பாடம்
1

மின் பகிர்மானமும் விநியோகமும்

5EWHP2

உனக்குத் தேவையான எல்லா வலிமையும், உதவியும் உனக்குள்ளே உள்ளன. சுவாமி விவேகானந்தர்

கற்றலின் நோக்கம்

நம் அன்றாட வாழ்வில் மாறுதிசை மின்சாரம் மற்றும் நேர்த்திசை மின்சாரம் ஆகியவற்றின் பயன்பாடுகள் பற்றி அறிவது மிகவும் இன்றியமையாததாகும். இவை இரண்டிற்குமான மின் விநியோகம் செய்யும் முறைகள், மின்சாரப் பகிர்மானத்தின் பல்வேறு முறைகள், அவற்றின் நன்மைகள் மற்றும் குறைபாடுகள் ஆகியவை இந்த பாடத்திட்டத்தில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. மின்சாரம் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு எப்படி அனுப்பப்படுகிறது என்பதை மாணவர்கள் இப்பாடத்தின் மூலம் நன்கு அறிந்து கொள்ளலாம்.

BEE_Chapter_01.indd 1 12/27/2019 11:18:34 AM

பொருளடக்கம்

1.1 அறிமுகம்
1.2 மின் பகிர்மானம்
1.3 நேர்த்திசை மின் பகிர்மானம்
1.4 மாறுதிசை மின் பகிர்மானம்
1.5 மேனிலை மின் தொடர் முறைகள்
1.6 கடத்திகளை தாங்கிப் பிடிப்பதற்கான கம்பங்கள்
1.7 மின் பகிர்மானத்தின் போது ஏற்படும் விளைவுகள்
1.8 உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானத்தின் வகைகள்
1.9 மின் தொடர் காப்புப் பொருள்கள்
1.10 மின் விநியோக முறை
1.11 நிலத்தடி மின்வடம் மூலம் மின் விநியோகம்.

1.1 அறிமுகம்

மின்சக்தி அமைப்பின் திட்டமிடல் என்பது மின்சக்தி பகிர்மானத்தின் மிக முக்கியமான கூறுகளில் ஒன்று ஆகும். துணை மின் பகிர்மானம் என்பது மின் பகிர்மானத்திற்கும் மின் விநியோகத்திற்கும் இடையே, திறன் உள்ளதாகவும் மற்றும் பொருளாதார ரீதியாகவும் பரிமாறிக் கொள்ளும் திறன் கொண்டது. மின்திறனானது, மேனிலை மின் தொடர் பகிர்மான முறை மற்றும் நிலத்தடி கம்பி வடம் முறையில் கடத்தி வழியாக கொண்டு செல்லப்படுகிறது. இவ்வகை மின் கடத்தி முக்கிய மின்சாரக் குணங்களைக் கொண்டுள்ளது. இந்த குணம் மின்திறன் பகிர்மானத்தின் போது முக்கிய விளைவுகளை ஏற்படுத்தும்.

பல்வேறு வகையான மின் பகிர்மான மின் தொடர்களின் பண்புகள் குறிப்பாக உயர் மின்னழுத்த தொடர்கள், குறைந்த மின்னழுத்த தொடர்கள், உயர் மின்சக்தி தொடர்கள், குறைந்த மின்சக்தி தொடர்கள், வான்வழி தொடர்கள் மற்றும் நிலத்தடி கம்பி வடத் தொடர்கள் ஆகியன பற்றி கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. பல்வேறு வகையான கம்பங்கள், மின்காப்பான்கள் மற்றும் பாதுகாப்பு சாதனங்கள் ஆகியவை பற்றியும், முதன்மை மின் விநியோக முறை, துணை மின் விநியோக முறை ஆகியவற்றின் நன்மைகள், குறைபாடுகள் ஆகியவைகள் பற்றி காணலாம்.

1.2 மின் பகிர்மானம் Transmission

மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யும் உற்பத்தி நிலையங்களிலிருந்து மின் திறனை நுகர்வோருக்கு கொண்டு செல்லும் வரை நடக்கும் நிகழ்வுக்கு மின் பகிர்மானம் என்று பெயர். இதில் மின் உற்பத்தி நிலையம், மின் பகிர்மானக் கடத்திகள், மின் விநியோகம் என மூன்று முக்கிய பகுதிகள் உள்ளன. மின் பகிர்மானமானது மேலும் இரு வகைப்படுகிறது. அவையாவன,

i. மேனிலை மின் தொடர் முறையில் மின் பகிர்மானம்
ii. நிலத்தடி முறையில் மின் பகிர்மானம்

1.2.1 மின் உற்பத்தி நிலையம்

மின்சாரமானது மின் உற்பத்தி நிலையங்களில் உருவாகி, அவை பல்வேறு நிலைகளைக் கடந்து நுகர்வோரை அடைகிறது. அவ்வாறு உற்பத்தி செய்யப்படும் மின்சாரமானது, மின்மாற்றி மூலம் பல்வேறு உயர் அழுத்தம் மற்றும் தாழ்வழுத்த நிலைகளை அடைந்து மின்பகிர்மானம் செய்யப்படுகிறது. தமிழ்நாட்டைப் பொறுத்த வரை மின் உற்பத்தி நிலையங்கள், மின் சக்தியை பயன்படுத்தும் நுகர்வோர் இடத்திலிருந்து வெகு தொலைவில் இருக்கும். உதாரணமாக கல்பாக்கம், கூடங்குளம் (அணு மின்நிலையம்), நெய்வேலி (அனல் மின் நிலையம்), பவானி சாகர் அணை, பைக்காரா, குந்தா அணை (நீர் மின் நிலையம்), கமுதி (சூரிய ஒளி மின் நிலையம்) போன்ற மின் உற்பத்தி நிலையங்கள் உள்ளன. உற்பத்தி செய்யப்படும் மின் சக்தியானது, மின் நுகர்வோருக்கு அருகாமையில் உள்ள துணை மின் நிலையத்திற்கு பகிர்மானம் செய்து மின்சாரம் விநியோகிக்கப்படுகிறது.

BEE_Chapter_01.indd 2 12/27/2019 11:18:35 AM

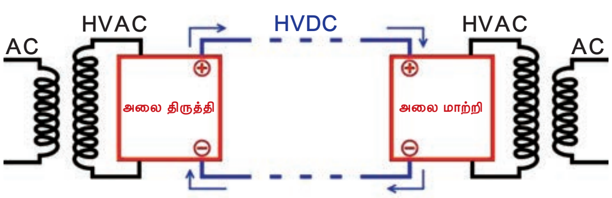
1.2.2 மின் பகிர்மானத்தின் பல்வேறு முறைகள் System of Power Transmission

i. நேர்த்திசை மின் பகிர்மானம்
   அ. இரண்டு கடத்திகள் முறை
   ஆ. மையப்புள்ளி தரையிடப்பட்ட இரண்டு கடத்திகள் முறை
   இ. மூன்று கடத்திகள் முறை

ii. ஒரு முனை மாறுதிசை மின்சாரம்
   அ. இரண்டு கடத்திகள் முறை
   ஆ. மையப்புள்ளி தரையிடப்பட்ட இரண்டு கடத்திகள் முறை
   இ. மூன்று கடத்திகள் முறை

iii. மூன்று முனை மாறுதிசை மின்சாரம்
   அ. மூன்று முனை 3 கடத்திகள்
   ஆ. மூன்று முனை 4 கடத்திகள்

1.3 நேர்த்திசை மின் பகிர்மானம் DC Transmission



படம் 1.1 **நேர்த்திசை மின் பகிர்மானம் வரி வரைபடம்**

மின்சக்தியை உற்பத்தி செய்வது மற்றும் விநியோகம் செய்வது மாறுதிசை மின்சாரமாகவும், சில இடங்களில் அதனை பகிர்மானம் செய்வது அதிக மின்னழுத்த நேர்த்திசை மின்சாரமாகவும் இருக்கும்.

உயர் மின்னழுத்த நேர்த்திசை மின் பகிர்மானத்தின் வடிவப்படம் 1.1 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. மாறுதிசை மின்சக்தியானது உற்பத்தி செய்யப்பட்டு வழங்கும் முனை மின்மாற்றி மூலம் உயர் மின்னழுத்தமாக அதிகரிக்கப்படுகிறது. இந்த அதிக மின்னழுத்த மாறுதிசை மின்சாரமானது அலை திருத்தி மூலம் நேர்த்திசை மின்சாரமாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த அதிக மின்னழுத்த நேர்த்திசை மின்சாரமானது பகிர்மானத் தொடர்கள் வழியாக கடத்தப்படுகிறது. ஏற்கும் முனையில் நேர்த்திசை மின்னழுத்தமானது அலைமாற்றி மூலமாக மாறுதிசை மின்சாரமாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த மாறுதிசை மின்சாரமானது மின் விநியோகம் செய்வதற்காக ஏற்கும் முனை மின்மாற்றி மூலம் குறைந்த மின்னழுத்தமாக குறைக்கப்படுகிறது.

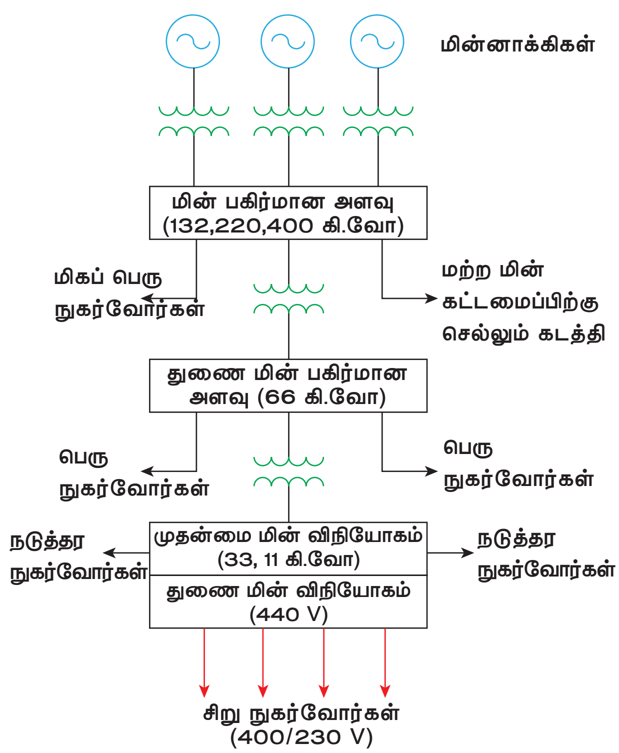
1.3.1 நேர்த்திசை மின்சார பகிர்மானத்தின் நன்மைகள்

i. நேர்த்திசை மின்சாரம் பகிர்மானம் செய்ய இரண்டு கடத்திகள் மட்டும் போதுமானது.
ii. இவற்றில் மின்தேக்கி, மின் தூண்டி போன்றவைகள் கிடையாது.
iii. ஸ்கின் விளைவு கிடையாது.
iv. மிகக் குறைந்த கரோனா பாதிப்பு.
v. மின்னழுத்த வீழ்ச்சி குறைவு.

