2.2 \times \sqrt{2} = 3.1\text{A}$$

எனவே,

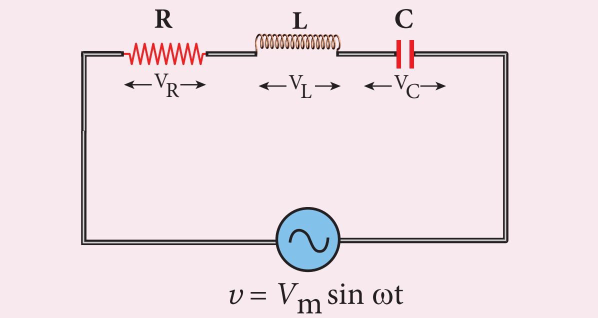
$$\upsilon = 311 \sin 314t$$
$$i = 3.1 \sin\left(314t + \pi/2\right)$$

4.7.7 மின்தடையாக்கி, மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்கி ஆகியவற்றை தொடரிணைப்பில் கொண்ட AC சுற்று – தொடர் RLC சுற்று

ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்ட மூலத்திற்கு குறுக்காக மின்தடை R கொண்ட மின்தடையாக்கி, மின்தூண்டல் எண் L கொண்ட மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்குத்திறன் C கொண்ட மின்தேக்கி

ஆகியவற்றை தொடரிணைப்பில் கொண்ட சுற்று ஒன்றைக் கருதுக (படம் 4.46). செலுத்தப்பட்ட மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பானது

$$\upsilon = V_m \sin \omega t$$



படம் 4.46 R, L மற்றும் C உள்ள AC சுற்று

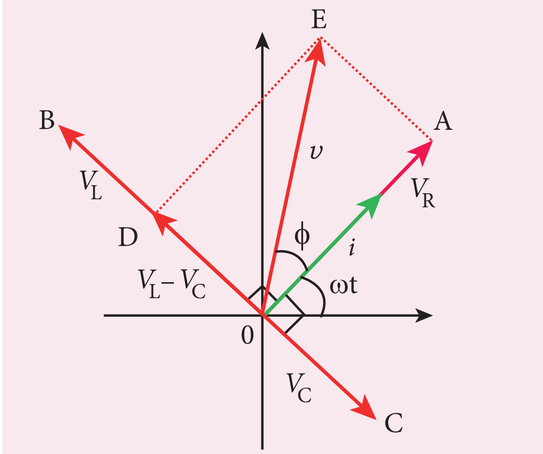
சுற்றில் அக்கணத்தில் விளையும் மின்னோட்டம் i என்க. அதன் விளைவாக R, L மற்றும் C – க்கு குறுக்காக மின்னழுத்த வேறுபாடு உருவாகிறது.

R க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_R), i உடன் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளது. L க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_L), i ஐ விட $\pi/2$ முந்தி உள்ளது மற்றும் C–க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_C), i ஐ விட $\pi/2$ பின்தங்கி உள்ளது என்பதை நாம் அறிவோம்.

மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளின் கட்ட விளக்கப்படம் வரையப்படுகிறது. மின்னோட்டமானது கட்ட வெக்டர் $\overrightarrow{OI}$ – ஆல் குறிக்கப்படுகிறது. படம் 4.47 இல் காட்டியுள்ளவாறு V_R, V_L மற்றும் V_C ஆகிய மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் முறையே $\overrightarrow{OA}$, $\overrightarrow{OB}$ மற்றும் $\overrightarrow{OC}$ என்கிற கட்ட வெக்டர்களால் குறிக்கப்படுகின்றன.

$$OI = I_m,\ OA = I_m R,\ OB = I_m X_L;\ OC = I_m X_C$$

இந்த கட்ட வெக்டர்களின் நீளம் V_L மற்றும் V_C இன் மதிப்பைப் பொருத்து மின்சுற்றானது, மின்தூண்டல் அல்லது மின்தேக்கி அல்லது மின்தடைப் பண்புள்ளதாக அமையும். $V_L > V_C$ என நாம் கருதுவோம். எனவே, L–C இணைக்கு குறுக்கே உள்ள நிகர மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_L - V_C$ ஆகும். இது கட்ட வெக்டர் $\overrightarrow{OD}$ ஆல் குறிக்கப்படுகிறது.



படம் 4.47 $V_L > V_C$ என்ற நிலையில் தொடர் RLC சுற்றின் கட்ட விளக்கப்படம்

இணைகர விதியின்படி, மூலைவிட்டம் $\overrightarrow{OE}$ ஆனது V_R மற்றும் $(V_L - V_C)$ ஆகியவற்றின் தொகுபயன் மின்னழுத்த வேறுபாடு υ–ஐத் தருகிறது. அதன் நீளம் OE ஆனது V_m க்குச் சமமாகும். எனவே

$$V_m^2 = V_R^2 + \left(V_L - V_C\right)^2$$

$$V_m = \sqrt{\left(I_m R\right)^2 + \left(I_m X_L - I_m X_C\right)^2}$$

$$= I_m \sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2} \quad \text{அல்லது}$$

$$I_m = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2}} \quad \text{அல்லது} \qquad (4.46)$$

$$I_m = \frac{V_m}{Z}$$

$$\text{இங்கு} \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2} \qquad (4.47)$$

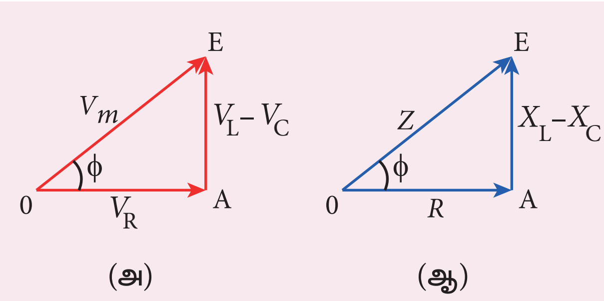
Z என்பது சுற்றின் மின்எதிர்ப்பு (Impedance) எனப்படுகிறது. இது தொடர் RLC சுற்றால் மின்னோட்டத்திற்கு அளிக்கப்பட்ட பயனுறு மின்எதிர்ப்பைக் குறிக்கிறது. மின்னழுத்த முக்கோணம் மற்றும் மின்எதிர்ப்பு முக்கோணம் ஆகியவை படம் 4.48 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

υ மற்றும் i இடையேயான கட்டக்கோணம் கீழ்க்கண்ட தொடர்பிலிருந்து பெறலாம்.

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R} \qquad (4.48)$$

அட்டவணை 4.1 மாறுதிசை மின்னோட்ட (AC) சுற்றுகளின் முடிவுகள்

மின்எதிர்ப்பின் வகை	மின்எதிர்ப்பின் மதிப்பு	மின்னழுத்த வேறுபாட்டுடன் மின்னோட்டத்தின் கட்ட கோணம்	திறன் காரணி
மின்தடை	R	0^o	1
மின்தூண்டல்	$X_L = \omega L$	90^o பின்தங்கி	0
மின்தேக்கி	$X_C = 1/\omega C$	90^o முந்தி	0
R- L - C	$\sqrt{R^2 + \left(\omega L - 1/\omega C\right)^2}$	0^o மற்றும் 90^o இடையே பின்தங்கி அல்லது முந்தி	0 மற்றும் 1 இடையே



படம் 4.48 $X_L > X_C$ என்ற நிலையில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்எதிர்ப்பு முக்கோணம்

சிறப்பு நேர்வுகள்

(i) $X_L > X_C$ எனில், $(X_L – X_C)$ நேர்க்குறியாகும் மற்றும் ϕ என்ற கட்ட கோணமும் நேர்க்குறியாகும். இதன் பொருள்: செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்னோட்டத்தை விட ϕ முந்தி உள்ளது (அல்லது மின்னோட்டம் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட ϕ பின்தங்கி உள்ளது). மின்சுற்று மின்தூண்டி பண்புடையதாக உள்ளது.

$$\therefore v = V_m \sin \omega t;\ i = I_m \sin(\omega t - \phi)$$

(ii) $X_L < X_C$ எனில், $(X_L – X_C)$ எதிர்க்குறியாகும் மற்றும் ϕ என்ற கட்ட கோணமும் எதிர்க்குறியாகும். இதன் பொருள்: செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்னோட்டத்தை விட ϕ பின்தங்கி உள்ளது (அல்லது மின்னோட்டம் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட ϕ முந்தி உள்ளது). சுற்றானது மின்தேக்கிப் பண்புடையதாக உள்ளது.

$$\therefore v = V_m \sin \omega t;\ i = I_m \sin(\omega t + \phi)$$

(iii) $X_L = X_C$ எனில், ϕ ஆனது சுழி ஆகும். எனவே, மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகியவை ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன. சுற்றானது மின்தடைப் பண்புடையதாக உள்ளது.

$$\therefore v = V_m \sin \omega t;\quad i = I_m \sin \omega t$$

4.7.8 தொடர் RLC சுற்றில் ஒத்ததிர்வு (Resonance in series RLC Circuit)

செலுத்தப்படும் மாறுதிசை மின்மூலத்தின் அதிர்வெண் (ω_r) ஆனது RLC சுற்றின் இயல்பு அதிர்வெண்ணிற்கு $\left[1/\sqrt{LC}\right]$ சமமாக இருந்தால், சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பை அடைகிறது. தற்போது சுற்றானது **மின் ஒத்ததிர்வில்** உள்ளதாகக் கூறப்படுகிறது. ஒத்ததிர்வு ஏற்படும் மின்மூலத்தின் அதிர்வெண், **ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண்** எனப்படுகிறது.

ஒத்ததிர்வு கோண அதிர்வெண், $\omega_r = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

$$(\text{அல்லது})\ f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (4.49)$$

தொடர் ஒத்ததிர்வில்,

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}\ (\text{அல்லது})\ \omega_r^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C}\ (\text{அல்லது})$$

$$X_L = X_C \qquad (4.50)$$

இதுவே தொடர் RLC சுற்றில் ஒத்ததிர்வுக்கான நிபந்தனை ஆகும்.

X_L மற்றும் X_C ஆகியவை அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்திருப்பதால், செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அதிர்வெண்ணை மாற்றுவதன் மூலம் ஒத்ததிர்வு நிபந்தனையை $(X_L = X_C)$ அடையலாம்.

தொடர் ஒத்ததிர்வின் விளைவுகள்

தொடர் ஒத்ததிர்வு நிகழும்போது சுற்றின் மின்எதிர்ப்பு சிறுமமாகும் மற்றும் அது சுற்றின் மின்தடைக்குச் சமமாகும். இதன் விளைவாக, சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டம் பெருமமாகிறது. மின்னோட்டம் மற்றும் அதிர்வெண் இடையே வரையப்பட்ட ஒத்ததிர்வு வளைகோட்டில் இது காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 4.49).

