

UNIT – I

அறிமுகம் (Introduction)

1.1 மின் இயக்கிகளின் அடிப்படைக் காரணங்கள்

உற்பத்தி தொழிற்சாலைகளில் பல்வேறு இயந்திரங்களை இயக்குவதற்கு இன்று அதிகளவில் மின்இயந்திரங்கள் தான் இயந்திரசக்தி அளிக்கும் இயக்கிகளாக பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தொழிற்சாலைகளின் பல்வேறு துறைகளும் தானே இயங்கும்வகையில் செய்யப்பட்டு வருகிறது. இவ்வாறு தானியங்கி முறையில் செய்யப்படுவதால் சிறந்த தரம், அதிக உற்பத்தி மற்றும் குறைந்தசெலவில் பொருட்கள் செய்யப்படும். தேவைகளுக்கேற்ப இயந்திரங்கள் சீரானவேகம் மற்றும் மாறுபட்டவேகத்தில் இயக்கப்படும்.

சக்திவாய்ந்த மின்னணுவியல் மூலம் இயந்திரங்கள் இயக்கப்படும் போது மாறுபட்ட இயக்கி அமைப்பானது மிகச்சிறிய அளவிலும், அதிக செயல்திறன் உடையதாகவும், அதிக நம்பகத்தன்மை மற்றும் தொழிற்சாலைகளின் அனைத்துவிதமான தேவைகளையும் நிறைவேற்றுவதாக உள்ளது. நேர்மின்னோட்ட மின்னோடிகள் பல்லாண்டு காலமாக வேறுபட்ட வேகத்தில் இயக்குவதற்காக பயன்படுத்தப்பட்டு வந்தன. இதனுடைய செயல்திறன் வாய்ந்த கட்டுப்பாட்டு சிறப்பியல்புகள் காரணமாக தொழிற்சாலைகளில் பயன்படுத்தப்பட்டு வந்தன. வேகக்கட்டுப்பாடானது தேவையான வேகத்திற்கு மேலும், கீழும் எளிதான முறையில் பெறமுடிந்தது. நிலையான நேர்மின்சக்தி (DC) மற்றும் மாறுதிசை மின்சக்தி (AC)ல் இருந்து மாறுபட்ட நேர்மின்சக்தியானது மின்முனைகட்டுப்பாடு, ஆரம்ப-முடிவு கட்டுப்பாடு முறைகளின் மூலம் பெறப்பட்டது.

அடிப்படையில் மின் இயக்கியானது இருபிரிவுகளாக பிரிக்கப்பட்டு உள்ளது. அவை நேர்மின்னோட்ட மின் இயக்கிகள் மற்றும் மாறுதிசை மின்னோட்ட இயக்கிகள் ஆகும். பெரிய தொழிற்சாலைகளிலும், உற்பத்தி நிலையங்களிலும் அங்கு நிறுவப்பட்டுள்ள இயந்திரங்களுக்கு நேர்மின்னோட்ட மின் இயக்கிகள்தான் அதிகமான அளவில் இயக்கிகளாக பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. மின் கடத்திகளின் கண்டுபிடிப்பானது நேர்மின்னோட்ட இயக்கிகளின் அமைப்பிற்கு அதிகளவில் உதவியாக அமைந்தது. எளிமையான கட்டமைப்பு மற்றும் கட்டுப்பாடு அமைப்பு ஆகியவை நேர்மின்னோட்ட மின் இயக்கிகளின் அமைப்பு வளர்ந்து சிறப்படைய காரணமாக அமைந்தது. மேற்குறிப்பிட்ட பயன்கள் இருப்பினும், தொடர்ச்சியாக பராமரித்தல், அதிக இடம்பிடித்தல், திசைமாற்றிகளில் தீப்பொறி ஏற்படுதல், அதிகளவில் விபத்து நடக்க வாய்ப்பு உள்ள இடங்களாகிய ரசாயன, பெட்ரோலியம் மற்றும் சுரங்கத்துறைகளில் பயன்படுத்த முடியாமை ஆகியவை இதனுடைய குறைபாடுகள் ஆகும்.

மாறுதிசை மின் இயக்கி முறையானது மாறுதிசை மின்னாக்கிகளை பயன்படுத்தி இயக்கப்படுகின்றன. ஒத்தியங்கு மின்னோடி மற்றும் தூண்டல்

மின்னோடிகள் அதிக மற்றும் இடைநிலை மின் இயக்கிகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மாறுதிசை மின் இயக்கிகளின் பயன்களானது குறைந்தபராமரிப்பு, அதிகசெயல்திறன், அதிக நம்பகத்தன்மை, குறைந்த செலவு, குறைந்த எடை மற்றும் அபாயகரமான இடங்களிலும் இயக்கமுடிபவை ஆகும்.

1.1.1 மின் இயக்கிகளின் பயன்கள்

1. மின் இயக்கிகளானது இணக்கமான கட்டுப்பாடு சிறப்பியல்புகள் உடையவை.
2. பளுவின் தேவைகளுக்கேற்ப மின் இயக்கிகளின் நிலையான மற்றும் சக்திவாய்ந்த சிறப்பியல்புகளுக்கு ஏற்ப மாற்றி செயல்படுத்த முடியும்.
3. தேவைப்படும் நிலை மற்றும் சீரான வரிசையில் செயல்பட PLC மற்றும் குறுகணிணி உதவியுடன் சுயமான கட்டுப்பாட்டு முறைகளை செயல்படுத்த முடியும்.
4. தேவையான முடுக்குவிசை, வேகம் மற்றும் செயல்திறன்களில் கிடைக்கிறது.
5. அபாயகரமான மற்றும் கதிரியக்கப் பகுதிகளில் செயல்படுத்த முடியும்.
6. வேக முடுக்குவிசையின் நான்கு கால்பகுதிகளிலும் செயல்படுத்த முடியும். மின்தடுக்கும் முறையின் மூலம் இலகுவான வேகக்கட்டுப்பாடு மற்றும் கருவியின் அதிக வாழ்நாள் ஆகியவற்றை மற்ற வேக கட்டுப்பாடுகளுடன் ஒப்பிடும்போது பெறமுடியும்.
7. மின் இயக்கிகளானது அதிகபளு நிலையிலும் உடனடியாக இயங்க முடியும்.
8. கட்டுப்பாட்டு பற்சக்கரங்களின் மூலம் வேகக்கட்டுப்பாடு, வேக ஆரம்பம் மற்றும் வேகத்தடுப்பு ஆகியவற்றை எளிமையாகவும், இலகுவாகவும் செய்யமுடியும்.

1.2 மின் இயக்கிகளின் வகைகள்

இயந்திர மின் இயக்கிகளானது மூன்றுவகையாக பிரிக்கப்பட்டு உள்ளது. அவையாவன முறையே கூட்டு இயக்கிகள், தனிப்பட்ட இயக்கிகள் மற்றும் பலமின்னோடி இயக்கிகள் ஆகும்.

1.2.1 கூட்டு இயக்கிகள்

கூட்டு இயக்கிகளானது ஒரு தனிப்பட்ட மின்னோடி கொண்டது. இதில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சுழல் அமைப்பானது உராய்தலை தாங்கும் பொறியின் உறுப்புகள் மூலம் கட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த வகையான இயந்திரங்கள் முற்காலத்தில் பயன்படுத்தப்பட்டது.

ஒரு தனிப்பட்ட பெரிய மின்னோடியானது, பல சிறிய மின்னோடிகளுக்கு பதிலாக உபயோகப்படுத்தப்பட்டு உள்ளது. இதன் மூலமாக பெரிய மின்னோடியின் சக்திதிறன், பல சிறிய மின்னோடியின் சக்தி திறனைவிட குறைவாகவே

இருக்கும். இதன் காரணமாக, கூட்டு இயக்கிகளின் செயல்திறன் மற்றும் சக்திதிறன் அதிகப்படியாக இருக்கும்.

இந்தத் தனிப்பட்ட பெரிய மின்னோடியில் ஏதாவது தவறுகள் ஏற்படுமாயின் அனைத்துவிதமான செயல்பாடுகளும் நிறுத்தத்திற்கு வந்துவிடும். ஒரு புதிய இயந்திரத்தை, மூலசுழல் அமைப்புக்கு கொண்டு வருவது கடினமான செயலாகும்.

1.2.2 தனிப்பட்ட இயக்கிகள்

இந்த வகையில் ஒவ்வொரு தனிப்பட்ட இயந்திரமும் தனிப்பட்ட மின்னோடி மூலம் இயக்கப்படும். பலதரப்பட்ட இடங்களில், மின்னோடியானது இயந்திரத்தின் ஒரு பகுதியாகவே அமைந்துள்ளது. இதனுடைய திறன் இழப்பு மற்றவற்றுடன் ஒப்பிடும்போது அதிகம்.

1.2.3 பல மின்னோடி இயக்கிகள்

இந்த பலமின்னோடி இயக்கிகளில், பலதரப்பட்ட மின்னோடிகள் ஒரு குறிப்பிட்ட இயக்கியை இயக்க உதவியாக இருக்கும். மின்தூக்கியானது பல மின்னோடி இயக்கிக்கு ஒரு உதாரணம் ஆகும்.

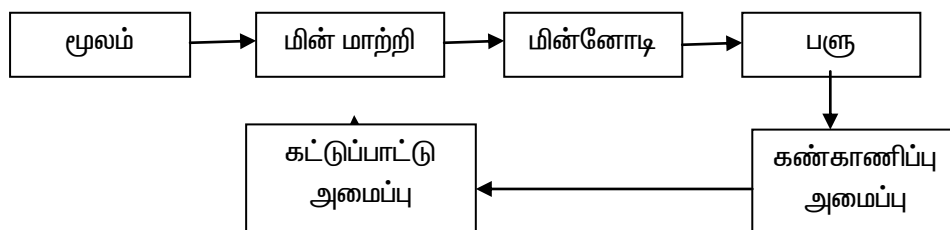
1.2 மின் இயக்கிகள் தோந்தெடுக்கப்படும் விதங்கள்

மின் இயக்கிகள் தோந்தெடுக்கப்படும் விதமானது பலதரப்பட்ட காரணங்களைக் கொண்டுள்ளது.

- (i) நிலையான இயக்கத்திற்கான தேவைகள்:
வேகம் - முறுக்குவிசை, வேகக்கட்டுப்பாட்டு முறைகள், வேக நிலைகள், செயல்திறன் ஆகியவை ஆகும்.
- (ii) மாறுபட்ட இயக்கத்திற்கான தேவைகள்:
வேகமுடுக்கம் மற்றும் எதிர்முடுக்கம், ஆரம்பம், நிறுத்துதல் மற்றும் எதிர்விசை செயல்பாடு ஆகியவை ஆகும்.
- (iii) சக்தி மூலம் வகைப்பாடுகள்:
மின்னோட்டத்தின் அளவு, மின் வேறுபாடு அளவுகள், சக்திதிறன் அளவு மற்றும் ஒத்திசைவு ஆகியவை ஆகும்.
- (iv) மூலதனச் செலவுகள், இயக்கச்செலவுகள், வாழ்நாட்கள் ஆகியவை.
- (v) இடவசதி மற்றும் எடைத்தேவைகள்.
- (vi) சுற்றுப்புற வசதிகள்.

1.4 பொதுவான மின் இயக்கி அமைப்பு

பொதுவான மின் இயக்கியின் அமைப்பு (படம் 1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.)



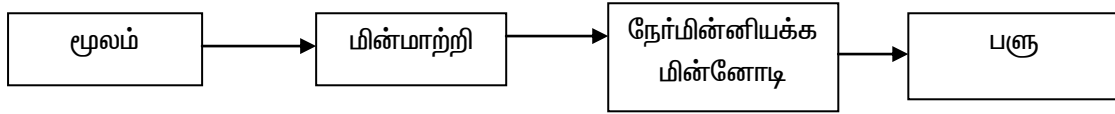
படம் 1 பொதுவான மின் இயக்கி அமைப்பு

மின் இயக்கியின் பாகங்கள்

- (i) மின்னோடி மற்றும் பளு
- (ii) மின்மாற்றி
- (iii) மூலம்
- (iv) கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு
- (v) கண்காணிப்பு அமைப்பு

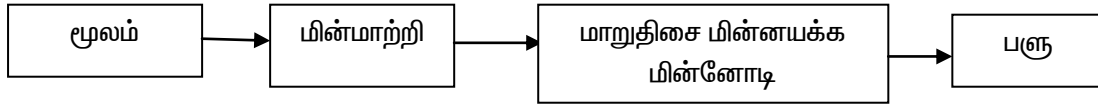
1.4.1 மின்னோடி வகைகள்

நேர் மின்னியக்க மின்னோடி ஒரு மின்மாற்றியின் மூலமாக கட்டுப்படுத்தப்படும். இதன் படம் 2ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 2 நேர்திசை மின்னியக்க மின்னோடி

மாறுதிசை மின்னியக்க மின்னோடியும் மின்மாற்றி மூலம் கட்டுப்படுத்தப்படும். இந்த வகையான மின்னோடி பளுவுடன் இணைக்கப்படும். இதன் படம் 3ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3 மாறுதிசை மின்னியக்க மின்னோடி

1.4.2 மின்மாற்றி வகைகள்

- (i) மாறுதிசையிலிருந்து நேர்திசை மின்மாற்றி
- (ii) நேர்திசையிலிருந்து மாறுதிசை மின்மாற்றி
- (iii) நேர்திசையிலிருந்து நேர்திசை மின்மாற்றி
- (iv) மாறுதிசையிலிருந்து மாறுதிசை மின்மாற்றி

1.4.3 மின்மூல வகைகள்

இந்தியாவில் தற்சமயம் மும்முனை மற்றும் ஒருமுனை மின் விநியோகம் உள்ளது. மிகச்சக்தி குறைந்த மின் இயக்கிகள் ஒரு முனை மின்மூலத்தின் மூலம் இயக்கப்படும். மற்றவகையான மின் இயக்கிகள் மும்முனை மின்மூலத்தின் மூலம் இயக்கப்படும். அதிகசக்தி வாய்ந்த மின் இயக்கிகள் 400V மின்னழுத்தம் மூலம் இயக்கப்படும். அதிக மின்திறன் உடைய மின் இயக்கிகள் 3.3kV, 6.6kV, 11kV மின்னழுத்தம் மூலம் இயக்கப்படும். நேர்மின்னோட்ட சேமிப்புக்கலன் இயக்கிகள் மிகக்குறைந்த மின்னழுத்த அளவுகளான 24V, 48V மற்றும் 110V மூலம் இயக்கப்படும்.

1.4.4 கண்காணிப்பு அமைப்பு

கண்காணிப்பு அமைப்பு, அடிப்படையில் வேகக்கண்காணிப்பு மற்றும் மின்னோட்டக் கண்காணிப்பு என இருவகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. வேகமானது வேகக்கண்காணிப்பு கருவி மூலம் கணக்கிடப்படும். மின்னோட்டமானது மின்னோட்ட கண்காணிப்புக்கருவி மற்றும் மாறுமின் தூண்டுதலையில்லா எதிர்ப்பு மூலம் கணக்கிடப்படும்.

1.4.5 கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு

மின்மாற்றியின் செயல்பாடுகள், கட்டுப்பாட்டு அமைப்பின் மூலம் செயல்படுத்தப்படும். வேக மற்றும் மின்னோட்ட கண்காணிப்புக் கருவியின் மூலம் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பிற்கு இணைப்பு உள்ளது.

1.5 பளுவின் சிறப்பியல்புகள்

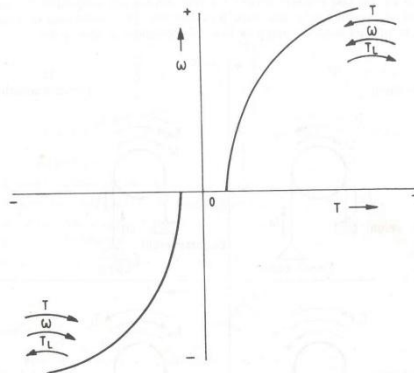
மின் இயக்கிகளின் செயல்பாடு அதனுடைய வேக-முறுக்குவிசை சிறப்பியல்புகள் மூலம் எளிதாக அறிந்து கொள்ளமுடியும். மின் இயக்கி மற்றும் கட்டுப்பாட்டுச் சுற்றுகளை தேர்வு செய்யும்போது, வேகம் மற்றும் முறுக்குவிசை முக்கியப்பங்கு வகிக்கிறது. முறுக்குவிசையானது கடிகாரச்சுற்று மற்றும் கடிகார எதிர்ச்சுற்றுத் திசைகளில் இருக்கும். பொதுவாக முறுக்குவிசையானது கிடைமட்ட அச்சிலும் (X-axis), வேகமானது செங்குத்தான அச்சிலும் (Y-axis) வரையப்படுகிறது. வேக-முறுக்குவிசையானது நான்கு கால்பகுதியிலும் வரையப்படுவதால், வேகமும், முறுக்குவிசையும் நேர்மறை (Positive), எதிர்மறை (Negative) எண்களில் அதன் செயல்பாட்டை பொறுத்து அமையும்.

1.5.1 பளுவின் வகைப்பாடுகள்

நேர்மறை பளுவின் முறுக்குவிசையானது நேர்மறை இயக்கியின் முறுக்கு விசைக்கு எதிர்த்திசையில் இருக்கும். இந்த பளுவின் முறுக்குவிசை சீராகவோ, வேகத்தைப் பொறுத்தோ அமையும்.

(i) முறுக்குவிசை மாற்றமானது வேகத்தின் மடங்கைப் பொறுத்தது

சிலவகையான பளுவகைகளில் முறுக்குவிசையானது வேகத்தின் மடங்கைப் பொறுத்து அதிகரிக்கின்றது. இவை பொதுவாக மின்விசிறிகள் மற்றும் மையவிலக்கு விசை நீர்வாங்கு குழாய்களில் (Centrifugal Pumps) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது படம் 4ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



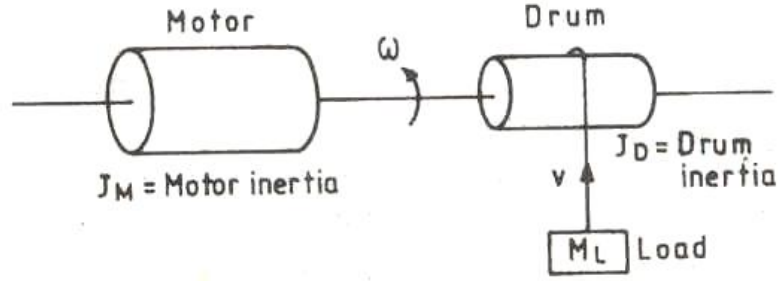
படம் 4 முறுக்குவிசை மாற்றமானது வேகத்தின் மடங்கைப் பொறுத்தது

(ii) சீரான உராய்வு வகைப்பளு

உராய்வும் முறுக்குவிசை இயக்கிகள் சுற்றுவதை எதிர்க்கும். இது பொதுவாக வேகத்தினைப் பொறுத்து அமைவதில்லை. ஆரம்பநிலையில் ஏற்படும் உராய்வு போதுமானதாக இருந்தாலும், அவை கணக்கில் எடுத்து கொள்ளப்படுவதில்லை. இந்தவகையான இயந்திரங்கள் பந்துவடிவ அல்லது சுழலக்கூடிய சுமக்கும் பகுதிகள் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

1.5.2 சக்திவாய்ந்த அல்லது நிலைமாற்றும் பளு (Dynamic or Inertia Load)

சுழலும் அமைப்பில், சுமையின் வேகமானது மாறும்போது சக்திவாய்ந்த பளுவானது இயக்கியின் முறுக்குவிசைக்கு எதிராக செயல்படும். இதனுடைய முறுக்குவிசை J ஆகும். இதில் J என்பது சுற்றும் சுமைகளின் சமமான நிலைமாற்று ஆகும். இது படம் 5ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 5 சக்திவாய்ந்த அல்லது நிலைமாற்றும் பளு

1.5.3 முறுக்குவிசை பளுவின் வகைப்பாடுகள்

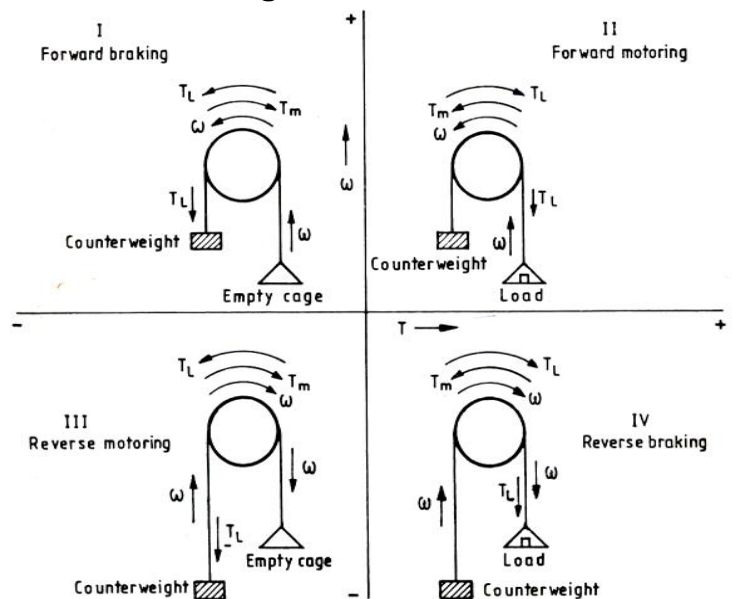
- உராய்வு முறுக்குவிசை (Friction Torque) (T_f): இயக்கிகளின் மையசுழல் பகுதி (Shaft) மற்றும் பளுவின் பல்வேறுப் பகுதிகளிலும் உராய்வு ஏற்படுகிறது. இவை பெரும்பாலும் இயக்கியின் மையசுழல் பகுதியை பொறுத்தே அமையும்.
- இயந்திரச்சுழலில் காற்று உராய்வுவிசை (Windage Torque (T_w): இயக்கியானது சுழலும்போது, அதிலுள்ள காற்றானது இயக்கியின் இகத்திற்கு எதிராக ஏற்படும் உராய்வுவிசை ஆகும்.
- பயனுள்ள இயந்திரசக்தி தரும் முறுக்குவிசை (T_c): இது வேகத்தை பொறுத்து சீராகவோ அல்லது மாறுபடுவதாகவோ அமையும்.

1.6 நான்கு கால்பகுதி இயக்க வரைபடம் (Four Quadrant Diagram)

இது மின்தூக்கிகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதனுடைய பளுவின் முறுக்குவிசை சீரானதாகவும் மற்றும் வேகத்தைப் பொறுத்து மாறுவதாகவும் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்த நான்கு கால்பகுதிகளானது,

- நேர்திசை இயக்குதல்
- நேர்திசை நிறுத்துதல்
- மாறுதிசை இயக்குதல்
- மாறுதிசை நிறுத்துதல்

இவையாவும் படம் 6 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின் இயக்கியின் முறுக்குவிசை, பளுவின் முறுக்குவிசை, வேகம் ஆகியவை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6 நான்கு கால்பகுதி இயக்க வரைபடம்

1.7 கட்டுப்பாட்டுச் சுற்றின் உறுப்புகள்

மின் இயக்கிகளின் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பிலுள்ள உறுப்புகள் அனைத்தும் முதன்மைக் கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகள் மற்றும் வழிகாட்டும் கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகள் என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

முதன்மைக் கட்டுப்பாட்டுக்கருவி என்பது பளுவை சாதனத்துடன் இணைக்க உதவுகிறது. நிலைமாற்றி (Switch), மின்காப்பு எரியிழை (Fuse), மின்காப்பு எரியிழை நிலைமாற்றி (Fuse – Switch Unit), சுற்று முறிப்பான் (Circuit Breaker), தொடர்புகொள்பவை (Contactor), அதிகபளு இடைமாற்றி (Over load relay) ஆகியவை முதன்மைக் கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகள் ஆகும்.

வழிகாட்டும் கருவிகளானது முதன்மைக் கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகளை கட்டுப்படுத்துபவை ஆகும். தேர்ந்தெடுக்கும் நிலைமாற்றி (Selector Switch), அழுத்தப்பொத்தான் நிலைமாற்றி (Push Button Switch), அளவீடும் நிலைமாற்றி (Limit Switch), வெப்பநிலை காப்பகம் (Thermostat) ஆகியவை வழிகாட்டும் கருவிகள் ஆகும்.

நான்கு முக்கியமான உறுப்புகள், மின்இயக்கியைக் கட்டுப்படுத்தவும் மற்றும் காப்பதற்காகவும் உபயோகப்படுகிறது.

1. நிலைமாற்றி (Switch): மின்சுற்றை செப்பனிடும்போதும், பேணும்போதும் தனித்திருக்க உதவும்.
2. மின்காப்பு எரியிழை (Fuse): குறுக்கு மின்பாதை தவற்றின்போது சுற்றை பாதுகாக்க உதவும்.
3. தொடர்பு அமைப்பு (Contactor): மின்இயக்கியை தானியங்கி முறையில் ஆரம்பிக்கவும், நிறுத்தவும் உதவும்.

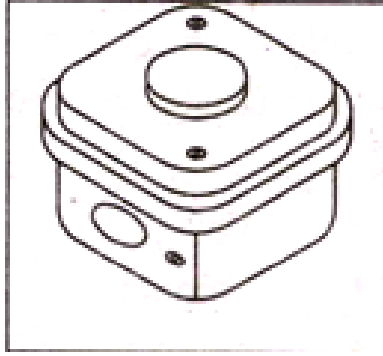
4. அதிகபளு இடைமாற்றீடு (Over load relay): மின்இயக்கியை அதிக பளுவிலிருந்து பாதுகாக்க உதவும்.

1.7.1 நிலைமாற்றிகள் (Switches)

மின்மாற்றியின் கட்டுப்பாட்டுக்குத் தேவையான நிலைமாற்றிகளின் வகைகள் கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

1. அழுத்தப்பொத்தான் நிலைமாற்றி (Push Button Switch)
2. தேர்வுசெய்யும் நிலைமாற்றி (Selector Switch)
3. அளவிடும் நிலைமாற்றி (Limit Switch)
4. அழுத்த நிலைமாற்றி (Pressure Switch)
5. வெப்ப நிலைமாற்றி (Temperature Switch)
6. மிதவை நிலைமாற்றி (Float Switch)

1. அழுத்தப்பொத்தான் நிலைமாற்றி (Push Button Switch)

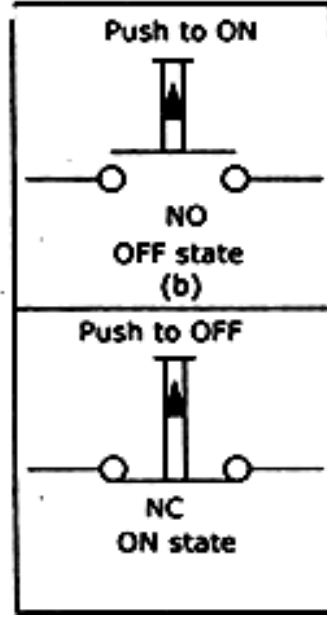


படம் - 7 அழுத்தப்பொத்தான் நிலைமாற்றி

இந்த வகையான நிலைமாற்றிகள் மின் இயக்கிகளின் கட்டுப்பாட்டுச் சுற்றுகளில் ஆரம்பித்தல், நிறுத்துதல், சிறிதுநேரம் இயக்குதல் (Jog) போன்ற செயல்பாடுகளை எளிதாக இயக்குவதற்காக ஒரு சிறிய பெட்டிவடிவ அமைப்பில் பொறுத்தப்படுபவை ஆகும். இது செயல்படும் விதத்தைப் பொறுத்து இவை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. இது படம் 7ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

i. குறுகியநேரத் தொடர்புவகை அழுத்தப்பொத்தான் (Momentary Contact Type Push Buttons)

இந்தவகையில் பொத்தான் ஆனது அழுத்திக் கொண்டிருக்கும் வரை தொடர்புகள் இயக்கமாகின்றது. அழுத்தத்தை விடும்போது சுருள் அழுத்தத்தின் மூலம் பழையநிலைக்கு வந்தவுடன் தொடர்புகளின் இயக்கம் நிறுத்தப்படுகிறது. இது படம் 8ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8 குறுகியநேரத் தொடர்புவகை அழுத்தப்பொத்தான்

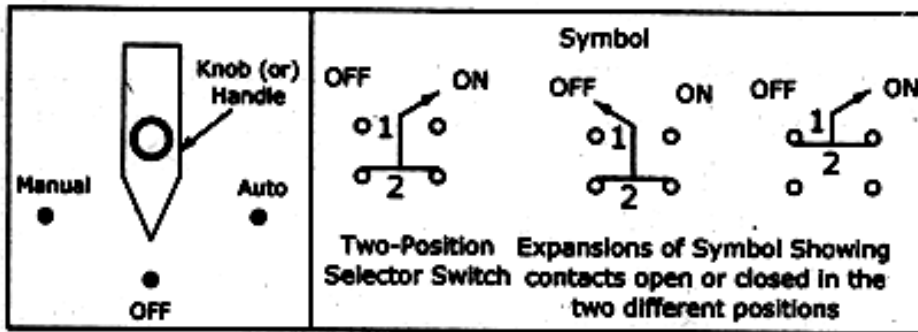
ii. தக்கவைக்கும் தொடர்பு அமைப்பு (Maintained Contact Type)

இந்தவகை நிலைமாற்றியில் அழுத்தி இயக்கப்படும்பொழுது ஏற்படுத்தப்படும் தொடர்புகளின் இயக்கத்தை தொடர்ந்து தக்கவைக்கும் தன்மையில் அமைக்கப்படும். இதில் அழுத்தம் கொடுப்பதன் மூலம் இயக்கத்தை ஆரம்பித்தல், நிறுத்துதல் ஆகியவற்றை செய்யமுடியும்.

iii. பலதரப்பட்ட தொடர்பு அமைப்பு (Multiple Contact Type)

இவ்வகை அழுக்குப் பொத்தான்களின் அமைப்பில் அவை இயக்கப்படும்பொழுது, அதனுள் ஒன்றுக்கும் மேற்பட்ட தொடர்புகள் இயக்கப்படும். சிலதொடர்புகள் அழுத்துவதன் மூலம் இயக்கத்தை ஆரம்பிக்கவும், மற்றவை அழுத்துவதன் மூலம் இயக்கத்தை நிறுத்துமாறும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

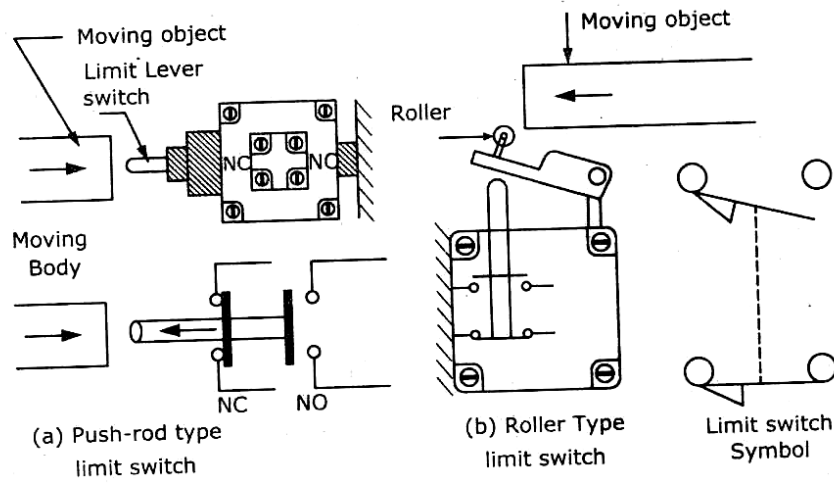
2. தேர்வுசெய்யும் நிலைமாற்றி (Selector Switch)



படம் 9 தேர்வுசெய்யும் நிலைமாற்றி

தேர்வுசெய்யும் நிலைமாற்றியானது ஒரு இயந்திரத்தை வெவ்வேறு நிலைகளில் இயக்குவதற்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு இயந்திரத்தில் மூன்றுவிதமான நிகழ்வுகள் ஏற்படுத்துவதற்கான நிலைமாற்றி படம் 9ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. நிறுத்தநிலை, தானாக இயங்கும்நிலை, மனிதர்கள் மூலம் இயங்கும்நிலை (Off, Automatic, Manual) ஆகியவை இந்த மூன்று நிலைகள் ஆகும். தேர்வுசெய்யும் நிலைமாற்றியில் உள்ள அமைப்பைத் திருகி நமக்குத் தேவையான நிலையில் உபயோகப்படுத்தமுடியும்.

3. அளவிடும் நிலைமாற்றி (Limit Switch)



படம் 10 அளவிடும் நிலைமாற்றி

இது இயந்திரங்களில் கிடைமட்டத்தில் இயங்குவதை கட்டுப்படுத்தப் பயன்படுத்தும் ஒரு கட்டுப்பாட்டு நிலைமாற்றி ஆகும். படம் 10ல் அளவிடும் நிலைமாற்றியின் அமைப்பைக் காட்டுகிறது. கட்டுப்பாடு செய்யப்படவேண்டிய இயந்திரத்தின் ஒருபாகம் நகரும் சமயத்தில் அதனுடைய எல்லையை அடைந்தவுடன் அளவிடும் நிலைமாற்றியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள சுழலும் அமைப்பு (Roller) ஒன்று அழுத்தப்படுகின்றது. அச்சமயம் சுழலும் அமைப்பில் இணைக்கப்பட்ட நெம்புகோல் (Lever) ஆனது இயங்கி ஒரு நிலைமாற்றியை திறக்க இதுவே இயக்கி மூடசெய்து மின் இயக்கியை (Motor) கட்டுப்படுத்துகிறது.

4. அழுத்த நிலைமாற்றி (Pressure Switch)

அழுத்த நிலைமாற்றி என்பது ஒரு காற்றழுத்த அறை (Air Compressor Chamber) அல்லது வாயுக்குழாய் (Gas Pipe) போன்ற சாதனங்களின் வழியாகச் செல்லும் காற்று மற்றும் வாயு ஆகியவற்றின் அழுத்தத்தை உணர்ந்து அதற்கு ஏற்றபடி இயங்கி மின் இயக்கிகளை கட்டுப்படுத்தும் ஒரு நிலைமாற்றி ஆகும். அறையில் உள்ள வாயு (Gas) அல்லது காற்றழுத்தத்தை பொறுத்து மின் இயக்கியை நிறுத்த மற்றும் இயக்க ஆரம்பிக்க இது பெரிதும் பயன்படுகிறது.

5. வெப்பநிலைமாற்றி (Temperature Switch)

வெப்பத்தின் அளவை உணர்ந்து அதற்கேற்றவாறு ஒரு நிலைமாற்றியின் இயக்கத்தை ஏற்படுத்தும் அமைப்பானது வெப்பநிலைமாற்றி எனப்படும்.

1. இரு உலோகத்தண்டு வடிவ வெப்பநிலைமாற்றி (Bimetallic Strip Type)
2. நுண்குழல் வடிவ வெப்பநிலைமாற்றி (Capillary Tube Type)

6. மிதவை நிலைமாற்றி (Float Switch)

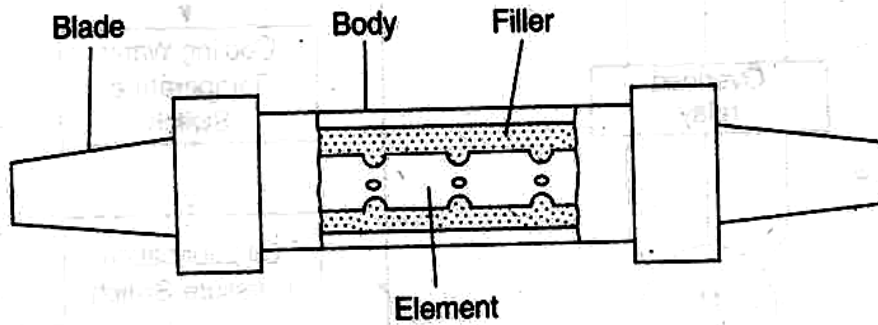
மிதவை நிலைமாற்றி என்பது மிதவைத் தத்துவத்தில் இயக்கப்படும் ஒரு கட்டுப்பாட்டு நிலைமாற்றி ஆகும். இதன் உதவியால் தொட்டியில் (Tank) உள்ள தண்ணீர் அல்லது திரவத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட மட்டத்தில் வைக்க முடியும். இதன் அமைப்பைப் பொறுத்து இரண்டு வகையாக பிரிக்கப்பட்டு உள்ளது.

1. சங்கிலித் தொடர்வகை மிதவை நிலைமாற்றி (Chain Type Float Switch)
2. தண்டு வடிவ மிதவை நிலைமாற்றி (Rod Type Float Switch)

1.7.2 மின்காப்பு எரியிழை (Fuse)

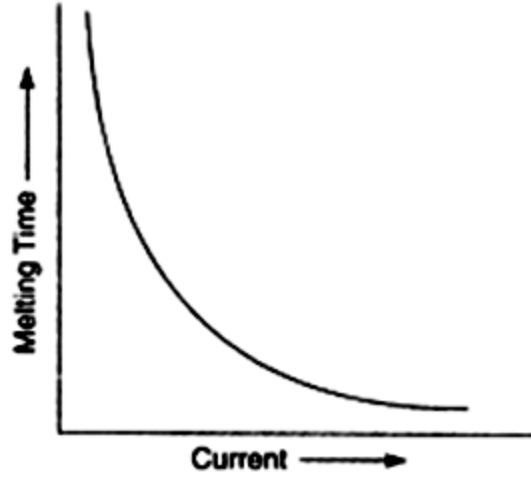
கட்டுப்பாட்டு அமைப்பிலுள்ள மின்கற்று மற்றும் கட்டுப்பாட்டு சுற்றுகள், குறுக்கு மின்பாதை தவறுகள் (Short Circuit Fault) ஏற்படும்போது மின்காப்பு எரியிழை (Fuse) மூலம் காக்கப்படுகிறது. மின்கம்பியிடல் (Wiring), மின் இயக்கியின் சுருளில் ஏற்படும் பிழை அல்லது கம்பிவடம் மற்றும் கம்பி (Wire) ஆகியவற்றில் ஏற்படும் இயந்திரக் கோளாறுகள் காரணமாக குறுக்கு மின்பாதை தவறுகள் ஏற்படுகிறது.

மின்காப்பு எரியிழை என்பது ஏற்கனவே அளவிடப்பட்ட கடத்தியாகும். இதன் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டமானது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிற்கு மேலாக செல்லும்போது மின்காப்பு எரியிழையானது உருகி மின்இணைப்பு உடைந்துவிடுகிறது. மின்காப்பு எரியிழையின் அமைப்பு படம் 11ல் காட்டப்பட்டு உள்ளது.



படம் 11. மின்காப்பு எரியிழை

குறுக்கு மின்பாதை தவற்றின் காரணமாக அதிகப்படியான வெப்பம் வெளியாகி மின்காப்பு எரியிழை உருகிவிடுகிறது. இதன் காரணமாக மின்சுற்று அதனுடைய மின் அளிப்பானிடமிருந்து தனித்துவிடுகிறது. இந்த மின்காப்பு எரியிழையின் உள்பகுதியானது சிறந்த வெப்பக்கடத்தி பொருட்களால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது.



படம் 12 மின்காப்பு எரியிழையின் நேர மின்னோட்ட சிறப்பியல்பு

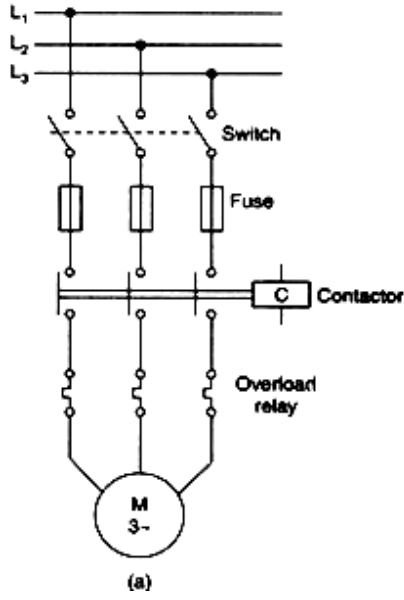
இந்த மின்காப்பு எரியிழையானது நேர்மாறு நேர - மின்னோட்ட சிறப்பு இயல்புகளை பெற்றுள்ளது. இதன் சிறப்பியல்பு படம்12ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்காப்பு எரியிழையானது சிறிய அளவிலான அதிகபளுவை அதிக நேரத்திற்கு தாங்கும் திறன் கொண்டது. அதிக அளவிலான அதிகபளு மற்றும் குறுக்கு மின்பாதை காரணமாக மின்காப்பு எரியிழையின் ஒருபகுதி விரைவாக உருகி மின்சுற்றை திறந்துவிடுகிறது.

1.7.3 மின்காப்பு எரியிழை நிலைமாற்றி அமைப்பு (Fuse Switch Unit)

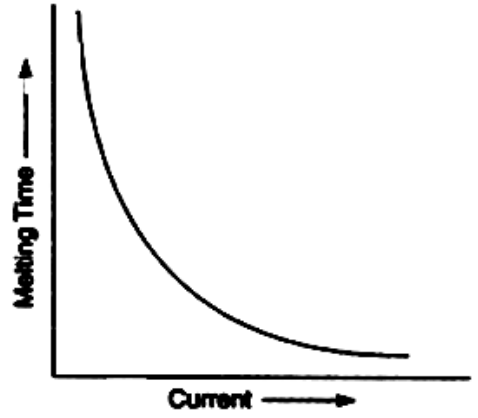
மாற்றப்பட்ட மின்சுற்றில், மின்காப்பு எரியிழையானது நிலைமாற்றி உடன் ஒருங்கிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனுடைய பயனானது, மின் இணைப்புகள் குறைவு மற்றும் தேவைப்படும் இடம் குறைவு ஆகியவை ஆகும். இது பொதுவாக இரண்டு வகைப்படும்.

1. நிலையான மின்காப்பு எரியிழை
2. நகரக்கூடிய அமைப்பில் பொருத்தப்பட்ட மின்காப்பு எரியிழை

மின் இயக்கியின் சக்திசுற்று மற்றும் கட்டுப்பாட்டு சுற்றுகளை கொண்ட வரைபடம் 13 மற்றும் 14ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் படம்13 மின்காப்பு எரியிழை மற்றும் நிலைமாற்றி தனித்தனியாக அமைக்கப்பட்டு உள்ளது. படம்14ல் மின்காப்பு எரியிழையுடன் நிலைமாற்றி இணைந்து காணப்படுகிறது.