1.3.2 நேர்த்திசை மின்சார பகிர்மானத்தின் குறைகள்

i. இதில் அதிக அளவு மின்னழுத்தத்தை உற்பத்தி செய்வது கடினம்.
ii. மின்மாற்றி கொண்டு நேர் மின்னழுத்தத்தை அதிகப்படுத்தவோ குறைக்கவோ முடியாது.

1.4 மாறுதிசை மின்சார பகிர்மானம் AC Transmission



படம் 1.2 மின் பகிர்மான அமைப்பு

BEE_Chapter_01.indd 3 12/27/2019 11:18:35 AM

மின் உற்பத்தி நிலையங்களில் பெருமளவு மாறுதிசை மின்சாரமே உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு உற்பத்தி செய்யப்படும் மாறுதிசை மின்சாரமானது படம் 1.2இல் காட்டியுள்ளவாறு கடத்திகள் மூலம் மின் பகிர்மானம் செய்யப்படுகிறது. மின் பகிர்மானத்தை கீழ்க்கண்டவாறு வகைபடுத்தலாம்.

i. முதன்மை மின் பகிர்மானம் (Primary Transmission)
ii. துணை மின் பகிர்மானம் (Secondary Transmission) என இரு வகைப்படும்.

1.4.1 முதன்மை மின் பகிர்மானம் Primary Transmission

மின் உற்பத்தி நிலையங்களிலிருந்து உற்பத்தி செய்யப்படும் மின்னழுத்தமானது உயர்வடுக்கு மின்மாற்றி மூலம் மின் தொடர் முறையில் நுகர்வோருக்கு அருகில் உள்ள ஏற்பு நிலையங்களுக்கு கொண்டு செல்வதே முதன்மை மின் பகிர்மானம் எனப்படும்.

1.4.2 துணை மின் பகிர்மானம் Secondary Transmission

முதன்மை மின் பகிர்மானம் மூலம் பெறப்படும் மின்னழுத்தங்களை குறைவடுக்கு மின்மாற்றி மூலம் குறைத்து, நகரத்தில் உள்ள பல்வேறு துணை மின் நிலையங்களுக்குக் கொண்டு செல்வதையே துணை மின் பகிர்மானம் என்கிறோம்.

1.4.3 மாறுதிசை மின்சார பகிர்மானத்தின் நன்மைகள்

i. மாறுதிசை மின்சாரத்தை மிக அதிக அளவில் மின்னழுத்தம் (33 கி.வோ) உற்பத்தி செய்ய முடியும்.
ii. மாறுதிசை மின்சாரத்தில் மின் மாற்றி கொண்டு மின்னழுத்தத்தை அதிகப்படுத்தவோ குறைக்கவோ இயலும்.
iii. அதிக மின்னழுத்த மின் பகிர்மானத்தால் இழப்பு குறைகிறது.
iv. துணை மின் நிலையங்களை பராமரிப்பது எளிது. செலவு குறைவு.

1.4.4 மாறுதிசை மின்சார பகிர்மானத்தின் குறைகள்

i. இவற்றில் மின்தேக்கி மின் தூண்டிகளின் விளைவுகள் உண்டு.
ii. ஸ்கின் விளைவு காரணமாக அதிக கடத்தி தேவைப்படுகிறது.
iii. மாறுதிசை மின்சார பகிர்மானத்தை கட்டமைப்பது கடினம்.
iv. மாறுதிசை மின்சாரத்தைக் கடத்துவதற்கான தாமிரக் கடத்திகள் அதிகம் தேவைப்படுகிறது.

6P86RD

உங்களுக்கு தெரியுமா?

இரண்டு மெல்லிய குறைக் கடத்திகள் சேர்ந்த அமைப்பில் சூரிய ஒளி படும் போது மின்னழுத்தம் ஏற்படுகிறது. ஒரு குறைக் கடத்தியில் சூரிய ஒளி படும் போது சூரிய ஒளியில் உள்ள ஃபோட்டான்களை (Photons) உறிஞ்சுகிறது. இதனால் எலக்ட்ரான்கள் ஆற்றல் பெற்று அடுத்த குறை கடத்திக்கு செல்கிறது. இதன் விளைவால் இரண்டு குறைக் கடத்திகளுக்கிடையில் சிறு மின்னழுத்தம் ஏற்படுகிறது. இதனையே சோலார் செல் என்கிறோம்

BEE_Chapter_01.indd 4 12/27/2019 11:18:35 AM

1.5 மேனிலை மின்தொடர் முறைகள் Over Head Lines

மின் உற்பத்தி நிலையத்திலிருந்து மின்சாரத்தை மின் நுகர்வோருக்கு விநியோகம் செய்ய மேனிலை மின் தொடர் பயன்படுகிறது. மின் பகிர்மானம் மற்றும் மின் விநியோகம் சேர்ந்ததுதான் மின் கட்டமைப்பு என அழைக்கப்படுகிறது.

1.5.1 மேனிலை மின் தொடர்களில் பயன்படுத்தப்படும் பொருள்கள்

i. மின்சாரக் கடத்திகள்.
ii. மின் கம்பம் அல்லது உத்திர கோபுரங்கள்.
iii. மின் காப்புப் பொருள்கள்.
iv. மின் காப்புப் பொருள்களைத் தாங்கிப் பிடிக்கும் குறுக்குச் சட்டம்.
v. மின்மாற்றி, மின்னல் தாங்கி, அபாய பலகை, கம்பம் மீது ஏறாமல் தடுப்பதற்கான தடுப்புகள், மின்சுற்று துண்டிப்பான் (Circuit Breaker) ஆகியன.

1.5.2 மின் பகிர்மானக் கடத்திகள் Transmission Lines

தொலைவில் உள்ள மின் உற்பத்தி நிலையங்களிலிருந்து, மின் பளு மையங்களுக்கு மின் சக்தியானது கடத்தி வழியாக கடத்தப்படுகிறது. இவ்வகை கடத்திகளுக்கு மின் பகிர்மானக் கடத்திகள் என்று பெயர். மின் பகிர்மானத்திற்கு தாமிரம், அலுமினியம், எஃகு, எஃகுடன் கூடிய வலுவூட்டப்பட்ட அலுமினியக் கடத்தி (ACSR), மற்றும் காட்மியம் கலந்த தாமிரம் போன்றவை மின் பகிர்மானக் கடத்திகளாக பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

1.5.3 மேனிலை மின் தொடர் கடத்திகளின் பண்புகள்

i. நல்ல மின் கடத்தும் தன்மை கொண்டதாக இருக்கவேண்டும்.
ii. அதிக இழுவிசை தாங்கும் சக்தி கொண்டதாக இருக்கவேண்டும்.
iii. விலை குறைவானதாக இருக்கவேண்டும்.
iv. எடை குறைவானதாக இருக்கவேண்டும்.

அ. தாமிரம்

தாமிரம் மற்றும் அலுமினியம் கடத்திகளை அதிக அளவில் மின்சாரத்தை கடத்துவதற்கு பயன்படுகிறது. பெரும்பாலும் மின் பகிர்மானத்துக்கு கடினத் தாமிரம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏனெனில், மென்மையான தாமிரத்தை விட கடினமான தாமிரம் இரு மடங்கு வலிமையுடையது. இது அதிக மின்கடத்தும் தன்மையுடையது. தாமிரத்தில் மின்னோட்ட அடர்த்தி அதிகம் என்பதால், குறைந்த பரப்புடைய கடத்தியே போதுமானது. இதன் இனத்தடை குறைவு. ஆயுள் காலம் அதிகம்.

ஆ. அலுமினியம்

தாமிரத்துக்கு அடுத்தபடியாக சிறந்த கடத்தியாக திகழ்வது அலுமினியம் ஆகும். இது விலை மற்றும் எடை குறைவு. ஆனால் கடத்தும் திறன் தாமிரத்தில் 60 சதவீதம் தான் இருக்கும். அலுமினியக் கடத்தியானது 1.27 மடங்கு தடிமன் அதிகம் தேவைப்படுகிறது. ஒன்றுடன் ஒன்று இணைப்பது கடினம். உருகு நிலை குறைவு என்பதால் குறுக்குச் சுற்றினால் பாதிப்படையும்.

