

மலர் 37 ஜூலை – செப்டம்பர் 2020 விஞ்ஞானக் குரல்

ISSN 1391-0299

விஞ்ஞானக்குரல்

தேசிய விஞ்ஞான மன்றத்தின் விஞ்ஞான சஞ்சிகை



**பசுமையான எதிர்காலத்திற்கான
புதுப்பிக்கத்தக்க ஆற்றல்**

விஞ்ஞானக் குரல்

மலர் 37

ஆடி - புரட்டாதி 2020

தலைவர்

பேராசிரியர் ரஞ்சித் சேனாரட்ன

பிரதிப் பணிப்பாளர் நாயகம்

கலாநிதி தாமர F. டயஸ்

விஞ்ஞான பிரபல்யப்படுத்தலுக்கான செயற்குழு

கலாநிதி ஜெயந்த வட்டவிதானகே

பொறியியலாளர் நீல் அபேயசேகர

திருமதி. B.W.G. தில்ஹானி

கலாநிதி P.B. தர்மசேன

கலாநிதி R.M. தர்மதாச

பேராசிரியர் ஜெனிதா A. வியனகே

பேராசிரியர் ரோஹினி டி சில்வா

கலாநிதி குமாரி திலகரட்ன

திருமதி எரின் வீஜயக்கோன்

பேராசிரியர் மனுஜ். C. வீரசிங்கே

பதிப்பாசிரியர்கள்

திரு. M. அசோகா ரீ. டி சில்வா (ஆங்கிலம்)

திரு. துசித்த மளவசேகர (சிங்களம்)

திருமதி. தயாபரன் (தமிழ்)

உதவிப் பதிப்பாசிரியர்

கலாநிதி P.R.M.P. தில்ருக்கடி

ஒருங்கிணைப்பாளர்

அபேக்சா ஏரத்

அபிமானி ரனதுங்க

தட்டெழுத்து ஒருங்கமைப்பும்

கணனி வடிவமைப்பும்

யுனி ஆர்ட்ஸ் (பிறைவேட்) விமிட்டட்

48 B, புளுமெண்டால் வீதி, கொழும்பு - 13.

தொலைபேசி:- 011 2330195

அட்டைப் பக்கம்

லக்ஷிகா பியுமி நிசன்க

வெளியீடு

தேசிய விஞ்ஞான மன்றம்

47/5, மெயிற்வண்ட் இடம், கொழும்பு - 07.

நிறுற் படங்களின் மூலம் : இணையத்தளம் / ஆசிரியர்கள்

தொ. பே : 2696771-3

பெக்ஸ் : 2694754

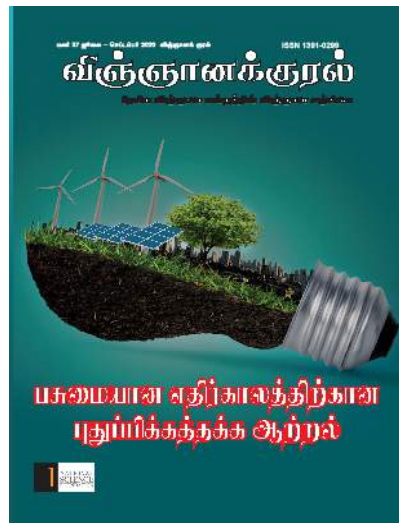
மின்னஞ்சல் : vidurava@nsf.ac.lk

'விஞ்ஞானக் குரல்' மலர் 38 ஜூலை - செப்டெம்பர் 2020 இதழினை

<http://www.nsf.ac.lk> எனும் இணையத்தளத்திலும் பெறலாம்.

வாருளக்கம்

- 2 ஆசிரியர் உரை
- 3 நவீன உலகில் சக்தி
பேராசிரியர்.ஜீ.பி. ஏகநாயக்க
- 10 வலுவூட்டப்பட்ட இயக்கத்தின் கட்டுப்பாடு: புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தியின் அறுவடை மூலம் இயங்கா மனித நாகரிகத்தை இயக்குதல்
வைத்தியர்.எம்.பி.பி ஏகநாயக்க
- 16 புதுப்பிக்கத்தக்கவைவின் புவிசார் அரசியல்: திறன்முறைப் புதுப்பிக்கத்தக்கவைவின் ஒருங்கிணைப்பு தொடர்பான முன்னோக்கிய சிந்தனை
வைத்தியர். ஜி.எம்.ஆர்.ஐ. கொடலியாட
- 22 புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திகளுடன் நேரோட்டத்தின் (DC) மீள்வருகை
பேராசிரியர்.எம்.பி.பி ஏகநாயக்க
- 27 குறைந்த காபன் உலகத்திற்கான பசுமைத் தொடர்பாடல்
வைத்தியர்.எஸ்.ஏ.ஏச்.சூரவீர
- 33 புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திக் கல்வி: மழுலையர், பள்ளி முதல் பல்கலைக்கழகம் வரை
வைத்தியர் ஏச்.எம்.வி.ஆர்.ஹேரத்
- 37 கேள்வி பதில்



© இலங்கை தேசிய விஞ்ஞான மன்றம்

ISSN 1391-0299



இப்பிரசுரத்திலுள்ள கட்டுரைகளில் தெரிவிக்கப்பட்ட எண்ணங்களும் கருத்துக்களும் எழுத்தாளர்களின் வெளிப்பாடாக இருப்பதுடன் NSF இன் உத்தியோக பூர்வ எண்ணங்களை அவசியமாக பிரதிபலிக்க வேண்டுமென்பதில்லை.

ஆசிரியர் உரை

இவ்விதமானது புதுப்பிக்கத்தக்க வளங்கள் குறிப்பாக புதுப்பிக்கத்தக்கச்சக்தி மற்றும் அதன் முக்கியத்துவங்கள் பற்றிய ஆக்கங்களின் மொழிபெயர்ப்பைத் தாங்கி வருகின்றது. புதுப்பிக்கத்தக்க வளம் என்பது தொடர்ச்சியான பாவனையின் போது குறுகிய காலத்தில் இயற்கையான செயற்பாடுகளால் மீண்டும் நிறைவு செய்யப்படக்கூடிய அல்லது குறைவடையாது தொடர்ந்து மிக நீண்ட காலம் கிடைக்கக்கூடிய வளமாகும். சூரிய ஒளி, காற்று, நீர் என்பன புதுப்பிக்கத்தக்க வளங்களாகும்.

புதுப்பிக்கத்தகாத வளங்கள் எனப்படுவன தொடர்ச்சியான பாவனையின் போது குறைவடைந்து அற்றுப் போகக்கூடிய அல்லது மீளுருவாக மிக நீண்ட காலம் தேவைப்படும் வளங்களாகும். அதனால் இவ்வளங்களின் தொடர்ச்சியான, அதிகரித்த பாவனையால் எதிர்காலத்தில் மனித இனம் உட்பட சகல உயிரினங்களுக்கும் அபாய நிலை ஏற்படலாம்.

புதைபடிவ எரிபொருட்கள் ஓர் புதுப்பிக்கத்தகாத வளமாகும். உலக சனத்தொகையின் வளர்ச்சி தொடர்ச்சியாக அதிகரித்த வண்ணம் செல்கின்றது. மனிதனின் சகல தேவைகளுக்கும் தற்போது அதிகளவான சக்தியானது நிலக்கரி, கனிய நெய் மற்றும் எரிவாயு போன்ற புதைபடிவ எரிபொருட்களிலிருந்தே பிறப்பிக்கப்படுகின்றது. இன்னும் 40-50 வருடங்களில் இப்புதைபடிவ எரிபொருட்கள் அற்றுப் போகும் நிலை ஏற்படலாம்.

மேலும் புதைபடிவ எரிபொருட்களின் தகணத்தால், வளி மாசடைதல் போன்ற உள்ளூர் சுற்றாடல் தாக்கங்களும், அமில மழை போன்ற பிராந்தியத் தாக்கங்களும், காலநிலை மாற்றம் போன்ற உலகளாவிய தாக்கங்களும் ஏற்படலாம். பச்சைவீட்டு வாயுக்களின் (Greenhouse gases) வெளியேற்றத்தின் மூலம் பூமியின் காலநிலை மாற்றப்படுகிறது என்பதில் தெளிவான அறிவியல்ரீதியான ஒருமித்த கருத்தும் உள்ளது. காபனீரொட்சைட்டு வாயு புதைபடிவ எரிபொருட்களை எரிப்பதன் மூலமாக வெளியேறும் ஒரு தவிர்க்க முடியாத

பக்கவிளைவாகும். அத்துடன், இவ்வாயு ஒரு முறை வெளியேற்றப்பட்டால் 100 ஆண்டுகள் வரை வளிமண்டலத்தில் இருக்கும். இது மிக முக்கியமான பச்சை வீட்டு வாயுக்களில் ஒன்றாகும். அதனால் பல நாடுகள் CO₂ உமிழ்வைக் குறைப்பதற்கான கொள்கைகளைக் கொண்டுள்ளன.

இவ்வாறான சூழ்நிலைகளில் வருங்காலத்தில் புவியில் சகலரும் ஆரோக்கியமாக வாழ்வதற்கு இக்கணத்திலிருந்தே புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திக்குரிய சிறந்த மாற்றீட்டைப் பற்றிச் சிந்தித்து செயற்பட வேண்டும். சூரிய ஒளிச்சக்தி, காற்றுச்சக்தி, மற்றும் நீர்ச்சக்தி போன்ற புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி மூலங்கள் சிறந்த மாற்றீடாக அமையலாம். இவை எல்லையற்ற விநியோகத் திறனைக் கொண்டுள்ளன, அத்துடன் பசுமை இல்ல வாயு உற்பத்திக்கும் இவை பாங்களிக்க மாட்டா. காற்று மற்றும் நீர்ச் சக்கரங்களில் உள்ள சக்தியைப் பயன்படுத்துவது ஆதி காலத்திலிருந்தே தொழில்துறையின் சக்தித் தேவைகளை நிறைவேற்றுவதற்கான பொதுவான உத்தியாகக் காணப்பட்டது.

இவ்வளங்கள் புவியியல் அமைப்புகளுக்கும், காலநிலை களுக்கும் ஏற்ப தேசத்திற்கு தேசம் வேறுபடுகின்றது. ஆயினும் இலங்கைக்கு புவியியல் ரீதியான இடமானது சூரிய மற்றும் காற்றாலை வளம் கிடைப்பதன் அடிப்படையில் ஒரு சாதகமாக அமைகிறது. ஏற்கனவே, பெரும்பாலான நாடுகள் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திப் பாவனைப் பற்றி சிந்தித்து செயற்படத் தொடங்கிவிட்டன. புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி துறையின் விரைவான வளர்ச்சி புவிசார் அரசியலில் குறிப்பிடத்தக்க செல்வாக்கையும் ஏற்படுத்த வல்லது. அத்துடன் புதிய தொழில்துறைகளுக்கும் வாய்ப்புக்கள் ஏற்படும். இலங்கை போன்ற ஒரு தேசத்திற்கும் புதிய வாய்ப்புகள் ஏற்படலாம்.

இவற்றின் அடிப்படையில் படைக்கப்பட்ட சில ஆக்கங்களின் தமிழ் மொழிபெயர்ப்புக்களை விஞ்ஞானக்குரலின் ஆடி - புரட்டாதி 2020 இற்கான இவ்விதழ் கொண்டுள்ளது.

திருமதி மீ. தயாபரன்

நவீன உலகில் சக்தி

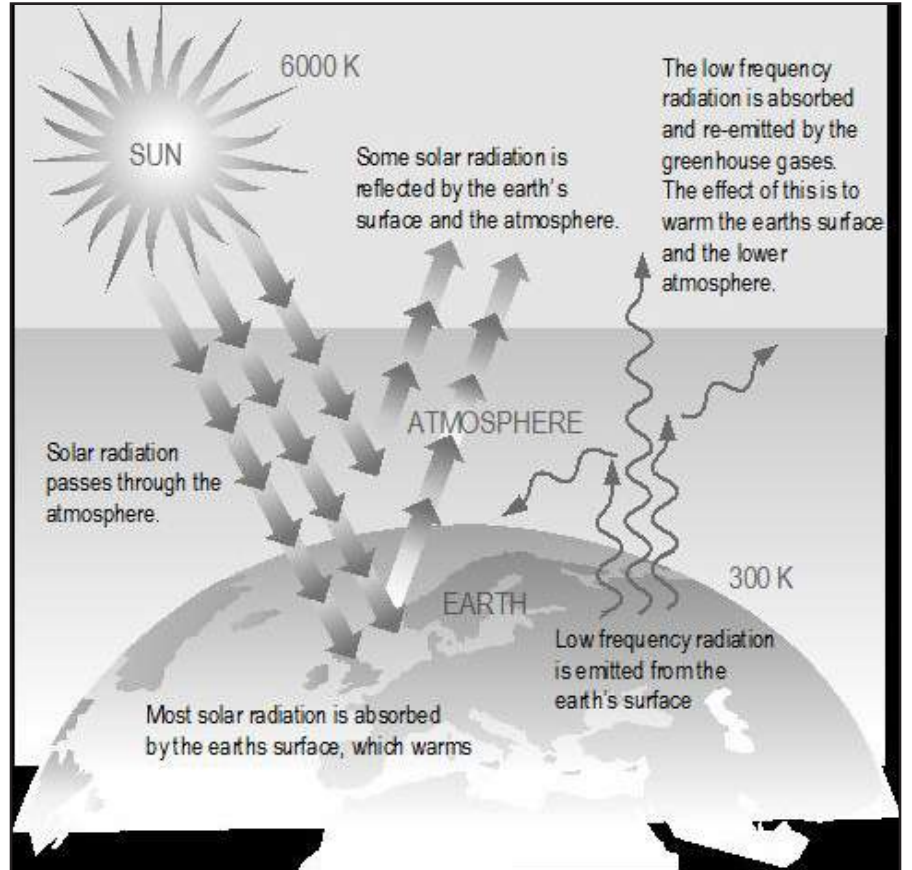
பேராசிரியர்.ஜி.பி. ஏகநாயக்க



நவீன சமூகம் சமையல், சூடேற்றல், குளிர்நட்டல், ஒளியூட்டல் போன்ற இன்னோரன்ன செயற்பாடுகளுக்குத் தேவையான போதுமான சக்தி வழங்கலில் பெரிதும் சார்ந்துள்ளது. தற்போது அதிகளவான சக்தி நிலக்கரி, கனிய நெய் மற்றும் எரிவாயு போன்ற புதைபடிவ எரிபொருட்களிலிருந்தே பிறப்பிக்கப்படுகின்றது. கடந்த 25 ஆண்டுகளாக, உலகின் சக்தித் தேவையானது ஆண்டுக்கு 2.5 சதவீதம் எனும் வீதத்தில் தொடர்ச்சியாக வளர்ச்சியடைந்துள்ளது. இத்தகைய நுகர்வின் அதிகரிப்பை காலவரையின்றித் தாக்குப்பிடிக்க முடியாது. இதற்கான காரணம் கையிருப்பிலுள்ள வளங்களின் தேய்வும் அத்துடன் மிகவும் முக்கியமாக புதைபடிவ எரிபொருட்களை எரிப்பதன் மூலம் ஏற்படும் சுற்றுச்சூழல் பாதிப்புமே ஆகும். எதிர்காலத்தில் ஓர் நிலையில் கனிய நெய் மற்றும் எரிவாயு பிரித்தெடுப்பதற்கான செலவுகள் அவற்றின் பயன்பாட்டைக் கட்டுப்படுத்தும் அளவுக்கு அதிகமாகிவிடும். மேலும், புதைபடிவ எரிபொருட்களை எரிப்பதும் அதன் விளைவாக வளிமண்டலத்தில் CO₂ன் அதிகரிப்பும் பாதகமான காலநிலை மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும் என்பதில் காலநிலை விஞ்ஞானிகள் மத்தியில் தெளிவான உடன்பாடு உள்ளது. ஆகையால், பெரும்பாலான அரசாங்கங்கள் புதுப்பிக்கத்தக்க

சக்தி மூலங்களை அறிமுகப்படுத்த கடுமையான முயற்சிகளை மேற்கொண்டு வருகின்றன. ஏனெனில், கைத்தொழிற் செயற்பாடுகளின் போது இச்சக்தி மூலங்கள் CO₂ ஐ வெளியேற்ற மாட்டா அத்துடன் புதைபடிவ மூலங்களைப் போன்று குறைவடையமாட்டா என்பதனாலாகும்.

புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தியின் பயன்பாடு எதிர்கால சக்தி விநியோகத்திலும், மேலும் நிலையான எரிசக்தி பொருளாதாரத்திற்கு மாறுவதிலும் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. ஆயினும், புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி அதற்கேயுரிய சவால்களைக் கொண்டிருக்கின்றது. பொதுவாக, புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி திட்டங்களின் ஆரம்ப மூலதன செலவு



உரு.1: பச்சைவீட்டு விளைவின் எளிய பிரதிபலிப்பு



உரு.2: காற்றாலைப் பண்ணை

அதிகமாக உள்ளதோடு, அவற்றின் உற்பத்தி முழுமையாக வளங்களில் சார்ந்துள்ளது. எனவே சூரியன் மற்றும் காற்றின் வலிமையுடன் இவற்றின் உற்பத்தி மாறுபடும்.

புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திக்கான தேவை (The need for Renewable Energy)

புதைபடிவ எரிபொருட்களின் தகணத்தால், வளி மாசடைதல் போன்ற உள்ளூர் சுற்றாடல் தாக்கங்களும், அமில மழை போன்ற பிராந்தியத் தாக்கங்களும், காலநிலை மாற்றம் போன்ற உலகளாவிய தாக்கங்களும் ஏற்படலாம்.

வெப்ப மின் நிலையங்கள், உள்ளக எரிப்பு இயந்திரங்கள் மற்றும் கட்டிட வெப்பமாக்கல் தொகுதிகள் அனைத்தும் சுற்றுச்சூழல் மற்றும் மனித ஆரோக்கியத்திற்குத் தீங்கு விளைவிக்கக்கூடிய வாயுக்களையும் மிகச் சிறிய துகள்களையும் உருவாக்குகின்றன. உதாரணமாக பெரிய நகரங்களில் பெரும்பாலும் வாகனங்களிலிருந்து வெளியேறும் வாயுக்களினால் நிகழும் ஒளி-இரசாயன புகைமூட்டங்களைக் குறிப்பிடலாம். மேலும், மின் நிலையங்களில் எரிக்கப்படும் நிலக்கரி கந்தகவிருவொட்சைட்டு (SO_2) மற்றும் அமில மழை உருவாக்கக்கூடிய பிற மாசுபடுத்திகளையும் உருவாக்குகின்றது. அவை

வளிமண்டலத்தில் உமிழப்படும் போது கணிசமான சுற்றுச்சூழல் பாதிப்புக்கு வழிவகுக்கும். குறிப்பாக ஏரிகள் மற்றும் காடுகளில் அமில மழை உருவாக்கத்திற்கு வழிவகுக்கின்றன. மனித செயற்பாடுகளால் பச்சைவீட்டு வாயுக்களின் (Greenhouse gases) வெளியேற்றத்தின் மூலம் பூமியின் காலநிலை மாற்றப்படுகிறது என்பதில் தெளிவான அறிவியல்ரீதியான ஒருமித்த கருத்து உள்ளது. காபனீரொட்சைட்டு (CO_2), மெதேன் (CH_4), நைட்ரஸ் ஓட்சைட்டுகள் (NOX) மற்றும் புளோரோகாபன்கள் ஆகியவை பிரதான பச்சை வீட்டு வாயுக்களாகும். பச்சைவீட்டு விளைவில் நீராவிபும்

முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. பச்சைவீட்டு விளைவு (greenhouse effect) என்பது வளிமண்டலத்தில் உள்ள வாயுக்கள் மற்றும் துகள்களின் முக்கியமான தாக்கங்களைக் கொண்ட மிகவும் சிக்கலான நிகழ்வு ஆகும். அது பூமியின் வெப்பநிலையை அதிகரிக்கவோ குறைக்கவோ செய்யும். ஆயினும் பச்சைவீட்டு விளைவை பூமியின் மேற்பரப்பில் இருந்து காலள் செய்யப்படும் நீண்ட அலைநீள கதிர்வீச்சை மேல் வளிமண்டலத்தில் உள்ள வாயுக்கள் உறிஞ்சி மீளும் காலள் செய்யும் விளைவு என்று மிகச் சுருக்கமாகவும் இலகுவாகவும் விளக்க முடியும் (உரு. 1).

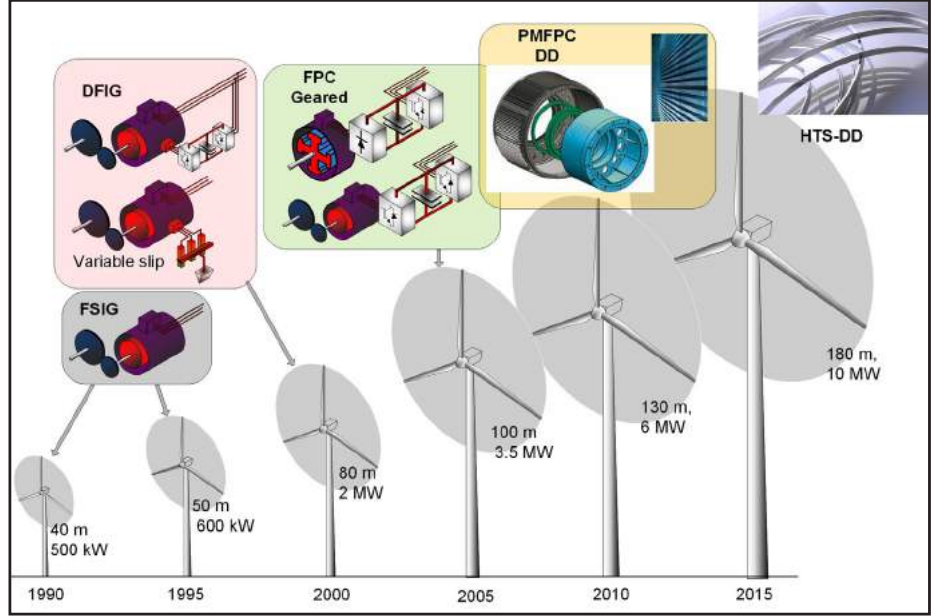
சூரியன் ஒரு உயர் வெப்பநிலை மூலமாகும். இதன் வெளிப்புற மேற்பரப்பு சுமார் 6000K வெப்பநிலையைக் கொண்டுள்ளது. இது பூமியின் வளிமண்டலத்தை ஊட்டுத்துச் செல்லும் குறுகிய அலைநீளம் (உயர் மீட்டர்) கொண்ட கதிர்வீச்சை வெளியிடுகிறது. இந்தக் கதிர்வீச்சு பூமியைத் தாக்கி வெப்பமயமாக்குகிறது. பின்னர் பூமியினால் அதன் மேற்பரப்பு வெப்பநிலை குறைந்த நீண்ட அலைநீளம் (தாழ் மீட்டர்) கொண்ட கதிர்வீச்சை மீண்டும் காலுக்கிறது. சூரியனில் இருந்து வரும் உயர் மீட்டர் கதிர்வீச்சு பூமியின் வளிமண்டலத்தினூடே பெரும்பாலும் பாதிக்கப்படாமல்



உரு. 3: சூரிய ஒளிமின்னுற்பத்தி பண்ணை

செல்கிறது. அதே வேளையில் மேல் வளிமண்டலத்தில் உள்ள வாயுக்களின் செறிவு, தாழ் மீழறன் (நீண்ட அலைநீளம்) கதிர்வீச்சை உறிஞ்சுவதற்கு வழிவகுக்கிறது.

பூமியின் வெப்பநிலை சூரியனில் இருந்து உள்வரும் உயர் மீழறன் கதிர்வீச்சிற்கும் பூமியின் மேற்பரப்பில் இருந்து மீண்டும் தெறிப்படையும் தாழ் மீழறன் கதிர்வீச்சிற்கும் இடையிலான சமநிலையில் தங்கியுள்ளது. வளிமண்டலத்தில் பச்சை வீட்டு வாயுக்களின் செறிவு அதிகரிக்கப்படுவதன் காரணமாக பூமியிலிருந்து வெளியேறும் தாழ் மீழறன் கதிர்வீச்சு அதிகளவில் உறிஞ்சப்பட்டு புவியிற்கே காலன் செய்யப்படும் போது பூமியின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கிறது. பூமியின் வளிமண்டலத்தில் இருக்கும் பச்சை வீட்டு வாயுக்களின் செறிவு பூமியின் வெப்பநிலையை உயிர் வாழ்க்கைக்கு ஏற்ற அளவில் பராமரிக்க ஏதுவாக்குகிறது. இவ்வாயுக்கள் இல்லா நிலையில் பூமி -18°C ஆக குளிர்ச்சியாக இருக்கும். ஆனால் தற்போது நாம் செய்வதைப் போன்று, பச்சைவீட்டு வாயுக்களின் செறிவை அதிகரிப்பதன் மூலம்,



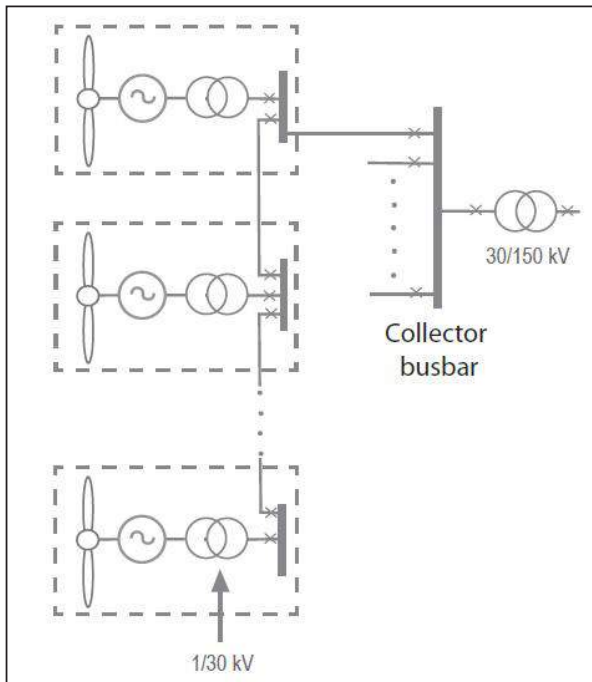
உரு. 4: காற்றாலைத் தொழில்நுட்பத்தின் பரிணாம வளர்ச்சி

பூமியின் வெப்பநிலை அதிகரித்து காலநிலையும் மாற்றப்படுகின்றது. சராசரி வெப்பநிலையின் அதிகரிப்பு குறிப்பிடத்தக்க தாக்கங்களைக் கொண்டிருந்தாலும், இதன் விளைவான ஆர்க்டிக் துருவத்தின் பனிக்கட்டி உருகுதல் மற்றும் தீவிர வானிலை நிகழ்வுகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிப்பு போன்றன அதிகளவு தீவிரமானவை. பச்சை வீட்டு வாயுக்கள் பூமியின் வளிமண்டலம் முழுவதும் பரவுகின்றமையால் இது ஒரு உலகளாவிய விளைவாக மாறுகின்றது.