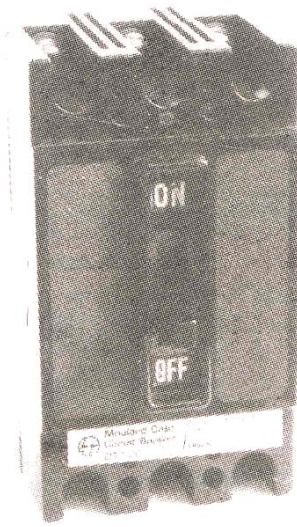


படம் 13. தனித்த நிலைமாற்றி மற்றும் மின்சாரப் பிளவு எரியிழை



படம் 14. ஒருங்கிணைந்த நிலைமாற்றி மின்சாரப் பிளவு எரியிழை

1.7.4 அச்சுவடிவ சுற்றுமுறிப்பான் (Moulded Case Circuit Breaker) (MCCB) மற்றும் சிறிய சுற்றுமுறிப்பான் (Miniature Circuit Breaker) (MCB)



படம் 15 சுற்றுமுறிப்பான்

சீரான மற்றும் மெதுவான மாற்றங்களின் காரணமாக அச்சுவடிவ சுற்று முறிப்பான் மற்றும் சிறிய சுற்றுமுறிப்பான்களானது எரியிழைப்பொத்தான் (Fuse Switch) மற்றும் காற்று சுற்றுமுறிப்பான்களுக்கு (Air Circuit Breaker) பதிலாக தொழிற்சாலைகளின் பாதுகாப்பு அமைப்புகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதன் விளைவாக கட்டுப்பாட்டு அமைப்புகள் தற்சமயம் எரியிழைகள் இல்லாமல் வடிவமைக்கப்படுகிறது. இதன் படம்15ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

சிறிய சுற்றுமுறிப்பான்கள் 1,2,3 மற்றும் 4 கம்பு (Pole) வகைகளில் அதன் 10 kA வரையிலான அளவுவரை சுற்றில் ஏற்படும் தவறுகளை ஏற்றுக் கொள்ளும்வகையில் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. இவை ஒளியமைப்பு சுற்றுகள், துணை மின்பகிர்மானம் மற்றும் கட்டுப்பாட்டு சுற்றுகளில் உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. பொதுவாக அச்சுவடிவ சுற்றுமுறிப்பான்கள் 100 A, 200 A, 250 A, 450 A, 630 A, 800 A அளவுடன் 500 V, 50 Hz அளவுடன் 50 kA வரையிலான தவறு ஏற்படும் மின்னோட்டம் தாங்கக்கூடிய அளவில் தயாரிக்கப்படுகின்றது. இவை சுற்றுப் பாதுகாப்பு தேவைப்படும் கிளை அமைப்புகளிலும், மின்மோட்டார் சுற்றுகளிலும், மின்மாற்றியின் இரண்டாம்சுற்றுகளிலும், ஒளியமைப்பு பகிர்மான அமைப்புகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

இந்த அச்சுவடிவ சுற்றுமுறிப்பான், மின்சுற்றில் மிக அதிகபளு ஏற்படும்போது மின்தடையில்லா தொடர்பு (Short Circuit) ஏற்படும்போது தன்னிச்சையாக செயல்பட்டு மின்சுற்றை தனிமைப்படுத்தி விடுகிறது.

அதிகப்படியான பளு ஏற்படும்போது ஒரு வெப்பநிலை உணர்த்தி (Thermal Release) மூலமாக சுற்றை தனிமைப்படுத்தி விடுகிறது.

இந்த முறிப்பான் ஆனது மின்தடையில்லா தொடர்புபளுதின் (Short Circuit Fault) போது மின்காந்த உணர்த்தி (Electromagnetic Release) மூலம் திறக்கிறது. சுற்றின் வழியாகச்செல்லும் மின்னோட்டம் வெப்பநிலை உணர்த்தியில் தேர்வு செய்யப்பட்ட மின்னோட்டத்தைவிட 10மடங்கு குறைவாக இருக்கும்போது வெப்பநிலை உணர்த்தி மூலம் இயங்குகிறது. மின்னோட்டம் 10மடங்கு அதிகமாக இருக்கும்போது முறிப்பான் காந்த உணர்த்தி மூலம் செயல்படுகிறது.

இந்த MCCB ன் சிறப்பியல்புகள் கீழ்க்கண்டவாறு வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

1. இதன் செயல்படும் விதமானது “விரைவாக இணைத்தல், விரைவாக விலக்குதல்” ஆகும். இது மனிதர்களால் இயக்கப்படுவதில்லை. தவறான நிலையின்போது முறிப்பான் ஆனது மூடியநிலையில் இருப்பதில்லை.
2. இதன் வெளிப்பகுதி முற்றிலுமாக வெப்பத்தை தடுக்கக்கூடிய பொருட்களால் ஆனவை. இவற்றை வெளியிலுள்ள சுற்றுடன் இணைப்பதற்கான முனைகள் அமைந்துள்ளது.
3. அனைத்து மின்இணைப்புகளும் ஏதாவது ஒரு மின்இணைப்பில் தவறு ஏற்படும்போது மொத்தமாக தொடர்பு இழக்கிறது. இவ்வாறு தடங்கல் (Trip) ஆகும்போது ON (1) அல்லது OFF (0)க்கு இடைப்பட்ட நிலையை அடைகிறது.

காந்த வெப்பஉணர்த்தியானது இரு உலோகஅமைப்பின் (Bimetals) மூலமாக வெப்ப அதிகபளு பாதுகாப்பைத் தரும். அதேவேளையில் மின்காந்தமானது மின்தடையில்லா (Short Circuit) பாதுகாப்பைத் தருகிறது

MCCB ஆனது சாதாரணமான முறிப்பான் மற்றும் எரியிழைப்பொத்தான் அமைப்பில் இருந்து பல சிறப்பியல்புகளை பெற்றுள்ளது.

- (1) இதனை கையாளுவது மிகஎளிது. ஒவ்வொருமுறையும் இதனை மாற்றத் தேவையில்லை. சுற்று முறிந்தவுடன், அதனை திரும்பவும் 'ON' செய்துவிட முடியும்.
- (2) எரியிழைப்பொத்தான் அமைப்பில் ஏதாவது ஒருமுனை மின்சக்தி எரியிழையின் மூலமாக இணைப்பு இழக்கப்படும்போது மின்சக்தி மற்ற முனைகளின் மூலம் அளிக்கப்படும்.
- (3) இந்தவகை முறிப்பானில் அனைத்து முனை மின்சக்தியும் நிறுத்தப்பட்டு விடுகிறது.
- (4) இவை 5முதல் 10மடங்கு வரை அளவிலும், எடையிலும் சாதாரணமான காற்று சுற்றுமுறிப்பான் மற்றும் எரியிழைப்பொத்தான் அமைப்புடன் ஒப்பிடும்போது சிறியதாக இருக்கும்.

1.7.5 தொடர்பு அமைப்புகள் (CONTACTORS)

தொடர்பு அமைப்பு என்பது மின்னோடிகளின் கட்டுப்பாடு சுற்றுகளில் பயன்படக்கூடிய மிக முக்கியமான கட்டுப்பாட்டு உறுப்பாகும். இதுவொரு மின்காந்த விசை இயக்குதலின் அடிப்படையில் வேலைசெய்கிறது. இதன் உதவியால் பலவிதமான தொடர்புகள் இயக்கப்பட்டு கட்டுப்பாட்டு வேலைகள் நிகழ்த்தப்படுகின்றன.

தொடர்பு அமைப்பின் பயன்பாடுகள்

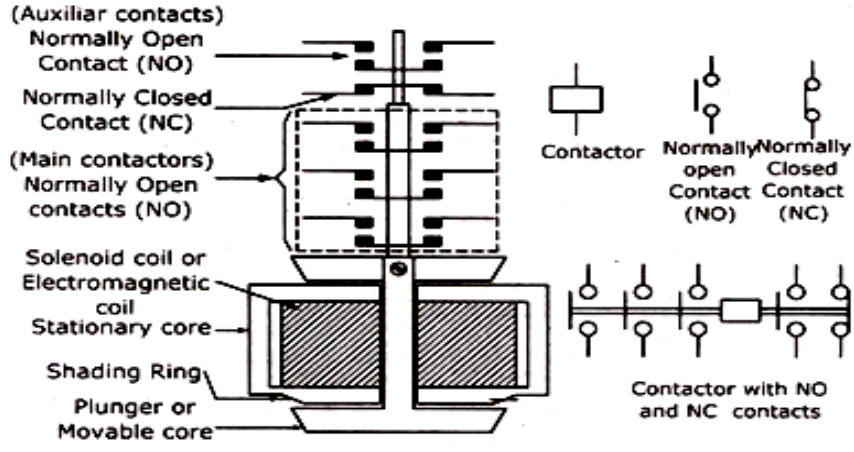
1. தொடர்பு அமைப்புகளால் இயக்கப்படும் தொடர்புகள் மிகவிரைவாக செயல்படுகின்றன.
2. மிக விரைவாகவும், அதேநேரத்தில் தீப்பொறி போன்ற பிரச்சினைகள் ஏதும் இல்லாமலும் கட்டுப்பாடு சுற்றுகளில் இயக்கப்படுகின்றன.
3. தொடர்பு அமைப்புகளின் வரவால் கட்டுப்பாட்டு சுற்றுகளை இயக்குபவர்களுக்கு எந்த சிரமமும் இருப்பதில்லை.
4. இதனை உபயோகப்படுத்துவதால் சுற்றில் ஏற்படும் மின்னழுத்த இழப்புகள் பெரிதும் குறைக்கப்படுகிறது.

தொடர்பு அமைப்பின் வகைகள்

1. மின்கம்பிச் சுருள் உருளை தொடர்பு அமைப்பு
2. E- மையப்பகுதி தொடர்பு அமைப்பு
3. தட்டும் வடிவ தொடர்பு அமைப்பு
4. வெளி-பூட்டு வகை தொடர்பு அமைப்பு

1. மின்கம்பிச் சுருள் உருளை தொடர்பு அமைப்பு (Solenoid Type Contactor)

இந்த அமைப்பில் ஒரு மின்காந்த நடுப்பகுதியானது இரு பகுதிகளாக பிரிக்கப்பட்டு வைக்கப்படுகிறது. அவையாவன நிலையான நடுப்பகுதி மற்றும் அசையக்கூடிய நடுப்பகுதி. இதன் படம் 16ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



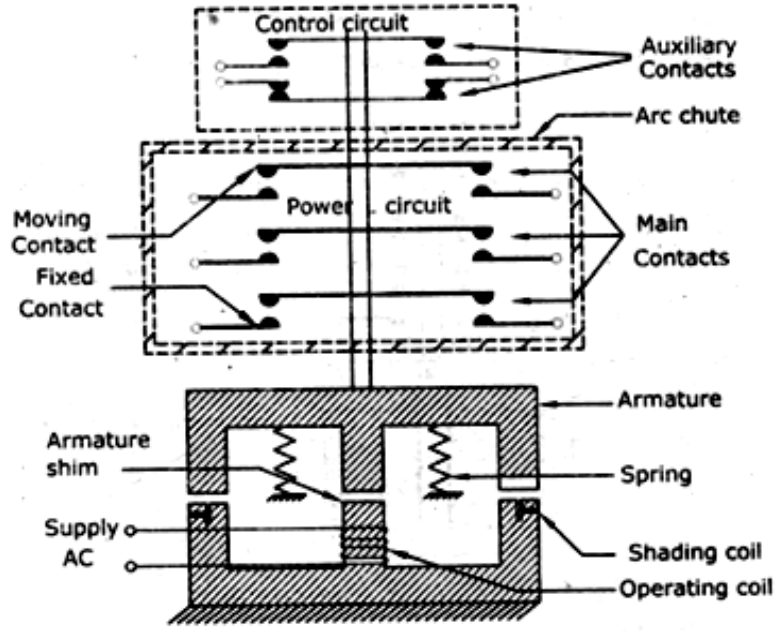
படம் 16 மின்கம்பிச்சுருள் உருளை தொடர்பு அமைப்பு

அசையக்கூடிய தொடர்புடைய பகுதியானது அசையக்கூடிய நடுப்பகுதியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அசையக்கூடிய நடுப்பகுதியைச் சுற்றி ஒரு செயல்படக்கூடிய சுருள் ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த செயல்படும் சுருளுக்கு மின்சக்தியை அளிப்பதன் மூலம் அதில் மின்காந்தம் உருவாக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக மின்னகம் இயக்கப்பட, அதனுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள தொடர்புகள் இயக்கப்படுகின்றன. இதனால் மின் சுற்றுகளை மின்சக்தியுடன் இணைக்கவும், துண்டிக்கவும் செய்யலாம். தொடர்புகளின் இயக்கத்தை எளிதாக புரிந்துகொள்ளும் வகையில் தொடர்பு பகுதியானது நேர்தளத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆனால் அவையாவும் உண்மையாக கிடைநிலைதளத்தில் தான் இயங்கிக் கொண்டிருக்கும்.

படம்16ல் தொடர்பு அமைப்பு மற்றும் தொடர்புகளின் குறியீடுகள் காட்டப்பட்டுள்ளது. தொடர்பு அமைப்பின் செயல்படும் சுருளுக்கு மின்சக்தி அளிக்கப்பட்டவுடன் அசையக்கூடிய தொடர்புகள் வைக்கப்பட்டுள்ள நடுப்பகுதி (Plunger)ஆனது மேலே நகர்த்தப்படுகின்றன. இதனால் திறந்த நிலையிலிருந்த தொடர்பானது மூடியநிலைக்கும், மூடிய நிலையிலிருந்த தொடர்பானது திறந்தநிலைக்கும் மாறுகின்றன. இதனால் கட்டுப்பாட்டு சுற்றில் இயக்கம் நடைபெறுகிறது. தொடர்பு அமைப்பின் இயக்கத்தை நிறுத்த வேண்டுமென்றால் அதனுடைய செயல்படும் சுருளுக்கு அளித்த மின்சக்தி துண்டிக்கப்பட வேண்டும். இப்போது சுருளானது ஆற்றலிழந்து தொடர்புகள் அனைத்தும் இயல்பானநிலையை வந்தடைகிறது. செயல்படும்போது ஏற்படும் அதிர்வை தடுப்பதற்காக ஒரு வளையச்சுருள் (Shading Ring)ஆனது நிலையான மையப்பகுதியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

2. E- நடுப்பகுதி மின்காந்த தொடர்பு அமைப்பு

இந்த அமைப்பானது E-வடிவில் உள்ள இரண்டு மையப்பகுதிகளை உள்ளடக்கியது. இதன் அமைப்பு படம் 17ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு பகுதி நிலையானதாகவும் மற்றொன்று நகரக்கூடியதாகவும் உள்ளது.

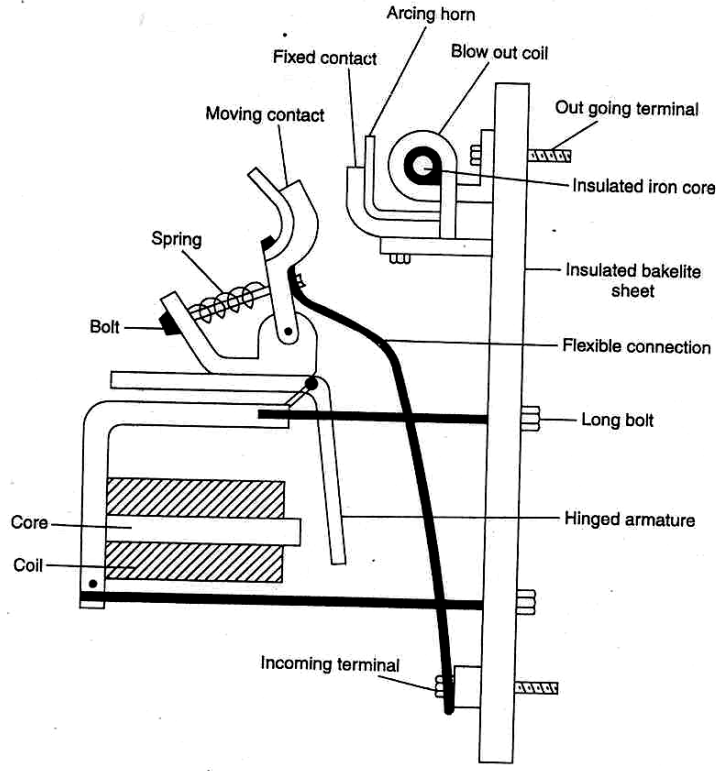


படம் 17 E- நடுப்பகுதி மின்காந்த தொடர்பு அமைப்பு

மின்காந்தத்தை உருவாக்குவதற்காக மென்தகட்டு வடிவான சிலிக்கான் எஃகினால் 'E' நடுப்பகுதி மேல் தாமிரச்சுருளால் சுற்றப்பட்ட ஒரு சுருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த நடுப்பகுதிக்கு மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தை அளிக்கும்போது அதன்வழியாக மின்னோட்டம் பாய்ந்து சுருளானது காந்தத் தன்மையைப் பெற்று நகரக்கூடிய மையப்பகுதியை இழுக்கிறது. இதனால் நகரக்கூடிய அமைப்பு நகர்த்தப்பட்டு நிலையான தொடர்புகளுடன் இணைப்பு ஏற்படுத்தப்பட்டு தொடர்பு இணைப்புகள் இணைக்கப்படுகின்றன. செயல்படும் சுருளை ஒரு மின்னழுத்தமில்லா சுருள் எனவும் அழைக்கலாம். இந்தச் சுருள் 'E' வகை மின்சுருளின் நடுப்பகுதியில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

3. தட்டும் வடிவ தொடர்பு அமைப்பு (Clapper Type Contactor)

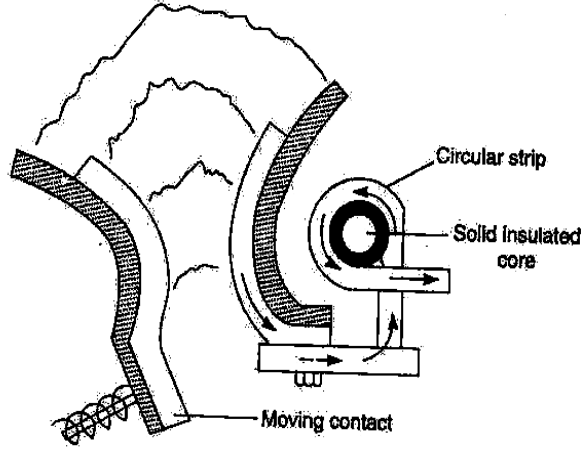
தட்டும் வடிவ தொடர்பு அமைப்பில் நகரக்கூடிய தொடர்புகளானது நகரக் கூடிய மின்னகத்துடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த பிணைக்கப்பட்ட மின்னகமானது காந்தச்சுருளால் சக்தி பெறும்போது நகரக்கூடிய தொடர்பு கிடைமட்டதிசையில் நகர்ந்து நிலையான தொடர்புடன் இணைகிறது. இந்த நிலையான தொடர்பானது, தொடர்பு அமைப்பின் செங்குத்தான பகுதியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 18 தட்டும் வடிவ தொடர்பு அமைப்பு

படம் 18 தட்டும்வடிவத் தொடர்பு அமைப்பில் உள்ள நடுப்பகுதி (Core), சுருள் (Coil), தொடர்பு அமைப்பு (Contacts) மற்றும் பிற பகுதிகள் காட்டப்பட்டு உள்ளது. வட்டவடிவ திண்மநிலையில் உள்ள நடுப்பகுதியில் சுருளானது இணைக்கப்பட்டு, சுருள்சக்தி பெறும்போது காந்தசக்தியைப் பெறும். இந்த காந்தசக்தி பெறும் அமைப்புடன் நகரக்கூடிய மின்னகம் வளைந்த நிலையில் உள்ள ஒரு பகுதியின் மூலம் இணைக்கப்படுகிறது. இதிலுள்ள காந்தசுற்றுகள் அனைத்தும் அதிக ஊடுருவத்திறன் கொண்ட மென்மையான இரும்பினால் செய்யப்பட்டுள்ளது. நகரக்கூடிய மின்னகமானது நகரக்கூடிய தொடர்புடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சுருள்சக்தி பெற்றவுடன் நகரக்கூடிய தொடர்பு அமைப்புகள் நிலையான தொடர்பு அமைப்புடன் இணைந்து விடுகிறது. நகரக்கூடிய அமைப்பு மின்னகத்துடன் சுருள்வில் (Spring) மற்றும் திருகாணி (Bolt) மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

மின்னகம் முழுமையாக மூடும்போது, சுருள்வில் நகரக்கூடிய தொடர்பின் மீது ஒருவிதமான அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த அழுத்தமானது திருகாணி மூலமாக கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. கொம்புவடிவ வளைவுகள் நகரக்கூடிய மற்றும் நிலையான தொடர்புகளில் உள்ளது. மின்வில் ஆனது, இடையூறுகள் ஏற்படும்போது கொம்புவடிவ வளைவில் நகர்ந்து முக்கியத் தொடர்புகளை காத்துவிடுகிறது. ஊதியணைக்கும் சுருள் (Blow Out Coil) மின்வில் ஏற்படுவதை அணைத்துவிடுகிறது. இந்த ஊதியணைக்கும் சுருளானது படம் 19ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



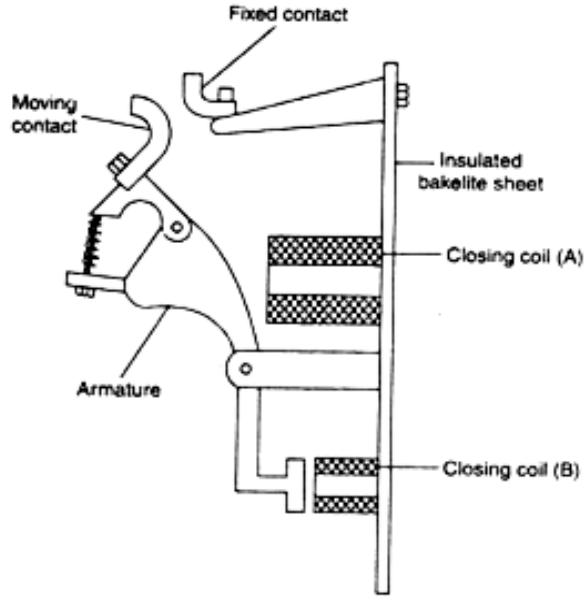
படம் 19 ஊதியணைக்கும் சுருள்

இந்த ஊதியணைக்கும் சுருளின் உள்ளே மின்காப்பு செய்யப்பட்ட திண்மநிலை நடுப்பகுதி உள்ளது. மின்னோட்டமானது நிலையான தொடர்பில் இருந்து வெளிப்பகுதிக்கு சுற்றும் அமைப்புடைய தண்டு (Circular Strip) வழியாக செல்கிறது. நிலையான மற்றும் நகரக்கூடிய தொடர்புகள் தனித்து இருக்கும்போது, ஊதியணைக்கும் சுருளின் வழியாக செல்லும் மின்னோட்டத்தின் காரணமாக, காந்தநிலை ஏற்பட்டு ஒருவிதமான அழுத்தத்தை வில்லின் மீது ஏற்படுத்துகிறது. இந்த அழுத்தத்தின் காரணமாக, வில்லானது கொம்புவடிவ அமைப்பில் நீண்டு செல்கிறது. நிலையான மற்றும் நகரக்கூடிய தொடர்புகளின் வழியாக இந்த மின்வில் செல்கிறது, அதேசமயத்தில் குளிர்விக்கும் செயல்முலமாக மின்வில் தணிக்கப்படுகிறது. இதன்மூலமாக மற்ற பகுதிகள் மின்வில் மூலமாக பாதிக்கப்படுவது தவிர்க்கப்படுகிறது.

காந்தசுருளில் ஏற்படும் அழுத்தமானது பளுவில் செல்லும் மின்னோட்டத்திற்கு இருமடங்காக இருக்கும். தொடர்பு அமைப்புகளில் சில சமயம் இணை ஊதியணைக்கும் சுருள் (Shunt Blowout Coil), இடையூறு செய்யப்படும் மின்னோட்டம் குறைந்தளவாக இருக்கும்போது பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த அமைப்புகளில் சீரான ஊதித்தள்ளும் மின்கற்றை (Constant Blowout Flux) மாறுபட்ட பளு மின்னோட்ட நிலைகளிலும் கூட பெறப்படுகிறது. இதேபோன்ற நிலையை நிலையான ஊதித்தள்ளும் காந்தத்தை பயன்படுத்தியும் பெறமுடியும்.

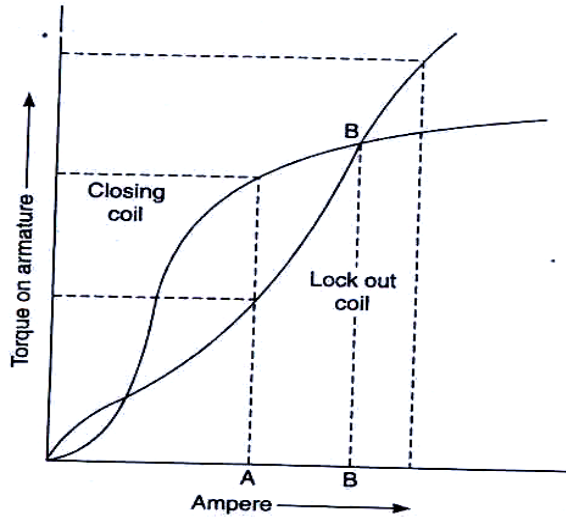
4. வெளி-பூட்டு (Lock Out) வகை தொடர்பு அமைப்பு

இந்த வகையான தொடர்பு அமைப்பு பொதுவாக நேர்திசை இயக்கிகளை தொடங்கும் சுற்றுகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது (படம் 20). இவை மின் இயக்கிகளின் மின்னகத்தின் மின்தடையை படிப்படியாக குறைத்திட உதவுகிறது. இதனுடைய தொடர்புகள் பொதுவாக திறந்தநிலையில் இருக்கும். மின் இயக்கிகளின் ஆரம்பநிலையில் அதிகளவில் மின்னோட்டம் வரும் நிலையிலும் தொடர்பு அமைப்புகள் திறந்தநிலையில் இருக்கும். இந்த தொடர்பு அமைப்பில் மூடும் சுருள் (Closing Coil) மற்றும் வெளி-பூட்டு சுருள் (Lock Out Coil) என இருவகையான சுருள்கள் உள்ளன. மின் இயக்கிகளில் ஆரம்பநிலையில் அதிகளவில் மின்னோட்டம் பாயும்போது தொடர்பு அமைப்பு மூடுவதை வெளி-பூட்டு சுருள் தவிர்க்கிறது.



படம் 20 வெளி-பூட்டு வகை தொடர்பு அமைப்பு

மூடும் சுருளிலுள்ள காந்தச்சுற்று, எளிதாக காந்தநிலையை நிறைவு செய்யும் காந்தப்பொருட்களின் மூலமாக செய்யப்பட்டுள்ளது. வெளிப்பூட்டு சுருளிலுள்ள காந்தச்சுற்றில் காற்று இடைவெளி (Air Gap) இருப்பதால் எளிதாக நிறைவுநிலையை (Saturated) அடைவதில்லை. இதன் காரணமாக, வெளிப்பூட்டு சுருளில் ஏற்படும் இழுவைத்திறன் மூடும்சுருளின் இழுவைத் திறனிலிருந்து, அதன்வழியே செல்லும் மின்னோட்ட மாறுதலுக்கேற்ப அதிக அளவில் மாறுபடுகிறது. படம் 21 ஆனது முடுக்குவிசைக்கும் இந்த இரு சுருள்களின் வழியாகச்செல்லும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள தொடர்பை விளக்குகிறது.



படம் 21 முடுக்குவிசை மின்னோட்டத் தொடர்பு

இந்த இரண்டு சுருள்களும், மின் இயக்கிகளின் சுற்றுக்கு தொடர் இணைப்பில் (Series) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆரம்பநிலையில், அதிகப்படியான மின்னோட்டம் படத்தில் காட்டிய 'B' நிலைக்கு மேலும் செல்கிறது. 'B' நிலையை விட மின்னோட்டம் அதிகமாக இருக்கும்போது வெளிப்பூட்டு சுருளின் இழுவை

மூடும்சுருளின் இழுவுையை விட அதிகமாக இருப்பதால் தொடர்புகள் திறந்தநிலையிலேயே இருக்கும்.

மின்னோட்டம் 'B' நிலையை விட குறையும்போது, மின்னகத்தின் மூடும் சுருளின் இழுவைத்திறன் அதிகரித்து, தொடர்புகள் மூடப்படுகின்றது. தொடர்புகள் மூடப்படுவதால் மின் இயக்கியின் மின்னக சுற்றிலுள்ள மின்தடை முழுமையாக நீக்கப்பட்டு விடுகிறது. தொடர்பு அமைப்புகள் மூடப்படும்போது, வெளிப்பூட்டும் சுருள் மின்தடையில்லா நிலையைப் பெறுவதால் தொடர்பு அமைப்புகள் மீண்டும் திறக்கமுடியாமல் போய்விடுகிறது. இதன் காரணமாக தொடர்பு அடைப்புகள் மூடிய நிலையிலேயே இருக்கிறது.

சில தொடர்பு அமைப்புகளில் மூடும்சுருளானது மின் இணைப்பிற்கு இணையாக (Shunt) அமைக்கப்படுகிறது. இது தொடர் இணைப்பில் (Series) இணைக்கப்பட்ட மூடும்சுருள் குறைந்தபளு இணைக்கப்பட்ட நிலையில் தானாக திறப்பதை தவிர்க்க உதவுகிறது. ஆனாலும் மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் வேறுபாட்டின் காரணமாக சிலசமயங்களில் தொடர்பு அமைப்பு தானாக மூடிவிடுகிறது.

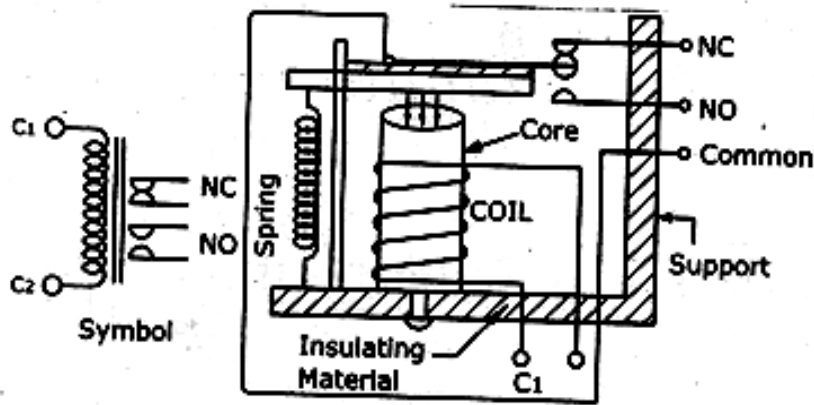
1.7.6 இடை மாற்றீடு (RELAYS) கருவிகள்

இடைமாற்றீடு என்பது ஒரு கட்டுப்பாட்டு சைகைக்கு ஏற்ப தொடக்க மற்றும் முடிவு இயக்கங்களை ஏற்படுத்தி பல நுணுக்கமான கட்டுப்பாடுகளை ஏற்படுத்தும் ஒரு கருவியாகும். இந்த வகையானது இயந்திரங்களின் கட்டுப்பாட்டுச் சுற்றுகளில் பெருமளவில் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன.

இடைமாற்றீடு கருவிகளின் வகைப்பாடுகள்

1. மின்காந்த இடைமாற்றீடு கருவிகள்
2. வெப்ப இடைமாற்றீடு கருவிகள்

1.7.6.1 மின்காந்த இடைமாற்றீடு கருவிகள்



படம் 22 மின்காந்த இடைமாற்றீடு கருவி

மின்காந்த இடைமாற்றியின் அமைப்பு படம் 22ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்காந்த இடைமாற்றீடு கருவியில் சுருள் (Coil) ஒன்று உள்ளது. அந்தச் சுருளில் இருந்து இரண்டு முனைகள் எடுக்கப்பட்டு அதன்வழியாக கட்டுப்பாட்டு சைகை

மூலமாக மின்சக்தி வழங்கப்படுகின்றது. சுருளின் வழியாக மின்னோட்டம் செல்லும்போது சுருளில் மின்காந்தக் கற்றை (Flux) உண்டாகிறது. இதனால் ஒரு அசையும் கரமானது காந்தத்தால் கவரப்பட்டு மையப்பகுதி (Core) நோக்கி இழுக்கப்படுகிறது. அவ்வாறு நிகழும்போது மின்னகம் (Armature) உடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பொதுவான சந்திப்பானது இடைமாற்றீடு உள்ள நிலையான தொடர்புடன் திறவு அல்லது மூடுதல் செய்யப்படுகிறது. மேலும் சாதாரணமான மூடுதல், சாதாரணமான திறவு, பொதுவானது என மூன்று முனைகள் உள்ளது.

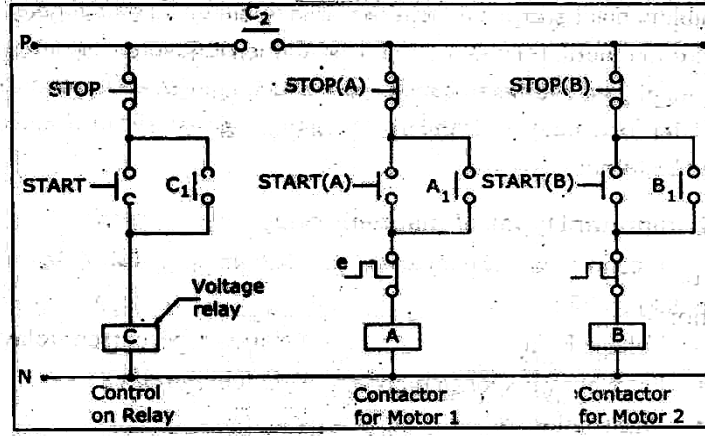
இடைமாற்றீடு மின்விசை ஒன்று கூட்டல் (Relay Switch Assembly) ஆனது அசையும் மற்றும் நிலையான தொடர்புகளை பெற்றுள்ளது. இந்த நிலையான தொடர்பானது திறந்தோ அல்லது மூடியோ இருக்கும். மேலும் இந்த நிலையான தொடர்பானது சுருள்வில் (Spring) மீது பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அசையும் தொடர்பானது சுருள்வில் மீது பொருத்தப்பட்டு அல்லது கரத்தின் ஒரு முனை கீல் (Hinge) செய்யப்பட்டிருக்கும். இந்த அசையும் தொடர்பானது காந்தவிசையினால் நகரக்கூடியதாக இருக்கும்.

மின்காந்த இடைமாற்றீடுகளின் முக்கிய வகைகள்

1. மின்னழுத்த இடைமாற்றீடுகள் (Voltage Relay)
2. தொடர் மின்னோட்ட இடைமாற்றீடுகள் (Series Type Current Relay)
3. அலவுஎண் பிரதிபலிப்பு இடைமாற்றீடுகள் (Frequency Response Relay)
4. தாழ்ப்பாள் இடைமாற்றீடு (Latch Relay)

1. மின்னழுத்த இடைமாற்றீடுகள் (Voltage Relay)

ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த நிலைக்கு மேலுள்ள மின்சக்தியை இடைமாற்றீடு சுருளுக்கு செலுத்தும்போது, இடைமாற்றீடு சக்திபெற்று அதனுடைய மின்னகம் இயக்கப்படுகிறது. இதனால் அதனுடைய தொடர்புகள் சாதாரணமான மூடியநிலையில் இருந்து சாதாரணமான திறந்தநிலைக்கும் அல்லது சாதாரணமான திறந்தநிலையில் இருந்து சாதாரணமாக மூடியநிலைக்கும் மாறுகின்றது. நம்முடைய தேவைகளுக்கேற்ப சாதாரணமாக திறந்த மற்றும் சாதாரணமாக மூடிய தொடர்புகளின் எண்ணிக்கையை அதிகப்படுத்திக் கொள்ளலாம். இந்த மின்னழுத்த இடைமாற்றீடு படம் 23ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 23 மின் அழுத்த இடைமாற்றீடு

மேல் இயங்கும் மின்னழுத்தம் (Pick Up Voltage)

மின்னழுத்த இடைமாற்றீடு ஆனது எந்த மின்னழுத்தத்திற்குமேல் சக்தி பெறுகிறதோ அந்த மின்னழுத்தநிலை மேல் இயங்கும் மின்னழுத்தம் என அழைக்கப்படும். இது பொதுவாக சுருளின் மின்னழுத்தத்தில் 85% ஆக இருக்கும்.

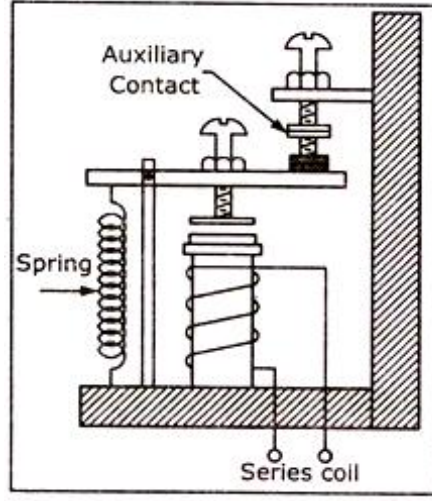
விட்டுவிடும் மின்னழுத்தம் (Dropout Voltage)

இடைமாற்றீடு இயங்கி கொண்டிருக்கும்போது மின்னழுத்தம் குறையும் நேரத்தில் தன்னுடைய இயங்கும்நிலையை விட்டுவிடுகிறது. இந்தக் குறையும் மின்னழுத்தம் விட்டுவிடும் மின்னழுத்தம் என அழைக்கப்படுகிறது. எனவே மின்னழுத்த இடைமாற்றீடு ஆனது ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்திற்குமேல் இயங்கும் தன்மையைப் பெறுகிறது, இல்லாவிடில் தனது பிடிப்புத்தன்மையை இழந்துவிடுகிறது.

மின்னழுத்த இடைமாற்றீயின் இந்த குணத்தை பயன்படுத்தி குறை மின்னழுத்த பாதுகாப்பு மற்றும் அதிக மின்னழுத்த பாதுகாப்பு செயல்பாட்டிற்கு பயன்படுத்தலாம்.

2. தொடர்மின்னோட்ட இடைமாற்றீடுகள் (Series Type Current Relay)

இந்த வகையான இடைமாற்றீடுகளில், மின்சுற்றில் செலுத்தப்படும் மின்னோட்டத்தின் மாற்றத்தை உணருவதற்காக, இடைமாற்றீடு ஆனது மின்சுற்றுக்கு தொடர் இணைப்பின் மூலமாக இணைக்கப்பட்டு இருக்கும். இந்த வகையான இடைமாற்றீடுகளின் வேகமானது மிகவும் அதிகமாக இருக்கும். இந்த தொடர் மின்னோட்ட இடைமாற்றீடுகள் படம் 24ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 24 தொடர்மின்னோட்ட இடைமாற்றீடுகள்

மின்சுருளின் வழியாக மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும்போது அதிக அளவிலான மின்கற்றை உருவாக்கப்பட்டு மின்னகம் கவர்ந்து இழுக்கப்படுகிறது. மின்னகம் கவர்ந்து இழுக்கப்படும்போது மூடியநிலையில் உள்ள துணைத் தொடர்புகளானது திறந்தநிலையில் இருக்கும். சுருளுக்கு செலுத்தப்படும் மின்னோட்டத்தின் அளவானது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவினைவிட குறையும்போது, காந்தவிசையானது சுருளின் (Spring) விசையைவிட குறைவாக இருக்கும். மின்னகமானது சுருளின் விசையினால் இழுக்கப்படுகிறது. இதனால் தொடர்பானது திறந்தநிலையிலிருந்து மூடியநிலைக்கு மாறுகிறது. சுருளின் விசையைப் பொறுத்து சுருளுக்குச் செலுத்தும் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பை மாற்றிக்கொள்ள இயலும்.

இயங்கவைக்கும் மின்னோட்டம் (Pull in Current)

இடைமாற்றியின் மின்னகத்தை கவர்ந்து இழுக்கத் தேவைப்படும் குறைந்தளவு மின்னோட்டம் இயங்கவைக்கும் மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படும்.

விட்டுவிடும் மின்னோட்டம் (Dropout Current)

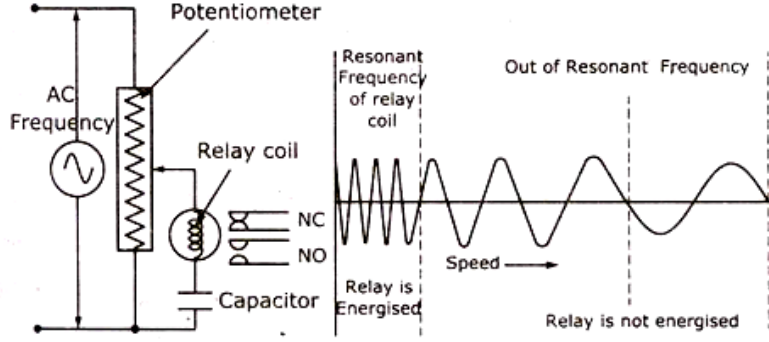
ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மின்னோட்டமானது சுருளின்வழியாக செல்லும்போது மூடியநிலையில் இருக்கும் தொடர்பானது திறந்தநிலைக்கு மாறுகிறது. இது விட்டுவிடும் மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது.

மாறுபட்ட மின்னோட்டம் (Differential Current)

இயங்கவைக்கும் மின்னோட்டம் மற்றும் விட்டுவிடும் மின்னோட்ட அளவிற்கும் உள்ள வித்தியாசம் மாறுபட்ட மின்னோட்டம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

3. அலவுஎண் பிரதிபலிப்பு இடைமாற்றீடுகள் (Frequency Response Relay)

அலவுஎண் பிரதிபலிப்பு இடைமாற்றீடு இயக்கமானது, சுருளுக்கு கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த சக்தியின் அலவுஎண்ணைப் பொறுத்து அமையும். இந்த இடைமாற்றியின் வடிவமைப்பானது, வெவ்வேறு பயன்பாடுகளுக்கு ஏற்ப வெவ்வேறுவிதமாக மாற்றி அமைக்கப்படுகிறது. இதன் படம் 25ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 25 அலவுஎண் பிரதிபலிப்பு இடைமாற்றீடுகள்

இந்த வகையான இடைமாற்றியின் அமைப்பில் மாறும் தன்மையுள்ள அலவுஎண்ணைக் கொண்ட மின்னோட்டமானது இடைமாற்றியின் சுருளுக்கு ஒரு மின்னழுத்தமானி (Potentiometer) வழியாக அளிக்கப்படுகிறது. இடைமாற்றியின் சுருளின் மாறுமின் தூண்டு தடை (Inductance) மற்றும் மின்தேக்கத்திறன் (Capacitance) ஆனது ஒரு தொடர் ஒத்திசைவு சுற்று (Series Resonant Circuit) ஆக அமைக்கப்படுகிறது. இந்த இடைமாற்றியின் சுற்றில் ஒரு குறிப்பிட்ட அலவுஎண் அளவிற்கு மேல்தான் தகுந்த மின்னோட்டம் செல்லும்.