இ. வலுப்படுத்தப்பட்ட எஃகுடன் கூடிய அலுமினியக் கடத்தி

ACSR (Aluminium Conductor with Steel Reinforced)

படம் 1.3 வலுப்படுத்தப்பட்ட எஃகுடன்கூடிய அலுமினியக் கடத்தி

BEE_Chapter_01.indd 5 12/27/2019 11:18:35 AM

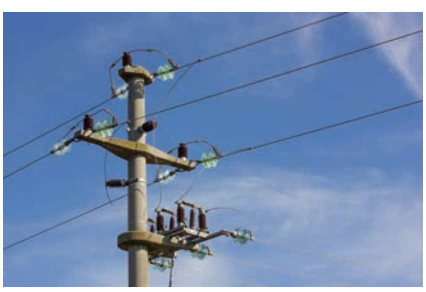
படம் 1.3 இல் உள்ளவாறு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட அலுமினியக் கடத்திகளுக்கு நடுவில் பூச்சு பூசப்பட்ட எஃகு கம்பியை வைத்து தயாரிக்கப்படும் கடத்திக்கு வலுப்படுத்தப்பட்ட எஃகுடன் கூடிய அலுமினியக் கடத்தி என்று பெயர். இதில் அலுமினியக் கடத்தியின் கடத்தும் திறனும், எஃகின் இழுவிசைத் திறனும் சேர்ந்திருப்பதால் இந்த கடத்தியே பெரும்பாலும் மின் பகிர்மானத்திற்கு அதிகம் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

1.6 கடத்திகளைத் தாங்கி பிடிப்பதற்கான கம்பங்கள்

மின்சாரம் கடத்தும் கம்பிகளை உயரத்தில் தாங்கி பிடிக்க கம்பங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பொதுவாக தேவை மற்றும் கடத்தியின் உருவ அளவைப் பொருத்து, கம்பத்தின் தன்மை நான்கு வகைப்படுகிறது.

i. மரக் கம்பம்
ii. கான்கிரீட் கம்பம்
iii. இரும்புக் குழாய்க் கம்பம்
iv. உருக்கு உத்திரக் கோபுரம்

i. மரக் கம்பம்



படம் 1.4 மரக் கம்பம்

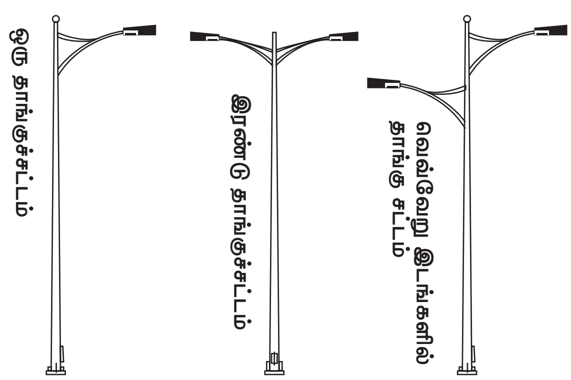
படம் 1.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ள இவ்வகைக் கம்பம் நேரானதாகவும் வலிமை உடையதாகவும், சீரான முறையில் சாய்வான வடிவிலும், முடிச்சுகள் இல்லாதவாறும் இருக்கவேண்டும். விலை குறைவானது. மண்ணில் புதைத்து வைக்கும் பகுதி எளிதில் சிதைந்து விடும் என்பதால், கிரியோசோட் எண்ணெய் கொண்டு பூச்சு பூசி, பூமியில் நட்டு வைக்கப்படுகிறது. 40மீ முதல் 50மீ வரையிலான இடைவெளி தூரம் கொண்ட இடங்களில் 11 கி.வோ. வரையிலான இவ்வகைக் கம்பங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ii. கான்கிரீட் கம்பம்

படம் 1.5 கான்கிரீட் கம்பம்

கான்கிரீட் கம்பங்கள் இரும்புக் கம்பிகளால் பலப்படுத்தப்பட்ட கான்கிரீட் தூண்களைக் கொண்டுள்ளது. கான்கிரீட் குழாய்க் கம்பமானது படம் 1.5 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவை அதிக வலிமை மற்றும் நீண்ட ஆயுள், நீடித்து உழைக்கும் தன்மை ஆகியவைகளைக் கொண்டது. மரக்கம்பத்தை விட அதிக இடைவெளி (80 மீ முதல் 100 மீ) கொண்ட இடங்களுக்கு இக்கம்பம் ஏற்றதாகும். பராமரிப்புச் செலவு மிக மிகக் குறைவு. இவை நல்ல மின் காப்புத் தன்மை கொண்டதாக இருக்கும். இந்த வகை மின்கம்பங்கள் 33 கி.வோ. வரை பயன்படுத்தப்படுகிறது. இழுவிசை தாங்கும் சக்தி குறைவு என்பதால் கடத்திகளை இணைக்கும்போது பாதிப்பு ஏற்பட வாய்ப்பு உள்ளது.

iii. இரும்புக் குழாய்க் கம்பம்



படம் 1.6 இரும்புக் குழாய்க் கம்பம்

BEE_Chapter_01.indd 6 12/27/2019 11:18:37 AM

படம் 1.6 இல் காட்டப்பட்டுள்ள இரும்புக் குழாய்க் கம்பம் கான்கிரீட் கம்பத்தை விட உறுதியானது. துருபிடிக்காமல் இருக்க துத்தநாக முலாம் பூசப்பட்டிருக்கும். ஒரே குழாயாகவோ, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட குழாய்கள் சொருகப்பட்டு அல்லது இணைக்கப்பட்ட வகையாகவோ இருக்கும். குழாயின் சுற்றுப்புரம் வட்ட வடிவமாக இருப்பதால், இதில் தாக்கும் காற்றின் அழுத்தம் கான்கிரீட் கம்பத்தில் தாக்குவதைவிட குறைவாக இருக்கும். இவ்வகைக் கம்பங்களை நில இணைப்பு செய்யவேண்டியது அவசியமாகும். தெரு விளக்கு போன்ற குறைந்த மின்னழுத்தம் தேவைப்படும் இடங்களுக்கு ஏற்றது. 50 மீ முதல் 80 மீ வரையிலான இடைவெளி இருக்கும் தூரங்களுக்கும் 440/230 வோல்ட் மின்னழுத்தங்களுக்கும் இவ்வகைக் கம்பம் ஏற்றது.

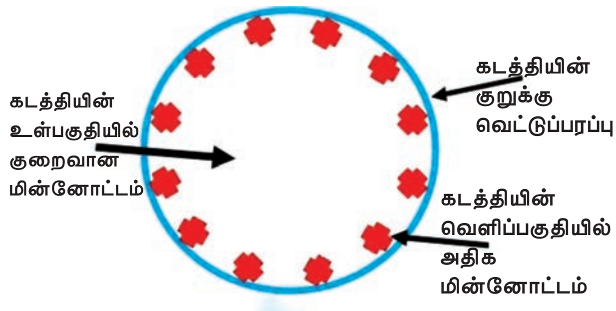
iv. உருக்கு உத்திர கோபுரம்

படம் 1.7 உருக்கு உத்திர கோபுரம்

இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட உருக்கு உத்திரக் கம்பங்களை கொண்டு மேலே படம் 1.7 இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு A வடிவத்தில் அமைப்பதற்கு கூட்டுக் கம்பம் என்று பெயர். இவை அதிக வலிமை மற்றும் நீண்ட ஆயுள் கொண்டதாய் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. மிக அதிக உயரம் தேவைப்படும் போதும், மிக அதிக மின்னழுத்தமுள்ள மின்சாரத்தைக் கடத்தியில் எடுத்துச் செல்லத் தேவையான போது மட்டும்தான் கோபுரம் அமைக்கப்பட்டு பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வகை கோபுரங்கள் 100 மீ முதல் 300 மீ வரை உள்ள இடைவெளிக்கு ஏற்றதாகும்.

1.7 மின் பகிர்மானத்தின் போது ஏற்படும் விளைவுகள்

1.7.1 ஸ்கின் விளைவு Skin Effect



படம் 1.8 ஸ்கின் விளைவு

கடத்தியின் வழியே மாறுதிசை மின்சாரம் பாயும்போது காந்தப் பாயம் ஏற்படும். இந்த காந்தப் பாயம் படம் 1.8 இல் உள்ளது போல் கடத்தியின் மையப்பகுதியில் அதிகமாகவும், வெளிப் பகுதியில் குறைவாகவும் இருக்கும். இதன் காரணமாக கடத்தியின் வெளிப்புறத்தில் மின்னோட்டம் அதிகமாக இருக்கும். இந்த நிகழ்விற்கு ஸ்கின் விளைவு என்று பெயர். இந்த விளைவால் மின்சாரம் செல்லும் பரப்பு குறைகிறது. கடத்தியின் விட்டம் கூடினால் ஸ்கின் விளைவு கூடும்.

1.7.2 வெளிச்சுடரொளி Corona

படம் 1.9 வெளிச்சுடரொளி

அதிகமான மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தைத் தாங்கிச் செல்லும் இரண்டு கடத்திகளுக்கு இடையிலான இடைவெளியானது, அதன்

BEE_Chapter_01.indd 7 12/27/2019 11:18:38 AM

விட்டத்தை விட அதிகமாக இருக்கும் பொழுது, அந்தக் கடத்தியை சுற்றியுள்ள வளி மண்டல காற்றில் நிலைம மின்னழுத்தம் உருவாகும். இதனால் கடத்தியைச் சுற்றி ஊதா நிறத்தில் படம் 1.9 இல் உள்ளது போல் தீப்பொறி ஏற்படுவது வெளிச்சுடரொளி எனப்படும்.

அ. வெளிச்சுடரொளி ஏற்படுவதற்கான காரணிகள்

i. வளி மண்டலம்
ii. கடத்தியின் அளவு
iii. கடத்திகளுக்கு இடைப்பட்ட தூரம்
iv. மின் தொடர் மின்னழுத்தம்

ஆ. வெளிச்சுடரொளி தோன்றுவதால் ஏற்படும் நன்மைகள்

i. வெளிச் சுடரொளி ஏற்படும் போது கடத்தியை சுற்றியுள்ள காற்றானது கடத்தும் தன்மை கொண்டிருப்பதால், கடத்தியின் மெய்நிகர் (Virtual) விட்டம் அதிகரிக்கிறது. இதன் காரணமாக கடத்திகளுக்கு இடையிலான நிலைம மின்னழுத்தம் குறைகிறது.
ii. எழுச்சி மின்னோட்டங்களில் ஏற்படும் நிலையற்ற தன்மையை வெளிச் சுடரொளி குறைக்கிறது.

இ. வெளிச்சுடரொளி தோன்றுவதால் ஏற்படும் குறைகள்

i. திறன் இழப்பு ஏற்படுகிறது. இதனால் மின் வினைதிறன் குறைகிறது.
ii. வெளிச் சுடரொளி காரணமாக ஓசோன் ஏற்படுவதால், வேதி வினையின் காரணமாக கடத்திகள் துருப்பிடிக்க வாய்ப்புள்ளது.
iii. அருகில் உள்ள தொலைத் தொடர்பு கடத்திகளில் தூண்டு மின்னோட்டம் உருவாகி இடையூறுகளை உருவாக்குகிறது.
iv. கடத்தியில் அழுக்கு மற்றும் கரடு முரடாக உள்ள இடங்களில் அதிகமாக ஒளி உண்டாகும்.
v. வெளிச் சுடரொளி ஏற்படும்போது ஹார்மோனிக் மின்னோட்டம் ஏற்படுவதால், சார்ஜிங் மின்னோட்டம் அதிகமாகிறது.