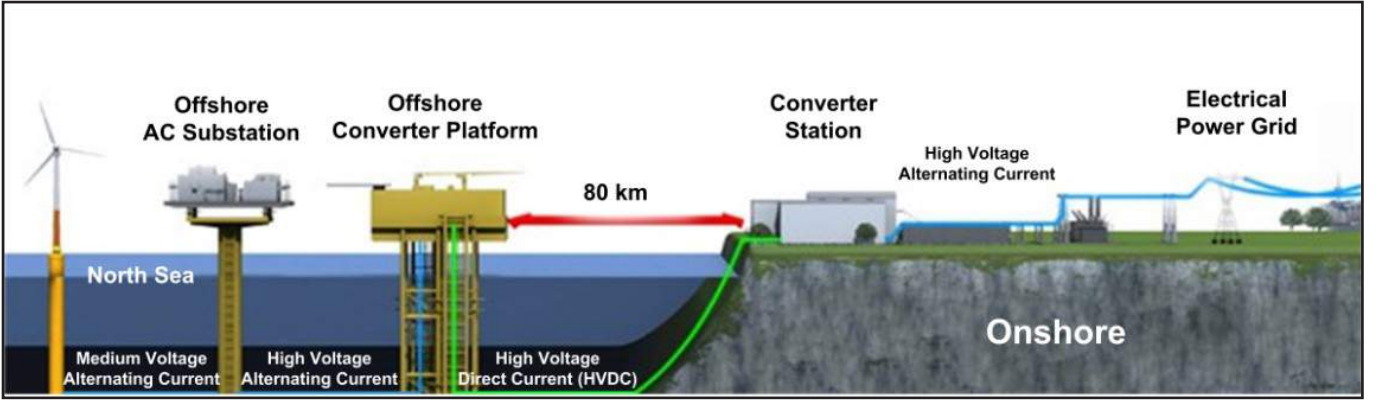
காபனீரொட்சைட்டு வாயு புதைபடிவ எரிபொருட்களை எரிப்பதன் மூலமாக வெளியேறும் ஒரு தவிர்க்க முடியாத பக்கவிளைவாகும். அத்துடன், இவ்வாயு ஒரு முறை வெளியேற்றப்பட்டால் 100 ஆண்டுகள் வரை வளிமண்டலத்தில் இருக்கும். இது மிக முக்கியமான பச்சை வீட்டு வாயுக்களில் ஒன்றாகும். அத்துடன் பல நாடுகள்

CO₂ உமிழ்வைக் குறைப்பதற்கான கொள்கைகளைக் கொண்டுள்ளன. குறிப்பாக இவை மின்சார உற்பத்தியிலிருந்து வெளியேறும் CO₂ வைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. CO₂ மற்றும் பிற பச்சை வீட்டு வாயுக்களின் வெளியேற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம், உலகளாவிய சராசரி மேற்பரப்பு வெப்பநிலை உயர்வை 2°C குள் கட்டுப்படுத்த முடியுமென நம்பப்படுகிறது. இந்தளவு வெப்பநிலை அதிகரிப்பும், அதனுடன் தொடர்புடைய அதிகளவு தீவிர வானிலை நிகழ்வுகளும் விவசாயத்திலும், உயிரினப் பல்வகைமையிலும் முக்கியமானத் தாக்கங்களை ஏற்படுத்தும். புதைபடிவ எரிபொருட்களை எரிப்பதில் முக்கியமாக தங்கியுள்ள மின்சக்தி துறையிலிருந்து CO₂ ஐ தொடர்ச்சியாக வெளியேற்ற அனுமதிப்பது பாதகமான காலநிலை மாற்றத்துக்கான அபாயத்தை கணிசமாக அதிகரிக்கிறது.

தாழ் காபன் மின்சார உற்பத்தி (Low carbon Electricity Generation)
புதைபடிவ எரிபொருட்களின் தகணம் மூலமான CO₂ வெளியேற்றத்தினால் ஏற்படும் காலநிலை மாற்றம் பல நாடுகளின் சக்திக் கொள்கை உருவாவதற்கான முக்கிய காரணியாக உள்ளது. இதனால், புதைபடிவ



உரு. 5: கடலுக்குள்ளான காற்றாலைப் பண்ணையின் பொதுவான தொடுப்பு முறை



உரு. 6: கடற்கரை காற்றாலைப் பண்ணையின் நேரோட்ட மின்னோட்ட தொட்பு

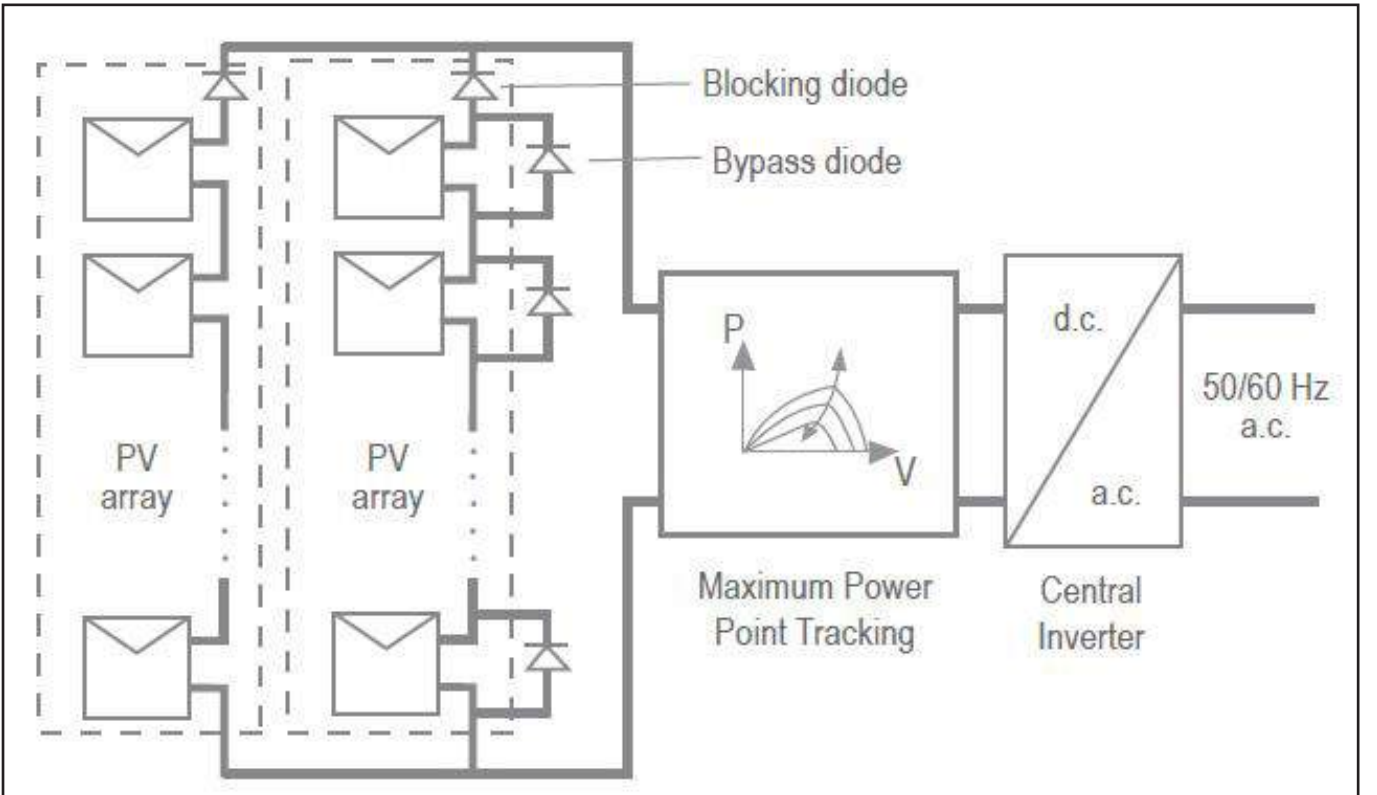
எரிபொருட்களுக்கான, குறிப்பாக நிலக்கரிக்கான மாற்று வழிகள் உடனடித் தேவையாக உள்ளன. CO₂ ஐ வெளியேற்றாமல் மின்சாரம் தயாரிப்பதற்கான தெரிவுகளாக புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி, அணுக்கருச்சக்தி மற்றும் காபனைக் கைப்பற்றி அத்துடன் சேமிப்பகத்துடன் கூடிய பதைபடிவ எரிபொருள் மின்பிறப்பாக்கிகள் ஆகியன மட்டுமே உள்ளன.

அணுக்கரு பிளவுகளிலிருந்து மின் சக்தியை உருவாக்குவது ஒரு கவர்ச்சிகரமான தொழில்நுட்பம் என்றும், கருச்சக்தி உற்பத்தி

விரிவாக்கப்பட வேண்டும் என்றும் கருதுபவர்களும் உள்ளனர். இருப்பினும், கருச்சக்தி மூலமான மின்சாரம் அதிக மூலதன செலவுகள் மற்றும் அணுக்கழிவுகளை அகற்றுவதில் உள்ள தொடர்ச்சியான நிச்சயமற்ற தன்மை உள்ளிட்ட பல முக்கியமான சிக்கல்களைக் கொண்டுள்ளது.

புதைபடிவ எரிபொருள்கள் எரிக்கப்படுவதற்கு முன்போ அல்லது பின்போ காபனை அகற்றுவது மற்றும் CO₂ வை நிலத்தடியில் சேமிப்பது போன்றத் திட்டங்கள் தெளிவான

கவர்ச்சிகரமானத் திட்டங்களாகும். ஏனெனில், வழக்கமான மின்பிறப்பாக்கல் அலகுகள் இதன்மூலம் தொடர்ந்தும் பயன்படுத்தப்படலாம். இது காபன் கைப்பற்றல் மற்றும் சேமிப்பு (Carbon Capture and Storage - CCS) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இருப்பினும், புதைபடிவ எரிபொருளிலிருந்து காபனைப் பிரித்தெடுப்பதற்கான தொழில்நுட்பமோ அல்லது CO₂ ஐ சேமிப்பதற்கான தொழில்நுட்பமோ இன்னும் வணிக ரீதியில் நிரூபிக்கப்படவில்லை. பல குறைந்தக் கார்பன்



உரு 7: மைய தழைக்கிழாக்கிக்கு தொடுக்கப்பட்டுள்ள சூரிய மின்சக்திப் படல்கள்

தொழில்நுட்பங்களின் வரையறைகள் காரணமாக, பெரும்பாலான அரசாங்கங்கள் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திப் பிறப்பாக்கலின் வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கின்றன. சடுதியாக வளர்ந்து வரும் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தித் தொழில்நுட்பங்களின் தூண்டுதலினால், நிகர அளவீடு (net-metering), feed-in-tariffs, ஒதுக்கீட்டுத் தேவைகள் (quota requirements), காபன் வர்த்தகம் (Carbon trading) அல்லது காபன் வரி (Carbon taxes) போன்ற நிதிப் பொறிமுறைகள் அறிமுகப்படுத்தப்படுகின்றன. நிர்மானிக்கப்பட்ட தொழில்நுட்பங்களில் காற்றாலைச் சக்தி (Wind Power), நுண் நீர் மின்சக்தி (micro hydro) சூரிய ஒளி-மின்னழுத்த தொகுதிகள் (Solar photo-voltaic systems), நிலநிரப்பு வாயு (Landfill gas), நகராட்சி கழிவுகளிலிருந்து வரும் சக்தி, உயிர்த்திண்மச் சக்தி மற்றும் புவிவெப்ப உற்பத்தி ஆகியவை அடங்குகின்றன. சடுதியாக வளர்ந்து வரும் தொழில்நுட்பங்களில் வற்றுப்பெருக்குச் சக்தி (tidal stream), அலைச்சக்தி மற்றும் சூரிய வெப்ப உற்பத்தி ஆகியவை அடங்குகின்றன.

புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி மூலங்கள் புதைபடிவ எரிபொருட்களைக் காட்டிலும் மிகக் குறைந்த சக்தி அடர்த்தியைக் கொண்டுள்ளன. எனவே உற்பத்தி நிலையங்கள் சிறியனவாகவும், புவியியல் ரீதியில் பரந்தும் உள்ளன. உதாரணமாக, காற்றாலை நிலையங்கள் நன்கு காற்று வீசும் பகுதிகளில் அமைந்திருக்க வேண்டும்.

அதே சமயம் உயிர்த்திண்ம மின்னூற்பத்தி நிலையங்கள், குறைந்த அளவிலான சக்தி அடர்த்தி உடைய எரிபொருளைக் கொண்டு செல்வதற்கான செலவு காரணமாக வழமையாக வரையறுத்த பருமனையேக் கொண்டிருக்கும். பொதுவாக 50-100 ஆறு குறைவான கொள்ளளவுடைய இவ்வாறான சிறிய மின்னூற்பத்தி நிலையங்கள் பின்னர் மின் விநியோக அமைப்பில் இணைக்கப்படுகின்றன. பல நாடுகளில் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திப் பிறப்பாக்க நிலையங்கள் லாபகரமானதாகத் திட்டமிடப்படுவதில்லை. மாறாக, இவை தொழில்முனைவோர்களால்

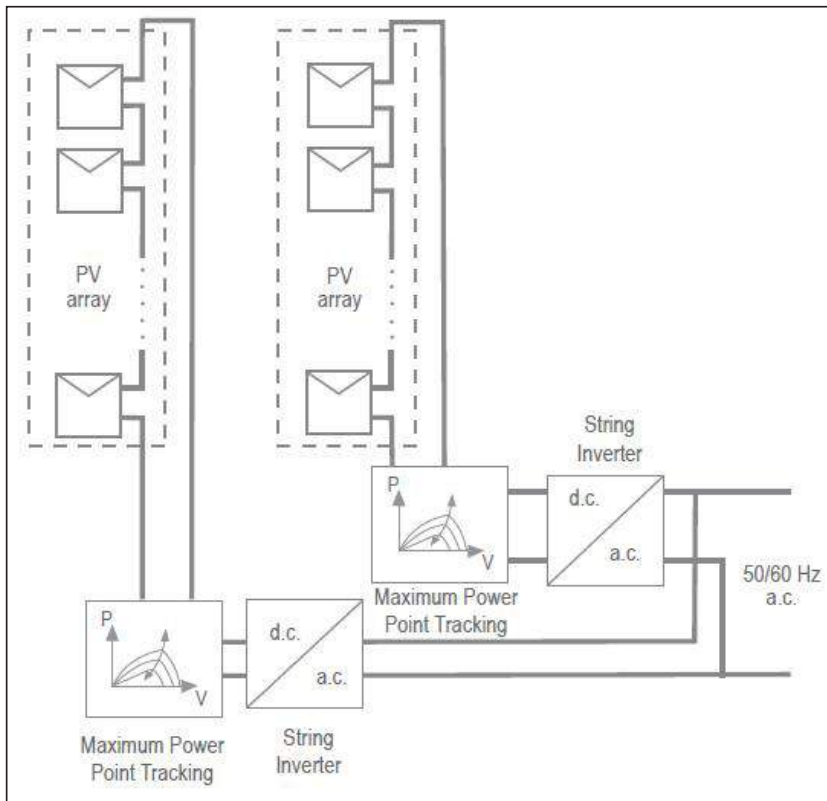
முன்னை நாள் நிலக்கரி சுரங்க பகுதிக்கு மேலே உள்ள மலைகளில் அமைந்துள்ள காற்று மற்றும் சூரிய மின் சக்தி நிலையங்களைக் காட்டுகின்றன. இத் திட்டங்களின் சுற்றுச்சூழல் பாதிப்புக் குறைவாக உள்ளதுடன் இந் நிலம் செம்மறி ஆடுகளின் மேய்ச்சல் நிலமாக தொடர்ந்துப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

காற்றிலிருந்து சக்தி (Energy from Wind)

புதுப்பிக்கத்தக்க வளங்களில், பயன்தரு செலவு குறைந்த ஒன்றாக காற்றாலை தொழில்நுட்பம் உருவாகி வருகிறது. உலகெங்கிலும் சுமார் 597,000 MW

கொள்ளளவுடைய காற்றாலைகள் நிறுவப்பட்டுள்ளன. காற்றாலைச் சக்தி உற்பத்தியின் நன்மைகளாவன: ஒவ்வொரு காற்றாலையும் ஒப்பீட்டளவில் பெரியது (கடற்கரையோர காற்றாலை 5 MW வரை மற்றும் கடலுக்குள்ளான காற்றாலை 10 MW வரை), திட்டமிடல் அனுமதி கிடைத்தவுடன் காற்றாலைப் பண்ணைகள் அதி வேகக் காற்றுள்ள நிலையங்களில் குறைவான செலவில் விரைவாக கட்டப்படலாம்.

தீமைகளாவன: இது ஒரு தொடர்ச்சியற்ற சக்திப் பிறப்பாக்கல் மூலமாகும்.



உரு.8: பல எண்ணிக்கையான தலைகீழாக்கிகளுக்குத் தொடுக்கப்பட்டுள்ள சூரிய மின்சக்திப் படற் சரங்கள்

உருவாக்கப்படுகின்றன. அத்துடன், இவை ஒருங்கிணைக்கப்பட்டு உற்பத்தி செய்யாது, சக்தி மூலங்கள் காணப்படும் வேளைகளில் மட்டுமே உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றது. உரு 2 மற்றும் 3 ஆகியவை ஐக்கிய இராச்சியத்தின் சவுத் வேல்ஸின்

சக்தி வீதத்தைப் பொறுத்து வெவ்வேறு காற்று விசையாழி இடவியல் பயன்படுத்தப்படுகிறது (படம் 4). அவற்றை நிலையான வேகக் காற்று விசையாழிகள் மற்றும் மாறி வேகக் காற்று விசையாழிகள் எனப் பரவலாக

வகைப்படுத்தலாம். ஒரு நிலையான வேகக் காற்று விசையாழியில், குறைந்த வேகத் தண்டுக்கும் ஜெனரேட்டர் தண்டுக்கும் இடையில் ஒரு பற்சில்லுப் பெட்டி இணைக்கப்பட்டுள்ளது (FSIG என காட்டப்பட்டுள்ளது). கொள்கையளவில், மாறுபட்ட வேகச் செயற்பாட்டுடன், காற்றியக்கவியல் சுழற்றி மூலம் (Aerodynamic Rotor) கைப்பற்றப்படும் சக்தியினளவை அதிகரிக்க முடியும். ஆயினும் இதற்கு, வலையமைப்பின் மீழ்நிலிருந்து சில வகையான சக்தி மின்னணு மாற்றி மூலம் சுழற்றியின் வேகத்தை இணைப்பிரிக்க வேண்டிய அவசியம் ஏற்படும்.

கிடைக்கக்கூடிய மாறுபட்ட வேக தொழில்நுட்பங்கள்: இரட்டிப்பு ஊட்டி தூண்டல் பிறப்பாக்கி (Doubly Fed Induction Generator- DFIG), பற்சில்லுப்பெட்டியுடன் முழு சக்தி மாற்றி (Full Power Converter - FPC), நிலையான காந்தப் பிறப்பாக்கி (Permanent Magnet Generator based Full Power- PMGFP) அடிப்படையிலான முழு சக்தி மாற்றி நேரடி இயக்கி (Permanent Magnet Generator based Full Power Converter Direct Drive - PMFPCDD) மற்றும் உயர் வெப்பநிலை மீகடத்திப் பிறப்பாக்கி அடிப்படையிலான நேரடி இயக்கி (High Temperature Super Conductor Generator based Direct Drive - HTSDD). காற்று விசையாழிகள் ஒப்பீட்டளவில் குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் பொதுவாக 1000 ஏ கும் கீழே மின்னை உருவாக்கின்றன. சில பெரிய விசையாழிகள் (> 3mW) அதிக பிறப்பாக்கி மின்னழுத்தத்தைப் (சுமார் 3-5 kV வரை) பயன்படுத்துகின்றன.. இவ்வாறான பிறப்பாக்கி மின்னழுத்தங்களுடன், ஒவ்வொரு விசையாழிக்கும் ஒரு தனி மின்மாற்றி கோபுரத்திற்குள் (Tower) அல்லது அதற்கு அருகில் இருப்பது அவசியமாகும் இது மின் சேகரிப்பு வலையமைப்புடன் இணைப்பதற்கான மின்னழுத்தத்தை (உதாரணமாக 33 kV வரை) அதிகரிக்கிறது. படம் 5 பொதுவானதொரு கடற்கரையோர காற்றாலைப்

பண்ணை ஒன்றைக் காட்டுகின்றது. பல காற்று விசையாழிகள் 33 kV ல் சேகரிப்பு பொதுத் தண்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு மைய காற்றாலை மின்மாற்றி பொதுவான வலையமைப்புடன் இணைப்பதற்கான மின்னழுத்தத்தை 132 kV அல்லது 220 kV ஆக உயர்த்துகிறது.

ஒரு ஆடலோட்டம் (Alternate current - ac) அல்லது நேரோட்டம் (Direct current - dc) கடலடி வடத்தின் மூலம் கடற்கரைக்கு வெளியேயான காற்றாலைப் பண்ணையொன்று கடலுக்குள்ளான வலையமைப்புடன் இணைக்கப்படலாம். ac அல்லது dc என்ற தெரிவு, கரையிலிருந்தான தூரம் மற்றும் காற்றாலைப் பண்ணையின் சக்தியைப் பொறுத்தது. 80 கி.மீ.க்கு மேல் உள்ள கேபிள் பாதை நீளங்களுக்கு, நேரோட்டப் பரிமாற்றம் (படம் 6) செலவு குறைந்ததொன்றாகிறது. ஆடலோட்டக் கேபிள்களின் கொள்ளளவால் உருவாக்கப்படும் உயர் எதிர்வினை வலுக் காரணமாக சுமார் 100 km மற்றும் 50 MW ஆகியவற்றுக்கு மேலான பண்ணைகளுக்கு னஉ பரிமாற்றம் மாத்திரமே சாத்தியமாகும். 200 MWகும் அதிகமான காற்றாலைகளுக்கு, காற்றாலைப் பண்ணையை கரைக்கு இணைக்க குறைவான கேபிள்கள் தேவைப்படுவதால் னஉ கவர்ச்சிகரமானதாக இருக்கிறது. எனவே கடற்கரைக்குக் குறுக்கே செல்லும் பல கேபிள்களை தவிர்க்கலாம்.

சூரிய சக்தி (Solar Energy)

சூரியனில் இருந்து வரும் சக்திப் பூமியை போட்டான்கள் (photons) என அழைக்கப்படும் ஒளிச் சக்தியின் சொட்டுக்களாகத் தாக்குகிறது. சூரிய ஒளியை மின்சாரமாக மாற்ற இரண்டு முக்கிய முறைகள் உள்ளன. சூரிய ஒளியிலிருந்து வெப்ப மின்சாரம் தயாரிக்க முடியும் அத்துடன் நீராவி விசையாழியை இயக்கியும் மின்சாரம் பெறப்படலாம். ஆயினும், மிகவும் பொதுவான நுட்பமானது சூரிய சக்தியை

நேரடியாக மின்சாரமாக மாற்றுவதாகும். இது ஒளிமின்னழுத்த சக்தி (PV) என அழைக்கப்படும். PV தொகுதியை வடிவமைக்கும் போது, தளத்தில் சூரிய வளம், மாற்று உபகரணங்களான - சூரிய தொகுதிகள், சக்திச் சேமிப்பு உபகரணங்கள் - பேட்டரி, கணினி கட்டுப்பாடு மற்றும் சுமைகள் அல்லது இறுதி - பயனுனர் உபகரணங்கள் ஆகியவற்றை நுணுக்கமாகக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

ஒளிமின்னழுத்தக் கலம் என்பது ஒளிமின்னழுத்த விளைவால் சூரிய ஒளியின் சக்தியை நேர் ஓட்ட மின்சாரமாக மாற்றும் ஒரு சாதனம் ஆகும். இக்கலமானது p-n சந்தியினால் உருவாகிறது. சந்தியானது சூரிய வெளிச்சம் படும்படி வைக்கும் போது, சந்தியிலிருந்து நேரோட்ட மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. ஒரு தனிப்பட்ட கலம் சுமார் 0.6 V திறந்தச் சுற்று மின்னழுத்தத்தை உருவாக்குகிறது. ஆகையால், நடைமுறை பயன்பாடுகளில் அதிக திறந்தச் சுற்று மின்னழுத்தத்தைப் பெற பல கலங்கள் தொடரில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. குறுஞ்சுற்று மின்னோட்டத்தை பல கலங்களைச் சமாந்தரமாக இணைத்து உயர் வலுவூட்டை ஓர் பெரிய தொகுதியை உருவாக்குவதன் மூலம் அதிகரிக்க முடியும். தொகுதி என்பது ஒளிமின்னழுத்தச் சக்தியின் அணியின் அடிப்படைக் கட்டுமானத் தொகுதி ஆகும். PV அணிகள் வெவ்வேறு அமைப்புகளில் தொகுதிகளின் சராங்களை இணைப்பதன் மூலம் உருவாகின்றன. பொதுவாக பயன்படுத்தப்படும் இடவியல் என்பது ஒரு மைய தலைகீழாக்கிக்குச் (central inverter) சமாந்தரமாக இணைக்கப்பட்ட சராங்கள். பல் தலைகீழாக்கிகள் மூலம் இணைக்கப்பட்ட சராங்கள் மற்றும் நுண்ணிய தலைகீழாக்கிகள் மூலம் இணைக்கப்பட்ட தனியான தொகுதிகள் என்பனவாகும். ஒரு மைய தலைகீழாக்கியின் PV அணியின் இணைப்பு உரு 7 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு PV சரமும் தடுக்கும் இருவாயி

ஒன்றின் மூலம் சமாந்தரமாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த இருவாயிகள் ஒரு சரத்திலிருந்து மற்றொரு சரத்திற்கு தலைகீழ் மின்னோட்டத்தைத் தடுக்க பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மைய தலைகீழாக்கி இணைப்பு செலவு குறைந்ததாகக் காணப்பட்ட போதிலும், மைய தலைகீழாக்கியின் வாழ்நாள் பெரும்பாலும் PV தொகுதிக் கூறுகளை விடக் குறைவாக இருக்கும். இதனால் சூரியக் கல அணியின் வாழ்நாளில் ஒரு முறையாவது அதை மாற்ற வேண்டிய அவசியம் ஏற்படும். இது குறிப்பிடத்தக்கச் செலவை ஏற்படுத்தும்.

உரு 8 சர தலைகீழாக்கிகளின் (string inverters) பயன்பாட்டைக் காட்டுகிறது. தொகுதிகளின் ஒவ்வொரு சரமும் ஒரு dc / ac மாற்றி மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இது ஒவ்வொரு PV சரத்தின் அதிகபட்ச வலுப் புள்ளியையும் அநுகூலமாக்க வழுவகுக்கின்றது. தொகுதிகளின் மேலதிக சராங்களையும் அவற்றின் சொந்தத் தலைகீழாக்கிகளையும் நிறுவுவதன் மூலம் PV அமைப்பை எளிதாக விரிவாக்க முடியும்.

ஒவ்வொரு PV தகடும் 150-300 W நுண்ணிய தலைகீழாக்கியைக் கொண்டவாறு PV தொகுதிகள் இணைக்கப்படலாம். நுண்ணிய தலைகீழாக்கிகள் தொகுதி ஒவ்வொன்றிலிருந்தும் dc ஐ ac ஆக மாற்றுகின்றது அத்துடன் அவற்றின் வெளியீடு சமாந்தரமாக இணைக்கப்பட்டு ஒரு அணியை உருவாக்குகிறது. செயற்திறனைப் பொறுத்தவரை இந்தத் திட்டம் கவர்ச்சிகரமானதாக இருந்தாலும் (மற்றய திட்டத்தைப் போலல்லாமல் செயற்திறன் மோசமானத் தொகுதியைப் பொறுத்தது அல்ல), இந்தத் திட்டத்தின் முக்கிய பிரதிகூலம் அதிக செலவு ஆகும்.

திறன்முறைக் கட்டமைப்பு (Smart Grid)

கடந்த 70 ஆண்டுகளில் உருவாக்கப்பட்டுள்ள நவீன மின்சக்தி

அமைப்புகள், பெரிய மத்திய மின்பிறப்பாக்கிகளால் உருவாக்கப்படும் மின் சக்தியை பிறப்பாக்கி மின்மாற்றிகள் மூலம் உயர் மின்னழுத்தமுடைய ஒன்றாடொன்று இணைக்கப்பட்ட பரிமாற்ற வலையமைப்பிற்கு அளிக்கின்றன. மின்சக்தியை சில நேரங்களில் கணிசமான தூரத்திற்கு கொண்டு செல்ல பரிமாற்றல் முறைமை பயன்படுத்தப்படுகிறது அத்துடன் பின்னர் அது பிரித்தெடுக்கப்பட்டு தொடர்ச்சியான விநியோக மின்மாற்றிகள் வழியாக வாடிக்கையாளர்களுக்கு வழங்குவதற்கான இறுதி சுற்றுகளுக்கு அனுப்பப்படுகிறது.