சுருளின் அலவுஎண்ணானது, ஒத்திசைவு அலவுஎண் அருகாமையில் இருக்கும்போது தான் இடைமாற்றியானது சக்திபெற்று இயங்கும். அலவுஎண் அளவு குறையும்போது இடைமாற்றியானது ஒத்திசைவு நிலையிலிருந்து விலகி குறைந்தளவு மின்னோட்டத்தைப் பெறும். இந்தச் சூழ்நிலையில் இடைமாற்றி தனது ஈர்ப்புத்தன்மையை இழந்துவிடும்.

மின்னழுத்தமானியின் மின்தடை அளவைப் பொறுத்து அலவு எண்ணின் செயல்அளவை மாற்றிக் கொள்ளலாம். சுற்றின் அலவுஎண்ணானது ஒத்திசைவு அலவுஎண்ணை விட குறையும்போது, இடைமாற்றிச் சுருளின் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவு குறைகிறது. இதனால் இடைமாற்றியின் செயல்திறன் குறைந்து, தொடர்பானது திறக்கிறது.

4. தாழ்ப்பாள் இடைமாற்றீடு (Latching Relay)

இந்த வகையான தாழ்ப்பாள் இடைமாற்றியின் செயல்பாடானது, மரபுவழி மின்னழுத்த இடைமாற்றீடுகளின் செயல்பாட்டிலிருந்து சற்று மாறுபட்டு இருக்கும். இதனுடைய இயக்கச்சுருளானது செயலிழந்த பிறகும் கூட தாழ்ப்பாள்

இடைமாற்றீடு ஆனது அதனுடைய தொடர்புகளை ஆற்றல் நிலையிலேயே தக்கவைக்கும்.

இந்தவகையில் இரண்டுவிதமான சுருள்கள் உள்ளன. தாழ்ப்பாள் (Latch) சுருள் மற்றும் தாழ்ப்பாள் இல்லா (Unlatch) சுருள் ஆகும். தாழ்ப்பாள் சுருளானது ஆற்றல் பெற்றவுடன் இடைமாற்றீடு இயக்கப்படுகிறது. அதன்பின், செயல்திறன் குறையும்போது அதனை தாழ்ப்பாள் இல்லாநிலைக்கு கொண்டு வரலாம். இதன் வகைப்பாடுகளானது

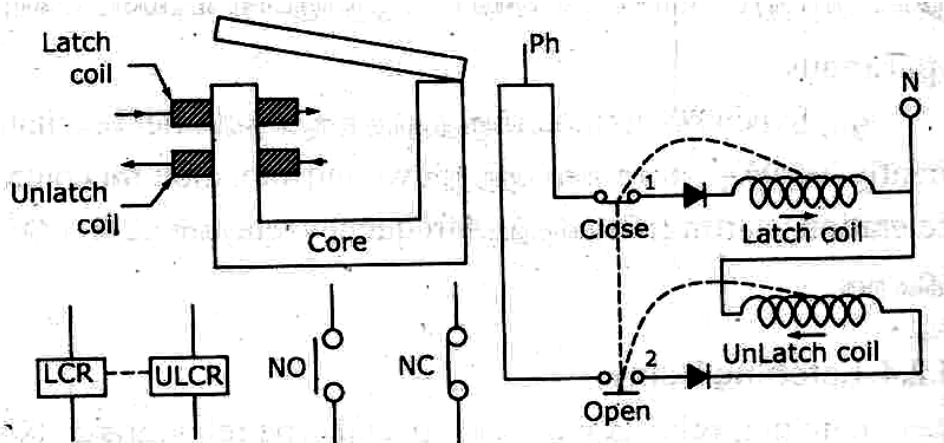
1. இயந்திரத் தாழ்ப்பாள் இடைமாற்றீடு
2. நிலைகாந்தத் தாழ்ப்பாள் இடைமாற்றீடு என இரண்டு வகைப்படும்

இயந்திரத் தாழ்ப்பாள் இடைமாற்றீடு

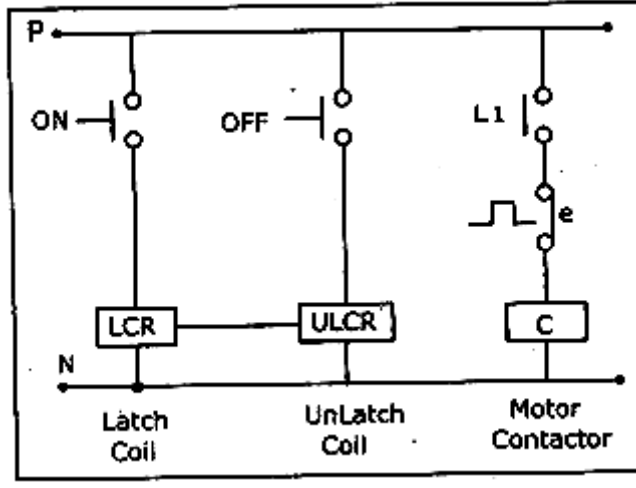
இந்தவகையில் செயல்படும் சுருளின் மூலம் இழுக்கப்பட்ட மின்னகமானது ஒரு இயந்திரத்தாழ்ப்பாள் மூலம் அதேநிலையில் இருக்குமாறு பிடித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. எனவே சுருளுக்கு செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தை நிறுத்திய பின்பும் மின்னகம் அதேநிலையிலேயே இருக்கும். தாழ்ப்பாள் இல்லாச்சுருளை ஆற்றல்படுத்துவதன் மூலம் இயந்திரக்கருவி இயக்கப்படும் தாழ்ப்பாள் இடத்தை விடுவித்துக் கொள்ளலாம். இது படம் 26ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நிலைகாந்தத் தாழ்ப்பாள் இடைமாற்றீடு

நிலைகாந்தத் தாழ்ப்பாள் இடைமாற்றியின் அமைப்பில் தாழ் மற்றும் தாழ் இல்லாச்சுருள் ஒரேகாந்தத்தில் படம் 27ல் காட்டியபடி சுற்றப்பட்டிருக்கும். இந்த தாழ்ப்பாள் இடைமாற்றீடு வகையில் அதன் செயல்படும் சுருளின் வழியாக மின்னோட்டத்தை செலுத்தும்போது அதன் நடுப்பகுதியானது மின்காந்தமாக மாறி மின்னகத்தை கவர்ந்து இழுத்து தொடர்புகளை இணைத்து இயக்குகிறது.



படம் 26 இயந்திரத் தாழ்ப்பாள் இடைமாற்றீடு



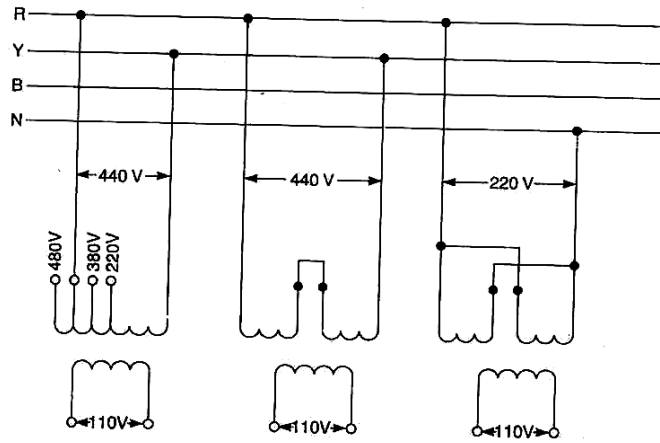
படம் 27 நிலைகாந்தத் தாழ்ப்பாள் இடைமாற்றீடு

1.8 கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றி

அதிக மின் வழங்கும் அமைப்பிலிருந்து தேவையான அளவு குறைந்த மின்னழுத்தக் கட்டுப்பாடு அமைப்பிற்கு வழங்குவதற்கு உதவும் மின்மாற்றி ஆனது கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றி என அழைக்கப்படுகிறது. இது படம் 28ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த குறைக்கப்பட்ட கட்டுப்பாட்டு மின் வழங்கும் மின்னழுத்தமானது 220 V அல்லது அதனைவிட குறைவானதாக இருக்கும். இந்த குறைந்த மின்னழுத்தமுள்ள கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றியின் பயன்பாடுகள் ஆனது,

1. இயக்குபவர்களுக்கு குறைந்தளவு ஆபத்து
2. மின்காப்பு அமைப்பு உடையும் அபாயம் குறைவு

இந்தியாவில் 220 V, 110 V, 48 V மற்றும் 24 V என குறைந்தளவிலான கட்டுப்பாட்டு மின்னழுத்த அளவுகள் உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. மின்காந்தக் கருவிகளான இடைமாற்றீடு, மின்கம்பிச் சுருள் உருளை மற்றும் தொடும் கருவிகள் இந்தக் குறிப்பிட்ட தரக்கட்டுப்பாட்டு மின்னழுத்த அளவுகளில் தயாரிக்கப்படுகிறது. இந்தக் கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றியின் குறைகளானது, கட்டுப்பாட்டு கம்பியின் குறுக்களவு அதிகமாக இருப்பதும், அதன்காரணமாக இதனுடைய விலை அதிகரிப்பதுமாகும்.



படம் 28 கட்டுப்பாட்டு மின்மாற்றி

UNIT – II

நேர்மின்னோடிகளின் வேகக்கட்டுப்பாடு (Speed Control of DC motors)

2.1 நேர் மின்னோடிகள் (DC motors)

நேர் மின்னோடியானது நேர்மின்னாற்றலை இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றுகிறது. ஒரு மின்கடத்தியை காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது, அந்தக் கடத்தியின் மீது ஒரு இயந்திரவிசை ஏற்படுகிறது. இந்தத் தத்துவத்தின்படி நேர் மின்னோடி செயல்படுகிறது. இந்த இயந்திரவிசையின் திசை பிளமிங் இடக்கை (Fleming Left hand rule) விதிமூலம் கண்டறியலாம்.

விசையின் அளவு, $F = BIL$ நியூட்டன்

இதில்,

$F \rightarrow$ விசை இதன் அலகு நியூட்டன்

$B \rightarrow$ காந்தத்தூண்டல் இதன் அலகு வெபர்/மீ²

$I \rightarrow$ கடத்தியின் வழியாக செல்லும் மின்னோட்டம், A

$L \rightarrow$ காந்தப்புலத்தில் இருக்கும் கடத்தியின் நீளம், மீட்டர்.

2.1.1 எதிர் மின்னியக்கு விசை (Back Emf)

சுழல்சுருள் சுழலும்போது அதனுள் வைக்கப்பட்ட கடத்திகளும் அதனுடன் சேர்ந்து சுழலுகிறது. அப்பொழுது கடத்தியானது காந்தவிசைக் கோடுகளை வெட்டுவதால் அதனுள் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இந்த மின்னியக்கு விசையானது மின்னோடியை இயக்கச் செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்திற்கு எதிர் திசையில் செயற்படுகிறது. அதனால் இதனை எதிர் மின்னியக்கு விசை என்கிறோம்.

$$E_b = \frac{P\phi ZN}{60A} \text{ (Volts)}$$

மின்னழுத்தச் சமன்பாடு,

$V \rightarrow$ வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம்

$R_a \rightarrow$ சுழல்சுருளின் மின்தடை

$E_b \rightarrow$ எதிர் மின்னியக்கு விசை

$I_a \rightarrow$ சுழல்சுருளின் மின்னோட்டம்

$$V = E_b + I_a R_a$$

இருபக்கமும் " I_a " வைக்கொண்டு பெருக்கவேண்டும்.

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

அதிகப்படியான மின்திறனுக்கான நிலை:

$$P_m = E_b I_a$$

$$P_m = V I_a - I_a^2 R_a$$

$$\frac{d P_m}{d I_a} = 0 \Rightarrow v - 2 I_a R_a = 0$$

$$v = 2 I_a R_a$$

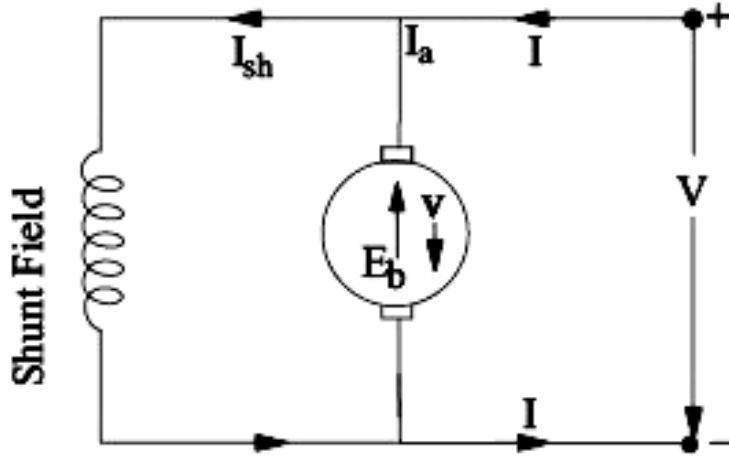
$$I_a R_a = \frac{v}{2}$$

$$V = E_b + \frac{v}{2}$$

$$E_b = \frac{v}{2}$$

2.2 நேர்மின் பக்க மின்னோடி (Shunt Motor)

இந்த மின்னோடியின் புலச்சுருள்கள் (Field Winding) ஆனது சுழல்சுருளின் சுருளுக்கு இணையாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதன் புலச்சுருள் மெல்லிய தாமிரக்கம்பியால் அதிகச்சுற்றுுகள் கொண்டதாக இருக்கும்.



படம் 1 நேர்மின் பக்க மின்னோடி

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

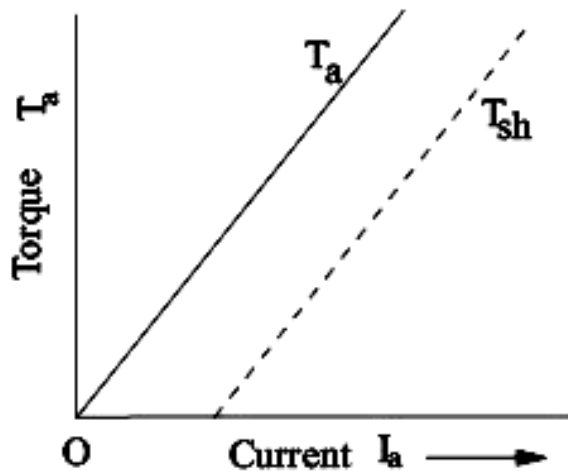
$$I_{sh} = \frac{V_L}{R_{sh}}$$

$$V_L = E_b + I_a R_a$$

$$E_b = V_L - I_a R_a$$

2.2.1 நேர் பக்க மின்னோடி சிறப்பு வரைகள்

1. T_a/I_a சிறப்பு வரைகள்:



படம் 2 (a) T_a/I_a சிறப்பு வரைகள்

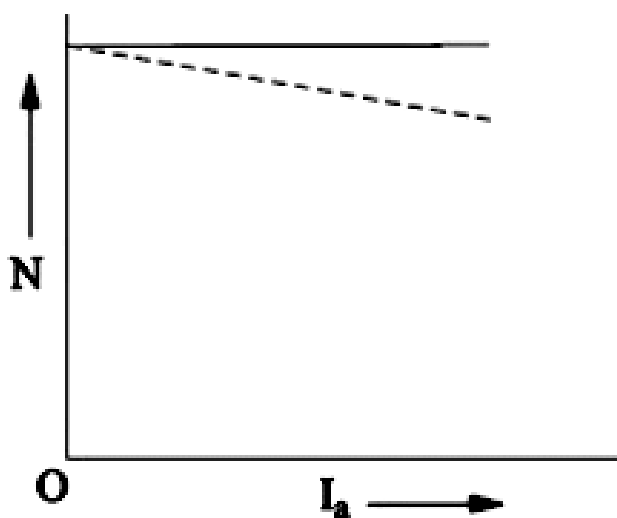
$$T_a \propto \phi I_a$$

காந்தப்பாயம், $\phi \rightarrow$ மாறிலியாக இருக்கும்.

ஆகவே, $T_a \propto I_a$

சுழல்கருளின் திருப்புவிசை சுழல்கருளின் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். ஆரம்பச்சமையானது அதிகமாக இருக்கும்போது சுழல்கருளுக்கு ஆரம்ப மின்னோட்டம் அதிகமாக தேவைப்படும் என்பதால் சுமையுடன் நேர்மின் பக்க மின்னோடியை துவக்கக்கூடாது.

2. N/I_a சிறப்பு வரை:

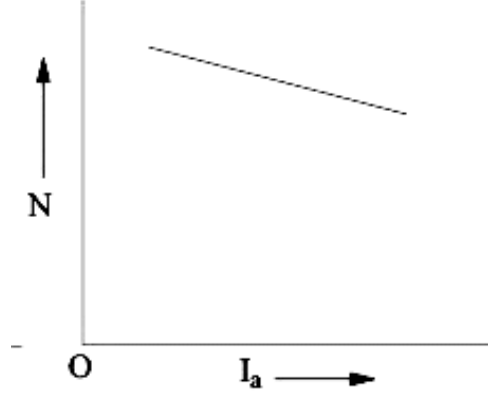


படம் 2 (b) N/I_a சிறப்பு வரைகள்

$$N \propto \frac{E_b}{\phi}$$

காந்தப்பாயம் மாறிலியாக இருக்கும்போது E_b யும் மாறிலியாகவே இருக்கும். ஆயினும் E_b என்பது சற்று குறையநேரிடும் ஆகையால் கழல்சுருள் மின்னோட்டம் அதிகமாகும்போது வேகம் சற்று குறைகிறது.

3. $\frac{N}{T_a}$ சிறப்பு வரை:



படம் -2 (c) $\frac{N}{T_a}$ சிறப்பு வரைகள்

$\frac{T_a}{I_a}$ சிறப்பு வரைகளைக் கொண்டும் $\frac{N}{I_a}$ சிறப்பு வரையும் கொண்டும் $\frac{N}{T_a}$ சிறப்பு வரைகளைப் பெறலாம்.

2.3 மின்னோடியின் வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் காரணிகள் எதிர்மின்னியக்குவிசையின் சமன்பாடுகளானது,

$$E_b = \frac{p\phi ZN}{60A} \quad \text{----- 1}$$

$$E_b = V - I_a R_a \quad \text{----- 2}$$

$$1 = 2 \Rightarrow \frac{p\phi ZN}{60A} = V - I_a R_a$$

$$N = \frac{(V - I_a R_a) \times 60A}{p\phi ZN}$$

$$N = \frac{K(V - I_a R_a)}{\phi}$$

$$N = \frac{KE_b}{\phi}$$

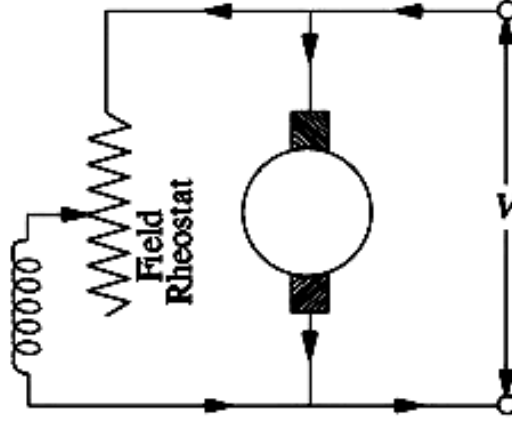
$$N \propto \frac{E_b}{\phi}$$

வேகத்தை கீழுள்ள காரணிகள் மூலம் கட்டுப்படுத்தலாம்.

- i. காந்தப்பாயத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம் வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்தலாம். (காந்தப்பாயக் கட்டுப்பாட்டுமுறை)
- ii. சுழல்கருளின் மின்தடை (சுழல்கருள் கட்டுப்பாட்டுமுறை)
- iii. வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம் (மின்னழுத்தக் கட்டுப்பாட்டுமுறை)

2.3.1 நேர்மின் பக்க மின்னோடியின் வேகக்கட்டுப்பாடு

(i) காந்தப்பாயக் கட்டுப்பாட்டுமுறை (Flux Control Method)



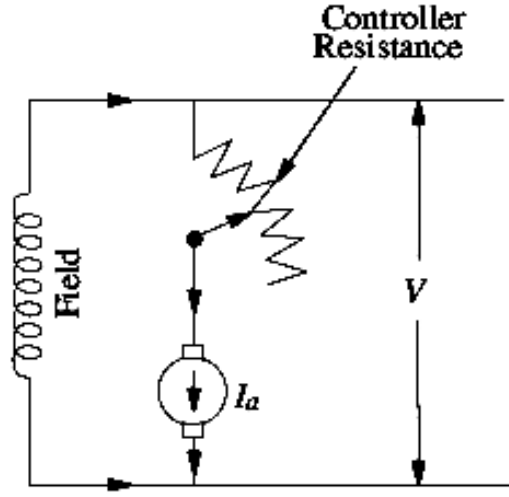
படம் 3 (a) காந்தப்பாயக் கட்டுப்பாட்டுமுறை

$$N \propto \frac{1}{\phi}$$

வேகமானது காந்தப்பாயத்திற்கு எதிர்தகவில் அமையும். ஆகவே காந்தப் பாயத்தைக் குறைப்பதன் மூலம் வேகத்தை அதிகப்படுத்தலாம். நேர்மின் பக்க மின்னோடியின் காந்தப்பாயமானது புலமின்னோட்டத்தின் மூலம் கட்டுப்படுத்தலாம். புலமின்னோட்டம் காந்தப்பாயத்திற்கு நேர்தகவில் அமையும். புலமின்னோட்டத்தின் மதிப்பு குறைவாக இருப்பதால் மின்தடைமாற்றியில் குறைந்தளவான மின்னோட்டம் செல்வதால் I^2R இழப்பு குறைவாகவே இருக்கும். ஆகவே இந்தமுறை அதிக பயனுள்ள முறையாகும்.

(ii) சுழல்கருள் கட்டுப்பாட்டுமுறை (Armature Control Method)

சுமையல்லா வேகத்திற்கு கீழுள்ள வேகக்கட்டுப்பாட்டிற்கு இந்தமுறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. வழங்கப்படும் மின்னழுத்தத்தை மாறிலியாக கொள்ள வேண்டும். சுழல்கருளின் மின்தடைக்கு தொடர்பாக மின்தடைமாற்றியை இணைத்து, அதனை கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம் சுழல்கருளின் மின்னழுத்தம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.



படம் 3 (b) சுழல்கருள் கட்டுப்பாட்டு முறை

(iii) மின்னழுத்தக் கட்டுப்பாட்டுமுறை (Voltage Control Method)

- a) பலதரப்பட்ட மின்னழுத்தக் கட்டுப்பாடு (Multiple Voltage Control)
- b) வார்ட் - லியோனார்ட் அமைப்பு (Ward Leonard System)

a) பலதரப்பட்ட மின்னழுத்தக் கட்டுப்பாடு (Multiple voltage control)

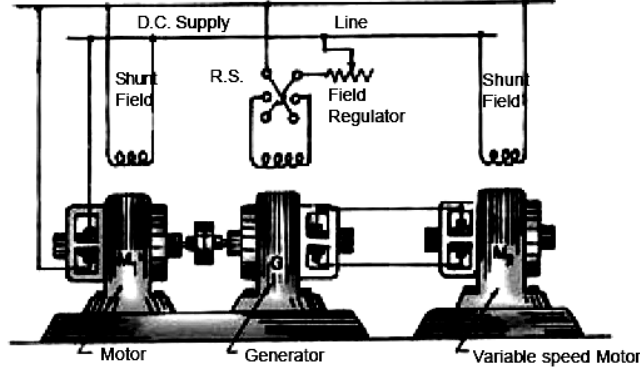
இந்தமுறையில் பக்க புலச்சுருளுக்கு நிர்ணயிக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. ஆனால் சுழல்கருளுக்கு பலதரப்பட்ட மின்னழுத்தத்தில் ஏதேனும் ஒரு மின்னழுத்தம் பல்லிணை நிலைமாற்றி (Switch Gear) கொடுக்கப்படுகிறது. சுழல்கருளின் வேகம் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்திற்கு நேர்தகவில் அமைகிறது. இடைப்பட்ட வேகத்தை பக்க புலஒழுங்குபடுத்தியைக் கொண்டு பெறலாம். இந்தமுறையை பெரிதும் பயன்படுத்துவதில்லை.

b) வார்ட் - லியோனார்ட் அமைப்பு (Ward Leonard System)

இந்தமுறையானது மிகவும் விரிவான (10:1) மற்றும் மிகத்துல்லியமான வேகக்கட்டுப்பாடு தேவைப்படும் இடமான இரும்பாலை மற்றும் காகிதஆலைகள் போன்ற இடங்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

M_1 என்பது வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்த வேண்டிய மின்னோடி. அந்த மின்னோடியின் புலச்சுருள் நேர் மின்சக்தியுடன் நிரந்தரமாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் மின்னோடியின் சுழல்கருளுக்கு கொடுக்கப்படும் மாறுபடும் மின்னழுத்தத்தைக் கொண்டு நமக்கு வேண்டிய வேகத்தைப் பெறலாம். அந்த மாறுபடும் மின்னழுத்தமானது மின்னோடி மின்னாக்கி இணைப்பின் மூலம் பெறலாம். இதில் நேர்மின் அல்லது மாறுதிசை மின்னோடியை மின்னோக்கியுடன் பிணைக்கப்படவேண்டும்.

M_2 என்ற மின்னாக்கியில் பிணைக்கப்பட்ட மின்னோடி மாறாத வேகத்துடன் சுழலும் வகையில் இருக்கவேண்டும். மின்னாக்கியின் வெளியீடு மின்னழுத்தத்தை புலஓழுங்குபடுத்தியின் மூலம் சுழியிலிருந்து அதிகபட்ச மதிப்பிற்கு மாறுபட செய்கின்றோம். புலமின்னோட்டத்தின் திசையை R_S நிலைமாற்றியின் மூலம் மாறுபடச் செய்யும்போது வெளியீடு மின்னழுத்தத்தின் திசையை மாற்றமுடியும். அதன் மூலமாக M_1 மின்னோடியின் திசையை மாற்றமுடியும்.



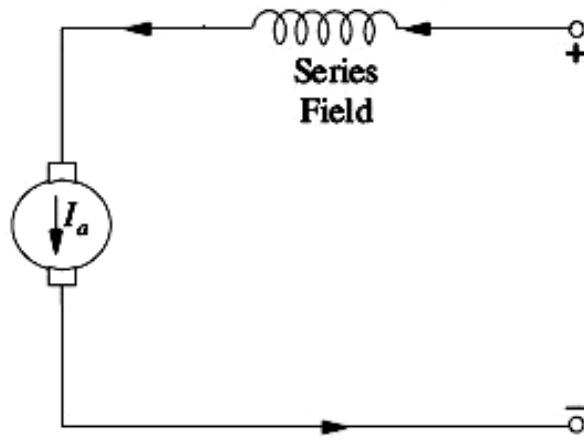
படம் 4 வார்ட் - லியோனார்ட் அமைப்பு

இந்தமுறையில் முதலீட்டுச் செலவானது அதிகமாக ஏற்படுகிறது. ஏனென்றால்,

- (i) பெரிய வெளியீடு கொண்டு இயந்திரங்களை மின்னாக்கி - மின்னோடி இணையில் பயன்படுத்துகின்றோம்.
- (ii) இரண்டு தனி இயந்திரங்களை அதுவும் மின்தூக்கி மற்றும் இரும்பாலை பயன்படுத்தும்போது அந்த மின்னோடியின் செயல்வரம்பானது 750kw முதல் 3750kw வரை இருக்கும். இருப்பினும் விரிவான மிகவும் துல்லியமான வேகக் கட்டுப்பாட்டிற்காக இந்தமுறையை பயன்படுத்துகின்றோம்.

2.4 நேர்மின் தொடர் மின்னோடி (DC Series Motor)

நேர்மின் தொடர் மின்னோடியில் புலச்சுருளானது சுழல்சுருளுக்கு தொடரில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். புலச்சுருள்களானது தடிமனான தாமிரக்கம்பியால் குறைந்த திருப்பங்களுடன் கொண்டிருக்கும்.

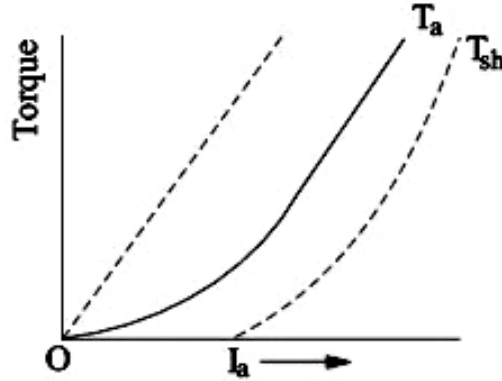


படம் 5 நேர்மின் தொடர் மின்னோடி

$$I_L = I_{Se} = I_a$$

2.5 நேர்மின் தொடர் மின்னோடியில் சிறப்பு வரைககள் (DC Series Motor Characteristics)

1. T_a/I_a சிறப்பு வரைககள்:



படம் 6 (a) T_a/I_a சிறப்பு வரை

திருப்புவிசையானது சுழல்கருளின் மின்னோட்டம் மற்றும் காந்தப்பாயத்திற்கு நேர்தகவில் இருக்கும்.

$$T_a \propto \phi I_a$$

காந்தத் தெவிட்டுநிலை வரை காந்தப்பாயமானது சுழல்கருளின் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்தகவில் இருப்பதால் திருப்புவிசை சுழல்கருளின் மின்னோட்டத்தின் இரு மடங்குக்கு சமமாக இருக்கும்.

$$\phi \propto I_a$$

$$T_a \propto I_a^2$$

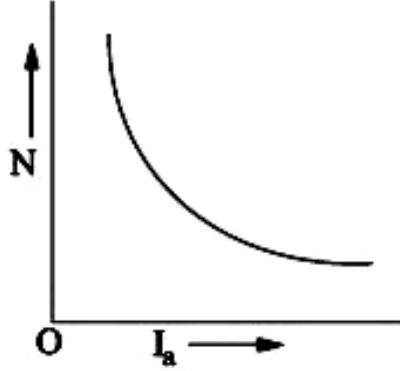
காந்தப்பாயம் தெவிட்டுநிலைக்குப் பிறகு மாறிலியாக இருப்பதால் திருப்பு விசையானது சுழல்சுருள் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்தகவில் இருக்கும்.

ϕ மாறிலி

$$T_a \propto I_a$$

தண்டின் திருப்புவிசையானது, இழப்பின் காரணத்தால் சுழல்சுருளியின் திருப்புவிசையின் மதிப்பைவிட குறைவாகவே இருக்கும். அதிகப்படியான சுமைகளில் தொடர் மின்னோடியின் திருப்புவிசை சுழல்சுருள் மின்னோட்டத்தின் இருமடங்கிற்கு சமமாக இருக்கும். ஆகவே ஆரம்பத் திருப்புவிசை அதிகமாகத் தேவைப்படும். மின் உயர்த்தி மற்றும் மின் இரயில் போன்றவற்றில் நேர்திசை தொடர் மின்னோடியானது பயன்படுகிறது.

2. N/I_a சிறப்பு வரைகள்:



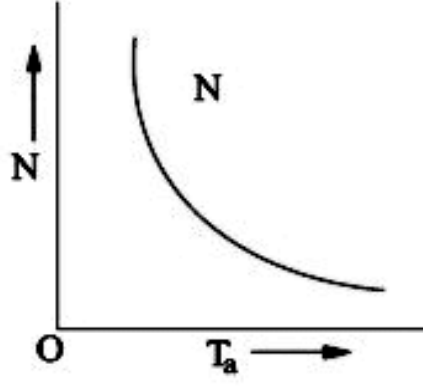
படம் 6 (b) N/I_a சிறப்பு வரைகள்:

$$N \propto \frac{Eb}{\phi}$$

வேகமானது எதிர் மின்னியக்கு விசைக்கு நேர்த்தகவிலும், காந்தப் பாயத்திற்கு எதிர்தகவிலும் அமையும். ஆகவே சுழல்சுருளின் மின்னோட்டம் (I_a) அதிகப்படுத்தும்போது, காந்தப்பாயம் ϕ அதிகமாகும். ஆகவே வேகம் குறையும். சுமை அதிகமாக இருக்கும்போது, I_a ன் மதிப்பு அதிகமாக இருக்கும். ஆகவே வேகம் குறைவாக இருக்கும். ஆனால் I_a ன் மதிப்பு மிகவும் சிறியதாக இருக்கும்போது வேகம் அதிகமாக இருக்கும். ஆகவே நேர்மின் தொடர் மின்னோடி எப்போதும் சுமையில்லாமல் இருக்கக்கூடாது.

3. N/T_a சிறப்பு வரை:

வேகம் அதிகமாக இருக்கும்போது திருப்புவிசை குறைவாக இருக்கும். அதுபோல வேகம் குறைவாக இருக்கும்போது திருப்புவிசை அதிகமாக இருக்கும்.



படம் 6 (c) N/T_a சிறப்பு வரைகள்

2.6 நேர்மின் தொடர் மின்னோடியின் வேகக்கட்டுப்பாடுகள்

1. காந்தப்பாயக் கட்டுப்பாட்டுமுறைகள்

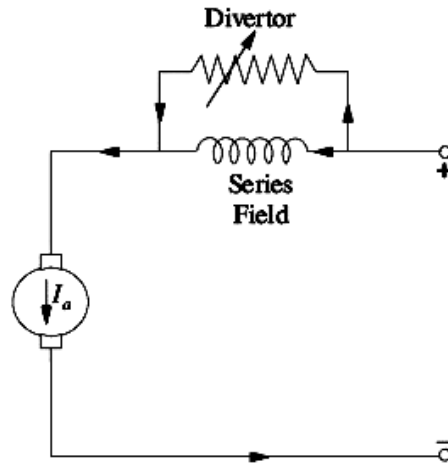
- புலமின்னோட்ட திசைமாற்றி
- சுழல்சுருள் மின்னோட்ட திசைமாற்றி
- புலச்சுருள் எண்ணிக்கை கட்டுப்பாடு
- புலச்சுருள்களை இணையாக்குதல்

2. மாறுபடும் மின்தடையை மின்னோடிக்கு தொடராக அமைத்தல்

1. காந்தப்பாயக் கட்டுப்பாட்டுமுறைகள்

(a) புலமின்னோட்ட திசைமாற்றி (Field Diverter)

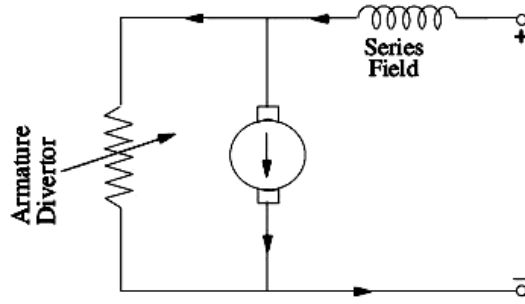
நேர்மின் தொடர் மின்னோடியில் தொடர் புலச்சுருளுக்கு இணையாக ஒரு மாறும் மின்னோட்ட திசைமாற்றியை இணைப்பதே இந்த முறையாகும். ஆகவே தேவையான அளவு மின்னோட்டம் திசைமாற்றி மூலம் பாயும்போது, புலச்சுருள் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் குறைகிறது. ஆகவே வேகம் அதிகமாகிறது. புல மின்னோட்ட திசைமாற்றியின் வரைபடம் 7(a)ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 7 (a) புலமின்னோட்ட திசைமாற்றி

(b) சுழல்கருள் திசைமாற்றி (Armature Diverter)

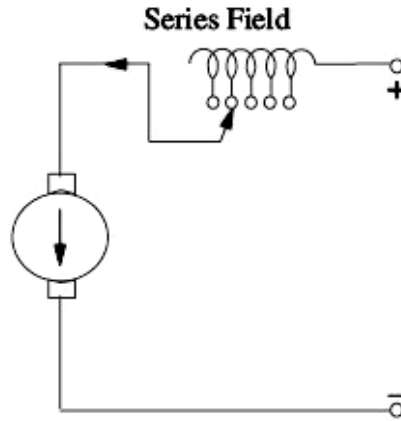
திசைமாற்றியை சுழல்கருளுக்கு இணையாக இணைக்கப்படும்போது இயல்பான வேகத்தை விட குறைந்தவேகத்தில் மின்னோடியை இயக்கலாம். கொடுக்கப்பட்டுள்ள சுமையின் திருப்புவிசைக்கு, சுழல்கருள் மின்னோட்டத்தை திசைமாற்றியை கொண்டு குறைக்கும்போது, காந்தப்பாயம் அதிகரிக்கும். இவற்றின் மூலம் மின்னோடி அதிகப்படியான சுழல்கருள் மின்னோட்டத்தை எடுத்துக்கொள்ளும். வேகம் காந்தப்பாயத்திற்கு எதிர்தகவில் இருப்பதால், மின்னோடியின் வேகம் குறையும்.



படம் - 7 (b) சுழல்கருள் திசைமாற்றி

(c) புலச்சுருள் எண்ணிக்கைக் கட்டுப்பாடு (Tapped Field Control)

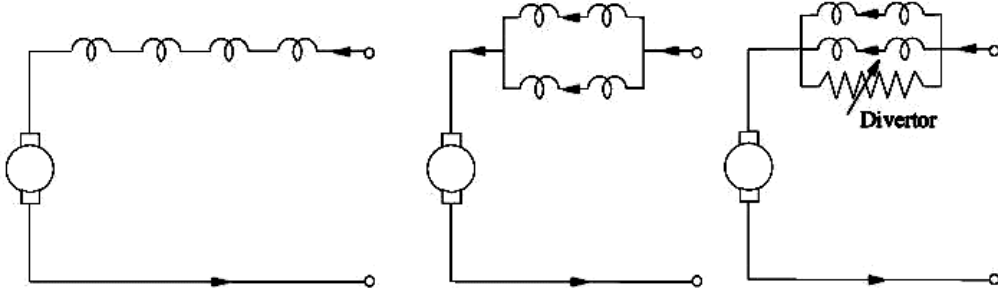
இம்முறையானது மின்சார இழுக்கைகளில் பயன்படும். புலச்சுருள்களின் எண்ணிக்கையை குறைப்பதன் மூலம் வேகத்தை குறைந்த நிலையிலிருந்து அதிகபட்ச அளவு வரை மாற்றலாம்.



படம் - 7 (c) புலச்சுருள் எண்ணிக்கைக் கட்டுப்பாடு

(d) புலச்சுருளை இணையாக்குதல் (Paralleling Coils)

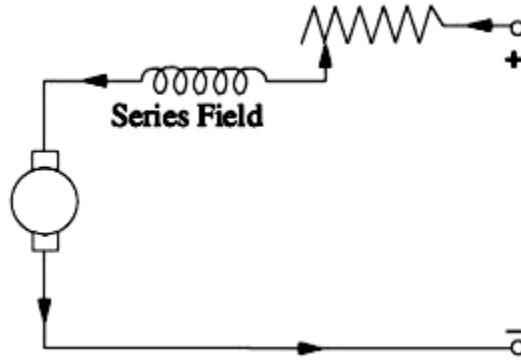
இந்தமுறையானது விசிறி மின்னோடியில் பயன்படுத்தப்படும் வெவ்வேறான வேகத்தினை புலச்சுருளை மாற்றி தொகுப்பதன் மூலம் பெறலாம் ஒரு 4 துருவ மின்னோடியில் மூன்றுவகையான வேகத்தினைப் பெறலாம்.



படம் - 7 (d) புலச்சுருளை இணையாக்குதல்

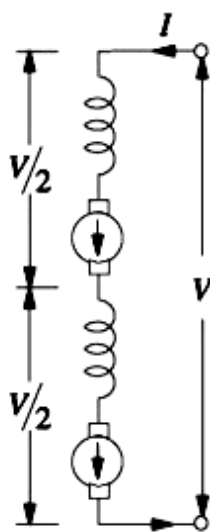
2. மாறுபடும் மின்தடையை மின்னோடிக்கு தொடராக அமைத்தல் (Varying Resistance in Series with Armature)

சுழல்சுருளுக்கு தொடராக அமைக்கப்பட்டுள்ள மின்தடையை அதிகரிப்பதன் மூலம் சுழல்சுருளுக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்தத்தை குறைக்கலாம். அதன் மூலம் மின்னோடியின் வேகமும் குறையும். இருப்பினும் இந்தமுறையில் அதிகப்படியான மின்னோட்டம் மின்தடையில் விரயமாவதால் இம்முறை பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

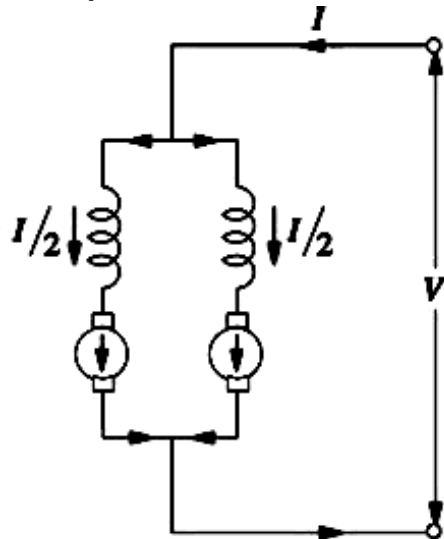


படம் - 8 மாறுபடும் மின்தடையை மின்னோடிக்கு தொடராக அமைத்தல்

2.7 தொடர் - பக்கக் கட்டுப்பாடு (Series - Parallel Control):



படம் - 9 தொடர் இணைப்பு



படம் - 10 பக்க இணைப்பு

தொடர் - இணைக்கப்பட்டுப்பாடு என்பது இரண்டு மின்னோடிகளை தொடராகவோ அல்லது இணையாகவோ இணைத்து அதன்மூலம் வேகக்கட்டுப்பாட்டைப் பெறுவது. குறைவான வேகத்திற்கு மின்னோடிகளை தொடராக இணைக்கவேண்டும். அதிகப்படியான வேகத்திற்கு மின்னோடிகளை இணையாக இணைக்க வேண்டும்.

இணையாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது,

$$\text{வேகம், } N\alpha \frac{Eb}{\phi} \propto \frac{Eb}{\text{current}(I)}$$

$$N\alpha \frac{V}{I/2} \propto \frac{2V}{I}$$

$$\text{திருப்புவிசை, } T \propto \phi I \alpha I^2$$

$$T \propto (I/2)^2$$

$$T \propto (I^2/4)$$

ஆகவே வேகமானது $2V/I$ என்ற மதிப்பிற்கு நேர்தகவிலும் திருப்புவிசையானது $I^2/4$ என்ற மதிப்பிற்கு நேர்தகவிலும் இருக்கும்.

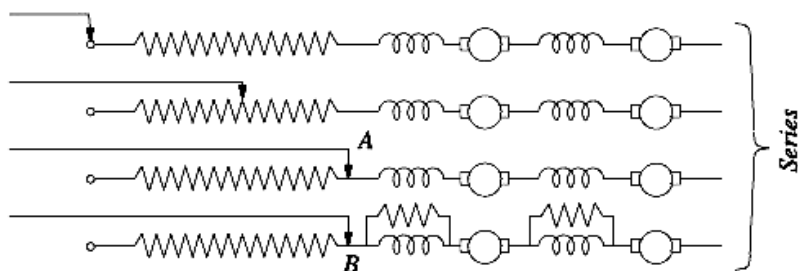
தொடராக இணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது,

$$\text{வேகம், } N\alpha \frac{V/2}{I} \propto \frac{V}{2I}$$

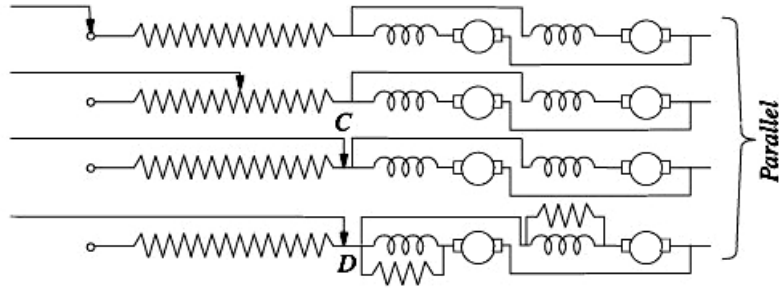
$$T \propto \phi I$$

$$\text{திருப்புவிசை, } \boxed{T \propto I^2}$$

வேகமானது $\frac{V}{2I}$ என்ற மதிப்பிற்கும் திருப்புவிசையானது (I^2) என்ற மதிப்பிற்கும் நேர்தகவில் இருக்கிறது.



படம் - 11 தொடர் இணைப்பு



படம் - 12 பக்க இணைப்பு

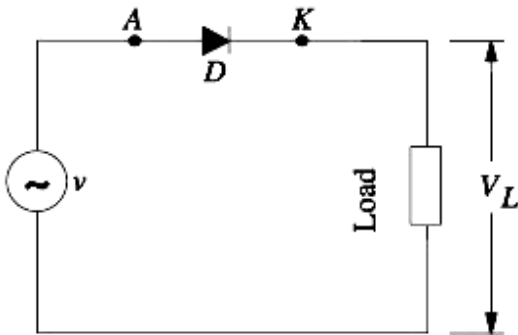
2.8 திடநிலை நேர்மின் இயக்கிகள் (Solid State Drives)

திடநிலைக் கருவிகள் கொண்ட மின் இயக்கிகள் திடநிலை இயக்கிகள் என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. திடநிலைச் சுற்றுகள் குறைக்கடத்தி டையோடு (Semiconductor Diode) அல்லது வாயில்தடையம் (Thyristor) கொண்டு அமைக்கப்பட்டவை ஆகும். இப்பொழுது, நேர்மின் மற்றும் மாறுதிசை மின்னோடிகளின் வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்தப் பெரிதும் திடநிலை இயக்கிகள் பயன்படுகிறது. இம்முறையானது அதிகமான துல்லியம், நம்பகத்தன்மை மற்றும் செயல்திறன் கொண்டதாக இருக்கும். நேர்மின் மின்னோடியானது நேர்மின்திறன் கொண்டு அல்லது மாறுதிசைதிறனை அலைதிருத்தியை (Rectifier) உபயோகித்து நேர்மின்திறனாக மாற்றி அதனைக்கொண்டு இயங்கும். அதேபோல் மாறுதிசை மின்னோடியானது மாறுதிசை மின்திறனை கொண்டு அல்லது நேர்மின் திறனை மாறுதிசையாக்கியை (Inverter) கொண்டு மாறுதிசை திறனாக மாற்றி அதனை கொண்டு இயங்கக்கூடியவை.

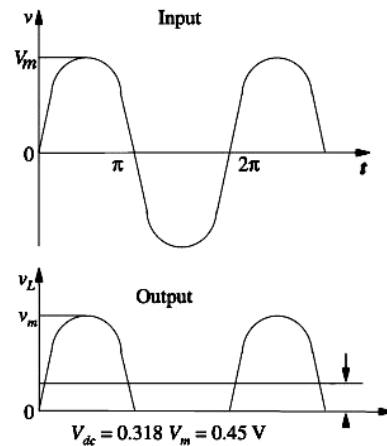
2.9.1 கட்டுப்பாடற்ற அலைதிருத்தி (Uncontrolled Rectifiers)

அலைதிருத்தியானது மாறுதிசை திறனை நேர்திசை திறனாக மாற்றுவதற்கு பயன்படுகிறது. அதாவது வழங்கப்படும் திறன் மாறுதிசையாக இருந்தாலும் அதனை நேர்திசையாக மாற்றி நேர்திசை மின்னோடியை இயங்கவைக்க உதவுகிறது.

அரை அலைபடிவ கட்டுப்பாடற்ற அலைதிருத்தி (Half Wave Uncontrolled Rectifiers)



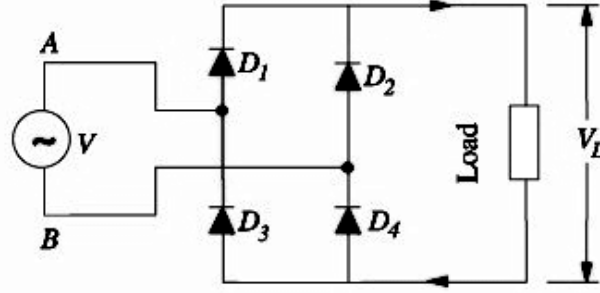
படம்-13 சுற்று வரைபடம்



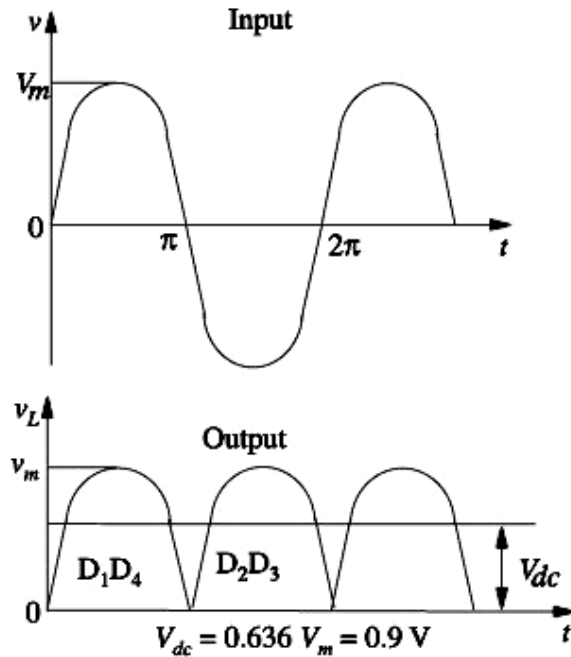
படம்-14 அலைபடிவ வரைபடம்

டையோடு "D" ஆனது நேர்திசையிலான அரை சுழற்சியின்போது மட்டும் மின்னோட்டத்தை கடத்தும். அதாவது நேர்மின்வாய் (Anode) A, ஆனது எதிர்மின்வாய் (Cathode) K விட மிகையான மதிப்பில் இருக்கும்போது டையோடு மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும். சுமைக்கு இணையாக இருக்கும் சராசரி மின்னழுத்தம் $0.45V$. "V" என்பது " V_m "ன் மதிப்பாகும். ஆகவே $V_L = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ என்று ஆகும். அவை அலைபடிவ கட்டுப்பாடற்ற அலைதிருத்தியின் சுற்று வரைபடம் படம் 13ல் மற்றும் அலைபடிவ வரைபடம் படம் 14ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

2.9.2 கட்டுப்பாடற்ற ஒருகட்ட முழு அலைபடிவ இணைப்பு அலைதிருத்தி (Uncontrolled Single Phase Full Wave Bridge Rectifiers)



படம்-15 சுற்று வரைபடம்



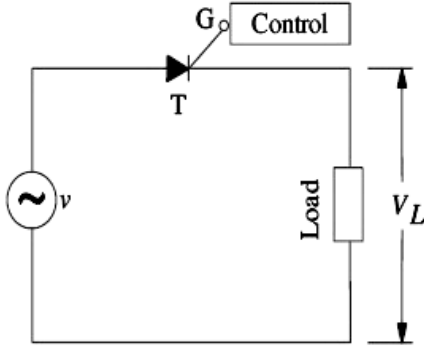
படம்-16 அலைபடிவ வரைபடம்

இதில் நான்கு குறைகடத்தி டையோடுகள் பயன்படுகிறது. பெறப்படும் மின்னழுத்தமானது $0.9V$ என இருக்கும். நேர்திசை அரை சுழற்சியின்போது "A" என்பது "B"யை விட மிகையான மதிப்பில் ($+^ve$ வாக) இருப்பதால் D_1 மற்றும் D_4 டையோடுகள் மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும். அதுபோல் எதிர்திசை அரை சுழற்சியின்போது, D_2 மற்றும் D_3 மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும் ஆகவே மின்னோட்டமானது சுமையின் வழியே நேர்திசை அரை சுழற்சியின்போதும்

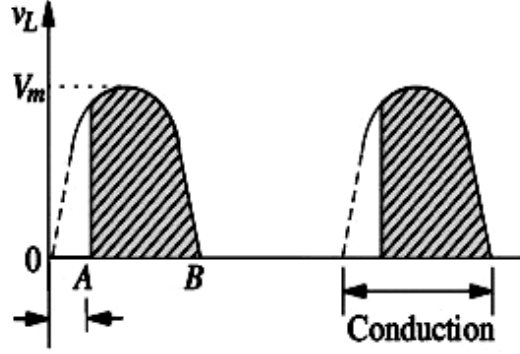
எதிர்திசை அரை சுழற்சியின்போதும் ஒரேதிசையில் பாய்கிறது. பெறப்படும் நேர்திசை மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பு 0.9V ஆக இருக்கும்.

2.9.3 கட்டுப்படுத்தப்பட்ட அலைதிருத்தி (Controlled Rectifiers)

வெளியீட்டு சுமை மின்னோட்டம் (I_o) அல்லது மின்னழுத்தத்தை வேறுபடுத்தி கட்டுப்படுத்த இந்தமுறையில் செய்யஇயலும் வாயில்தடையத்திற்கு (Thyristor) கொடுக்கப்படும் துடிப்பினை வேறுபடுத்துவதன் மூலம் வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தைக் கட்டுப்படுத்த முடியும். துடிப்பானது கொடுக்கப்பட்ட பிறகு, வாயில்தடையம் மின்னோட்டத்தை அந்த அரைசுழற்சி வரையில் அதாவது 180° வரை கடத்தும். துடிப்பானது கட்டுப்பாட்டு சுற்றுமூலம் வேறுபடுத்தலாம். கடத்தும் நிலையில் அது முழு சுற்றுபோல் செயல்படும்.



படம்-17 சுற்று வரைபடம்



படம்-18 அலைபடிவ வரைபடம்

வாயில்தடையமானது கடத்தும் நிலை "0" என்ற புள்ளியிலிருந்து இல்லாமல் துடிப்பு கொடுக்கப்பட்ட புள்ளியான "A" யிலிருந்து அதாவது காலதாமதமான " α " என்ற கோணத்திலிருந்து 180° வரை அதாவது "B" என்ற புள்ளிவரை கடத்தும். ஆகவே இதன் கடத்தும் கோணமானது $(180^\circ - \alpha)$ என்று இருக்கும்.

வெளியீட்டு மின்னழுத்தம்,

$$\begin{aligned} V_L &= \frac{V_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha) \\ &= 0.16V_m (1 + \cos \alpha) \\ V_L &= 0.32V_m \cos^2 \left(\frac{\alpha}{2} \right) \end{aligned}$$

" α " என்ற கோணம் சுழியாக இருக்கும்போது

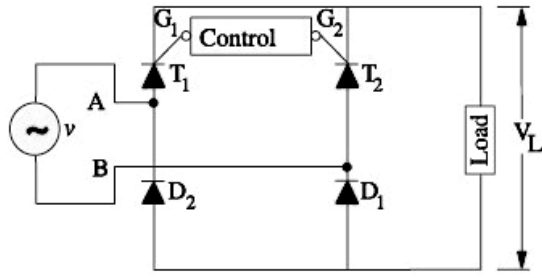
V_L ன் மதிப்பு அதிகமாகவும். $\alpha = 180^\circ$ என்ற போது

V_L ன் மதிப்பு சுழியாகவும் இருக்கும்.

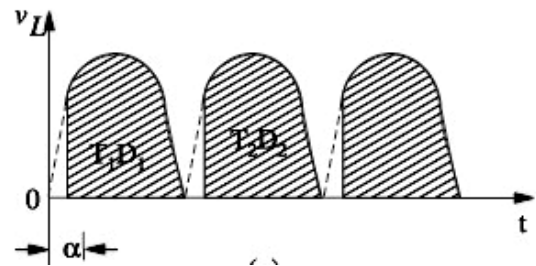
வெளியீட்டு மின்னோட்டம்

$$\begin{aligned} I_L &= \frac{V_L}{R_L} \\ I_L &= \frac{V_n}{2\pi R_L} (1 + \cos \alpha) \end{aligned}$$

2.9.4 ஒருகட்ட, முழு அலைபடிவ அரை கட்டுப்பாடுள்ள அலைதிருத்தி (Single Phase Full Wave Half Controlled Rectifiers)



படம் -19 சுற்று வரைபடம்



படம் -20 அலைபடிவ வரைபடம்

இதில் இரண்டு வாயில்தடையம் மற்றும் இரண்டு டையோடுகளை பயன்படுத்துவதால் இதனை அரைக் கட்டுப்பாடுள்ளவையாக கருதப்படுகிறது. நேர்திசையின் அரைசுழற்சியில் மின்னோட்டமானது T_1 சுமை மற்றும் D_1 வழியே செல்கிறது. அதுபோல் எதிர்திசையின் அரைசுழற்சியில் மின்னோட்டமானது T_2 , சுமை மற்றும் D_2 வழியே செல்கிறது.

வெளியீட்டு மின்னழுத்தம்,

$$V_L = 2 \times \text{அரை அலைபடிவ அலைதிருத்தி வெளியீடு}$$

$$V_L = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

வெளியீட்டு மின்னோட்டம்,

$$I_L = \frac{V_L}{RL}$$

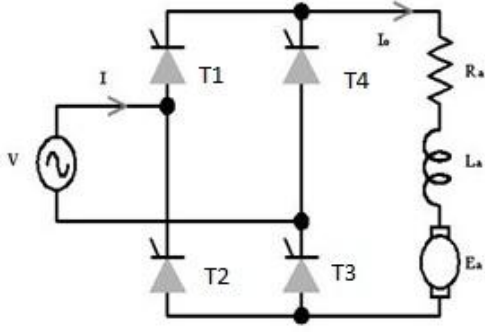
$$I_L = \frac{V_m}{\pi RL} (1 + \cos \alpha)$$

2.9.5 ஒருகட்ட முழு கட்டுப்பாடுள்ள இணை அலைதிருத்தி (Single Phase Fully Controlled Rectifiers)

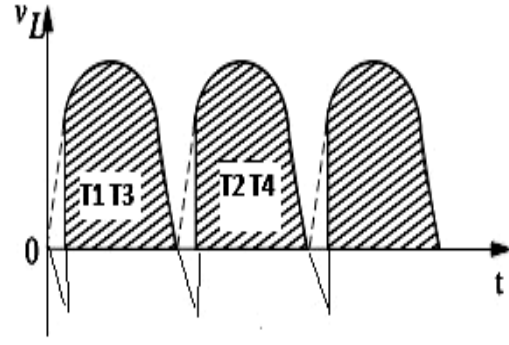
ஒருகட்ட முழு கட்டுப்பாடுள்ள இணை அலைதிருத்தி நான்கு வாயில்தடையம் கொண்டிருக்கும். இந்தவகையைக் கொண்டு அரைவட்ட இயங்குநிலையில் வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தைப் பெறலாம். ஆகவே அலைபடிவம் நேர்திசையிலும் எதிர்திசையிலும் இருக்கும். ஆனால் மின்னோட்டம் ஒரேதிசையில் இருக்கும்.

வெளியீட்டு மின்னழுத்தம்,

$$V_{dc} = 0.9V \cos \alpha. \{ \pi > \alpha > 0 \}$$



படம்-21 சுற்று வரைபடம்



படம்-22 அலைபடிவ வரைபடம்

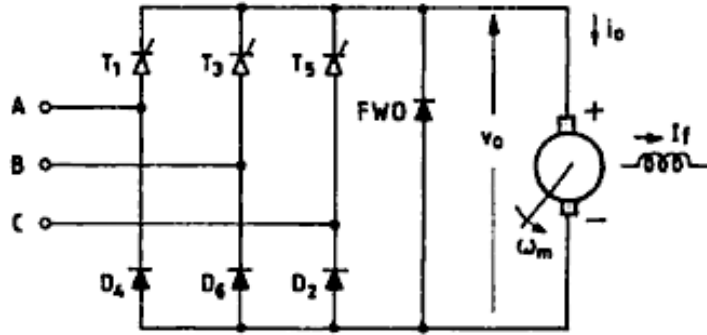
$\alpha < \pi/2$ ஆக இருப்பின் வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் "+Ve" ஆகவும், $\alpha > \pi/2$ ஆக இருப்பின் வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் "-Ve" ஆகவும் இருக்கும். இவை குறைந்த திறனுள்ள இயக்கிகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

2.9.6 மூன்றுகட்ட அரை கட்டுப்பாடுள்ள இணைப்பு அலைதிருத்தி (Three Phase Half controlled Bridge Rectifies)

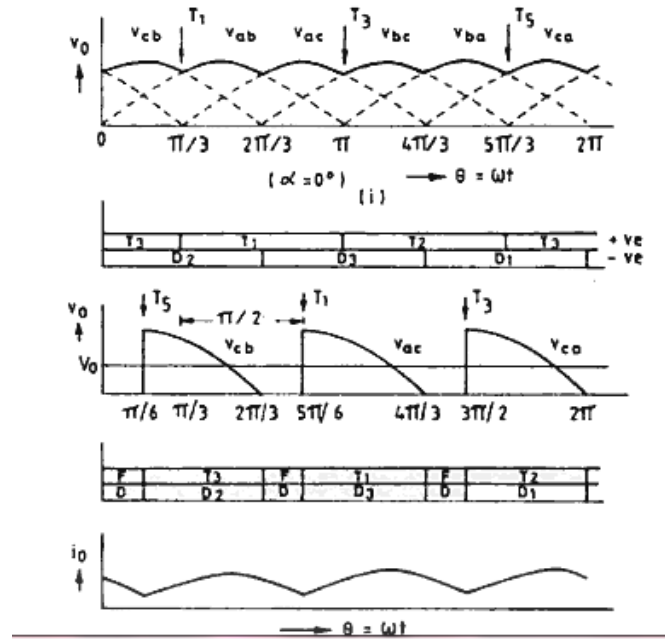
இந்தவகை சுற்றில் மூன்று வாயில்தடையம் மற்றும் மூன்று டையோடுகள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மின்னழுத்த அலைபடிவமானது $\alpha < \pi/3$ ஆக இருப்பின் தொடர்ந்தும் $\alpha > \pi/3$ ஆக இருப்பின் தொடர்ச்சியில்லாமலும் இருக்கும்.

$$V_{dc} = 1.35V_L(1 + \cos \alpha)$$

$$\{\pi > \alpha > 0\}$$



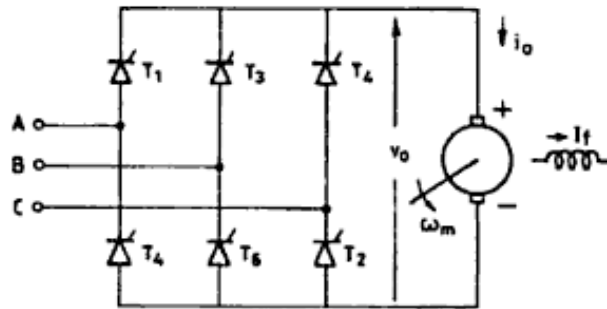
படம் - 23 சுற்று வரைபடம்



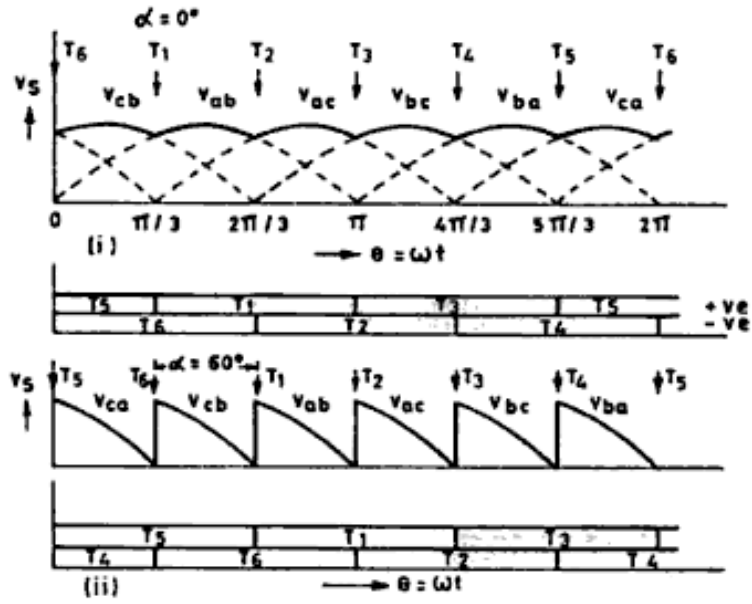
படம் -24 அலைபடிவ வரைபடம்

மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்னழுத்த அலைபடிவமானது $\alpha = 0^\circ$ எனில் வாயில்தடையம் T_1 ஆனது $\theta = 60^\circ$ யில் துடிப்பு கொடுக்கப்படுகிறது. ஆகவே T_1 மற்றும் D_6 மூலம் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. 120° நிலைமாற்றம் பெறும்போது மின்னோட்டம் T_1 மற்றும் D_2 வழியே செல்கிறது. $\theta = 180^\circ$ என்றபோது வாயில்தடையம் T_3 ஆனது T_1 க்கு பதிலாக செயல்பட துவங்குகின்றது. அதுபோல் அடுத்து D_2 க்கு பதிலாக D_4 ஆனது 240° லிருந்து செயல்படும். T_5 ஆனதிலிருந்து செயல்படும் $\alpha = 30^\circ$ என்றபோது துடிப்புக் கொடுத்தால் கிடைக்கப்படும் அலைபடிவமும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

மூன்றுகட்ட முழுக்கட்டுப்பாடுள்ள இணைப்பு அலைதிருத்தி
(Three - Phase Fully Controlled Rectifiers)



படம்-25 சுற்று வரைபடம்



படம்-26 அலைபடிவ வரைபடம்

மூன்றுகட்ட முழுக்கட்டுப்பாடுள்ள இணை அலைதிருத்தி சுற்றானது ஆறு வாயில்தடையங்களை கொண்டிருக்கும். ஒவ்வொரு வாயில்தடையமும் 120° கடத்தும் இருக்கும். T_1 செயல்படும்போது துடிப்பானது $\alpha = 0^\circ$ என்ற நேரத்தில் கொடுக்கும்போது மின்னோட்டம் T_1 லிருந்து சுமைவழியாக T_6 வழியே கடத்தும் பிறகு T_1 மற்றும் T_2 கடத்தும். இவை இதேபோல் 60° இடைவெளியில் மறுபடி நிகழும். வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் $\alpha < \pi/2$ வரை நேர்திசையிலும் $\alpha > \pi/2$ வரை எதிர்திசையிலும் இருக்கும்.

வெளியீட்டு மின்னழுத்தம்,

$$V_{dc} = 1.35V_c \cos \alpha$$

$$\{\pi > \alpha > 0\}$$

இந்த வகையானது அதிகப்படியான திறன் தேவைப்படும் இயக்கிகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் மின்னோட்டம் பெரும்பாலும், மின்னோடி வகையில் (Motoring Mode) தொடர்ச்சியாகவும் நிறுத்துவகையில் (Braking Mode) தொடர்ச்சியில்லாமலும் இருக்கும்.

2.10 இடையிடை பிளவுபடுத்தி சுற்று (DC Chopper circuit)

a) படியிறக்க இடையிடை பிளவுபடுத்தி (Step-down Chopper)

நிலைமாற்றி (switch) மூலம் செயல்நிலைக்கு உட்படுத்தும்போது வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் சுமைக்கு கொடுக்கப்படுகிறது. ஆனால் அவை செயலற்ற நிலைக்கு மாற்றும்போது மின்னோட்டம் டையோடு மூலம் சுழன்று மின்சக்தியை இழக்கிறது என்ற நேரத்தில் வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் சுழியாக இருக்கும். மொத்தக் காலக்கட்டம்

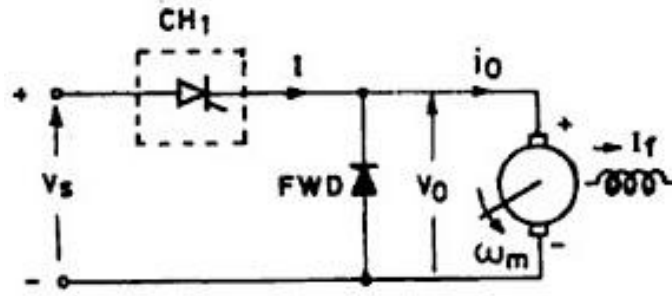
$$T = T_{ON} + T_{OFF}$$

சராசரி வெளியீட்டு மதிப்பு,

$$V_{dc} = V_s \cdot \frac{T_{ON}}{T} = \alpha V_s$$

$$\alpha = \frac{T_{ON}}{T} \{ \alpha < 1 \text{ ஆக இருக்கும்} \}$$

காலக்கட்டம் T என்பதை மாறிலியாகக் கொண்டு வெளியீட்டு மின்னழுத்தமானது வேறுபடுத்தப்படுகிறது. இதில் பெறப்படும் V_{dc} ஆனது வழங்கப்படும் மின்னழுத்தத்தைவிட குறைவாக இருப்பதால் இது படியிறக்க இடையிடை பிளவுபடுத்தி என்று அழைக்கப்படுகிறது. சில சமயங்களில் T_{OFF} ஐ மாறிலியாகக் கொண்டு T_{ON} ஐ மட்டும் வேறுபடுத்தி காலக்கட்டம் " T " அல்லது வெட்டு அலைவெண் " f " வேறுபடுத்தப்படுகிறது.



படம் - 27 படியிறக்க இடையிடை பிளவுபடுத்தி

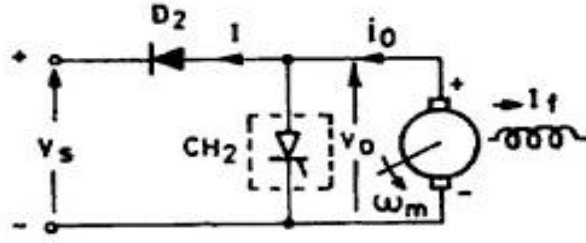
b) படியேற்ற இடையிடை பிளவுபடுத்தி (Step Up Chopper)

நிறுத்தத்திற்கு பயன்படுத்தப்படும் பிளவுபடுத்தியின் சுற்று கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னோடியானது மின்னாக்கி நிலையில் சுழன்று கொண்டிருக்கும்போது பிளவுபடுத்தியானது T_{ON} நேரம் வரை இயக்கநிலையில் வைக்கப்படுகிறது. ஆகவே மின்னாக்கி மூடுசுற்று போல் வடிவம்பெற்று மின்னோட்டமானது சுழல்சுருளில் அதிகமாகிறது. பிறகு பிளவுபடுத்தியை செயலற்றநிலைக்கு கொண்டு செல்லும்போது சுழல்சுருள் மின்னோட்டம் குறைந்து மின்னழுத்தத்தை எதிர்திசையில் அளிக்கிறது. ஆகவே மின்னோடியின் வேகமானது மீட்டாக்க நிறுத்தம் மூலம் குறைக்கப்படுகின்றது.

$$V_{dc} = V_s \frac{T}{T - T_{ON}} = \frac{V_s}{1 - \alpha}$$

$$\text{ஆகவே } V_{dc} > V_s$$

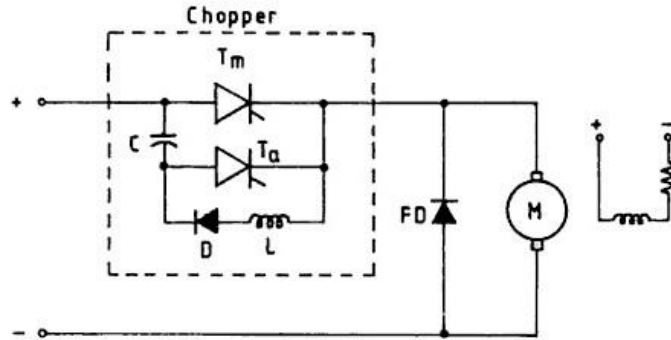
இது இரண்டாம் கால்வட்ட செயல்பாட்டிற்கு பயன்படுகிறது. இவை படியிறக்க இடையிடை பிளவுபடுத்தியுடன் உபயோகிக்கும்போது இரண்டு அல்லது நான்கு கால்வட்ட செயல்பாட்டிற்கு பயன்படும்.



படம்-28 படியேற்ற இடையிடை பிளவுபடுத்தி

2.11 வாயில்தடைய பிளவுபடுத்தி (Thyristor Chopper)

வாயில்தடைய பிளவுபடுத்தியின் சுற்று கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. துணைவாயில்தடையம், (T_a) செயல்நிலைக்கு கொண்டு செல்லும்போது மின்தேக்கி "C" மின்னூட்டம் ஏற்றப்படுகிறது. அப்போது T_a செயலற்றநிலைக்கு கொண்டு செல்லப்பட்டு, முக்கிய வாயில்தடையம் (T_m) செயல்நிலைக்கு கொண்டு வரப்படுகிறது. அப்போது மின்தேக்கியில் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தின் திசை மாறுகிறது. ஆகவே அரைசுழற்சிக்கு மின்னோட்டம் பாய்கிறது பிறகு டையோடு மூலம் அது தடுக்கப்படுகிறது. அதன்திசை மாற்றப்படுவதால் மீண்டும் T_a செயல்நிலைக்கு கொண்டு வரப்பட்டு T_m செயலற்ற நிலைக்கு கொண்டு செல்லப்படுகிறது.



படம் - 29 வாயில்தடைய பிளவுபடுத்தி

UNIT - III
மாறுதிசை மின்னோடிகளின் வேகக்கட்டுப்பாடுகள்
(Speed Control of AC Motors)

3.1 மூன்றுகட்ட தூண்டல் மின்னோடிகள் (Three phase Induction Motor)

மற்ற மின்னோடிகளை போன்ற மூன்றுகட்ட தூண்டல் மின்மோட்டார்கள் நிலையகத்தையும் சுழலியையும் கொண்டுள்ளது. நிலையகமானது மூன்றுகட்ட சுருள்களையும் (நிலையகச் சுருள்கள்) சுழலியானது குறுக்கு (short) சுற்று சுருள்களையும் (சுழலி சுருள்கள்) கொண்டுள்ளது. நிலையகச் சுருள்களுக்கு மட்டும் மூன்றுகட்ட மின்சாரம் அளிக்கப்படுகிறது. மின்காந்தத் தூண்டலின் மூலம் நிலையகச் சுருள்களிலிருந்து மின்னழுத்தம் மற்றும் திறனை சுழலிச்சுருள்கள் பெற்றுக்கொள்வதால் இவ்வகை மின்னோடிகள் தூண்டல் மின்னோடிகள் என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்தத் தூண்டல் மின்னோடியை சுழலும் துணைச்சுருள்கள் கொண்ட மின்மாற்றி எனக்கொள்ளலாம். எனவே இதை மின்னாற்றலை எந்திர ஆற்றலாக மாற்றும் மின்மாற்றி வகை மாற்று மின்னோட்ட இயந்திரம் என விவரிக்கலாம்.

மூன்றுகட்ட தூண்டல் மின்னோடிகளின் நன்மைகள்

1. இது சாதாரண மற்றும் உறுதியான அமைப்பைக் கொண்டுள்ளது.
2. இதன் விலைகுறைவு.
3. இதற்கு குறைந்த பராமரிப்பு தேவைப்படுகிறது.
4. இது அதிக பயனுறுதிறன் மற்றும் ஓரளவு அதிகத்திறன் காரணியைக் கொண்டுள்ளது.
5. இது சுயஆரம்ப திருப்புவிசையைக் கொண்டுள்ளது.(Self Starting Torque)

மூன்றுகட்ட தூண்டல் மின்னோடிகளின் குறைகள்

1. இது மாறாக வேகமுடைய மின்னோடி ஆகும். இதன் வேகத்தை சுலபமாக மாற்றமுடியாது.
2. இதனுடைய ஆரம்பத் திருப்புவிசை நேர்திசை மின்னோட்ட மின்னோடிகளை விடக்குறைவு.

3.1.1 மூன்றுகட்ட தூண்டல் மின்னோடியின் அமைப்பு

தூண்டல் மின்னோடியின் முக்கியபாகங்கள் நிலையகம் (Stator) மற்றும் சுழலி (Rotor)ஆகும். சுழலியின் அமைப்பை வைத்து தூண்டல் மின்னோடியை இருவகையாகப் பிரிக்கலாம்.

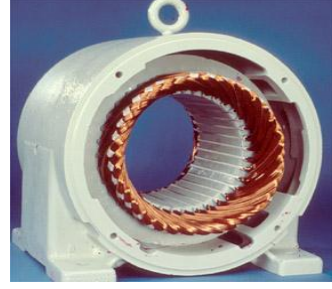
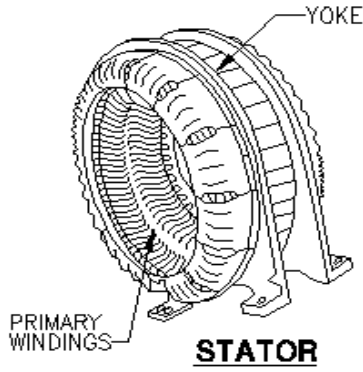
1. அணில் கூண்டு அமைப்பைப் போன்ற சுழலி (Squirrel Cage Induction Motor)
2. நழுவுவளையத் தூண்டல் மின்மோட்டார் (Slip Ring Induction Motor)

நிலையகம்

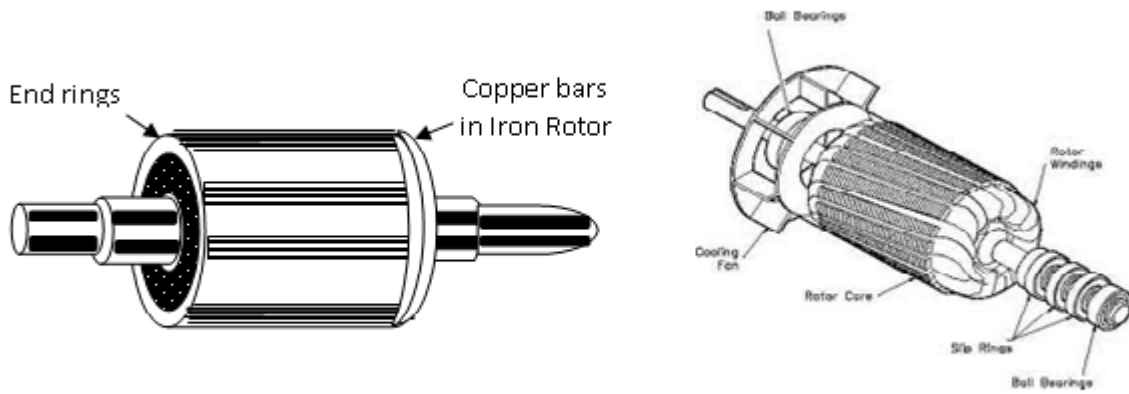
இரண்டு மின்னோடிகளுக்கும் நிலையகத்தின் அமைப்பு ஒரேமாதிரியாக இருக்கும். இதன் அமைப்பு படம் 1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தயக்க இழப்பு மற்றும் சுழல் மின்னோட்ட இழப்பைக் குறைக்க நிலையக உள்ளகமானது சிலிக்கான் எஃகூத் தகடுகளினால் செய்யப்பட்டு குழாய்வடிவாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். குழாயின் உட்புறத்தில் செருகுவாய்கள் (நீள்வெட்டு) அமைக்கப்பட்டு மூன்றுகட்ட சுருள்கள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். தேவையான வேகத்திற்கேற்ப நிலையகத்தில் 2, 4, 6, 8 போன்ற முனைதுருவங்களின் எண்ணிக்கையில் சுருள்கள் செய்யப்பட்டிருக்கும்.

அணில் கூண்டு அமைப்பு கொண்ட சுழலி (Squirrel Cage Rotor)

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



படம் 1 நிலையகம் அமைப்பு



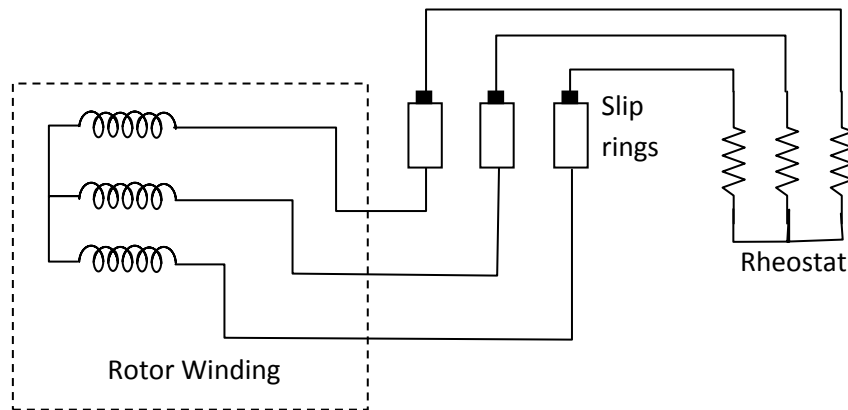
படம் 2 சுழலியின் அமைப்பு

ஒவ்வொரு செருகுவாயினுள்ளும் தாமிர அல்லது அலுமினிய சட்டக்கம்பி வைக்கப்பட்டிருக்கும். இருப்பக்கங்களிலும் பெரிய தாமிரவளையம் மூலம் குறுக்கு சுற்று செய்யப்பட்டிருக்கும். அதாவது சுழலி சட்டக்கம்பி நிரந்தரமாக சுற்று செய்யப்பட்டிருக்கும். சுழலி செருகுவாய் நிலையக செருகுவாய்க்கு

இணையாகவும் அதேசமயத்தில் சற்று 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) இருப்பக்கத்திலும் சுழலும்தாங்கி (Bearing) பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

நழுவுவளையச் சுழலி அல்லது கட்டச்சுற்று சுழலி (Slip Ring Rotor (or) Phase Wound Motor)

தயக்க இழப்பு மற்றும் சுழல் மின்னோட்ட இழப்பைக் குறைக்க சுழலியானது சிலிக்கான் எஃகுவின்மால் மெல்லியத் தகடுகளினால் செய்யப்பட்டு உருளைவடிவில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். சுழலியின் மேற்பரப்பில் செருகுவாய்கள் அமைக்கப்பட்டு செருகுவாய்களில் காப்பு செய்யப்பட்ட மூன்றுகட்ட இரண்டு அடுக்கு distributed சுருள்கள் சுற்றப்பட்டிருக்கும். சுழலிச் சுருளானது நிலையகத் துருவங்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து அமைக்கப்பட்டிருக்கும். சுழலிசுருள்கள் ஸ்டார் இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 3. நழுவுவளைய மின்மோட்டார்

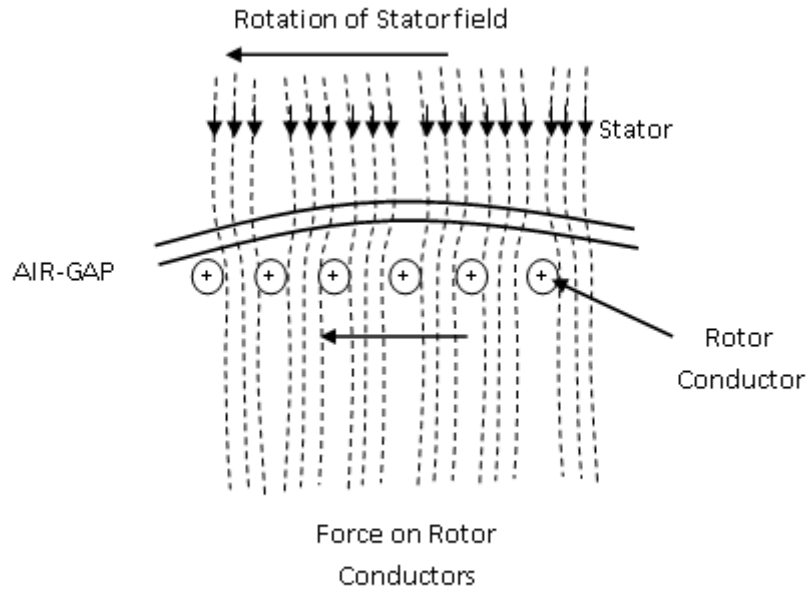
மூன்றுகட்ட சுருள்களின் மற்ற மூன்றுமுனைகள் வெளியில் எடுக்கப்பட்டு மூன்று நழுவு வளையங்களுடன் படம் 3ல் காட்டியவாறு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மூன்று நழுவு வளையங்களுக்கும் இடையில் காப்பான்கள் அமைக்கப்பட்டு அச்சத் தண்டில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். நழுவு வளையங்களுடன் ஸ்டார் இணைப்பு செய்யப்பட்ட வெளிப்புற மின்தடைத்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

மின்னோடியை இயக்க ஆரம்பிக்கும் சமயத்தில் வெளிப்புற மின்தடையானது செயலில் இருப்பதினால் மின்மோட்டார் ஆரம்பத் திருப்புவிசை (Starting Torque) அதிகமாக இருக்கும். மின்னோடியானது சாதாரணமாக இயங்கும்போது நழுவு வளையங்களானது ஒரு உலோகப்பட்டிகையின் (Collar) மூலமாக குறுக்குச் சுற்று செய்யப்பட்டு அணில் கூண்டு அமைப்பு தூண்டல் மின்மோட்டார் போன்று இயங்கும்.

