

UNIT - I

பகுதி 1 மின் சுற்றுகள்

ஓமின் விதி:

‘ஐயர்ஜ் சைமன் ஓம்’ என்பவர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள தொடர்பை நிரூபித்தவர். இது ‘ஓமின் விதி’ எனப்படும்.

இவ்விதிப்படி, “மாறா வெப்பநிலையில் கடத்தி ஒன்றின் வழியே பாயும் சீரான மின்னோட்டம் கடத்தியின் முனைக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர்த் தகவில் அமையும்.”

$$\text{அதாவது } I \propto V \text{ அல்லது } I = \frac{1}{R} \cdot V$$

இந்த மாறிலி (R) மின்தடை என அழைக்கிறோம் $\{\therefore R - \text{மின்தடை}$

விளக்கம்:

ஒரு கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம்

$$I = nAeVd \rightarrow 1 \text{ (1)}$$

n → எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை

A → குறுக்கு வெட்டும் பரப்பு

Vd → இழுப்பு திசைவேகம்.

ஆனால்

$$Vd = \frac{eE}{m} \cdot \tau$$

$$\therefore I = nAC \cdot \frac{eE}{m} \tau$$

$$I = \frac{nAC^2}{mL} \cdot CV \rightarrow 2 \text{ (2)}$$

$$\{\therefore E = \frac{V}{L}$$

L → நீளம்

இங்கு (2) V என்பது மின்னழுத்த வேறுபாடு, சமன்பாடு 2 ஐ மாற்றியமைக்க,

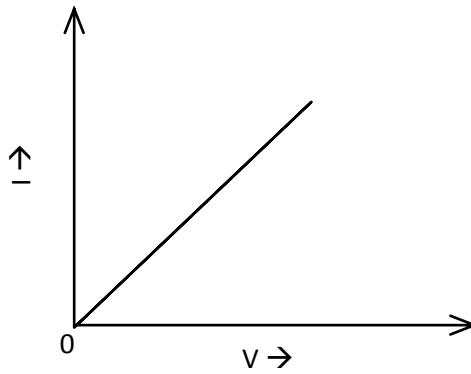
$$R = \frac{mL}{nAe^2\tau} = \frac{V}{I}$$

$$\{\therefore \frac{mL}{nAe^2\tau} = R$$

$\frac{mL}{nAe^2\tau}$ என்ற அளவு கொடுக்கப்பட்ட கடத்திக்கு மாறிலியாகும்.

$$\therefore I \propto V$$
$$V = IR$$

கடத்தி ஒன்றின் முனைகளுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் அதன் வழியே மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள தகவு கடத்தியின் மின்தடை என வரையறுக்கப்படுகின்றது. மின்தடையின் அலகு ohm(Ω). மின்கடத்துத்திறன் (Conductance) ஆகும். இதன் அலகு mho (v)



[படம்-1] ஓமிக் கடத்தியின் V-I வரைப்படம்

மின்னழுத்த வேறுபாடு V, மின்னோட்டம் Iக்கு நேர்த்தகவில் அமைவதால் V மற்றும் I க்கு இடைப்பட்ட வரைபடம் (படம்-1) ஒரு கடத்திக்கு நேர்கோடாக அமையும்.

குறிப்பு: கடத்தி ஒன்றின் வழியே சீரான மின்னோட்டம் பாயும் போது மட்டுமே ஓமின் விதி பொருந்தும்

எடுத்துக்காட்டுக-1:

மின்விளக்கு ஒன்று 150V மின்னழுத்தத்தில் செயல்படும். அதன் மின்னோட்டம் 0.5A எனில் விளக்கின் மின்தடையைக் கணக்கிடுக.

தகவல்:

$$V = 150v$$

$$I = 0.5A$$

தீர்வு : ஓம் விதியில் இருந்து

$$V=IR \text{ அல்லது } R=V/I$$

$$R = \frac{150}{0.5} = 300\Omega$$

எடுத்துக்காட்டுக 2:

240 V மின்னழுத்தத்தில் செயல்படும் மின் சூடேற்றியின் மின்தடை

தகவல்: $V=240V$; $R=120\Omega$

தீர்வு: மின்திறன் = I^2R $W \rightarrow 1$

ஓம் விதியில் இருந்து

$$V=IR$$

$$V = \frac{1}{R} = \frac{240}{120} = 2$$

$$I=2A$$

சமன்பாடு 1 ல் இருந்து,

$$\text{மின்திறன்} = 4 \times 120W = 480W$$

2. கிரச்சாஃப் விதிகள் :(Kirchoff's Law)

ஓமின் விதியை எளிய மின்குற்றுகளுக்கு மட்டுமே பயன்படுத்தலாம். சிக்கலான குற்றுகளுக்கு கிரச்சாஃப் விதிகளை பயன்படுத்தி மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தத்தைக் அளவுகளை காணலாம்.

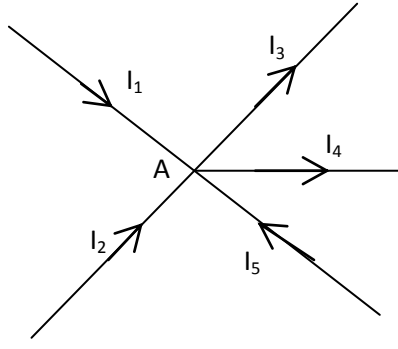
இதில் இரு பொதுவிதிகள் உள்ளன.

1. கிரச்சாஃப் மின்னோட்ட விதி
2. கிரச்சாஃப் மின்னழுத்த விதி

1. கிரச்சாஃபின் மின்னோட்ட விதி:

ஒரு மின்குற்றில், எந்தவொரு சந்திப்பிலும் சந்திக்கின்ற மின்னோட்டங்களின் குறியில் கூட்டுத்தொகை சுழியாகும்.

குறிப்பு:- சந்தியை நோக்கிச் செல்லும் மின்னோட்டம் நேர்க்குறி உடையது எனவும் சந்தியில் இருந்து வெளிச்செல்லும் மின்னோட்டம் எதிர்க்குறி உடையது எனவும் கொள்ளப்படுவது மரபு.



படம் 1.1 கிரீச்சாஃபின் மின்னோட்டவிதி

படம் 1.1 ல் காட்டியுள்ளபடி, ஒரு மின்சுற்றில் உள்ள 1,2,3,4,5 என்ற கடத்திகள் A என்ற சந்திபில் சந்திப்பதாகக் கருதுவோம்.

கடத்திகளின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டங்கள்

I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 எனில்,

கிரீச்சாஃப் முதல் விதியின் படி,

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

(அல்லது)

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

சந்தியை நோக்கிச் செல்லும் மின்னோட்டங்கள் கூடுதல், சந்தியிலிருந்து வெளிச்செல்லும் மின்னோட்டங்கள் கூடுதலுக்குச் சமம். இந்த விதியானது மின்னோட்ட அழிவின்மை விதியின்படி அமைகிறது.

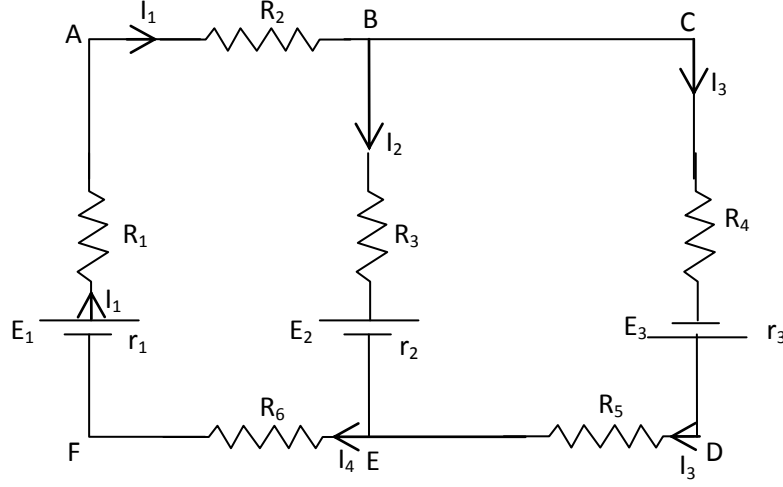
2. கிரீச்சாஃபின் இரண்டாம் விதி (மின்னழுத்த விதி)

ஒரு மூடிய மின்சுற்றின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் உள்ள மின்தடை மற்றும் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றை பெருக்கிவரும் அளவுகளின் குறியியல் கூட்டுத்தன்மை அம்மூடிய சுற்றில் உள்ள மின்னியக்கு விசைகளின் குறியியல் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம். இவ்விதி ஆற்றல் அழிவின்மையின்படி அமைகிறது.

மின்சுற்று வலைகளுக்கு கிரீச்சாஃப் விதியைப் பயன்படுத்தும் பொது மின்னோட்ட திசையை வலஞ்சுழி அல்லது இடஞ்சுழியாகக் கொள்ளவேண்டும். கணக்குகளுக்குத் தீர்வு காணும்போது நாம் கருதிய மின்னோட்ட திசையானது பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையில் அமையாவிடில் மின்னோட்டம் எதிர்குறியுடன் அமையும். மின்னோட்டம் நோக்குறியுடன் அமைந்தால், நாம் கருதிய திசையில் உண்மையான மின்னோட்டம் அமையும்.

குறிப்பிட்ட திசையைக் கருதிய பிறகு, கணக்கு முழுமைக்கும் அதே திசையைப் பயன்படுத்த வேண்டும். எவ்வாறாயினும், கிரீச்சாஃப் இரண்டாம்

விதியைப் பயன்படுத்தும்போது வலஞ்சுழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டங்களை நேர் குறி உடையதாகவும், இடஞ்சுழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டங்களை எதிர்குறி உடையதாகவும் கருதுவோம்.



படம்-1.2 கிரீச்சஃப் மின்னழுத்த விதி

படம் 1-2 காட்டியுள்ள மின்சுற்றைக் கருத்தலாம்

ABCDEF A என்ற மூடியப் பாதையைக் கருதினால், கிரீச்சஃப்பின் இரண்டாம் விதியின்படி பின்வருமாறு சமன்பாடு எழுதப்படுகின்றது

$$I_1 R_2 + I_3 R_4 + I_3 r_3 + I_3 R_5 + I_4 R_6 + I_1 r_1 + I_1 R_1 = E_1 + E_3 \text{-----} \textcircled{1}$$

E_1, E_3 என்ற இரு மின்கலங்களின் மின்னோட்டங்களும் வலஞ்சுழியாக அமையும்.

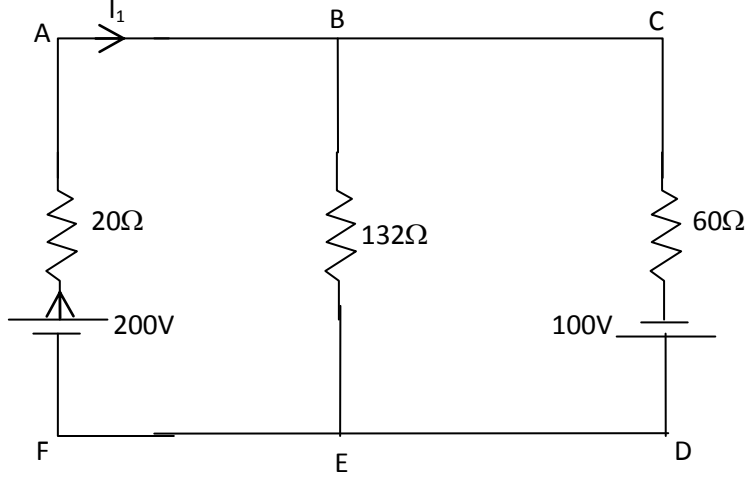
ABCDEF A என்ற மூடிய பாதைக்கு

$$I_1 R_2 + I_2 R_3 + I_2 r_2 + I_4 R_6 + I_1 r_1 + I_1 R_1 = E_1 - E_2$$

E_2 உடன் உள்ள எதிர்க்குறி அதன் மின்னோட்டம் இடஞ்சுழியாக அமைவதைக் குறிக்கும்.

கிரீச்சஃப் இரண்டாம் விதியின் பயன்பாட்டை விளக்க பின்வரும் சுற்றுவலைகளில் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுவோம்.

எ.கா 1



$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$I_3 = I_1 - I_2 \quad \text{---1}$$

ABEFA என்ற மூடிய பாதைக்கு

$$132I_3 + 20I_1 = 200 \quad \text{---2}$$

சமன்பாடு 1 ஐ சமன்பாடு 2 களில் பிரதியிட

$$132(I_1 - I_2) + 20I_1 = 200$$

$$152I_1 - 132I_2 = 200$$

BCDEB, என்ற மூடிய பாதைக்கு

$$60I_2 - 132I_3 = 100$$

I_3 ன் மதிப்பை 1 ல் இருந்து பிரதியிட

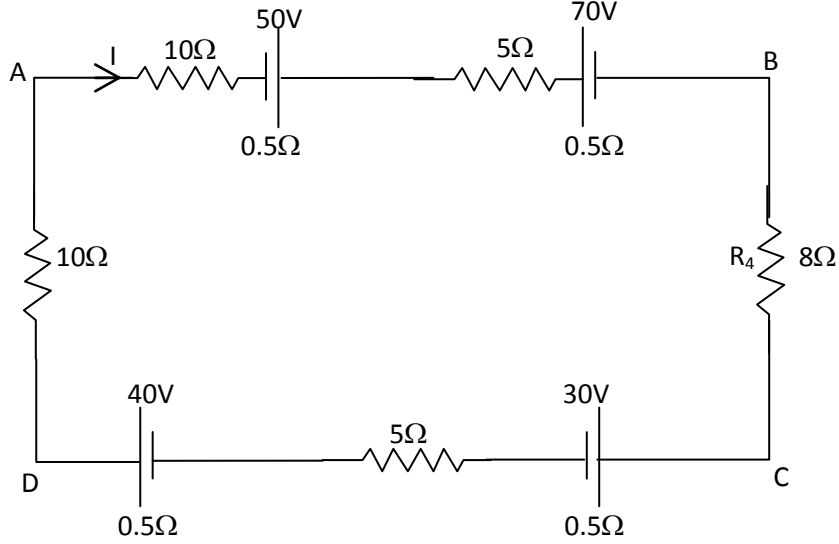
$$60I_2 - 132(I_1 - I_2) = 100$$

$$-132I_1 + 192I_2 = 100 \quad \text{---4}$$

சமன்பாடுகள் 3 மற்றும் 4 ஐ தீர்க்க

$$I_1 = 4.39A \quad \text{மற்றும்} \quad I_2 = 3.54A$$

எ.கா.2



முடிய சுற்றில் ABCDA வழியாக செல்லும் மின்னோட்டம் வலஞ்சுழியாக அமைவதாக கருதினால் மின்னோட்டம் நேர்க்குறி உடையன

$$10I + 0.5I + 5I + 0.5I + 8I + 0.5I + 5I + 0.5I + 10I = 50 - 70 - 30 + 40$$

$$I(10 + 0.5 + 5 + 0.5 + 8 + 0.5 + 5 + 0.5 + 10) = -10$$

$$40I = -10$$

$$I = -\frac{10}{40} = -0.25A$$

எதிர்குறியானது மின்னோட்டம் இடஞ்சுழியாக பாய்வதைக் குறிக்கிறது.

Steady State Analysis of DC circuits

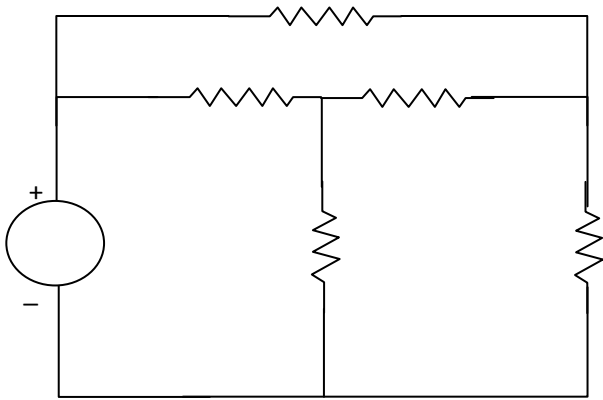
1. Mesh Analysis (கண்ணி பகுப்பாய்வு)

கண்ணி மற்றும் (Mesh Analysis) கணு பகுப்பாய்வு (Nodal Analysis) ஆகியவை வலையமைப்பின் தீர்வுகளை கண்டறியும் இரு முக்கியமான முறைகளாகும். சிக்கல்களின் வகைகளுக்கேற்ப கண்ணி அல்லது கணு பகுப்பாய்வை பயன்படுத்துவது, மின்னழுத்த மூலம் அல்லது மின்னோட்ட மூலத்தின் எண்ணிக்கையை பொறுத்தே அமையும். ஒரு வலையமைப்பில் அதிக எண்ணிக்கையில் மின்னழுத்த மூலம் இருந்தால் அதற்கு கண்ணி பகுப்பாய்வே சிறந்தது. ஏனென்றால் கண்ணி பகுப்பாய்வு முறையை பயன்படுத்த அதன் மூலங்கள், மின்னழுத்த மூலங்களாக இருந்தால் அவற்றை அதற்கொத்த மின்னழுத்த மூலங்களாக மாற்றல்வேண்டும். இதற்கு மாற்றாக, மின்னோட்ட

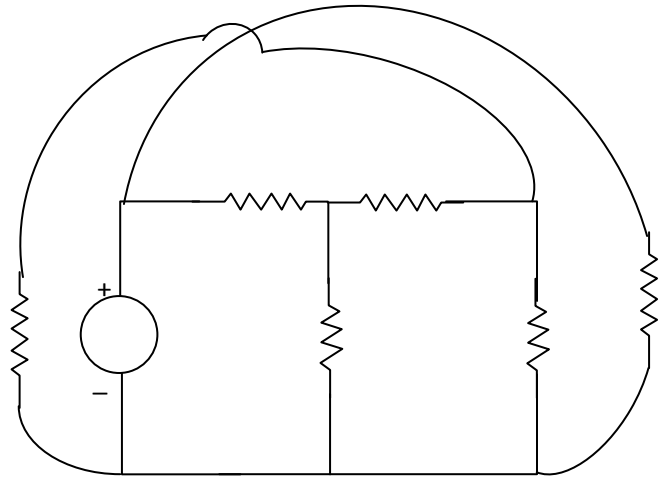
மூலங்கள் அதிக எண்ணிக்கையில் இருப்பின், கணு பகுப்பாய்வு முறையினை பயன்படுத்தவேண்டும்.

கண்ணி பகுப்பாய்வுமுறை சமதள வலையமைப்புக்கு (Planar Networks) மட்டுமே பொருந்தும் தன்மையுடையது சமதளமில்லா (Non-Planar) சுற்றுகளுக்கு இது பொருந்தாது ஒரு சுற்று சமதளபரப்பில், குறுக்குகள் இன்றி வரையப்பட்டால் அதனை சமதள சுற்று என்பர். ஒரு சமதளமில்லாச் சுற்றை, சமமான பரப்பில் குறுக்குகள் இன்றி வரைதல் இயலாது.

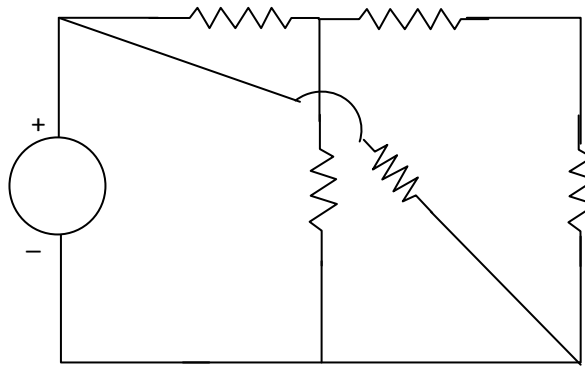
படம்.1(a)ல் சமதள சுற்றை காண்பித்துள்ளோம் படம்.1(b)ல் சமதளமில்லா சுற்று வரையப்பட்டுள்ளது படம்.1(c)ல் சமதளசுற்று, சமதளமில்லாச் சுற்றைப் போல் காட்சியளிக்கிறது. ஏற்கனவே அறிந்தது போல் ஒரு



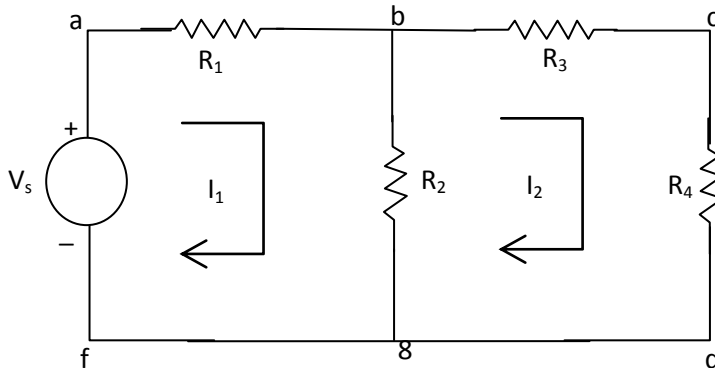
படம் 1 a



படம் 1 b



படம் -1 c



படம்- 2

சுழி என்பது மூடிய பாதையைக் கொண்டது. ஒரு சுழி அதனுள்ளே வேறு சுழிகளை இடம்பெறச் செய்யாமல் இருப்பின் அது கண்ணி எனப்படும்.

ஆகவே, கண்ணி பகுப்பாய்வு செய்ய முதலில் சுற்று சமதளமா அல்லது சமதளமில்லாததா என்று கண்டறிதல் வேண்டும். இரண்டாவதாக கண்ணி மின்னோட்டங்கள் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும். இறுதியாக கிரீச்சாஃப் மின்னழுத்த விதியின் உதவி கொண்டு சமன்பாடுகளை எழுதி அறியப்படாத தீர்வுகளை கண்டறிய வேண்டும்.

படம்.2 இல் இரு சுழிகள் **abefa** மற்றும் **bcdeb** ஆகியவை உள்ளன. சுழி மின்னோட்டங்கள் I_1 மற்றும் I_2 , படத்தில் உள்ளது போல், அத்திசையில் செல்லுகின்றது என்று வைத்துக் கொள்வோம், சுழி **abefa**-ஐ பரிசோதித்தால், மின்னோட்டம் I_1, R_1 மின்தடை வழியாக செல்லுகின்றதையும் மற்றும் மின்னோட்டம் $(I_1 - I_2)$, R_2 மின்தடை வழியாக செல்லுகின்றதையும் அறிகிறோம்.

ஆகவே கிரீச்சாஃப் மின்னழுத்த விதியின் படி, மின்னழுத்த சமன்பாடு 1

$$V_s = I_1 R_1 + R_2 (I_1 - I_2) \text{----1}$$

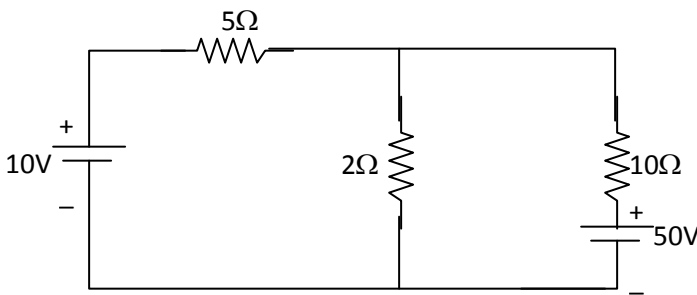
அதே போல், இரண்டாவது கண்ணி **bcdeb**-ஐ எடுத்துக் கொண்டால், மின்னோட்டம் I_2, R_3 மற்றும், R_4 மின்தடைகள் வழியாக செல்லுகின்றதையும், மின்னோட்டம்

$(I_2 - I_1), R_2$ மின்தடை வழியாக செல்லுகின்றதையும் அறிகிறோம்.

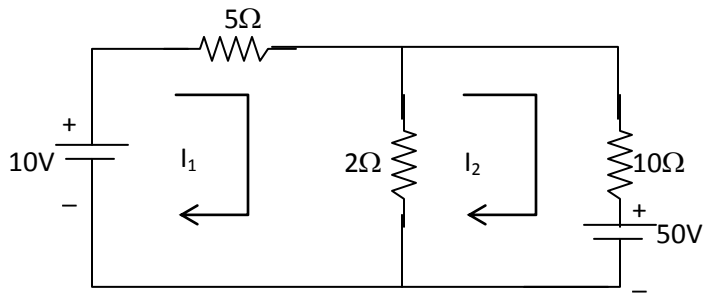
கிரீச்சாஃப் மின்னழுத்த விதியின்படி,

$$R_2 (I_1 - I_2) + R_3 I_2 + R_4 I_2 = 0 \text{----2}$$

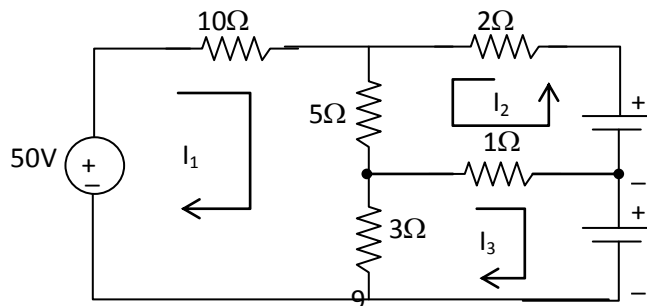
மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சமன்பாடுகள் 1, 2 மாற்றியமைப்பின் கண்ணி மின்னோட்ட சமன்பாடுகள்,



படம்-3



படம்-4



படம்-5

$$I_1(R_1 + R_2) - I_2R_2 = V_s \text{ ----3}$$

$$-I_1R_2 + (R_2 + R_3 + R_4)I_2 = 0 \text{ ----4}$$

3 மற்றும் 4 சமன்பாடுகளை தீர்வு கண்டால் மின்னோட்டங்கள் I_1 மற்றும் I_2 ஐ கண்டறியலாம். படம் 2 ஐ பரிசோதித்தால், அதிலுள்ள சுற்றில் ஐந்து கிளைகள் மற்றும் நான்கு கணுக்கள் மேற்கோள் கணுவுடன் உள்ளதை அறியலாம். கண்ணி மின்னோட்டத்தின் எண்ணிக்கை கண்ணி சமன்பாடுகளின் எண்ணிக்கையாகும்.

சமன்பாடுகளின் எண்ணிக்கை = கிளைகள்-(கணு எண்.1) ஆகவே படம். 2ன் கண்ணி மின்னோட்ட எண்ணிக்கை $5 - (4-1) = 2$

பொதுவாக “b” எண்ணிக்கையில் கிளைகள் இருப்பின் ‘N’ எண்ணிக்கை $B - (N-1)$ ஆகும்.

எ.கா.1:

படம்.3 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள சுற்றிற்கு கண்ணி மின்னோட்ட சமன்பாடுகளை எழுதுக மற்றும் அதன் மின்னோட்டங்களை கணக்கிடுக.

தீர்வு:

இரண்டு கண்ணி மின்னோட்டங்களை எடுத்துக்கொள்வோம், அதன்படி கண்ணி சமன்பாடுகள்

$$5I_1 + 2(I_1 - I_2) = 10$$

$$10I_2 + 2(I_2 - I_1) + 50 = 0$$

சமன்பாடுகளை மாற்றியமைப்பின்,

$$7I_1 - 2I_2 = 10$$

$$-2I_1 + 12I_2 = -50$$

சமன்பாடுகளை தீர்வு கண்டபின்,

$$I_1 = 0.25A \text{ மற்றும் } I_2 = -4.125A$$

இங்கே, இரண்டாவது கண்ணியில் உள்ள மின்னோட்டம் I_2

உண்மையான மின்னோட்டத்தின் எதிர்திசையில் செல்வதைக் குறிக்கிறது (படம்-4)

எ.க:2

படம்.5ல் உள்ள சுற்றுக்கு உண்டான கண்ணி மின்னோட்டம் I_1 ஐ கணிக்க.

தீர்வு:

சுற்றில் இருந்து மூன்று கண்ணி சமன்பாடுகளை உருவாக்க முடியும்.

$$10I_1 + 5(I_1 + I_2) + 3(I_1 - I_3) = 50$$

$$2I_2 + 5(I_2 + I_1) + 1(I_2 + I_3) = 10$$

$$3(I_3 - I_1) + 1(I_3 + I_2) = -5$$

சமன்பாடுகளை மாற்றியமைப்பின்

$$18I_1 + 5I_2 - 3I_3 = 50$$

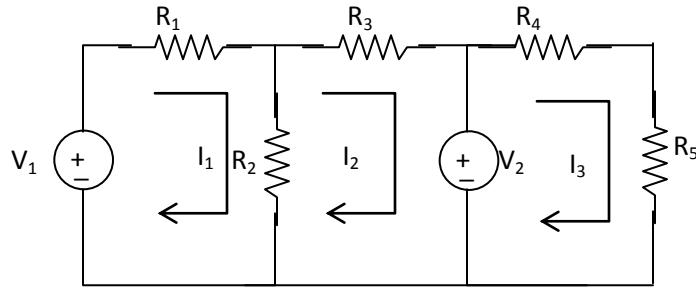
$$5I_1 + 8I_2 + I_3 = 10$$

$$-3I_1 + I_2 + 4I_3 = -5$$

கிரேமர் விதியின் படி

$$I_1 \begin{vmatrix} 50 & 5 & -3 \\ 10 & 8 & 1 \\ -5 & 1 & 4 \\ 18 & 5 & -3 \\ 5 & 8 & 1 \\ -3 & 1 & 4 \end{vmatrix} = \frac{1175}{356}$$

$$I_1 = 3.3A$$



படம்-6

அதே போல்,

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 18 & 50 & -3 \\ 5 & 10 & 1 \\ -3 & -5 & 4 \\ 18 & 5 & -3 \\ 5 & 8 & 1 \\ -3 & 1 & 4 \end{vmatrix}}{356} = -\frac{355}{356}$$

அல்லது, $I_2 = -0.997A$

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix} 18 & 5 & 50 \\ 5 & 8 & 10 \\ -3 & 1 & -5 \\ 18 & 5 & -3 \\ 5 & 8 & 1 \\ -3 & 1 & 4 \end{vmatrix}}{356} = -\frac{525}{356}$$

அல்லது, $I_3 = 1.47A$

$$\therefore I_1 = 3.3A, I_2 = -0.997A, I_3 = 1.47A$$

3. பரிசோதனைமுறைப்படி கண்ணி சமன்பாடுகள் (Inspection Method):

கண்ணி சமன்பாடுகளை, பரிசோதனைமுறைப்படி விரிவான நடவடிக்கைகள் இன்றி, சமதள வலையமைப்புகளுக்கு எழுதலாம். படம். 6ல் உள்ளது போல் மூன்று கண்ணி வலையமைப்புகளை எடுத்துக்கொள்வோம் சுழியின் சமன்பாடுகள்,

$$I_1 R_1 + R_2(I_1 - I_2) = V_1 \text{ ---- } 5$$

$$R_2(I_1 - I_2) + I_2 R_3 = -V_3 \text{ ---- } 6$$

$$R_4 I_3 + R_5 I_3 = V_2 \text{ ---- } 7$$

மேலே உள்ள சமன்பாடுகளை மாற்றியமைப்பின்,

$$(R_1 + R_2)I_1 - R_2 I_2 = V_1 \text{ ---- } 8$$

$$-R_2 I_1 + (R_2 + R_3)I_2 = -V_3 \text{ ---- } 9$$

$$(R_4 + R_5)I_3 = V_2 \text{ ---- } 10$$

பொதுவான கண்ணி வலையமைப்பின், கண்ணி சமன்பாடுகளை இப்படியும் எழுதலாம்,

$$R_{11}I_1 \pm R_{12}I_2 \pm R_{13}I_3 = V_a \text{ ---- } 11$$

$$\pm R_{21}I_1 + R_{22}I_2 \pm R_{23}I_3 = V_b \text{ ---- } 12$$

$$\pm R_{31}I_1 \pm R_{32}I_2 + R_{33}I_3 = V_c \text{ ---- } 13$$

சமன்பாடுகள் 8,9,10 மற்றும் 11,12,13 ஆகியவைகளை ஒப்பிடுகையில், தொடரும் கருத்துக்கள் கணிக்கப்படுகிறது

1. தன் வய மின்தடை
2. அனைத்து கண்ணி ஜோடிகளுக்கு இடையே உள்ள பரஸ்பர மின்தடை மற்றும்
3. ஒவ்வொரு கண்ணியிலும் உள்ள மின்னழுத்தங்களிள் கணிதக் கூட்டல்

சுழி 1ல் இருக்கும் பரஸ்பர மின்தடை, $R_{11} = R_1 + R_2$ மின்னோட்டம் செல்லும் மின்தடைகளின் கூட்டல் ஆகும்.

சுழி 1ல் இருக்கும் பரஸ்பர மின்தடை, $R_{12} = -R_2$, I_1 மற்றும் I_2 மின்னோட்டங்களின், பொதுவான மின்தடை கூட்டல் ஆகும். மின்னோட்டங்களின் திசை ஒன்றுபோல் இருப்பின், பரஸ்பர மின்தடை நேர்திசையை பெற்றிருக்கும். இல்லையேல் அவை எதிர் திசையைப் பெற்றிருக்கும்.

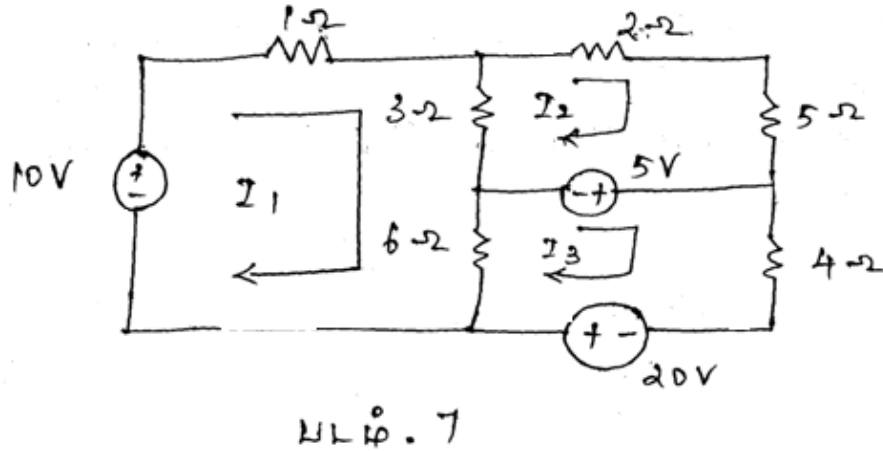
$V_a = V_1$ என்பது ஒன்றாம் சுழியின் மின்னழுத்தமாகும். இங்கே, மின்னோட்டத்தின் திசை, மூலத்தின் திசையை ஒத்திருப்பின், நேர்குறி பெற்றிருக்கும் இல்லையேல் மின்னழுத்தம் எதிர்குறி பெற்றிருக்கும்.

அதேபோல் $R_{22} = (R_2 + R_3)$, மற்றும் $R_{33} = R_4 + R_5$ ஆகியவை 2 மற்றும் 3 சுழிகளுக்குரிய தன்வய மின்தடைகளாகும். பரஸ்பர மின்தடைகள்

$R_{13} = 0, R_{21} = -R_2, R_{23} = 0, R_{31} = 0, R_{32} = 0$ ஆகியவை சுழி ஒட்டுகளில் கூட்டல்களாகும்.

$V_b = V_2, V_c = V_2$ ஆகியவை மின்னழுத்தங்களின் கூட்டல் ஆகும்.

எ.கா. 3: படம். 7ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள சுற்றுக்கு கண்ணி சமன்பாடுகளை எழுதுக.



தீர்வு:

பொதுவான மூன்று கண்ணி வலையமைப்பிற்குரிய சமன்பாடுகள்,

$$R_{11}I_1 \pm R_{12}I_2 \pm R_{13}I_3 = V_a \text{ ---14}$$

$$\pm R_{21}I_1 \pm R_{22}I_2 \pm R_{23}I_3 = V_b \text{ ---15}$$

$$\pm R_{31}I_1 \pm R_{32}I_2 \pm R_{33}I_3 = V_c \text{ ---16}$$

(14) ஆம் சமன்பாட்டை எடுத்துக் கொள்வோம்,

$$R_{11} = \text{சுழி 1 இன் தன்வய மின்தடை} = (1\Omega + 3\Omega + 6\Omega) = 10\Omega$$

$$R_{12} = \text{சுழி 1 மற்றும் 2 க்கு பொதுவான பரஸ்பர மின்தடை} = -3\Omega$$

இங்கே, மின்னோட்டங்கள் எதிர்திசையில் செல்லுகின்றதை எதிர்குறி குறிக்கிறது.

$$R_{13} = \text{சுழி 1 மற்றும் 3 -ற்கு பொதுவான பரஸ்பர மின்தடை} = -6\Omega$$

$$V_a = +10V, \text{ சுழி 1 இன் மின்னழுத்தம்}$$

இங்கே, நேர்குறியானது, சுழியின் மின்னோட்டம் I_1 மூலத்தின் மின்னோட்டத்தின் திசையில் உள்ளதை குறிக்கிறது.

ஆகவே, சமன்பாடு (14),

$$10I_1 - 3I_2 - 6I_3 = 10v \text{ ---17}$$

என எழுதப்படுகிறது,

சமன்பாடு (15) -ஐ எடுத்துக்கொண்டால்

$$R_{21} = \text{சுழி 1 மற்றும் 2 ற்கு பொதுவான பரஸ்பர மின்தடை} = -3\Omega$$

$$R_{22} = \text{சுழி 2- இன் தன்வய மின்} = (3\Omega + 2\Omega + 5\Omega) = 10\Omega$$

$$R_{23} = 0, \text{ சுழி 2 மற்றும் 3- ற்கு பொதுவான மின்தடைகள் இல்லை.}$$

$$V_b = -5V, \text{ சுழி 2 இழுக்கும் மின்னழுத்தம்}$$

ஆகவே, சமன்பாடு (15),

$$3I_1 + 10I_2 = -5V \text{ ---18 என எழுதப்படுகிறது.}$$

சமன்பாடு (16)-ஐ எடுத்துக் கொண்டால்

$$R_{31} = \text{சுழி 3 மற்றும் 1 க்கு பொதுவான பரஸ்பர மின்தடை} = -6\Omega$$

$$R_{32} = \text{சுழி 3 மற்றும் 2 க்கு பொதுவான பரஸ்பர மின்தடை} = 0$$

$$R_{33} = \text{சுழி 3ன் தன்வய மின்தடை} = (6\Omega + 4\Omega) = (10 \Omega)$$

$$V_c = \text{சுழி 3-ஐ இழுக்கும் மின்னழுத்தங்களின் கணிதக் கூட்டல்} = (5V + 20V) = 25V$$

ஆகவே, சமன்பாடு(16),

$$-6I_1 + 10I_3 = 25V \text{ ---19) n என எழுதப்படுகிறது.}$$

எனவே, மூன்று கண்ணி சமன்பாடுகள்,

$$10I_1 - 3I_2 - 6I_3 = 10V$$

$$-3I_1 + 10I_2 = -5V$$

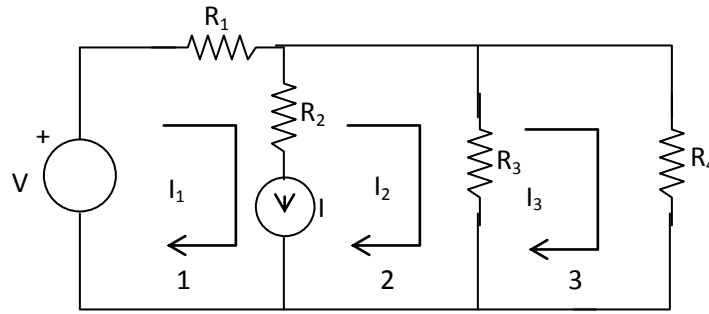
$$-6I_1 + 10I_3 = 25V$$

3. மீக்கண்ணி பகுப்பாய்வு (Super Mesh Analysis)

ஏதேனும் ஒரு கிளையில் மின்னோட்ட மூலம் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். அப்படி இருப்பின், கண்ணி பகுப்பாய்வை மேற்கொள்ள சற்று சிரமம் இருக்கும். ஏனென்றால், நாம் முதலில் மின்னோட்ட மூலத்தில், அறியப்படாத மின்னழுத்தம் செல்வதாக எண்ணிக் கொள்ளவேண்டும் பிறகு சமன்பாடுகளை எழுதி அந்த மூலத்திற்கு ஒத்த மின்னழுத்தத்தினையும் கண்டறிய வேண்டும். இத்தகைய சிக்கலை சமாளிக்கும் வகையில் மீக்கண்ணி பகுப்பாய்வு முறையை பயன்படுத்துவது எளிதானதாகும். மீக்கண்ணி என்பது இரு அண்டை சுழிகளுக்கு, பொதுவான மின்னோட்ட மூலத்தை கொண்டதே ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டாக (படம்.8ல் குறிப்பிட்டுள்ள)வலையமைப்பை எடுத்துக் கொள்வோம்.

இங்கே இரண்டு கண்ணிகள் 1 மற்றும் 2 ன் எல்லையில் ஐ என்ற மின்னோட்ட மூலம் உள்ளது. இந்த மின்னோட்ட மூலம் மீக்கண்ணியை உருவாக்குகிறது.



$$R_1 I_1 + R_3 (I_2 - I_3) = V$$

படம் - 8

அல்லது $R_1 I_1 + R_3 I_2 - R_3 I_3 = V$ கண்ணி 3ஐ எடுத்துக் கொண்டால்,

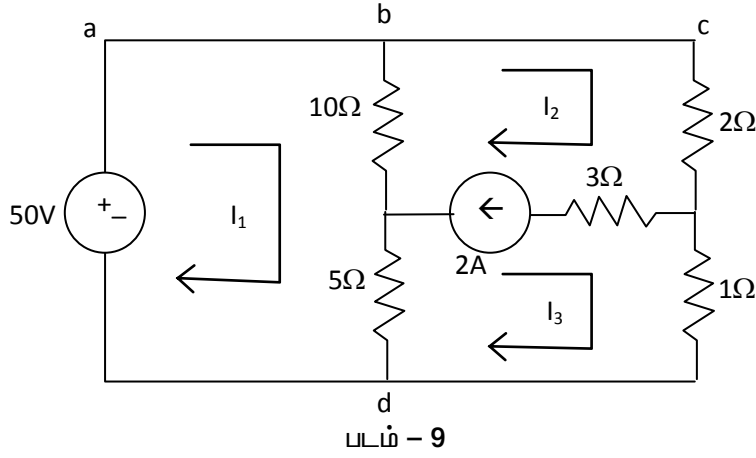
$$R_3 (I_3 - I_2) + R_3 I_3 = 0$$

இறுதியாக, மின்னோட்ட மூலத்தின் மின்னோட்டம் I, இரண்டு கண்ணி மின்னோட்டங்களின் கழித்தலிற்கு சமமாகும்.

$$I_1 - I_2 = I$$

ஆகவே மூன்று கண்ணி சமன்பாடுகளை உருவாக்கியுள்ளோம், இதனைக் கொண்டு நாம், மின்னோட்டங்களைக் கண்டறியலாம்.

எ.கா : 4. படம் 9 ல் உள்ள வலையமைப்பின், 5Ω மின்தடையின் மின்னோட்டத்தை கண்டறிக.



தீர்வு :

முதல் கண்ணியில் இருந்து, abcda

$$50 = 10(I_1 - I_2) + 5(I_1 - I_3)$$

$$\text{அல்லது } 15I_1 - 10I_2 - 5I_3 = 50 \text{-----} \quad (20)$$

இரண்டாம் மற்றும் மூன்றாம் கண்ணியில் இருந்து, மீக்கண்ணியை உருவாக்கலாம்.

$$10(I_2 - I_1) + 2I_2 + I_3 + 5(I_3 + I_1) = 0$$

$$\text{அல்லது, } -15I_1 + 12I_2 + 6I_3 = 0 \text{-----} \quad (21)$$

மின்னோட்ட மூலம் என்பது 2 மற்றும் 3-ஆம் கண்ணி மின்னோட்டங்களின் கழித்தல் ஆகும்.

$$I_2 - I_3 = 2A \text{-----} \quad (22)$$

சமன்பாடுகள் (20), (21), (22) மூலம்,

$$I_1 = 19.99A, I_2 = 17.33A, \text{ மற்றும் } I_3 = 15.33A$$

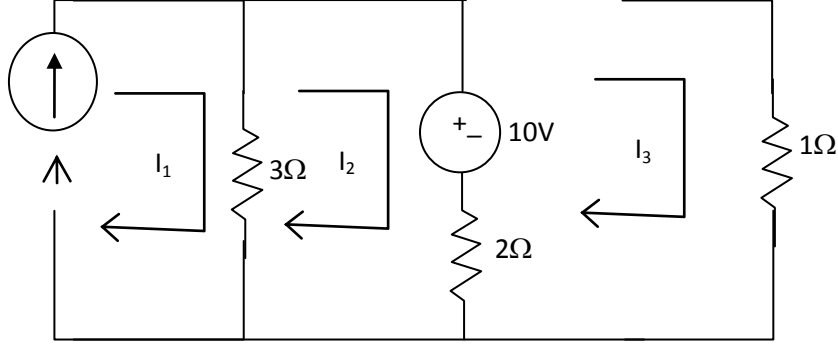
ஆகியவை கண்டறியப்படுகிறது.

$$5\Omega \text{ மின்தடையின் மின்னோட்டம்} = I_1 - I_3$$

$$= 19.99 - 15.33 = 4.66A$$

∴ 5 Ω மின்தடையின் மின்னோட்டம் 4.66 A ஆகும்.

எ.கா : 5. படம் 10 இல் உள்ள சுற்றுக்கு கண்ணி சமன்பாடுகளை எழுதுக மற்றும் மின்னோட்டங்கள் I_1, I_2, I_3 களை கண்டறிக.



படம்-10

தீர்வு:

படம். 10 இல், மின்னோட்ட மூலமானது, சுற்றின் சுற்றளவில் அமைந்துள்ளதால் முதல் கண்ணி தவிர்க்கப்படுகிறது. கிரீச்சாஃப் மின்னழுத்த விதியை இரண்டு மற்றும் மூன்றாம் கண்ணிகளுக்கு மேல் செயல்படுத்தினால் இரண்டாம் கண்ணி,

$$3(I_2 - I_1) + 2(I_2 - I_3) + 10 = 0$$

அல்லது $-3I_1 + 5I_2 - 2I_3 = -10$ ----- (23)

மூன்றாம் கண்ணி,

$$I_3 + 2(I_3 - I_2) = 10$$

அல்லது $-2I_2 + 3I_3 = 10$ ----- (24)

முதல் கண்ணி,

$$I_1 = 10A$$
----- (25)

மூன்று சமன்பாடுகளைக் கொண்டு

$$I_1 = 10A, I_2 = 7.27A, I_3 = 8.18A$$

ஆகியவை கணிக்கப்படுகிறது.

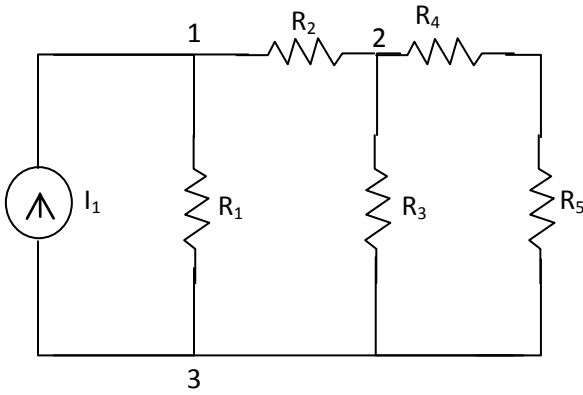
4. கணு பகுப்பாய்வு (NODAL ANALYSIS)

பொதுவாக, N கணுக்கள் கொண்ட சுற்றில் ஒரு கணு மேற்கோள் கணுவாக எடுத்துக் கொள்ளப்படும். பிறகு N-1 சமன்பாடுகளை எழுதி, N-1 மின்னழுத்தங்களை கண்டறியலாம். எடுத்துக்காட்டாக 10கணு சுற்று, 9 அறியப்படாத மின்னழுத்தங்களையும், 9 சமன்பாடுகளையும் கொண்டது. ஒவ்வொரு கணுவிற்கும், ஒரு பெயர் அல்லது எண் நிர்ணயிக்கப்படும். கணு மின்னழுத்தம் என்பது மேற்கோள் கணுவைப் பொறுத்து அமைந்த கணுவில் உள்ள மின்னழுத்தம் ஆகும். படம் 11ல் கணு 3, மேற்கோள் கணுவாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. கணு 1ல் உள்ள மின்னழுத்தம், கணு 3 ஐ பொறுத்தது. கிரீச்சாஃப் மின்னோட்ட விதியின்படி கணு 1ல் உள்ளே நுழையும் மின்னோட்டங்கள், வெளியில் செல்லும் மின்னோட்டங்களுக்கு சமமாகும் (படம் 12)

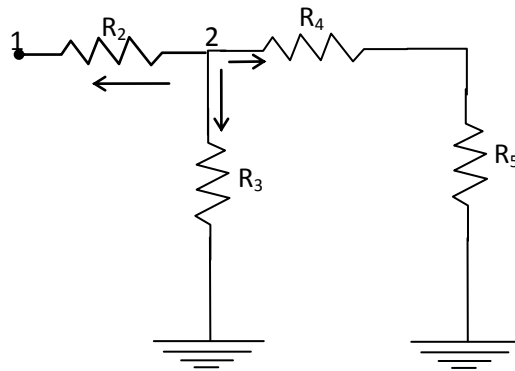
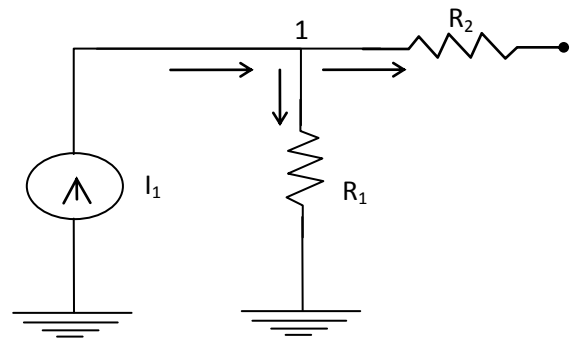
$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_1 - V_2}{R_2}$$

V_1 மற்றும் V_2 ஆகியவை கணு 1 மற்றும் 2 -இன் மின்னழுத்தங்களாகும் அதேபோல், கணு 2 இல், உள்ளே செல்லும் மின்னோட்டங்கள், வெளியில் செல்லும் மின்னோட்டங்களுக்கு சமம் (படம் 13)

$$\frac{V_1 - V_2}{R_2} + \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_4 - R_5} = 0$$



படம்.11



படம்.13

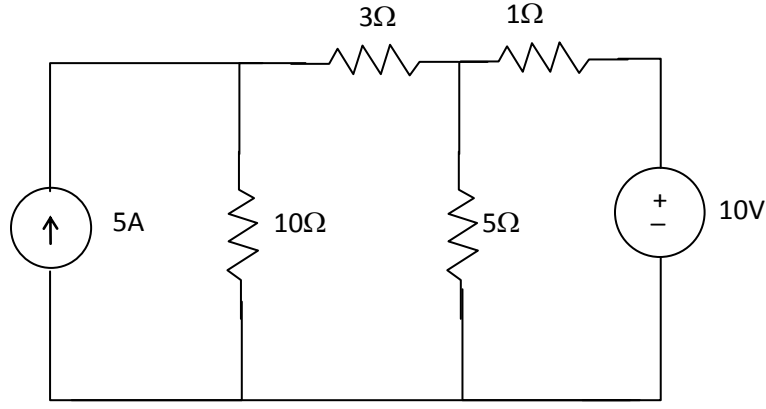
சமன்பாடுகளை மாற்றியமைப்பின்,

$$V_1 \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right] - V_2 \left[\frac{1}{R_2} \right] = I_1$$

$$-V_1 \left[\frac{1}{R_2} \right] + V_2 \left[\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5} \right] = 0$$

மேலே உள்ள சமன்பாடுகளை வைத்து, கணுக்களில் உள்ள மின்னழுத்தங்களை கண்டறியலாம்.

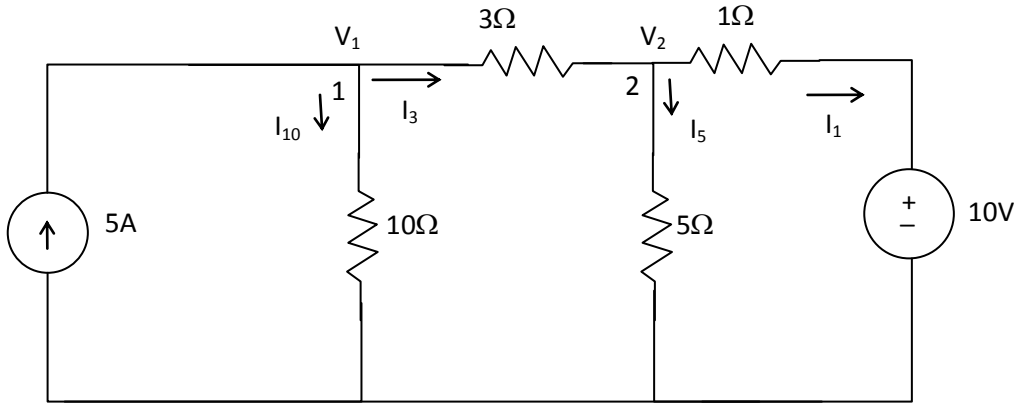
எ.கா. 6. படம்.14ல் உள்ள வலையமைப்பிற்கு தகுந்த கணு மின்னழுத்த சமன்பாடுகளை எழுதுக மற்றும் ஒவ்வொரு கிளையிலும் உள்ள மின்னோட்டங்களையும் கண்டறிக.



படம்.14

தீர்வு:

முதலில், ஒவ்வொரு கணுவிற்கும், மின்னழுத்தங்களை படம்.15ல் உள்ளது போல் குறிக்கவேண்டும்.



படம்.15

கிரச்சாஃப் மின்னோட்ட விதியின் படி, கணு 1,

$$5 = \frac{V_1}{10} + \frac{V_1 + V_2}{3}$$

அல்லது $V_1 \left[\frac{1}{10} + \frac{1}{3} \right] - V_2 \left[\frac{1}{3} \right] = 5$ ------(26)

கணு 2,

$$\frac{V_2 - V_1}{3} + \frac{V_2}{5} + \frac{V_2 - 10}{1} = 0$$

அல்லது, $-V_1 \left[\frac{1}{3} \right] + V_2 \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{5} + 1 \right] = 10$ ------(27)

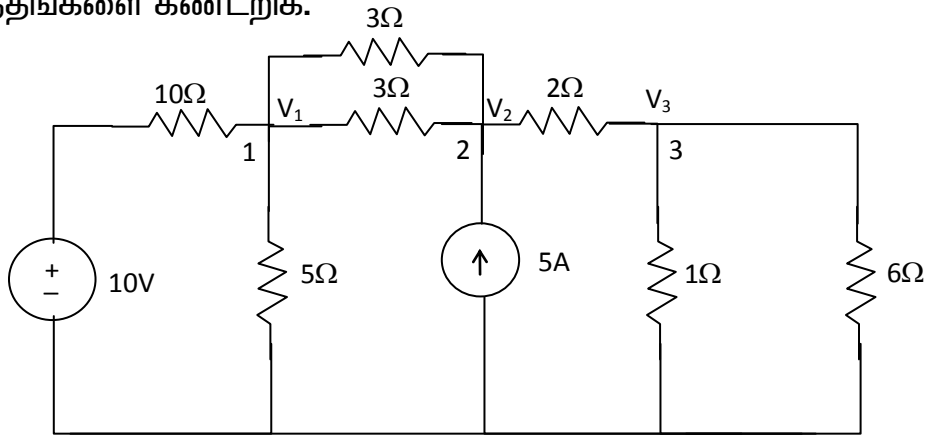
சமன்பாடுகள் (26),(27) கொண்டு,

$V_1 = 19.85V, V_2 = 10.9V$ கண்டறியலாம்.

$$I_{10} = \frac{V_1}{10} = 19.85A, I_3 = \frac{V_1 - V_2}{3} = \frac{19.85 - 10.9}{3} = 2.98,$$

$$I_5 = \frac{V_2}{5} = \frac{10.9}{5} = 2.18A, I_1 = \frac{V_2 - 10}{3} = 0.9A$$

எ.கா.7: படம்.16ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள சுற்றிற்கு உண்டான கணு மின்னழுத்தங்களை கண்டறிக.



படம்.16

தீர்வு:

கணு 1ல் அனைத்து மின்னோட்டங்களும் வெளியில் செல்லுவனவாக எடுத்துக்கொள்வோம்.

$$\frac{V_1 - 10}{10} + \frac{V_1 - V_2}{3} + \frac{V_1}{5} + \frac{V_1 - V_2}{3} = 0$$

$$\text{அல்லது } V_1 \left[\frac{1}{10} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{3} \right] - V_2 \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right] = 1$$

$$0.96V_1 - 0.66V_2 = 1 \text{----- (28)}$$

கணு 2, அனைத்து மின்னோட்டங்களும் வெளியில் செல்லுவனவாக எடுத்துக்கொண்டு, மின்னோட்ட மூலம் மட்டும் விடுத்து,

$$\frac{V_2 - V_1}{3} + \frac{V_2 - V_1}{3} + \frac{V_2 - V_3}{3} = 5$$

$$= V_1 \left[\frac{2}{3} \right] + V_2 \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2} \right] - V_3 \left[\frac{1}{2} \right] = 5$$

$$-0.66V_1 + 1.16V_2 - 0.5V_3 = 5 \text{----- (29)}$$

கணு 3,

$$\frac{V_3 - V_2}{2} + \frac{V_3}{1} + \frac{V_3}{6} = 0$$

$$-0.5V_2 + 1.66V_3 = 0 \text{----- (30)}$$

கிரேமர் விதியின் படி,

$$V_1 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & -0.66 & 0 \\ 5 & 1.16 & -0.5 \\ 0 & -0.5 & 1.66 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0.96 & -0.66 & 0 \\ -0.66 & 1.16 & -0.5 \\ 0 & -0.5 & 1.66 \end{vmatrix}} = \frac{7.154}{0.887} = 8.06V$$

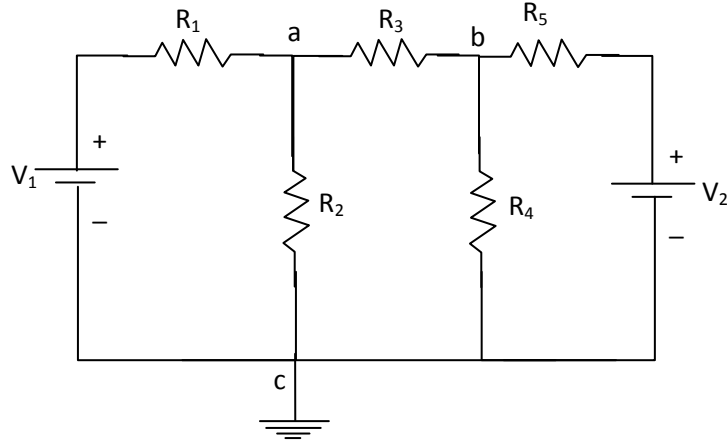
அதேபோல்,

$$V_2 = \frac{\begin{vmatrix} 0.96 & 1 & 0 \\ -0.66 & 5 & -0.5 \\ 0 & 0 & 1.66 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0.96 & -0.66 & 0 \\ -0.66 & 1.16 & -0.5 \\ 0 & -0.5 & 1.66 \end{vmatrix}} = \frac{9.06}{0.887} = 10.2V$$

$$V_2 = \frac{\begin{vmatrix} 0.96 & -0.66 & 1 \\ -0.66 & 1.16 & 5 \\ 0 & -0.5 & 0 \\ 0.96 & -0.66 & 0 \\ -0.66 & 1.16 & -0.5 \\ 0 & -0.5 & 1.66 \end{vmatrix}}{0.887} = \frac{2.73}{0.887} = 3.07V$$

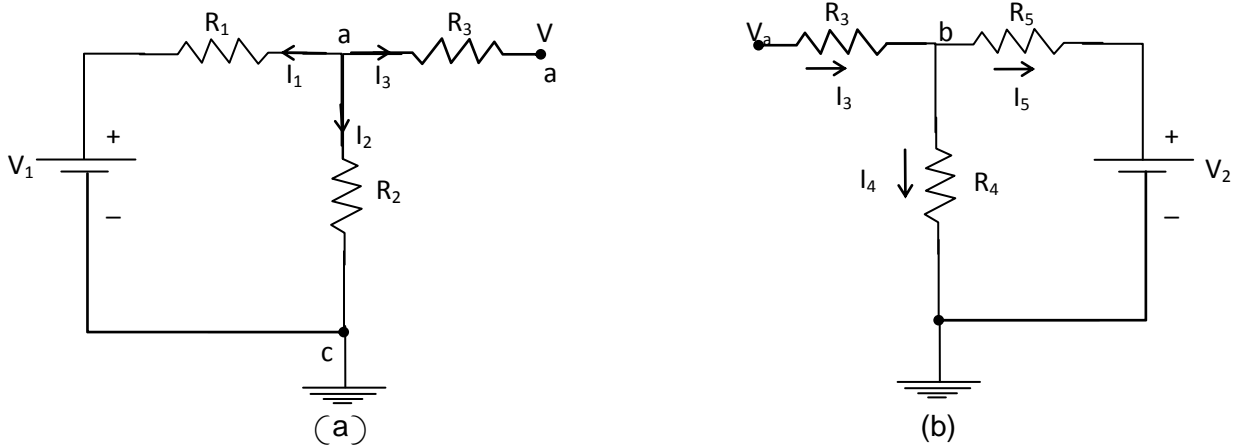
5. பரிசோதனைமுறைப்படி கணு சமன்பாடுகள்

கணு சமன்பாடுகள் நீண்ட வழிமுறைகளின்றி பரிசோதனைமுறை கொண்டு எழுதப்படலாம். எடுத்துக்காட்டாக மூன்று கணு வலையமைப்பில், ஒரு மேற்கோள் கணுவடன்,



படம்.17

படம். 17 இல் உள்ளது போல் எடுத்துக் கொள்வோம். இதில் a மற்றும் b ஆகியவை உண்மையான கணுக்கள் ஆகும். c என்பது மேற்கோள் கணுவாகும். இப்பொழுது, கணுக்கள் a மற்றும் b-ஐ தனித் தனியாக எடுத்துக் கொள்வோம்.



படம்.18

படம். 18(a), கிரீச்சாஃப் மின்னோட்ட விதியின்படி,

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$\frac{V_a - V_1}{R_1} + \frac{V_a}{R_2} + \frac{V_a - V_b}{R_3} = 0 \text{-----(31)}$$

படம் 18(b), கிரீச்சாஃப் மின்னோட்ட விதியின்படி,

$$I_4 + I_5 = I_3$$

$$\therefore \frac{V_b - V_a}{R_3} + \frac{V_b}{R_4} + \frac{V_b - V_2}{R_5} \text{-----(32)}$$

சமன்பாடுகளை மாற்றியமைப்பின்,

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) V_a - \left(\frac{1}{R_3} \right) V_b - \left(\frac{1}{R_1} \right) V_1 \text{----(33)}$$

$$\left(-\frac{1}{R_3} \right) V_a + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) V_b = \frac{V_2}{R_5} \text{----(34)}$$

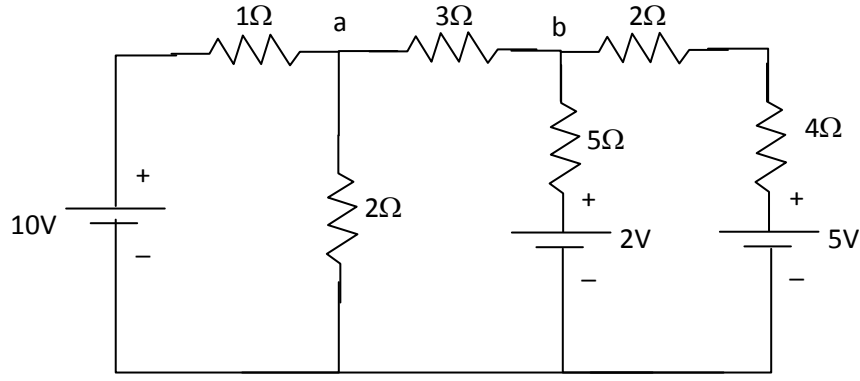
பொதுவாக, மேலே உள்ள சமன்பாடுகளை,

$$G_{aa} V_a + G_{ab} V_b = I_1 \text{-----(35)}$$

$$G_{ba} V_a + G_{bb} V_b = I_2 \text{-----(36)}$$

சமன்பாடுகளை(33)(34) மற்றும் (35)(36) ஆகியவைகளை ஒப்பிட்டால் கணு aன் தன்வய மின்கடத்தும் திறன், $G_{aa} = (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$ என்பது கணு aல் உள்ள அனைத்து மின்கடத்தும் திறன்களின் கூடுதல் ஆகும். அதேபோல், $G_{bb} = (1/R_3 + 1/R_4 + 1/R_5)$ என்பது கணு bல் உள்ள மின்கடத்தும் திறன்களின் கூடுதல் ஆகும் $G_{ab} = (-1/R_3)$ என்பது கணு a மற்றும் b-ஐ சேர்க்கும் மின்கடத்தும் திறன் ஆகும். இங்கே அனைத்து பரஸ்பர மின்கடத்தும் திறன்களும் எதிர்குறியைக் கொண்டிருக்கும். அதேபோல், $G_{ba} = (-1/R_3)$ என்பதும் கணு b மற்றும் aன் இடையில் உள்ள பரஸ்பர மின்கடத்தும் திறன் ஆகும். I_1 மற்றும் I_2 ஆகியவை கணு a மற்றும் கணு bல் மூலமின்னோட்டத்தின் கூடுதல் ஆகும். கணுவின் உள்ளே நுழையும் மின்னோட்டம் நேர்குறியையும், வெளியில் செல்லும் மின்னோட்டம் எதிர்குறியையும் பெற்றிருக்கும்.

எ.கா 8 :கொடுக்கப்பட்டுள்ள சுற்றிற்கு படம்.19 பரிசோதனைமுறையைப் பயன்படுத்தி கணு சமன்பாடுகளை எழுதுக.



படம். 19

தீர்வு:

பொதுவான சமன்பாடுகள்,

$$G_{aa}V_a + G_{ab}V_b = I_1 \text{ -----(37)}$$

$$G_{ba}V_a + G_{bb}V_b = I_2 \text{ -----(38)}$$

சமன்பாடு (37)

$G_{aa} = (1 + 1/2 + 1/3) \text{ ஓ}$ கணு a வின் தன்வய மின் கடத்தும் திறன்.

$G_{bb} = (1/6 + 1/5 + 1/3) \text{ ஓ}$ கணு b வின் தன்வய மின் கடத்தும் திறன்.

$G_{ab} = -(1/3) \text{ ஓ}$,கணு a மற்றும் கணு b இடையே ஏற்படும் பரஸ்பர மின்கடத்தும்

திறன்

அதேப்போல், $G_{ba} = (-1/3) \text{ ஓ}$

$$I_1 = \frac{10}{1} = 10A, \text{ கணு aன் மூல மின்னோட்டம்}$$

$$I_2 = \left(\frac{2}{5} + \frac{5}{6} \right) = 1.23A, \text{ கணு bன் மூல மின்னோட்டம்}$$

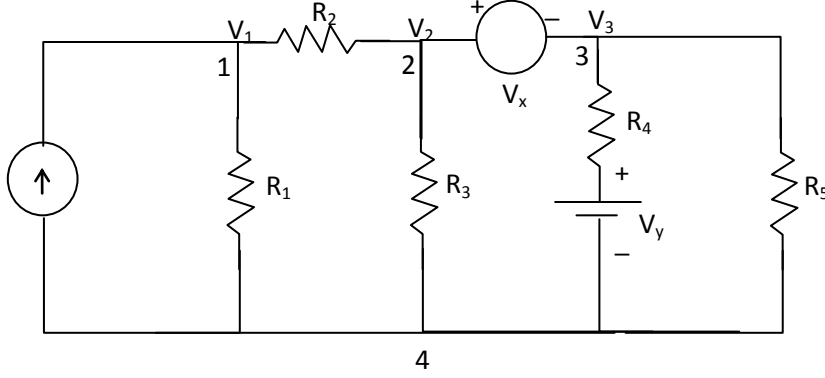
ஆகவே, கணு சமன்பாடுகள்,

$$1.83V_a - 0.33V_b = 10 \text{ -----(39)}$$

$$-0.33V_a + 0.7V_b = 1.23 \text{ -----(40)}$$

6. மீக்கணு பகுப்பாய்வு (Super Node Analysis)

ஏதேனும் ஒரு கிளையில் மின்னழுத்த மூலம் இருப்பின் கணு பகுப்பாய்வைப் பயன்படுத்துவது என்பது சற்று சிரமமாகும். அதனை தவிர்க்க, மீக்கணு பகுப்பாய்வு முறை பயன்படுகிறது. இந்த முறையில் இரு அண்டை கணுக்கள் இடையே மின்னழுத்த மூலம் இருப்பின் அவை ஒரு கணுவாக மாற்றப்படும். இது படம் . 20ன் மூலம் விளக்கப்படுகிறது.



