केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण

विद्युत वाहिनी

राजभाषा त्रैमासिक पत्रिका

नवम अंक अक्तूबर, 2024

अक्षय ऊर्जा एकीकरण विशेषांक

भारत का संविधान

उद्देशिका

हम, भारत के लोग, भारत को एक **संपूर्ण प्रभुत्व-संपन्न, समाजवादी, पंथ-निरपेक्ष, लोकतंत्रात्मक गणराज्य** बनाने के लिए तथा उसके समस्त नागरिकों को:

सामाजिक, आर्थिक और राजनैतिक न्याय,

विचार, अभिव्यक्ति, विश्वास, धर्म
और उपासना की **स्वतंत्रता,**

प्रतिष्ठा और अवसर की **समता**
प्राप्त कराने के लिए,

तथा उन **सब में व्यक्ति** की गरिमा और
राष्ट्र की एकता और अखंडता
सुनिश्चित करने वाली बंधुता बढ़ाने के लिए

दृढ़संकल्प होकर **अपनी इस संविधान सभा में** आज तारीख 26 नवंबर, 1949 ई. (मिति मार्गशीर्ष शुक्ला सप्तमी, संवत् दो हजार छह विक्रमी) को **एतद्द्वारा इस संविधान को अंगीकृत, अधिनियमित और आत्मार्पित करते हैं।**

राष्ट्रगान

जन-गण-मन अधिनायक जय हे,

भारत भाग्य विधाता .

पंजाब-सिन्धु-गुजरात-मराठा

द्राविड़-उत्कल-बंग

विंध्य हिमाचल यमुना गंगा

उच्छल जलधि तरंग

तब शुभ नामे जागे,

तब शुभ आशिष मांगे

गाहे तब जय-गाथा .

जन-गण-मंगलदायक जय हे

भारत भाग्य विधाता .

जय हे, जय हे, जय हे,

जय जय जय जय हे .

संरक्षक की कलम से

प्रिय साथियों,

आज पुनः यह कहते हुए प्रसन्नता हो रही है कि विद्युत वाहिनी का नवम अंक एक रोचक विशेषांक के रूप में आपके सामने प्रस्तुत कर रहा हूँ।

अक्षय ऊर्जा को आमतौर पर लगातार होने वाली प्राकृतिक घटनाओं से प्राप्त ऊर्जा के रूप में समझा जाता है। अक्षय उर्जा या नवीकरणीय ऊर्जा में वे सारी उर्जा शामिल हैं जो प्रदूषणकारक नहीं हैं तथा जिनके स्रोत का क्षय नहीं होता, या जिनके स्रोत का पुनः-भरण होता रहता है। यह ऊर्जा उन स्रोतों या प्रक्रियाओं से आती है जिनकी लगातार पूर्ति होती रहती है। ऊर्जा के इन स्रोतों में सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, भूतापीय ऊर्जा और जल-विद्युत ऊर्जा शामिल हैं।

विद्युत किसी भी देश के बुनियादी ढांचे में सबसे महत्वपूर्ण क्षेत्रों में से एक है। स्वावलंबन, स्वनिर्भर और आत्मनिर्भर भारत का यह स्वप्न विद्युत क्षेत्र के साथ निकटता से जुड़ा हुआ है। स्थिरता, नवाचार, आर्थिक विकास, जीवन स्तर में सुधार और देश के विकास के पीछे विद्युत, प्रेरक शक्ति है और इस विकास की शक्ति को यदि हिन्दी का भी साथ मिल जाए तो यह ताकत दुगुनी-चौगुनी हो जाती है।

कितनी भी ऊहापोह रही परन्तु मुझे अपने कर्मठ पदाधिकारियों, कार्यकारिणी एवं प्रतिबद्ध कार्यकर्ताओं पर कभी संदेह नहीं हुआ| हमारे सभी अभियंता और विद्युत क्षेत्र के अन्य सेक्टरों से जुड़े सभी साथियों की रचनात्मकता तथा प्रतिभा पर मुझे सदा की तरह यकीन रहा है।

हमारे सभी साथी गण इस पत्रिका को सफल और यादगार बनाने के लिए कडी मेहनत कर रहे हैं। जो भी प्रशंसा की फुसफुसाहटें सुनी जा रही हैं, उसका श्रेय उन्हें जाता है। मुझे उम्मीद है कि केविप्रा के इतिहास में यह एक अविस्मरणीय प्रयास होगा। हम पत्रिका के अलग-अलग विशेषांकों में प्रकाशित किए जाने वाले आपके लेखों के माध्यम से विद्युत क्षेत्र की जानकारी को अधिक से अधिक जन साधारण तक पहुंचाने के लिए निरंतर प्रयासरत हैं| पिछले अंकों के सफलतम प्रकाशन तथा आप सभी की पुरज़ोर मेहनत से विद्युत

वाहिनी आज अपना एक अलग मुक़ाम बना चुकी है| मैं चाहता हूँ कि आगामी अंकों को भी आपका भरपूर प्यार और स्नेह मिले। इन्हीं शब्दों के साथ,

आपका,

घनश्याम प्रसाद
अध्यक्ष (केविप्रा)

मुख्य संपादक की कलम से

आदरणीय पाठकगण,

लेखन और पठन हमारे अलगाव की भावना को कम करते हैं। वे हमारे जीवन की भावना को गहरा और व्यापक बनाते हैं: वे आत्मा को पोषण देते हैं। जब लेखक हमें अपने गद्य और अपनी सच्चाई की सटीकता से सिर हिलाने पर मजबूर करते हैं, और यहां तक कि हमें अपने बारे में या जीवन के बारे में हंसाते हैं, तो हमारी उत्साहपूर्णता बहाल हो जाती है। इस दिशा में **'विद्युत वाहिनी'** एक बेहतरीन प्रयास है ।

केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण में कार्यरत कार्मिकों में इस पत्रिका के लिए कौशल के साथ-साथ ज्ञान और प्रेम दिखाई देते हैं– लेखकों में अपने विचारों और उन्हें शब्दों में पिरोने के लिए सच्चा जुनून होना चाहिए जो हमें विद्युत वाहिनी के रूप में दर्शनीय है । ये लेख दर्शाते हैं कि लेखकों को अपने हुनर से कितना प्यार है।

विद्युत वाहिनी एक चमकता सितारा है, अंधेरे को दूर करने वाली एक जीवित आग, जो हमारे ज्ञान चक्षु खोलती है। हमारे ज्ञान को पुनः विस्तार देने के लिए आपके समक्ष अक्षय ऊर्जा एकीकरण विशेषांक (आरई इंटीग्रेशन) 'विद्युत वाहिनी' के नवम अंक के रूप में प्रस्तुत है ।

आने वाले कुछ हजार वर्षों में ही हमारे परम्परागत ऊर्जा स्रोत समाप्त हो जायेंगे। जिसे बनाने में प्रकृति ने लाखों वर्ष लगाएं है उसे हम कुछ ही मिनटों में समाप्त कर देते हैं। पर्यावरणीय प्रदूषण, सामाजिक एवं आर्थिक दबाव तथा राजनीतिक उठापटक समस्या को और गंभीर बनाते हैं। अतएव नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का विकास व प्रयोग तथा इस हेतु दृढ़ इच्छा शक्ति का होना आज की आवश्यकता है।

आपकी आकर्षक प्रस्तुति ने आपके गहन ज्ञान को प्रदर्शित किया और हमारे पाठकों को बहुत प्रभावित किया। जिस आकर्षक तरीके से आपने मुख्य अवधारणाओं को व्यक्त किया, उसने एक स्थायी छाप छोड़ी, और हमें आपकी अंतर्दृष्टि के लिए कई सकारात्मक टिप्पणियाँ मिलीं। मैं भविष्य में भी आपसे ऐसे ही योगदान की आशा करता हूँ |

अपनी अधिकाधिक रचनाएँ इस ई-मेल पर भेजते रहें –

Vidyutvahini-cea@gov.in

rajbhashacea@gmail.com

पुनः हार्दिक शुभकामनाओं के साथ आपके अप्रतिम सहयोग का आकांक्षी,

अशोक कुमार राजपूत
मुख्य संपादक एवं
सदस्य (विद्युत प्रणाली)

हिन्दी से हिन्दुस्तान है,
तभी तो यह देश महान है,
निज भाषा की उन्नति के लिए
अपना सब कुछ कुर्बान है।

संपादक मंडल

संरक्षक

श्री घनश्याम प्रसाद
अध्यक्ष (केविप्रा)

मुख्य संपादक

श्री अशोक कुमार राजपूत
सदस्य (विद्युत प्रणाली)

संपादक

श्री सुरता राम, मुख्य अभियंता (ईटी एवं आईडी)

उप संपादक

श्री सौमित्र मजूमदार
मुख्य अभियंता (आईटी & प्रौक्योरमेंट)

श्री जितेन्द्र कुमार मीणा
निदेशक (आईआरपी)

सहायक संपादक

सुश्री अर्पिता उपाध्याय
उप निदेशक (एचपीपीआई)

सुश्री ऊषा वर्मा
उप निदेशक (राजभाषा)

सहयोगी स्टाफ

श्री प्रमोद कुमार जायसवाल
परामर्शदाता (राजभाषा)

श्री विकास कुमार
आशुलिपिक (राजभाषा)

पत्राचार का पता: राजभाषा अनुभाग, एनआरपीसी कॉम्प्लेक्स, 18-ए, शहीद जीत सिंह मार्ग, कटवारिया सराय, नई दिल्ली- 110016. दूरभाष: 011-26510183, ई-मेल: vidyutvahini-cea@gov.in
मुख्यालय: केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण, सेवा भवन, आर के पुरम सेक्टर-1, नई दिल्ली- 110066.

कुल गीत (थीम साँन्ग)

केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण है भारत की शान
इसकी नई तकनीकों से भारत बने महान

1. स्वच्छ-सुरक्षित ऊर्जा का, देता ये उपहार
गांव-गांव और नगर-नगर, इसकी सेवा और प्यार
एक-राष्ट्र, एक-ग्रिड का, सपना किया साकार
जल, वायु और सूर्य से, बिजली का संचार
केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण---------

2. देश के कोने-कोने तक, तारों का जाल बिछाए
अक्षय ऊर्जा उत्पादन में, देश को आगे बढाए
मेक इन इंडिया आत्मनिर्भर, भारत का सपना
आत्मनिर्भर भारत के, सपने का, किया आगाज
केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण---------

3. बिजली उत्पादन, पारेषण, वितरण ग्रिड संचालन
चौबीस घंटे बिजली देकर, जन जीवन का प्रचालन
वंदन सब परिवारजनों का, मिलकर कदम बढाए
"यूँ ही करते रहें तरक्की" भारत को श्रेष्ठ बनाएं

केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण-----
केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण, है भारत की शान
भारत बने महान
है भारत की शान
भारत बने महान
है भारत की शान
भारत बने महान---------

******

इस पत्रिका में प्रकाशित लेखों में दिए गए विचार संबंधित लेखक के हैं। केविप्रा का इससे सहमत होना आवश्यक नहीं है।

अनुक्रमणिका

क्रम सं.	लेख (लेखक)	पृष्ठ सं.
1.	**नवीकरणीय ऊर्जा पार्क (आरईपी): ग्रिड एकीकरण के लिए एक रणनीतिक दृष्टिकोण** *राकेश गोयल, राजभाषा प्रभारी एवं मुख्य अभियंता, आईसी एंड सी*	09
2.	**भारत की विद्युत प्रणाली में नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण के दौरान सामने आने वाली चुनौतियाँ और अपनाए गए उपाय** *शुभेन्द्र सिंह, सहायक निदेशक-1, सदस्य का कार्यालय*	11
3.	**बड़े पैमाने पर नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का ग्रिड में एकीकरण: तकनीकी समाधान और नवाचार** *पवन कुमार गुप्ता, उप निदेशक, ईंधन प्रबंधन*	13
4.	**नवीकरणीय ऊर्जा का लचीलापन और ऊर्जा भंडारण: भारत की ऊर्जा प्रणाली के लिए एक महत्वपूर्ण समाधान** *विकल्प सैनी, सहायक निदेशक-2, टीपीआरएम*	14
5.	**नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण** *एम एम धकाते, मुख्य अभियंता (आर पी एवं टी)*	16
6.	**भारत में ऊर्जा सुरक्षा** *अपूर्वा आनंद, उप निदेशक, आईआरपी*	19
7.	**विद्युत क्षेत्र में नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण चुनौतियाँ और समाधान** *सुरभि अग्रवाल, सहायक निदेशक-1, आईटी एवं प्रोक्योरमेंट सैल*	23
8.	**नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण के लिए तापीय संयंत्रों में हरित अमोनिया की भूमिका** *मनोज कुमार, उप-निदेशक, स्वच्छ ऊर्जा एवं ऊर्जा परिवर्तन, योजना स्कन्ध, के.वि.प्रा.*	25
9.	**अक्षय ऊर्जा एकीकरण की दिशा में केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण का महत्वपूर्ण योगदान** *करन सरीन, सहायक निदेशक, विद्युत प्रणाली परियोजना प्रबोधन प्रभाग, के.वि.प्रा.*	29
10.	**नवीकरणीय ऊर्जा का भारतीय ग्रिड में एकीकरण और इससे जुड़ी चुनौतियाँ** *पूरन चंद, सहायक निदेशक-I, पीडीएम&एलएफ, के.वि.प्रा.*	31
11.	**अक्षय ऊर्जा की उत्पादन, प्रबंधन और उपभोग पर साइबर सुरक्षा बढ़ाने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) अनुप्रयोग** *एल के एस राठौड़, निदेशक (साइबर सुरक्षा), केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण*	35
12.	**अक्षय उर्जा और उर्जा भंडारण** *भव्या पांडेय, उप निदेशक, डी.पी.एम. प्रभाग*	40
13.	**नवीकरणीय समावेश : विद्युत प्रणाली में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (एआई) की भूमिका** *चेतन शर्मा, उप निदेशक, स्वच्छ ऊर्जा और ऊर्जा परिवर्तन प्रभाग*	43
14.	**"तापीय विद्युत संयंत्रो का लचीला संचालन" [अक्षय ऊर्जा एकीकरण में अनियमितता का एक महत्वपूर्ण समाधान]** *राजीव कुमार मित्तल, निदेशक (टी.ई. & टी.डी. प्रभाग)*	45
15.	**नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण** *सुमन बाला, उप निदेशक, टीपीपी एंड डी*	48
16.	**भारत में विद्युत क्षेत्र की संभावनाओं की खोज** *दिव्या माँदीवाल, कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी, राजभाषा अनुभाग*	54
17.	**भारत में उर्जा क्षेत्र में सुधार: सतत विकास का मार्ग प्रशस्त करना** *शरद कुमार, आशुलिपिक, राजभाषा अनुभाग*	56
18.	**अक्षय ऊर्जा ज्ञान** *ऊषा वर्मा, उप निदेशक (राजभाषा)*	58
19.	**प्रसन्नता मिलेगी** *पुष्पा रानी राव, पीएसओ*	59
20.	**फोटो फीचर एवं उपलब्धियां**	60

नवीकरणीय ऊर्जा पार्क (आरईपी): ग्रिड एकीकरण के लिए एक रणनीतिक दृष्टिकोण

- राकेश गोयल, राजभाषा प्रभारी एवं मुख्य अभियंता, आईसी एंड सी

नवीकरणीय ऊर्जा पार्क (आरईपी) सौर, पवन और हाइब्रिड प्रणाली जैसी नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं के सकेंद्रित विकास के लिए सुनिश्चित किए गए प्राधिकृत क्षेत्र हैं। ये पार्क उच्च नवीकरणीय संसाधन क्षमता वाले क्षेत्रों में रणनीतिक रूप से स्थित हैं, जो ऊर्जा उत्पादन को अधिकतम करने और पावर ग्रिड में कुशल एकीकरण की सुविधा प्रदान करने के लिए एक केंद्रीकृत दृष्टिकोण प्रदान करते हैं। संसाधन उपयोग को अनुकूलित करने, ट्रांसमिशन लागत को कम करने और बड़े पैमाने पर नवीकरणीय ऊर्जा परिनियोजन से जुड़ी चुनौतियों पर काबू पाने के लिए नवीकरणीय ऊर्जा पार्क आवश्यक हैं।

भारत में, सरकार ने अपने महत्वाकांक्षी नवीकरणीय ऊर्जा लक्ष्यों को पूरा करने की रणनीति के तहत देश भर में कई नवीकरणीय ऊर्जा पार्कों की पहचान की है। इन पार्कों को उच्च सौर और पवन क्षमता वाले क्षेत्रों, विशेष रूप से गुजरात, राजस्थान, तमिलनाडु और कर्नाटक जैसे राज्यों पर ध्यान केंद्रित करके विकसित किया जा रहा है। भारत में नवीकरणीय ऊर्जा पार्क के विकास से 2030 तक देश के 450 गीगावाट नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता के लक्ष्य को प्राप्त करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाने की उम्मीद है।

इन पार्कों में नवीकरणीय ऊर्जा विकास पर ध्यान केन्द्रित करके, भारत का लक्ष्य ग्रिड एकीकरण की चुनौतियों पर काबू पाना, परियोजना लागत को कम करना, तथा स्वच्छ ऊर्जा की तैनाती में तेजी लाना है। साथ ही पर्यावरणीय प्रभाव को न्यूनतम करना तथा संबंधित क्षेत्रों में आर्थिक विकास को भी बढ़ावा देना है।

नवीकरणीय ऊर्जा पार्कों की पहचान की प्रक्रिया

1. संसाधन क्षमता:

भारत ने भू-स्थानिक विश्लेषण के आधार पर पहले ही कई संभावित क्षेत्रों की पहचान कर ली है। उन्नत भू-स्थानिक उपकरण और मानचित्रण तकनीकें उन विशिष्ट क्षेत्रों को चिन्हित करने में मदद करती हैं जहाँ प्राकृतिक परिस्थितियाँ सौर, पवन या हाइब्रिड परियोजनाओं के लिए सबसे अनुकूल हैं।

नवीकरणीय ऊर्जा पार्क का चयन नवीकरणीय संसाधनों की प्रचुर मात्रा में उपलब्धता के आधार पर किया जाता है। नवीकरणीय ऊर्जा पार्क की पहचान के लिए प्राथमिक मानदंड प्रचुर मात्रा में नवीकरणीय ऊर्जा संसाधनों की उपलब्धता है। उच्च सौर विकिरण और स्थिर हवा की गति वाले क्षेत्र प्रमुख दावेदार होते हैं। नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (एमएनआरई) जैसी सरकारी एजेंसियां विभिन्न क्षेत्रों में सौर और पवन ऊर्जा उत्पादन की क्षमता का आकलन करने के लिए उपग्रह डेटा, मौसम संबंधी अध्ययन और जमीन आधारित माप का उपयोग करती हैं।

2. पर्यावरणीय और सामाजिक महत्व:

नवीकरणीय ऊर्जा पार्क के लिए स्थल को अंतिम रूप देने से पहले, स्थानीय पारिस्थितिकी तंत्र, वन्यजीवन और जैव विविधता पर संभावित प्रभावों को समझने के लिए विस्तृत पर्यावरणीय प्रभाव आकलन किए जाने की आवश्यकता है। न्यूनतम पर्यावरणीय प्रभाव वाले क्षेत्रों और जिन्हें शमन उपायों के साथ विकसित किया जा सकता है, उन्हें प्राथमिकता दी जाती है। इस प्रक्रिया में स्थानीय समुदायों के साथ मिलकर भूमि अधिग्रहण, विस्थापन और आजीविका पर पड़ने वाले प्रभाव जैसी किसी भी सामाजिक चिंता का समाधान करना भी शामिल होना चाहिए। नवीकरणीय ऊर्जा पार्क के सफल विकास के लिए सामुदायिक समर्थन सुनिश्चित करना महत्वपूर्ण है।

3. बुनियादी ढांचे की उपलब्धता:

मौजूदा ट्रांसमिशन और वितरण बुनियादी ढांचे की उपलब्धता और क्षमता नवीकरणीय ऊर्जा पार्क के चयन में महत्वपूर्ण कारक हैं। ग्रिड बुनियादी ढांचे के करीब स्थित क्षेत्रों या जहां नई ट्रांसमिशन लाइनों का कुशलतापूर्वक निर्माण किया जा सकता है, को बिजली ट्रांसमिशन से जुड़ी लागत और नुकसान को कम करने के लिए प्राथमिकता दी जाती है।

इसी तरह, बड़े पैमाने पर नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं की स्थापना के लिए भूमि के बड़े,

सन्निहित भूखंडों की उपलब्धता आवश्यक है। सरकार अक्सर भूमि उपयोग पैटर्न, स्वामित्व और पर्यावरणीय प्रभाव जैसे कारकों पर विचार करते हुए विकास के लिए उपयुक्त भूमि की पहचान करने के लिए राज्य एजेंसियों के साथ सहयोग करती है।

नवीकरणीय ऊर्जा पार्क के भीतर, ट्रांसमिशन लाइनों, सबस्टेशनों और ग्रिड कनेक्शन पॉइंट सहित आवश्यक बुनियादी ढांचे को विकसित करने के लिए एक समन्वित प्रयास किया जाता है। यह बुनियादी ढांचा दूरस्थ अक्षय ऊर्जा स्थलों से मांग केंद्रों तक उत्पादित विद्युत को कुशलतापूर्वक पहुंचाने, ट्रांसमिशन घाटे और लागतों को कम करने के लिए महत्वपूर्ण है।

4. विनियामक सहायता और योजना:

नवीकरणीय ऊर्जा पार्क की पहचान में केंद्र और राज्य सरकारों के बीच सहकार्यात्मक दृष्टिकोण शामिल है। गुजरात, राजस्थान और तमिलनाडु जैसे उच्च नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता वाले राज्य आरईपी के विकास को प्रोत्साहित करने वाली नीतियों को लागू करने के लिए केंद्र सरकार के साथ मिलकर काम करते हैं।

नवीकरणीय ऊर्जा पार्क में निवेश आकर्षित करने के लिए अक्सर भूमि अधिग्रहण सुविधा, त्वरित स्वीकृति और वित्तीय प्रोत्साहन जैसी विशेष नीतियां और प्रोत्साहन पेश किए जाते हैं। सरकार अतिरिक्त विनियामक सहायता प्रदान करने के लिए कुछ क्षेत्रों को विशेष नवीकरणीय ऊर्जा क्षेत्र भी घोषित कर सकती है।

5. आर्थिक और पर्यावरणीय लाभ:

विशिष्ट पार्कों में नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं को केंद्रित करके, आरईपी बड़ें पैमाने की किफायत के माध्यम से समग्र विकास लागत को कम कर सकते हैं। इसके अतिरिक्त, पर्यावरणीय प्रभाव न्यूनतम हो जाता है क्योंकि बुनियादी ढाँचा विशिष्ट क्षेत्रों में केंद्रित होता है, जिससे बिखरे हुए विकास की तुलना में उल्लेखनीय प्रभाव कम हो जाता है।