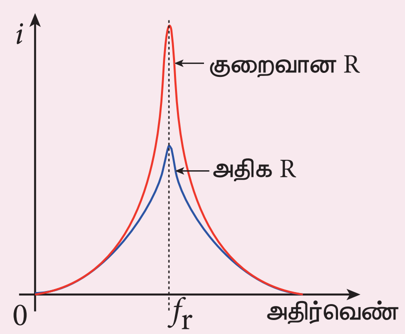
ஒத்ததிர்வு நிலையில், மின்எதிர்ப்பானது

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R \text{ ஏனெனில் } X_L = X_C$$

எனவே, சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டமானது

$$I_m = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

$$I_m = \frac{V_m}{R} \qquad (4.51)$$



படம் 4.49 ஒத்ததிர்வு வளைகோடு

தொடர் ஒத்ததிர்வினால் விளையும் பெரும மின்னோட்டமானது சுற்றில் உள்ள மின் தடையைப் பொருத்து அமையும். சிறிய மின்தடை மதிப்புகளுக்கு, கூர்மையான வளைகோட்டுடன் அமைந்த அதிக மின்னோட்டம் கிடைக்கிறது. மின்தடை அதிகமெனில், தட்டையான வளைகோட்டுடன் அமைந்த குறைந்த மின்னோட்டம் கிடைக்கிறது.

தொடர் *RLC* ஒத்திசைவுச் சுற்றின் பயன்பாடுகள்

RLC சுற்றானது வடிப்பான் சுற்றுகள், அலையியற்றிகள், மின்னழுத்த பெருக்கிகள், முதலியவற்றில் பயன்படுகிறது. தொடர் *RLC* சுற்றின் ஒரு முக்கிய பயன்பாடானது வானொலி மற்றும் தொலைக்காட்சி அமைப்புகளின் ஒத்திசைவுச் சுற்றுகள் (Tuning circuits) ஆகும். ஒலிபரப்பு நிலையங்களில் இருந்து பல்வேறுபட்ட அதிர்வெண்களில் சைகைகள் வானவெளியில் பரப்பப்படுகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையத்தின் சைகையைப் பெற ஒத்திசைவு செய்யப்படுகிறது.

பொதுவாக ஒத்திசைவானது பின்வருமாறு செய்யப்படுகிறது. இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மாறுபாட்டு மின்தேக்குத்திறனை மாற்றுவதன் மூலம் சுற்றின் ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் மாற்றப்படுகிறது. ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையத்தின் அதிர்வெண்ணிற்கு சமமாகும் போது, சுற்றில் மின்னோட்டத்தின் வீச்சு பெருமமாகிறது. அதன் மூலம் அந்த நிலையத்தின் சைகை மட்டும் ஏற்கப்படுகிறது.

குறிப்பு

மின் ஒத்ததிர்வு நிகழ்வு சுற்றில் *L* மற்றும் *C* இரண்டும் இருந்தால் மட்டுமே சாத்தியமாகிறது. அப்போது தான் 180° கட்ட வேறுபாடு கொண்டுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் V_L மற்றும் V_C இரண்டும் ஒன்றையொன்று நீக்கிவிடுகின்றன. சுற்றானது மின்தடைப்பண்பு உடையதாகிறது. இது *RL* மற்றும் *RC* சுற்றுகளில் ஒத்ததிர்வு ஏற்படாது என்பதைக் குறிக்கிறது.

4.7.9 தரக் காரணி அல்லது Q – காரணி (Quality factor or Q – factor)

தொடர் *RLC* சுற்றில் ஒத்ததிர்வின்போது மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பை அடைகிறது. மின்னோட்டம் அதிகரிப்பதால் *L* மற்றும் *C* க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகளும் அதிகரிக்கின்றன. தொடர் ஒத்ததிர்வில் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளின் பெருக்கம் *Q* – காரணியால் குறிக்கப்படுகிறது.

***Q* – காரணி என்பது ஒத்ததிர்வின் போது *L* அல்லது *C* க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும், செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த**

வேறுபாட்டிற்கும் இடையே உள்ள தகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$Q-\text{காரணி} = \frac{\text{ஒத்ததிர்வின் போது } L \text{ அல்லது } C \text{ க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு}}{\text{செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு}}$$

ஒத்ததிர்வின்போதுசுற்றானதுமின்தடைப்பண்பு கொண்டுள்ளது. எனவே செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு, R – க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும்.

$$Q\text{-காரணி} = \frac{I_m X_L}{I_m R} = \frac{X_L}{R} \qquad (4.52)$$

$$= \frac{\omega_r L}{R}$$

$$= \frac{L}{R\sqrt{LC}} \qquad \text{இங்கு } \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Q\text{-காரணி} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (4.53)$$

இதன் அர்த்தம் வருமாறு: ஒத்ததிர்வின் போது செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட L அல்லது C க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு எத்தனை மடங்கு உள்ளது என்பதை குறிக்கிறது.

எடுத்துக்காட்டு 4.22

தொடர் RLC சுற்றில் உள்ள மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பு, மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு மற்றும் மின்தடை ஆகியவை முறையே 184 Ω, 144 Ω மற்றும் 30 Ω எனில் சுற்றின் மின்எதிர்ப்பைக் காண்க. மேலும் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையிலான கட்டக் கோணத்தையும் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$X_L = 184\ \Omega;\ X_C = 144\ \Omega;\ R = 30\ \Omega$

(i) மின்எதிர்ப்பானது

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

$$= \sqrt{30^2 + (184-144)^2}$$

$$= \sqrt{900+1600}$$

$$Z = 50\ \Omega$$

(ii) மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையிலான கட்ட கோணம் ϕ ஆனது

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$= \frac{184-144}{30} = 1.33$$

$$\phi = 53.1^\circ$$

கட்டக் கோணம் நேர்க்குறி என்பதால், இந்த மின்தூண்டி சுற்றுக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடானது மின்னோட்டத்தை விட 53.1° முந்தி உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 4.23

500 μH மின்தூண்டி, $\frac{80}{\pi^2}$ pF மின்தேக்கி மற்றும் 628 Ω மின்தடை ஆகியவை இணைக்கப்பட்டு தொடர் RLC சுற்று உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த சுற்றின் ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் மற்றும் ஒத்ததிர்வில் Q – காரணியைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$$L = 500\times10^{-6}\text{H};\ C = \frac{80}{\pi^2}\times10^{-12}\text{F};\ R = 628\,\Omega$$

(i) ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண்

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{500\times10^{-6}\times\frac{80}{\pi^2}\times10^{-12}}}$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{40{,}000\times10^{-18}}}$$

$$= \frac{10{,}000\times10^3}{4} = 2500\ \text{KHz}$$

(ii) Q–காரணி

$$= \frac{\omega_r L}{R} = \frac{2\times3.14\times2500\times10^3\times500\times10^{-6}}{628}$$

$$Q = 12.5$$

எடுத்துக்காட்டு 4.24

$\upsilon = 10\sin(3\pi\times10^4\,t)$ வோல்ட் என்ற மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்பை கொடுக்கப்பட்டுள்ள கணங்களில் கண்டுபிடி i) 0 s ii) 50 μs iii) 75 μs.

தீர்வு:

கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாடு $\upsilon = 10\sin\left(3\pi \times 10^4 t\right)$

(i) t = 0 s இல்

$$\upsilon = 10\sin 0^\circ = 0 \text{ V}$$

(ii) t = 50 μs இல்

$$\upsilon = 10\sin\left(3\pi \times 10^4 \times 50 \times 10^{-6}\right)$$
$$= 10\sin\left(150\pi \times 10^{-2} \times \frac{180^\circ}{\pi}\right)$$
$$= 10\sin(270^\circ) = 10 \times -1$$
$$= -10 \text{ V}$$

(iii) t = 75 μs இல்

$$\upsilon = 10\sin\left(3\pi \times 10^4 \times 75 \times 10^{-6}\right)$$
$$= 10\sin\left(225\pi \times 10^{-2} \times \frac{180^\circ}{\pi}\right)$$
$$= 10\sin(405^\circ) = 10\sin 45^\circ$$
$$= 10 \times 1/\sqrt{2} = 7.07 \text{ V}$$

எடுத்துக்காட்டு 4.25

ஒரு மின்தூண்டிச் சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டம் $0.3\ sin\,(200t - 40^\circ)$ A ஆகும். மின்தூண்டல் எண் 40mH எனில், அதன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கான சமன்பாட்டை எழுதுக.

தீர்வு:

$L = 40 \times 10^{-3}$ H; $i = 0.3 \sin(200t - 40^\circ)$

$$X_L = \omega L = 200 \times 40 \times 10^{-3} = 8\ \Omega$$
$$V_m = I_m X_L = 0.3 \times 8 = 2.4 \text{ V}$$

ஒரு மின்தூண்டிச்சுற்றின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்னோட்டத்தைவிட 90° முந்தி உள்ளது. எனவே,

$$\upsilon = V_m \sin\left(\omega t + 90^\circ\right)$$
$$\upsilon = 2.4\sin\left(200t - 40^\circ + 90^\circ\right)$$
$$\upsilon = 2.4\sin\left(200t + 50^\circ\right) \text{V}$$

4.8 மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றுகளின் திறன் (POWER IN AC CIRCUITS)

4.8.1 மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றுகளில் திறன் – அறிமுகம்

ஒரு சுற்றின் திறன் என்பது அச்சுற்றில் மின் ஆற்றல் நுகரப்படும் வீதம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. அது மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத்தொகையால் குறிக்கப் படுகிறது. ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் நேரத்தைப் பொருத்து தொடர்ச்சியாக மாறுகின்றன. முதலில் ஒரு கணத்தில் உள்ள திறனை நாம் கணக்கிட்டு, பிறகு ஒரு முழுச்சுற்றுக்கு அதன் சராசரியை மதிப்பிடலாம்.

தொடர் மின்தூண்டி *RLC* சுற்றில், கணநேர மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னேட்டமானது

$$\upsilon = V_m \sin\omega t \quad \text{மற்றும்} \quad i = I_m \sin\left(\omega t + \phi\right)$$

இங்கு ϕ என்பது υ மற்றும் i இடையே உள்ள கட்டக்கோணம் ஆகும். கணநேர திறனை (Instantaneous power) இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$P = \upsilon\, i$$
$$= V_m I_m \sin\omega t \sin\left(\omega t + \phi\right)$$
$$= V_m I_m \sin\omega t\left[\sin\omega t\cos\phi + \cos\omega t\sin\phi\right]$$
$$P = V_m I_m\left[\cos\phi\sin^2\omega t + \sin\omega t\cos\omega t\sin\phi\right] \quad (4.54)$$

இங்கு ஒரு சுற்றுக்கான $\sin^2\omega t$ இன் சராசரி $1/2$ ஆகும் மற்றும் $\sin\omega t\cos\omega t$ இன் சராசரி சுழியாகும். இந்த மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டு, ஒரு சுற்றுக்கான சராசரி திறனைப் பெறலாம்.

$$P_{av} = V_m I_m \cos\phi \times 1/2$$
$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}}\frac{I_m}{\sqrt{2}}\cos\phi$$
$$P_{av} = V_{RMS}\, I_{RMS}\cos\phi \quad (4.55)$$

இங்கு $V_{RMS} I_{RMS}$ என்பது தோற்றத்திறன் (Apparent power) எனப்படும். cos ϕ என்பது திறன் காரணி (Power factor) ஆகும். ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றின் சராசரி திறன் சுற்றின் உண்மைத் திறன் (True power) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

சிறப்பு நேர்வுகள்

(i) மின்தடைப் பண்புள்ள சுற்றுக்கு, மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்டக்கோணம் சுழியாகும் மற்றும் cos ϕ = 1.