1990 ஆம் ஆண்டிலிருந்து புதுப்பிக்கத்தக்க உற்பத்தியை மின் சக்தி வலையமைப்போடு இணைப்பதற்கான ஆர்வம் புத்துயிர் பெற்றது. இது ஓரளவு ஒருங்கிணைப்பு, தன்னியக்கம் மற்றும் கட்டுப்பாட்டைக் கோருகிறது. குறைந்த அல்லது பூச்சிய காபன், பாதுகாப்பான மற்றும் இறக்குமதி செய்யப்பட்ட புதைபடிவ எரிபொருளைச் சார்ந்திராத மின் சக்தி விநியோகங்களுக்கு சக்தி பரிவர்த்தனைகள். கொள்ளளவைத் தரக்கூடிய சுமைகள் மற்றும் பரிமாற்றத்தின் போது கோரிக்கையும் பதில்களும் மற்றும் பிற துணைச் சேவைகள் போன்ற பக்க

முன்முயற்சிகள் தேவைப்படுகின்றன. இதற்கு மேலதிகமாக, வாடிக்கையாளர் கட்டண முறைமை, வாடிக்கையாளர் சாதனங்களின் மேலாண்மை மற்றும் எரிசக்தி தகவல் மற்றும் வாடிக்கையாளர் அதிகாரம் போன்ற சேவைகள் தற்போது பல்வேறு ஆற்றலுள்ள வழங்குநர்களால் உருவாக்கப்படுகின்றன. கோரிக்கைப் பக்கத்திலிருந்து இந்த சேவைகளை வழங்க திறந்த மற்றும் நெகிழ்வான தகவல் தொடர்பு மற்றும் தகவல் தொழில்நுட்பங்கள் தேவை.

சமீபத்தில், இந்த எதிர்கால சக்தி வலையமைப்பை விவரிக்க திறன்முறைக் கட்டமைப்பு (smart Grid) என்ற பெயர்

பொதுவானதாகிவிட்டது. மின் துறையை காபன் நீக்கம் செய்வதற்கான வழிமுறையாக இந்த கருத்து பெரும் முக்கியத்துவம் பெறுகிறது. மேலும், புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தியை இணைக்க அனுமதிக்கிறது. அதிக கொள்ளளவு கொண்ட பரிமாற்றல் வலையமைப்பின் பயன்பாட்டை அதிகப்படுத்துகிறது. மேலும் சக்தி அமைப்பின் செயற்திறன், பாதுகாப்பு மற்றும் செயல்பாடு என்பவற்றை மேம்படுத்துவதில் வாடிக்கையாளரின் பங்களிப்பை உருவாக்குகிறது. திறன்முறைக் கட்டமைப்பை உணர வைப்பதன் மூலம், புதுப்பிக்கத்தக்க உற்பத்தியின் அதிக விகிதத்துடன் மின்சாரத் தொகுதியை இயக்க முடியும் என்று எதிர்பார்க்கப்படுகிறது

மேலதிக வாசிப்புக்கு:

1. Nick Jenkins and Janaka Ekanayake, "Renewable Energy Engineering", 2017, ISBN: 9781107680227, Cambridge University Press.
2. Janaka Ekanayake, Kithsiri Liyanage, Jianzhong Wu, Akihiko Yokoyama, Nick Jenkins, "Smart Grid: Technology and Applications", 2012, ISBN 1119968682, Wiley.

அனைத்து உருக்களும் ஆசிரியரினால் பிரசுரிக்கப்பட்ட மேற்குறிப்பிடப்பட்ட இரு நூல்களிலிருந்து எடுத்தாளப்பட்டுள்ளன



பேராசிரியர்.ஜி.பி. ஏகநாயக்க
கௌரவ ஓய்வுபெற்ற பேராசிரியர்
பேராதனை பல்கலைக்கழகம்
jbc@ee.pdn.ac.lk



வலுவூட்டப்பட்ட இயக்கத்தின் கட்டுப்பாடு: புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தியின் அறுவடை மூலம் இயங்கா மனித நாகரிகத்தை இயக்குதல்

வைத்தியர்.எம்.பி.பி ஏகநாயக்க



மனித நாகரிகம் யுகங்கள் தோறும் முன்னேறுவதைச் சாத்தியமாக்கியது எது? இந்த கேள்விக்கான பதில்கள் ஒவ்வொருவரினதும் நிபுணத்துவத்தைப் பொறுத்து நிபுணருக்கு நிபுணர் வேறுபடலாம். ஆயினும், மனித நாகரிகத்தின் நிலைகளை வேறுபடுத்துகின்ற தனித்துவமானதொரு தொழில்நுட்ப கண்டுபிடிப்பை எப்போதும் ஒருவரினால் அடையாளம் காண முடியும். கல் கருவிகள், நெருப்பு மற்றும் சக்கரம் ஆகியவற்றின் கண்டுபிடிப்புகளே மனித நாகரிகத்திற்கு வழிவகுத்த ஆரம்ப நிகழ்வுகளாக மானுடவியலாளர்கள் அடையாளம் காண்கின்றனர். மனித நாகரிகத்தை வடிவமைத்த இந்தக் கண்டுபிடிப்புகள் மற்றும் புதுமைகள் அனைத்தும் அடிப்படையில் கட்டுப்பாட்டுடன் கூடிய "பயன்படுத்துதல்" மட்டுமல்லாது, இயற்கையில் ஏற்கனவே இருக்கும் வளங்களையும் சக்தியையும் "கட்டுப்படுத்துதல்" என்பவற்றிலே உள்ள தேர்ச்சியிலேயே காலூன்றி நின்றன.

ஆரம்பகால துவக்கங்கள் (Early Beginings)

பல குறிப்பிடத்தக்க ஆதிகால தொழில்நுட்ப முன்னேற்றங்கள் தவிர்க்க முடியாமல் உணவு உற்பத்தியுடன் தொடர்புபட்டன. குறிப்பாக, மனிதர்கள் விலங்குகளை

வளர்த்து, பயிர்களை பயிரிடத் தொடங்கியபோது, மனிதர்கள் படிப்படியாக விலங்குகளின் வலிமையையும் சக்தியையும் மற்றும் நீர் மற்றும் காற்று போன்ற பிற இயற்கை வளங்களையும் பயன்படுத்த நுட்பங்களை உருவாக்கினர். அந்த நுட்பங்களில் சில இன்றுவரை அவற்றின் அசல் வடிவங்களிலே பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

உதாரணமாக, சுமைகளை இழுக்க விலங்குகளைப் பயன்படுத்துதல், நிலத்தை உழுதல், தானியங்களின் உமி நீக்குதல் போன்றவற்றையும், காற்றோட்டத்தைப் பயன்படுத்தி விசிறியை இயக்குதல் மற்றும் தானியங்களை சுத்திகரித்தல் இயந்திர ஓட்டத்தின் மூலமாக நீரோட்டத்தைப் பொறிமுறைச் சக்தியாக பயன்படுத்துதல் போன்றவற்றைக் கூறலாம். சுவாரஸ்யமாக, நீர் மற்றும் காற்றின் ஓட்டத்திலிருந்து சக்தியைப் பிரித்தெடுப்பது இப்போதும் முன்னணி எரிசக்தி மூலங்களில்

ஒன்றாகத் தொடர்கிறது, தற்காலத்தில் இது "புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி" மூலங்கள் என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்த மூலங்களைப் பயன்படுத்துவதற்கான கருத்து ஆயிரக்கணக்கான ஆண்டுகளாக இருந்தபோதிலும், அதிக செயல்திறனானது தவிர்க்க முடியாமல் செயல்முறையின் கட்டுப்பாடு ஒழுங்கு என்பவற்றிலே நடந்தது.

புரிதல் கட்டுப்பாடுகள் (Understanding Controls)

கால்நடைகள், குதிரைகள், கழுதைகள் அல்லது யானைகள் போன்ற விலங்குகளை பணியொன்றை உணரப் பயன்படுத்திய காலங்களிலிருந்தே இயக்கத்தைக் "கட்டுப்படுத்துவது" அவசியமான ஒன்றாயிருந்தது. அதாவது



உரு. 1: குதிரை யாதை வழியே ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில் சுவாரி

விலங்கு ஒரு குறிப்பிட்ட பாதையில் அல்லது வேகத்தில் விரும்பியபடி செல்ல வேண்டும். உதாரணமாக, வண்டியொன்றை இழுக்க குதிரை பயன்படுத்தப்படும் போது (உரு. 1), குதிரை பாதை வழியே ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில் சவாரி செய்ய வேண்டும் என்று பயிற்சியாளர் விரும்புவார். குதிரையின் கடிவாளத்தை இழுப்பதன் மூலம், பயணிக்கும் பாதையையும் வேகத்தையும் கட்டுப்படுத்தலாம். இந்தக் கட்டுப்பாட்டுச் செயல்முறை மனிதனின் அதாவது ஓட்டுநரின் மத்தியஸ்தத்தின் மூலம் நிறைவேற்றப்படுகிறது. அவர் சரியான வழியில் வண்டி செல்கிறதா அல்லது ஏதேனும் விலகல் அல்லது தவறு இருக்கிறதா என அவதானிக்க காட்சி மற்றும் பிற புலன்சார்ந்த பின்னூட்டங்களைப் பயன்படுத்துகிறார்.

எனவே, கட்டுப்பாட்டு பணியில் மனித இயக்குநர் அல்லது மேற்பார்வையாளர் நேரடியாக ஈடுபடுவதால் இந்த செயல்முறை மனிதக் கட்டுப்பாடு என்பதற்கு ஒரு சிறந்த உதாரணமாகும். மறுபுறத்தே, கட்டுப்பாட்டு நடவடிக்கைக்கு பின்னூட்டங்களை நேரடியாகப் பயன்படுத்துவதால் மூடிய வளையக் கட்டுப்பாடு (Closed loop control) என்பதற்கும் இது ஒரு சிறந்த உதாரணமாகும். ஆயினும், ஆரம்பகால விவசாய சமூகங்களில் கூட, தானியங்கிக் கட்டுப்பாட்டுக்கான தேவையிருந்தற்கு இது சாட்சியமாகும். அதாவது, மனித இயக்குநர் ஒருவரின் ஈடுபாடின்றி, இந்த செயல்முறை "தன்னைத் தானே சரிசெய்து கொள்ளும்". தானியங்கி கட்டுப்பாடானது சில வகையான மின், இயந்திர, நீரியல், வெப்பவியக்கவியல் அல்லது வேறு பௌதீக வடிவ (அதாவது நேரடி மனித தலையீடு இல்லாமல்)

பின்னூட்ட செயல்முறையை நம்பியுள்ளது. விரைவான பதில் இயக்கம், அதிக வலிமை அல்லது நீண்டகால செயல்பாடு போன்ற மனித திறன்களுக்கு அப்பாற்பட்ட செயல்முறைகளுக்கு இப்பின்னூட்டல் செயல்முறைகள் அவசியமாகும்.

தானியங்கிக் கட்டுப்பாட்டின் வரலாற்று வளர்ச்சி (Historical Development of Automatic Control)

ஆதி கால வரலாற்றில், சுயமாக இயங்கும் இயந்திரங்களாக இருந்த பல்வேறு தானியங்கி இயந்திரங்கள்



உரு 2: இயற்பியலாளருமான கிறிஸ்டியன் ஹ்யூஜென்ஸ் என்பவரும் மற்றும் ஆங்கில இயற்பியலாளர் ராபர்ட் ஹூக்

(Automatic) பற்றி, புராணங்களில் கூறப்பட்ட பல்வேறு புனை கதைகள் மற்றும் நாட்டுப்புறக் கதைகள் உள்ளன. ஆரம்பகால நாகரிகங்களான கிரேக்க, அரேபிய, சீனா இ எகிப்திய, இந்திய நாகரிகங்களில் இவை தொடர்பிலான ஏராளமான கதைகள் இ புனைவுகள் இதழ்கள் மற்றும் விவரங்கள் உள்ளன.

தானியங்கிக் கட்டுப்பாட்டின் மூலம் இயக்கப்பட்ட மற்றும் மேம்படுத்தப்பட்ட வலுவூட்டப்பட்ட இயக்கங்களாக முதன்முதலில் தெளிவாக அறியப்பட்ட வகைகள் (குறைந்தபட்சம் மேற்கத்திய உலகில் சரியாக ஆவணப்படுத்தப்பட்டவை) கடிகார வேலைகள், நீர்ச்சக்கரம் மற்றும் காற்று ஆலைகளின் பயன்பாடுகளாகும்.

கடிகார வேலை என்பது அனைத்தையும் கவரக்கூடிய ஒரு சொற்றொடராகும். இது பதியப்பட்ட (taught) சுருள்வில் அல்லது சுருக்கிய (compressed) சுருள்வில் பொறிமுறைகளில் சேமிக்கப்படும் சக்தியைப் பயன்படுத்துகிறது. இவை கடிகாரங்கள் போன்ற பிரதியீடுகளில் பயன்படுத்தப்படும் முறுக்கு அடிப்படையிலான பொறிமுறைகளாகும். சேமிப்பக உறுப்பு, (அதாவது சுருள்வில்) சக்தியை இழுக்கும் போது, கடிகாரம் நேரத்தை துல்லியமாக காட்டுவதை நிறுத்தும். இந்த சிக்கலுக்கான சாத்தியமான தீர்வுகளை ஊசல் கடிகாரத்தின் கண்டுபிடிப்பாளரும் டச்சு இயற்பியலாளருமான கிறிஸ்டியன் ஹ்யூஜென்ஸ் (1629-1695) என்பவரும் (உரு 2) மற்றும் ஆங்கில இயற்பியலாளர் ராபர்ட் ஹூக்கும் (1635-1703) வழங்கினார்கள். ஜஐசக் ஐசக் நியூட்டன் ஹூக்கின் அனைத்து படங்களையும் அழித்தமையால் நம்பகமான உருவப்படங்கள் எதுவும் இல்லை. ராபர்ட் ஹூக் சுருள்விற்களின் நெகிழ்ச்சித்தன்மை (Law of springs and elasticity) விதியைக் கண்டுபிடித்தவர். சுருள்வில் முறுக்கிலிருந்து சக்தியைப் படிப்படியாகக் கலைத்த போதிலும், கடிகார வேலைகளை தொடர்ந்து இயங்க வைப்பதற்கான பின்னூட்டக் கருத்தின் அடிப்படையில் சாத்தியமான பொறிமுறைகளை இவர்கள்



உரு. 3: காற்று ஆலைகள் மற்றும் நீர் ஆலைகள்

வழங்கினார்கள். [அவரின் அனைத்து துறைசார் சித்தரிப்புகளும் பதிப்புரிமை சிக்கல்கள் காரணமாக தொடர்புடைய பொறிமுறைகளின் வரைபடங்கள் இங்கு வழங்கப்படவில்லை. விவரங்களுக்கு (பென்னட், 1979) பார்க்கவும்].

அவர்களின் பங்களிப்புகளானது நடைமுறைத் தாற்பரியங்களுக்காக மட்டுமல்லாது "இயக்கவியல் தொகுதிகளை கட்டுப்படுத்துதல்" (Controlling dynamic systems) என்ற கருத்துகளையும் கொள்கைகளையும் வளர்ப்பதில் செயல்முறை மற்றும் இயக்கவியல் தொகுதிகளின் முறையான பகுப்பாய்வு ஆகியவற்றிற்காகவும் நினைவில் கொள்வது மதிப்பு வாய்ந்ததாகும். எனவே, இந்தப் படைப்புகளைக் கட்டுப்பாட்டு பொறியியலின் வரலாற்றாசிரியர்கள் கட்டுப்பாட்டுக் கோட்பாட்டின் தொடக்கங்களைக் குறிப்பதாகக் கருதுகின்றனர், இது "இயக்கத் தொகுதியின் கட்டுப்படுத்துதல்" என்ற கருத்துகளையும் கொள்கைகளையும் உள்ளடக்கியுள்ளது. தவிர்க்க முடியாமல், ஐசக் நியூட்டன் (1643-1727) மற்றும் பிறரால் வளர்த்தெடுக்கப்பட்ட சம்பிரதாய

பொறியியல் மற்றும் நுண்கணிதத்தின் மேலும் கடுமையான வளர்ச்சியின் காரணமாக அவற்றின் செயல்முறைகள் மிகவும் கடுமையானதாகவும் பொதுவானதாகவும் செய்யப்பட்டன. இறுதியில் இந்த "கட்டுப்பாட்டு பொறிமுறைகளின்" (control mechanisms) செல்வாக்கு சில தசாப்தங்களுக்குப் பின்னர் சக்தியைப் பிரித்தெடுப்பதில் ஒரு புரட்சிக்கு வழிவகுத்தது.

காற்று, நீர் மற்றும் நீராவி சக்தியைக் கட்டுப்படுத்துதல் - திறந்த வளையக் கட்டுப்பாட்டிலிருந்து மூடிய வளையக் கட்டுப்பாடு வரை (Controlling Wind, water and steam – Open Loop to Closed loop) காற்று ஆலைகள் (உரு. 3) மற்றும் நீர் ஆலைகள் (உரு. 4) போன்று காற்று மற்றும்

நீர்ச் சக்கரங்களில் உள்ள சக்தியைப் பயன்படுத்துவது ஆதி காலத்திலிருந்தே தொழில்துறையின் சக்தித் தேவைகளை நிறைவேற்றுவதற்கான பொதுவான உத்தியாகக் காணப்பட்டது. இவற்றிற்கான உதாரணங்களாக சீனா, எகிப்து, பெர்சியா மற்றும் ஐரோப்பாவின் பல நாடுகளில் (Lucas, 2006) பண்டைய நீர் ஆலைகள் மற்றும் காற்றாலைகள் பற்றிய தொல்பொருள் சான்றுகள் உள்ளன. தானியங்கள் அரைத்தல், நீர் இறைத்தல், நீர்ப்பாசனம் மற்றும் சுரங்க நடவடிக்கைகள் உட்பட அன்றைய தொழில்துறையின் ஒவ்வொரு அம்சத்திலும் இவை பயன்படுத்தப்பட்டன 1712 ஆம் ஆண்டில், தாமஸ் நியூகோமன் (1664-1729) சக்தித் துறையில் நீராவி சக்திச் சேர்க்கும் "வளிமண்டல இயந்திரம்" (atmospheric engine) என்று அழைக்கப்படும் முதலாவதும் பல்துறை மற்றும் வணிக ரீதியாகவும்



உரு. 4: காற்று மற்றும் நீர்ச் சக்கரங்கள்

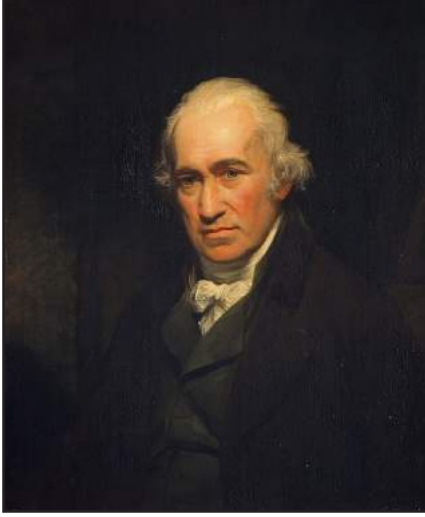


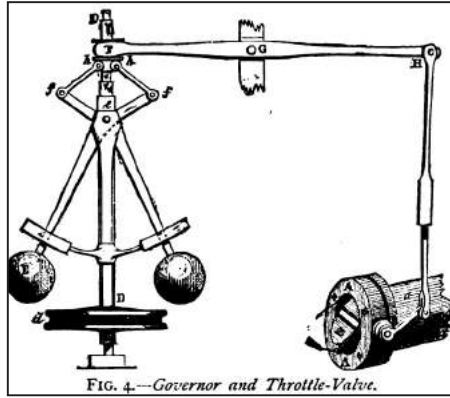
Figure 05 : Portrait of James Watt by the English painter Sir William Beechey (1806)

சாத்தியமான நீராவி இயந்திரத்தைக் கண்டுபிடித்தார். பலரின் தொடர்ச்சியான மேம்பாடுகளும் இணைந்தும் ஜேம்ஸ் வாட் (1736-1819) செய்த மேம்பாடுகளுடன் [உரு. 5] நீராவி இயந்திரங்களின் செயற்திறனை வெகுவாக அதிகரிக்க உதவியது. மேலும் நீராவி இயந்திரங்களைச் சக்தி உற்பத்திக்கான தொழில்துறைத் தரமாக மாற்றியது. நீராவி இயந்திரத்திற்கு ஜேம்ஸ் வாட் செய்த முன்னேற்றங்கள் மிகவும் விசித்திரமானவை. நீராவி இயந்திரத்தின் கண்டுபிடிப்புக்கு சிலர் அவரைத் தவறாக தொடர்புபடுத்துகின்றனர்.

நீர் அல்லது காற்று அல்லது நீராவி மாதிரியுருக்களில், அசையும் பொருளின் சக்தி சுழற்சி இயக்கமாக பயனுள்ளப் பொறிமுறை வடிவத்திற்கு மாற்றப்படுகிறது. இம்மூன்று வடிவங்களிலும், அசையும் பொருளின் ஓட்ட விகிதம் காரணமாக உருவாக்கப்படும் பயனுள்ள வேலைகளில் ஏற்ற இறக்கங்கள் உள்ளன. இந்தப் பொதுவான வேறுபாடுகள் "மந்தநிலை பொறிமுறைகளை" (inertial mechanisms) பயன்படுத்தி ஓரளவுத்

தணிக்கப்பட்டன. மந்தநிலைப் பொறிமுறைகளான பறக்கும் சில்லுகள் (fly wheels) என அழைக்கப்படும் கனமான சுழலும் சில்லுகள் அல்லது கனமான சுழலும் கற்றைகள் என்பவற்றின் செயற்பாட்டுத் தத்துவமானது பருமனான திணிவு இயக்கத்தில் ஏற்படும் சடுதியான மாற்றத்திற்கு குறைந்தளவிலேயே பாதிப்புக்குள்ளாகும் என்று கூறுகின்ற நியூட்டனின் இயக்க விதியில் தொக்கி நிற்கின்றது.

இந்த வகையான அடிப்படைக்



உரு. 6: "மையவிலக்கு கவர்னர்கள்" (Centrifugal Governors)

கட்டுப்பாடுகளானது வெளிப்படையான பின்னூட்டக் கட்டுப்பாட்டில் தங்கியிருக்கமாட்டா. எனவே, இவை எளிய திறந்த வளைக் கட்டுப்பாடுகளாகும். அவற்றின் ஒட்டுமொத்த செயற்திறன் மற்றும் செயல்பாட்டு வசதி இன்னும் குறைவாகவே காணப்படுகின்றன.

1700 கள் மற்றும் 1800 களின் முற்பகுதியில், நீர் மற்றும் காற்று தொடர்ந்தும் பல தொழில்துறைகளுக்கு பிரதான சக்தி மூலத்தை வழங்கின. குறிப்பாக சக்தி ஆலைகள் தானியங்களை நசுக்கி பாண்

தயாரிக்கின்ற மா பெறப்பட்டது. அதில் இருந்து பாண் தயாரிக்கப்பட்டது. ஆலைத் தொழிலாளர்கள், குறிப்பாக காற்றாலைகளைப் பயன்படுத்தியவர்கள். மாவின் தரத்தையும் நிலைத்தன்மையையும் பராமரிப்பதில் சிக்கலைக் கொண்டிருந்தனர். காற்றின் வேகம் அதிகரித்த போது அரைக்கும் கற்கள் அதிகமாகப் பிரிக்கப்பட்டு மாவு மிகவும் கரடுமுரடானதாகவும் அத்துடன் சிறு மணல் போன்ற தன்மையையுடையதாக மாறியது. காற்றின் வேகம் மந்தமாக இருந்தபோது, அரைக்கும் கற்கள் பிரிவது மிகக் குறைவாக இருந்தது. இதனால் மாவு மிகவும் நன்றாக இருந்தது. இரண்டிலும், மாவின் தரம், மற்றும் தயாரிக்கப்பட்ட பாணின் தரம் ஆகியவை பாதிக்கப்பட்டன. அரைக்கும் கற்களைப் பிரிப்பதன் ஏற்ற இறக்கமானது கையால் சரிசெய்யக்கூடிய ஒன்றல்ல. எனவே, அரைக்கும் கற்களுக்கு இடையிலான இடைவெளி காற்றின் வேக மாறுபாடு இருந்தபோதிலும் மாறாமல் இருக்கக்கூடியவாறு அரைக்கும்



உரு 07 : "பறக்கும் பந்து கவர்னர்கள்" (Fly ball governors)



உரு. 8: நீர் மின்சார உற்பத்தி

கற்களை "தானாகச் சரிசெய்ய" வேண்டிய பொறிமுறையின் தீவிர தேவை ஆலைத் தொழிலாளர்களுக்கு இருந்தது. நவீனகால கட்டுப்பாட்டு வாசகங்களில், இது "ஒழுங்குமுறை சிக்கல்" என்று அழைக்கப்படும். அத்தகைய சாத்தியமானதொரு பொறிமுறையைக் கொண்டு வர பல முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. இதற்கு முன்னர் ஓரளவு ஒத்த கருத்துக்கள் இருந்தபோதிலும், அத்தகைய பொறிமுறையின் முதல் காப்புரிமையை 1787 ஆம் ஆண்டிலே தாமஸ் மீட் (எரிவாயு இயந்திரத்திற்கான காப்புரிமையைப் பெற்ற அதே நபர்) பெற்றார் [அவரது உண்மையான

பொறிமுறையைப் பார்க்க (Bissell, 2009)]. காற்றின் வேகத்திற்கு விகிதாசார வேகத்தில் சுழலும் இரண்டு சுழலும் திணிவுகளைக் கொண்டு புத்திசாலித்தனமானதொரு தந்திரத்தை அவர் பயன்படுத்தினார். எனவே, காற்றின் வேகம் அதிகமாக இருந்தால், அச் சுழலும் திணிவுகள் உயரும் அத்துடன் சுழற்சியின் வேகம் குறைவாக இருந்தால், அவை தொய்வுறும். பின்னர் அவர், காற்றின் வேகம் குறைவாக இருக்கும் போது அரைக்கும் கற்களை தூக்கி வேறாக்க ஒரு எளிய நெம்புகோல் பொறிமுறையின் மூலம் அவற்றை இணைத்தார் காற்றின் வேகம் அதிகமாக இருக்கும் போது அரைக்கும்



உரு. 9: காற்று-மின்சார உற்பத்தி

கற்களுக்கிடையே இடைவெளி சீராக இருக்குமாறு அரைக்கும் கற்களை கீழே தள்ளி, நெருக்கமாக்கினார். "கவர்னர்கள்" (Governors) என்று அழைக்கப்படும் இந்தக் குறிப்பிட்ட பொறிமுறையானது சகல வகையான தானியங்கி பின்னூட்டக் கட்டுப்பாட்டு பொறிமுறைகளுக்கும் முதற் காப்புரிமை பெற்ற முன்னோடி ஆகும்.

கவனரை அல்லது ஆளுனர் ஒருவரை நகரம் அல்லது மாநிலங்களின் செயற்பாடுகள் இடையூறுகளால் பாதிக்கப்படாமல் இருப்பதை உறுதிசெய்ய எதிர்பார்ப்பது போன்று, வெளிப்புற சக்தி மூலத்தில். (உதாரணமாக காற்று) மாறுபாடு இருந்த போதிலும், செய்ய வேண்டிய செயற்பாட்டை (உதாரணமாக காற்றாலைகளில் அரைக்கும் கற்களைப் பிரித்தல்) "கையாளுதல்" அல்லது "கட்டுப்படுத்துதல்" போன்ற பணி காரணமாக கவனர்கள் எனும் பெயர் ஏற்பட்டிருக்கலாம்

மீட்டின் பணி காற்றாலைத் தொழிலில் இன்னும் பல முன்னேற்றங்களுக்கு ஊக்கமளித்தது. இதற்கிடையில், ஜேம்ஸ் வாட் தனது புதுமையான நீராவி மூலம் இயங்கும் ஆலையில் நிதி இழப்பை சந்தித்தார். பின்னர், வாட் காற்றாலைகளில் பயன்படுத்தப்படும் "கவர்னர்களின்" வெற்றியைப் பற்றி அறிந்து, நீராவி சக்தி உந்துதல் இயந்திரங்களில் பயன்படுத்த இந்த யோசனையை ஏற்றுக்கொண்டார். மேற்கண்ட வகை கவர்னர்களில் ஜேம்ஸ் வாட்டினால் ஏற்படுத்தப்பட்ட மேம்பாடுகள் காரணமாக பொதுவாக "வாட் கவர்னர்கள்" என்று கூறப்படுகின்றன. அல்லது செயற்பாட்டின் காரணமாக "மையவிலக்கு கவர்னர்கள்" (Centrifugal Governors) என்றோ அல்லது கனமான பந்துகளை பயன்படுத்துவதன் காரணமாக "பறக்கும் பந்து கவர்னர்கள்" (Fly ball governors) என்றோ

அழைக்கப்படுகின்றன (உரு 6 மற்றும் உரு 7). இந்த பொறியியல் கவர்னர்கள் அவை பெற்ற பின்னூட்டத்தின் அடிப்படையில் தங்கள் கட்டுப்பாட்டு நடவடிக்கையை மேற்கொள்வதால், அவை உண்மையான “மூடிய வளையக் கட்டுப்படுத்திகளாக” மாறுகின்றன. கவர்னர்கள் நீராவிச் சக்திக்கான பொறிமுறையைக் கண்டறிந்தவுடன், அவை மிகப் பெரிய விரைவாகாச செயற்படுபவையாகவும் சூமைகளைக் கையாளும் திறன் கொண்டவையாகவும் மற்றும் மிகவும் அதிகளவான இயக்க வீச்சத்தில் செயற்படுகின்றனவாகவும் மிக விரைவில் விருத்தி செய்யப்பட்டன. இது நிலக்கரியாகவோ, அணுச்சக்தியாகவோ அல்லது வேறு எந்த எரிபொருள் மூலமாக இயக்கப்படும் மின்சார உற்பத்தி ஆலையாக இருந்தாலும், சக்தி மூலமானது நீரைச் சூடாக்கவும், நீராவி இயந்திரத்தை இயக்கவும் கிட்டத்தட்ட எப்போதும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எனவே கவர்னர்களும் பிற கட்டுப்படுத்திகளும் சக்தி உற்பத்தியில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன.

புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி மூலங்களின் பிரபலத்தைப் பெறுவதற்கான அலையாக பெரிய அளவிலான நீர் மின்சார உற்பத்தி (உரு 8), காற்று-மின்சார உற்பத்தி (உரு 9) எடுக்கப்படும் போது, அந்த பின்னூட்டக் கட்டுப்பாட்டு பொறிமுறைகள் நம்பகமான மற்றும் நிலையான சக்தி விநியோகத்தை வழங்குவதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன.

நவீன காலக் கண்ணோட்டம் (Modern day Perspective)

சக்தித் துறைகளில் மையவிலக்கு கவர்னர்கள் போன்ற அடிப்படைக் கருத்துக்கள் மற்றும் கட்டுமானங்களை அடிப்படையாகக் கொண்ட புதிய மற்றும் அதிநவீன நுட்பங்கள் மற்றும் தொழில்நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தினாலும், தனிப்பட்ட

இயந்திரங்களின் கட்டுப்பாட்டுத் தேவை இன்னும் அதே முறையிலேயே காணப்படுகின்றது. ஆயினும், இரு நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்னர் கற்பனை செய்யப்பட்டதற்கு அப்பால் புதிய கட்டுப்பாட்டுச் சிக்கல்கள் உள்ளன. அவையாவன காற்றினால் வழிநடத்தக்கூடிய புதுப்பிக்கத்தக்க மூலங்கள் மற்றும் சூரிய படல்களின் பொருளாதாரத்தில் தொடர்ச்சியான அதிகரிப்பு மற்றும் சூரிய ஒளிமின்னழுத்த (பி.வி) ஊடுருவலும் இதற்கான காரணங்களாகும். மீட்டின் நாட்களில், காற்றின் வேகத்தின் ஏற்ற இறக்கங்கள் மாவு மற்றும் பாணின் தரத்தை மட்டுமே பாதித்தது. ஆனால் இப்போது அது காற்றாலை மின் உற்பத்தியில் மிகவும் மோசமான விளைவுகளை ஏற்படுத்தியுள்ளது. காற்றின் ஏற்ற இறக்கமானது மின்சார உற்பத்தியில் ஏற்ற இறக்கத்தைத் தூண்டுகிறது. சூரிய ஒளிமின்னழுத்த உற்பத்தியில், பகல் நேரம் மற்றும் மேக இயக்கம் காரணமாக மின்சார உற்பத்தி மாறுபடும்.

இதன்படி, இம் மூலங்கள் அனைத்தும் பெரியதொரு வலையமைப்பில் ஒன்றோடொன்று இணைக்கப்பட்டு அத்துடன் ஒன்றோடொன்று கலக்கப்பட்டு மின்சாரக் கட்டமைப்பு (Electricity பசனை) எனப்படும். மின்சாரக்கட்டமைப்புடன் இணைந்த பல்லாயிரக்கணக்கான நுகர்வோர் உள்ளனர். குறைந்து வரும் இயற்கை சக்தி வளங்கள் மற்றும் அதிகரித்த சுற்றுச்சூழல் அக்கறை ஆகியவை மின்சார உற்பத்திக்கு புதுப்பிக்கத்தக்க மூலங்களை பயன்படுத்துவதை மேம்படுத்துவதன் அவசியத்தை கடுமையாக உயர்த்தியுள்ளன. இந்தச் சிக்கல்கள்இ தொடர்ந்து அதிகரித்து வரும் மின்சார தேவையுடன் இணைந்து, மின்சார வலையமைப்பின் ஸ்திரத்தன்மை மற்றும் கட்டுப்பாடு குறித்த முக்கிய கேள்விகளை எழுப்புகிறது.

ஆகையால், இப்போது உற்பத்தி (வழங்கல்) மற்றும் பயன்பாடு (தேவை) இரண்டும் மாறுபடும் ஒரு சூழ்நிலை உள்ளது. இதனால், கட்டுப்பாட்டுக் குழப்பம் சிக்கலானது மட்டுமல்லாமல் பன்முகப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. மனித நாகரிகத்தின் எதிர்கால வெற்றி, இந்த பிரச்சினைகளுக்குத் திறமையான மற்றும் விரைவான தீர்வுகளைக் கண்டுபிடிப்பதைப் பொறுத்தது என்று ஒருவர் கூறலாம். எவ்வாறாயினும், நம் நாடு உட்பட உலகெங்கிலும் உள்ள சிறந்த புத்திக்கூர்மையுடையோரால் இந்த சிக்கல்களைச் சமாளிக்க பல புதுமையான உத்திகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு பயன்படுத்தப்படுகின்றன.



வைத்தியர்.எம்.பி.பி ஏகநாயக்க பிரதான விரிவுரையாளர் பேராதனை பல்கலைக்கழகம் mbp.ekanayake@ee.pdn.ac.lk



புதுப்பிக்கத்தக்கவளின் புவிசார் அரசியல்: திறன்முறைப் புதுப்பிக்கத்தக்கவளின் ஒருங்கிணைப்பு தொடர்பான முன்னோக்கிய சிந்தனை

வைத்தியர். ஜி.எம்.ஆர்.ஐ. கொடலியாட

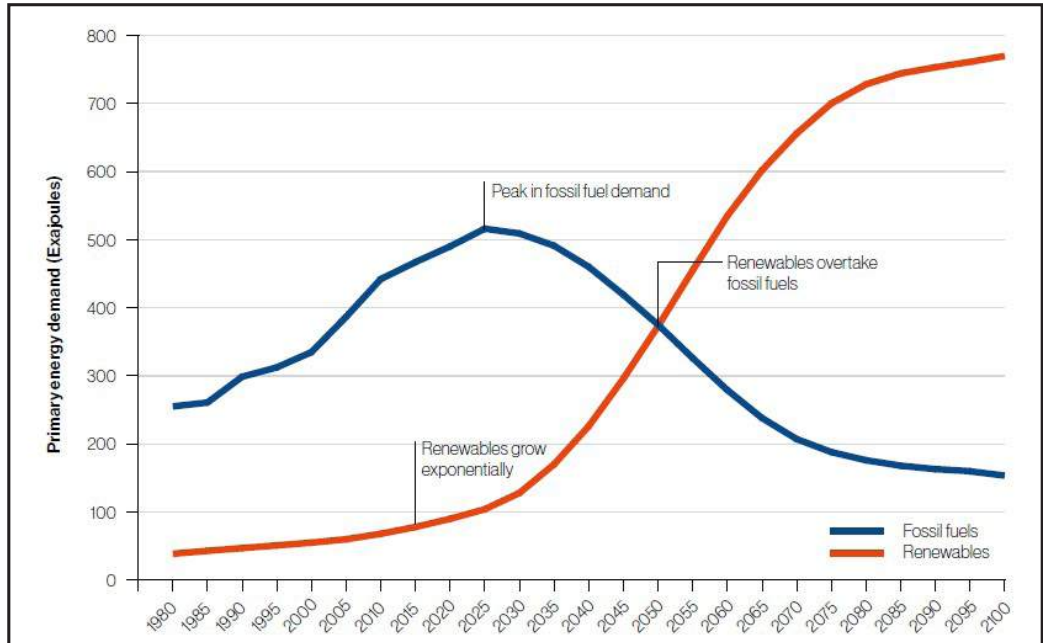


புவிசார் அரசியலும், அது சர்வதேச நிலத்தோற்றத்தை வடிவமைக்கும் விதமும்

ஒரு நாட்டின் பொருளாதாரத்திற்கு தீர்க்கமான முக்கியத்துவம் வாய்ந்த பல இயற்கை வளங்கள் புவியியல் ரீதியாக சமமாக பரவியிருப்பதில்லை. இது வர்த்தகம் மற்றும் இராஜதந்திரத்திற்கான மூல அடிப்படையை உருவாக்கின்ற அதே வேளையில் வரலாறு முழுவதும் ஏராளமான மோதல்களுக்கும் வழிவகுத்தது. மேலும், மனித வரலாற்றின் பல்வேறு கட்டங்களில் தொழில்நுட்பத்தில் ஏற்பட்ட புதுமைகளானது புதிய வளங்களைக் கண்டுபிடிப்பதற்கும் அல்லது ஏற்கனவே காணப்படும் வளங்களுக்கான புதிய பிரயோகங்களைக் கண்டுபிடிப்பதற்கும் வழிவகுத்தது. இதன் கருத்து யாதெனில், பரஸ்பர நன்மை பயக்கும் பொருளாதார மற்றும் அரசியல் நலன்களைக் கொண்ட நாடுகளின் உறவுகள் இதன் விளைவாக யுகங்களாக தொடர்ந்து பரிணாமமடைந்தன.

இந்த உறவுகளின் இயக்கங்கள் வரலாற்றை பல வழிகளில் வடிவமைத்தன. உதாரணமாக, மறுமலர்ச்சி மற்றும் தொழில்துறை

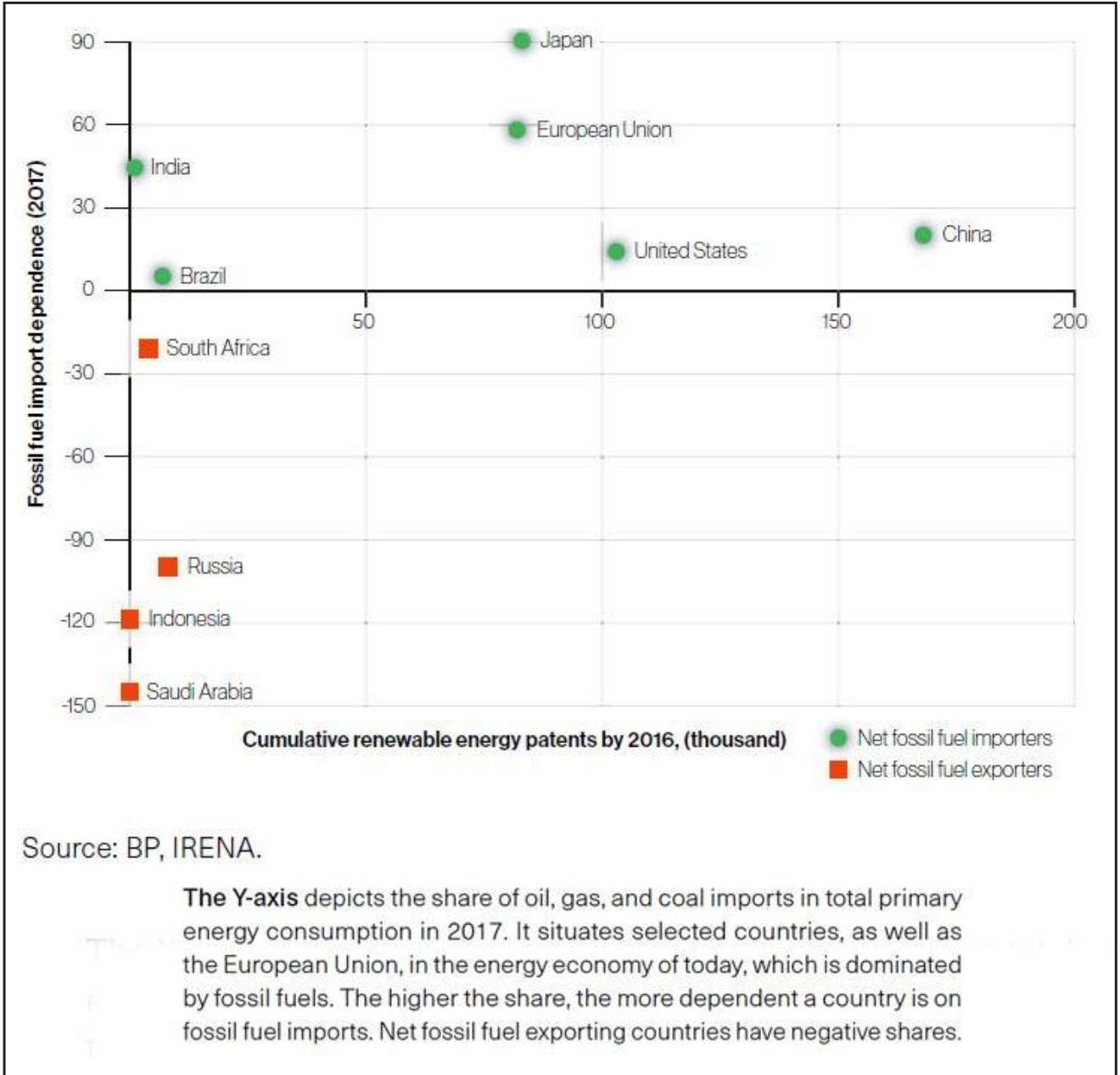
புரட்சியின் பின்னணியில் தூண்டப்பட்ட ஏகாதிபத்தியத்தின் ஆரம்பகால நவீன யுகம் மற்றும் ஆய்வின் வயது என்பன முரண்பட்ட மூலோபாய நலன்களைக் கொண்ட



Note: This data is taken from the Shell Sky Scenario (2018), which has the merit of forecasting to 2100 and therefore projects the nature of the energy transformation over the course of the century. Other energy transition scenarios usually have shorter time horizons. The Sustainable Development Scenario (SDS) of the International Energy Agency (IEA), for example, only looks forward to 2040. IRENA's REmap scenario goes to 2050. Shell's forecast share of renewables and fossil fuels is similar to that of the IEA SDS scenario for 2040 as well as the DNV GL and Equinor Renewal scenarios for 2050. The IPCC 1.5 degree median scenario and IRENA REmap scenario anticipate a substantially larger share of renewables by 2050 with an earlier peak in fossil fuel demand.

Source: Shell Sky Scenario, 2018.

உரு. 1: முதன்மைச் சக்தித் தேவை 2100 க்கான முன்னறிவிப்பு 3

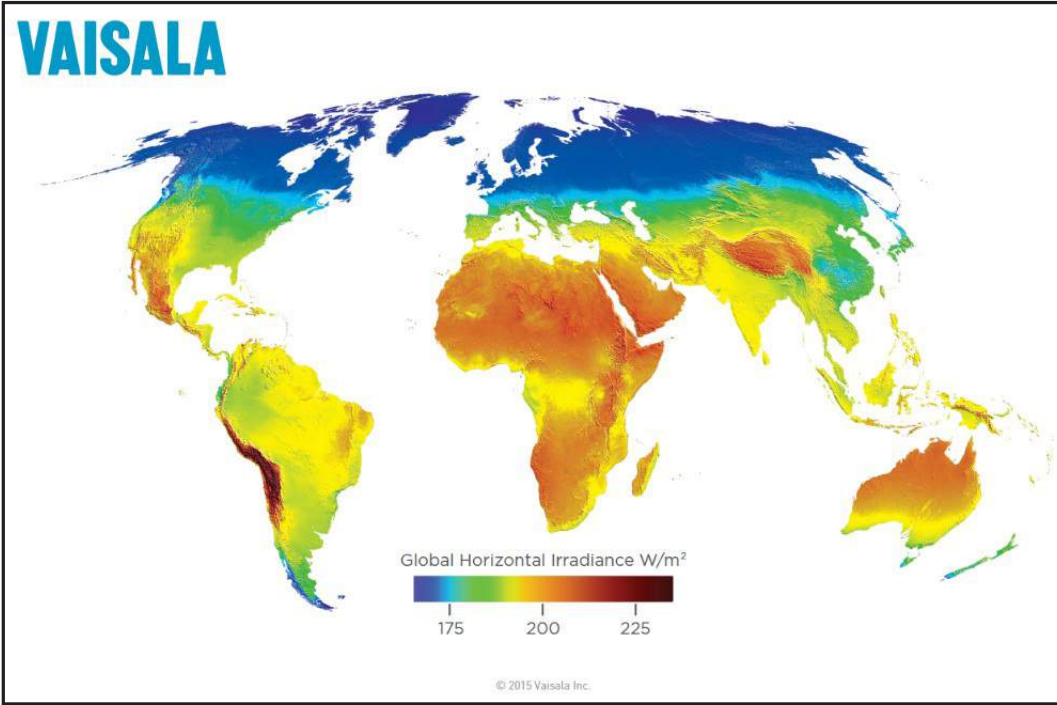


உரு. 2: புதைபடிவ எரிவொருள் சார்பு எதிர் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி காப்புரிமைகள் - யார் சிறப்பாக தயாராகியுள்ளனர்? 3

நாடுகள் அரசியல் தொழில்நுட்ப புரட்சிகளோடு நிலப்பரப்பில் நினைவுச்சின்ன மாற்றங்களுக்கு எவ்வாறு பிரதிபலித்தன என்பதன் விளைவாகும். புவியார் அரசியல் என்பது அந்நாடுகளின் புவியியலை அடிப்படையாகக் கொண்ட 'நாடுகளின் உறவுகள்' பற்றிய ஆய்வு ஆகும். இச் சந்தர்ப்பத்தில் 'புவியியல்' என்ற சொல் பரப்பளவு, இயற்கை வளங்கள், காலநிலை மற்றும் நிலப்பரப்பு போன்ற காரணிகளுடன் மட்டுமல்லாது,

மக்கள் தொகை, கலாச்சாரம், தொழில்நுட்ப வளங்கள் மற்றும் வரலாறு போன்ற காரணிகளுடனும் தொடர்புடையது. இக் காரணிகள் ஒவ்வொரு நாட்டினதும் வெளியூறவுக் கொள்கையை வெளிப்புறமாகப் பார்த்து வடிவமைக்கின்ற அதே நேரத்தில் அதன் சொந்த உள் தேசியக் கொள்கையிலும் குறிப்பிடத்தக்க தாக்கத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. சமீப காலங்களில், போரின் குறிப்பிடத்தக்க செலவு காரணமாக,

பல நாடுகள் புவியார் அரசியலின் ஒரு கிளையான புவி-பொருளாதாரத்திலும் கவனம் செலுத்தியுள்ளன. புவி-பொருளாதாரமானது புவியியல் வளங்கள் எவ்வாறு உலகில் பரந்துள்ளன என்பதை அடிப்படையாகக் கொண்டு சர்வதேச உறவுகளின் இராணுவமற்ற பொருளாதார அம்சங்களில் முதன்மையாகக் கவனம் செலுத்துகிறது.



உரு. 3: உலகளாவிய சூரிய வள சாத்தியக்கூற்று வரைபடம் 4

ஆகவே, தற்போதைய புவிசார் அரசியல் மற்றும் புவி-பொருளாதார போக்குகளின் அடிப்படையில் ஒரு நாட்டின் தேசியக் கொள்கையை சரிசெய்வதன் மூலம், அந் நாடு வளைவுக்கு முன்னணியில் இருக்க முடியும் அத்துடன் மேலும் பலன்களைப் பெறலாம்.

இதை மேலும் ஆராய, சுதந்திர வர்த்தகத்தைப் பயன்படுத்தி பொருளாதார உற்பத்தியை மேம்படுத்த விரும்பும் இரு நாடுகளையும் புவிசார் அரசியல் எவ்வாறு பாதிக்கின்றது என்பதற்கான எளிய அனுமான உதாரணத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். பிரிட்டன் மற்றும் பிரேசில் முறையே ஜவுளி மற்றும் காபியை அதிகளவில் உற்பத்தி செய்கின்ற நாடுகள் என வைத்துக் கொள்வோம். இம் மேலதிக உற்பத்தி இரு நாடுகளுக்கும் இடையிலான ஏற்றுமதி வர்த்தகத்திற்கு கிடைக்கும். ஒவ்வொரு நாடும் போதுமானளவு அவ்விரு உற்பத்தியையும் உள்நாட்டிலேயே தயாரிப்பதற்கு ஏற்படும் செலவுடன் ஒப்பிடுகையில் இவ்வர்த்தக நடவடிக்கையின் மூலம் இரண்டு நாடுகளும் இவ்விரண்டு

உற்பத்திகளையும் குறைந்த விலையிலேயே பெறக்கூடிய வழியிருவாகும்.

இது ஏனெனில் பொருளாதாரத்தின் ரிக்கார்டியன் மாதிரியுருவில் (19 ஆம் நூற்றாண்டு பிரிட்டிஷ் அரசியல் பொருளாதார வல்லுனரின் நினைவாகப் பெயரிடப்பட்டது) விளக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு பொருளைத் தயாரிப்பதில் அந் நாடு கொண்ட நிபுணத்துவத்தின் விளைவாக ஒவ்வொரு நாடும் தனிநபர் வள ஆதாயத்தைப் பெறும். ஆகவே இவ் எளிதான உதாரணத்தில் இரு நாடுகளும் சுதந்திர வர்த்தகத்தால் பயனடைவார்கள் என்று தோன்றுகிறது. ஆயினும், இந்த ஏற்பாட்டின் நீண்டகால விளைவுகளையும் ஒருவர் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

காலப்போக்கில், பிரேசிலுடன் ஒப்பிடும்போது பிரிட்டன் இந்த மாதிரியுருவில் பணக்கார நாடாக இருக்கும். ஏனென்றால் இங்கு ஜவுளி என்பது "நுழைவாயில் தொழில்" (புவநறையல ஐனரளவசல) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இது தொழில்மயமாக்கல், தன்னியக்கமாதல்,

இயந்திரமயமாக்கல், நகரமயமாக்கல் மற்றும் இதனுடன் தொடர்பான ஏனைய தொழிற்துறைகளான வேதியியல், இயந்திர கருவிகள் போன்றவற்றிற்கும் வழிவகுக்கும். இதன் விளைவாக, சுதந்திர வர்த்தகம் பிரிட்டனில் தொழில்துறை வளர்ச்சியைத் தூண்டி, இது நீண்ட காலத்திற்கு அதிக லாபத்தை ஈட்ட உதவும். மேலும், பிரிட்டன் இந்த லாபங்களை பிரிட்டனிலும் பிற இடங்களிலும் அதிக புதுமையான உற்பத்தி நுட்பங்களில் முதலீடு செய்யலாம்.

உதாரணமாக,

பிரேசிலிலும் கூட முதலீட்டை மேற்கொள்ளலாம்.

மேற்கூறப்பட்ட உதாரணம், பல மேற்கத்திய நாடுகளின் விரைவான தொழில்மயமாக்கலுக்கு வழிவகுத்த 18 மற்றும் 19 ஆம் நூற்றாண்டுகளின் புவிசார் அரசியல் நிலைமை தொடர்பானது.

இது மறுபுறத்தே, அக்காலத்தில் உலகெங்கிலும் உள்ள நாடுகளின் வாழ்க்கைத் தரம் மற்றும் பொருளாதார சூழ்நிலைகளில் பெரும் வேறுபாடுகளுக்கு வழிவகுத்த புவிசார் அரசியல் சக்திகளில் பாரிய மாற்றத்தை உருவாக்கியது. ஆயினும், இத்தகைய பாரிய மாற்றங்கள் அலைகளில் நிகழ்கின்றன மற்றும் 20 ஆம் நூற்றாண்டு முழுவதும் தொடர்ந்து நிகழ்ந்து வருகின்றன. பொறியியல் மற்றும் தொழில்நுட்பத்தின் அதிவேக வளர்ச்சியின் காரணமாக 20 ஆம் நூற்றாண்டின் பிற்பகுதியை அணுகியபோதும் புவிசார் அரசியல் நிலப்பரப்பு மாற்றங்கள் இன்னும் அடிக்கடி நிகழ்கின்றன. எனவே, புவிசார் அரசியல் திட்டங்களைக் கணிசமாகப்

பாதிக்கக்கூடிய முக்கிய காரணிகளைக் கண்டறிந்து பதிலளிப்பது, இத்தகைய நிலையற்ற தன்மையின் கீழ் நாடுகளின் பன்முகத்தன்மையை அதிகரிக்கிறது.

புதுப்பிக்கத்தக்கவைகளின் வருகையுடன் சக்தியின் புவிசார் அரசியல் போக்குகள் (Geopolitical trends of Energy with the advent of Renewables)

புவிசார் அரசியல் நிலத்தோற்றத்தில் சக்தியின் தாக்கம் தொழில்துறைக்குப் பிந்தைய புரட்சியைக் கணிசமாக அதிகரித்தது. 20 ஆம் நூற்றாண்டின் முழுப்பகுதியிலும், உலகின் புவிசார் அரசியல் நிலத்தோற்றம் சக்தியின் அடிப்படையில் புதைபடிவ எரிபொருட்களால், அதாவது எண்ணெய் மற்றும் எரிவாயு போன்றவற்றால் வரையறுக்கப்பட்டது.

சமீபத்திய காலங்களில் நடத்தப்பட்ட பல போர்கள் மற்றும் நடந்துகொண்டிருக்கும் மோதல்கள் மற்றும் கூட்டணிகள் பெரும்பாலும் எண்ணெய் மற்றும் எரிவாயு புவிசார் அரசியல் மூலம் வடிவமைக்கப்பட்டன.

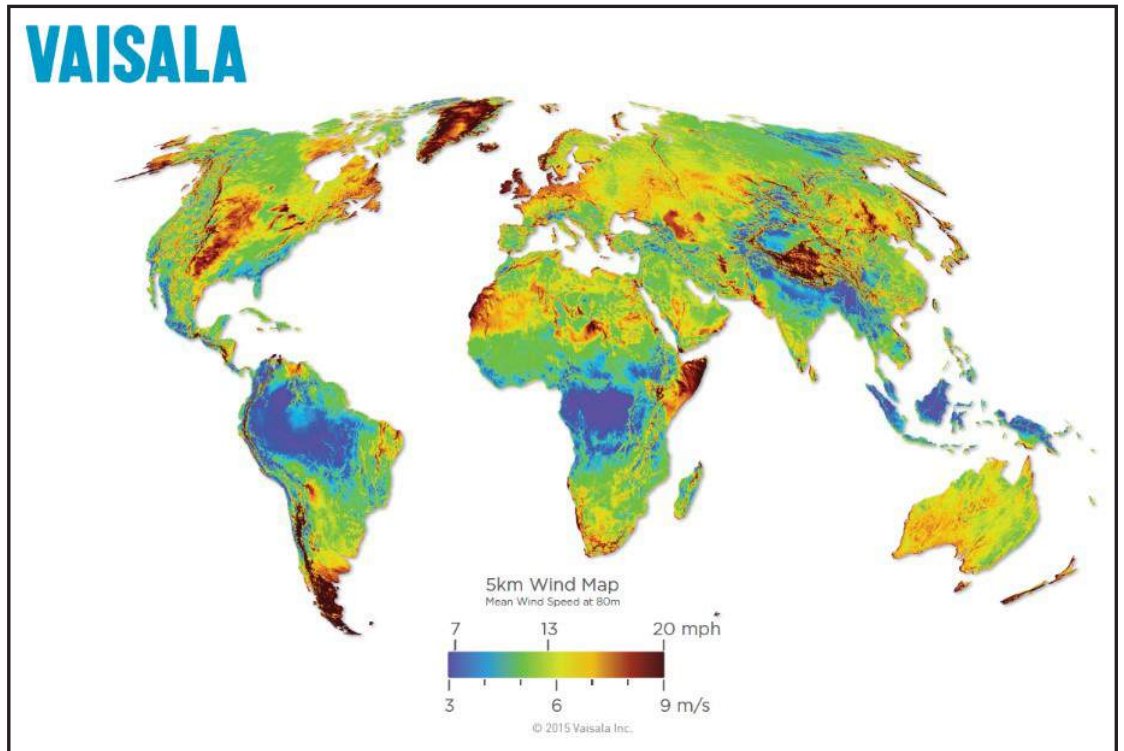
தொழில்துறை மற்றும் போக்குவரத்துத் துறைகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் சக்தியின் கணிசமான பகுதி (பாதிக்கும் மேற்பட்டவை) புதைபடிவ எரிபொருள் மூலங்களிலிருந்து வந்ததே இதற்குக் காரணம். 1970 களில் உயர் எண்ணெய் விலைகள் மற்றும் மிக சமீபத்தில் எண்ணெய் விலைகள் குறைக்கப்பட்டமை ஆகியவை புவிசார் அரசியல் திட்டத்தின் வெளிப்படையான விளைவாகும்.