1.8 உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானத்தின் வகைகள்
Types of Overhead Lines

மின் பகிர்மானத்தில் மின் கடத்தியின் நீளம் முழுமைக்கும் மின் தடை (R), மின் தூண்டு திறன் (L), மின் தேக்குத்திறன் (C) ஆகியவை ஒரே அளவாக இருக்கும்படி செய்யப்பட்டிருக்கும். மின் தடை மற்றும் மின் தூண்டுத் திறன் இரண்டும் சேர்ந்து, தொடர் மின்மறுப்புத் திறன் (Z) உருவாக்கும். ஒரு முனை மின்சாரத்தின் கடத்திகளுக்கு இடையிலும், மும்முனை மின்சாரத்தில் ஒரு மின் முனை மற்றும் நியூட்ரல் முனைக்கும் இடையில் மின் தேக்குத்திறன் விளைவு உருவாகிறது. இந்த மின் தேக்குத்திறன் காரணமாக பகிர்மானம் செய்வதற்கான கணக்கீட்டில் பாதிப்பு நிறைந்ததாக இருக்கும். மின் தேக்குத் திறன் விளைவைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்வதைப் பொறுத்து, உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானம் மூன்று வகைப்படுகிறது.

i. குறுகிய உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானம்
Short Transmission Lines
ii. நடுத்தர உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானம்
Medium Transmission Lines
iii. நீண்ட உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானம்
Long Transmission Lines

i. குறுகிய உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானம்

உயர் மின் பகிர்மானத்தில் கடத்தியின் 20 கி.வோ. க்கும் குறைவாக உள்ளதையே குறுகிய உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானம் எனப்படும். குறைந்த மின்னழுத்தம் மற்றும் கடத்தியின் நீளம் குறைவாக இருப்பதனால் மின் தேக்குத்திறன் குறைவாக இருக்கும். லைனின், மின் தடை மற்றும் மாறும் மின் தூண்டு திறன் ஆகியவை ஒரே புள்ளியில் இருப்பதால் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

BEE_Chapter_01.indd 8 12/27/2019 11:18:38 AM

ii. நடுத்தர உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானம்

உயர் மின் பகிர்மானத்தில் கடத்தியின் நீளம் 50 கி.மீ லிருந்து 150 கி.மீ வரையும் மற்றும் 20 கி.வோ. முதல் 100 கி.வோ வரை உள்ளதையே நடுத்தர உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானம் எனப்படும். இந்த வகையில் போதுமான கடத்தியின் நீளமும், மின்னழுத்தமும் இருப்பதால் மின் தேக்குத்திறன் விளைவு கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. அனைத்து மின் தேக்குத்திறனும் ஒன்று சேர்ந்து, லைனுக்கு குறுக்கே ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட புள்ளியில் இருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

iii. நீண்ட உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானம்

உயர் மின் பகிர்மானத்தில் கடத்தியின் நீளம் 150 கி.மீ க்கு மேல் மற்றும் 100 கி.வோ. க்கும் அதிகமாக உள்ளதையே நீண்ட உயர் மின்னழுத்தப் பகிர்மானம் என்கிறோம்.

1.8.1 பாதுகாப்புக் காப்பிடல் Guarding

குறைந்த, நடுத்தர மற்றும் அதிக மின்னழுத்தக் கடத்திகள், மழை, புயல் போன்ற இயற்கை சீற்றம் காரணமாக அறுந்து விழுந்தால் மின் விபத்துக்கள் ஏற்படுகிறது. அதன் காரணமாக உயிர்ச் சேதம் ஏற்பட வாய்ப்புண்டு. அவ்வாறு அறுந்து விழுந்தாலும் அதனைத் தாங்கி பிடிப்பதற்கு தொட்டில் போன்ற நில இணைப்பு செய்யப்பட்ட கம்பி அமைப்பிற்கு பாதுகாப்புக் காப்பிடல் என்று பெயர். கடத்தி அறுந்து, பாதுகாப்பு காப்பிடல் மீது விழும் போது மின் சுற்று துண்டிப்பான் (Circuit Breaker) செயல்பட்டு மின்சாரத்தை துண்டிக்கிறது.

1.9 மின் காப்புப் பொருள்கள் Line Insulators

மின் கம்பம் அல்லது உருக்கு உத்திர கோபுரங்கள் வழியாக கடத்தி மூலம் மின்சாரம் கொண்டு செல்லும்போது தாங்குச் சட்டங்களில் மின்கசிவு மற்றும் குறுக்குச் சுற்று ஏற்படுகிறது. இதனை தடுக்க தாங்குச் சட்டங்களை நன்கு மின் காப்பு செய்திருக்க வேண்டும்.

1.9.1 நல்ல மின்காப்புப் பொருள்களுக்கான குணங்கள்

i. இயந்திரவியல் வலிமை கொண்டிருக்க வேண்டும்.
ii. மின்காப்பு வலிமை அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.
iii. மின்காப்புப் பொருள்களில் மாசு மற்றும் விரிசல் ஆகியவை இருக்கக்கூடாது.
iv. மின்காப்பு மின்தடை அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.
v. சுற்றுப்புற சூழ்நிலையால் பாதிப்படையக் கூடாது.
vi. நுண் துளைகள் கொண்டதாக இருக்கக் கூடாது.
vii. விலை மலிவானதாக இருக்க வேண்டும்.

1.9.2 லைன் மின் காப்பு தயாரிக்கப் பயன்படும் பொருள்கள்

போர்சிலின், கண்ணாடி, மெக்னீசியம் சிலிகேட் போன்றவை லைன் மின்காப்புப் பொருள்கள் தயாரிக்க பயன்படுகின்றன. போர்சிலின் லைன் மின்காப்புப் பொருள் தயாரிக்க அதிகமாக பயன்படுத்தப்படுகிறது. நெகிழி, வெள்ளைக் களிமண், கண்ணாடி ஆகியவைகளைச் சேர்த்து தகுந்த வெப்ப நிலையில் இது தயாரிக்கப்படுகிறது. மேலும் நல்ல உறுதியுடனும் வழவழப்பான மேற்பரப்பு கொண்டும் நுண் துளைகள் இல்லாமலும் தயாரிக்கப்படுகிறது.

1.9.3 லைன் மின்காப்புப் பொருள்களின் வகைகள்

i. செருகாணி வகை
ii. தொங்கல் வகை அல்லது வட்டத்தட்டு வகை
   அ. ஹேவ்லட் வகை
   ஆ. கூட்டு மூடி வகை
   இ. தகடு மற்றும் இணைப்பு வகை

BEE_Chapter_01.indd 9 12/27/2019 11:18:38 AM

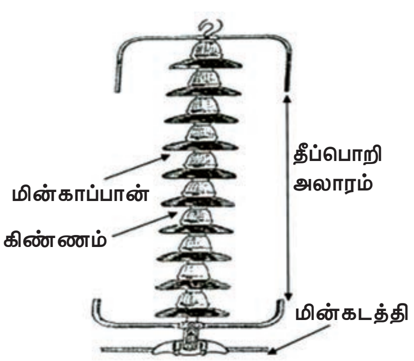
iii. திரிபு வகை
iv. பூட்டு வகை
v. தடுப்பு நிறுத்த வகை

i. செருகாணி வகை
PIN Type insulator

படம் 1.10 **செருகாணி வகை மின்காப்பான்**

இவ்வகை மின்காப்பானது, கம்பத்தின் குறுக்குச் சட்டத்தில் நிறுவப்படுகிறது. படம் 1.10 இல் உள்ளது போல் இதன் மேற்பகுதியில் பள்ளம் வெட்டப்பட்டு, அதில் கடத்தியானது வைக்கப்படுகிறது. நேராகச் செல்லும் கடத்திகளைத் தாங்கிப் பிடிக்க இவ்வகை மின்காப்பான்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

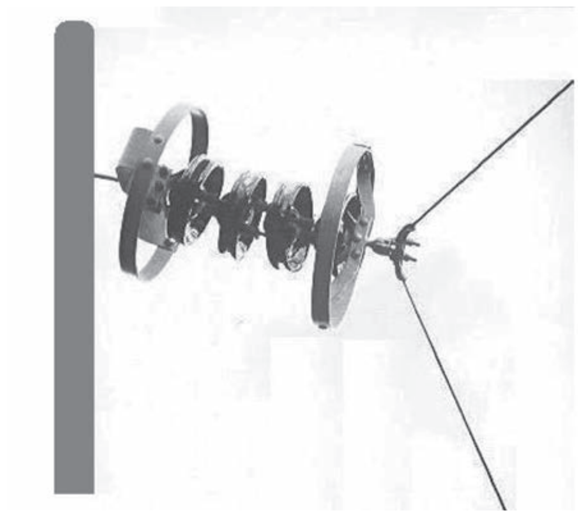
ii. தொங்கல் வகை அல்லது வட்டத்தட்டு வகை
Suspension type Insulator



படம் 1.11 **வட்டத்தட்டு வகை லைன் மின்காப்பான்**

படம் 1.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ள வட்டத்தட்டு வகை லைன் மின்காப்பானது, உருக்கு உத்திர கோபுரத்தின் குறுக்குச் சட்டத்தில் தொங்கும் விதமாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். கடத்தியானது அடிப்பாகத்தில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். வழங்கு மின்னழுத்ததிற்கு ஏற்ப தேவையான வட்டத் தட்டுகள் தொடராக உலோக இணைப்பு மூலம் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒரு வட்டத் தட்டு 11 கி.வோ வரை தாங்கக்கூடியது. தேவைப்படும் இணைப்பிற்கு ஏற்ப வட்டத் தட்டுகளை தொடராக இணைத்துக் கொள்ளலாம்.