$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\ I_{RMS}$$

(ii) மின்தூண்டல் அல்லது மின்தேக்கிப் பண்புள்ள சுற்றுக்கு கட்டக் கோணமானது $\pm \pi/2$ மற்றும் $\cos\left(\pm \pi/2\right) = 0$.

$$\therefore P_{av} = 0$$

(iii) தொடர் *RLC* சுற்றுக்கு கட்டக் கோணம் $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$

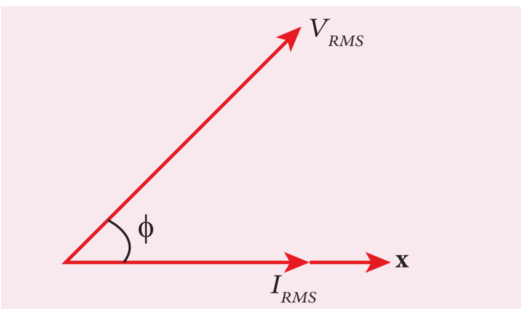
$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\ I_{RMS}\ \cos\phi$$

(iv) ஒத்ததிர்வில் உள்ள தொடர் *RLC* சுற்றுக்கு கட்டக்கோணம் சுழியாகும் மற்றும் $\cos 0^\circ = 1$.

$$\therefore P_{av} = V_{RMS}\ I_{RMS}$$

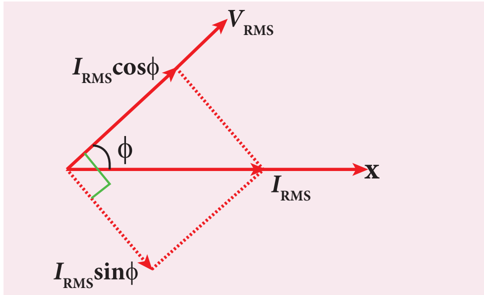
4.8.2 சுழித்திறன் மின்னோட்டம் (Wattless current)

V_{RMS} மற்றும் I_{RMS} இடையே கட்டக்கோணம் ϕ கொண்ட ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றைக் கருதுக. கட்ட விளக்கப்படத்தில் (படம் 4.50) காட்டியுள்ளவாறு மின்னழுத்த வேறுபாடானது மின்னோட்டத்தைவிட ϕ கோணம் முந்தி இருப்பதாகக் கொள்க.



படம் 4.50 V_{RMS} ஆனது I_{RMS} ஐ ϕ கட்டம் முந்திச் செல்கிறது

தற்போது படம் 4.51 இல் காட்டியுள்ளவாறு I_{RMS} ஆனது V_{RMS} வழியே $I_{RMS}\cos\phi$ எனவும், V_{RMS} க்கு குத்தாக $I_{RMS}\sin\phi$ எனவும் இரு செங்குத்துக் கூறுகளாக பகுக்கப்படுகிறது.



படம் 4.51 I_{RMS} இன் கூறுகள்

(i) மின்னழுத்த வேறுபாட்டுடன் ஒரே கட்டத்தில் உள்ள மின்னோட்டத்தின் கூறு $(I_{RMS}\cos\phi)$ செயற்படு கூறு எனப்படுகிறது. இக்கூறினால் நுகரப்பட்ட திறன் $= V_{RMS} I_{RMS}\cos\phi$. எனவே இதை முழுத்திறன் கொண்ட மின்னோட்டம் (Wattful current) என அழைக்கப்படுகிறது.

(ii) மின்னழுத்த வேறுபாட்டுடன் கட்டக்கோணம் $\pi/2$ கொண்டுள்ள மற்றொரு கூறு $(I_{RMS}\sin\phi)$ ஆனது மின்மறுப்புக்கூறு எனப்படுகிறது. இக்கூறினால் நுகரப்பட்ட திறன் சுழியாகும். எனவே இது 'சுழித்திறன்' மின்னோட்டம் (Wattless current) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டச்சுற்றில் நுகரப்பட்ட திறன் சுழியெனில், அந்தச் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் சுழித்திறன் மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த சுழித்திறன் மின்னோட்டம் மின்தூண்டல் அல்லது மின்தேக்கி பண்புள்ள சுற்றில் நிகழ்கிறது.

4.8.3 திறன் காரணி (Power factor)

ஒரு சுற்றின் திறன் காரணி கீழ்க்கண்ட வழிகளில் வரையறுக்கப்படுகிறது.

(i) திறன் காரணி = cos ϕ = முந்தி அல்லது பின்தங்கி உள்ள கட்டக்கோணத்தின் கொசைன் மதிப்பு

(ii) திறன் காரணி = $\frac{R}{Z}$ = $\frac{\text{மின்தடை}}{\text{மின்எதிர்ப்பு}}$

(iii) திறன் காரணி = $\frac{P_{av}}{V_{RMS} I_{RMS}}$

= $\frac{\text{உண்மைத் திறன்}}{\text{தோற்றத்திறன்}}$

திறன் காரணிகளுக்கான சில எடுத்துக்காட்டுகள்:

(i) மின்தடைப் பண்புள்ள ஒரு சுற்றுக்கு திறன் காரணி = $\cos 0° = 1$. ஏனெனில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்ட கோணம் சுழியாகும்.

(ii) மின்தூண்டல் அல்லது மின்தேக்கிப் பண்புள்ள ஒரு சுற்றுக்கு திறன் காரணி $= \cos\left(\pm \pi/2\right) = 0$. ஏனெனில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்ட கோணம் $\pm \pi/2$.

(iii) R, L மற்றும் C ஐ மாறுபட்ட விகிதங்களில் கொண்டுள்ள ஒரு சுற்றுக்கு திறன் காரணி 0 முதல் 1 வரை இருக்கும்.

4.8.4 நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தை விட மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் நன்மைகள் மற்றும் குறைபாடுகள்

நேர்த்திசை மின்னோட்ட அமைப்பை விட மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பில் பல நன்மைகள் மற்றும் சில குறைபாடுகள் உள்ளன.

நன்மைகள்:

(i) நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தை விட மாறுதிசை மின்னோட்ட உற்பத்திச் செலவு குறைவாகும்.

(ii) மாறுதிசை மின்னோட்டம் உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் விநியோகிக்கப்பட்டால் அனுப்புகை இழப்புகள் நேர்த்திசை அனுப்புகையை ஒப்பிட குறைவானதாகும்.

(iii) திருத்திகளின் உதவியால் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை எளிதாக நேர்த்திசை மின்னோட்டமாக மாற்றலாம்.

குறைபாடுகள்

(i) மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடுகளை சில பயன்பாடுகளில் பயன்படுத்த இயலாது. உதாரணமாக மின்கலன்களை மின்னேற்றம் செய்தல், மின்முலாம் பூசுதல், மின் இழுவை போன்றவை.

(ii) உயர் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளில் நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தைக் காட்டிலும் மாறுதிசை மின்னோட்டத்துடன் வேலை செய்வது அதிக ஆபத்தானது.

எடுத்துக்காட்டு 4.26

400 kHz இல் ஒத்ததிரும் தொடர் RLC சுற்றானது 80 μH மின்தூண்டி, 2000 pF மின்தேக்கி மற்றும் 50 Ω மின்தடை ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ளது. (i) சுற்றின் Q – காரணி (ii) மின்தூண்டல் எண் மதிப்பு இரு மடங்கானால், மின்தேக்குத்திறனின் புதிய மதிப்பு மற்றும் (iii) Q – காரணியின் புதிய மதிப்பு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$L = 80 \times 10^{-6}\text{H}; C = 2000 \times 10^{-12}$ F

$R = 50\ \Omega; f_r = 400 \times 10^3\text{Hz}$

(i) Q-காரணி, $Q_1 = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

$$= \frac{1}{50}\sqrt{\frac{80\times10^{-6}}{2000\times10^{-12}}} = 4$$

(ii) $L_2 = 2\,L$ எனில்

$= 2 \times 80 \times 10^{-6}$ H

$= 160 \times 10^{-6}$ H,

$$C_2 = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 L_2}$$

$$= \frac{1}{4\times3.14^2\times\left(400\times10^3\right)^2\times160\times10^{-6}}$$

$$\simeq 1000\times10^{-12}\,\text{F}$$

$$C_2 \simeq 1000\,\text{pF}$$

(iii) $Q_2 = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L_2}{C_2}} = \frac{1}{50}\sqrt{\frac{160\times10^{-6}}{1000\times10^{-12}}}$

$$= \frac{1}{50}\sqrt{\frac{16\times10^{-5}}{10^{-9}}} = \frac{4\times10^2}{50} = 8$$

எடுத்துக்காட்டு 4.27

$\frac{10^{-4}}{\pi}$ F மின்தேக்குத்திறன் கொண்ட மின்தேக்கி, $\frac{2}{\pi}H$ மின்தூண்டல் எண் கொண்ட மின்தூண்டி மற்றும் 100 Ω மின்தடை கொண்ட மின்தடையாக்கி ஆகியவை இணைக்கப்பட்டு, ஒரு தொடர் RLC சுற்று உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. 220 V, 50 Hz உள்ள ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம் சுற்றுக்கு அளிக்கப்பட்டால் (i) சுற்றின் மின்எதிர்ப்பு (ii) சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு (iii) சுற்றின் திறன் காரணி மற்றும் (iv) ஒத்ததிர்வில் சுற்றின் திறன் காரணி ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$$L=\frac{2}{\pi}\text{ H};\ C=\frac{10^{-4}}{\pi}\text{ F};\ R=100\ \Omega$$

$$V_{RMS}=220\text{ V};\ f=50\text{ Hz}$$

$$X_L=2\pi fL=2\pi\times 50\times {2}/{\pi}=200\ \Omega$$

$$X_C=\frac{1}{2\pi fC}=\frac{1}{2\pi\times 50\times\frac{10^{-4}}{\pi}}=100\ \Omega$$

(i) மின்எதிர்ப்பு, $Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$

$$=\sqrt{100^2+(200-100)^2}\ =141.4\ \Omega$$

(ii) மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு,

$$I_m=\frac{V_m}{Z}=\frac{\sqrt{2}V_{RMS}}{Z}$$

$$=\frac{\sqrt{2}\times 220}{141.4}\ =2.2\text{ A}$$

(iii) சுற்றின் திறன் காரணி,

$$\cos\phi=\frac{R}{Z}=\frac{100}{141.4}=0.707$$

(iv) ஒத்ததிர்வில் திறன் காரணி,

$$\cos\phi=\frac{R}{Z}=\frac{R}{R}=1$$

4.9 LC சுற்றுகளில் அலைவு (OSCILLATION IN LC CIRCUITS)

4.9.1 LC அலைவுகள் – அறிமுகம்

மின்தூண்டிகள் மற்றும் மின்தேக்கிகளில் ஆற்றலை சேமிக்கலாம் என நாம் அறிந்துள்ளோம். (பகுதிகள் 1.8.2 மற்றும் 4.3.2). ஆற்றலானது மின்தூண்டிகளில் காந்தப்புல வடிவிலும், மின்தேக்கிகளில் மின்புல வடிவிலும் சேமிக்கப்படுகிறது.