மூன்றுகட்ட 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) $N_s = \frac{120f}{p}$ ல் சுற்றுகிறது.
2. இந்த சுழலும் காந்தப்புலமானது காற்று இடைவெளியாக சென்று நிலையக உள்ள சுழலிக்கடத்திகளை வெட்டுகிறது. சுழலும் காந்தப்புலத்திற்கும், நிலையக சுழலிக்கும் இடையிலுள்ள சார்பு (Relative Speed) வேகத்தினால் சுழலியில் உள்ள கடத்திகளில் மின்னியக்கு விசையானது தூண்டப்படுகிறது. சுழலியின் சுற்று குறுக்குச்சுற்று செய்யப்பட்டிருப்பதால் சுழலிக்கடத்திகளில் மின்னோட்டமானது பாய ஆரம்பிக்கிறது.



படம் 4 தூண்டல் மின்னோட்டாரின் பாகம்

3. மின்னோட்டத்தைக் கொண்டுசெல்லும் சுழலிக்கடத்திகள் நிலையகம் உருவாக்கும் காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே சுழலிக் கடத்திகளில் இயந்திரவிசையானது செயல்படுகிறது. அனைத்து சுழலிக் கடத்திகளிலும் உள்ள இயந்திரவிசையின் கூட்டுத்தொகை சுழலியை சுழலும் காந்தப்புலத்தின் திசையில் சுற்றும் திருப்புவிசையை உருவாக்குகிறது. ஆனால் சுழலியின் வேகம், சுழலும் காந்தப்புலத்தின் வேகத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

3.1.2 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 சுழலிவேகமானது ஒத்தியங்கு வேகத்தை விட குறைவாக இருக்கும்.

$$\begin{aligned} S N_s &= N_s - N_r \\ N_r &= N_s - S N_s \\ N_r &= N_s (1-S) \\ \text{நழுவு} = S &= \frac{N_s - N_r}{N_s} \end{aligned}$$

1. $N_s - N_r$ ன் மதிப்பு நழுவுவேகம் எனப்படும்.
2. சுழலி நிலையாக இருக்கும்போது $N_r = 0$, நழுவு $S=1$ அல்லது 100%
3. ஒரு தூண்டல் மின்மோட்டாரில் பளு இல்லாத நிலையிலிருந்து பளுவுள்ள 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 மின்காந்தத் தூண்டல் தத்துவத்தின் மூலம் மின்னியக்குவிசை மற்றும் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. சுழலி நிலையாக இருக்கும்போது, சுழலியில் தூண்டப்படும் மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்ணானது மின்சார அதிர்வெண்ணுக்கு சமமாக இருக்கும். சுழலி சுழல ஆரம்பித்ததும் சுழலி மின்னோட்டம் அல்லது மின்னியக்கு விசையின் அதிர்வெண்ணானது நழுவுவேகம் அல்லது சார்பு வேகத்தைப் பொறுத்திருக்கும்.

f^1 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

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

எனவே நழுவு $S = \frac{f^1}{f}$

சுழலி மின்னோட்ட அதிர்வெண் $f^1 = S * f$ ஆகும்.

சுழலி மின்னோட்ட அதிர்வெண் = நழுவு * மின்சார அதிர்வெண்

சுழலி திருப்பு விசை:

சுழலியால் உருவாக்கப்பட்ட திருப்புவிசையானது

1. சுழலியின் மின்னோட்டம்
2. சுழலியின் மின்னியக்குவிசை
3. சுழலி சுற்றின் திறன்காரணி

ஆகியவற்றிற்கு நேர்விகிதத்தில் அமையும்.

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

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

அதாவது $I_2 =$ நிலையான நிலையில் சுழலியின் மின்னோட்டம்

$E_2 =$ நிலையான நிலையில் சுழலியின் மின்னியக்குவிசை

$\cos \phi =$ நிலையான நிலையில் சுழலியின் திறன்காரணி

$K =$ மாறிலி

ஆரம்பத் திருப்புவிசை (T_s) (Starting Torque)

$E_2 =$ நிலையான நிலையில் ஒருகட்ட சுழலி மின்னியக்கு விசை

$X_2 =$ நிலையான நிலையில் ஒருகட்ட மின்ன்திரிப்பு

$R_2 =$ ஒருகட்ட சுழலி மின்தடை எனவும் எடுத்துக்கொள்வோம்.

சுழலியின் மொத்த மின்ன்திரிப்பு /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 திறன்காரணி $\cos \phi_2 = \frac{R_2}{Z_2} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}}$

ஆரம்பத் திருப்புவிசை, $T = K * E_2 * I_2 \cos \phi_2$

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

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

மின்னோடிக்கு கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் மாறிலியாக இருக்கும்போது பாயல்/முனை (ϕ)யும் மாறிலியாக இருக்கும். எனவே சுழலியின் மின்னியக்கு விசை E_2 வும் மாறிலியாக இருக்கும்.

எனவே $T_s = \frac{K_1 * R_2}{Z_2}$

K_1 என்பது மற்றொரு மாறிலி.

மேற்கூறிய சமன்பாட்டிலிருந்து ஆரம்பத் திருப்புவிசையின் மதிப்பு சுழலியின் ஒருகட்ட மின்தடை (R_2), சுழலியின் நிலையான நிலையின் ஒருகட்ட மின் எதிர்ப்பு

(X_2) ஆகியவற்றைப் பொறுத்துள்ளது என்பது புலப்படுகிறது.

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

குறிப்பு N_s ன் குறியீடு சுழல் /வினாடி

3.1.3 ஆரம்ப உச்சவரம்பு திருப்புவிசையின் நிபந்தனை (Condition for Maximum Torque)

சுழலியின் ஒருகட்ட மின்தடையானது ஒருகட்ட நிலையான நிலையின் மின்மறிப்புக்கு சமமாக இருக்கும்போது அதன் ஆரம்பத் திருப்புவிசையானது உச்சவரம்பில் இருக்கும் என நிரூபிக்கலாம்.

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

சமன்பாடு 1ஐ வகைப்படுத்துக. R_2 ஐ பொறுத்து மற்றும் தீர்வை சுழிக்கு சமன் செய்யும்போது

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

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

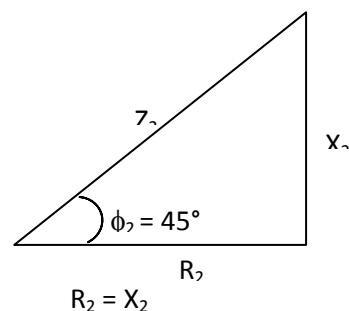
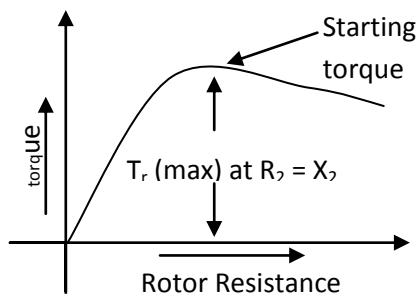
$$R_2^2 = X_2^2 \rightarrow R_2 = X_2$$

எனவே ஆரம்பத் திருப்புவிசையானது

சுழலியின் ஒருகட்ட மின்தடை = சுழலியின் நிலையான

நிலையின் ஒருகட்ட மின்மறிப்பு

ஆக இருக்கும்போது உச்சவரம்பில் இருக்கும்.



படம் 5ல் காட்டியுள்ளவாறு ஆரம்பத் திருப்புவிசை உச்சவரம்பில் இருக்கும்போது சுழலியின் திறன்காரணி =0.707 (பின்தங்கி)

ஒடும்நிலை திருப்புவிசை (**Running Torque Tr**)

ஒடும்நிலையில் திருப்புவிசையானது

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

ஏனெனில் $E_r \propto \phi$

முறையே

E_r = சுழலியின் ஒரு மின்னியக்கு விசை(ஒடும் நிலை)

I_r = சுழலியின் ஒருகட்ட மின்னோட்டம் (ஒடும் நிலை)

$\cos \phi_r$ = சுழலியின் திறன்காரணி (ஒடும் நிலை)

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

$$Z_r = Z_2' = \sqrt{R_2^2 + (S X_2)^2} \quad \text{-----3}$$

$$E_r = S E_2 \quad \text{----- 4}$$

$$\cos \phi_r = \frac{R_2}{Z_r} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (S X_2)^2}} \quad \text{----- 5}$$

சமன்பாடு 2,3,4,5 ஐ 1ல் பிரதியீடு செய்யும்போது

ஒடும்நிலையில் திருப்புவிசை $T_r \propto E_r * I_r * \cos \phi_r$

$$T_r \propto S E_2 * \frac{S E_2}{\sqrt{R_2^2 + (S X_2)^2}} * \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (S X_2)^2}}$$

$$T_r = \frac{K_1 * S E_2^2 * R_2}{R_2^2 + (S X_2)^2}$$

நிலையக மின்னழுத்தம் V மாறிலியாக இருந்தால் ϕ மாறிலியாக இருக்கும். எனவே சுழலியின் மின்னியக்குவிசை

E_2 மாறிலியாக இருக்கும்.

$$T_s = \frac{K_2 * S * R_2}{R_2^2 + (S X_2)^2}$$

K_2 என்பது மற்றொரு மாறிலி ஆகும்

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

எனவே,

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

$$T_r = \frac{3}{2\pi N_s} * \frac{S E_2^2 * R_2}{(Z_2)^2}$$

இயங்க ஆரம்பிக்கும்பொழுது $S = 1$

எனவே ஆரம்பத் திருப்புவிசை

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

3.1.4 ஓடும்நிலையில் உச்சவரம்பு திருப்புவிசையின் நிபந்தனை

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

சமன்பாடு 1ஐ R_2 ஐ பொறுத்து வகைப்படுத்த மற்றும் தீர்வை சுழிக்கு சமன் செய்யும்போது

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

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

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

$$R_2 = SX_2$$

எனவே ஓடும்நிலையில் திருப்புவிசையானது சுழலின் ஒருகட்ட மின்தடை = நழுவு * சுழலியின் நிலையான நிலையில் ஒருகட்ட எதிர்ப்பு ஆக இருக்கும்போது உச்ச வரம்பில் இருக்கும்

உச்சவரம்பு திருப்புவிசையைக் கணக்கிட $R_2 = SX_2$ எனக் கொள்க

$$T_r \propto \frac{SR_2}{R_2^2 + (SX_2)^2}$$

$$T_m \propto \frac{S(SR_2)}{(SX_2)^2 + (SX_2)^2}$$

$$T_m \propto \frac{S^2 X_2}{2S^2 X_2^2} \propto \frac{1}{2X_2}$$

$$T_m \propto \frac{1}{2X_2}$$

உச்சவரம்பு திருப்புவிசையின் நழுவு = $S = \frac{R_2}{X_2}$

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

3.1.5 திருப்புவிசை நழுவுபான்மை சிறப்பியல்பு

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

ஒடும்நிலையில் மின்மோட்டாரின் திருப்புவிசை வெவ்வேறு சுழலியின் மின்தடையின் மதிப்பிற்கு திருப்புவிசை நழுவுபான்மை படம் 6ல்காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் நழுவின் மதிப்பு 0 விலிருந்து 1 வரைக்கும் கொண்ட பல வரைபடங்கள் வரையப்பட்டுள்ளன.

Case 1

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

Case 2

சுழலியின் வேகம் ஒத்தியங்கு வேகத்தின் மதிப்பை நெருங்கியநிலையில் 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 சிறப்பியல்பானது ஒரு நேர்கோட்டில் அமையும் என்பது தெளிவாகிறது.

Case 3

மின்மோட்டாரில் பளு அதிகரிக்கும்போது சுழலியின் வேகம் குறைவதால் நழுவின் அளவு அதிகரிக்கிறது. சமன்பாடு 1ன்படி திருப்புவிசையும் அதிகரிக்கிறது.

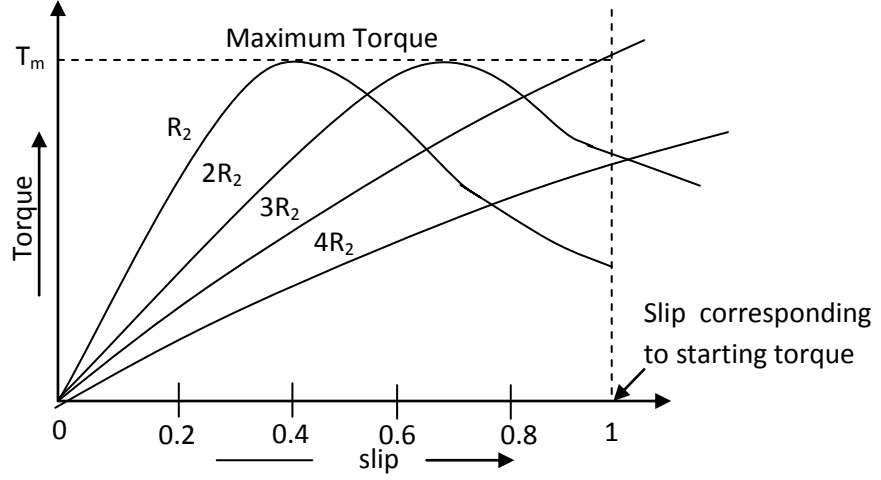
நழுவு $S = R_2 / X_2$ என்ற நிலை வரும்போது திருப்புவிசை உச்சவரம்பை அடையும். இந்த திருப்புவிசைக்கு வெளியிழுப்பு திருப்புவிசை (Pullout Torque) என்று பெயர். இதற்கு மேலும் பளுவை அதிகரிக்கும்போது நழுவு மேலும் அதிகரிப்பதால் SX_2 ன் மதிப்பு அதிகமாகும். இந்த SX_2 ன் மதிப்பு R_2 ன் மதிப்பைவிட மிக அதிகமாக இருக்கும். 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 நழுவின மதிப்பிற்கு திருப்புவிசை நழுவுபான்மை படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு செவ்வக மிகை வடிவ(hyperbola) வடிவத்தில் அமையும்.



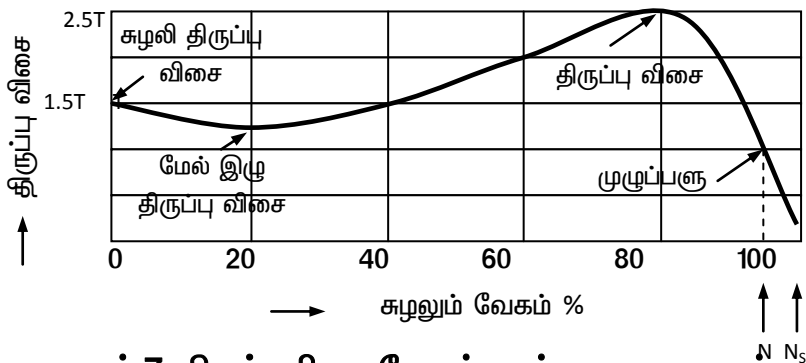
படம் 6 திருப்பு விசை நழுவு பான்மைகள்

எனவே சிறப்பியல்பிலிருந்து வரையறுக்கப்பட்ட பளுவரை நழுவு அதிகரிக்க திருப்புவிசையும் அதிகரிக்கிறது என்பது தெளிவாகிறது. அதற்குமேல் பளு அதிகமாகும்போது நழுவு அதிகமாவதுடன் திருப்புவிசை குறைகிறது. மேலும் பளுவை அதிகரித்தால் மின்னோடியின் வேகம் குறைந்து ஒருநிலையில் நின்று விடும். இந்நிலையில் நழுவு 1 ஆக இருக்கும்.

எனவே $S = 0$ விலிருந்து உச்சவரம்பு திருப்புவிசைக்கான நழுவு அரை உள்ள பகுதி மின்மோட்டாரின் உறுதியான பகுதியாகும். உறுதியான இயங்குபகுதி படத்தில் கோட்டு காட்டப்பட்டுள்ளது. உச்சவரம்பு திருப்புவிசைக்கான நழுவுவிலிருந்து $S = 1$ வரை உள்ள பகுதி உறுதியில்லாத இயங்குபகுதியாகும்.

3.2 திருப்புவிசை வேகம் சிறப்புவரைகள்

மூன்றுகட்ட தூண்டல் மின்மோட்டாரின் திருப்புவிசை அதன் வேகத்தைப் பொறுத்து அமையும். ஆனால் சாதாரண சமன்பாட்டின் மூலம் அதன் உடன்பாட்டை



படம் 7. திருப்புவிசை வேகம் பான்மை வரைபடம்

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

மேற்கூறிய வளைவு வரைபடம் பின்வரும் உண்மைகளைக் கூறுகிறது.

1. முழுப்பளு திருப்புவிசை = T என்றால்

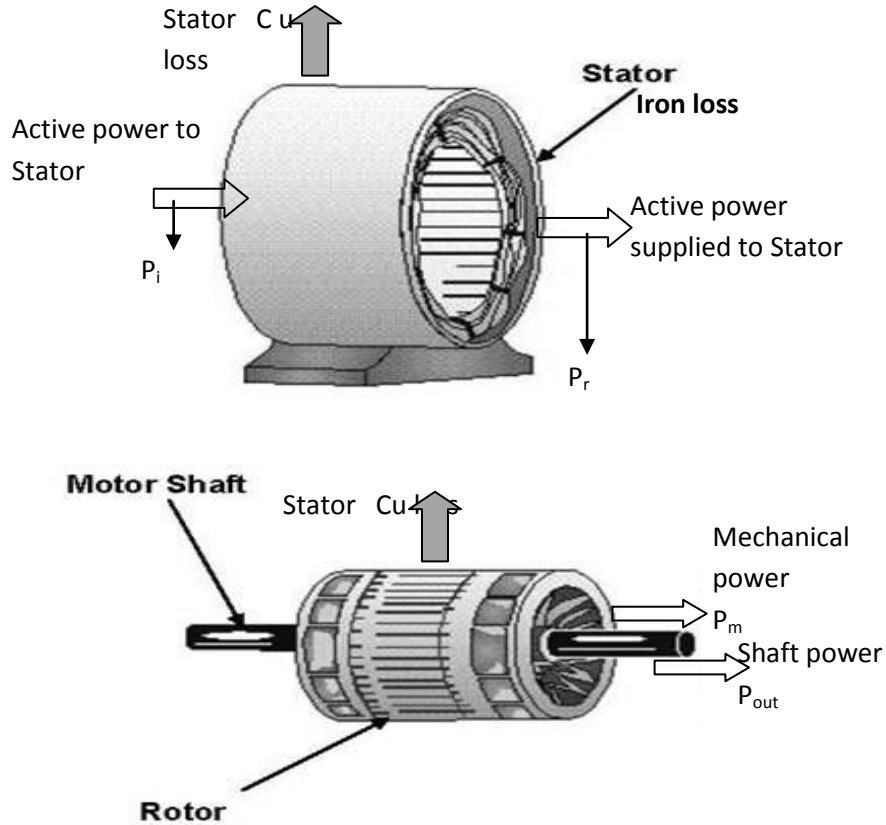
2. ஆரம்பத் திருப்புவிசை = $1.5T$

உச்சவரம்பு திருப்புவிசை = $2.5T$

3. முழுப்பளுவில் மின்னோடியானது N என்ற வேகத்தில் சுழல்கிறது. இயந்திரப் பளு அதிகரிக்கும்போது மின்னோடியின் திருப்புவிசையானது பளுவின் திருப்புவிசையும் சமமாக இருக்கும்போது வேகம் குறைகிறது. இரண்டு திருப்புவிசையும் சமமாக இருக்கும்போது மின்னோடியானது நிலையான குறைந்த வேகத்தில் சுழல்கிறது. எப்படி இருந்தாலும் திருப்புவிசை $2.5T$ ஐ விட அதிகரிக்கும்போது மின்னோடியானது உடனே நின்றுவிடுகிறது.

தூண்டல் மின்னோடியின் திறன்நிலைகள்

மின்னோடியின் நிலையகத்துக்கு கொடுக்கப்படும் மின்திறனானது அச்சத் 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 ஓடும்போது சுழலி மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் மிகக்குறைவாக இருப்பதால் சுழலியின் இரும்பு புறக்கணிக்கப்படுகிறது.

2. மாறும் இழப்புகள்

(அ) நிலையக தாமிர இழப்பு

(ஆ) சுழலி தாமிர இழப்பு

படம் 8 ஆனது உள்ளீடு மின்திறனையும் இழப்புகளையும் வெளியீட்டு இயந்திரத் 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 இயந்திரத்திறன்

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

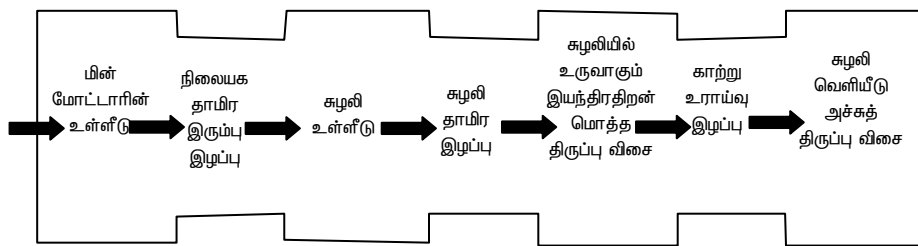
இந்த கிடைக்கக்கூடிய இயந்திரத்திறன் மொத்த இயந்திரத்திறன் ஆகும்.

இது மொத்த திருப்புவிசை (T_g) ஐ உருவாக்குகிறது.

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

அச்சத்தண்டில் உள்ள மின்திறனானது அச்சத்தண்டு

திருப்புவிசை (T_{sh}) ஐ உருவாக்குகிறது.



படம் 9 திறன் பாய்ச்சலின் கட்டப்படம்

படம் 9ல் மூன்றுகட்ட மின்னோடியின் கட்டப் படத்தைக் காட்டுகிறது.

தூண்டல் மின்னோடியின் திருப்பு விசை

எந்தவொரு மின்னோடியிலும் கிடைக்கக்கூடிய இயந்திரத்திறன்

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

முறையே

$$N = \text{மின்னோடியின் வேகம் (rpm)}$$

$$T = \text{உருவாக்கப்பட்ட திருப்புவிசை (N-m)}$$

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

சுழலியின் மொத்த வெளியீடுதிறன் P_m எனவும் $N = \text{rpm}$ எனவும் கொண்டால் சுழலியின் மொத்தத் திருப்புவிசை

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

அதைப்போல் $T_{sh} = 9.55 * \frac{P_{out}}{N} N - m$

சுழலியின் வெளியீடு

சுழலியின் $(T_{g_{N-m}})$ எனவும் வேகம் $N(\text{rpm})$ எனவும் கொண்டால் சுழலியின்

$$\text{மொத்த வெளியீடு} = \frac{2\pi NT_g}{60} \text{ Watts}$$

சுழலியில் தாமிர இழப்பு இல்லை எனக்கொண்டால் 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

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

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

சுழலி உள்ளீடு

சுழல தாமிர இழப்பு $S * \text{சுழலி உள்ளீடு}$

$$2. \quad \begin{aligned} \text{சுழலியின் மொத்த வெளியீடு } P_m &= (\text{சுழலி உள்ளீடு} - \text{சுழலி இழப்பு}) \\ &= \text{சுழலி உள்ளீடு } S * \text{சுழலி உள்ளீடு} \\ &= \text{சுழலி உள்ளீடு} (1 - S) \end{aligned}$$

$$3. \quad \frac{\text{மொத்த சுழலி வெளியீடு}}{\text{சுழலி உள்ளீடு}} = 1 - S = \frac{N}{N_s}$$

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

தொடக்கி தேவைக்கான காரணம்

மூன்றுகட்ட தூண்டல் மின்மோட்டாருக்கு ஆரம்பத்தில் முழு மின்னழுத்தத்தை கொடுக்கும்போது முதலில் எதிர்ப்பு மின்னியக்குவிசை 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 செய்யும்போது மற்ற மின்சாதனங்களைப் பாதிக்கும். எனவே ஆரம்பத்தில் மின்மோட்டாருக்கு குறைந்த மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்து ஆரம்ப மின்னோட்டத்தை கட்டுப்படுத்த தொடக்கியானது தேவைப்படுகிறது.

தூண்டல் மின்மோட்டார் தொடக்கிகள் வேலைகளைச் செய்கின்றன.

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

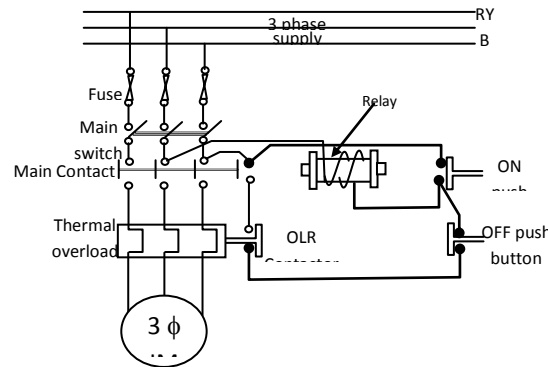
3.3 தொடக்கியின் வகைகள்

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

3.3.1 நேர் தொடக்கி (Direct On-Line Starter)

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

நேர் உடன் நிகழ்வு D.O.L தொடக்கியின் அமைப்பு படம் 10ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 10 DOL தொடக்கி

செயல்பாடு

இயங்குநிலைப் பொத்தானை அழுத்தியவுடன் அஞ்சல் (Relay) இரண்டு கட்டங்களுக்கு இடையில் இணைப்பு ஏற்படுவதால் ஆற்றலடைகிறது. எனவே அஞ்சலினுள் இருக்கும் இரும்புத் துண்டானது காந்தசக்தியைப் பெற்று இணைப்பானை கவர்கிறது. இந்த இணைப்பானை (Contactor) மூன்றுகட்ட மின்சாரக்கம்பியை மின்மோட்டாருடன் இணைக்கிறது. எனவே மின்மோட்டாருக்கு முழு மின்னழுத்தம் கிடைத்து சுழல்கிறது. 'நிறுத்து'நிலைப்

பொத்தானை அழுத்தும்போது Relay க்கு மின்சாரம் துண்டிக்கப்படுவதால் அஞ்சல் திறனிழந்து இணைப்பானை துண்டிப்பதன் மூலம் மின்சாரம் கம்பியிலிருந்து மின்னோட்டத்தைத் துண்டிக்கிறது. மின்னோடி அதிகப்பளு ஆகும்போது மின்கம்பியில் அதிக மின்னோட்டம் பாய்கிறது. வெப்ப மிகைபளு அஞ்சல் (Thermal Overload Relay) தொடர் இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால் அஞ்சல் உருவாகும் வெப்பமானது கட்டுப்படுத்தும் சுற்றின் மூலம் மின்சாரத்தை இணைப்பான் வழியாக துண்டிக்கின்றன.

மின்சாரம் துண்டிக்கப்படும்போது அஞ்சலுக்கு மின்சாரம் கிடைக்காத காரணத்தினால் அது திறனிழந்து இணைப்பானை துண்டிக்கின்ற காரணத்தினால் மின்சாரமானது நின்றுவிடுகிறது.

நன்மைகள்

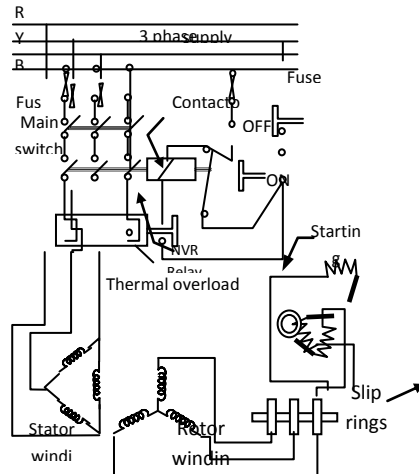
1. அமைப்பு எளிதானது
2. எளிதாக நிறுவலாம்
3. பராமரிப்பு எளிது
4. விலைகுறைவு

தீமைகள்

1. இவ்வகை தொடக்கிகள் மொத்தத்திறன் மின்மோட்டாருக்கு மட்டும் பொருத்தமானது
2. ஆரம்ப மின்னோட்டம் மிகஅதிகமாக இருக்கும்
3. குறுகியநேரத்தில் வரையறுக்கப்பட்ட வேகத்தை அடையும் மின்மோட்டார்களுக்கு தொடக்கி பொருத்தமானது.

3.3.2 சுழலி மின்தடை தொடக்கி (நழுவு வளைய தூண்டல் மின்னோடி)

நழுவுவளையத் தூண்டல் மின்னோடியை ஆரம்பிக்க சுழலி மின்தடை தொடக்கி பயன்படுகிறது. நிலையகத்துக்கு முழு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டு நழுவுவளைய மின்னோடியை ஆரம்பிக்கப்படுகிறது. சுழலியின் ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் வேறுபடுத்தக்கூடிய மின்தடை இணைக்கப்பட்டு ஆரம்ப மின்னோட்டம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. சுழலிச்சுற்றுக்கு தொடர் இணைப்பாக வேறுபடுத்தக்கூடிய மின்தடை இணைத்திருப்பதால் ஆரம்பத் திருப்புவிசை அதிகமாகிறது. (ஏனெனில் $T \propto R^2$) நழுவுவளைய தூண்டல் மின்னோடியில் சுழலிசுருள்கள் ஸ்டார் இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டு மற்ற மூன்றுமுனைகளும் அச்சுத்தண்டின் மேலுள்ள வளையத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 11 ஸ்டார் -டெல்டா தொடக்கி

படம் 11ல் காட்டியுள்ளவாறு வெளி மின்தடை நழுவுவளையத்துடன் தொடர் இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஆரம்பத்தில் முழு மின்னழுத்தமும் நிலையகத்துக்கு கொடுக்கப்படும்போது முழு மின்தடையும் சுழலியினை ஒவ்வொரு கட்டச் சுருளிலும் தொடரில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். எனவே ஆரம்ப மின்னோட்டம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. பின் மின்னோடியானது 80% வேகத்தை அடைந்ததும், கைப்பிடியை படிப்படியாக சுழற்றி மின்தடையைக் குறைத்து சுழிக்கு கொண்டுவர வேண்டும். இப்போது மின்னோடி சுழல் மின்தடையில்லாமல் சுழல ஆரம்பிக்கிறது. அதிக மின்திறனுடைய மின்னோடிகளில் இந்த சுழலிமின்தடை அமைப்பானது எண்ணெயில் மூழ்கி இருக்குமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

நன்மைகள்

1. ஆரம்பத் திருப்புவிசை அதிகம்.
2. ஆரம்ப மின்னோட்டம் மிகக்குறைவு
3. அதிகம் பளுவுடன் மின்னோட்டம் இயக்க ஆரம்பிக்கலாம்.

3.4 தூண்டல் மின்னோடியின் வேகக்கட்டுப்பாடு (Speed Control of Induction Motor)

ஒத்திசைவு வேகத்தின் சமன்பாடானது (Equation for Synchronous Speed)

$$N_s = \frac{120f}{p}$$

சுழலியின் வேகமானது (Rotor Speed)

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

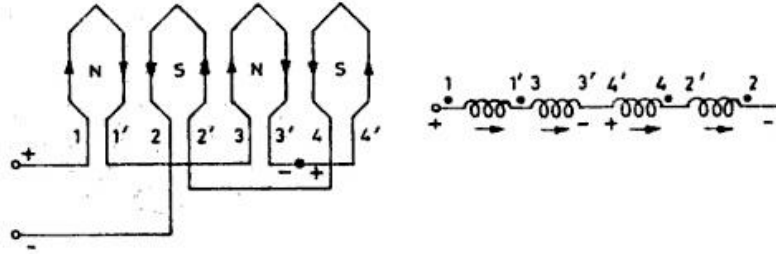
S → நழுவம் (Slip)

மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சமன்பாடுகளை வைத்து பின்வரும் முறைகள் மூலம் வேகக்கட்டுப்பாடுகளை பெறலாம்.

(1) துருவ எண்ணிக்கையை மாற்றுதல் (Pole Changing Method)

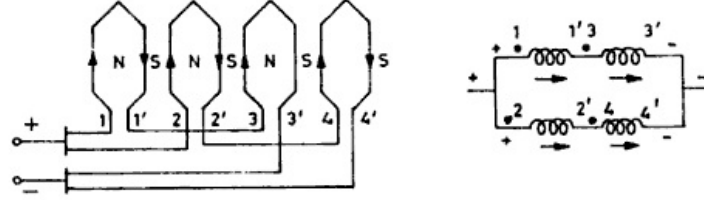
இந்தவகை வேகக்கட்டுப்பாட்டு முறையில் ஒவ்வொரு கட்டத்தின் நிலையக சுருள்கள் இரண்டு வகையாக பிரிக்கப்படுகிறது. அந்தச் சுருள்களை தொடராகவும் இணையாகவும் இணைக்கப்பட்டு, ஒருவகை சுருளில் மட்டுமே மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றும்போது இரண்டு வெவ்வேறு துருவங்களின் எண்ணிக்கை பெறப்படுகிறது. அவை 2:1 என்ற விகிதத்தில் இருக்கும். இந்த முறையானது அணில்கூண்டு மின்னோடி வகையில் மட்டுமே சாத்தியமாகும்.

கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள வரைபடத்தில் ஒரேகட்டத்தில் உள்ள நான்கு சுருள்கள் தொடராக இணைக்கப்பட்டு நான்கு துருவங்கள் பெறப்படுகிறது. சுருள் "2" மற்றும் சுருள் "4"ல் மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றி, அந்தச்சுருளை தொடராக இணைக்கப்பட்டிருக்கும் சுருள் "1" மற்றும் சுருள் "3"க்கு இணையாக இணைத்தால் எட்டுதுருவங்கள் பெறப்படும். சுருள் "1" மற்றும் சுருள் "3"ல் மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றாமலும் சுருள் "2" மற்றும் சுருள் "4"ல் மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றியும் இந்தமுறை செயல்படுத்தப்படுகிறது.



(a) Four-pole (series).

படம் - 12 நான்கு துருவம்



(b) Eight-pole (parallel) consequent pole.

படம்-13 எட்டு துருவம்

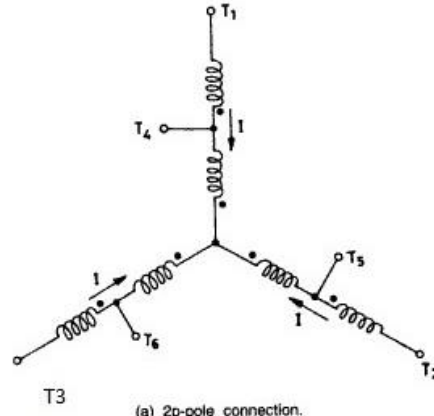
மாறா திருப்புவிசை மற்றும் மாறா குதிரைத்திறன் செயல்பாடு (Constant Torque and Constant HorsePower Operation)

துருவங்களின் எண்ணிக்கையை மாற்றும்போது, இவை மாறா திருப்புவிசை அல்லது மாறா குதிரைத்திறன் என்று இருவகையில் ஏதேனும் ஒன்றினைக் கொண்டு செயல்படுகிறது. மாறா திருப்புவிசையால், நிலையாக சுருளானது தொடர் - ஸ்டார் (Series Star) மற்றும் இணை-ஸ்டார் (Parallel- star) என்று இருவகையாக இணைக்கப்படுகிறது.

அதேபோல் மாறா குதிரைத்திறன் செயல்பாட்டில் தொடர்- டெல்டா (Series-Delta) மற்றும் இணை-ஸ்டார் (Parallel-Star) என்று இருவகையாக இணைக்கப்படுகிறது.

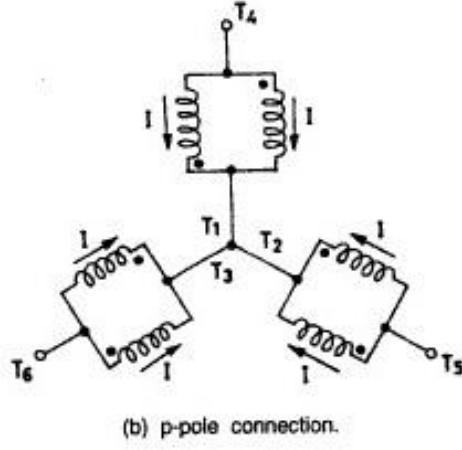
(a) மாறா திருப்புவிசை செயல்பாடு (Constant Torque Operation)

மாறா திருப்புவிசை செயல்பாட்டில், துருவஎண்ணிக்கை மாற்றமானது, தொடர்-ஸ்டார், அல்லது இணை-ஸ்டார் இணைப்புகள் மூலம் மேற்கொள்ளப்படுகிறது. தொடர்-ஸ்டார் இணைப்புகளில் இரண்டு மடங்காக துருவங்களின் எண்ணிக்கை அதிகப்படுத்தப்படுகிறது.

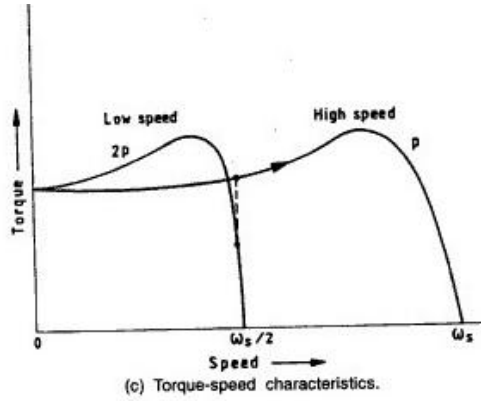


(a) 2p-pole connection.

படம்-14 2P- துருவ இணைப்பு



படம்-15 P – துருவ இணைப்பு



படம் - 16 திருப்பு விசை வேகம் சிறப்பு வரைகள்

சமன்பாடு:

- V → வழங்கப்படும் மின்னழுத்தம்
 I → சுருள் எடுத்துச் செல்லும் அதிகப்படியான மின்னோட்டம்.

தொடர் – ஸ்டார் (Y) இணைப்பு (**Series – Star Connection**) :
 மின்னோடி பெறும் திறனானது.

$$P_Y = \sqrt{3}(VI \cos \phi_Y).$$

இணை-ஸ்டார் (YY) இணைப்பு (**Parallel-Star Connection**):

மின்னோடி பெறும் திறனானது,

$$P_{YY} = 2\sqrt{3}(VI \cos \phi_{YY}).$$

திறன்காரணி மாறாத நிலையில் இணை-ஸ்டார் இணைப்பின் திறனானது தொடர்-ஸ்டார் இணைப்பின் திறனைவிட இரண்டு மடங்காக இருக்கும்.

(b) மாறா குதிரைத்திறன் செயல்பாடு

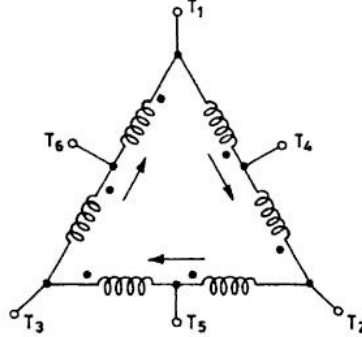
மின்னோடி பெறும் திறனானது,
 தொடர் – டெல்டா (Δ) இணைப்பு:

$$P_{\Delta} = 3(VI \cos \phi_{\Delta})$$

இணை-ஸ்டார் இணைப்பு

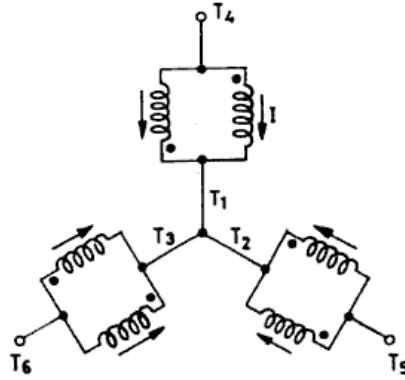
$$P_{\gamma\gamma} = 2\sqrt{3}(VI \cos \phi_{\gamma\gamma}) = 3.46(VI \cos \phi_{\gamma\gamma})$$

திறன்காரணி மாறிலியாக கொள்ளும்போது தொடர்-டெல்டா இணைப்பிலிருந்து இணை-ஸ்டார் இணைப்புக்கு மாற்றும்போது திறனானது வெறும் 15% மட்டுமே அதிகரிக்கிறது.



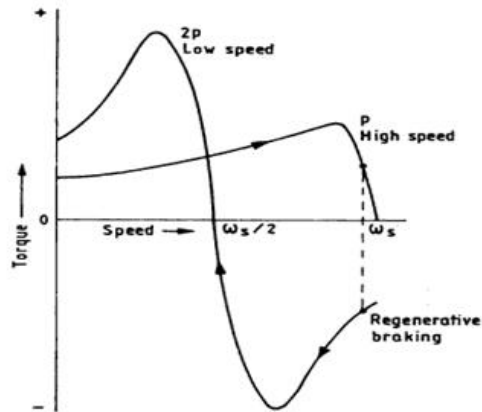
(a) 2p-pole connection.

படம்-17.2P – துருவ இணைப்பு



(b) p-pole connection.

படம்-18 P துருவ இணைப்பு



படம்-19 திருப்புவிசை வேகம் சிறப்பு வரைகள்

(2) நிலையக அதிர்வெண்ணை மாற்றுதல் (Stator Frequency Variation)

இந்தமுறை அரிதாக பயன்படுத்தப்படும் முறையாகும். அதிர்வெண் மாறும்போது மின்னோடியின் வேகமும் மாறுகிறது. மின்னோடியின் மின்னியக்கு விசையின் சமன்பாடானது.