இருப்பினும், அதி சமீபத்திய கணிப்புகள் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி 2050 க்குள் முதன்மைச் சக்தி நுகர்வுக்கான முக்கிய மூலமாக மாறும் என்பதைக் காட்டுகிறது (உரு. 1). இதற்கான ஒரு காரணம் 2015 ஆண்டின் பாரிஸ் ஒப்புந்தமாகும். குறைந்த அல்லது பூச்சிய கார்பன் சக்தி உற்பத்தி செய்யும் தொழில்நுட்பங்களின் வளர்ச்சி மற்றும் விருத்தியை ஊக்குவித்து உலகளாவிய எரிசக்தி கலவையில் வியத்தகு மாற்றங்களைக் கொண்டு வர அவ்வொப்பத்தில் கையொப்பமிட்ட நாடுகளை ஊக்குவிக்க அழைப்பு விடுத்ததாகும். இந்தியா, சீனா, அமெரிக்கா மற்றும் மேற்கு ஐரோப்பா போன்ற முக்கிய எரிசக்தி நுகரும் பல நாடுகளின் சக்திக் கலவையில் புதுப்பிக்கத்தக்கவை குறிப்பிடத்தக்க அளவு அதிகரித்துள்ளன. சீனாவின் கொள்கை ஊக்கத்தொகை மற்றும் வளர்ச்சி, மேற்கு ஐரோப்பாவில் சக்தி வெளியீட்டுக் கொள்கைகள், புதுப்பிக்கத்தக்க சக்திக்கான செலவுகளின் குறைவு மற்றும் இந்தியாவின் கொள்கைகள் ஆகியவை இதற்குக் காரணம். எனவே, புவிசார் அரசியல் நிலத்தோற்றத்தில் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திகளுக்கான இடங்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

எஞ்சியிருப்பது அவை எவ்வாறு மறுவடிவமைக்கின்றன என்பதைக் கணிப்பதாகும்.

புதுப்பிக்கத்தக்கவை புவிசார் அரசியல் நிலத்தோற்றத்தை வடிவமைக்கும் வழியை பாதிக்கும் பல பொறிமுறைகள் உள்ளன. புதைபடிவ எரிபொருள் தொழில்துறையைப் போலவே, 'முக்கியமான மூலப்பொருள்' அதிக புவிசார் அரசியல் மூலப்பாய மதிப்பைக் கொண்டுள்ள அதே வேளையில் அதற்கு குறைந்த மூலதனமும் அவசியமாகும்.

காற்றாலை விசையாழிப் பிறப்பாக்கிகளிலும் மற்றும் மின்சார வாகனங்களின் மோட்டார்களிலும் காந்தங்களுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் நியோடைமியம் (Neodymium) மற்றும், எரிசக்தி சேமிப்பிற்குப் பயன்படுத்தப்படும் லித்தியம் மற்றும் கோபால்ட் அத்துடன் சூரிய மின்கலங்களுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் இண்டியம் போன்ற அரிய மூலகங்கள், எண்ணெய் மற்றும் எரிவாயுத் துறையைப் போன்று அவற்றைச் சூழ வணிகக் கூட்டணிகளை உருவாக்கும் ஆற்றல்களைக் கொண்டுள்ளன.



உரு. 4: உலகளாவிய காற்று வள வரைபடம் 4

புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தித் துறையில் தொடர்ச்சியான வளர்ச்சியின் தேவைப்பாட்டின் காரணமாக பல தொழில்நுட்ப கண்டுபிடிப்புகள் உருவாகின. அத்துடன் இப்பகுதியில் ஆராய்ச்சி மற்றும் மேம்பாட்டுக்கான (R & D) முதலீட்டிலும் அதிகரிப்பு ஏற்பட்டுள்ளது.

புவிசார் அரசியல் இயக்கவியல் மாற்றங்களுக்கு மத்தியில் வளைவுக்கு முன்னால் இருக்க வேண்டும் என்ற குறிக்கோளுடன் உள்ள சீனா, அமெரிக்கா, ஐரோப்பிய ஒன்றியம் மற்றும் ஜப்பான் போன்ற மூலதனம் செறிந்த நாடுகள் தூய்மையான எரிசக்தித் தொழில்நுட்பக் கண்டுபிடிப்புகளில் பெருமளவில் முதலீடு செய்துள்ளன.

இது அந்நாடுகளில் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தித் தொடர்பான காப்புரிமையை விரைவாக அதிகரிக்க வழிவகுத்தது (உரு. 2). சூரிய ஒளிமின்னழுத்த (PV) தொகுதிகளில் அதிக செயல்திறன், உயரமான காற்று விசையாழிகள் என்பன இந்தத் துறையில் உற்பத்தித்திறனை அதிகரிக்க வழிவகுத்த இத்தகைய கண்டுபிடிப்புகளுக்கான உதாரணங்களாகும். செயல்திறன் அதிகரிப்பின் தேவைப்பாடு ஆரம்ப கண்டுபிடிப்புக்கு வழி வகுத்ததால், R & D முதலீடு புதுப்பிக்கத்தக்கவை தொடர்பான புதிய எல்லைகளில் அதிக கண்டுபிடிப்புகளுக்கு வழிவகுக்கிறது. ஆரம்பகால ஆராய்ச்சி முக்கியமாக மேலே குறிப்பிட்டுள்ளவாறு விநியோக பக்க (supply side) செயல்திறன் வளர்ச்சியில் கவனம் செலுத்தியது. தூய்மையான சக்தியை நோக்கிய நுகர்வுப் பக்க (consumption side) நடத்தைகளை மாற்றியமைப்பதில் சமீபத்தில் கவனம் மாறியுள்ளது.

போக்குவரத்து மற்றும் கனரக தொழில் போன்ற 'மின்மயமாக்கக் கடினமான' துறைகளின் மின்மயமாக்கல் என்பது நுகர்வு பக்க தழுவலில் கவனம் செலுத்துகின்ற ஆராய்ச்சியின் புதிய

எல்லையாகும். கட்டமைப்பக்கு (Grid) புதுப்பிக்கத்தக்கவற்றை ஒருங்கிணைப்பதன் விளைவாக சக்தி அமைப்புகளில், உற்பத்தி மற்றும் விநியோகத்தை ஒருங்கிணைப்பதற்கான திறன்முறை (smart) மற்றும் பல்துறைப் (versatile) பொறிமுறைகள் தேவைப்படுகின்றன. இது திறன்முறைக் கட்டமைப்புகள் (smart grid), Internet of Things (IoT), செய்நிர்வகை நுண்ணறிவு (AI) மற்றும் பெரிய தரவுகள் (Big Data) போன்ற புதிய தொழில்நுட்பங்களை சக்தித் துறையில் பயன்படுத்துவதற்கான ஆய்வுக்கு வழிவகுத்தது. மேலும், போக்குவரத்து அமைப்புகளின் மின்மயமாக்கல் மற்றும் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி விநியோகத்தில் ஏற்படும் நிலையற்ற தன்மை ஆகியவை சக்தி சேமிப்பு தொகுதிகளில் ஆர்வத்தை உருவாக்கியுள்ளன.

இலங்கை எவ்வாறு முன்னோக்கிச் செல்ல முடியும்?

How can Sri Lanka look ahead? வரலாறு நமக்குக் கற்பித்தபடி, புவிசார் அரசியல் நிலத்தோற்றத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்களுக்கு எதிர்வினையாற்ற புவிசார் அரசியல் மூலோபாயத்தைப் பின்பற்றுவதற்குத் தோலைநோக்கையும் பயன்படுத்தும் நாடுகள், எதிர்வரும் மாற்றத்தின் பலன்களைப் பெறுவதற்கான சிறந்த நிலையில் உள்ளன.

ஏற்கனவே, பெரும்பாலான அரசாங்கங்கள் எரிசக்தி துறைக்கு R & D யில் பெருமளவில் முதலீடு செய்கின்றன. இதன் விளைவாக அவர்கள் இந்த துறையில் அதிக எண்ணிக்கையிலான காப்புரிமைகளைப் பெற்றுள்ளனர். இது புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி துறையின் விரைவான வளர்ச்சியுடன் அறிவுசார் சொத்துக்கள் மூலம் இலாபத்திற்கான அணுகலை அவர்களுக்கு வழங்குவதோடு மட்டுமல்லாமல், சக்தியின் புவிசார் அரசியலில் குறிப்பிடத்தக்க செல்வாக்கையும் அளிக்கிறது.

ஆயினும், எரிசக்தி அரசியல் மாற்றமடைகின்றது என்பது இலங்கை போன்ற ஒரு தேசத்திற்கும் புதிய வாய்ப்புகளை அளிக்கிறது. புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தியின் புவிசார் அரசியல் முன்னர் விவாதித்தபடி தொழில்நுட்ப கண்டுபிடிப்புகளுடன் தெளிவாகப் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. IoT, AI, Big Data மற்றும் திறன்முறைக் கட்டமைப்பு போன்ற பகுதிகளில் இன்னும் திறக்கப்படாத அல்லது குழந்தைப் பருவ நிலையில் காணப்படுகின்ற ஆராய்ச்சியின் புதிய எல்லைகள் தொடர்ந்து திறக்கப்படவுள்ளன. இது நம்மிடம் உள்ள வரையறுக்கப்பட்ட மூலதனத்துடனும் கூட புதுமைக்கு வழிவகுக்கும். முக்கியமாக R & D முதலீடு மற்றும் வளர்ச்சியின் ஆக்கபூர்வமான பின்னூட்ட வளையத்தை உருவாக்குகிறது. சரியான நேரத்தில் ஊக்குவித்தால் வளர்ச்சிச் சக்கரத்திற்கு வழிவகுக்கும். மேலும், இலங்கைக்கு புவியியல் ரீதியான இடமானது சூரிய மற்றும் காற்றாலை வளம் கிடைப்பதன் அடிப்படையில் ஒரு சாதகமாக அமைகிறது (உரு. 3 மற்றும் 4). இது ஏற்கனவே நாட்டில் காணப்படும் நீர்-மின் வளங்களை விட மேலதிகமானதொன்றாகும். எரிசக்தித் துறையில் சுன்னு மீதான ஒரு தெளிவான தேசிய முன்முயற்சியானது நாட்டை ஆக்கபூர்வமானதொரு வளர்ச்சிச் சக்கரத்தை நோக்கித் தூண்டலாம்.

திறன்முறைக் கட்டமைப்புகள் மற்றும் AI, IoT அத்துடன் big data போன்ற புதிய தொழில்நுட்பப் பிரயோகங்கள் போன்ற துறைகளின் மீது R&D நடவடிக்கைகளின் ஆரம்ப கட்டத்தை ஆதரவு அமைப்பாகக் கொண்டு வருவதற்கான தெளிவான வாதம் உள்ளது. இலங்கையில் R & D நடவடிக்கைகளின் தற்போதைய நிலையானது, திறன்முறைக் கட்டமைப்பிற்கான மென்பொருள் மற்றும் வன்பொருள் அடிப்படையிலான தொழில்நுட்பங்களின் விருத்தி, சக்திச்

சேமிப்பு சாதனங்களுக்கான கிராபீனின் மற்றும் செயல்படுத்தப்பட்ட காபன் என்பவற்றின் உற்பத்தி ஆகியவை அடங்கும்.

இதனால் முன்னேற்றத்தைத் தடுக்கும் அல்லது ஒரு 'அரிய முக்கியமான மூலப்பொருளுக்காக' வழங்குநரின் தயவில் எங்களை விட்டுச்செல்லும் பிரச்சினை இருக்காது. இதனை விட, புதுப்பிக்கத்தக்கவைகளை நோக்கிய தேசிய சக்திக் கலவையை திசை மாற்றுவது புதைபடிவ எரிபொருள் உற்பத்தியாளர்கள் மீது தங்கியிருப்பதைத் தடுக்கும். இது புதுமை மற்றும் முதலீட்டின் ஆக்கபூர்வமான பின்னாட்ட வளையத்தைத் தூண்டும். தொழில்நுட்பத்தால் இயங்கும் புவியார் அரசியல் அலைகள் பற்றிய சுவாரஸ்யமான விஷயம் என்னவென்றால், இயற்கை வளங்கள் இல்லாத நாடுகளுக்கு புவியார் அரசியல் மேடையில் வீரர்களாக மாறுவதற்கான வாய்ப்பை அவை எப்போதும் வழங்கியுள்ளன. அவை புதிய வழித்தோன்றல் தொழில்களின் வளர்ச்சிக்கும், அத்துடன் மக்களுக்கு புதிய வேலை வாய்ப்புகளை உருவாக்குவதற்கும் வழிவகுக்கின்றன. உதாரணமாக, AI அல்லது IoT ஆல் செறிவூட்டப்பட்ட ஒரு சக்தி வலையமைப்பு, தகவல் தொடர்பு, மின்னணுவியல் மற்றும் கணினி ஆகியவற்றில் வேலைவாய்ப்பை உருவாக்கும். இது கல்வித் துறையை நவீனமயமாக்கும். மேலும் நிலையான வளர்ச்சிக்கும் இது வழிவகுக்கும்.

புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தித் துறை ஒரு குறிப்பிட்ட கட்டத்திற்கு அப்பால் வளர்ந்தவுடன் புவியார் அரசியல் ஏற்கனவே மாறியிருக்கும் என்பதால் இதை நோக்கிய ஒரு செயலாக்க அணுகுமுறை மிக முக்கியமானது. இதனால், புதிய வழங்குநர்களிடமிருந்து வணிகக் கூட்டுக்கள் போன்ற நடத்தைகள் உருவாவதால், புதுப்பிக்கத்தக்கவற்றில் முதலீடு செய்வது இன்னும் செலவு மிக்கதாகின்றது. இது அந்த புவியார் அரசியல் பங்களிகளை முழுமையாக சார்ந்து இருப்பதற்கு

வழிவகுக்கிறது. மறுபுறத்தில், புத்தாக்கம், நாடுகளுக்கிடையேயான கூட்டாண்மை வளர்ச்சிக்கும் அறிவு பகிர்வுக்கும் அதிக வாய்ப்புகளைத் திறக்கிறது.

புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி மற்றும் புதைபடிவ எரிபொருள்களுக்கு இடையேயான மிக முக்கியமான வேறுபாடு யாதெனில், ஒரு வடிவத்தில் காணப்படுவது அல்லது மற்றய பெரும்பாலான நாடுகளில் குறைவான சக்தியுடைய தடைப் புள்ளிகளாக (choke points) காணப்படுவதாகும்.

இதனைவிட விலை சூழ்ச்சிக்கு மிகவும் எளிதில் பாதிப்புக்குள்ளாகக்கக்கூடியதும் சேமித்து கையிருப்பில் வைக்கக்கூடியதுமான புதைபடிவ எரிபொருட்கள் போலல்லாது புதுப்பிக்கத்தக்கவையானது வற்றாத சக்திப் பாய்ச்சல்களாகும். இறுதியாக, அவை தலைமுறைகளுக்கு அதிகமாக பரவலாக்கப்படுகின்றபடியால், ஏகபோக உரிமையை கடினமாக்கின்றது. எனவே புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தியின் வளர்ச்சியுடன் புவியார் அரசியலின் சக்திச் சமநிலை மாறக்கூடும் என்பது அப்பட்டமாக வெளிப்படையானது. நாட்டுக்குத் தேவையான புலங்களில் தொழில்நுட்ப கண்டுபிடிப்புகளுக்கான முதலீட்டைக் கொண்டு இந்த மாற்றத்திற்கு நன்கு பதிலளிக்கும் நாடுகள் மற்றும் தாய்மையான எரிசக்தி முன்முயற்சிகளுக்கு இடமளிக்கும் வகையில் தேசியக் கொள்கையை மாற்றியமைக்கும் நாடுகள் பந்தயத்தில் சிறந்த இடத்தைப் பெறுவதற்கு மிகவும் சாத்தியமானவை.

- 1 Meghan O'Sullivan, Indra Overland, David Sandalow, The Geopolitics of Renewable Energy, SSRN Electronic Journal, January, 2017.
- 2 US EIA, International Energy Outlook 2019, <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>

- 3 International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019, A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation > <http://geopoliticsof Renewables.org/Report>
- 4 VAISALA, Free wind and Solar Resource Map, <https://www.vaisala.com/en/lp/free-wind-and-solar-resource-maps>



வைத்தியர், ஜி.எம்.ஆர்.ஐ. கொடலியாட

பிரதான விரிவுரையாளர்
பேராதனை பல்கலைக்கழகம்
roshangodd@ee.pdn.ac.lk



புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திகளுடன் நேரோட்டத்தின் (DC) மீள்வருகை

பேராசிரியர்.எம்.பி.பி ஏகநாயக்க



ஆரம்ப நிறுவல்கள் (Initial installations)

எங்கள் வீடுகள், வணிக நிறுவனங்கள் மற்றும் தொழிற்சாலைகள் ஆடலோட்ட வழங்கலுக்கு (AC)

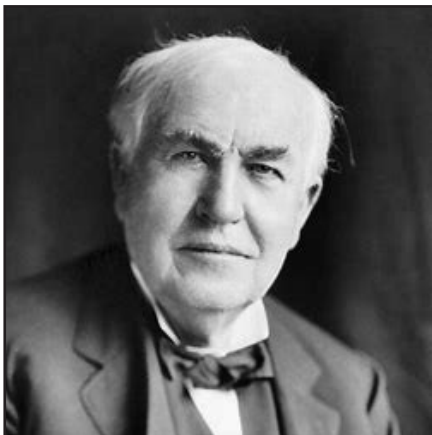
இணைக்கப்பட்டுள்ளதால் ஆடலோட்டம் பற்றி அனைவருக்கும் நன்கு தெரியும். ஆயினும், ஆரம்பக் காலத்தில் நிறுவப்பட்டவை நேரோட்டமாக இருந்தன (DC). உலகின் முதல் நேர் மின் உற்பத்தி நிலையம் புரட்டாதி 4, 1882 அன்று நியூயார்க்கின் 257 பேர்ல் தெருவில் திறக்கப்பட்டது.

இது தாமஸ் ஆல்வா எடிசனின் (உரு. 1) முன்னோடிப்பணியின் விளைவாக இருந்தது. எடிசனின் மின் நிலையம் முதல் மாவட்ட, 0.65 சதுர கி.மீ பரப்பளவில் வாடிக்கையாளர்களுக்கு மின்சாரம் வழங்கத் தொடங்கியது.

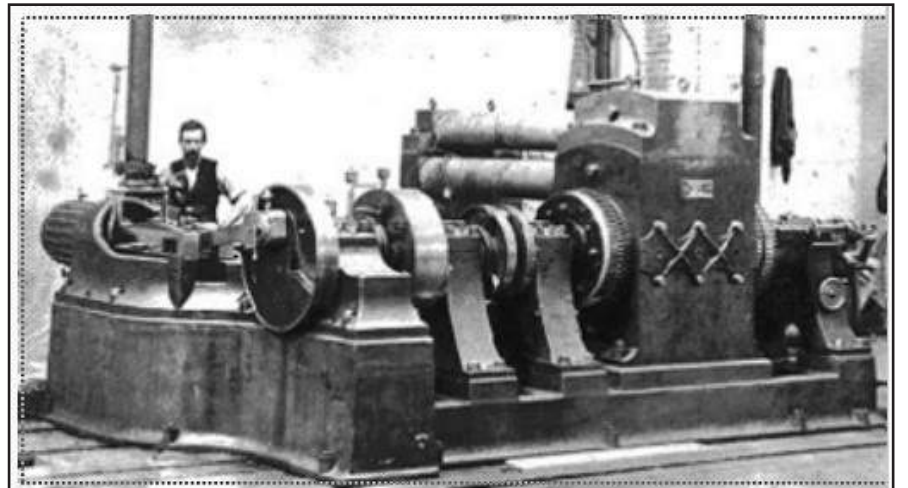
பேர்ல் ஸ்ட்ரீட்டின் சேவை பகுதிக்குள் விளக்குகளுக்கு மின்சாரம் வழங்க, எடிசனும் மற்றும் அவரது குழுவும் 27 தொன் "ஜம்போ" (Jumbo) எனும் மாறா-மின்னழுத்த டைனமோவை உருவாக்கியது (உரு 2). பேர்ல் ஸ்ட்ரீட்டில் ஒவ்வொன்றும் சுமார்

100 kW கொள்ளவு கொண்ட, ஆறு டைனமோக்கள் நிறுவப்பட்டன. நிலக்கரி மூலம் எரியும் கொதிகலன்களால் சக்தி வழங்கப்பட்ட நான்கு நீராவி என்ஜின்கள் மூலமாக டைனமோக்கள் இயக்கப்பட்டன.

எடிசனின் செயற்திட்டமானது சுமார் 24.4 கி.மீ நிலத்தடி கேபிள்களை நிறுவுவதில் ஈடுபட்டது. இதன் அசல் அமைப்பு 110 V நேரோட்டத்தில் இயங்கியதோடு இரண்டு கம்பி உருவமைவைப் பயன்படுத்தியது. அதிக அளவு விலையுயர்ந்த



உரு. 1: தோமஸ் ஆல்வா எடிசன் (11 மார்ச் 1847 – 18 ஜூன் 1931)



Edison's Jumbo dynamo. Courtesy: National Park Service, Edison National Historic Site.

உரு 2: எடிசனின் ஜம்போ டைனமோ

செப்பின் தேவைப்பட்டினால், கம்பியமைப்பை எடிசன் விரைவாக 220 V ஆக மாற்றினார். மூன்று கம்பி வடிவமைப்பைக் கொண்ட இப் புதிய கட்டமைப்பானது தேவையான செப்பின் அளவைக் கணிசமாகக் குறைத்தது.

பெர்ல் ஸ்ட்ரீட் நிலையத்தைத் தொடர்ந்து பேர்ல் ஸ்ட்ரீட் வடிவமைப்பின் மேம்படுத்தப்பட்ட நூற்றுக்கணக்கான பதிப்புகள் நிறுவப்பட்டன. ஆயினும், குறைந்த மின்னழுத்த நேரோட்ட அமைப்பு உள்ளார்ந்த குறைபாடுகளைக் கொண்டிருந்தது, இவற்றுள் முக்கியமானது உயர் கம்பிவழி இழப்புகள் ஆகும். இக்குறைபாடானது நேரோட்ட மின் வழுவின் கடத்தக்கூடிய தூரத்தை பொருளாதார ரீதியாக கட்டுப்படுத்தியது.

1880 களின் நடுப்பகுதியில், ஆடலோட்ட

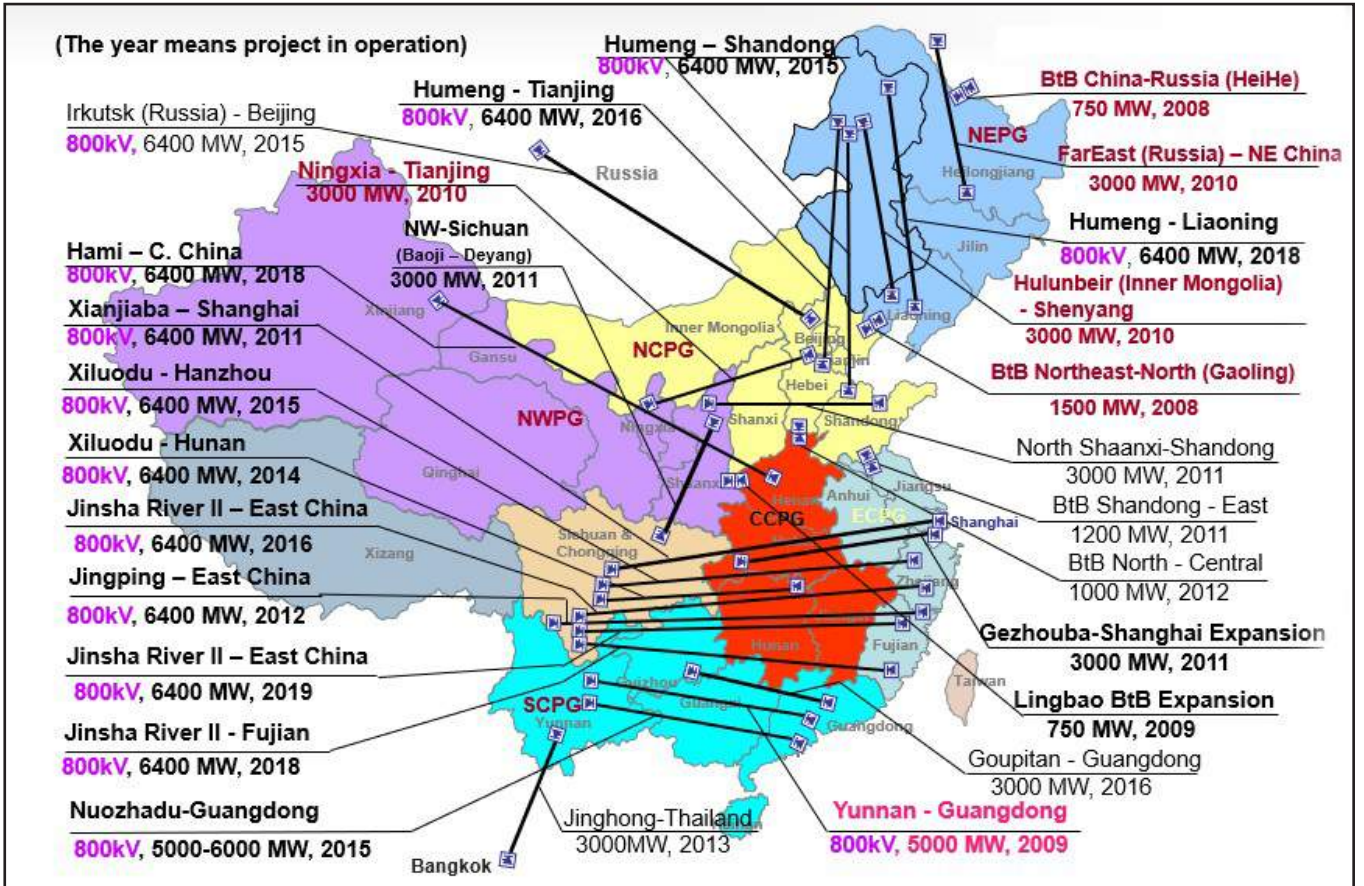
அமைப்புகள் எடிசனின் நேரோட்ட அமைப்புடன் போட்டியிடத் தொடங்கின. நிகோலா டெஸ்லாவின் ஆடலோட்ட மின்மாற்றியின் கண்டுபிடிப்பானது அதிக மின்னழுத்தங்களில் மின்சாரத்தை இலாபகரமாக மற்றும் திறமையாக நீண்ட தூர பரிமாற்றத்திற்கு அனுமதித்தது. இதன் மூலம் குறைந்த மின்னழுத்த நேர் மின்னோட்ட அமைப்புகளின் பெரிய தீமைகளைத் தீர்க்கப்பட்டது. எனவே, 19 ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில், நேரோட்ட அமைப்புகள் படிப்படியாக மற்றும் தவிர்க்க முடியாதவாறு சரியத் தொடங்கின.