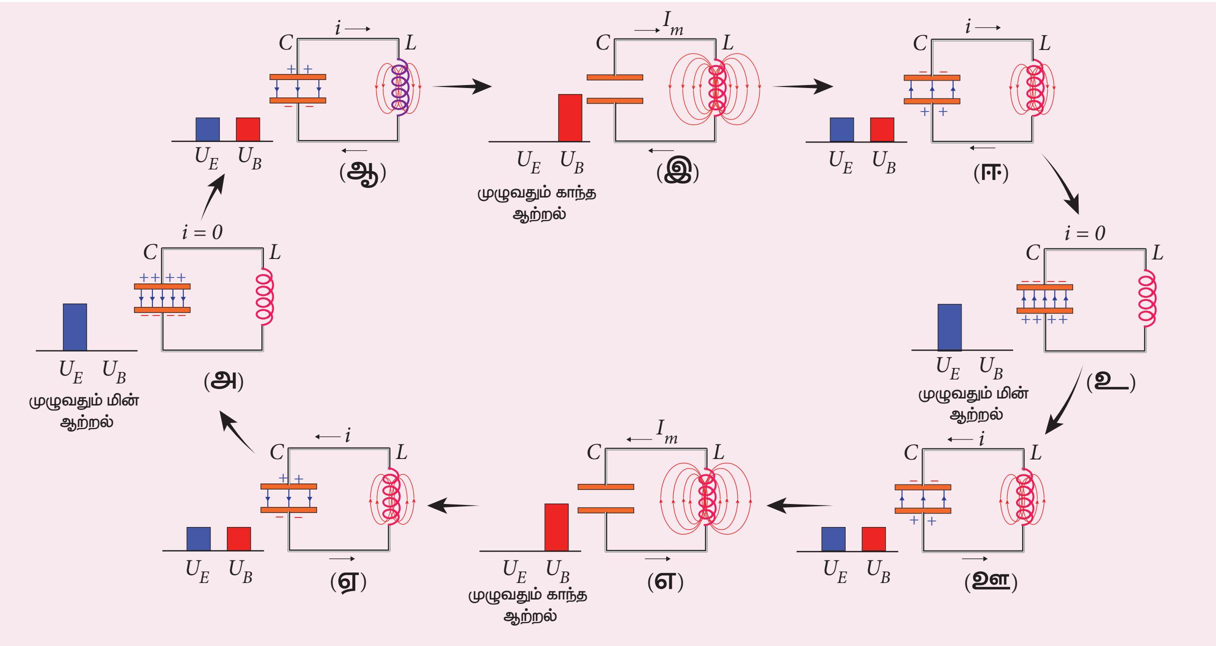
மின்தூண்டல் எண் L கொண்ட மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்கத்திறன் C கொண்ட மின்தேக்கி ஆகியவற்றை கொண்டுள்ள ஒரு சுற்றுக்கு ஆற்றல் அளிக்கப்படும் போதெல்லாம், ஆற்றலானது மின்தூண்டியின் காந்தப்புலம் மற்றும் மின்தேக்கியின் மின்புலம் இடையே முன்னும் பின்னுமாக அலைவுறுகிறது. இதனால் வரையறுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின் அலைவுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த அலைவுகள் *LC* **அலைவுகள்** எனப்படுகிறது.

LC அலைவுகள் உருவாதல்

தொடக்க நிலையில் மின்தேக்கியானது Q_m என்ற பெருமமின்னூட்டத்தைக் கொண்டுமுழுவதும் மின்னேற்றம் செய்யப்பட்டதாகக் கருதுவோம். ஆகையால் மின்தேக்கியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் பெருமமாகும் மற்றும் அது $U_E={Q_m^2}/{2C}$ என குறிக்கப்படுகிறது. மின்தூண்டியில் மின்னோட்டம் இல்லாததால் அதில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் சுழியாகும். அதாவது $U_B=0.$ எனவே ஆற்றல் முழுவதும் மின் ஆற்றலாகும். இது படம் 4.52 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மின்தேக்கி தற்போது மின்தூண்டி வழியே மின்னிறக்கம் அடையத் தொடங்கி வலஞ்சுழியாக i என்ற மின்னோட்டத்தை நிறுவுகிறது. இந்த மின்னோட்டம் மின்தூண்டியைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது மற்றும் மின்தூண்டியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் $U_B={Li^2}/{2}$. மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னூட்டம் குறைவதால், அதனுள் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றலும் குறைகிறது மற்றும் அதனை $U_E={q^2}/{2C}$ என எழுதலாம். இவ்வாறு ஆற்றலின் ஒரு பகுதி மின்தேக்கியில் இருந்து, மின்தூண்டிக்கு மாறுகிறது. அந்தக் கணத்தில் மொத்த ஆற்றலானது மின் மற்றும் காந்த ஆற்றல்களின் கூடுதலாகும் (படம் 4.52(ஆ)).

மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னூட்டங்கள் தீர்ந்தவுடன், அதன் ஆற்றல் சுழியாகிறது. அதாவது $U_E=0$. ஆற்றலானது மின்தூண்டியின் காந்தப்புலத்திற்கு முழுவதுமாக மாற்றப்படுகிறது மற்றும் அதன் ஆற்றல் பெருமமாகிறது. இந்த பெரும ஆற்றல் $U_B={LI_m^2}/{2}$. இங்கு I_m என்பது சுற்றில்



படம் 4.52 LC அலைவுகள்

பாயும் பெரும மின்னோட்டம் ஆகும். தற்போது ஆற்றல் முழுவதும் காந்த ஆற்றலாகும் (படம் 4.52(இ)).

மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னூட்டம் சுழியானாலும், அதே திசையில் மின்னோட்டம் தொடர்ந்து பாயும். ஏனெனில், மின்னோட்டம் உடனடியாக நிற்பதற்கு மின்தூண்டி அனுமதிப்பதில்லை. மின்தூண்டியின் சரிகின்ற காந்தப்புலமானது, சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்வதை உறுதி செய்கிறது. ஆனால் மின்னோட்டத்தின் எண்மதிப்பு குறைகிறது. தற்போது மின்தேக்கியானது எதிர்த்திசையில் மின்னேற்றம் அடையத் தொடங்கும். ஆற்றலின் ஒரு பகுதி மின்தூண்டியில் இருந்து மீண்டும் மின்தேக்கிக்கு மாறுகிறது. மொத்த ஆற்றலானது மின் மற்றும் காந்த ஆற்றல்களின் கூடுதலாகும் (படம் 4.52(ஈ)).

சுற்றில் மின்னோட்டம் சுழியாகக் குறையும் போது மின்தேக்கியானது எதிர்த்திசையில் முழுவதுமாக மின்னேற்றம் அடைகிறது. மின்தேக்கியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் பெருமமாகிறது. மின்னோட்டம் சுழி என்பதால் மின்தூண்டியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் சுழியாகும். ஆற்றல் முழுவதும் மின் ஆற்றலாகும் (படம் 4.52(உ)).

மின்சுற்றின் தற்போதைய நிலையானது தொடக்க நிலையைப் போன்றதே. ஆனால் மின்தேக்கி எதிர்த்திசையில் மின்னேற்றம் அடைந்துள்ளது என்பது வேறுபாடாகும். மின்தேக்கியானது இடஞ்சுழி மின்னோட்டத்துடன் மின்தூண்டி வழியாக மின்னிறக்கம் அடையத் தொடங்குகிறது. மொத்த ஆற்றலானது மின் மற்றும் காந்த ஆற்றல்களின் கூடுதலாகும் (படம் 4.52(ஊ)).

ஏற்கனவே விளக்கியவாறு, செயல்முறைகள் யாவும் எதிர்த்திசையில் மீண்டும் நிகழ்கின்றன (படம் 4.52(எ) மற்றும் (ஏ). இறுதியாக சுற்று அதன் தொடக்க நிலைக்கு திரும்புகிறது (படம் 4.52(அ)). இவ்வாறு சுற்று இந்த நிலைகளைக் கடந்து சென்றால், சுற்றில் ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இந்த செயல்முறை மீண்டும் மீண்டும் நிகழ்ந்தால், வரையறுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின் அலைவுகள் உருவாக்கப்படுகிறது. இவை *LC* அலைவுகள் எனப்படுகிறது.

இலட்சிய *LC* சுற்றில், ஆற்றல் இழப்பு இல்லை. எனவே அலைவுகள் காலவரையின்றி நடைபெறும். அத்தகைய அலைவுகள் தடையற்ற அலைவுகள் எனப்படுகிறது.

குறிப்பு

ஆனால் நடைமுறையில், ஜூல் வெப்பமாதல் மற்றும் சுற்றிலிருந்து மின்காந்த அலைகளின் கதிர்வீச்சு ஆகியவை அமைப்பின் ஆற்றலைக் குறைக்கின்றன. எனவே, அலைவுகள் தடையுறு அலைவுகளாகின்றன.

4.9.2 LC அலைவுகளில் ஆற்றல் மாறா நிலை

LC சுற்றுகளில் நடைபெறும் LC அலைவுகளின் போது அமைப்பின் ஆற்றலானது, மின்தேக்கியின் மின்புலம் மற்றும் மின்தூண்டியின் காந்தப்புலம் இடையே அலைவுறுகிறது. இந்த இரு ஆற்றல் வடிவங்களும் நேரத்தைப் பொருத்து மாறினாலும் மொத்த ஆற்றல் மாறாமல் உள்ளது. அதன் பொருள், ஆற்றல் மாறா விதிக்கு ஏற்ப LC அலைவுகள் நடைபெறுகின்றன என்பதாகும்.

மொத்த ஆற்றல் $U = U_E + U_B = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$

LC அலைவுகளின் போது 3 வேறுபட்ட நிலைகளைக் கருதுவோம் மற்றும் அமைப்பின் மொத்த ஆற்றலைக் கணக்கிடுவோம்.

நேர்வு (i) மின்தேக்கியின் மின்னூட்டம் $q = Q_m$ மற்றும் மின்தூண்டியின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் $i = 0$ எனும் போது, மொத்த ஆற்றலானது

$$U = \frac{Q_m^2}{2C} + 0 = \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.56)$$

இங்கு மொத்த ஆற்றல் முழுவதும் மின் ஆற்றலாக உள்ளது.

நேர்வு (ii) மின்னூட்டம் = 0 ; மின்னோட்டம் = I_m எனும் போது, மொத்த ஆற்றலானது

$$U = 0 + \frac{1}{2}LI_m^2 = \frac{1}{2}LI_m^2$$

$$= \frac{L}{2}\times\left(\frac{Q_m^2}{LC}\right) \qquad \because I_m = Q_m\omega = \frac{Q_m}{\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.57)$$

இங்கு மொத்த ஆற்றல் முழுவதும் காந்த ஆற்றலாக உள்ளது.

நேர்வு (iii) மின்னூட்டம் = q; மின்னோட்டம் = i எனும் போது, மொத்த ஆற்றலானது

$$U = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$$

இங்கு $q = Q_m \cos\omega t,\ i = -\frac{dq}{dt} = Q_m\omega\sin\omega t.$

மின்னூட்டத்தில் உள்ள எதிர்குறியானது, நேரத்தைச் சார்ந்து மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னூட்டம் குறைவதைக் காட்டுகிறது. எனவே

$$U = \frac{Q_m^2\cos^2\omega t}{2C} + \frac{L\omega^2 Q_m^2\sin^2\omega t}{2}$$

$$= \frac{Q_m^2\cos^2\omega t}{2C} + \frac{LQ_m^2\sin^2\omega t}{2LC}$$

ஏனெனில் $\omega^2 = \frac{1}{LC}$

$$= \frac{Q_m^2}{2C}\left(\cos^2\omega t + \sin^2\omega t\right)$$

$$U = \frac{Q_m^2}{2C} \qquad (4.58)$$

மேற்கண்ட மூன்று நேர்வுகளில் இருந்து, அமைப்பின் மொத்த ஆற்றல் மாறாமல் உள்ளது என்பது தெளிவாகிறது.