मांग केंद्रों से निकटता और उत्पादित बिजली को प्रतिस्पर्धी दरों पर बेचने की क्षमता पर भी विचार किया जाता है। भविष्य में विस्तार की संभावना और हाइब्रिड परियोजनाओं (सौर, पवन और भंडारण का संयोजन) का एकीकरण आरईपी की आर्थिक व्यवहार्यता निर्धारित करने में अतिरिक्त कारक हैं।

नवीकरणीय ऊर्जा पार्कों के लाभ

1. कुशल ग्रिड एकीकरण:

नवीकरणीय ऊर्जा की प्राथमिक चुनौतियों में से एक ग्रिड में परिवर्तनशील और भौगोलिक रूप से फैले ऊर्जा स्रोतों को एकीकृत करना है। नवीकरणीय ऊर्जा पार्क विशिष्ट क्षेत्रों में उत्पादन को केंद्रित करके इसका समाधान करते हैं, जिससे आवश्यक ट्रांसमिशन बुनियादी ढांचे की योजना बनाना और विकसित करना आसान हो जाता है। इससे अड़चनें कम होती हैं और ग्रिड स्थिरता बढ़ती है।

2. लागत में कमी:

नवीकरणीय ऊर्जा पार्क के भीतर नवीकरणीय परियोजनाओं को केंद्रित करने से साझा बुनियादी ढांचे की अनुमति मिलती है, जिससे ग्रिड कनेक्शन और ट्रांसमिशन की कुल लागत कम हो जाती है। इसके अतिरिक्त, नवीकरणीय ऊर्जा पार्क के भीतर विकास का पैमाना आपूर्तिकर्ताओं और ठेकेदारों से अधिक प्रतिस्पर्धी मूल्य निर्धारण को आकर्षित कर सकता है, जिससे लागत में और कमी आएगी।

3. सुव्यवस्थित विकास प्रक्रिया:

उच्च नवीकरणीय क्षमता वाले क्षेत्रों की पूर्व-पहचान करके और विनियामक और बुनियादी ढाँचे की चुनौतियों का पहले से समाधान करके, आरईपी परियोजना विकास के समय और जटिलता को काफी हद तक कम कर सकते हैं। इससे डेवलपर्स के लिए परियोजनाओं को जल्दी और कुशलता से ऑनलाइन लाना आसान हो जाता है।

4. निवेश को बढ़ावा:

नवीकरणीय ऊर्जा पार्क द्वारा प्रदान किया जाने वाला स्पष्ट फोकस और सहायक वातावरण उन्हें निवेशकों के लिए आकर्षक बनाता है। नवीकरणीय

ऊर्जा पार्क से जुड़े कम जोखिम और कम समयसीमाएं अक्षय ऊर्जा परियोजनाओं में घरेलू और अंतर्राष्ट्रीय निवेश दोनों को प्रोत्साहित करती हैं।

चुनौतियाँ और महत्व

जबकि नवीकरणीय ऊर्जा पार्क अनेक लाभ प्रदान करता है, वहीं कुछ चुनौतियां भी हैं जिनका समाधान किया जाना आवश्यक है:

1. भूमि अधिग्रहण:

बड़े पैमाने पर नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं के लिए खासकर घनी आबादी वाले या पर्यावरण के प्रति संवेदनशील क्षेत्रों में भूमि अधिग्रहण करना जटिल हो सकता है। भूमि उपयोग संबंधी चिंताओं को दूर करने और संघर्षों से बचने के लिए सावधानीपूर्वक योजना बनाना और हितधारकों की भागीदारी आवश्यक है।

2. पर्यावरणीय और सामाजिक प्रभाव:

जबकि नवीकरणीय ऊर्जा पार्क समग्र पर्यावरणीय पदचिह्न को कम करने के लिए विकास पर ध्यान केंद्रित करते हैं, फिर भी स्थानीय पारिस्थितिकी तंत्र और समुदायों पर संभावित प्रभाव होते हैं। टिकाऊ और सामाजिक जवाबदेह एवं पारदर्शी विकास सुनिश्चित करने के लिए गहन पर्यावरणीय आकलन और सामुदायिक परामर्श आवश्यक हैं।

3. हितधारकों के बीच समन्वय:

नवीकरणीय ऊर्जा पार्क के सफल क्रियान्वयन के लिए सरकारी एजेंसियों, निजी डेवलपर्स, ग्रिड ऑपरेटरों और स्थानीय समुदायों सहित कई हितधारकों के बीच समन्वय की आवश्यकता होती है। चुनौतियों पर काबू पाने और नवीकरणीय ऊर्जा पार्क के उद्देश्यों को प्राप्त करने के लिए प्रभावी संचार और सहयोग महत्वपूर्ण है।

****

भारत की विद्युत प्रणाली में नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण के दौरान सामने आने वाली चुनौतियाँ और अपनाए गए उपाय

- *शुभेन्द्र सिंह, सहायक निदेशक-1, सदस्य का कार्यालय*

सारांश

भारत में बिजली उत्पादन मुख्यत थर्मल (54%) आधारित है। इसी कारण, सभी नियम, नीतियाँ और प्रथाएँ पारंपरिक थर्मल और हाइड्रो जनरेटरों के चारों ओर बनाई गई थीं। भारत विश्व के प्रमुख थर्मल जनरेटरों में शामिल है, क्योंकि वर्तमान में स्थापित क्षमता 243 गीगावॉट (GW) है। पिछले 7-8 वर्षों में, एक रणनीतिक बदलाव आया है और अक्षय ऊर्जा (RE) उत्पादन में तेजी से वृद्धि हुई है, यानी 57 गीगावॉट (as on 31.03.2017) से 197 गीगावॉट तक। इस अवधि में, RE उत्पादन ने तीन गुना से अधिक वृद्धि की है। RE की इस तेज़ वृद्धि ने चुनौतियाँ उत्पन्न की हैं, लेकिन नीति निर्माताओं, नियामकों और हितधारकों की पूर्व तैयारी के साथ, वर्तमान RE मिश्रण बिना किसी बड़ी बाधा के ग्रिड में समायोजित हो गया है।

वर्तमान गति के साथ, 2030 तक लगभग 500 गीगावॉट RE पावर की उम्मीद की जा रही है, जो ग्रिड के लिए एक वास्तविक चुनौती होगी। इस पेपर में, लेखकों ने RE की चुनौतियों, इसके एकीकरण, नीति ढाँचे, संचालन सिद्धांतों और भविष्य की तैयारियों का गहन विश्लेषण किया है।

भारत में RE जनरेशन की चुनौतियाँ

भारत सातवां सबसे बड़ा देश है, जिसकी कुल क्षेत्रफल लगभग 3.28 करोड़ वर्ग किलोमीटर है और इसमें मैदानी इलाके, पहाड़, नदियाँ, समुद्र और रेगिस्तान शामिल हैं, जहाँ का तापमान -45 डिग्री सेल्सियस (कश्मीर में) से लेकर 51 डिग्री सेल्सियस (राजस्थान में) तक हो सकता है। हर साल, भारत के कुछ हिस्सों में सूखा और कुछ हिस्सों में बाढ़ का सामना करना पड़ता है। भारत में सूर्य का प्रकाश लंबे समय तक उपलब्ध रहता है, यानी गर्मियों में 12-14 घंटे (उदित समय - 0422 घंटे नालबाड़ी (असम) में और अस्त समय - 1924 घंटे

जालंधर (पंजाब) में) और सर्दियों में 8-10 घंटे। ये आंकड़े भौगोलिक विविधता को दर्शाते हैं, जो एक ओर लाभकारी है और दूसरी ओर हानिकारक भी हो सकता है। भारतीय ग्रिड के संदर्भ में, मांग और उत्पादन का समय-सीमा बड़ा होता है और यदि उत्पादन में थर्मल, हाइड्रो, न्यूक्लियर और RE का उचित मिश्रण हो, तो ऑपरेटर लोड-उत्पादन संतुलन को आसानी से संभाल सकता है।

कोयले के भंडार की कमी और 1 लाख करोड़ रुपये (2014-15) से अधिक का कोयला आयात बिल थर्मल जनरेशन के लिए लगातार दर्द का कारण रहा है और इसके अलावा अधिक कार्बन उत्सर्जन ने भारतीय सरकार को अपनी रणनीति को नाटकीय रूप से बदलने और RE की ओर तत्काल शिफ्ट करने के लिए मजबूर किया है। हवा और सौर RE जनरेशन स्वभाव से अस्थिर होते हैं। दिन-रात और मौसमी परिवर्तनों के कारण, छोटे समयकाल में, RE पावर का ग्रिड संतुलन पर उच्च प्रभाव पड़ता है। अस्थिर स्वभाव को समझने के लिए, उदाहरण के तौर पर, भारत के एक RE समृद्ध राज्य तमिलनाडु में दो मौसमों के बीच RE पावर में बड़े परिवर्तन होते हैं, यानी जून से सितंबर तक 30-35% और बाकी महीनों में 5-10% ऊर्जा के संदर्भ में, जिसे संभालना बहुत कठिन है।

चूंकि पूर्वानुमान और शेड्यूलिंग की जिम्मेदारियां राज्यों और जनरेटरों पर होती हैं, क्षेत्रीय और राष्ट्रीय स्तर पर ऑपरेटरों के पास हवा और सौर ऊर्जा के संदर्भ में बहुत कम दृश्यता होती है। आवृत्ति विचलन एक सामान्य घटना है, जिसे ग्रिड ऑपरेटरों का अनुमान है कि REs की उच्च पैठ के कारण बढ़ सकता है। मौसम के अनुसार दिन-रात और मौसमी परिवर्तनों के साथ एक विशाल ग्रिड को संभालना और पूरे साल विभिन्न मांग पैटर्न को मैनेज करना ऑपरेटरों, योजनाकारों, नियामकों और नीति निर्माताओं के लिए हमेशा एक चुनौती रही है।

RE और RE एकीकरण के लिए नीति और नियामक उपाय

भारत में नवीकरणीय ऊर्जा को बढ़ावा देने के लिए विभिन्न नीतियां डिजाइन की गई हैं, जैसे कि:

- **सीधे उपकरण सब्सिडी, छूट, नेट मीट्रिंग कानून**: इनका उद्देश्य छत पर सौर ऊर्जा के उपयोग को समर्थन प्रदान करना है।
- **नवीकरणीय पावर दायित्व (RPO), ईएससर्ट्स/आरईसी**: ये नीतियां नवीकरणीय ऊर्जा के प्रयोग को प्रोत्साहित करती हैं।
- **सुगम ग्रिड एक्सेस और व्हीलिंग नीतियां:** जो ग्रिड पर RE के बेहतर एकीकरण के लिए सहायक हैं।
- **RE जनरेटर को ट्रांसमिशन शुल्क की छूट:** RE जनरेटर को ट्रांसमिशन शुल्क से छूट मिलती है।
- **IEGC कोड के अनुसार, पवन और सौर ऊर्जा से उत्पन्न RE पावर को "मस्ट रन" स्थिति प्राप्त है।**

इसके अलावा, CERC ने भारत में REC (Renewable Energy Certificate) तंत्र को लागू करने के लिए 2010 में REC नियमावली जारी की। इन नियमों के अनुसार, "RE जनरेटर RE पावर उत्पन्न करने के आधार पर RECs प्राप्त करने के पात्र हैं, और बाध्यकारी संस्थाओं को या तो RE पावर उत्पन्न करना होगा या इन RECs को खरीदना होगा ताकि वे निर्धारित RPO की मात्रा पूरी कर सकें।"

भारत की त्वरित मूल्यह्रास नीति पवन जनरेटर को पहले वर्ष में 100% मूल्यह्रास की अनुमति देती है, जिससे विकासशील देशों में सबसे बड़ी पवन ऊर्जा उद्योग को प्रोत्साहन मिला है। हालांकि, इस नीति ने लंबी अवधि के संचालन प्रदर्शन और रखरखाव पर पर्याप्त ध्यान दिए बिना बड़े निवेश को जन्म दिया, जिसके परिणामस्वरूप पवन ऊर्जा इंस्टॉलेशन की तुलना में कम क्षमता कारक देखने को मिला है।

नई और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE), भारत सरकार, इसके एजेंसियों जैसे कि NISE (राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान), NIWE (राष्ट्रीय पवन ऊर्जा संस्थान), IREDA (भारतीय नवीकरणीय ऊर्जा विकास एजेंसी) आदि के माध्यम से RE पावर को बढ़ावा देने के लिए लगातार काम कर रहा है। SECI (सोलर एनर्जी कॉरपोरेशन ऑफ इंडिया) भी MNRE के तहत सौर संयंत्रों, पार्कों और छत पर

सौर ऊर्जा परियोजनाओं की स्थापना के लिए कठिन मेहनत कर रहा है।

MNRE ने 2014 में "कैनाल बैंक्स और कैनाल टॉप्स पर ग्रिड कनेक्टेड सोलर पीवी पावर प्लांट्स के विकास के लिए पायलट-कम-डेमो प्रोजेक्ट" नामक एक योजना की अधिसूचना दी। इस योजना का उद्देश्य नहरों के ऊपर और नहरों के किनारे खाली सरकारी भूमि पर सौर पीवी पावर जनरेशन प्लांट्स की स्थापना करके ग्रिड को शक्ति प्रदान करना है, और 100 मेगावाट सौर पीवी पावर प्रोजेक्ट्स की कुल क्षमता की स्थापना करना है। MNRE नहर टॉप SPV परियोजनाओं के लिए स्थापित क्षमता (AC आउटपुट) पर 3 करोड़ रुपये/मेगावाट की निश्चित पूंजी सब्सिडी और नहर बैंक SPV परियोजनाओं के लिए 1.5 करोड़ रुपये/मेगावाट की निश्चित पूंजी सब्सिडी प्रदान कर रहा है।

MNRE ने 2015 और 2018 में सौर छत और राष्ट्रीय पवन-सौर हाइब्रिड नीति भी पेश की। ये उन्नत और प्रोत्साहक उपाय भारत में RE पावर की वृद्धि को तेज करने में सहायक रहे हैं।

आगे का रास्ता

जैसे-जैसे वर्तमान 20-25% RE मिश्रण की प्रतिशतता बढ़ती है, RE के सुचारु एकीकरण के लिए आवश्यक प्रमुख कदम इस प्रकार संक्षिप्त किए जा सकते हैं:

- 15 मिनट की शेड्यूलिंग से 5 मिनट की शेड्यूलिंग की ओर शिफ्ट करना, ताकि वितरण नियंत्रण में सटीकता बढ़े।
- विभिन्न बैलेंसिंग क्षेत्रों के बीच रिजर्व साझा करना।
- समन्वित शेड्यूलिंग और संचालन।
- RE पावर प्रबंधन के लिए पूर्वानुमान महत्वपूर्ण है, इसलिए IMD जैसी एजेंसियों के साथ सहयोग करके सटीक पूर्वानुमान प्राप्त करना और सटीक पूर्वानुमान के आधार पर शेड्यूलिंग के लिए प्रोत्साहन की व्यवस्था को नियामकों द्वारा पेश किया जा सकता है।
- PMUs (फेजर मापी यूनिट्स) का उन्नयन और सभी RE जनरेटरों या RE जनरेटरों के समूह पर PMUs की स्थापना, ताकि वास्तविक समय की जानकारी प्राप्त की जा सके।
- RE की अनियमितता और विविधता को संबोधित करने के लिए EIM (एनर्जी इंबैलेंस मार्केट) की शुरुआत।

****

बड़े पैमाने पर नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का ग्रिड में एकीकरण: तकनीकी समाधान और नवाचार

पवन कुमार गुप्ता, उप निदेशक, ईंधन प्रबंधन

1.0 प्रस्तावना

नवीकरणीय ऊर्जा, जैसे पवन और सौर ऊर्जा, ने हाल के वर्षों में विश्वव्यापी ग्रिड में अपनी उपस्थिति बढ़ाई है। यह ऊर्जा उत्पादन अब कुछ राज्यों में इतना केंद्रित है कि इसे प्रचलित ऊर्जा स्रोतों के साथ एकीकृत करने की आवश्यकता है। नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों (RES) की अस्थिरता को देखते हुए, इसे ग्रिड में समायोजित करने के लिए तकनीकी नवाचारों की आवश्यकता है। इस लेख में, हम बड़े पैमाने पर RES के ग्रिड एकीकरण के लिए आवश्यक तकनीकी समाधानों और नवाचारों पर चर्चा करेंगे।

2.0 ग्रिड इंटीग्रेशन की चुनौतियाँ और तकनीकी समाधान

- **वैरिएबिलिटी मैनेजमेंट (अस्थिरता प्रबंधन):** नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत स्वभाविक रूप से परिवर्तनशील होते हैं। उदाहरण के लिए, पवन ऊर्जा का उत्पादन हवा की गति पर निर्भर करता है और सौर ऊर्जा का उत्पादन सूरज की रोशनी पर। इस अस्थिरता को प्रबंधित करने के लिए **अडवांस्ड प्रेडिक्टिव एनालिटिक्स** (उन्नत पूर्वानुमान विश्लेषण) का उपयोग किया जा सकता है, जो कि **मशीन लर्निंग** और **आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस** (एआई) के माध्यम

से RES उत्पादन की सटीक भविष्यवाणी करने में मदद करता है।

- **ट्रांसमिशन इंफ्रास्ट्रक्चर का सुदृढ़ीकरण:** नवीकरणीय ऊर्जा के उत्पादन स्थल अक्सर दूरस्थ स्थानों पर होते हैं। इसलिए, इस ऊर्जा को ग्रिड तक पहुंचाने के लिए **हाई वोल्टेज डायरेक्ट करंट (HVDC) ट्रांसमिशन लाइनों** का उपयोग किया जा सकता है, जो लंबी दूरी पर ऊर्जा के न्यूनतम नुकसान के साथ ट्रांसमिशन की सुविधा प्रदान करती हैं।
  - **इंटरकनेक्टेड ग्रिड्स:** भारत जैसे विशाल देश में, **सिंक्रोनस इंटरकनेक्शन** (समानकालिक इंटरकनेक्शन) के माध्यम से ग्रिड को एकीकृत करना आवश्यक है। यह प्रणाली पूरे देश में एक समान आवृत्ति बैंड बनाए रखने में मदद करती है, जिससे नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का प्रभावी रूप से प्रबंधन किया जा सकता है।

3.0 स्मार्ट ग्रिड और डिजिटलीकरण

- **स्मार्ट ग्रिड टेक्नोलॉजीज:** स्मार्ट ग्रिड प्रणाली में **इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IoT)** का उपयोग किया जाता है, जो ग्रिड के विभिन्न घटकों को आपस में जोड़ता है और **रियल-टाइम डेटा एनालिटिक्स** की मदद से ग्रिड के प्रदर्शन को मॉनिटर और नियंत्रित करता है। इससे न केवल RES का प्रभावी एकीकरण होता है, बल्कि ऊर्जा की बचत भी होती है।
- **ऑटोमैटेड डिस्पैचिंग सिस्टम्स:** आधुनिक ग्रिड में, **स्वचालित डिस्पैचिंग** तकनीक का उपयोग किया जा रहा है, जो मांग और आपूर्ति के बीच वास्तविक समय में संतुलन बनाए रखने में सक्षम है। यह तकनीक नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों की अनियमितता को प्रबंधित करने के लिए महत्वपूर्ण है।

4.0 नवाचार और भविष्य की योजना

- **ग्रीन हाइड्रोजन:** भविष्य में, **ग्रीन हाइड्रोजन** उत्पादन को RES के साथ एकीकृत किया जा सकता है। यह न केवल ऊर्जा भंडारण की समस्या का समाधान करेगा, बल्कि इसे विभिन्न औद्योगिक प्रक्रियाओं में भी उपयोग किया जा सकता है।
- **बैटरी एनर्जी स्टोरेज सिस्टम्स (BESS):** उन्नत **लिथियम-आयन बैटरियों** का उपयोग ग्रिड में ऊर्जा भंडारण के लिए किया जा रहा है। इससे ऊर्जा की आपूर्ति में स्थिरता बनी रहती है और नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों की अस्थिरता का प्रभाव कम होता है।

5.0 निष्कर्ष

नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का बड़े पैमाने पर ग्रिड में एकीकरण एक तकनीकी चुनौती है, लेकिन आधुनिक नवाचार और तकनीकी समाधान इस प्रक्रिया को संभव बना रहे हैं। उन्नत पूर्वानुमान तकनीकें, मजबूत ट्रांसमिशन इंफ्रास्ट्रक्चर, और स्मार्ट ग्रिड तकनीकें इस चुनौती को अवसर में बदलने की दिशा में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही हैं। भविष्य में, ग्रीन हाइड्रोजन और उन्नत बैटरी भंडारण जैसी प्रौद्योगिकियां इस क्षेत्र में और भी क्रांति ला सकती हैं।

यह स्पष्ट है कि भारत में नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का ग्रिड में एकीकरण केवल एक तकनीकी आवश्यकता नहीं है, बल्कि यह देश की ऊर्जा सुरक्षा और पर्यावरणीय स्थिरता के लिए भी अनिवार्य है।

****

नवीकरणीय ऊर्जा का लचीलापन और ऊर्जा भंडारण: भारत की ऊर्जा प्रणाली के लिए एक महत्वपूर्ण समाधान

- *विकल्प सैनी, सहायक निदेशक-2, टीपीआरएम*

भारत में ऊर्जा की बढ़ती मांग और पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों के सीमित भंडार ने नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों की ओर ध्यान केंद्रित किया है। सौर और पवन ऊर्जा जैसे स्रोतों का तेजी से प्रसार हो रहा है, लेकिन इन स्रोतों की स्थिरता और निरंतरता सुनिश्चित करने के लिए ऊर्जा भंडारण और लचीलेपन की आवश्यकता है।

ऊर्जा भंडारण का महत्व

नवीकरणीय ऊर्जा की अनिश्चितता

नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत जैसे सौर और पवन ऊर्जा स्वाभाविक रूप से अनिश्चित होते हैं। सूरज की रोशनी और हवा की गति में उतार-चढ़ाव के कारण उत्पादन में निरंतरता नहीं रहती। इस अनिश्चितता के कारण ग्रिड स्थिरता बनाए रखना चुनौतीपूर्ण हो जाता है। ऊर्जा भंडारण प्रणालियाँ इस अस्थिरता को संतुलित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। भंडारण के माध्यम से अतिरिक्त ऊर्जा को संग्रहीत किया जा सकता है और आवश्यकतानुसार ग्रिड में वापस डाला जा सकता है।

ऊर्जा आपूर्ति और मांग का संतुलन

ऊर्जा की मांग दिन और मौसम के अनुसार बदलती रहती है। पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों के विपरीत, नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों से उत्पादित बिजली का उत्पादन दिन के समय और मौसम के अनुसार अलग-अलग होता है। ऊर्जा भंडारण प्रणाली इस असमानता को दूर करने के लिए कार्य करती है, जिससे ऊर्जा आपूर्ति और मांग के बीच संतुलन बना रहता है। यह ग्रिड स्थिरता के लिए महत्वपूर्ण है, विशेषकर जब नवीकरणीय ऊर्जा का योगदान बढ़ रहा हो।