அ. ஹேவ்லட் வகை
Hewlett Type

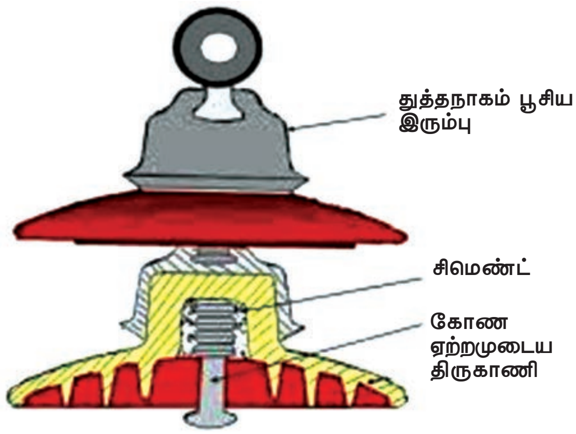


படம் 1.12 **ஹேவ்லட் வகை லைன் மின்காப்பான்**

ஹேவ்லட் வகை லைன் மின்காப்பான் படம் 1.12 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதன் ஒவ்வொரு பகுதியும் போர்சிலினால் செய்யப்பட்டிருக்கும். இதன் நடுப்பகுதியில் U வடிவ பள்ளம் வெட்டப்பட்டிருக்கும். இதன் வழியாக உலோக இணைப்பைப் பயன்படுத்தி, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட வட்டத் தட்டுகள் மரையாணிகள் மூலம் இணைக்கப்படுகிறது. மின்காப்பான்கள் உடைந்தாலும் கடத்திகள் கீழே விழாது.

BEE_Chapter_01.indd 10 12/27/2019 11:18:39 AM

ஆ. கூட்டு மூடி வகை
Cemented cap type



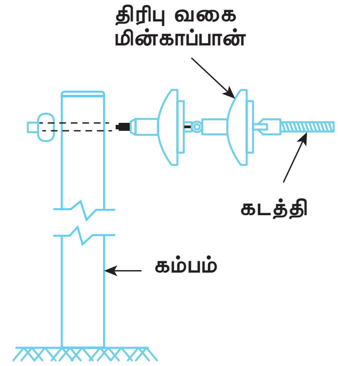
படம் 1.13 கூட்டு மூடி வகை லைன் மின்காப்பான்

படம் 1.13 இல் காட்டப்பட்டுள்ள கூட்டு மூடி வகை மின்காப்பானின் ஒவ்வொரு பகுதியும், போர்சிலினால் செய்யப்பட்டிருக்கும். இதன் மேல் பாகத்தில் கேல்வனைஸ்டு வார்ப்பு இரும்பினால் செய்யப்பட்ட மூடியானது, சிமெண்டினால் பூசப்பட்டுள்ளது. எஃகுத் திருகாணி மூலம் அடிப்பகுதியில் உள்ள உட்புறக் குழியினுள் வைத்து சிமெண்ட் கொண்டு பூசப்படுகிறது. எஃகுத் திருகாணியின் மறுமுனை அடுத்த அலகின் வார்ப்பு இரும்பின் மூடியில் உள்ள குழியில் பொருந்தும் வண்ணம் பந்து வடிவில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

இ. தகடு மற்றும் இணைப்பு வகை
Core and link Type

தகடு மற்றும் இணைப்பு வகையானது மேற்கண்ட ஹேவ்லட் மற்றும் கூட்டு மூடி ஆகிய இரண்டு வகையையும் சேர்ந்த அமைப்பாகும். இவ்வகையானது, சமச்சீரான போர்சிலின் வட்டத் தட்டு உலோக உருளை மூலம் இணைக்கப்படுகிறது. இந்த உலோக உருளையானது போர்சிலின் வட்டத் தட்டு முழுவதும் ஒட்டிக்கொண்டிருக்குமாறு அழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டு தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வகை மின் காப்பான்கள் வெப்பத்தால் பாதிப்படையாது.

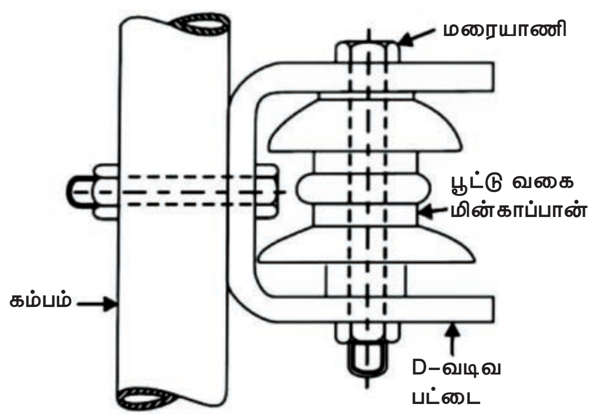
iii. திரிபு வகை
Strain Type



படம் 1.14 திரிபு வகை மின்காப்பான்

படம் 1.14 இல் காட்டப்பட்டுள்ள திரிபு வகை மின்காப்பான்கள், அதிக இழுவிசை தேவைப்படும் லைன் முடிவிலும், மூலைகளிலும் குறுகிய வளைவுகளிலும், ஆறுகளை கடக்கக்கூடிய இடங்களிலும், 11 கி.வோ. வரையிலான மின் கம்பங்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஆறுகளின் குறுக்கே நீண்ட இடைவெளி தூரங்களில் மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மின்காப்பான்களை தொடராக இணைத்து பயன்படுத்தப்படுகிறது. இழுவிசை அதிகமாக உள்ள இடங்களில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மின் காப்பான்கள் இணையாக இணைத்து பயன்படுத்தப்படுகிறது.

iv. பூட்டு வகை
Shackle Insulator



படம் 1.15 பூட்டு வகை மின்காப்பான்

படம் 1.15 இல் காட்டப்பட்டுள்ள பூட்டு வகை மின்காப்பான்கள் குறைந்த

BEE_Chapter_01.indd 11 12/27/2019 11:18:39 AM

மின்னழுத்தமுள்ள மின் வினியோகத்திற்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதனை நேர்க்குத்தாகவோ அல்லது கிடை மட்ட நிலையிலோ வைத்து பயன்படுத்தலாம்.

v. தடுப்பு நிறுத்த வகை Stay Insulator

படம் 1.16 தடுப்பு நிறுத்த வகை மின்காப்பான்

தடுப்பு இழுக் கம்பி இணைக்கும் இடங்களில் பயன்படுத்தப்படும் மின்காப்பானுக்கு தடுப்பு நிறுத்த வகை மின்காப்பான் என்று பெயர். இது படம் 1.16 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதுவும் போர்சிலினால் செய்யப்பட்டிருக்கும். இழுவிசையைப் பொறுத்து மின்காப்பான்களின் வடிவம் அமையும். இது 33 கி.வோ வரை உள்ள கம்பங்களிலிருந்து மின் கசிவு வராமல் தடுக்க பயன்படுகிறது. இந்த மின்காப்பான் தரையிலிருந்து 3 மீ உயரத்தில் அமைக்கப்படவேண்டும்.

1.10 மின் விநியோக முறை Distribution System

நடுத்தர மின்னழுத்தத்தை மின்மாற்றி மூலம் குறைந்த மின்னழுத்தமாக (415V, அல்லது 240V) மாற்றி நுகர்வோருக்கு வழங்கும் அமைப்பை மின் விநியோகம் என்கிறோம். இவை ஊட்டளிப்புத் தொடர்கள், வழங்கி மற்றும் சேவை வழித் தடங்கள் ஆகியவற்றை உள்ளடக்கியதாகும்.

1.10.1 ஊட்டளிப்புத் தொடர்கள் Feeders

ஊட்டளிப்புத் தொடர் என்பது மின்சாரம் கடத்தும் கடத்தியாகும். இது துணை மின் நிலையத்தையும், நுகர்வோருக்கு மின்சாரம் வழங்கும் பகுதியையும் இணைக்கிறது. இதில் கடத்தி முழுமைக்கும் ஒரே அளவில் மின்னழுத்தம் இருக்கும்.

1.10.2 வழங்கி Distributor

மின் நுகர்வோருக்கு தட்டல் (Tappings) மூலம் மின்சாரம் வழங்குதலைக் குறிக்கிறது. பல இடங்களிலிருந்து மின்சாரம் எடுக்கப்படுவதால் மின்னோட்டம் எல்லா இடங்களிலும் ஒரே அளவாக இருப்பதில்லை. ஆகவே வழங்கியை வடிவமைக்கும் போதே, அதன் நீளம் முழுமைக்கும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சியை கணக்கில் கொள்ள வேண்டும்.

1.10.3 வழங்கியின் வகைகள்

மின் இணைப்பை பொறுத்து

அ. ஆர வகை மின் வழங்கு முறை
Radial Distribution System

ஆ. வளைய வகை மின் வழங்கு முறை
Ring Main Distribution System

இ. சேர்த்திணைத்த வகை மின் வழங்கு முறை
Interconnect System

அ) ஆர வகை மின் வழங்கு முறை Radial Distribution System

இம்முறையில் ஒவ்வொரு பளு சந்திப்புகளிலும் தனித் தனி ஊட்டளிப்புத் தொடர் வழியாக கொண்டு செல்லப்பட்டு, துணை மின் நிலையம் வழியாக கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. குறைந்த மின்னழுத்த தேவை உள்ள இடங்களில், நகரத்தின் மையத்தில் பளு சந்திப்புகள் அல்லது மின்னாக்கி உள்ள போது இம்முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் ஒரு இடத்தில் பழுது ஏற்பட்டாலும் மொத்த மின்சுற்றும் பாதிப்பு அடையும்.

ஆ) வளைய வகை மின் வழங்கு முறை Ring Main Distribution System

இது மூடப்பட்ட வளையம் போல் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு பளு சந்திப்புகளும் ஒன்றன் பின் ஒன்றாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு பளு சந்திப்புகளுக்கும் இரண்டு இடங்களிலிருந்து மின்சாரம் வழங்கப்படுகிறது. ஒன்றில் பழுது ஏற்பட்டால், மற்றொன்றின் மூலம் மின்சாரம்

BEE_Chapter_01.indd 12 12/27/2019 11:18:39 AM

வழங்கப்படுகிறது. இம்முறை குறைந்த மற்றும் நடுத்தர மின்னழுத்தம் தேவைப்படும் இடங்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இம்முறையில் மின் நுகர்வோருக்கு குறைந்த அளவிலேயே மின்னழுத்த ஏற்ற இறக்கம் இருக்கும். ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஊட்டளிப்புத் தொடர் மூலம் மின்சாரம் வழங்க முடியும். ஒவ்வொரு வழங்கிகளுக்கும் இரண்டு ஊட்டளிப்புத் தொடர் மூலம் மின்சாரம் வழங்குவதால் நம்பகத் தன்மை உண்டாகும்.