4.9.3 LC அலைவுகள் மற்றும் தனிச்சீரிசை அலைவுகள் இடையே உள்ள ஒப்புமைகள்

பண்புசார் முறை (Qualitative treatment)

LC அமைப்பின் மின்காந்த அலைவுகளை ஒரு சுருள்வில்–நிறை அமைப்பின் இயந்திரவியல் அலைவுகளுடன் ஒப்பிடலாம்.

LC அலைவுகளில் இரு வகையான ஆற்றல் உள்ளன. ஒன்று மின்னேற்றம் செய்யப்பட்ட மின்தேக்கியின் மின் ஆற்றல்; மற்றொன்று மின்னோட்டம் தாங்கிய மின்தூண்டியின் காந்த ஆற்றல்.

இதுபோன்று, சுருள்வில் – நிறை அமைப்பின் இயந்திர ஆற்றலும் இரு வகையாக உள்ளன; அமுக்கப்பட்ட அல்லது நீட்டப்பட்ட சுருள்வில்லின் நிலையாற்றல் மற்றும் நிறையின் இயக்க ஆற்றல். இந்த இரு ஆற்றல் சோடிகள் அட்டவணை 4.3 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 4.2 இரு அலைவுறு அமைப்புகளின் ஆற்றல்

LC அலையியற்றி			சுருள்வில் – நிறை அமைப்பு		
பாகம்	ஆற்றல்		பாகம்	ஆற்றல்	
மின்தேக்கி	மின் ஆற்றல் $= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2$		சுருள்வில்	நிலை ஆற்றல் $= \frac{1}{2}k\,x^2$	
மின்தூண்டி	காந்த ஆற்றல் $= \frac{1}{2}Li^2$	$i = \frac{dq}{dt}$	நிறை	இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2}mv^2$	$v = \frac{dx}{dt}$

அட்டவணை 4.3 மின் மற்றும் இயந்திர அளவுகளுக்கு இடையே உள்ள ஒப்புமைகள்

மின் அமைப்பு	இயந்திர அமைப்பு
மின்னூட்டம் q	இடப்பெயர்ச்சி x
மின்னோட்டம் $i = \frac{dq}{dt}$	திசைவேகம் $v = \frac{dx}{dt}$
மின்தூண்டல் எண் L	நிறை m
மின்தேக்குத்திறனின் தலைகீழி $\frac{1}{C}$	விசை மாறிலி k
மின் ஆற்றல் $= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2$	நிலை ஆற்றல் $= \frac{1}{2}k\,x^2$
காந்த ஆற்றல் $= \frac{1}{2}Li^2$	இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2}mv^2$
மின்காந்த ஆற்றல் $U = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2 + \frac{1}{2}Li^2$	இயந்திர ஆற்றல் $E = \frac{1}{2}k\,x^2 + \frac{1}{2}mv^2$

அட்டவணை 4.2 ஐ ஆய்வு செய்வதன் மூலம், பல்வேறு அளவுகளுக்கு இடையே உள்ள ஒப்புமைகளைப் புரிந்து கொள்ளலாம். இந்தத் தொடர்புகள் அட்டவணை 4.3 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

சுருள்வில் – நிறை அமைப்பில் நடைபெறும் அலைவுகளின் கோண அதிர்வெண் ஆனது பின்வருமாறு (XI இயற்பியல் பாடப்புத்தகத்தின் பகுதி 10.4.1 – இன் சமன்பாடு 10.22 ஐக் காண்க).

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

அட்டவணை 4.3 இல் இருந்து $k \rightarrow {}^{1}\!/\!_{C}$ மற்றும் $m \rightarrow L$. எனவே LC அலைவுகளின் கோண அதிர்வெண் ஆனது

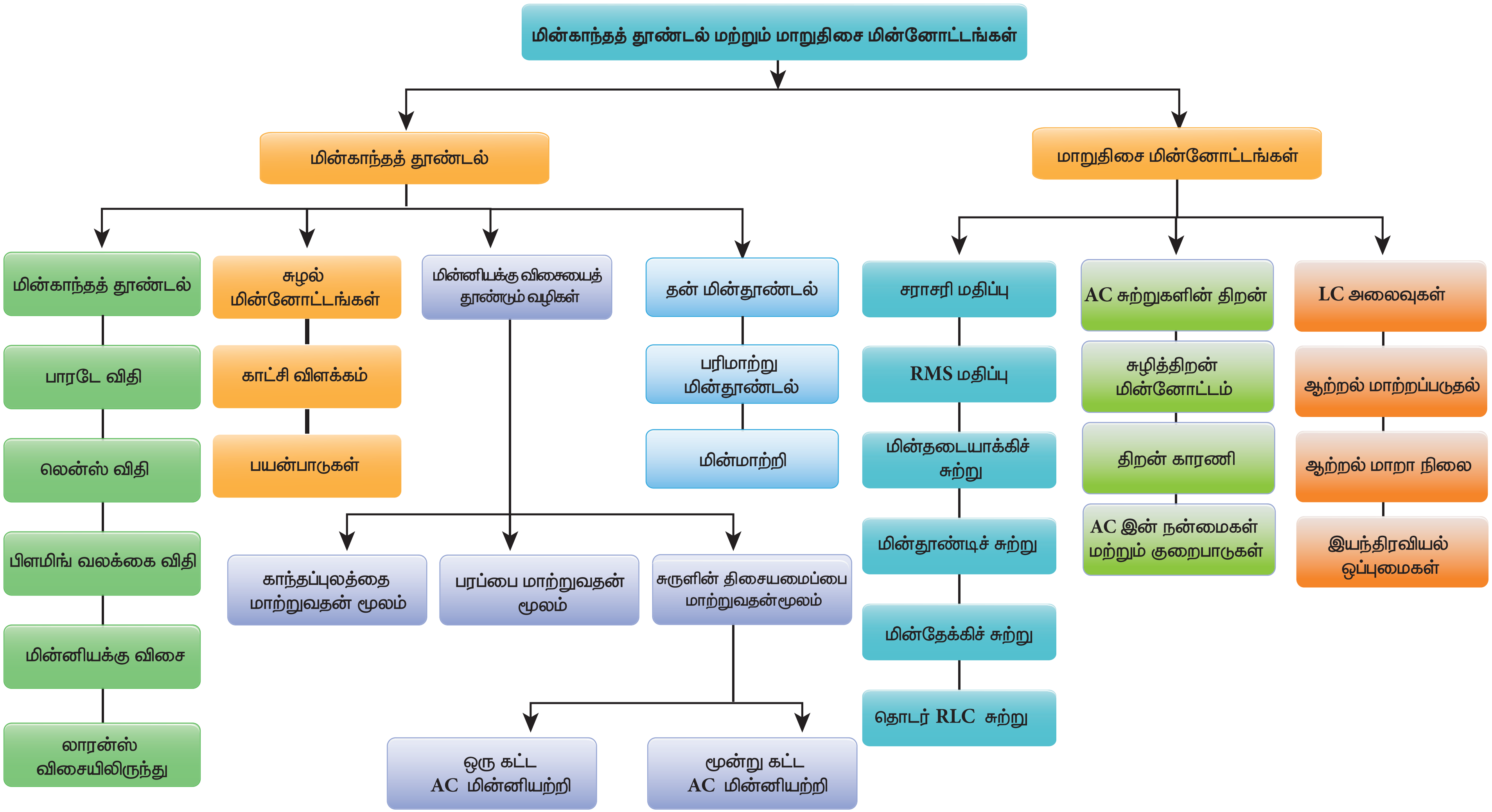
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (4.59)$$

பாடச்சுருக்கம்

- ஒரு மூடிய கம்பிச்சுருளுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் போதெல்லாம் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது.அதனால் சுற்றில் ஒரு மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இந்த நிகழ்வு மின்காந்தத்தூண்டல் எனப்படும்.
- பாரடேயின் முதல் விதிப்படி, ஒரு மூடிய சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் போதெல்லாம் சுற்றில் ஒரு மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது. காந்தப்பாயம் மாறுகின்ற வரை மின்னியக்கு விசை சுற்றில் இருக்கும்.
- பாரடேயின் இரண்டாம் விதிப்படி, ஒரு மூடிய சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு, நேரத்தைப் பொறுத்து சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயம் மாறும் வீதத்திற்கு சமமாகும்.
- லென்ஸ் விதியின்படி, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையானது அதன் உருவாக்கத்திற்கு காரணமானதை எப்போதும் எதிர்க்கும் விதத்தில் அமையும்.
- லென்ஸ் விதியானது ஆற்றல் மாறா விதியின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளது.
- பிளமிங் வலக்கை விதியின்படி, காந்தப்புலத்தின் திசையை சுட்டுவிரலும், கடத்தி இயங்கும் திசையை பெருவிரலும் குறித்தால், தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை நடுவிரல் குறிக்கும்.
- தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டங்கள் ஒரு மைய வட்டப் பாதைகளில் பாய்வது சுழல் மின்னோட்டங்கள் அல்லது போகால்ட் மின்னோட்டங்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன.
- மின்தூண்டி என்பது அதன் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது காந்தப்புலத்தில் ஆற்றலை சேமிக்க உதவும் ஒரு கருவியாகும்.
- கம்பிச் சுருளோடு தொடர்புடைய பாயம் மாறினால் அதே சுருளில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வு தன் மின்தூண்டல் எனப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை தன்மின்தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனப்படும்.
- ஒரு சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் நேரத்தைப் பொருத்து மாறினால் அருகில் உள்ள சுற்றில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வு பரிமாற்று மின்தூண்டல் எனப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை பரிமாற்று மின் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனப்படுகிறது.
- AC மின்னியற்றி அல்லது மின்னாக்கி ஒரு ஆற்றல் மாற்றும் கருவி ஆகும். இது கம்பிச்சுருள் அல்லது புலக்காந்தத்தை சுழற்றப் பயன்படும் இயந்திர ஆற்றலை மின்ஆற்றலாக மாற்றுகிறது.
- சில AC மின்னியற்றிகளில் மூன்று தனித்தனி கம்பிச்சுருள்கள் உள்ளன. அவை மூன்று தனி மின்னியக்கு விசைகளைத் தரும். எனவே அவை மூன்று – கட்ட AC மின்னியற்றிகள் எனப்படும்.
- மின் மாற்றி என்பது AC மின் திறனை ஒரு சுற்றிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு அதன் அதிர்வெண் மாறாமல் மாற்றப் பயன்படும் ஒரு நிலையான கருவியாகும்.
- மின் மாற்றியின் பயனுறுதிறன் பயனுள்ள வெளியீடு திறனுக்கும் உள்ளீடு திறனுக்கும் உள்ள தகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.
- ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு என்பது சீரான நேர இடைவெளியில் அதன் முனைப்புத்தன்மையை மாறுகின்ற மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும் மற்றும் அதற்கேற்ப விளையும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும் திசையும் மாறுகிறது.
- மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு ஆனது நேர் அல்லது எதிர் அரைசுற்றில் உள்ள மின்னோட்டத்தின் அனைத்து மதிப்புகளின் சராசரி என வரையறுக்கப்படுகிறது.
- ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் இருமடிச் சராசரியின் இருமடிமூல மதிப்பு அல்லது பயனுறு மதிப்பு ஆனது ஒரு சுற்றில் அனைத்து மின்னோட்டங்களின் இருமடிகளின் சராசரியின் இருமடிமூலம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

- ஒரு சைன் வடிவ மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு (அல்லது மின்னோட்டம்) ஆனது தொடக்க புள்ளியைப் பொருத்து மாறா கோணத் திசைவேகத்தில் இடஞ்சுழியாக சுழலும் ஒரு வெக்டரால் குறிப்பிடப்படுகிறது. அத்தகைய சுழலும் வெக்டர் கட்ட வெக்டர் எனப்படுகிறது.
- செலுத்தப்பட்ட மாறுதிசை மின்மூலத்தின் அதிர்வெண் RLC சுற்றின் இயல்பு அதிர்வெண்ணிற்கு சமமானால் சுற்றில் மின்னோட்டம் அதன் பெரும மதிப்பைப் பெறுகிறது. பிறகு சுற்றானது மின் ஒத்ததிர்வில் உள்ளதாகக் கருதப்படுகிறது.
- தொடர் ஒத்ததிர்வில் மின்னழுத்த வேறுபாட்டுப் பெருக்கம் Q – காரணி எனப்படுகிறது.
- சுற்றின் திறன் என்பது அச்சுற்றில் மின் ஆற்றல் நுகரப்படும் வீதம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.
- ஒரு LC சுற்றிற்கு ஆற்றல் அளிக்கப்படும் போதெல்லாம் ஒரு வரையறுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின் அலைவுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த அலைவுகள் LC அலைவுகள் எனப்படுகிறது.
- LC அலைவுகளின் போது, மொத்த ஆற்றல் மாறாமல் உள்ளது. அதன் பொருள் LC அலைவுகளானது ஆற்றல் மாறா விதிப்படி நடைபெறுகிறது என்பதாகும்.