ग्रिड लचीलापन

ग्रिड लचीलापन का अर्थ है ऊर्जा प्रणाली की वह क्षमता, जिससे वह विभिन्न ऊर्जा स्रोतों से प्राप्त बिजली को समायोजित कर सके और अचानक बदलावों के बावजूद लगातार ऊर्जा आपूर्ति कर सके। ऊर्जा भंडारण प्रणालियाँ ग्रिड को यह लचीलापन प्रदान करती हैं। यह लचीलापन विशेष रूप से महत्वपूर्ण होता है जब नवीकरणीय ऊर्जा की हिस्सेदारी अधिक होती है और ग्रिड को अचानक बदलावों के लिए तैयार रहना पड़ता है।

ऊर्जा भंडारण तकनीकों की चुनौतियाँ

बैटरी भंडारण प्रणाली

बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रणाली नवीकरणीय ऊर्जा के साथ एकीकृत करने का सबसे प्रचलित समाधान है। इसमें लिथियम-आयन, सोडियम-सल्फर, और फ्लो बैटरी जैसी तकनीकों का उपयोग होता है। लिथियम-आयन बैटरियाँ उच्च ऊर्जा घनत्व और तेजी से चार्जिंग के कारण प्रमुख हैं, लेकिन इनकी उच्च लागत अभी भी एक बाधा है। हालांकि उन्नत बैटरी प्रौद्योगिकियों की लागत को कम करने के प्रयास जारी हैं, लेकिन बड़े पैमाने पर उपयोग के लिए यह अब भी महंगी हैं। साथ ही, बैटरियों का जीवनकाल सीमित होता है और समय के साथ उनकी दक्षता घटती है। सुरक्षा के मामले में भी, बैटरियाँ ओवरचार्जिंग और अत्यधिक गर्मी के कारण आग और विस्फोट जैसी घटनाओं के लिए संवेदनशील होती हैं। बैटरी प्रबंधन प्रणाली इन समस्याओं को नियंत्रित करने के लिए विकसित की गई है।

पम्प्ड हाइड्रो स्टोरेज

पम्प्ड हाइड्रो स्टोरेज सबसे पुरानी और स्थापित ऊर्जा भंडारण तकनीक है, जिसमें अतिरिक्त ऊर्जा का उपयोग करके पानी को उच्च जलाशय में पंप किया जाता है, और बाद में टरबाइन से होकर गुजरने दिया जाता है ताकि बिजली उत्पन्न हो सके। इस तकनीक की उच्च ऊर्जा भंडारण क्षमता और दीर्घकालिक विश्वसनीयता इसके प्रमुख लाभ हैं। हालांकि, इस प्रणाली को स्थापित करने के लिए विशिष्ट भूगोलिक स्थानों की आवश्यकता होती है, जो हर जगह उपलब्ध नहीं होते। इसके अलावा, पम्प्ड हाइड्रो स्टोरेज के लिए बड़े जलाशयों की आवश्यकता होती है, जो पर्यावरणीय रूप से संवेदनशील क्षेत्रों में प्रतिकूल प्रभाव डाल सकते हैं। जलाशयों के निर्माण से स्थानीय पर्यावरण, वनस्पतियों, और जीव-जंतुओं पर प्रभाव पड़ सकता है।

थर्मल ऊर्जा भंडारण

थर्मल ऊर्जा भंडारण तकनीक अतिरिक्त ऊर्जा को ऊष्मा के रूप में संग्रहीत करती है, जिसका उपयोग बाद में बिजली उत्पादन के लिए किया जाता है। यह तकनीक विशेष रूप से सौर तापीय ऊर्जा संयंत्रों में उपयोगी होती है। हालांकि, इस तकनीक की प्रमुख चुनौती इसकी प्रभावशीलता है, क्योंकि ऊष्मा को संग्रहीत करने और पुनर्प्राप्त करने में ऊर्जा हानि हो सकती है। इस हानि को कम करने के लिए मोल्टेन सॉल्ट और फेज़ चेंज मटेरियल्स जैसी उच्च दक्षता वाली सामग्री का उपयोग किया जा रहा है। थर्मल भंडारण प्रणालियों के लिए बड़े भौतिक बुनियादी ढाँचे की आवश्यकता होती है, जिससे इसकी स्थापना और संचालन की लागत बढ़ जाती है। इसके अलावा, इस क्षेत्र में नई प्रौद्योगिकियों का विकास धीमी गति से हो रहा है, जो व्यापक अनुप्रयोग और व्यावसायिक विकास को सीमित कर रहा है।

ग्रिड लचीलापन और ऊर्जा भंडारण के साथ एकीकरण

लचीली उत्पादन तकनीकें

ग्रिड लचीलापन के लिए नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के साथ लचीली उत्पादन तकनीकों का उपयोग किया जा सकता है। थर्मल पावर प्लांट्स, विशेष रूप से गैस आधारित पावर प्लांट्स, नवीकरणीय ऊर्जा के साथ मिलकर लचीलापन प्रदान कर सकते हैं। यह संयोजन ग्रिड को स्थिर और विश्वसनीय बनाए रखता है।

डिमांड साइड मैनेजमेंट

डिमांड साइड मैनेजमेंट तकनीकों के माध्यम से उपभोक्ताओं को ऊर्जा खपत के समय और मात्रा को नियंत्रित करने के लिए प्रेरित किया जाता है। यह तकनीक ग्रिड लचीलापन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है, क्योंकि इससे नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के अनिश्चित उत्पादन का प्रभाव कम किया जा सकता है।

विकेंद्रीकृत ऊर्जा प्रणालियाँ

विकेंद्रीकृत ऊर्जा प्रणालियाँ, जैसे कि माइक्रो ग्रिड्स और सोलर होम सिस्टम, नवीकरणीय ऊर्जा को स्थानीय स्तर पर एकीकृत करने में सक्षम बनाती हैं। यह प्रणालियाँ ग्रिड के मुख्य नेटवर्क पर निर्भरता को कम करती हैं और स्थानीय लचीलापन प्रदान करती हैं।

ऊर्जा भंडारण और लचीलापन की भविष्य की दिशा

नए भंडारण समाधान

ऊर्जा भंडारण के क्षेत्र में निरंतर अनुसंधान और विकास हो रहा है। भविष्य में, उन्नत बैटरी तकनीक, हाइड्रोजन ऊर्जा भंडारण, और सुपरकैपेसिटर जैसी नई तकनीकें अधिक लचीले और किफायती समाधान प्रदान कर सकती हैं। ये नई प्रणालियाँ नवीकरणीय ऊर्जा के अधिकतम उपयोग को संभव बनाएंगी।

स्मार्ट ग्रिड्स का विकास

स्मार्ट ग्रिड्स, जो डेटा और संचार प्रौद्योगिकियों का उपयोग करते हैं, ग्रिड लचीलापन में सुधार करेंगे। यह ग्रिड्स न केवल ऊर्जा की मांग और आपूर्ति का पूर्वानुमान लगा सकते हैं, बल्कि स्वचालित रूप से ऊर्जा भंडारण और वितरण का प्रबंधन भी कर सकते हैं।

नीतिगत समर्थन और वित्तीय मॉडल

नवीकरणीय ऊर्जा और ऊर्जा भंडारण के एकीकरण के लिए नीतिगत समर्थन और उचित वित्तीय मॉडल आवश्यक हैं। सरकारों द्वारा दी जाने वाली सब्सिडी, टैक्स इंसेंटिव, और पॉलिसी सपोर्ट इस क्षेत्र में निवेश को प्रोत्साहित कर सकते हैं।

निष्कर्ष

नवीकरणीय ऊर्जा का एकीकरण और उसके साथ ऊर्जा भंडारण का लचीलापन भारत की ऊर्जा प्रणाली के लिए एक महत्वपूर्ण समाधान है। यह न केवल ऊर्जा सुरक्षा और पर्यावरणीय स्थिरता में योगदान देगा, बल्कि ऊर्जा प्रणाली की आर्थिक दक्षता को भी बढ़ावा देगा। हालांकि, इस दिशा में कई तकनीकी और आर्थिक चुनौतियाँ हैं, जिन्हें सुलझाने के लिए निरंतर प्रयास आवश्यक हैं। भविष्य में, उन्नत प्रौद्योगिकियों, स्मार्ट ग्रिड्स, और मजबूत नीतिगत समर्थन के साथ, नवीकरणीय ऊर्जा का प्रभावी एकीकरण संभव हो सकेगा।

****

नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण

- *एम एम धकाते, मुख्य अभियंता (आर पी एवं टी)*

नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण नवीकरणीय स्रोतों को इलेक्ट्रिक ग्रिड में सुचारु रूप से समाहित करने की प्रक्रिया है। नवीकरणीय स्रोत स्व-पुनःपूर्ति संसाधनों से ऊर्जा उत्पन्न करते हैं - जैसे हवा, धूप और पानी और हम सभी के स्वच्छ भविष्य को जागृत रखने के लिए पर्याप्त ऊर्जा प्रदान कर सकते हैं। नवीकरणीय ऊर्जा कार्बन और अन्य वायु प्रदूषकों के उत्सर्जन को कम कर सकते हैं और यह स्रोत स्व-पुनःपूर्ति करते हैं। वितरित ऊर्जा प्रणालियां जो ग्रिड पर बिजली की मांग को कम करती हैं या दूर दराज के क्षेत्रों, जहां ग्रिड कनेक्शन उपलब्ध नहीं है वहा स्थापित की जा सकती हैं । वैश्विक अर्थव्यवस्था को कम करने के लिए बड़ी मात्रा में गैर-जीवाश्म ईंधन बिजली उत्पन्न करने की आवश्यकता होगी । हालांकि, नवीकरणीय ऊर्जा का लाभ उठाने के लिए एक सक्षम ग्रिड की आवश्यकता होती है जो कि अनुमान लगाने मे कठिन ऊर्जा स्रोतों को समायोजित कर सकता है। ऐसे स्त्रोतों के लाभों को केवल तभी महसूस किया जा सकता है जब नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन उपलब्ध कराया जा सके जब और जहां इसकी आवश्यकता हो। यही कारण है कि नवीकरणीय एकीकरण अनुसंधान का एक महत्वपूर्ण क्षेत्र है।

वैश्विक अर्थव्यवस्था को कम करने के लिए बड़ी मात्रा में नवीकरणीय और गैर-जीवाश्म बिजली उत्पन्न करने की आवश्यकता होगी । नवीकरणीय ऊर्जा की बढ़ती मांग को पूरा करने के लिए, दुनिया को प्रमुख बिजली ग्रिडों में आरई को एकीकृत करने की आवश्यकता हो सकती है - लेकिन इससे निपटने में

कुछ बाधाएं हैं। नवीकरणीय ऊर्जा (आर ई) के स्रोत जो कि प्रेषण-योग्य है, जैसे कि हाइड्रो, भंडारण के साथ केंद्रित सौर, बायोमास और भूतापीय ऊर्जा स्रोत आम तौर पर बिजली जरूरतों को पूरा करने के लिए स्थिर और सुसंगत ऊर्जा उत्पन्न कर सकते हैं जबकि सौर ऊर्जा, पवन और समुद्री स्रोतों जैसे अन्य नवीकरणीय ऊर्जा से उत्पन्न ऊर्जा की मात्रा दिन, मौसम और विभिन्न स्थानों में काफी अलग-अलग हो सकती है। हालांकि, ग्रिड के साथ नवीकरणीय ऊर्जा विशेष रूप से गैर-प्रेषण योग्य (non-dispatchable) आरई को एकीकृत करते समय चुनौतियां हैं, इन चुनौतियों पर काबू पाना नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण बढ़ाने और सभी के लिए स्वच्छ ऊर्जा भविष्य प्राप्त करने की कुंजी है।

ग्रिड में ऊर्जा की मांग की तुलना मे बिजली की उपलब्धता में असंतुलन की वजह से एक लचीले ग्रिड और नए तकनीकी दृष्टिकोण की आवश्यकता होती है। तकनीकी दृष्टिकोण से देखा जाए तो नवीकरणीय ऊर्जा को स्मार्ट ग्रिड प्रौद्योगिकियों, ऊर्जा भंडारण और अधिक लचीली प्रौद्योगिकियों के साथ जोड़कर आदर्श रूप से एकीकृत एवं अनुकूलित किया जा सकता है ।

स्मार्ट ग्रिड प्रौद्योगिकियां एवं मांग पक्ष प्रबंधन (डीएसएम), विकसित मीटरिंग इन्फ्रास्ट्रक्चर (एएमआई) आदि को लागू करके आर ई की परिवर्तनशीलता को कुशलतापूर्वक प्रबंधित करने में मदद मिलती है । इसके अलावा स्मार्ट इनवर्टर, फेसर मापन इकाई (पीएमयू) और फॉल्ट राइड थ्रू (एफआरटी) क्षमताएं आदि की मदद से भी आर ई की परिवर्तनशीलता को कुशलतापूर्वक प्रबंधित किया जा सकता है । बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रौद्योगिकियां अल्पकालिक परिवर्तनशीलता (कुछ घंटे तक) को कम कर सकती हैं जबकि पंप-भंडारण जलबिजली, थर्मल ऊर्जा भंडारण एवं ग्रीन हाइड्रोजन या अन्य भंडारण प्रकारों में उपयोग के माध्यम दीर्घकालिक परिवर्तनशीलता को कम कर सकती हैं।

सर्वोत्तम आर ई संसाधनों वाले स्थानों में आपूर्ति और मांग को समायोजित करने के लिए भौतिक माँग की कमी एवं नेटवर्क अपर्याप्तता, वोल्टेज अस्थिरताएं, समर्पित नेटवर्क का कम उपयोग, पूर्वानुमान त्रुटियां और बिजली प्रणाली मे हार्मोनिक विरूपण आदि नवीकरणीय ऊर्जा के कारण समस्याएं पैदा हुई हैं क्योंकि बिजली ग्रिड मूल रूप से ऐसी अस्थिर ऊर्जा प्रणाली के लिए स्थापित नहीं थी ।

बढ़ती नवीकरणीय क्षमता जो कि अस्थिर ऊर्जा प्रणाली कही जा सकती है, विशेष रूप से सीमित संभावित क्षेत्रों में स्थापित होने की बजह से ग्रिड ऑपरेटरों को घूमनेवाले उत्पादन एकाईयो की कमी से होने पूरी विद्युत प्रणाली को स्थिर करने की क्षमता खोने की समस्या का सामना करना पड सकता है । नतीजतन, बढ़ती नवीकरणीय क्षमता की वजह से जटिल संतुलन सेवाओं एवं पारेषण और वितरण प्रणाली ऑपरेटर-समन्वय प्रक्रियाओं के पुनर्गठन की आवश्यकता है।

परंपरागत रूप से, संसाधन पर्याप्तता अध्ययन विद्युत प्रणाली मे उच्च जोखिम अवधि के दौरान ऐतिहासिक प्रदर्शन पर आधारित रही है, लेकिन यह अध्ययन बदलते ऊर्जा मिश्रण परिदृश्य के दौरान मजबूत दीर्घकालिक योजना के लिए पर्याप्त नहीं है। परंपरागत संसाधन पर्याप्तता अध्ययन के साथ साथ संभाव्य विश्वसनीयता विधियों पर आधारित एक एकीकृत मॉडल जो कि भंडारण, मांग पैटर्न में परिवर्तन, संचरण आउटेज और अंतर-क्षेत्रीय समन्वय आदि के प्रभाव की भूमिका का ध्यान रखता है और जो संसाधन पर्याप्तता में संसाधन के योगदान को सटीक रूप से निर्धारित करने के लिए विभिन्न स्थितियों के हजारों विस्तृत कंप्यूटर सिमुलेशन का उपयोग करते हैं, वह आगे आने वाले समय की आवश्यकता है। यह उपक्रम सफल होने के लिए, बिजली पर चलने वाले के वाहन और उनके चार्जिंग चक्र, सौर रूफटॉप या उपभोक्ताओं द्वारा सोलर पंप अपनाने सहित आपूर्ति और मांग के सटीक पूर्वानुमान का आकलन करना आवश्यक है।

जलवायु और मौसम के पूर्वानुमान सटीक न होने की वजह से आर ई से उत्पन्न बिजली अनिश्चित होती है एवं विद्युत प्रणाली पर प्रतिकूल रूप से प्रभावित कर सकती हैं। मौसम की चरम घटनाओं जैसे कि एक बहुत ही गर्म दोपहर, तूफान, कोहरा, धूल भरी आंधी आदि की भविष्य मे बढ़ती संख्या की संभावना से प्रमुख ट्रांसमिशन लाइन आउटेज, पारेषण टावर ढह जाना, उपकरण विफलता, गंभीर मौसम से संबंधित क्षति और निकासी की कमी, बिजली की माँग, पवन और सौर-संचालित उत्पादों मे रुकावट से अचानक बहोत सारी कठिनाइया एक साथ आने की संभावना हो सकती है जिसकी वजह से ग्रिड लचीलेपन से समझौता करना ठीक विकल्प नहीं है । भविष्य के अनिश्चित ऊर्जा वातावरण में ग्रिड पर पूरी तरह विश्वास पैदा करने के लिए एक एकीकृत ग्रिड मॉडलिंग दृष्टिकोण की आवश्यकता है । कई सरकारी एवं गैर सरकारी संगठन

मौसम की चरम घटनाओं और इसके संभावित प्रभाव की निगरानी करते रहते हैं । ग्रिड ऑपरेटरों और इन संगठनों के हितधारकों के बीच घनिष्ठ एवं सही समन्वय की मदद से समय आने पर बिजली प्रवाह को बहाल करने में सहायता मिल सकती हैं।

संसाधन पर्याप्तता अध्ययन का प्राथमिक उद्देश्य विभिन्न लचीलेपन सेवाओं का उपयोग करना है जो वास्तविक समय में आपूर्ति और मांग को संतुलित करके उपभोक्ताओं को अधिक विश्वसनीय, स्थिर बिजली की आपूर्ति हैं, वह भी उच्च लागत और प्रदूषणकारी बिजली संयंत्रों की आवश्यकता को कम करके । इष्टतम नियामक रूपरेखा और कुशल परिचालन प्रक्रियाओं के साथ ऊर्जा के अधिक कुशल उपयोग का समर्थन करने के लिए बिजली का भंडारण जो की विभिन्न तरीके से किया जा सकता है, भविष्य की जरूरतों को पूरा करने के लिए सबसे अच्छा विकल्प होगा।

आज की बिजली प्रणाली में ज्यादातर विद्युत समस्या मे, फॉल्ट करंट सिंक्रोनस जनरेटरों द्वारा प्रदान की जाती है जो आज के उत्पादन मिश्रण में बिजली प्रमुख बिजली उत्पादक हैं। चूंकि अधिकांश नवीकरणीय उत्पादन इन्वर्टर-आधारित संसाधन हैं, जिन्हें आमतौर पर पारंपरिक जनरेटरों की तरह बड़ी मात्रा में फॉल्ट करंट प्रदान करने के लिए डिज़ाइन नहीं किया जाता है, आगामी ग्रिड में दोष सुरक्षा प्रणाली की सटीक डिजाइन एक प्राथमिकता बन जाती है। एक विकल्प आवश्यक से अधिक इनवर्टर-आधारित संसाधनों को तैनात करना है जिनमें डाइनैमिक फॉल्ट करंट प्रदान करने की क्षमता हो । एक अन्य विकल्प सिंक्रोनस जनरेटर पर निर्भर करना है जिसमें नवीकरणीय संसाधन शामिल हैं जैसे कि संकेन्द्रित सौर ऊर्जा (सीएसपी), बायोमास या भूतापीय जनरेटर । डाइनैमिक फॉल्ट करंट प्रदान करने के लिए स्थापित स्टैंड-अलोन उपकरणों को तैनात करना भी एक विकल्प उपलब्ध है । हवा, सौर एवं ऊर्जा भंडारण के कई रूप बिजली इलेक्ट्रॉनिक आधारित जनरेटर (इनवर्टर) का उपयोग करते हैं जो अलग तरह से कार्य करते हैं, और विशेष रूप से, स्वाभाविक रूप से इनर्सिया प्रदान नहीं करते हैं। हालांकि, उपयुक्त आधुनिक प्रौद्योगिकी के साथ, इनवर्टर-आधारित संसाधन तेजी से प्रतिक्रिया दे सकते हैं और अन्य संसाधनों के समान अपने उत्पादन को कम करके इनर्सिया एवं डाइनैमिक फॉल्ट करंट प्रदान कर सकते हैं। पवन जनरेटर घुमावदार पवन टरबाइनों से संग्रहीत गतिज ऊर्जा को निकालकर इनर्सिया भी प्रदान कर सकते हैं।

सामान्य तौर पर, प्रेषण योग्य (dispatchable) नवीनीकरण संयंत्र उत्पादन के लिए लगातार उपलब्ध होते हैं और इनकी तुलना हम कुछ हद तक जीवाश्म संयंत्रो से कर सकते हैं। इसके विपरीत, गैर-प्रेषण(non -dispatchable) नवीकरणीय संयंत्र से बिजली उत्पादन मौसम की स्थितियों पर निर्भर होने की वजह से इनका सीयूएफ काफी कम होता है । इसलिए समान स्वरूप की बिजली मांग को पूरा करने के लिए प्रेषण योग्य एवं जीवाश्म संयंत्रो जनरेटरों की तुलना में गैर-प्रेषण (non -dispatchable) नवीकरणीय संयंत्रो की क्षमता के संदर्भ में काफी अधिक संख्या में आवश्यकता होती है। इसका सीधा असर संचरण प्रणाली के विस्तार करने की जरूरत पर आन पड़ता है ।

नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण की वजह से मौजूदा ग्रिड के विस्तार एवं उन्नयन की लागत के अलावा ज्यादातर जीवाश्म संयंत्र के उत्पादन में कमी से होने वाली और इनकी तकनीकी न्यूनतम तक लचीले संचालन के लिए आवश्यक आर एंड एम के लिए आवश्यक, इनकी स्टार्टअप और शटडाउन लागत आदि की वजह से बिजली शुल्क पर अप्रत्यक्ष असर पड़ता है।

संक्षेप में, निम्नगत कार्यों पर जोर देने की आवश्यकता है :

- ग्रिड में नवीकरणीय ऊर्जा के एक बड़े महत्वपूर्ण हिस्से के एकीकरण के लिए मौजूदा नेटवर्क के पर्याप्त विस्तार एवं उन्नयन की आवश्यकता।
- विकेन्द्रीकृत वितरित उत्पादन स्थापित ऊर्जा के द्वि-दिशात्मक प्रवाह, यानि जनरेटर से उपयोगकर्ताओं तक अंतिम उपयोगकर्ताओं से बिजली की आपूर्ति में योगदान करते हुए ग्रिड स्थिरता सुनिश्चित करना।
- नवीकरणीय ऊर्जा की बढ़ी हुई अनिश्चिता से निपटने के साथ ही पीक लोड को कम करने, ग्रिड लचीलेपन में सुधार, प्रतिसाद और बिजली आपूर्ति की सुरक्षा में सुधार करने के उद्देश्य से एक कुशल बिजली-मांग और ग्रिड प्रबंधन तंत्र स्थापित करना।
- अंतरराष्ट्रीय स्तरों पर ग्रिड के इंटरकनेक्शन में सुधार।