படம். 20.

படம். 20ல் மேற்க்கோள் கணு, கணு எண் 4 ஆக உள்ளது. கிரீச்சாஃப் மின்னோட்ட விதியை கணு 1ல் பயன்படுத்தினால்.

$$I = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_1 - V_2}{R_2}$$

மின்னழுத்த மூலம் இருப்பதால் V_x , மின்னோட்டத்தை கண்டறிவது சற்று சிரமமாகும். இதனால் மீக்கணு முறையை இங்கு பயன்படுத்தலாம்.

ஆகவே சேர்த்த சமன்பாட்டை கணுக்கள் 2 மற்றும் 3ஐ கொண்டு இப்படி எழுதலாம்.

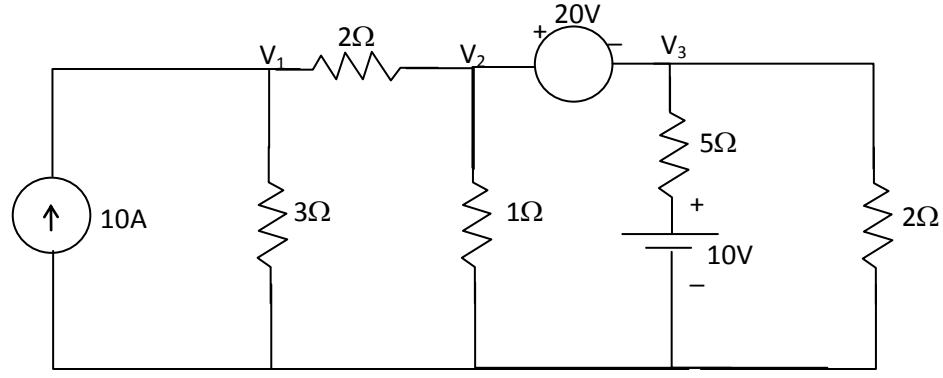
$$\frac{V_2 - V_1}{R_3} + \frac{V_2}{R_3} + \frac{V_3 - V_y}{R_4} + \frac{V_3}{R_5} = 0$$

மற்றுமொரு சமன்பாடு,

$$V_2 - V_3 = V_x$$

மேலே உள்ள சமன்பாடுகளை கொண்டு மூன்று அறியப்படாத மின்னழுத்தங்களைக் கண்டறியலாம்.

எ.கா.9 : படம். 21ல் உள்ள சுற்றில், உள்ள 5Ω மின்தடையில் மின்னோட்டத்தை கண்டறிக:



படம்.21

தீர்வு:

கணு 1,

$$10 = \frac{V_1}{3} + \frac{V_1 - V_2}{2}$$

அல்லது,

$$V_1 \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right] - \frac{V_2}{2} - 10 = 0$$

$$0.83V_1 - 0.5V_2 - 10 = 0 \text{-----(41)}$$

கணு 2 மீக்கணு சமன்பாடு

$$\frac{V_2 - V_1}{2} + \frac{V_2}{1} + \frac{V_3 - V_{10}}{5} + \frac{V_3}{2} = 0$$

அல்லது $\frac{-V_1}{R_3} + V_2 \left[\frac{1}{2} + 1 \right] + V_3 \left[\frac{1}{5} + \frac{1}{2} \right] = 2$

$$-0.5V_1 + 1.5V_2 + 0.7V_3 - 2 = 0 \text{-----(42)}$$

கணு 2 மற்றும் கணு 3 இடையே உள்ள மின்னழுத்தம்,

$$V_2 - V_3 = 20$$

5Ω மின்தடையில் உள்ள மின்னோட்டம்,

$$I_5 = \frac{V_3 - V_{10}}{5}$$

சமன்பாடு (41) (42) (43) -ஐ கொண்டும்

$$V_3 = -8.42V$$

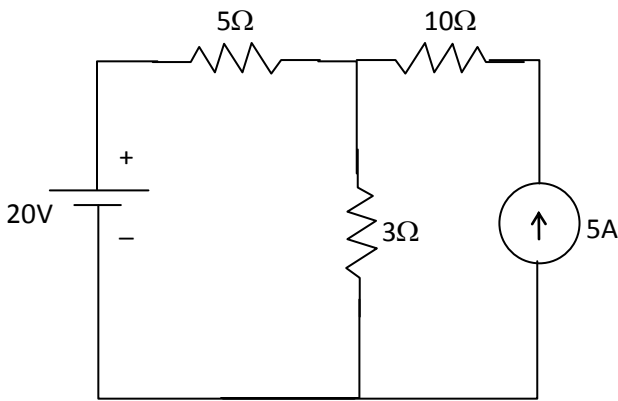
$$\therefore \text{மின்னோட்டம் } I_5 = \frac{-8.42 - 10}{5} = -3.68A,$$

அதாவது கணு 3ஐ நோக்கி மின்னோட்டம் செல்லுகிறது.

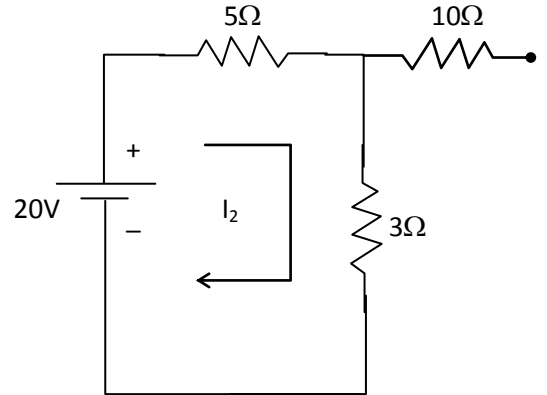
7. சூப்பர் பொசிஷன் கோட்பாடு (Superposition Theorem).

சூப்பர் பொசிஷன் கோட்பாடு என்பது ஒரு நேரியல் வலையமைப்பில் இரண்டோ அல்லது அதற்குமேல் எண்ணிக்கையில் மூலங்களை கொண்டிருப்பின், அதனிலுள்ள மூலங்களில் திறனானது தன்னிச்சையான மூலங்களின் திறனின் கணிதக்கூடுதல் ஆகும் மேலும் மற்ற மூலங்கள் செயலற்று இருத்தல் அவசியமாகும். அதாவது மூலங்களின் திறனை எடுக்கும்போது மற்ற மின்னழுத்த மூலம், மூடு சுற்றாகவும், மின்னோட்ட மூலம் திறந்த சுற்றாகவும் மாறுதல்வேண்டும். இது நேரியல் அமைப்புகளுக்கு மட்டுமே பொருந்தும் கணித எடுத்துக்காட்டின் மூலம் இந்த கோட்பாட்டை நன்கு அறியலாம். இரண்டு மூலங்கள் கொண்ட சுற்றினை படம். 22ஐ எடுத்துக்கொள்வோம்.

இப்பொழுது 3Ω மின்தடையில் செல்லும் மின்னோட்டத்தை கண்டறியலாம். சூப்பர் பொசிஷன் கோட்பாட்டின்படி $20V$ மின்னழுத்த மூலத்தின் மூலம் உருவாகும் மின்னோட்டம் $I_2, 5A$ மின்னோட்ட மூலம் திறந்த சுற்றாக மாறியபின், $= 20/(5+3) = 2.5A$ (படம். 23).



படம் .22



படம்.23

$5A$ மூலத்தின் மூலம் உருவாகும் மின்னோட்டம், I_5 , $20A$ மூலம் மூடுசுற்றாக மாறியபின், (படம். 24)

$$I_5 = 5 \times \frac{5}{(3+5)} = 3.125A$$

ஆகவே, 3Ω மின்தடை வழியாக செல்லும் மொத்த மின்னோட்டம்

$$(2.5 + 3.125) = 5.625A \text{ ஆகும்}$$

இதையே கணுப் பகுப்பாய்வின் மூலம் ஆராய்வோம்.

படம். 25,

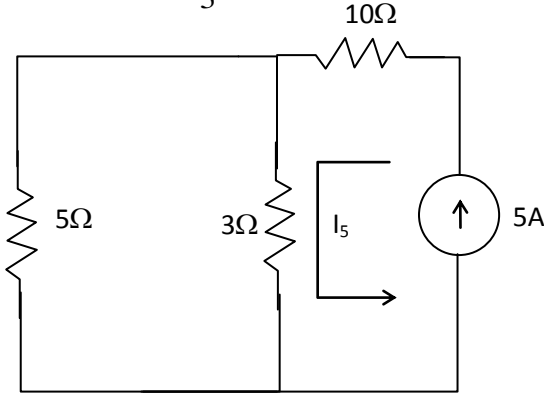
$$\frac{V-20}{5} + \frac{V}{3} = 5$$

$$V \left[\frac{1}{5} + \frac{1}{3} \right] = 5 + 4$$

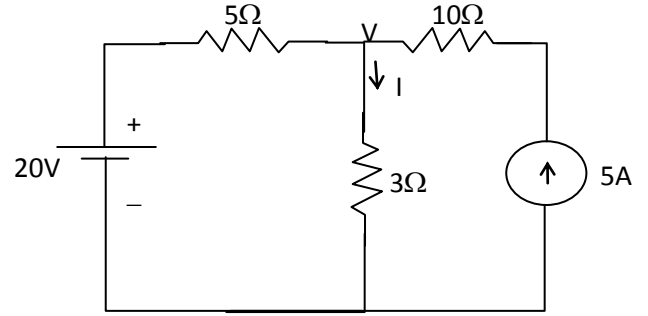
$$V = 9 \times \frac{15}{8} = 16.875V$$

ஆகவே 3Ω மின்தடை வழியாக செல்லும் மின்னோட்டம் $\frac{V}{3}$ ஆகும், ∴

$$I = \frac{16.875}{3} = 5.625A$$



படம்.24



படம்.25

ஆகவே, சூப்பர்பொசிஷன் கோட்பாடு உறுதிப்படுத்தப்பட்டது.

நாம் இப்பொழுது செயல்திறன்களை ஆராய்வோம். 3Ω மின்தடையில் மின்னழுத்த மூலத்தின் மூலம் உண்டாகும் செயல்திறன்.

$$P_{20} = (I_{20})^2 R = (2.5)^2 3 = 18.75W$$

3Ω மின்தடையில் மின்னோட்ட மூலத்தின் மூலம் உண்டாகும் செயல்திறன்,

$$P_5 = (I_5)^2 R = (3.125)^2 3 = 29.29W$$

3Ω மின்தடையில் இரு மூலங்களும் ஒன்றாக இணைந்து செயல்படும் போது உண்டாகும் செயல்திறன்,

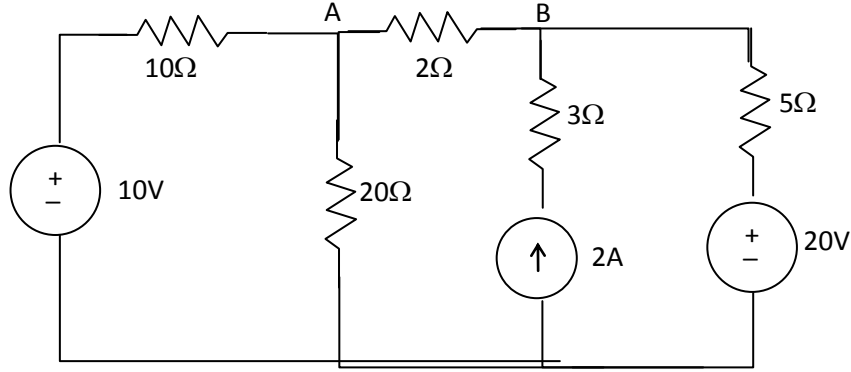
$$P = (5.625)^2 \times 3 = 94.92W$$

மேலே உள்ள பதில்கள் மூலம்,

$$P_{20} + P_5 = 48.04W$$

இது $P = 94.92W$ உடன் சமம் ஆகாது எனவே, சூப்பர் பொசிஷன் கோட்பாடு செயல்திறன்களை கணிக்க உதவாது. இது மின்னழுத்த மற்றும் மின்னோட்டத் திறன்களையே கணிக்க உதவும்.

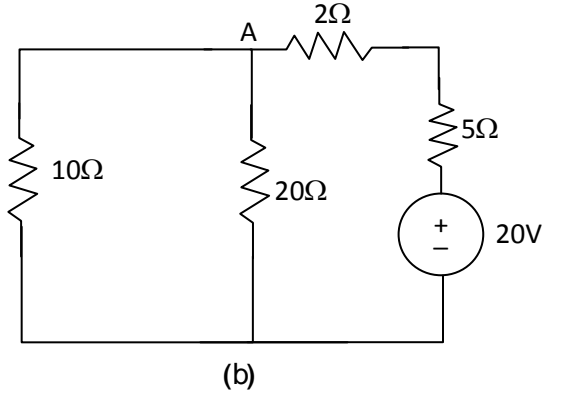
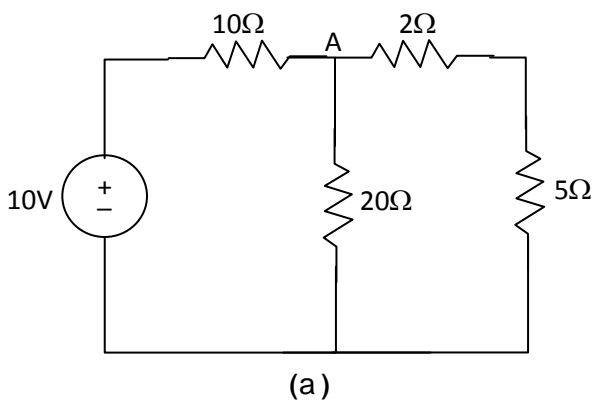
எ.க. 10: படம். 26ல் உள்ள சுற்றில் உள்ள 2Ω மின்தடையின் மின்னழுத்தத்தை கண்டறிக.



படம் 26.

தீர்வு

தனித்தனி மூலங்களை கொண்டு 2Ω மின்தடையின் மின்னழுத்தத்தை கண்டறியலாம். அதனின் கணிதக் கூடுதலை மொத்த மின்னழுத்தமாகும். முதலில், 10V மின்னழுத்த மூலத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். படம் 27(a)



படம் 27

மின்னோட்ட சமன்பாடு,

$$\frac{V-10}{10} + \frac{V}{20} + \frac{V}{7} = 0$$

$$V[0.1+0.05+0.143]=1$$

$$(அ) V = 3.41V$$

2Ω மின்தடையில் உள்ள மின்னழுத்தம்,

$$V_2 = \frac{V}{7} \times 2 = 0.97V$$

இரண்டாவதாக, 20V மின்னழுத்த மூலத்தை எடுத்துக்கொள்வோம் (படம் 27(b)).

மின்னோட்ட சமன்பாடு,

$$\frac{V-20}{7} + \frac{V}{20} + \frac{V}{10} = 0$$

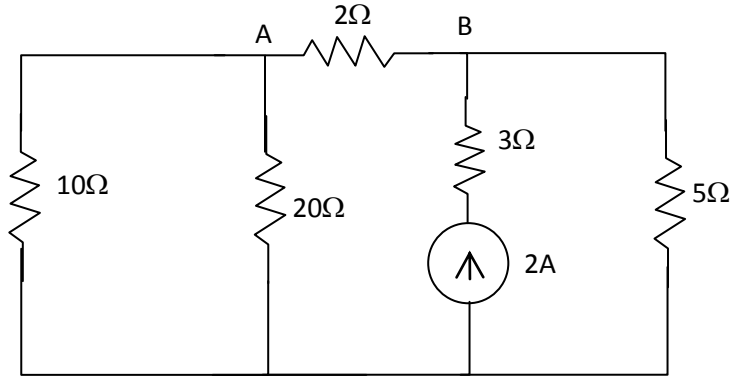
$$V[0.143+0.05+0.1]=2.86$$

$$V = \frac{2.86}{0.293} = 9.76$$

ஆகவே, 2Ω மின்தடையில் 20V மின்னழுத்த மூலத்தினால் உண்டான மின்னழுத்தம்

$$V_2 = \left(\frac{V-20}{7} \right) \times 2 = -2.92V$$

இறுதியாக 2A மின்னோட்ட மூலத்தினால் உண்டாகும் மின்னழுத்தம்



படம் 27 c

$$22\Omega \text{ மின்தடையின் மின்னோட்டம்} = 2 \times \frac{5}{4+8.67}$$

$$= \frac{10}{13.67} = 0.73A$$

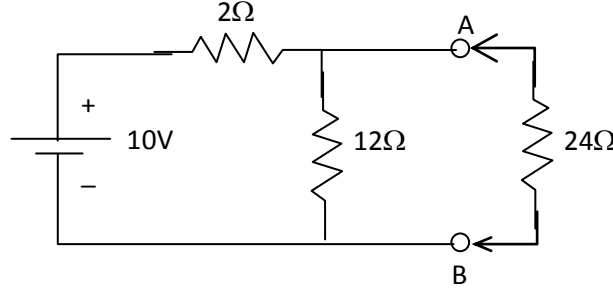
$$\text{மின்னழுத்தம்} = 0.73 \times 2 = 1.46V$$

$$\text{ஆகவே மொத்த மின்னழுத்தம்} = 0.97 - 2.92 - 1.46 = -3.41V$$

8. தெவினின் கோட்பாடு (Thevenin Theorem)

பயிற்சிக்குரிய செயல்பாடுகளில் முழு சுற்றையும் பகுப்பாய்வு செய்யவேண்டிய அவசியம் இருக்காது. மேலும் பெரும்பாலும் மின்னழுத்தம் மின்னோட்டம் மற்றும் செயல்திறன்களை மட்டுமே கண்டறிதல் அவசியமாகும். ஆகையால் தெவினின் கோட்பாட்டை பயன்படுத்தி எளிய சமமான சுற்றை உண்மையான வலையமைப்பிற்கு பதிலாக உருவாக்க முடியும்.

தெவினின் கோட்பாடு என்பது ஏதாவது ஒரு இருமுனை கொண்ட நேரியல் வலையமைப்பை அது அதிகமான மின்னழுத்த மின்னோட்ட மூலங்களை மற்றும் மின்தடைகளை கொண்டிருந்தாலும் அவற்றை ஒரு மின்னழுத்த மூலம் மற்றும் தொடர் மின்தடை சுற்றாக மாற்றப் பயன்படும். இதிலுள்ள மின்னழுத்த மூலம் அனைத்து மூலங்களுக்கும் மாற்றாக அமையும் தன்மையுடையது. மேலும் மின்தடையானது அனைத்து மின்தடைகளின் சமமாகும். தெவினின் கோட்பாடு விதியின்படி சமமான சுற்று படத்தில் உள்ளது. (படம். 28)



படம் 28

இந்த சுற்றில் 24Ω என்ற ஏற்ற மின்தடை சேர்க்கப்பட்டால் இதிலும் அதே மின்னோட்டம் பாயும் மற்றும் மின்னழுத்தமும் முனையத்தினிடையே சமமாக இருக்கும். இதை நிரூபிக்கும் பொருட்டு 24Ω மின்தடையில் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கண்டறியலாம்.

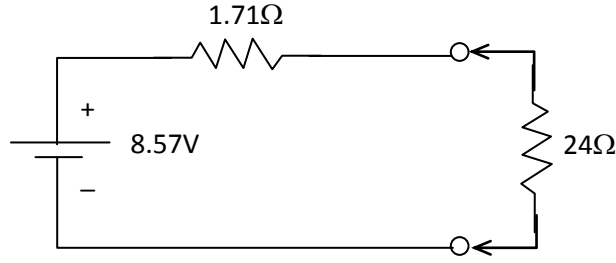
$$I_{24} = I_T \times \frac{12}{12 + 24}$$

இதில்
$$I_T = \frac{10}{2 + (12 \parallel 24)} = \frac{10}{10} = 1A$$

$$\therefore I_{24} = I \times \frac{12}{12 + 24} = 0.33A$$

மின்னழுத்தம்; $= 0.33 \times 24 = 7.92V$; இப்பொழுது நாம் தெவினின் சமமாக சுற்றை கண்டறியலாம்.

தெவினின் மின்னழுத்தம் 'AB' முனையத்தினிடையே ஏற்படும் திறந்த சுற்று மின்னழுத்தத்திற்கு சமமாகும். அதாவது 12Ω மின்தடையின் மின்னழுத்தம்



படம் - 29

$$V_{th} = 10 \times \frac{12}{24} = 8.75V$$

தெவினின் மின்தடை என்பது திறந்த சுற்று முனையத்தின் மின்தடைக்குச் சமமாகும்.

$$R_{Th} = 10 \times \frac{12 \times 2}{14} = 1.71\Omega$$

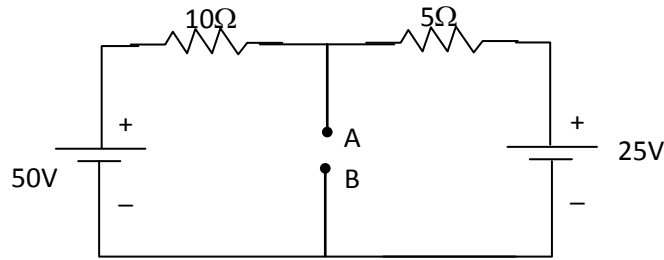
தெவினின் சமமான சுற்று படம் 29ல் காண்க. தற்போது 24 Ω மின்தடையில் செல்லும் மின்னோட்டத்தை மற்றும் மின்னழுத்தத்தை தெவினின் சமமான சுற்றை கொண்டே கண்டறிவோம்.

$$\therefore I_{24} = \frac{8.57}{24 + 1.71} = 0.33A$$

$$\text{மின்னழுத்தம்} \therefore I_{24} = \frac{8.57}{24 + 1.71} = 0.33A$$

ஆகவே தெவினின் கோட்பாடு நிரூபிக்கப்படுகிறது.

எ.கா 11: தெவினின் சமமான சுற்றை கொடுக்கப்பட்டுள்ள சுற்றின் 'AB' முனையத்தில் கண்டறிக. (படம்30)



படம் -30

தீர்வு: முழு சுற்றை ஒரு மின்னழுத்த மூலம் மற்றும் ஒரு தொடர் மின்தடைக் கொண்டு மாற்றியமைக்க வேண்டும் (படம் 31(a))

இதில் V_{th} என்பது முனையங்கள் ABஇன் இடையே உள்ள மின்னழுத்தம் மற்றும் R_{Th} என்பது முனையங்கள் ABஇன் மின்தடையாகும்.

இதன் தீர்வைக்கான மூடு பாதைகளில் இருக்கும் மின்னழுத்த இறக்கத்தைக் கண்டறியவேண்டும்.(படம்31. b)

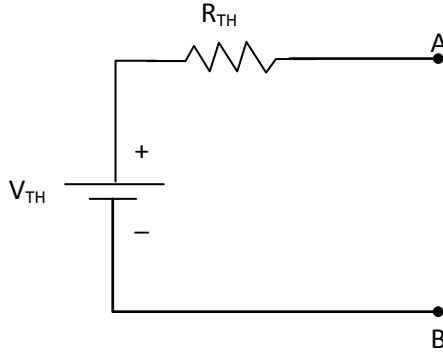
$$50 - 25 = 10I + 5I$$

$$15I = 25$$

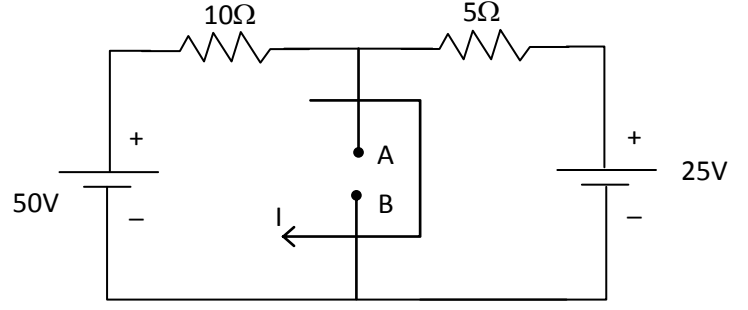
$$I = 1.67A$$

10Ω மின்தடையின் மின்னழுத்தம் = 16.7V

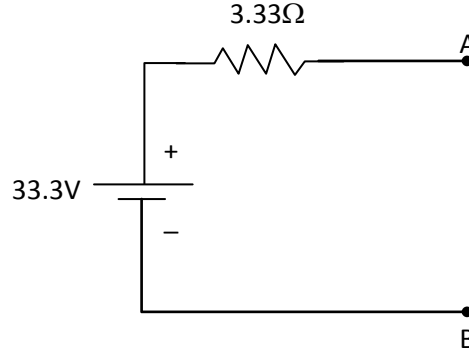
5Ω மின்தடையின் மின்னழுத்த இறக்கம் = 8.35 V



படம்- 31 (a)



படம்- 31 (b)



படம்- 31 (c)

$$\begin{aligned} \text{(அ) } V_{Th} &= V_{AB} = 50 - V_{10} \\ &= 50 - 16.7 = 33.3V \end{aligned}$$

மின்தடை R_{Th} ஐ கண்டறிய இரண்டு மின்னழுத்த மூலங்களையும் எடுத்துவிட்டு அவற்றை மூடுசுற்று கொண்டு மாற்றவேண்டும். AB முனையங்களுக்கு இடையே உள்ள மின்தடை 10 Ω மின்தடை மற்றும் 5 Ω மின்தடையின் பக்க இணைப்பிற்கு சமமாகும்.

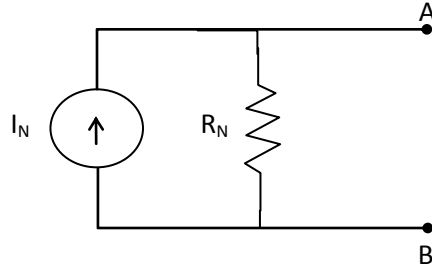
$$R_{Th} = \frac{10 \times 5}{15} = 3.33\Omega$$

தெவினின் சுற்றை படம் 31(உ) வில் பார்க்கலாம்.

9. நார்ட்டன் கோட்பாடு (Norton Theorem)

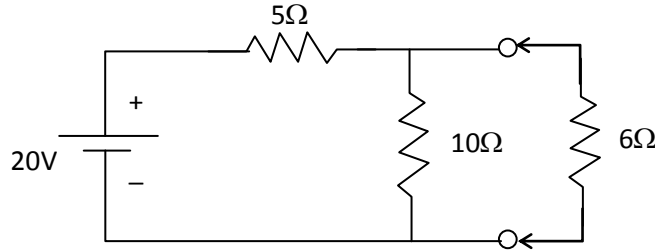
மற்றுமொரு பகுப்பாய்வு முறையே நார்ட்டன் கோட்பாடாகும். நார்ட்டன் கோட்பாடு என்பது ஏதாவது ஒரு இருமுனை கொண்ட மின்னோட்ட மூலங்கள் மின்தடைகள் மற்றும் மின்னழுத்த மூலங்களைக் கொண்ட நேரியல் வலையமைப்பை ஒரு மின்னோட்ட மூலம் மற்றும் ஒரு பக்க தொடர்பு மின்தடை கொண்ட எளிய சுற்றாக மாற்ற பயன்படும் கோட்பாடாகும். மின்னோட்ட மூலத்தின் மதிப்பானது முனையங்களின் இடையே உள்ள மூடுசுற்று மின்னோட்டத்தை ஒத்திருக்கும். மின்தடையும் முனையங்களின் இடையே உள்ள மூலங்களின் மின்தடைக்கு சமமாக அமையும்.

ஆகவே நார்ட்டன் கோட்பாட்டின்படி அதன் சமமான எளிய சுற்று படம் 32ஐ ஒத்திருக்கும்.



படம்-32

இந்த படத்தில் உள்ள சுற்றை நார்ட்டன் சுற்றாக மாற்றலாம். (படம் 33)



படம்-33

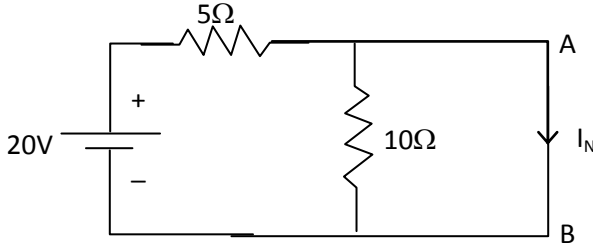
இந்தச் சுற்றில் ஏற்ற மின்தடையை பொருத்தினாலும் அதன் மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்தம் மாறாது. இதை நிரூபிக்க 6Ω மின்தடை வழியாக பாயும் மின்னோட்டத்தை கண்டறிவோம்.

$$I_6 = I_T \times \frac{10}{10+6}$$

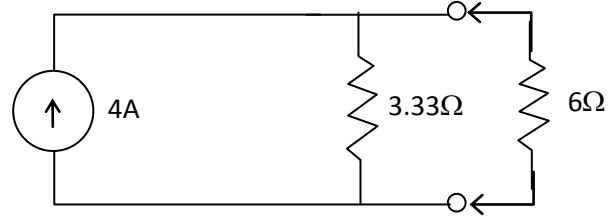
$$\text{இதில் } I_T = \frac{20}{5+(10 \parallel 6)} = 2.285A$$

$$\therefore I_6 = 2.285 \times \frac{10}{16} = 1.43A$$

ஆகவே 6Ω மின்தடையின் மின்னழுத்தம் $1.43 \times 6 = 8.58$ V ஆகும். இப்பொழுது நார்ட்டனின் சமமான சுற்றை கண்டறியலாம். மின்னோட்டத்தின் மதிப்பானது மூடுகற்று மின்னோட்டத்தை ஒத்திருக்கும். (படம் 34)



படம் - 34



படம் - 35

$$\text{இங்கே } I_N = \frac{20}{5} = 4A$$

நார்ட்டனின் மின்தடையானது 10Ω மற்றும் 5Ω மின்தடைகளின் பக்க தொடர்பு கூட்டணி ஆகும்.

$$R_N = \frac{5 \times 10}{15} = 3.33\Omega$$

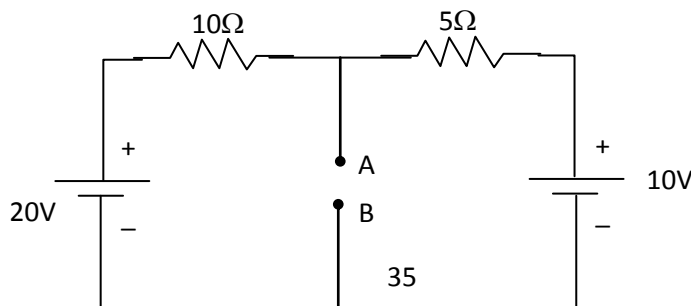
நார்ட்டனின் சமமான சுற்று படம் 35ல் காண்க. 6Ω மின்தடையில் செல்லும் மின்னோட்டத்தையும் மின்னழுத்தத்தையும் இப்பொழுது கணிப்போம்.

$$\therefore I_6 = 4 \times \frac{3.33}{6+3.33} = 1.43A$$

$$\text{மின்னழுத்தம்} = 1.43 \times 6 = 8.58V$$

ஆகவே நார்ட்டன் விதி நிருபிக்கப்பட்டது.

எ.க.12. கொடுக்கப்பட்டுள்ள சுற்று படம் 36ல் AB முனையங்களுக்கு நார்ட்டனின் சமமான சுற்றை கண்டறிக.

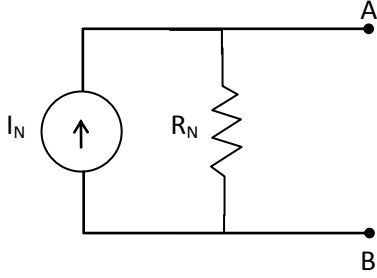


படம்-36

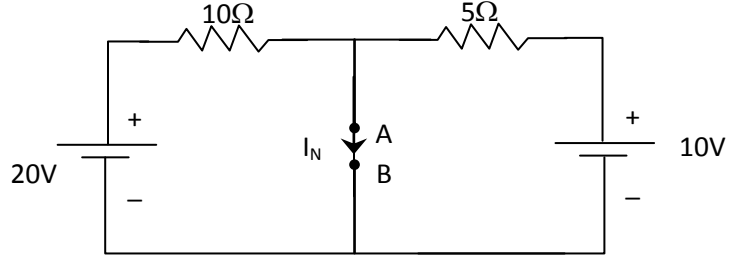
தீர்வு

முழுமையான சுற்றும் ஒரு மின்னோட்ட மூலம் மற்றும் அதனுடன் இணைந்த பக்கத்தொடர் மின்தடையாக படம்.37aல் காண்பித்ததுபோல் மாற்றவேண்டும். இதில் I_N என்பது AB முனையங்களின் இடையே செல்லும் மின்னோட்டமாகும். R_N என்பது முனையங்களில் காணப்படும் மின்தடையாகும்.

I_N ஐ கண்டறிய நாம் AB முனையங்களில் உள்ள மின்னோட்டத்தைக் கண்டறிய வேண்டும். படம். 37(b)



படம் 37 (a)

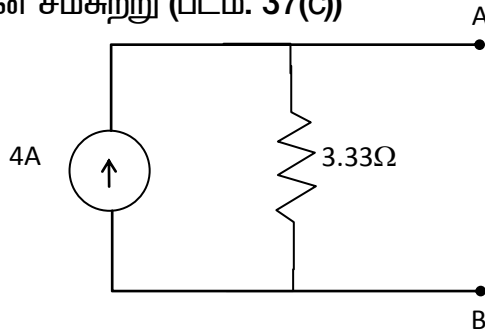


படம் 37 (b)

AB முனையங்களை கடந்து செல்லும் மின்னோட்டம் 4A ஆகும். மின்தடை என்பது பக்க தொடர்பு கூட்டணி ஆகும். (10 Ω மற்றும் 5Ω)

$$(அ) R_N = \frac{10 \times 5}{10 + 5} = 3.33\Omega$$

ஆகவே நார்ட்டன் சமகற்று (படம். 37(c))

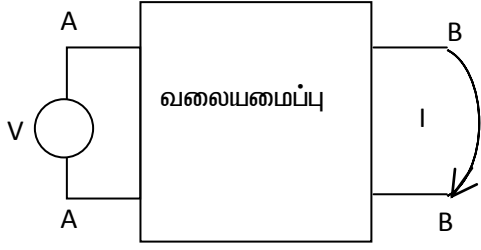


படம் 37 (c)

10. எதிர்மறை கோட்பாடு (Reciprocity theorem)

ஏதேனும் ஒரு நேரியல் இரு முனைய வலையமைப்பில் ஒரு மின்னழுத்த மூலம் V_a , 'a' கிளையில் இருந்துக் கிளையில் மின்னோட்டம் I_B ஐ ஏற்படுத்தினால் அம்மின்னழுத்த மூலத்தைப் பிறகு 'a' கிளையிலிருந்து 'b' கிளையில் மாற்றி பொருத்தினால் அதே மின்னோட்டத்தை 'a' கிளையில் அது உருவாக்கும். அதன் திறன் விகிதம் இரண்டு செயல்களுக்கும் சமமாகவே அமையும். இதுவே எதிர்மறை

கோட்பாடு எனப்படும். படத்தில் (படம் 38a) உள்ள வலையமைப்பை எடுத்துக் கொள்வோம். AA' என்பது உள்ளீடு முனையங்கள் மற்றும் BB' என்பது வெளியீடு முனையங்களாகும்.



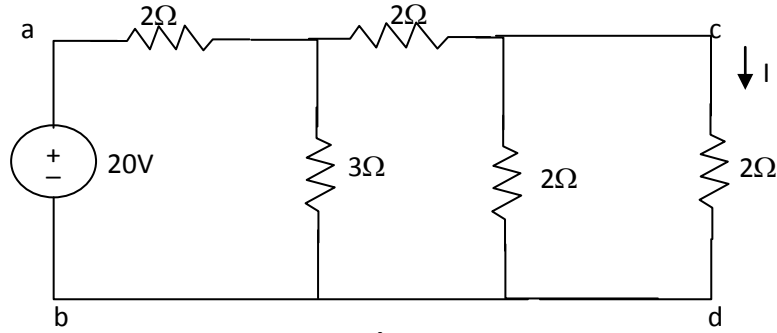
படம் 38 (a)



படம் 38 (b)

AA' முனையங்களில் உள்ள மின்னழுத்தத்தின் பயன்பாடு BB' முனையங்கள் மின்னோட்டத்தை உருவாக்குகிறது. இப்பொழுது மூலங்களையும் அதன் திறன்களையும் மாற்றி அமைத்தால் பதிலாக மின்னோட்டம் I, A' முனையங்களில் உருவாகும்.

எ.கா.13. எதிர்மறை கோட்பாடை நிரூபிக்க (படம். 39)



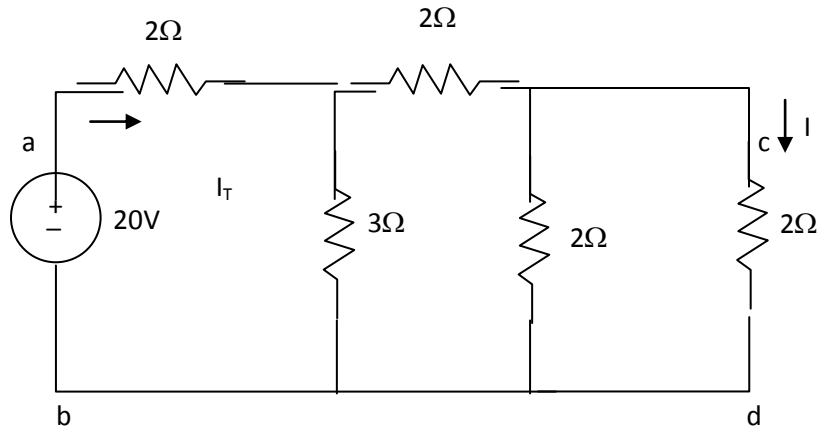
படம் 39

தீர்வு :

சுற்றில் உள்ள மொத்த மின்தடை = $2 + [3 \parallel (2 + 2 \parallel 2)] = 3.5\Omega$

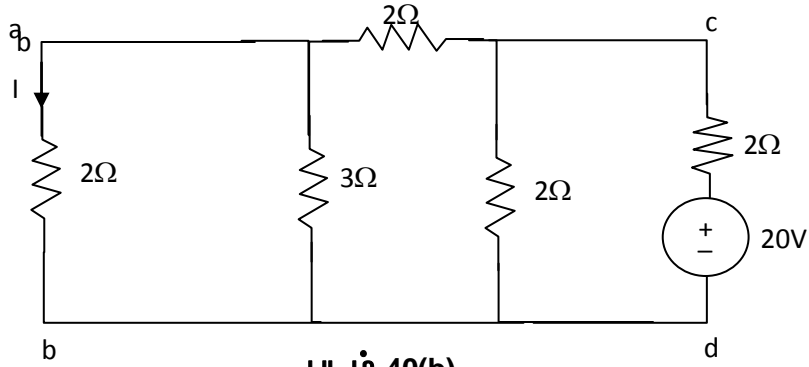
சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டம் (படம். 40 (a))

$$I_T = \frac{20}{3.5} = 5.71\Omega$$



படம் 40(a)

2Ω கிளையில் cd உள்ள மின்னோட்டம் $I = 1.43A$
எதிர்மறை கோட்பாட்டைப் பயன்படுத்தினால் 40 (b)



படம் 40(b)

மொத்த மின்தடை = 3.23Ω

மொத்த மின்னோட்டம் = $\frac{20}{3.23} = 6.19A$

கிளையின் மின்னோட்டம் ab $I = 1.43A$

உள்ளீடு வெளியீடு விகிதம் என்பது சமமாகும்.

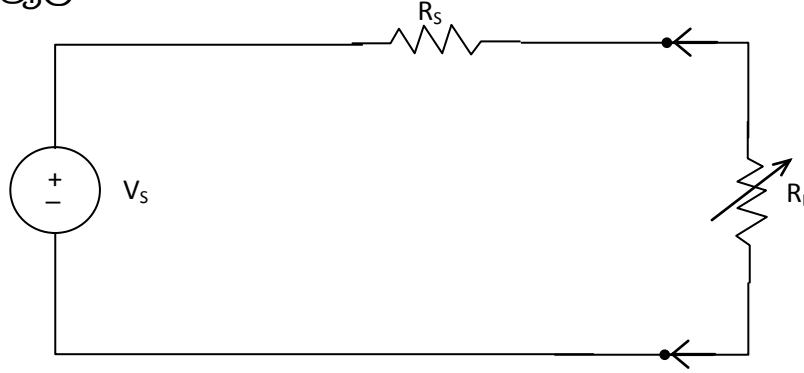
அதாவது $\frac{20}{1.43} = 13.99$

11. உயர்திறன் செலுத்து கோட்பாடு (Maximum Power Transfer Theorem)

அனைத்து சுற்றுகளும் அடிப்படையாக மூலங்கள் மின்னழுத்தம் மின்னோட்டம் அல்லது ஏற்ற திறன்கள் கொண்டுள்ளது. சிலசமயம் உயர் மின்னழுத்தத்தை (அ) மின்னோட்டத்தை செலுத்துதல் அவசியமாகும். படம் 41 ல் இருக்கும் எளிய மின்தடை சுற்றில் R_s என்ற மூல மின்தடை உள்ளது. உயர்திறனுக்கு வேண்டிய அடிப்படையான நிபந்தனைகளை கண்டறிவதே மிகவும் அவசியமாகும்.

உண்மை என்னவெனில் ஏற்றமின்தடை தொடர் மூலமின்தடையை அதிகமாக்கும் நேரத்தில் ஏற்றத்திற்கு அதிக மின்னழுத்தம் தேவைப்படுகிறது. இதற்கு அடுத்தாற்போல் ஏற்றமின்தடை மூலமின்தடையை விட குறைவாக இருப்பின் உயர்மின்னோட்டம் ஏற்றத்திற்கு செலுத்தப்படும்.

ஆகவே உயர்திறன் செலுத்து கோட்பாடு என்பது ஏற்றமின்தடை மூலமின்தடைக்கு சமமாக இருப்பின் உயர்திறனை மூலத்திலிருந்து ஏற்றத்திற்கு செலுத்தவே ஆகும்.



படம் 41

சுற்றின் மின்னோட்டம் $I = \frac{V_s}{(R_s + R_L)}$

R_L ஏற்றத்திற்கான திறன்

$$\begin{aligned} p &= I^2 R_L \\ &= \frac{V_s^2 R_L}{(R_s + R_L)^2} \end{aligned}$$

ஆகவே R_L ன் மதிப்பைக் கண்டறிய மேலே உள்ள சமன்பாட்டை

அதாவது $\frac{dp}{dR_L} = 0$

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dR_L} &= \frac{d}{dR_L} \left[\frac{V_s^2}{(R_s + R_L)^2} R_L \right] \\ &= \frac{V_s^2 \left\{ (R_s + R_L)^2 - (2R_L)(R_s + R_L) \right\}}{(R_s + R_L)^4} \end{aligned}$$

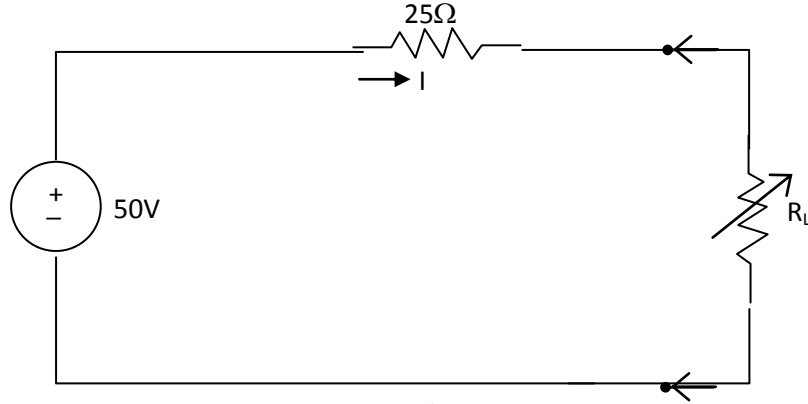
$$\therefore (R_s + R_L)^2 - 2R_L(R_s + R_L) = 0$$

$$R_s^2 + R_L^2 + 2R_s R_L - 2R_L^2 - 2R_s R_L = 0$$

$$\therefore R_s = R_L$$

ஆகவே உயர்திறன் மூலத்திலிருந்து ஏற்றத்திற்கு மூல மின்தடையும் ஏற்ற மின்தடையும் சமமாக இருப்பின் செலுத்தப்படும்.

எ.க.14. படம் 42ல் உள்ள சுற்றிலிருந்து ஏற்ற மின்தடையின் மதிப்பை உயர் திறனை ஏற்ற மின்தடை பெரும்போது கண்டறிக. உயர்திறனின் மதிப்பையும் கண்டறிக.



படம் 42

தீர்வு

மூலமானது ஏற்றமின்தடை மற்றும் மூலமின்தடை சமமாக இருப்பின் உயர்திறனை வெளிக்கொணரும் தன்மை கொண்டது.

$$R_L = 25\Omega$$

$$\text{மின்னோட்டம் } I = \frac{50}{(25 + R_L)} = \frac{50}{50} = 1A$$

$$\begin{aligned} \text{ஏற்றத்தின் உயர்திறன் } p &= I^2 R_L \\ &= 1 \times 25 = 25w \end{aligned}$$

மாறுதிசை மின்னோட்டம் (Alternate Current)

காந்தப்புலத்தில் சுழலும் கம்பிச்சுருள் மாறுதிசை மின்னியக்கு விசையையும், மாறுதிசை மின்னோட்டத்தையும் உருவாக்கும். சுருளில் ஏற்படும் மின்னியக்கு விசை எண்மதிப்பிலும் திசையிலும் காலத்தை பொறுத்து மாறிகொண்டே இருப்பதால் இது மாறுதிசை மின்னியக்குவிசை என அழைக்கப்படுகிறது.

ஏராளமான பயன்பாடுகள் காரணமாக பெரும்பாலான நாடுகள் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தையே பயன்படுத்துகின்றன. இவற்றின் முக்கிய அம்சங்கள்.

- (i) மாறுதிசை மின்னியக்கு விசையை மின்மாற்றிகளைப் (Transformer) பயன்படுத்தி வசதிக்கு ஏற்ப குறைந்த மின்னழுத்தமாகவோ அல்லது அதிக மின்னழுத்தமாகவோ மாற்றிக்கொள்ள இயலும்.
- (ii) தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் அதிர்வெண்ணை சுழல்சுருளின் சுழற்சி வேகத்தை மாற்றுவதன் மூலம் மாற்றி அமைக்கமுடியும். இது மின்காந்த நிறமாலையிலுள்ள வெவ்வேறு அதிர்வெண்களை பல்வேறு நோக்கங்களுக்காக நாம் பயன்படுத்திக் கொள்ள சாத்தியமாகிறது.

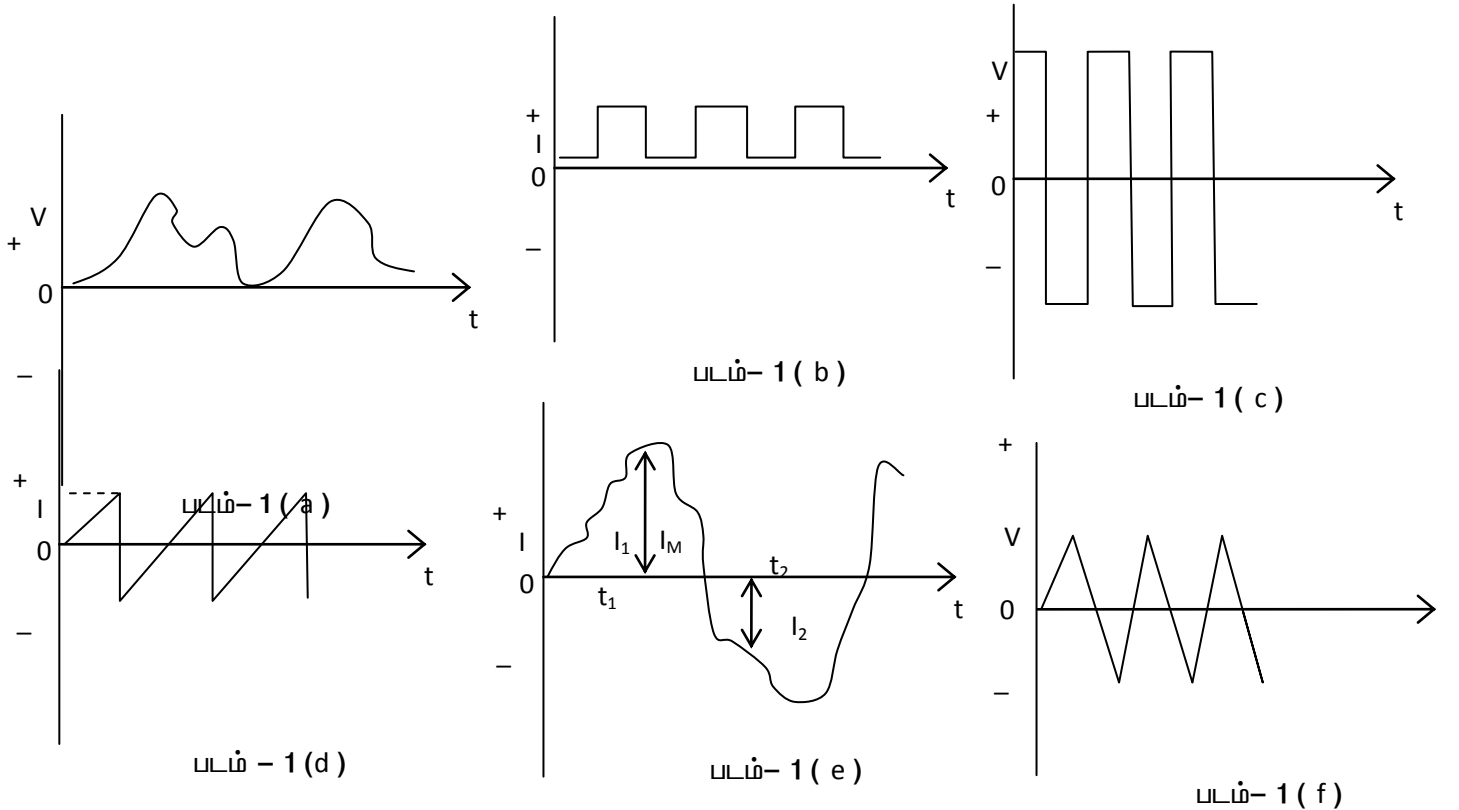
மாறுதிசை மின்னோட்டம் காலத்தை பொறுத்து தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டே இருப்பதால் ஒரு முழு சுற்றுக்கான சராசரி மதிப்பு சுழியாகும். எனவே இதன் விளைவு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் மதிப்பால் அளவிடப்படுகிறது.

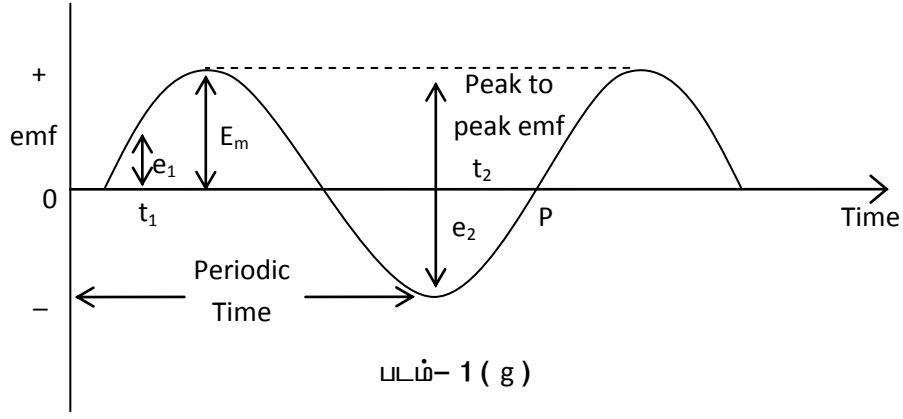
அலைபடிவம் & rms மதிப்பு

[Wave form & RMS value] அலை படிவம்

ஒரு நிறையின் மதிப்பு, நேரத்தினை பொருத்து மாறுபடுமேயானால், (Quantity) அத்தகைய நிறையினை, நேரத்தை அடிப்படையாக கொண்டு வரைபடமாக (Graph) வரையறுக்கலாம். இதன்பலனாக பெறப்படும் வரைபடம் அலைபடிவம் என வழங்கப்படுகிறது.

உதாரணமாக சிலவகை அலைபடிவங்கள் படம். 1ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. அலைபடிவம் (a) மற்றும் (b) ஆகியவை ஒற்றை திசையுடைய அலைபடிவங்கள், ஏனெனில் இவை நேரத்திற்கு ஏற்ப மாறுபட்டாலும் ஒரேதிசையை நோக்கிப் பாய்கின்றன. ஆனால் அலைபடிவம் (c) முதல் (g) வரை நிறையின் மதிப்பு தொடர்ந்து திசையை மாற்றும் செய்கிறது. எனவே இத்தகைய அலைபடிவம் மாறக்கூடிய அலைபடிவம் என அழைக்கப்படுகிறது. படம் - (1)





படம்.1(a)ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ள அலைபடிவம். sine வகை அலைபடிவம் மின்னியற்றி (Alternator) மூலம் உற்பத்தி செய்யப்படும் emf - ன் வடிவம் sine – வகை அலைபடிவத்தினை ஒத்திருக்கும், எனவே AC மின்சக்தியின் வடிவம் Sinusoidal ஆக உள்ளது.

ஒரு முழு தொடர்ச்சியின் மதிப்பு சுழற்சி எனப்படும் (படம். 1(g) ல் '0' முதல் 'p' வரை) ஒரு மாறும்நிறை ஒரு முழுசுழற்சிக்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தினை அலைபடிவத்தின் காலஅளவு அல்லது காலநேரம் (T) என அழைக்கப்படும். ஒரு நொடிக்குள், எத்தனை முழுமையான சுழற்சிகள் அடைகிறதோ அவை அதிர்வெண் (f) எனப்படும், இது Hertz (HZ) என்று குறியீட்டின் மூலம் அளவிடப்படுகிறது.

$$T=1/f \text{ (or) } f=1/T$$

RMS – மதிப்பு

மாறுதிசை மின்னோட்டமானது ஒரு மின்தடையாக்கி ஒன்றின் வழியாக குறிபிட்ட நேரம் பாயும் பொழுது உருவாக்கும் வெப்ப ஆற்றலை, அதே நேரத்தில் அதே மின்தடையில் உருவாக்கும் மாறாத நேர்மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு, மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு rms மதிப்பு எனப்படுகிறது.

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் rms மதிப்பு என்பது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பயனுறு மதிப்பு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இதனை Irms அல்லது I பயன் என குறிப்பிடலாம்.

$i = I_0 \sin wt$ என்ற மாறுதிசை மின்னோட்டம் என்ற மின்தடை R வழியாக பாயும்போது (dt) என்ற சிறிய கால அளவில் மின்தடையில் உருவாக்கும் வெப்பம். ஒரு முழுச்சுற்றுக்கு மின்தடையில் உருவாக்கும் வெப்பம்.

$$H = \int_0^T i^2 R dt = \int_0^T (I_0^2 \sin^2 wt) R dt$$

$$= I_o^2 R \int_0^T \left(\frac{1 - \cos 2wt}{2} \right) dt = \frac{I_o^2 R}{2} \left[\int_0^T dt - \int_0^T \cos 2wt dt \right]$$

$$= \frac{I_o^2 R}{2} \left[t - \frac{\sin 2wt}{2w} \right]_0^T = \frac{I_o^2 R}{2} \left[T - \frac{\sin 4\pi}{2w} \right] \left(\because T = \frac{2\pi}{w} \right)$$

$$H = \frac{I_o^2 RT}{2}$$

இந்த வெப்பமானது, அதே மின்தடையாக்கியில் (R) அதே காலத்தில் (T) மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு உருவாக்கும் வெப்பத்திற்கு சமம். அதாவது,

$$H = I^2_{rms} RT$$

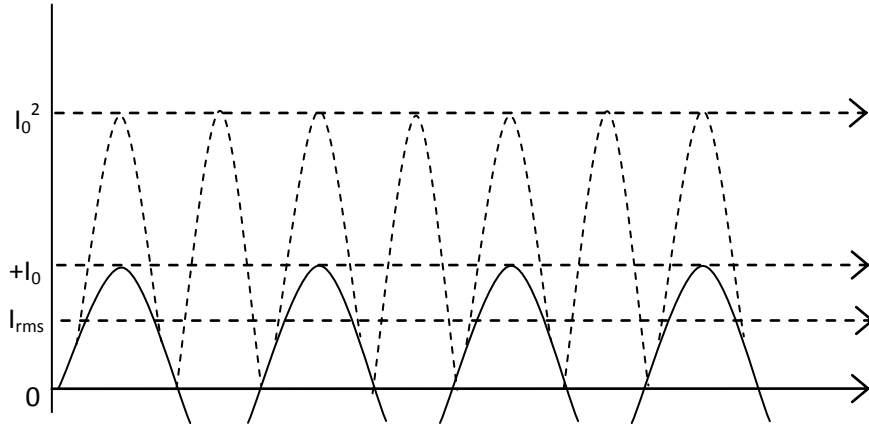
$$\therefore I^2_{rms} RT = \frac{I_o^2 RT}{2}$$

$$I_{rms} = \frac{I_o}{\sqrt{2}} = 0.707 I_o$$

இதே போல்

$$E_{rms} = \frac{E_o}{\sqrt{2}} \text{ என கணக்கிடலாம்}$$

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் rms மதிப்பு, மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பைப்போல் 0.707 மடங்காக இருக்கும். இது பெரும மதிப்பில் 70.7% இருக்கும் எனக் கூறலாம்.



படம் - 2

I, I^2, I_{rms} காலத்தை காட்டுகிறது

மின்தடையாக்கி மட்டும் உடைய AC சுற்று [AC voltage applied to Resistor]

"R" மின்தடையுடைய மின்தாக்கியுடன் ஒரு மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது எனக் கொள்வோம். (படம். 2 a) எந்தவொரு கணத்திலும் செயல்படுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசை.

$$e = E_o \sin wt$$

"i" என்ற காலத்தில், சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் "i" எனில் "R" என்ற மின்தடையாக்கியின் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு.

$$e = iR$$

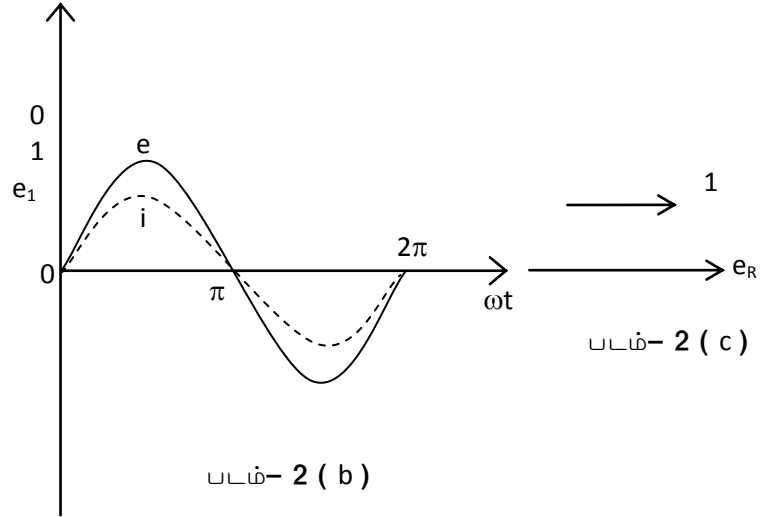
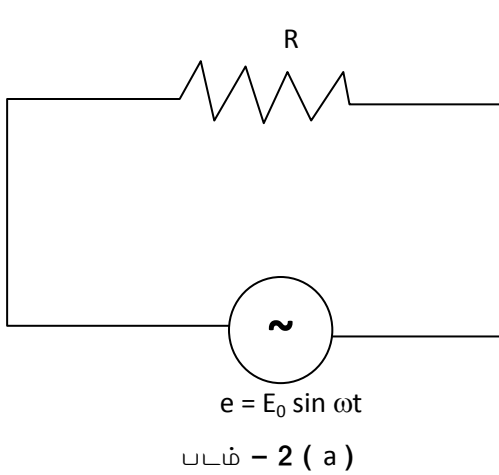
மின்னழுத்த வேறுபாடு, செலுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசைக்குச் சமம். எனவே,

$$iR = E_0 \sin \omega t$$

$$i = \frac{E_0}{R} \sin \omega t$$

$$i = I_0 \sin \omega t \rightarrow 2$$

இதில் $I_0 = E_0 / R$ என்பது மின்சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும் மதிப்பு ஆகும். மின்தடையாக்கி இணைக்கப்பட்ட மின்சுற்றில் பாயும் கணநேர மின்னோட்டத்தை சமன்பாடு (2) காட்டுகிறது. மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்டத்திற்கான சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2)லிருந்து மின்னழுத்தமும், மின்னோட்டமும் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன என்பது புலனாகிறது (படம். 2b) படம். 2c மின்னோட்டத்திற்கும், மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள தொடர்பை காட்டும் கட்டப்படமாகும் (Phasor diagram)



மின்தூண்டி (Inductor) மட்டுமே உடைய AC சுற்று

ஒரு மாறுதிசை மின்னியக்கு விசைமூலத்தின் மின்னியக்கு விசை, "L" என்ற தன்மின் தூண்டல் எண் உடைய தூய மின்தூண்டில் தரப்படுகிறது எனக் கொள்வோம் (படம் 3a) புறக்கணிக்கக்க அளவுக்கு குறைந்த மின்தடையை கொண்டிருக்கும் மின்தூண்டி, தகடுகளால் ஆன இரும்பு உள்ளகத்தின் மீது சுற்றப்பட்டிருக்கும் மின்தூண்டிக்கு மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை அளிக்கப்படுவதால் செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தை எதிர்க்கக்கூடிய தன்மின் தூண்டல் மின்னியக்குவிசை அதில் உருவாக்கப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டு அடைப்புச் சுருள் (Choke Coil).

எந்த ஒரு கணத்திலும் செலுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசை

$$e = E_0 \sin wt \rightarrow 1$$

தூண்டல் மின்னியக்கு விசை $e' = -L \frac{di}{dt}$

இதில் "L" என்பது கம்பிச் சுருளின் தன்மின் தூண்டல் எண் ஆகும். ஒரு நல்ல மின்தூண்டிக்கு தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்திற்கு சமமாகவும் எதிராகவும் இருக்கும்.

எனவே $e' = -e'$

$$E_0 \sin wt = -\left(-L \frac{di}{dt}\right)$$

$$\therefore E_0 \sin wt = L \frac{di}{dt}$$

$$di = \frac{E_0}{L} \sin wtdt$$

இரு புறங்களிலும் தொகை காண,

$$i = \frac{E_0}{L} \int \sin wtdt$$

$$= \frac{E_0}{L} \left[-\frac{\cos wt}{w} \right]$$

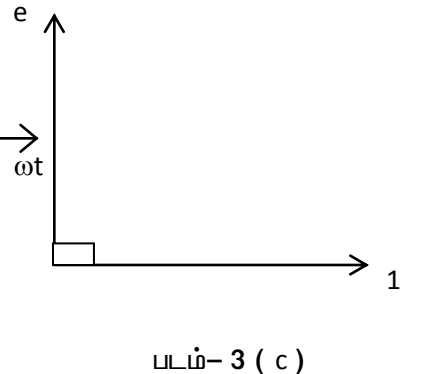
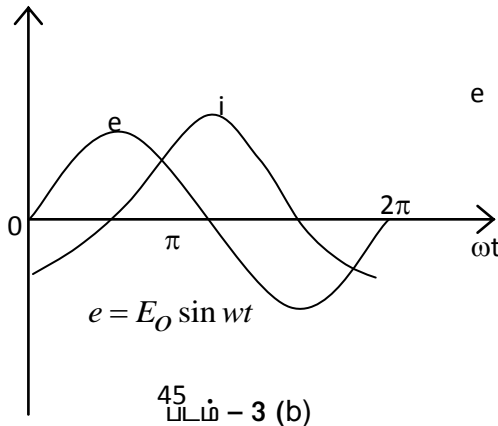
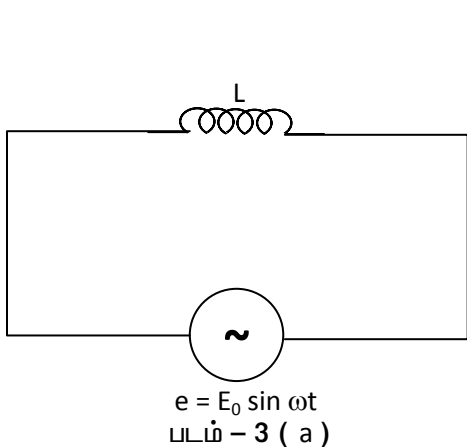
$$= -\frac{E_0 \cos wt}{WL}$$

$$i = \frac{E_0}{WL} \sin(wt - \pi/2)$$

$$\therefore i = I_0 \sin(wt - \pi/2)$$

இதில் $I_0 = \frac{E_0}{WL}$

இங்கு ωL என்பது கம்பிச்சுருள் தரும் மின்தடை ஆகும். இது மின் தூண்டியின் மின் மறுப்பு என அழைக்கப்படுகிறது. இதன் அலகு ohm ஆகும்.



சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2) லிருந்து தூய மின்தூண்டி மட்டுமே உள்ள AC சுற்றில், மின்னோட்டம் மின்னழுத்தை விட $\pi/2$ கட்ட அளவில் பின்தங்கி இருக்கும் என்பது தெளிவாகிறது. அதாவது மின்தூண்டிக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்தம், மின்னோட்டத்தை காட்டிலும் $\pi/2$ கட்ட அளவில் முன்னோக்கி இருக்கு. இது படம். 3bல் உள்ள வரைபடத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது, படம். 3j-ல் "L" மட்டுமே உடைய AC சுற்றை குறிக்கும் கட்டப் படமாகும்.

மின்தூண்டியின் மின் மறுப்பு (Inductive reactance) (XL)

$$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$$

இதில் ν என்பது செலுத்தப்படும் AC மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண் ஆகும். நேர்திசை மின்னோட்டத்திற்கு $V = 0$.

$$\therefore X_L = 0$$

இவ்வாறாக தூய மின்தூண்டி நேர்திசை மின்னோட்டத்திற்கு சுழி மின்தடையை கொடுக்கும். ஆனால் AC சுற்றில் கம்பிச்சுருளின் மின்மறுப்பு அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து அதிகரிக்கும்.

மின்தேக்கி (Capacitor) மட்டுமே உடைய சுற்று

மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை மூலம், "C" என்ற மின்தேக்குத் திறன் உடைய மின்தேக்கியின் குறுக்கே இணைக்கப்படுகிறது (படம். 4a). இந்த மின்தேக்கி முதலில் ஒரு திசையிலும் பின்னர் எதிர் திசையிலும் மின்னேற்றம் அடைகிறது. எந்தவொரு கணத்திலும், செயல்படுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசை.

$$e = E_O \sin \omega t$$

எந்தவொரு கணத்திலும், மின்தேக்கியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு செயல்படுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசைக்குச் சமம்.

$$\therefore e = q/c$$

இதில் 'q' என்பது மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னோட்டம் ஆனால்.