உயர் அழுத்த நேரோட்டப் பரிமாற்றம் (HVDC Transmission))

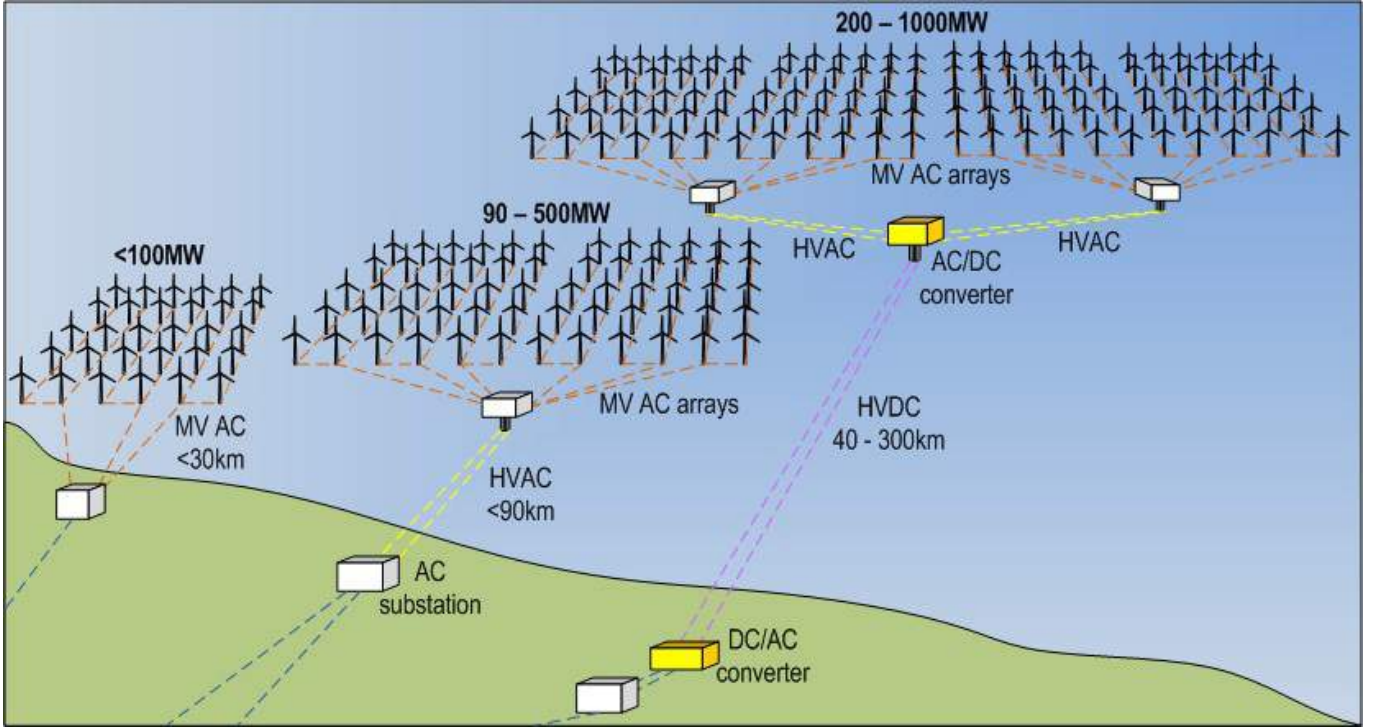
20 ஆம் நூற்றாண்டில், குறைந்த மின்னழுத்த மின் விநியோகங்கள் அனைத்தும் ஆடலோட்டமாகக்



உரு. 3: அநேகமாக உலகின் கடைசி இயங்கும் பாதரச வில் அலைச் சீராக்கி



உரு. 4: சீனாவில் உள்ள HVDC இணைப்புகள்



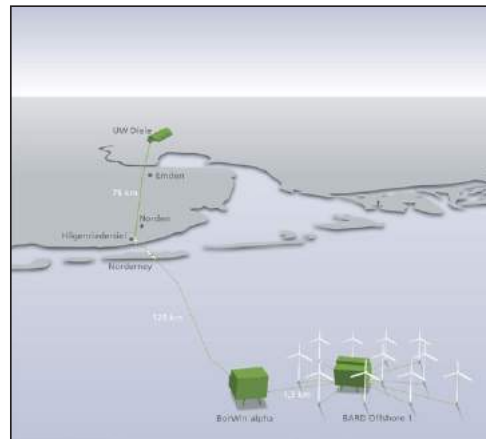
உரு 5: கடற்கரைக் காற்றாலைப் பண்ணை இணைப்புகள்

காணப்பட்டன. உயர் மின்னழுத்தச் (HV) சுற்றுகள் பெரும்பாலானவை ஆடலோட்டமாகக் காணப்பட்டபோதிலும், 1902 ஆம் ஆண்டில் பீட்டர் கூப்பர் ஹெவிட் கண்டுபிடித்த பாதரச வில் (mercury arc) வால்வின் கண்டுபிடிப்பின் மூலம், பிரதானமாக ஒத்திசைவற்ற தொகுதிகளை (asynchronous) இணைக்க நேரோட்டப் பரிமாற்றத்தில் ஆர்வம் எழுந்தது. பாதரச வில் வால்வானது ஆடலோட்டத்தை நேரோட்டமாக மாற்றும் வினைத்திறனுள்ள சீராக்கி (rectifier) ஆகும். இது உரு. 3ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. உதாரணமாக, 1932 ஆம் ஆண்டில், ஜெனரல் எலக்ட்ரிக் என்பவர் பாதரச-ஆவி வால்வுகளைச் சோதித்தது. 60 உண சுமைகளுக்கு சேவை செய்ய 40 உண பிறப்பாக்கலை மாற்றி 12 மவு நேரோட்டப் பரிமாற்றத் தொடரியை நியூயார்க்கின் மெக்கானிக்வில்லி அமைத்தார்.

இது பேராதனைப் பல்கலைக்கழகத்தின் மின் மற்றும் மின்னணு பொறியியல்துறையில் மாணவர்களுக்குஇன்னும் பயன்பட்டு வருகிறது

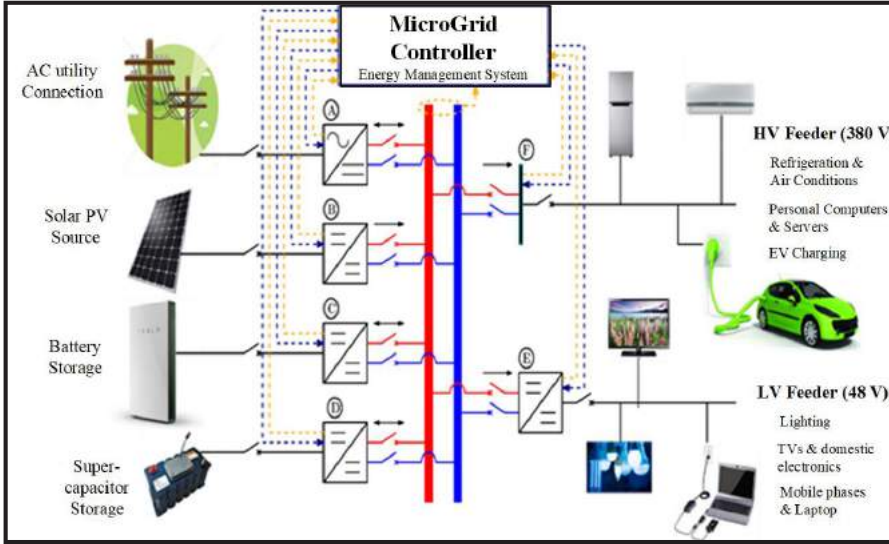
முதலில் ஜெர்மனியில் வடிவமைக்கப்பட்டு 1951 இல் ரஷ்யாவில் நிறுவப்பட்ட மாஸ்கோ-காஷிரா (Moscow-Kashira) தொகுதியும் மற்றும் 1954 இல் கட்டப்பட்ட ஸ்வீடனின்

பிரதான நிலப்பகுதிக்கும் கோட்லாண்ட் தீவுக்கும் இடையிலான முதல் வணிக (HVDC) தொடரி என்பன, HVDC பரிமாற்றத்தின் நவீன சகாப்தத்தின் தொடக்கத்தைக் குறித்தது. 1972 வரை வடிவமைக்கப்பட்ட தொகுதிகளில் பாதரச வில் வால்வுகள் பொதுவானவை. கனடாவின் மனிடோபாவில் உள்ள நெல்சன் ரிவர் பை போல் 1 தொகுதி கடைசி பாதரச வில் HDVC தொகுதியாக அங்கீகரிக்கப்பட்டுள்ளது.



உரு 6: BARD Offshore 1 இணைப்பு

ஜெனரல் எலக்ட்ரிக் நிறுவனத்தின் மின் பொறியாளர்களால் 1956 ஆம் ஆண்டில் சிலிக்கன் கட்டுப்பாட்டுச் சீராக்கி (SCR) அல்லது தைரிஸ்டர் (thyristor) விருத்தியாக்கப்பட்ட பின்பு, அனைத்து பாதரச வில் HVDC தொகுதிகளும் மூடப்பட்டுள்ளன அல்லது திண்ம நிலை (solid state) சாதனங்களுக்குப் பயன்படுத்த மாற்றப்பட்டுள்ளன. தைரிஸ்டரை அடிப்படையாகக் கொண்ட முதலாவது முழுமையான HVDC



உரு. 7: யோதனைப் பல்கலைக்கழகத்தின் மின் மற்றும் மின்னணு பொறியியல் துறையால் உருவாக்கப்பட்ட நேரோட்ட நுன்கட்டமையு மையம்

திட்டம் கனடாவில் ஈல் ரிவர் திட்டம் (Eel River Scheme) ஆகும். இது ஜெனரல் எலக்ட்ரிக் நிறுவனத்தால் கட்டப்பட்டு 1972 இல் சேவைக்கு வந்தது. இன்று, உலகில் ஏராளமான தைரிஸ்டர் அடிப்படையிலான HVDC திட்டங்கள் செயற்பட்டு வருகின்றன. சீனர்கள் இவற்றில் முன்னோடிகளாகவர். 2020 ஆம் ஆண்டு நிலவரப்படி சீனாவில் செயற்படும் அல்லது திட்டமிடப்பட்ட HDVC திட்டங்களை உரு 4 காட்டுகிறது. உலகின் முதலாவது 1.100 kV ultra HDVC இணைப்பான சாங்ஜி-குக்வான் (Changji – Guquan), மின்னழுத்த நிலை, பரிமாற்ற திறன் மற்றும் தூரம் ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் ஒரு புதிய உலக சாதனையைப் படைத்தது. இது 12,000 மெகாவாட்கள் வலுவை 3,000 கி.மீ.க்கு மேல் கடத்தும் திறன் கொண்டது.

ஆடலோட்டத் திட்டங்களுடன் ஒப்பிடுகையில் நேரோட்ட திட்டங்களின் சில உள்ளார்ந்த நன்மைகள் காரணமாக அதிகமான HDVC திட்டங்கள் உருவாக்கப்பட்டன. ஒருவித எதிர்வினை இழப்பீடு (reactive compensation)

பயன்படுத்தப்படாவிட்டால் பேரளவு ஆடலோட்டம் பரவக்கூடிய தூரத்திற்கு ஒரு வரம்பு உள்ளது. நீண்ட மேல்நிலை கம்பிகளுக்கு, எதிர்வினை இழப்பீடுடன் ஆடலோட்டத்தை அல்லது நேரோட்டத்தைப் பயன்படுத்தலாம். சுமார் 50 கி.மீ க்கும் அதிகமான கடலடிக்குறுக்கறுப்புக்கள் (crossings) தேவைப்படும் பட்சத்தில், ஆடலோட்ட வடங்களை மின்னேற்றத் தேவையான மின்னோட்டத்தின் கொள்ளளவு காரணமாக, நேரோட்டம் மட்டுமே ஒரு மாற்றீடாகும்.

மேலும், ஒத்திசைவை உறுதிப்படுத்தாமல் இரண்டு பெரிய ஆடலோட்டத் தொகுதிகளை ஒன்றோடொன்று இணைக்க HDVC அனுமதிக்கிறது (உதாரணமாக இங்கிலாந்து-பிரான்ஸ் குறுக்கு-நீரிணை இணைப்பு 2000 மெகாவாட்) மற்றும் வெவ்வேறு மீட்டர் மின் வலையமைப்புகளுக்கு இடையிலான இடைத்தொடுப்பையும் அனுமதிக்கிறது. (உதாரணமாக ஜப்பானில் வடக்கு மற்றும் தெற்கு தீவுகளுக்கு இடையிலான தொடர்புகள், இது 50 உண மற்றும் 60 உண

தொகுதிகளைப் பயன்படுத்துகிறது). சுமார் 2000 ஆண்டு முதல், மின்னழுத்த மூல மாற்றிகள் (Voltage Source Converter) பயன்படுத்தும் மாற்று தொழில்நுட்பமானது, தைரிஸ்டர் அடிப்படையிலான HDVC யை விட குறைந்த சக்தி மட்டங்களில் இருந்தாலும் கிடைக்கிறது.

HDVC யின் VSC வால்வுகள் Insulated Gate Bipolar Transmitter (IGBT) போன்ற குறைகடத்திச் சாதனங்களைப் பயன்படுத்துகின்றன. இவற்றின் மூலம் வால்வுகளை இயக்கவோ அல்லது முடக்கவோ இயலும் (Thyristor உடன் ஒப்பிடுகையில் இங்கு இயக்க மாத்திரம் முடியும், அத்துடன் மாற்றுவதற்கு மேலதிகச் சுற்றுக்கள் பயன்படுத்தப்படும்). V.S.C. வால்வுகளை இயக்க மற்றும் முடக்குவதற்கான இந்த திறனானது மாற்றிகளை எந்தவொரு மீட்டர், அவத்தை மற்றும் பருமன் ஆகியவற்றைக் கொண்ட மின்னழுத்த அலைகளை சாதனங்களின் மதிப்பீட்டிற்குள் தொகுக்க அனுமதிக்கிறது.

புதுப்பிக்கத்தக்க

இணைப்புகளுக்காக நேரோட்டம் (DC for Renewables connections) இன்று கடற்கரைக் காற்றாலைப் (Offshore wind) பண்ணைகளுக்கு ஆர்வம் அதிகரித்து வருகிறது. பிரதான மின்கட்டமைப்பிலிருந்து வெகு தொலைவில் உள்ள மற்றும் 100 மெகாவாட்கள் மின்சக்தியை உருவாக்கின்ற கடற்கரையிலுள்ள பெரிய தளங்களுக்கு, HDVC யே விருப்பமான தேர்வாகிவிட்டது. உரு 5 கடற்கரைக் காற்றாலைப் பண்ணைகளுக்கான சாத்தியமான இணைப்புக் கருத்தாய்வுகளைக் காட்டுகிறது. 200 மெகாவாட், 300 கிமீ முதல் 1000 மெகாவாட், 40 கிமீ வரை மின்சார உற்பத்தித் திறன் மற்றும் தூரத்தை கொண்ட கடற்கரைக் காற்றாலைப் பண்ணைகளுக்கு, HDVC யே விருப்பமான தேர்வாகும்.

ஜேர்மன் மின்கட்டமைப்பு இயக்குநரான வுநெநெவு ஏற்கனவே HDVC தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி பல கடற்கரைக் காற்றாலைகளை இணைத்துள்ளார். HDVC யினால் இணைக்கப்பட்ட முதல் கடற்கரைக் காற்றாலை BARD Offshore 1 ஆகும். இது 100 கி.மீ க்கும் அதிகமான கடலடி வடங்களைப் பயன்படுத்தியது. இந்த இணைப்பு உரு 6 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. 800 மெகாவாட் (அறு) வெளியீட்டுடனான, டீழ்சறுவை 2 என்பது வுநெநெவு செயற்படுத்திய முதல் பெரிய அளவிலான கடற்கரை இணைப்பு ஆகும். ஜனவரி 2015 முதல், 400 மெகாவாட் கொள்ளவு கொண்ட புடமுடியட வுநஉ ஐ மற்றும் 400 மெகாவாட் கொள்ளவு கொண்ட ஏந்தய ஆயவந ஆகியவை டீழ்சறுவை 2 வழியாக ஜேர்மன் மின் கட்டமைப்பில் காற்றாலைச் சக்தி அளித்து வருகின்றன. இது மின்னழுத்த-மூல

மாற்றி அடிப்படையிலான HDVC யைப் பயன்படுத்துகிறது. மொத்த கேபிள் நீளம் 200 கி.மீ ஆகும். இவற்றுள் 125 கி.மீ கடலடி வடங்கள் ஆகும்.

நடுத்தர மற்றும் குறைந்த மின்னழுத்த வலையமைப்புகளில் நேரோட்டம். (DC in medium and Low voltage Networks) தற்போது, ஒளிமின்னழுத்த (பி.வி) தொகுதியொன்றால் உற்பத்தி செய்யப்படும் மின்சாரம் சுமைகளால் நுகரப்படுவதற்கு முன்பு நேரோட்டத்திலிருந்து நேரோட்டம் மற்றும் நேரோட்டத்திலிருந்து ஆடலோட்ட மாற்றத்திற்கு உட்படுகிறது. சுமை முடிவிலும் LED விளக்குகள், பொழுதுபோக்கு உபகரணங்கள் மற்றும் கணினி உபகரணங்கள் போன்ற பல சுமைகள் அகத்தே நேரோட்டத்துடன் இயங்குகின்றபடியினால் ஆடலோட்டத்திலிருந்து நேரோட்ட மாற்றமொன்று நடைபெறுகின்றது. மின் வலு மாற்ற நிலைகளுடன் தொடர்புடைய இழப்புகளைக் குறைக்கவும், அதன் மூலம் (PV) பயன்பாட்டின் செயற்திறனை அதிகரித்து மற்றும் சக்திப் பயன்பாட்டைப் பாதுகாக்கவும், நேரோட்ட நுண்கட்டமைப்பு (Microgrid) ஒரு கவர்ச்சிகரமான தீர்வாகின்றது (உரு. 7).

புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி மூலங்களை உள்ளெடுத்துக் கொள்வதற்கான தடைகளில் ஒன்று அவற்றின் இடைவிட்ட தன்மை (intermittency) மற்றும் அடிக்கடி மாறுபாடு தன்மை (variability) ஆகும். எனவே, பிரதான கட்டமைப்பால் ஆதரிக்கப்படாவிட்டால் அல்லது சக்திச் சேமிப்பகத்துடன் ஒருங்கிணைக்கப்படாவிட்டால், சுமைகளுக்கு நம்பத்தகுந்த வகையில் அவற்றினால் வழங்கல் தர முடியாது. மின்கலங்கள், பறப்புச்சில்லுகள்

மற்றும் எரிபொருள் கலங்கள் போன்ற சக்திச் சேமிப்பகங்கள் இயல்பாகவே நேரோட்டத்தைக் கொண்டிருப்பதனால் அல்லது உள்ளக நேரோட்ட பஸ்ஸினைக் கொண்டிருப்பதனால் அவற்றை நேரோட்டக் கட்டமைப்புடன் (DC Grid) எளிதாக ஒருங்கிணைக்க முடியும். எனவே, நேரோட்ட நுண்கட்டமைப்பு உணரப்பட்டதன் மூலம், நேரோட்டம் விரைவில் மின் துறையின் முழுப் பகுதியையும் கைப்பற்றும்.



பேராசிரியர்.எம்.பி.பி ஏகநாயக்க
கௌரவ ஓய்வுபெற்ற பேராசிரியர்
பேராதனை பல்கலைக்கழகம்
jbc@ee.pdn.ac.lk



குறைந்த காபன் உலகத்திற்கான பசுமைத் தொடர்பாடல்

வைத்தியர்.எஸ்.ஏ.ஏச்.சூரவர்

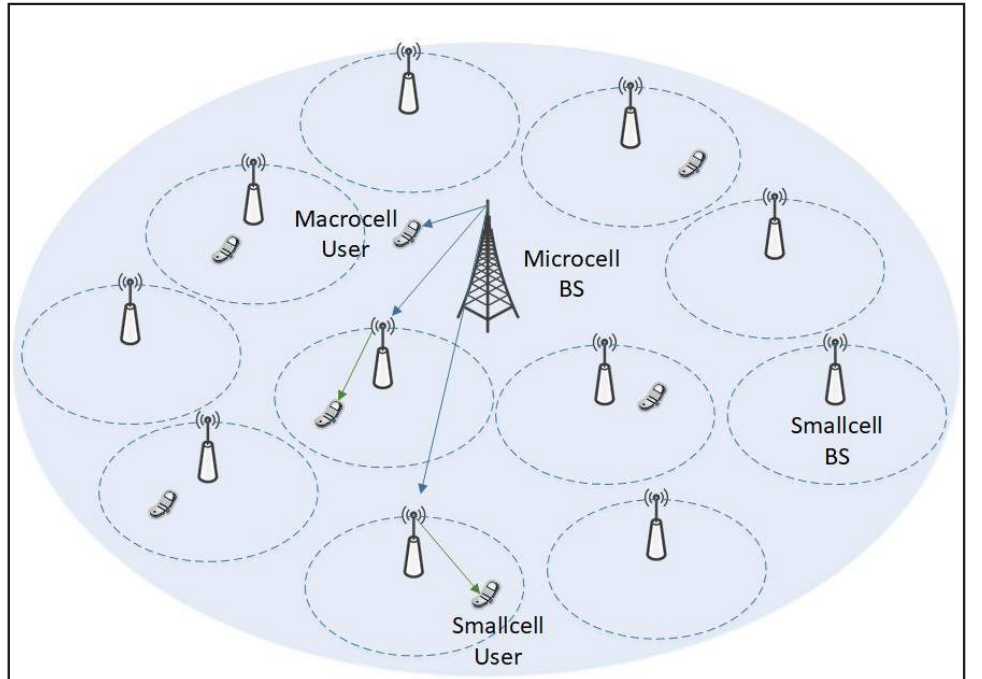


கூடுதல் நூற்றாண்டில் கம்பியில்லாத தொழில்நுட்பத்தின் வளர்ச்சியிலிருந்து, நகரும் வானொலி சேவைகள் சமூகத்தின் அனைத்து துறைகளிலும் ஊடுருவியுள்ளன. இன்று, பலவிதமான கம்பியில்லாத தொகுதிகள் பயன்பாட்டில் உள்ளன. அத்துடன் உட்புற சூழல்களிலும் வெளிப்புற சூழல்களிலும் உயர் உற்பத்தித்திறன் கொண்ட தரவுச் சேவைகளுக்கான தேவை அதிகரித்து வருகிறது. மேலும், திறன்பேசிகளின் (smartphones) ஜனாபிமானம், மின்னூல் வாசிப்பாளர்கள் (e-book readers), Internet of Things (IoT) மற்றும் சமூக வலைப்பின்னல் செயலிகளின் பரவலான பயன்பாடு ஆகியவற்றின் ஊக்குவிக்கப்பால் எதிர்காலத்தில் வரவிருக்கும் 5G கம்பியில்லாத தொகுதிகள் உலகெங்கிலும் பில்லியன் கணக்கான பயனர்களையும் நூறாயிரக்கணக்கான சாதனங்களையும் இணைக்கும் என்று எதிர்பார்க்கப்படுகிறது. ஆயினும், இந்த கம்பியில்லாத தொகுதிகளின் செயற்பாடு அதிக சக்திகளை நுகர்கின்றன. இதன் விளைவாக, இன்றைய தகவல் மற்றும் தொடர்பு தொழில்நுட்பம் (ICT) உலகின் வேகமாக குறைந்து வரும் எரிசக்தி வளங்களுக்கு கரும் அழுத்தத்தை ஏற்படுத்தியுள்ளது. எனவே,

கம்பியில்லாத செயல்பாட்டின் கார்பன் வெளியேற்றலைக் குறைக்க, சக்தித் திறன் கொண்ட பசுமை நுட்பங்களை உருவாக்க வேண்டிய அவசியம் உள்ளது.

ஒரு இணையான வளர்ச்சியில், அடுத்த தலைமுறை மின் விநியோக வலையமைப்பாக சந்தைப்படுத்தப்பட்ட திறன்முறைக் கட்டமைப்புக்கள் (smart grids) மின்சார கட்டமைப்பின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் சக்தி விநியோகத்தை தன்னியக்கமாக்குவதையும்

கட்டுப்படுத்துவதையும் நோக்கமாகக் கொண்டுள்ளன. அவ்வாறு செய்வதன் மூலம், திறன்முறை கட்டமைப்புச் செயற்பாடுகள் சக்தி இழப்புகளைக் குறைத்து இறுதி பயனர்களிடையே திறமையான சக்திப் பயன்பாட்டை ஊக்குவிக்கும். இந்த நோக்கத்திற்காக, மறுபக்கத்திலிருந்து தொலைதொடர்பு சேவைகள் திறன்முறை கட்டமைப்புச் செயற்பாடு மற்றும் தேர்வுமுறை ஆகியவற்றை செயற்படுத்த ஒரு திறமையான பொறிமுறையை வழங்குகின்றன.



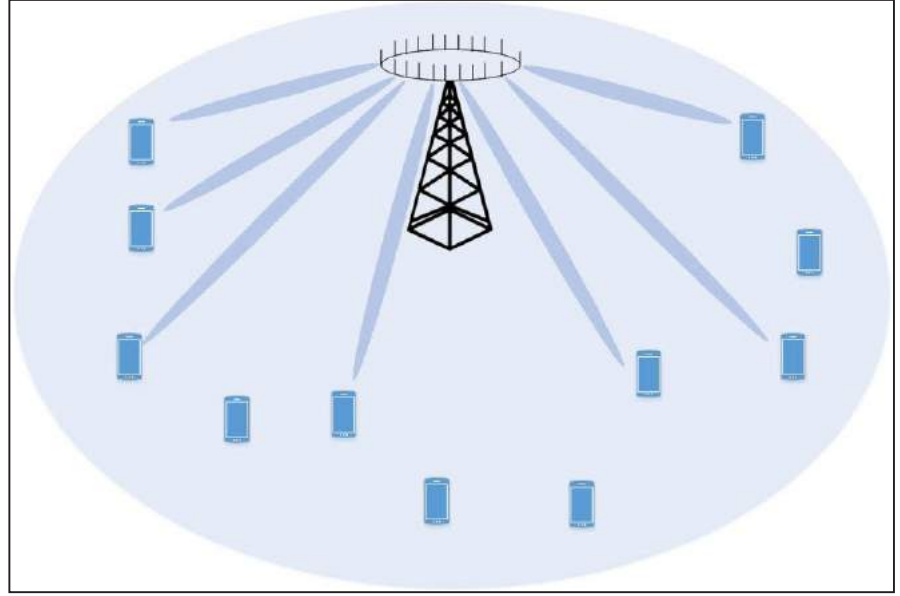
உரு. 1: குறைக்கப்பட்ட பரம்பி-வங்கித் தூரத்தைக் கொண்ட ஒரு சிறிய செல் வலையமைப்பு.

இக் கட்டுரையின் அடுத்தவரும் பிரிவுகளில், நவீன கம்பியில்லாத் தொகுதி செயல்படுத்தலுடன் தொடர்புடைய சக்தித் திறனுள்ள பசுமை தகவல் தொடர்பாடல் நுட்பங்களை அறிமுகப்படுத்துவதோடு, திறன்முறைக் கட்டமைப்பைச் செயற்படுத்துவதற்கு தகவல் தொடர்பாடல் நுட்பத்தின் (ICT) பயனை விளக்குவதுமே எமது நோக்கமாகும்.

நகரும் தகவல் தொடர்பாடல் தொகுதிகளில் உற்பத்தித் திறன் தேவைகளைக் பூர்த்தி செய்யும் தீர்வுகள் (Solutions that can meet throughput Requirements in Mobile Communication Systems)

இன்றைய அதி தரவுப் பரிமாற்றப் பயன்பாடுகளுக்கு அதிக தகவல் தொடர்பாடல் உற்பத்தி தேவையாகின்றது. இத்தகைய தேவைகளை வழங்க, செலுலர் தொகுதி வடிவமைப்பாளர்கள் ஜ1ஸ இல் குறிப்பிட்டுள்ளவை போன்ற பல தீர்வுகளைக் கருத்தில் கொண்டுள்ளனர்.