இ) சேர்த்திணைத்த வகை மின் வழங்கு முறை
Interconnect System

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மின் உற்பத்தி நிலையங்கள் மற்றும் துணை மின் நிலையங்கள் ஊட்டளிப்புத் தொடர் வளையத்தில் இணைக்கப்படும் முறைக்கு 'சேர்த்திணைத்த வகை மின் வழங்கு முறை' என்று பெயர். இதனை வலையிணைப்பு என்றும் அழைப்பர். இம்முறையில் மின் உற்பத்தி நிலையம், துணை மின் நிலையம் ஆகியவை ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டு, மின்னழுத்தத்தை மின்மாற்றி மூலம் 33 கி.வோ. ஆக குறைத்து வழங்கப்படுகிறது. இம்முறையால் நம்பகத்தன்மை மற்றும் வினைதிறன் அதிகரிக்கிறது. உச்சபட்ச மின் நுகர்தலின் போது வெவ்வேறு மின் உற்பத்தி நிலையங்களிலிருந்து மின்சாரம் வழங்க முடியும்.

1.10.4 சேவை வழித்தடங்கள் Service Lines

சேவை வழித்தடங்கள் என்பது குறைந்த நீள அளவிலான மின் இணைப்புக் கடத்தியாகும். மின் விநியோகக் கம்பத்திற்கும், பயனீட்டாளருக்கும் இடையே இணைக்கப்படும் கடத்திக்கு சேவை வழித்தடம் என்று பெயர்.

1.11 நிலத்தடி மின்வடம் மூலம் மின் விநியோகம் Under Ground Cable

நிலத்தடியில் புதைக்கப்பட்ட மின்வடம் மூலமும் மின் உற்பத்தி நிலையங்களிலிருந்து மின்சாரம் கொண்டு செல்லப்படுகிறது. மேனிலை மின் தொடர் மூலம் கொண்டு செல்ல முடியாத இடங்களிலோ, மக்கள் நெருக்கமாக வசிக்கும் பகுதிகளிலோ மின் வடம் மூலம் மின்சாரம் கொண்டு செல்லப்படுகிறது. இந்த மின் வடங்களில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட கடத்திகளை முறையாக மின்காப்பு செய்யப்பட்டு உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. இந்த மின் வடங்கள் 1, 2, 3, 3½, 4 என்ற அடிப்படை அளவுகளில் கிடைக்கின்றன.

1.11.1 நன்மைகள்

i. மின் வடங்கள் நிலத்தடியில் புதைக்கப்படுவதால் இடி, மின்னல், தட்ப வெட்ப நிலை, புயல் மற்றும் பறவைகள் போன்றவைகளால் பாதிப்படையாது.

ii. நிலத்தடியில் புதைக்கப்படுவதால் இழுவிசை இருக்காது. அதனால் கடத்திகள் தடை ஏற்படுவதில்லை. இதனால் விபத்துகள் குறைகின்றன.

iii. பராமரிப்பு செலவு குறைவு.

iv. தொடர்பு கம்பிகளுக்கு எந்த தடையும் ஏற்படுவதில்லை.

1.11.2 குறைகள்

i. மின் வடங்கள் அமைப்பதற்கான செலவு மிக அதிகம்.

ii. உயர் மின்னழுத்த மின் வடங்கள் தயாரிப்பது கடினம்.

iii. இணைப்பு செய்வது கடினம்.

iv. பழுது ஏற்பட்டிருக்கும் இடங்களை கண்டறிவது கடினம்.

1.11.3 மின் வடத்தின் வகைகள்

அ. மின்னழுத்த அளவுகளின் அடிப்படையில் மின்வடமானது கீழ்க்கண்டவாறு வகைப்படுத்தப்படுகிறது.

 i. குறைந்த அழுத்த மின்வடம் 1 கி.வோ வரை

 ii. அதிக அழுத்த மின்வடம் 11 கி.வோ வரை

BEE_Chapter_01.indd 13 12/27/2019 11:18:39 AM

iii. சூப்பர் அழுத்த மின் வடம் 22 கி.வோ முதல் 33 கி.வோ வரை
iv. மிக அதிக அழுத்த மின்வடம் 33 கி.வோ முதல் 66 கி.வோ வரை
v. எண்ணெய் நிரப்பப்பட்ட மின்வடம் 66 கி.வோ முதல் 132 கி.வோ வரை
vi. மிக அதிக மின்னழுத்தம் மின்வடம் 132 கி.வோ மேல்

ஆ. மின் காப்பு அடிப்படையில் மின்வடமானது கீழ்க்கண்டவாறு வகைப்படுத்தப்படுகிறது.

i. பி..வி.சி காப்பு கொண்ட மின்வடம்
ii. கனிமப்பொருள் காப்பு கொண்ட மின்வடம்
iii. காகிதக் காப்புடன் காரீயம் மூடப்பட்ட மின்வடம்
iv. குறுக்கிணைப்புடனான பாலி எத்தீலின் மின்வடம்
v. காகிதக் காப்புடன் காரீயம் மூடப்பட்ட இரட்டை கவசம் கொண்ட மின்வடம்

இ. கம்பிகளின் எண்ணிக்கையின் அடிப்படையில் மின்வடமானது கீழ்க்கண்டவாறு வகைப்படுத்தப்படுகிறது.

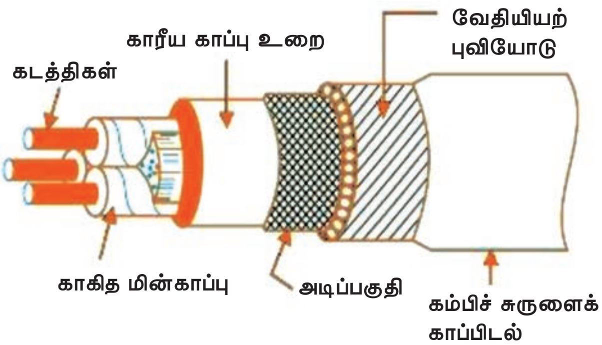
i. ஒரு கம்பி கொண்ட மின்வடம்
ii. 2 கம்பி கொண்ட மின்வடம்
iii. 3 கம்பி கொண்ட மின்வடம்
iv. 4 கம்பி கொண்ட மின்வடம்
v. 3½ கம்பி கொண்ட மின்வடம்

1.11.4 மும்முனைக்கான மின்வடம்

பொதுவாக நிலத்தடி மின்வடமானது மும்முனை மின்திறனை பகிர்மானம் செய்யப் பயன்படுகிறது. இதற்கு மூன்று கடத்தி கொண்ட மின்வடம் அல்லது மூன்று தனித்தனி கடத்தி கொண்ட மின்வடம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பொதுவாக மும்முனை சேவைக்கு பின்வரும் மின்வடங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

அ. பெல்ட்டேட் மின்வடம் 11 கி.வோ வரை
ஆ. ஸ்கிரின்டு மின்வடம் 22 கி.வோ முதல் 66கி.வோ வரை
இ. அழுத்த மின்வடம் 66 கி.வோ க்கு மேல்

அ. பெல்ட்டேட் மின்வடம் 11 கி.வோ வரை



படம் 1.17 பெல்ட்டேட் மின்வடம்

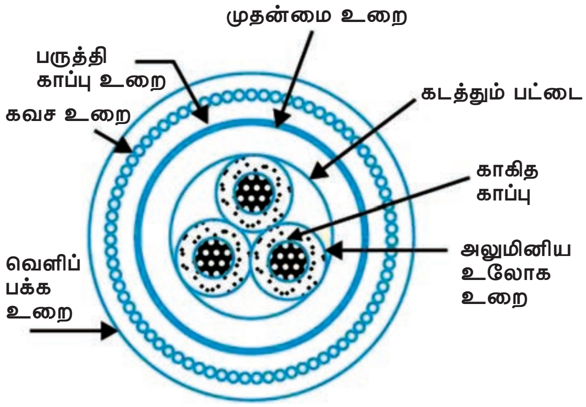
படம் 1.17 இல் பெல்ட்டேட் மின்வடத்தின் அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு கடத்தியும் தனித் தனியாக செறிவூட்டப்பட்டத் தாளின் அடுக்குகளால் மின்காப்பு செய்யப்பட்டிருக்கும். இவ்வாறு மின்காப்பு செய்யப்பட்ட 3 கடத்திகளும், ஒரே தொகுப்பாக அமைக்கப்பட்டு, பின்னர் அதன் மேல் காகித பட்டை என்றழைக்கப்பட்ட காகித நாடாவால் சுற்றப்பட்டிருக்கும். காப்பிடப்பட்ட கடத்திகளுக்கு இடையில் சணல் நார் கொண்டு நிரப்பப்பட்டிருக்கும். இயந்திரவியல் பாதிப்பு மற்றும் ஈரப்பதம் ஆகியவற்றிலிருந்து பாதுகாக்க, காகிதப் பட்டையின் மீது காரீய உறை (lead sheath) அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அதன் மீது ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட கவசமிடப்பட்டு காப்பிடப்பட்டிருக்கும். இவ்வகை மின்வடங்கள் குறைந்த மற்றும் சராசரி மின்னழுத்தங்களை கடத்துவதற்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. 11 கி.வோ மின்னழுத்தத்தை கடத்துவதற்கும் சில சமயங்களில் 22 கி.வோ வரை கடத்தவும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ஆ. ஸ்கிரின்டு மின்வடம்

இது இரண்டு வகைப்படும்.

i. H வகை மின்வடம் [Hochstadter Type]
ii. S.L. வகை மின்வடம் [Separate Lead Type]