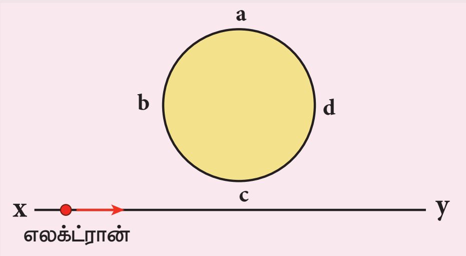
கருத்து வரைபடம்


மின்காந்தத் தூண்டல் மற்றும் மாறுதிசை மின்னோட்டங்கள்
மின்காந்தத் தூண்டல்
மாறுதிசை மின்னோட்டங்கள்
மின்காந்தத் தூண்டல்
பாரடே விதி
லென்ஸ் விதி
பிளமிங் வலக்கை விதி
மின்னியக்கு விசை
லாரன்ஸ் விசையிலிருந்து
சுழல் மின்னோட்டங்கள்
காட்சி விளக்கம்
பயன்பாடுகள்
மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டும் வழிகள்
காந்தப்புலத்தை மாற்றுவதன் மூலம்
பரப்பை மாற்றுவதன் மூலம்
சுருளின் திசையமைப்பை மாற்றுவதன்மூலம்
ஒரு கட்ட AC மின்னியற்றி
மூன்று கட்ட AC மின்னியற்றி
தன் மின்தூண்டல்
பரிமாற்று மின்தூண்டல்
மின்மாற்றி
சராசரி மதிப்பு
RMS மதிப்பு
மின்தடையாக்கிச் சுற்று
மின்தூண்டிச் சுற்று
மின்தேக்கிச் சுற்று
தொடர் RLC சுற்று
AC சுற்றுகளின் திறன்
சுழித்திறன் மின்னோட்டம்
திறன் காரணி
AC இன் நன்மைகள் மற்றும் குறைபாடுகள்
LC அலைவுகள்
ஆற்றல் மாற்றப்படுதல்
ஆற்றல் மாறா நிலை
இயந்திரவியல் ஒப்புமைகள்

I சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு எலக்ட்ரான் நேர்க்கோட்டுப்பாதை *XY* – இல் இயங்குகிறது. கம்பிச்சுற்று *abcd* எலக்ட்ரானின் பாதைக்கு அருகில் உள்ளது. கம்பிச்சுற்றில் ஏதேனும் மின்னோட்டம் தூண்டப்பட்டால் அதன் திசை யாது?

(NEET – 2015)



   (a) எலக்ட்ரான் கம்பிச்சுருளைக் கடக்கும்போது, மின்னோட்டம் அதன் திசையை திருப்புகிறது

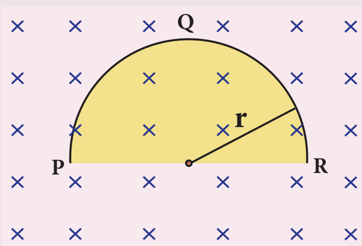
   (b) மின்னோட்டம் தூண்டப்படாது

   (c) *abcd*

   (d) *adcb*

SYFWSP

2. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு, ஒரு மெல்லிய அரைவட்ட வடிவ *r* ஆரமுள்ள கடத்தும் சுற்று *(PQR)* கிடைத்தள காந்தப்புலம் *B* – இல் அதன் தளம் செங்குத்தாக உள்ளவாறு விழுகிறது.



அதன் வேகம் *v* உள்ளபோது சுற்றில் உருவான மின்னழுத்த வேறுபாடு

(NEET 2014)

   (a) சுழி

   (b) $\frac{Bv\pi r^2}{2}$ மற்றும் *P* உயர் மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும்

   (c) πrBv மற்றும் *R* உயர் மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும்

   (d) $2rBv$ மற்றும் *R* உயர் மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும்

3. *t* என்ற கணத்தில், ஒரு சுருளோடு தொடர்புடைய பாயம் $\Phi_B = 10t^2 - 50t + 250$ என உள்ளது. $t = 3\,s$ – இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையானது

   (a) –190 V (b) –10 V

   (c) 10 V (d) 190 V

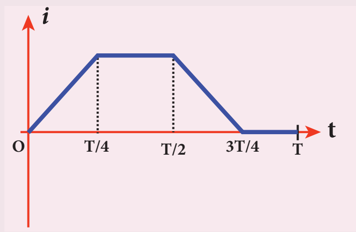
4. மின்னோட்டமானது 0.05 s நேரத்தில் +2A லிருந்து –2A ஆக மாறினால், சுருளில் 8 V மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. சுருளின் தன் மின் தூண்டல் எண்

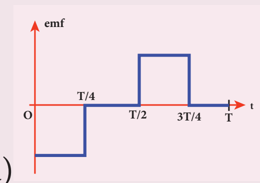
   (a) 0.2 H (b) 0.4 H

   (c) 0.8 H (d) 0.1 H

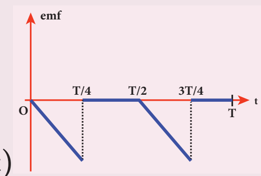
5. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு, ஒரு சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் *i* நேரத்தைப் பொருத்து மாறுகிறது. நேரத்தைப் பொருத்து தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் மாறுபாடானது

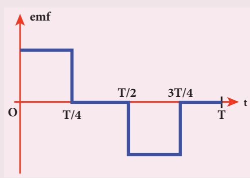
(NEET – 2011)



(a) 

(b)

(c) 

(d) 

6. $4\ cm^2$ குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு கொண்ட ஒரு வட்ட கம்பிச்சுருள் 10 சுற்றுகளைக் கொண்டுள்ளது. அது சென்டிமீட்டருக்கு 15 சுற்றுகள் மற்றும் $10\ cm^2$ குறுக்கு–வெட்டுப்பரப்பு கொண்ட ஒரு 1 m நீண்ட வரிச்சுருளின் மையத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பிச்சுருளின் அச்சானது வரிச்சுருளின் அச்சுடன் பொருந்துகிறது. அவற்றின் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் யாது ?

(a) 7.54 μH (b) 8.54 μH
(c) 9.54 μH (d) 10.54 μH

7. ஒரு மின்மாற்றியில் முதன்மை மற்றும் துணைச்சுற்றுகளில் முறையே 410 மற்றும் 1230 சுற்றுகள் உள்ளன. முதன்மைச்சுருளில் உள்ள மின்னோட்டம் 6A எனில், துணைச்சுருளின் மின்னோட்டமானது

(a) 2 A (b) 18 A
(c) 12 A (d) 1 A

8. ஒரு இறக்கு மின்மாற்றி மின்மூலத்தின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை 220 V இல் இருந்து 11 V ஆகக் குறைக்கிறது மற்றும் மின்னோட்டத்தை 6 A இல் இருந்து 100 A ஆக உயர்த்துகிறது. அதன் பயனுறுதிறன்

(a) 1.2 (b) 0.83
(c) 0.12 (d) 0.9

9. ஒரு மின்சுற்றில் *R*, *L*, *C* மற்றும் *AC* மின்னழுத்த மூலம் ஆகிய அனைத்தும் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. *L* ஆனது சுற்றிலிருந்து நீக்கப்பட்டால், மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்ட வேறுபாடு $\pi/3$ ஆகும். மாறாக, *C* ஆனது நீக்கப்பட்டால், கட்ட வேறுபாடானது மீண்டும் $\pi/3$ என உள்ளது. சுற்றின் திறன் காரணி

(NEET 2012)

(a) $1/2$ (b) $1/\sqrt{2}$
(c) 1 (d) $\sqrt{3}/2$

10. ஒரு தொடர் *RL* சுற்றில், மின்தடை மற்றும் மின்தூண்டல் மின்மறுப்பு இரண்டும் சமமாக உள்ளன. சுற்றில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்ட வேறுபாடு

(a) $\frac{\pi}{4}$ (b) $\frac{\pi}{2}$
(c) $\frac{\pi}{6}$ (d) zero

11. ஒரு தொடர் *RLC* சுற்றில், 100 Ω மின்தடைக்குக் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு 40 V ஆகும். ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் ω ஆனது 250 rad/s. *C* இன் மதிப்பு 4 μF எனில், *L* க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

(a) 600 V (b) 4000 V
(c) 400V (d) 1 V

12. ஒரு 20 mH மின்தூண்டி, 50 μF மின்தேக்கி மற்றும் 40 Ω மின்தடை ஆகியவை ஒரு மின்னியக்கு விசை $\upsilon = 10 \sin 340\, t$ கொண்ட மூலத்துடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. *AC* சுற்றில் திறன் இழப்பு

(a) 0.76 W (b) 0.89 W
(c) 0.46 W (d) 0.67 W

13. ஒரு சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கணநேர மதிப்புகள் முறையே $i = \frac{1}{\sqrt{2}}\sin(100\pi t)$ A மற்றும் $\upsilon = \frac{1}{\sqrt{2}}\sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ V ஆகும். சுற்றில் நுகரப்பட்ட சராசரித்திறன் (வாட் அலகில்)

(IIT Main 2012)

(a) $\frac{1}{4}$ (b) $\frac{\sqrt{3}}{4}$
(c) $\frac{1}{2}$ (d) $\frac{1}{8}$

14. ஒரு அலைவுறும் *LC* சுற்றில் மின்தேக்கியில் உள்ள பெரும மின்னூட்டம் *Q* ஆகும். ஆற்றலானது மின் மற்றும் காந்தப்புலங்களில் சமமாக சேமிக்கப்படும் போது, மின்னூட்டத்தின் மதிப்பு