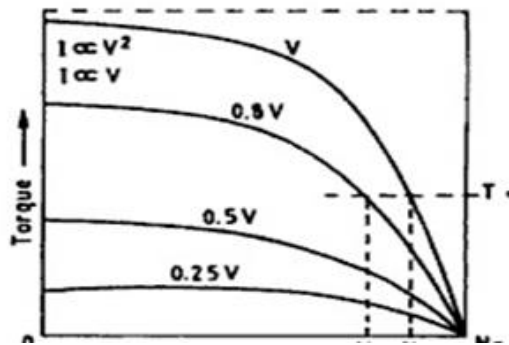
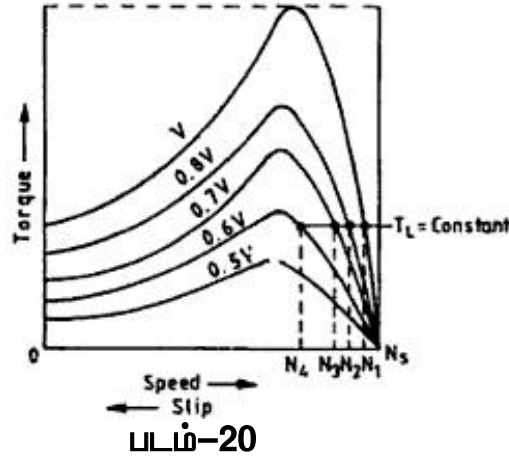
$$E = 4.44k_w \phi_m f T_{pn} \left(\frac{\text{volts}}{H_z} \right)$$

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையானது, என்று குறிப்பிடுகின்றோம். நிலையகத்தில் உள்ள இழப்புகளை தவிர்த்தால் என $E=V$ கொள்ளலாம் ஆகவே.

$$\frac{v}{f} = 4.44k_w \phi_m T_{ph} \left(\frac{\text{volts}}{H_z} \right).$$

அதிர்வெண் மதிப்பை குறைக்கும்போது, கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தையும் குறைக்கவேண்டும். ஆகவே காந்தப்பாயம் மாறாதவகையில் வைத்து செயல்படுத்த வேண்டும். இந்தமுறை வேகக்கட்டுப்பாட்டில் அதிகபட்ச திருப்புவிசையும் மாறிலியாக இருக்கிறது. இம்முறையானது, அடிப்படை அதிர்வெண் கீழ் கட்டுப்படுத்த பயன்படுகிறது. மின்னழுத்தம் மற்றும் அதிர்வெண் அதன் மதிப்பிற்கு மேல் செல்லும்போது மின்னழுத்தம் மாறிலியாக ஆகும். ஆகவே, காந்தப்பாயம் மற்றும் அதிகபட்ச திருப்புவிசை குறைகிறது.

நிலையக மின்னழுத்தத்தை மாற்றுதல் (Stator Voltage Variaton)



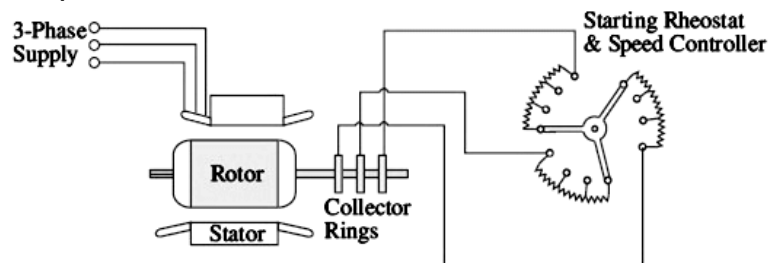
இந்தமுறை மிகவும் எளிமையான மற்றும் சிக்கனமான முறையாக இருந்தாலும் இம்முறை பின்வரும் காரணங்களால் அரிதாக பயன்படுத்தப்படுகிறது.

- (i) குறைந்த வேகமாற்றத்திற்காக அதிகப்படியான மாற்றங்கள் மின்னழுத்தத்தில் செய்யப்படவேண்டும்.
- (ii) மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் பெரியமாற்றமானது காந்தப்பாயத்தில் பெரிய மாற்றங்களை ஏற்படுத்தி மின்னோடியின் காந்தச்சூழலுக்கு இடையூறு விளைவிக்கின்றது.

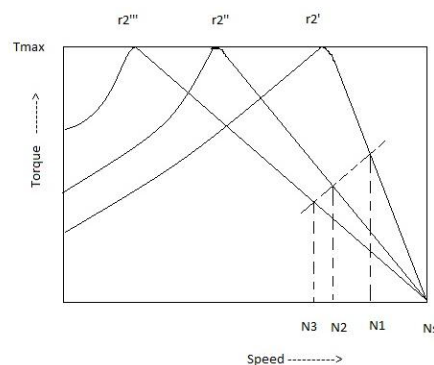
(3) சுழலி மின்தடையை மாற்றுதல் (Rotor Rheostatic Variation)

இந்தமுறை நழுவுவளைய மின்னோடியில் மட்டுமே பயன்படுகிறது. மின்னோடியின் வேகத்தை மின்தடை இணைப்பதன் மூலம் குறைக்கலாம். இந்த முறையானது நேர்திசை பக்க மின்னோடியில் பயன்படுத்தப்படும் சுழல்சுருள் மின்தடை கட்டுப்பாடுமுறை போன்றதாகும். மின்னோடி ஒத்திசைவு வேகத்தில் செயல்படும்போது திருப்புவிசை, $T \propto \frac{S}{R_2}$ ஆகவே கொடுக்கப்பட்ட திருப்பு விசைக்கு, சுழலி மின்தடை R_2 வை அதிகரிப்பதன் மூலம் வேகத்தினை குறைக்கலாம்.

இந்தமுறையில் I^2R இழப்பானது R_2 வின் மதிப்பை அதிகரிப்பதன் மூலம் அதிகமாகிறது. ஆகவே மின்னோடியின் செயல்பாட்டுத்திறன் குறைகிறது. இழப்பானது வேகக்குறைப்புக்கு எதிர்தகவில் அமைகிறது. வேகமானது R_2 வை மட்டுமில்லாமல் சுமையையும் பொறுத்து வேறுபடுகிறது. இந்தமுறையில் இழப்பின் காரணமாக இதனை அரிதாக மற்றும் குறைந்த காலத்திற்காக பயன்படுத்துகின்றோம்.



படம் 22 சுழலி மின்தடையை மாற்றுதல்

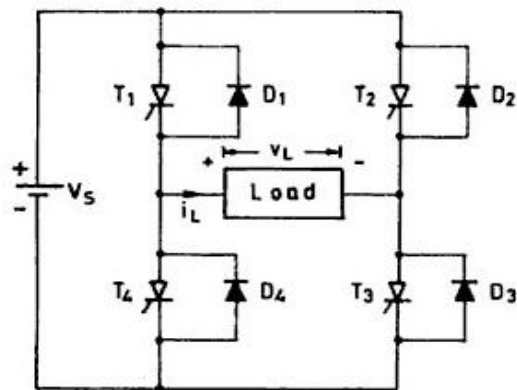


படம் 23

3.5 அடிப்படை மாறுதிசையாக்கி சுற்றுகள் (Basic Inverter Cricuits)

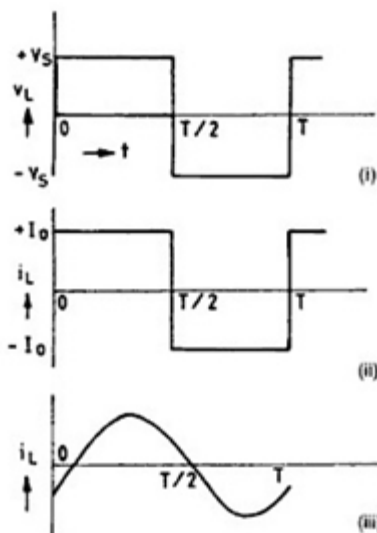
மாறுதிசையாக்கியின் செயல்பாட்டு நெறிமுறை வாயில்தடையத்தின் அறிமுகத்திற்கு முன்பிருந்தே அறியப்பட்டதாகும். வேகமாக செயல்படக்கூடிய வாயில்தடையம் மற்றும் விரைவு மீட்டாக்க டையோடுகளின் வளர்ச்சிக்குப் பிறகு மின்னழுத்த மூலம் மற்றும் மின்னோட்ட மூலம் மாறுதிசையாக்கியின் பயன்களை கருதியும் இது தூண்டல் மின்னோடியின் மாறுபடும் அதிர்வெண் செயல்பாட்டிற்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த வளர்ச்சிக்கு பிறகு துடிப்பு அகல பண்பேற்றி என்னும் முறையும் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது.

3.5.1 ஒருகட்ட இணை மாறுதிசையாக்கி (Single Phase Bridge Inverter) :



(a) Power circuit with reverse recovery diodes.

படம்-24 சுற்று வரைபடம்



(b) மின்னழுத்த அலைபடிவம் (ii) & (iii) மின்தடை (R) மற்றும் மின்தூண்டி கமையுடைய மின்னோட்ட அலைபடிவம்.

படம்-25 அலைபடிவ வரைபடம்

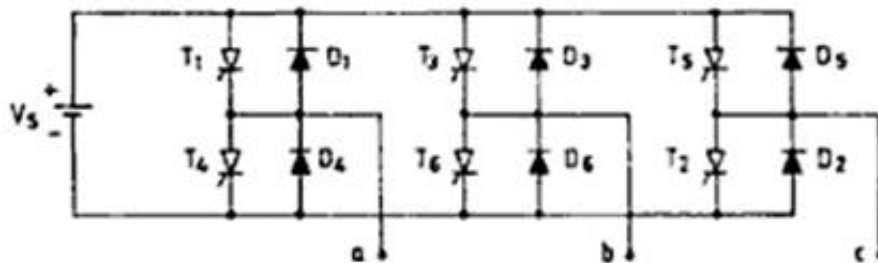
ஒருகட்ட இணை மாறுதிசையாக்கி சுற்றின் வரைபடம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. டையோடுகள் வாயில்தடையத்திற்கு இணையாகவும் எதிர்திசையிலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னழுத்த அலைபடிவம் சதுரமாகவும், நிலைமாற்றும் நிலைமாற்றம் அதற்கு தகுந்தாற்போலவும் இருக்கும்.

மின்தடையுள்ள சுமையாக இருப்பின் மின்னோட்ட அலைபடிவம், மின்னழுத்த அலைபடிவத்தை போலவே இருக்கும். மின்தடை மட்டுமுள்ள சுமையாக இருப்பின் டையோடுகள் தேவையில்லை. மின்தூண்டி உள்ள சுமையாக இருப்பின் சரியான செயல்பாட்டிற்கு டையோடுகளின் தேவை அவசியமாகிறது. மின்னழுத்தத்தின் திசை மாறுபடும்போது மின்தூண்டியில் சேமிக்கப்பட்ட சக்தியானது டையோடுகள் மூலம் திருப்பி கொடுக்கப்படுகிறது. மாறுதிசையாக்கியின் அதிர்வெண்ணானது வாயில் தடையத்திற்கு கொடுக்கப்படும் துடிப்பின் மூலம் கட்டுப்படுத்தலாம்.

மூன்றுகட்ட இணை மாறுதிசையாக்கி (Three Phase Inverter Circuits)

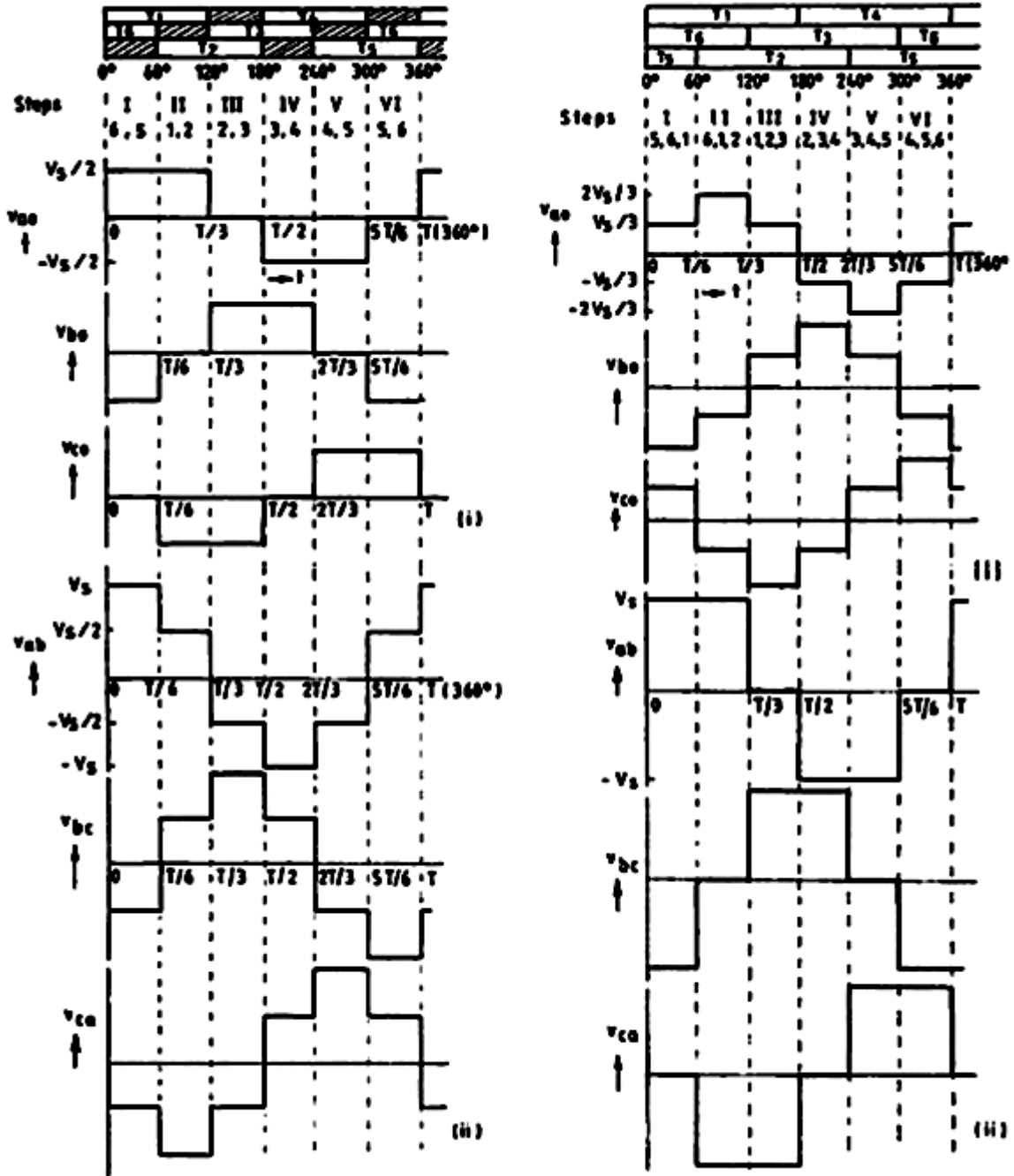
மூன்றுகட்ட இணை மாறுதிசையாக்கியின் சுற்றுகள் மற்றும் அதன் அலைபடிவம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. 120° கடத்தத்திற்கு, வாயில்தடையம் $\alpha = 0^\circ$ என்ற நிலையில் துடிப்பு கொடுக்கும்போது பெறும் வரைபடம் விளக்கப்படுகிறது. மின்தூண்டியுள்ள சுமையாக கருதப்படுவதால் டையோடுகளை பயன்படுத்துகின்றோம். அலைவெண்ணானது, வாயில்தடையத்திற்கு கொடுக்கப்படும் துடிப்பை வேறுபடுத்துவதன் மூலம் வேறுபடுத்தமுடியும்.

ஒவ்வொரு வாயில்தடையமும் 180° மின்னோட்டத்தை கடத்தும். அதாவது T_1 ஆனது முதல் அரைசுழற்சிக்கும். T_4 ஆனது இரண்டாவது அரைசுழற்சிக்கும் மின்னோட்டத்தை கடத்துகின்றது. மற்ற வாயில்தடையங்களும் 60° இடைவெளியில் இயக்கப்படுகிறது. மேலே உள்ள வாயில்தடையங்களான T_1, T_3, T_5 ஆகியவை இடைவெளியில் இயக்கப்படுகிறது. வாயில்தடையத்தின் கடத்தமானது 120° அமையும்போது, கீழ்வரிசையிலுள்ள வாயில்தடையத்தில் ஏதேனும் ஒன்றுடன் சேர்த்து இயக்கப்படுகிறது.



படம்-26 சுற்று வரைபடம்

இதுவரை விளக்கப்பட்ட மாறுதிசையாக்கியானது “நேர்திசை தொடர்பு மாறுதிசையாக்கி” (DC Line Inverters) என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஏனென்றால் மாறுதிசையாக்கியின் உள்ளீடு நேர்திசை மின்னழுத்தத்தை முழுக் கட்டுப்பாட்டு அலைதிருத்தி அல்லது கட்டுப்பாடற்ற அலைதிருத்தியின் மூலம் மற்றும் அதனை தொடர்ந்து இடையிடை பிளவுபடுத்தி உள்ளீடு மின்னழுத்தத்தை வேறுபடுத்தி அதன்மூலம் வெளியீடு மின்னழுத்தத்தை வேறுபடுத்தலாம். மாறுதிசையாக்கியின்



120° கூத்தல் முறைக்கான அலைபடிவம் 180° கூத்தல் முறைக்கான அலைபடிவம்

படம்- 27 அலைபடிவ வரைபடம்

3.6 மாறுபடும் மின்னழுத்தம் மற்றும் மாறுபடும் அதிர்வெண் கட்டுப்பாடு (Variable Voltage Variable Frequency Control)

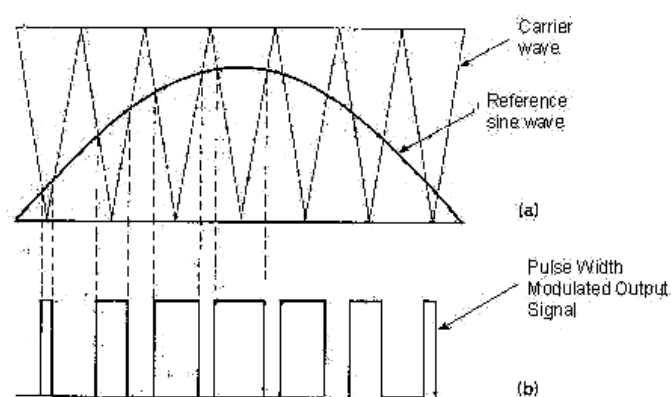
அதிர்வெண்ணை மாற்றும்போது மின்னழுத்தை வேறுபடுத்தி (V_f) விகிதத்தை மாறிலியாக கொள்ளவேண்டும். இந்தவகை கட்டுப்பாடுகள் இரண்டு அல்லது மூன்று பிரிவுகள் தேவைப்படுவதால் அதிக இழப்புகள் மற்றும் குறைந்த செயல்பாட்டுத்திறன் கொண்டதாக அமைகிறது. அதுமட்டுமல்லாமல்

குறைந்த அதிர்வெண் மதிப்பிற்கு, வடிகட்டி சுற்றின்மூலம் அளவு மற்றும் எடை அதிகரிக்கின்றது தொடர் மாறுதிசையாக்கி கட்டுப்பாடு (Series Inverter Control) மற்றும் துடிப்பு அகல பண்பேற்றி கட்டுப்பாடு (Pulse Width Modulation) மூலம் வெளியீடு மின்னழுத்தம் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. முதல் வகையானது இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மாறுதிசையாக்கி தொடரில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

துடிப்பு அகல பண்பேற்றம் கொண்ட மாறுதிசையாக்கி (Pulse width Modulated Inverter)

இந்தவகை மாறுதிசையாக்கியின் வெளியீடு மின்னழுத்தம், துடிப்புகளின் எண்ணிக்கை காலத்திற்கேற்ப வேறுபடுத்த முடியும். வெளியீடு மின்னழுத்தம் கட்டுப்படுத்துவதற்கு (v/f) விகிதத்தை மாறிலியாக வைக்கப்படுகிறது. இந்தவகையில் குறைந்தவகை ஹார்மோனிக்ஸ் (Lower Order Harmonics) குறைக்கப்படுகின்றது. ஆகவே வெறும் உயர்வகை ஹார்மோனிக்ஸ் (Higher Order Harmonics) மட்டும் வடிகட்ட வேண்டும். இதில் பயன்படுத்தப்படும் கருவிகள் ஆரம்பநேரம் (Turn-ON Time) மற்றும் முடியும் நேரம் (Turn – Off Time) குறைவாக இருக்கவேண்டும்.

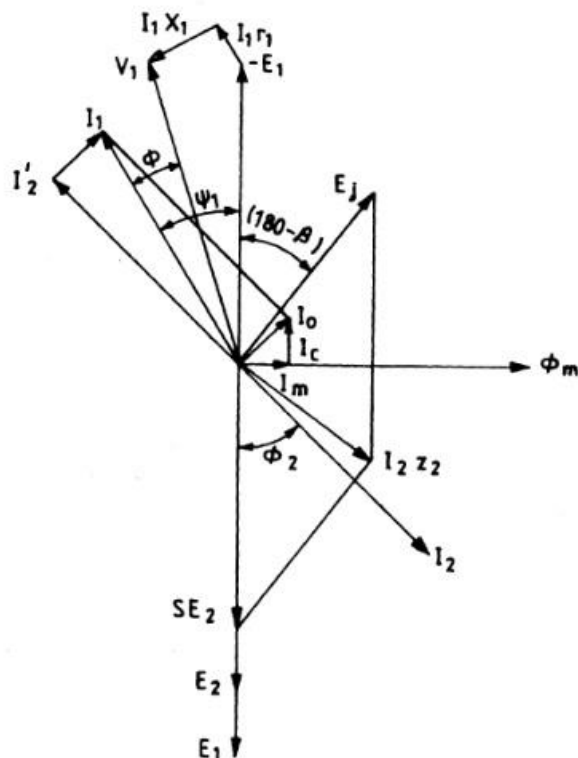
பண்பேற்றி இரண்டு வகைப்படுகின்றது அவை, (i) பலதரப்பட்ட துடிப்பு (Multiple Pulse) மற்றும் செவ்வளைவு பண்பேற்றி (Sinusoidal Modulation) எண்ணிக்கையை வேறுபடுத்துவதன் செவ்வளைவு பண்பேற்றி முறையில், செவ்வளைவு குறிப்பு அலைபடிவமானது (Sinesoid Reference Waveform), (Triangular Carrier Waveform) முக்கோண ஊர்தி அலைபடிவத்துடன் ஒப்பிட்டு அதன்மூலம் செயல்பட்டு அல்லது நிறுத்தப்பட்டு வெளியீடு மின்னழுத்தம் வேறுபடுத்தப்படுகின்றது.



படம் -28 துடிப்பு அகல பண்பேற்றம்

3.7 நழுவு திறன்மீட்பு (Slip Power recovery)

நழுவு அதிர்வெண் கொண்ட மின்னியக்கு விசையை துணைச்சுற்றில் கொடுக்கும்போது தூண்டல் மின்னோடியின் நிலையகம் மற்றும் சுழலியிலுள்ள மின்னோட்டங்களின் கட்ட வரைபடம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 29 கட்ட வரைபடம்

தூண்டல் மின்னோடியின் உள்ளீடு திறன்,

$$P_1 = V_1 I_1 \cos \phi_1 = E_1 I_1 \cos \phi_1 + I_1^2 r_1$$

மின்னோட்டங்களை E_1 மீது கூறுபடுத்துவதன் மூலம்

$$I_1 \cos \phi_1 = I_c + I_2' \cos \phi_2$$

E_1 மூலம் பெருக்கும்போது,

$$E_1 I_1 \cos \phi_1 = E_1 I_c + E_1 I_2' \cos \phi_2$$

$$P_1 = I_1^2 r_1 + E_1 I_c + E_1 I_2' \cos \phi_2$$

= நிலையாக தாமிர இழப்பு + இரும்பு இழப்பு + துணைச்சுற்றுக்கு மாற்றப்பட்ட திறன்,

மின்னியக்கு விசையை I_2 மீது கூறுபடுத்தினால்,

$$SE_2 \cos \phi_2 = I_2 r_2 + E_j \cos(180^\circ - \beta + \phi_2)$$

I_2 மூலம் பெருக்கும்போது,

$$SE_2 I_2 \cos \phi_2 = I_2^2 r_2 + E_j I_2 \cos(180^\circ - \beta + \phi_2)$$

நிலையகத்தில்,

$$SE_1 I_2' \cos \phi_2 = I_2' r_2' + E_j' I_2' \cos(180^\circ - \beta + \phi_2)$$

$(1-S) E_1 I_2' \cos \phi_2$ கொண்டு இருபக்கமும் சேர்க்கும்போது,

$$E_1 I_2' \cos \phi_2 = I_1^2 r_2' + E_j' I_2' \cos(180^\circ - \beta + \phi_2) + (1-S) E_1 I_2' \cos \phi_2$$

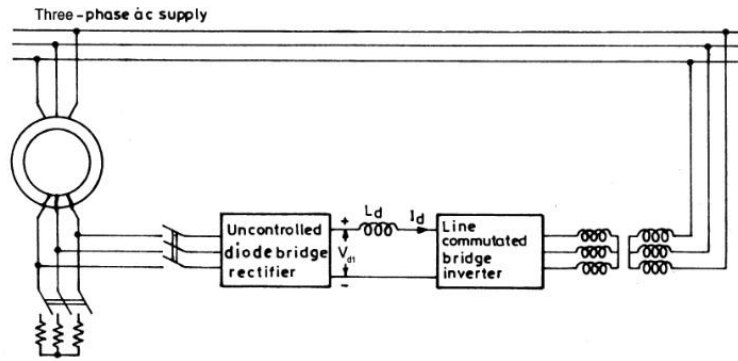
துணைச்சுற்றுக்கு திறனை மாற்றும்போது,

$P_2 =$ சுழலியின் தாமிர இழப்பு + நழுவு திறன் + இயந்திரத்திறன் வெளியீடு

காற்று இடைவெளியின் திறன் P_2 ஏறக்குறைய மாறிலியாகும். இழப்புகளை புறக்கணிக்கும்போது நழுவுதிறனை சீர்படுத்துவதன்மூலம் அல்லது நழுவு அதிர்வெண்ணில் இருக்கும் மின்னழுத்தம் E_j மூலமும் இயந்திரத்திறன் வெளியீட்டையும் நழுவுத்தையும் வேறுபடுத்துவது சாத்தியமாகும்.

3.7.1 கிராமர் கட்டுப்பாடு

நிலையான கிராமர் இயக்கி கீழே வரைபடத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அந்த சுற்றானது மூன்றுகட்ட டையோடு இணைப்பு அலைதிருத்தி மற்றும் மூன்றுகட்ட மாறுதிசையாக்கி மற்றும் மின்மாற்றி உடையதாகும். சுழலியின் வெளியீடானது நழுவு அதிர்வெண்ணில் இருக்கும் அதனை மின் அமைப்பின் அதிர்வெண்ணுக்கு மாற்றியமைக்கிறது மாறுதிசையாக்கியில் துடிப்பினை $\pi/2 < \alpha < \pi$ என்ற கோணத்தில் கொடுக்கப்படுகிறது. மின்னழுத்த மதிப்பு குறைவாக இருப்பதால் மின்மாற்றியை பயன்படுத்துகின்றோம்.



படம் 30 கிராமர் கட்டுப்பாடு

நிலையகம் மற்றும் சுழலியின் மின்னழுத்த இழப்புகளை புறக்கணிக்கும்போது அலை திருத்தியின் வெளியீடு மின்னழுத்தம்,

$$V_{d1} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot \frac{sV}{n}$$

$n \rightarrow$ நிலையகத்திற்கும் சுழலிக்கும் இடைப்பட்ட சுருள்களின் விகிதம் மாறுதிசையாக்கியின் வெளியீட்டு மின்னழுத்தம்,

$$V_{d2} = \frac{3\sqrt{6} V}{\pi} \cdot \frac{\cos \alpha}{m}$$

$m \rightarrow$ மூலத்தின் பக்கத்திற்கும் மாற்றியின் பக்கத்திற்கும் உள்ள மின்மாற்றியின் சுருள்களின் விகிதம் " α " மதிப்பு $\pi/2$ மற்றும் π இடையே இருக்கும்போது V_{d1} ஆனது "+Ve" ஆக இருக்கும் போது, V_{d2} ஆனது "-Ve" ஆக இருக்கும்.

$$V_{d1} + V_{d2} = 0$$

ஆகவே இதன்மூலம் திறனின் ஓட்டத்தை இருதிசையிலும் பாயச்செய்கிறது. பெரிய அளவிலான தூண்டல் மின்னோடியில் இம்முறையினை பயன்படுத்தி வேகத்தை நழுவுதிறனின் மீட்பின் மூலம் கட்டுப்படுத்துகின்றோம்.

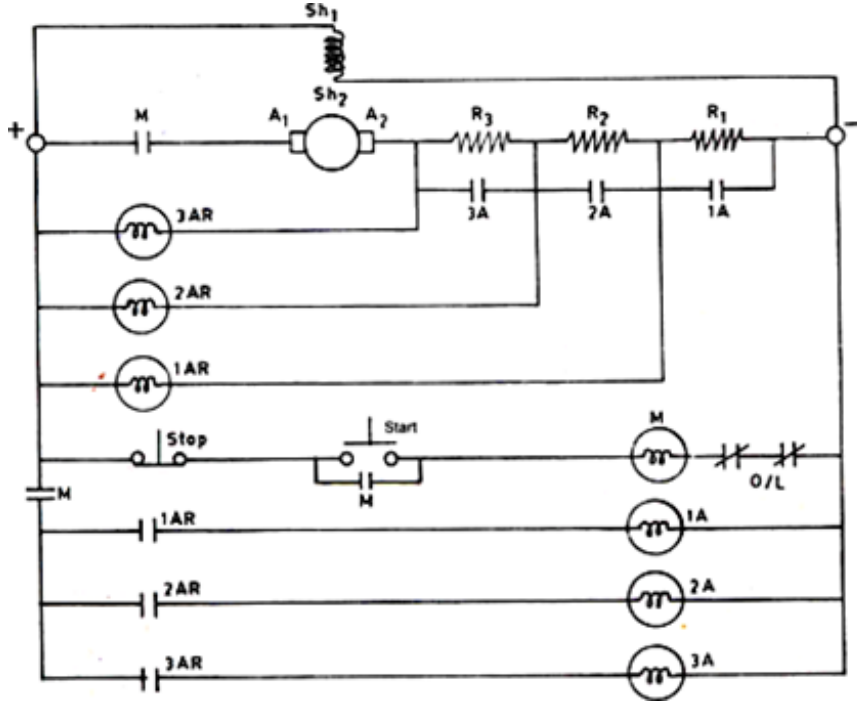
UNIT- IV

4. மின் இயக்கிகளின் தொடங்க வைப்பவை மற்றும் கட்டுப்பாட்டு அமைப்புகள்

4.1 நேர்மின்னோட்ட மின் இயக்கிகளை தொடங்க வைப்பவை

4.1.1 மின்னழுத்த உணரி இடைமாற்றீடுகள் மூலம் நேர்மின்னோட்ட மின் இயக்கிகளை ஆரம்பித்தல்

எதிர் மின்னியக்குவிசை மற்றும் வேகமானது, தொடர்பு அமைப்புகள் இயங்குவதற்கு உதவிசெய்கிறது. இந்தத் தொடர்பு அமைப்புகள் ஆரம்ப மின்தடையை படிப்படியாக குறைப்பதற்கும் அல்லது (நிறுத்த) செய்வதற்கும் பயன்படுகிறது. எதிர் மின்னியக்குவிசை வேகச்செய்கைகளை ஏற்படுத்தித் தருகிறது. படம் 4.1ஆனது சக்தி மற்றும் கட்டுப்பாட்டு அமைப்புகள் மூலம் நேர்மின்திசை இணை இயக்கி (DC Shunt Motor) எவ்வகையில் வேகத்தைக் கொண்டு ஆரம்பிக்கப்படுகிறது என்பதை விளக்குகிறது.



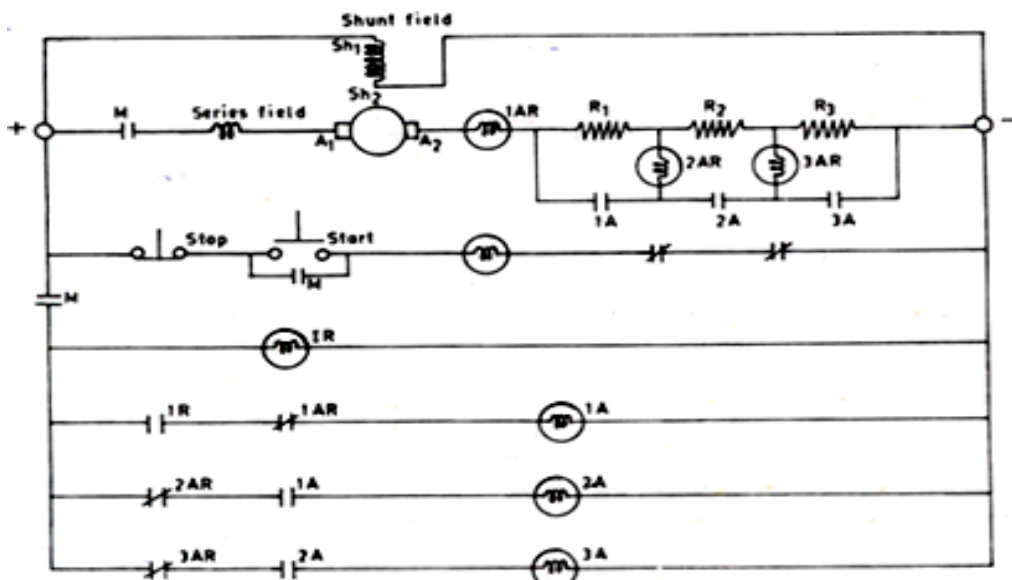
படம் 4.1 மின்னழுத்த உணரி இடைமாற்றீடுகள் மூலம் நேர்மின்னோட்ட மின்இயக்கிகளை ஆரம்பித்தல்

ஆரம்ப அழுத்தப்பொத்தான் அழுத்தப்படும்போது, இடைமாற்றீடு (Relay) M ஆனது செயல்பெற்று 'M' தொடர்பு அமைப்பை மூடிவிடுகிறது. மின் இயக்கியானது R_1, R_2 மற்றும் R_3 மின்தடைகளுடன் இயங்கத் தொடங்குகிறது. மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது மின்னகத்தின் (Armature) மின்னோட்ட மதிப்பு குறைகிறது. ஆரம்ப மின்னோட்டத்தின் குறைந்தஅளவை (I_2) நெருங்கியவுடன், இடைமாற்றீடு 1ARன் மின்னழுத்த அளவு $V_{IA} = Cw_1 + I_2(R_a + R_1 + R_2 + R_3)$ வரை அதிகரிக்கிறது. ஆரம்பச்சுருள் (Coil) 1A சக்தி பெற்றவுடன், 1A தொடர்பு அமைப்பை (Contactor) மூடிவிடுகிறது.

தற்சமயம் R_1 மின்தடை (Short Circuit) ஆகிறது. உடனடியாக, மின்னோட்டம் அதன்மிக உயர்ந்த அளவை அடைந்து பின் அதன் குறைந்த அளவான I_2 வை அடைகிறது. இடைமாற்றீடு $2AR$ மின்னழுத்தத்தை பெறும்போது அதன்மதிப்பு $V_{2A} = CW_2 + I_2(R_a + R_2 + R_3)$ வரை அதிகரிக்கிறது. தற்போது R_2 எனும் மின்தடையில்லாமல் மின்தடையை குறைத்து இல்லாமல் செய்துவிடுகிறது.

இதேபோன்று இடைமாற்றீடு $3AR$ மின்னழுத்தத்தை பெறும்போது, அதன்மதிப்பு $V_{3A} = CW_3 + I_3(R_a + R_3)$ ஆகும்போது R_3 எனும் மின்தடை இல்லாமல் மின்தடையை குறைத்து இல்லாமல் செய்துவிடுகிறது. இவ்வகையில், மின்னழுத்த உணரி இடைமாற்றீடு மூலமாக மின்னோட்ட மின் இயக்கிகளை தொடங்க வைக்கமுடியும்.

4.1.2 மின்னோட்ட உணரி இடைமாற்றீடுகள் மூலம் நேர்மின்னோட்ட மின் இயக்கிகளை ஆரம்பிக்கும்முறை



படம் 4.2. மின்னோட்ட உணரி இடைமாற்றீடுகள் மூலம் நேர்மின்னோட்ட மின் இயக்கிகளை ஆரம்பிக்கும்முறை

நேர்மின்னோட்ட இயக்கிகளை ஆரம்பிக்கும்போது, மின்னோட்டமானது அதன் அதிக மற்றும் குறைந்த அளவுகளுக்கிடையே மாறுபடுகிறது. இந்த மாறுபாடானது தேவையானபடி அளவுகள், பளுதாங்கும் திறன் மற்றும் முறுக்கு விசைமாற்றம் ஆகியவற்றை பொறுத்து அமையும். இதன் அடிப்படையானது ஆரம்ப நிலை மின்தடையானது படிப்படியாக குறைக்கப்பட்டு, இறுதியில் மின்தடை இல்லா நிலைக்கு கொண்டுவருதல் ஆகும்.

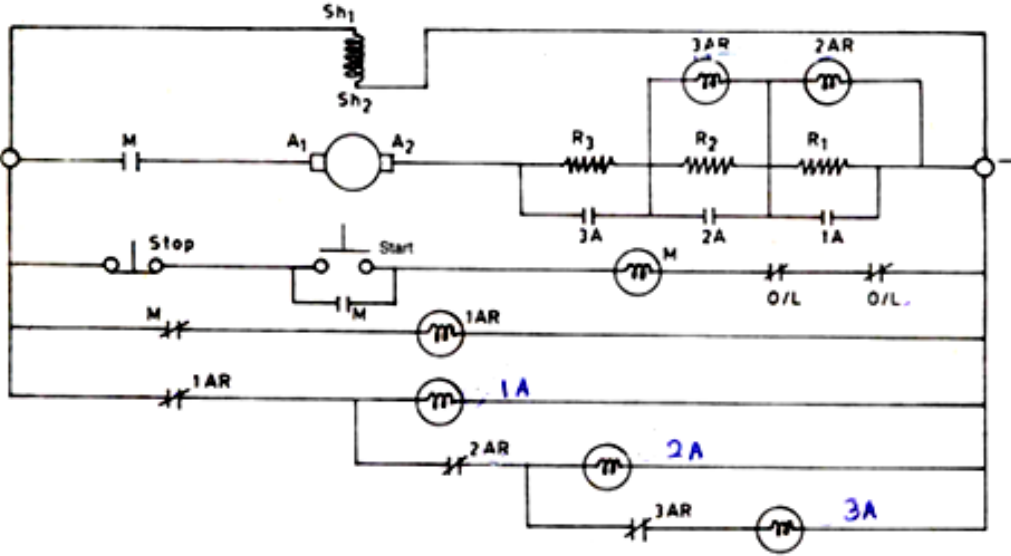
மின்னகத்தின் மின்னோட்டமானது குறைந்த அளவிற்கு வரும்போது, இடைமாற்றீடு செயல்பட்டு ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதி மின்தடையை குறைத்துவிடுகிறது. ஆரம்பக்கட்டத்தில், மின்னகத்தின் மின்னோட்டம் அதிகளவை அடைந்தவுடன் குறைய ஆரம்பிக்கிறது. இந்த உயர்ந்த மின்னோட்ட மதிப்பில், இந்த குறிப்பிட்ட முறுக்குவிசை இடைமாற்றீடு தொடர்புகள் திறக்கப்பட்டு விடுகிறது. குறைந்தளவு மின்னோட்ட நிலையின்போது, இந்த

முறுக்குவிசை இடைமாற்றீடு, ஆரம்ப மின்தடையின் குறிப்பிட்டப் பகுதியை குறைத்து, இல்லாமல் செய்துவிடுகிறது.

1Rஆனது இடையில் பூட்டும் இடைமாற்றீடு (Interlocking Reply) ஆகும். இதன் செயல்படும் நேரமானது முறுக்குவிசை இடைமாற்றீடு செயல்படும் நேரத்தை விட அதிகளவில் இருக்கும். தொடர்புகள் 1A, 2A, 3Aஆனது R₁, R₂, R₃ ஆகிய மின்தடைகளை மேற்கண்டவாறு வரிசைப்படி மின்தடையை குறைத்து இல்லாமல் செய்துவிடுகிறது.

4.1.3 நேர இடைநிலை இடைமாற்றீடு மூலம் நேர்மின்னோட்ட மின் இயக்கிகளை ஆரம்பித்தல்

இந்தவகை ஆரம்பிக்கும் முறையில் நேர்மின்னோட்ட இயந்திரங்கள் இயக்கப்படும்போது அதிகபட்ச ஆரம்ப மின்தடை மோட்டார் மின்னகமுடன் இணைக்கப்பட்டு ஓடத்துவங்குகிறது. அவ்வாறு இணைக்கப்பட்ட ஆரம்பநிலை மின்தடையானது நேர இடைநிலை இடைமாற்றீடுகளின் உதவியுடன் குறிப்பிட்ட கால இடைவெளிகளில் படிப்படியாக குறைக்கப்பட்டு கடைசியில் முழுவதுமாக ஆரம்பநிலை மின்தடையானது மின்னகத்திலிருந்து முழுவதுமாக நீக்கப்பட்டு இயக்கிகள் செயல்படுத்தப்படுகிறது. இதன் செயல்பாடுகள் அனைத்தும் படம் 4.3ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த வகையான நேர செயல்படுத்திகள் மின்சக்தி பெற்றவுடன் உடனடியாக செயல்பெறுகிறது, ஆனால் விடுவிக்கப்படும்போது, ஒரு குறிப்பிட்ட நேர இடைவெளியில் செயல்படுத்தப்படுகிறது.



படம் 4.3 நேர இடைநிலை இடைமாற்றீடு மூலம் நேர்மின்னோட்ட மின் இயக்கிகளை ஆரம்பித்தல்

1AR, 2AR மற்றும் 3ARஆனது விடுக்கப்படும் (Off Delay Timers) போது நேரஇடைவெளியுடன் செயல்படும் நேரஇடைமாற்றீடுகள் ஆகும்.