BEE_Chapter_01.indd 14 12/27/2019 11:18:40 AM



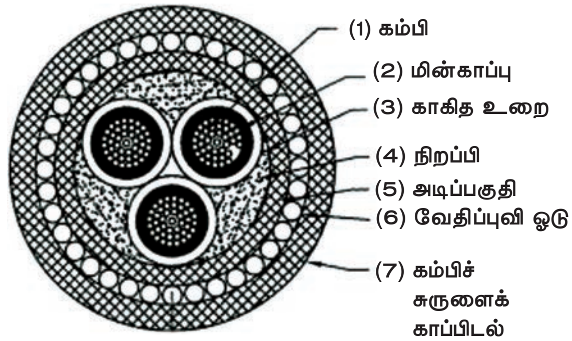
படம் 1.18 H வகை மின்வடம்

i. H வகை மின்வடம் 22 கி.வோ முதல் 66 கி.வோ வரை

படம் 1.18 இல் H வகை மின்வடத்தின் அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு கடத்தியும் தனித் தனியாக செறிவூட்டப்பட்டத் தாளின் அடுக்குகளால் மின்காப்பு செய்யப்பட்டிருக்கும். பின்னர் அதன்மீது தனித்தனியாக உலோகக் காப்பு கொண்டு சுற்றப்பட்டிருக்கும். இந்த உலோகக் காப்பானது மெல்லிய அலுமினியத்தால் செய்யப்பட்டு, ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு செய்யப்பட்டிருக்கும். இந்த மூன்று கடத்திகளையும் சேர்த்து தாமிரப் பட்டையால் சுற்றப்பட்டிருக்கும். இதன் மீது காரீய உறை அமைக்கப்பட்டு, அதன் மீது ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கவசமிடப்பட்டுக் (armouring) காப்பிடப்பட்டிருக்கும். இவ்வகை மின்வடங்கள் குறைந்த மற்றும் சராசரி மின்னழுத்தங்களை கடத்துவதற்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. 33 கி.வோ மின்னழுத்தத்தை கடத்துவதற்கும் சில சமயங்களில் 66 கி.வோ மின்னழுத்தம் வரை கடத்தவும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ii. S.L. வகை மின்வடம் 22 கி.வோ முதல் 66 கி.வோ வரை

படம் 1.19 இல் S.L வகை மின்வடத்தின் அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. இது, அடிப்படையில் H வகை மின்வடத்தைப் போன்று இருந்தாலும், ஒவ்வொரு மின்கடத்தியும் தனித் தனியாக காரீய உறை கொண்டு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒட்டு



படம் 1.19 S.L வகை மின்வடம்

மொத்தமாக பயன்படுத்தப்படும் காரீய உறை அமைப்பு இருக்காது. இதனால் மின்வடத்தினை வளைப்பதும் கையாள்வதும் எளிதாகிறது.

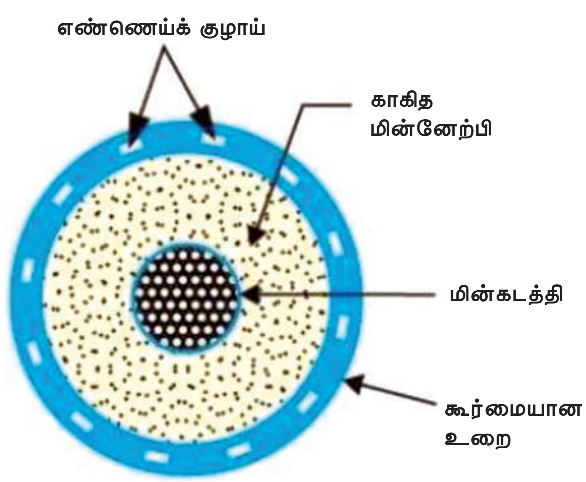
இ. அழுத்த மின்வடம் 66 கி.வோ க்கு மேல்

திண்ம மின் வடத்தை பயன்படுத்தும் போது வெற்றிடம் ஏற்பட்டு மின்காப்பு முறிவு ஏற்படுகிறது. எனவே 66 கி.வோ க்கு மேல் மின்னழுத்தத்தை பகிர்மானம் செய்ய இவ்வகை மின்வடங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்வகை மின்வடங்களில் பயன்படுத்தப்படும் கூட்டுப் பொருள்களின் அழுத்தம் அதிகரிக்கப்பட்டு, வெற்றிடம் குறைக்கப்படுகிறது.

இதில் இரண்டு வகைகள் உள்ளன.

i. எண்ணெய் நிரப்பப்பட்ட மின்வடம்.
ii. வாயு அழுத்த மின்வடம்.

i. எண்ணெய் நிரப்பப்பட்ட மின்வடம்



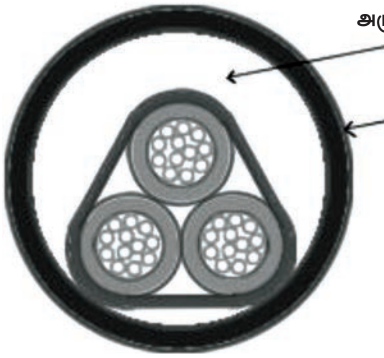
படம் 1.20 எண்ணெய் நிரப்பப்பட்ட மின்வடம்

BEE_Chapter_01.indd 15 12/27/2019 11:18:40 AM

படம் 1.20 இல் காட்டப்பட்டுள்ள எண்ணெய் நிரப்பப்பட்ட மின்வடத்தில் எண்ணெய் சுழற்சிக்கு குழாய்கள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அழுத்தமான எண்ணெய்யானது, ஒரு தொட்டியிலிருந்து குழாய் வழியாக அனுப்பப்படுகிறது. மின் வடம் செல்லும் வழியில் சுமார் 500 மீ இடைவெளியில் எண்ணெய்த் தொட்டி அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அழுத்தமான எண்ணெய்யானது காகிதக் காப்பு அடுக்கினை அழுத்துவதால், வெற்றிடம் ஏற்படாமல் தடுக்கப்படுகிறது. இவ்வகை மின்வடம் 66 கி.வோ முதல் 230 கி.வோ வரை மின்னழுத்தங்களை பகிர்மானம் செய்யப் பயன்படுகிறது.

ii. வாயு அழுத்த மின்வடம்

படம் 1.21 இல் வாயு அழுத்த மின்வடம் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதனுடைய அமைப்பு திண்ம வகை மின்வடத்தைப் போன்றது. இது முக்கோண வடிவில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வகை மின்வடத்தில் காரீய உறையின் தடிமனானது திண்ம மின்வடத்தின் தடிமனில் 75 % தான் இருக்கும். காரீய உறையானது, மெல்லிய உலோக உறையால்



படம் 1.21 வாயு அழுத்த மின்வடம்

பாதுகாக்கப்பட்டிருக்கும். மின்வடமானது வாயுக் கசிவு ஏற்படாத எஃகு குழாயினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். குழாயினுள் உலர்ந்த நைட்ரஜன் வாயுவானது, 12 முதல் 15 வரையிலான வளிமண்டல அழுத்தத்தில் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். இது காகிதக் காப்பு அடுக்கிற்கு இடையேயான வெற்றிடத்தை தவிர்க்கிறது. சாதாரண மின்வடத்தை விட, அதிக பளு மின்னோட்டத்தையும் அதிக மின்னழுத்தத்தையும் தாங்குகிறது. மேலும் ஏதேனும் ஒரு வகையில் தீ ஏற்பட்டால், அதிலுள்ள நைட்ரஜன் வாயு தீயை அணைக்கிறது. இதன் பராமரிப்பு செலவு குறைவு.

1.11.5 மேனிலை மின் தொடர் மற்றும் நிலத்தடி மின் வடம் இடையேயான வேறுபாடு

வ.எண்	மேனிலை மின் தொடர்	நிலத்தடி மின் வடம்
1	பளுவை அதிகப்படுத்துவதற்கு கடத்திகளை புதிதாக சேர்த்துக் கொள்ளலாம். பணிபுரி மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்க வேண்டுமெனில் மின்காப்பானை மாற்றினால் போதும்.	இரண்டிற்குமே புதிய மின் வடம் அமைக்க வேண்டும்.
2	பளுவை அதிகரிக்க வேண்டிய அவசியம் தேவைப்பட்டால் செய்யலாம்.	பளுவை அதிகரிக்கச் செய்ய இயலாது. மீறி செய்தால் கேபிள் பழுது ஏற்பட வாய்ப்புள்ளது.
3	நிறுவுவதற்கு இடம் அதிகமாக தேவைப்படும்.	குறைவாகவே தேவைப்படும்.

BEE_Chapter_01.indd 16 12/27/2019 11:18:40 AM

வ.எண்	மேனிலை மின் தொடர்	நிலத்தடி மின் வடம்
4	பராமரிப்பு எளிது. பராமரிப்புச் செலவு அதிகம்.	பராமரிப்பது கடினம். பராமரிப்புச் செலவு குறைவு.
5	பழுது ஏற்பட்டால் கண்டறிதல் எளிது.	பழுது ஏற்பட்டால் கண்டறிவது கடினம்.
6	திறன் காரணி இழப்பு அதிகம்.	திறன் காரணி இழப்பு குறைவு.
7	தொலைதூர மின் பகிர்மானத்திற்கு ஏற்றது.	குறைந்த தொலைவிலான மின் பகிர்மானத்துக்கு ஏற்றது.
8	மின்னலால் பாதிப்படைய வாய்ப்புள்ளது.	மின்னலால் பாதிப்படைய வாய்ப்பில்லை.
9	நிறுவுதல் செலவு குறைவு.	நிறுவுதல் செலவு அதிகம்.
10	விலை குறைவு.	விலை அதிகம்.

நினைவிற் கொள்ளவேண்டியவை

- மின் உற்பத்தி நிலையங்களிலிருந்து மின் திறனை நுகர்வோருக்கு கொண்டு செல்லும் முறைக்கு மின் பகிர்மானம் என்று பெயர்
- மின் உற்பத்தி நிலையங்களில் பெருமளவு மாறுதிசை மின்சாரமே உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.
- தாமிரத்தின் இனத்தடை அலுமினியத்தின் இனத்தடையை விடக் குறைவு.
- வலுப்படுத்தப்பட்ட எஃகுடன் கூடிய அலுமினியக் கடத்தி, மின் பகிர்மானத்திற்கு பெருமளவு பயன்படுத்தப்படுகிறது.
- மரக்கம்பங்கள் தற்போது பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.
- 100 மீட்டர் முதல் 300 மீட்டர் வரை உள்ள இடைவெளிக்கு உருக்கு உத்திர கோபுரம் ஏற்றதாகும்.
- கடத்தியைச் சுற்றி ஊதா நிறத்தில் தீப்பொறி ஏற்படுவது வெளிச் சுடரொளி எனப்படும்.
- பாதுகாப்புக் காப்பிடலின் வகைகள்

  i. தொட்டில் பாதுகாப்பு காப்பிடல் ii. கேஜ் பாதுகாப்பு காப்பிடல்
- தடுப்பு இழுக் கம்பியை காப்பு செய்ய பயன்படும் மின்காப்பானுக்கு தடுப்பு நிறுத்த வகை மின்காப்பான் என்றுபெயர்.
- மேனிலை மின்தொடர் மூலம் மின்சாரம் கொண்டு செல்ல முடியாத இடங்களில் நிலத்தடி மின் கம்பி வடம் மூலம் மின் விநியோகம் செய்யப்படுகிறது.
- நிலத்தடி மின்வடம் மின்னலால் பாதிப்படையாது.