- उचित ग्रिड संचालन स्थिरता और नियंत्रण सुनिश्चित करने के लिए नवीनतम प्रौद्योगिकियों और प्रक्रियाओं का उपयोग शुरू करना।

****

भारत में ऊर्जा सुरक्षा

- *अपूर्वा आनंद, उप निदेशक, आईआरपी*

1. पृष्ठभूमि

भारत वैश्विक ऊर्जा अर्थव्यवस्था में एक प्रमुख शक्ति के रूप में उभरा है। दुनिया जलवायु परिवर्तन की चुनौती से जूझ रही है, भारत इस चुनौती से निपटने के लिए वैश्विक प्रतिक्रिया के अनुरूप अपने कार्बन पदचिह्न को कम करने के लिए प्रतिबद्ध है। बिजली क्षेत्र में भारत की विकास की दिशा हरित उत्पादन की ओर बदलाव और स्वच्छ ऊर्जा स्रोतों की ओर प्रतिध्वनित वैश्विक मांग के साथ मेल खाती है।

पिछले 9 वर्षों में, भारत ने गैर-जीवाश्म ईंधन आधारित उत्पादन की दिशा में महत्वपूर्ण ऊर्जा संक्रमण देखा है। अप्रैल 2014 से, 1 लाख मेगावाट से अधिक सहित 1.8 लाख मेगावाट से अधिक उत्पादन क्षमता जोड़ी गई है, जिससे देश बिजली की कमी से अधिशेष स्थिति में परिवर्तित हो गया है। स्थापित क्षमता मिश्रण में गैर-जीवाश्म ईंधन आधारित उत्पादन क्षमता की हिस्सेदारी 2014 में 32% से बढ़कर 43.7% हो गई है। वर्तमान में कुल स्थापित नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता 172 गीगावाट है, जिसमें 67 गीगावाट सौर और 43 गीगावाट पवन ऊर्जा क्षमता शामिल है। ट्रांसमिशन क्षमता को एक ग्रिड में विस्तारित किया गया है, जो देश के एक कोने से दूसरे कोने तक 1,12,500 मेगावाट स्थानांतरित करने में सक्षम है और हमारे देश को बिजली के लिए एक एकल बाजार में बदल रहा है। हमने देश के सभी गांवों और घरों को बिजली से जोड़कर सार्वभौमिक पहुंच प्राप्त की। पावर एक्सचेंजों की स्थापना से प्रतिस्पर्धी कीमतों पर बिजली की खरीद/बिक्री के लिए एक कुशल मंच प्रदान करने वाले पोरे बाजारों का विकास हुआ है। उपभोक्ता अधिकारों को परिभाषित किया गया है और उपभोक्ताओं की शिकायतों के निवारण के लिए उपभोक्ता शिकायत निवारण फोरम और लोकपाल नियुक्त किए गए हैं।

बिजली क्षेत्र ने वर्ष 2047 के लिए ऊर्जा सुरक्षा बढ़ाने और साथ ही बिजली क्षेत्र का डीकार्बोनाइजेशन सुनिश्चित करने, बिजली क्षेत्र की व्यवहार्यता सुनिश्चित करने और उपभोक्ता केंद्रित दृष्टिकोण अपनाने के उद्देश्य को ध्यान में रखते हुए कई लक्ष्य निर्धारित किए हैं। ऊर्जा क्षेत्र को डीकार्बोनाइज करने के लिए, कुल ऊर्जा खपत में बिजली की हिस्सेदारी 2019 में 17% से बढ़कर 2047 में 38% होने की उम्मीद है, जिससे अर्थव्यवस्था के विभिन्न क्षेत्रों का विद्युतीकरण बढ़ रहा है। इस लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए, हम वर्तमान 420 गीगावाट से 2047 में 2048 गीगावाट बिजली की स्थापित क्षमता प्राप्त करने का लक्ष्य रखते हैं, जिसमें गैर-जीवाश्म क्षमता का प्रतिशत वर्तमान 43% से बढ़कर 89% हो जाएगा। सौर और पवन उत्पादन में निहित परिवर्तनशीलता के बावजूद सुरक्षित आपूर्ति बनाए रखने के लिए, कोयला आधारित उत्पादन के लचीले संचालन के अलावा ऊर्जा भंडारण को प्रोत्साहित किया जा रहा है। इसके अलावा, सहायक सेवाओं पर विनियमों को अधिसूचित किया गया है ताकि परिवर्तनीय नवीकरणीय ऊर्जा संसाधनों का ध्यान रखा जा सके।

भारत का नवीकरणीय ऊर्जा (आरई) कार्यक्रम दुनिया में सबसे महत्वाकांक्षी और व्यापक कार्यक्रमों में से एक है। देश ने ऊर्जा सुरक्षा, जलवायु परिवर्तन और आर्थिक विकास को संबोधित करने के लिए स्वच्छ और टिकाऊ ऊर्जा स्रोतों में संक्रमण के महत्व को पहचाना है। कार्यक्रम ने 2030 तक 500 गीगावाट नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता स्थापित करने का लक्ष्य निर्धारित किया है। भारत में नवीकरणीय ऊर्जा को बढ़ावा देने के लिए केंद्र और राज्य सरकारें विभिन्न नीतियों और नियामक उपायों को लागू कर रही हैं। इसमें बाध्यकारी संस्थाओं द्वारा नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों से खरीदी गई नवीकरणीय खरीद, प्रतिस्पर्धी बोली प्रक्रियाओं, स्वचालित मार्ग के माध्यम से एफडीआई और नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं में निवेश को आकर्षित करने के लिए विभिन्न राजकोषीय और वित्तीय प्रोत्साहनों जैसे अनुकूल उपाय शामिल हैं। नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों की रुक-रुक कर आने वाली प्रकृति को संबोधित करने के लिए, भारत विभिन्न स्थानों पर राष्ट्रीय ग्रिड के माध्यम से आरई परियोजनाओं को बढ़ावा देने, पूर्वानुमान और शेड्यूलिंग, मांग पक्ष प्रबंधन और एकीकृत आरई परियोजनाओं के अलावा ऊर्जा भंडारण प्रौद्योगिकियों

पर भी जोर दे रहा है। लोड केंद्रों के पास विश्वसनीय बिजली प्रदान करने के लिए विकेंद्रीकृत नवीकरणीय ऊर्जा को भी बढ़ावा दिया जा रहा है। निरंतर प्रयासों के माध्यम से, देश 2070 तक शुद्ध शून्य (नेट जीरो) तक पहुंचने के महत्वाकांक्षी लक्ष्य को प्राप्त करने की योजना बना रहा है।

2. ऊर्जा क्षेत्र में आयात निर्भरता कम करना

- वर्तमान में देश कच्चे तेल, प्राकृतिक गैस, कोयला आदि के सबसे बड़े आयातकों में से एक है। आर्थिक दृष्टि से, उच्च स्तर की आयात निर्भरता की लागत और जोखिम होते हैं। अधिकांश ऊर्जा का आयात करने वाले देश मुद्रा उतार-चढ़ाव और अस्थिर ईंधन प्रक्रिया के प्रति संवेदनशील होते हैं, जिससे भुगतान संतुलन समस्या उत्पन्न हो सकती है। ऊर्जा आयात से जुड़े जोखिमों को कम करने के लिए नीति हस्तक्षेप की आवश्यकता है, साथ ही ऊर्जा सुरक्षा सुनिश्चित करना भी आवश्यक है। ऊर्जा स्वतंत्रता की दिशा में एक समाधान भारतीय अर्थव्यवस्था के विभिन्न क्षेत्रों को जितना संभव हो सके विद्युतीकृत करना है जैसे कि इलेक्ट्रिक मोबिलिटी, रेलवे का विद्युतीकरण, डीजल जनरेटर सेटों का प्रतिस्थापन, डीजल पंप, ग्रीन हाइड्रोजन अर्थव्यवस्था की ओर बदलाव, थर्मल पावर प्लांट में हाइड्रोजन/अमोनिया और जैव-छर्रों का सह-फायरिंग, बायोमास उत्पादन, गैस पावर प्लांट में गैस के साथ हाइड्रोजन का मिश्रण और देश में ईंधन संसाधनों का उत्पादन बढ़ाना। हालांकि, ऊर्जा सुरक्षा के नए प्रतिमान में प्रौद्योगिकी, उपकरण, सामग्री के आयात के साथ-साथ आपूर्ति श्रृंखला से जुड़े चुनौतियाँ हैं।
- **वैश्विक ऊर्जा खंड:**

  पूरी दुनिया कोयला आधारित बिजली संयंत्रों को चरणबद्ध तरीके से समाप्त करने पर जोर दे रही है, जबकि गैस और तेल आधारित संयंत्रों को बनाए रखा जा रहा है। भारत ने सभी जीवाश्म ईंधन, जिसमें कोयला, गैस, तेल आदि शामिल हैं, को कम करने पर ध्यान केंद्रित करने की आवश्यकता पर जोर दिया है। अंतर्राष्ट्रीय मंचों पर बातचीत करते समय इसे ध्यान में रखा जा सकता है। भारत के पास विशाल तटीय रेखा का प्राकृतिक लाभ है, जिसका उपयोग अपतटीय पवन ऊर्जा के विकास के लिए किया जा सकता है। भारत में कहीं से भी कहीं तक बिजली के निर्बाध हस्तांतरण के लिए मजबूत ट्रांसमिशन प्रणाली भी है। देश के सभी उपभोक्ताओं को 24*7 विश्वसनीय ऊर्जा और बिजली सुनिश्चित करने के लिए इसकी पर्याप्तता सुनिश्चित करने के लिए ट्रांसमिशन क्षमताओं पर ध्यान केंद्रित किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, भारत पहले से ही पड़ोसी देशों से जुड़ा हुआ है। विभिन्न देशों के साथ सीमा पार कनेक्शन को बढ़ाने और एक सूर्य; एक विश्व; एक ग्रिड की अवधारणा को बढ़ावा देने पर भी ध्यान केंद्रित किया जा सकता है।

3. ऊर्जा की मांग में वृद्धि

2018-23 के दौरान विद्युत ऊर्जा की मांग 4.5% की CAGR (वार्षिक वृद्धि दर) से बढ़ी है, जबकि पीक मांग 5.6% की CAGR से बढ़ी है। तकनीकी नवाचारों के कारण ऊर्जा के अंत उपयोग जैसे परिवहन और औद्योगिक क्षेत्रों में बिजली प्रणाली की ओर बढ़ने का रुझान है। इससे बिजली की मांग में अप्रत्याशित वृद्धि हो सकती है और ऊर्जा उपयोग के पैटर्न में बदलाव हो सकता है। इसलिए, भविष्य में मांग वृद्धि दरें उच्च होने की संभावना है क्योंकि अर्थव्यवस्था का विद्युतीकरण, इलेक्ट्रिक वाहन, ग्रीन हाइड्रोजन आदि के कारण बढ़ेगा। 20वें विद्युत शक्ति सर्वेक्षण प्रक्षेपण के अनुसार, 2022-2027 के दौरान पीक बिजली की मांग और ऊर्जा आवश्यकता 6.42% और 6.67% की CAGR से बढ़ने की संभावना है और 2027-32 के दौरान क्रमशः 5.74% और 5.33% की CAGR से बढ़ने की संभावना है। इसके अलावा, 2032-2047 के दौरान पीक बिजली की मांग और ऊर्जा आवश्यकता क्रमशः 4.34% और 4.23% की CAGR से बढ़ने की संभावना है।

4. वहनीयता और दक्षता

उपभोक्ताओं को सस्ती और विश्वसनीय बिजली प्रदान करना 2047 का दृष्टिकोण है। इस संबंध में, 2022 में 6.7% से बढ़ाकर 2047 में 50% बाजार में व्यापारित बिजली के हिस्से को बढ़ाने का लक्ष्य रखा गया है ताकि लागत प्रभावी बिजली की खरीद की जा सके। विद्युत (उपभोक्ता का अधिकार) नियम 2020 के अनुसार, भारत सरकार ने वितरण लाइसेंसियों को सभी उपभोक्ताओं को 24*7 बिजली आपूर्ति अनिवार्य कर दी है, सिवाय कुछ विशिष्ट श्रेणी के उपभोक्ताओं के लिए जिसके लिए विद्युत नियामक आयोग निम्न आपूर्ति घंटे निर्दिष्ट कर सकता है। इसके अलावा, यह अनुमान है कि स्मार्ट, आधुनिक और जलवायु-प्रतिरोधी बुनियादी ढांचे के माध्यम से आउटेज को कम किया जाएगा।

डिस्कॉम्स की वित्तीय स्थिरता एक बड़ी चुनौती है और डिस्कॉम्स को स्थिर बनाने के लिए, 2020 में 20.46% से घटाकर 2047 में 7.5% तक टी एंड डी नुकसान को कम करने का लक्ष्य रखा गया है। पड़ोसी क्षेत्रों के बीच बिजली संसाधनों का अनुकूलन करने के लिए, नेपाल, भूटान, बांग्लादेश के साथ मौजूदा सीमा-पार बिजली व्यापार का विस्तार करना लक्ष्य है।

5. चरणबद्ध ऊर्जा संक्रमण योजना

यह अनुमान है कि 2026-27 के अंत तक भारत में गैर-जीवाश्म आधारित क्षमता का हिस्सा 57.4% तक बढ़ जाएगा और 2031-32 के अंत तक यह 68.4% तक बढ़ सकता है, जो मार्च 2022 में लगभग 40% था। इसके अलावा, 2047 तक, जीवाश्म ईंधन आधारित क्षमता का हिस्सा 10.7% तक घटने और गैर-जीवाश्म ईंधन आधारित क्षमता का हिस्सा 89.3% तक बढ़ने की संभावना है।

पुन: नविकरणीय ऊर्जा का उच्च हिस्सा जो स्वाभाविक रूप से परिवर्तनीय और गैर-प्रेषणीय है, को ग्रिड में उच्च लचीलापन की आवश्यकता होती है। पुन: नविकरणीय बिजली उत्पादन की परिवर्तनशीलता को ग्रिड पर हाइड्रो और भंडारण क्षमताओं जैसी लचीली उत्पादन संसाधनों के उपयोग से और पारंपरिक क्षमताओं के लचीले संचालन से प्रबंधित किया जा सकता है।

देश में वर्तमान में बिजली की मांग को पूरा करने में कोयला आधारित उत्पादन पर बड़ी निर्भरता है। 2022-23 में कोयला उत्पादन ने उत्पादन मिश्रण में लगभग 72% योगदान दिया, जो 2031-32 में घटकर लगभग 48% और 2047 तक 23% तक होने की संभावना है। विकसित दुनिया, विकासशील देशों पर कोयला क्षमताओं में तेजी से कमी के लिए दबाव डाल रही है, जो विकासशील देशों के विकास लक्ष्यों को बाधित कर सकता है और उनके नागरिकों की ऊर्जा आवश्यकता को पूरा करने के अधिकार को प्रभावित कर सकता है। भारत ने पहले ही COP 21 में प्रस्तुत NDC प्रतिबद्धताओं को पूरा कर लिया है, जिसमें 2030 के लक्ष्य वर्ष से नौ साल पहले गैर-जीवाश्म ईंधन उत्पादन क्षमता का 40% स्थापित करने की बात थी और भारत ने अपने लिए 2030 तक 50% गैर-जीवाश्म ईंधन आधारित क्षमता हासिल करने का महत्वाकांक्षी लक्ष्य रखा है। भारत ने 2070 तक नेट जीरो लक्ष्यों को प्राप्त करने की प्रतिबद्धता भी प्रस्तुत की है और इस लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए कई नीतिगत उपाय ले रहा है।

नेट जीरो लक्ष्य की प्राप्ति के लिए विकसित दुनिया से प्रौद्योगिकी का हस्तांतरण और विभिन्न देशों द्वारा लगाए गए सभी प्रकार के बाजारों पर प्रतिबंधों को हटाने की आवश्यकता होगी। बिजली ग्रिड की पर्याप्तता और विश्वसनीयता सुनिश्चित करने के लिए चुनौतियां विकसित और विकासशील दोनों देशों के लिए मौजूद हैं। एक तरीके से इस चुनौती का सामना करना ईंधन के विविधीकरण द्वारा किया जा सकता है जो बिजली उत्पादन के लिए उपयोग किया जाता है, आयात/निर्यात मार्गों की संख्या में वृद्धि, उत्पत्ति या गंतव्य, ऊर्जा सुविधाओं और प्राथमिक ऊर्जा स्रोतों की संख्या और प्रकारों में वृद्धि।

यह ऊर्जा संसाधनों और आपूर्ति श्रृंखलाओं का एकाधिकार रोककर और महत्वपूर्ण कच्चे माल, स्वच्छ ऊर्जा प्रौद्योगिकियों और उत्पादों जैसे ग्रीन हाइड्रोजन, ग्रीन अमोनिया, पॉलीसिलिकॉन, फ्यूल सेल, इलेक्ट्रोलाइजर आदि की आपूर्ति श्रृंखलाओं का समान वितरण सुनिश्चित करके प्राप्त किया जा सकता है। इसके अलावा, यदि प्राथमिक ऊर्जा स्रोत घरेलू रूप से उपलब्ध है तो उसका उपयोग किया जा सकता है या ऊर्जा आपूर्ति श्रृंखलाओं को मजबूत बनाने के लिए सुरक्षित बनाया जा सकता है। यह तकनीकी प्रगति और उभरती प्रौद्योगिकियों के प्रौद्योगिकी हस्तांतरण का लाभ उठाकर प्राप्त किया जा सकता है। स्वच्छ ऊर्जा संक्रमण मार्ग को प्राप्त करने के लिए प्रौद्योगिकी साझाकरण पर मुख्य ध्यान दिया जाना चाहिए। इसलिए, ऊर्जा संक्रमण को प्राप्त करते हुए ऊर्जा सुरक्षा में सुधार, आपूर्ति की स्थिरता को मजबूत करना और ऊर्जा मूल्य झटकों के प्रभाव को सीमित करना हमारा लक्ष्य हो सकता है।

6. महत्वपूर्ण खनिजों की आपूर्ति को सुरक्षित करना

नवीकरणीय ऊर्जा संसाधन किसी न किसी रूप में अधिकांश देशों में उपलब्ध हैं, इसके विपरीत जीवाश्म ईंधन विशिष्ट भूगोलिक क्षेत्रों में केंद्रित होते हैं। इससे वर्तमान ऊर्जा अवरोधों, जैसे समुद्री मार्गों के संकीर्ण चैनलों की महत्वता कम हो जाती है, जो वैश्विक तेल आपूर्ति के लिए महत्वपूर्ण हैं। नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का अधिक उपयोग करने से अर्थव्यवस्थाएं आत्मनिर्भर और ऊर्जा स्वतंत्र बन सकती हैं।

हालांकि, यह बदलाव जीवाश्म ईंधन से नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता तक अंतरनिर्भरता को समाप्त नहीं करता है; यह केवल ऊर्जा मिश्रण के एक अलग हिस्से में अंतरनिर्भरता को स्थानांतरित करता है। अब निर्भरता

हाइड्रोकार्बन से धातुओं और अयस्कों से दुर्लभ पृथ्वी तत्वों में बदल जाती है। अफ्रीका, एशिया, अमेरिका और ऑस्ट्रेलिया के देश वैश्विक खनिज हब के रूप में उभरने की संभावना है और इन नए वस्तुओं को भेजने के मार्ग नए भू-राजनीतिक राजमार्ग बना सकते हैं।

वर्तमान में दुर्लभ पृथ्वी धातुओं का खनन और आपूर्ति श्रृंखला चीन द्वारा नियंत्रित है। इनमें से, नेओडिमियम, प्रैसोडिमियम, डिस्प्रोसियम और टर्बियम ईवी और पवन टर्बाइन में स्थायी मैग्नेट के उत्पादन के लिए महत्वपूर्ण हैं, और हाइड्रोजन इलेक्ट्रोलिसिस के लिए यिट्रियम और स्कैंडियम। इसी प्रकार, ऊर्जा भंडारण बैटरियों के निर्माण के लिए लिथियम, कोबाल्ट, वैनडियम का उपयोग किया जाता है। फिर भी यह केवल दुर्लभ पृथ्वी तत्वों का उत्पादन नहीं है जो महत्वपूर्ण होगा बल्कि उनके प्रसंस्करण और अन्य मूल्य संवर्धन के स्थान भी महत्वपूर्ण होंगे। ये वर्तमान दिन की रिफाइनरियों और पेट्रोलियम परिसरों के समकक्ष उभर सकते हैं, और उनकी वितरण क्षमता प्रमुख उपभोग केंद्रों से जुड़ी हो सकती है जो मलक्का और होरमुज के जलडमरूमध्य जैसे नए भू-राजनीतिक केंद्रों का निर्माण कर सकते हैं। इसलिए, यह आवश्यक है कि: (1) इन सामग्रियों की आपूर्ति को ऊर्जा संक्रमण मांग को पूरा करने के लिए सुनिश्चित करें, और (2) दुर्लभ पृथ्वी प्रसंस्करण उद्योगों की स्थापना के लिए प्रोत्साहन और सुविधा प्रदान करें।

7. नवीकरणीय ऊर्जा क्षेत्र के लिए लचीली और विविधित वैश्विक आपूर्ति श्रृंखलाओं की आवश्यकता

पिछले दशक में वैश्विक सोलर पीवी निर्माण क्षमता यूरोप, जापान और संयुक्त राज्य अमेरिका से चीन में स्थानांतरित हो गई है। आज, सोलर पैनल के सभी विनिर्माण चरणों में चीन की हिस्सेदारी 80% से अधिक है। यह सोलर पैनल्स (मॉड्यूल्स) में उन्हें इकट्ठा करने के लिए प्रमुख सोलर पीवी तत्वों के विनिर्माण वेफर्स और सेल्स की तुलना में अधिक है, जो 2021 के अंत में मांग से कम से कम 100% अधिक है।

अंतर्राष्ट्रीय ऊर्जा और जलवायु लक्ष्यों को पूरा करने के लिए सोलर पीवी की वैश्विक तैनाती को अभूतपूर्व पैमाने पर बढ़ाना आवश्यक है। यह बदले में विनिर्माण क्षमता में बड़े पैमाने पर अतिरिक्त विस्तार की मांग करता है, इसलिए दुनिया की क्षमता को तेजी से लचीली आपूर्ति श्रृंखला विकसित करने की चिंता है। 2050 तक IEA के रोडमैप के साथ ट्रैक पर रहने के लिए वार्षिक पीवी क्षमता जोड़ियों को 2030 तक 630 गीगावाट (GW) से अधिक चार गुना करने की आवश्यकता है।