முதலில் ஆரம்பப்பொத்தான் (START) அழுத்தப்படுவதற்கு முன்பு, நேர இடைமாற்றீடு (Timer) 1AR ஏற்கனவே சக்திபெற்ற நிலையில் இருக்கும். அதன் தொடர்புகள் 1A, 2A மற்றும் 3A திறந்தநிலையில் இருக்கும்.

ஆரம்ப அழுத்தப்பொத்தானை அழுத்தும்போது, அதன் சுருள் M சக்திபெறும் நிலையில், அதன் நேரமாற்றி 1ARஆனது சக்தி இழக்கிறது. இயக்கியானது தற்போது முழு மின்தடையுடன் இயங்குகிறது. தொடர்பு 1AR ஆனது குறிப்பிட்ட நேர இடைவெளி வந்தவுடன் செயலிழந்து விடுகிறது.

சுருள் 1Aஆனது சக்திபெற்று, பொதுவாக திறந்தநிலையில் இருக்கும் தொடர்பு 1Aஆனது மூடிவிடுகிறது. தொடர்ந்து நேரமாற்றி 2ARஆனது சக்தி இழந்துவிடும். தொடர்பு 2ARஆனது குறிப்பிட்ட நேர இடைவெளி அடைந்தவுடன் செயலிழந்து விடுகிறது. அந்தச் சமயத்தில் சுருள் 2Aஆனது செயல்பெற்று அதன் தொடர்பு 2Aவை மூடிவிடுகிறது.

தற்சமயம் நேரமாற்றி 3AR சக்தியிழந்து, தொடர்பு 3Aவை மூடிவிடுகிறது. ஆகையால் ஆரம்ப மின்தடையானது படிப்படியாக குறைக்கப்படுகிறது. இந்த நேரத்தில் மின் இயக்கிகளின் வேகம் மற்றும் மின்னோட்டம் ஆகியவை கணக்கில் எடுத்து கொள்ளப்படுவதில்லை.

மின்னியல் நேரமாற்றிகள் (Electronic Timers) தற்சமயம் தன்னிச்சையாக இயங்கும் இயக்கிகளின் கட்டுப்பாட்டிற்கு ஆரம்பநிலைகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த நேரமாற்றிகள் சில சிறுமின்துளி (Milliseconds) – யிலிருந்து சில மின்துளிகள் வரை பெறப்படுகின்றன

4.2 மாறுதிசை மின்னோட்ட மின் இயக்கிகளை இயக்கும் முறைகள்

பொதுவாக தொழிற்சாலைகளில் பயன்படுத்தப்படும் இயக்கிகளில் தூண்டு மின்இயந்திரங்கள் (Induction Motor) அதிகளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த மின்இயந்திரங்களின் சுழலும் பகுதியில் (Rotor) மின்னோட்டம் (emf) உருவாகி, சுற்றும்போது ஒரு மின்காந்தத் தூண்டலை உண்டாக்கி விடுகிறது.

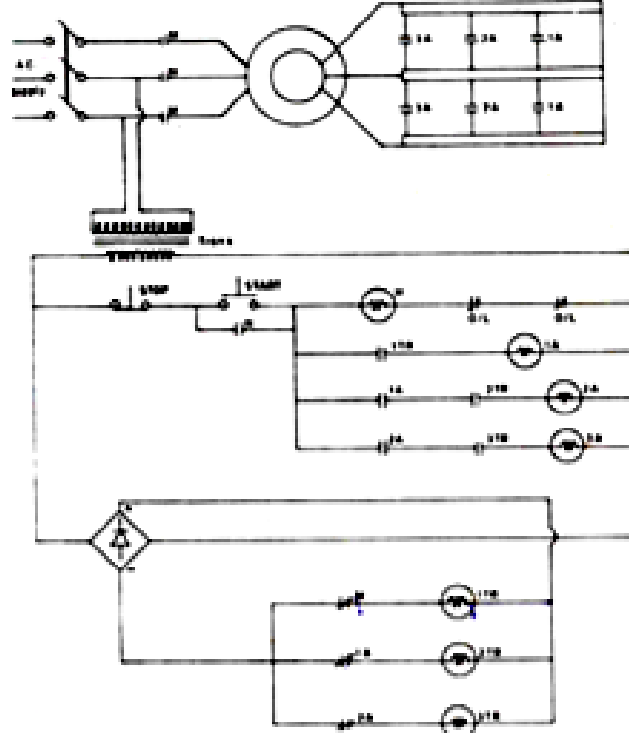
இந்தத் தூண்டுமின் இயக்கிகளின் நிலையகம் (Stator) முழு மின்னழுத்தத்தை அளிக்கும்போது அதன் நிலையகம் சுழலாமல் நின்ற நிலையிலே இருக்கும். இதனால் நிலையகத்தின் சுருளானது (Rotor Winding) ஒரு மின்மாற்றியின் தொடர்பு செய்யப்பட்ட இரண்டாம்பகுதியை (Transformer Short Circuited Secondary) போன்று அமையும். இதனால் நிலையகத்தில் செல்லும் மின்னோட்டம், பொதுவாக செல்லும் மின்னோட்டத்தைவிட 4 அல்லது 6 மடங்கு அதிகம் இருக்கும். இயக்கியானது சுழலத் துவங்கியவுடன் நிலையகத்திலுள்ள மின்னோட்டம் சிறிதுசிறிதாக குறைந்து ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னோட்ட அளவிற்கு வந்துசேரும்.

4.2.1 சுழலும்பகுதி மின்தடை மூலம் வளைய தூண்டுமின் இயந்திரங்கள் கட்டுப்படுத்தல்

நழுவவிடும் வளையத் (Slip Ring) தூண்டு மின் இயந்திரங்களை சுழலும்பகுதி மின்தடை மூலம் தொடங்க நேர இடைவெளி மற்றும் அலவுஎண் உணரி இடைமாற்றீடுகள் செயல்படுத்தப்படுகின்றன.

4.2.1.1 நேர இடைவெளி இடைமாற்றீடு மூலம் தொடங்குபவை

நேர இடைவெளி இடைமாற்றீடு மூலம் தூண்டுமின் இயந்திரங்களை தொடங்க வைப்பதற்கான படம் 4.4ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதன் ஆரம்பத்தில் செயல்படாத இடைவெளி நேரமாற்றீடு (Off Reply Timers) 1_{TR} , 2_{TR} மற்றும் 3_{TR} அனைத்தும் சக்திபெற்றும், சுருள்கள் 1A, 2A, 3A மற்றும் Mஆனது செயல்பெறாத நிலையிலும் இருக்கும்.



படம் 4.4. நேரஇடைவெளி இடைமாற்றீடு முறையில் ஆரம்பித்தல்

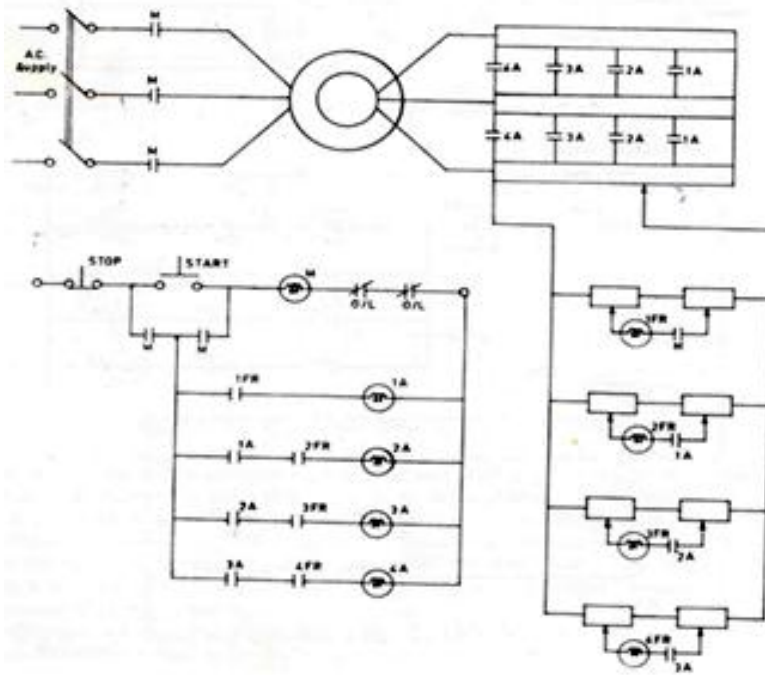
ஆரம்ப நிலைப்பொத்தானை அழுத்தியவுடன், சுருள் Mஆனது சக்தி பெறுகிறது. அதன் தொடர்புகள் Mஆனது மூடப்பட்டவுடன், சுழலாபகுதிக்கு மின்னோட்டமானது செலுத்தப்படுகிறது. இயக்கியானது சுழலாபகுதியின் முழு மின்தடையுடன் இயக்கப்படுகிறது. ஆரம்ப நிலைப்பொத்தான் கட்டுப்பாடானது எப்பொழுதும் திறந்த (Normally Open) தொடர்பு உள்ள M மூலம் செய்யப்படுகிறது. இதேநேரத்தில் மற்ற இடைமாற்றீடு அமைப்புகளுக்கும் சக்தி வழங்குகிறது. தற்போது எப்போதும் மூடியநிலையில் (Normally Closed) தொடர்பு உள்ள Mஆனது திறந்தநிலைக்கு வருகிறது. நேரமாற்றி, ITR ஒரு குறிப்பிட்ட நேர இடைவெளியில் சக்தியை இழக்கிறது. சுருள் 1A சக்தி பெறும்போது அது சுழலும் பகுதியில் உள்ள 1A தொடர்புகளை மூடிவிடுகிறது.

மற்றொரு பகுதியில், நேரமாற்றியில் உள்ள 1A தொடர்பு அதேநேரத்தில் திறக்கப்படுகிறது. நேரமாற்றி 2TR குறிப்பிட்ட நேர இடைவெளியில் செயலிழக்கும் போது, சுருள் 2A செயல்பெற்று, சுழலும் பகுதியிலுள்ள தொடர்பு 2Aவை மூடிவிடுகிறது. 3TRன் குறிப்பிட்ட நேரத்திற்கு பின்னர், சுழலும் பகுதியிலுள்ள தொடர்பு 3A மூடப்படுகிறது. இந்தவகையில் தான் ஆரம்பநிலை

மின்தடைகள் சுழலும் பகுதியில் படிப்படியாக நேரஇடைவெளி மாற்றீடுகள் மூலம் குறைக்கப்படுகிறது.

4.2.1.2 அலவு எண் (Frequency) உணரி இடைமாற்றீடு முறையில் ஆரம்பித்தல்

அலவுஎண் உணரி இடைமாற்றீடு முறையில் நழுவவிடும் வளைய தூண்டுமின் இயக்கியின் வரைபடம் 4.5ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 4.5. அலவு எண் (Frequency) உணரி இடைமாற்றீடு முறையில் ஆரம்பித்தல்

ஆரம்பப்பொத்தான் அழுத்தப்பட்டவுடன், தொடர்பு M சக்திபெற்று பொதுவாக திறந்திருக்கும் 'M' தொடர்பைமூடி, இயக்கியை ஆரம்பித்துவிடுகிறது. இரண்டு 'M' தொடர்புகள் (பொதுவாக திறந்தநிலையில் இருப்பவை) ஆரம்பப்பொத்தானை விடுவித்தவுடன் தடைசெய்கிறது. இதனுடன் அதன் முக்கிய இடைமாற்றீடு அமைப்புகளை சக்திபெறச் செய்கிறது.

சுழலும் அமைப்பின் வேகம் அதிகரிக்கும்போது, அதனுடைய மின்னழுத்தம் மற்றும் அலவுஎண் குறைகிறது. சுழலும் அமைப்பின் ஒருகுறிப்பிட்ட வேகத்தில், அதன் முதலாவது அலவுஎண் இடைமாற்றீடு '1FR' செயலிழக்கிறது, அதன் தொடர்பு '1FR' மூடிவிடுகிறது. இதன் மூலமாக தொடர்பு 1A சக்தி பெற்று, அதன் முதலாவது சுழலும் மின்தடையை குறைத்துவிடுகிறது.

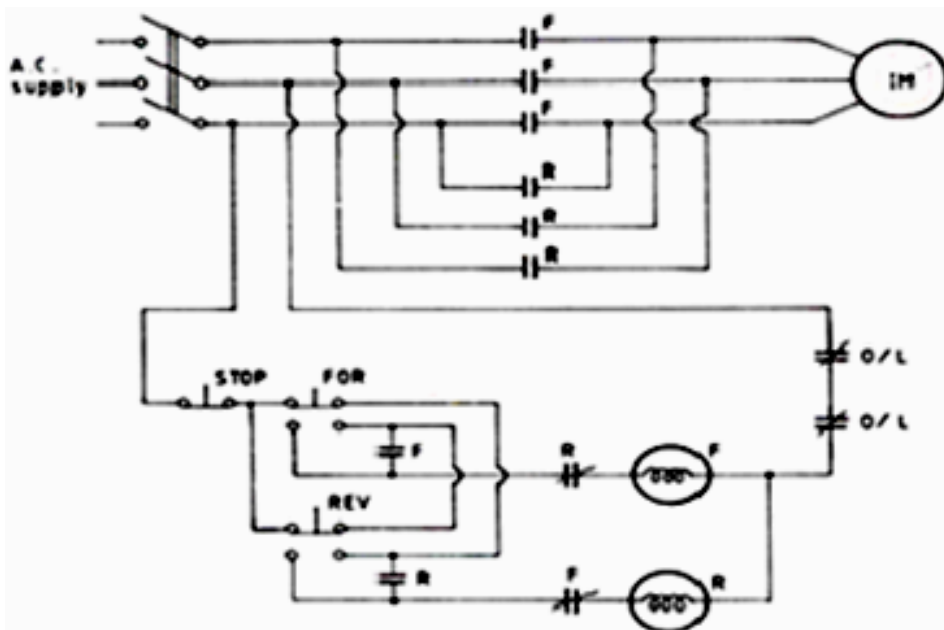
அதற்கு அடுத்தபடியாக இரண்டாவது அலவுஎண் இடைமாற்றீடு செயல் இழந்து அதன் தொடர்பு 2FR மூடிவிடுகிறது. இது இடைமாற்றீடு 2A செயல்பெற உதவுகிறது. தொடர்ச்சியாக, இதன் தொடர்புகள் 2Aஆனது சுழலும் பகுதியிலுள்ள இரண்டாம் கட்ட மின்தடையை குறைத்துவிடுகிறது.

இந்தமுறை தொடர்ந்து நடைபெற்று, கடைசி சுழலும் அமைப்பிலுள்ள மின்தடை குறையும்வரை செயல்படுகிறது. எந்தவொரு தருணத்திலும், இயக்கி

ஒடும்நிலையிலும் கூட, நிறுத்தப்பொத்தானை அழுத்தும்போது, சுருள் 'M' ஆனது சக்தியிழந்து, இயக்கிக்கு வரும் மின்சக்தியை நிறுத்திவிடுகிறது.

4.3.1 வேகமாற்றியுடன் (Speed Reversal) நேரடியாக இயக்க (Direct on line) உதவுபவை

நேரடியாக தூண்டுமின் இயக்கிகளை இயக்குவதற்கும் அதன் வேகத்தின் திசையை மாற்றுவதற்கான அமைப்பும் படம் 4.6ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இயக்கியானது கடிகாரச் சுற்றுதிசையில் இயங்க 'FOR' பொத்தானை அழுத்த வேண்டும். இதனுடைய தொடர்புகள் 'F' ஆனது சக்திபெற்று தூண்டுமின் இயக்கியை கடிகாரச் சுற்றுதிசையில் சுற்றுகிறது.

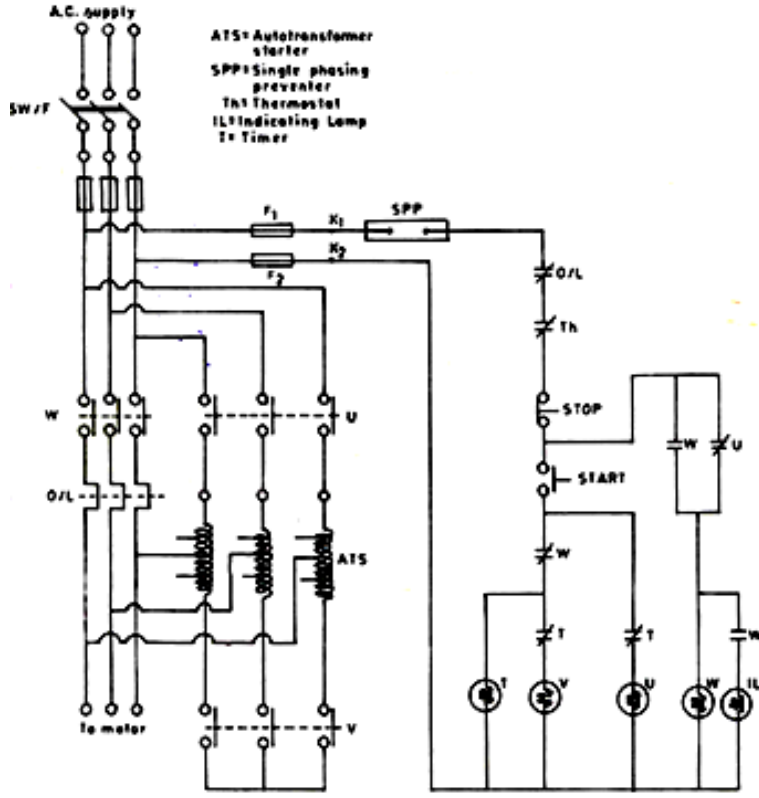


படம் 4.6. வேக மாற்றியுடன் (Speed Reversal) நேரடியாக இயக்க (Direct on Line) உதவுபவை

இதன் எதிர்திசையில் இயக்கம் தேவைப்படும்போது 'REV' பொத்தானை அழுத்தவேண்டும். இதனுடைய தொடர்புகள் 'R' ஆனது சக்திபெற்று தூண்டுமின் இயக்கியை எதிர்திசையில் சுற்றச்செய்கிறது. இயக்கியை நிறுத்துவதற்கு நிறுத்தப் பொத்தானை அழுத்தவேண்டும்.

4.3.2 தானியங்கி மின் மாற்றி மூலம் தொடங்குபவை

தானியங்கி மின்மாற்றி மூலம் தூண்டுமின் இயக்கிகளை தொடங்கும்முறை படம் 4.7ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தொடர்பு K₂ஆனது பொதுவான ஆரம்பநிலையான U,V,W மற்றும் நேரமாற்றி (Timer) (T) மற்றும் நிலைகாட்டும் (Indicating) விளக்கு ஆகியவற்றுடன் நேரடியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த அமைப்பானது 415V மின்னழுத்தமுள்ள மாறுதிசையுள்ள மின் அமைப்புடன் F1 மற்றும் F2 எனும் மின்காப்பு எரியிழை மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 4.7. தானியங்கி மின் மாற்றி மூலம் தொடங்குபவை

தொடக்கப்பொத்தான் அழுத்தப்படும்போது, நேரமாற்றி (Timer) (T) ஆனது பொதுவாக மூடியிருக்கும் (NC), தொடர்பு 'W' மூலமாக சக்தி பெறுகிறது. இந்த தானியங்கி மின்மாற்றியானது (Star) முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் செயல்பாடுகள் தொடர்பு 'V' வழியாக நிறுத்த (off) இடைவெளி (Delay) பொதுவாக மூடியநிலையில் இருக்கும் தொடர்புள்ள நேரமாற்றி (T) மூலம் செயல்படுகிறது. இந்த நேரமாற்றி 'T' ஆனது உடனடியாக திறப்பதும் பிறகு மூடுவதும், முன்கூட்டியே முடிவு செய்யப்பட்ட நேரஇடைவெளி மூலம் செய்யப்படுகிறது.

'T' எனும் நிறுத்த இடைவெளி தொடர்பு 'T' மூலமாக 'V' எனும் தொடர்பு சக்தி பெறுகிறது. குறிப்பிட்ட கால இடைவெளிக்கு பின் நேரமாற்றி 'T' மூலமாக தொடர்பு 'V' சக்தி இழக்கிறது. பொதுவாக மூடியநிலையில் இருக்கும் தொடர்பு 'V' திறக்கப்படும்போது தொடர்பு 'W' சக்தி பெறுகிறது.

தொடர்பு 'W' பொதுவாக திறந்த மற்றும் பொதுவாக மூடிய தொடர்புகள் முறையே மூடவும், திறக்கவும் செய்கிறது. நேரமாற்றி 'T' தற்பொழுது சக்தியிழந்து விடுகிறது. நிலைகாட்டும் விளக்கு தற்போது ஒளிர்கிறது. இந்த 'V' மற்றும் 'W' தொடர்புகள் மூடியநிலையில் இருக்கும்போது தானியங்கி மின்மாற்றியில் இருந்து நேரடியாக இயங்கும் அமைப்பிற்கு மாற்றம் செய்யப்படுகிறது.

தொடக்கப்பொத்தான் 'W' தொடர்பின் பொதுவாக திறந்திருத்தல், 'U' தொடர்பின் பொதுவாக மூடியிருத்தல் மூலம் தடுத்து நிறுத்தப்படுகிறது. தொடர்ந்து இயக்கிக் கொண்டிருக்கும் நிலையில், 'W' தொடர்பு சக்திபெற்றும், நிலைகாட்டும் விளக்கு ஒளிர்ந்து கொண்டிருக்கும்.

UNIT - V

இயக்கு மின்னோடிகளின்

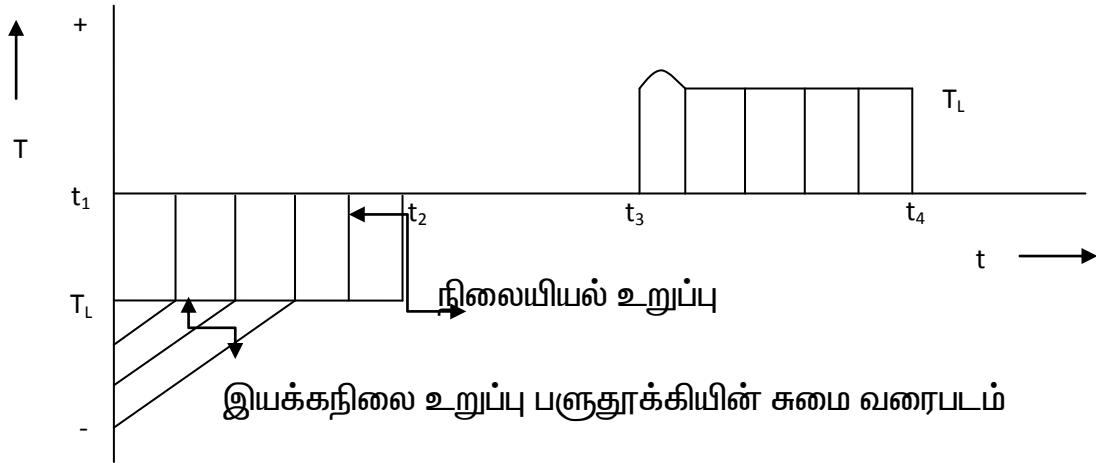
வெப்பமாகுதல் மற்றும் திறன் செயல்வரம்பு

(HEATING AND POWER RATING OF DRIVE MOTORS)

5.1 சுமை வரைபடம் மற்றும் மிகுசுமை கொள்திறன் (Load diagram and Overload Capacity) :

ஒரு மின் இயக்கி நம்பத்தகுந்த வகையில் இயங்கவேண்டுமென்றால் அதற்கு சரியான மின்னோடியை தேர்வு செய்யவேண்டும். கொடுக்கப்பட்ட பயன்பாட்டிற்கு சாத்தியமான உடனடி மிகுசுமையை கொண்டும், ஏற்கத்தக்க வெப்பநிலை உயர்வை பயன்படுத்தி பெறப்படும் சுமை வரைபடம் மூலம் சரியான மின்னோடியை கண்டறியலாம். ஒரு மின் இயக்கியின் திருப்புவிசை வேறுபாட்டை சுமை வரைபடம் மூலம் அறியலாம். மின் இயக்கியின் மின்னோடியானது, காலத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும், சுமையின் திருப்புவிசையை விட அதிகமாக இருக்கவேண்டும். சுமை வரைபடம் இரு வகைப்படும். ஒன்று நிலையியல் அல்லது நிதானமான நிலையில் பெறப்படுவது மற்றொன்று இயக்கநிலையில் பெறப்படுவது.

பளுதூக்கியின் சுமை வரைபடம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது t_1 என்ற கால அளவில், சுமையை உயர்த்தும் பணி தொடங்குகிறது. சுமை மாறிலியாக இருப்பதால், சுழற்றுத்திறன் T_L ஆனது மின்னோடியை நிறுத்தி பிடிமானத்தில் தடுக்கப்படும் காலமான t_2 வரை மாறிலியாக இருக்கும். t_2 முதல் t_3 வரை சுமை தொங்கவிடப்படுகிறது.



படம் -1 பளுதூக்கியின் சுமை வரைபடம்

' t_2 ' முதல் ' t_3 'வரை மின்னோடியில் எந்த சுமையுமில்லை ஏனென்றால் அவை பிடிமானத்தை எதிர்த்து இருக்கும் t_3 முதல் இறக்கும் செயல் ஆரம்பாகிறது. இப்போது ஒரேதிசையில் செயல்படும் தண்டின் சுழற்சி மாறியதால் சுமையின் திருப்பு விசைக்குறியும் மாறும்.

மின்னோடியின் செயல்வரம்பு (Rating) என்பது மிகுசுமையை கொண்டு கணக்கிடப்படுகிறது. முழுசுமை திருப்புவிசையானது (T_r) எனக் கொள்வோம்.

$$T_r > \frac{T_{\max}}{\lambda}$$

$T_{\max} \rightarrow$ இயக்கு கருவிக்கு தேவைப்படும் அதிகபட்ச திருப்புவிசை (சுமை வரைபடத்தை ஆதாரமாகக்கொண்டு பெறப்பட்டது)

$\lambda \rightarrow$ அந்நேரத்திற்கான மின்னோடியின் சுழற்று மிகுசுமை கொள்திறன்.

அட்டவணை 1. வெவ்வேறு வகையான மின்னோடியின் λ மதிப்புகள்

மின்னோடி வகைகள்	λ மதிப்பு
நேர்திசை தொடர் மற்றும் கூட்டு சுருள் மின்னோடிகள் (பளுதூக்கி)	3.5 – 4.0
பொது நோக்கு நேர்திசை மின்னோடிகள்	2.5
அணில் கூண்டு மற்றும் நழுவுவளைய தூண்டல் மின்னோடிகள் (பளுதூக்கி)	2.3 – 3.4
பொதுநோக்கு அணில் கூண்டு மற்றும் நழுவுவளைய தூண்டல் மின்னோடிகள்	1.7 – 2.7
ஒத்திசைவு மின்னோடிகள்	2.0 – 2.7

5.2 காப்பான்கள் (Insulating Materials)

ஒவ்வொரு மின்னோடியின் செயல்வரம்புக்குத் தகுந்தாற்போல் காப்பான்கள் வகை அமையவேண்டும். வெப்பமாகுதல் போன்றவற்றின் கண்ணோட்டத்தில் பார்க்கும்போது காப்பான்களில் ஏற்படும் வெப்பமானது அந்தந்த வகைக்கான காப்பான்களின் அதிகபட்ச வெப்பத்திற்கு உட்பட்டு இருக்கவேண்டும்.

மின்இயந்திரத்தில் உபயோகிக்கப்படும் காப்பான்களானது வெப்ப நிலையியல் தன்மையை பொறுத்து அவை ஏழுவகையாக பிரிக்கப்பட்டு கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள அட்டவணையில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. 35° கொண்ட சூழல் வெப்பநிலைக்கு உருவாகும் அதிகபட்ச வெப்பநிலையும் கீழே அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. சூழல் வெப்பநிலைக்கு குறைவாக இருக்கும்போது, மின்னோடியானது அதிகசுமையும் தாங்கும். ஆனால் சூழல் வெப்பநிலைக்கு அதிகமாக இருக்கும்போது மின்னோடியின் சுமைக்கொள்ளளவு இயல்பான கொள்ளளவைவிட குறைவாக இருக்கும்.

அட்டவணை 2: காப்பான்களின் வகைப்பாடு

வகை	அதிகபட்ச வெப்பநிலை	காப்பான்களாக பயன்படும் பொருள்
Y	90°C	உட்புகுத்துகை (Impregnation) செய்யப்படாத பருத்தி, பட்டு மற்றும் காகிதம் ஆகியவை தகர்க்காமல் பயன்படுத்தப்படுகிறது.
A	105°C	Y வகை பொருட்களின் மேல், பூச்சு செய்யப்பட்டு அல்லது உட்புகுத்துகை (Impregnation) செய்யப்பட்டு அல்லது திரவ dielectric-ல் தோய்த்து பெறப்படுவது.
E	120°C	செயற்கையான organic சவ்வு.
B	130°C	நார்கண்ணாடி, அபிரகம், கல்நார் ஆகியவை organic பிணைப்புடன்.
F	155°C	நார்கண்ணாடி, அபிரகம், கல்நார் ஆகியவை செயற்கையான பிணைப்புடன்
H	180°C	நார்கண்ணாடி, அபிரகம் மற்றும் கல்நார் ஆகியவை Silicone Resin பிணைப்புகளுடன்
C	180°C –க்கு மேல்	அபிரகம், கண்ணாடி, பீங்கான் மற்றும் Quartz ஆகியவை Inorganic Binder உடன் அல்லது அவை இல்லாமல்.

5.3 மின்னோடியின் வெப்பமாகுதல் மற்றும் குளிர்நட்டல் (Heating and Cooling of Motors)

மின்சக்தியை இயந்திரசக்தியாக மாற்றும்போது மின்னோடியில் இழப்புகள் ஏற்படக்கூடும். அவை வெப்பமாக உருவாகும். மின்னோடியானது சமையை இயக்குவதற்காக உருவாக்கப்படும் திருப்புவிசையால் மின்னோடியில் வெப்பம் அதிகமாகிக் கொண்டிருக்கும். குளிர்நட்டல் என்பது வெப்பம் வெளியேற்றுத்திறனை பொறுத்து இருக்கிறது. காற்று, எண்ணெய் மற்றும் திடப்பொருட்களை கொண்டு குளிர்நட்டல் செய்யப்படுகிறது. வெப்பஉயர்வானது வெப்பமாகுதல் மற்றும் குளிர்நட்டலை பொறுத்து அமைகிறது.

நிதானமான நிலையில், வெப்பத்தயாரிப்பும், வெப்ப வெளியேற்றமும் சமமாக இருக்கும்போது இறுதி வெப்பஉயர்வு ஏற்படுகிறது. மின்இயந்திரமானது அளவான வெப்பஉயர்விற்கு வடிவமைக்கப்படுகிறது. ஒரு மின்இயந்திரத்தின் தொடர் செயல்வரம்பானது இறுதி வெப்பஉயர்வு, கடத்திகளைக் காக்க பயன்படுத்தப்படும் காப்பான்களின் ஏற்றுக் கொள்ளக்கூடிய வெப்பஉயர்வு மதிப்பிற்கு சமமாகவோ

அல்லது சற்று குறைவாகவோ இருக்கும்போது உள்ள செயல்வரம்பாகும். ஒரு இயந்திரமானது மிகுசமையில் வெகுநேரத்திற்கு உட்படும்போது இறுதி வெப்பஉயர்வானது அனுமதிக்கப்பட்ட அளவிற்கு அதிகமாக இருக்கும். ஆகையால் அவை சேதத்தை உண்டாக்கக்கூடும். மிகவும் மோசமானநிலையில், இவை உடனடியாக காப்பான்களின் வெப்பப்பகுப்புக்கு காரணமாக அமைந்து மின்னோடியில் மூடுசுற்று ஏற்பட வழிவகை செய்கிறது. மூடுசுற்றினால் மின்னோடியின் இயக்கம் பாதிக்கப்படுவது மட்டுமல்லாமல் தீப்பிடிக்கும் வாய்ப்பை உண்டாக்குகிறது. ஆனால் சாதாரணநிலையில் உடனடியாக காப்பான்களின் தரம் சற்று குறைந்து பிற்காலத்தில் ஏற்படும் சமை சாதாரண அளவில் ஏற்பாட்டால் கூட வெப்பப்பகுப்பு ஏற்பட வாய்ப்புள்ளது ஆகவே காப்பான்களின் ஆயுளை குறைக்க நேரிடும்.

5.3.1 வெப்பமேற்று வளைவு (Heating Curve)

மின்இயந்திரமானது ஒரு படித்தான தொகுதியாக கருதப்படுகிறது. ஆகவே வெப்பம் சீரான விகிதத்தில் உயர்வது மட்டுமல்லாமல் அதன் வெளியேற்றமும் வெப்ப உயர்வை பொறுத்து சீராக அமையும். வெப்பஉயர்வு மற்றும் நேரத்திற்கான தொடர்பு அடுக்கு செயல்கூறாக அமையும்.

- $P \rightarrow$ உருவாகும் வெப்பம், J/sec or $watts$.
- $G \rightarrow$ இயந்திரத்தின் செயல்பகுதி, kg
- $h \rightarrow$ தன்வெப்பம், $J/kg/^\circ C$ (specific heat)
- $S \rightarrow$ குளிர்நட்டப்படும் வெளிபரப்பு, m^2
- $\lambda \rightarrow$ வெப்ப வெளியேற்றத்தின் விகிதம்
- $\theta \rightarrow$ வெப்பஉயர்வு, $^\circ C$
- $\theta_m \rightarrow$ இறுதிநிலையியல் வெப்ப உயர்வு, $^\circ C$
- $t \rightarrow$ நேரம் (sec)
- $\tau \rightarrow$ வெப்பமூட்டும் நேரமாறிலி (sec)
- $\tau' \rightarrow$ குளிர்நட்டும் நேரமாறிலி (sec)

ஒரு இயந்திரம் ' θ ' எனும் வெப்ப உயர்வை ' t ' என்ற நேரத்திற்கு பிறகு அடைகிறது " dt " என்ற நேரத்தில் உருவாகும் வெப்ப உயர்வை $p \cdot dt$ எனக் கொள்வோம். சேமிக்கப்பட்ட வெப்பமானது $Ghd\theta$ என்றும் வெப்ப வெளியேற்றத்தை $S\theta\lambda dt$ எனக்கொள்வோம். வெப்ப வெளியேற்றமும் சேமிக்கப்பட்ட வெப்பமும் மொத்தவெப்பம் உருவாகியதற்கு சமமாகும்.

$$Ghd\theta + S\theta\lambda dt = p dt \quad 1$$

$$(p - S\theta\lambda)dt = G.h.d\theta \quad 2$$

$$\frac{dt}{Gh} = \frac{d\theta}{(p - S\theta\lambda)} \quad 3$$

$$\div S\lambda$$

$$\frac{dt}{Gh} = \frac{d\theta}{\left(\frac{p}{s\lambda} - \theta\right)} \quad 4$$

இறுதியான வெப்பத்தை அடைந்தபின் அங்கே உட்கிரகித்தலுக்கான வெப்ப மின்மையால் உருவாக்கப்படும் வெப்பம் அனைத்தும் வெளியேற்றப்பட வேண்டும்.

$$p \cdot dt = S\theta_m \lambda dt$$

$$\theta_m = \frac{p}{s\lambda} \quad 5$$

$\theta_m = \frac{p}{s\lambda}$ என்பதை 4ம் சமன்பாட்டில் மாற்றி தொகுப்பு செய்தல்

$$\int \frac{dt}{Gh} = \int \frac{d\theta}{(\theta_m - \theta)}$$

$$\therefore \frac{s\lambda}{Gh} t = -\log_e(\theta_m - \theta) + C \quad 6$$

t = 0 மற்றும் $\theta = \theta_1$ என்பது ஆரம்ப வெப்பஉயர்வு

$$0 = -\log_e(\theta_m - \theta_1) + C$$

$$C = \log_e(\theta_m - \theta_1) \quad 7$$

$$\frac{s\lambda}{Gh} t = -\log_e(\theta_m - \theta) + \log_e(\theta_m - \theta_1)$$

$$= \log_e \frac{(\theta_m - \theta_1)}{(\theta_m - \theta)} \quad 8$$

$$e^{\frac{s\lambda}{Gh} t} = \frac{\theta_m - \theta_1}{\theta_m - \theta}$$

$$(\theta_m - \theta) = (\theta_m - \theta_1) e^{-\frac{s\lambda}{Gh} t} \quad 9$$

$$\theta = \theta_m - (\theta_m - \theta_1) e^{-\frac{s\lambda}{Gh} t} \quad 10$$

$\frac{Gh}{s\lambda}$ என்பதை மின்னோடியின் வெப்பமேற்றல் நேரத்தின் மாறிலி.

$$\frac{Gh}{s\lambda} = \tau$$

மின்னோடி சூழல் வெப்ப நிலையில் ஆரம்பிக்கும்போது, $\theta_1 = 0$

$$\theta = \theta_m - \theta_m e^{-t/\tau}$$

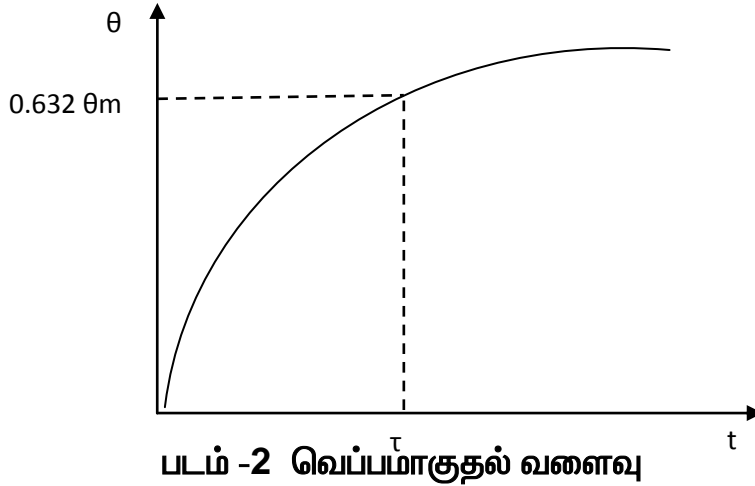
$$\theta = \theta_m \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$t = \tau$ ஆக இருப்பின்

$$\theta = \theta_m \left(1 - e^{-1}\right) = \theta_m \left(1 - \frac{1}{e}\right); \left(\frac{1}{e} = 0.368\right)$$

$$\theta = 0.632\theta_m$$

θ என்பது இறுதி நிலையியல் மதிப்பில் 63.2% ஆகிறது.



மின்னோடியின் வெப்பமூட்டல் நேரமாறிலி என்பது இறுதி வெப்பஉயர்வில் 0.632 மடங்கு வெப்பத்தை உருவாக்கும் நேரமாகும் இயந்திரத்தில் நல்ல காற்றோட்டம் இருக்கும்பட்சத்தில் நேரமாறிலி குறைவாக இருக்கும் τ என்பது λ க்கு தலைகீழ் விகித சமனாக இருக்கும். ஆகவே காற்றோட்டமான 10-20 kw செயல்வரம்புள்ள இயந்திரத்தில் τ என்பது 25 நிமிடங்களாக இருக்கும். 500-800kw இயந்திரத்தில் அவை 2 முதல் 2.5 மணிநேரமாகவும், மூடப்பட்ட பெரிய இயந்திரங்களில் அவை பல மணிநேரம் முதல் சிலநாட்கள் வரை கூட இருக்கும்.

முடிவிலா நேரத்திற்கு பிறகே θ என்பது நிதானமானநிலையை அடையும் (θ_{SS}) எனினும் $t = 3\tau$ என்னும்போது $\theta = 0.95 \theta_{SS}$ மற்றும் $t = 4\tau$ என்னும்போது $\theta = 0.98 \theta_{SS}$ என்றாகும். நடைமுறைக்குரிய ஆய்வில் ஒரு

மின்னோடியானது நிதானமான வெப்பமடையும் நேரமானது 3τ முதல் 4τ ஆக இருக்கும். திறந்தவகை அணில் கூண்டு தூண்டல் மின்னோடியின் மதிப்பு 11 முதல் 22 நிமிடங்களாகவும், கட்ட சுற்று, தூண்டல் மின்னோடியின் τ மதிப்பு 25 முதல் 90 நிமிடங்களாகவும் இருக்கும்.

5.3.2 குளிர்விக்கும் வளைவு (Cooling Curve)

ஒரு இயந்திரத்தை நிறுத்தி வைக்கும்போதும் அல்லது அந்த இயந்திரத்தின் சுமையை குறைக்கும்போதும் அவை குளிர்விக்கப்படுகிறது முதல்வகையில் அவை சூழல் வெப்பநிலைக்கு குளிர்விக்கப்படுகிறது. இரண்டாவதுவகையில் அவை குறைக்கும் சுமைக்கேற்பவும் அதனால் ஏற்படும் மின்விரயத்திற்கு ஏற்ப வெப்பம் குறைய நேரிடுகிறது.

இயந்திரம் நிறுத்தி வைக்கும்போது வெப்பம் உருவாவதில்லை ஆகையால் மின்னோடியில் உள்ள வெப்பமானது வெளியேறத் தொடங்கும்.

$$S\lambda'\theta dt + Gh d\theta = p dt = 0$$

$$S\lambda'\theta dt = -Ghd\theta$$

$$dt = -\frac{Ghd\theta}{S\lambda'\theta}$$

இருபக்கமும் தொகையீடு செய்யும்போது,

$$t = \frac{-Gh}{S\lambda'} \int \frac{d\theta}{\theta}$$

$$t = \frac{-Gh}{S\lambda'} \ln \theta + k$$

$$\text{When } t = 0, \theta = \theta_m$$

$$k = \frac{+Gh}{S\lambda'} \ln \theta_m$$

$$\therefore t = \frac{-Gh}{S\lambda'} \ln \theta + \frac{Gh}{S\lambda'} \ln \theta_m$$

$$t = \frac{Gh}{S\lambda'} \ln \left(\frac{\theta_m}{\theta} \right)$$

$$\frac{S\lambda'}{Gh} t = \ln \frac{\theta_m}{\theta}$$

$$e^{\frac{S\lambda'}{Gh} t} = \frac{\theta_m}{\theta} \quad (\text{or})$$

$$\theta = \theta_m e^{-\frac{S\lambda'}{Gh} t}$$

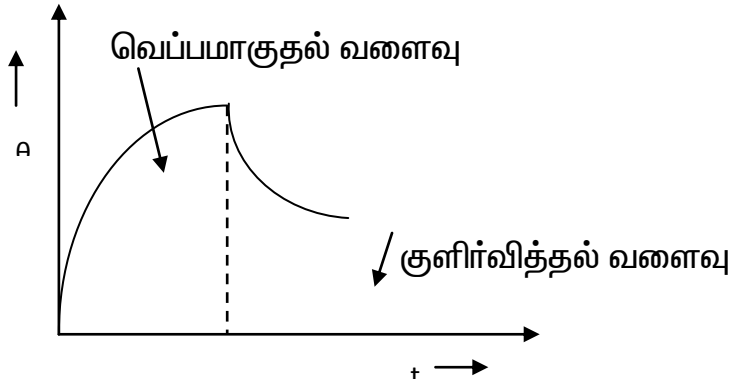
$\tau' = \frac{Gh}{S\lambda'}$ ஆகையால் τ' என்பதை குளிர்விக்கும் நேரமாறிலி எனக் கொள்வோம்.

$$\theta = \theta_m e^{-t/\tau'}$$

$t = \tau'$ ஆக இருப்பின்

$$\theta = 0.368\theta_m$$

குளிர்விக்கும் நேரமாறிலி என்பது ஒரு இயந்திரத்தின் இறுதி வெப்பஉயர்வை சூழல் வெப்பநிலைக்கு 0.368 மடங்காக குறைக்க தேவைப்படும் நேரமாகும்.