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(ce)$$

$$i = \frac{d}{dt}(CE_O \sin \omega t) = \omega CE_O \cos \omega t$$

$$i = \frac{E_O}{(1/\omega c)} \sin(\omega t + \pi/2)$$

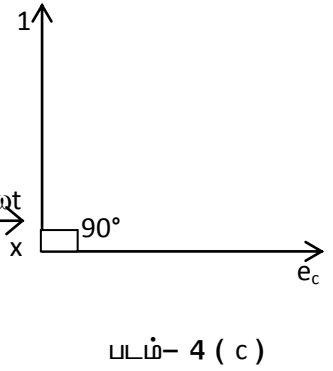
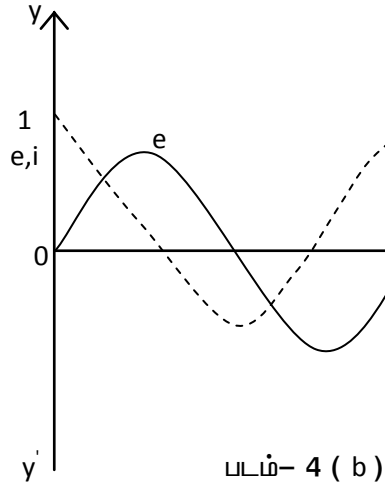
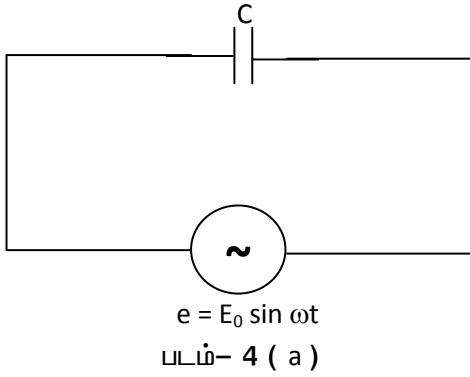
$$i = I_O \sin(\omega t + \pi/2) \rightarrow 2$$

$$\text{இதில் } I_O = \frac{E_O}{(1/wc)}$$

$\frac{1}{wc} = X_C$ என்பது மின்நோக்கி தரும் மின்தடை ஆகும் இது மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு எனப்படுகிறது. இதன் அலகு ஓம்.

மின்தேக்கி மட்டும் உள்ள ஒரு ac சுற்றில் மின்னோட்டமானது மின்னழுத்தத்தை விட $\pi/2$ என்ற கட்ட அளவில் முந்தி இருக்கும் என சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2) லிருந்து தெரிகிறது அல்லது மின்னழுத்தம் மின்னோட்டத்தை விட $\pi/2$ என்ற கட்ட அளவில் பின்தங்கி உள்ளது எனவும் கூறலாம்.

இது படம். 4b ல் வரைகோடுகள் மூலமாக காட்டப்பட்டுள்ளது. படம். 4C மின்தேக்கி "C" மட்டுமே உடைய ஒரு ac சுற்றின் கட்டப் படம் ஆகும்.



மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு (Capacitive reactance)

$$X_C = \frac{1}{wc} = \frac{1}{2\pi vc}$$

இதில் V என்பது AC முலத்தின் அதிர்வெண் ஆகும். நேர்மின்னோட்ட சுற்றில் $V=0$

$$\therefore X_C = \infty$$

எனவே ஒரு மின்தேக்கி நேர்திசை மின்னோட்டத்திற்கு முடிவிலா (Infinity) மின்தடையைத் தரும். மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு AC மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணுக்கு எதிர்தகவில் இருக்கும். மேலும் மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு அதன் மின்தேக்குத் திறனுக்கு எதிர்தகவில் இருக்கும்.

Concept of Impedence, Admittance Susceptance & Conductance:

மறிப்பு, விருப்பு மின் ஏற்பு, மின் கடத்தம் ஆகியவற்றின் கோட்பாடுகள் (Impedance) மின்னெதிர்ப்பு

மின்னெதிர்ப்பு என்பது AC சுற்றில், மின்னோட்டத்தினை எதிர்க்கும் பண்பாகும். இது மின்தடையாக்கி (Resistance) மற்றும் மின்மறுப்பு (Reactance) ஆகியவற்றின் சேர்வையாகும், இது 'Z' என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடப்படுகிறது. இதன் அலகு ohm ஆகும். மேலும் இது ஒரு சிக்கல் VX ஆகும். இதன் மெய்பாகமானது (Real part) மின்தடையாக்கியாவும், கற்பனைபாகமானது (Imaginary Part) மின்மறுப்பாகவும் இருக்கும்.

$$Z = \frac{V}{I}, Z = R + jX$$

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

மின்விருப்பு (Admittance)

மின்னெதிர்ப்பின் நேரெதிர் ஆகும். இதை "Y" என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடப்படுகிறது. இதன் அலகு mho ஆகும்.

$$y = \frac{1}{Z} = 1/v$$

மேலும் இது ஒரு சிக்கல்எண் ஆகும். இதன் மெய் பகுதியான மின்கடத்தம் (Conductance) என்னும், கற்பனை பகுதியானது மின்ஏற்பு (Susceptance) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

மின்ஏற்பு (Susceptance)

இது மின்மறுப்பின் நேர் எதிரி ஆகும். இதை 'B' என்ற எழுத்தால் (reactance) குறிக்கின்றோம். இதன் அலகு அடி ஆகும்.

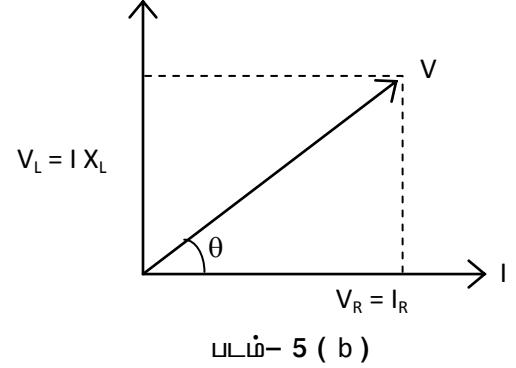
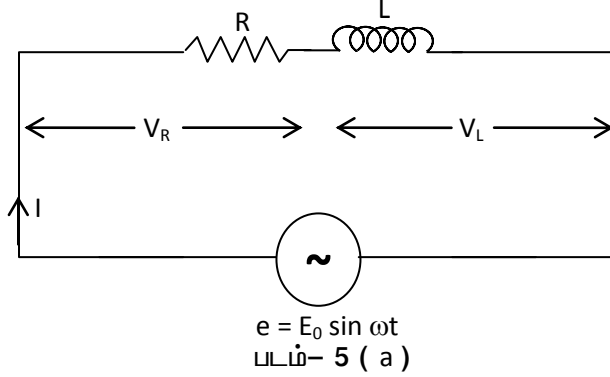
$$B = \frac{1}{x}$$

மின்கடத்தம் (Conductance)

இது மின்தடையாக்கியின் நேரெதிர் ஆகும். இதை "G" என்ற எழுத்தினால் குறிக்கின்றோம். இதன் அலகு mho ஆகும்.

R-L ஆகியவை தொடர் இணைப்பில் [R-L Series Circuit]

"R" என்ற மின்தடையுள்ள மின்தடையாக்கி "L" என்ற மின்தூண்டல் ஆகியவற்றோடு "e" என்ற மின்னியக்கு விசையுடைய மாறுதிசை மின்னியக்கு விசைமூலம் தொடர் இணைப்பில் இணைக்கப்படுவதாக கொள்வோம். படம் (5a)



$$e = E_0 \sin \omega t$$

சுற்றில் பாயும் மொத்த மின்னழுத்தமானது, V_R மற்றும் V_L ஆகியவற்றின் நெறிய (Vector) கூடுதலுக்கு சமமாக இருக்கும்.

$$\therefore \vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_L$$

$$\vec{V} = I.R + I.X_L$$

$$|V| = \sqrt{(I.R)^2 + (I X_L)^2}$$

$$= I \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$\therefore V = IZ;$$

இதில் Z மின்னெதிர்ப்பு $= \sqrt{R^2 + X_L^2}$

கட்ட கோணம் (Phase angle) $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{IX_L}{IR} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{X_L}{R} \right)$

R-L தொடர் சுற்றில் மின்னழுத்தமானது, மின்னோட்டத்தை θ° என்ற கட்ட கோண வித்தியாசத்தில் முந்தி இருக்கும் (படம். b)

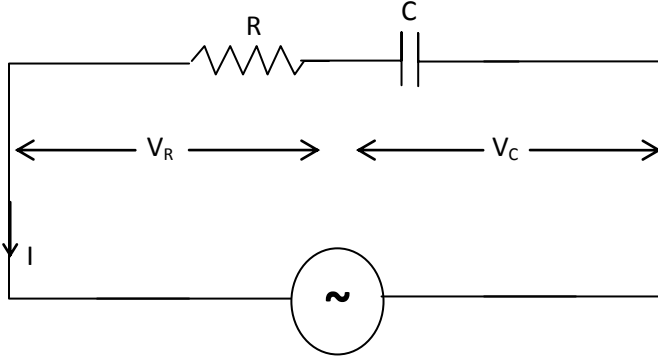
R-C ஆகியவை தொடர் இணைப்பில்

(RC – Series Circuit)

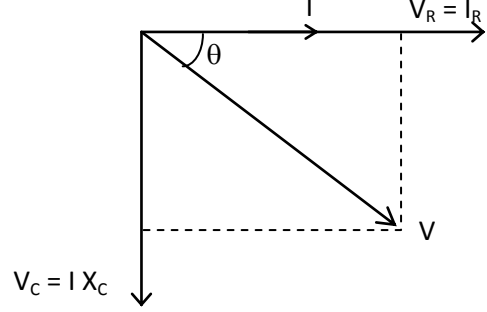
மின்தடையாக்கி "R" மற்றும் மின்தேக்கி "C" தொடர் இணைப்பில் "e" என்ற AC மின்னழுத்தத்திற்கு இடையே கொடுக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுவோம் (படம். 6a)

மொத்த மின்னழுத்தமானது V_R மற்றும் V_C ஆகியவற்றின் நெறிய (vector) கூடுதலுக்கு சமமாக இருக்கும்.

$$e = E_0 \sin \omega t$$



$e = E_0 \sin \omega t$
படம்- 6 (a)



படம்- 6 (b)

$$V = \vec{V}_R + \vec{V}_C$$

$$= IR + IX_C$$

$$|V| = \sqrt{(IR)^2 + (IX_C)^2}$$

$$= I\sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$V = IZ$$

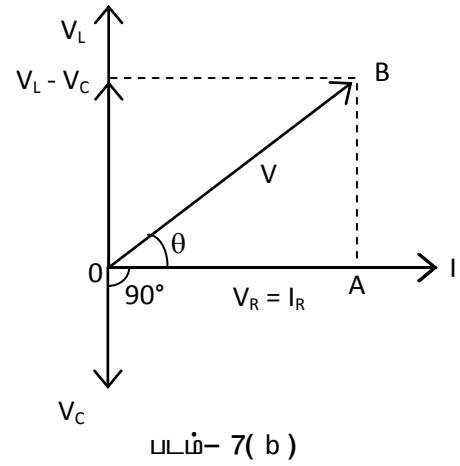
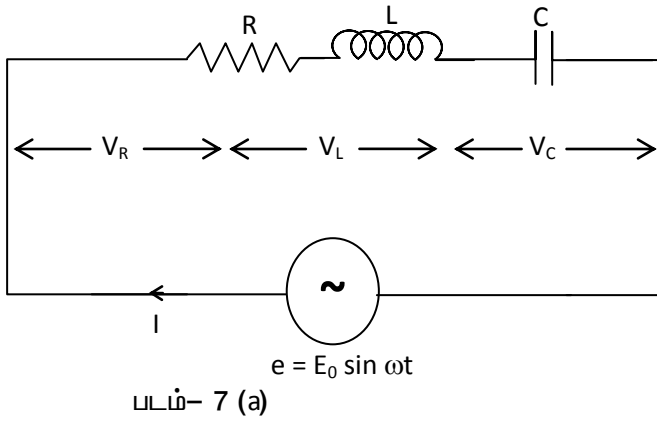
இதில் $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

$$\therefore Z = \frac{V}{I}$$

RC - தொடர் சுற்றில் மின்னோட்டமானது மின்னழுத்தத்தை θ° என்ற கட்ட கோண வித்தியாசத்தில் முந்தி இருக்கும் (படம். 6b).

மின்தடையாக்கி மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்கி ஆகியவை தொடர் இணைப்பில்.

"R" என்ற மின்தடையுள்ள மின்தடையாக்கு "L" என்ற மின்தூண்டல் எண் கொண்ட மின்தூண்டி மற்றும் "C" என்ற மின்தேக்குத் திறன் கொண்ட மின்தேக்கி ஆகியவற்றோடு "e" என்ற மின்னியக்கு விசையுடைய மாறுதிசை மின்னியக்கு விசைமூலம் தொடர் இணைப்பில் இணைக்கப்படுவதாக கொள்வோம். படம் (7a)



- (a) RLC தொடர் சுற்று
(b) மின்னழுத்த கட்டப் படம்

சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் I எனக் கொள்வோம்.

மின்தடைக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_R = IR$

(இது I யுடன் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும்)

மின்தூண்டிக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_L = IX_L$

(I ஐ விட V_L ஆனது $\pi/2$ கட்டம் பின்தங்கி இருக்கும்).

வெவ்வேறு உறுப்புகளுக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் படம் 7b ல் உள்ள மின்னழுத்த கட்டப் படத்தில்

(Voltage Phasor) காட்டப்பட்டுள்ளது.

V_L மற்றும் V_C என்பன ஒன்றுக்கொன்று 180° கட்ட வேறுபாட்டில் உள்ளன. மின்சுற்றினை மின்நிலைத் தன்மை உடையதாகக் கருதினால் V_L மற்றும் V_C இன் தொகுபயன் ($V_L - V_C$) என அமையும். செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்தம் V_R, V_L மற்றும் V_C ஆகியவற்றின் வெக்டர் கூடுதலாக அமையும்.

$$OB^2 = OA^2 + AB^2$$

$$V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$$

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

$$V = \sqrt{(IR)^2 - (IX_L - IX_C)^2}$$

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

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

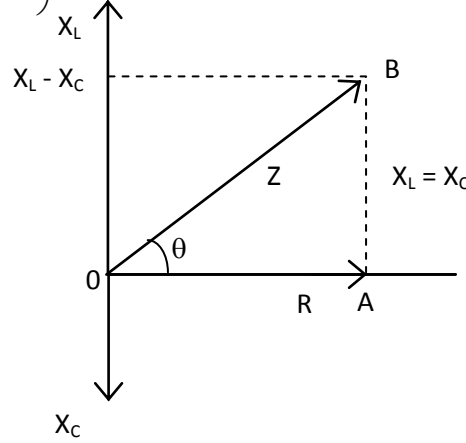
$\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ என்பது மின்தடையாக்கி, மின் தூண்டி மற்றும் மின்தேக்கி ஆகியவை சேர்ந்த அமைப்பின் தொகுப்பயன் எதிர்ப்பு (Effective Opposition) ஆகும். இது மின்னெதிர்ப்பு எனப்படும். மேலும் இது Z என குறிக்கப்படுகிறது. இவற்றின் மதிப்புகள் படம் 7C-ல் உள்ள மின்னெதிர்ப்பு வரைபடத்தில் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

மின்னழுத்தத்திற்கும், மின்னோட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள கட்ட கோணம் (Phase angle) θ -ஐ கீழ்காணும் சமன்பாட்டின் மூலம் காணலாம்.

$$\tan \theta = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{IX_L - IX_C}{IR}$$

$$\tan \theta = \frac{X_L - X_C}{R} \quad \frac{\text{தொகுப்பயன் மின்மறுப்பு}}{\text{மின்தடை}}$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right)$$



படம்- 7 (c)

மின்னெதிர்ப்பு படம்

$\therefore I_o \sin(\omega t \pm \theta)$ என்பது எந்த ஒரு கணத்திலும் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டமாகும்.

RLC சுற்றில் தொடர் ஒத்திசைவு அல்லது மின்னழுத்த ஒத்திசைவு [RLC Series Circuit Resonant Voltage] எந்த ஒரு கணத்திலும் தொடர் RLC சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம்

$$I = \frac{v}{z} = \frac{v}{\sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}} = \frac{v}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

கோண அதிர்வெண்ணின் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு மின்தூண்டியின் மின் மறுபக்கம் மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பும ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருக்கும்.

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

எனவே மின்னெதிர்ப்பு சிறுமமாக மாறும். அது $Z = R$ என அமையும். அதாவது I , V யுடன் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும். எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணுக்கு சுற்றின் மின்னெதிர்ப்பு சிறுமமாகவும், மின்னோட்டம் பெருமமாகவும் மாறுமோ அந்த குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் சுற்றின் ஒத்திசைவு அதிர்வெண் (Resonant Freq) எனப்படும். பெரும மின்னோட்டம் அனுமதிக்கும். இத்தகைய சுற்றுகள் தொடர் ஒத்திசைவுச் சுற்று அல்லது ஏற்புச் சுற்று என அழைக்கப்படுகிறது. ஒத்திசைவு நிலையில் சுற்றில் பாயும் பெரும மின்னோட்டம்

$$I_o = \frac{V}{R}$$

சுற்றின் மின்னெதிர்ப்பு சுற்றின் மின்தடையாக்கியின் மின்தடைக்கு சமம் ஆகும். அதாவது $z=R$ எனவே சுற்றில் பெரும மின்னோட்டம் பாயும்.

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega = 2\pi\nu_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

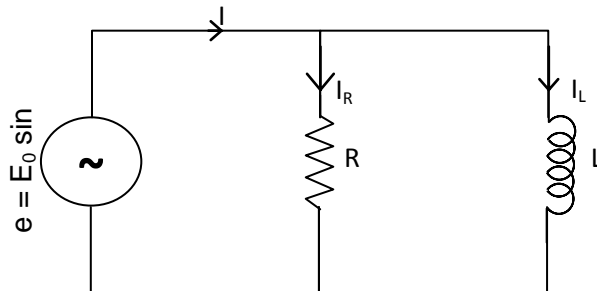
$$V_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

இணை சுற்றுகள் (Parallel circuits)

R.L ஆகியவை பக்க இணைப்பில்

(RL Parallel circuits)

மின் தடையாக்கி ``R'' மற்றும் மின்தூண்டி ``L'' ஆகியவை பக்க இணைப்பில் ``e'' என்ற ac மின்னழுத்தத்திற்கு இடையே கொடுக்கப்பட்டுள்ளதாக கருதுவோம். படம் (8a) மின்சுற்றினை மின்நிலைம தன்மை உடையதாக கருதினால்



மின்சுற்றினில் பாயும் மின்னோட்டம் I_R மற்றும் I_L ஆகியவற்றின் நெறிய (Vector) கூடுதலுக்கு சமமாக இருக்கும்.

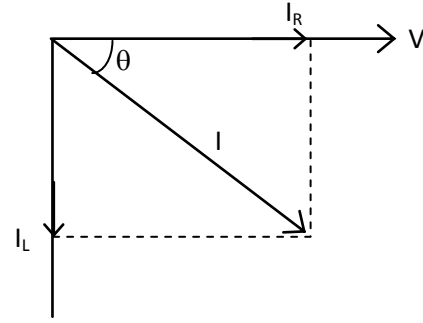
$$I = \vec{I}_R + \vec{I}_L$$

$$I = \frac{V}{R} + \frac{V}{j\omega L}$$

$$= V \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} \right)$$

$$I = V(G - jB_L)$$

$$I = Vy \text{ where } y = \text{மிவிடுப்பு} = G - jB_L$$



படம்- 8 (b)

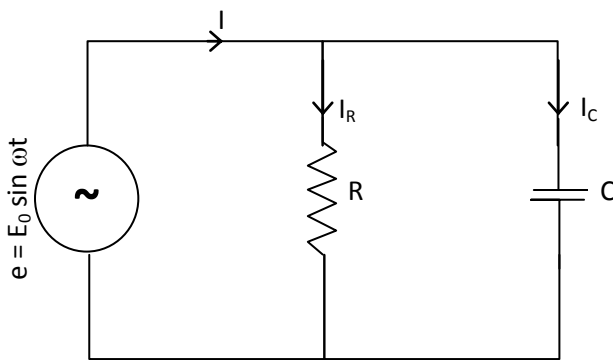
(Conductance) மின்கடத்தும் $G = 1/R$

(Susceptance) மின்ஏற்பு $B = 1/X_L$

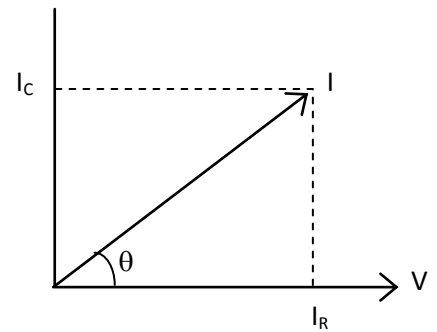
இந்த RL பக்க இணைப்பில் மின்னழுத்தமானது மின்னோட்டத்தினை θ என்ற கோணத்தில் படம். 8(b) உள்ளது போல் முந்தி இருக்கும்

R-C ஆகியவை பக்க இணைப்பில் (RC Parallel circuit)

R என்ற மின்தடையாக்கி மற்றும் "C" என்ற மின்தேக்கி ஆகியவை "e" என்ற மின்னியக்கு விசையுடைய மாறுதிசை மின்னிய விசைமூலம் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். படம்(9a) சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் "I" எனக் கொள்வோம். சுற்றினில் பாயும் மொத்த மின்னோட்டமானது I_R மற்றும் I_C ஆகியவற்றின் கூடுதலுக்கு சமமாக இருக்கும்.



படம்- 9 (a)



படம்- 9 (b)

$$I = \overline{I_R} + \overline{I_C}$$

$$I = \frac{V}{R} + \frac{V}{jX_C}$$

$$= V \left(\frac{1}{R} + \frac{j}{X_C} \right)$$

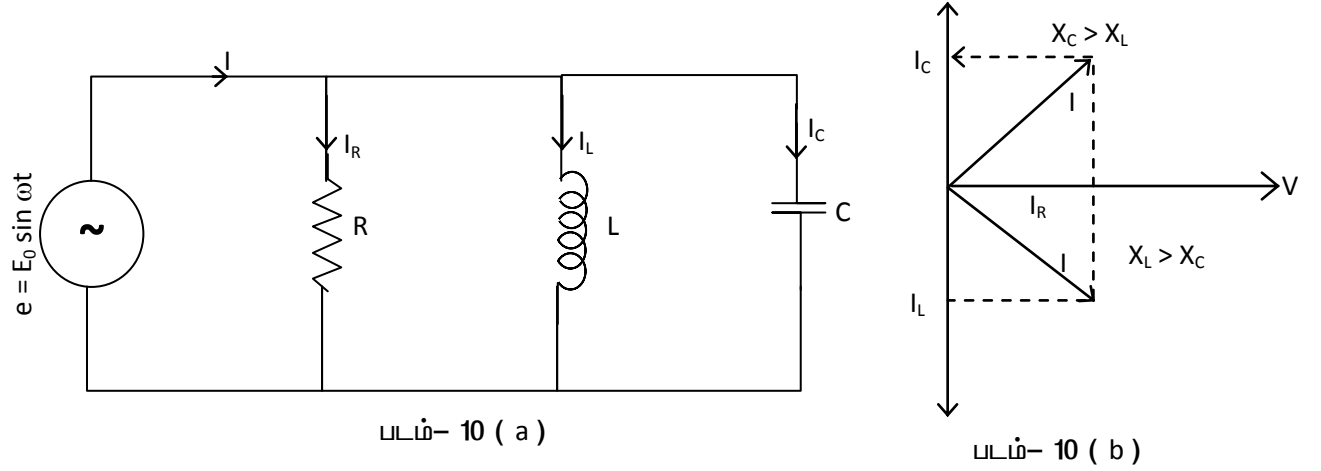
$$I = V(G + jB_C)$$

$$I = V \cdot y \text{ இதில் } y = G + jB_C$$

இந்த RC பக்க இணைப்பில் மின்னோட்டமானது மின்னழுத்தத்தினை " θ " என்ற கோணத்தில் முந்தி இருக்கும். படம். 9b

R-L-C பக்க இணைப்பில்

'R' என்ற மின்தடையுள்ள மின்தடையாக்கி 'L' என்ற மின்தூண்டல் எண் கொண்ட மின் தூண்டி மற்றும் 'C' என்ற மின்தேக்கு திறன் கொண்ட மின்தேக்கி ஆகியவற்றோடு 'e' என்ற மின்னியக்கு விசையுடைய மாறுதிசை மின்னியக்கு விசைமூலம் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்படுவதாக கருதுவோம். படம்.10a



சுற்றில் பாயும் மொத்த மின்னோட்டமானது மின்னழுத்தத்தில் முந்தி அல்லது பின்தங்கி இருக்கும். அதாவது $X_L > X_C$ என இருந்தால் சுடுபக்க இணைப்புப்போல் செயல்படும் அல்லது $X_C > X_L$ என இருந்தால் RC பக்க இணைப்புப்போல் செயல்படும். படம். 10b

POWER & POWER FACTOR

மின்சுற்றில் திறன் & திறன் காரணி

மாறுதிசை மின்சுற்றில் மின்னோட்டமும் மின்னியக்கு விசையும் காலத்தை சார்ந்து தொடர்ந்து மாறும். எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட கணத்தில் திறனை கணக்கிட்டு பின்னர் ஒரு முழுச்சுற்றுக்கும் சராசரி திறன் கணக்கிடப்படுகிறது. எனவே எந்தவொரு கணத்திலும் AC மின்சுற்றின் திறன் என்பது அக்கணத்தில் மின்னியக்கு விசைக்கும் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள பெருக்கல்பலன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

எந்தவொரு கணத்திலும் மின்னியக்கு விசை மற்றும் மின்னோட்டத்தை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$e = E_o \sin wt$$

$$i = I_o \sin(wt + \theta)$$

இதில் “ θ ” என்பது AC சுற்றில் மின்னியக்கு விசைக்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள கட்ட வேறுபாடு ஆகும். ஒரு முழுச்சுற்றில் பயன்படுத்தப்படும் சராசரி திறன்

$$P_{av} = \frac{\int_0^T i \cdot e dt}{\int_0^T dt} = \int_0^T [I_o \sin(wt + \theta) E_o \sin wt]$$

இதனை சுருக்க

$$P_{av} = \frac{E_o I_o}{2} \cos \theta \rightarrow (a)$$

$$P_{av} = \frac{E_o}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_o}{\sqrt{2}} \cdot \cos \theta = E_{rms} I_{rms} \cos \theta$$

$$P_{av} = \text{தோற்ற திறன் திறன் காரணி}$$

இதில் தோற்ற திறன் = $E_{rms} I_{rms}$ மற்றும் திறன் காரணி = $\cos \theta$
ஒரு AC .

நிகழ்வு கூறு (1) மின்தடையக சுற்று

சுற்றானது எப்பொழுது தூய மின்தடையாக்கியைப் பெறுகிறதோ அதனை மின்தடையக சுற்று என அழைக்கப்படும். அத்தகைய நிகழ்வில் $\theta = 0$ $\cos \theta$ எனவே அதிகப்படியான மின்திறன் வீண் விரயம் ஆகிறது.

நிகழ்வு கூறு (2)

தூய மின்தூண்டி அல்லது மின்தேக்கி சுற்றுகள் சுற்றானது மின்தூண்டி அல்லது மின்தேக்கியை மட்டுமே பெற்றிருக்குமேயானால் அதன் மின்னழுத்தமும் மின்னோட்டமும் $\frac{\pi}{2}$ என்ற கட்ட வித்தியாசத்தில் இருக்கும். எனவே $\cos \theta = 0$ இதன் காரணமாக மின்னோட்டம் சுற்றில் பாய்ந்தால் மின்திறனானது வீண் விரயம் செய்யப்படுவதில்லை. இத்தகைய மின்னோட்டம் வாட்லெஸ் (Wattless) மின்னோட்டம் என வழங்கப்படும்.

நிகழ்வு கூறு (3) RLC தொடர் சுற்றுகள்

RLC தொடர் சுற்றில் திறன் விரயத்திற்கான சமன்பாடுகள் (a)ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இதில்

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(X_c - X_L)}{R}$$

எனவே $-\theta$ வின் மதிப்பு RC, RL, RLC சுற்றுகளில் சுழியமற்றதாக இருக்கும்.

நிகழ்வு கூறு (4) RLC தொடர் ஒத்திசைவு சுற்றில் திறன் விரயம்.

ஒத்திசைவு நிலையில் $X_c - X_L = 0$ மற்றும் $\theta = 0$ எனவே $\cos \theta = 1$ மற்றும் $P = I^2 Z = I^2 R$ ஆகையால் அதிகப்படியான திறன் விரயம் சுற்றின் ஒத்திசையில் ஏற்படும்.

மூன்று கட்ட இருதிசை மின்னோட்ட அமைப்பு (Three Phase A.C. System)

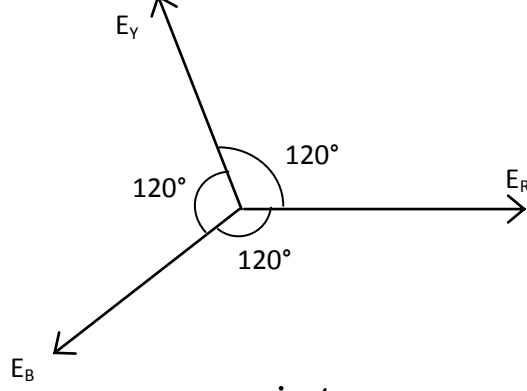
மூன்று கட்ட இருதிசை மின்னோட்ட அமைப்பில் மூன்று ஒரு கட்ட இருதிசை மின்னழுத்தத்துடன் இணைந்திருக்கும். இதில் ஒவ்வொரு கட்டமும் 120° கட்ட வேறுபாட்டில் இருக்கும். இவை R, Y, B என குறிப்பிடப்படும் இவற்றின் உயர்மதிப்பு ஒன்றாக இருக்கும். மூன்று கட்ட இருதிசை மின்னோட்ட அமைப்பு கீழ்காணும் நன்மைகளைக் கொண்டுள்ளது.

நன்மைகள்

1. மூன்று கட்ட மின்னோடியில் ஏற்படும் இழுவிசை சமச்சீராக இருக்கும்.
2. மூன்று கட்ட செலுத்தத்திற்கு குறைவான மின்கடத்தும் பொருள் தேவை. எனவே செலுத்தத்தின் செலவு குறைகிறது.
3. குறிப்பிட்ட சட்ட அளவுக்கு மூன்று கட்ட மின்னோடி அல்லது உருவாக்கி ஒரு கட்டத்தை விட அதிக வெளியிடை கொடுக்கிறது.
4. மூன்று கட்ட மின்னோடிக்கு தன்வய தொடக்கும் திறன் உள்ளது.

மூன்று கட்ட மின்னழுத்தத்தின் உருவாக்கம்.

அனைத்து நவீன உருவாக்கிகளும் மூன்று கட்டமாகவே உள்ளன. இதில் மூன்று சுற்றுகள் உள்ளன இந்த சுற்றில் படம் 1ல் காட்டியவாறு 120° கட்ட வேறுபாட்டில் 3 மின்னழுத்தங்கள் E_R, E_Y, E_B உற்பத்தியாகும். இந்த மின்னழுத்தங்களின் கணிதசமன்பாடு கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



$$E_R = V_m \sin wt$$

$$E_Y = V_m \sin(wt + 120^\circ)$$

$$E_B = V_m \sin(wt + 240^\circ)$$

மின் தொடர் அழுத்தம் (line voltage)

மூன்று கட்ட அமைப்பில் ஏதேனும் இரண்டு தொடர்களுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்தம் மின்தொடர் அழுத்தம் எனப்படும்.

தொடர் மின்னோட்டம் (Line current)

மூன்று கட்ட அமைப்பில் ஏதேனும் ஒரு தொடரில் செல்லும் மின்னோட்டம் தொடர் மின்னோட்டம் எனப்படும்.

கட்ட மின்னழுத்தம் (phase Voltage)

இது ஏதேனும் ஒரு சுற்றுக்கு இடைப்பட்ட அல்லது ஏதேனுமொரு நடுநிலைத் தொடருக்கும் இடைப்பட்ட கட்ட மின்னழுத்தமாகும்.

கட்ட மின்னோட்டம் (phase current)

இது ஏதேனும் ஒரு சுற்றுக்கு வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் கட்ட மின்னோட்டமாகும்.

சமநிலை சுற்று (balanced circuit)

மூன்று கட்ட சமநிலை சுற்றில் அனைத்து மின்னழுத்தமும் மற்றும் மின்னோட்டமும் சமமாக இருக்கும்.

சமநிலையில்லா சுற்று (unbalanced circuit)

சமநிலையில்லா சுற்றில் தொடர் மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்டம் சமமாக இருக்காது.

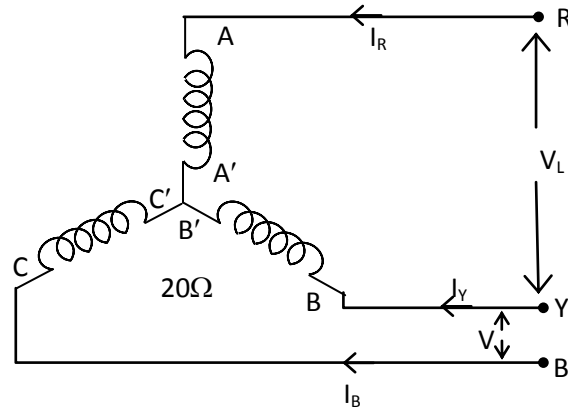
மூன்று கட்ட இணைப்பின் வகைகள்

மூன்று கட்ட ஏற்றங்களை இரு வகைகளில் இணைக்கச் செய்யலாம்.

1. ஸ்டார்(அ)y இணைப்பு
2. டெல்டா (அ) கண்ணி இணைப்பு

ஸ்டார் இணைப்பு(y)

இந்த இணைப்பில் சுருள்கள் AA' மற்றும் BB' மற்றும் CC' படம் இரண்டில் காட்டியபடி இருக்கும். இதில் நடுநிலை(அ) பொதுவான புள்ளி இருக்கும்.



படம்- 2

V_L மற்றும் I_L என்பது தொடர் மின்னழுத்தத்தின் தொடர் மின்னோட்டம் ஆகும். இதன்படி ஒரு சமநிலை சுற்றில்

$$V_{RY} = V_{RB} = V_{YB} = V_L$$
$$I_R = I_B = I_Y = I_L$$

கட்ட மின்னழுத்தம் என்பது ஏதேனுமொரு சுருளுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்தமாகும். அதாவது

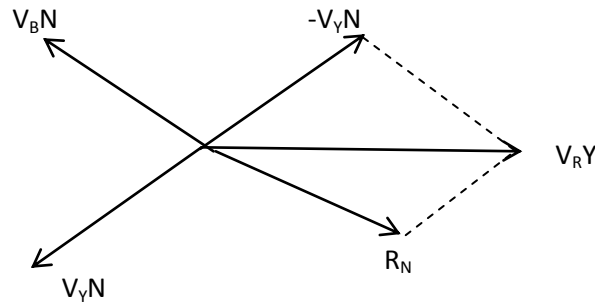
$$V_{\text{கட்டம்}} = V_{AA'} = V_{BB'} = V_{CC'}$$

மேலும் கட்ட மின்னோட்டம் என்பது ஏதேனுமொரு சுருள் வழியே செல்லும் மின்னோட்டமாகும். படம் 2ல் இருந்து ஸ்டார் இணைப்பில் தொடர் மின்னோட்டம் கட்ட மின்னோட்டம் சமமாக இருக்கும்.

$$I_{\text{தொடர்}} = I_{\text{கட்டம்}}$$

தொடர் மின்னழுத்தமானது, கட்ட மின்னழுத்தம் போல் $\sqrt{3}$ மடங்கு அதிகமாக இருக்கும்.

$$V_{\text{தொடர்}} = \sqrt{3} V_{\text{கட்டம்}}$$



படம்- 3

இந்த சுற்று ஆர படம் 3ல் தொடர் மின்னழுத்தம் V_{RY} ஆனது கட்ட மின்னழுத்தம் V_{RN} ல்மற்றும் V_{YN} இவைகளின் சுற்று ஆர கூடுதலுக்கு சமமாக இருக்கும்.

$$\begin{aligned} V_{RY} &= V_{RN} - V_{YN} \\ &= \sqrt{V_{RN}^2 + V_{YN}^2 + 2V_{RN}V_{YN}\cos 120^\circ} \end{aligned}$$

சமநிலை சுற்றிற்கு

$$= \sqrt{V_p^2 + V_p^2 + V_p^2}$$

$$= \sqrt{3V_p^2}$$

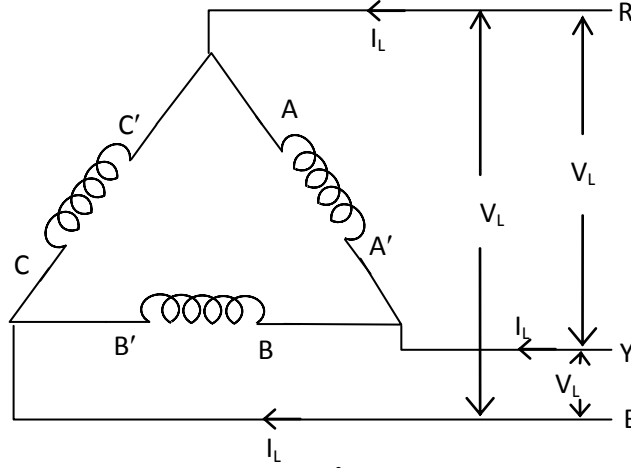
$$V_L = V_{RY} = \sqrt{3}V_p$$

$$V_{\text{தொடர்}} = \sqrt{3} V_{\text{கட்டம்}}$$

$$\begin{aligned} \text{திறன்} &= 3 V_p I_p \cos \theta \\ &= 3 \frac{V_L}{\sqrt{3}} I_L \cos \theta \end{aligned}$$

$$\text{திறன்} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta W$$

டெல்டா இணைப்பு



படம் - 4

மூன்று கட்டத்தில் உள்ள மூன்று சுருள்களும் படம் 4ல் உள்ளது போல் இணைக்கச் செய்தால் அதற்கு டெல்டா அல்லது கண்ணி இணைப்பு என்று பெயர். இந்த டெல்டா இணைப்பில் தொடர் மின்னழுத்தமும், கட்ட மின்னழுத்தமும் சமமாக இருக்கும். தொடர் மின்னோட்டமானது கட்ட மின்னோட்டத்தைப்போல் $\sqrt{3}$ அதிகமாக இருக்கும்.

$$V_{\text{LINE (தொடர்)}} = V_{\text{PHASE (கட்டம்)}}$$

$$I_{\text{தொடர்}} = \sqrt{3} I_{\text{(கட்டம்)}}$$

$$\text{திறன்} = 3 V_p I_p \cos \theta$$

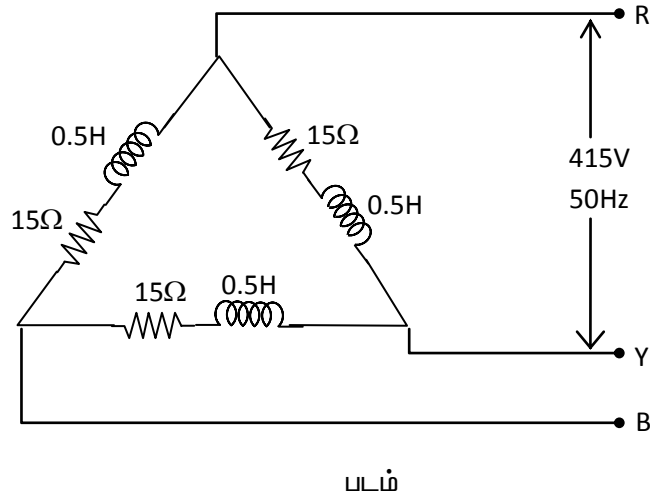
$$= 3 \frac{V_L}{\sqrt{3}} I_L \cos \theta$$

$$\text{திறன்} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta W$$

எ.க.1

மூன்று ஒரே தன்மையுடைய சுருள்கள் தனித்தனியே 15Ω மின்தடை மற்றும் $5H$ தூண்டத்தையும் டெல்டா இணைப்பில் பெற்று $415V$, $50Hz$ மூன்று கட்ட மின் வழங்குவதையும் பெற்றுள்ளது. அவற்றின் (அ) தொடர் மின்னோட்டம்(ஆ) திறனின் காரணி (இ) திறன் ஆகியவைகளை கண்டறிக

தீர்வு



கட்டத் தூண்டத்தின் மதிப்பு

$$X_L \text{ Phase} = 2\pi fL$$

$$= 2\pi(50)(0.5)$$

$$= 157.07\Omega$$

கட்ட மதிப்பின் மதிப்பு

$$Z_{ph} = \sqrt{(R_{ph})^2 + (X_{ph})^2} = \sqrt{(15)^2 + (157.07)^2}$$

$$= 157.79\Omega$$

$$\text{கட்ட மின்னோட்டம்} = \frac{V_{ph}}{Z_{ph}} = \frac{415}{157.79} = 2.63A$$

$$\text{டெல்டா இணைப்பில் } I_L = \sqrt{3}I_p$$

$$\text{தொடரின் மின்னோட்டம்} = \sqrt{3} \times 2.63 = 4.55A$$

$$\text{திறனின் காரணி } \cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{15}{157.79} = 0.095 \text{ பிந்தியுள்ளது.}$$

திறன் =

$$= \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$$

$$= \sqrt{3} \times 415 \times 4.55 \times 0.095$$

$$= 311W$$

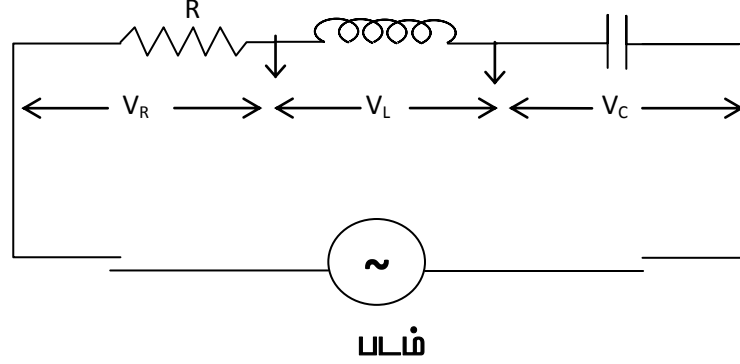
ஒத்திசைவு (Resonance)

ஒரு R.L.C சுற்றில் மொத்த பிரதிபலிப்பு பூஜ்யமாக இருந்தால் அந்த சுற்று ஒத்திசைவில் உள்ளது என்ற சொல்லலாம். ஒத்திசைவு ஏற்படும் போது சுற்றுமதிப்பு (Impedance) என்பது மின்தடையாக மட்டும் இருக்கும். மேலும் மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம் ஆகியவை ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும். அதாவது மின்னழுத்தத்திற்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள கட்ட கோணம் பூஜ்யமாக இருக்கும். (Phase

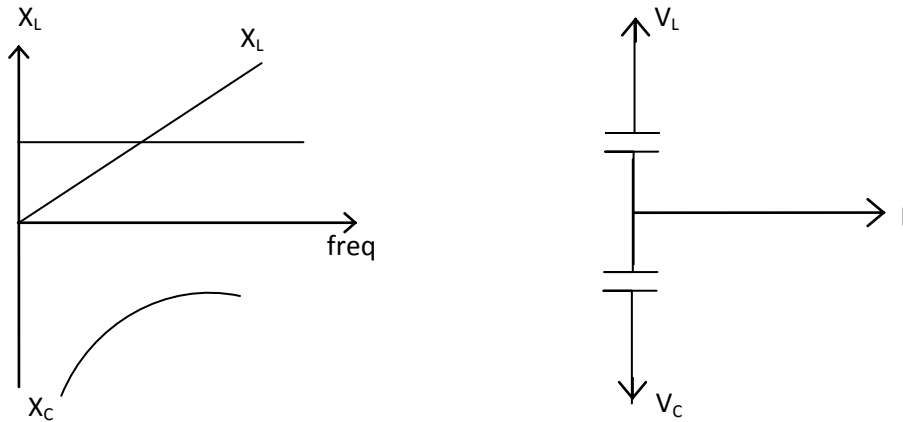
Angle) ஆகையால் திறன் காரணி ஒன்றுக்குச் சமமாக இருக்கும். இரண்டு வகையான ஒத்திசைவுகள் உள்ளன.

- (i) தொடர் ஒத்திசைவு
- (ii) பக்க ஒத்திசைவு

(i) தொடர் ஒத்திசைவு



மின்தடை, தூண்டம் மற்றும் ஏற்பி ஆகிய மூன்றும் தொடர் இணைப்பில் உள்ளதாகக் கருதுவோம். கொடுக்கப்பட்டுள்ள L மற்றும் C ன் மதிப்பிற்கு தூண்டம் X_L அலைவெண்ணுக்கு நேர் விகிதத்திலும் ஏற்பி X_C க்கு எதிர் விகிதத்திலும் மாறுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவெண்ணில் மொத்த பிரதிபலிப்பு $x = x_L = x_C$ ஆனது பூஜ்யம் ஆக இருக்கும். அப்போது சுற்று மதிப்பு என்பது மின்தடை சமமாக இருக்கும். மேலும் மின்னோட்டம் அதிகமாக இருக்கும். இதுதான் தொடர் ஒத்திசைவு ஏற்படுவதற்கு தேவையான நிபந்தனைகள் ஆகும்.



படம்

எந்த ஒரு அலைவெண்ணில் ஒத்திசைவு ஏற்படுகிறதோ அது ஒத்திசைவு அலைவெண் எனப்படும். தூண்டல் மற்றும் ஏற்பி இடையேயுள்ள மின்னழுத்த ஒத்திசைவு ஏற்படும்போது வழங்கும் மின்னழுத்தத்தைவிட பலமடங்கு அதிகமாக

இருக்கும். ஆகையால் ஒத்திசைவின் போது தூண்டல் மற்றும் ஏற்பினிடையே மின்னழுத்த ஏற்றம் ஏற்படுகிறது. சுற்று ஆர படத்தைப் பார்க்கும்போது ஒத்திசைவின் போது $X_L = X_C$ என இருக்கும். ஆகையால் தூண்டலின் இடையேயுள்ள மின்னழுத்தம் மற்றும் ஏற்பினிடையேயுள்ள மின்னழுத்தம் சமமாக எதிர்திசையில் இருப்பதால் அவை ஒன்றுக்கொன்று நீக்கமடைகிறது. வழங்கிய மின்னழுத்தம் முழுவதும் மின் தடைக்கு இடையே கிடைக்கிறது.

தொடர் ஒத்திசைவு சுற்றின் ஒத்திசைவு அலைவெண்ணின் fr என்பது ஒத்திசைவு அலைவெண் என எடுத்து கொள்வோம் தொடர் ஒத்திசைவின் போது $X_L = X_C$

$$2\pi^2 frL = \frac{1}{2\pi frc}$$

குறுக்கு பெருக்கல் செய்யவும்

$$4\pi^2 fr^2 Lc = 1$$

$$fr^2 = \frac{1}{4\pi^2 Lc}$$

$$fr = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2 Lc}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{Lc}}$$

Q- காரணி அரை திறன் அலைவெண் மற்றும் பட்டை அகலம் (Band Width)

Q- காரணி: Q- காரணி என்பது ஒரு சுருள் அதன் காந்த தேக்கியுடன் ஒப்பிடும்போது அதன் மின்தடை எந்த அளவிற்கு குறைவாக உள்ளது என்பதை குறிக்கும்.

தொடர் ஒத்திசைவு சுற்றின் Q- காரணியானது கம்பி சுருள் அல்லது மின்தேக்கியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு செலுத்தப்படும் மின்னழுத்திற்கும் உள்ள தகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$Q = \frac{L\text{அல்லது } C \text{ இன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்தம்}}{\text{செலுத்தும் மின்னழுத்தம்}}$$

L க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்தம் $2\pi frL$

fr என்பது ஒத்திசைவின் போது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் ஆகும்.

$$Q \text{ காரணி} = \frac{XL}{R} = \frac{2\pi frL}{R}$$

அரைதிறன் அலைவெண்கள் மற்றும் பட்டை அகலம் அலைவெண்ணும் மின்னோட்டத்திற்கும் இடையே வரையப்படும் படம் ஒத்திசைவு அலைவெண்ணிலிருந்து ஒரே மாதிரியாக இருக்கும் ஒத்திசைவு

அலைவெண்ணின்போது $x_L = x_C$ அல்லது $x_L - x_C = 0$ எனவே மின்னோட்டம்

$I = \frac{V}{R}$ அதிகமாக இருக்கும். ஒத்திசைவு அலைவெண்ணின் F1 மற்றும் F2 என்ற

இரு அலைவெண்கள் சமவெளியில் இருக்கும் இந்த அலைவெண்ணின் மொத்த பிரதிபலிப்பானது சமமாக இருக்கும்.

$$x_L - x_C = R \text{ ஆகையால்}$$

இதன் மதிப்பு

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2} \\ &= \sqrt{R^2 + R^2} \\ &= \sqrt{2R^2} = \sqrt{2} \cdot R \\ Z &= \sqrt{2}R \end{aligned}$$

மேலும் மின்னோட்டம் $I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{2}}$

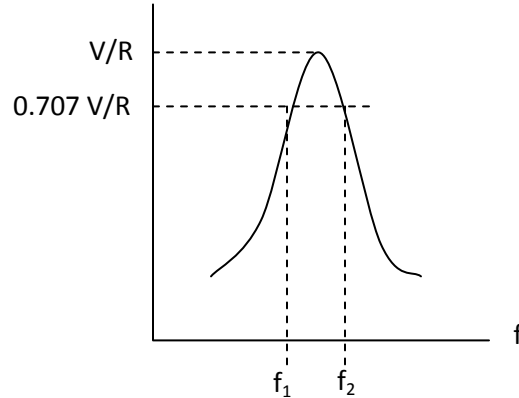
ஒத்திசைவின் போது ஏற்படும் அதிகபட்ச மின்னோட்டம் $\frac{V}{R}$ ஆக இருப்பதால் F_1 அல்லது F_2 ஏற்படும் அலைவெண்ணின் மின்னோட்டம் $\frac{1}{\sqrt{2}}$ மடங்கு அல்லது 70.7% ஒத்திசைவின் போது ஏற்படும் மின்னோட்டத்திற்கு சமமாக இருக்கும். மேலும் மின்திறனானது F_1 அல்லது F_2 ல்

$$f_1(\text{or}) f_2 = I^2 R = \left(\frac{V}{\sqrt{2}R} \right)^2 = \frac{V^2}{2R} W$$

இது 50 % அல்லது ஒத்திசைவில் ஏற்படும் அரைதிறனுக்குறிய நிபந்தனையாகும். ஆகவே F_1 மற்றும் F_2 அலைவெண்கள் அரைதிறன் அலைவெண் எனப்படும்.

பட்டை அகலம்

இரண்டு அரைதிறன் அலைவெண்ணுக்கும் F_1 மற்றும் F_2 இடையே உள்ள அலைவெண் அகலம் பட்டை அகலம் எனப்படும். பட்டை அகலம் என்பது ஒத்திசைவு சுற்றின் கூர்மையை குறிக்கும். Q காரணி என்பது ஒத்திசைவு



அலைவெண்ணுக்கும், பட்டை அகலத்திற்கும் இடையே உள்ள விகிதம் ஆகும். Q

காரணி = $\frac{f_r}{f_2 - f_1}$ ஆகையால் பட்டை அகலம் குறைவாக இருந்தால் Q காரணி

அதிகமாக இருக்கும். இதற்கு சுருளின் மின்தடை R மதிப்பு அதன் காந்ததேக்கி உடன் ஒப்பிடும்போது குறைவாக இருக்கவேண்டும். அரைதிறன் அலைவெண்கள் F_1 மற்றும் F_2 வின் மதிப்பு கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடப்படுகிறது.

f_1 (அ) f_2 அலைவெண்ணின்

$$(x_L - x_C) = R$$

குறைந்த அரைதிறன் அலைவெண் f_1 ல் $X_C > X_L$

அதாவது

$$\frac{1}{W_1 C} - W_1 L = R$$

$$1 - W_1^2 LC = W_1 CR$$

$$LCW_1^2 + RcW_1 - 1 = 0$$

$$W_1 = \frac{-Rc \pm \sqrt{R^2 c^2 + 4LC}}{2Lc}$$

$$= \frac{-R}{2L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{(2L)^2} + \frac{1}{LC}}$$

$\left(\frac{R}{2L}\right)^2$ ன் மதிப்பு $\frac{1}{LC}$ டன் ஒப்பிடும்போது மிக குறைவாக உள்ளது. எனவே வார்க்கத்தில் உள்ள முதல் முறை தவிர்த்துவிடலாம்

$$W_1 = \frac{-R}{2L} \pm \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$2\pi f_1 = \frac{R}{2L} \pm \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$f_1 = \frac{-R}{4\pi L} \pm \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$f_1 = \frac{-R}{4\pi L} \pm f_r$$

நேர்மறை மதிப்பை மட்டும் எடுத்து கொள்வோம்

$$f_1 = f_r - \frac{R}{4\pi l}$$

இதேபோல் f_2 ன் மதிப்பை கணக்கிடலாம்

$$f_2 = f_r + \frac{R}{4\pi l}$$

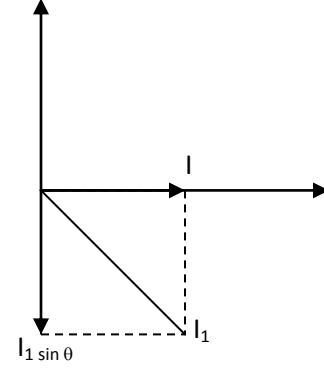
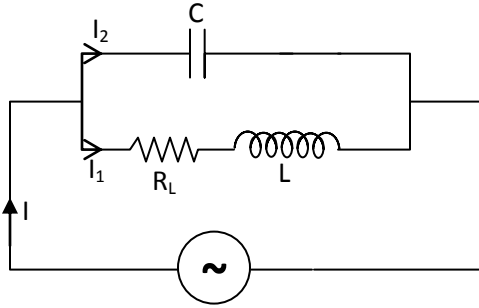
பட்டைஅகலம் $f_2 - f_1 = \frac{R}{2\pi l} h_2$

அதாவது Q காரணி

$$\begin{aligned} &= \frac{f_r}{f_2 - f_1} = \frac{f_r}{R/2\pi L} \\ &= \frac{2\pi f_r L}{R} \end{aligned}$$

$$\boxed{Q \text{ காரணி} = \frac{2\pi f_r L}{R}}$$

பக்க ஒத்திசைவு (Parallel Resonance)



சுருள்

ஒரு மின்தேக்கு மற்றும் பக்க இணைப்பில் உள்ளதாக கொள்வோம். சுருளின் காந்ததேக்கி (L) மற்றும் மின்தடை சுடு ஆகியவை படத்தில் காட்டியவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த சுற்றில் ஒத்திசைவு ஏற்படுவதற்கு மின்னழுத்தமும், மின்னோட்டமும், ஒரே கட்டத்தில் இருக்க வேண்டும் இதற்கு $I_2 = I_1 \sin \theta$ ஆக இருக்கவேண்டும்.

$$\frac{V}{X_c} = \frac{V}{\sqrt{R_L^2 + X_L^2}} \cdot \frac{X_L}{\sqrt{R_L^2 - X_L^2}}$$

$$\frac{V}{X_c} = \frac{VX_L}{\sqrt{R_L^2 + X_L^2}}$$

$$VW_c = \frac{VW_L}{R^2 + (W_L)^2}$$

$$\frac{1}{c} = R^2 + W^2 L^2$$

$$W^2 L^2 = \frac{1}{c} - R^2$$

$$W^2 = \frac{1}{c} - R^2$$

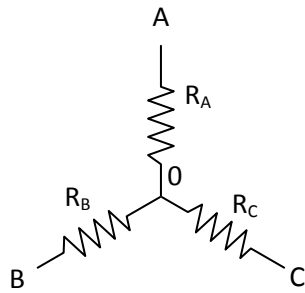
$$W^2 = \frac{1}{lc} - \frac{r^2}{l^2}$$

$$W = \sqrt{\frac{1}{lc} - \frac{r^2}{l^2}}$$

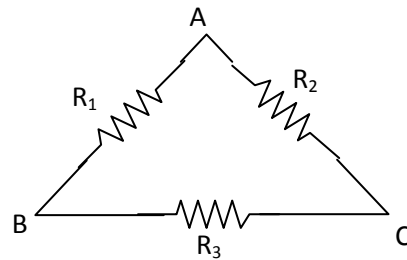
$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{lc} - \frac{r^2}{l^2}}$$

ஸ்டார்-டெல்டா மாற்றுமுறை (Star-Delta Transformation)

ஸ்டார்-டெல்டா மாற்றுமுறை என்பது வலிய வலையமைப்பின் தீர்வுகளைக் கண்டறிய உதவும் ஒரு தொழில்நுட்பமாகும். அடிப்படையாக ஏதேனும் மூன்று சுற்று மூலங்களில், அதாவது மின்தடை, மின்தேக்கி அல்லது மின்தூண்டி ஆகியவற்றை இரண்டு வகையாக இணைக்கலாம். ஒரு வகை ஸ்டார் இணைப்பாகும் அல்லது Y இணைப்பாகும். மற்றொரு வகை டெல்டா இணைப்பாகும். ஸ்டார் இணைப்பு சுற்று என்பது மூன்று மூலங்கள் படம் 1 (a) போல் இணைக்கப்படுவதே ஆகும். அதேபோல், சுற்று படம் 1 (b)ல் உள்ளது போல் இருந்தால் (டெல்டா இணைப்பு என்றும்) கூறலாம்.



படம் 1 (a)



படம் 1 (b)

மேலே உள்ள சுற்றுகள் சமம் ஆகும்.

எப்படியெனில், முனையங்களில் AB, BC மற்றும் CA உள்ள மின்தடைகள் சமம். ஸ்டார் இணைப்பை எடுத்துக்கொள்வோம். படம் 1.(a) மின்தடைகள் AB, BC மற்றும் CA முனையங்களில்

$$R_{AB}(Y) = R_A + R_B$$

$$R_{BC}(Y) = R_B + R_C$$

$$R_{CA}(Y) = R_C + R_A$$

அதேபோல், டெல்டா இணைப்பு வலையமைப்பு (படம் 1. b), மின்தடைகள்,

$$R_{AB}(\Delta) = R_1 \parallel (R_2 + R_3) = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_{BC}(\Delta) = R_3 \parallel (R_1 + R_2) = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_{CA}(\Delta) = R_2 \parallel (R_1 + R_3) = \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

இப்பொழுது ஸ்டார் மற்றும் டெல்டா சமன்பாடுகளை சமன் செய்தால்,

$$R_A + R_B = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} \text{----- (1)}$$

$$R_B + R_C = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3} \text{----- (2)}$$

$$R_C + R_A = \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} \text{----- (3)}$$

சமன்பாடு (2)-ஐ(1) இல் கழித்து (3)-ஐ கூட்டினால்,

$$R_A = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \text{----- (4)}$$

$$R_B = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \text{----- (5)}$$

$$\text{மற்றும் } R_C = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \text{----- (6)}$$

ஆகவே டெல்டா இணைப்பை R_1 R_2 மற்றும் R_3 , ஸ்டார் இணைப்பாக R_A , R_B மற்றும் R_C மாற்ற (4) (5) (6) சமன்பாடுகளை பயன்படுத்த வேண்டும். இப்பொழுது, சமன்பாடுகள் (4) மற்றும் (5), (5) மற்றும் (6), (6) மற்றும் (4) ஆகியவற்றை பெருக்கினால், பிறகு அதன் கூடுதல் சமன்பாடு,

$$R_A R_B + R_B R_C + R_C R_A = \frac{R_1^2 R_2 R_3 + R_3^2 R_1 R_2 + R_2^2 R_1 R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)^2} \text{----- (7)}$$

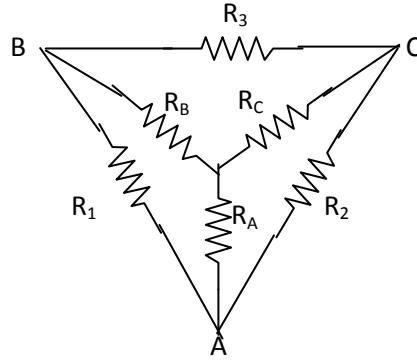
சமன்பாடு (7) இன் இடப்பக்கத்தை, R_A கொண்டு வகுத்தால் R_3 உருவாகும்; R_B கொண்டு வகுத்தால் R_2 உருவாகும் மற்றும் R_C கொண்டு வகுத்தால் R_1 உருவாகும்.

ஆகவே, $R_1 = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_C R_A}{R_C}$

$$R_2 = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_C R_A}{R_B}$$

$$R_3 = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_C R_A}{R_A}$$

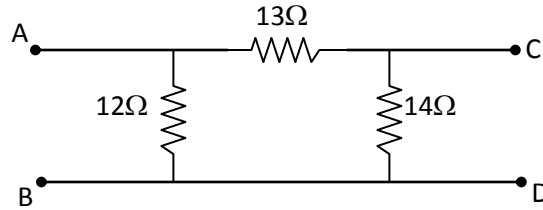
மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள தீர்வுகளை கொண்டு, ஸ்டார் இணைப்புப் கொண்டச் சுற்றினை, டெல்டா இணைப்புக் கொண்டச் சுற்றாக மாற்றலாம்



படம்- 2

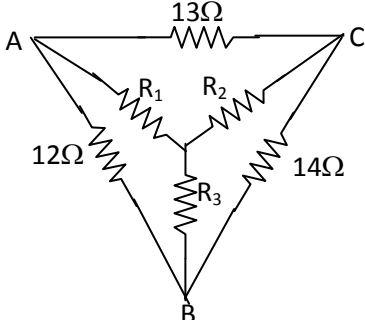
எ.கா..1: கொடுக்கப்பட்டுள்ள டெல்டா இணைப்பு சுற்றிற்கு, ஸ்டார் இணைப்பு சுற்றை கண்டறிக (படம். 3)

தீர்வு:

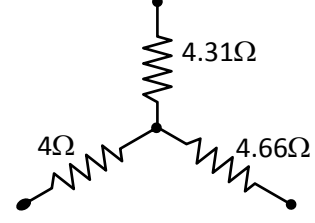


படம்- 3

மேலே உள்ள சுற்றில் டெல்டா இணைப்பு ஸ்டார் இணைப்பாக மாற்றப்பட வேண்டும் .படம். 4(அ)



படம்- 4 (a)



படம்- 4 (b)

ல் இருந்து Y மாற்றுமுறை மூலம்,

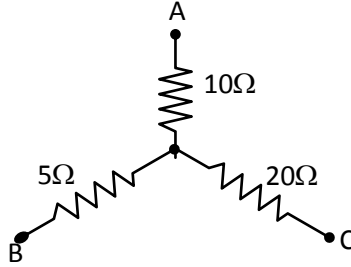
$$R_1 = \frac{13 \times 12}{14 + 13 + 12}; R_2 = \frac{13 \times 14}{13 + 14 + 12} \text{ மற்றும்}$$

$$R_3 = \frac{12 \times 14}{14 + 13 + 12}$$

$$\therefore R_1 = 4\Omega, R_2 = 4.66\Omega, R_3 = 4.31\Omega.$$

ஸ்டார் இணைப்பு சுற்றை படம். 4ஆ வில் காண்பித்துள்ளோம்.

எ.கா. 2 : கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஸ்டார் இணைப்பு சுற்றிற்கு சமமான டெல்டா இணைப்பு சுற்றை கண்டறிக (படம். 5)



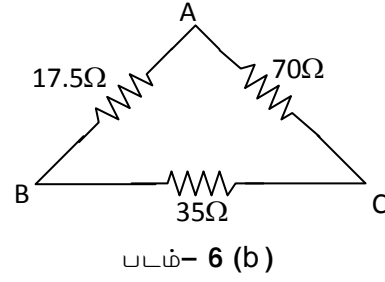
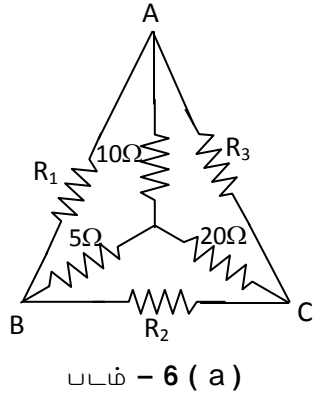
படம் - 5

தீர்வு:

டெல்டா-இணைப்பு சுற்றாக படம் 6.(a) வில் உள்ளது போல் மாற்றலாம்.

Y இல் இருந்து Δ மாற்றுமுறை.

$$R_1 = \frac{20 \times 10 + 20 \times 5 + 10 \times 5}{20} = 17.5\Omega$$



படம் .6

$$R_2 = \frac{20 \times 10 + 20 \times 5 + 10 \times 5}{10} = 35\Omega$$

$$R_3 = \frac{20 \times 10 + 20 \times 5 + 10 \times 5}{5} = 70\Omega$$

அதனின், சமமான டெல்டா சுற்று படம். 6 (b)ல் உள்ளது.

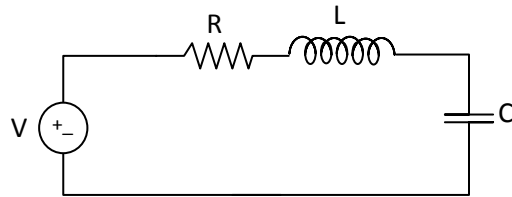
3. இரட்டைகளும் இரட்டைத்தன்மையும்: (Duals and Duality)

ஒவ்வொரு சுற்றிலும், ஜோடிகள் அவைகளுக்கு இணையான ஜோடிகளுக்கு ஏற்றாற்போல் மாற்றும் தன்மை கொண்டது அவை,

- மின்னோட்டம் - மின்னழுத்தம்
- மூடு - திறந்த
- மின்தூண்டி (L) - மின்தேக்கி (C)
- மின்தடை (R) - மின்கடத்தி (G)

தொடர் இணைப்பு - பக்க இணைப்பு ஽ மின்னழுத்த மூலம் - மின்னோட்ட மூலம் கிரச்சாஃப் மின்னழுத்த விதி (KVL) - கிரச்சாஃப் மின்னோட்ட விதி (KCL)

R-L-C மூலங்களைத் தொடர் இணைப்பில் கொண்ட, மின்னழுத்த மூலத்தைக் கொண்டச் சுற்றை எடுத்துக்கொள்வோம் (படம். 7).

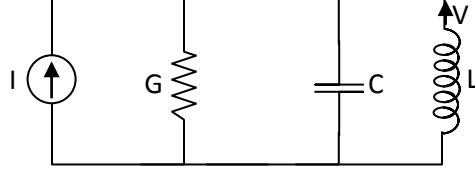


படம்- 7

அவற்றின் சமன்பாடு

$$Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{c} \int idt = V$$

அதேபோல், R-L-C மூலகங்களைப் பக்க இணைப்பாகக் கொண்ட, மின்னோட்ட மூலம் கொண்ட சுற்றை எடுத்துக் கொள்வோம். (படம். 8)



படம்- 8

அதன் சமன்பாடு,

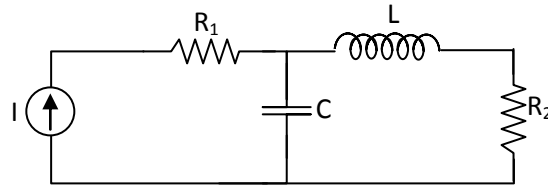
$$i = Gv + c \frac{dv}{dt} + \frac{1}{L} \int vdt$$

இரண்டு விதிகளையும் பார்த்தால், அதன் தீர்வுகள் ஒன்றாக இருப்பதை அறியலாம் ஆகவே, இவ்வலையமைப்புகளை, இரட்டைகள் என்று அழைக்கிறோம்.