- பரப்பி (transmitter) - வாங்கி (receiver) இடையேயான தூரத்தை குறைப்பதன் மூலம் சமீக்கை வலுக்குறைவை

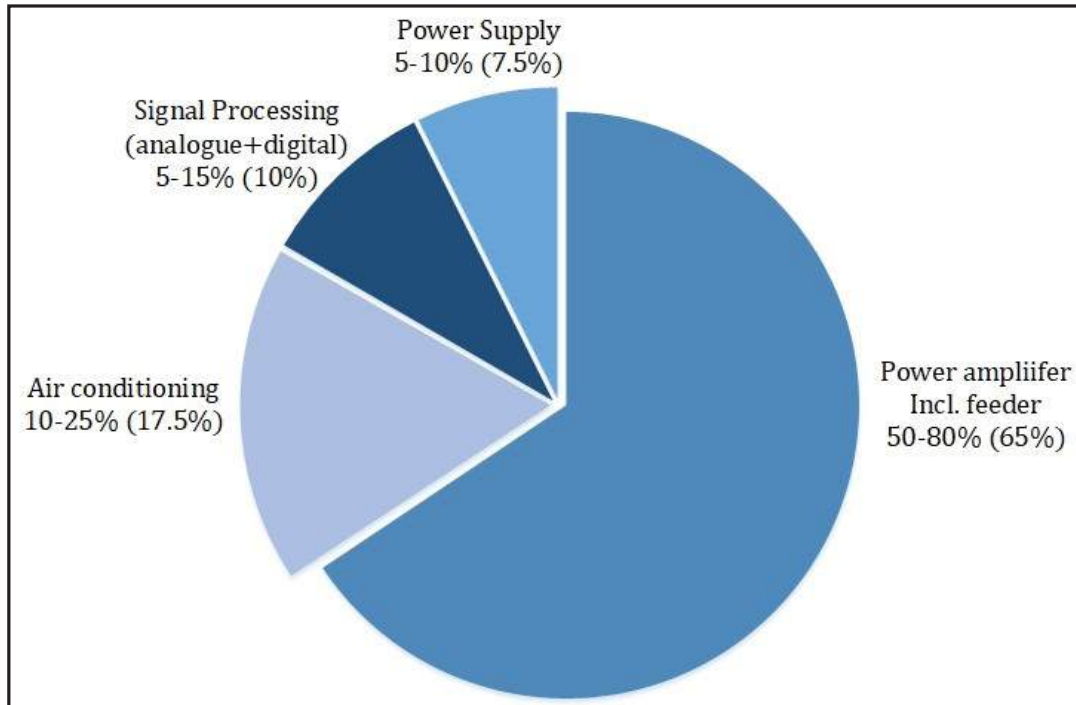


உரு. 2: அடிப்படை நிலையத்தில் நூற்றுக்கணக்கான உணர்வொம்புகளைக் கொண்ட அயளாளனை MIMO வலையமைப்பு.

- இழிவாக்கல்
- புதிய மீழறன்களின், முதன்மையாக மில்லிமீட்டர் அலைப் பட்டைகளின் பயன்படுத்தப்படாத பெரிய பகுதிகளைப் (swaths) பயன்படுத்தல் மற்றும்
- பாரிய பல-உள்ளீட்டு பல-வெளியீடு (Massive MIMO - (M-MIMO)) உணர்வொம்பு அணி

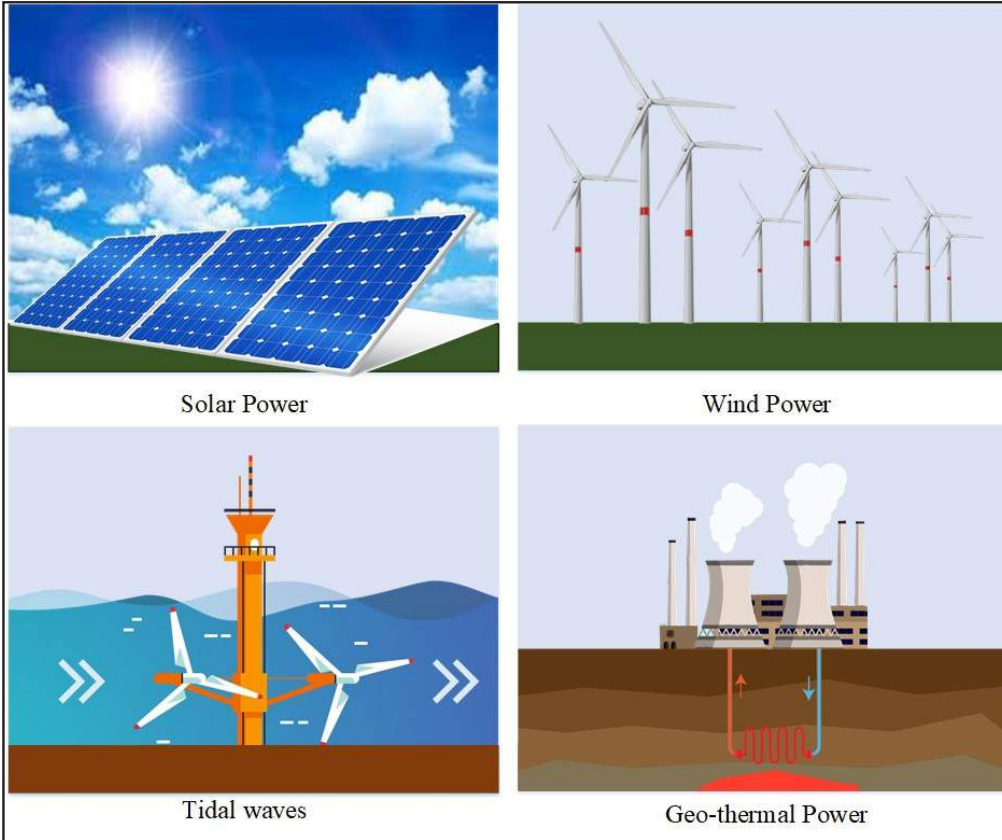
முனையங்களின் (antenna arrays) பயன்பாட்டைப் பரவலாக்கல்

கொள்கையளவில், பரப்பி-வாங்கி தூரங்களைக் குறைப்பது (உரு. 1) குறிப்பிட்ட சேவைத்தரத்தைப் பேணியவாறு பரப்பிச் சக்தியைக் குறைக்க அனுமதிக்கிறது. ஆயினும், செயற்திறன் சீரழிவின் முக்கிய மூலமாக



குறுக்கீடு வராமல் இருக்கத்தக்கவாறு இத்தகைய வலையமைப்புகள் கவனமாக திட்டமிடப்பட வேண்டும். மில்லிமீட்டர் அலைகள் நீண்ட தூரம் பயணிக்க மாட்டாது. இதனால் மட்டுப்படுத்தப்பட்ட குறுக்கீட்டை மட்டுமே உருவாக்குகிறது. மில்லிமீட்டர் அலை வலையமைப்புகளை செயற்படுத்த இன்னும் அதிக சக்தியை நுகரும் பரப்பி-வாங்கிச் (transceiver) சங்கிலிகள் தேவை. மேலும், அதிக எண்ணிக்கையிலான

உரு. 3: அடிப்படை நிலையங்களில் மின் நுகர்வு [2]



உரு. 4: புதுப்பிக்கத்தக்க சக்தி மூலங்கள்

உணர்கொம்புகளைப் பயன்படுத்துவதால், M-MIMO தொகுதிகளில் அதிக மின் சக்தி நுகர்வு (உரு. 2) குறைந்த சக்திச்-செயற்திறனை ஏற்படுத்தும். எனவே, இந்தத் தீர்வுகள் உற்பத்தித்திறனை அதிகரிக்கச் செய்கின்ற அதேவேளை, வலையமைப்பின் சக்தி நுகர்வானது குறைக்கப்பட்டு நிலையாகப் பேணப்படவேண்டும் என்பது தெளிவாகின்றது. நவீன தகவல் தொடர்பாடல் தொகுதிகளின் சக்திச் செயற்திறனை மேம்படுத்தக்கூடிய சில பசுமைத் தொழில்நுட்பங்கள் பின்வருமாறு விவரிக்கப்பட்டுள்ளன:

உயர் சக்திச் - செயற்திறனுக்கான பசுமைத் தீர்வுகள்
(Green solutions for High Energy – Efficacy)
சக்தி - விழிப்புணர்வுடனான செல் வடிவமைப்பு
(Energy - aware Cell design)
ஒவ்வொரு தலைமுறை செல்லுலார்

தொகுதிகளையும் அறிமுகப்படுத்தியதன் மூலம், செல்லின் பருமன்கள் சுருங்கி வருவதை நாங்கள் கண்டிருக்கிறோம். சிறிய செல் பருமன்கள் காரணமாக, பயனர்கள் தங்கள் பாவனைக் காலப்பகுதியில் பல செல்களை காண்கின்றார்கள். இதன் விளைவாக, வலையமைப்பில் கைமாற்றல் (hand-over) தேவைகள் பொதுவானதாகி, சமீக்கரை தேவை மற்றும் சக்தி நுகர்வு அதிகரிக்கும். கைமாற்றல்களை கவனித்துக்கொள்ள, குடை செல்கள் (Umbrella Cells) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. குறிப்பாக மைக்கிரோ செல்களுடன் கூடிய, நீடிக்கப்பட்ட செயல் எல்லைப் (Coverage) பகுதி மற்றும் கூடுதல் ரேடியோ வளங்களைக் கொண்ட ஒரு பெரிய செல்லானது (Macro cell), பயன்படுத்தப்படுகிறது. இப் பெரிய செல்கள், சிக்னலிங் மேல்நிலைகளைக் குறைக்க மில்லிமீட்டர் அலையை அடிப்படையாகக் கொண்ட சிறிய நிலையங்களில் இயங்குகின்றன.

அடிப்படை நிலையங்களில் பரப்பிகளின் தொழிற்பாட்டைக் கட்டுப்படுத்தல்
(Base Station on/off switching)
இன்றைய பெரும்பாலான அடிப்படை நிலையங்களில் தொழிற்பாட்டு சுமை கனமாக இல்லை என்று புள்ளிவிவரங்கள் காட்டுகின்றன [2]. ஆயினும், அவை தொடர்ந்து தொழிற்பாட்டு நிலையில் வைக்கப்படுகின்றன, எனவே, தேவையில்லாமல் அதிக அளவு சக்தி பயன்படுத்துகின்றன. இதனை விட, பகல் போக்குவரத்து சில நேரங்களில் குறைவதைக் காட்டுகிறது. உதாரணமாக இரவு மற்றும் அதிகாலை நேரங்களில் குறைவதைக் காட்டுகிறது. எனவே, உகந்த நேர இடைவெளியில்

பரப்பிகளை அணைப்பது சக்திச் சேமிப்பை மேம்படுத்துவதற்கான ஒரு சிறந்த கொள்கையாகும்.

வலு கட்டுப்பாடு மற்றும் பயன்முறை தேர்வு
(Power Control and Mode Selection)
கம்பியில்லாத தொடர்பு பாவனையின் தொடக்கத்திலிருந்து பயன்படுத்தப்பட்ட, வலுக் கட்டுப்பாடானது பெறுநர்களிடையே குறுக்கீட்டைத் தடுக்கும் ஒரு வினைத்திறனான பொறிமுறையாகும். வலுவின் கட்டுப்பாடு இல்லாவிட்டால், குறுக்கீடானது கம்பியில்லா வலையமைப்புகளின் தரவேற்ற (Up-link) மற்றும் தரவிறக்க (down-link) செயற்திறன் இரண்டையும் கடுமையாகக் குறைக்கும்.

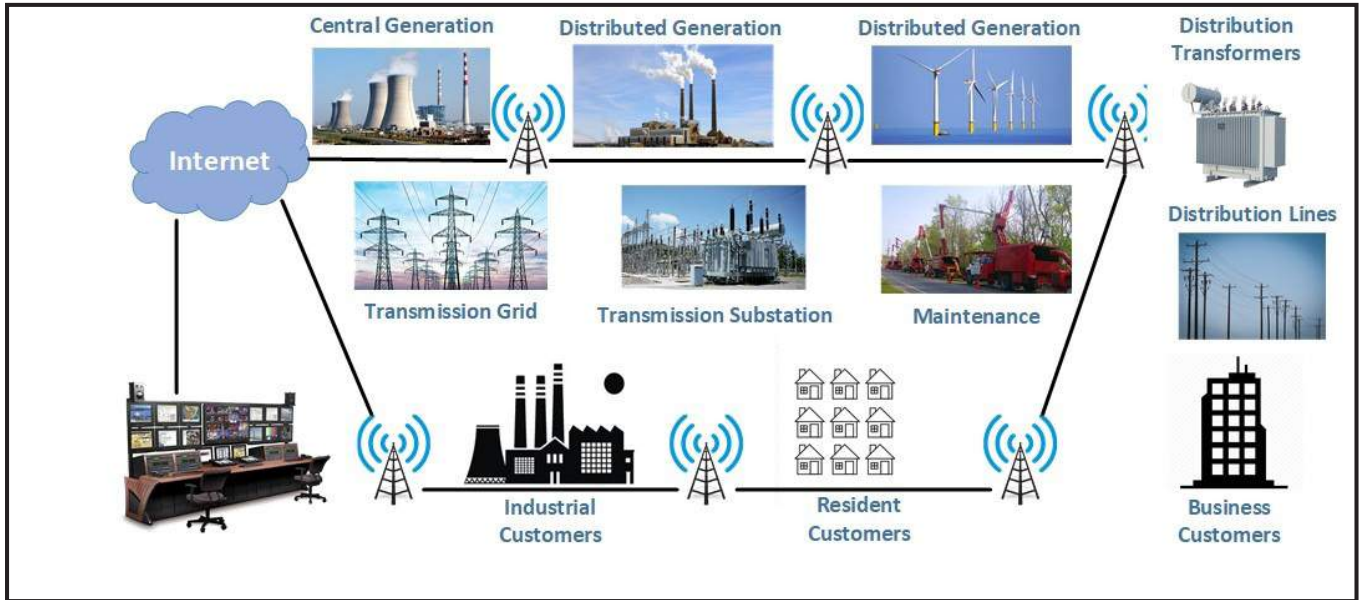
நாம் கற்றறிந்த நூல்களில், அலைவரிசை நிலைத் தகவல்களின் (Channel state information) கிடைக்கும் தன்மையைப் பொறுத்து, முன் வரையறுக்கப்பட்ட மதிப்புகளுக்கு

மேலே செயற்திறனை உறுதிப்படுத்தும் அதே வேளையில் கடத்தும் சக்தியைக் குறைக்கும் பல்வேறு உச்ச மற்றும் துணை உச்ச மின் கட்டுப்பாட்டுத் திட்டங்கள் முன்மொழியப்பட்டுள்ளன.

பயன்முறை தேர்வு (Mode Selection) என்பது கூட்டுறவு / இயந்திர வகை வலையமைப்புகளில் செயற்படுத்தக்கூடிய மற்றொரு சக்திச் சேமிப்பு உத்தி ஆகும். இயந்திர வகை தகவல்தொடர்பாடல்களில், சாதனங்களானது ஒரு வழக்கமான அடிப்படை நிலையத்துடனான (செல்லுலார் பயன்முறை) அல்லது

சங்கிலி தேவைப்படுகிறது. ஆயினும், இதுபோன்ற அனைத்து எண்ணிமக் கட்டமைப்பிலும் மின் நுகர்வு அதிகமாக உள்ளது. மிக அதிக வேக கூறெடுப்பின் (sampling) தேவையே இதற்கான காரணமாகும். மின் நுகர்வைக் குறைக்க, வடிவமைப்பாளர்கள் ஒரு ஒப்புளிக் கற்றைக்குவிப்புக் (analog beamforming) கட்டமைப்பைப் பயன்படுத்தலாம். அங்கு அடிப்படை ஒப்புளி அவத்தை மாற்றிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இருப்பினும், ஒப்புளிக் கற்றைக்குவிப்பினது பிரதிசூலமானது ஒற்றை பயனர் பரிமாற்றத்தை மட்டுமே ஆதரிக்கும்.

[2]. மேலும், ரேடியோவின் வலுவின் அரைவாசி வலு விரியலாக்கியினால் நுகரப்படுகிறது (உரு. 3). வலு விரியலாக்கியின் குறைந்த செயற்திறன் வடிவமைப்பு காரணமாக பெரும்பாலான வலு வெப்பமாக வீணடிக்கப்படுகிறது. ஆச்சரியப்படும் விதமாக, GSM, UMTS மற்றும் CDMA போன்ற தொகுதிகளில் தற்போது பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள மின் விரியலாக்கிகளின் மொத்த செயற்திறன் 5% முதல் 20% வரை மட்டுமாகவே காணப்படுகின்றது. ஆகவே, புதுமையான மின்னணு வடிவமைப்பு மூலம் வலு விரியலாக்கிகளின் செயற்திறனை மேம்படுத்த அதிக



உரு. 5: திறன்முறைக் கட்டமைப்பில் உள்ள தகவல் தொடர்பாடல்கள்

ஒருவருக்கொருவர் நேரடியாக தொடர்பாடல் தெரிவைக் கொண்டிருந்து சக்தி-செயற்திறன் வடிவமைப்பை ஏதுவாக்கின்றது.

பசுமைப் பரப்பி-வாங்கிக் கட்டமைப்புகள்

(Green Transceiver Architectures)

சம்பிரதாய நுண்ணலை மற்றும் மில்லிமீட்டர் அலைத்தொகுதிகள் அனைத்தும் எண்ணிம (digital) கட்டமைப்பைப் பயன்படுத்துகின்றன [1]. இதற்கு ஒவ்வொரு உணர்வகாம்பிலும் முன்பதிவு செய்யப்பட்ட ரேடியோ-மீட்டர்கள்

எனவே, எண்ணிம மற்றும் ஒப்புளிக் கற்றைக்குவிப்புக்கு இடையே இணக்கத்தை ஏற்படுத்துமுகமாக, அதாவது, சக்திச் செயற்திறனை மேம்படுத்துவதற்கான ஒரு கலப்பின கற்றைக்குவிப்பு அணுகுமுறை ஒரு கவர்ச்சிகரமான தீர்வாக அமையும்.

வலு விரியலாக்கி மேம்பாடுகள் (Power Amplifier Improvements)

ஒரு அடிப்படை நிலையத்தின் (base station) அத்தியாவசிய பாகங்களில் ஒன்றான, ரேடியோவானது அடிப்படை நிலையத்திற்குத் தேவையான சக்தியில் 80% க்கும் அதிகமாக பயன்படுத்துகிறது

வாய்ப்புகள் உள்ளன. மேலும், நிமிர்கோண மீட்டர்கள் பிரிவு பஸ்கூட்டுச் செலுத்துகை (orthogonal frequency division multiplexing (OFDM)) சமிக்ஞைகளில் உச்சநிலை, சராசரி சக்தி விகிதத்தை (Peak to Average Power Ration (PAPR)) குறைப்பது வலு விரியலாக்கிகள் அதிக திறமையான புள்ளியில் செயல்பட அனுமதிக்கும். இதனால் சக்தியைச் சேமிக்கலாம்.

நிலைத்து நிற்கக்கூடிய தகவல் தொடர்பாடல்களுக்கான புதுப்பிக்கத்தக்க சக்தி வளங்கள் (Renewable Energy Resources for sustainable communication) தொலை தொடர்புத் தொகுதி

இயக்குநர்கள் மின்சார கட்டமைப்பைச் சென்றடைவதற்கு போதுமான வழி இல்லாத, பல தொலை தூர பகுதிகள் உலகில் உள்ளன. இத்தகைய சூழ்நிலைகளில் வளிமண்டலத்தில் அதிக அளவு CO₂ ஐ வெளியிடுகின்ற டீசலில் இயங்கும் மின் பிறப்பாக்கிகளைப் பயன்படுத்துவது பிரபலமானதொரு தீர்வாகக் காணப்பட்டது. மேலும், செல்லுவார் தளத்திற்கு டீசல் கொண்டு செல்லப்பட வேண்டும். இதன் விளைவாக, தொலைத் தொடர்பு இயக்குநர்கள் வலையமைப்பின் செயற்பாட்டுக்கான மேலதிகச் செலவுகளை தாங்கிக் கொள்ள வேண்டும். மறுபக்கத்தில், புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி மூலங்களான சூரிய, காற்று, புவி வெப்பம் மற்றும் அலை சக்திகளைப் (படம் 4) பயன்படுத்துவது மாற்று தீர்வுகளாக அமையும். அவை செயற்பாட்டு செலவுகள் மற்றும் பச்சைவீட்டு வாயு உமிழ்வைக் குறைக்கலாம். சூரியப் படல் தொழில்நுட்பம், காற்றாலைத் தொழில்நுட்பம் மற்றும் மின்னணுவியல் ஆகிய துறைகளில் ஏற்படுத்தப்பட்ட சமீபத்திய முன்னேற்றங்கள் தொலைத்தொடர்பு தொகுதிகளுக்கான மாற்றுச் சக்தி மூலங்களாக புதுப்பிக்கத்தக்கவற்றில் குறிப்பிடத்தக்க ஆர்வத்தைத் தூண்டுகின்றன. புதுப்பிக்கத்தக்கவற்றிலிருந்து தொகுதிச் செயற்பாட்டிற்கான சக்தியைப் பெறுகையில் பல சவால்கள் உள்ளன. பொதுவாக, சூரிய மற்றும் காற்றாலை போன்ற மூலங்களிலிருந்து பெறப்படும் சக்தி தொடர்ச்சியற்ற உற்பத்தியுடையனவாயும், காலநிலை நிலைமைகளுக்கு உட்பட்டவையாயும் மற்றும் நீண்ட காலத்திற்கு பெரிய வலையமைப்புகளை இயக்க போதுமானதாக இல்லாதனவாயும் உள்ளன. மேலும், சூரிய சக்தி இரவு நேரத்தில் கிடைக்காது. அத்துடன் மேக மூட்டம் சக்தி உற்பத்தியைக் கணிசமாகப் பாதிக்கிறது. காற்றின் சக்தி சில இடங்களில் மட்டுமே கிடைக்கிறது மற்றும் சக்தி தேவையான தொலைத்தொடர்பு தளங்களுக்கு

கொண்டு செல்லப்படுகையில் அதிக சக்தி இழப்பு ஏற்படலாம். சக்தி பெறுகையில் (energy harvesting) தகவல் தொடர்பு தொகுதிகளின் அடிப்படை இயல்பு என்னவென்றால், அறுவடைக்கு முன்னர் சக்தியைப் பயன்படுத்த முடியாது. எனவே, அவற்றிற்கு போதுமான கொள்ளளவு கொண்ட சேமிப்பு மின்கலம் பொருத்தப்பட வேண்டும். மேலும், சக்தி வருகையின் புள்ளிவிவரங்களைப் பொறுத்து தொகுதியின் செயற்பாட்டை மேம்படுத்த வேண்டிய அவசியம் உள்ளது. குறிப்பாக, சாதனங்களில் கிடைக்கக்கூடிய சக்தியுடன் தகவல் தொடர்பு செயற்திறன் தேவைகளை நிகராக்குவதற்கு முடக்க நிலை (offline) அல்லது நிகழ் நிலை (online) கொள்கைகளில் செயற்படும் வள ஒதுக்கீடு வழிமுறைகள் கண்டுபிடிக்கப்பட வேண்டும். புதுப்பிக்கத்தக்க மூலங்களின் தொடர்ச்சியற்ற தன்மையைக் வெற்றி கொள்ள பின்பற்றக்கூடிய மற்றொரு நடைமுறைக்கேற்ற அணுகுமுறையானது பல்வேறு மூலங்களிலிருந்து சக்தியைப் பெற்றுக்கொள்வதாகும்.

இம்முறையில், தகவல் தொடர்பாடல் சாதனங்களுக்கு தொடர்ச்சியாக சக்தியை வழங்க அவை ஒரு குறைநிரப்பு முறையில் (complementary manner) பயன்படுத்தப்படலாம்.

புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தியை அடிப்படையாகக் கொண்ட வினைத்திறனான வலையமைப்பை செயற்படுத்துவதற்கு சடுதியாக வளர்ந்து வரும் “பங்கிடப்படும் உணர்வொழுத்த தொகுதிகள்” (Distributed antenna systems) மற்றும் பன்முகத்தன்மை (Location diversity) போன்றவற்றைப் பயன்படுத்தமுடியும்.

உதாரணமாக, சாதகமான இடங்களில் அமைந்துள்ள பரப்பிகள் அதிக சக்தியை அறுவடை செய்யலாம். அவ்வாறான அடிப்படை நிலையங்கள் கூடுதல்

பயனர்களுக்கு சேவை செய்வதன் மூலம் அல்லது சக்தி தேவைப்படும் பிற பரப்பிகளுக்கு சக்தியைக் கொண்டு செல்வதன் மூலம் வலையமைப்புக்கு உதவ முடியும்.

கட்டுரையின் இறுதிப் பகுதியில், தற்போதைய மின் கட்டமைப்பின் சக்தி செயற்திறனை மேம்படுத்துவதற்கான புதிய வழிகளைத் திறக்கும் திறன்முறை வலையமைப்பு பயன்பாடுகளில் தகவல் தொடர்புகளின் பங்கு மற்றும் முக்கிய அம்சங்கள் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

திறன்முறைக் கட்டமைப்பு தொடர்பாடல்கள் (Communication for the smart Grid)

திறன்முறைக் கட்டமைப்பு தொழில்நுட்பம் நிகழ்-நேரக் (real-time) கட்டுப்பாடு மற்றும் சக்தி வினைத்திறனான செயல்பாடுகளுடன் இன்றைய மின் கட்டமைப்புக்களை மேம்படுத்துவதாக உறுதியளிக்கிறது. உதாரணமாக, திறன்முறைக் கட்டமைப்பிற்குள், வீட்டு நுகர்வோர் தாங்கள் உருவாக்கும் அதிகப்படியான சக்தியைச் சேமித்து அதனை தேவைக்கேற்ப வலையமைப்பின் அடுத்த உச்ச தேவை (peak demand) நேரத்தில் அதனைப் பயன்படுத்த முடிவு செய்யலாம். மேலும், புதுப்பிக்கத்தக்க மூலங்கள் மற்றும் சேமிப்பக சாதனங்களை மின்சார கட்டமைப்பில் சேர்ப்பது திறனுள்ள தேவை-வழங்கல் பொருத்தத்துக்கான (demand matching) க்கான வாய்ப்பை வழங்குகிறது. கட்டமைப்பில் தரவு பரிமாற்றம் புதிய பாதுகாப்பு சிக்கல்களையும் தனியுரிமை சிக்கல்களையும் உருவாக்குகிறது என்பதைக் கவனத்தில் கொள்வது பயனுள்ளது.

தகவல்தொடர்பு தொகுதிகளுடன் ஒருங்கிணைப்பது நெகிழ்வான, அளவிடக்கூடிய மற்றும் பாதுகாப்பான திறன்முறைக் கட்டமைப்பு தீர்வுகளை வழங்குவதற்கான வழியைத் திறக்கிறது என்பது தெளிவாகிறது (உரு. 5). தொடர்பாடல் தொகுதிகள் திறன்முறைக்

கட்டத்தில் பின்வரும் பணிகளை ஆற்றுகின்றன.

- நிகழ்-நேர சுமை கண்காணிப்பு (Real time load monitoring)
- தானியங்கி தேவை-பதிலளிப்பு (Demand-Response)
- கட்டமைப்புக் களவழிப்புகளைக் காட்சிப்படுத்தல் (Grid parameter visualization)
- சொத்து கண்காணிப்பு (Asset tracking)

மேலும், கம்பியில்லாத் தொழில்நுட்ப உதவியுடன் கூடிய திறன்முறை அளவீட்டு முறையானது, சாதனங்களின் நுகர்வு சக்தியை அளவிட உதவுகிறது. இதனால், நிகழ்நேர விலை நிர்ணயம் சாத்தியமாகின்றது. புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி மூலங்களை மின்சார கட்டமைப்பில் ஒருங்கிணைப்பதற்கு தொடர்பாடல் தொகுதிகள் அவசியமாகும்.

திறன்முறைக் கட்டமைப்புகள் தொடர்புடைய தரவை சேகரிக்கவும் மாற்றவும் அவை அனுமதிக்கின்றன. இதனால் வலையமைப்புச் செயற்பாட்டு மையத்தில் வள ஒதுக்கீடு வழிமுறைகள் செய்யப்படலாம்.

வெவ்வேறு திறன் கட்டமைப்புச் செயற்பாடுகளை ஆதரிக்க பின்வரும் பல தொடர்பாடல் தேவைகள் உள்ளன.