भारत इस अंतर को भरने और सोलर मूल्य श्रृंखला का प्रमुख आपूर्तिकर्ता बनने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है। वर्तमान में, भारत की सोलर पीवी निर्माण क्षमता सोलर पीवी मॉड्यूल्स के लिए लगभग 30GW/वर्ष और सोलर पीवी सेल्स के लिए लगभग 6 GW/वर्ष है। उच्च दक्षता सोलर पीवी मॉड्यूल्स के लिए उत्पादन लिंक्ड प्रोत्साहन योजना के तहत क्रियान्वित सोलर पीवी निर्माण क्षमताएँ: सोलर पीवी मॉड्यूल्स: 48.3 GW, सोलर पीवी सेल्स: 48.3 GW, वेफर्स: 37.5 GW, पॉलीसिलिकॉन: 20.7 GW। PLI योजना के तहत सभी ये निर्माण क्षमताएँ अक्टूबर 2024 से अप्रैल 2026 के बीच चालू होने के लिए निर्धारित हैं। PLI योजना के बाहर भी स्थापित होने की उम्मीद की जा रही सोलर पीवी निर्माण क्षमताओं के साथ, यह उम्मीद है कि 2026 तक भारत में सोलर पीवी मॉड्यूल निर्माण क्षमता लगभग 100 GW होगी (घरेलू मांग से अधिक दो गुना) और सोलर पीवी सेल्स निर्माण क्षमता लगभग 60 GW होगी, जिससे न केवल भारत को सोलर में आत्मनिर्भरता मिलेगी, बल्कि उसके निर्यात से भी आत्मनिर्भरता प्राप्त होगी। वेफर्स और पॉलीसिलिकॉन के लिए भी 2026 तक पर्याप्त आत्मनिर्भरता की उम्मीद है। सरकार ने 1 अप्रैल 2022 से सोलर पीवी सेल्स और सोलर पीवी मॉड्यूल्स के आयात पर बुनियादी सीमा शुल्क पहले ही लागू कर दिया है ताकि घरेलू सोलर पीवी निर्माताओं को कम लागत वाले आयात के खिलाफ एक समान अवसर प्रदान किया जा सके।

विंड एनर्जी के मामले में, देशीयकरण स्तर कुल विंड टर्बाइन लागत का लगभग 70% है। वर्तमान में गुणवत्ता, लागत या वितरण कार्यक्रमों से संबंधित मुद्दों के कारण कुछ घटकों/कच्चे माल का आयात हो रहा है। इलेक्ट्रॉनिक घटकों/नियंत्रकों का आयात, जिन्हें घरेलू रूप से विकसित किया जा सकता है, को अन्य समान क्षेत्रों में प्रदर्शन लिंक्ड प्रोत्साहनों के साथ निर्माताओं को प्रोत्साहित करके किया जा सकता है। स्थायी मैग्नेट, कार्बन पुल्ट्रेशन, बासा वुड आदि जैसे आइटम भारत में उपलब्ध नहीं होने के कारण आयात किए जा रहे हैं। इन सभी आयात निर्भरताओं को एक उचित रणनीति के माध्यम से आपूर्ति श्रृंखला को विविध बनाने की योजना

से निपटा जा सकता है। 2030 तक वार्षिक विंड टर्बाइन निर्माण क्षमता जो वर्तमान में 15 GW प्रति वर्ष है, बढ़ाकर 25 GW प्रति वर्ष किए जाने की संभावना है।

8. नवीकरणीय बिजली के सीमा-पार व्यापार को बढ़ावा देना

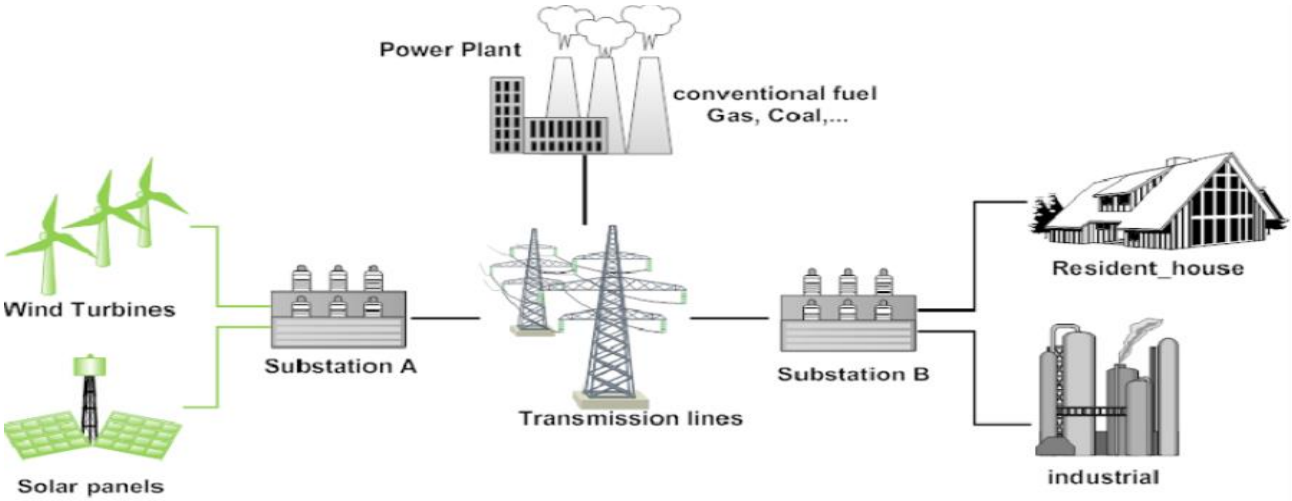
सीमा-पार नवीकरणीय बिजली के आयात और निर्यात से न केवल परिवर्तनीय नवीकरणीय बिजली को प्रभावी ढंग से प्रबंधित करने में मदद मिलेगी, बल्कि कुल ऊर्जा मिश्रण में नवीकरणीय ऊर्जा का हिस्सा बढ़ाने में भी सहयोग मिलेगा। इसलिए, ग्रीन ग्रिड इनिशिएटिव - वन सन वन वर्ल्ड वन ग्रिड जैसी पहल का अनुसरण किया जाना चाहिए।

****

विद्युत क्षेत्र में नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण चुनौतियाँ और समाधान:

- *सुरभि अग्रवाल, सहायक निदेशक-1, आईटी एवं प्रोक्योरमेंट सैल*

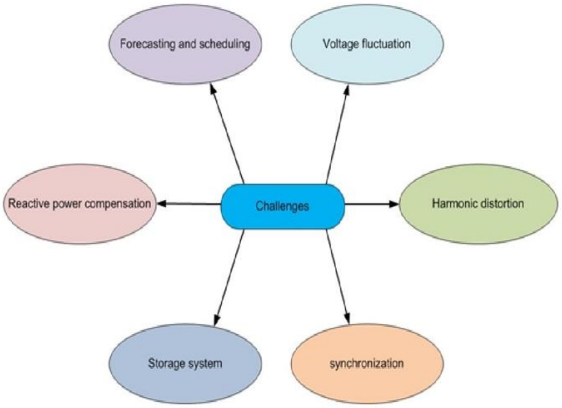
टिकाऊ और स्वच्छ ऊर्जा समाधानों की बढ़ती आवश्यकता के कारण हाल के वर्षों में बिजली प्रणालियों में नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के एकीकरण ने महत्वपूर्ण ध्यान आकर्षित किया है। हालाँकि, यह एकीकरण कई चुनौतियाँ प्रस्तुत करता है जिन्हें बिजली प्रणालियों के विश्वसनीय और कुशल संचालन को सुनिश्चित करने के लिए संबोधित किया जाना चाहिए।



नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण में चुनौतियाँ:

परिवर्तनशीलता और पूर्वानुमेयता

सौर और पवन ऊर्जा जैसे नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का उपयोग करना कठिन है क्योंकि वे समय के साथ बदलते हैं और उनके लिए योजना बनाना कठिन होता है। हरित ऊर्जा स्रोत मौसम पर निर्भर करते हैं,



जबकि मानक बिजली संयंत्रों को मांग को पूरा करने के लिए बदला जा सकता है। क्या बादल सूर्य को रोक सकते हैं और हवाएँ किसी भी समय रुक सकती हैं? हम कैसे सुनिश्चित कर सकते हैं कि एक स्थिर ऊर्जा स्रोत है?

ग्रिड इंफ्रास्ट्रक्चर

हरित ऊर्जा स्रोत दूर-दूर तक फैले हुए हैं, इसलिए वर्तमान ग्रिड बुनियादी ढांचा उनके साथ अच्छी तरह से काम नहीं करता है क्योंकि इसे केंद्रीकृत बिजली प्रणालियों के लिए डिज़ाइन किया गया था। इसमें आश्चर्य यह है कि हमारी पुरानी बिजली लाइनें हरित ऊर्जा स्थलों से आने वाली ऊर्जा की विभिन्न मात्राओं को कैसे संभाल सकती हैं ? सौर और पवन संसाधन अक्सर दूरदराज के इलाकों में स्थित होते हैं, जनसंख्या केंद्रों से दूर जहां ऊर्जा की आवश्यकता होती है। इसके लिए इन दूरदराज के स्थानों से शहरी क्षेत्रों तक उत्पन्न बिजली के परिवहन के लिए एक व्यापक ट्रांसमिशन बुनियादी ढांचे के विकास की आवश्यकता है।

ऊर्जा भंडारण

नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के एकीकरण में ऊर्जा भंडारण महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। चूँकि नवीकरणीय उत्पादन परिवर्तनशील है, ऊर्जा भंडारण प्रणालियाँ बाद में उपयोग के लिए अतिरिक्त ऊर्जा को संग्रहीत करने का साधन प्रदान करती हैं। बैटरी प्रौद्योगिकियां, पंपयुक्त हाइड्रो स्टोरेज और अन्य उभरती भंडारण प्रौद्योगिकियां ग्रिडस्केल ऊर्जा भंडारण के लिए समाधान प्रदान करती हैं। ये भंडारण प्रणालियाँ ग्रिड लचीलेपन को बढ़ाती हैं और नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन और मांग के बेहतर प्रबंधन को सक्षम बनाती हैं। इसके अतिरिक्त, वितरित ऊर्जा भंडारण प्रणालियाँ, जैसे घरेलू बैटरी, स्थानीयकृत नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन का समर्थन कर सकती हैं और आउटेज के दौरान बैकअप पावर प्रदान कर सकती हैं। ऊर्जा प्रणालियों में नवीकरणीय ऊर्जा के सफल एकीकरण के लिए भंडारण प्रौद्योगिकियों में प्रगति और उनकी लागत में कटौती महत्वपूर्ण है।

इन चुनौतियों का समाधान:

पूर्वानुमान प्रौद्योगिकी में प्रगति

मौसम के पूर्वानुमान और ऊर्जा मॉडलिंग उपकरणों का बेहतर होना महत्वपूर्ण है ताकि हम इस तथ्य से निपट सकें कि नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के लिए योजना बनाना कठिन है। यदि ग्रिड ऑपरेटर सही ढंग से अनुमान लगा सकते हैं कि कितनी बिजली बनाई जाएगी, तो वे ऊर्जा आपूर्ति में बदलाव के लिए बेहतर योजना बना सकते हैं और प्रतिक्रिया दे सकते हैं। कल्पना करें कि आप सूर्य और हवा से कितनी ऊर्जा उत्पन्न करेंगे, इसकी बिल्कुल सटीक, वास्तविक समय की रिपोर्ट प्राप्त करने में सक्षम होंगे। इससे न केवल ग्रिड अधिक स्थिर हो जाएगा, बल्कि हरित ऊर्जा जोड़ना भी आसान हो जाएगा।

ग्रिड आधुनिकीकरण और स्मार्ट ग्रिड

स्मार्ट ग्रिड बनाए जा रहे हैं, जो हरित ऊर्जा का उपयोग करने का एक तरीका हो सकता है। अपनी वर्तमान ग्रिड प्रौद्योगिकी को अधिक स्मार्ट और अधिक लचीला बनाकर, हम यह सुनिश्चित कर सकते हैं कि नवीकरणीय स्रोतों से परिवर्तनीय ऊर्जा को अच्छी तरह से प्रबंधित और फैलाया जाए। स्मार्ट ग्रिड सभी स्रोतों से ऊर्जा के प्रवाह पर नज़र रखने और प्रबंधित करने के लिए कंप्यूटर का उपयोग करते हैं। इस तरह, लोगों को जरूरत पड़ने पर बिजली मिल सकेगी। इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IoT) डिवाइस, स्मार्ट मीटर और स्मार्ट ग्रिड को जोड़ने से पावर ग्रिड तेज और अधिक स्थिर हो जाता है। हालाँकि, हरित ऊर्जा लगाने के लिए इसका क्या मतलब है? एक तरह से, यह एक ऐसी प्रणाली के लिए जगह बनाता है जो हरित ऊर्जा को बेहतर बनाने के उतार-चढ़ाव को संभाल सकती है।

ऊर्जा भंडारण में नवाचार

उन स्थानों पर हरित ऊर्जा को कारगर बनाने की कुंजी, जहां बिजली के स्तर में परिवर्तन होता है, ऊर्जा भंडारण के नए तरीकों का आविष्कार करना है। आप उस अतिरिक्त ऊर्जा को संग्रहीत कर सकते हैं जो तब बनती है जब चीजें लिथियम-आयन बैटरी, पंप किए गए पानी के भंडारण और अन्य प्रौद्योगिकियों में व्यस्त होती हैं। वे यह सुनिश्चित करने के लिए ऐसा करते हैं कि जब हरित स्रोत काम नहीं कर रहे हों तब भी ऊर्जा आती रहे। इस बारे में सोचें कि क्या होगा यदि बैटरी तकनीक को लंबे समय तक बहुत सारी बिजली संग्रहीत करने के बेहतर और सस्ते तरीके मिल जाएं। यह स्वच्छ ऊर्जा को अन्य प्रकार की ऊर्जा की तरह ही स्थिर बना देगा, लेकिन यह बदल जाएगा कि हम इसका उपयोग कैसे करते हैं।

नीति और विनियामक ढाँचे

ऐसी नीतियां और नियम बनाए जाने चाहिए जो नवीकरणीय ऊर्जा का समर्थन करें ताकि लोगों के लिए इसका उपयोग आसान हो सके। ये मॉडल ग्रिड को अद्यतन करने, नवीकरणीय ऊर्जा प्रौद्योगिकियों के निर्माण और उपयोग को बढ़ावा देने में मदद कर सकते हैं, और यह सुनिश्चित कर सकते हैं कि ऊर्जा बाजार इस तरह से स्थापित किए जाएं जिससे यह अधिक संभावना हो कि हरित स्रोतों का उपयोग किया जाएगा। एकीकरण

में मदद के लिए, सरकारों को यह सुनिश्चित करना चाहिए कि उनकी नीतियां सुरक्षित ऊर्जा भविष्य के लक्ष्य का समर्थन करती हैं।

निष्कर्ष

पहले से मौजूद बिजली लाइनों में हरित ऊर्जा जोड़ना आसान नहीं है क्योंकि ऊर्जा स्रोत समय के साथ बदलते हैं और ग्रिड के लिए हमारे पास अब जो तकनीक है वह सही नहीं है। लेकिन उत्तर उतने ही अनूठे हैं जितने कि वे समस्याएँ जिन्हें वे हल करने का प्रयास कर रहे हैं। हम बेहतर मौसम पूर्वानुमान उपकरणों, अधिक अद्यतन पावर ग्रिड, नई ऊर्जा भंडारण विधियों, सहायक नियमों और अधिक प्रसार पीढ़ी के साथ इन मुद्दों को हल कर सकते हैं।

*

******

नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण के लिए तापीय संयंत्रों में हरित अमोनिया की भूमिका

- *मनोज कुमार, उप-निदेशक, स्वच्छ ऊर्जा एवं ऊर्जा परिवर्तन, योजना स्कन्ध, के.वि.प्रा.*

देश-विदेश में मौजूदा/नए कोयला-आधारित और गैस-आधारित तापीय संयंत्रों में हरित अमोनिया सह-फायरिंग की संभावना पर परीक्षण चल रहे है जो वैश्विक तापमान को 1.5°C /2°C तक सीमित करने और विश्व के नेट शून्य उत्सर्जन (NZE) लक्ष्य को प्राप्त करने की दिशा में एक प्रयास है।

1. परिचय

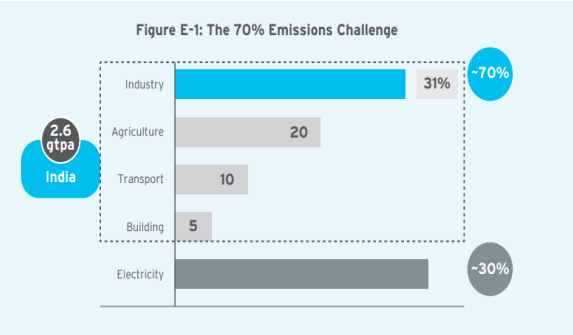
वर्तमान में भारत में तापीय (कोयला/लिग्नाइट/गैस) स्थापित क्षमता लगभग 243 गीगावाट (31.07.2024 तक) है जो कुल स्थापित क्षमता का 55% है। इसके अलावा देश की बेस लोड आवश्यकता को पूरा करने के लिए सरकार ने अतिरिक्त न्यूनतम 80,000 मेगावाट कोयला आधारित क्षमता 2031-32 तक जोड़ने का लक्ष्य रखा है।

ऊर्जा सुरक्षा सुनिश्चित करने और बिजली की आपूर्ति को स्थिर बनाए रखने और तेजी से बढती आर्थिक व्यवस्था के समर्थन के लिए, वर्तमान में भारत में कोयला बिजली उत्पादन के लिए प्रमुख स्रोत है। इसके अलावा निकट भविष्य के कम कार्बन वाले दौर में भी कोयला एक प्रमुख ऊर्जा स्रोत के रूप में बने रहने की उम्मीद है। हालांकि ऊर्जा क्षेत्र में कोयला बिजली उद्योग सबसे बड़ा CO_2 उत्सर्जक भी है जो देश के कार्बन उत्सर्जन का लगभग 40% हिस्सा है।

2. पृष्ठभूमि

वायुमंडल में CO_2 की वैश्विक औसत सांद्रता फरवरी-2024 तक लगभग 423 पीपीएम (0.042%) है जो औद्योगिक क्रांति की शुरुआत से (280 पीपीएम (0.028%)) लगभग 50% की बढोतरी कर चुका है।

भारत दुनिया में चीन और अमेरिका के बाद तीसरा सबसे बड़ा CO_2 उत्सर्जक है। भारत के तीसरे राष्ट्रीय संचार (3rd NC) के अनुसार वर्ष 2019 में भारत का CO_2 उत्सर्जन 2.64 गीगाटन (Gt) रहा है।



उद्गम: नीति आयोग

यहां यह उल्लेख करना ज़रूरी है कि IPCC की जलवायु परिवर्तन 2022-नीति निर्माताओं के लिए सारांश रिपोर्ट से यह संकेत मिलते है कि 1850 से 2019 तक ऐतिहासिक संचयी नेट CO_2 उत्सर्जन 2400 ± 240 $GtCO_2$ था। 2020 के बाद से वैश्विक शेष कार्बन बजट 500 $GtCO_2$ होने का अनुमान है जिसमें ग्लोबल वार्मिंग को 1.5°C तक सीमित करने की 50% संभावना है और वार्मिंग को 2°C तक सीमित करने की 67% संभावना के साथ

वैश्विक शेष कार्बन बजट 1150 GtCO2 होने का अनुमान है। कार्बन बजट CO_2 की कुल नेट मात्रा को संदर्भित करता है जिसे मानवीय गतिविधियों द्वारा उत्सर्जित किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त COP-28 के दौरान संपन्न पहला ग्लोबल स्टॉकटेक (1st GST) (जिसका उल्लेख पेरिस समझौते के अनुच्छेद-4 मिलता है) यह दर्शाता है कि पेरिस समझौते के सभी हस्ताक्षरकर्ताओं को ऊर्जा प्रणालियों से जीवाश्म ईंधन को दूर करने और अप्रतिबंधित (unabated) कोयला बिजली को बंद करने के प्रयासों में तेजी लानी चाहिए ताकि नेट शून्य 2050 तक हासिल किया जा सके।

इसके अलावा IEA की नेट शून्य रोडमैप-2050 (2023 अपडेट) रिपोर्ट यह दर्शाती है कि विकसित अर्थव्यवस्थाओं को 2030 तक और उभरते बाजार और विकासशील अर्थव्यवस्थाओं (EMDE) को 2040 तक "अप्रतिबंधित" कोयला आधारित बिजली उत्पादन को बंद करना है। IPCC की छठी आकलन रिपोर्ट में स्पष्ट रूप से कहा गया है कि "प्रतिबंधित (abated)" का अर्थ तापीय संयंत्रों से 90% या उससे अधिक CO_2 को पकड़ना है।

इसके अलावा भारत ने 2070 तक नेट शून्य उत्सर्जन बनने का लक्ष्य घोषित किया है। 1.5°C /2°C और नेट-शून्य उत्सर्जन-2070 को प्राप्त करने के लिए, बिजली क्षेत्र के विशेष रूप से कोयला-आधारित तापीय संयंत्रों से CO_2 में महत्वपूर्ण कमी करना ज़रूरी है।

3. CO2 उत्सर्जन में कमी लाने के उपाय

मुख्यतःआपूर्ति पक्ष से CO_2 उत्सर्जन को कम करने के दो दृष्टिकोण हैं जिसमें पहला RE (सौर/पवन) आधारित क्षमता को बढ़ाकर और दूसरा कोयला-आधारित तापीय संयंत्रों में हस्तक्षेपकर। लेकिन RE अपने परिवर्तनशीलता और विश्वसनीयता के मुद्दों के कारण, अकेले RE बेस लोड उत्पादन की मांग को पूरा नहीं कर सकता है। वर्तमान में कोयला-आधारित तापीय संयंत्र बेस लोड उत्पादन की मांग को पूरा कर रहे हैं।

एक तरफ ऊर्जा सुरक्षा एवं सस्ती बिजली और दूसरी तरफ कोयला उत्पादन पर भारत की आत्मनिर्भरता जो वर्तमान में बिजली की मांग का लगभग 73% पूरा कर रहा है इत्यादी को ध्यान में रखते हुए, भारत कोयला-आधारित तापीय संयंत्रों को बंद करने का जोखिम नहीं उठा सकता है। इसलिए भारत को देश की पर्यावरणीय प्रतिबद्धताओं को ध्यान में रखते हुए, CO_2 उत्सर्जन को कम करने के लिए कोयला-आधारित तापीय संयंत्रों में कुछ तकनीकी हस्तक्षेप की आवश्यकता है।

कुछ निम्नलिखित संभावित तकनीकी और नीतिगत हस्तक्षेप जो कोयला-आधारित तापीय संयंत्रों से CO_2 उत्सर्जन को कम कर सकते हैं:

i. पुरानी अकुशल थर्मल इकाइयों को हटाकर।
ii. RES आधारित उत्पादन को समायोजित करने के लिए कोयला-आधारित तापीय संयंत्रों का लचीला संचालन।
iii. अल्ट्रा सुपर-क्रिटिकल (USC) जैसी उन्नत बॉयलर तकनीक।
iv. बायोमास सह-फायरिंग।
v. ग्रीन अमोनिया सह-फायरिंग।
vi. कार्बन कैप्चर यूटिलाइजेशन एंड स्टोरेज (CCUS)।