இதை வரைவதற்கு, கீழ்க்கண்ட வழிமுறைகளை பின்பற்றுதல் வேண்டும்

1. ஒவ்வொரு வலையமைப்பின் சுழியிலும், ஒரு கணுவை அமைத்தல் வேண்டும் மற்றும் மேற்கோள் கணு என்னும் கணுவை வலையின் வெளியில் அமைத்தல் வேண்டும்.
2. அண்டை கணுக்களுக்கிடையே கோடுகளை வரைந்து, மூலங்களுக்கு இடையே அவை செல்லுவதுபோல் அமைத்து, ஒவ்வொரு மூலங்களின் இரட்டைகளையும் அவற்றிற்கு பதிலாக அமைக்க வேண்டும்.

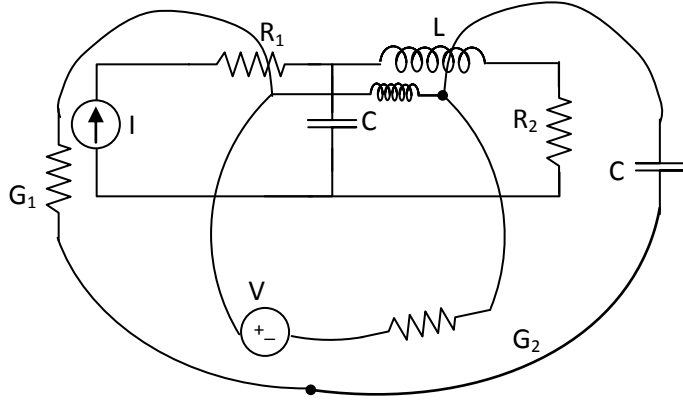
எடுத்துக்காட்டாக, படம். 9 இல் உள்ளதுபோல் வலையமைப்பை அமைக்க



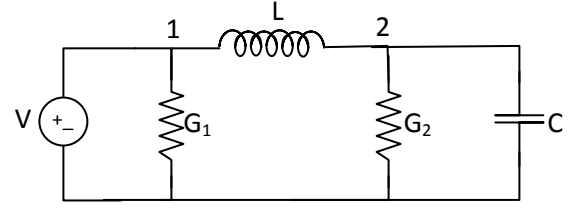
படம்- 9

விதிகளின்படி, முதலில் கணுக்களை அமைக்க வேண்டும்.

பிறகு கோடுகளை வரைந்து, மூலங்களின் இரட்டைகளை மாற்றியமைக்க வேண்டும். படம். 10(a)ல் இருந்து படம். 10(b) வாக மாற்ற வேண்டும்.

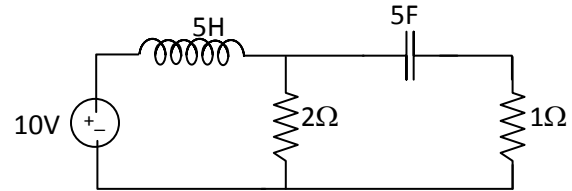


படம்- 10 (a)



படம்- 10 (b)

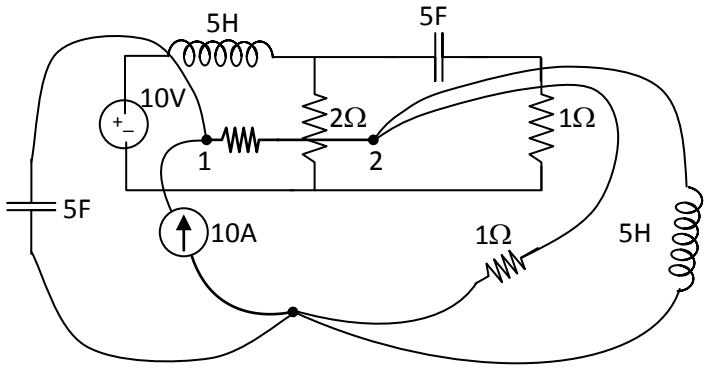
எ.கா.3: கொடுக்கப்பட்டுள்ள வலையமைப்பிற்கு இரட்டை வலையமைப்பை வரைக:



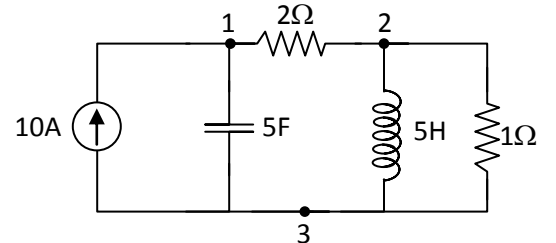
தீர்வு:

கணுக்களை அமைத்துக்கொள்க. கணுக்களை கோடுகளை கொண்டு இணைத்து, அவற்றின் இரட்டைகளை மாற்றுக. (படம் 12 (a))

இரட்டை சுற்று படம் 12.(b)



படம்- 12 (a)



படம்- 12 (b)

UNIT - II Electrical Machines

நேர்மின்னோடி (DC MOTOR)

நேர்மின்னோடியானது மின்னாற்றலை இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றுகிறது. ஒரு மின்கடத்தியை காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது அந்த கடத்தியின் மீது ஒரு இயந்திரவிசை ஏற்படுகிறது. இந்த தத்துவத்தின்படி நேர்மின்னோடி வேலை செய்கிறது. இந்த இயந்திரவிசையின் திசையை ஃபிளமிங் இடக்கை விதிமூலம் கண்டறியலாம்.

விசையின் அளவு $F = BIL$ நியூட்டன்

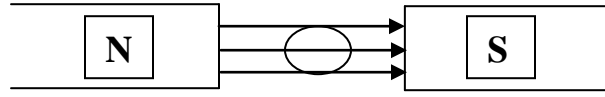
இதில் $F =$ விசை. இதில் அலகு நியூட்டன்

$B =$ காந்ததூண்டல். இதில் அலகு வெபர்/மீ²

$l =$ கடத்தியின் வழியாக செல்லும் மின்னோட்டம், ஆம்பியர்.

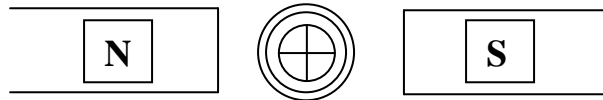
$L =$ காந்தப்புலத்தில் இருக்கும் கடத்தியின் நீளம், மீட்டர்.

எடுத்துக்காட்டாக, இரண்டு துருவங்கள் கொண்ட நேர்மின் மோட்டாரை எடுத்துக் கொள்வோம்.



படம் - 1

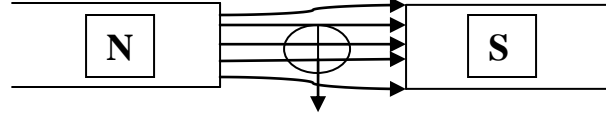
படம் 1-ல் மின்னோட்டம் செல்லாத கடத்தியானது வட மற்றும் தென் துருவங்களுக்கு இடையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும் காந்தவிசைக்கோடுகள் வடதுருவத்திலிருந்து தென்துருவம் நோக்கி பாய்கிறது. இந்நிலையில் கடத்தியின் மீது எந்தவொரு விசையும் ஏற்படுவதில்லை. எனவே கடத்தியானது அசையாமல் ஒரே இடத்தில் நிலையாக இருக்கிறது



படம் - 2

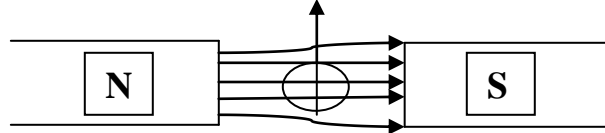
படம் 2-ல் காந்தப்புலம் ஏற்பட மின்னோட்டம் கொடுக்கப்படவில்லை. ஆனால் மின்னகம் (சுழல்சுருள்) armature உள்ள கடத்திக்கு மின்னோட்டம் கொடுக்கப்படுகிறது. எனவே கடத்தியை சுற்றி காந்தபாய கோடுகள் ஏற்படுகின்றன. இந்த கோடுகளின் திசையை மேக்ஸ்வெல் தக்கை திருகு விதியின் மூலம் கண்டறியலாம். மின்னோட்டம் ஆனது கடத்தியில் உட்செல்வதாகக் கொண்டால்

காந்தபாய கோடுகளின் திசையானது வலஞ்சுழியாக இருக்கும். மின்னோட்டமானது கடத்தியை விட்டு வெளிவருவதாக எடுத்துக்கொண்டால் காந்த விசைக்கோடுகளின் திசை இடஞ்சுழியாக இருக்கும்.



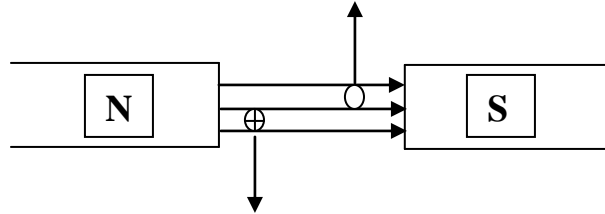
படம் - 3

படம் 3ல் மின்னோட்டம் செல்லக்கூடிய ஒரு கடத்தியானது காந்தபாயத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. காந்தபுலம் மற்றும் மின்னக கடத்தி இவை இரண்டிற்கும் மின்னோட்டம் கொடுக்கப்படுவதால் இரண்டு விதிமான பாயகோடுகள் ஏற்படுகின்றன. கடத்தியின் மேற்பகுதியில் கடத்தியினால் ஏற்படும் பாயகோடுகளின் திசையும் துருவத்தினால் ஏற்படும் காந்தபுலத்தின் திசையும் ஒன்றாக இருப்பதனால் இரண்டும் சேர்ந்து காந்தபாயம் அதிகமாகிறது. ஆனால் கடத்தியின் கீழ்ப்பகுதியில் இந்த இரண்டு காந்தபாய கோடுகள் எதிரெதிர் திசையில் இருப்பதால் ஒன்றையொன்று எதிர்த்து மொத்த காந்தபாயம் குறைந்து விடுகிறது. எனவே கடத்தியானது அதிக காந்தபாயமுள்ள மேற்பகுதியிலிருந்து குறைவான காந்தபாயமுள்ள கீழ்ப்பகுதியை நோக்கி தள்ளப்படுகிறது.



படம் - 4

படம் 4ல் கடத்தியில் செல்லக்கூடிய மின்னோட்டத்தின் திசை எதிராக உள்ளது. (கடத்தியை விட்டு வெளிவரும்படியாக) எனவே, கடத்தியை சுற்றி ஏற்படுகிற காந்தபாய கோடுகளின் திசை இடஞ்சுழியாக உள்ளது. இந்நிலையில் கடத்தியின் மேற்பகுதியில் காந்தபாய கோடுகள் குறைவாகவும் கீழ்ப்பகுதியில் அதிகமாகவும் காணப்படுகிறது. எனவே, கடத்தியானது கீழ்ப்பகுதியில் இருந்து மேல்நோக்கி தள்ளப்படுகிறது.



படம் - 5

படம். 5ல் ஒரு சுற்றுள்ள கம்பிச்சுருள் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு கம்பிச்சுருள் என்பது இரண்டு சுருள்பக்கங்களை சேர்ந்தது. இரண்டு பக்கங்களின் வழியாக செல்லக்கூடிய மின்னோட்டம் படம். 5ல் காட்டியப்படி எதிரெதிர் திசையாக உள்ளது.

எனவே, சுருளின் A பகுதி கீழ்நோக்கியும் B பகுதி மேல்நோக்கியும் தள்ளப்படுகிறது. கடத்தி வைக்கப்பட்டுள்ள சுழற்சுருளானது அச்சில் இருபக்கமும் இரும்புபந்து போன்ற தாங்கி பொருத்தப்பட்டுள்ளதால் சுழற்சுருள் சுழல ஆரம்பிக்கிறது. சுழலும் திசையை ஃபிளமிங் இடக்கை விதிமூலம் கண்டறியலாம்.

நேர்மின்னோடி வகைகள் (Types of DC Motor)

1. நேர்மின் பக்க மின்னோடி (Shunt Motor)
2. நேர்மின் தொடர் மின்னோடி (Series Motor)
3. நேர்மின் கூட்டுச்சுருள் மின்னோடி (Compound Motor)

1. நேர்மின் பக்க மின்னோடி (Shunt Motor)

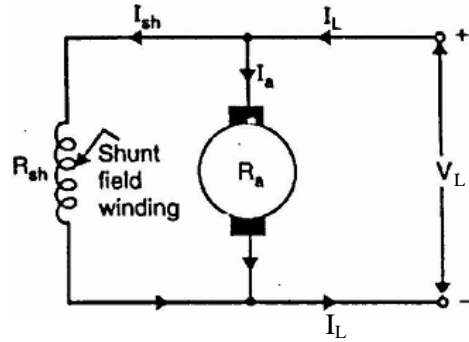
இந்த மின்னோடியில் புலச்சுருள் (Field Winding) ஆனது சுழல்சுருளியின் சுருளுக்கு இணையாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இது படம் 6ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதன் புலச்சுருள் மெல்லிய தாமிரக் கம்பியால் அதிக சுற்றுக்கள் கொண்டதாக இருக்கும்.

$$I_a = I_L - I_{sh}$$

$$I_{sh} = V_L / R_{sh}$$

$$V_L = E_b + I_a R_a$$

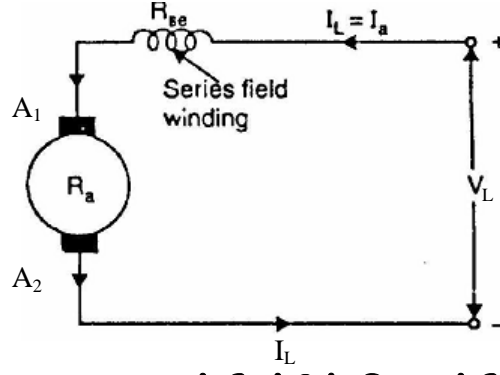
$$E_b = V_L - I_a R_a$$



படம்-6 -ல் நேர்மின் பக்க னோடி

2. நேர்மின் தொடர் மின்னோடி (Series Motor)

இந்த வகை மின்னோடியில் புலச்சுருளானது சுழல்சுருளில் உள்ள சுருளுடன் தொடர் இணைப்பாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். படம் 7ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம்-7 ல் நேர்மின் தொடர் னோடி

இதன் புலச்சுருளானது தடித்த தாமிரக் கம்பியால் குறைந்த சுற்றுக்கள் கொண்டதாக இருக்கும். எனவே, புலச்சுருளின் மின்தடை குறைவாக இருக்கும். மேலும் புலச்சுருளின் மின்தடை குறைவாக இருக்கும். மேலும் புலச்சுருளில் செல்லும் மின்னோட்டமும் சுழல்குருளில் செல்லும் மின்னோட்டமும் ஒரே அளவாக இருக்கும்.

$$\therefore I_L = I_{se} = I_a$$

3. நேர்மின் கூட்டுச்சுருள் மின்னோடி (Compound Motor)

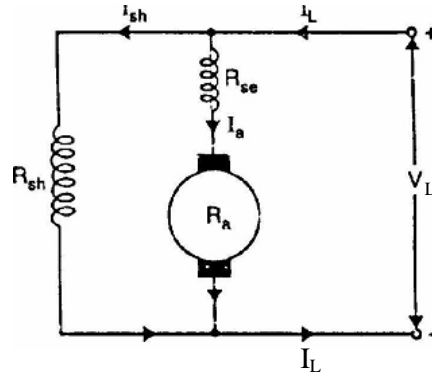
இந்தவகை மின்னோடியில் தொடர் புலச்சுருள் மாற்றும் பக்கபுலச்சுருள் இரண்டும் சுழல்குருளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த இணைப்பு முறையை வைத்து இந்த மின்னோடியை இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

அ. நீண்ட பக்க கூட்டுச்சுருள் மின்னோடி (Long Shunt Motor)

ஆ. குறைந்த பக்க கூட்டுச்சுருள் மின்னோடி (Short Shunt Motor)

அ. நீண்ட பக்க கூட்டுச்சுருள் மின்னோடி (Long Shunt Motor)

இந்தவகை மின்னோடியில் தொடர் புலச்சுருள், சுழல்குருளுக்கு தொடர் இணைப்பாகவும். இந்த மொத்த அமைப்பிற்கு இணையாக பக்க புலச்சுருள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதன் அமைப்பு படம் 8-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8-ல் நீண்ட பக்க கூட்டுச்சுருள்மின்னோடி

$$I_a = I_{Se}$$

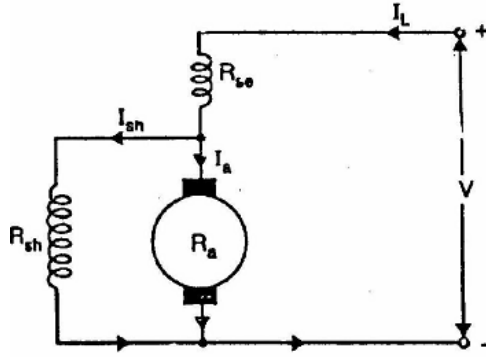
$$I_a = I_L - I_{sh}$$

$$V_L = E_b + I_a R_a + I_{Se} R_{Se}$$

$$E_b = V_L - I_a R_a - I_{Se} R_{Se}$$

ஆ. குறுகிய பக்க கூட்டுச்சுருள் மின்னோடி (Short Shunt Motor)

இந்த வகை மின்பக்க புலச்சுருள் சுழற்சுருளுக்கு மட்டும் இணையாகவும், இந்த மொத்த அமைப்பிற்கு தொடராக பக்க புலச்சுருள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதன் அமைப்பு படம். 9ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தொடர்புல காந்தபாயமும் பக்கபுல காந்தபாயமும் ஒரே திசையில் இருக்குமாறு புலச்சுருள்கள் இணைக்கப்பட்டிருந்தால், Cumulative கூட்டுச்சுருள் மின்னோடி என்றழைக்கப்படும். இவ்விரு காந்தபாயமும் எதிரெதிர் திசையில் இருக்குமாறு புலச்சுருள்கள் இணைக்கப்பட்டிருந்தால் Differential கூட்டுச்சுருள் மின்னோடி என்றழைக்கப்படும்.



I_L

படம் - 9 குறுகிய பக்க கூட்டுச்சுருள் மின்னோடி

நேர்மின் மோட்டரின் பயன்பாடுகள் (Application of DC Motor)

1. நேர்மின் பக்க மின்னோடி (Shunt Motor)

இந்த மின்னோடி நிலையான வேகத்தில் செயல்பட கூடியது. மேலும் இது மிதமான துவக்க சுழற்றுத்திறனை கொண்டது. எனவே, இந்த வகை மின்னோடி கடைசல் இயந்திர கருவி (Machine tools) இறைக்கும் இயந்திரம் (Reciprocating pumps), மின்விசிறிகள் மரவேலைப்பாடு இயந்திரங்கள் போன்றவற்றில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

2. நேர்மின் தொடர் மின்னோடி (Series Motor)

இந்த வகை மின்னோடி அதிக துவக்க சுழற்றுத் திறனை கொண்டது. இது அதிக துவக்க சுற்றுத்திறன் தேவைப்படும் இடங்களான மின்சார இரயில், பாரம் தூக்கி, உயர்த்தி, மின்தூக்கி போன்றவைகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

3. நேர்மின் கூட்டுச்சுருள் மின்னோடி (Compound Motor)

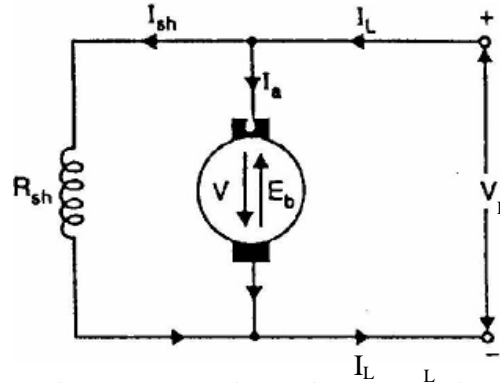
இந்தவகை மின்னோடியானது இடைப்பட்ட அதிக சுழற்றுத்திறன் தேவைப்படும் இடங்களுக்கும், துவாரமிடும் இயந்திரம், பெரிய கத்தரிக்கோல், ஆள் உயர்த்தி, பாரம் உயர்த்தி, அச்சுப்பதிக்கும் இயந்திரம், காற்றழுத்தி போன்றவற்றில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

எதிர்மின்னியக்கு விசை (Back EMF)

சுழற்சுருள் சுழலும்போது அதனுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும் கடத்திகளும் அதனுடன் சேர்ந்து சுழல்கிறது. அப்பொழுது கடத்தியானது காந்தவிசை கோடுகளை வெட்டுவதால் மின்னியக்கு விசை அதனுள் தூண்டப்படுகிறது. இந்த மின்னியக்கு விசையானது மோட்டாரை இயக்க செலுத்தப்படும் மின்னழுத்திற்கு எதிராக செயல்படுகிறது அதனால் இந்த மின்னியக்கு விசை, எதிர் மின்னியக்கு விசை என்றழைக்கப்படுகிறது.

இதன் மதிப்பானது

$$E_b = \phi * Z * N * P / 60 * A \text{ என்று குறிக்கப்படுகிறது.}$$



படம் 10- மோட்டரின் எதிர்மின்னியக்கு விசை

இந்த எதிர்மின்னியக்கு விசை எப்பொழுதும் மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பை விட குறைவாக இருக்கும்

$$V_L = E_b + I_a R_a$$

நேர் மின்னோடி தொடக்கிகள் (Starters for D.C Motors)

மின் தொடக்கிகளின் முக்கியத்துவம்

தொடக்க (Starter) என்பது நேர் மின்னோடியை துவக்கம் செய்வதற்கும், பாதுகாப்பதற்கும் தகுந்த அமைப்பு கொண்ட ஒரு சாதனம் ஆகும்.

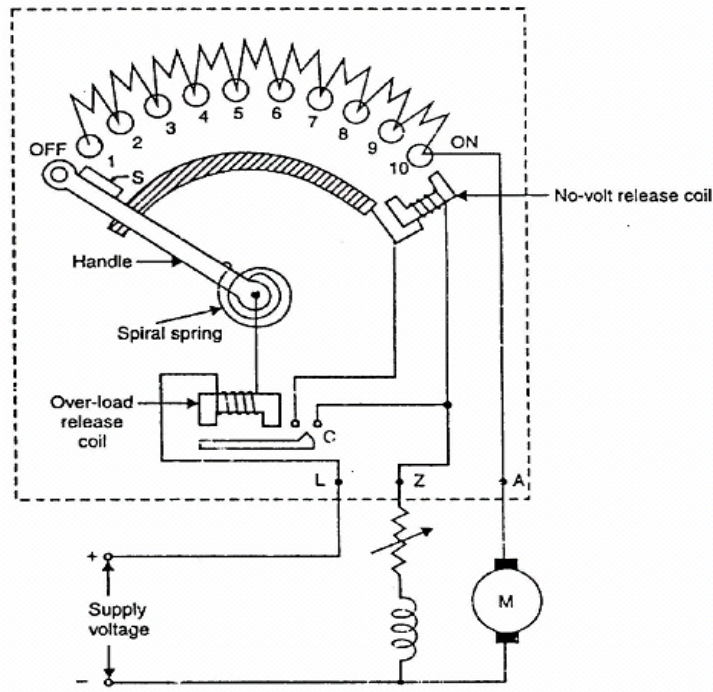
மோட்டரின் துவக்கநிலையில் எதிரிமின்னியக்கு விசை E_b சுழியாக இருக்கும். ஏனெனில் $E_b = ZNP/60A$. தொடக்க நிலையில் $N=0$. எனவே $E_b=0$, இந்நிலையில் மொத்த வழங்கல் மின்னழுத்தம் மின்னகத்திற்கு கொடுக்கப்படுவதால் குறைந்த மின்தடை (Resistance) கொண்ட மின்னகத்தின் வழியாக அதிக மின்சாரம் சென்று மின்னக கம்பி சுருள்கள் பாதிக்கப்படுகின்றன. துவக்கத்தில் செலுத்தும் மின்னோட்டத்தை எதிர்க்க தூண்டப்பட்ட எதிர்மின்னியக்கு விசை இல்லாததால், மொத்த வழங்கல் கொடுக்கும்போது, கம்பிச்சுருள் வழியாக அதிக மின்சாரம் செல்கிறது. எனவே தொடக்கநிலையில் தொடக்க மின்சாரத்தை குறைக்க செய்து, குறைவான மின்னழுத்தம் மட்டுமே மின்னோடிக்கு கொடுக்கவேண்டும் பின்னர் மின்னோடி நிலைவேகத்தில் ஓட துவங்கியதும், எதிர்மின்னியக்கு விசை தூண்டப்பட்ட பின் மொத்த மின்னழுத்தமும் கொடுக்கவேண்டும். இவ்வாறு துவக்க நேரத்தில் தொடக்க மின்சாரத்தை குறைப்பதற்கு மின்தொடக்கி பயன்படுகிறது. நேர்க்க மற்றும் நேர்கூட்டு சுருள் மின்னோடிகளில் இருவகையான மின்தொடக்கிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவையாவன,

1. மூன்று புள்ளி மின்தொடக்கி (Three Point Starter)
2. நான்கு புள்ளி மின்தொடக்கி (Four Point Starter)

1. மூன்று புள்ளி மின்தொடக்கி (Three Point Starter)

மூன்று புள்ளி மின்தொடக்கி Three Point Starter நேர்பக்க மின்னோடி மற்றும் நேர்கூட்டு சுருள் மின்னோடிகளை துவக்கம் செய்ய பயன்படுகிறது. இதில் L-line, F-Field மற்றும், A-Armature என்ற மூன்று முனைகள் உள்ளன. (படம் 11) ஒரு சதுர வடிவ பலகையின் பின்புறம் மின்தடய உறுப்புக்கள் (Resistor Elements) இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒவ்வொரு இணைப்பிலும் இருந்து பலகையின் மேற்புறம் உள்ள தாமிர சட்டம் (Copper Stud) இணைப்பு கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. மின்தொடக்கியின் கைப்பிடியை 'நிறுத்த(OFF)' நிலையில் இருந்து 'இயக்க(ON)' நிலைக்குக் கொண்டு செல்லும் போது கைப்பிடியானது சுருள் இழுவிசை (Spring Tension) மூலம் தாமிர சட்டத்தின் மேல் நகர்ந்து மின்தடையை சிறிது திறிதாக குறைக்கிறது.



படம் - 11 Three point Starter

மின்னோடியை தொடக்கி மூலமாக தொடக்கம் செய்யும்போது முதலில் தொடக்கியின் கைப்பிடி முதல் தாமிர சட்டத்தின் முதல் பகுதியை தொடுகிறது. இப்போது எல்லா மின்தடையும் மின்னகத்திற்கு தொடர்ச்சியாக இருப்பதால் குறைந்தஅளவு மின்னழுத்தம் மின்னகத்திற்கு கொடுக்கப்படுகிறது. இதனால் துவக்க மின்னோட்டத்தின் அளவு குறைகிறது. ஆனால் பக்கபுல கம்பிச்சுருளுக்கு மொத்த வழங்கல் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுவதால் நிலையான காந்தபுல உருவாகிறது. இப்பொழுது கைப்பிடியை 'இயக்க' நிலையை நோக்கி நகர்த்தும் போது தொடர்ச்சியாக உள்ள மின்தடை சிறிதுசிறிதாகக் குறைக்கப்பட்டு, கடைசியாக மொத்த வழங்கல் மின்னழுத்தமும் மின்னகத்திற்கு கிடைக்கிறது. கைப்பிடியில் ஒரு மெல்லிய இரும்புத்துண்டு(Soft Iron Piece) வைக்கப்பட்டுள்ளது. இது மின்னழுத்தமில்லா விலக்கம் (No Volt Release) மின்காந்தத்தால் ஈர்க்கப்படுவதால் மின்வழங்கல் இருக்கும்வரை கைப்பிடி 'இயக்க' நிலையிலேயே தொடர்ந்து இருக்கும்.

மின்னழுத்தமில்லா விடுபடல் (No volt Release-NVR)

இது ஒரு மின்காந்தம் ஆகும். இது பக்க புலச்சுருளுக்கு தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் வழியாக பக்கபுல மின்சாரம் செல்வதால் சுருள் மின்செறிவுட்டம் (Energise)ஆகிறது. சுருள் மின்செறிவுட்டம் ஆனவுடன் காந்தமாக ஆக செயல்பட்டு கைப்பிடியை 'இயக்க' நிலையில் வைத்துக்கொள்கிறது. திடீரென்று மின்வழங்கல் நிறுத்தப்பட்டாலோ, அல்லது மின்னழுத்தம் குறைந்துவிட்டாலோ இந்த மின்னழுத்தமில்லா சுருள் (No Volt Coil),

மின்செறிவற்று (De-energise) நிலையை அடைகிறது. எனவே இது தொடர்ந்து கைப்பிடியை 'இயக்க நிலை'யில் வைத்து இருக்க முடியாமல் 'நிறுத்த நிலை'க்கு விட்டுவிடுகிறது. இவ்வாறு வழங்கல் மின்னழுத்தம் இல்லாத நேரத்தில் கைப்பிடியை 'நிறுத்த' நிலைக்குக் கொண்டு வர பயன்படுத்துவதால் இதன் 'மின்னழுத்தமில்லா விடுபடல்' என்கிறோம்.

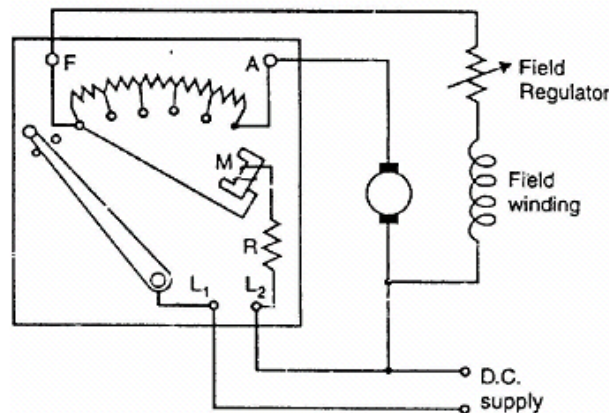
மிகுசுமை விடுபடல் (Overload Release)

இதுவும் ஒரு மின்காந்த அமைப்பு ஆகும். இது மின்தொடர் மின்னோட்டம் (Line Current) மூலம் மின்செறிவு அடைகிறது. மின்னோடியின் பளு குறிப்பிட்ட அளவைவிட அதிகமானவுடன் இதன் காந்தத்திறன் அதிகமாகிவிடும். எனவே இது அதன் பக்கத்திலுள்ள நகரும் இரும்பு துண்டை (Movable Iron) ஈர்க்கிறது. இதன் நகரும் இரும்பு துண்டானது மின்னழுத்தமில்லா சுருளின் இரு முனைகளையும் குறுக்கு சுற்று (Short Circuit) செய்வதால், கைப்பிடி பிடித்துக் கொண்டிருக்கும் மின்னழுத்தமில்லா சுருளின் அதன் மின்காந்த திறனை இழந்துவிடுகிறது. எனவே கைப்பிடி சுருள்வில்லின் (Spring) இழுவிசை மூலம் 'நிறுத்த' நிலைக்கு வந்துவிடுகிறது. இவ்வாறு மின்னோடி மிகுசுமை ஆகும் போது அதை பாதுகாக்க பயன்படுவதால் இதனை மிகுசுமை விடுபடல்(Over Load Release) என்கிறோம்.

2. நான்கு புள்ளி மின்தொடக்கி (Four Point Starter)

மூன்று புள்ளி மின்தொடக்கியை பயன்படுத்தும்போது நேர் மின்னோடியின் வேகத்தை புலகிளர்வு கட்டுப்பாட்டு முறையை பயன்படுத்தி கட்டுப்பாடு செய்ய முடியாது. ஏனெனில் வேகத்தை அதிகரிக்க புல மின்சாரத்தை குறைக்கும்போது புல மின்சாரத்தால் செறிவுட்டம் அடைந்து கொண்டிருக்கும் மின்னழுத்தமில்லா சுருளின் காந்தத்திறன் குறைந்து விடுகிறது. இதனால் சுருள் கைப்பிடி இயக்கநிலையில் வைத்துக்கொள்ள முடியாமல் 'நிறுத்து' நிலைக்கு விட்டுவிடுகிறது. இதுவே இந்த தொடக்கியில் உள்ள குறைபாடு ஆகும். இந்த குறைப்பாட்டினை நான்கு புள்ளி மின்தொடக்கி மூலம் தவிர்க்கப்படுகிறது.

நான்கு புள்ளி மின்தொடக்கி ஆனது, நேர்பக்க மற்றும் நேர்கூட்டு சுருள் மின்னோடிகளில் தொடக்கம் செய்ய பயன்படுகிறது.



படம் 12 Four point Starter

மூன்றுபுள்ளி மின்தொடக்கியை பயன்படுத்தும்போது மின்னோடியில் புல கட்டுபாட்டை பயன்பாடு முறையை பயன்படுத்தி வேககட்டுபாடு செய்யமுடியாது. ஆனால் நான்கு புள்ளி மின்தொடக்கியை பயன்படுத்தும் மின்னோடியில் இம்முறையை பயன்படுத்தலாம். ஏனெனில் இங்கு மின்னழுத்தம் இல்லா சுருள் ஆனது பக்கபுலமானது தொடராக இல்லாமல், ஒரு மின்தடை Rp க்கு தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். எனவே இந்த மின்னழுத்தம் இல்லாசுருளுக்கும், புல மின்னோட்டத்திற்கும் எவ்வித தொடர்பும் இல்லை. எனவே வேககட்டுபாடு செய்ய புலமின்சாரத்தை குறைக்கும்போது, மின்னழுத்தமில்லா சுருளின் காந்தத்திறன் பாதிக்கப்படுவதில்லை. எனவே கைப்பிடியானது தொடர்ந்து 'இயக்க' நிலையிலேயே இருக்க முடிகிறது. படம் 12.

நான்கு புள்ளி மின்தொடக்கியில் நான்கு முனைகள் உள்ளன. அவை,

1. L+Line plus 2. L-Line Minus
3. A-Armature 4. F-Field

ஒரு சதுரவடிவ பலகையின் பின்புறம் மின்தடை உறுப்புகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு இணைப்பிலும் இருந்து பலகையின் மேல்புறம் உள்ள தாமிர இணைப்புகளுக்கு இணைப்பு கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. தொடக்கியின் கைப்பிடியை 'நிறுத்த' நிலையிலிருந்து 'இயக்க' நிலைக்குக் கொண்டு செல்லும்போது கைப்பிடியானது. சுருள்வில் இழுவிசை மூலம் தாமிர இணைப்புப்பகுதி மேல் நகர்வதால் மின்தடை சிறிது சிறிதாக குறைந்து கொண்டே வரும்.

மின்னோடியை தொடக்கம் செய்யும்போது முதலில் தொடக்கியின் கைப்பிடியின் முதல் தாமிர இணைப்பு பகுதியை தொடுகிறது. இப்போது குறைந்த அளவு மின்னழுத்தம் மின்னகத்திற்கு கொடுக்கப்படுகிறது. இதனால் தொடக்க நிலை மின்சாரம் குறைகிறது. ஆனால் பக்கபுல மின்சுருளில் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுவதால் நிலையான காந்தபாயம் உருவாகிறது. இப்பொழுது கைப்பிடியை 'இயக்க' நிலையை நோக்கி நகர்த்தும்போது தொடராக உள்ள சிறிது சிறிதாக குறைக்கப்பட்டு கடைசியாக மொத்த மின்னழுத்தமும் மின்னகத்திற்கு கிடைக்கிறது. கைப்பிடியில் மெல்லிய இரும்புத்துண்டு ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. இது மின்னழுத்தமில்லா சுருளால் ஈர்க்கப்படுவதால் மின்வழங்கல் இருக்கும்வரை கைப்பிடியை இயக்கநிலையிலே வைத்திருக்கும்.

மின்னழுத்தமில்லா விடுபடல் (No Volt Release)

இது ஒரு மின்காந்த அமைப்பு ஆகும். இதில் ஒரு பாதுகாப்பு மின்தடை தொடராக இணைக்கப்பட்டு மின்வழங்கலுக்கு இணையாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இது கைப்பிடியை இயக்கநிலையில் வைத்திருக்க பயன்படுகிறது. வழங்கல் மின்னழுத்தம் நின்றவுடன் NVRI செறிவுறா நிலையில் கைப்பிடியை நிறுத்த நிலைக்கு கொண்டு வருகிறது. மின்னழுத்தம் இல்லாத நேரத்தில் கைப்பிடியை

நிறுத்த நிலைக்கு கொண்டுவர பயன்படுவதால் இது மின்னழுத்தமில்லா விடுபடல் (No Volt Release) எனப்படுகிறது.

மிகுசுமை விடுபடல் (Over load Release)

இதுவும் ஒரு மின்காந்த அமைப்பு ஆகும். இது மின்தொடர் மின்னோட்டம் (Line Current) மூலம் மின்செறிவு அடைகிறது. மின்னோடியின், பளு குறிப்பிட்ட அளவைவிட அதிகமானவுடன் இதன் காந்தத்திறன் அதிகமாகிவிடும். எனவே இது அதன் பக்கத்திலுள்ள நகரும் இரும்புத் துண்டை (Movable Iron) ஈர்க்கிறது. இந்த நகரும் இரும்பு துண்டானது மின்னழுத்தமில்லா சுருளின் இரு முனைகளையும் குறுக்கு சுற்று (Short Circuit) செய்வதால், கைப்பிடி பிடித்துக்கொண்டிருக்கும் மின்னழுத்தமில்லா சுருளின் அதன் மின்காந்த திறனை இழந்துவிடுகிறது. எனவே கைப்பிடி சுருள்வில்லின் (Spring) இழுவிசை மூலம் 'நிறுத்த' நிலைக்கு வந்துவிடுகிறது. இவ்வாறு மின்னோடி மிகுசுமை ஆகும்போது அதை பாதுகாக்க பயன்படுவதால் இதனை மிகுசுமை விடுபடல் (Over Load Release) என்கிறோம்.

UNIT- II

SYNCHRONOUS MACHINE

ஒத்தியங்கு மின் எந்திரம்

மாறுதிசை மின்னோக்கிகள் (AC Generator)

மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பானது நேர்திசை மின்னோட்ட அமைப்பைவிட பல்வேறு நன்மைகளை கொண்டுள்ளது. மின்திறனை உருவாக்கவும், ஒரு பகுதியிலிருந்து மற்றொரு பகுதிக்கு அனுப்பவும் மற்றும் பகிர்ந்தளிக்கவும் பெரும்பாலும் மூன்றுகட்ட மாறுதிசை மின்னோட்ட அமைப்பானது உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. இயந்திர ஆற்றலில் இருந்து மூன்றுகட்ட மின் ஆற்றலை உருவாக்கக்கூடிய அமைப்பு மாறுதிசை மின்னோக்கிகள் அல்லது ஒத்தியங்கு மின்னோக்கிகள் எனப்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னோக்கியே நாம் அன்றாடம் பயன்படுத்தும் மின்னாற்றலை உருவாக்கும் முதன்மை மூலம் (source) ஆகும்.

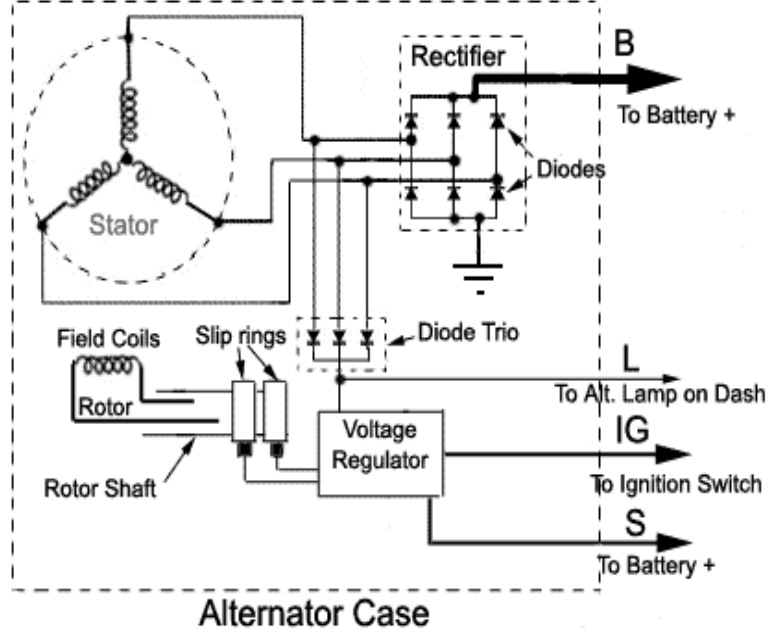
மாறுதிசை மின்னோக்கிகள் செயல்படும் அடிப்படை தத்துவம்

மின்னோக்கிகள் என்பது இயந்திர சக்தியை மின்சக்தியாக மாற்றும் அமைப்பு ஆகும். ஒரு கடத்தியின், காந்தப்பாயலை வெட்டும்போது, மின்தூண்டல் விதிப்படி அந்த கடத்தியில் மின்னியக்கி விசை தூண்டப்படுகிறது. அந்தக் கடத்தி ஒரு பூர்த்தியான மின்சுற்றை உருவாக்கினால் அந்த கடத்தி வழியாக மின்னோட்டம் பாய்கிறது. கடத்தியில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் திசை “ பிளமிங்கின் வலதுகை விதி”யை பயன்படுத்தி அறியலாம். ஒரு சாதாரண மாறுதிசை மின்னோக்கிகள் படம். 1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

பொதுவாக மாறுதிசை மின்னோக்கிகள் நிலையகத்தில், மின்னகம் (ARMATURE) சுழலும் காந்தப்புலத்தை உருவாக்க சுழலியில் புல துருவமுனைகளும் வைக்கப்பட்டிருக்கும். முதன்மை இயக்கியின் (Prime Mover) உதவியால் காந்தப்புலம் சுழலும்வண்ணம் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் புலதுருவ முனைகளை சுழற்றக்கூடிய முதன்மை இயக்கி, சுழலி (Turbine) அல்லது டீசல் இயந்திரம் அல்லது பெட்ரோல் இயந்திரம் ஆகும். மின்னக கடத்திகளில் தூண்டப்படக்கூடிய மின்னியக்கு விசை மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை ஆகும்.

ஒரு சாதாரண கணு (loop) மின்னோக்கிகளில் மின்னியக்கு விசை எவ்வாறு உருவாகிறது என்பது பின்வரும் பகுதியில் விளக்கப்பட்டுள்ளது. படம். 2ல் ஒரு தாமிரச் சுருள் ABCD காந்தப்புலத்தினுள் சுழல்கிறது. சுருளினுடைய இரு முனைகளும், இரண்டு நழுவு வளையங்கள் a,b களும் தனித்தனியாக காப்பு செய்யப்பட்டிருக்கும். நழுவு வளையங்கள் a,b யுடன் இரண்டு தூரிகைகள் படம். 2ல் காட்டியவாறு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த தூரிகைகள் சுருள்களில் ஏற்படக்கூடிய மின்னோட்டத்தை வெளிப்பளுவும் அனுப்ப உதவி செய்கிறது.

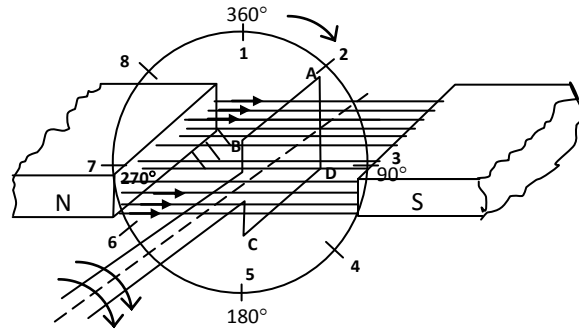
Typical Alternator Circuit



படம் 1

காந்தப்புலத்தினுள் சுருள் சுழலும்போது, சுருளினை வெட்டும் பாயல் மாறுகின்ற காரணத்தினால், சுருளில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இவ்வாறு தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை, பாயல் காந்தப்புலத்தினுள் விகிதத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். சுருள் காந்தப்புலத்தினுள் வலஞ்சுழி திசையில் சுழல்வதாக கொள்வோம்.

சுருள்தளம், (Plane) காந்தப்புலக் கோடுகளுக்கு செங்குத்தாக இருக்கும்போது (நிலை 1ல் $\theta = 0^\circ$) சுருளை வெட்டக்கூடிய பாயல் உச்சரவரம்பில் இருக்கும். ஆனால் பாயல்வெட்டு மாறுவிகிதம் குறைந்தவரம்பில் உள்ளது நிலை 1ல் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படாது. (ஏனெனில் சுருள், எந்த பாயல் கோட்டினையும் வெட்டுவதில்லை)

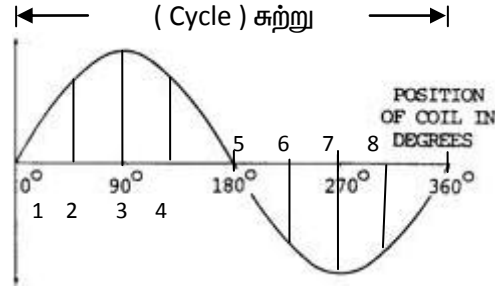


படம் 2

சுருள்நிலை 1ல் இருந்து ($\theta = 90^\circ$) சுருள்தளம், பாயல் கோடுகளுக்கு இணையாக இருக்கும். எனவே சுருளில் வெட்டக்கூடிய பாயல் குறைந்த வரம்பில்

இருக்கும். ஆனால் பாயல்வெட்டு மாறுவிகிதம் உச்சவரம்பில் இருப்பதால் இந்த நிலையில் உச்சவரம்பு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது.

அடுத்த கால்கற்றில் (Quarter), நிலை 3ல் இருந்து நிலை (90° வடி 180°) சுருள் சுழலும்போது, சுருளை வெட்டும் பாயல் படிப்படியாக அதிகரித்தும் ஆனால் பாயல்வெட்டு மாறுவிகிதம் படிப்படியாக குறைந்து கொண்டே இருக்கும். நிலை 5ல் சுருள் தளம் வரும்போது, தூண்டக்கூடிய மின்னியக்கு விசை சுழியாக இருக்கும்.



படம் - 3

சுருள்தளம், நிலை 5லிருந்து 7க்கு சுழலும்போது (180° முதல் 270° வரை), சுருளில் தூண்டக்கூடிய மின்னியக்கு விசை எதிர்திசையில் தூண்டப்படுகிறது. எனவே நிலை 7ல் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை எதிர்மறை (Negative) உச்சவரம்பாக இருக்கும். பின்சுருள், நிலை 7ல் இருந்து நிலை 1க்கு சுழலும் போது (270° to 360°) சுருளினை வெட்டக்கூடிய பாயல் படிப்படியாக அதிகமாகும், ஆனால் பாயல்வெட்டு மாறுவிகிதம் படிப்படியாக குறைந்து கொண்டே இருக்கும். சுருள் தளம், நிலை 1ல் வரும்போது, தூண்டப்படக்கூடிய மின்னியக்கு விசை சுழியாக இருக்கும். எனவே சுருளினில் தூண்டப்படக்கூடிய மின்னியக்கு விசை படம் 3ல் காட்டியுள்ளவாறு மாற்றுதிசை மின்னியக்கு விசை ஆகும்.

மின்னோக்கிகளின் தேவைகள்

மின்னியக்குவிசை மின்னியக்கு விசையை உற்பத்தி செய்ய, இரண்டு அடிப்படை அமைப்புகள் வேண்டும், அவைகள்

1. காந்தப்புலத்தை உற்பத்தி செய்ய காந்தப்புல அமைப்பு
2. மின்னியக்கு விசையை தூண்டச் செய்ய மின்னக அமைப்பு ஆகும்.

மாறுதிசை மின்னோக்கிகளில் மின்னியக்கு விசையை தூண்டச் செய்ய ஒரு அமைப்பு சுழலும் படியாகவும், மற்றொரு அமைப்பு நிலையாக இருக்கும் படியாகவும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். மாறுதிசை மின்மாற்றியில் பின்வரும் முறைகள் மூலமாக மின்னியக்கு விசை உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.

1. நிலையான மின்னகம் மற்றும் சுழலும் புல அமைப்பு
2. நிலையான புலம் மற்றும் சுழலும் மின்னக அமைப்பு

1. நிலையான மின்னகம் மற்றும் சுழலும் புல அமைப்பு

இவ்வகை மாறுதிசை மின்மாற்றியின் சுழலியில் மின்னக சுருளும், நிலைகத்தில் புலச்சுருளும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். உற்பத்தி ஆகக்கூடிய மின்னியக்கு விசை, நழுவு வளையம் மற்றும் தூரிகைகள் வழியாக எடுக்கப்படுகிறது. இவ்வகை அமைப்பு குறைந்ததிறன் (250 KVA வரைக்கும்) உள்ள இயந்திரங்களும் ஏற்றது.

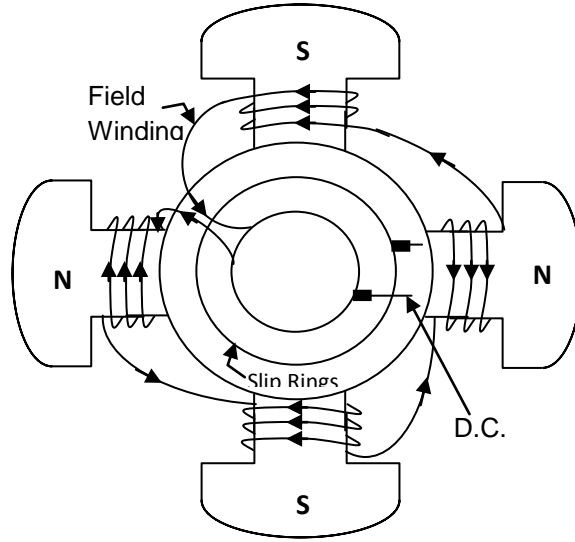
2. நிலையான புலம் மற்றும் சுழலும் மின்னக அமைப்பு

மாறுதிசை மின்னோக்கியில் பயன்படுத்தப்படும் சுழலியின் அமைப்பை பொறுத்து, மாறுதிசை மின்னோக்கியை இருவகையாகப் பிரிக்கலாம்.

1. துருத்து துருவ (Salient) முனை மின்னோக்கிகள்.
2. உருளை வகை மாறுதிசை மின்னோக்கிகள் (Smooth Cylindrical) (அல்லது) சுழல் (Turbo) மாறுதிசை மின்னோக்கிகள்.

துருத்து துருவ மாறுதிசை மின்னோக்கியின் அமைப்பு விவரம்

துருத்து துருவ மாறுதிசை மின்னோக்கியினுடைய பல்வேறு பகுதிகளில் படம் 4ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 4

நிலையகம்

சிறிய இயந்திரங்களில், நிலையக சட்டம் (Frame) வார்ப்பு இரும்பினாலும் அதிக திறன் உள்ள இயந்திரங்களால் இணைப்பு (Weld) செய்யப்பட்ட எஃகுவினால் உருவாக்கப்பட்டிருக்கும் (Ventilating Ducts). சட்டத்தின் உள்பகுதியில் நிலையக உள்ளகம் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். நிலையக உள்ளகம், மெல்லிய தகடு சிலிக்கன்

எஃகுவினால் சுழல் மின்னோட்ட இழப்பு குறைவாக இருக்கும். இத்தகடுகளுக்கு இடையில் பூச்சு (Varnish) காப்பு செய்யப்பட்டிருக்கும்.

மின்னக உள்ளகத்தின் உள்புறத்தில், மின்னக சுருள்கள் வைப்பதற்காக செருகுவாய் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். சிறிய இயந்திரங்களில் உள்ளகம் முழுவட்டமாகவும், பெரிய இயந்திரங்களில் இரண்டு அல்லது மூன்று பகுதிகளாக மின்ன உள்ளகம் படம் 5ல் காட்டியவாறு செய்யப்பட்டு ஒன்றோடு ஒன்று வட்டவடிவில் இணைக்கப்பட்டு நிலையாக சட்டத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

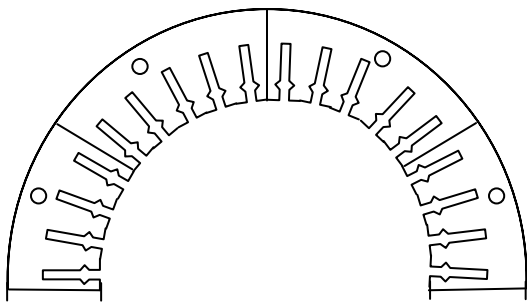
செருகுவாய்

செருகுவாய்களின் வெவ்வேறு அமைப்பு படம். 6ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பொதுவாக மாறுதிசை இயந்திரங்களில் திறந்தவகை அல்லது மூடியவகை செருகுவாய் பயன்படுத்தப்பட்டிருக்கும். குளிர்ச்சி முறையை அதிகப்படுத்த துணை செருகுவாய் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அச்சினில் சுற்றப்பட்ட சுருள்களுக்கு திறந்த வகை செருகுவாய்கள் பொருத்தமானது. திறந்தவகை செருகுவாயில், சுருளை அமைப்பதும் பழுது ஏற்படும்.

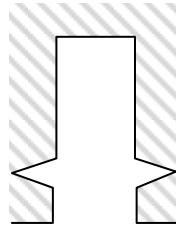
காலங்களில் சுருளை வெளியே எடுப்பதும் எளிது. ஆனால் அதிர்வினால் கடத்திகள் வெளியில் வந்துவிடலாம்.

ஆனால் அரை (Semi) மூடியவகை செருகுவாய்களில் இது போன்ற பிரச்சனைகள் கிடையாது. அரை மூடியவகை செருகுவாய்களுக்கு அச்சினில் சுற்றப்பட்ட சுருள்கள் பொருத்தமானதல்ல.

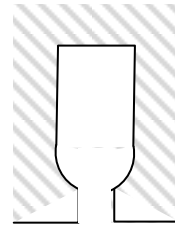
மூடிய செருகுவாயில் சுருள்கள் அமைப்பது கடினம், எனவே இவ்வகை செருகுவாய்கள் அதிகம் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.



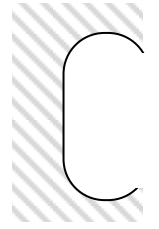
படம் - 5 நிலையம்



திறந்த வகை



பாதி மூடப்பட்ட



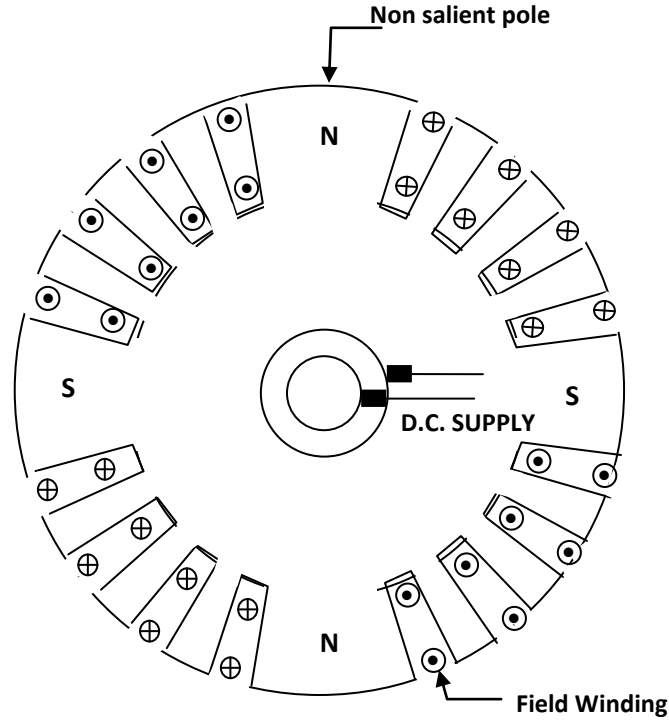
மூடப்பட்ட வகை

படம் - 6

துருத்து துருவமுனை(Salient) சுழலியின் அமைப்பு

இது குறைந்த மற்றும் மிதவேக மாறுதிசை, மின்னோக்கிகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. துருத்து துருவமுனை சுழலியின் நீளம் குறைவாகவும், விட்டம் அதிகமாகவும் இருக்கும். சிலிக்கான் எஃகுவால் செய்யப்பட்ட தகடுகளை அடுக்கி துருவமுனை உருவாக்கப்படுகிறது.

இந்த துருவமுனைகள் வார்ப்பு இரும்பு அல்லது வார்ப்பு எஃகுவினாலும் செய்யப்பட்ட சக்கரத்தில் நீண்டு இருக்கும்வண்ணம் படம். 7ல் காட்டியவாறு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். எனவே இதற்கு நீட்டிக்கொண்டிருக்கும் துருவமுனை வகை சுழலி என்று பெயர். அதிகவேக இயந்திரத்தில் துருவமுனைகளின் எண்ணிக்கை குறைவாகவும், சுழலியின் விட்டம் சிறியதாகவும் இருக்கும். சிறிய இயந்திரங்களுக்கு, புலச்சுருள்கள், காப்புசெய்யப்பட்ட தாமிரகம்பிகளினால் துருவமுனைகளைச் சுற்றி சுற்றப்பட்டிருக்கும். பெரிய இயந்திரங்களில் புலச்சுருள்கள், தாமிர சட்டக்கம்பிகளாக அமைத்து துருவ முனைகளில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். புலச்சுருள் வடக்கு மற்றும் தெற்கு முனைகளை உருவாக்கும்வண்ணம் தொடராக இணைக்கப்பட்டு கிளர்வானில் (Excitor) இருந்து நேர்திசை மின்னோட்டம் நழுவு வளையம் வழியாக கொடுக்கப்படுகிறது.



படம் 7

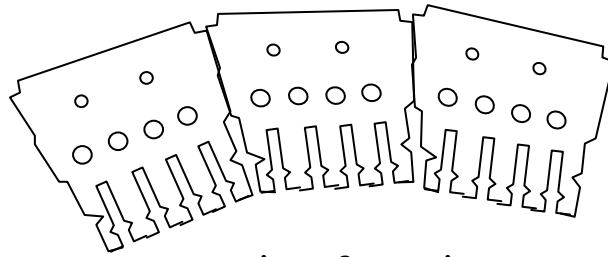
ஒடுக்கி சுருள்(Damper)

துருவமுனை மேற்பரப்பில் செருகுவாய்கள் அமைக்கப்பட்டு, அந்த செருகுவாயில் தாமிர சட்டக்கம்பி வைக்கப்பட்டிருக்கும். தாமிர வளையம் மூலமாக குறுக்கு சுற்று செய்யப்பட்டிருக்கும். இந்த சுருளிற்கு ஒடுக்கி சுருள் என்று பெயர்.

இந்த சுருள், ஹண்டிங் விளைவை (Hunting Effect) (பளுவின் வேறுபாட்டினால் சுழலிலியானது முன்னும்பின்னுமாக ஊசல் ஆடுவது) குறைக்கப் பயன்படுகிறது. சுழன்று கொண்டிருக்கும், சுழலியில் திடீரென ஏற்படும் வேகமாறுபாட்டால், சுழலி ஊசலாடும் நிலையை அடைந்து, சிறிது நேரம் கழித்து சீரான வேகத்தை அடைவதை Hunting என்கிறோம். ஹண்டிங் விளைவினால்,

மாறுதிசை மின்னோக்கிகளின் சுழலி ஊசல் ஆடும்போது ஒடுக்கி சுருளில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இந்த மின்னியக்கு விசையினால் குறுக்குசுற்று செய்யப்பட்ட ஒடுக்கி சுருள்கள் வழியாக மின்னோட்டம் பாய்ந்து ஹன்டிங் குறைக்கப்படுகிறது. சீரான வேகத்தில் சுழலி சுற்றும்போது ஒடுக்கி சுருளில் எந்த செயல்பாடும் கடப்பதில்லை. ஒத்தியங்கு மின்னோடிகளை ஒடுக்கு சுருள் சுழல ஆரம்பிக்க செய்ய பயன்படுத்தப்படுகிறது.

உருளை வகை மாறுதிசை மின்னோக்கிகள் (Turbo AC மின்னோக்கியின் அமைப்பு)



படம்; - 8 நிலையகம்;

சுழல் மாறுதிசை மின்னோக்கியின் நிலையக அமைப்பு, துருத்து துருவமுனை துருவ முனையின் நிலையக அமைப்பை போலவே இருக்கும்.

மின்சுழலி (சுழுகமான உருளைவடிவ சுழலி)

உருளை வடிவ சுழலியின் அமைப்பு படம். 8 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ்வகை சுழலி அதிக வேகத்தில் சுழலும் சுழல் மாறுதிசை, மின்னோக்கிகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வகை சுழலி கொண்ட மாறுதிசை மின்னோக்கியின் நீளம், அதிகமாகவும், விட்டம் குறைவாகவும் இருக்கும். சிறிய இயந்திரங்களில் உள்ளகமும், அச்சத்தண்டும் ஒரே துண்டாக உருவாக்கப்பட்டிருக்கும். மெல்லியதாக சிலிக்கான் ஸ்டீலினால் செய்யப்பட்ட உருளையின் மேற்பரப்பில் செருகுவாய்கள் அமைக்கப்பட்டு புலச்சுருள்கள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். துருவமுனைகள் அமைக்க குறிப்பிட்ட பரப்பளவில் செருகுவாய்கள் அமைக்கப்படாமல் விடப்பட்டிருக்கும். இவ்வகை சுழலியில் துருவமுனைகள் நீண்டு இருக்காது. இதனால் இது சுழுகமான உருளை வடிவ மாறுதிசை மின்னோக்கிகள் என்று அழைக்கப்படுகிறது. காற்றோட்டத்துக்காக காற்றுத்துளைகள் (Ducts) அமைக்கப்பட்டிருக்கும். பெரும்பாலும் இந்த மாறுதிசை மின்னோக்கியில் துருவ முனைகளின் எண்ணிக்கை 2 அல்லது 4 ஆக இருக்கும்.

துருத்து துருவமுனை சுழலியைவிட சுழுகமான உருளை வடிவ சுழலி பல்வேறு நன்மைகள் கொண்டுள்ளது

1. நல்ல சமநிலை கிடைக்கிறது
2. சுழலி சுழலும் போது கூச்சல் எற்படுவதில்லை.

3. புலச்சுருள், செருகுவாயில் பரவி இருப்பதால் நல்ல குளிர்ச்சி கிடைக்கிறது.
4. ஒடுக்கி சுருள் தேவையில்லை.
5. காற்று இழப்பு குறைவு
6. காற்று இடைவெளி ஒரே சீராக இருக்கும்.

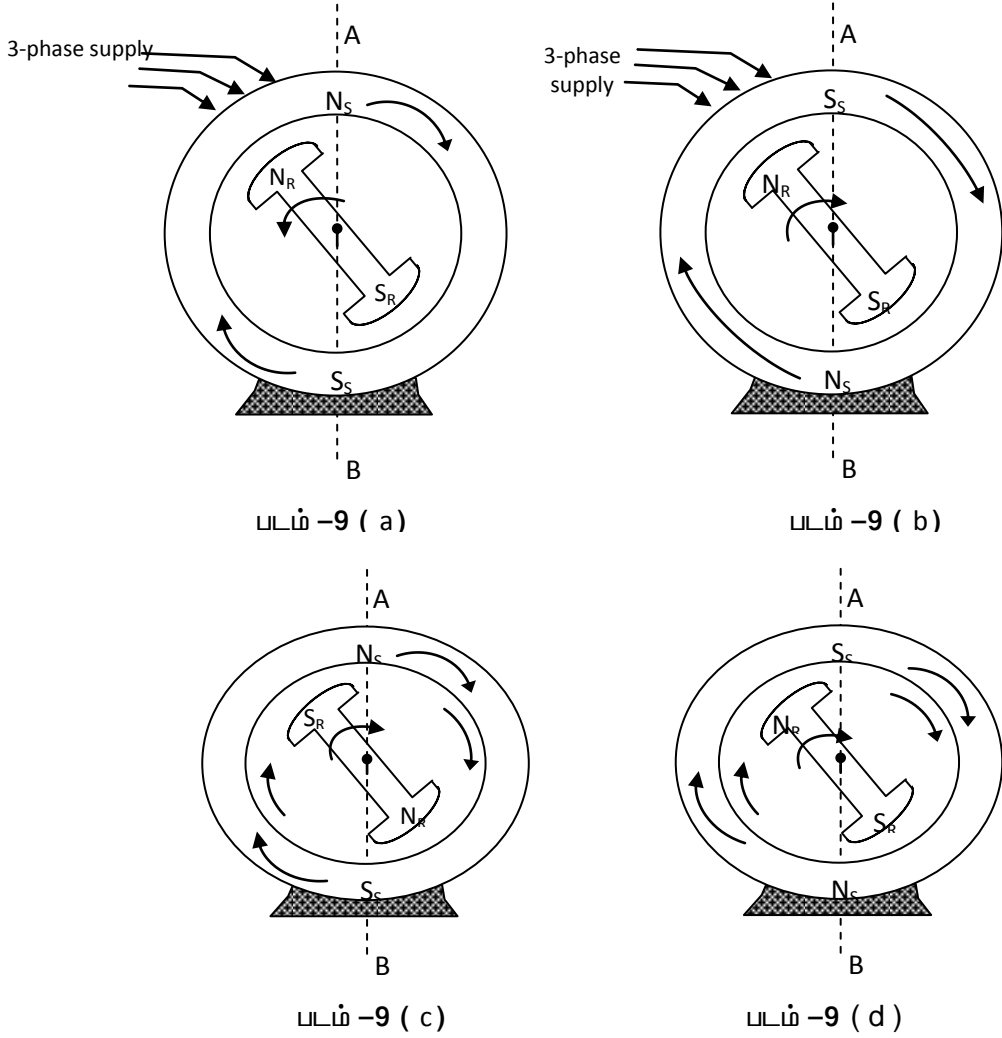
ஒத்தியங்கு மின்னோடி (Synchronous Motor) ஒத்தியங்கு மின்னோடியின் அடிப்படை கோட்பாடு

ஒத்தியங்கு மின்னோடி மின் ஆற்றலை இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றுகிறது. இது மாறாத, ஒத்தவேகத்தில் சுழலும். இதனுடைய கட்டுமான அமைப்பு மாறுதிசை மின்னோக்கிகளை போன்றது. இதன் நிலையகத்தில் மூன்றுகட்ட மின்னக சுருளும், சுழலியில் வெளியே நீண்டு கொண்டிருக்கும் துருவமுனை அமைக்கப்பட்டு அதில் புலச்சுருள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். புலச்சுருளுக்கு நேர்திசை மின்சாரம் கொடுக்கப்படுகிறது. இந்த மின்னோடியில், சுயமாக சுழற்சி ஆரம்பிக்க இயலாது. இந்த மின்னோடி பின்தங்கிய (Lag) மற்றும் முந்திய (Lead) திறன் காரணியில் (Power Factor) செயல்படும்.

ஒத்தியங்கு (ஒத்தவேகத்து) மின்னோடி செயல்படும் தத்துவம்

ஒத்தவேகத்து மின்னோடியின் நிலையகத்தில் உள்ள மூன்றுகட்ட சுருள்களுக்கு மூன்று கட்ட மின்சாரம் கொடுக்கும் போது, சுற்றிக் கொண்டிருக்கும் காந்தப்புலம் ஆனது ஒத்தவேகத்தில் $N_s = \frac{120f}{p}$ உருவாகிறது N_s மற்றும் S_s என்ற இரண்டு துருவமுனைகளைக் கொண்ட ஒத்தவேகத்து மின்னோடி அதன் ஒத்தவேகத்தில் சுழல்வதாகக் கொள்வோம். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் N_s , X புள்ளியிலும், S_s , Y புள்ளியிலும் படம் 9a ல் காட்டியவாறு இருப்பதாகக் கொள்வோம். சுழலியில் உள்ள புலச்சுருளுக்கு நேர்திசை மின்சாரம் கொடுக்கும்போது, சுழலியில் N_r மற்றும் S_r என்ற இரண்டு நிலையான துருவமுனைகள் உண்டாகிறது. இப்போது ஒரேமாதிரியான துருவமுனைகள் N_s, N_r மற்றும் S_s, S_r பக்கத்தில் இருப்பதால் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்விசை உருவாகும். இதனால் சுழலி இடஞ்சுழி திசையில் படம் 9ல் காட்டியவாறு சுழல முயலும்.