BEE_Chapter_01.indd 17 12/27/2019 11:18:40 AM

அருஞ்சொற்பொருள்

வெளிச்சுடரொளி – Corona
மின் காப்பு வலிமை – Di–electric Strength
ஊட்டளிப்புத் தொடர் – Feeder Lines
வலையிணைப்பு (அ) மின் கட்டமைப்பு – Grid
மின்காப்பான்கள் – Insulator
உச்ச பட்ச மின் நுகர்தல் – Peak load
ஒழுங்கு முறை – Regulation
திறன்காரணி – Power Factor
ஏற்பு நிலையம் – Receiving Station

மாணவர் செயல்பாடு

1. சூரிய ஒளித் தகட்டினைப் பயன்படுத்தி ஒரு ஒளிர்வி முனை மின் விளக்கினை ஒளிரச் செய்வதுடன் அதன் வெளியிடு மின்னழுத்தத்ததை மில்லி மின்னழுத்தமானியைக் கொண்டு அளவிடுக.
2. மாணவர்கள் காற்றாலை ஒன்றை உருவாக்கி ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஒளிர்வி முனை விளக்குகளை ஒளிரச் செய்வதுடன் மின்னழுத்தமானி கொண்டு மின்னழுத்தத்தை அளவிடுக.

மதிப்பீடு

8E2PV1

பகுதி –அ

சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதவும். **1 – மதிப்பெண்**

1. பொதுவாக கீழ்க்காணும் எந்த மின்னழுத்தத்தை உற்பத்தி செய்வது வழக்கத்தில் இல்லை?
   அ) 6.6 கி.வோ
   ஆ) 9.9 கி.வோ
   இ) 11 கி.வோ
   (ஈ) 13.2 கி.வோ

2. பின்வரும் விநியோக முறைகளில் பொதுவாக பயன்படுத்தப்படாதது எது?
   அ) 3 முனை – 4 கடத்தி
   ஆ) 3 முனை – 3 கடத்தி
   இ) ஒரு முனை – 3 கடத்தி
   ஈ) ஒரு முனை – 4 கடத்தி

BEE_Chapter_01.indd 18 12/27/2019 11:18:40 AM

3. மாறா மின்னழுத்தத்தை பகிர்மானம் செய்வதால் ஏற்படும் குறைபாடு யாது?
   அ) குறுக்குச் சுற்று மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும்.
   ஆ) அதிக பளுவின் காரணமாக திறன் காரணி அதிகரிக்கும்.
   இ) ஒரே மாதிரியான மின்பகிர்மானத்திற்கு அதிகளவு மின் கடத்திகள் தேவைப்படும்.
   ஈ) குறுக்குச் சுற்று மின்னோட்டம் குறைவு.

4. குறைவடுக்கு மின்மாற்றியின் மின்னழுத்தம்.
   அ) 132 கி.வோ
   ஆ) 220 கி.வோ
   இ) 33 கி.வோ
   ஈ) 400 கி.வோ

5. பெரும்பாலும் மின் பகிர்மானத்திற்கு பயன்படுத்தப்படும் கடத்தி.
   அ) எஃகு
   ஆ) தாமிரம்
   இ) அலுமினியம்
   ஈ) வலுப்படுத்தப்பட்ட எஃகுடன் கூடிய அலுமினியக் கடத்தி

6. சாதாரணமாக செருகாணி வகை மின்காப்பான்கள் எந்த அளவு மின்னழுத்தம் வரை பயன்படுத்தப்படுகிறது.
   அ) 100 கி.வோ.
   ஆ) 66 கி.வோ.
   இ) 33 கி.வோ.
   ஈ) 25 கி.வோ.

7. 66 கி.வோ மின்னழுத்த மின் தொடரில் பயன்படுத்தப்படும் மின்காப்பானில் எத்தனை வட்டத் தட்டுகள் இருக்கும்.
   அ) 3
   ஆ) 6
   இ) 8
   ஈ) 12

8. 132 கி.வோ மின்னழுத்தத்தை பகிர்மானம் செய்யும்போது எந்த வகையான மின்காப்பான் பயன்படுத்தப்படுகிறது?
   அ) செருகாணி வகை மின்காப்பான்
   ஆ) வட்டத் தட்டு வகை மின்காப்பான்
   இ) பூட்டு வகை மின்காப்பான்
   ஈ) செருகாணி மற்றும் வட்டத்தட்டு வகை மின்காப்பான்கள்

9. வெளிச் சுடரொளி விளைவு ஏற்படுத்துவது,
   அ) மின் திறன் இழப்பை அதிகரிக்கும்.
   ஆ) மின் எதிர் வினை மதிப்பை அதிகரிக்கும்.
   இ) தூண்டுத் திறன் மதிப்பை அதிகரிக்கும்.
   ஈ) மின்தடை மதிப்பை அதிகரிக்கும்.

10. மேனிலை மின்தொடர் பகிர்மானத்தில் மரக்கம்பமானது எந்த மின்னழுத்தம் வரை பயன்படுத்தப்படுகிறது?
   அ) 440 கி.வோ
   ஆ) 11 கி.வோ
   இ) 22 கி.வோ
   ஈ) 66 கி.வோ

11. கீழ்க்கண்டவற்றில் மின் பகிர்மானத்தின் போது மிகச் சிறந்த ஒழுங்குமுறை ஆகும்.
   அ) 2%
   ஆ) 30%
   இ) 70%
   ஈ) 98%

BEE_Chapter_01.indd 19 12/27/2019 11:18:40 AM

12. மின் பகிர்மானத்தின் போது மின் திறன் எப்பொழுது அதிகமாக இருக்கும்.
   அ) வழங்கும் முனை மின்னழுத்தம் அதிகமாக இருக்கும்போது.
   ஆ) ஏற்கும் முனை மின்னழுத்தம் அதிகமாக இருக்கும்போது.
   இ) மின் எதிர் வினை அதிகமாக இருக்கும் போது.
   ஈ) வெளிச் சுடரொளி விளைவு குறைவாக இருக்கும்போது.

13. அதிக மின்னழுத்த பகிர்மானத்தின் போது முறுக்குக் கடத்தி பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏனெனில்
   அ) இழுவிசைத் திறன் அதிகம்
   ஆ) சிறந்த காற்று மின்தடை
   இ) பயன்படுத்துவது எளிது
   ஈ) விலை குறைவு

பகுதி – ஆ

சுருக்கமாக விடையளிக்கவும். **3 மதிப்பெண்கள்**

1. மின்பகிர்மானம் என்றால் என்ன?
2. மின் உற்பத்தி நிலையங்கள் சிலவற்றை கூறுக.
3. நேர்த்திசை மின்சார பகிர்மானத்தின் நன்மைகள் யாவை?
4. மாறுதிசை மின்சார பகிர்மானத்தின் குறைகள் யாவை?
5. அதிக மின்னழுத்தத்தில் பகிர்மானம் செய்வதன் நன்மைகள் யாவை?
6. மேனிலை மின்தொடர் கடத்திகளின் பண்புகள் யாவை?
7. வலுப்படுத்தப்பட்ட எஃகுடன் கூடிய அலுமினியக் கடத்தி – சிறு குறிப்பு வரைக.
8. நான்கு வகையான கம்பங்களின் பெயர்களைக் குறிப்பிடுக.
9. ஸ்கின் விளைவு என்றால் என்ன?
10. வெளிச்சுடரொளி விளைவைக் குறைக்கும் முறைகள் யாவை?
11. பாதுகாப்புக் காப்பிடல் செய்வதன் நன்மைகள் யாவை?
12. சேவை வழித்தடம் என்பது எதைக் குறிக்கிறது?

பகுதி – இ

ஒரு பக்க அளவில் விடையளிக்கவும். **5 மதிப்பெண்கள்**

1. மின் பகிர்மானத்தின் பல்வேறு முறைகளை எழுதுக.
2. மின் பகிர்மானத்தின் வரைபடம் வரைந்து பாகங்களைக் குறிக்கவும்.
3. மின் பகிர்மானத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படும் உலோகக் கடத்திகள் பற்றி விவரி.
4. பூட்டு வகை மின்காப்பானின் படம் வரைந்து பாகங்களை குறிக்கவும்.
5. வழங்கிகளின் வகைகளை எழுதுக.
6. நிலத்தடி மின் வடம் மூலம் மின் விநியோகம் செய்வதன் நோக்கம், நன்மைகள் மற்றும் குறைகள் யாவை?
7. தொங்கல் வகை மின்காப்பானின் படம் வரைக.

BEE_Chapter_01.indd 20 12/27/2019 11:18:40 AM

பகுதி – ஈ

இரண்டு பக்க அளவில் விரிவாக விடையளிக்கவும். **10 மதிப்பெண்கள்**

1. பல்வேறு வகையான மின்கம்பங்களின் படம் வரைந்து விவரிக்கவும்.
2. வெளிச் சுடரொளி ஏற்படுவதற்கான காரணிகள், நன்மைகள் மற்றும் குறைகள் ஆகியவற்றை எழுதுக.
3. மேனிலை மின் தொடருக்கும், நிலத்தடி மின்வடத்திற்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுகளை அட்டவணைப்படுத்துக.

குறிப்புரை நூல் (Reference Book)

1. A text book of 'Electrical Technology' Volume–III B.L.Theraja and A.K.Theraja, S.Chand & Company Ltd.

இணையதள முகவரி (Reference Internet Source)

1. http://www.wikipedia.org
2. https://www.electrical4u.com

BEE_Chapter_01.indd 21 12/27/2019 11:18:40 AM