(a) $\frac{Q}{2}$ (b) $\frac{Q}{\sqrt{3}}$
(c) $\frac{Q}{\sqrt{2}}$ (d) *Q*

15. $\frac{20}{\pi^2}$ H மின்தூண்டியானது மின்தேக்குத்திறன் C கொண்ட மின்தேக்கியுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. 50 Hz இல் பெருமத் திறனை செலுத்தத் தேவையான C இன் மதிப்பானது

(a) 50 μF (b) 0.5 μF

(c) 500 μF (d) 5 μF

விடைகள்:

1) a	**2)** d	**3)** b	**4)** d	**5)** a
6) a	**7)** a	**8)** b	**9)** c	**10)** a
11) c	**12)** c	**13)** d	**14)** c	**15)** d

II சிறு வினாக்கள்

1. மின்காந்தத்தூண்டல் என்றால் என்ன ?
2. மின்காந்தத்தூண்டலின் பாரடே விதிகளைக் கூறுக.
3. லென்ஸ் விதியைக் கூறுக.
4. பிளமிங் வலக்கை விதியைக் கூறுக.
5. சுழல் மின்னோட்டம் எவ்வாறு உருவாகிறது? அவை எவ்வாறு ஒரு கடத்தியில் பாய்கிறது?
6. தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கும் வழிகளைக் கூறுக.
7. ஒரு மின்தூண்டி எதற்குப் பயன்படுகிறது? சில உதாரணங்களைத் தருக.
8. தன் மின்தூண்டல் என்றால் என்ன?
9. பரிமாற்று மின்தூண்டல் என்றால் என்ன?
10. மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றியின் தத்துவத்தைக் கூறுக.
11. AC மின்னியற்றியின் நிலையான சுருளி – சுழலும் புல அமைப்பின் நன்மைகளைப் பட்டியலிடுக.
12. ஏற்று மற்றும் இறக்கு மின்மாற்றிகள் என்றால் என்ன?
13. ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பை வரையறு.
14. ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் RMS மதிப்பை வரையறு.
15. கட்ட வெக்டர்கள் என்றால் என்ன?
16. மின் ஒத்ததிர்வு – வரையறு.
17. ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண் என்றால் என்ன?
18. Q – காரணி – வரையறு.
19. சுழித்திறன் மின்னோட்டம் என்றால் என்ன?
20. திறன் காரணியின் ஒரு வரையறையைத் தருக.
21. LC அலைவுகள் என்றால் என்ன?

III நெடு வினாக்கள்

1. ஒரு மூடிய சுற்றில் கம்பிச்சுருள் மற்றும் காந்தம் இடையே உள்ள சார்பு இயக்கம், கம்பிச்சுருளில் மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டுகிறது என்ற உண்மையை நிறுவுக.
2. லென்ஸ் விதியைப் பயன்படுத்தி, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை கண்டறிவதை விளக்குக.
3. லென்ஸ் விதியானது ஆற்றல் மாறா விதியின் அடிப்படையில் உள்ளது எனக் காட்டுக.
4. லாரன்ஸ் விசையிலிருந்து இயக்க மின்னியக்கு விசைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
5. போகால்ட் மின்னோட்டத்தின் பயன்களைத் தருக.
6. ஒரு கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண்ணை (i) காந்தப்பாயம் மற்றும் (ii) தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை ஆகியவற்றின் படி வரையறு.
7. மின்தூண்டல் எண்ணின் அலகை வரையறு.
8. ஒரு கம்பிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் குறித்து நீ புரிந்து கொண்டது யாது? அதன் இயற்பியல் முக்கியத்துவம் யாது?
9. வரிச்சுருளின் நீளமானது அதன் விட்டத்தைவிட பெரியது எனக் கருதி, அதன் மின்தூண்டல் எண்ணிற்கான சமன்பாட்டைத் தருவி.
10. மின்தூண்டல் எண் L கொண்ட ஒரு மின்தூண்டி i என்ற மின்னோட்டத்தைக் கொண்டுள்ளது. அதில் மின்னோட்டத்தை நிறுவ சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் யாது?
11. ஒரு சோடி கம்பிச்சுருள்கள் இடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் சமமாகும் என்பதைக் காட்டுக ($M_{12} = M_{21}$).

12. ஒரு சுருள் உள்ளடக்கிய பரப்பை மாற்றுவதன் மூலம், ஒரு மின்னியக்கு விசையை எவ்வாறு தூண்டலாம்?

13. ஒரு காந்தப்புலத்தில் கம்பிச்சுருளின் ஒரு சுழற்சி மாறுதிசை மின்னியக்கு விசையின் ஒரு சுற்றை தூண்டுகிறது என்பதைக் கணிதவியலாக காட்டுக.

14. AC மின்னியற்றின் பொதுவான அமைப்பு விபரங்களை விவரி.

15. தேவையான படத்துடன் ஒரு – கட்ட AC மின்னியற்றியின் செயல்பாட்டை விளக்குக.

16. மூன்று–கட்ட AC மின்னியற்றியில் மூன்று வெவ்வேறு மின்னியக்கு விசைகள் எவ்வாறு தூண்டப்படுகின்றன? இந்த மூன்று மின்னியக்கு விசைகளின் வரைபடத்தை வரைக.

17. மின்மாற்றியின் அமைப்பு மற்றும் செயல்பாட்டை விளக்குக.

18. மின்மாற்றியில் ஏற்படும் பல்வேறு ஆற்றல் இழப்புகளைக் குறிப்பிடுக.

19. நீண்ட தொலைவு திறன் அனுப்புகையில் AC யின் நன்மையை ஒரு உதாரணத்துடன் தருக.

20. மின்தூண்டிச்சுற்றில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்டத் தொடர்பைக் காண்க.

21. தொடர் RLC சுற்றில், செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையே உள்ள கட்டக்கோணத்திற்கான சமன்பாட்டைத் தருவி.

22. மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்கி மின்மறுப்பை வரையறு. அதன் அலகுகளைத் தருக.

23. ஒரு சுற்றில் AC–இன் சராசரி திறனுக்கான கோவையைப் பெறுக. அதன் சிறப்பு நேர்வுகளை விவரி.

24. மின்தூண்டல் எண் L கொண்ட மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்குத்திறன் C கொண்ட மின்தேக்கி உள்ள ஒரு சுற்றில் LC அலைவுகள் உருவாவதை விளக்குக .

25. LC அலைவுகளின் போது மொத்த ஆற்றல் மாறாது எனக் காட்டுக.

26. LC சுற்றின் மின்காந்த அலைவுகளை சுருள்வில்–நிறை அமைப்பின் இயந்திரவியல் அலைவுகளுடன் ஒப்பிடுக. LC அலையியற்றியின் கோண அதிர்வெண்ணிற்கான கோவையை பண்புசார் முறைப்படி தருவி.

IV பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. 500 சுற்றுகள் மற்றும் 30 cm பக்கம் உள்ள ஒரு சதுர கம்பிச்சுருளானது, 0.4 T சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பிச்சுருளின் தளமானது, புலத்திற்கு 30° சாய்வாக உள்ளது. கம்பிச்சுருளின் வழியேயான காந்தப்பாயத்தைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 9 Wb)

2. ஒரு நேரான உலோகக் கம்பியானது, 4 mWb பாயம் கொண்ட காந்தப்புலத்தை 0.4 *s* நேரத்தில் கடக்கிறது. கம்பியில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பைக் காண்க.

(விடை: 10 mV)

3. ஒரு கம்பிச்சுருளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகப் பாயும் காந்தப்பாயம் நேரத்தின் சார்பாக உள்ளது. அது $\Phi_B = (2t^3 + 4t^2 + 8t + 8)$ Wb ஆகும். கம்பிச்சுருளின் மின்தடை 5 Ω எனில், $t = 3$s நேரத்தில் கம்பிச்சுருள் வழியே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 17.2A)

4. 0.02 m ஆரமுள்ள ஒரு நெருக்கமாக சுற்றப்பட்ட வட்டவடிவ கம்பிச்சுருளின் தளம், காந்தப்புலத்திற்கு குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. 6 விநாடி நேரத்தில் காந்தப்புலமானது 8000 T இல் இருந்து 2000 T ஆக மாறினால், 44 V மின்னியக்கு விசை கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்படுகிறது. கம்பிச்சுருளில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 35 சுற்றுகள்)

5. $6\ cm^2$ பரப்பும் 3500 சுற்றுகளும் கொண்ட ஒரு செவ்வக கம்பிச்சுருள் 0.4 T சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. தொடக்கத்தில், கம்பிச்சுருளின் தளம் புலத்திற்கு குத்தாக உள்ளது. பிறகு 180° கோணம் சுழற்றப்படுகிறது. கம்பிச்சுருளின் மின்தடை 35 Ω எனில், கம்பிச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னூட்டத்தின் மதிப்பைக் காண்க.

(விடை: 48×10^{-3} C)

6. 100 Ω மின்தடை கொண்ட ஒற்றை கடத்தியின் வழியாக 2.5 mA தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் பாய்கிறது. கடத்தியால் காந்தப்பாயம் வெட்டப்படும் வீதத்தைக் காண்க.

(விடை: 250 $mWbs^{-1}$)

7. 0.4 m நீள இறக்கைகள் கொண்ட ஒரு விசிறி 4×10^{-3} T காந்தப்புலத்திற்கு குத்தாக சுழலுகிறது. இறக்கையின் மையத்திற்கும் விளிம்பிற்கும் இடையே தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை 0.02 V எனில், இறக்கை சுழலும் வீதத்தைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 9.95 சுழற்சிகள்/விநாடி)

8. 1 m நீள உலோக ஆரக்கம்பிகளைக் கொண்ட ஒரு மிதிவண்டிச் சக்கரம் புவிகாந்தப்புலத்தில் சுழலுகிறது. சக்கரத்தின் தளமானது புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறு 4×10^{-5} T க்கு குத்தாக உள்ளது. ஆரக் கம்பிகளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை 31.4 mV எனில், சக்கரத்தின் சுற்றும் வீதத்தைக் கணக்கிடுக (விடை: 250 சுழற்சிகள்/விநாடி)

9. 2m நீளம், 0.04 m விட்டம் மற்றும் 4000 சுற்றுகள் கொண்ட காற்று – உள்ளக வரிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 12.62 mH)

10. 200 சுற்றுகள் கொண்ட ஒரு கம்பிச்சுருள் 4 A மின்னோட்டத்தை கொண்டுள்ளது. கம்பிச்சுருள் வழியே செல்லும் காந்தப்பாயம் 6×10^{-5} Wb எனில், கம்பிச்சுருளைச் சுற்றியுள்ள ஊடகத்தில் சேமிக்கப்பட்ட காந்த ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 0.024 J)

11. 50 cm நீள வரிச்சுருள் ஒரு சென்டி மீட்டருக்கு 400 சுற்றுகள் கொண்டுள்ளது. வரிச்சுருளின் விட்டம் 0.04 m. 1 A மின்னோட்டம் பாயும்போது ஒரு சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தைக் காண்க.

(விடை: 0.63×10^{-4} Wb)

12. 200 சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருள் 0.4 A மின்னோட்டத்தை கொண்டுள்ளது. 4 mWb காந்தப்பாயம் கம்பிச்சுருளின் ஒரு சுற்றுடன் தொடர்பில் இருந்தால், கம்பிச்சுருளின் மின்தூண்டல் எண்ணைக் காண்க.