பாதிச்சுற்றுக்குப் பிறகு சுற்றிக் கொண்டிருக்கும் காந்தப்புலத்தின் காந்த முனைகளின் திசை மாறுகிறது. அதாவது படம் 9c ல் காட்டியடி N_s , புள்ளி, Y யிலும், S_s புள்ளி X லும் மாறுகிறது. இப்போது N_s, F_r ஐ ஈர்க்கிறது. இதைப்போல் S_s, N_r ஐ ஈர்ப்பதால் சுழலி வலஞ்சுழி திசையில் சுழல முயலும். முதலில் சுழலி கடிகாரமுள் எதிர்திசையிலும், அரை சுற்றிற்கு பிறகு கடிகாரமுள் திசையிலும் சுழல முயலுகிறது. ஆனால் மின்காந்த பூட்டினால் (Magnetic Locking) சுழலி எந்த திசையிலும் சுழலாமல் நிலையாக இருக்கும். எனவே ஒத்தவேகத்து மின்னோடியில் ஆரம்ப திருப்புவிசை ஏற்படாது.

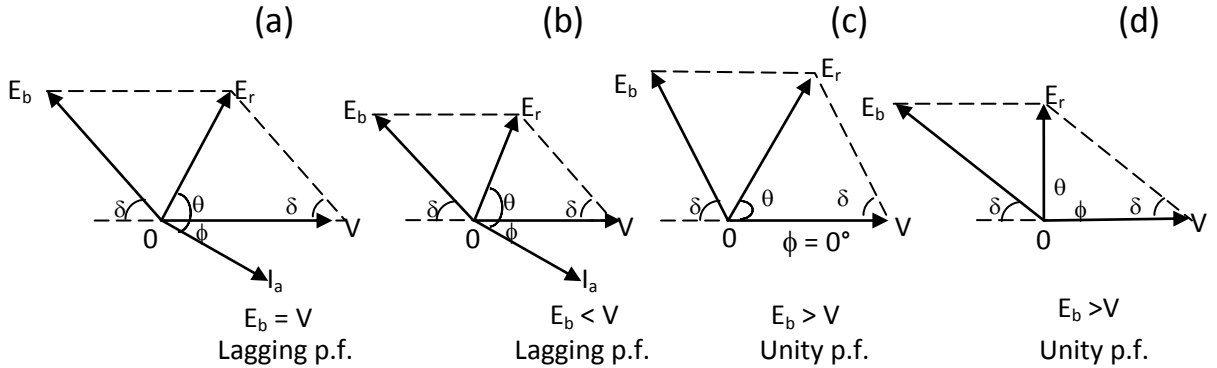


இப்போது நிலையகமும், சுழலியும் படம் 1ல் காட்டியவாறு இருப்பதாகக் கொள்வோம். இப்போது Ss Nr மற்றும் NsSr இடையில் ஈர்ப்பு விசை ஏற்படும். இப்போது படம் 9d ஐ போன்று நிலையக துருவமுனை நிலை மாறுவதற்குள் சுழலியில் உள்ள துருவமுனை ஒரு துருவமுனை தூரம் கடக்கும்படியான வேகத்தில் நிலையக காந்தப்புலம் சுற்றும் திசையில் ஒரு வெளிப்புற இயந்திரத்தைக் கொண்டு சுழல வைத்தால், நிலையகம் மற்றும் சுழலி துருவமுனைகளுக்கு இடையில் ஈர்ப்பு விசை தொடர்ந்து இருக்கும். இதனால் ஒரே திசையில் சுழலி திருப்பு ஏற்படும். இப்போது வெவ்வேறு துருவமுனைகள் ஒன்றையொன்று ஈர்க்கும் என்ற கொள்கையின்படி, சுழலும் காந்தப்புலம் (RMF) சுழலும் திசையில் அதே வேகத்தில் சுழலி சுழலும். எனவே ஒத்தவேகத்து மின்னோடியை செயல்படுத்த, அதன் சுழலியை ஆரம்பத்தில் ஒத்தவேகத்திற்கு சுழலச் செய்யவேண்டும். பின் நிலையக சுருளுக்கு மின்சாரம் கொடுத்தால் நிலையகத்தில் உண்டாகும் சுழலும் காந்தப்புலம் சுழலி துருவமுனைகளுடன் காந்தப்பூட்டை ஏற்படுத்தி தொடர்ந்து ஒத்தவேகத்தில் சுழலச் செய்யும். பின்பு சுழலியை சுழலச் செய்யும் வெளிப்புற இயந்திரத்தை நீக்கிவிடலாம்.

ஒத்தவேகத்து மின்னோடியின் பளு மற்றும் பளுஇல்லா நிலையின் கட்டப்படம்

ஒத்தவேகத்து மின்னோடி பளு இல்லாத நிலையில் எந்தவித இழப்பும் இல்லாமல் செயல்படுவதாகக் கொள்வோம். இப்போது சாதாரண கிளர்வினாள் (Excitation) நிலையகத்தில் தூண்டப்படும் எதிர்ப்பு மின்னியக்கு விசை (E_b), கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் V க்கு சமமாகவும், எதிர்திசையிலும் இருக்கும். இதன் கட்டப்படம் 10(a) ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதனால் ஏற்படும் தொகுபயன் மின்னழுத்தம் சுழி ஆகும். ஆனால் பளு இல்லாத நிலையில் மின்னோடியில் சிறிதளவு இழப்பு ஏற்படுவதால் எதிர்ப்பு மின்னியக்கு விசை (E_b) கட்ட படம் படம். 10b ல் காட்டியவாறு (α_1) கோணம் பின்தங்கி இருக்கும்.

எனவே தொகுபயன் மின்னழுத்தம் (E_0) ஏற்படுவதால் மின்னக மின்னோட்டம் I_{a1} ஏற்பட்டு இழப்பை ஈடுசெய்கிறது. அதே நேரத்தில் ஒத்தவேகத்து மின்னோடிக்கு பளு கொடுக்கப்படும்போது அதன் வேகம் மாறிலியாக இருப்பதால், சுழலி அதிககோண அளவு (α_2) பின்தங்கிய நிலையில் உள்ளது. இந்த நிலையில் கட்டப்படும் படம் 10c ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எனவே தொகுபயன் மின்னழுத்தம் E_{r2} (V மற்றும் E_b யின் வெக்டர் கூட்டுத்தொகை) அளவும் அதிகரிக்கப்படுவதால் மின்னக மின்னோட்டம் I_{a2} அளவிற்கு அதிகரித்து, பளுவை ஈடு செய்வதற்கான திறனை கொடுக்கப்படும் மின்சாரத்திலிருந்து பெறுகிறது.



படம் 10 மின்னோடியில் பளுவின் செயல்பாடு

இதுபோல் பளு அதிகரிக்க அதிகரிக்க, சுழலியின் பளு கோணத்தின் மதிப்பு அதிகரித்து, தொகுபயன் மின்னழுத்தம், மின்னக மின்னோட்டம் அதிகரித்து, அதிகபளுவை ஈடு செய்வதற்கான திறனை கொடுக்கப்படும் மின்சாரத்திலிருந்து மின்னோடி பெறுகிறது. பளுகோணம் 90° அளவுக்கு வரும்வரை பளுவை அதிகரிக்கலாம். தொகுபயன் மின்னழுத்தினால் ஏற்படும் மின்னக மின்னோட்டம்

$$I_a = \frac{E_r}{Z_s}$$

E_r = தொகுபயன் மின்னழுத்தம்
ஆனால்

$$E_r = V - E_b$$

$$I_a = \frac{V - E_b}{Z_s}$$

E_b - எதிர்ப்பு மின்னழுத்தம்

V - கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம்

Z_s - ஒத்தவேகத்து மொத்தமின் எதிர்ப்பு

$$Z_s = \sqrt{R_s^2 + X_s^2}$$

R_s = மின்தடை / கட்டம்

X_s = ஒத்தவேகத்து மின்எதிர்ப்பு / கட்டம்

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X_s}{R_s}$$

R_a மின்னக மின்தடை மிகவும் சிறிதளவு இருந்தால் $\theta = 90^\circ$ ஆக இருக்கும். மின்னோடி எடுக்கக்கூடிய உள்ளீடு திறன் = $\sqrt{3}V_L * I_L * \cos\phi$ Watts
 Π என்பது V க்கும் I க்கும் இடைப்பட்ட கோணம் ஆகும்.

ஒத்தவேகத்து மின்னோடியின் 'V' வளைவு மற்றும் தலைகீழ் 'V' வளைவு

ஒத்தவேகத்து மின்னோடியின் உள்ளீடு திறன் மற்றும் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் மாறிலியாக இருக்கும்போது, கிளர்வினை வேறுபடுத்தும்போது மின்னக மின்னோட்டமும், திறன்காரணியும் வேறுபடுகிறது. கிளர்வு நிலை மின்னோட்டத்திற்கும் மின்னக மின்னோட்டத்துக்கும் மற்றும் கிளர்வுக்கும் திறன் காரணிக்கும் உள்ள தொடர்பு V வடிவில் இருக்கும். சாதாரண கிளர்வில் மின்னக மின்னோட்டம் மிகக் குறைவாகவும், திறன்காரணி ஒருமை மதிப்பிலும் இருக்கும்.

கிளர்வு அதிகரிக்கும்போது மின்னக மின்னோட்டம் அதிகமாகிக் கொண்டும், திறன்காரணி முன்தங்கி குறைந்து கொண்டும் செல்கிறது. அதேபோல் கிளர்வு குறையும்போது மின்னக மின்னோட்டம் அதிகமாகி கொண்டும், திறன்காரணி பின்தங்கிய நிலையில் குறைந்து கொண்டு செல்கிறது. எனவே மின்னக மின்னோட்டத்திற்கும், புலமின்னோட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள தொடர்பு 'V' வளைவு ஆகும். புலமின்னோட்டத்திற்கும், திறன் காரணிக்கும் உள்ள தொடர்பை காட்டும் வரைபடம் தலைகீழ் 'V' வளைவாகவும் கிடைக்கிறது.

மூன்று கட்ட தூண்டல் மின்னோடிகள் (Three phase Induction Motor)

மற்ற மின்னோடிகளை போன்ற மூன்றுகட்ட தூண்டல் மின் மோட்டார்கள் நிலையகத்தையும் சுழலியையும் கொண்டுள்ளது. நிலையகம் ஆனது மூன்று கட்ட சுருள்களையும் (நிலையகச் சுருள்கள்) சுழலியானது குறுக்கு (short) சுற்று சுருள்களையும் (சுழலி சுருள்கள்) கொண்டுள்ளது. நிலையகச் சுருள்களுக்கு மட்டும் மூன்று கட்ட மின்சாரம் அளிக்கப்படுகிறது. மின்காந்த தூண்டலின் மூலம் நிலையகச் சுருள்களிலிருந்து மின்னழுத்தம் மற்றும் திறனை சுழலி சுருள்கள் பெற்றுக் கொள்வதால் இவ்வகை மின்னோடிகள் தூண்டல் மின்னோடிகள் என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்த தூண்டல் மின்னோடியை சுழலும் துணைச்சுருள்கள் கொண்ட மின்மாற்றி எனக் கொள்ளலாம். எனவே மின் ஆற்றலை எந்திர ஆற்றலாக மாற்றும் மின்மாற்றி வகை மாற்று மின்னோட்ட இயந்திரம் என விவரிக்கலாம்.

மூன்று கட்ட தூண்டல் மின்னோடிகளின் நன்மைகள்

1. இது சாதாரண மற்றும் உறுதியான அமைப்பைக் கொண்டுள்ளது.
2. இதன் விலை குறைவு.
3. இதற்கு குறைந்த பராமரிப்பு தேவைப்படுகிறது.
4. இது அதிக பயனுறு திறன் மற்றும் ஓரளவு அதிக திறன் காரணியைக் கொண்டுள்ளது.
5. இது சுய ஆரம்ப திருப்பு விசையைக் கொண்டுள்ளது.(Self Starting Torque)

மூன்று கட்ட தூண்டல் மின்னோடிகளின் குறைகள்

1. இது மாறாக வேகமுடைய மின்னோடி ஆகும். இதன் வேகத்தை சுலபமாக மாற்ற முடியாது.
2. இதனுடைய ஆரம்ப திருப்பு விசை நேர்திசை மின்னோட்ட மின்னோடிகளை விடக்குறைவு.

மூன்று கட்ட தூண்டல் மின்னோடியின் அமைப்பு

தூண்டல் மின்னோடியின் முக்கிய பாகங்கள் நிலையகம் (Stator) மற்றும் சுழலி (Rotor) ஆகும்.

சுழலியின் அமைப்பை வைத்து தூண்டல் மின்னோடியை இருவகையாகப் பிரிக்கலாம்.

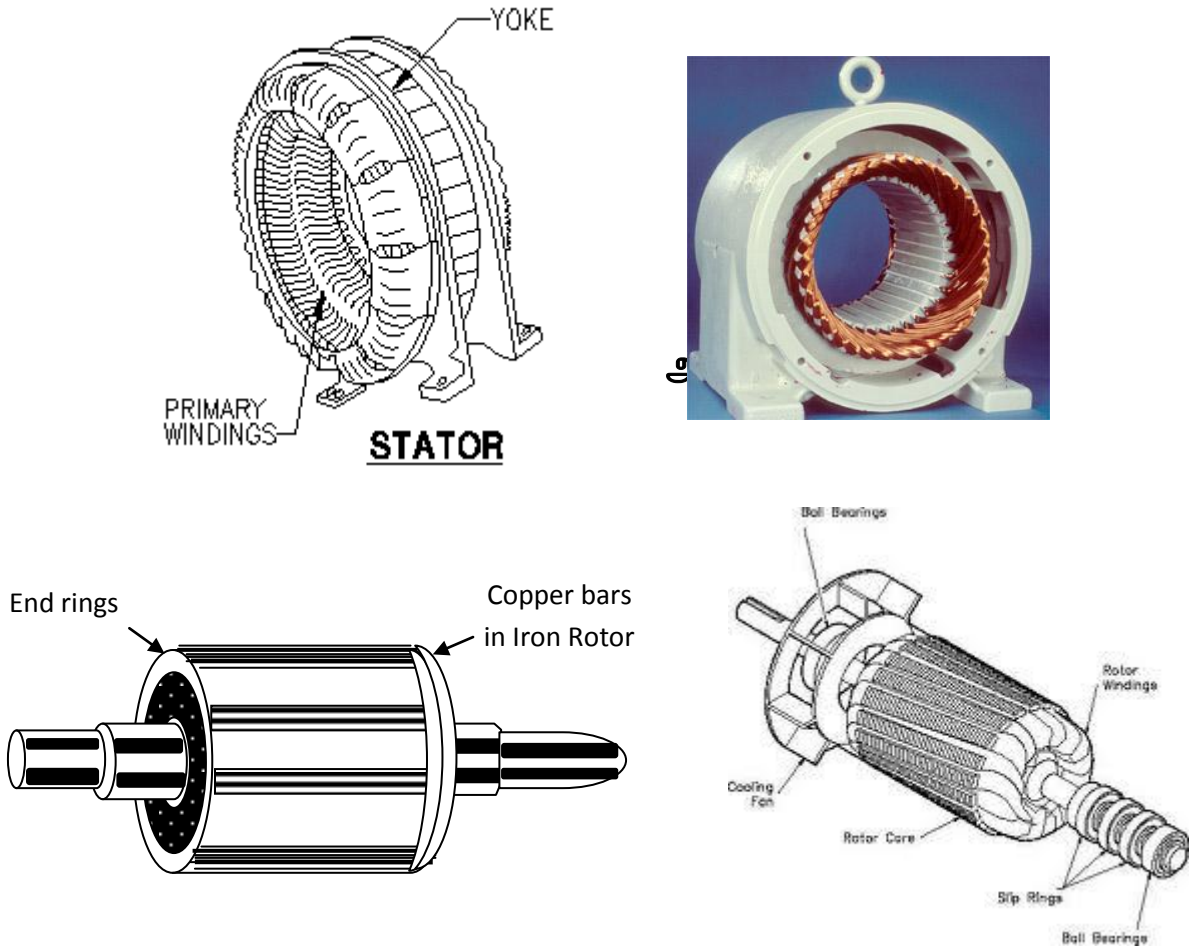
1. அணில் கூண்டு அமைப்பை போன்ற சுழலி(Squirrel Cage Induction Motor)
2. நழுவ வளைய தூண்டல் மின்மோட்டார் (Slip Ring Induction Motor)

நிலையகம்

இரண்டு மின்னோடிகளுக்கும் நிலையகத்தின் அமைப்பு ஒரே மாதிரியாக இருக்கும். இதன் அமைப்பு படம் 1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தயக்க இழப்பு மற்றும் சுழல் மின்னோட்ட இழப்பை குறைக்க நிலையக உள்ளகமானது சிலிக்கான் எஃகு தகடுகளினால் செய்யப்பட்டு குழாய் வடிவாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். குழாயின் உட்புறத்தில் செருகுவாய்கள் (நீள்வெட்டு) அமைக்கப்பட்டு மூன்று கட்ட சுருள்கள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். தேவையான வேகத்திற்கு ஏற்ப நிலையகத்தில் 2,4,6,8 போன்ற முனை துருவங்களின் எண்ணிக்கையில் சுருள்கள் செய்யப்பட்டிருக்கும்.

சுழலி அணில் கூண்டு அமைப்பு கொண்ட சுழலி

இதன் அமைப்பு படம் 2ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது சிலிக்கான் எஃகுவினாலான மெல்லிய தகடுகளால் செய்யப்பட்டு உருளைவடிவ அமைப்பில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் மேற்பரப்பில் செருகுவாய்கள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

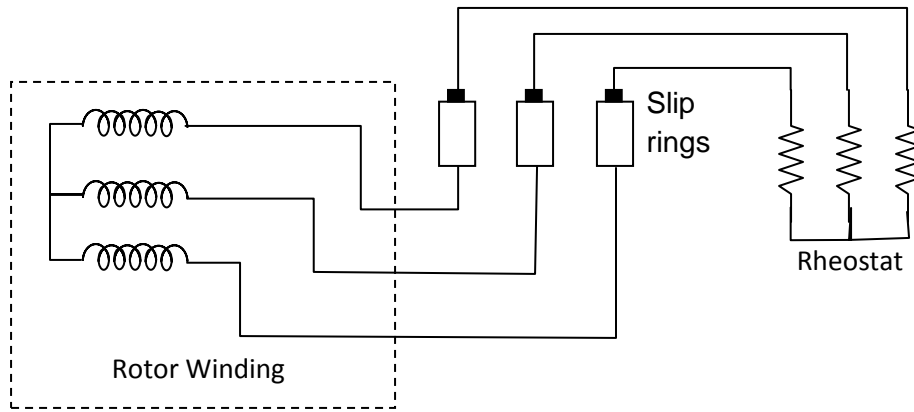


படம் 2 சுழலியின் அமைப்பு

ஒவ்வொரு செருகுவாயினுள்ளும் தாமிர அல்லது அலுமினியம் சட்டக்கம்பி வைக்கப்பட்டிருக்கும். இரு பக்கங்களிலும் பெரிய தாமிர வளையம் மூலம் குறுக்கு சுற்று செய்யப்பட்டிருக்கும். அதாவது சுழலி சட்டக்கம்பி நிரந்தரமாக சுற்று செய்யப்பட்டிருக்கும். சுழலி செருகுவாய் நிலையக செருகுவாய்க்கு இணையாகவும் அதே சமயத்தில் சுற்று சாய்வான கோணத்தில் (Skewed Rotor) இருக்கும்படியாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வாறு செய்வதினால் மோட்டார் வேலை செய்யும்போது ஏற்படும் காந்த அதிர்வு ஓசை (Magnetic Humming Noise) குறைக்கப்படுகிறது. மேலும் நிலையக காந்தப்புலத்திற்கும் சுழலியின் காந்தப்புலத்திற்கும் இடையே ஏற்படும் காந்தப்பூட்டு (Cogging) குறைக்கப்படுகிறது. சுழலி எளிதாக சுழல் அச்சத்தண்டின் (Shaft) இரு பக்கத்திலும் சுழலும் தாங்கி (Bearing) பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

நழுவு வளையச் சுழலி அல்லது கட்ட சுற்று சுழலி (Slip Ring Rotor (or) Phase Wound Motor)

தயக்க இழப்பு மற்றும் சுழல் மின்னோட்ட இழப்பைக் குறைக்க சுழலியானது சிலிக்கான் எஃகுவினால் மெல்லிய தகடுகளினால் செய்யப்பட்டு உருளை வடிவில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். சுழலியின் மேற்பரப்பில் செருகுவாய்கள் அமைக்கப்பட்டு செருகுவாய்களில் காப்பு செய்யப்பட்ட மூன்று கட்ட இரண்டு அடுக்கு Distributed சுருள்கள் சுற்றப்பட்டிருக்கும். சுழலி சுருளானது நிலையக துருவங்களின்



படம் 3. நழுவு வளைய மின்மோட்டார்

எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து அமைக்கப்பட்டிருக்கும். சுழலி சுருள்கள் ஸ்டார் இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

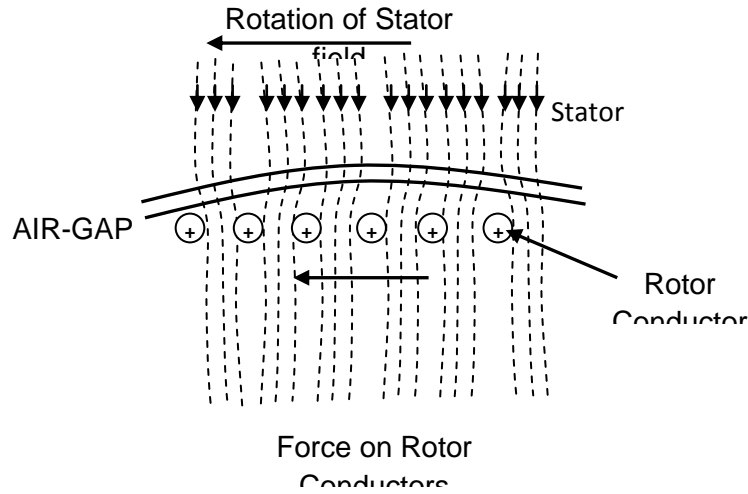
மூன்றுகட்ட சுருள்களின் மற்ற மூன்று முனைகள் வெளியில் எடுக்கப்பட்டு மூன்று நழுவு வளையங்களுடன் படம் 3ல் காட்டியவாறு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மூன்று நழுவு வளையங்களுக்கும் இடையில் காப்பான்கள் அமைக்கப்பட்டு அச்சத் தண்டில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். நழுவு வளையங்களுடன் ஸ்டார் இணைப்பு செய்யப்பட்ட வெளிப்புற மின்தடை தூரிகைகள் மூலமாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

மின்னோடியை இயக்க ஆரம்பிக்கும் சமயத்தில் வெளிப்புற மின்தடையானது செயலில் இருப்பதினால் மின்மோட்டார் ஆரம்ப திருப்பு விசை (Starting Torque) அதிகமாக இருக்கும். மின்னோடியானது சாதாரணமாக இயங்கும்போது நழுவு வளையங்களானது ஒரு உலோக பட்டியின் (collar) மூலமாக குறுக்கு சுற்று செய்யப்பட்டு அணில் கூண்டு அமைப்பு தூண்டல் மின்மோட்டார் போன்று இயங்கும்.

மூன்று கட்ட தூண்டல் மின்னோடி இயங்கும் தத்துவம்

மூன்றுகட்ட தூண்டல் மின்னோடியின் ஒரு பாகத்தை (படம் 4) எடுத்துக் கொள்வோம். மின்னோடி இயங்கும் விதத்தை கீழ்க்கண்டவாறு விவரிக்கலாம்.

1. மூன்றுகட்ட நிலையகச் சுருள்களுக்கு மூன்றுகட்ட மின்சாரம் கொடுக்கும்பொழுது சுழலும் காந்தப்புலம் ஏற்படுகிறது. இந்த சுழலும் காந்தப்புலமானது நிலையகச் சுற்றி ஒத்தியங்கு வேகத்தில் (Synchronous Speed) $N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$ ல் சுற்றுகிறது.
2. இந்த சுழலும் காந்தப்புலமானது காற்று இடைவெளியாக சென்று நிலையக உள்ள சுழலி கடத்திகளை வெட்டுகிறது. சுழலும் காந்தப்புலத்திற்கும், நிலையான சுழலிக்கும் இடையில் உள்ள சார்பு (Relative speed) வேகத்தினால் சுழலியில் உள்ள கடத்திகளில் மின்னியக்கு விசையானது தூண்டப்படுகிறது. சுழலியின் சுற்று குறுக்குச் சுற்று செய்யப்பட்டிருப்பதால் சுழலி கடத்திகளில் மின்னோட்டமானது பாய ஆரம்பிக்கிறது.



படம் 4 தூண்டல் மின்மோட்டாரின் பாகம்

3. மின்னோட்டத்தைக் கொண்டு செல்லும் சுழலி கடத்திகள் நிலையகம் உருவாக்கும் காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே சுழலி கடத்திகளில் இயந்திர விசையானது செயல்படுகிறது. அனைத்து சுழலி கடத்திகளிலும் உள்ள இயந்திரவிசையின் கூட்டுத்தொகை சுழலியை

சுழலும் காந்தப்புலத்தின் திசையில் சுற்றும் திருப்பு விசையை உருவாக்குகிறது. ஆனால் சுழலியின் வேகம், சுழலும் காந்தப்புலத்தின் வேகத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

நழுவு மற்றும் நழுவு அதிர்வெண்(Slip and Slip Frequency)

ஒத்தியங்கு வேகத்திற்கும் (N_s), உண்மையான சுழலி வேகத்திற்கும் (N_r) உள்ள வித்தியாசம் நழுவு (Slip) ஆகும். இது சதவீதத்தில் பின்வருமாறு குறிப்பிடப்படுகிறது.

$$\text{நழுவு சதவீதம்} = \frac{N_s - N_r}{N_s} * 100$$

உண்மையான சுழலி வேகமானது ஒத்தியங்கு வேகத்தை விட குறைவாக இருக்கும்.

$$S N_s = N_s - N_r$$

$$N_r = N_s - S N_s$$

$$N_r = N_s (1-S)$$

$$\text{நழுவு} = S = \frac{N_s - N_r}{N_s}$$

1. $N_s - N_r$ ன் மதிப்பு நழுவு வேகம் எனப்படும்.
2. சுழலி நிலையாக இருக்கும்போது $N_r = 0$, நழுவு $S=1$ அல்லது 100%
3. ஒரு தூண்டல் மின்மோட்டாரில் பளு இல்லாத நிலையிலிருந்து பளு உள்ள நிலைக்கு நழுவின் வேறுபாடு 0.1% இருந்து 3% ஆக இருக்கும். எனவே இது நிலையான வேகமின்மோட்டார் ஆகும்.

நழுவு அதிர்வெண் (அல்லது) சுழலி மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்

தூண்டல் மின்னோடியின் நிலையகத்துக்கு மூன்றுகட்ட மின்சாரம் கொடுக்கும்போது சுழலியில் மின்காந்த தூண்டல் தத்துவத்தின் மூலம் மின்னியக்கு விசை மற்றும் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. சுழலி நிலையாக இருக்கும்போது, சுழலியில் தூண்டப்படும் மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் ஆனது மின்சார அதிர்வெண்ணுக்கு சமமாக இருக்கும். சுழலி சுழல ஆரம்பித்ததும் சுழலி மின்னோட்டம் அல்லது மின்னியக்கு விசையின் அதிர்வெண் ஆனது நழுவு வேகம் அல்லது சார்பு வேகத்தைப் பொறுத்து இருக்கும்.

f' என்பது சுழலி மின்னோட்ட அதிர்வெண்,

$N_s - N_r$ என்பது நழுவு வேகம் எனவும் எடுத்துக் கொண்டால்

$$N_s - N_r = 120 f' / p \dots \dots \dots (1)$$

$$N_s = 120 f' / p \dots \dots \dots (2)$$

சமன்பாடு 1ஐ 2 ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{N_s - Nr}{N_s} = \frac{\frac{120f'}{p}}{\frac{120f}{p} - \frac{f'}{f}}$$

எனவே நழுவு S

∴ சுழலி மின்னோட்ட அதிர்வெண் $f' = S * f$ ஆகும்.

∴ சுழலி மின்னோட்ட அதிர்வெண் = நழுவு * மின்சார அதிர்வெண்

சுழலி திருப்பு விசை

சுழலியால் உருவாக்கப்பட்ட திருப்பு விசையானது

1. சுழலியின் மின்னோட்டம்
2. சுழலியின் மின்னியக்கு விசை
3. சுழலி சுற்றின் திறன்காரணி

ஆகியவற்றிற்கு நேர்விகிதத்தில் அமையும்.

$$\therefore T \propto E_2 * I_2 * \cos \phi_2$$

$$\text{அல்லது } T = K * E_2 * I_2 \cos \phi_2$$

$$\text{அதாவது } I_2 = \text{நிலையான நிலையில் சுழலியின் மின்னோட்டம்}$$

$$E_2 = \text{நிலையான நிலையில் சுழலியின் மின்னியக்கு விசை}$$

$$\cos \phi = \text{நிலையான நிலையில் சுழலியின் திறன் காரணி}$$

$$K = \text{மாறிலி}$$

ஆரம்ப திருப்பு விசை (T_s) (Starting Torque)

$E_2 =$ நிலையான நிலையில் ஒரு கட்ட சுழலி மின்னியக்கு விசை

$X_2 =$ நிலையான நிலையில் ஒரு கட்ட மின்எதிர்ப்பு

$R_2 =$ ஒரு கட்ட சுழலி மின்தடை எனவும் எடுத்துக்கொள்வோம்.

சுழலியின் மொத்த மின்எதிர்ப்பு /கட்டம்

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}$$

சுழலியின் மின்னோட்டம் /கட்டம்

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2} = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}}$$

சுழலியின் திறன் காரணி

$$\cos \phi_2 = \frac{R_2}{Z_2} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}}$$

ஆரம்ப திருப்பு விசை,

$$T = K * E_2 * I_2 \cos \phi_2$$

$$T = K * E_2 * \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} *$$

$$T = K * E_2^2 * \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2}$$

மின்னோடிக்கு கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் மாறிலியாக இருக்கும்போது பாயல்/முனை (ϕ)யும் மாறிலியாக இருக்கும். எனவே சுழலியின் மின்னியக்கு விசை

$$E_2 \text{ வும் மாறிலியாக இருக்கும். எனவே } T_s = \frac{K_1 * R_2}{Z_2}$$

K_1 என்பது மற்றொரு மாறிலி.

மேற்கூறிய சமன்பாட்டிலிருந்து ஆரம்ப திருப்பு விசையின் மதிப்பு சுழலியின் ஒரு கட்ட மின்தடை (R_2), சுழலியின் நிலையான நிலையின் ஒரு கட்ட மின் எதிர்ப்பு (X_2) ஆகியவற்றைப் பொறுத்து உள்ளது என்பது புலப்படுகிறது.

$$K = \frac{3}{2 * \pi * N_s} \text{ என்று நிரூபிக்கலாம்.}$$

$$T_s = \frac{3}{2 * \pi * N_s} * \frac{E_2^2 * R_2^2}{R_2^2 + X_2^2}$$

குறிப்பு N_s ன் குறியீடு சுழல் /வினாடி

ஆரம்ப உச்ச வரம்பு திருப்பு விசையின் நிபந்தனை (Condition for Maximum Torque)

சுழலியின் ஒருகட்ட மின்தடையானது ஒரு கட்ட நிலையான நிலையின் மின்மறிப்புக்கு சமமாக இருக்கும் போது அதன் ஆரம்ப திருப்பு விசையானது உச்சவரம்பில் இருக்கும் என நிரூபிக்கலாம்.

$$\text{இப்பொழுது } T_s = \frac{K_1 * R_2}{R_2^2 + X_2^2}$$

சமன்பாடு 1 ஐ வகைப்படுத்துக. R_2 ஐ பொறுத்து மற்றும் தீர்வை சுழற்சிக்கு சமன் செய்யும் போது

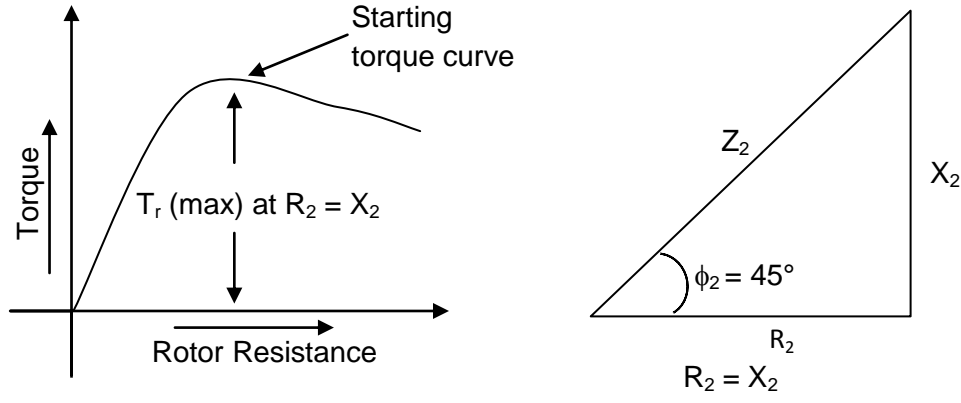
$$\frac{dT_s}{dR_2} = K_1 * \left[\frac{1}{R_2^2 + X_2^2} - \frac{R_2 * (2R_2)}{(R_2^2 + X_2^2)^2} \right] = 0$$

$$R_2^2 + X_2^2 = 2 * R_2^2$$

$$R_2^2 = X_2^2 \text{ --- } R_2 = X_2$$

எனவே ஆரம்ப திருப்பு விசையானது

சுழலியின் ஒரு கட்ட மின்தடை = சுழலியின் நிலையான நிலையின் ஒரு கட்ட மின்மதிப்பு ஆக இருக்கும்போது உச்ச வரம்பில் இருக்கும்.



படம் 5

படம் 5ல் காட்டியுள்ளவாறு

ஆரம்ப திருப்பு விசை உச்ச வரம்பில் இருக்கும்போது
சுழலியின் திறன் காரணி = 0.707 (பின்தங்கி)

ஒடும் நிலை திருப்பு விசை (Running Torque Tr)

ஒடும் நிலையில் திருப்பு விசையானது

$$Tr \propto E_r * I_r * \cos \phi_r \quad \text{----- 1}$$

ஏனெனில் $E_r \propto \phi$ முறையே

E_r = சுழலியின் ஒரு மின்னியக்கு விசை (ஒடும் நிலை)

I_r = சுழலியின் ஒரு கட்ட மின்னோட்டம் (ஒடும் நிலை)

$\cos \phi_r$ = சுழலியின் திறன் காரணி (ஒடும் நிலை)

$$I_r = \frac{E_r}{Z_r} \quad \text{-----2}$$

$$Z_r = Z_2' = \sqrt{R_2^2 + (SX_2)^2} \quad \text{----- 3}$$

$$E_r = SE_2 \quad \text{----- 4}$$

$$\cos \phi_r = \frac{R_2}{Z_r} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (SX_2)^2}} \quad \text{-----5}$$

சமன்பாடு 2,3,4,5 ஐ 1ல் பிரதியீடு செய்யும்போது ஒடும் நிலையில் திருப்பு விசை

$$Tr \propto E_r * I_r * \cos \phi_r$$

$$Tr \propto SE_2 * \frac{SE_2}{\sqrt{R_2^2 + (SX_2)^2}} * \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (SX_2)^2}}$$

$$Tr = \frac{K_1 * SE_2^2 * R_2}{R_2^2 + (SX_2)^2}$$

நிலையக மின்னழுத்தம் V மாறிலியாக இருந்தால் பாயல் φ மாறிலியாக இருக்கும். எனவே சுழலியின் மின்னியக்கு விசை

E_2 மாறிலியாக இருக்கும்.

$$T_s = \frac{K_2 * S * R_2}{R_2^2 + (SX_2)^2}$$

K_2 என்பது மற்றொரு மாறிலி ஆகும்

K_1 ன் மதிப்பை $K_1 = \frac{3}{2\pi N_s}$ என நிரூபிக்கலாம்.

எனவே,

$$Tr = \frac{3}{2\pi N_s} * \frac{SE_2^2 * R_2}{R_2^2 + (SX_2)^2}$$

$$Tr = \frac{3}{2\pi N_s} * \frac{SE_2^2 * R_2}{(Z_2)^2}$$

இயங்க ஆரம்பிக்கும் பொழுது $S = 1$
எனவே ஆரம்ப திருப்பு விசை

$$Tr = \frac{3}{2\pi N_s} * \frac{E_2^2 * R_2}{R_2^2 + (X_2)^2}$$

ஓடும் நிலையில் உச்சவரம்பு திருப்பு விசையின் நிபந்தனை

$$Tr = \frac{K_2 * SR_2}{R_2^2 + (SX_2)^2}$$

சமன்பாடு 1ஐ R_2 ஐ பொறுத்து வகைப்படுத்த மற்றும் தீர்வை சுழிக்கு சமன் செய்யும் போது

$$\frac{dTr}{ds} = \frac{K_2 [R_2(R_2^2 + S^2 X_2^2) - 2SX_2^2(SR_2)]}{(R_2^2 + S^2 X_2^2)^2} = 0$$

$$(R_2^2 + S^2 X_2^2) - 2S^2 X_2^2 = 0$$

$$R_2^2 = S^2 X_2^2$$

$$R_2 = SX_2$$

எனவே ஓடும் நிலையில் திருப்பு விசையானது சுழலின் ஒருகட்ட மின்தடை = நழுவு * சுழலியின் நிலையான நிலையில் ஒரு கட்ட எதிர்ப்பு ஆக இருக்கும் போது உச்ச வரம்பில் இருக்கும்

உச்ச வரம்பு திருப்பு விசையைக் கணக்கிட $R_2 = SX_2$ எனக் கொள்க

$$Tr^{\alpha} \frac{SR_2}{R_2^2 + (SX_2)^2}$$

$$Tm^{\alpha} \frac{S(SR_2)}{(SX_2)^2 + (SX_2)^2}$$

$$Tm^{\alpha} \frac{S^2 X_2}{2S^2 X_2^2} \alpha \frac{1}{2X_2}$$

$$Tm^{\alpha} \frac{1}{2X_2}$$

உச்ச வரம்பு திருப்பு விசையின் நழுவு = $S = \frac{R_2}{X_2}$

$$Tm = \frac{3}{2\pi N_s} * \frac{E_2^2}{2X_2}$$

திருப்பு விசை நழுவு பான்மை சிறப்பியல்பு

மேற்கூறிய சமன்பாடு 6ன் படி $Tr = \frac{K_2 * SR_2}{R_2^2 + (SX_2)^2}$

ஓடும் நிலையில் மின்மோட்டாரின் திருப்புவிசை வெவ்வேறு சுழலியின் மின்தடையின் மதிப்பிற்கு திருப்பு விசை நழுவு பான்மை படம் 6ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் நழுவின் மதிப்பு 0 விலிருந்து 1 வரைக்கும் கொண்ட பல வரைபடங்கள் வரையப்பட்டுள்ளன.

Case 1

மேலே உள்ள சமன்பாட்டில் நழுவு $S=0$ ஆக இருக்கும்போது திருப்புவிசையும் சுழியாக இருக்கும். எனவே திருப்பு விசை நழுவு சிறப்பியல்பு தோற்ற நிலையில் (origin(0,0)) இருந்து ஆரம்பிக்கிறது.

Case 2

சுழலியின் வேகம் ஒத்தியங்கு வேகத்தின் மதிப்பை நெருங்கிய நிலையில் நழுவு ($S=N_s-N_r/N_s$) மிகக்குறைவாக இருக்கும். எனவே SX_2 ன் மதிப்பும் மிகக் குறைவாக இருக்கும். R_2 ன் மதிப்பை ஒப்பிடும்போது SX_2 ன் மதிப்பு மிகக் குறைவாக

இருக்கும். எனவே SX_2 ஐ புறக்கணிக்கும்போது சமன்பாடு பின்வருமாறு கிடைக்கிறது.

$$T \propto \frac{S}{R_2}$$

R_2 வின் மதிப்பு மாறிலி என எடுத்துக்கொண்டால்

$$T \propto S \text{ ஆகும்.}$$

இதிலிருந்து நழுவின் அளவு குறைவாக இருக்கும்போது திருப்புவிசை நழுவு சிறப்பியல்பு ஆனது ஒரு நேர்கோட்டில் அமையும் என்பது தெளிவாகிறது.

Case 3

மின்மோட்டாரில் பளு அதிகரிக்கும்போது சுழலியின் வேகம் குறைவதால் நழுவின் அளவு அதிகரிக்கிறது. சமன்பாடு 1ன் படி திருப்பு விசையும் அதிகரிக்கிறது.

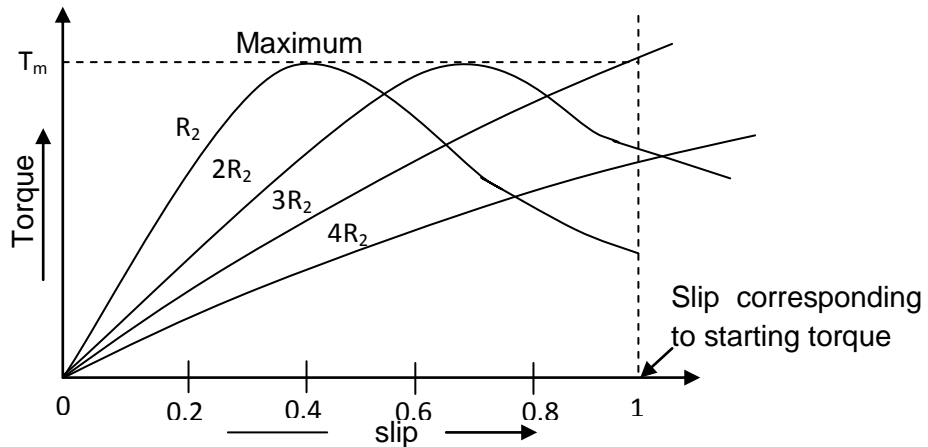
நழுவு $S = \frac{R_2}{X_2}$ என்ற நிலை வரும்போது திருப்பு விசை உச்சவரம்பை அடையும். இந்த திருப்பு விசைக்கு வெளியிழுப்பு திருப்புவிசை (Pullout Torque) என்று பெயர். இதற்கு மேலும் பளுவை அதிகரிக்கும்போது நழுவு மேலும் அதிகரிப்பதால் SX_2 ன் மதிப்பு அதிகமாகும். இந்த SX_2 ன் மதிப்பு R_2 ன் மதிப்பைவிட மிக அதிகமாக இருக்கும். R_2 ஐ புறக்கணிக்கும்போது சமன்பாடு பின்வருமாறு கிடைக்கிறது.

$$T \propto \frac{S}{(SX_2)^2}$$

X_2 ஐ மாறிலி என எடுத்துக்கொண்டால்

$$T \propto \frac{1}{S}; \text{ ஆகும்}$$

எனவே அதிகப்படியான நழுவின் மதிப்பிற்கு திருப்புவிசை நழுவு பான்மை படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு செவ்வக மிகை வடிவ (Hyperbola) வடிவத்தில் அமையும்.



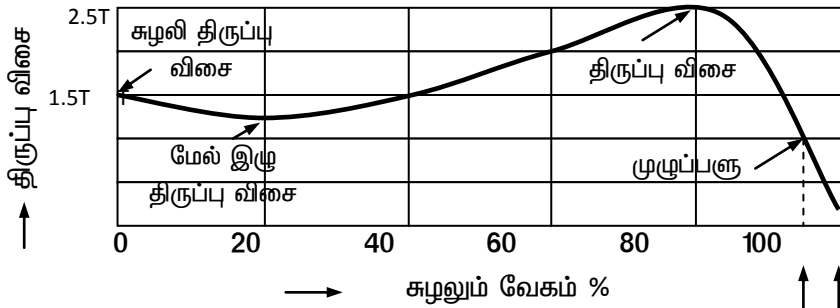
படம் 6 திருப்பு விசை நழுவு பான்மைகள்

எனவே சிறப்பியல்பிலிருந்து வரையறுக்கப்பட்ட பளு வரை நழுவு அதிகரிக்க திருப்புவிசையும் அதிகரிக்கிறது என்பது தெளிவாகிறது. அதற்கு மேல் பளு அதிகமாகும்போது நழுவு அதிகமாகவதுடன் திருப்புவிசை குறைகிறது. மேலும் பளுவை அதிகரித்தால் மின்னோடியின் வேகம் குறைந்து ஒரு நிலையில் நின்று விடும். இந்நிலையில் நழுவு 1 ஆக இருக்கும்.

எனவே $S = 0$ விலிருந்து உச்சவரம்பு திருப்பு விசைக்கான நழுவு அரை உள்ள பகுதி மின்மோட்டாரின் உறுதியான பகுதி ஆகும். உறுதியான இயங்கு பகுதி படத்தில் கோட்டு காட்டப்பட்டுள்ளது. உச்சவரம்பு திருப்பு விசைக்கான நழுவில் இருந்து $S = 1$ வரை உள்ள பகுதி உறுதியில்லாத இயங்கு பகுதி ஆகும்.

திருப்பு விசை வேகம் பான்மைகள்

மூன்றுகட்ட தூண்டல் மின்மோட்டாரின் திருப்புவிசை அதன் வேகத்தைப்பொறுத்து அமையும். ஆனால் சாதாரண சமன்பாட்டின் மூலம் அதன்



படம் 7. திருப்புவிசை வேகம் பான்மை வரைபடம்

உடன்பாடை விவரிக்க இயலாது. எனவே அதன் உடன்பாட்டை வளைவு (Curve)மூலம் படம் 7ல் உள்ளவாறு காண்பிக்கலாம்.

மேற்கூறிய வளைவு வரைபடம் பின்வரும் உண்மைகளைக் கூறுகிறது.

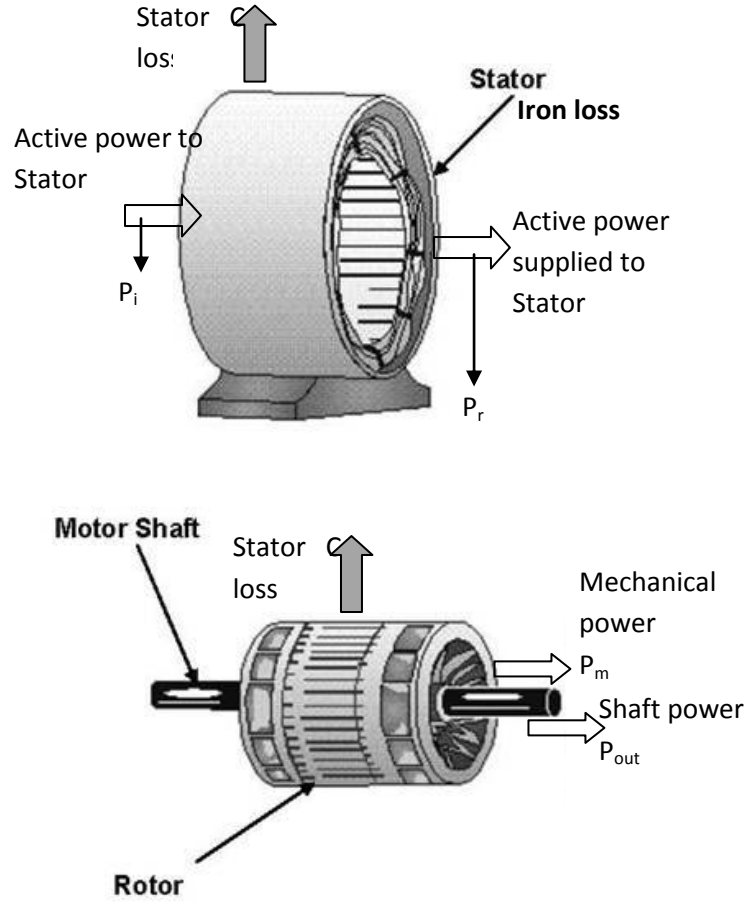
1. முழுப்பளு திருப்பு விசை = T என்றால்
2. ஆரம்ப திருப்பு விசை = $1.5T$
உச்ச வரம்பு திருப்பு விசை = $2.5T$

2. முழுப்பளுவில் மின்னோடியானது N என்ற வேகத்தில் சுழல்கிறது. இயந்திரப் பளு அதிகரிக்கும்போது மின்னோடியின் திருப்பு விசையானது பளுவின் திருப்பு விசையும் சமமாக இருக்கும்போது வேகம் குறைகிறது. இரண்டு திருப்பு விசையும் சமமாக இருக்கும்போது மின்னோடியானது நிலையான குறைவான வேகத்தில்

சுழல்கிறது. எப்படி இருந்தாலும் திருப்பு விசை $2.5T$ ஐ விட அதிகரிக்கும் போது மின்னோடியானது உடனே நின்று விடுகிறது.

தூண்டல் மின்னோடியின் திறன் நிலைகள்

மின்னோடியின் நிலையகத்துக்கு கொடுக்கப்படும் மின்திறன் ஆனது அச்சுத் தண்டில் இயந்திரத்திறனாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் மாற்றத்தின்போது பின்வரும் இழப்புகள் உருவாகின்றன.



படம் 8 திறன் இழப்புகள்

1. மாறாத இழப்புகள்

(அ) நிலையக இரும்பு இழப்பு

(ஆ) உராய்வு மற்றும் காற்றினில் ஏற்படும் இழப்பு

சாதாரணமாக ஓடும் போது சுழலி மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் மிகக் குறைவாக இருப்பதால் சுழலியின் இரும்பு புறக்கணிக்கப்படுகிறது.

2. மாறும் இழப்புகள்

(அ) நிலையக தாமிர இழப்பு

(ஆ) சுழலி தாமிர இழப்பு

படம். 8 ஆனது உள்ளீடு மின்திறனையும் இழப்புகளையும் வெளியீட்டு இயந்திர திறனையும் விவரிக்கிறது.

மேற்கூறிய படத்திலிருந்து பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

1. நிலையக உள்ளீடு $P_i =$ நிலையக வெளியீடு + நிலையக இழப்புகள்
 $=$ நிலையக வெளியீடு + நிலையக தாமிர இழப்பு + நிலையக இரும்பு இழப்பு

2. சுழலி உள்ளீடு $P_r =$ நிலையக வெளியீடு

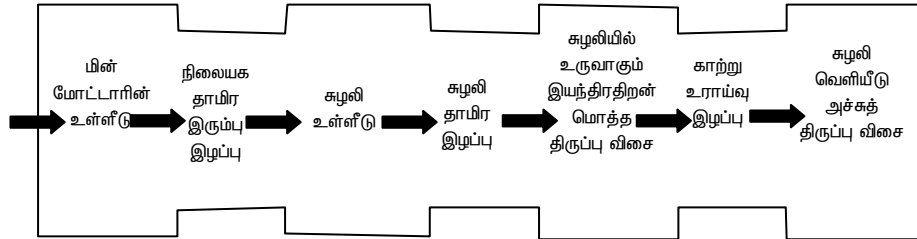
3. கிடைக்கக்கூடிய இயந்திரத் திறன்

$$P_m = P_r - \text{சுழலி தாமிர இழப்பு}$$

இந்த கிடைக்கக்கூடிய இயந்திரத்திறன் மொத்த இயந்திரத்திறன் ஆகும். இது மொத்த திருப்பு விசை (T_g) ஐ உருவாக்குகிறது.

4. அச்சத்தண்டில் உள்ள இயந்திரத்திறன் $= P_{out} = P_m =$ உராய்வு மற்றும் காற்றினால் ஏற்படும் இழப்பு

அச்சத் தண்டில் உள்ள மின்திறன் ஆனது அச்சத்தண்டு திருப்பு விசை (T_{sh}) ஐ உருவாக்குகிறது.



படம் 9 திறன் பாய்ச்சலின் கட்டப்படம்

படம் 9ல் மூன்று கட்ட மின்னோடியின் கட்டப் படத்தைக் காட்டுகிறது.

தூண்டல் மின்னோடியின் திருப்பு விசை

எந்த ஒரு மின்னோடியிலும் கிடைக்கக்கூடிய இயந்திரத்திறன்

$$P = \frac{2\pi NT}{60} \text{ Watts};$$

முறையே

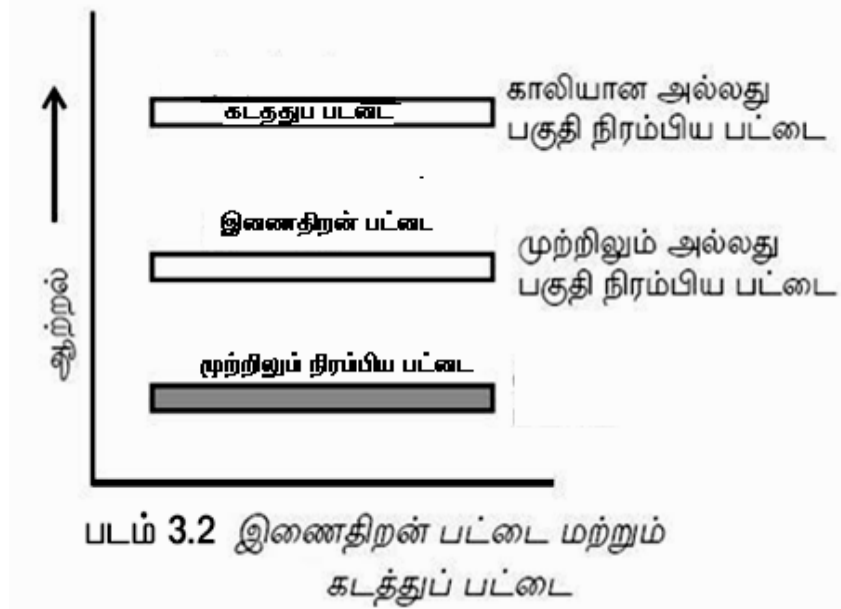
$N =$ மின்னோடியின் வேகம் (rpm)

$T =$ உருவாக்கப்பட்ட திருப்பு விசை ($N - m$)

$$T = \frac{60}{2\pi} * \frac{P}{N} = 9.55 * \frac{P}{N} N - m$$

சுழலியின் மொத்த வெளியீடு திறன் P_m எனவும் $N = rpm$ எனவும் கொண்டால் சுழலியின் மொத்த திருப்பு விசை

$$T_g = 9.55 * \frac{P_m}{N} N - m$$



சுழலியில் தாமிர இழப்பு இல்லை எனக் கொண்டால் சுழலியின் வெளியீடும் உள்ளீடும் சமமாகவும் மற்றும் சுழலி ஒத்தியங்கு வேகத்திலும் (N_s) சுழலும்.

$$\text{சுழலியின் உள்ளீடு} = \frac{2\pi N_s T_g}{60} \text{ Watts}$$

சுழலியின் தாமிர இழப்பு = சுழலியின் உள்ளீடு - சுழலியின் வெளியீடு

$$\frac{2\pi T_g}{60} (N_s - N)$$

$$1. \text{ சுழலி தாமிர இழப்பு} = \frac{(N_s - N)}{N_s}$$

சுழலி உள்ளீடு

சுழல தாமிர இழப்பு S^* சுழலி உள்ளீடு

$$2. \text{ சுழலியின் மொத்த வெளியீடு } P_m = (\text{சுழலி உள்ளீடு} - \text{சுழலி இழப்பு})$$

$$= \text{சுழலி உள்ளீடு } S^* \text{ சுழலி உள்ளீடு}$$

$$= \text{சுழலி உள்ளீடு} (1 - S)$$

$$3. \frac{\text{மொத்த சுழலி வெளியீடு}}{\text{சுழலி உள்ளீடு}} = I - S = \frac{N}{N_s}$$

$$4. \frac{\text{சுழலி தாமிர இழப்பு}}{\text{மொத்த சுழலி உள்ளீடு}} = \frac{S}{1 - S}$$

தொடக்கி தேவைக்கான காரணம்

மூன்றுகட்ட தூண்டல் மின்மோட்டாருக்கு ஆரம்பத்தில் முழு மின்னழுத்தத்தை கொடுக்கும்போது முதலில் எதிர்ப்பு மின்னியக்கு விசை இல்லாமல் இருப்பதால் நிலையக சுருள்களில் அதிகமான மின்னோட்டம் பாய்கிறது. எனவே ஆரம்பத்தில் மின்மோட்டாருக்கு முழு மின்னழுத்தத்தையும் கொடுத்தால் 5 முதல் 7 மடங்கு முழுபளு மின்னோட்டத்தையும் எடுக்கும். இதனால் மின்மோட்டாரின் சுருள்கள் பாதிக்கப்படுவதுடன் மின்கம்பியில் அதிகமான மின்னழுத்த வேறுபாடு ஏற்படும். இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு அதே மின்கம்பியில் வேலை செய்யும் போது மற்ற மின்சாதனங்களை பாதிக்கும். எனவே ஆரம்பத்தில் மின்மோட்டாருக்கு குறைந்த மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்து ஆரம்ப மின்னோட்டத்தை கட்டுப்படுத்த தொடக்கி ஆனது தேவைப்படுகிறது.

தூண்டல் மின்மோட்டார் தொடங்கிகள் வேலைகளை செய்கின்றன.

1. ஆரம்ப மின்னோட்டத்தை கட்டுப்படுத்துகிறது.
2. தொடக்கியில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் அதிக மின்னோட்ட Relay மின்மோட்டாரை அந்தப்பளுவிலிருந்து பாதுகாக்கிறது.

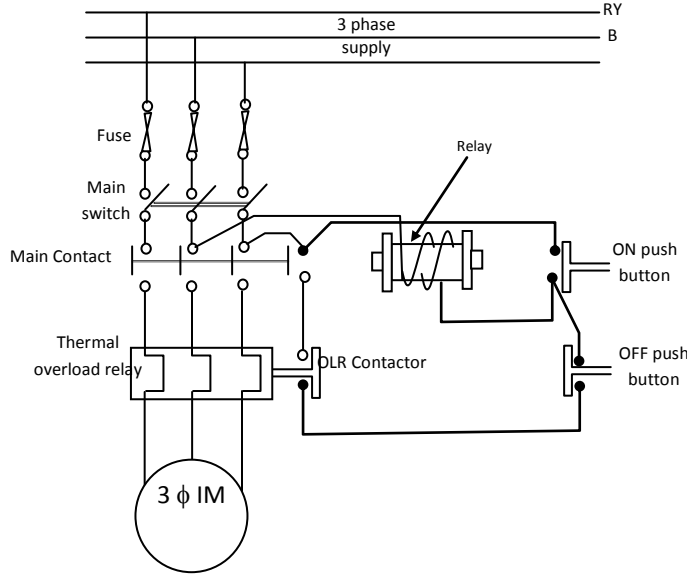
தொடக்கியின் வகைகள்

1. நேர் தொடக்கி Direct online
2. தானியங்கி மின்மாற்றி தொடக்கி
3. சுழலி மின்தடை தொடக்கி
4. ஸ்டார் டெல்டா தொடக்கி

நேர் தொடக்கி (Direct on-line startor)

இவ்வகை தொடக்கி குறைந்ததிறன் உள்ள மின்மோட்டார்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த முறையில் ஆரம்பத்திலேயே முழு மின்னழுத்தமும் கொடுக்கப்படுகிறது. எனவே ஆரம்ப மின்னோட்டம் 2 முதல் 6 மடங்கு முழுப்பளு மின்னோட்டம் அளவில் இருக்கும். ஆரம்ப மின்னோட்டம் அதிகமாக இருப்பதால் இவ்வகை குறைந்த திறன் மற்றும் குறைந்த பளு உள்ள மின்மோட்டார்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

நேர் உடன் நிகழ்வு D.O.L தொடக்கியின் அமைப்பு படம் 10ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 10 DOL தொடக்கி

செயல்பாடு

இயங்கு நிலை பொத்தானை அழுத்தியவுடன் அஞ்சல் (Relay) இரண்டு கட்டங்களுக்கு இடையில் இணைப்பு ஏற்படுவதால் ஆற்றலடைகிறது. எனவே அஞ்சலினுள் இருக்கும் இரும்புத் துண்டானது காந்தசக்தியைப் பெற்று இணைப்பானை கவர்கிறது. இந்த இணைப்பானை (Contactor) கட்ட மின்சார கம்பியை மின்மோட்டாருடன் இணைக்கிறது. எனவே மின்மோட்டாருக்கு முழு மின்னழுத்தம் கிடைத்து சுழல்கிறது. 'நிறுத்து' நிலை பொத்தானை அழுத்தும்போது Relay க்கு மின்சாரம் துண்டிக்கப்படுவதால் அஞ்சல் திறன் இழந்து இணைப்பானை துண்டிப்பதன் மூலம் மின்சாரம் கம்பியிலிருந்து மின்மோட்டாரைத் துண்டிக்கிறது. மின்னோடி அதிகப்பளு ஆகும்போது மின்கம்பியில் அதிக மின்னோட்டம் பாய்கிறது. வெப்ப மிகைபளு அஞ்சல் (Thermal Overload Relay) தொடர் இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால் அஞ்சல் உருவாகும் வெப்பமானது கட்டுப்படுத்தும் சுற்றின் மூலம் மின்சாரத்தை இணைப்பானை வழியாக துண்டிக்கின்றன. மின்சாரம் துண்டிக்கப்படும்போது அஞ்சலுக்கு மின்சாரம் கிடைக்காத காரணத்தினால் அது திறனிழந்து இணைப்பானை துண்டிக்கின்ற காரணத்தினால் மின்சாரமானது நின்று விடுகிறது.

நன்மைகள்

1. அமைப்பு எளிதானது
2. எளிதாக நிறுவலாம்
3. பராமரிப்பு எளிது
4. விலைகுறைவு

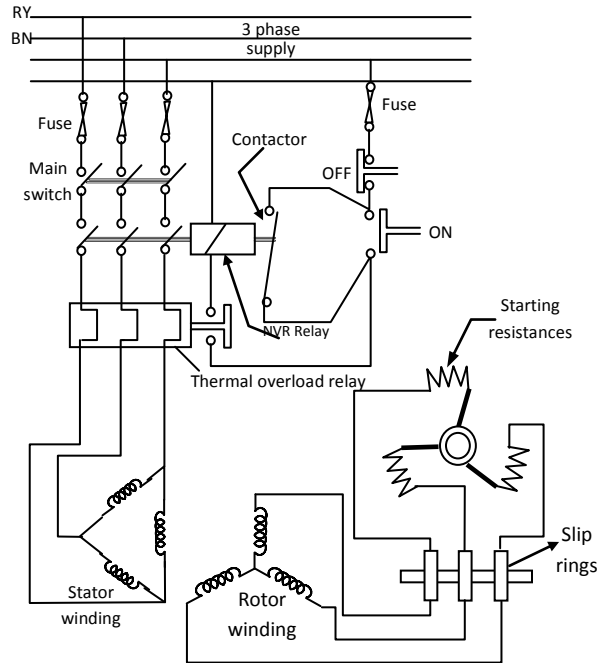
தீமைகள்

1. இவ்வகை தொடக்கிகள் மொத்த திறன் மின்மோட்டாருக்கு மட்டும் பொருத்தமானது
2. ஆரம்ப மின்னோட்டம் மிக அதிகமாக இருக்கும்
3. குறுகிய நேரத்தில் வரையறுக்கப்பட்ட வேகத்தை அடையும் மின்மோட்டார்களுக்கு தொடக்கி பொருத்தமானது.

சுழலி மின்தடை தொடக்கி (நழுவு வளைய தூண்டல் மின்னோடி)

நழுவு வளைய தூண்டல் மின்னோடியை ஆரம்பிக்க சுழலி மின்தடை தொடக்கி பயன்படுகிறது. நிலையகத்துக்கு முழு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டு நழுவு வளைய மின்னோடியை ஆரம்பிக்கப்படுகிறது. சுழலியின் ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் வேறுபடுத்தக்கூடிய மின்தடை இணைக்கப்பட்டு ஆரம்ப மின்னோட்டம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. சுழலி சுற்றுக்கு தொடர் இணைப்பாக வேறுபடுத்தக்கூடிய மின்தடை இணைத்திருப்பதால் ஆரம்ப திருப்ப விசை அதிகமாகிறது. (ஏனெனில் $T \propto R^2$)

நழுவு வளைய தூண்டல் மின்னோடியில் சுழலி சுருள்கள் ஸ்டார் இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டு மற்ற மூன்று முனைகளும் அச்சத்தண்டின் மேலுள்ள வளையத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 11 ஸ்டார் -டெல்டா தொடக்கி

படம் 11ல் காட்டியுள்ளவாறு வெளி மின்தடை நழுவு வளையத்துடன் தொடர் இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஆரம்பத்தில் முழு மின்னழுத்தமும் நிலையகத்துக்கு கொடுக்கப்படும்போது முழு மின்தடையும் சுழலியினை ஒவ்வொரு கட்டச் சுருளிலும் தொடரில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். எனவே ஆரம்ப மின்னோட்டம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. பின்மின்னோடியானது 80% வேகத்தை அடைந்ததும், கைப்பிடியை படிப்படியாக சுழற்றி மின்தடையைக் குறைத்து சுழிக்கு கொண்டு வர வேண்டும். இப்போது மின்னோடி சுழல் மின்தடை இல்லாமல் சுழல ஆரம்பிக்கிறது. அதிக மின்திறனுடைய மின்னோடிகளில் இந்த சுழலி மின்தடை அமைப்பானது எண்ணெயில் மூழ்கி இருக்குமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

நன்மைகள்

1. ஆரம்ப திருப்பு விசை அதிகம்.
2. ஆரம்ப மின்னோட்டம் மிகக்குறைவு
3. அதிக பளுவுடன் மின்னோட்டம் இயக்க ஆரம்பிக்கலாம்.

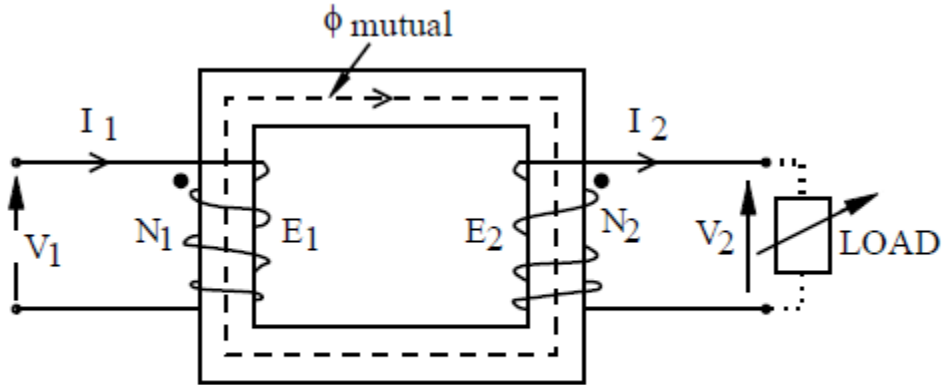
மின் மாற்றிகள் (Transformers)

மின்மாற்றி என்பது மின்னாற்றலை ஒரு சுற்றிலிருந்து மற்றொரு சுற்றிற்கு மின் தூண்டலின் மூலம் மாற்றும் நிலையான மின்காந்த கருவியாகும். இது அதிர்வெண்களை மாற்றாமல் குறைந்த மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தை அதிக மாறுதிசை மின்னழுத்தமாகவும் அதிக மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தை குறைந்த மாறுதிசை மின்னழுத்தமாகவும் மாற்ற உதவுகிறது. மின்னாற்றலானது அதிக மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கு மாற்றப்படும் பொழுது இது ஏற்று மின்மாற்றி எனவும் மின்னாற்றலானது குறைந்து மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கு மாற்றப்படும் பொழுது இது இறக்கு மின்மாற்றி எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

செயல்படும் தத்துவம்

மின்மாற்றியானது மின்காந்தத் தூண்டல் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது. மின்மாற்றியில் தேனிரும்பு உள்ளகத்தின் மீது சுற்றப்பட்ட ஒன்றுடன் ஒன்று மின்தொடர்பற்ற முதன்மை மற்றும் துணைச் சுருள்கள் உள்ளன.