यह प्रशंसनीय है कि इस दिशा में सरकार पहले से ही पुरानी अकुशल थर्मल इकाइयों को हटाकर, USC जैसी उन्नत बॉयलर तकनीक का उपयोग करके और बायोमास सह-फायरिंग करके कोयला-आधारित तापीय संयंत्रों से CO_2 को कम करने के प्रयास कर रही है। इसके अलावा अमोनिया सह-फायरिंग और CCUS ऐसे नए आशाजनक क्षेत्र हैं जो ऊर्जा क्षेत्र को डीकार्बोनाइज करने के साथ कोयला-आधारित तापीय संयंत्रों से CO_2 उत्सर्जन को काफी हद तक कम कर सकते हैं।

4. ग्रीन अमोनिया सह-फायरिंग

अमोनिया (NH_3) नाइट्रोजन और हाइड्रोजन का एक यौगिक है। इसका उपयोग रासायनिक क्षेत्र में फीडस्टॉक के रूप में, प्रत्यक्ष दहन प्रक्रियाओं में या ईंधन सेल में ईंधन के रूप में और हाइड्रोजन वाहक के रूप में किया जा सकता है।

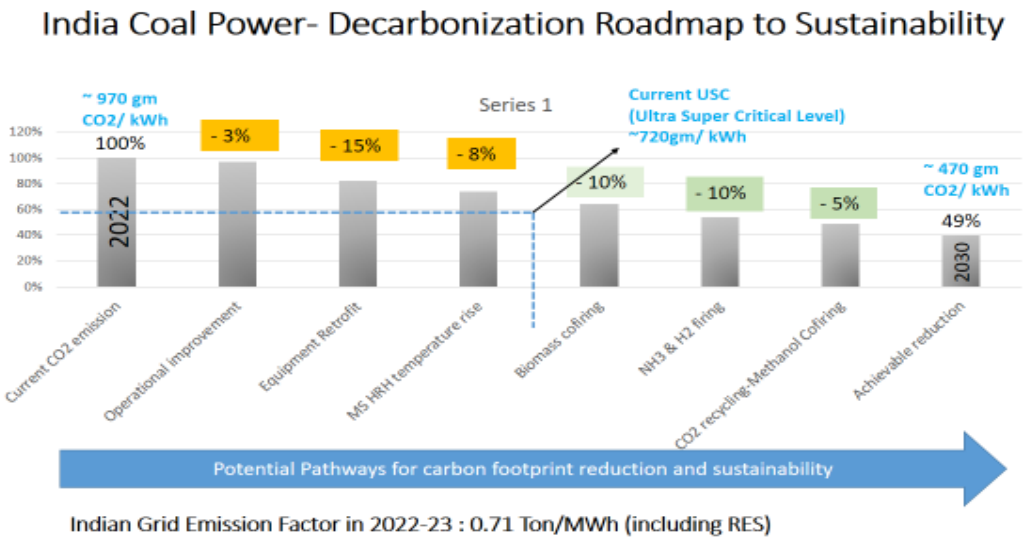
ऊर्जा उद्पादन के लिए अमोनिया को कोयले के साथ तापीय संयंत्रों में जलया जा सकता है इसके लिए तापीय संयंत्रों के उपकरनो में रेट्रोफिटिंग करना पड़ेगा। "सह-फायरिंग अनुपात" ऊर्जा के रुप मे विभाजन को संदर्भित करता है, उदाहरण के लिए

20% सह-फायरिंग अनुपात का मतलब है कि अमोनिया ऊर्जा के रुप मे 20% कोयले की जगह लेता है।

वातावरण को कार्बन न्यूट्रल बनाने के लिए हाइड्रोजन और अमोनिया के सम्भवित अनुप्रयोगो पर शोध अधिक सक्रिय हो रहे हैं।

4.1. GE कंपनी का कोयला-आधारित तापीय संयंत्रों से CO_2 में कमी की संभावना पर विश्लेषण:

GE कंपनी के विश्लेषण के अनुसार कार्बन फुटप्रिंट में कमी और स्थिरता के लिए संभावित रोडमैप/मार्ग का चित्रात्मक रचना को नीचे दिखाया गया है:



Indian Grid Emission Factor in 2022-23 : 0.71 Ton/MWh (including RES)

इसलिए यह कहा जा सकता है कि कोयला-आधारित संयंत्र NZE युग में भी ग्रिड का अभिन्न अंग बने रहेंगे जो ग्रिड में परिवर्तनीय नवीकरणीय ऊर्जा (VRE) के एकीकरण की सुविधा भी प्रदान करते रहेंगे।

हालांकि, थर्मल पावर उत्पादन के लिए कोयला-आधारित संयंत्र में ग्रीन अमोनिया सह-फायरिंग के संबंध में कई चुनौतियाँ हैं, जिनमें से कुछ प्रमुख चुनौतियाँ हैं: -

i. **बर्नर रूपांतरण**: - स्थिर और कुशल दहन प्रक्रिया सुनिश्चित करने के लिए मौजूदा बर्नर को संशोधित करना या बॉयलर के लिए नए बर्नर विकसित करना आवश्यक है।

ii. **कम ज्वलनशीलता और NOx में वृद्धि**:- अमोनिया की दहन विशेषताएँ कोयले और प्राकृतिक गैस से भिन्न होती हैं। उदाहरण के लिए, प्राकृतिक गैस की तुलना में अमोनिया की ज्वलनशीलता कम होती है इसलिए बॉयलर में स्थिर दहन प्राप्त करना मुश्किल होता है। अमोनिया को जलाने के साथ-साथ बॉयलर के डाउनस्ट्रीम में बिना जले अमोनिया और NOx उत्सर्जन की समस्या भी आती है। इस समस्या को हल करने के लिए अमोनिया बर्नर से स्थिर प्रज्वलन प्राप्त करना और उचित वायु वितरण के साथ दहन क्षेत्र को नियंत्रित करना आवश्यक है। स्थिर प्रज्वलन प्राप्त करने के लिए ईंधन-वायु मिश्रण, वायु वेग और लौ स्थिरीकरण संरचना को अनुकूलित करना आवश्यक है।

iii. **अमोनिया विषाक्तता और रिसाव का पता लगाना**: - विषाक्त अमोनिया का जीवित प्राणियों पर प्रभाव भी एक बड़ी चुनौती है जो सुरक्षा उपाय और रिसाव का पता लगाने की अहमियत बताता है। इसके लिए बिजली संयंत्रों का मौजूदा बुनियादी ढांचा पर्याप्त नहीं है। इसलिए बिजली संयंत्रों में रिसाव का पता लगाने वाले सिस्टम/विश्लेषकों और अन्य सुरक्षित उपायों के कार्यान्वयन की आवश्यकता हो सकती है।

मित्सुबिशी हेवी इंडस्ट्रीज (MHI) द्वारा तकनीकी समीक्षा (दिसंबर 2022) के तहत बिजली संयत्रो में अमोनिया सह-फायरिंग के लिए बॉयलर में संसोधन हेतु कुछ तकनीकी चुनौतियो को निम्नानुसार उल्लेखित किया है: -

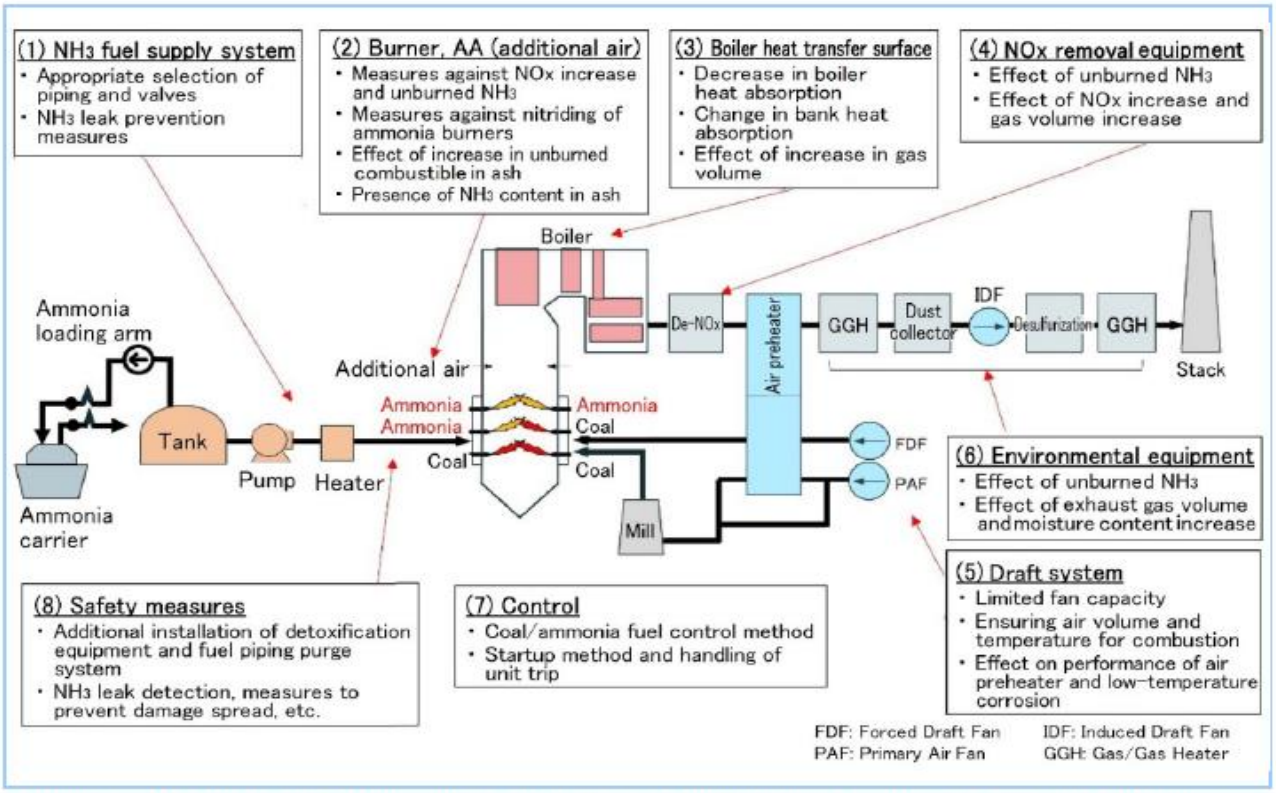


Figure 1 Technological issues in modifying coal-fired boiler to ammonia co-fired boiler

4.2. तकनीकी चुनौतियों पर BHEL के विचार:

अमोनिया (NH3) एक हरित ईंधन है और इससे कार्बन आधारित उत्सर्जन की कोई आशंका नहीं है। भारतीय बिजली संयंत्र परिदृश्य में अमोनिया नया ईंधन है। अमोनिया कम कैलोरी वाला गैसीय ईंधन है और स्वभाव में जहरीला और सुस्त ईंधन है जिसे प्रज्वलित करने के लिए अतिरिक्त पायलट लौ की आवश्यकता होती है। इस ईंधन का भारत में परीक्षण नहीं किया गया है, लेकिन जापान में कोयले के साथ अमोनिया सह-फायरिंग के संबंध में कुछ अध्ययन किए गए हैं और रिपोर्ट की गई है।

उर्वरक निर्माण प्रक्रिया में अमोनिया हैंडलिंग आम है। BHEL सक्षम है और कोयला-आधारित बॉयलरों में NOx कमी के लिए SCR सिस्टम के रूप में अमोनिया भंडारण और हैंडलिंग प्रणाली की आपूर्ति कर रहा है।

अमोनिया फायरिंग सिस्टम विकसित करने और कम लोड पर लौ स्थिरता, इग्निशन, फ्लेम स्कैनर पिक-अप और NOx उत्सर्जन आदि का अध्ययन करने के लिए कोयला-आधारित बॉयलरों में कोयले के साथ अमोनिया सह-फायरिंग के परीक्षण करना जरूरी हैं।

5. ग्रीन NH3 सह-फायरिंग के कारण लागत पर प्रभाव

यह ध्यान दिया जाता है कि मौजूदा बॉयलर प्रणाली में उपयुक्त संशोधन करने के बाद (जैसे अतिरिक्त NH_3 बर्नर की स्थापना, फायरिंग/दहन/लौ निगरानी प्रणाली आदि) अमोनिया को कोयला/गैस के साथ जलाया जा सकता है।

अमोनिया की उत्पादन लागत विभिन्न कारकों पर निर्भर करती है जैसे H_2 उत्पादन लागत जो स्वयं इलेक्ट्रोलाइजर लागत और नवीकरणीय ऊर्जा लागत पर निर्भर करती है। यह भी देखा गया है कि देश मे अमोनिया हैंडलिंग के लिए आपूर्ति श्रृंखला और लॉजिस्टिक सुविधाएं अत्यधिक विकसित हैं। जैसे-जैसे इस तकनिकी को बड़े पैमाने पर अपनाया जाता है और तकनिकी सुधारो की वजह से दक्षता बढ़ती है वैसे- वैसे इसकी उत्पादन लागत स्वाभाविक रूप से कम होने की उम्मीद है।

कोयला-आधारित और गैस-आधारित तापीय संयंत्रों में हरित अमोनिया सह-फायरिंग की वजह से लागत पर प्रभाव के आधार पर यह देखा गया है कि अमोनिया सह-फायरिंग गैस-आधारित तापीय संयंत्रों में ज्यादा कारगर है। इसके अलावा भविष्य में गैस-

आधारित तापीय संयंत्र के लिए ग्रीन अमोनिया एक वैकल्पिक ईंधन का विकल्प हो सकता है।

6. वैश्विक एवं राष्ट्रीय स्तर पर अनुभव

ग्लोबल वार्मिंग दुनिया के सभी देशों की चिंता का विषय है। ग्लोबल वार्मिंग को रोकने के लिए पूरा विश्व सामूहिक प्रयास कर रहा है। इस दिशा में UNFCCC जैसे अंतर्राष्ट्रीय संगठन-COP/पेरिस समझौते के माध्यम से जलवायु परिवर्तन को कम करने की जिम्मेदारी तय कर रहे हैं। ऐतिहासिक GHG उत्सर्जन को देखते हुए विकसित अर्थव्यवस्थाओं को 1.5C ग्लोबल वार्मिंग को सीमित करने के लिए कोयले से होने वाले उत्पादन को 2030 तक बंद करना होगा।

इसके अलावा यह भी ध्यान देने योग्य है कि जापान जैसे विकसित देश कोयला आधारित तापीय संयंत्र से CO_2 उत्सर्जन को कम करने के लिए NH_3 सह-फायरिंग तकनीक का उपयोग कर रहे हैं। कुछ देशों द्वारा प्राकृतिक गैस और कोयला आधारित तापीय संयंत्र में NH_3 सह-फायरिंग पर किए गए/किए जा रहे कुछ पायलट परीक्षणों का विवरण नीचे दिया गया है:

i. जापान: 2017 में जापान ने कोयला आधारित संयंत्र (120MW) में 1% NH_3 सह-फायरिंग का सफलतापूर्वक परीक्षण किया था। इसके अलावा 10MW थर्मल क्षमता वाली छोटी भट्टी में बिना किसी समस्या के 20% अमोनिया सह-फायरिंग हासिल की।

ii. मलेशिया: IHI और पेट्रोनास की सहायता से कोयला आधारित संयंत्र में 60% NH_3 सह-दहन परीक्षण सफलतापूर्वक किया।

iii. सिंगापुर: MHI और JERA के सहयोग से संयुक्त चक्र गैस टरबाइन (CCGT) (60MW) में 100% NH_3 सह-दहन की योजना पर काम चल रहा है।

iv. दक्षिण कोरिया: SK E&S और SK प्लग हाइवर्स के सहयोग से प्राकृतिक गैस के साथ-साथ कोयला आधारित संयंत्र में NH_3 सह-दहन की योजना पर काम चल रहा है।

v. भारत: नवंबर-2022 में जापान-भारत स्वच्छ ऊर्जा भागीदारी (CEP) के तत्वावधान में IHI और कोवा-जापान की सहायता से अदानी पावर लिमिटेड (APL) ने मुंद्रा में कोयला आधारित संयंत्र (330MW) में 20% NH_3 सह-दहन पर पायलट परीक्षण पर काम चल रहा है।

7. तापीय संयंत्रों में हरित अमोनिया सह-फायरिंग के लिए विनियामक समर्थन की आवश्यकता

1.5°C/2°C वैश्विक तापमान को सीमित करने और भारत के नेट शून्य-2070 लक्ष्य को प्राप्त करने की दिशा में प्रयास को आगे बढ़ाने के लिए और हरित NH_3 उत्पादन की लागत प्रक्षेपवक्र को प्राप्त करने के लिए निम्नलिखित कुछ कदम उठाने की आवश्यकता है: -

i. तापीय संयंत्रों में NH_3 सह-फायरिंग के क्षेत्र में अनुसंधान एवं विकास परियोजनाओं के लिए सरकारी बजटीय सहायता।

ii. कोयला और गैस आधारित तापीय संयंत्रों में NH_3 सह-फायरिंग की पायलट परियोजनाओं को बढ़ावा देना।

iii. तापीय संयंत्रों में NH_3 सह-फायरिंग के क्षेत्र में उभरती प्रौद्योगिकियों को शीघ्र अपनाने और प्रोत्साहित करने के लिए नीति और नियामक ढांचा विकसित करना।

****

अक्षय ऊर्जा एकीकरण की दिशा में केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण का महत्वपूर्ण योगदान

- *करन सरीन, सहायक निदेशक, विद्युत प्रणाली परियोजना प्रबोधन प्रभाग, के.वि.प्रा.*

कॉप26 में प्रधानमंत्री की घोषणा के अनुरूप, केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (के.वि.प्रा.) 2030 तक 500 गीगावॉट गैर-जीवाश्म आधारित बिजली उत्पादन क्षमता प्राप्त करने की दिशा में निरंतर काम कर रहा है। 2030 तक, भारत का लक्ष्य गैर-जीवाश्म ईंधन आधारित ऊर्जा स्रोतों से आने वाली बिजली की अपनी स्थापित क्षमता का लगभग आधा हिस्सा प्राप्त करना और 2005 के

स्तर से जीडीपी उत्सर्जन तीव्रता में 45 प्रतिशत की कमी लाना है।

सौर और पवन ऊर्जा, जो आंतरायिक और परिवर्तनशील ऊर्जा स्रोत हैं, गैर-जीवाश्म ईंधन से प्राप्त ऊर्जा का एक बड़ा हिस्सा हैं। जब देश के ऊर्जा मिश्रण में इतनी बड़ी मात्रा में नवीकरणीय ऊर्जा जुड़ जाती है, तो सभी के लिए 24x7 बिजली प्रदान करने वाला एक स्थिर ग्रिड बनाए रखना चुनौतीपूर्ण हो जाएगा। इस दिशा में के.वि.प्रा. का राष्ट्रीय इंटर-कनेक्टेड ग्रिड में अक्षय ऊर्जा एकीकरण में प्रमुख सुधार लाने में एहम योगदान है जैसे:

1. 2030 तक 500 गीगावॉट से अधिक अक्षय ऊर्जा क्षमता के एकीकरण के लिए ट्रांसमिशन योजना तैयार की गई है।
2. यह ध्यान रखना महत्वपूर्ण है कि सौर और पवन ऊर्जा परियोजना के लिए गर्भाधान अवधि लगभग 6-12 महीने है लेकिन ऊर्जा निकासी के लिए ट्रांसमिशन लाइन्स की लंबाई और रास्ते (आरओडब्ल्यू समस्याएँ) के आधार पर निकासी ढांचे में अधिक समय यानी लगभग 2-3 साल लगते हैं। इस दिशा में अक्षय ऊर्जा की निकासी के लिए इंट्रा-राज्य और इंटर-राज्य पारेषण प्रणालियों का निर्माण।
3. अक्षय ऊर्जा की निकासी के लिए ग्रीन एनर्जी कॉरिडोर योजना के तहत नई ट्रांसमिशन लाइनें बिछाना और नई सब-स्टेशन क्षमता बनाना।
4. सौर और पवन ऊर्जा से उत्पन्न बिजली के प्रसारण पर अंतर्राज्यीय ट्रांसमिशन शुल्क से छूट।
5. अक्षय ऊर्जा के बेहतर पूर्वानुमान के लिए क्षेत्रीय ऊर्जा प्रबंधन केंद्रों (आरईएमसी) की स्थापना और अक्षय ऊर्जा की परिवर्तनशीलता कर प्रबंधन करने के लिए ग्रिड ऑपरेटरों की सहायता करना।
6. सौर-पवन हाइब्रिड परियोजनाएं, ऊर्जा भंडारण प्रणालियों के साथ अक्षय ऊर्जा परियोजनाएं और गैर-अक्षय ऊर्जा स्रोतों से बिजली के साथ संतुलित अक्षय ऊर्जा बिजली की आपूर्ति जैसे अंतराल को कम करने के लिए समाधान देना।
7. ग्रिड में अक्षय ऊर्जा के एकीकरण की आवश्यकताएँ के कारण कोयले से चलने वाले बिजली संयंत्रों के कम लोड संचालन (40%) को मुख्य रूप से पूरा करने का रोडमैप तैयार करना।
8. अक्षय ऊर्जा और स्टोरेज पावर के साथ बंडलिंग के माध्यम से थर्मल/हाइड्रो पावर स्टेशनों के उत्पादन और शेड्यूलिंग में लचीलापन लाने का रोडमैप तैयार करना।।
9. अक्षय ऊर्जा की बिक्री के लिए ग्रीन टर्म अहेड मार्केट (जी.टी.ए.एम) और ग्रीन डे अहेड मार्केट (जी.डी.ए.एम) का कार्यान्वयन।
10. बिजली क्षेत्र मूल्य श्रृंखला में भुगतान अनुशासन सुनिश्चित करने के लिए बिजली (विलंबित भुगतान अधिभार और संबंधित मामले) नियम, 2022 यह सुनिश्चित करने के लिए कि डिस्कॉम बिजली उत्पादन कंपनियों को अपना बकाया चुकाएं।

इन नियमों के अनुसार विरासत बकाया की किस्त चुकाने में विफलता पूरी बकाया राशि पर विलंबित भुगतान अधिभार (एलपीएस) को आमंत्रित करेगी। एलपीएस नियम वर्तमान बकाया की समयबद्ध निकासी सुनिश्चित करने और भुगतान सुरक्षा तंत्र की स्थापना सुनिश्चित करने के लिए दंडात्मक ढांचा भी प्रदान करते हैं, जैसा कि नियमों के प्रावधानों का पालन नहीं करने पर ओपन एक्सेस की प्रगतिशील वापसी के साथ-साथ बिजली विनियमन को हतोत्साहित करके पीपीए में प्रदान किया गया है।

डिस्कॉम जनरेटिंग कंपनियों को अपने पुराने बकाया चुकाने के लिए पीएफसी लिमिटेड और आरईसी लिमिटेड से ऋण प्राप्त कर सकते हैं।