(விடை: 2H)

13. இரு காற்று – உள்ளக வரிச்சுருள்கள் 80 cm சம நீளத்தையும் 5 cm^2 சம குறுக்கு – வெட்டுப்பரப்பையும் கொண்டுள்ளன. முதல் சுருளில் 1200 சுற்றுகளும் இரண்டாவது சுருளில் 400 சுற்றுகளும் இருந்தால், அவற்றிற்கிடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் காண்க.

(விடை: 0.38 mH)

14. ஒரு செமீ நீளத்தில் 400 சுற்றுகள் கொண்ட நீண்ட வரிச்சுருள் 2A மின்னோட்டத்தைக் கொண்டுள்ளது. 4 cm^2 குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு மற்றும் 100 சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருள் ஒன்று வரிச்சுருளின் உள்ளே பொது அச்சுள்ள (co–axial) வகையில் வைக்கப்படுகிறது. வரிச்சுருளின் காந்தப்புலத்தில் கம்பிச்சுருள் உள்ளவாறு வைக்கப்படுகிறது. 0.04 விநாடியில் வரிச்சுருளில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் திசை திருப்பப்பட்டால், கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையைக் காண்க.

(விடை: 0.20 V)

15. 2 cm ஆரம் மற்றும் 200 சுற்றுகள் கொண்ட வட்டவடிவ கம்பிச்சுருளானது 3 cm ஆரமுள்ள நீண்ட வரிச்சுருளுக்குள் பொது அச்சுள்ள வகையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. வரிச்சுருளின் சுற்று அடர்த்தி 90 சுற்றுகள் / செமீ எனில், சுருள் மற்றும் வரிச்சுருள் இடையிலான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 2.84 mH)

16. ஒப்புமை உட்புகுதிறன் 900 கொண்ட ஒரு இரும்பு உள்ளகத்தின் மீது வரிச்சுருள்கள் S_1 மற்றும் S_2 சுற்றப்பட்டுள்ளன. அவை முறையே 4 cm^2 மற்றும் 0.04 m என்ற சம குறுக்குப்பரப்பும் மற்றும் சம நீளமும் கொண்டுள்ளன. S_1 இல் உள்ள சுற்றுகள் 200 மற்றும் S_2 இல் உள்ள சுற்றுகள் 800 எனில், வரிச்சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடுக. வரிச்சுருள் S_1 இல் மின்னோட்டம் 2 A இல் இருந்து 8A ஆக 0.04 நொடியில் அதிகரிக்கப்படுகிறது எனில், வரிச்சுருள் S_2 இல் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 1.81 H; –271.5 V)

17. 220 V மின் மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்ட ஒரு இறக்க மின்மாற்றியானது 11V, 88W விளக்கை செயல்பட வைக்கிறது. (i) மின்னழுத்த வேறுபாடு மாற்றவிகிதம் மற்றும் (ii) முதன்மைச் சுருளில் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

(விடை: 1/20 and 0.4A)

18. 90% பயனுறுதிறன் கொண்ட 200V / 120V இறக்கு மின்மாற்றி ஒன்று 40 Ω மின்தடை கொண்ட மின்தூண்டல் அடுப்புடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்மாற்றியின் முதன்மைச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் காண்க.

(விடை: 2A)

19. ஒரு மின்மாற்றியின் 300 சுற்றுள்ள முதன்மைச்சுருள் 0.82 Ω மின்தடையும், 1200 சுற்றுள்ள துணைச்சுருள் 6.2 Ω மின்தடையும் கொண்டுள்ளன. 1600 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் துணைச்சுருளில் இருந்து வெளியீடு திறன் 32 kW எனில், முதன்மைச் சுருளில் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காண்க. மின்மாற்றியின் பயனுறுதிறன் 80% எனும்போது இரு சுருள்களிலும் திறன் இழப்புகளைக் கணக்கிடுக.

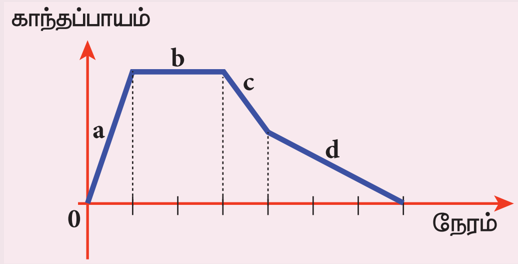
(விடை: 400 V, 8.2 kW மற்றும் 2.48 kW)

20. பெரும மதிப்பு 20 A கொண்ட ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் 60° கட்டக்கோணத்தில் கணநேர மதிப்பு, சராசரி மதிப்பு மற்றும் RMS மதிப்பு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

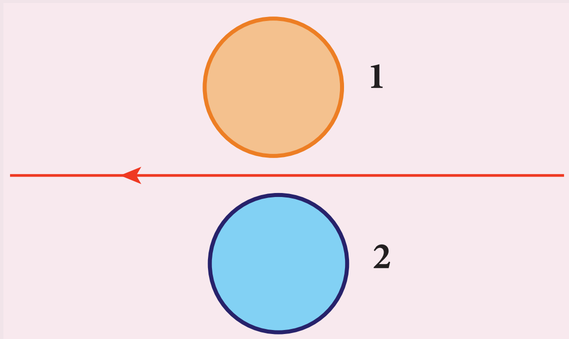
(விடை: 17.32A, 12.74A, 14.14 A)

V கருத்துரு வினாக்கள்

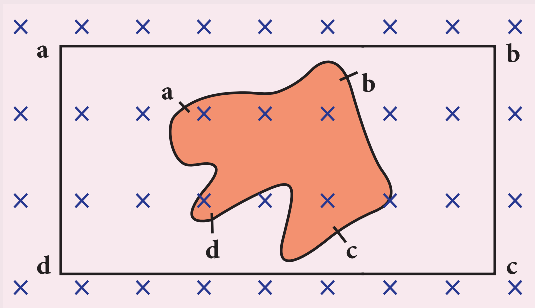
1. ஒரு மூடிய சுற்றுடன் தொடர்புடைய காந்தப்பாயத்தின் எண்மதிப்புக்கும் நேரத்திற்கும் இடையே வரையப்பட்ட வரைபடம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் மதிப்புகளின் அடிப்படையில் வரைபடத்தின் பகுதிகளை ஏறு வரிசையில் வரிசைப்படுத்துக.



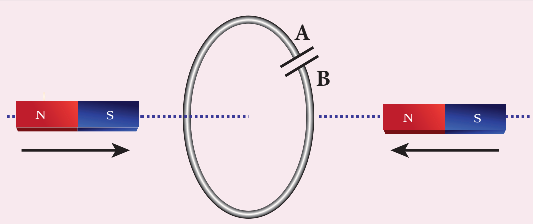
2. கம்பியில் உள்ள மின்னோட்டம் சீராக குறையும்போது, லென்ஸ் விதியைப் பயன்படுத்தி கடத்தும் வளையங்கள் 1 மற்றும் 2–இல் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையைக் கண்டுபிடி.



3. ஒரு சதுர வடிவில் உள்ள உலோகச் சுற்று *abcd* ஆனது வளையக்கூடியது. அதன் தளம் புலத்திற்கு குத்தாக உள்ளவாறு ஒரு காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. காந்தப்புலமானது தாளின் தளத்திற்கு குத்தாக உள்நோக்கி உள்ளது. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு சதுரச் சுற்று ஒரு ஒழுங்கற்ற வடிவத்திற்கு நசுக்கப்பட்டால் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காண்க.



4. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு இரு சட்டக் காந்தங்கள் நகர்த்தப்பட்டால் மூடிய வட்டச் சுற்றில் உள்ள மின்தேக்கியின் முனைப்புத் தன்மையைக்கூறுக.



5. தொடர் LC சுற்றில், L மற்றும் C இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் 180° கட்ட வேறுபாட்டில் உள்ளன. இது சரியா? விளக்குக.

6. ஒரு தொடர் RLC சுற்றில், திறன் காரணி எப்போது பெருமமாகும் ?

நேர்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. H.C.Verma, Concepts of Physics, Volume 1 and 2, Bharathi Bhawan publishers.
2. Halliday, Resnick and Walker, Principles of Physics, Wiley publishers.
3. D.C.Tayal, Electricity and Magnetism, Himalaya Publishing House.
4. K.K.Tewari, Electricity and Magnetism with Electronics, S.Chand Publishers.
5. B.L.Theraja and A.K.Theraja, A text book of Electrical Technology, Volume 1 and 2, S.Chand publishers.

இணையச் செயல்பாடு

மின்காந்த தூண்டல் மற்றும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும்

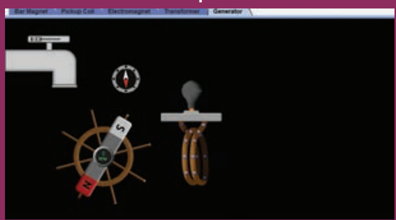
நோக்கம்: இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள் (1) மின்காந்த தூண்டல் என்றால் என்ன என புரிந்து கொள்வார்கள். (2) ஃபாரடேவின் மின்காந்த தூண்டல் விதிகளை சரி பார்ப்பார்கள்.

தலைப்பு :
ஃபாரடேவின் மின்காந்த தூண்டல் ஆய்வகம்

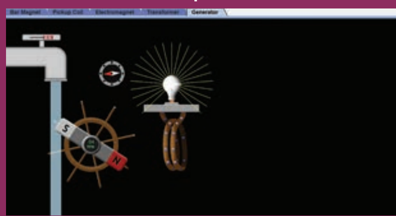
படிகள்

- "phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faraday" என்ற வலைப்பக்கத்திற்கு சென்று 'pickup coil' என்ற தாவலை சொடுக்கவும்.
- சட்ட காந்தத்தினை கம்பிச் சுருள் நோக்கி நகர்த்துங்கள். அப்போது கம்பிச் சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப்புலம் எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதனை கவனியுங்கள்.
- சுருளின் பரப்பு மற்றும் காந்தப் பாயம் மாறும் போது எரியும் மின்விளக்கின் செறிவு எவ்வாறு மாற்றமடைகிறது என்பதை கவனியுங்கள்.
- 'Electromagnet' என்ற தாவலை சொடுக்கி, பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவினை மாற்றம் செய்து அதனால் உருவாகும் காந்தப் பாய மாற்றத்தை கவனியுங்கள்.
- 'Generator' என்ற தாவலை சொடுக்கி, கம்பிச் சுருளின் கோணத் திசைவேகம் மாறும் போது தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதை கவனியுங்கள்.

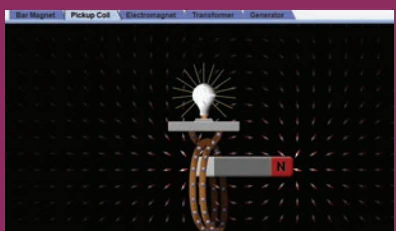
படி 1



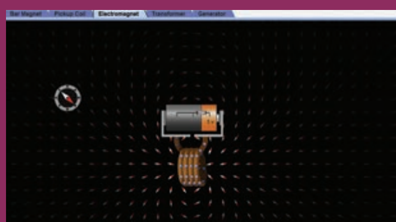
படி 2



படி 3



படி 4



குறிப்பு:

உங்கள் உலாவியில் flash player இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும். நீங்கள் 'phet' பாவிப்பியை அகல்நிலையில் பயன்படுத்த இந்த உரலியை சொடுக்குங்கள். https://phet.colorado.edu/en/offline–access.

உரலி:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faraday

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

B226_12_PHYSICS_TM