(படம் 1) ஏதாவது ஒரு சுருளில் அதாவது முதன்மை சுருளில் தொடர்ந்து மாற்றமடைந்து கொண்டிருக்கும் மின்னழுத்தத்தை தரும்பொழுது, அது மாறுபடும் காந்தப் பாயத்தை முதன்மை காந்தப்பாயமாற்றத்தை ஏற்படுத்தும் ஃபாரடேவின் மின்காந்தத் தூண்டல் விதியின்படி மின்னியக்கு விசையானது துணைச்சுருளில் தூண்டப்படுகிறது. இந்த தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை துணைச்சுருளில் இணைக்கப்பட்டுள்ள பளு வழியாக மின்னோட்டத்தை அனுப்புகிறது. எனவே முதன்மைச் சுருளிலிருந்து மின்னாற்றல் துணைச்சுருளுக்கு மின்காந்தத் தூண்டுதலின் மூலம் மாற்றம் செய்யப்படுகிறது. (படம் 1 மின்மாற்றி).



படம் 1

அமைப்பின் விவரம்

மின்மாற்றியின் தேவையான பகுதிகள்

1. முதன்மை மற்றும் துணைச்சுருள்கள்
2. மின்மாற்றியின் உள்ளகம்

முதன்மைச் சுருள்

மின்மாற்றியில் தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டே இருக்கும் மின்னழுத்தத்தை கொடுக்கப்படும் சுருள் முதன்மைச்சுருள் எனப்படும்.

துணைச் சுருள்

மின்மாற்றியில் எந்த ஒரு சுருளுடன் பளு இணைக்கப்பட்டுள்ளதோ, அது துணைச்சுருள் எனப்படும்.

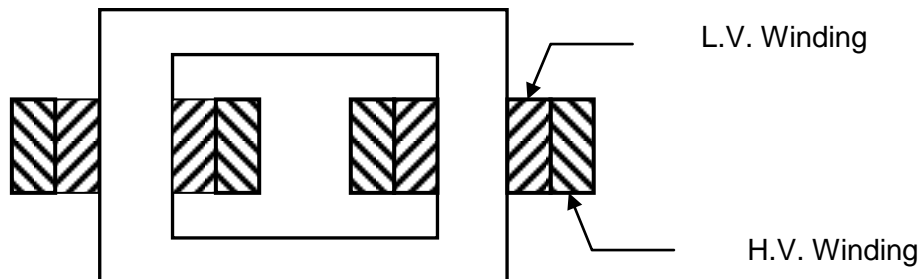
மின்மாற்றியின் உள்ளகம்

மின்மாற்றியின் உள்ளகமானது முதன்மைச் சுருளையும் துணைச் சுருளையும் காந்தப்பாயத்தின் மூலம் இணைக்கிறது. சுழல் மின்னோட்டங்களைக் குறைக்க மெல்லிய தகடுகளால் ஆன தேனிரும்பு உள்ளகம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒவ்வொரு மெல்லியத்தகடும் 0.35மி.மீ இருந்து 0.5 மி.மீ வரை தடிமன் கொண்டுள்ளது. சிறப்பு உலோகம் மற்றும் சிலிக்கான் எஃகு போன்ற கலப்பு உபயோகங்கள் பயன்படுத்துவதன் மூலம் தயக்கஇழப்பு குறைக்கப்படுகிறது. இந்த மின்மாற்றியின் இரண்டு அடிப்படை பிரிவுகள்.

1. உள்ளக வகை (Core Type)
2. கூடு வகை (Shell Type)

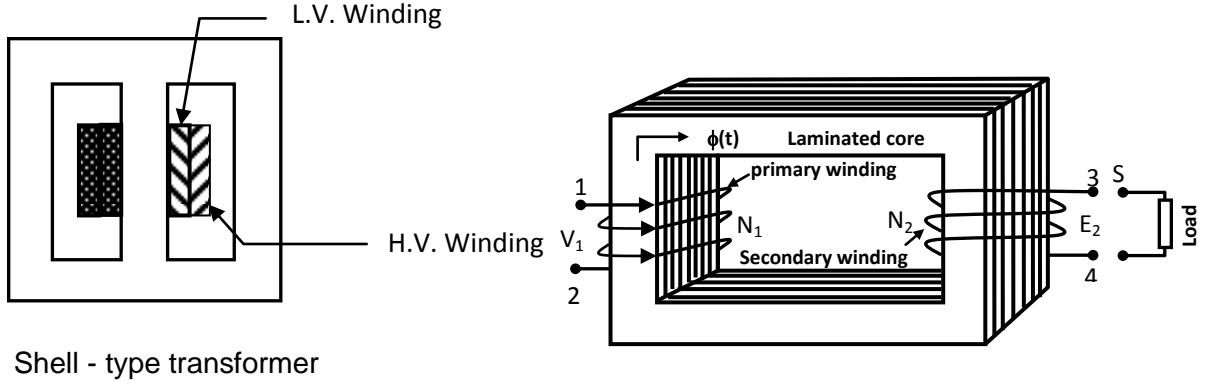
உள்ளக வகை மின்மாற்றி

இந்த விதமான மின்மாற்றியில் சுருள்கள் உள்ளகத்தின் பெரும்பாலான பகுதியை படம் 2ல் காட்டியவாறு சுற்றியுள்ளன. இதில் உருளைவடிவ விதமான சுருள்கள் உபயோகப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த சுருள்கள் சுருள் வளைய (Helical) அடுக்கு ஆக சுற்றப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு அடுக்கும் காகிதம், மைக்கா, துணி போன்ற காப்பான்களினால் காப்பிடல் (Insulate) செய்யப்பட்டுள்ளன. இந்த தேனிரும்பு உள்ளகத்தின் ஒவ்வொரு மெல்லிய தகடும் 1 வடிவ நீள் தகடாக படம் 3ல் காட்டியவாறு வெட்டப்பட்டுள்ளன.



கூடு வகை மின்மாற்றிகள்

இந்த விதமான மின்மாற்றிகளில் தேனிரும்பு உலோகமானது, சுருள்களின் பெரும்பாலான பகுதியை படம் 4ல் காட்டியுள்ளவாறு சுற்றியுள்ளன. இந்த தேனிரும்பு உலோகத்தின் ஒவ்வொரு தனித்தகடும் (E) மாற்றும் (I)வடிவ நீள்தகடாக படம் 4(b)ல் காட்டியுள்ளவாறு செய்யப்பட்டுள்ளன.



படம் 4 கூடு வகை மின்மாற்றி

மொத்த காந்த பாயலும் தேனிரும்பு உலோகத்தின் நடுவில் உள்ள பகுதி வழியாக செல்கிறது. ஆனால் இந்த காந்தப்பாயல் ஆனது வெளிப்புறத்திலுள்ள இரண்டு பகுதி வழியாக சமஅளவில் பிரிந்து செல்கிறது. இந்த விதமான மின்மாற்றிகளில் தேனிரும்பு உலோகத்தைச் சுற்றி குறைந்த மின் அழுத்தம் சுருள்களும், குறைந்த அழுத்த சுருள்களைச் சுற்றி உயர்மின் அழுத்தச் சுருள்களும் சுற்றப்பட்டுள்ளன. இந்த வகையான மின்மாற்றியில் சுருள்கள் தேனிரும்பு உலோகத்தைச் சுற்றி இருப்பதால் இது கூடுவகை மின்மாற்றி என்று அழைக்கப்படுகிறது.

நன்மைகள்

1. இழப்பு குறைவாக இவ்விதமான மின்மாற்றிகளில் நல்ல வெப்ப வெளியேற்றுத் திறன் கிடைக்கிறது.
2. கசிவு மின்மறிப்பு குறைவாக இருக்கிறது.
3. காந்தமயமாக்கும் மின்னோட்டம் குறைவாக இருக்கிறது
4. காந்தபாய் இருக்கிறது.

தீமைகள்

1. சுருள்கள் செய்வது மிகக் கடினம்
2. பழுது பார்ப்பது கடினம்.

மின் மாற்றியின் வகைகள்

(A) துணைச்சுருளில் இருந்து வெளிவரும் மின்னழுத்தத்தைக் கொண்டு மின்மாற்றிகள் பின்வருமாறு பிரிக்கப்படுகின்றன.

1. ஏற்று மின்மாற்றி (உயர் மின்னழுத்தத்திலிருந்து குறைந்த மின்னழுத்தத்திற்கு)
2. இறக்கு மின்மாற்றி (குறைந்த மின்னழுத்தத்திலிருந்து உயர் மின்னழுத்தத்திற்கு)
3. தானியங்கி மின்மாற்றி (சுழியிலிருந்து வரையறுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் வரை)

(B) மின்மாற்றி வேலைசெய்யும் விதத்தைப் பொறுத்து கீழ்வருமாறு பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

1. மின்திறன் மின்மாற்றிகள் (மின்திறன் அனுப்புவதற்கு மற்றும் பகிர்ந்தளிப்பதற்கு)
2. மின்னோட்ட மின்மாற்றிகள் (மின்னோட்டத்தை அளப்பதற்கு)
3. மின்னழுத்த மின்மாற்றிகள் (மின்னழுத்தத்தை அளப்பதற்கு)

(C) மின்மாற்றிகள் குளிர் செய்யப்படும் விதத்தைப் பொறுத்து பின்வருமாறு பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

1. உலர் வித மின்மாற்றிகள்
காற்று இயற்கையாக குளிர்செய்யும் முறை
காற்று வீச்சு (Blast) குளிர்செய்யும் முறை
2. எண்ணெயினுள் மூழ்கப்பட்ட மின்மாற்றிகள்
தாமாகவே குளிர் செய்யும் முறை
விசைக் காற்றின் மூலம் குளிர்செய்தல்
தண்ணீரின் மூலம் குளிர்செய்தல்
விசை எண்ணெயின் மூலம் குளிர்செய்தல்

(D) மின்மாற்றிகள் சிறப்பாக உபயோகப்படுத்தும் முறையைப் பொறுத்து பின்வருமாறு பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

1. உலோக இணைப்பு மின்மாற்றிகள்
2. உலை மின்மாற்றிகள்
3. சோதனை மின்மாற்றிகள்
4. வானொலி மின்மாற்றிகள்

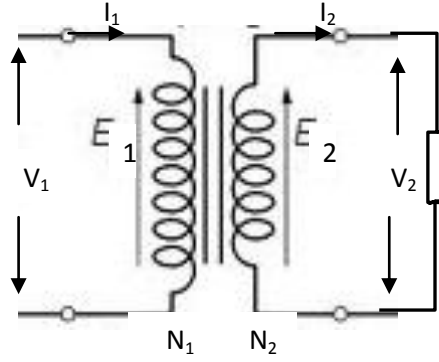
(E) சுருள்களின் இணைப்பை பொறுத்து மின்மாற்றிகள் கீழ்வருமாறு பயிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

1. ஸ்டார் - ஸ்டார் இணைப்பு
2. டெல்டா - டெல்டா இணைப்பு
3. ஸ்டார் - டெல்டா இணைப்பு
4. டெல்டா - ஸ்டார் இணைப்பு
5. ஒப்பன் - டெல்டா
6. ஸ்காட் இணைப்பு மின்மாற்றிகள்

(F) உபயோகப்படுத்தப்படும் தேனிரும்பு உலோகத்தைப் பொறுத்து மின்மாற்றிகள் கீழ்வருமாறு பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

1. உள்ளக விதம்
2. கூடு விதம்
3. சுருள்வரை (Spiral) உள்ளக விதம்.

மின்மாற்றியின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு விசையின் சமன்பாடு



படம் 5 மின்மாற்றி

படம் 5ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ள ஒருகட்ட இருசுருள்கள் கொண்ட மின்மாற்றியை எடுத்துக்கொள்வோம் மேலும்

N_1 என்பது முதன்மைச் சுருள்களின் எண்ணிக்கை.

N_2 என்பது துணைச்சுருள்களின் எண்ணிக்கை Φ அ என்பது தேனிரும்பு உலோகத்தின் அதிகப்படியான காந்தப்பாயல் (webers). I என்பது தேனிரும்பு உலோகத்தின் பரப்பளவு (m^2)

B1 என்பது தேனிரும்பு உலோகத்தின் அதிகப்படியான காந்தப்பாயல் செரிவு (wb/m^2).

F என்பது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அலைஎண்(Hz)

V_1 என்பது முதன்மைச் சுருளுக்கு கொடுக்கப்படும் மின்னோட்ட அளவு $I_c = I_o \cos \Phi_o$ (Volts).

V_2 என்பது துணைச் சுருளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்தம் (Volts)

E_1 என்பது முதன்மைச் சுருளின் தன்மின்தூண்ட மின்னியக்கு விசை (Volts)

E_2 என்பது துணைச்சுருளின் பரிமாற்று மின்தூண்டல் மின்னியக்கு விசை(Wb)

I_1 என்பது முதன்மைச் சுருளில் பாயும் முழுப்பளு மின்னோட்டம் (Ampere)

I_2 என்பது துணைச்சுருளில் பாயும் முழுப்பளு மின்னோட்டம் (Ampere) எனவும் எடுத்துக் கொள்வோம். மின்மாற்றிக்கு கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் சைன் அலை

வடிவத்தில் இருப்பதால், காந்தப்பாயல் $\therefore I_{24} = \frac{8.57}{24+1.71} = 0.33A$ யும் சைன் அலை வடிவத்தில் வேறுபடுகிறது. மேற்கண்ட படத்திலிருந்து காந்தப்பாயலானது அதிகப்படியான T/4 வினாடிகளில் அடைகிறது. T என்பது வினாடியில் உள்ள காலஅளவு (Time Period) ஆகும்.

∴ சராசரி காந்தப்பாயல் மாறும் விகிதம் = $\Phi m / T / 4 (wb / s)$

ஆனால் $T = 1/6$

∴ சராசரி காந்தப்பாயல் மாறும் விகிதம் = $\Phi m / 1/46 = 46\Phi m (wb / s)$

∴ பாரடேவின் மின்காந்த தூண்டல் விதியின்படி

ஒரு காயிலில் தூண்டப்பட்ட சராசரி மின்னியக்கு விசை = $4f\Phi m$ (Volts)

ஆனால் வடிவ காரணி(form factor)=RMS மதிப்பு /சராசரி மதிப்பு =1.11

∴ ஒரு சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின்

$$RMS = 1.11*(4*f*\Phi m)(Volts)$$

முதன்மைச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை (E_1) $4.44 * f * \Phi m * N_1$ (volts)

$$4.44 * f * Bm * A * N_I \text{ (Volts)}$$

அதுபோல் துணை சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை (E_2)

$$4.44 * f * Bm * A * N_I \text{ (Volts)}$$

மின்னழுத்த மாற்று விகிதம் (K)

மின்னழுத்த மாற்று விகிதம் என்பது துணைச்சுருள் மின்னழுத்தத்திற்கும் முதன்மைச் சுருள் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள விகிதம் ஆகும்.

$$\text{அதாவது } K = E_2 / E_1 = N_2 / N_1 \text{ -----1}$$

ஒரு நல்லியல்பு மின்மாற்றிக்கு (Ideal Transformer)

உள்ளீடு = வெளியீடு

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \text{ அல்லது. } E_1 I_1 = E_2 I_2$$

$$I_1 / I_2 = V_1 / V_2 = E_1 / E_2 \text{ -----2}$$

1 மற்றும் 2ல் இருந்து

$$V_2 / V_1 = E_2 / E_1 = N_2 / N_1 = I_1 / I_2 = K -$$

K என்பது மின்மாற்றி விகிதம் ஆகும்

$K > 1$ ஆக இருந்தால் மின்மாற்றியானது ஏற்று மின்மாற்றி

$K < 1$ ஆக இருந்தால் மின்மாற்றியானது இறக்கு மின்மாற்றி.

பளுவில் இல்லாத மின்மாற்றி

ஒரு மின்மாற்றியில் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தில் (V_1) இணைக்கப்பட்டு, துணைச்சுருள் பளுவுடன் இணைக்கப்படாவிட்டால் அது பளுவில்லாத மின்மாற்றி என அழைக்கப்படுகிறது. முதன்மைச்சுருளில் கொடுக்கப்பட்ட மாறுதிசை மின்னழுத்தமானது முதன்மைச்சுருளில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை (I_0) பாய்ச்சுகிறது. இந்த பளு இல்லாத முதன்மைச்சுருள் மின்னோட்டமானது இரண்டு பகுதிகளை கொண்டுள்ளது.

1. செயல்நிலை (Active) அல்லது இரும்பு இழப்பு மின்திறனுள்ள மின்னோட்டம்.

$$I_w = I_0 \cos \Phi_0 \text{ -----a}$$

$\cos \Phi_0$ என்பது பளு இல்லாத திறன் காரணி.

மின்திறனுள்ள மின்னோட்டம் I_w ஆனது இரும்பு இழப்பையும், சிறிதளவு முதன்மைச் சுருள் தாமிர இழப்பையும் கொடுக்கிறது. I_w ஆனது V_1 உடன் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளது

2. காந்த மயமாக்கும் அல்லது எதிர்இணைப்பு (Reactive) மின்திறனில்லாத மின்னோட்டம். $I_u = I_o \sin \Phi$ -----b இந்த மின்னோட்டமானது தேனிரும்பு உலோகத்தின் மீது காந்தப்பாயலை உருவாக்குகிறது. I_U ஆனது V_1 ஐ விட $\pi/2$ பின்தங்கி இருக்கும். சமன்பாடு a மற்றும் b யில் இருந்து, $I_o = \sqrt{I_w^2 + I_u^2}$ என்பது புலப்படுகிறது.

பளுவில் உள்ள மின்மாற்றி

மின்மாற்றியின் துணைச்சுருளில் பளுவானது இணைக்கப்பட்டால் அது பளுவில் உள்ள மின்மாற்றி என அழைக்கப்படும். துணைச்சுருள் முழுப்பளு மின்னோட்டத்தின் (I_2) எண் மதிப்பு மற்றும் கட்டம் முனை மின்னழுத்தம் (V_2) பளுவின் விதத்தைக் கொண்டு வேறுபடும். மின்தடை பளுவுக்கு V_2 மற்றும் I_2 ஒரே கட்டத்தில் அமையும். மின்தூண்டி பளுவுக்கு, I_2 ஆனது V_2 ஐ விட $\pi/2$ கட்டம் பின்தங்கி இருக்கும். மின்தேக்கி பளுவுக்கு I_2 ஆனது V_2 ஐ விட $\pi/2$ கட்டம் முந்தி இருக்கும். துணைச்சுருளில் செல்லும் மின்னோட்டம் (I_2) ஆல் ஒரு துணைச்சுருள் பாயல் ஏற்படும். இது பளு இல்லா மின்னோட்டம் (I_o) ஆல் ஏற்பட்ட முதன்மைப்பாயல் (Φ) ஐ எதிர்க்கும். இதனால் முதன்மைப்பாயல் உடனடியாக குறைந்து விடும். எனவே முதன்மைச்சுருளில் ஏற்படும் பின் மின்னியக்குவிசை E_1 குறைந்து V_1 க்கும் E_1 க்கும் உள்ள வித்தியாசம் அதிகமாகி விடுகிறது. ஆகவே முதன்மைச்சுருள் மின் வழங்கலிலிருந்து அதிக மின்னோட்டத்தை I_1 எடுத்து முதன்மைப்பாயலை முன்னர்போல் Φ அளவு இருக்கச்செய்யும். இதனால் பின் மின்னியக்கு விசை E_1 அதிகமாகி V_1 உடன் சமன் செய்கிறது. இந்த சமநிலை ஏற்பட முதன்மை ஆம்பியர் சுற்றும் துணைச்சுருள் ஆம்பியர் சுற்றும் சமமாக இருக்க வேண்டும்.

அதாவது $N_1 I_1' = N_2 I_2$;

$$I_1' = (N_2 / N_1) * I_2 \text{ -----C}$$

I_1 என்பது முதன்மைச்சுருளின் மாற்று சமன் மின்னோட்டம் எனவே மொத்த முதன்மை மின்னோட்டம் I_1 மாற்று சமன் மின்னோட்டம் I_1 மாற்று சமன் மின்னோட்டம் I_1' மற்றும் பளு இல்லா மின்னோட்டம் I_o இவைகளின் வெக்டர் கூடுதலாகும்.

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_1' + \vec{I}_o$$

I_o மிகக் குறைவாக இருப்பதினால் $I_1 = I_1'$ ஆகும்

$$I_1 = I_1' = N_2 / N_1 * I_2$$

$$I_1 / I_2 = N_2 / N_1 = K \text{ மின்மாற்றி விகிதம்,}$$

வேறுபட்ட திறன் காரணிகளின் கட்டப்படம் (Phasor diagram different P.F load)

ஒரு மின்மாற்றி, பளுவுக்கு கொடுக்கக் கூடிய பளுமின்னோட்டம் I_2 எனவும் துணைச்சுருள் முனை மின்னழுத்தம் V_2 எனவும் எடுத்துக் கொள்ளவும். துணைச்சுருளில் இருந்து பளுவிற்கு செல்லும் மின்னோட்டம், பளுவின் திறன் காரணியைப் பொறுத்து மின்னழுத்தம் V_2 க்கு ஒரே கட்டத்திலோ படம் 6ல், பின்தங்கியோ படம் 7ல் அல்லது முந்தியோ படம் 8ல் செல்கிறது.

முதன்மைச்சுருளில் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தமானது (V_1) முதன்மைச்சுருளில் பளு இல்லாத மின்னோட்டம் (I_o) ஐ பாய்ச்சுகிறது. இந்தப் பளு இல்லாத மின்னோட்டம், இரண்டு பிரிவுகளைக் கொண்டுள்ளது. திறனுள்ள மின்னோட்டம், இரும்பு இழப்புக்கு காரணமாக அமைகிறது, காந்தமயமாக்கும் மின்னோட்டம் (I_m) காந்தப்பாயல் (Φ_m) ஐ ஏற்படுத்துகிறது. அதாவது I_m மற்றும் I_1 ன் நெரிய vector கூடுதல் I_o ஆக அமைகிறது. இந்த காந்தப்பாயலானது முதன்மைச்சுருளில் $\vec{I}_o = \vec{I}_m + \vec{I}_c$. தன் மின்தூண்டலின் மூலம் முதன்மைச்சுருள் மின்னியக்கு விசை (E_1) யும் துணைச்சுருளில் பரிமாற்று மின்தூண்டலின் மூலம் துணைச்சுருள் மின்னியக்கு விசை (E_2) ஐயும் ஏற்படுத்துகிறது காந்தப்பாயல் (Φ_m) ஆனது (E_1) ஐ விட $\pi/2$ கட்டம் பின்தங்கி இருக்கும், பளுவை துணைச்சுருளில் இணைக்கும் போது, துணைச்சுருள் மின்னோட்டம் I_2 ஆனது துணைச்சுருளில் உள்ள மின்தடை R_2 வில் $I_2 R_2$ அளவு மின்னழுத்த இழப்பு ஏற்படுத்துகிறது. இந்த $I_2 R_2$ இழப்பு I_2 உடன் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளது. மேலும் மின்னோட்டம் I_2 துணைச்சுருளில் உள்ள மின்தூண்டியின் மின்எதிர்ப்பு X_2 ல் $I_2 X_2$ அளவு மின்னழுத்த இழப்பை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த $I_2 X_2$ இழப்பு, I_2 விற்கு $\pi/2$ கட்டம் முந்தி அமையும் $V_2, I_2 R_2$ மற்றும் $I_2 X_2$ ஆகியவைகளின் நெரிய கூடுதல் E_2 ஆகும்.

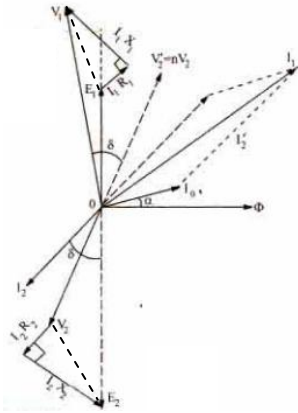
$$\vec{E}_2 = \vec{V}_2 + \vec{I}_2 R_2 + \vec{I}_2 X_2$$

துணைச்சுருள் மின்னோட்டம் I_2 விற்கும் முதன்மைச்சுருளில் அதிகரித்த மின்னோட்டம் I_2' ஆகும் $I_2' = K * I_2$

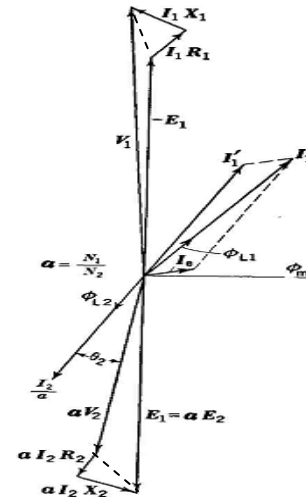
I_2' ன் திசை I_2 விற்கு நேர் எதிரில் இருக்கும். இந்நிலையில் முதன்மைச்சுருளில் செல்லும் கூடுதல் ஆகும்.

$$\text{அதாவது } \vec{I}_1 = \vec{I}_0 + \vec{I}_2'$$

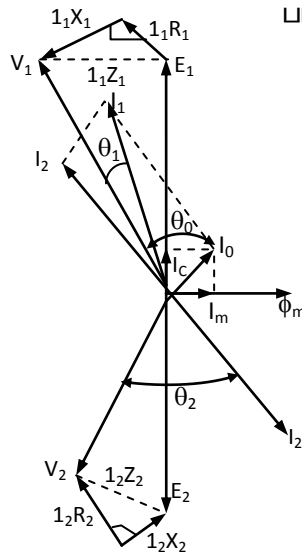
இந்த முதன்மைச்சுருள் மின்னோட்டம் I_1 , முதன்மைச்சுருளில் உள்ள மின்தடை R_1 ல் $I_1 R_1$ என்ற மின்னழுத்த இழப்பை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த $I_1 R_1$ இழப்பு I_1 உடன் நேர்கட்டத்தில் அமைகிறது. மேலும் முதன்மைச்சுருள் மின்னோட்டம் I_1 , முதன்மைச்சுருளில் உள்ள மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பு X_1 ல் $I_1 X_1$ மின்னழுத்த இழப்பை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த $I_1 X_1$ இழப்பு I_1 ஐ விட $\pi/2$ அளவு கட்டத்தில் முன்தங்கி இருக்கும். E_1 மற்றும் E_1 மற்றும் $I_1 X_1$ இவைகளின் வெக்டர் கூடுதல் V_1 ஆகும். அதாவது $\vec{V}_1 = \vec{E}_1 + \vec{I}_1 R_1 + \vec{I}_1 X_1$ V_1 க்கும் I_1 க்கும் இடைப்பட்ட கோணம் Φ_1 ஆகும். $\cos \Phi_1$ என்பது முதன்மைச்சுருள் திறன் காரணி ஆகும்.



படம்: 6 ஒருமை திறன் காரணி வெக்டர்



படம்: 7 பின் தங்கிய திறன் காரணி வெக்டர்

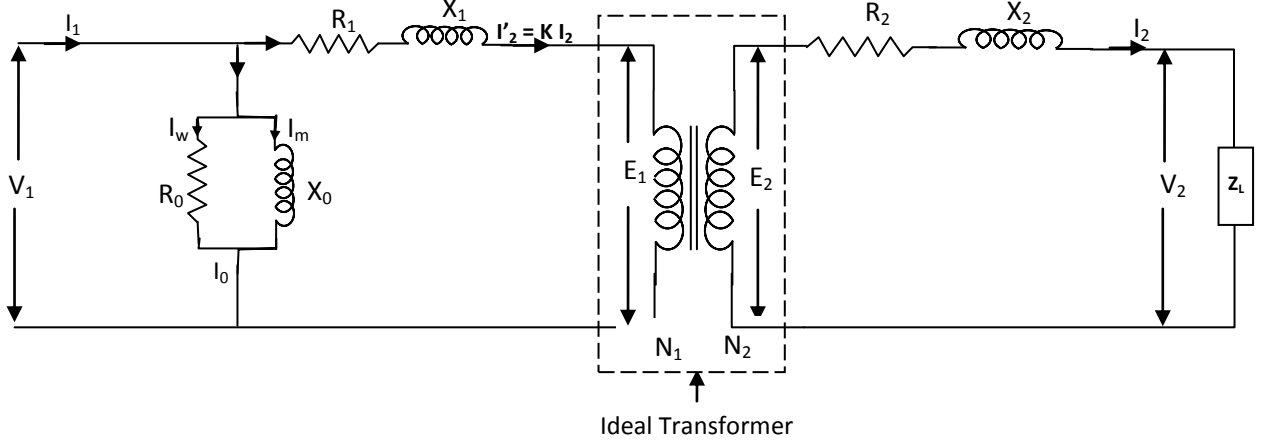


படம்: 8 ஒருமை திறன் காரணி வெக்டர்

மின்மாற்றியின் சமான மின்சுற்று (Transformer Equivalent circuit)

மின்மாற்றியின் செயல்பாட்டை அதன் சமான மின்சுற்றை உதவியாக கொண்டு விவரிக்கலாம்.

ஒரு மின்மாற்றியின் முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருள்களின் மின்தடை மற்றும் மின்தூண்டியின் மின்எதிர்ப்பு அந்தந்த சுருள்களுடன்



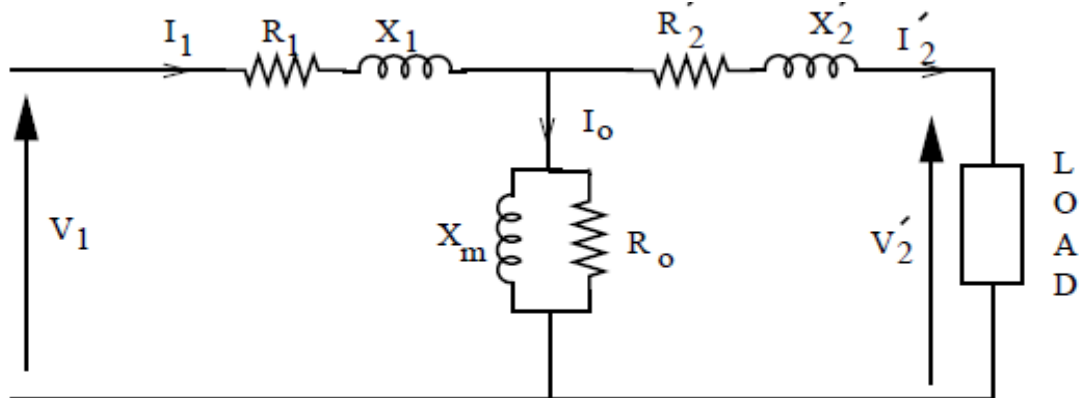
படம் 9 சமான மின் சுற்று (நிலலியல்பு மின்மாற்றி)

தொடராக இணைக்கப்பட்டிருப்பது போல் படம் 9ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதுவே மின்மாற்றியின் சமான மின் சுற்று ஆகும்.

X_0 என்பது மின்மாற்றியின் காந்தமாக்கும் வினையையும், R_0 என்பது மின்மாற்றியின் இரும்பு இழப்பு வினையையும் குறிக்கும். இவை இரண்டும் முதன்மைச்சுற்றிற்கு இணையாக இருப்பதாக கற்பனை செய்யப்பட்டுள்ளது. இந்த சுற்று பளு இல்லாத சுற்று என்று அழைக்கப்படுகிறது.

மின்மாற்றியின் கணக்கீடுகளை எளிதில் தீர்வு காண ஒரு சுற்றில் உள்ள மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம், மின்தடை மற்றும் மின்தூண்டியின் மின்னெதிர்ப்பு மற்றொரு சுருளுக்கு அதற்கு சமமான மதிப்பு உடையதாக மாற்றப்படுகிறது.

பொதுவாக துணைச்சுருளில் உள்ள மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம், மின்தடை, மின்தூண்டியின் மின்எதிர்ப்பு மற்றும் பழுவின் மின்னெதிர்ப்பு முதன்மை பக்கத்திற்கு சமமானதாக மாற்றுவது வழக்கம். இது படம் 10ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



துணைப்பக்கத்திலுள்ள கூறுகளை முதன்மைப்பக்கத்திற்கு மாற்றுவது மட்டும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இணைகள்

துணைச்சுருளின் தூண்டப்பட்ட மின்னழுத்தம் முதன்மை சுருளோடு ஒப்பிடும்போது

$$E_2' = E_2 / K; \text{ ஆனால் } K = N_2 / N_1$$

$$\therefore E_2' = E_2 * N_1 / N_2$$

$$= E_2 * E_1 / E_2 = E_1 \text{ (ஏனெனில் } N_2 / N_1 = E_2 / E_1 \text{)}$$

துணை முனை மின்னழுத்தம் முதன்மையுடன் ஒப்பிடும் பொழுது

$$V_2' = V_2 / K$$

$$= V_2 N_1 / N_2$$

துணை மின்னோட்டம் முதன்மையுடன் ஒப்பிடும் பொழுது

$$I_2' = KI_2$$

$$= N_2 * I_2 / N_1$$

துணை மின்எதிர்ப்பை முதன்மைக்கு மாற்றும்பொழுது R_2 உபயோகப்படுத்தப் படுகிறது.

$$R_2' = \frac{R_2}{K^2}; X_2' = \frac{X_2}{K^2}; Z_2' = \frac{Z_2}{K^2}$$

$$Z_L' = \frac{Z_L}{K^2}$$

k என்பது மின்மாற்றி விகிதம் ஆகும்.

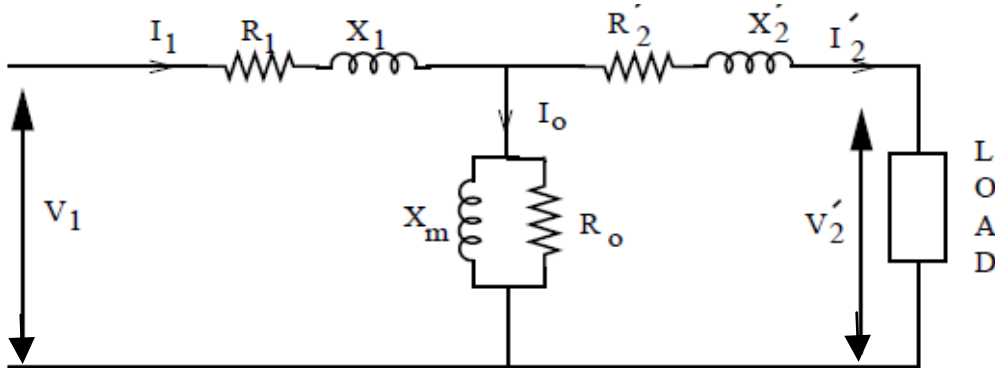
R_2' ஆல் முதன்மைச்சுருளில் ஏற்படும் தாமிர இழப்பானது, R_2 ஆல், துணைச்சுருளில் ஏற்படும் தாமிர இழப்புக்கு சமமாக இருக்கும்.

$$\text{அதாவது } I_1^2 * R_2' = I_2^2 * R_2$$

$$R_2' = (I_2 / I_1)^2 R_2$$

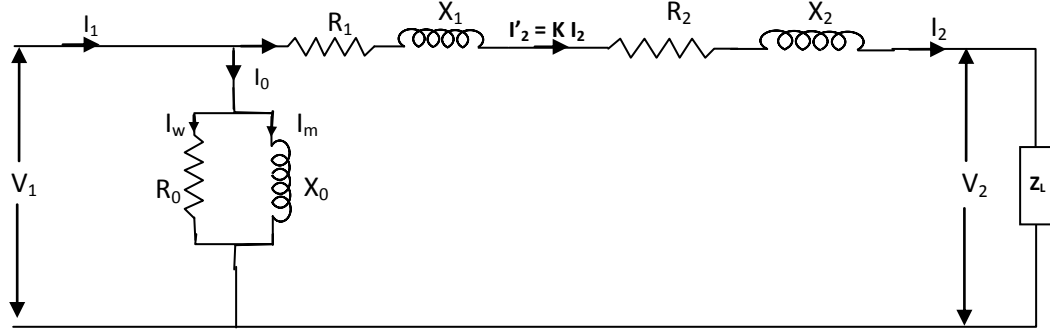
$$R_2' = R_2 / K^2; \text{ ஏனெனில் } I_2 / I_1 = 1 / K \text{ படம் 11ல் மின்மாற்றியின் மொத்த}$$

இணைச்சுற்று காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் - 11

படம். 11ஐ மேலும் எளிதாக்க பளு இல்லா சுற்றை மின்வழங்கல் பக்கத்தில் படம். 12 ல் காட்டியவாறு மாற்றப்படுகிறது.



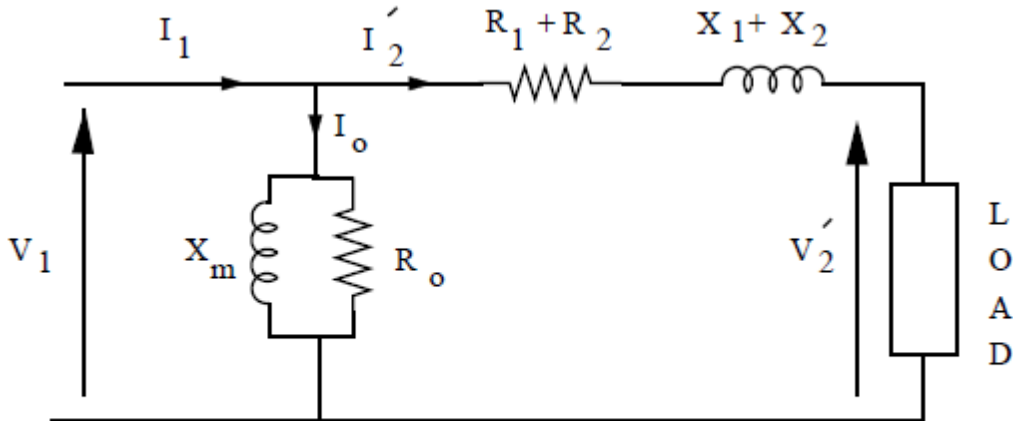
படம் - 12

அடுத்து மின்தடை தனியாகவும், மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பு தனியாகவும் காட்டப்படுகிறது.

$$\text{அதாவது } R_{o1} = R_1 + R_2'$$

$$X_{o1} = X_1 + X_2'$$

என்று கூட்டி படம் 13ல் காட்டியவாறு அமைக்கப்படுகிறது.

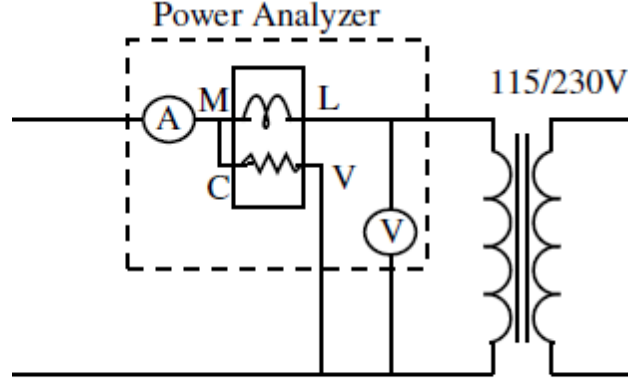


சமமான மின்சுற்றின் மாறிலிகளை கணக்கிடுதல் (Determination of Equivalent circuit constant)

மின்மாற்றியின் சமமான மின்சுற்றின் மாறிலிகள் மற்றும் பயனுறுதிறன் ஆகியவற்றை கண்டுபிடிப்பதற்கு பின்வரும் இரண்டு சோதனைகள் நடத்தப்படுகின்றன.

திறந்த சுற்றுச் சோதனை (Open Circuit Test)

இந்த சோதனையை செய்து, மின்மாற்றியின் பளு இல்லா சோதனை என்றும் அழைக்கலாம். இந்த சோதனையின் மூலம் மாறிலி R_o, X_o ன் மதிப்புகளையும் மற்றும் இரும்பு இழப்பையும் கண்டுபிடிக்கலாம்.



படம் 14 திறந்த சுற்று சோதனை

திறந்த சுற்றுச்சோதனையை பளு இல்லா சோதனையின் இணைப்பு படம் படம் 14ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. துணைச்சுற்றை பளுவுடன் இணைக்காமல் திறந்த நிலையில் வைத்துக் கொண்டு, முதன்மைச்சுற்றிற்கு துணைச்சுருளின் கூறுகள் மாற்றம் செய்து வரையறுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை கொடுக்க வேண்டும். இப்போது அம்மீட்டர் வோல்ட் மீட்டர், வாட் மீட்டர் இவைகள் காட்டும் அளவைகளை குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். அவை காட்டும் அளவைகள் முறையே I_o, V_o, W_o என எடுத்துக் கொள்க. மின்மாற்றியானது பளு இல்லாமல் இருக்கும் பொழுது எடுத்துக் கொள்ளும் மின்திறன் W_o ஆகும். இது இரும்புஇழப்பு மற்றும் பளு இல்லாத தாமிர இழப்புகளின் கூட்டுத்தொகைக்கு சமம் ஆகும். பளு இல்லாத மின்னோட்டம் மிகக் குறைவாக இருப்பதால், இதனால் ஏற்படும் தாமிர இழப்பு மிகமிகக் குறைவாக இருக்கும். எனவே பளு இல்லாத தாமிர இழப்பை கணக்கில் எடுத்துக் கொள்வதில்லை. எனவே பளு இல்லாத நிலையில் வாட் மீட்டர் காட்டும் அளவு இரும்பு இழப்பு ஆகும். இந்த பளு இல்லாத அளவையிலிருந்து, பளு இல்லா மாறிலிகள் R_o, X_o ஐ பின்வருமாறு கணக்கிடலாம். இரும்பு இழப்பு $W_o = V_o * I_o * \cos \Phi_o$ பளு இல்லா மின்திறன் காரணி $\cos \Phi_o = W_o / V_o * I$

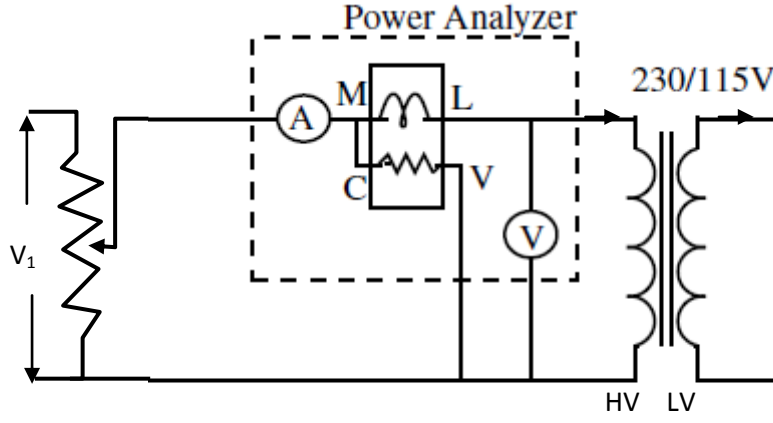
இதிலிருந்து காந்தமயமாக்கும் மின்னோட்டம் $I_m = I_o \sin \Phi_o$

இரும்பு இழப்பு ஏற்படுத்தும் திறனுள்ள மின்னோட்டம் $I_c = I_o \cos \phi_o$ ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைக் கணக்கிடலாம்.

பளு இல்லா சுற்றின் மாறிலிகள்.

$$R_o = V_o / I_c$$

$$X_o = V_o / I_m$$



படம் 15 குறுக்கு சுற்று சோதனை (*Short Circuit method*)

இந்த சோதனையை பயன்படுத்தி R_{o1} அல்லது R_{o2} யும் X_{o1} அல்லது X_{o2} ஐ யும் மற்றும் முழுப்பளு தாமிர இழப்பையும் கண்டுபிடிக்கலாம். இச்சோதனை செய்வதற்கான சுற்றப்படம், படம். 15 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படத்தில் காட்டியுள்ளது போல், துணைச்சுருளை short சுற்று செய்துவிட்டு தானியங்கி மின்மாற்றியின் உதவியால் மின்னழுத்தத்தை சிறுது சிறிதாக அதிகரிக்க வேண்டும். பின் அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர், வாட் மீட்டர் அளவுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். அவை காட்டும் அளவைகள் முறையே I_s V_s மற்றும் W_s என எடுத்துக்கொள்க. இந்த அளவைகளிலிருந்து R_{o1} மற்றும் X_{o1} ஐ பின்வருமாறு கணக்கிடலாம். இந்த சோதனையில் கொடுக்கக் கூடிய மின்னழுத்தம், வரையறுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை விட மிகக்குறைவாக இருப்பதால் இரும்பு இழப்பு மிகவும் குறைவாக இருக்கும். எனவே இரும்பு இழப்பைக் கணக்கிடுவதில்லை. எனவே வாட்மீட்டர் அளவை மின்மாற்றியின் முழுப்பளு தாமிர இழப்பாக எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

$$\text{முழுப்பளு திறன் காரணி } \cos\Phi = W_s / V_s * I_s$$

$$\text{மின்எதிர்ப்பு முதன்மைப் பக்கத்துடன் ஒப்பிடும்பொழுது } Z_{o1} = V_s / I_s^2$$

$$\text{முழுப்பளு தாமிர இழப்பு } W_s = I_s^2 * R_{o1}$$

$$\therefore R_{o1} = W_s / I_s^2$$

$$X_{o1} = \sqrt{Z_{o1}^2 - R_{o1}^2}$$

குறிப்பு முதன்மைச்சுருளை *Short* சுற்று செய்து விட்டு மீட்டர்களை துணைச்சுருளில் இணைத்தால் Z_{o2} ; R_{o2} மற்றும் X_{o2} ன் மதிப்புகள் கிடைக்கும் அதாவது இணைச் சுற்றின் மாறிலிகள் துணைச்சுருளுடன் ஒப்பிடப்படும் மதிப்புகளைக் கண்டறியலாம்.

மின்மாற்றியின் சீராக்குதல் (Regulation)

மின்மாற்றியினுடைய சுருள்களின் மின்தடையினாலும், கசிவு மின்எதிர்ப்பினாலும் மின்மாற்றியில் மின்னழுத்த வேறுபாடு ஏற்படுகிறது. இதனால் பளு இல்லாத துணைச்சுருளின் மின்னழுத்தமும், பளுவில் உள்ளபோது துணைச்சுருளின் மின்னழுத்தமும் வித்தியாசமாக இருக்கும்.

பளு இல்லாதபோது இருக்கும் துணைமுனை மின்னழுத்தத்திற்கும், பளுவில் இருக்கும்போது உள்ள துணைமுனை மின்னழுத்தத்திற்கும் (V_2) உள்ள வித்தியாசம் சீராக்குதல் (Regulation) எனப்படும். இதை சதவிகிதத்தில் குறிப்பிடுவது வழக்கம்.

சதவீத சீராக்குதல் = பளு இல்லாத போது உள்ள மின்னழுத்தம் - பளுவில் இருக்கும் போது உள்ள மின்னழுத்தம் பளுவில் இல்லாதபோது உள்ள மின்னழுத்தம்.

$$= \frac{V_{20} - V_2}{V_{20}} * 100$$

சதவீத சீராக்குதல் பளுமின்னோட்டத்தையும் மற்றும் திறன்காரணியையும் பொறுத்து அமையும்.

மின்மாற்றியில் ஏற்படும் திறன் இழப்புகள்

மின்மாற்றி என்பது ஒரு நிலையான கருவியாகும். எனவே இதில் சுழல் இழப்புகள் ஏற்படுவது இல்லை. மின்மாற்றியில் ஏற்படும் திறன் இழப்பை இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

1. உள்ளக இழப்பு அல்லது இரும்பு இழப்பு
2. தாமிர இழப்பு அல்லது (I^2R) இழப்பு

இந்த இழப்புகளினால் மின்மாற்றியல் வெப்பம் ஏற்படுகிறது. இந்த வெப்பத்தினால் மின்மாற்றியின்

1. வெப்பம் அதிகரிக்கிறது
2. பயனீடு திறன் குறைகிறது

உள்ளக இழப்பு அல்லது இரும்பு இழப்பு (P_i)

இதை காந்த இழப்பு என்று சொல்லலாம். இந்த இழப்பு தயக்கஇழப்பையும், சுழல் மின்னோட்ட இழப்பையும் கொண்டுள்ளது.

$$P_i = P_h + P_e$$

தயக்க இழப்பு (P_h)

உள்ளீடு மாறுதிசை மின்னோட்டம் இரும்பு உள்ளகத்தை திரும்பத் திரும்ப காந்தமயமாக்குவதாலும் காந்தத்தன்மை இழக்கச் செய்வதாலும் ஏற்படும் திறன் இழப்பு தயக்க திறன் இழப்பு எனப்படும் குறைந்த தயக்க இழப்பை கொண்டுள்ள உலோகங்களைப் பயன்படுத்தி இத்தகைய திறன் இழப்பைக் குறைக்கலாம். சிறப்பு உலோகம் மற்றும் சிலிக்கான் எஃகு போன்ற கலப்பு உலோகங்களைப் பயன்படுத்தி தயக்க இழப்பைக் குறைக்கலாம்.

தயக்க இழப்பு

$P_h = K_h * f * B_m^{1.6} (watts / m^3) K_h$ என்பது தயக்க இழப்பு எண் மற்றும் f என்பது முதன்மைச்சுருளில் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண் (H_z) மற்றும் B_m என்பது உள்ளகத்தில் உள்ள காந்தப் பாயலின் செறிவு (wb / m^2)

சுழல் மின்னோட்ட இழப்பு (P_e)

மாறுபடும் காந்தபாயம் உள்ளகத்தில் சுழல் மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இதனால் ஆற்றல் இழப்பு வெப்ப வடிவில் ஏற்படுகிறது. எஃகின் கலப்பு உலோகமான ஸ்டெல்லாய் என்ற உலோகக் கலவையில் உருவாக்கப்பட்ட மெல்லிய தகடுகளினால் உள்ளகத்தை அமைப்பதன் மூலம் இந்த இழப்பைக் குறைக்கலாம்.

சுழல் மின்னோட்ட இழப்பு $P_e = K_e b^2 B_m^2 t^2 (watts / m^3)$

K_e என்பது சுழல் மின்னோட்ட இழப்பு எண் f என்பது முதன்மைச் சுருளில் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண். (H_z) B_m என்பது உள்ளகத்தில் உள்ள காந்தப்பாயலின் செறிவு (wb / m^2) t என்பது மெல்லிய தகடுகளின் தடிமன் (mm) தயக்கஇழப்பும் மற்றும் சுழல் மின்னோட்ட இழப்பும் காந்தப்பாயலின் செறிவையும் (B_m) மற்றும் அதிர்வெண் (f) யும் பொறுத்து இருப்பதால், உள்ளக இழப்பு எல்லா பளுவிலும் மாறிலியாக இருக்கும். மின்மாற்றியின் திறந்த சோதனையைக் கொண்டு உள்ளக இழப்பைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

தாமிர இழப்பு அல்லது I^2R இழப்பு (P_C)

முதன்மைச்சுற்று மற்றும் துணைச்சுற்றுகளின் மின்தடையினால் இந்த இழப்பு ஏற்படுகிறது. இந்த இழப்பை சுற்றி சோதனையைக் கொண்டு கண்டுபிடிக்கலாம்.

மொத்த தாமிர இழப்பு $P_C = I_1^2 * R_1 + I_2^2 * R_2$

$$I_1^2 R_{o1} (or) I_2^2 * R_{o2}$$

மேலே கூறப்பட்ட சமன்பாடுகளில் இருந்து தாமிர இழப்பானது பளுமின்னோட்டத்தின் இரட்டிப்பினை பொறுத்து மாறுபடுகிறது. தாமிர இழப்பு பளுமின்னோட்டத்தைப் பொறுத்து மாறுபடுவதால் அது மாறும் இழப்பு என்று அழைக்கப்படுகிறது.

மின்மாற்றியின் பயனுறு திறன்

மின்மாற்றியின் பயனுறுதிறன் என்பது வெளியீடு திறனுக்கும் உள்ளீடு திறனுக்கும் உள்ள தகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

அதாவது

$$\% W = (\text{வெளியீடு திறன்} / \text{உள்ளீடு திறன்}) * 100 \text{ அதாவது.}$$

$$\% W = \text{வெளியீடு திறன்}$$

வெளியீடு திறன் + உள்ளக இழப்பு + தாமிர இழப்பு

அல்லது $\% W = \text{உள்ளீடு திறன்} - \text{மொத்த இழப்பு} * 10 \text{ உள்ளீடு திறன்.}$

UNIT -II

மூன்றுகட்ட மின்மாற்றி

(3 Phase Transformer)

மாறுபட்டுக் கொண்டிருக்கும் மூன்றுகட்ட அமைப்பில் மின்னழுத்தத்தை தேவைக்கேற்ப அதிகரிக்கவும், குறைக்கவும் மூன்றுகட்ட மின்மாற்றியானது பயன்படுகிறது. ஒரு மூன்றுகட்ட மின்மாற்றியினை இரண்டு வழிகளில் உருவாக்கலாம்.

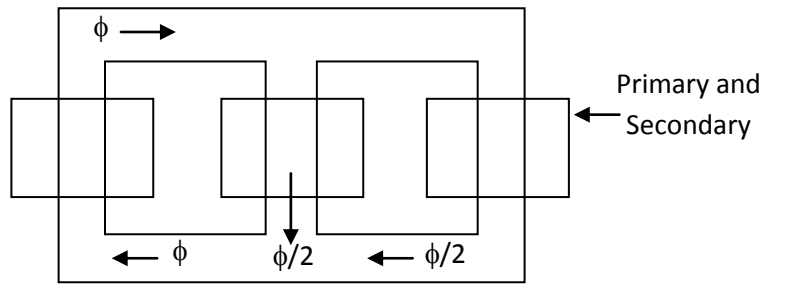
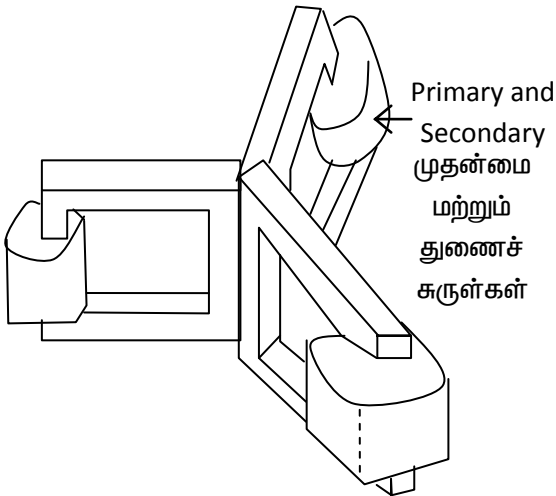
1. மூன்று ஒருகட்ட மின்மாற்றிகளை மூன்று கட்ட மின்மாற்றியாக முறையாக இணைப்பதன் மூலம்
2. மூன்று மின்மாற்றியினை பொதுவான காந்த அமைப்பில் உருவாக்குவதன் மூலம்.

மின்மாற்றியின் முதன்மை மற்றும் துணைச்சுருள்களை கீழ்க்கண்டவாறு இணைக்கலாம்.

1. ஸ்டார் - ஸ்டார் இணைப்பு
2. டெல்டா - டெல்டா இணைப்பு
3. ஸ்டார் - டெல்டா இணைப்பு
4. டெல்டா - ஸ்டார் இணைப்பு

மூன்றுகட்ட மின்மாற்றியினைப் பயன்படுத்துவதின் மூலம் பின்வரும் நன்மைகள் உண்டாகின்றன.

1. தேவைப்படும் இடம் குறைவு
2. எடை குறைவு
3. இதன் விலையானது மூன்று ஒருகட்ட மின்மாற்றியை விட சுமார் 15 % குறைவாக இருக்கும்.



படம் 1. மூன்றுகட்ட மின்மாற்றியின் அமைப்பு

படம் 1 மூன்று கட்ட மின்மாற்றியின் அமைப்பு

மூன்றுகட்ட மின்மாற்றியில் ஏதாவது பழுது ஏற்றப்பட்டால் மொத்த மின்மாற்றியையும் மின்சார அமைப்பில் இருந்து நீக்கி பழுதை சரிசெய்ய வேண்டுமென்பதால் தடையில்லாத மின்சாரமானது பாதிக்கப்படுகிறது. ஆனால் மூன்று ஒருகட்ட மின்மாற்றியை மூன்றுகட்ட மின்மாற்றியாகப் பயன்படுத்தும் பொழுது ஏதாவது ஒரு குறிப்பிட்ட மின்மாற்றியில் பழுது ஏற்பட்டாலும் அந்த குறிப்பிட்ட மின்மாற்றியை மட்டும் மாற்றி மின்சாரம் தொடர்ந்து கிடைக்கச் செய்யலாம்.

படம் 1 ல் காட்டியுள்ளவாறு காந்த உள்ளகம் மூன்று limb களை உடையது. கசிவுப்பாயலை குறைக்க ஒவ்வொரு உள்ளக limb லும் முதன்மைச்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருள் சுற்றப்பட்டிருக்கும். மூன்றுகட்ட மின்மாற்றியை பின்வருமாறு வகைப்படுத்தலாம்.

1. உள்ளக வகை (Core Type)

2. கூடு வகை (Shell)

மூன்றுகட்ட மின்மாற்றிக்கு முதன்மைச்சுருளில் மூன்றுகட்ட மின்சாரம் கொடுக்கும்பொழுது மூன்றுகட்ட காந்தப்புலம் உள்ளகத்தில் உருவாகிறது. பரிமாற்று மின்தூண்டல் கொள்கையின்படி துணைச்சுருளில் மின்னியக்கு விசை (EMF) தூண்டப்படுகிறது.

மூன்றுகட்ட மின்மாற்றி இணைப்பு:

மூன்றுகட்ட மின்மாற்றியில் மூன்று முதன்மைச்சுருள்களும், மூன்று துணைச்சுருள்களும் சுற்றப்பட்டிருக்கும். இந்த முதன்மை மற்றும் துணைச்சுருள்கள் பின்வருமாறு இணைப்பு செய்யப்படுகின்றன.

1.ஸ்டார் - ஸ்டார் இணைப்பு

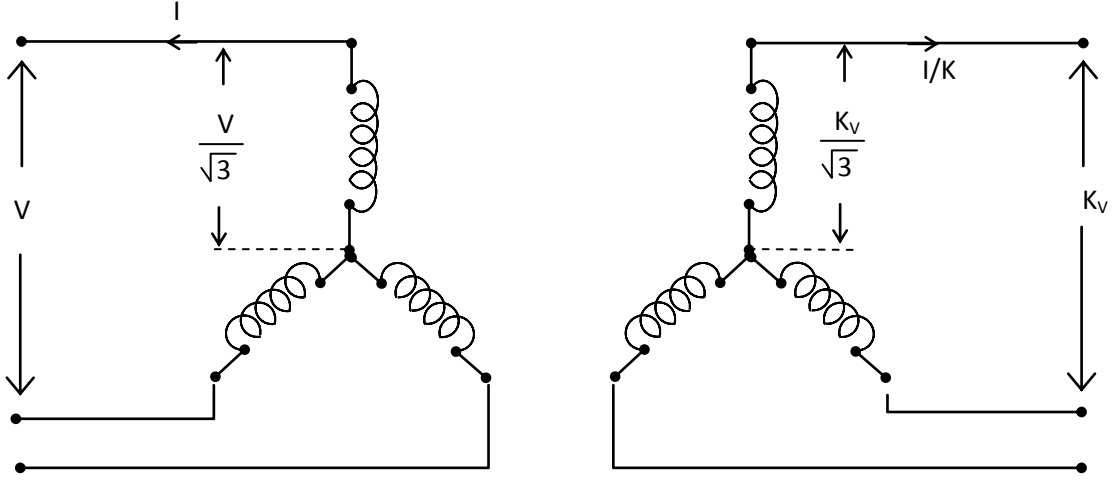
படம். 2 ல் காட்டியுள்ளவாறு உயர்மின் அழுத்தப்பகுதியும், குறைமின் அழுத்தப் பகுதியும் ஸ்டார் இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். படம் 2ல் காட்டியுள்ளவாறு சுருள்களின் முனைகள் இணைக்கப்பட்டிருந்தால், முதன்மை மின்னழுத்தமும், துணை மின்னழுத்தமும் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும். துணை முனைகள் a_2, b_2, c_2 முனை சமனிலைப்புள்ளி உடனும் a_1, b_1, c_1 முனைகள் வெளியே எடுக்கப்பட்டிருந்தால் முதன்மை மற்றும் துணை பின்னழுத்தம் 180° கட்டத்தில் வேறுபட்டிருக்கும்.

இந்த இணைப்பு குறைந்த திறன், அதிக மின்னழுத்தம் உள்ள மின்மாற்றிகளுக்கு பொருத்தமானது. இந்த இணைப்பில் $V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$ ஆகும்.

$$V_{ph} = \text{கட்ட மின்னழுத்தம்}$$

$$V_L = \text{மின் கம்பி மின்னழுத்தம்}$$

எனவே ஒவ்வொரு கட்டத்திற்கும் தேவைப்படும் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையும் காப்பான்களும் குறைவாக இருக்கும்.



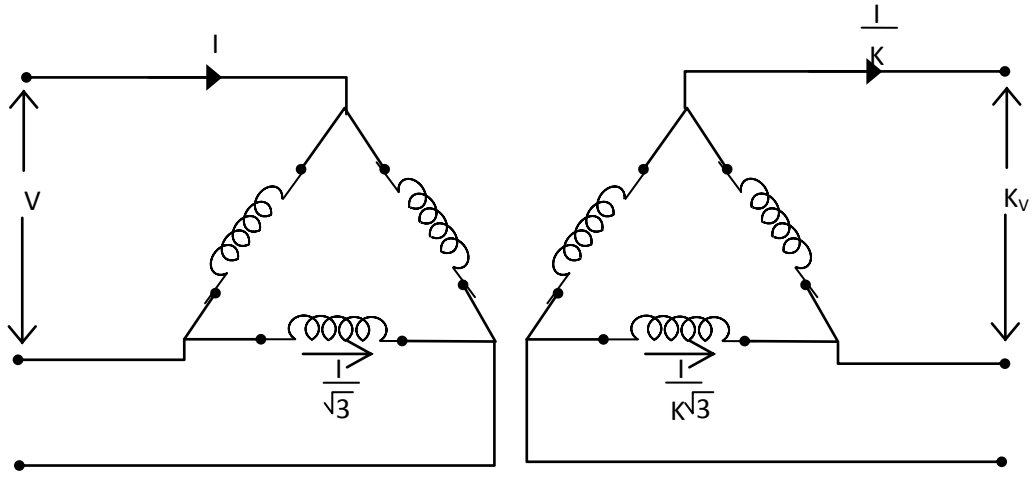
2. டெல்டா டெல்டா இணைப்பு

இம்முறையில் உயர்மின்னழுத்தப் பகுதியும், குறைமின்னழுத்தப் பகுதியும் டெல்டா இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். படம் 3ல் காட்டியுள்ளவாறு முனைகள் இணைக்கப்பட்டிருந்தால் முதன்மை மின்னழுத்தம் மற்றும் துணை மின்னழுத்தம் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும். துணைச்சுருள் முனைகளை a_1c_2, c_1b_3, b_1a_2 என்று மாற்றி இணைத்தால் முதன்மை மின்னழுத்தம் மற்றும் துணைமின்னழுத்தம் 180° கட்டத்தில் வேறுபட்டிருக்கும். இந்த இணைப்பில் ஒவ்வொரு கட்ட மின்னழுத்தமும் மின்கம்பி மின்னழுத்தத்திற்கு சமமாக இருக்கும்.

$V_{ph} = V_L$ ஒவ்வொரு கட்ட மின்னோட்டம் $\frac{I_L}{\sqrt{3}}$ ஆக இருக்கும்.

அதாவது $V_{ph} = V_L$

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

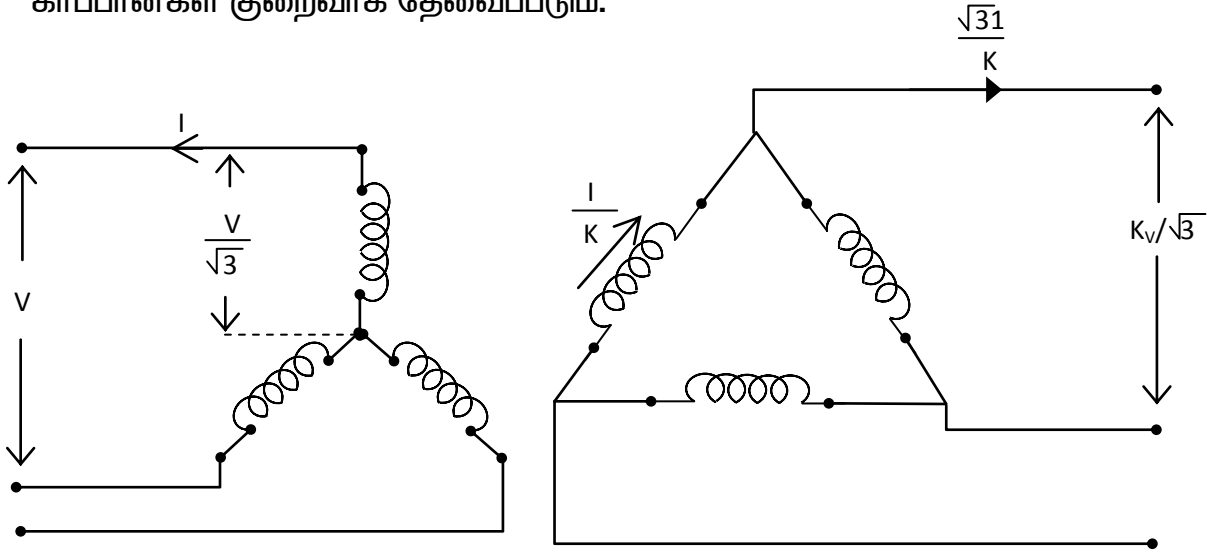


படம் 3 டெல்டா டெல்டா இணைப்பு

எனவே ஸ்டார்-ஸ்டார் இணைப்பைவிட இம்முறையில் கட்டத்திலும் உள்ள சுற்றுகள் அதிகமாகவும். சுருல்களின் வெட்டுமான பரப்பளவு குறைவாகவும் இருக்கும். இந்த இணைப்பு குறைமின்னழுத்தம் மற்றும் அதிக திறன் மின்மாற்றிகளுக்கு ஏற்றது.

3.ஸ்டார் - டெல்டா இணைப்பு

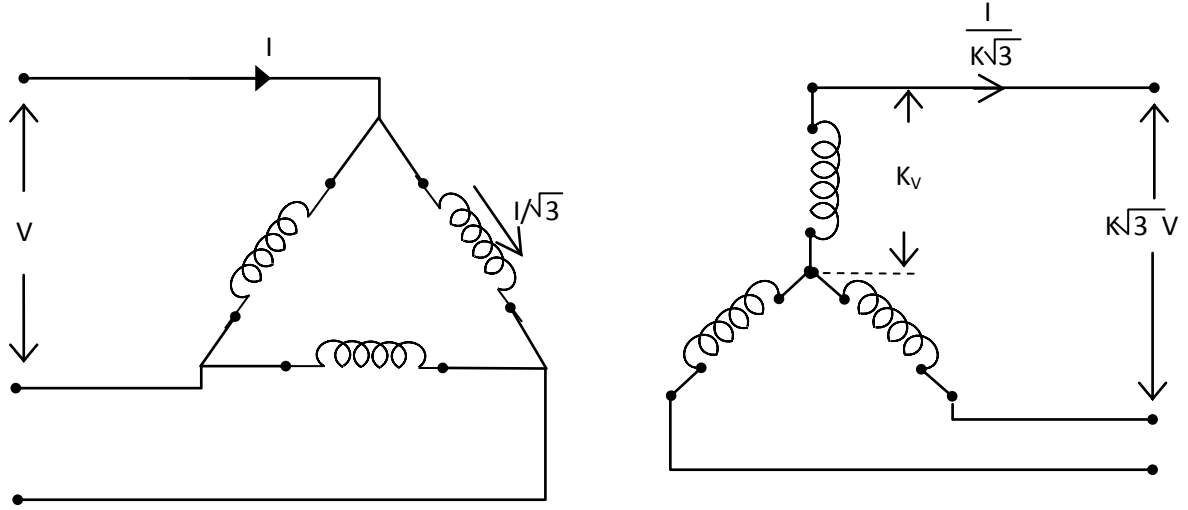
ஸ்டார் - டெல்டா இணைப்பு படம் 4ல் காட்டப்பட்டுள்ளது இந்த இணைப்பில் முதன்மை மற்றும் துணை மின்னழுத்தம் 30° கட்டத்தில் வேறுபட்டிருக்கும். இந்த வகை இணைப்பில் முதன்மை மின்சாரம் 3 கட்ட கம்பிகளாகவோ அல்லது மூன்று கட்ட நான்கு கம்பிகளாகவோ இருக்கலாம். பொதுவாக உயர் மின் அழுத்தப்பகுதி ஸ்டார் இணைப்புல் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஸ்டார் இணைப்பில் $V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$ என்பதால் காப்பானகள் குறைவாக தேவைப்படும்.