11. इलेक्ट्रिक वाहन बैटरियों को ग्रिड पर रिवर्स चार्जिंग के लिए दिशानिर्देशों का विकास।
12. ग्रिड कनेक्टेड सोलर पीवी और पवन परियोजनाओं से बिजली की खरीद के लिए टैरिफ आधारित प्रतिस्पर्धी बोली प्रक्रिया के लिए मानक बोली दिशानिर्देश विकसित करना।
13. हरित ऊर्जा ओपन एक्सेस नियम 2022 के माध्यम से नवीकरणीय ऊर्जा को बढ़ावा देना।
14. 2029-30 तक नवीकरणीय खरीद दायित्व और ऊर्जा भंडारण दायित्व प्रक्षेपवक्र।
15. भारत सरकार के वन सन, वन वर्ल्ड, वन ग्रिड कार्यक्रम के माध्यम से 2050 तक 2,600 गीगावॉट इंटरकनेक्शन के लक्ष्य को विकसित करना।
16. ओडिशा, पश्चिम बंगाल, गुजरात, आंध्र प्रदेश, तमिलनाडु और कर्नाटक के तटीय क्षेत्रों में हरित हाइड्रोजन/हरित अमोनिया उत्पादन के कारण बिजली की मांग को पूरा करने के लिए ट्रांसमिशन सिस्टम विकसित करना।

17. गुजरात और तमिलनाडु तट पर अपतटीय पवन ऊर्जा के लिए ट्रांसमिशन सिस्टम बुनियादी ढांचे को विकसित करना।
18. अक्षय ऊर्जा क्षमता वाले क्षेत्रों की वृद्धि को सक्षम करना, उन्हें अंतर-राज्य ट्रांसमिशन सिस्टम(आईएसटीएस) से जोड़ना, ताकि उत्पन्न बिजली को लोड केंद्रों तक पहुंचाया जा सके।
19. बड़े अक्षय ऊर्जा क्षमता वाले क्षेत्रों से बिजली की निकासी के लिए एचवीडीसी ट्रांसमिशन कॉरिडोर का विकास करना।
20. डिस्कॉम के ईवी चार्जिंग स्टेशनों की बिजली खपत के विवरण का अनुरक्षण करना।
21. स्टोरेज परियोजनाएं ग्रिड में नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के एकीकरण और उनके उपयोग के लिए आवश्यक हैं, जिससे ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन से बचा जा सके। इसलिए, स्टोरेज सिस्टम का विकास आत्मनिर्भर भारत के विजन के साथ विकसित करना।
22. जलविद्युत और पंप स्टोरेज परियोजनाओं में डीपीआर मूल्यांकन प्रक्रिया में सुधार।
23. भारत के विभिन्न राज्यों के लिए संसाधन पर्याप्तता का रोडमैप विकसित करना।

यह अंत नहीं है, अक्षय ऊर्जा एकीकरण की दिशा में के.वि.प्रा. राष्ट्रीय इंटर-कनेक्टेड ग्रिड में अक्षय ऊर्जा एकीकरण में और सुधार लाने में कार्यरत है।

****

नवीकरणीय ऊर्जा का भारतीय ग्रिड में एकीकरण और इससे जुड़ी चुनौतियाँ

- *पूरन चंद, सहायक निदेशक-I, पीडीएम&एलएफ, के.वि.प्रा.*

-

भारत, जो विश्व में सबसे तेजी से विकसित हो रहे देशों में से एक है, अपनी विशाल जनसंख्या और बढ़ती आर्थिक गतिविधियों के चलते ऊर्जा की भारी मांग का सामना कर रहा है। इस बढ़ती मांग को पूरा करने के लिए, देश को ऊर्जा के स्रोतों की तलाश में विविधता लाने और अपनी ऊर्जा आपूर्ति को सुरक्षित, सस्ती और सतत बनाने की आवश्यकता है। इस संदर्भ में, नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत, जैसे सौर, पवन, जल विद्युत, और जैव ऊर्जा, महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। नवीकरणीय ऊर्जा का भारतीय ग्रिड में सफल एकीकरण, हालांकि, एक जटिल और चुनौतीपूर्ण कार्य है, जिसे विभिन्न तकनीकी, आर्थिक और नीतिगत बाधाओं को पार करने की आवश्यकता है।

भारत में ऊर्जा का वर्तमान परिदृश्य

भारत की ऊर्जा आवश्यकताओं का एक बड़ा हिस्सा पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों से पूरा होता है, जिनमें मुख्य रूप से कोयला, तेल, और प्राकृतिक गैस शामिल हैं। ये स्रोत न केवल सीमित हैं, बल्कि पर्यावरण पर भी उनका नकारात्मक प्रभाव पड़ता है, जैसे ग्रीनहाउस गैसों का उत्सर्जन और वायु प्रदूषण। दूसरी ओर, नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत, जैसे सौर और पवन ऊर्जा, न केवल अक्षय हैं, बल्कि इनके उपयोग से पर्यावरणीय नुकसान भी कम होता है। इसके बावजूद, पारंपरिक ऊर्जा स्रोत अभी भी भारत की कुल ऊर्जा खपत का लगभग 75% हिस्सा बनाते हैं।

नवीकरणीय ऊर्जा का योगदान, हालांकि तेजी से बढ़ रहा है। 2023 तक, भारत ने लगभग 120 गीगावॉट (GW) की नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता स्थापित की है,

जिसमें से सौर ऊर्जा का योगदान 60 GW और पवन ऊर्जा का 40 GW है। इसके अलावा, भारत ने 2030 तक 500 GW गैर-जीवाश्म ईंधन क्षमता प्राप्त करने का लक्ष्य निर्धारित किया है, जिसमें से 450 GW नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों से प्राप्त किया जाएगा। इस लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का ग्रिड में एकीकरण आवश्यक है, जो कई चुनौतियों के साथ आता है।

नवीकरणीय ऊर्जा के प्रकार और उनका महत्व

भारत में नवीकरणीय ऊर्जा के विभिन्न स्रोतों का विकास किया जा रहा है। इनमें प्रमुख रूप से सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, जल विद्युत, और जैव ऊर्जा शामिल हैं। इन स्रोतों के विकास के लिए सरकार ने कई योजनाएँ और नीतियाँ लागू की हैं, जो न केवल ऊर्जा उत्पादन को बढ़ावा देती हैं, बल्कि निवेशकों को आकर्षित करने के लिए भी अनुकूल वातावरण प्रदान करती हैं।

1. सौर ऊर्जा

सौर ऊर्जा भारत के नवीकरणीय ऊर्जा क्षेत्र का प्रमुख स्तंभ है। भारत की भौगोलिक स्थिति इसे सौर ऊर्जा उत्पादन के लिए आदर्श बनाती है। भारत में सौर विकिरण का स्तर उच्च है, जिससे देश भर में बड़े पैमाने पर सौर ऊर्जा उत्पादन की संभावना है। जवाहरलाल नेहरू राष्ट्रीय सौर मिशन (JNNSM) 2010 में शुरू किया गया था, जिसका उद्देश्य 2022 तक 100 GW सौर ऊर्जा स्थापित करना था। हालाँकि, 2023 तक भारत ने इस लक्ष्य को लगभग आधा पूरा कर लिया है, और सौर ऊर्जा क्षमता में लगातार वृद्धि हो रही है।

सौर ऊर्जा का उपयोग न केवल बड़े सौर पार्कों में किया जा रहा है, बल्कि ग्रामीण क्षेत्रों में भी विकेन्द्रीकृत सौर अनुप्रयोगों के माध्यम से हो रहा है। सौर ऊर्जा की सबसे बड़ी विशेषता यह है कि यह स्वच्छ, अक्षय और पर्यावरण के अनुकूल है। इसके अलावा, सौर ऊर्जा का उपयोग ग्रामीण विद्युतीकरण, सौर पंप, और सौर जल हीटर जैसे अनुप्रयोगों में भी किया जा रहा है, जिससे न केवल ऊर्जा की आपूर्ति सुनिश्चित हो रही है, बल्कि स्थानीय रोजगार के अवसर भी बढ़ रहे हैं।

2. पवन ऊर्जा

पवन ऊर्जा भारत में दूसरा प्रमुख नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत है। पवन ऊर्जा का विकास मुख्य रूप से दक्षिणी और पश्चिमी राज्यों में हुआ है, जैसे तमिलनाडु, गुजरात, महाराष्ट्र और राजस्थान। भारत की कुल पवन ऊर्जा क्षमता 40 GW से अधिक है, और यह आंकड़ा लगातार बढ़ रहा है। पवन ऊर्जा उत्पादन मानसून के मौसम के दौरान उच्चतम होता है, जो इसे ऊर्जा का एक महत्वपूर्ण स्रोत बनाता है।

हालाँकि, पवन ऊर्जा के विकास में कई चुनौतियाँ हैं, जैसे भूमि अधिग्रहण, ग्रिड कनेक्टिविटी, और हवा की परिवर्तनशीलता। पवन ऊर्जा उत्पादन हवा की गति पर निर्भर करता है, जो समय और स्थान के अनुसार बदलती रहती है। इसलिए, पवन ऊर्जा के एकीकरण के लिए ग्रिड की स्थिरता और लचीलापन आवश्यक है, ताकि ऊर्जा उत्पादन में होने वाले उतार-चढ़ाव को प्रबंधित किया जा सके।

3. जल विद्युत

जल विद्युत भारत में सबसे पुराना और विश्वसनीय नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत है। यह न केवल बिजली उत्पादन का एक प्रमुख स्रोत है, बल्कि जल प्रबंधन, सिंचाई और बाढ़ नियंत्रण में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। भारत की जल विद्युत क्षमता लगभग 50 GW है, और यह क्षमता भी बढ़ रही है। जल विद्युत परियोजनाएँ बड़े पैमाने पर ऊर्जा उत्पादन करती हैं और इनमें ऊर्जा उत्पादन की स्थिरता अधिक होती है।

हालाँकि, जल विद्युत परियोजनाओं के विकास में कई पर्यावरणीय और सामाजिक चुनौतियाँ होती हैं, जैसे भूमि अधिग्रहण, विस्थापन, और पारिस्थितिक संतुलन पर प्रभाव। इन चुनौतियों को ध्यान में रखते हुए, सरकार ने जल विद्युत परियोजनाओं के विकास के लिए सख्त पर्यावरणीय मानदंड लागू किए हैं, ताकि परियोजनाओं का विकास सतत और संतुलित तरीके से हो सके।

4. जैव ऊर्जा

जैव ऊर्जा एक महत्वपूर्ण नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत है, जो कृषि अवशेष, वन अपशिष्ट, और अन्य जैविक सामग्रियों से उत्पन्न होती है। भारत में बायोगैस, बायोमास और जैव ईंधन के रूप में जैव ऊर्जा का उपयोग होता है। यह ऊर्जा स्रोत विशेष रूप से ग्रामीण क्षेत्रों में महत्वपूर्ण है, जहाँ जैविक अपशिष्ट की

उपलब्धता अधिक होती है। जैव ऊर्जा का उपयोग न केवल ऊर्जा उत्पादन के लिए किया जा रहा है, बल्कि इसे ग्रामीण रोजगार और स्वच्छता में सुधार के साधन के रूप में भी देखा जा रहा है।

जैव ऊर्जा परियोजनाओं का विकास सरकार की विभिन्न योजनाओं के तहत हो रहा है, जैसे कि प्रधानमंत्री उज्ज्वला योजना, जिसके तहत बायोगैस संयंत्रों को प्रोत्साहन दिया जा रहा है। इसके अलावा, बायोमास आधारित बिजली उत्पादन को भी प्रोत्साहित किया जा रहा है, जो न केवल ऊर्जा उत्पादन करता है, बल्कि कृषि अवशेषों के प्रबंधन में भी सहायक है।

नवीकरणीय ऊर्जा का भारतीय ग्रिड में एकीकरण

नवीकरणीय ऊर्जा का भारतीय ग्रिड में एकीकरण कई पहलुओं पर निर्भर करता है, जैसे कि ग्रिड की स्थिरता, लचीलापन, और प्रौद्योगिकी की उपलब्धता। नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत, विशेष रूप से सौर और पवन ऊर्जा, अपनी प्राकृतिक विशेषताओं के कारण परिवर्तनशील होते हैं। यह परिवर्तनशीलता ग्रिड की स्थिरता के लिए एक बड़ी चुनौती हो सकती है, क्योंकि पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों की तुलना में नवीकरणीय ऊर्जा का उत्पादन मौसम और समय के अनुसार बदलता रहता है।

1. ग्रिड स्थिरता और लचीलापन

ग्रिड स्थिरता नवीकरणीय ऊर्जा के सफल एकीकरण के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। जब ग्रिड में नवीकरणीय ऊर्जा का अनुपात बढ़ता है, तो ग्रिड को अचानक होने वाले उत्पादन परिवर्तनों को संभालने में सक्षम होना चाहिए। उदाहरण के लिए, अगर अचानक बादल छा जाते हैं, तो सौर ऊर्जा उत्पादन में अचानक गिरावट आ सकती है, जिसे अन्य ऊर्जा स्रोतों द्वारा तुरंत पूरक करना आवश्यक है। इसी तरह, पवन ऊर्जा भी हवा की गति पर निर्भर होती है, जो दिन और मौसम के अनुसार बदलती रहती है।

इस चुनौती से निपटने के लिए, भारत में ग्रिड को अधिक लचीला और स्मार्ट बनाने की दिशा में कई प्रयास किए जा रहे हैं। इसमें उन्नत ग्रिड प्रबंधन प्रणाली, वास्तविक समय निगरानी और नियंत्रण प्रणाली, और स्वचालित उत्पादन नियंत्रण (AGC) जैसी तकनीकों का उपयोग शामिल है। ये तकनीकें ग्रिड ऑपरेटरों को नवीकरणीय ऊर्जा के उत्पादन में होने वाले अचानक परिवर्तनों का प्रबंधन करने और ग्रिड की स्थिरता बनाए रखने में मदद करती हैं।

2. ऊर्जा भंडारण समाधान

नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण में ऊर्जा भंडारण (Energy Storage) एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। ऊर्जा भंडारण प्रणालियाँ, जैसे बैटरी और पंप्ड हाइड्रो स्टोरेज, अधिक उत्पादन के समय में ऊर्जा को संग्रहीत कर सकती हैं और इसे कम उत्पादन या उच्च मांग के समय में जारी कर सकती हैं। यह प्रक्रिया नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन में होने वाले उतार-चढ़ाव को समतल करने और अधिक विश्वसनीय ऊर्जा आपूर्ति सुनिश्चित करने में मदद करती है।

भारत में ऊर्जा भंडारण समाधान की संभावनाओं का पता लगाया जा रहा है। 2021 में आंध्रप्रदेश में भारत की पहली बड़ी बैटरी स्टोरेज परियोजना स्थापित की गई थी, जिसकी क्षमता 150 MW/150 MWh थी। इसके अलावा, सरकार पंप्ड हाइड्रो स्टोरेज परियोजनाओं के विकास को भी प्रोत्साहित कर रही है, जो बड़ी मात्रा में ऊर्जा को लंबे समय तक संग्रहीत करने की क्षमता रखते हैं।

हालाँकि, ऊर्जा भंडारण प्रौद्योगिकियाँ अभी भी अपेक्षाकृत महंगी हैं, और भारत में इनके व्यापक उपयोग के लिए लागत में कमी और नीति समर्थन की आवश्यकता है। सरकार ने ऊर्जा भंडारण में अनुसंधान और विकास को बढ़ावा देने के लिए कई पहलों की शुरुआत की है, साथ ही नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं के साथ स्टोरेज सिस्टम की तैनाती के लिए प्रोत्साहन भी प्रदान किए हैं। इसके अलावा, निजी क्षेत्र में भी ऊर्जा भंडारण समाधानों के विकास में निवेश करने की दिशा में रुचि बढ़ रही है, जिससे इस क्षेत्र में नवाचार और प्रतिस्पर्धा को बढ़ावा मिल सकता है।

3. ट्रांसमिशन इन्फ्रास्ट्रक्चर

नवीकरणीय ऊर्जा के सफल एकीकरण के लिए पर्याप्त ट्रांसमिशन इन्फ्रास्ट्रक्चर का विकास भी आवश्यक है। भारत के कई नवीकरणीय ऊर्जा संसाधन, विशेष रूप से पवन और सौर ऊर्जा, दूरस्थ क्षेत्रों में स्थित हैं, जहाँ से प्रमुख लोड सेंटर्स तक बिजली पहुँचाने के लिए लंबी दूरी की ट्रांसमिशन लाइनों का निर्माण आवश्यक है।

ग्रीन एनर्जी कॉरिडोर परियोजना इस चुनौती से निपटने के लिए एक महत्वपूर्ण पहल है। 2013 में शुरू की गई इस परियोजना का उद्देश्य नवीकरणीय ऊर्जा के लिए

समर्पित ट्रांसमिशन नेटवर्क का विकास करना है, जिसमें उच्च क्षमता वाली ट्रांसमिशन लाइनें, सबस्टेशन, और ग्रिड एकीकरण सुविधाएँ शामिल हैं। इस परियोजना को कई चरणों में लागू किया जा रहा है, जिसका लक्ष्य 2022 तक 175 GW नवीकरणीय ऊर्जा को राष्ट्रीय ग्रिड में एकीकृत करना है।

हालाँकि, ट्रांसमिशन इन्फ्रास्ट्रक्चर विकास में कई अड़चनें हैं, जिनमें भूमि अधिग्रहण के मुद्दे, पर्यावरणीय चिंताएँ, और परियोजना अनुमोदनों में देरी शामिल हैं। सरकार ने अनुमोदन प्रक्रिया को सरल बनाने और ट्रांसमिशन इन्फ्रास्ट्रक्चर के विकास में तेजी लाने के लिए सार्वजनिक-निजी साझेदारी को बढ़ावा देने की दिशा में कदम उठाए हैं। इसके अलावा, ट्रांसमिशन नेटवर्क के आधुनिकीकरण और विस्तार के लिए निवेशकों को आकर्षित करने के लिए नीतिगत सुधार भी किए जा रहे हैं।

4. स्मार्ट ग्रिड तकनीकें

नवीकरणीय ऊर्जा का सफल एकीकरण स्मार्ट ग्रिड तकनीकों के बिना संभव नहीं है। स्मार्ट ग्रिड तकनीकें पारंपरिक ग्रिड के मुकाबले अधिक लचीलापन, कुशलता, और वास्तविक समय में डेटा प्रबंधन की क्षमता प्रदान करती हैं। स्मार्ट ग्रिड में उन्नत सेंसर, मीटरिंग सिस्टम, और संचार प्रौद्योगिकियाँ शामिल हैं, जो ग्रिड के विभिन्न घटकों के बीच तालमेल स्थापित करती हैं और ऑपरेटरों को ग्रिड के संचालन को अनुकूलित करने की सुविधा देती हैं।

भारत में स्मार्ट ग्रिड परियोजनाएँ तेजी से बढ़ रही हैं। सरकार ने 2015 में "स्मार्ट ग्रिड मिशन" की शुरुआत की थी, जिसके तहत देश के विभिन्न हिस्सों में स्मार्ट ग्रिड परियोजनाओं का विकास किया जा रहा है। इन परियोजनाओं का उद्देश्य नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण को सक्षम बनाना, बिजली की गुणवत्ता में सुधार करना, और वितरण हानि को कम करना है। इसके अलावा, स्मार्ट ग्रिड प्रौद्योगिकियाँ उपभोक्ताओं को भी अपनी ऊर्जा खपत को अधिक प्रभावी ढंग से प्रबंधित करने में मदद करती हैं, जिससे समग्र ऊर्जा दक्षता में सुधार होता है।

5. नीति और विनियमन

नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण में नीति और विनियमन का भी महत्वपूर्ण योगदान होता है। सरकार ने नवीकरणीय ऊर्जा के विकास को प्रोत्साहित करने के लिए कई नीतियाँ और योजनाएँ लागू की हैं, जिनमें वित्तीय प्रोत्साहन, सब्सिडी, और अनुकूल विनियामक ढाँचा शामिल है। राष्ट्रीय सौर मिशन, राष्ट्रीय पवन ऊर्जा मिशन, और ऊर्जा दक्षता मिशन जैसी योजनाओं के तहत सरकार नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं के विकास को बढ़ावा दे रही है।

इसके अलावा, सरकार ने नवीकरणीय ऊर्जा के लिए न्यूनतम खरीद दायित्व (RPO) और ऊर्जा प्रमाणपत्र (REC) जैसे विनियामक उपाय भी लागू किए हैं, जिनके तहत राज्यों और वितरण कंपनियों को अपनी कुल ऊर्जा खपत का एक निश्चित प्रतिशत नवीकरणीय स्रोतों से प्राप्त करना अनिवार्य है। ये उपाय नवीकरणीय ऊर्जा की माँग को बढ़ाने में मदद करते हैं और ऊर्जा उत्पादन में विविधता लाने के लिए एक स्थिर बाजार बनाते हैं।

नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण की चुनौतियाँ

हालाँकि नवीकरणीय ऊर्जा का भारतीय ग्रिड में एकीकरण कई लाभ प्रदान करता है, इसके साथ ही कई चुनौतियाँ भी हैं, जिन्हें समाधान के लिए गंभीरता से विचार करना आवश्यक है।

1. परिवर्तनशीलता और पूर्वानुमान

सौर और पवन ऊर्जा जैसे नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों की प्रमुख चुनौती उनकी उत्पादन क्षमता की परिवर्तनशीलता है। सौर ऊर्जा उत्पादन बादलों के कारण अचानक घट सकता है, जबकि पवन ऊर्जा उत्पादन हवा की गति पर निर्भर करता है, जो अस्थिर होती है। इस परिवर्तनशीलता को प्रबंधित करना ग्रिड स्थिरता के लिए एक बड़ी चुनौती है।

इस चुनौती का सामना करने के लिए, सटीक पूर्वानुमान प्रणाली और बेहतर योजना की आवश्यकता होती है। सटीक मौसम पूर्वानुमान और उन्नत एनालिटिक्स का उपयोग करके नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन की भविष्यवाणी की जा सकती है, जिससे ग्रिड ऑपरेटरों को संभावित उतार-चढ़ाव के लिए तैयार रहने में मदद मिलती है। भारत में इस दिशा में कई प्रयास किए जा रहे हैं, जैसे कि सौर और पवन ऊर्जा के लिए पूर्वानुमान सेवाओं का विकास, जो ग्रिड प्रबंधन को अधिक कुशल बनाते हैं।

2. वित्तीय चुनौतियाँ

नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं में भारी निवेश की आवश्यकता होती है, खासकर तब जब वे बड़े पैमाने पर विकसित की जाती हैं। भारत में नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं के लिए वित्तपोषण एक महत्वपूर्ण चुनौती है, क्योंकि इन परियोजनाओं की प्रारंभिक लागत उच्च होती है और उनके लिए लंबी अवधि के निवेश की आवश्यकता होती है। इसके अलावा, ऊर्जा भंडारण प्रणालियों की उच्च लागत और ट्रांसमिशन इन्फ्रास्ट्रक्चर के विकास में लगने वाला समय भी वित्तीय चुनौतियाँ बढ़ाता है।