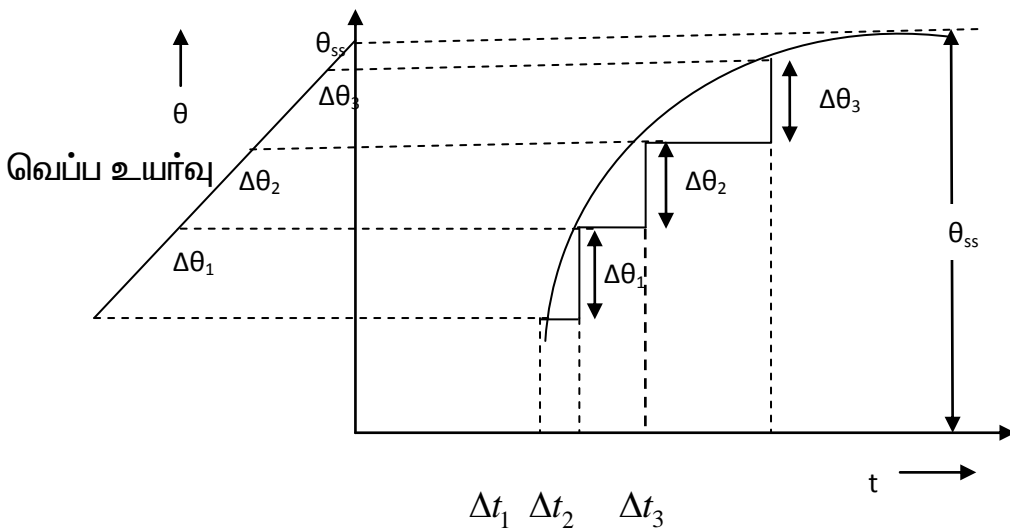


படம் -3 வெப்பமாகுதல் மற்றும் குளிர்வித்தல் வளைவு

5.3.3 நிதானநிலை வெப்பஉயர்வுக்கான தீர்மானம்

(Determination of Steady-State Temperature rise)

இறுதியான நிதானநிலை வெப்பஉயர்வானது, வெப்பமூட்டல் வளைவின் ஆரம்பப்பகுதியைக் கொண்டு, ஒவ்வொரு Δt ன் இடைவெளிக்கு நடக்கும் வெப்பஉயர்வை கணக்கிடுவதன் மூலம் கிடைப்பதாகும்.



படம் - 4 நிதானநிலை வெப்பஉயர்வுக்கான தீர்மானத்தின் வரைபடம்.

வெப்பஉயர்வானது $\Delta\theta$ என்னும் மதிப்புகள் படிப்படியாக உயரும். நேர்கோட்டில் அமைந்த புள்ளிகளை இணைத்து அவை நீட்டிக்கப்படும்போது நெட்டாய அச்சுகளை (ordinate axis) சந்திக்கின்றது. அவற்றின் மூலம் நிதான நிலை வெப்பஉயர்வின் மதிப்பை அறியலாம்.

5.4 மின் இயக்கிகளின் இயங்கு நிலைமைகள்

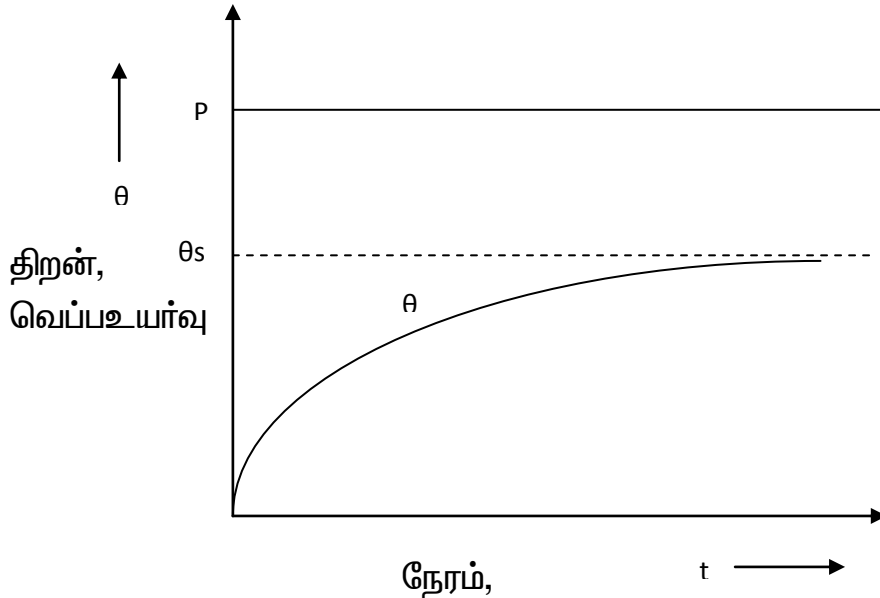
தொடர் பணி, தொடர்ச்சியில்லாத பணி, குறுகியகாலப் பணி (Service Conditions of Electric Drives)

ஒரு மின்னோடியின் மதிப்பை தேர்ந்தெடுப்பது வெப்பமாக்கலின் நோக்கத்திலிருந்தும் அவை இயக்கப்படும் தேவைக்கான நிலைமையைப் பொறுத்து அமையும். நடைமுறையில் காலநேரத்தை பொறுத்தும், சுமையின் தன்மையை பொறுத்தும் மின் இயக்கி மூன்றுவகையாக பிரிக்கப்படுகின்றது. அவையாவன

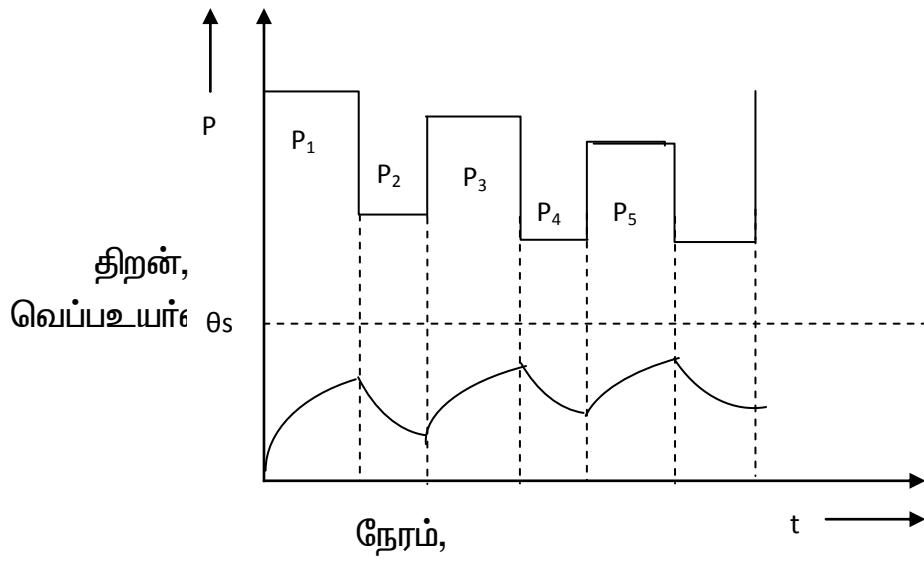
- தொடர் பணி (Continous duty)
- தொடர்ச்சியில்லாத பணி (Intermittent duty)
- குறுகியகாலப் பணி. (Short - time duty)

தொடர் பணி

தொடர் பணி என்பது சேவைக்கான நிலைமையை விவரிக்கும் சொல்லாக அமைகிறது. அதாவது இந்தவகை மின் இயக்கிகள் செயல்படும் காலநேரமானது, வெப்பஉயர்வு நிதானநிலை மதிப்புக்கு உயரும் அளவிற்கு போதுமானதாக அமையும் சுமை இங்கு மாறாத அளவுடையதாக இருக்கவேண்டும் என்பதில்லை. பல கருவிகள் மாறாத சுமையுடனும் செயல்படும் (எ.கா.) காற்றேற்றிகள், விசிறிகள், காற்றழுத்திகள் போன்றவையாகும். சில கருவிகள் மாறும்சுமையை கொண்டதாக அமைகிறது. (எ.கா.) இயந்திரக்கருவிகள்.



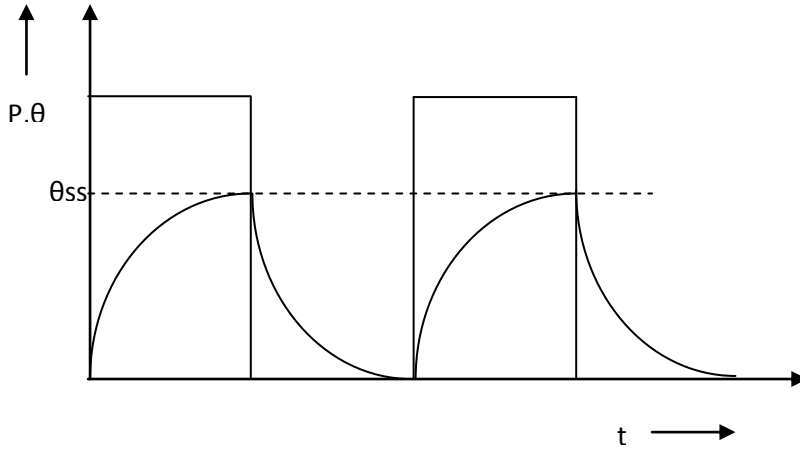
படம் - 5 தொடர் பணி



படம் - 6 மாறும் சுமையுடைய தொடர்ச்சி பணி

குறுகியகாலப் பணி

குறுகியகாலப் பணிக்கு பயன்படுத்தப்படும் இயந்திரத்தில் அவை செயல்படும் காலத்தில் வெப்பஉயர்வானது அதன் நிதானநிலை மதிப்பை அடைவதில்லை. மேலும் அவை செயல்படாத காலமானது அடுத்தடுத்த செயல்படும் காலத்தை காட்டிலும் அதிகமாக இருப்பதால் அவை முழுமையாக குளிர்விக்கப்படுகிறது. உயர்த்தி, பளுதூக்கி மற்றும் பலவகையான இயந்திரக்கருவிகள் இவற்றிற்கு எடுத்துக்காட்டாகும்.



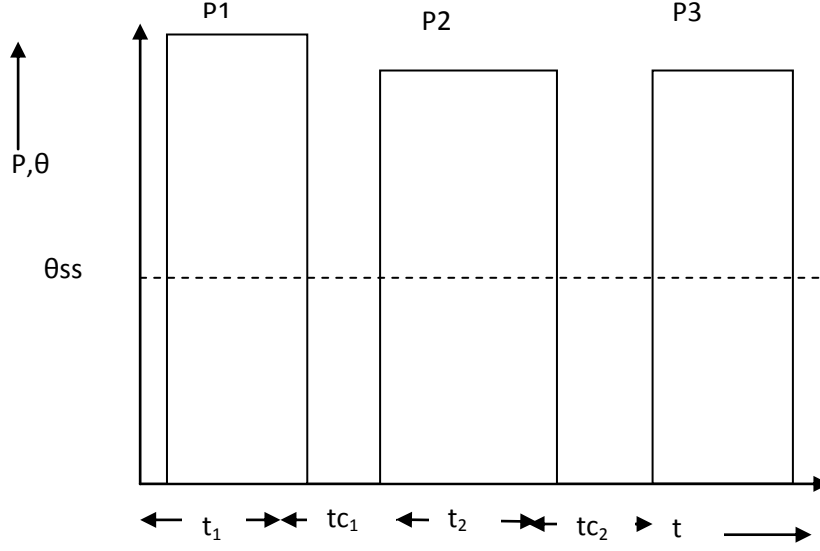
படம் - 7 குறுகியகாலப் பணி

குறுகியகாலப் பணிக்கு ஏற்றாற்போல் சிறப்பு வகை மின்னோடிகள் தயாரிக்கப்படுகிறது. குறிப்பிட்ட சுமையைக் கொண்டு அவை குறித்தநேரத்திற்கு மட்டும் செயல்படும். (எ. கா) 6, 10, 15, 30, 90 மற்றும் 120 நிமிடங்களுக்கு செயல்படும்.

தொடர்ச்சியில்லாத பணி

இந்தவகையில், செயல்படும் காலத்தில் வெப்பத்தை நிதானநிலைக்கு உயர்த்த முடியாமலும், செயல்படாத காலத்தில் அவை மின்னோடியை குளிர்விக்க

முடியாமலும் போகாமலாவிற்கு காலஅளவு குறைவானதாக இருக்கும். (எ.கா.) உயர்த்தி, இயந்திரக்கருவிகள் போன்றவை.



படம் - 8 தொடர்ச்சியில்லாத பணி

இந்தவகையான இயந்திரத்திற்கு அதற்கு இணையான தொடர்ச்சுமை செயல்வரம்பு பணியின் காரணிமூலம் அறியலாம்.

$$\text{பணியின் காரணி } (\epsilon) = \frac{t_{op}}{t_{total}} = \frac{(t_1 + t_2)}{[(t_1 + t_2)][(t_{c1} + t_{c2})]}$$

$$t_c = (t_{c1} + t_{c2})$$

$t_c \rightarrow$ ஒரு சுழற்சியின் மொத்த குளிர்விக்கும் நேரம்.

தொடர்ச்சி இல்லாத பணிக்காக தயாரிக்கப்படும் மின்னோடியானது ϵ மதிப்பு 0.15, 0.25 மற்றும் 0.4 கொண்டிருக்கும்.

பணிச்சுழற்சி, $t = (t_{op} + t_c) \cdot 10$ நிமிடங்களுக்கு மேல் இருக்காது. தொடர்ச்சியில்லாத பணி கொண்ட பளுதூக்கியின் ϵ மதிப்பு 0.25 ஆக இருக்கும்.

5.5 தொழிலகப் பயன்பாடுகள்

5.5.1 மின்னோடியின் திறன் கொள்ளளவுத் தேர்வு (Selection of Motor Power Capacity)

தொடர்பணி மாறாசுமையுடன் (Continuous Duty Constant Load)

இயக்கு மின்னோடியின் பெயர்ப்பலகையில் குறிப்பிட்டத் திறன் செயல்வரம்பு (P_{nom}), தண்டின் திறன் (P_0)ஐ பொறுத்து அமையவேண்டும். கருவி மற்றும் செலுத்தல் இழப்புகளை கணக்கில் எடுத்துக்கொண்டால் அவை,

$$P_{\eta om} = \frac{P_0}{\eta_m \eta_t}$$

η_m, η_t ஆகியவை மின்னோடி மற்றும் செலுத்தல் செயல்திறன் எனப்படும்.

பெரும்பாலான பயன்பாட்டில், செயல்வரம்பு நிர்மானிக்க கீழேயுள்ள சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்துகின்றோம்.

$$P = \frac{2\pi NT}{60\eta}$$

$T \rightarrow$ திருப்பு விசை (Nm)

$N \rightarrow$ வேகம் (rpm)

$\eta \rightarrow \eta_m \text{ \& } \eta_t$

உயர்த்தி: (நேரான இயக்கம்)

$$P = \frac{F.v}{0.102\eta} w$$

$F \rightarrow$ சுமையினால் ஏற்படும் விசை.

$v \rightarrow$ இயக்கத்தின் திசைவேகம்.

$\eta \rightarrow$ செயல்திறன்.

மின்தூக்கி:

$$P = \frac{F v}{2 \times 0.102 \eta} w$$

விசைக்குழாய்: (குண்ணீர் இறைக்கும் இயந்திரம்)

$$P = \frac{\rho H Q}{0.102 \eta} w$$

$\rho \rightarrow$ இறைக்கப்படும் திரவத்தின் அடர்த்தி (kg/m^3)

$H \rightarrow$ குழாயின் முகப்பு (m)

$Q \rightarrow$ குழாயின் விநியோகம் (m^3/s)

$\eta \rightarrow \eta_m \eta_t$

விசிறி:

$$P = \frac{QH}{0.102\eta} w$$

$Q \rightarrow$ காற்றின் அளவு (m^3/s)

$H \rightarrow$ காற்றின் அழுத்தம் (kg/m^2)

உலோகம் வெட்டுங்கத்திரி:

$$p = \frac{F.v}{60 \times 0.102\eta} w$$

$F \rightarrow$ வெட்டுங்கத்திரியின் விசை

$v \rightarrow$ வெட்டுங்கத்திரியின் திசைவேகம்.

$\eta \rightarrow$ கடைசல் பட்டறையின் செயல்திறன்.

5.5.2 தொடர் பணி, மாறும் சுமையுடன் (Continuous Duty Variable Load)

சராசரி இழப்பின் மூலம் அல்லது சமமான மின்னோட்டம் திருப்புவிசை ஆகியவற்றை தீர்மானிப்பது மூலம் மின்னோடியின் செயல்வரம்பை கண்டறியலாம்.

5.5.3 சராசரி இழப்பு முறை (Method of Average Losses)

ஒவ்வொரு மின்னோடியும் அதற்கேற்ப இழப்பு செயல்வரம்பு (Q_{nom}) கொண்டிருக்கும், அதாவது குறித்த சுமையின் மூலம் ஏற்படும் ஏற்றுக் கொள்ளக்கூடிய வெப்பஉயர்வு ஒரு மின்னோடியின் சராசரி இழப்பு Q_{av} ஆனது (Q_{nom}) க்கு சமமாக இருக்கவேண்டும். $Q_{av} > Q_{nom}$ ஆக இருப்பின் மின்னோடி விரைவில் வெப்பமடையக்கூடும். அதுவே $Q_{av} < Q_{nom}$ ஆக இருப்பின் அந்த செயல்பாட்டிற்கு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட மின்னோடி மிகவும் பெரியதாகும். ஆகவே அந்த மின்னோடியின் செயல்வரம்பு குறையக்கூடும். சராசரி இழப்பானது கீழ்வரும் சமன்பாடு மூலம் அறியலாம்.

$$Q_{av} = \frac{\Delta Q_1 t_1 + \Delta Q_2 t_2}{t_1 + t_2}$$

சமமான மின்னோட்டமுறை (Equivalent Current Method)

மின்னோடியில் ஏற்படும் இழப்பானது, மாறாத இழப்பு மற்றும் மின்னோட்டத்தைப் பொறுத்தமையும் மாறும் இழப்பும் உடையதாக இருக்கும் மாறும் இழப்பு $I_{eq}^2 R$ என்று குறிப்பிடலாம்.

$$Q_{av} = q_{const} + q_{var} = q_{const} + I_{eq}^2 R$$

$$I_{eq} = \sqrt{\frac{\sum (I_k^2 t_k)}{\sum t_k}}$$

$k \rightarrow$ இடைவெளி

தேர்ந்தெடுக்கப்படும் மின்னோடியின் செயல்வரம்பு மின்னோட்டமானது இணையான மின்னோட்டத்தை விட அதிகமானதாக இருக்கவேண்டும்.

5.5.4 சமமான திருப்பு விசை முறை (Equivalent Torque Method)

திருப்புவிசையும் மின்னோட்டமும் நேர்தகவில் அமைந்து இருப்பதாக கொள்வோம். ஆனால் அதற்கு தண்டின் திருப்புவிசை மின்காந்த திருப்புவிசை சமமாக இருப்பதாகவும் காந்தப்பாயம் மற்றும் திறன்காரணி மாறிலியாகவும் கொள்ள வேண்டும். திருப்புவிசையை கீழேயுள்ள சமன்பாடு மூலம் அறியலாம்.

$$T_{eq} = \sqrt{\frac{\sum (I_k^2 t_k)}{\sum t_k}}$$

தேர்ந்தெடுக்கப்படும் மின்னோடியின் செயல்வரம்பு திருப்புவிசை இணையான திருப்புவிசையை விட அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

5.5.5 சமமான திறன்முறை (Equivalent Power Method)

இம்முறையானது மாறாதவேகத்தில் மற்றும் மாறும்வேகத்தில் செயல்படக் கூடிய மின்னோடியின் செயல்வரம்பைக் கண்டறிய உதவுகிறது. $P = \omega T$. ஆனால் ω – மாறிலியாக இருக்கவேண்டும்.

$$P_{eq} = \sqrt{\frac{\sum (P_k^2 t_k)}{\sum t_k}}$$

இங்கு வேகமானது மாறிலியாகவும், ஆரம்பிக்கும் நேரமும் வேகத்தடை ஏற்படுத்தும் நேரமும் அற்றதாக கொள்ளவேண்டும்.

ஆனால் ஆரம்பநேரமும், வேகத்தடைக்கான நேரமும் இருப்பின் அதற்கு கீழேயுள்ள சமன்பாட்டை பயன்படுத்தவேண்டும்.

$$P_{eq} = \sqrt{\frac{P_{st}^2 t_{st} + P_{br}^2 t_{br} + P_{op}^2 t_{op}}{\beta_{st} t_{st} + t_{op} + \beta_{br} t_{br} + \beta_c t_c}}$$

$$\beta_c = \frac{\tau'}{\tau}$$

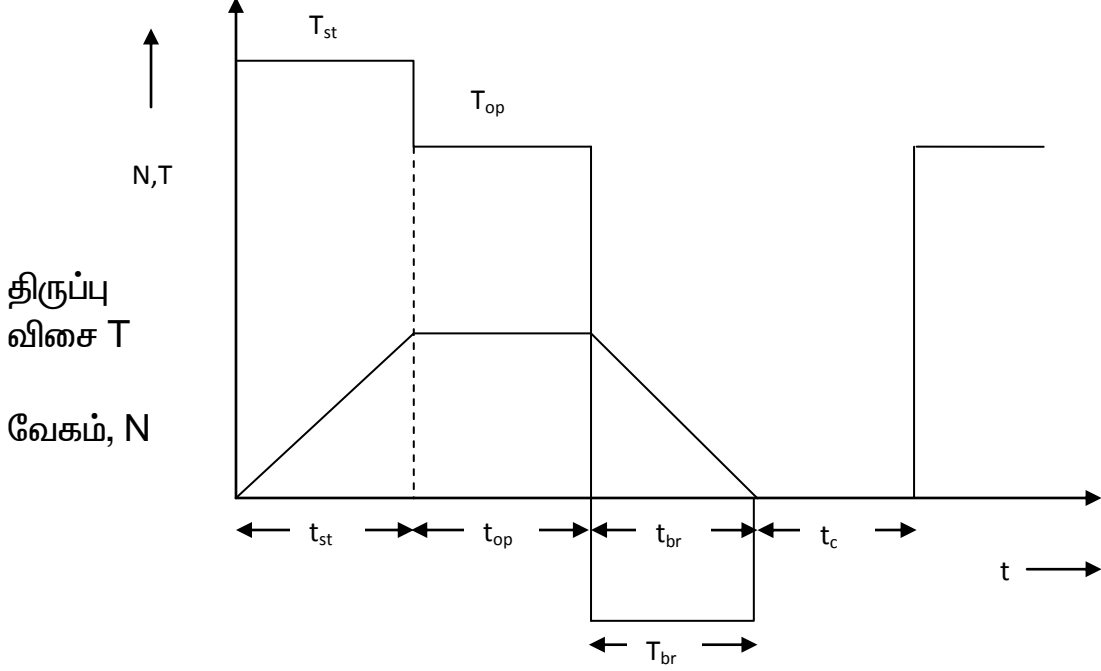
$t_{st} \rightarrow$ ஆரம்ப நேரம்

$t_{br} \rightarrow$ வேகத்தடை நேரம்

$t_{op} \rightarrow$ செயல்படும் நேரம்

$t_c \rightarrow$ குளிர்விக்கும் நேரம்

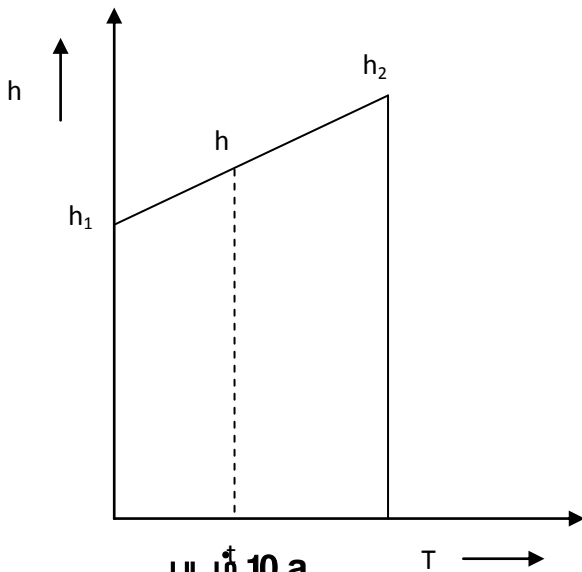
$\beta_{st}, \beta_{br}, \beta_c \rightarrow$ ஆரம்ப வேகத்தடை மற்றும் குளிர்விக்கும் காரணி



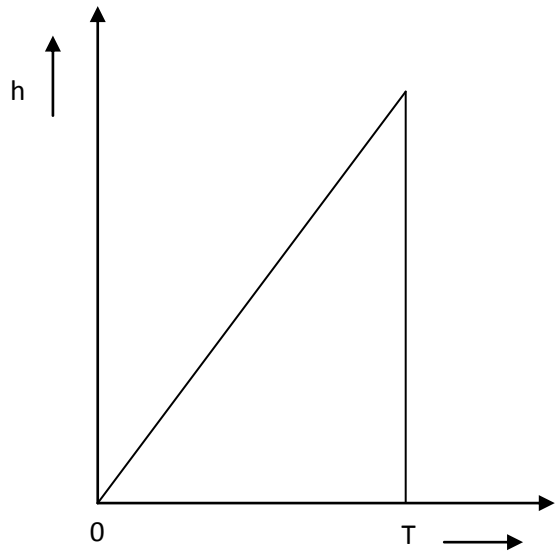
படம் -9 சுமை வளைவின் வெவ்வேறு பகுதியின் வேக மாற்றங்கள்

சுமை வளைவின் வெவ்வேறு பகுதியின் வேகமாற்றங்கள்

சுமையானது நேரத்தைப் பொறுத்து நேராக மாறுபடுவதாகக் கொள்வோம்



படம் 10.a



படம் 10.b

சுமையானது நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுவதாகக் கொண்டால், (a) ஆரம்ப மதிப்புடன் (b) ஆரம்ப மதிப்பு சுழியாகக் கொண்டால்

$$P_{eq} = \sqrt{\frac{P_1^2 + P_1 P_2 + P_2^2}{3}}$$

சிறப்பு நிகழ்வுக்கூறு எனில் $P_1 = 0$

$$P_{eq} = \frac{P_2}{\sqrt{3}}$$

குறுகியகாலப் பணி கொண்ட மின்னோடியின் திறன் செயல்வரம்பு

$$\frac{P_x}{P_{nom}} = \sqrt{\frac{1+\alpha}{1-e^{-\frac{t}{\tau}}}} - \alpha$$

$$\alpha = \frac{W_{const}}{W_{variable}} = \frac{W_{இரும்பு இழப்பு}}{W_{தாமிர இழப்பு}}$$

$T \rightarrow$ நேரம்

$\tau \rightarrow$ வெப்பமூட்டல் நேரமாறிலி

$P_{nom} \rightarrow$ திறன் செயல்வரம்பு

தொடர்ச்சியில்லாத பணி கொண்ட மின்னோடியின் திறன் செயல்வரம்பு

$$\frac{P_x}{P_{nom}} = \sqrt{\frac{(\alpha+1) \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}}\right) e^{-\frac{t_2}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}}}}$$

$t_1 \rightarrow$ செயல்படும் நேரம்

$\tau \rightarrow$ வெப்பமூட்டல் நே மாறிலி

$t_2 \rightarrow$ செயல்படாத நேரம்

$\tau' \rightarrow$ குளிர்வித்தல் நேரமாறிலி

வினாக்கள்:

1. மின்னோடியின் அனல்நேர மாறிலி 45 நிமிடங்கள் மின்னோடியானது தொடர்ந்து முழுசுமையில் செயல்படுவதால் அதன் இறுதி வெப்பஉயர்வானது $80^{\circ}C$ ஆகிறது.
 - (a) மின்னோடி தொடர்ச்சியாக செயல்படுமாயின் 1மணி நேரத்திற்கு பின் வெப்பஉயர்வின் மதிப்பு எவ்வளவு இருக்கும்.
 - (b) செயல்வரம்பின் வெப்பஉயர்வு $80^{\circ}C$ ஆக இருப்பின் அதிகபட்ச நிதான நிலை. வெப்பஉயர்வின் செயல்வரம்பைக் கண்டறிக.
 - (c) 1 மணிநேரம் செயல்படும் மின்னோடி $50^{\circ}C$ முதல் $80^{\circ}C$ ஆக வெப்பஉயர்வு ஏற்பட எவ்வளவுநேரம் தேவை என்பதைக் கண்டறிக.

விடை:

a) $\tau = 45$ நிமிடங்கள்
 $\theta_m = 80^{\circ}C$
 $t = 1$ மணி நேரம் = 30 நிமிடங்கள்.
வெப்பஉயர்வு, $\theta = \theta_m (1 - e^{-t/\tau})$
 $= 80 (1 - e^{-60/45})$
 $\theta = 58.91^{\circ}C$

b) $\theta = 80^{\circ}C, t = 1, \theta_m = ?$
 $80 = \theta_m (1 - e^{-60/45})$
 $\theta_m = 108.636^{\circ}C$

c) $\theta_0 = 50^{\circ}C, \theta = 80^{\circ}C, \theta_m = 108.64$
 $\theta = \theta_m (1 - e^{-t/\tau}) + \theta_0 e^{-t/\tau}$
 $80 = 108.64 - 108.64 e^{-t/\tau} + 50 e^{-t/\tau}$
 $58.64 e^{-t/\tau} = 28.64$

இருபக்கமும் Natural log எடுத்தால்

$$e^{-t/\tau} = 0.4884$$
$$-t/\tau = -0.7166$$
$$-t = -0.7166 \times 45$$
$$t = 32.247 \text{ நிமிடங்கள்}$$

2. ஒரு மின்னோடி 30 நிமிடங்கள் முழுசுமையில் செயல்பட்டதால் அதன் வெப்ப நிலை $55^{\circ}c$ ஆகவும், 60 நிமிடங்கள் அதே சுமையுடன் செயல்பட்டதால் $70^{\circ}c$ வெப்பநிலை ஆகவும் அதிகரித்துள்ளது. சூழல் வெப்பநிலையானது $30^{\circ}c$ என எடுத்துக் கொள்வோம். கீழே கேட்கப்பட்டுள்ளவற்றைக் கண்டறிக.

- இறுதி வெப்பஉயர்வு
- வெப்பமூட்டல் நேரமானிலி
- மின்னோடி செயல்படத் தொடங்கியவுடன் எவ்வளவுநேரத்தில் வெப்ப நிலையானது இறுதி நிதானநிலை மதிப்புக்கு $\frac{5}{6}$ ஆக அதிகரிக்கும் என்பதைக் கண்டறிக.

விடை: $\theta_0 = 30^{\circ}c, \theta_1 = 55^{\circ}c, \theta_2 = 70^{\circ}c$

- இறுதி வெப்பஉயர்வு

ஆரம்பச்சூழல் வெப்பநிலை, $\theta_0 = 30^{\circ}c$

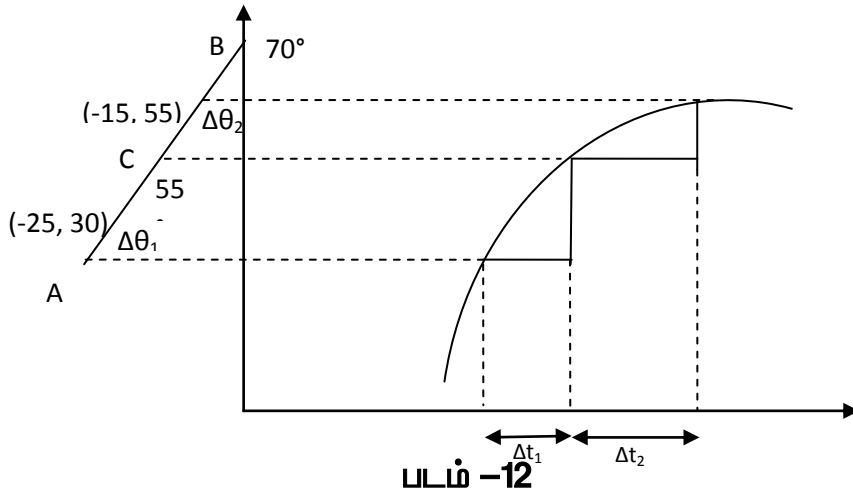
30 நிமிடங்களுக்கு பிறகு, வெப்பநிலை = $55^{\circ}c$

$$\Delta t_1 = 30, \Delta \theta_1 = 55 - 30 = 25^{\circ}c$$

60 நிமிடங்களுக்கு பிறகு, வெப்பநிலை = $70^{\circ}c$

$$\Delta \theta_2 = 70 - 55 = 15^{\circ}c$$

$$\Delta t = 30 \text{ நிமிடங்கள்.}$$



AC ன் சமன்பாடு

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{y - 30}{55 - 30} = \frac{x + 25}{-15 + 25}$$

$$\frac{y - 30}{25} = \frac{x + 25}{10}$$

$$y = (x + 25)2.5 + 30$$

கோடுகள் மற்றும் நெட்டாய அச்சுகள் (Ordinate Axis) சந்திக்கும்போது நிதான நிலை வெப்பத்தைப் பெறலாம்.

$$\begin{aligned} \text{when } x=0 \quad y &= \theta_m \\ \theta_m &= (25 \times 2.5) + 30 = 62.5 + 30 \\ \theta_m &= 92.5^\circ c \end{aligned}$$

(b) வெப்ப நேரமானிலி

$$\begin{aligned} \theta &= \theta_m (1 - e^{-t/\tau}) + \theta_0 e^{-t/\tau} \\ t &= 30 \text{ நிமிடங்கள் ; } \theta = 55^\circ c \\ 55 &= \theta_m (1 - e^{-t/\tau}) + 30 e^{-t/\tau} \\ 55 &= 92.5 (1 - e^{-t/\tau}) + 30 e^{-t/\tau} \\ 55 &= 92.5 (1 - e^{-30/\tau}) + 30 e^{-30/\tau} \text{ ----1} \\ t &= 60 \text{ நிமிடங்கள் ; } \theta = 70^\circ c \\ 70 &= 92.5 (1 - e^{-60/\tau}) + 30 e^{-60/\tau} \text{ ----2} \end{aligned}$$

τ ன் மதிப்பை அறிய θ ன் மதிப்பை மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சமன்பாடு 1 அல்லது 2 ல் பதலீடு செய்யவேண்டும்.

$$\begin{aligned} 55 &= 92.5 - 62.5 e^{-30/\tau} \\ 62.5 e^{-30/\tau} &= 37.5 \\ e^{-30/\tau} &= 0.6 \end{aligned}$$

இருபக்கமும் Natural logarithm எடுத்தால்

$$\begin{aligned} -30/\tau &= \ln 0.6 = -0.5108 \\ \tau &= 58.728 \text{ நிமிடங்கள்} \end{aligned}$$

(c) இறுதி நிதான மதிப்பிற்கு $\frac{5}{6}$ ஆக தேவைப்படும் நேரம்

$$\begin{aligned} \theta &= \theta_m (1 - e^{-t/\tau}) + \theta_0 e^{-t/\tau} \\ \theta &= \frac{5}{6} \theta_m \Rightarrow \frac{5}{6} \times 92.5 = 77.08 \\ 77.08 &= 92.5 - 92.5 e^{-t/\tau} + 30 e^{-t/\tau} \\ 62.5 e^{-t/\tau} &= 15.41667 \\ e^{-t/\tau} &= 0.2466 \\ -t/\tau &= -1.3997 \\ t &= 1.3997 \times 58.728 \\ t &= 82.202 \text{ நிமிடங்கள்} \end{aligned}$$

3. சுரங்கங்களுக்கு பயன்படும் இயக்கு மின்னோடியானது கீழ் கொடுக்கப்பட்டுள்ள சுமைகழற்சிக்கு செயல்படுகிறது.
- 10 நிமிடங்களுக்கு 40 kw
 - 5 நிமிடங்களுக்கு சுமையில்லாமல்
 - 10 நிமிடங்களுக்கு 20 kw
 - 5 நிமிடங்களுக்கு சுமைஇல்லாமல்

இந்தச் செயலுக்கான சரியான செயல்வரம்புடைய மின்னோடியை மதிப்பிட்டு தேர்வு செய்க.

சமமான திறன்முறை $P_{eq} = \sqrt{\frac{\sum P_k^2 t_k}{\sum t_k}}$

$$P_{eq} = \sqrt{\frac{(40^2 \times 10) + (0^2 \times 5) + (20^2 \times 10) + (0^2 \times 5)}{(10+5+10+5)}}$$

$$= \sqrt{\frac{20000}{30}}$$

$$= 25.82 \text{ kw}$$

$$\therefore P_{eq} = 25.82 \text{ kw}$$

4. ஒரு மின்னோடி மாறுபடும் சுமையின் திருப்புவிசைக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது அவற்றின் விவரம் கீழேவருமாறு.
- 20 நிமிடங்களுக்கு 240 Nm
 - 10 நிமிடங்களுக்கு 140 Nm
 - 10 நிமிடங்களுக்கு 300 Nm
 - 20 நிமிடங்களுக்கு 200 Nm

மின்னோடியின் வேகம் 720 rpm ஆக இருப்பின் மின்னோடியின் திறன் செயல்வரம்பைக் கண்டறிக.

விடை: $T_{eq} = \sqrt{\frac{\sum T_k^2 t_k}{\sum t_k}}$

$$= \sqrt{\frac{(240^2 \times 20) + (140^2 \times 10) + (300^2 \times 10) + (200^2 \times 20)}{(20+10+10+20)}}$$

$$\Rightarrow T_{eq} = 225.39 \text{ Nm}$$

$$P = \frac{2\pi NT}{60} = \frac{2\pi \times 720 \times 225.39}{60}$$

$$P = 16.994 \text{ kw}$$

5. நிலக்கரிச் சுரங்கத்தில் செயல்படும் ஒரு இயக்க மின்னோடியானது கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள பண்பியல்புகளுக்கு உட்பட்ட சுமைக்கேற்ப செயல்படுகிறது.

- முடுக்கு நேரத்தில், திறனானது சீரானமுறையில் சுழியில் இருந்து அதிகபட்சமாக 2000 kw க்கு 20 வினாடிகளில் உயர்கிறது.
- முழுவேகக் காலத்தில் 40 வினாடிகளுக்கு 1000 kw ல் செயல்படுகிறது
- ஒடுக்கநேரமானது 10 வினாடிகள் மீட்டாக்க தடுப்பின்போது (Regenerative Braking) திறனானது 330kwல் இருந்து சுழியாக குறைகிறது.
- 20 வினாடிகள் செயல்படாமல் இருக்கிறது. சரியான மின்னோடியின் செயல்வரம்பைக் கண்டறிக.

$$peq = \sqrt{\frac{\sum (p_k^2 t_k)}{\sum t_k}}$$

$$P_{eq} = \sqrt{\frac{\frac{(2000)^2 \times 20}{3} + (1000^2 \times 40) + \left(\frac{330^2 \times 10}{3}\right)}{20+40+10+20}}$$

$$= 863kw$$

6. ஒரு அணில் கூண்டு தூண்டல் மின்னோடி 50 kw; $3\phi, 440v, 50Hz$ மற்றும் 1440rpm வேகமுடையது. மாறாஇழப்பு, மாறும்இழப்புக்கு 1:3 என்ற நேர்தகவின் மதிப்பு உடையதாக இருக்கிறது அதன் செயல்வரம்பு வெப்பஉயர்வு $55^\circ c$ மற்றும் அதன் வெப்பமூட்டல் நேரமானிலி மற்றும் குளிர்வித்தல் நேரமானிலி 40 நிமிடங்கள் மற்றும் 60 நிமிடங்கள் என முறையே அமைந்துள்ளது.

- அரைமணி நேர செயல்வரம்பு
- தொடர்ச்சியில்லாத செயல்வரம்பு அதாவது அரைமணி நேரத்திற்கு சுமையுடன் செயல்படுகிறது பிறகு அரைமணி நேரம் செயல்படாமல் வைக்கப்படுகிறது.

விடை:

- அரை மணிநேர செயல்வரம்பு

$$\frac{P_X}{P_{nom}} = \sqrt{\frac{1+\alpha}{1-e^{-t/\tau}}} - \alpha$$

$$\alpha = \frac{1}{3} = 0.33 \quad t = 30 \text{ நிமிடம்}; \quad \tau = 40$$

$$\frac{P_X}{50} = \sqrt{\frac{1+0.333}{1-e^{-30/40}}} - 0.333 \Rightarrow P_X = 74.06kw$$

b) தொடர்ச்சியில்லாத செயல்வரம்பு

$$\frac{P_x}{P_{Nom}} = \sqrt{\frac{(\alpha + 1)(1 - e^{-t_1/\tau}) \cdot e^{-t_2/\tau} - \alpha}{1 - e^{-t/\tau}}}$$

$$\frac{P_x}{50} = \sqrt{\frac{(0.333 + 1)1 - e^{-(30/40)} \cdot e^{-(30/60)} - 0.333}{1 - e^{-t/\tau}}}$$

$$P_x = 50 \times 1.212$$
$$= 60.608 \text{ kw}$$