படம்4 ஸ்டார் - டெல்டா இணைப்பு

இவ்வித மின்மாற்றிகள் தொலைதூர மின்சார இணைப்பின் (Receiving) முனையிலும், பகிர்வு மின்நிலையங்களிலும் இறக்கு மின்மாற்றியாகப் பயன்படுகிறது.

4. டெல்டா - ஸ்டார் இணைப்பு



படம் 5 டெல்டா - ஸ்டார் இணைப்பு

இவ்வகை இணைப்பு படம் 5ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த இணைப்பில் முதன்மை மற்றும் துணைமின்னழுத்தம் 30° கட்டத்தில் வேறுபட்டிருக்கும். இவ்வகை மின்மாற்றிகள் உற்பத்தி நிலையங்களில் ஏற்று மின்மாற்றியாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

குறைக் கடத்திகள்

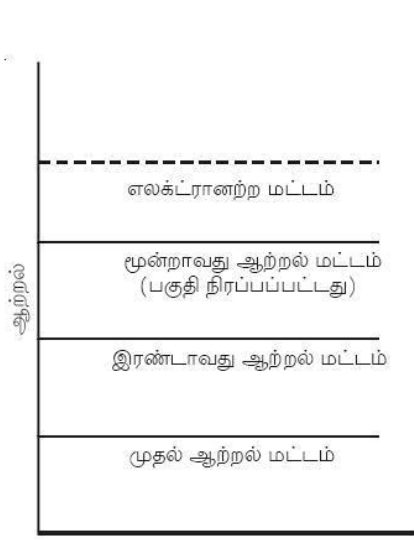
ஜெர்மானியம், சிலிக்கான் போன்ற சில பொருள்களின் மின்தடை எண், தாமிரம் போன்ற நற்கடத்திகளுக்கும், கண்ணாடி போன்ற காப்பான்களுக்கும் இடைப்பட்ட மதிப்பாகும். இவ்வகைப் பொருள்கள் குறைக்கடத்திகள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. கடத்திகளுக்கும், காப்பான்களுக்கும் இடையே மின்தடை எண்ணைப் பெற்றுள்ள பொருள் குறைக்கடத்தி எனப்படும். அறை வெப்பநிலையில் குறைக்கடத்தி ஒன்றின் மின்தடை எண்ணின் மதிப்பு ஏறத்தாழ 10^{-2} க்கு ம் $10^4 \Omega m$ க்கும் இடையில் அமையும். குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை வீச்சிற்கு குறைக்கடத்தியின் மின்தடையானது, வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது குறைகிறது. இத்தன்மையானது உலோகக் கடத்தி ஒன்றின் வெப்பநிலை அதிகரிக்க மின்தடை அதிகரிக்கும் என்ற பண்பிற்கு முரண்பாடாக அமைகிறது.

Ge, Si, In போன்றவை குறைக்கடத்திகளாக வகைப்படுத்தப்பட்ட தனிமங்கள் ஆகும். ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கான் பெருமளவு குறைக்கடத்திகளாக பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

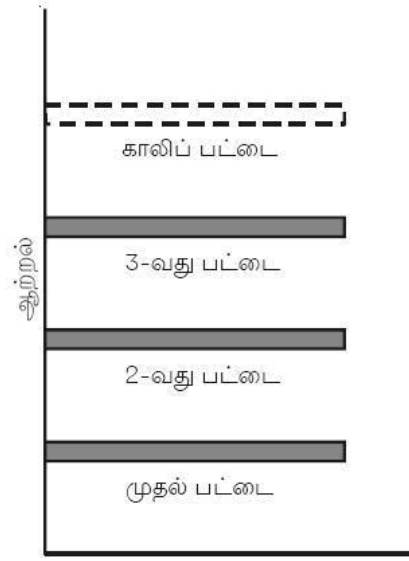
திண்மங்களில் ஆற்றல் பட்டைகள்

தனிமைப்படுத்தப்பட்ட ஒற்றை அணுவில், பல்வேறு தனித்தனியான ஆற்றல் மட்டங்கள் உள்ளன. திண்மங்களில் அணுக்களானது அணிக்கோவைத் தளத்தில் ஒழுங்கான முறையில் அமைக்கப்பட்டு ஒவ்வொரு அணுவும் அண்டை அணுக்களின் தாக்கத்திற்கு உட்பட்டும் உள்ளன. அணுக்களின் நெருக்கமானது, அண்டை அணுக்களில் எலக்ட்ரான்களின் உட்கலப்பினை (Inter Mixing) விளைவிக்கின்றன. இதனால் அனுமதிக்கப்பட்ட ஆற்றல் மட்டங்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. எனவே திண்மங்களில் தனிப்பட்ட அணுவுடன் தொடர்புடைய, தனித்த ஆற்றல் மட்டத்திற்குப் பதிலாக ஆற்றல் மட்டங்களின் பட்டைகள் இடம் பெறுகின்றன. நெருக்கமாக அமைந்த இத்தகைய ஆற்றல் மட்டங்களின் தொகுப்பு ஆற்றல்பட்டை என்றழைக்கப்படுகிறது. ஆற்றல் மட்டங்களின் பட்டைகள் என்பன தனித்த அணுவிற்கல்லாமல், திண்மம் முழுமைக்கும் பொருந்துவதாகும்.

ஆற்றல் பட்டைகள் பற்றிய கருத்தினை, படத்திலிருந்து எளிதாகப் புரிந்து கொள்ளலாம் (படம் 3.1a & b). சிலிக்கானின் தனித்த ஒற்றை அணுவின் ஆற்றல் மட்டங்கள் படம் 3.1.a -ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



தனித்த ஒற்றை அணுவின் ஆற்றல் மட்டங்கள்



திண்மத்தின் ஆற்றல் பட்டைகள்

படம் 3.1.a தனித்த ஒற்றை அணுவின் ஆற்றல் மட்டங்கள்

படம் 3.1.b திண்மத்தின் ஆற்றல் பட்டைகள்

ஒவ்வொரு சிலிக்கன் அணுவும் 14 எலக்ட்ரான்களைப் பெற்றுள்ளது. இந்த எலக்ட்ரான்கள் K கூட்டில் 2-ம், L கூட்டில் 8-ம் மற்றும் M கூட்டில் 4 சமமாக உள்ளன. 3s உட்கூட்டில் 2-ம், 3p உட்கூட்டில் 2-மமான கூட்டின் நான்கு எலக்ட்ரான்களும் பகிர்ந்தளிக்கப்பட்டுள்ளன. மொத்தம் 6 எலக்ட்ரான்களை பெறக்கூடிய 3p உட்கூட்டு பகுதியாகவே (Partially) நிரப்பப்பட்டுள்ளது. முழுவதுமாக எலக்ட்ரான்களால் நிரப்பப்பட்ட மட்டங்கள் உள்ளக மட்டங்கள் (Core Levels) எனவும் இவற்றை நிரப்பும் எலக்ட்ரான்கள் உள்ளக எலக்ட்ரான்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. வெளிப்புறக் கூட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் எனவும், பகுதியாக நிரப்பப்பட்ட வெளிப்புற மட்டம், இணைதிறன் மட்டம் எனவும், காலியாகவுள்ள அனுமதிக்கப்பட்ட மட்டங்கள் கடத்து மட்டங்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. திண்மம் ஒன்றில், ஒன்றுக்கொன்று மிக நெருக்கமாக அமைந்த அதிக எண்ணிக்கையிலான அணுக்கள் உள்ளன. s அல்லது p மட்டங்களின் ஆற்றல் eV அளவில் உள்ளதால், அவை மிக நெருக்கமாக அமைந்துள்ளன. முதல் கூட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் உருவாக்கும் ஆற்றல் பட்டை, முதல் ஆற்றல் பட்டை என அழைக்கப்படுகிறது. இது போல் இரண்டாவது கூட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் உருவாக்குவது இரண்டாவது ஆற்றல் பட்டை மற்றும் அதற்கு மேலும் பட்டைகள் உருவாவதை படம் 3.1b-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இணைதிறன் பட்டை, கடத்துப்பட்ட மற்றும் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி

திண்மத்தின் அணுக்கள், ஒழுங்கான, திரும்பத் திரும்ப வருமாறு, வடிவியல் அமைப்புபெறுமாறு அமையப் பெற்றிருக்கும். அணுவில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள்,

அனுமதிக்கப்பட்ட ஆற்றல் மட்டங்களில், அணுக்கருவைச் சுற்றி வருகின்றன. உட்புறக் கூடுகளில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவுடன் வலுவான பிணைப்பில் உள்ளன. இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களால் நிரப்பப்பட்டுள்ள பட்டை அல்லது உயர் ஆற்றல் பெற்றுள்ள பட்டை இணைதிறன் பட்டை (படம் 3.2) என வரையறுக்கப்படுகிறது. இணைதிறன் பட்டை பகுதியாகவோ அல்லது முழுமையாகவோ நிரப்பப்பட்டிருக்கலாம். ஆனால் ஒரு போதும் காலியாக (empty) இராது.



படம் 3.2 இணைதிறன் பட்டை மற்றும் கடத்துப் பட்டை

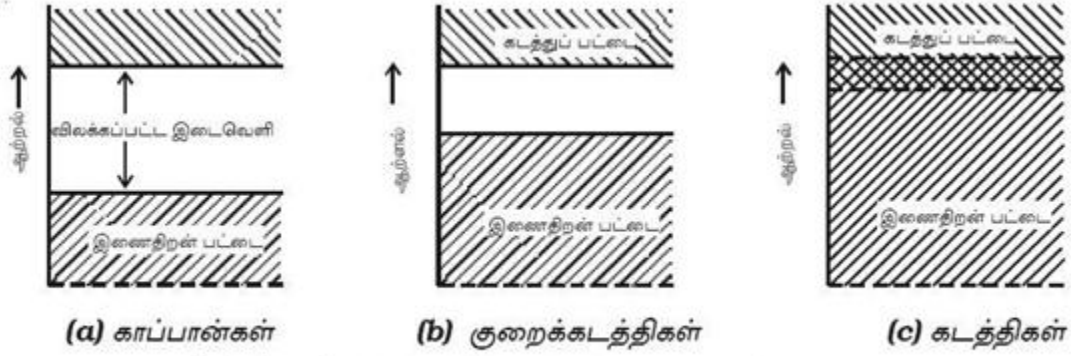
சில பொருள்களில், இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவுடன் தளர்வான பிணைப்பில் உள்ளதால், அறை வெப்பநிலையிலேயே சில எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் பட்டையை விட்டு வெளியேறுகின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. இவை ஒரு கடத்தியின் மின்னோட்டக் கடத்தலுக்கு காரணமாதலால் அவை கடத்தும் எலக்ட்ரான்கள் என்றும், இந்த எலக்ட்ரான்களால் நிரப்பப்பட்டுள்ள பட்டை கடத்துப்பட்டை என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இந்தப் பட்டை காலியான பட்டையாகவோ அல்லது பகுதி நிரப்பப்பட்ட பட்டையாகவோ அமையலாம்.

இணைதிறன் பட்டைக்கும், கடத்துப் பட்டைக்கும் இடையேயான இடைவெளி, விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி எனப்படும். இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துப் பட்டைக்கு ஒரு எலக்ட்ரான் மாற்றப்பட வேண்டுமானால் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளிக்குச் சமமான வெளிப்புற ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது.

காப்பான்கள், குறைக்கடத்திகள் மற்றும் கடத்திகள் காப்பான்கள்

காப்பானில் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி மிக அதிகமாக இருக்கும் (படம் 3.3a). பொதுவாக, காப்பான்களில் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி 3eVக்கு அதிகமாக இருக்கும். கடத்துவதற்கு, எலக்ட்ரான்கள் இருக்காது. எனவே இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துப்பட்டைக்கு எலக்ட்ரான்கள்

செல்லவேண்டுமெனில் மிக அதிக அளவிலான ஆற்றல் தரப்பட வேண்டியுள்ளது. கண்ணாடி போன்ற பொருள்களில் 0 K வெப்பநிலையில் இணைதிறன் பட்டை முழுமையும் நிரம்பியுள்ளது. இணைதிறன் பட்டைக்கும், கடத்துப் பட்டைக்கும் இடையிலான ஆற்றல் இடைவெளி 10eV அளவில் உள்ளதால், உயர் மின்புலம் கொடுக்கப்பட்ட போதிலும் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துப் பட்டைக்கு எலக்ட்ரான்கள் நகர முடிவதில்லை. எலக்ட்ரானுக்கு மிக அதிகமாக ஆற்றல் கொடுக்கப்படின விலக்கப்பட்ட இடைவெளியை அது கடக்கும். வெப்பநிலையை உயர்த்தும்போது சில எலக்ட்ரான்கள் கடத்துப்பட்டைக்கு நகருகின்றன. அறை வெப்பநிலையில் காப்பான்களாக உள்ள சில பொருள்கள், உயர் வெப்பநிலையில் கடத்திகளாக மாறுவதற்கு இதுவே காரணமாகும். காப்பான்களின் மின்தடை எண்மதிப்பு ஏறத்தாழ 10^{11} லிருந்து $10^{16} \Omega m$ வரை இருக்கும்.



படம் 3.3 திண்மங்களில் ஆற்றல் பட்டைகள்

குறைக்கடத்திகள்

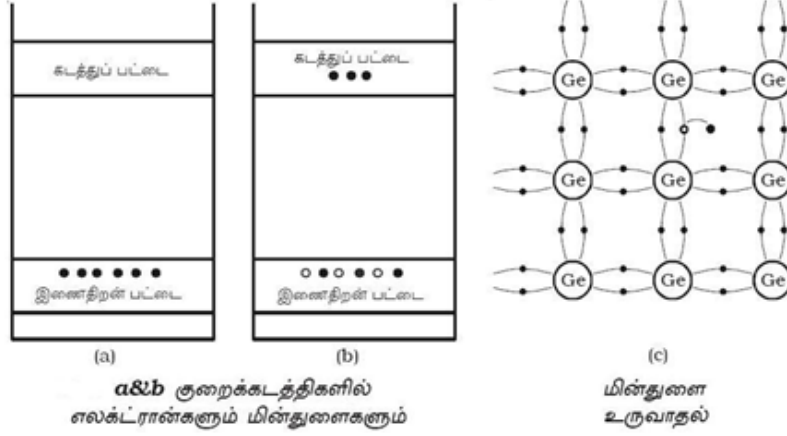
குறைக்கடத்திகளில் (படம் 3.3b) விலக்கப்பட்ட இடைவெளி மிகவும் குறைவு ஆகும். ஜெர்மானியம், சிலிக்கான் குறைக்கடத்திகளுக்கு சிறந்த எடுத்துக்காட்டுகளாகும். ஜெர்மானியத்தின் விலக்கப்பட்ட இடைவெளியின் ஆற்றல் 0.7eV அளவிலும் Si-க்கு 1.1eV ஆகவும் உள்ளது. 0K யில் கடத்துப் பட்டை முழுவதும் காலியாகவும், இணைதிறன் பட்டை முழுமையாக நிரப்பப்பட்டும் இருக்கும். சிறிய அளவு ஆற்றல் அளிக்கப்பட்டவுடன், எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துப் பட்டைக்கு எளிதாகத் தாவுகின்றன. எடுத்தக்காட்டாக வெப்பநிலையை அதிகரித்தால், விலக்கப்பட்ட இடைவெளி குறைந்து, சில எலக்ட்ரான்கள் கடத்துப்பட்டைக்குள் விடுவிக்கப்படுகின்றன. குறைக்கடத்தியின் மின்கடத்துதிறன் 10^2 mho m^{-1} அளவில் உள்ளது.

கடத்திகள்

கடத்திகளில் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி இருப்பதில்லை. இணைதிறன் மற்றும் கடத்துப் பட்டைகள் ஒன்றோடொன்று மேற்பொருந்தியுள்ளன (படம் 3.3 c). இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துப்பட்டைக்கு எலக்ட்ரான்கள் தடையின்றி நுழைகின்றன. இணைதிறன் பட்டை மற்றும் கடத்துப் பட்டை ஒன்றோடொன்று மேற்பொருந்துவதால், மிகக் குறைவான மின்னழுத்த வேறுபாடானது தொடர்ச்சியான மின்னோட்ட இயக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது.

குறைக்கடத்திகளில் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் மின் துளைகள்

ஒரு உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தி (தூய குறைக்கடத்தி) ஒன்றின் ஆற்றல் பட்டையை படம் 3.3.b காட்டுகிறது. படம் 3.4 a b-ல் முறையே தனிச்சுழி மற்றும் அறை வெப்பநிலைகளில் மின்னூட்ட ஊர்திகளின் நிலை குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.



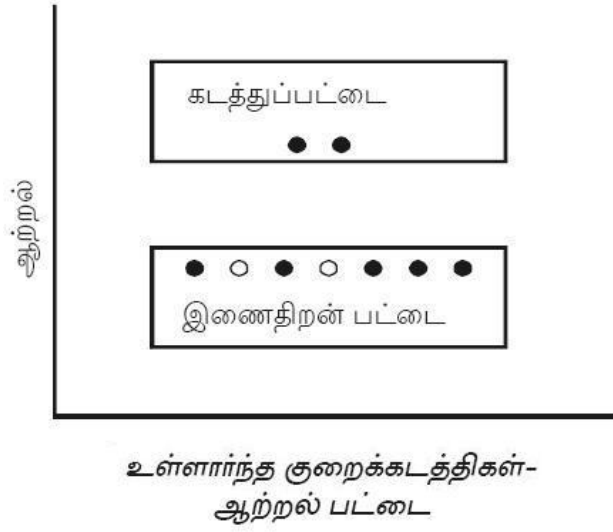
படம் 3.4. a & b குறைக்கடத்திகளில் படம் 3.4. மின்துளை உருவாதல்

எலக்ட்ரான்களும் மின்துளைகளும்

அதிக வெப்பநிலையில் கடத்துப்பட்டைக்கு செல்லும் உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தியின் எலக்ட்ரான்கள், உள்ளார்ந்த ஊர்திகள் (Intrinsic Carriers) என்றழைக்கப்படுகின்றன. இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து, கடத்துப்பட்டைக்கு எலக்ட்ரான் சென்றபின், எலக்ட்ரான் இருந்த இடத்தில் உருவாக்கப்படும் காலியிடம் மின்துளை என்றழைக்கப்படுகிறது. படம் 3.4c மின்துளை உருவாவதைப் புரிந்து கொள்ள உதவும். தூய ஜெர்மானியப் படிகத்தை கருதுவோமானால் அது வெளிப்புற அல்லது இணைதிறன் கூட்டில் 4 எலக்ட்ரான்களைப் பெற்றுள்ளது. இந்த எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் எனப்படும். இரு ஜெர்மானிய அணுக்கள் அருகருகே கொண்டு வரப்பட்டால், அணுக்களுக்கிடையே சக பிணைப்பு உருவாகிறது. கூடுதலாக சிறிது ஆற்றல் பெறும்போது சக பிணைப்பிலுள்ள எலக்ட்ரான்களில் பிணைப்பை முறித்துக்கொண்டு படிகத்தின் அணிக் கோவைகளில் நகர ஏதுவாகிறது. பிணைப்பிலிருந்து எலக்ட்ரான் வெளியேறும்போது, அதன் இடத்தில் துளை ஒன்று உருவாக்கப்படுகிறது. இது திறந்த வட்டத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. அருகிலுள்ள அணுவின் எலக்ட்ரான் சக பிணைப்பை முறித்துக்கொண்டு, இத்துளையை நிரப்பும்போது மற்றொரு இடத்தில் மின்துளை உருவாக்கப்படுகிறது. எலக்ட்ரான், ஓரலகு எதிர்மின்னூட்டத்தைப் பெற்றிருப்பதால், மின்துளையானது ஓரலகு நேர்மின்னூட்டத்துடன் ஒருங்கிணைகிறது. மின்துளையின் முக்கியத்துவம் யாதெனில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களைப் போன்றே மின்துளைகளும் எதிர் திசையில் மின்னோட்ட ஊர்திகளாகச் செயல்படுகின்றன.

உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தி

ஒரு தூய மாசற்ற குறைக்கடத்தி உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தி எனப்படும். உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தியில், கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் மின்துளைகளின் எண்ணிக்கை சமமாகும். தூயஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கான் உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்திகளுக்கு பொதுவான எடுத்துக்காட்டுகளாகும். இவற்றின் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் குறைவாக இருப்பதால், அறை வெப்பநிலையிலும் கூட இவ்விடைவெளியைக் கடந்து கடத்துப்பட்டையை அடைவதற்குப் போதுமான ஆற்றலைப் பெற்றுள்ள பல எலக்ட்ரான்கள் இவற்றில் உள்ளன. அறை வெப்பநிலையில் ஒரு உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தியின் ஆற்றல் பட்டை 3.5ல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.5 உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்திகள் ஆற்றல் பட்டை

குறைக்கடத்தியின் மாசூட்டல்

வெப்ப ஆற்றல் அல்லது ஒளியாற்றலைக் கொண்டு ஒரு குறைக்கடத்தி படிகத்தினுள் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் மின்துளைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவற்றின் மின்கடத்து திறன் மிகவும் குறைவாகவே உள்ளது. இவற்றை உருவாக்குவதற்கான சிறந்த மற்றும் எளிதான வழிமுறை யாதெனில், தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட மிகச் சிறிய அளவிலான மாசுக்களை படிகத்தினுள் சேர்ப்பதாகும். மாசானது 100ppm (Parts Per Million) என்ற அளவில் சேர்க்கப்பட வேண்டும். உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தியினுள் மிகச் சிறிய அளவிலான மாசுச் சேர்க்கை நிகழ்வு மாசூட்டல் (Doping) எனப்படும். இந்த மாசு அணுக்கள் மாசூட்டிகள் (Dopants) என்றழைக்கப்படுகின்றன. மாசு அணுக்களைப் பெற்றுள்ள குறைக்கடத்தி தூய்மையற்ற அல்லது மாசூட்டப்பட்ட அல்லது புறவியலான குறைக்கடத்தி என்றழைக்கப்படும். குறைக்கடத்தி ஒன்றை மாசூட்டுவதற்கு மூன்று

வெவ்வேறான வழிமுறைகள் உள்ளன. (i) குறைக்கடத்தியின் உருகிய நிலையில் அதனுடன் மாசு அணுக்களைச் சேர்த்தல் (ii) மாசு அணுக்களின் அயனிகளால் குறைக்கடத்தியை மோதச் செய்தல் (iii) மாசு அணுக்களைக் கொண்டுள்ள குறைக்கடத்தி படிசு வெப்பப்படுத்தும்போது மாசு அணுக்கள் வெப்பப் படிசுத்தினுள் விரவுவதல்.

வழக்கமாக மாசூட்டும் பொருள் ஐந்து இணைதிறன் அணுக்களாகவோ (பிஸ்மத், ஆன்டிமணி, பாஸ்பரஸ், ஆர்சனிக்) அல்லது மூன்று இணைதிறன் அணுக்களாகவோ (அலுமினியம், கேலியம், இண்டியம், போரான்) இருக்கும். தூய குறைக்கடத்தியின் கடத்துபட்டைக்கு ஒரு எலக்ட்ரானை அளிப்பதால் ஐந்து இணைதிறன் கொண்ட மாசு அணு, கொடை அணு (Donor Atom) எனவும், தூய குறைக்கடத்தி அணுவிலிருந்து ஒரு எலக்ட்ரானை ஏற்றுக் கொள்வதால் மூன்று இணைதிறன் கொண்ட மாசு அணு, ஏற்பான் அணு (Acceptor Atom) எனவும் என்றழைக்கப்படுகிறது.

புறவியலான குறைக்கடத்தி

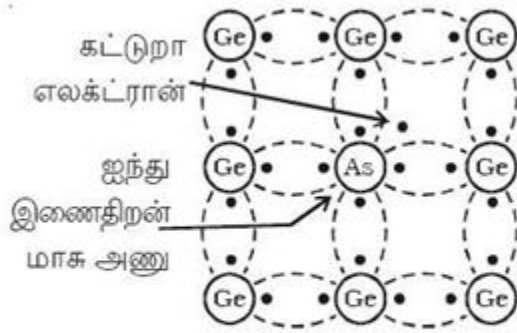
ஒரு குறைக்கடத்தியின் மின்கடத்தும் திறனை அதிகரிக்கச் செய்யும் பொருட்டு, அதனுடன் குறைக்கடத்தியின் இணைதிறனைவிட அதிகமான அல்லது குறைவான இணைதிறன் பெற்றுள்ள மாசு அணுக்கள் சேர்க்கப்பட்டு பெறப்படும் குறைக்கடத்தி புறவியலான குறைக்கடத்தி எனப்படும். புறவியலான குறைக்கடத்தி, அதனுடன் சேர்க்கப்படும் மாசு அணுக்களைப் பொறுத்து Nவகை மற்றும் Pவகை என வகைப்படுத்தப்படுகிறது.

N - வகை குறைக்கடத்தி

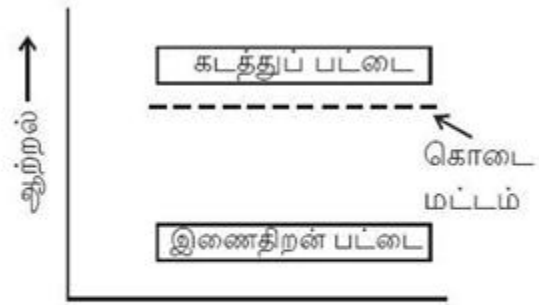
ஆர்சனிக் போன்ற ஐந்து இணைதிறன் கொண்ட சிறிய அளவிலான மாசினை தூய ஜெர்மானிய குறைக்கடத்தி படிசுத்துடன் சேர்க்க, கிடைக்கப்பெறும் படிசு, N வகை குறைக்கடத்தி என்றழைக்கப்படுகிறது. தூய ஜெர்மானியப் படிசுத்துடன், ஐந்து இணைதிறன் கொண்ட ஆர்சனிக் மாசுவை சேர்ப்பதால் கிடைக்கப்பெறும் படிசுத்தின் வடிவமைப்பை படம் 3.6a காட்டுகிறது. ஆர்சனிக் அணுவின் நான்கு இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் அருகில் உள்ள நான்கு ஜெர்மானியம் அணுக்களின் எலக்ட்ரான்களுடன் சகபிணைப்பை உருவாக்குகின்றன. ஆர்சனிக் அணுவின் ஐந்தாவது எலக்ட்ரான் தளர்வான பிணைப்பில் உள்ளது. இந்த எலக்ட்ரான், ஒரு கடத்தியினுள் செல்லும் எலக்ட்ரான் போன்று எளிதில் நகர்வதால் இது மின்னோட்ட ஊர்தியாக செயல்படுகிறது. ஆற்றல்பட்டை படத்தில், ஐந்தாவது இணைதிறன் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் மட்டம், விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளியில், கடத்துப் பட்டைக்குச் சற்று கீழே அமைந்துள்ளது (படம் 3.6 b). இம்மட்டம் கொடை அணு ஆற்றல் மட்டம் (Donor Level) எனப்படும்.

இந்த ஐந்தாவது இணைதிறன் எலக்ட்ரான் கடத்துப்பட்டைக்கு மாற்றப்படும்போது, ஆர்சனிக் அணு இயக்கமற்ற நேர் அயனியாக மாறுகிறது. ஒவ்வொரு மாசு அணுவும், ஓர் எலக்ட்ராணைக் குறைக்கடத்திக்கு அளிக்கிறது. இவ்வகை மாசு அணுக்கள் கொடை அணுக்கள் எனப்படும்.

உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தியில் உள்ள மின்னூட்ட ஊர்திகளின் எண்ணிக்கையுடன் ஒப்பிட, N வகை குறைக்கடத்தியில் எலக்ட்ரான்கள் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. ஏனெனில், கிடைக்கப்பெற்ற அதிகப்படியான எலக்ட்ரான்கள், எலக்ட்ரான்களும் மின்துளைகளும் இணைகின்ற வேகத்தை அதிகப்படுத்துகின்றன. எனவே N வகை குறைக்கடத்தியில் பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களாகவும், சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் மின்துளைகளாகவும் உள்ளன.



(a) N-வகை குறைக்கடத்தி



(b) N-வகை குறைக்கடத்தியின் ஆற்றல் பட்டை

படம் 3.6 a N-வகை குறைக்கடத்தி

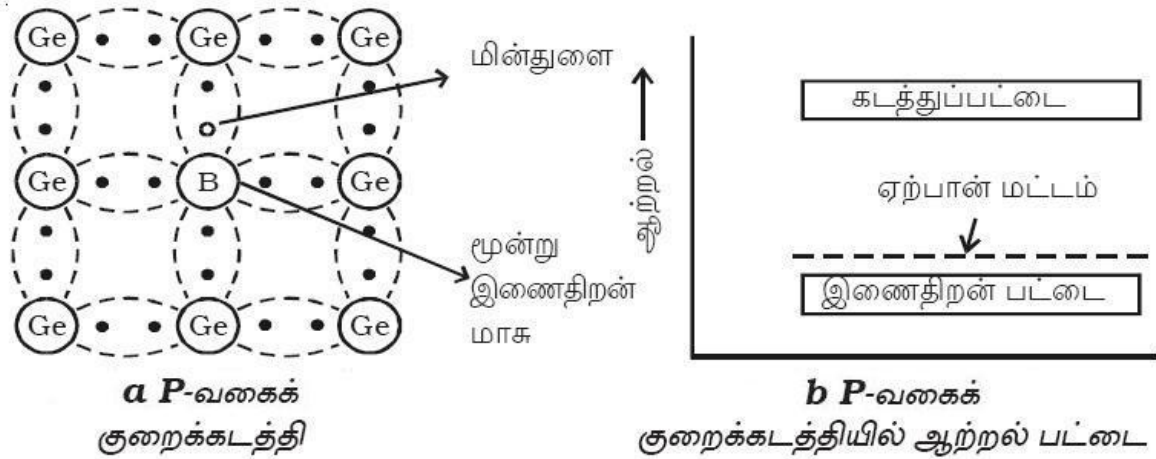
படம் 3.6 b N-வகைகுறைக்கடத்தியின் ஆற்றல் பட்டை

P-வகை குறைக்கடத்தி

மூன்று இணைதிறன் கொண்ட சிறு அளவிலான மாசினை (இண்டியம், போரான் அல்லது கேலியம் போன்றவை) தூய குறைக்கடத்திப் படிசுத்துடன் சேர்ப்பதால் கிடைக்கப்பெறும் படிசு P-வகை குறைக்கடத்தி என்றழைக்கப்படுகிறது.

தூய ஜெர்மானியப் படிசுத்துடன், மூன்று இணைதிறன் கொண்ட போரான் மாசுவைச் சேர்க்கும் போது கிடைக்கப்பெறும் படிசு அமைப்பை படம் காட்டுகிறது. போரானின் மூன்று இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள மூன்று ஜெர்மானியம் அணுக்களின் இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களுடன் சகபிணைப்பை உருவாக்குகின்றன. நான்காவது சக பிணைப்பில் ஜெர்மானிய அணுவின் ஒரே ஒரு எலக்ட்ரான் மட்டுமே பங்கேற்கிறது. மேலும் ஒரு எலக்ட்ரான் பற்றாக்குறையாக உள்ளது. எலக்ட்ரான் தேவைப்படும் இடத்தை மின்துளைகள் என்கிறோம். எனவே ஒவ்வொரு போரான் அணு சேர்க்கப்படும்போதும் ஒரு மின்துளை உருவாக்கப்படுகிறது. மின் துளைகள் அனைத்தும் அருகிலுள்ள எலக்ட்ரான்களை

ஏற்குமாதலால், இம்மாசுவை ஏற்பான் அணு என்கிறோம். இத்துளையானது அண்டை அணுக்களின் எலக்ட்ரான் மூலம் நிரப்பப்பட்டு எலக்ட்ரான் இடம் பெயர்ந்த இடத்தில் மின் துளைகள் தன்னிச்சையான போக்கில் நகருகின்றன. மின்துளையானது, ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு நகரும் நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெற்றிருப்பதால் இது P-வகை குறைக்கடத்தி என்றழைக்கப்படுகிறது. P-வகை குறைக்கடத்தியில் ஏற்பான் மாசானது. இணைதிறன் பட்டைக்குச் சற்று மேலே ஆற்றல் மட்டத்தை உருவாக்குகிறது (படம் 3.7 b)



படம் 3.7 a P-வகை குறைக்கடத்தி

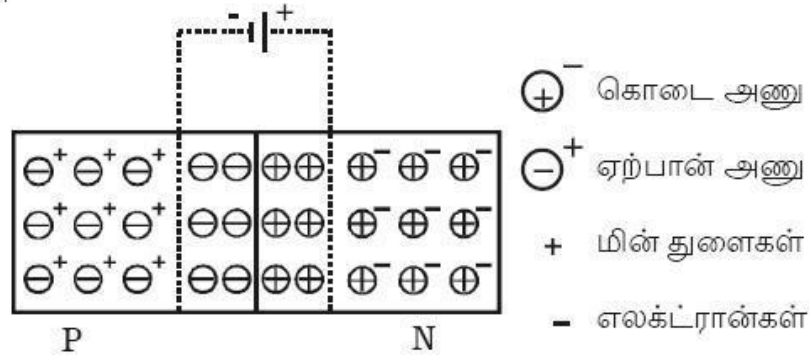
படம் 3.7 b P-வகை குறைக்கடத்தியில் ஆற்றல் பட்டை

ஏற்பான் அணுவின் ஆற்றல் மட்டத்திற்கும், இணைதிறன் பட்டைக்கும், இடையே உள்ள ஆற்றல் வேறுபாடு மிகக்குறைவாக இருப்பதால், வெப்பக் கிளர்ச்சியினால், இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் ஏற்பான் நிலைக்கு மிக எளிதாகத் தாவுகின்றன.

P-வகை குறைக்கடத்திகளில் மின்துளைகள், பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளாகவும் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள், சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளாகவும் உள்ளன.

PN சந்தி டையோடு

தூய ஜெர்மானியம் குறைக்கடத்தியின் ஒற்றைப்படிசும், (Ge or Si) ஒன்றின் ஒரு புறம் ஏற்பான் மாசு அணுக்களாலும் மற்றொரு புறம் கொடை மாசு அணுக்களாலும் மாசூட்டப்படுவதால் PN சந்தி உருவாகிறது (படம் 3.8). P-பகுதி அதிக எண்ணிக்கையில் மின்துளைகளையும் N-பகுதி அதிக எண்ணிக்கையில் எலக்ட்ரான்களையும் பெற்றுள்ளன.



PN சந்தி டையோடு

படம் 3.8 PN சந்தி டையோடு

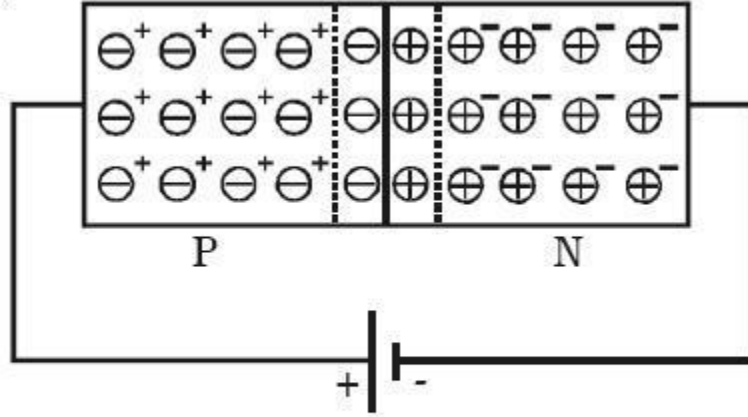
N பகுதியிலிருந்து P பகுதிக்குச் சந்தியைக் கடந்து செல்லும் எலக்ட்ரான்கள் சந்திக்கு அருகில் P பகுதியில் உள்ள துளைகளுடன் ஒன்றிணைகின்றன. இது போன்று மின்துளைகள் சந்தி வழியே P-பகுதியிலிருந்து N பகுதிக்கு சென்று சந்திக்கு அருகில் N-பகுதியில் உள்ள எலக்ட்ரான்களுடன் ஒன்றிணைகின்றன. இதனால் சந்திக்கு இருபுறமும் இயக்க மின்னூட்டங்களற்ற பகுதி உருவாக்கப்படுகிறது. இப்பகுதி இயக்கமில்லாதப் பகுதி (depletion region) என்றழைக்கப்படுகிறது.

ஆகவே, சந்திக்கு இடதுபுறம் உள்ள ஏற்பான் அணுக்கள் எதிர் அயனிகளாகவும், வலதுபுறம் உள்ள கொடை அணுக்கள் நேர் அயனிகளாகவும் மாறுகின்றன (படம் 3.8) இயக்கமில்லாத பகுதியில், கொடை மற்றும் ஏற்பான் அயனிகளுக்கிடையே ஒரு மின்புலம் உருவாக்கப்படுகிறது. N பகுதியின் மின்னழுத்தம், P பகுதியின் மின்னழுத்தத்தைவிட அதிகம் எனவே, எலக்ட்ரான்கள் N-பகுதியிலிருந்து, குறைந்த மின்னழுத்தம் உள்ள P பகுதிக்கு செல்வது தடுக்கப்படுகிறது. இதேபோல் P பகுதியில் மின்துளைகள் குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் அமைவதால், N பகுதிக்கு செல்வது தடுக்கப்படுகிறது. ஆகவே பெரும்பான்மை மின்னூட்டங்களின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும் ஒரு தடை, சந்தியில் உருவாகிறது. தடையின் ஒரு பக்கத்திற்கும் மற்றொரு பக்கத்திற்கும் இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு 'மின்னழுத்த அரண்' (Potential Barrier) என்றழைக்கப்படுகிறது. சிலிக்கான் PN சந்திக்கு மின்னழுத்த அரண் ஏறத்தாழ 0.7 V ஆகவும், ஜெர்மானியம் PN சந்திக்கு 0.3 V ஆகவும் அமைகிறது. தடையின் ஒரு பகுதியிலிருந்து மற்றொரு பகுதிக்கு உள்ள தொலைவு மின்னழுத்த அரணின் அகலம் என்றழைக்கப்படுகிறது. இது பொருளின் தன்மையைச் சார்ந்தமைகிறது.

முன்னோக்குச் சார்புள்ள PN சந்தி டையோடு

ஒரு மின்கலத்தின் நேர்மின்வாய் P பகுதியுடனும், எதிர் மின்வாய் N பகுதியுடனும், அதன் மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்னழுத்த அரணுக்கு எதிர்

திசையில் செயல்படுமாறு இணைக்கப்படும்போது PN சந்தி டையோடு, முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ளது எனலாம்.



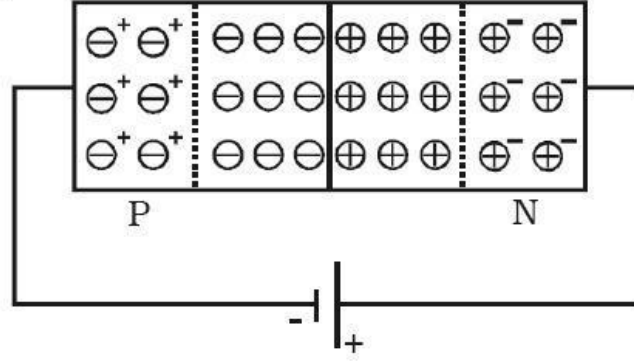
முன்னோக்குச் சார்பில் PN சந்தி டையோடு

படம் 3.9 முன்னோக்குச் சார்பில் PN சந்தி டையோடு

PN சந்தி டையோடுக்கு முன்னோக்குச் சார்பளிக்கப்படும்போது (படம் 3.9) செயல்படுத்தப்படும் நேர் மின்னழுத்தம் P பகுதியில் உள்ள மின்துளைகளை எதிர்க்கிறது. எதிர் மின்னழுத்தம் N பகுதியில் உள்ள எலக்ட்ரான்களை எதிர்க்கிறது. எனவே மின்னூட்டங்கள் சந்தியை நோக்கி நகருகின்றன. செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்னழுத்த அரணை விட அதிகமானால் சில எலக்ட்ரான்களும், மின்துளைகளும் இயக்கமில்லா பகுதிக்குள் நுழைகின்றன. எனவே மின்னழுத்த அரணும், இயக்கமில்லாத பகுதியின் தடிமனும் குறைக்கப்படுகின்றன. இயக்கமில்லாப் பகுதியிலுள்ள, நேர்மின் கொடை அயனிகளும், எதிர்மின் ஏற்பான் அயனிகளும், முறையே எலக்ட்ரான்களையும், மின்துளைகளையும் மீண்டும் பெறுகின்றன. இதன் விளைவாக மின்னழுத்த அரணும், இயக்கமில்லாப் பகுதியும் மறைகின்றன. முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் செயல்பாட்டால் பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள், சந்தி வழியே, எதிர் திசையில் இயக்கம் பெற்று முன்னோக்குத் திசையில் மின்னோட்டத்தை உருவாக்குகின்றன.

பின்னோக்குச் சார்புள்ள PN சந்தி டையோடு

ஒரு மின்கலத்தின் நேர்மின்வாய் N-பகுதியுடனும், எதிர் மின்வாய் P-பகுதியுடனும், அளிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்னழுத்த அரணின் திசையிலேயே அமையுமாறு இணைக்கப்பட்டால் சந்தியானது பின்னோக்குச் சார்பில் உள்ளது எனலாம்.



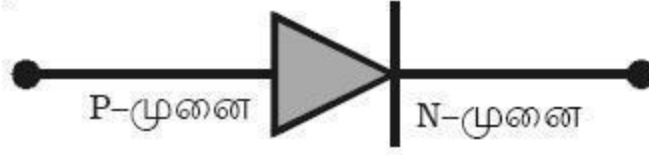
பின்னோக்குச் சார்பில் PN
சந்தி டையோடு

படம் 3.10 பின்னோக்குச் சார்பில் PN சந்தி டையோடு

PN சந்தி பின்னோக்குச் சார்பில் உள்ளபோது (படம் 3.10) N பகுதியிலுள்ள எலக்ட்ரான்களும் P-பகுதியில் உள்ள மின்துளைகளும் சந்தியை விட்டு வெளியே கவரப்படுகின்றன. இதனால் P-பகுதியில் உள்ள எதிர் அயனிகள் மற்றும் N-பகுதியில் உள்ள நேர் அயனிகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. எனவே இயக்கமில்லாத பகுதி விரிவடைகிறது. மேலும் மின்னழுத்த அரணும் அதிகரிக்கிறது. இயக்கமில்லாப் பகுதியில் பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் இல்லையாதலால் இது ஒரு காப்பான் போன்று செயல்படுகிறது. எனவே வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்வதில்லை. ஆனால் நடைமுறையில் சில மைக்ரோ ஆம்பியர் அளவிலான மிகச் சிறிய அளவு மின்னோட்டம் எதிர்திசையில் பாய்கிறது. இது சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள், எதிர்திசையில் இயங்குவதால் கிடைக்கப்பெறுகிறது. இந்த எதிர்திசை மின்னோட்டம் குறைந்த அளவேயாகும். ஏனெனில் இரு பக்கங்களிலும் உள்ள சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளின் எண்ணிக்கை மிகவும் குறைவு. வெப்பத்தினால் முறிவு பெற்ற சக பிணைப்புகள் சிறுபான்மை ஊர்திகளுக்கு முக்கிய மூலமாக (source) அமைவதால், எதிர்திசை மின்னோட்டம் சந்தியின் வெப்பநிலையை மட்டுமே சார்ந்திருக்கிறது.

குறைக்கடத்தி டையோடன் குறியீடு

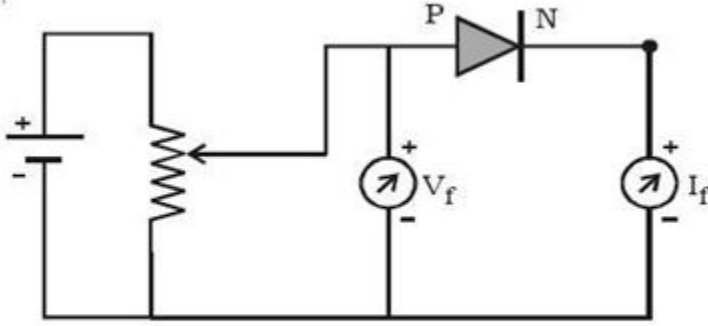
டையோடன் குறியீடு படம் 3.11ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. P-வகை மற்றும் N-வகைப் பகுதிகள் முறையே P-முனை மற்றும் N-முனை என்று குறிக்கப்பட்டுள்ளன. டையோடல் உள்ள அம்புக்குறி மரபு மின்னோட்டத்தின் திசையைக் குறிக்கிறது.



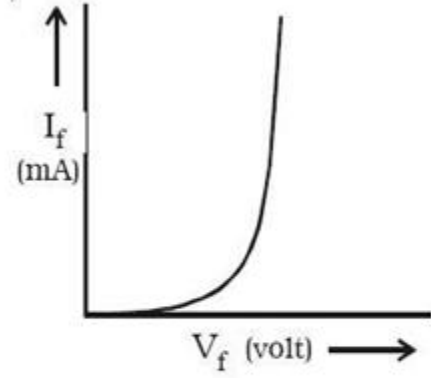
குறைக்
கடத்தி டையோடின் மின்சுற்று
குறியீடு

படம் 3.11 குறைக்கடத்தி டையோடின் மின்சுற்று குறியீடு

முன்னோக்குச் சார்பு சிறப்பு வரைகள் (Forward Bias Characteristics)



(a) டையோடு-மின்சுற்று



(b) சார்பு வரை

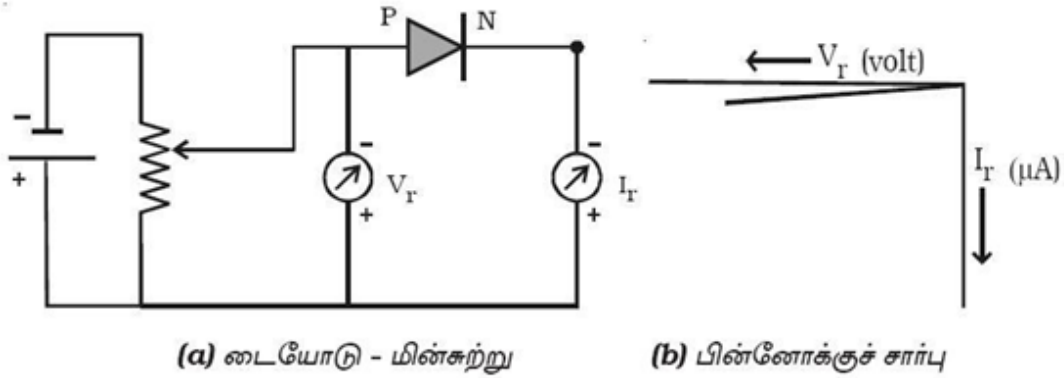
படம் 3.12 டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு வரை

சந்தி டையோடு ஒன்றின் முன்னோக்குச் சார்பு வரையின் ஆய்வுக்கான மின்சுற்று படம் 3.12a ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. P- முனை மற்றும் N- முனைகளுக்குக் கிடையேயான மின்னழுத்தத்தைச் சுழியிலிருந்து தகுந்த அளவு படிப்படியாக அதிகரித்து அதற்கான மின்னோட்டங்கள் குறிக்கப்படுகின்றன.

படம் 3.12b டையோடின், முன்னோக்குச் சார்பில் சிறப்பு வரையின் வரைகோட்டைக் காட்டுகிறது. மின்னழுத்தம் சார்பற்ற மாறிலியாக இருப்பதால் X அச்சிலும், மின்னோட்டம் சார்புள்ள மாறிலியாக இருப்பதால் Y அச்சிலும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. சிறப்பு வரைகோட்டிலிருந்து கீழ்காணும் முடிவுகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.

- (i) முன்னோக்குச் சார்பு வரை ஒரு நேர்க்கோடு அல்ல, எனவே தகவு V/I மாறிலி அல்ல. அதாவது டையோடு ஒமின் விதிக்கு உட்படுவதில்லை எனவும், இதிலிருந்து குறைக்கடத்தி டையோடானதால் நேர்போக்கற்ற மின்னோட்டக் கடத்தியாகும் எனவும் அறிய முடிகிறது.
- (ii) வரை கோட்டிலிருந்து, துவக்கத்தில் மின்னோட்டம் குறைவாக இருப்பதை அறியலாம். இதற்குக் காரணம் புற மின்னழுத்தம், மின்னழுத்த அரணை விட (சிலிக்கான் டையோடுக்கு $0.7V$) அதிகமாகும் போது மட்டுமே டையோடு கடத்த துவங்குகிறது. புறமின்னழுத்தம் $0.7V$ க்கு அதிகரிக்கும் போது அதிக அளவிலான கட்டுறா எலக்ட்ரான்களும், மின் துளைகளும் சந்தியைக் கடக்கத் துவங்குகின்றன. $0.7V$ க்கு மேல் மின்னோட்டம், மிக விரைவாக அதிகரிக்கிறது. எந்த மின்னழுத்தத்தில் மின்னோட்டம் மிக விரைவாக அதிகரிக்கத் தொடங்குகிறதோ அம்மின்னழுத்தம் உள்வெட்டு மின்னழுத்தம் அல்லது வளைவு மின்னழுத்தம் (Cut in Voltage (or) Knee Voltage) எனப்படும்.

பின்னோக்குச் சார்பு சிறப்பு வரைகள் (Reverse Bias Characteristics)



படம் 3.13 டையோடின் பின்னோக்குச் சார்பு வரை

PN சந்தி டையோடு ஒன்றின் பின்னோக்குச் சார்பு வரையின் ஆய்வுக்கான மின்சுற்று படம் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்னழுத்தம் தகுந்த அளவு, சுழியிலிருந்து படிப்படியாக அதிகரிக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு மின்னழுத்தத்திற்குமான மின்னோட்ட மதிப்புகள் குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. கொடுக்கப்பட்ட டையோடின் பின்னோக்குச் சார்பு வரைகோடு படம் 3.13 b ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இச்சிறப்பு வரைகோட்டிலிருந்து மின்னழுத்தம் சுழியிலிருந்து அதிகரிக்கும்போது எதிர்த்திசை மின்னோட்டம் (மைக்ரோ ஆம்பியர் அளவில்) அதிகரித்து மிகச் சிறிய திருப்பு மின்னழுத்தத்தில் (Reverse Voltage) பெரும மதிப்பை அடைகிறது. மின்னழுத்தம், மேலும் அதிகரிக்கும்போது குறிப்பிட்ட மாறுநிலை மதிப்பை அடைகின்ற வரை, மின்னோட்டம், திருப்பு மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்திராத ஒன்றாகும். இந்த எதிர்த்திசை மின்னோட்டம் 'திருப்பிய தெவிட்டு மின்னோட்டம்' அல்லது கசிவு மின்னோட்டம் (Reverse Leakage Current)

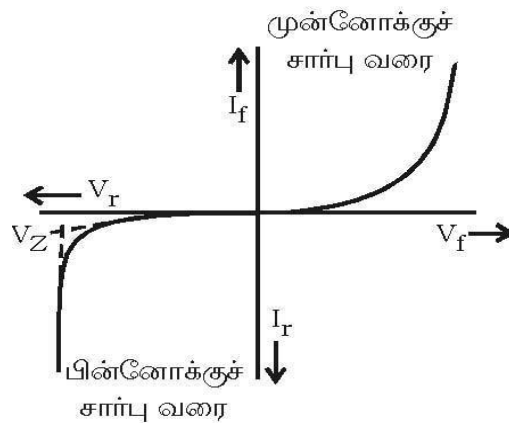
என்றழைக்கப்படுகிறது. இம் மின்னூட்டம் சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளால் ஏற்படுகிறது. இது சந்தியின் வெப்பநிலையைச் சார்ந்தமைகிறது.

செனர் டையோடு (Zener Diode)

செனர் டையோடு என்பது முறிவு பகுதியில் மட்டுமே செயல்படக்கூடிய பின்னோக்குச் சார்பிலமைந்த அதிக அளவில் மாகூட்டப்பட்ட குறைக்கடத்தி (சிலிக்கான் அல்லது ஜெர்மானியம்) PN சந்தி டையோடு ஆகும். செனர் டையோடின் குறியீடு படம் 3.14ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. முறிவு பகுதியில் செனர் டையோடின் இயல்பான செயல்பாட்டிற்கு டையோடின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டமானது வெளிச்சுற்றின் மூலம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. எனவே சந்தியின் குறுக்கேயான ஆற்றல் இழப்பானது, அதன் திறன், ஆளுமைத் திறனுக்கு (Power – Handling Capacity) உட்பட்டு இருக்கும். இந்த முன்னெச்சரிக்கை கண்டுணரப்படவில்லையென்றால் அதிக மின்னோட்டம், டையோடை பாழ்படுத்தி விடும்.



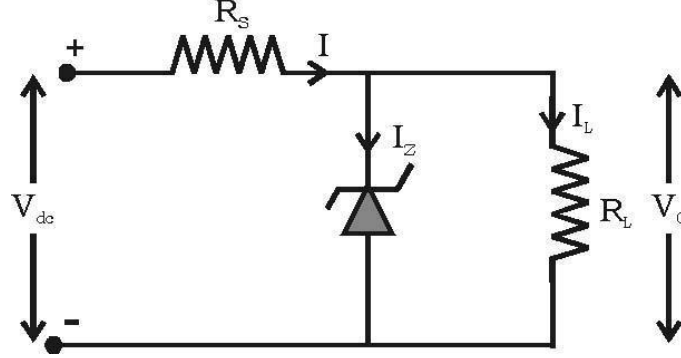
செனர் டையோடின் V-I சிறப்பு வரைகோடு படம் 3.15ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரைபடத்திலிருந்து PN சந்திக்கு அளிக்கப்படும் திருப்பு மின்னழுத்தம், அதிகரிக்கப்படும் போது ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்தில் மின்னோட்டமானது, அதன் இயல்பு வெட்டு மதிப்பிலிருந்து, பெருமளவாக அதிகரிக்கிறது என்பதைக் காணலாம். இம்மின்னழுத்தமே செனர் மின்னழுத்தம் அல்லது முறிவு மின்னழுத்தம் (V_Z) என்றழைக்கப்படுகிறது.



செனர் டையோடின் V-I சிறப்பு வரை
படம் 3.15 செனர் டையோடின் V-I சிறப்பு வரை

செனார் டையோடு மின்னழுத்தச் சீரமைப்பான் (Zener Diode As Voltage Regulator)

உள்ளீடு மின்னழுத்தம் அல்லது வெளியீடு புறமின் தடை வழியேயான மின்னோட்டம் மாறும்போது புற மின்தடையின் குறுக்கே மாறா மின்னழுத்தத்தை நிலை நிறுத்த மின்னழுத்தச் சீரமைப்பு செய்யப்படவேண்டும்.



புறமின்தடை R_L -ன் குறுக்கே மாறாத மின்னழுத்தத்தை நிலை நிறுத்த செனார் டையோடு பயன்படுத்தப்படும் சுற்று படம் 3.16ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பின்னோக்குச் சார்பு நிலையில் உள்ள செனார் டையோடானது R_L -உடன் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. V_{dc} என்பது சீரமைக்கப்படாத d.c மின்னழுத்தம் மற்றும் V_Z என்பது செனார் மின்னழுத்தம் (சீரமைக்கப்பட்ட வெளியீட்டு மின்னழுத்தம்) என்க. R_s என்பது மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் மின்தடை டையோடானது முறிவுப் பகுதியில் செயல்படுமாறு R_s தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது.

புறமின்தடை வழியான மின்னோட்டம் அல்லது உள்ளீடு மின்னழுத்தத்தில் மாற்றம் இருந்த போதும் செனார் டையோடு R_L -ன் குறுக்கே மாறா மின்னழுத்தத்தை நிலை நிறுத்துகிறது. சுற்றின் செயல்பாடு கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது போன்று விளக்கப்படுகிறது.

- (i) **உள்ளீடு மின்னழுத்தம் மாறாமலும் புறமின்தடை வழியான மின்னோட்ட மாறும்படியும் அமைந்தால்**

புறமின்தடை வழியான மின்னோட்டம் அதிகரிப்பதாகக் கருதுவோமானால் செனார் மின்னோட்டம் குறைகிறது. மேலும் மின்தடை R_s -வழியேயான மின்னோட்டம் மாறிலியாகும். வெளியீடு மின்னழுத்தம் $V_Z = V_{dc} = IR_s$ மொத்த மின்னோட்டம் I மாறிலியாக இருப்பதால் வெளியீடு மின்னழுத்தம் மாறிலியாக இருக்கும்.

- (ii) **உள்ளீடு மின்னழுத்தம் மாறும்போது**

உள்ளீடு மின்னழுத்தம் V_{dc} அதிகரிப்பதாகக் கருதுவோம். இப்பொழுது செனார் டையோடு வழியே மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது. மேலும் புறமின்தடையில் மின்னழுத்தம் மாறாத வகையில் R_s -ன் குறுக்கே மின்னழுத்த இறக்கம் அதிகரிக்கிறது. இவ்வாறாக செனார் டையோடு மின்னழுத்தச் சீரமைப்பானாகச் செயல்படுகிறது.

UNIT IV

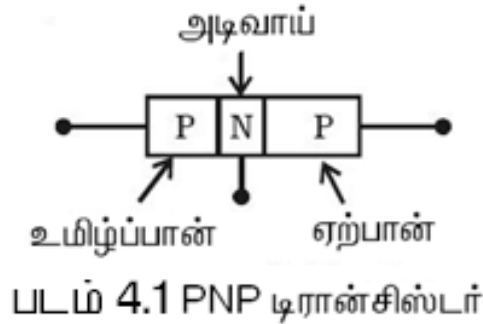
சந்தி டிரான்சிஸ்டர்

சந்தி டிரான்சிஸ்டர் என்பது ஒரு திண்மநிலைக் கருவியாகும். இது சிலிக்கான் அல்லது ஜெர்மானியப் படிகத்தினாலான இரண்டு PN சந்திகளைக் கொண்டது. இதன் மூன்று பகுதிகளான அடிவாய் (Base) உமிழ்ப்பான் (Emitter) ஏற்பான் (Collector) ஆகியவற்றிற்கிடையே இரண்டு PN சந்திகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.

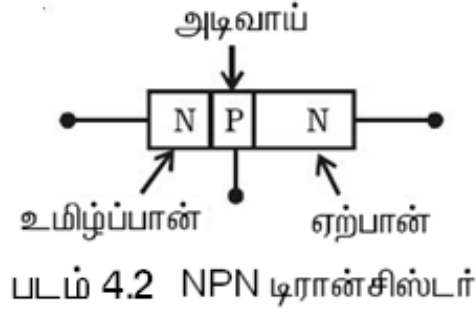
- அடிவாய் பகுதி (B):** இது மிக மெல்லிய பகுதியாகும். இதன் தடிமன் 25 மைக்ரான்கள். இது டிரான்சிஸ்டர் மையப் பகுதியாகும்.
- உமிழ்ப்பான் (E) மற்றும் ஏற்பான் (C) பகுதிகள்:** அடிவாய் பகுதியின் இரு பக்கங்களிலும். அமைந்துள்ள பகுதிகள் உமிழ்ப்பான் மற்றும் ஏற்பான் பகுதிகளாகும். இவை இரண்டும் ஒரே வகை குறைக்கடத்தியாலானவை. இவை ஒவ்வொன்றும் ஓமிக் தொடர்பினால் (Ohmic contact) இணைந்துள்ளன.

உமிழ்ப்பான் மற்றும் அடிவாய் பகுதிகளுக்கிடையேயான சந்தி, உமிழ்ப்பான் சந்தி என்றும், ஏற்பான் மற்றும் அடிவாய்க்கு இடைப்பட்ட சந்தி ஏற்பான் சந்தி என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

ஒரு டிரான்சிஸ்டரில் அதிக மாசு கலந்த பகுதி உமிழ்ப்பானாகும். ஏனெனில் உமிழ்ப்பான் பெருமளவு ஊர்திகளை அடிவாய்க்கு அளிக்க வேண்டியுள்ளது. அடிவாய், மாசு கலப்பு குறைவான பகுதியாகும். பெருமளவு மின்னூட்ட ஊர்திகளை ஏற்க வேண்டியுள்ளதால் அது இயல்பாகவே அளவில் பெரியதாக இருக்கும். எனவே உமிழ்ப்பான் மற்றும் ஏற்பானை. கற்றிணைப்பில் மாற்றியமைக்கக் கூடாது. PNP மற்றும் NPN டிரான்சிஸ்டர்களின் அமைப்புகள் முறையே படங்கள் 4.1 மற்றும் 4.2 ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

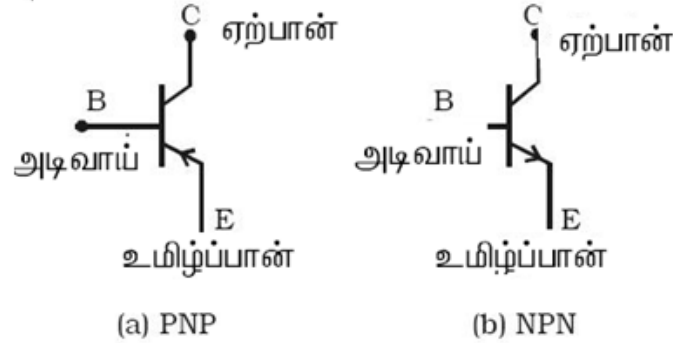


டிரான்சிஸ்டர், உரிய முறையில் செயல்பட பின்வரும் முறையில் சார்பு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட வேண்டும்.



- (i) உமிழ்ப்பான் அடிவாய் சந்திக்கு முன்னோக்குச் சார்பு அளிக்கப்படுகிறது. எனவே, பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் உமிழ்ப்பானை விட்டு விரட்டப்படுகின்றன சந்தியானது, மின்னோட்டத்திற்கு மிகக் குறைந்த மின்தடையை ஏற்படுத்துகிறது.
- (ii) ஏற்பான் - அடிவாய் சந்தி பின்னோக்குச் சார்பளிக்கப்படுகிறது. எனவே, பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளை இது கவர்கிறது. இந்தச் சந்தி, மின்னோட்டத்திற்கு மின்தடையை ஏற்படுத்துகிறது.

PNP மற்றும் NPN டிரான்சிஸ்டர்களின் மின்சுற்று குறியீடுகள் படம் 4.3-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. உமிழ்ப்பான் மீதான அம்புக்குறி, அடிவாயை நோக்கி அமையுமானால் அது (a) PNP டிரான்சிஸ்டரைக் குறிக்கும். ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் உமிழ்ப்பான் அடிவாய் சந்திக்கு முன்னோக்குச் சார்பு அளிக்கப்பட்டால் மரபு மின்னோட்டத்தின் திசை, உமிழ்ப்பானிலிருந்து அடிவாயை நோக்கி அமைகிறது.

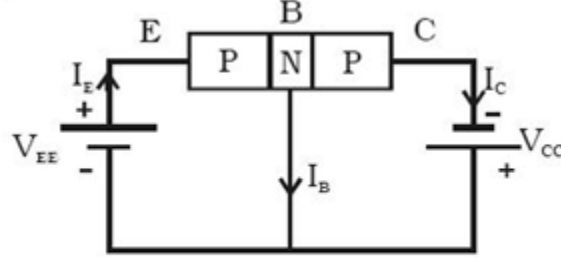


படம் 4.3 டிரான்சிஸ்டர்களின் குறியீடு

டிரான்சிஸ்டரின் உமிழ்ப்பான் மீதான அம்புக்குறி அடிவாயை விட்டு வெளிநோக்கி அமையுமானால் அது NPN டிரான்சிஸ்டராகும். NPN டிரான்சிஸ்டரின் உமிழ்ப்பான் - அடிவாய். சந்திக்கு முன்னோக்குச் சார்பளிக்கப்பட்டால் மரபு மின்னோட்டத்தின் திசை அடிவாயிலிருந்து உமிழ்ப்பானை நோக்கி அமையும்.

PNP டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் செயல்பாடு

ஒரு PNP டிரான்சிஸ்டர் என்பது அடியுடன் அடி இணைக்கப்பட்ட இரு PN சந்தி டையோடுகளைப் போன்றதாகும். சந்தி ஒவ்வொன்றிலும் உள்ள இயக்கமில்லாப் பகுதி, மின்னழுத்த அரணை உருவாக்குகிறது. சந்திகளுக்குத் தேவையான புறச் சார்பு, மின்கலங்கள் V_{EE} மற்றும் V_{CC} மூலம் அளிக்கப்படுவதை படம் 4.4 காட்டுகிறது. உமிழ்ப்பான் - அடிவாய் சந்தி, முன்னோக்குச் சார்பிலும், ஏற்பான் அடிவாய் சந்தி, பின்னோக்குச் சார்பிலும் உள்ளன.



படம் 4.4 PNP டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு

உமிழ்ப்பான் - அடிவாய் சந்தி முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ளதால் அதிக எண்ணிக்கையிலான மின்துளைகள் V_{EE} மற்றும் V_{CC} சந்தியைக் கடந்து அடிவாய்க்குள் நுழைகின்றன. அதே நேரத்தில் மிகக் குறைவான எலக்ட்ரான்கள் அடிவாயிலிருந்து உமிழ்ப்பானுக்குச் செல்கின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் உமிழ்ப்பானை அடைந்தவுடன் உமிழ்ப்பானில் உள்ள, அதற்குச் சம உமிழ்ப்பானிலிருந்து அடிவாய்க்குச் செல்லும் மின்துளைகள் உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் I_E யை உருவாக்குகின்றன. உமிழ்ப்பானில் I_E - ஆனது மின்துளைகளால் உருவாக்கப்படுகிறது. ஆனால் புறச்சுற்றில் மின்னோட்டம் உமிழ்ப்பானிலிருந்து V_{EE} மின்கலத்தின் நேர்மின்வாய்க்குச் செல்லும் எலக்ட்ரான்களால் ஏற்படுகிறது. மின்துளைகள் அடிவாய் வழியே விரவிச் செல்கின்றன. மின்துளைகள் இப்பகுதியைக் கடந்து இயக்கமில்லாத பகுதிக்குச் செல்ல மிகக் குறைவான காலத்தையே எடுத்துக் கொள்கின்றன. இந்தக் காலத்தில் மிகச் சிறிய எண்ணிக்கையிலான மின் துளைகள். அடிவாயிலுள்ள அதற்குச் சம எண்ணிக்கையிலான, எலக்ட்ரான்களுடன் ஒன்றிணைகின்றன. அடிவாய், மிகவும் குறைவாக மாசூட்டப்படுவதாலும், மிக மெல்லியதாக உள்ளதாலும், இந்த எண்ணிக்கை மிகவும் குறைவாகவே உள்ளது. ஒரு நொடியில் ஏற்படும் மொத்த எலக்ட்ரான்களின் இழப்பு, சம எண்ணிக்கையிலான எலக்ட்ரான்கள், மின்கலம் V_{EE} - ன் எதிர்மின்வாயிலிருந்து அடிவாய்க்குச் செல்வதால் சரி செய்யப்படுகிறது. இந்த எலக்ட்ரான்களின் இயக்கம், அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B யை உருவாக்குகிறது.