- அலைவரிசை (Bandwidth)
- நம்பகத்தன்மை (Reliability)
- தாமதம் மற்றும் (Latency)
- பாதுகாப்பு (Security)

திறன்முறைக் கட்டமைப்பில் இணைக்கப்பட்ட சாதனங்கள் தரவுப் பரிமாற்றத்திற்கான நிகழ்நேர இருவழி தகவல் தொடர்பாடல்களை அனுமதிக்க பொருத்தமான அலைவரிசைகளைக் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

திறன்முறைக் கட்டமைப்புச் சூழல்கள் கடுமையானவையாகவும், அதிக வெப்பநிலையை உணர்பவையாகவும் மற்றும் வலுவான மின்காந்த குறுக்கீட்டிற்கு உட்படுத்தப்படுவையாகவும்

இருப்பதனால் தகவல் தொடர்பாடல்களின் நம்பகத்தன்மை சிந்திக்க வேண்டிய மற்றொரு முக்கிய காரணியாகும். சில திறன்முறைக் கட்டமைப்பு பயன்பாடுகளுக்குக் கடுமையான தாமத தேவைகள் இருக்கலாம். எனவே, பொதுவாக, குறைந்த தாமத தகவல் தொடர்பாடல்களே விரும்பப்படுகின்றன. இறுதியாக, தொகுதியொன்றில் குலைவைத் தூண்டுவதற்கு ஊடுருவும் நபர்களைத் தடுக்கவும், தாக்குதல் (hacking) செய்வதைத் தடுப்பதற்காகவும் திறன்முறைக் கட்டமைப்பில் பாதுகாப்பு முக்கியம். இதன் விளைவாக, வலுவான தரவு குறியாக்க (encryption) நடைமுறைகளால் ஆதரிக்கப்படும் பாதுகாப்பான தகவல் தொடர்பாடல்கள் நெறிமுறைகள் (Protocols) பயன்படுத்தப்பட வேண்டும்.

திறன்முறைக் கட்டமைப்பு பயன்பாடுகளை ஆதரிக்கக்கூடிய பல தகவல் தொடர்பாடல் தொழில்நுட்பங்கள் உள்ளன. அவற்றுள், 4 G LTE செல்லுலார் தொகுதிகள், திடமான (Backbone) மற்றும் இணைய வலையமைப்புகள் (internet connections) மூலம் நீண்ட தூர தொடர்புகளை அனுமதிக்கின்றன.

சக்தி அளவீடுகளை பதிவு செய்யும் மேம்பட்ட அளவீட்டு பயன்பாடுகளுக்கு று-கு-பே-ஹ் தொழில்நுட்பங்கள் பொருத்தமானவை. பரந்த பகுதியில் மின் மானிகளை இணைக்க, குறைந்த சக்தி கொண்ட பரந்த-பகுதி வலையமைப்பு (low-power wide-area network (LPWAN)) தொழில்நுட்பங்களான குறுகிய பட்டை (narrow band Internet of things (NB-IoT) மற்றும் நீண்ட வீச்சு (Long Range) (LoRa) என்பன பயன்படுத்தப்படலாம்.

மேலும், ZigBee மற்றும் Bluetooth குறைந்த சக்தி போன்ற கம்பியில்லா உணரி வலையமைப்புகளைப்

பயன்படுத்தி வீட்டு உபகரணங்களை கண்காணிக்க முடியும். மின் கம்பி தகவல் தொடர்புகள் மற்றும் பல்வேறு தரவு வீதங்களை ஆதரிக்கும் ethernet ஆகியவை திறன்முறைக் கட்டமைப்பு தகவல் தொடர்பாடல்களுக்கு பயனுள்ள பிரபலமான கம்பிவழித் தொழில்நுட்பங்களாகும்.

- [1] Q. Wu, G. Y. Li, W. Chen, D. W. K. Ng and R. Schober, "An overview of sustainable green 5G networks," IEEE Wireless Communications > vol. 24, pp. 72-80, August 2017.
- [2] Z. Hasan, H. Boostanimehr and V. K. Bhargava, "Green cellular networks: A survey, some research issues and challenges," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 13, pp. 524-540, Fourth Quarter 2011.



வைத்தியர். எஸ். ஏ. ஏச். சூரவர்
பிரதான விரிவுரையாளர்
பேராதனை பல்கலைக்கழகம்
himal@ee.pdn.ac.lk



புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திக் கல்வி: மழலையர், பள்ளி முதல் பல்கலைக்கழகம் வரை

வைத்தியர் ஏச்.எம்.வி.ஆர்.ஹேரத்



எங்கள் கிரகம் ஒரு முக்கிய முடிவெடுப்புப் புள்ளியில் உள்ளது. ஒருபுறத்தில், உலக மக்கள் தொகையின் தொடர்ச்சியான அதிகரிப்பு மற்றும் தொழில்நுட்பமயமாக்கல் அத்துடன் நாடுகளின் நகரமயமாக்கல் ஆகியவற்றின் பரவலுடன், சக்திக்கான மிகப்பெரிய தேவையும் அதிகரித்து வருகின்றது.

மறுபுறத்தில், எரிசக்தி தேவையைப் பூர்த்தி செய்வதற்காக புதைபடிவ எரிபொருட்களை தொடர்ச்சியாக அதிகரிக்கும் விகிதற்கு ஏற்ப எரிப்பதால், சுற்றுச்சூழல் மாசுபாடு மற்றும் காலநிலை மாற்றம் ஆகியவை பூமியில் மனித நாகரிகத்தின் இருப்பை அச்சுறுத்துகிறது.

அடுத்த 40-50 ஆண்டுகளில் முடிவடையப் போகும் புதைபடிவ எரிபொருள்கள் மட்டுமே உள்ளன என்ற உண்மையை நீங்கள் சேர்த்தால், இச் சூழ்நிலை மேலும் பயமுறுத்துகிறது. ஆனால், சூரியன் நமது முதன்மை சக்தி மூலமாகவும், மற்ற அனைத்து எரிசக்தி மூலங்களும் சூரியனின் சக்திக்கு இரண்டாம் நிலை என்பதையும் நீங்கள் கருத்தில் கொண்டால், பூமியின் குடியிருப்பாளர்கள் தங்கள் செயற்பாடுகளை இன்னும் ஒரு பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு மேற்கொள்ள போதுமான சக்தியைக் கொண்டுள்ளனர். அந்த சக்தியைப் பயன்படுத்த, நமது

சுற்றுச்சூழல் அமைப்பின் சமநிலையைப் பராமரிக்கப்படுவது அவசியமாகும். சூரிய சக்தி, காற்றாலை மற்றும் நீர்ச் சக்தி போன்ற புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி மூலங்களின் பயன்பாடானது சக்திப் பற்றாக்குறை மற்றும் காலநிலை மாற்றத்திற்கான நீண்ட காலத் தீர்வாகக் கருதப்படுகின்றது. புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி மூலங்கள் எல்லையற்ற விநியோகத் திறனைக் கொண்டுள்ளன, மேலும் அவை பசுமை இல்ல வாயு உற்பத்திக்குப் பங்களிக்க மாட்டா. மேலும், புதுப்பிக்கத்தக்க மூலங்கள் மூலம் எரிசக்தி உற்பத்தியானது சுற்றுச்சூழல் மாசுபாட்டிற்கு ஒரு குறிப்பிட்டளவு பங்களிப்பை மட்டுமே கொண்டுள்ளது.

புதுப்பிக்கத்தக்க சக்தி மூலங்களைப் பெரிய அளவில் மின் கட்டமைப்புடன் இணைப்பது தொடர்பான தொழில்நுட்ப

சிக்கல்களைத் தவிர, இலங்கையில் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி ஊடுருவலுக்கான முக்கிய தடையாக பொது மக்களிடையே புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி பற்றிய விழிப்புணர்வு இல்லாதது மற்றும் திறமையான பொறியியலாளர்கள் மற்றும் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தித் தொழிற்நுட்ப தேவையான தொழில்நுட்ப வல்லுநர்களின் பற்றாக்குறை என்பன காணப்படுகின்றன.

எனவே, இலங்கையில் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திக் கல்வியைப் பொது மக்களிடையே புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி பற்றிய விழிப்புணர்வை அதிகரிப்பதற்கும், புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தித் தொழிற்நுட்ப தேவையான திறமையான பொறியியலாளர்கள் மற்றும் தொழில்நுட்ப



உரு. 1: நடுநிலைப் பள்ளி மாணவர்கள் காற்றாலை சக்தித் தொடர்பான செயற்பாடுகளில் பங்கேற்கிறார்கள் (ஆதாரம்: www.dtcc.edu)

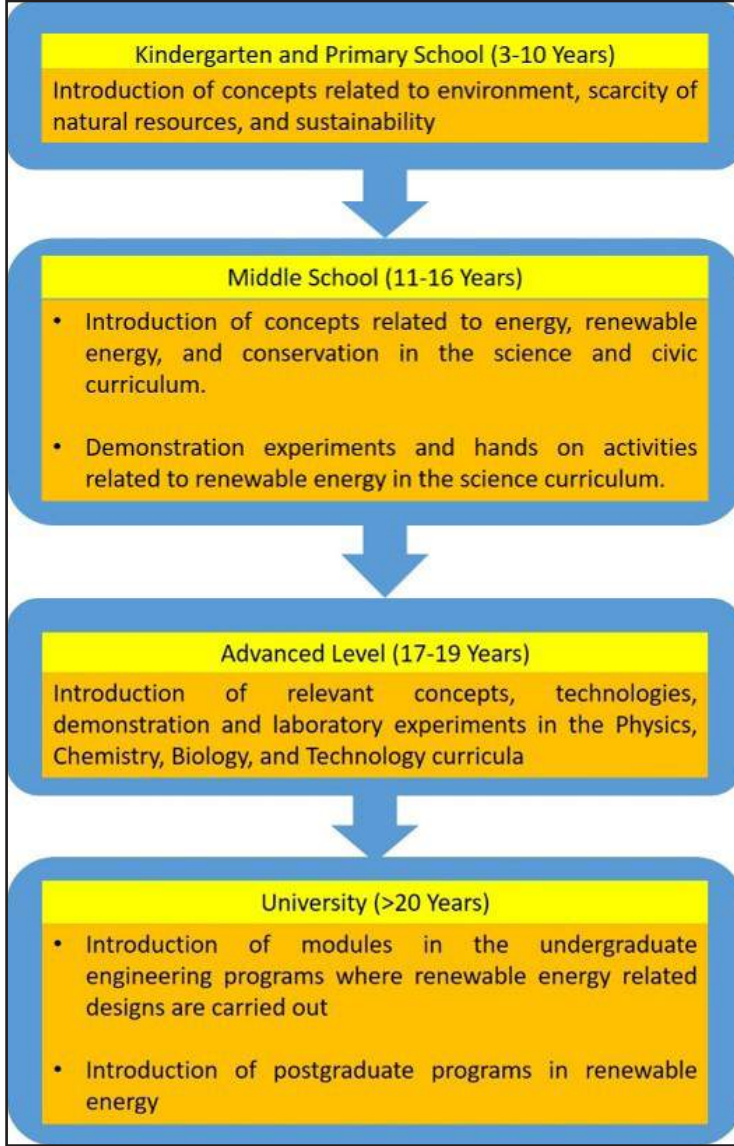
வல்லுநர்களை உருவாக்குவதற்கும் பயன்படுத்த வேண்டும். அந்த நோக்கங்களை அடைய புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திக் கல்வியை எவ்வாறு திட்டமிடப்பட மற்றும் வடிவமைக்க முடியும் என்பதை ஆராய வேண்டியது அவசியம்.

பொது மக்களிடையே புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திப் பற்றிய விழிப்புணர்வை ஏற்படுத்துவதற்கு, நிலைத்தன்மை (sustainability), சுற்றுச்சூழல் பாதுகாப்பு (Environment protection) மற்றும் இயற்கை வளங்களின் பொறுப்பான பயன்பாடு (Responsible use of natural resources) போன்ற கருத்துக்கள் பாடத்திட்டத்தில் கூடிய விரைவில் அறிமுகப்படுத்தப்பட வேண்டியது அவசியமாகும். மழலையர் பள்ளிக் குழந்தைகளுக்கு மறுசுழற்சி செய்யக்கூடிய வீட்டுக்கழிவுகளைப் பிரிக்கும் நடைமுறையைப் பயிற்றுவித்தல், அல்லது ஆரம்ப பள்ளிக் குழந்தைகளுக்குத் தேவையற்ற விளக்குகளை அணைக்கும் நடைமுறையைக் கற்பித்தல் போன்ற வழிகளில் இவை செய்யப்படலாம்.

சிறிய குழந்தைகளுக்குப் பொருட்களை மீண்டும் பயன்படுத்த பயிற்சி அளிப்பது எளிதானது. இதனால் வளங்களை சிறப்பாகப் பயன்படுத்த முடியும் மற்றும் கார்பன் தடத்தையும் (Carbon foot print) குறைக்க முடியும். சிறிய குழந்தைகளின் அணுகுமுறைகளானது சுற்றுச்சூழல் மற்றும் நிலைத்தன்மை பற்றிய உணர்வுடையதாக எளிதில் வடிவமைக்கப்படலாம். நடுநிலைப்பள்ளியின் (தரம் 6 முதல் 11 வரை) விஞ்ஞானம் மற்றும் குடியுரிமைக் கல்விப் பாடத்திட்டங்களானது தங்கள் கருத்துகளையும் மனப்பான்மையையும் உருவாக்குகின்ற நிலையில்

இருக்கும் குழந்தைகளுக்கு சக்தியின் நிலைத்தன்மை பற்றிய கல்வியை வழங்குவதற்கான மதிப்புமிக்க வாய்ப்பை வழங்குகிறது. சுற்றுச்சூழல் பாதுகாப்பு, நிலைத்தன்மை மற்றும் காலநிலை மாற்றம் தொடர்பான கருத்துக்களை அப் பாடங்களில் ஆழமாக விளக்கலாம். உதாரணமாக, ஒரு வீடு

ஆரம்பிக்கலாம். வெப்பம், சக்தி, வலு, மின்சாரம் மற்றும் சக்திச் சேமிப்புத் தொடர்பானக் கருத்துக்கள் ஏற்கனவே நடுநிலைப் பள்ளி விஞ்ஞானப் பாடத்திட்டத்தில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. சக்திப் பாதுகாப்பு (நடுநிலை உழலாளசெய்வழி) மற்றும் சக்தி மாற்றீடு (Energy conversion)



உரு. 2: புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திக் கல்வியின் வெவ்வேறு கட்டங்கள்

அல்லது ஒரு கட்டத்தைக் குறைந்தபட்சக் காபன் தடம் கொண்டதாக எவ்வாறு வடிவமைக்க முடியும் என்பது குறித்த அடிப்படை அறிவை நடுநிலைப் பள்ளி மட்டத்தில் பகிர்ந்து கொள்ள முடியும்.

புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தித் தொடர்பான தொழில்நுட்பக் கல்விக்கான முதல் படிகளை நடுநிலைப் பள்ளி மட்டத்தில்

தொடர்பான கருத்துக்கள் நடுநிலைப்பள்ளியில் ஒரு அடிப்படை மட்டத்தில் விவாதிக்கப்பட்டால் அது நன்மை பயக்கும். மிக முக்கியமாக சூரிய சக்தி, காற்றாலைச் சக்தி மற்றும் பிற புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி மூலங்கள் தொடர்பானச் செயற்பாடுகளை விஞ்ஞானப் பாடத்திட்டத்தூடன் ஒருங்கிணைக்க முடியும். செயன்முறை நடவடிக்கைகளில் பங்கேற்பதன் மூலம் கைப்பட அனுபவத்தைப் பெற்று மாணவர்கள் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி உற்பத்தியில் ஆர்வத்தை வளர்க்க முடியும். புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தித் தொடர்பான அடிப்படைக் கொள்கைகளை ஆழமாக ஆராய்வது தொடர்பில் உயர்நிலை பாடத்திட்டத்தில் கற்பிக்க முடியும். இயற்பியல், இரசாயனவியல், உயிரியல் மற்றும் தொழில்நுட்பம் போன்ற பாடங்கள் அத்தகைய உள்ளடக்கத்தை வழங்க சரியான பாடங்களாகும். உதாரணமாக, சூரிய, காற்று மற்றும் புவியெப்பச் சக்திகளைப் பயன்படுத்துவது தொடர்பான அடிப்படை இயற்பியல் கொள்கைகளை இயற்பியல் பாடத்திட்டத்தில் விவாதிக்க முடியும். இரசாயனவியல் பாடத்திட்டத்தில் மின்னிரசாயனச் சக்திச் சேமிப்பு தொடர்பான அடிப்படைக் கொள்கைகளைப் பற்றி விவாதிக்க முடியும். இரசாயனவியல் மற்றும் உயிரியல் பாடத்திட்டங்கள் மூலம் உயிரிச் சக்தித் தொடர்பான அடிப்படைக் கொள்கைகளைப் பற்றி விவாதிக்க முடியும். தொழில்நுட்பக்கற்கை (Technology stream) எதிர்காலங்களில் தொழில்களுக்கான தொழில்நுட்பவியலாளரை உருவாக்க உதவுகிறது. எனவே, தொழில்நுட்பப் பாடத்திட்டத்தின் மூலம் புதுப்பிக்கத்தக்கச்



QUESTIONS And Answers

வினாக்களும் விடைகளும்

ஆடி - புரட்பாதி 2020 மாத இதழ் விஞ்ஞானக் குரல்
உங்கள் ஞாபகத்தை அறிதல்

நவீன உலகின் சக்தி

உண்மை அல்லது பொய்யான கூற்று

- கனிய நெய் மற்றும் வாயுவினதும் பிரித்தெடுப்பதற்கான விலையானது எதிர்காலத்தில் ஓர் கட்டத்தில் அவற்றின் பாவனையின் வரையறை காரணமாக அதிகரிக்கும்.
- புவியின் வளிமண்டலத்தில் காணப்படும் பச்சைவாயுக்களின் செறிவுகள் உயிராங்கிகளுக்குப் பொருத்தமற்ற மட்டத்தில் புவி வெப்பநிலையை வைத்திருக்கக் காரணமாகின்றது.
- புதைபடிவ எரிபொருட்களை எரிப்பதனால் வெளிவிடப்படும் CO₂ காரணமாக ஏற்படும் காலநிலை மாற்றமே பல நாடுகளில் சக்திக் கொள்கை உருவாவதற்கான பிரதான காரணமாகும்.
- புதுப்பிக்கத்தக்க சக்தி மூலங்களானது புதைபடிவ எரிபொருட்களிலும் பார்க்க குறைவான சக்தியடர்தியை கொண்டிருப்பதனால் சக்தி உற்பத்தி நிலையங்கள் சிறியனவாகவும் புவியியல் ரீதியாக பரந்தும் உள்ளன.
- ஓரளவு ஒருங்கமைப்பு, தன்னியக்கம், மற்றும் கட்டுப்பாட்டைக் கோருகின்ற புதுப்பிக்கத்தக்க உற்பத்தியை மின்வலையமைப்புடன் இணைப்பதற்கான ஆர்வம் 1990 ஆண்டிலிருந்து புத்துயிர் பெறவில்லை.

II வலுவூட்டப்பட்ட இயக்கத்தின் கட்டுப்பாடு:
புதுப்பிக்கத் தக்க சக்தியின் அறுவடை மூலம்
இயங்கா மனித நாகரிகத்தை இயக்குதல்
(Control of powered motion: The Unsung driver
of Human Civilization through Harnessing of
Renewable Energy)

உண்மை அல்லது பொய்யான கூற்று

- தானியங்கி கட்டுப்பாட்டின் மூலம் இயக்கப்பட்ட மற்றும் மேம்படுத்தப்பட்ட வலுவூட்டப்பட்ட இயக்கங்களாக முதன்முதலில் தெளிவாக அறியப்பட்ட வகைகள் குறைந்தபட்சம் மேற்கத்திய உலகில் சரியாக

ஆவணப்படுத்தப்பட்டவை) கடிக்கார வேலைகள், நீர்ச்சக்கரம் மற்றும் காற்று ஆலைகளின் பயன்பாடுகளாகும்.

- காற்று மற்றும் நீர்ச்சக்கரங்களில் உள்ள சக்தியைப் பயன்படுத்துவது ஆதி காலத்திலிருந்தே தொழில்துறையின் சக்தித் தேவைகளை நிறைவேற்றுவதற்கான பொதுவான உத்தியாகக் காணப்பட்டது.
- அரைக்கும் கற்களைப் பிரிப்பதன் ஏற்ற இறக்கமானது கையால் சரிசெய்யக்கூடிய ஒன்றல்ல.
- மீட்டின் நாட்களில், காற்றின் வேகத்தின் ஏற்ற இறக்கங்கள் மாவு மற்றும் பாணின் தரத்தை மட்டுமே பாதித்தது. ஆனால் இப்போது அது காற்றாலை மின் உற்பத்தியில் மிகவும் மோசமான விளைவுகளாகக் காணப்படுகிறது.
- கால்நடைகள், குதிரைகள், கழுதைகள் அல்லது யானைகள் போன்ற விலங்குகளை பணியொன்றை செய்ய பயன்படுத்திய காலங்களில் கூட இயக்கத்தின் கட்டுப்பாடு அவசியமாகக் காணப்பவில்லை.

III புதுப்பிக்கத்தக்கவளின் புவிசார் அரசியல்:
திறன்முறைப் புதுப்பிக்கத்தக்கவளின்
ஒருங்கிணைப்பு தொடர்பான முன்னோக்கிய
சிந்தனை (Geopolitics of Renewables: Thinking
ahead towards Smart Renewable Integration)

உண்மை அல்லது பொய்யான கூற்று

- 'புவியியல்' என்ற சொல் பரப்பளவு, இயற்கை வளங்கள், காலநிலை மற்றும் நிலப்பரப்பு போன்ற காரணிகளுடன் மட்டுமல்லாது, மக்கள் தொகை, கலாச்சாரம், தொழில்நுட்ப வளங்கள் மற்றும் வரலாறு போன்ற காரணிகளுடனும் தொடர்புடையது.
- 18 மற்றும் 19 ஆம் நூற்றாண்டுகளின் புவிசார் அரசியல் நிலைமைகள் பல மேற்கத்திய நாடுகளின் விரைவான தொழில்மயமாக்கலுக்கு வழிவகுத்தன.
- அதி சமீபத்திய கணிப்புகள் புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி 2050 க்குள் முதன்மைச் சக்தி நுகர்வுக்கான முக்கிய மூலமாக மாற்றமடையாது என்பதைக் காட்டுகிறது.
- போக்குவரத்து மற்றும் கனரக தொழில் போன்ற 'மின்மயமாக்கக் கடினமான' துறைகளின் மின்மயமாக்கல் என்பது நுகர்வு பக்க தழுவலில் கவனம் செலுத்துகின்ற ஆராய்ச்சியின் புதிய எல்லையாகும்.
- தொழில்நுட்பத்தால் இயங்கும் புவிசார் அரசியல் அலைகள் பற்றிய சுவாரஸ்யமான விடயம் என்னவென்றால், இயற்கைவளங்கள் இல்லாத நாடுகளுக்கு புவிசார் அரசியல் மேடையில் வீரர்களாக மாறுவதற்கான வாய்ப்பை அவை எப்போதும் வழங்கவில்லை.

IV புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திகளுடன் நேரரோட்டத்தின் (DC) மீள்வருகை (DC Returns with Renewables)

உண்மை அல்லது பொய்யான கூற்று

- பேரல் ஸ்ட்ரீட்டின் சேவை பகுதிக்குள் விளக்குகளுக்கு மின்சாரம் வழங்க, எடிசனும் மற்றும் அவரது குழுவும் 27 தொன் "ஜம்போ" (Jumbo) எனும் மாறா-மின்னழுத்த டைனமோவை உருவாக்கியது.
- நிகோலா டெஸ்லாவின் ஆடலோட்ட மின்மாற்றியின் கண்டுபிடிப்பானது அதிக மின்னழுத்தங்களில் மின்சாரத்தை இலாபகரமாக மற்றும் திறமையாக நீண்ட தூர பரிமாற்றத்திற்கு அனுமதித்தது.
- ஒருவித எதிர்வினை இழப்பீடு (reactive compensation) பயன்படுத்தப்படாவிட்டால் பேரளவு ஆடலோட்டம் பரவக்கூடிய தூரத்திற்கு எவ்வித வரம்பும் இல்லை.
- பிரதான மின்கட்டமைப்பிலிருந்து வெகு தொலைவில் உள்ள மற்றும் 100 மெகாவாட்கள் மின்சக்தியை உருவாக்கின்ற கடற்கரையிலுள்ள பெரிய தளங்களுக்கு, HDVCயே விருப்பமான தேர்வாகிவிட்டது.
- 800 மெகாவாட் (MW) வெளியீட்டுடனான, BorWin 2 என்பது wenneT செயற்படுத்திய முதல் பெரிய அளவிலான கடற்கரை இணைப்பு ஆகும்.

V குறைந்த காபன் உலகத்திற்கான பசுமைத் தொடர்பாடல் (Green Communication for Low Carbon world)

உண்மை அல்லது பொய்யான கூற்று

- இன்று, பலவிதமான கம்பியில்லாத் தொகுதிகள் பயன்பாட்டில் உள்ளன. அத்துடன் உட்புற சூழல்களிலும் வெளிப்புற சூழல்களிலும் உயர் உற்பத்தித்திறன் கொண்ட தரவுச் சேவைகளுக்கான தேவை அதிகரித்து வருகிறது.
- ஒவ்வொரு தலைமுறை செல்லுலார் தொகுதிகளையும் அறிமுகப்படுத்தியதன் மூலம், செல்லின் பருமன்கள் சுருங்கி வருவதை நாங்கள் கண்டிருக்கிறோம்.
- கம்பியில்லாத் தொடர்பு பாவனையின் தொடக்கத்திலிருந்து பயன்படுத்தப்பட்ட வலுக் கட்டுப்பாடானது பெறுநர்களிடையே குறுக்கீட்டைத் தடுக்கும் ஒரு வினைத்திறனான பொறிமுறையாகும்.
- ஒரு அடிப்படை நிலையத்தின் (base station) அத்தியாவசிய பாகங்களில் ஒன்றான, ரேடியோவானது அடிப்படை நிலையத்திற்குத் தேவையான சக்தியில் 80% க்கும் அதிகமாக பயன்படுத்துகிறது.
- கட்டமைப்பில் தரவு பரிமாற்றம் புதிய பாதுகாப்பு சிக்கல்களையும் தனியுரிமை சிக்கல்களையும் உருவாக்குவதில்லை என்பதைக் கவனத்தில் கொள்வது பயனுள்ளது.

VI புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்திக் கல்வி: மழலையர், பள்ளி முதல் பல்கலைக்கழகம் வரை (Renewable Energy Education: From Kindergarten to University)

உண்மை அல்லது பொய்யான கூற்று

- புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி மூலங்கள் எல்லையற்ற விநியோகத் திறனைக் கொண்டுள்ளன, மேலும் அவை பசுமை இல்ல வாயு உற்பத்திக்குப் பங்களிக்க மாட்டா.
- சிறிய குழந்தைகளுக்குப் பொருட்களை மீண்டும் பயன்படுத்த பயிற்சி அளிப்பது எளிதானது. இதனால் வளங்களை சிறப்பாகப் பயன்படுத்த முடியும் மற்றும் கார்பன் தடத்தையும் (Carbon foot print) குறைக்க முடியும்.
- சக்திப் பாதுகாப்பு (energy conservation) மற்றும் சக்தி மாற்றீடு (Energy conversion) தொடர்பான கருத்துக்கள் நடுநிலைப்பள்ளியில் ஒரு அடிப்படை மட்டத்தில் விவாதிக்கப்பட்டால் அது நன்மை பயக்கும்.
- புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தித் தொடர்பான அடிப்படைக் கொள்கைகளை ஆழமாக ஆராய்வது தொடர்பில் உயர்நிலை பாடத்திட்டத்தில் கற்பிக்க முடியும்.
- புதுப்பிக்கத்தக்கச் சக்தி தொகுதிகளின் வடிவமைப்பு மற்றும் பயன்பாடு குறித்து மாணவர்களுக்கு அறிமுகப்படுத்த புதிய பிரிவுகள் (new modules) அவசியமில்லை.



தேசிய விஞ்ஞான மன்றம்
47/5, மெயிற்லண்ட் இடம்,
கொழும்பு - 07.