அடிவாயில், ஒன்றிணைப்புக்கு உட்படாமல் எஞ்சியிருக்கும் மின்துளைகள் ஏற்பானை அடைகின்றன. இவை V_{CC} மின்கலத்தில் எதிர் மின்வாயிலிருந்து ஏற்பானை அடையும். சம எண்ணிக்கையிலான எலக்ட்ரான்களால் சமன்செய்யப்படுகின்றன. அதே நேரத்தில், சம அளவுள்ள எலக்ட்ரான்கள் V_{EE} - ன் எதிர் மின்வாயிலிருந்து V_{CC} - ன் நேர்மின்வாயை வந்தடைகின்றன. ஓரலகு

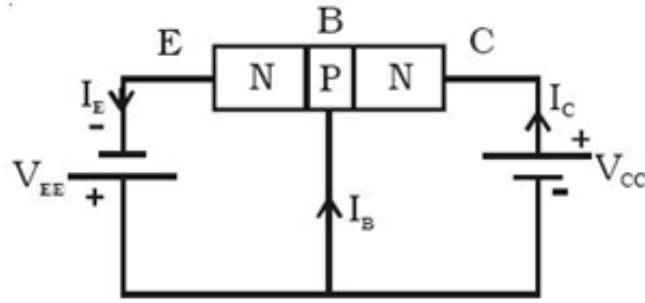
காலத்தில் அடிவாயிலிருந்து ஏற்பாணை அடையும் மின் துளைகளால் உருவாகும் ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C அடிவாயிலிருந்து ஏற்பானுக்குப் பாய்கிறது. புறச்சுற்றில் V_{CC} -ன் எதிர்மின்வாயிலிருந்து ஏற்பானுக்குப் பாயும் எலக்ட்ரான்களால் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது.

இச்சுற்றில், கிரீச்சஃப் மின்னோட்ட விதியின்படி, உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம், ஏற்பான் மற்றும் அடிவாய் மின்னோட்டங்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.

$$I_E = I_B + I_C$$

இச்சமன்பாடு டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் மின்னோட்டங்களுக்கிடையேயான அடிப்படைத் தொடர்பாகும். இச்சமன்பாடு டிரான்சிஸ்டரின் வகையினை அல்லது சுற்று வகையினைச் சார்ந்தது அல்ல. அவைகளாவன. பொது அடிவாய் சுற்று பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று பொது ஏற்பான் சுற்று

NPN டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் செயல்பாடு (படம் 4.5) PNP டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு போன்றதேயாகும்.

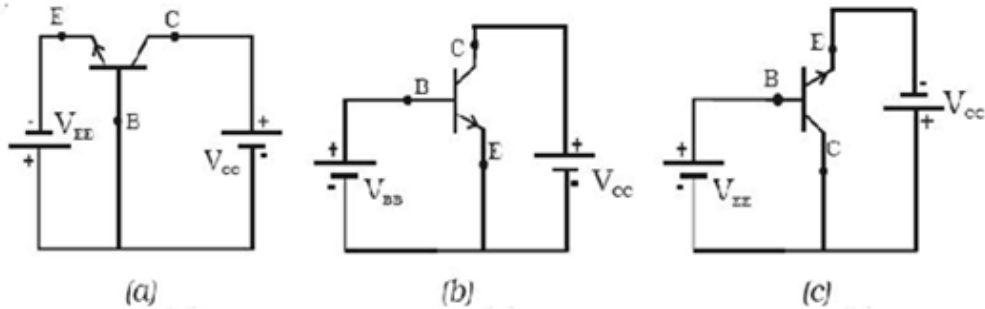


படம் 4.5 NPN டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு

டிரான்சிஸ்டரின் மின்கற்றமைப்புகள் (Transistor Circuit Configuration)

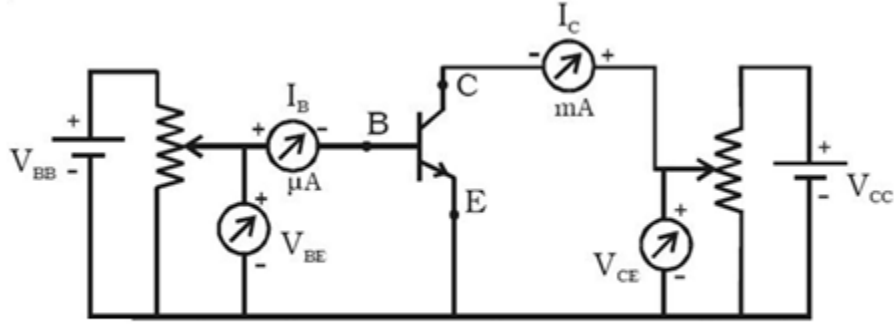
டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றினைச் செயல்படுத்த மூன்று வகையான சுற்றிணைப்புகள் (சுற்றமைப்புகள் அல்லது சுற்று நிலைகள்) - உள்ளன. அவைகளாவன. (i) பொது அடிவாய் சுற்று (CB) (ii) பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று (CE) (iii) பொது ஏற்பான் சுற்று (CC).

'பொது' என்ற சொல் உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு சுற்றுக்குப் பொதுவான இணைப்பைக் குறிக்கும். ஒரு NPN டிரான்சிஸ்டரின் பல்வேறு சுற்று நிலைகள் படம் 4.6ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 4.6 டிரான்சிஸ்டரின் மூன்று வகை மின்கற்றமைப்புகள்

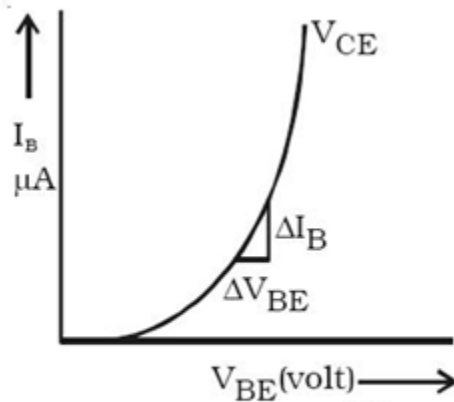
இதே வழியில் **PNP** டிரான்சிஸ்டருக்கும் மூவகை மின்சுற்றுக்களை வரையலாம். பொது உமிழ்ப்பான் சுற்றில் அமைக்கப்பட்டுள்ள NPN டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் சிறப்பு வரைகளின் ஆய்வுக்கான சுற்றுப்படம் 4.7 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 4.7 CE முறையில் டிரான்சிஸ்டர் சுற்று

உள்ளீடுச் சிறப்பு வரைகள் சிறப்பு வரைபடம் 4.8ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஏற்பானுக்கும் உமிழ்ப்பானுக்கும் இடையேயான மின்னழுத்தத்தை (V_{CE}), ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பில் மாறிலியாக அமைத்து, அடிவாய் மின்னோட்டத்திற்கும் (I_B), அடிவாய் - உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தத்திற்கும் (V_{BE}), இடையே உள்ளீடுச் சிறப்பு வரைகள் வரையப்படுகின்றன. V_{BE} - யைத் தகுந்த சமபடிகளில் அதிகரித்து. அதற்கான அடிவாய் மின்னோட்டம் குறிக்கப்படுகிறது. V_{CE} -யின் பல்வேறு மதிப்புகளுக்கு இச்செயல்முறை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது V_{CE} -யின் மாறிலி மதிப்புக்கு. V_{BE} மற்றும் I_B மதிப்புகளைக் கொண்டு பெறப்படும் உள்ளீடுச் சிறப்பு வரைபடம் 4.8ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



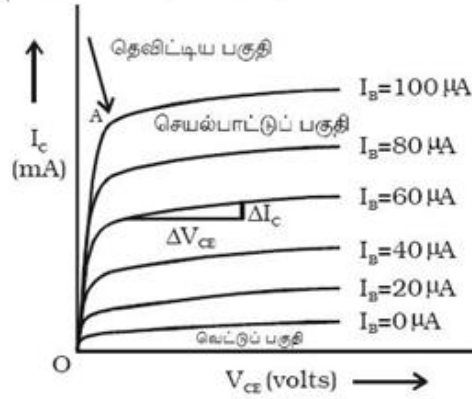
படம் 4.8 உள்ளீடுச் சிறப்பு வரை

ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு என்பது கொடுக்கப்பட்ட V_{CE} - க்கு அடிவாய் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தத்தின் சிறிய மாற்றத்திற்கும் அதனால் ஏற்படும் அடிவாய் மின்னோட்ட மாறுபாட்டிற்கும் உள்ள தகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது. CE சுற்றில் டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு அதிகம்.

வெளியீடுச் சிறப்பு வரைகள்

அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B குறிப்பிட்ட மதிப்பில் மாறிலியாக உள்ள போது I_C க்கும் V_{CE} - க்கும் இடையே வெளியீட்டுச் சிறப்பு வரைகள் வரையப்படுகின்றன.

அடிவாய் - உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தம் V_{BE} -யைச் சரிசெய்து அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B , மாறாத மதிப்பில் வைக்கப்படுகிறது. V_{CE} - ன் மதிப்பைத் தகுந்த சம படிகளில் அதிகரிக்க செய்து அவற்றிற்கான ஏற்பான் மின்னோட்டங்கள் குறிக்கப்படுகின்றன. இச்செயல்முறை பல்வேறு I_B மதிப்புகளுக்கு திரும்பச் செய்யப்படுகிறது. தற்போது பல்வேறு I_B மதிப்புகளுக்கு I_C -க்கும் V_{CE} க்குமான வரைகோடுகள் வரையப்படுகின்றன. இவ்வாறு பெறப்படும் வெளியீட்டுச் சிறப்பு வரைகள் படம் 4.9 ல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. சிறப்பு வரையின் மூன்று பகுதிகள் பின்வருமாறு விளக்கப்படுகின்றன.



படம் 4.9 வெளியீட்டுச் சிறப்பு வரைகள்

தெவிட்டிய பகுதி

வரைகோட்டின் தொடக்கப் பகுதியான, OA என்ற ஓமிக் பகுதி தெவிட்டிய பகுதி எனப்படும். அதாவது, ஆதிக்கும், வளையும் வளையும் புள்ளிக்கும் இடைப்பட்ட பகுதியாகும். அதிகரித்து வரும் I_C - மதிப்பு, மாறாத மதிப்பாக அமையக்கூடிய தொடக்கப் புள்ளி, வளையும் புள்ளி எனப்படுகிறது.

வெட்டுப் பகுதி

அடிவாய் மின்னோட்டம் சுழியாக ($I_B = 0$) இருந்தபோதும் மிகச் சிறிய அளவு ஏற்பான் மின்னோட்டம் டிரான்சிஸ்டரில் இருக்கும். வெளியீட்டுச் சிறப்பு வரையில் $I_B = 0$ க்கான வரைகோட்டின் கீழ் உள்ள பகுதி, வெட்டுப்பகுதி என்றழைக்கப்படுகிறது. டிரான்சிஸ்டர், இப்பகுதிக்குக் கீழே செயல்படாது.

செயல்பாட்டுப் பகுதி

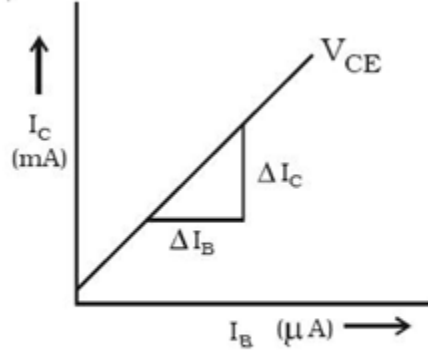
வரைகோட்டின் மையப் பகுதி செயல்பாட்டுப் பகுதி எனப்படும். இப்பகுதியில் வளைகோடுகள் சீராக அமைகின்றன. இப்பகுதியில் E-B சந்தி முன்னோக்கு-சார்பிலும். C-B சந்தி பின்னோக்கு சார்பிலும் அமைகின்றன. டிரான்சிஸ்டர் சிறப்பு வரையின் செயல்பாட்டுப் பகுதியில், மாறாத அடிவாய் மின்னோட்டத்தில், ஏற்பான் -

உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த மாறுபாட்டிற்கும், அதற்கான ஏற்பான் மின்னோட்ட மாறுபாட்டிற்கும் உள்ள தகவு வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

C_E சுற்றில் டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு குறைவானதாகும்.

பரிமாற்றுச் சிறப்பு வரைகள்

V_{CE} யை குறிப்பிட்ட மதிப்பில் மாறிலியாக வைத்து I_C -க்கும் I_B -க்கும் இடையே பரிமாற்று I_C சிறப்பு வரை வரையப்படுகிறது. அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B யை தகுந்த படிகளில் அதிகரிக்க ஒவ்வொரு I_B மதிப்புக்குமான I_C மதிப்பு குறிக்கப்படுகிறது. பரிமாற்றுச் சிறப்பு வரையின் வரைகோடு படம் 4.10ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 4.10 பரிமாற்றுச் சிறப்பு வரைகள்

V_{CE} மாறிலியாக உள்ளபோது, ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் சிறிய மாற்றத்திற்கும், அதற்கான அடிவாய் மின்னோட்ட மாற்றத்திற்கும் உள்ள தகவு, மின்னோட்டப் பெருக்கம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று, பொது அடிவாய் சுற்றினை விட அதிக உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு, குறைந்த வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு மற்றும் அதிக மின்னோட்ட எதிர்ப்பு பெருக்கத்தைப் பெற்றுள்ளது.

UNIT – V பண்பேற்றம் (Modulation)

ரேடியோ ஒலிபரப்பில் இசை, பேச்சு போன்ற செவியுணர்வு அதிர்வெண் சைகைகளை ஒலிபரப்பு நிலையங்களிலிருந்து நீண்ட தொலைவுகளில் உள்ள ரேடியோ ஏற்பிகளுக்கு அனுப்ப வேண்டியுள்ளது. நுண்ணொலி வாங்கியின் (microphone – மைக்ரோஃபோன்) உதவியால், இசை, பேச்சு போன்றவை செவியுணர் சைகைகளாக மாற்றப்படுகின்றன. அலையின் ஆற்றல், அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து அதிகரிக்கும். எனவே செவியுணர் அதிர்வெண் (20-20000 Hz) அலைகள் அதிக ஆற்றலைப் பெற்றிருப்பது இல்லை. ஆகவே இவற்றை நீண்ட தொலைவுகளுக்கு அனுப்ப இயலாது. 20 kHz ஐ விட அதிக அதிர்வெண் கொண்ட மின்னாற்றல் கதிர் வீச்சை மட்டுமே அதிக தொலைவிற்கு அனுப்புவது நடைமுறை சாத்தியமாகும். குறைந்த திறனைக் கொண்டு அதிக அதிர்வெண் கொண்ட சைகைகளை ஆயிரக்கணக்கான கிலோ மீட்டர் தொலைவுக்கு அனுப்ப இயலும்.

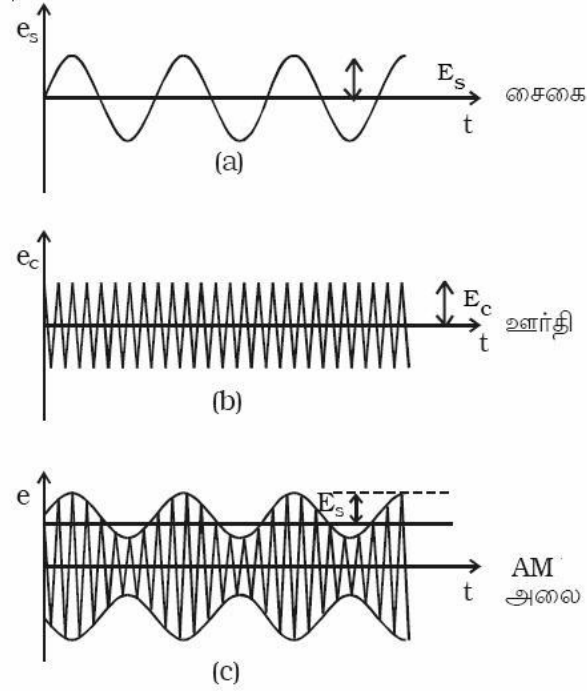
எனவே, செவியுணர் அதிர்வெண் சைகைகளை சரியாகப் பரப்ப வேண்டுமெனில் அவற்றை “ஊர்தி அலைகள்” என அழைக்கப்படும் உயர் அதிர்வெண் ரேடியோ அலைகள் மீது சுமத்தவேண்டும். இதனால் கிடைக்கும் தொகுபயன் அலை ‘பண்பேற்றம் பெற்ற அலை’ எனவும் இச்செயல்முறை ‘பண்பேற்றம்’ (Modulation) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. பண்பேற்றம் பெற்ற உயர் அதிர்வெண் அலைகள் (ரேடியோ அலைகள்) விண்ணலைக் கம்பியின் மூலம் விண்வெளிக்கு (Space) அனுப்பப்படுகின்றன. ஏற்பி முனையில் பண்பேற்றப்பட்ட அலைகளிலிருந்து பண்பிறக்க முறையில் (Demodulation) செவியுணர் அதிர்வெண் அலைகள் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றன. பின்னர் செவியுணர் அதிர்வெண் அலைகள் பெருக்கப்பட்டு ஒலிப்பான் (Speaker) மூலம் ஒலிமீட்பு செய்யப்படுகிறது.

செவியுணர் சைகைகளை சுமந்து செல்ல அதிக அதிர்வெண் கொண்ட ரேடியோ அலைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. செவியுணர் சைகைகளை ஊர்தி அலைகளின் மீது சுமத்துவதால் ஊர்தி அலையின் வீச்சு, அதிர்வெண் அல்லது கட்டம் ஆகிய ஏதாவது ஒரு சிறப்பியல்பு. செவியுணர் சைகையின் செறிவுக்கு ஏற்றவாறு மாற்றப்படுகிறது. செவியுணர் சைகையின் செறிவுக்கு ஏற்றவாறு பண்பேற்ற முறைகளான.

- (i) வீச்சுப் பண்பேற்றம் (AM)
- (ii) அதிர்வெண் பண்பேற்றம் (FM)
- (iii) கட்டப் பண்பேற்றம் (PM) ஆகியவை விளக்கப்பட்டுள்ளன.

வீச்சுப் பண்பேற்றம்

உயர் அதிர்வெண் கொண்ட ஊர்தி அலைகளின் வீச்சு, சைகையின் செறிவுக்கு ஏற்றவாறு மாற்றப்படும் செயல்முறை வீச்சுப் பண்பேற்றம் எனப்படும். வீச்சுப் பண்பேற்றத்தில் ஊர்தி அலையின் வீச்சு மட்டுமே மாற்றப்படுகிறது. ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் மற்றும் கட்டம் மாறாமல் இருக்கும். படம் 5.1 பண்பேற்றத்தின் அடிப்படைக் கொள்கையை காட்டுகிறது.



படம் 5.1

பண்பேற்ற எண்

வீச்சுப் பண்பேற்றத்தில் பண்பேற்ற எண் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. எந்த அளவுக்கு ஊர்தி அலையின் அலைவீச்சு, (c) செவியுணர் சைகையால் மாற்றப்படுகிறது என்பதை பண்பேற்ற எண் காட்டுகிறது. பண்பேற்றத்திற்குப் பின் ஊர்தி அலையின் வீச்சில் ஏற்பட்ட மாற்றத்திற்கும் பண்பேற்றத்திற்கு முன் ஊர்தி அலையின் வீச்சுக்கும் உள்ள தகவு பண்பேற்ற எண் என அழைக்கப்படுகிறது.

நன்மைகள்

- எளிதில் பரப்பவும் ஏற்கவும் இயலும்
- குறைவான பட்டை அகலம் போதுமானது
- குறைந்த செலவு

வரம்புகள்

- இரைச்சலுடன் கூடிய ஏற்பு : வீச்சுப் பண்பேற்றம் செய்யப்பட்ட அலையில், ஊர்தி அலையின் வீச்சு மாற்றமாக, சைகை உள்ளது. நடைமுறையில் இயற்கையாலும், மனிதர்களாலும் ஏற்படுத்தப்படும் இரைச்சல்கள், மின்வீச்சு இடர்பாடுகளாக உள்ளன. ஒரு ரேடியோ ஏற்பி, சைகை அலையையும்,

இரைச்சல்களையும் தனித்துப் பார்க்கும் வல்லமை அற்றதால் பொதுவாக வீச்சுப் பண்பேற்ற முறையில் ஏற்கப்படும் நிகழ்ச்சிகள் இரைச்சலுடன் கூடியதாகவே இருக்கும்.

- **குறைந்த செயல்திறன் :** வீச்சுப் பண்பேற்றத்தில் பயன்தரக் கூடிய திறன், பக்கப் பட்டைகளில் மட்டுமே உள்ளது. ஏனெனில், பக்கப் பட்டைகளில் மட்டுமே சைகைகள் உள்ளன, வீச்சுப் பண்பேற்ற அலையின் பக்கப் பட்டையின் ஆற்றல் குறைவு. எனவே வீச்சுப் பண்பேற்றம் குறைந்த செயல்திறன் கொண்டதாக உள்ளது.
- **குறைந்த செயல் தொலைவு:** வீச்சுப் பண்பேற்றத்தின் குறைந்த செயல்திறன் காரணமாக செயல்படும் அலை பரப்பிகள் குறைந்த செயல்படும் தொலைவினைப் (small operating range) பெற்றிருக்கும். அதாவது செய்திகளை நீண்ட தொலைவுகளுக்கு அனுப்ப இயலாது.

அதிர்வெண் பண்பேற்றம்

ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண், சைகையின் செறிவுக்கு இணங்க மாற்றப்படும் செயல்முறை 'அதிர்வெண் பண்பேற்றம்' எனப்படுகிறது. அதிர்வெண் பண்பேற்றத்தில் ஊர்தி அலையின் வீச்சும் கட்டமும் மாறாமல் இருக்கும். ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண், மட்டும் சைகையின் செறிவுக்கு இணங்க மாற்றப்படுகிறது. ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் மாற்றம் சைகையின் கணநேரவீச்சை சார்ந்திருக்கும். (படம் 5.2 a) A,C,E மற்றும் G என்ற புள்ளிகளில் சைகை மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பு சுழியாக இருக்கும்போது ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்கள் மாற்றப்படுவதில்லை.

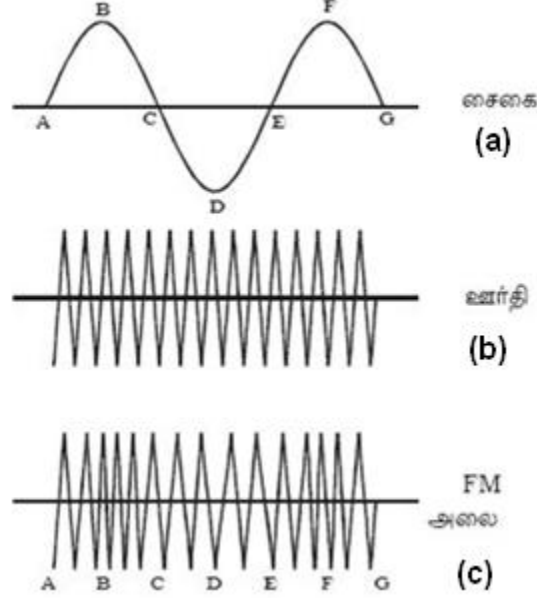
சைகை, நேர் உச்ச (Positive Peak) மதிப்புகளை B மற்றும் F-ல் நெருங்கும் போது ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் பெரும் மதிப்பிற்கு அதிகரிக்கிறது. இது படம் 5.2 c ல் நெருக்கமாக அமைந்த அலை சுழற்சிகளாக (cycles) காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனால் சைகையின் எதிர்உச்ச (Negative Peak) மதிப்புகளின்போது (D யில்) ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் சிறுமத்திற்கு குறைக்கப்படுகிறது. இது படம் 5.2 c ல் அகன்ற இடைவெளியுடன் கூடிய அலை சுழற்சிகளாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. உரத்த சைகையானது (Louder Signal) ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்ணில் அதிக மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும். இது, வலுகுறைந்த சைகைகளுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது அதிகரித்த கொத்துகளாகவும் அதிக அளவில் பரவியுள்ள அலைகளாகவும் காட்டப்படும்.

உள்ளீடு சைகை இல்லாத நிலையில் FM ஒலிபரப்பியின் அதிர்வெண், ஓய்வு நிலை அதிர்வெண் (Resting Frequency) அல்லது மைய அதிர்வெண் (Centre Frequency) f எனப்படுகிறது. இதுவே அந்த ஒலிபரப்பிற்கு ஒதுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் ஆகும். சைகை செலுத்தப்படும் பொழுது ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண், ஓய்வு நிலை அதிர்வெண் f லிருந்து மேலும் கீழுமாக விலகும்.

ஓய்வுநிலை அதிர்வெண்ணுக்கு மேல் அல்லது கீழ் ஏற்படும் அதிர்வெண் மாற்றம் (Shift) அதிர்வெண் விலக்கம் Δf எனப்படும். குறைந்தபட்ச

அதிர்வெண்ணிலிருந்து அதிகபட்ச அதிர்வெண் வரையிலான மொத்த அதிர்வெண் மாறுபாடு, ஊர்தி அலையின் அலைவு (Carrier Swing –CS) எனப்படுகிறது.

ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் அலைவு = $2 \times$ அதிர்வெண் விலக்கம் = $2 \times \Delta f$ FM ஒலிபரப்பில், பெரும் ஒலிச்செறிவிற்காக, ஒய்வு அதிர்வெண்ணின் இருபுறங்களிலும் அதிகபட்ச அதிர்வெண் விலக்கம் 75 kHz ஆக கட்டுப்படுத்திக் கொள்வதென உலக அளவில் ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது.



படம் 5.2

நன்மைகள்

- இரைச்சலற்ற ஒலி ஏற்பைக் கொடுக்கும். இரைச்சல் என்பது வீச்சு மாற்றத்தால் உண்டாவது. எனவே FM ஏற்பி, இரைச்சலை நீக்கிவிடும்.
- ஒலிபரப்பியின் செயல்திறன் மிக அதிகம்.
- செயல்படும் தொலைவு மிகவும் அதிகம்.

குறைகள்

- அதிர்வெண் அலைப்பண்பேற்றத்திற்கு அகன்ற அதிர்வெண் பட்டை (அலைவரிசை-channel) தேவை.
- FM ஒலிபரப்பில் அனுப்பும் மற்றும் ஏற்கும் சாதனங்கள் மிகவும் சிக்கலானவை.

கட்டப் பண்பேற்றம்

கட்டப் பண்பேற்றத்தில், ஊர்தி அலையின் கட்டம், பண்பேறும் சைகையின் வீச்சுக்கு இணங்க மாற்றப்படுகிறது. கட்டம் மாறும்வீதம் சைகையின் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்தது. கட்டப் பண்பேற்றம் பெற்ற அலையின் வடிவம் FM அலையைப் போன்றதே ஆகும். FM ஐ விட கட்டப் பண்பேற்றத்திற்கு குறைந்த அதிர்வெண் பட்டையே பயன்படுத்தப்படுகிறது. வேறுவகையில் கூற

வேண்டுமானால், கட்டப் பண்பேற்றத்தில் கொடுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் பட்டையில் அதிக செய்திகளை (Information) அனுப்பமுடியும். எனவே, கொடுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் பட்டையில் கட்டப் பண்பேற்றம், மிகஉயர்ந்த பரப்பும் வேகத்திற்கு (Transmission Speed) வழிவகுக்கிறது. கட்டப் பண்பேற்றத்திலும் ஊர்தி (i) பண்பேறும் சைகை அலையின் வீச்சு (ii) சைகையின் அதிர்வெண் ஆகியவற்றை சார்ந்துள்ளது. கட்டப் பண்பேற்றத்தின் மிகப்பெரிய நற்பயன், PM சைகையிலிருந்து உருவாக்கப்படும் FM சைகை மிக்க நிலைத்தன்மை (Stable) உடையது என்பதாகும். மேலும், மைய அதிர்வெண் அல்லது ஓய்வு நிலை அதிர்வெண் மிக அதிகமான நிலைப்புத் தன்மை கொண்டது.

ரேடியோ ஒலிபரப்பு மற்றும் ஏற்பு

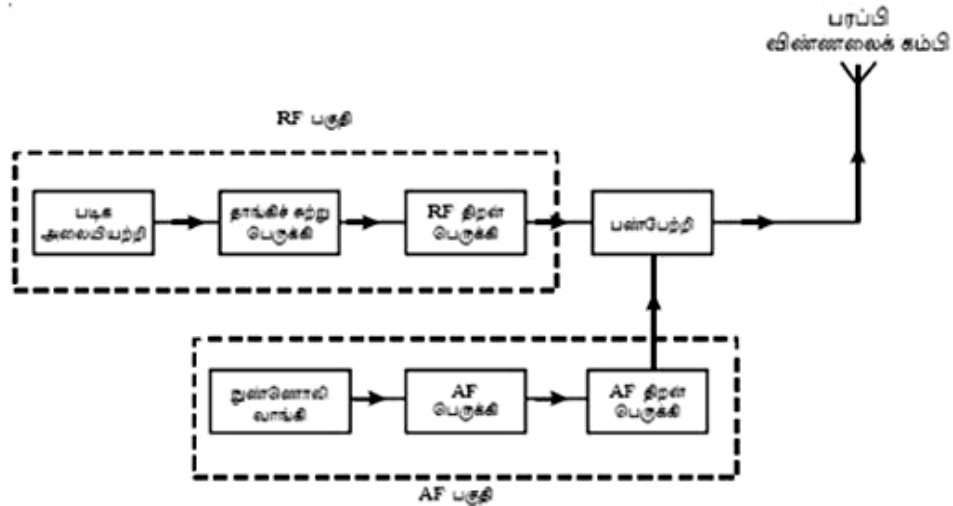
ரேடியோ ஒலிபரப்பு

பண்பேற்றத்திற்குப் பிறகு அலைபரப்பிகள் என்று அழைக்கப்படும் எலக்ட்ரானியல் சுற்றுகளின் உதவியால் ரேடியோ அலைகள் நீண்ட தொலைவுகளுக்கு பரப்பப்படுகின்றன. மிக எளிய வடிவிலான அலைபரப்பி, விண்ணலைக் கம்பியுடன் இணைக்கப்பட்ட உயர் அதிர்வெண் கொண்ட அலைகளை உருவாக்கும் அலை இயற்றியைக் கொண்டிருக்கும்.

இனி வீச்சு மற்றும் அதிர்வெண் பண்பேற்றப்பட்ட அலை பரப்பிகள் செயல்படும் விதங்களை அறியலாம்.

வீச்சுப் பண்பேற்ற (AM) அலைபரப்பி

வீச்சுப் பண்பேற்ற ரேடியோ அலைபரப்பியின் கட்ட விளக்கப்படம் படம் 5.3 ல் காட்டப்பட்டு உள்ளது. இது இரண்டு பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது, (i) செவியுணர் அதிர்வெண் (AF) பகுதி (ii) ரேடியோ அதிர்வெண் (RF) பகுதி.



படம் 5.3 ரேடியோ அலைபரப்பி

செவியுணர் அதிர்வெண் (AF) பகுதி

அலைபரப்பியின் AF பகுதி பண்பேறும் சைகை அலைகளை உருவாக்குகிறது. நுண்ணொலிவாங்கி (microphone), ஒலி ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றுகிறது. நுண்ணொலி வாங்கியிலிருந்து கிடைக்கும் மின்னாற்றல், மிகக் குறைவாக இருக்கும். எனவே தேவையான ஈட்டத்தினைப் பெற பெருக்கிகள் மூலம் இந்த ஆற்றல் பெருக்கப்படுகிறது. AF பெருக்கியின் வெளியீடு, AF திறன் பெருக்கியின் உள்ளீட்டில் உள்ளீடாக அளிக்கப்படுகிறது. திறன் பெருக்கி, செவியுணர் அதிர்வெண் அலைகளுக்குத் தேவையான திறனை ஏற்படுத்தித் தருகிறது. AF திறன் பெருக்கியின் வெளியீடு, பண்பேற்றிக்குத் தரப்படுகிறது. பண்பேற்றி என்பது டிரான்ஸ்மிட்டர் மற்றும் செயல்திறன் அற்ற உறுப்புகளை கொண்ட பண்பேற்றத்தை செயல்முறைப்படுத்தும் ஒரு எலக்ட்ரானியல் மின்சுற்று ஆகும்.

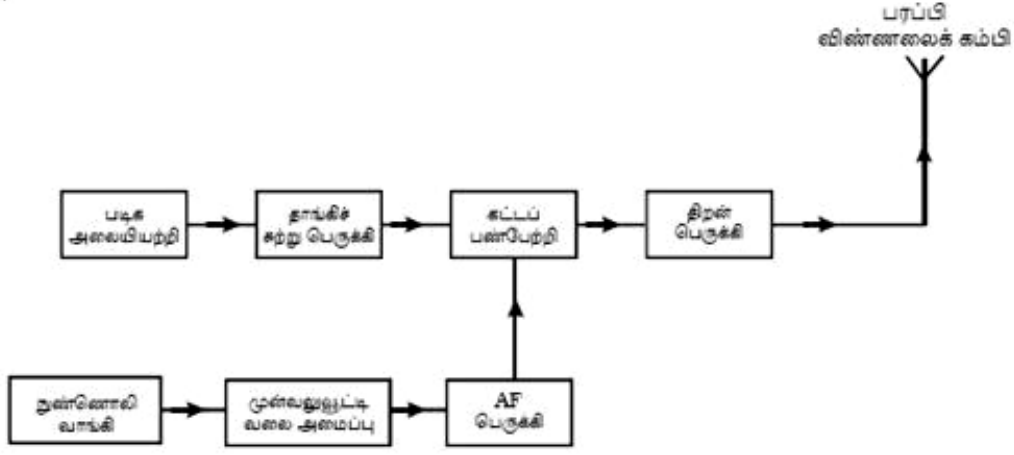
ரேடியோ அதிர்வெண் (RF) பகுதி

RF பகுதியில் படிச அலை இயற்றியின் மூலமாக உயர்அதிர்வெண் கொண்ட ஊர்தி அலைகள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. படிசஅலை இயற்றி தரும் வெளியீட்டின் திறன், RF திறன் பெருக்கியின் மூலம் பெருக்கப்படுகிறது. தாங்கிக் சுற்று (Buffer) RF திறன் பெருக்கியை அலை இயற்றியிலிருந்து பிரிக்கிறது.

ஒரு எலக்ட்ரானியல் மின்சுற்றின் இரண்டு நிலைகளுக்கு (Stages) இடையே பிரிப்பை ஏற்படுத்த உதவும் எலக்ட்ரானியல் சுற்று ‘தாங்கிச் சுற்று’ எனப்படுகிறது. இது இரண்டு நிலைகளுக்கும் இடையே மின்னெதிர்ப்பு மாற்றத்தையும் தடுக்கிறது. இந்த அமைப்பு படிச அலை இயற்றியின் அதிர்வெண்ணை நிலைப்படுத்துகிறது. இந்தப் பண்பேற்றியில் RF அலைகளும் பண்பேறும் AF சைகைகளும் கலக்கப்பட்டு வீச்சுப் பண்பேற்றம் பெற்ற அலை உருவாக்கப்படுகிறது. இந்தப்பகுதியின் வெளியீடு பரப்புகைக்காக விண்ணலைக் கம்பிக்கு அளிக்கப்படுகிறது.

அதிர்வெண் பண்பேற்ற (FM) அலைபரப்பி

அதிர்வெண் பண்பேற்றம் பெற்ற அமைப்புகள் வழக்கமாக 40 MHz ஐ விட அதிகமான அதிர்வெண்ணில் இயக்கப்படுகின்றன. அதிர்வெண் அலைப் பண்பேற்ற ஒலி பரப்புகள், தொலைக்காட்சியில் ஒலியை அனுப்புதல், செல்லிட ரேடியோ (Mobile Radio) போன்றவற்றில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கட்டப்பண்பேற்றத்தைப் பயன்படுத்தும் FM அலைபரப்பி செயல்படும் விதத்தை விளக்கும் கட்டப்படம் படம் 5.4 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கட்டப்பண்பேற்றமானது அதிர்வெண் பண்பேற்றம் பெற்றதாக இருக்கும்.



படம் 5.4(FM) அலைபரப்பி

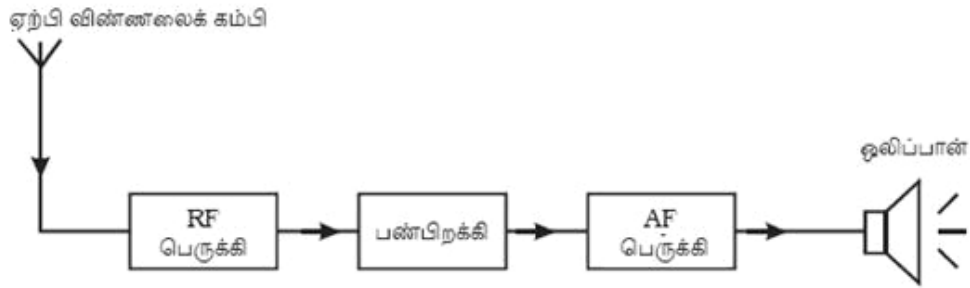
இது ஊர்தி அலைகளை உற்பத்தி செய்யும் படிச அலை இயற்றியைக் கொண்டுள்ளது. இதன் வெளியீடு கட்ட அலைப்பண்பேற்றிக்கு அளிக்கப்படுகிறது. தாங்கிச் சுற்று (Buffer) என்பது ஒரு தாழ் அதிர்வெண் பெருக்கியாகும். இது கட்ட அலை பண்பேற்றியிலிருந்து படிச அலை இயற்றியை பிரிக்கிறது.

பண்பேறும் சைகை அலை நுண்ணொலிவாங்கியில் உருவாக்கப்பட்டு, வலுவூட்டி (Pre Emphasis) வலை அமைப்பிற்கு இந்த AF சைகை ஊட்டப்படுகிறது. நுண்ணொலிவாங்கி ஒலி அலைகளை அதற்கு இணையான மின்னலைகளாக மாற்றும்பொழுது ஆற்றலானது வேறுபட்ட அதிர்வெண்களுக்கு சமமாக பங்கிடப்படுவதில்லை. இது போன்ற பண்பேறும் சைகைகளினால் கட்டப் பண்பேற்றம் செய்யப்படுவதில்லை. இது போன்ற பண்பேறும் சைகைகளினால் கட்டப் பண்பேற்றம் செய்யப்படுமானால் அதிர்வெண் மாற்றம் Δf சரியான விகிதத்தில் இருக்காது. ஏனென்றால் Δf ம் அலையின் ஆற்றலைச் சார்ந்துள்ளது. இதன் விளைவாக பண்பேற்றம் பெற்ற அலையில் குறுக்கீடுகள் நிகழும். இதைத் தவிர்ப்பதற்காக முதலில் பண்பேறும் அலையில் உள்ள அனைத்து அதிர்வெண்களும் சமமான ஆற்றலைப் பெறுமாறு செய்யவேண்டும். இதற்காக வலுவூட்டி (Pre-Emphasis) வலை அமைப்பு பயன்படுகிறது. வலுவூட்டி வலை அமைப்பின் வெளியீடு, திறன் பெருக்கிகள் மூலம் திறன் பெருக்கம் செய்யப்பட்டு அலை பரப்பி விண்ணலைக் கம்பிக்கு பரப்புகைக்காக அளிக்கப்படுகிறது.

ரேடியோ ஏற்பு (Radio Reception)

ஒரு ரேடியோ ஏற்பியானது அனைத்து சைகைகளிலிருந்து தேவையான சைகையை பிரித்தெடுத்தல், அதனைப் பெருக்குதல் மற்றும் இறுதியாக தேவைப்படும் விதத்தில் அதனை ஏற்படுத்துதல் ஆகிய செயல்பாடுகளைக் கொண்டது.

ஒரு எளிய ரேடியோ ஏற்பி செயல்படுவதை விளக்கும் கட்ட விளக்கப்படம். படம் 5.5 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வேறுபட்ட ரேடியோ ஒலிபரப்பு (வானொலி) நிலையங்களிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகளை அலைவாங்கி விண்ணலைக் கம்பி பெற்றுக்கொள்கிறது. இசைவுபெற்ற இணைச்சுற்றைப் பயன்படுத்தும் ரேடியோ அதிர்வெண் பெருக்கி, தேவையான ரேடியோ அலையை தேர்ந்தெடுக்கிறது. இடைவு செய்யப்பட்ட RF பெருக்கி தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட ரேடியோ அலைகளை பெருக்குகிறது. பெருக்கப்பட்ட ரேடியோ அலைகள் PN டையோடு பண்பிறக்கிச் சுற்றுக்கு தரப்படுகிறது. இந்தச் சுற்று ரேடியோ அலைகளிலிருந்து செவியுணர் சைகைகளை பிரித்தெடுக்கிறது. பண்பிறக்கியின் வெளியீட்டில் கிடைக்கும் செவியுணர் சைகையானது ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அடுக்குகளைக் கொண்ட செவியுணர் அதிர்வெண் பெருக்கியால் பெருக்கப்படுகிறது. பெருக்கப்பட்ட செவியுணர் சைகையானது ஒலிமீட்டிப்புக்காக ஒலிப்பானுக்கு (Loud Speaker) கொடுக்கப்படுகிறது.



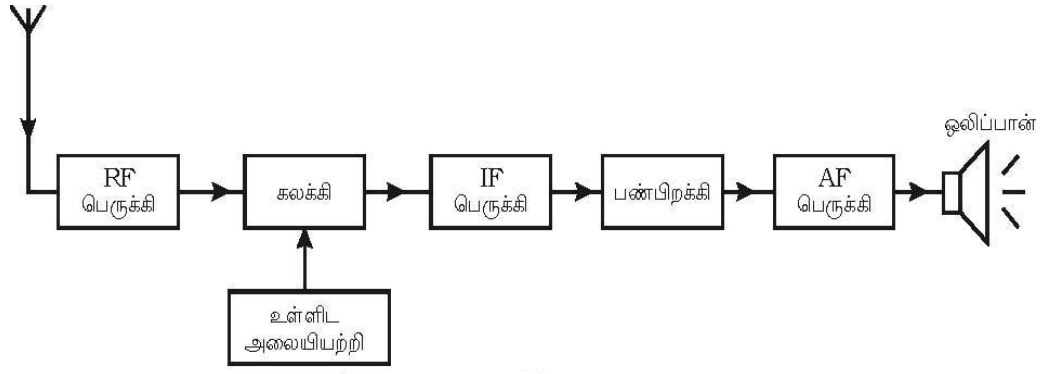
படம் 5.5 எளிய ரேடியோ ஏற்பி

குறைகள்

- * வலிமை குன்றிய சைகையைப் பெருக்கும் (உணர் திறன் - Sensitivity) திறன் குறைவு.
- * குறிப்பிட்ட, தேவையான சைகையை மட்டும் தெரிவு செய்து தேவையற்ற சைகையை நிராகரிக்கும் திறனும் (தெரிவு திறன் - Selectivity) குறைவு.

கலக்கிப் பிரிக்கும் AM ஏற்பி (Superheterodyne AM receiver)

நேரடி ஏற்பியில் உள்ள குறைபாடுகள், கலக்கிப் பிரிக்கும் ரேடியோ ஏற்பியின் மூலம் நீக்கப்படுகின்றன. நவீன ஏற்பிகள் அனைத்தும் கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பிச் சுற்றை பயன்படுத்துகின்றன. கலக்கிப் பிரிக்கும் AM ஏற்பியின் அமைப்பு செயல் விளக்க கட்டப்படம், படம் 5.6 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 5.6 கலக்கிப் பிரிக்கும் AM ஏற்பி

RF பெருக்கி

RF பெருக்கி இசைவு செய்யப்பட்ட இணைச்சுற்றைப் பல்வேறு ரேடியோ ஒலிபரப்பு நிலையங்களிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகள் அலைவாங்கி விண்ணலைக் கம்பியால் இடைமறிக்கப்பட்டு இப்பகுதியுடன் இணைக்கப்படுகின்றன. இப்பகுதி தேவையான ரேடியோ அலையைத் தேர்ந்தெடுத்து, அந்த அலையின் வலிமையைத் தேவையான அளவிற்கு உயர்த்துகிறது.

கலக்கி மற்றும் உள்ளிட அலை இயற்றி

RF பெருக்கியினால் பெருக்கப்பட்ட வெளியீடு, கலக்கி என்ற பகுதிக்கு தரப்படுகிறது. அங்கு உள்ளிட அலையியற்றியின் வெளியீட்டுடன் கலக்கப்படுகிறது. இந்த இரண்டு அதிர்வெண்களும் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்து விம்மல் முறையில் இடைநிலை அதிர்வெண்ணை (IF) உருவாக்குகின்றன. இடைநிலை அதிர்வெண்ணானது அலையியற்றியின் அதிர்வெண் மற்றும் ரேடியோ அலையின் அதிர்வெண் ஆகியவற்றின் வேறுபாடாக இருக்கும். இந்தப் பகுதியின் வெளியீடு எப்போதும் 455 kHz மதிப்புடைய இடைநிலை அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாக இருக்கும்.

இந்த நிலையான இடைநிலை அதிர்வெண்ணை அடைவதன் மூலம், இது போன்ற ஏற்பிகளில் உள்ள பெருக்கிச் சுற்றுகளை, பெரும நிலைப்புத் தன்மை, தெரிவு திறன் மற்றும் உணர்திறனுடன் செயல்படச் செய்யமுடியும்.

இடைநிலை அதிர்வெண் பெருக்கி (IF Amplifier)

கலக்கிச் சுற்றின் வெளியீடு இசைவு செய்யப்பட்ட IF பெருக்கிக்கு அளிக்கப்படுகிறது. இந்தப் பெருக்கி ஒரேயொரு அதிர்வெண்ணுக்கு (அதாவது 455 kHz) இசைவு செய்யப்படுகிறது. மேற்கண்ட ஒரேயொரு அதிர்வெண் கொண்ட அலைகள் மட்டுமே இதில் பெருக்கப்படுகின்றன.

பண்பிறக்கி

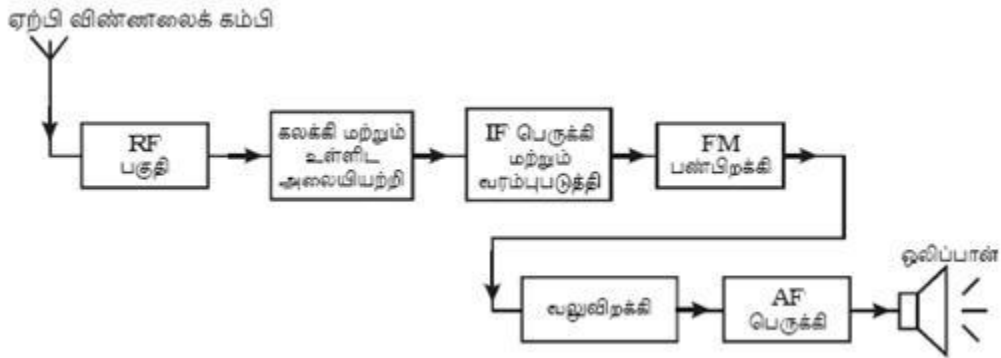
IF பெருக்கியின் வெளியீடு அலைப்பண்பிறக்கியின் உள்ளீட்டுடன் இணைக்கப்படுகிறது. செவியுணர் சைகைகள் IF வெளியீட்டிலிருந்து பிரிக்கப்படுகிறது. குறைந்த உருக்குலைவு (Distortion) மற்றும் அதிக செவியுணர் முற்றிசைவு (Fidelity) போன்ற பண்புகள் காரணமாக டையோடு பண்பிறக்கிச் சுற்றுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. முற்றிசைவு என்பது உள்ளதை உள்ளவாறே மீண்டும் ஏற்படுத்துதல் ஆகும்.

IF பெருக்கி

பண்பிறக்கம் செய்யப்பட்ட AF சைகை இயல்பாகவே வலுவற்றதாக இருக்கும். எனவே AF பெருக்கியின் மூலம் இது மேலும் பெருக்கப்படுகிறது. பின்னர் AF பெருக்கியின் சைகை வெளியீடு ஒலிப்பானுக்கு அளிக்கப்படுகிறது. ஒலிபரப்பு நிலையத்திலிருந்து வரும் உண்மையான ஒலிக்கு ஏற்றவாறு ஒலிப்பான் செவியுணர் சைகைகளை ஒலி அலைகளாக மாற்றுகிறது.

கலக்கிப் பிரிக்கும் FM ஏற்பி

AM ஏற்பியைப் போன்றே FM ஏற்பியும், ஒரு கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பியாகும். FM ஏற்பியின் செயல்விளக்க கட்டப்படம், படம் 5.7ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 5.7 கலக்கிப் பிரிக்கும் FM ஏற்பி

RF பகுதியானது உள்ளே வருகின்ற பண்பேற்றப்பட்ட அலைகளில் ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுத்துப் பெருக்குகிறது. பின்னர் பெருக்கப்பட்ட அலை, கலக்கி மற்றும் அலையியற்றி சேர்ந்து அமைந்துள்ள பகுதிக்கு கொடுக்கப்படுகிறது. இங்கு பண்பேற்றம் பெற்ற சைகையின் அதிர்வெண் இடைநிலை அதிர்வெண்ணாக மாற்றப்படுகிறது. FM ஏற்பிகளுக்கு இடைநிலை அதிர்வெண் 10.7 MHz ஆகும். இடைநிலை அதிர்வெண் அலைகள் IF பெருக்கியினால் பெருக்கப்பட்டு பின்னர் வரம்புபடுத்தும் சுற்றைப் (Limiter) பயன்படுத்தி அதன் வீச்சு மாறிலியாக இருக்குமாறு பராமரிக்கப்படுகிறது.

வரம்புபடுத்தும் சுற்று என்பது, சைகை மின்னழுத்தத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட பெரும மதிப்பைக் கடந்து செல்லாமல் தடுக்கும் கருவியாகும். FM ஏற்பிகளில் பயன்படும் இந்த வரம்புபடுத்தி சைகை வீச்சின் மாற்றங்களை மட்டுப்படுத்துகிறது.

இந்தப் பகுதியின் வெளியீடு FM பண்பிறக்கிக்கு செலுத்தப்படுகிறது. FM பண்பிறக்கி பண்பேற்றம் பெற்ற அலையைப் பண்பிறக்கம் செய்கிறது. FM பண்பிறக்கியிலிருந்து வரும் AF சைகை வலுவிறக்கி (De – Emphasis) வலை அமைப்பு வழியாக அனுப்பப்படுவதால் பல்வேறு அதிர்வெண்களும் தங்களுக்குரிய உண்மையான திறன் பங்கீட்டைப் பெறுகின்றன. பின்னர் இது AF பெருக்கத்தைப் பெற்ற பின்னர் இறுதியாக ஒலிப்பானுக்குத் தரப்படுகிறது.

ஆற்றல் மாற்றிகள் (Transducers)

ஆற்றல் மாற்றி என்பது மின்சாரம் அல்லாத அளவுகளை மின்சார அளவுகளாக மாற்றும் ஒரு கருவியாகும்.

ஒரு அளவிடும் கருவியில் மூன்று பகுதிகள் உள்ளன. அவை

- (i) உள்ளீட்டு அமைப்பு
- (ii) குறிகை சீரமைக்கும் அமைப்பு மற்றும்
- (iii) வெளியீட்டு அமைப்பு ஆகும்.

பொதுவாக இயற்பியல் அளவுகள் மின் அளவுகளாக இருப்பதில்லை. அவை மின் அளவுகளாக மாற்றப்படவேண்டும். இந்த மாற்றத்தை செய்யும் கருவிகளே ஆற்றல் மாற்றிகளாகும். இவ்வாறு பெறப்பட்ட மின் குறிகைகளை எளிதில் பெருக்கவோ, வேறு இடத்துக்கு அனுப்பவோ, சேமித்து வைக்கவோ முடியும்.

ஒரு ஆற்றல் மாற்றியில் இரண்டு பாகங்கள் உள்ளன. அவை

- (i) உணர்வு பகுதி (Sensing Unit)
- (ii) ஆற்றல் மாற்றுப் பகுதி (Transduction Unit)

உணர்வு பகுதி அளக்கப்படவேண்டிய இயற்பியல் அளவை உணர்வு செய்கிறது ஆற்றல் மாற்றுப் பகுதி தகுதியான பொறிநுட்பத்தின் மூலம் மின்சாரக் குறியாக மாற்றுகிறது. ஆற்றல் மாற்றுப்பகுதியின் வெளியீடானது ஒரு மின்சாரக் குறிகையானது, ஒரு மின்னோட்டம், மின்னழுத்தம், அல்லது அதிர்வெண்ணாக இருக்கலாம்.

இந்தக் குறிகைகளின் பெருக்கானது மின்சார விளைவுகளின் அடிப்படையில் அமையும். இது இயல்பில் மின்தடை, மின்தேக்கம் அல்லது மின் தூண்டுதல் பண்பாக இருக்கலாம்.

மின்சார ஆற்றல் மாற்றிகளின் வகைபாடு

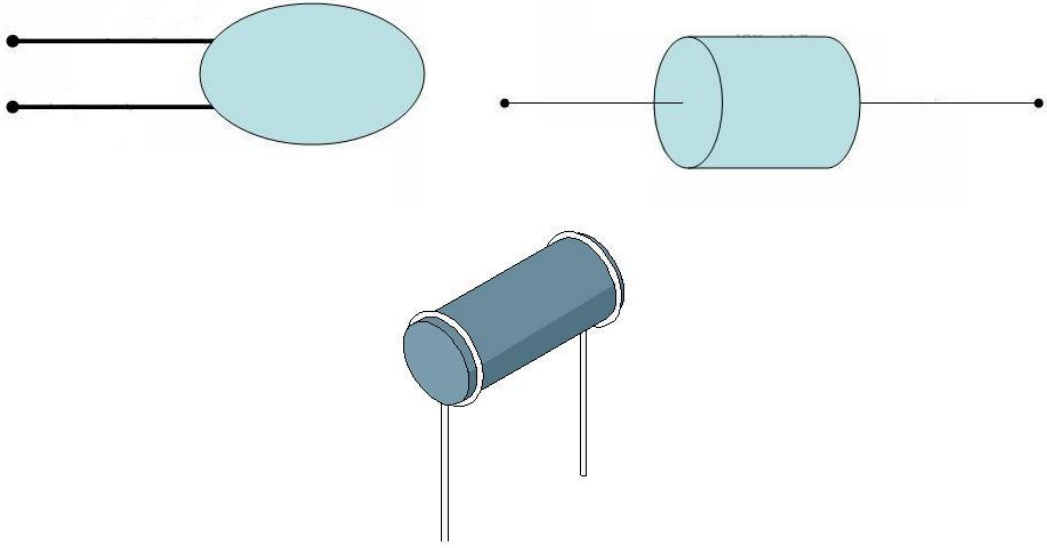
ஆற்றல் மாற்றி வகை	இயக்க தத்துவம்	பயன்பாடுகள்
திரிவு அளவி	பிரிவினை ஆற்றல் மாற்றி கம்பியின் மின்தடை வெப்பத்தைப் பொறுத்து மாறும்	விசை, திருப்பு விசை அளவிடல்.
மின்தடை வெப்பநிலை உணர்வு	உலோகக் கம்பியின் மின்தடை வெப்பத்தைப் பொறுத்து மாறும்	வெப்பநிலை ரேடியன்ட் அளவிடல்.
வெப்பத் தடையம்	உலோக ஆக்ஸைடுகளின் மின்தடை வெப்பத்தைப் பொறுத்து மாறும்.	வெப்பநிலை மற்றும் பாய்வை அளவிடல்
ஒளி கடத்தும் மின்கலன்	படுஒளியுடன் மின்கல மின்தடை மாறும்.	ஒளி உணரி.

மின் தேக்கி நுண்ணிய ஒலியன்	ஒலி அலைகள் இணைத்தகடு மின்தேக்கிக்கு இடையில் உள்ள தூரத்தைப் பொறுத்து மாறும்.	பேச்சு இசை
வெப்ப இரட்டை	இரண்டு மாறுபட்ட உலோகங்களின் அல்லது குறை கடத்திகளின் சந்தியில் வெப்பத்தின் போது மின்னியக்கு விசை ஏற்படும்	வெப்பநிலை வெப்ப பாய்வு கதிர்வீச்சு
மாறுபட்ட மின்மாற்றி	வெளிப்புற விசையால் ஏற்படும் காந்தப் பண்புள்ள உலோக நிலைப் பாட்டைப் பொறுத்து மின்மாற்றியின் இரு துணைச் சுற்றுகளுக்கான மாறுபட்ட மின்னழுத்தம் மாறும்	அழுத்தம், விசை இடப் பெயர்ச்சி நிலைபாடு.
ஒளி உமிழ்வு மின்கலன்	ஒளி உமிழ்வு பரப்பின் மீது நிகழ்வால் கதிர்வீச்சு எதிர்மின்னோட்டம் உமிழ்ப்படும். தானியங்கு ஆற்றல் மாற்றி (தானியாற்றி)	ஒளி மற்றும் கதிர்வீச்சு
அழுக்க மின் அலையெடுப்பி	சில படிக பொருள்களின் மீது புறவிசை ஏற்படும் போது மின்னியக்கு விசை ஏற்படும்.	அழுத்த மாறுபாடுகள் ஒலி அதிர்வுகளின் முடுக்கம்
photo voltaic	கதிர்வீச்சு ஆற்றலானது மின்கலத்தை தூண்டும் போது குறை கடத்திகளின் சந்தியில் மின்னழுத்தம் ஏற்படும்.	ஒளி அளவி, சூரிய மின்கலன்

வெப்பத்தடயம்: (Thermistor)

வெப்பத்தடயம் ஆனது குறைகடத்திகளால் உருவாக்கப்பட்டது. இது எதிர்மறை மின்தடை வெப்பநிலை எண்களைக் கொண்டது. அதாவது வெப்பநிலை கூடக்கூட மின்தடை அளவு குறையும். வெப்பத் தடையத்தின் மூலம் வெப்பநிலை அளவில் உள்ள மிகச்சிறிய மாற்றங்களைக் கூட கண்டறிய முடியும். இவை பொதுவாக $-60^{\circ}C$ முதல் $15^{\circ}C$ வரை உள்ள வெப்ப நிலைகளை அளக்கப் பயன்படுகிறது. இதன் மின்தடை அளவு 0.5Ω முதல் 0.75Ω வரை மாறும். மின்தடை அளவின் மாற்றம் வெகுவாக இருப்பதால். மிகத் துல்லியமான வெப்பநிலைமானிகளில் உபயோகிக்கப்படுகிறது.

வெப்பத்தடையங்கள் பொதுவாக, மேங்கனிஸ் (Mn), நிக்கல் (Ni), கோபால்ட் (Co), காப்பர் (Cu), இரும்பு (Fe), மற்றும் யுரேனியம் (U) போன்ற உலோகங்களின் ஆக்ஸைடுகளால் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவை பொதுவாக சிறுமணி, தண்டு மற்றும் வட்டு வடிவில் கிடைக்கும்.



படம் 5.8 வெப்பத் தடையத்தின் வடிவங்கள்

வெப்பத்தடையத்தின் குணநலன்

வெப்பத்தடையத்தின் மின்தடை மாறும் பண்பு கீழ்வரும் சமன்பாடு மூலம் குறிக்கப்படுகிறது.

$$RT_1 = RT_2 \exp\left(B\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right) \quad (1)$$

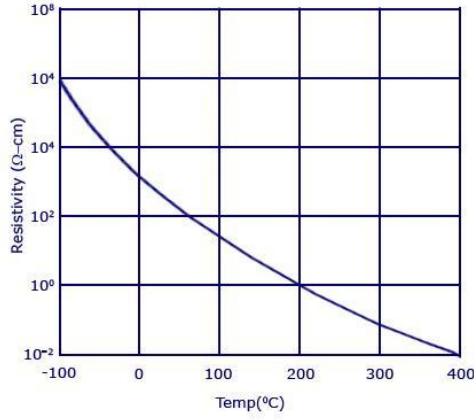
$RT_1 \rightarrow T_1$ செல்வினில் உள்ள வெப்பத்தடையத்தின் மின்தடை

$RT_2 \rightarrow T_2$ செல்வினில் உள்ள வெப்பத்தடையத்தின் மின்தடை

$B \rightarrow$ வெப்பத்தடையத்தின் மூலப்பொருள் சார்ந்த மாரிலி (3500 – 4500 K)

வெப்பத் தடையத்தின் வெப்பநிலை குணநலன் கீழ்வரும் படம் 5.9 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

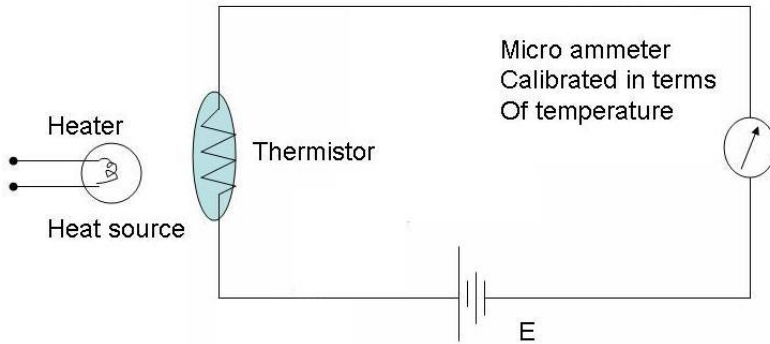
Resistance Versus Temperature Characteristics of Thermistor



படம் 5.9 வெப்பத்தடையத்தின் வெப்பநிலை குணநலன்கள்.

வெப்பம் அளவீட்டு முறை

ஒரு வெப்பத்தடையத்தை ஒரு மின்கலன் மற்றும் மைக்ரோ அம்மீட்டர் உடன் தொடரிணைப்பில், படம் 5.10 இல் உள்ளது போல இணைத்தால் வெப்ப நிலைக்கு ஏற்றவாறு மின்சுற்றின் மின்னோட்டம் மாறுபடும். அம்மீட்டர் வெப்பநிலைக்கு ஏற்றவாறு அளவுதிருத்தப்பட்டு இருந்தால். அம்மீட்டரில் வெப்பத்தை நேரடியாக அளக்கலாம்.



படம் 5.10 வெப்பம் அளவிடும் மின்சுற்று.

அழுக்க மின் ஆற்றல் மாற்றி : (Piezo Electric Transducer)

சில படிகங்களை (quartz, Rochelle Salt) (சுவார்ட்ஸ் ரூச்செலி உப்பு) குறிப்பிட்ட அளவில் வெட்டி, அதன் இரண்டு முகங்களுக்கு இடையில் அழுத்தம் கொடுக்கும்போது வேறு இரண்டு பக்கங்களுக்கு இடையில் ஒரு மின்னியக்கு விசை உருவாகிறது. இந்த விளைவு அழுக்க மின் விளைவு எனப்படுகிறது. இந்த விளைவு அலைப்பி சுற்றுக்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

அழுக்க மின் படிகங்கள் எந்தவொரு பொருளின் வித்தியாசமாக முறைகளின் இயந்திர உருச்சிதைவைப் பொறுத்து இருக்கும். இந்த முறைகளான பருமனான குறுக்கு வெட்டு விரிதல் ஆகும். இவை படிக அச்ச மற்றும் மின்வாய்களுடன் தொடர்பு உடையவை. அழுக்க மின்படிகமானது இயந்திர நகர்தலை மின்சார ஆற்றலாக மாற்றுகிறது. இது ஒரு நிலைமின்னியற்றி மின்தேக்கியாக செயல்படுகிறது. இயந்திர உருச்சிதைவு உருவாக்கப்பட்டு, மின்வாய்களுக்கு இடையே மின்னழுத்தமாக மாற்றப்படுகிறது.

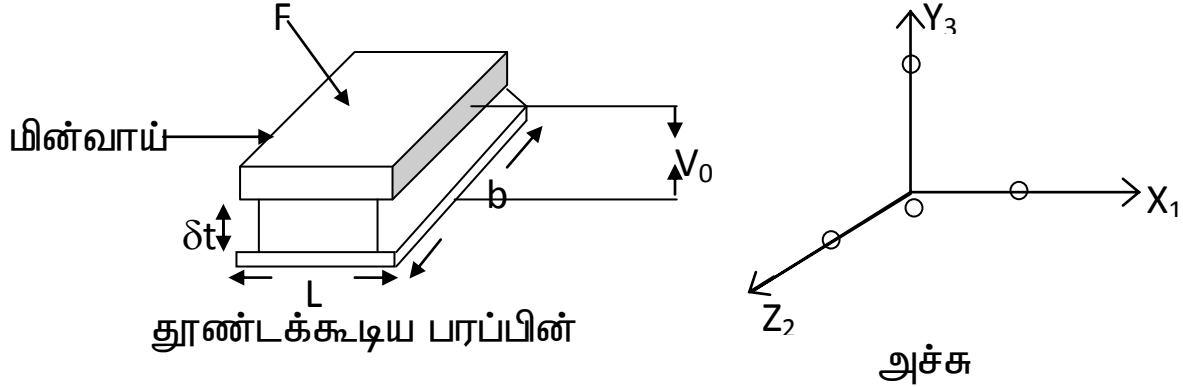
$$\text{மின்னழுத்தம் } E = \frac{Q}{c}$$

அழுக்க மின்திசையானது கூர்உணர்வு ஆகும். (Tensite) இழுப்பு விசையானது ஏதாவது ஒரு திசையில் மின்னழுத்தத்தை உற்பத்தி செய்யும். அந்த திசைக்கு எதிர்த்திசையில் அழுத்தக் கூடிய மின்னழுத்தத்தை உற்பத்தி செய்யும்.

தூண்டக்கூடிய பரப்பின் மின்னூட்டங்கள் கொடுக்கக்கூடிய விசை 'F' க்கு நேர்த்தகவாக இருக்கும்.

$$Q = \alpha \times F$$

$\alpha \rightarrow$ மின்னூட்ட சிந்தடைவு (உணர்திறன்) C/N

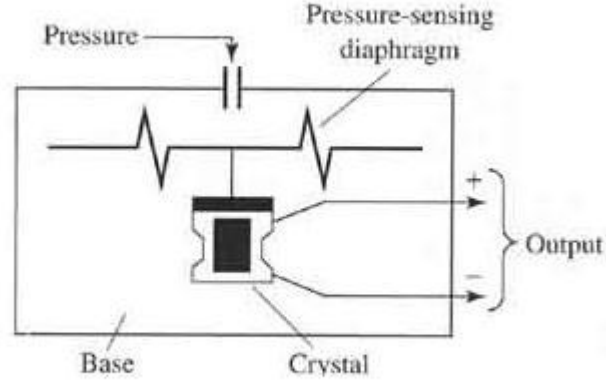


படம் 5.11 (அ) தூண்டக்கூடிய பரப்பின் மின்னூட்டங்கள்
(ஆ) அச்ச குறிப்பீடுகள்

அழுத்தம் அளக்கும் முறை

அழுத்த மின் ஆற்றல் மாற்றியை உபயோகித்து பாய்மங்களின் அழுத்தத்தை அளக்கலாம். அவ்வாறு அளக்கும் அமைப்பு படம் 5.12 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. அழுத்தம் அளக்கப்பட வேண்டிய வாயு உள்ளீட்டுத்துளை வழியாக செலுத்தப்படுகிறது. சவ்வு போன்ற அமைப்பு வாயுவின் அழுத்தத்தால் பிரிந்து அழுக்க மின்படிகத்தை அழுத்துகிறது. இதனால் மின்னழுத்தம் மின்படிகத்தில்

ஏற்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்தத்தை மின்வாய்களின் மூலமாக அளக்கலாம். இந்த மின்னழுத்தத்தின் மூலம் வாயுவின் அழுத்தத்தை அளக்கலாம்.



படம் 5.12 அழுத்த மின் ஆற்றல் மாற்றி மூலம் அழுத்தத்தை அளக்கும் அமைப்பு.