हालाँकि, भारत सरकार ने इस दिशा में कई कदम उठाए हैं, जैसे कि नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं के लिए वित्तीय प्रोत्साहन, कम ब्याज दरों पर ऋण, और गारंटी योजनाएँ। इसके अलावा, अंतर्राष्ट्रीय वित्तीय संस्थान और निजी निवेशक भी भारतीय नवीकरणीय ऊर्जा बाजार में निवेश करने के लिए उत्साहित हैं, जिससे वित्तीय बाधाओं को पार करने में मदद मिल सकती है।

3. सामाजिक और पर्यावरणीय प्रभाव

नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं का विकास, विशेष रूप से जल विद्युत और पवन ऊर्जा परियोजनाएँ, कई सामाजिक और पर्यावरणीय मुद्दों को जन्म दे सकता है। इनमें भूमि अधिग्रहण, विस्थापन, जैव विविधता पर प्रभाव, और स्थानीय समुदायों के विरोध जैसी समस्याएँ शामिल हैं। इन मुद्दों का समाधान करना और परियोजनाओं को सामाजिक रूप से स्वीकार्य बनाना एक महत्वपूर्ण चुनौती है।

पर्यावरणीय प्रभाव आकलन (EIA) और सामाजिक प्रभाव आकलन (SIA) जैसी प्रक्रियाओं का पालन करके इन मुद्दों को हल करने की दिशा में प्रयास किए जा रहे हैं। इसके अलावा, स्थानीय समुदायों की भागीदारी और उनकी सहमति प्राप्त करना भी परियोजनाओं की सफलता के लिए महत्वपूर्ण है। सरकार ने इस दिशा में पारदर्शिता और स्थानीय हितधारकों की भागीदारी को बढ़ावा देने के लिए विभिन्न नीतिगत उपाय लागू किए हैं।

4. तकनीकी चुनौतियाँ

नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण में कई तकनीकी चुनौतियाँ भी शामिल हैं। इनमें ग्रिड स्थिरता बनाए रखने के लिए उन्नत प्रौद्योगिकियों की आवश्यकता, ऊर्जा भंडारण प्रणालियों का विकास, और ट्रांसमिशन नेटवर्क का आधुनिकीकरण शामिल है। इसके अलावा, नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन की परिवर्तनशीलता को प्रबंधित करने के लिए बेहतर पूर्वानुमान और ग्रिड प्रबंधन प्रणालियों की आवश्यकता है।

भारत में इन तकनीकी चुनौतियों को हल करने के लिए अनुसंधान और विकास (R&D) में निवेश बढ़ाया जा रहा है। इसके साथ ही, नवाचार और प्रौद्योगिकी हस्तांतरण को प्रोत्साहित करने के लिए सरकारी और निजी क्षेत्र के बीच सहयोग को भी बढ़ावा दिया जा रहा है। स्मार्ट ग्रिड, उन्नत ऊर्जा भंडारण समाधान, और बेहतर ग्रिड प्रबंधन प्रणालियाँ नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण के लिए तकनीकी समाधान प्रदान कर सकती हैं।

****

अक्षय ऊर्जा की उत्पादन, प्रबंधन और उपभोग पर साइबर सुरक्षा बढ़ाने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) अनुप्रयोग

- *एल के एस राठौड़, निदेशक (साइबर सुरक्षा), केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण*

परिचय

राष्ट्रीय ग्रिड में अक्षय ऊर्जा का एकीकरण हमारे बिजली उत्पादन, प्रबंधन और उपभोग के तरीके में तेजी से बदलाव ला रहा है। हालाँकि, यह बदलाव अक्षय स्रोतों की परिवर्तनशीलता, ग्रिड प्रबंधन और ऊर्जा बुनियादी ढांचे के बढ़ते डिजिटलीकरण से संबंधित अनूठी चुनौतियाँ प्रस्तुत करता है। इन चुनौतियों से पार पाने के लिए, ऊर्जा उत्पादन को अनुकूलित करने, ग्रिड लचीलापन सुनिश्चित करने और साइबर सुरक्षा बढ़ाने के लिए अगली पीढ़ी की कृत्रिम बुद्धिमत्ता(एआई) प्रौद्योगिकियों को तैनात किया जा रहा है।

अक्षय ऊर्जा परिदृश्य

सौर, पवन और पनबिजली जैसे अक्षय ऊर्जा स्रोतों को अपनाने में पिछले दशक में काफी वृद्धि हुई है। अंतर्राष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी (आईईए) के अनुसार,

2023 में वैश्विक बिजली उत्पादन में अक्षय ऊर्जा का हिस्सा 29% से अधिक था, 2030 तक 50% से अधिक होने का अनुमान है। यह वृद्धि जलवायु परिवर्तन पर बढ़ती चिंताओं, कार्बन उत्सर्जन को कम करने के लिए वैश्विक पहल से प्रेरित है।

प्रमुख चुनौतियाँ:

- **गैर सतत:** अक्षय ऊर्जा स्रोत, विशेष रूप से सौर और पवन, रुक-रुक कर होते हैं और मौसम की स्थिति पर निर्भर होते हैं, जिससे निरंतर बिजली आपूर्ति सुनिश्चित करना चुनौतीपूर्ण हो जाता है।
- **ग्रिड एकीकरण:** मौजूदा पावर ग्रिड में अक्षय ऊर्जा को एकीकृत करने के लिए आपूर्ति और मांग को संतुलित करने के साथ-साथ ग्रिड की स्थिरता सुनिश्चित करने के लिए परिष्कृत प्रबंधन की आवश्यकता होती है।
- **ऊर्जा भंडारण**: उच्च उत्पादन की अवधि के दौरान उत्पन्न अतिरिक्त ऊर्जा को संग्रहीत करने और कम उत्पादन की अवधि के दौरान इसे जारी करने के लिए कुशल ऊर्जा भंडारण प्रणालियों की आवश्यकता होती है।

अक्षय ऊर्जा में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) की भूमिका

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) पूर्वानुमानित विश्लेषण को सक्षम करने, ऊर्जा उत्पादन को अनुकूलित करने और ग्रिड प्रबंधन में सुधार करके इन चुनौतियों का समाधान करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता ऊर्जा उत्पादन को अनुकूलित करके, दक्षता में सुधार करके और बेहतर निर्णय लेने में सक्षम बनाकर अक्षय ऊर्जा क्षेत्र को बदल रही है।

भविष्य विश्लेषक:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-संचालित भविष्य विश्लेषण मौसम के पैटर्न, ऐतिहासिक डेटा और वास्तविक समय इनपुट के आधार पर अक्षय स्रोतों से ऊर्जा उत्पादन का पूर्वानुमान लगाने में मदद करता है। उदाहरण के लिए, मशीन लर्निंग मॉडल पवन और सौर उत्पादन की भविष्यवाणी कर सकते हैं, जिससे ऊर्जा प्रदाताओं को उतार-चढ़ाव का अनुमान लगाने और तदनुसार ऊर्जा वितरण को समायोजित करने की अनुमति मिलती है।

ऊर्जा उत्पादन का अनुकूलन:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) एल्गोरिदम सौर पैनल और पवन टर्बाइन जैसी अक्षय ऊर्जा प्रणालियों के प्रदर्शन की लगातार निगरानी और अनुकूलन करते हैं। ये एल्गोरिदम दक्षता और ऊर्जा उत्पादन को अधिकतम करने के लिए सौर पैनलों के कोण या पवन टरबाइन की गति जैसे मापदंडों को समायोजित करते हैं।

वास्तविक समय समायोजन:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) सिस्टम मांग, मौसम की स्थिति और ग्रिड आवश्यकताओं में बदलाव के आधार पर ऊर्जा उत्पादन और वितरण में वास्तविक समय पर समायोजन कर सकता है। यह सुनिश्चित करता है कि अक्षय ऊर्जा का कुशलतापूर्वक उपयोग किया जाए, अपशिष्ट को कम किया जाए और ऊर्जा ग्रिड के समग्र प्रदर्शन में सुधार किया जाए।

एक लचीले पावर ग्रिड का निर्माण:

एक लचीला पावर ग्रिड प्राकृतिक आपदाओं, उपकरण विफलताओं या साइबर हमलों जैसे व्यवधानों का सामना करने और उनसे शीघ्रता से उबरने में सक्षम है। वास्तविक समय की निगरानी, गलती की भविष्यवाणी और स्वचालित पुनर्प्राप्ति प्रदान करके ग्रिड लचीलापन बढ़ाने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) प्रौद्योगिकियां आवश्यक हैं।

वास्तविक समय में निगरानी:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-संचालित सिस्टम पूरे ग्रिड में लगाए गए सेंसर से डेटा का उपयोग करके पावर ग्रिड बुनियादी ढांचे के स्वास्थ्य और प्रदर्शन की लगातार निगरानी करते हैं। ये सिस्टम वोल्टेज में उतार-चढ़ाव, उपकरण खराब होने या ट्रांसमिशन लाइन विफलताओं जैसे संभावित मुद्दों का पता लगाने के लिए वास्तविक समय में डेटा का विश्लेषण करते हैं।

दोष भविष्यवाणी:

मशीन लर्निंग मॉडल बिजली लाइनों, ट्रांसफार्मर और सबस्टेशन जैसे महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचे में खराबी होने से पहले ही भविष्यवाणी कर सकते हैं। यह ग्रिड ऑपरेटरों को निवारक रखरखाव करने और महंगी कटौती से बचने की अनुमति देता है।

स्वचालित पुनर्प्राप्ति:

व्यवधान की स्थिति में, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-संचालित ऑटोमेशन सिस्टम समस्या के स्रोत की तुरंत पहचान कर सकता है और सुधारात्मक कार्रवाई कर सकता है। उदाहरण के लिए, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) ग्रिड के क्षतिग्रस्त हिस्सों को अलग कर सकता है, अप्रभावित क्षेत्रों में बिजली को फिर से भेज सकता है और मरम्मत शुरू कर सकता है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) के साथ स्मार्ट एनर्जी स्टोरेज

अक्षय ऊर्जा की आपूर्ति और मांग को संतुलित करने के लिए बैटरी जैसी ऊर्जा भंडारण प्रणालियाँ महत्वपूर्ण हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) मांग की भविष्यवाणी करके, चार्जिंग और डिस्चार्जिंग चक्रों को अनुकूलित करके और भंडारण समाधानों के साथ अक्षय ऊर्जा स्रोतों को एकीकृत करके इन प्रणालियों को बढ़ाता है।

मांग का पूर्वानुमान:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) मॉडल बिजली की मांग के पैटर्न की भविष्यवाणी करने के लिए ऐतिहासिक और वास्तविक समय के डेटा का विश्लेषण करते हैं। ये मॉडल उपयोगिताओं को अधिकतम उपयोग के समय का अनुमान लगाने और ऊर्जा भंडारण रणनीतियों को समायोजित करने में मदद करते हैं ताकि यह सुनिश्चित किया जा सके कि जरूरत पड़ने पर पर्याप्त ऊर्जा उपलब्ध हो।

चार्जिंग/डिस्चार्जिंग का अनुकूलन:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) ऊर्जा भंडारण प्रणालियों की चार्जिंग और डिस्चार्जिंग को अनुकूलित करता है, यह सुनिश्चित करता है कि अतिरिक्त उत्पादन की अवधि के दौरान ऊर्जा संग्रहीत की जाती है और उच्च मांग की अवधि के दौरान जारी की जाती है। इससे भंडारण प्रणालियों की दक्षता और दीर्घायु में सुधार होता है, ऊर्जा की बर्बादी और लागत कम होती है।

अक्षय ऊर्जा के साथ एकीकरण:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) अक्षय ऊर्जा स्रोतों को भंडारण प्रणालियों के साथ एकीकृत करता है, जिससे कम उत्पादन की अवधि के दौरान भी स्थिर ऊर्जा आपूर्ति सुनिश्चित होती है। उदाहरण के लिए, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) ग्रिड स्थिरता बनाए रखने के लिए सौर पैनलों, पवन टर्बाइनों और भंडारण बैटरियों के बीच ऊर्जा के प्रवाह को प्रबंधित कर सकता है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-संचालित ऊर्जा दक्षता:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-संचालित ऊर्जा दक्षता समाधान घरों, उद्योगों और व्यवसायों में ऊर्जा की खपत के तरीके को बदल रहे हैं। ये समाधान ऊर्जा खपत पैटर्न को अनुकूलित करते हैं, अपशिष्ट को कम करते हैं और समग्र दक्षता में सुधार करते हैं।

स्मार्ट होम और स्मार्ट ग्रिड:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) रहने वाले के व्यवहार और प्राथमिकताओं के आधार पर हीटिंग, कूलिंग, लाइटिंग और उपकरणों को समायोजित करके स्मार्ट घरों में ऊर्जा के उपयोग को स्वचालित करता है। इसी तरह, स्मार्ट ग्रिड ऊर्जा वितरण को प्रबंधित करने और ऊर्जा हानि को कम करने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) का उपयोग करते हैं।

लोड पूर्वानुमान और मांग प्रतिक्रिया:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) उपयोगिताओं को पीक लोड का पूर्वानुमान लगाने और मांग प्रतिक्रिया समाधान लागू करने में मदद करता है, जिसमें उपयोग को गैर-पीक घंटों में स्थानांतरित करके पीक समय के दौरान ऊर्जा खपत को कम करना शामिल है। इससे ग्रिड पर दबाव कम होता है और ऊर्जा दक्षता में सुधार होता है।

ऊर्जा प्रणालियों में साइबर सुरक्षा के खतरे:

जैसे-जैसे ऊर्जा प्रणालियाँ अधिक डिजिटलीकृत और परस्पर जुड़ी हुई हैं, साइबर सुरक्षा खतरे अधिक प्रचलित होते जा रहे हैं। ये खतरे ऊर्जा आपूर्ति को बाधित कर सकते हैं, महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचे को नुकसान पहुंचा सकते हैं और संवेदनशील डेटा से समझौता कर सकते हैं।

बढ़ी हुई आक्रमण सतह:

IoT उपकरणों, स्मार्ट मीटर और कनेक्टेड सेंसर के प्रसार ने साइबर अपराधियों के लिए हमले की सतह का विस्तार किया है। इन उपकरणों में अक्सर

मजबूत सुरक्षा उपायों का अभाव होता है, जिससे वे शोषण के प्रति संवेदनशील हो जाते हैं।

हाल के साइबर हमले:

ऊर्जा बुनियादी ढांचे पर उल्लेखनीय साइबर हमलों में 2015 यूक्रेन पावर ग्रिड हमला शामिल है, जिसने 230,000 लोगों को बिजली से वंचित कर दिया, और 2021 औपनिवेशिक पाइपलाइन रैंसमवेयर हमला, जिसने पूर्वी संयुक्त राज्य भर में ईंधन आपूर्ति को बाधित कर दिया।

जटिल इंटरकनेक्टेड सिस्टम:

आधुनिक ऊर्जा प्रणालियाँ अत्यधिक परस्पर जुड़ी हुई हैं, जिसका अर्थ है कि एक क्षेत्र में कमजोरियाँ तेजी से पूरे नेटवर्क में फैल सकती हैं। उदाहरण के लिए, किसी एक सबस्टेशन पर साइबर हमला संभावित रूप से पूरे क्षेत्र की बिजली को बाधित कर सकता है।

सक्रिय रक्षा की आवश्यकता:

साइबर हमलों की बढ़ती जटिलता को देखते हुए, सक्रिय रक्षा उपाय आवश्यक हैं। वास्तविक समय में हमलों का पता लगाने और उन्हें रोकने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-संचालित साइबर सुरक्षा समाधान आवश्यक हैं, इससे पहले कि वे महत्वपूर्ण क्षति पहुंचाएं।

उन्नत साइबर सुरक्षा के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई):

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) वास्तविक समय में खतरे का पता लगाने, स्वचालित प्रतिक्रिया और निरंतर निगरानी प्रदान करके ऊर्जा प्रणालियों में साइबर सुरक्षा को बढ़ाता है।

ख़तरे का पता लगाना:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) मॉडल उन विसंगतियों की पहचान करने के लिए नेटवर्क ट्रैफ़िक, सिस्टम लॉग और सेंसर डेटा का विश्लेषण करते हैं जो साइबर हमले का संकेत दे सकते हैं। ये मॉडल उन खतरों का पता लगा सकते हैं जो पारंपरिक सुरक्षा प्रणालियाँ चूक सकती हैं, जैसे शून्य-दिन की कमजोरियाँ।

ज़ीरो-डे अटैक शमन:

मशीन लर्निंग एल्गोरिदम नए हमले के पैटर्न की पहचान कर सकते हैं जिनका पहले सामना नहीं किया गया है। यह शून्य-दिन के हमलों को कम करने के लिए विशेष रूप से महत्वपूर्ण है, जो अज्ञात कमजोरियों का फायदा उठाते हैं।

स्वचालित प्रतिक्रिया:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-संचालित साइबर सुरक्षा प्रणालियाँ हमलों को कम करने के लिए तत्काल कार्रवाई कर सकती हैं, जैसे प्रभावित सिस्टम को अलग करना, दुर्भावनापूर्ण ट्रैफ़िक को रोकना या पैच तैनात करना। इससे मानवीय हस्तक्षेप की आवश्यकता कम हो जाती है और साइबर हमलों का प्रभाव कम हो जाता है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) और ओटी/आईटी अभिसरण

ऊर्जा प्रणालियों में परिचालन प्रौद्योगिकी (ओटी) और सूचना प्रौद्योगिकी (आईटी) का अभिसरण साइबर सुरक्षा के लिए नई चुनौतियां पैदा करता है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) ओटी और आईटी दोनों प्रणालियों के लिए एकीकृत सुरक्षा प्रदान करके इस अभिसरण को सुरक्षित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

ओटी/आईटी अभिसरण:

आधुनिक ऊर्जा प्रणालियाँ संचालित होने के लिए ओटी (जैसे, औद्योगिक नियंत्रण प्रणाली) और आईटी (जैसे, डेटा नेटवर्क) दोनों पर निर्भर करती हैं। हालाँकि, ओटी सिस्टम अक्सर आईटी सिस्टम की तुलना में कम सुरक्षित होते हैं, जिससे वे साइबर हमलों के प्रति संवेदनशील हो जाते हैं।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) सिक्योरिंग एनर्जी इन्फ्रास्ट्रक्चर:

2020 में, डार्कट्रेस के कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-संचालित साइबर सुरक्षा प्लेटफॉर्म ने एक ऊर्जा कंपनी के औद्योगिक नियंत्रण प्रणालियों को लक्षित करने

वाले एक परिष्कृत रैंसमवेयर हमले का पता लगाया और उसका जवाब दिया। ऑपरेशन को बाधित करने से पहले हमले को कम कर दिया गया था।

अक्षय ऊर्जा और साइबर सुरक्षा में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) का भविष्य

अक्षय ऊर्जा और साइबर सुरक्षा में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) का भविष्य आशाजनक है, निरंतर प्रगति से नवाचार को बढ़ावा मिलने और परिणामों में सुधार की उम्मीद है।

AI-संचालित नवाचार:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) ऊर्जा उत्पादन को अनुकूलित करने, ग्रिड लचीलापन बढ़ाने और ऊर्जा बुनियादी ढांचे को सुरक्षित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता रहेगा। भविष्य के नवाचारों में पूरी तरह से स्वायत्त ऊर्जा प्रणाली, अधिक उन्नत कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-संचालित साइबर सुरक्षा उपाय और अक्षय ऊर्जा स्रोतों का बेहतर एकीकरण शामिल हो सकते हैं।

100% अक्षय ऊर्जा में परिवर्तन:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) 100% अक्षय ऊर्जा के लिए वैश्विक परिवर्तन का एक प्रमुख प्रवर्तक होगा। ऊर्जा प्रणालियों को अनुकूलित करके, ग्रिड प्रबंधन में सुधार करके और साइबर सुरक्षा सुनिश्चित करके, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) यह सुनिश्चित करने में मदद करेगा कि संक्रमण सुचारू, कुशल और सुरक्षित है।

साइबर सुरक्षा में प्रगति:

जैसे-जैसे साइबर खतरे बढ़ते रहेंगे, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-संचालित साइबर सुरक्षा उपाय और अधिक परिष्कृत होते जाएंगे। उभरते खतरों का पता लगाने और उन्हें कम करने, बढ़ते डिजिटलीकरण की स्थिति में महत्वपूर्ण ऊर्जा बुनियादी ढांचे की सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) आवश्यक होगा।

चुनौतियाँ और विचार:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) महत्वपूर्ण लाभ प्रदान करता है, कुछ चुनौतियाँ और विचार भी हैं जिनका समाधान किया जाना चाहिए।

नैतिक चिंताएँ और पूर्वाग्रह:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) सिस्टम पूर्वाग्रहों से प्रतिरक्षित नहीं हैं, जिसके परिणामस्वरूप अनुचित या गलत निर्णय लिया जा सकता है। यह सुनिश्चित करना आवश्यक है कि कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) सिस्टम पारदर्शी, निष्पक्ष और जवाबदेह हो।

डेटा गोपनीयता और सुरक्षा:

ऊर्जा प्रणालियों में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) के उपयोग के लिए बड़ी मात्रा में डेटा की आवश्यकता होती है, जिससे डेटा गोपनीयता और सुरक्षा को लेकर चिंताएं बढ़ जाती हैं। संवेदनशील जानकारी की सुरक्षा के लिए मजबूत डेटा सुरक्षा उपायों को लागू करना महत्वपूर्ण है।

कौशल अंतर और नियामक चुनौतियाँ:

ऐसे कुशल पेशेवरों की आवश्यकता बढ़ रही है जो कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) और ऊर्जा प्रणालियों दोनों को समझते हों। इसके अतिरिक्त, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) की प्रगति के साथ तालमेल बनाए रखने के लिए नियामक ढांचे को विकसित करना होगा, जिससे यह सुनिश्चित हो सके कि कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) का उपयोग सुरक्षित और जिम्मेदारी से किया जाता है।

निष्कर्ष/सारांश:

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) ऊर्जा उत्पादन को अनुकूलित करके, ग्रिड लचीलेपन में सुधार और साइबर सुरक्षा को बढ़ाकर अक्षय ऊर्जा क्षेत्र में क्रांति ला रहा है। जैसे-जैसे हम अक्षय ऊर्जा स्रोतों में परिवर्तन करना जारी रखते हैं, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) यह सुनिश्चित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा कि हमारी ऊर्जा प्रणालियाँ कुशल, विश्वसनीय और सुरक्षित हैं।

अक्षय ऊर्जा और साइबर सुरक्षा में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) का भविष्य उज्ज्वल है, निरंतर नवाचार से और सुधार होने की उम्मीद है। हालाँकि, यह सुनिश्चित करने के लिए कि AI का उपयोग जिम्मेदारी से किया जाए,

नैतिकता, डेटा गोपनीयता और विनियमन से संबंधित चुनौतियों का समाधान करना आवश्यक है।

****

अक्षय उर्जा और उर्जा भंडारण

- भव्या पांडेय, उप निदेशक, डी. पी. एम. प्रभाग

विगत कुछ समय से भारतीय विद्युत् क्षेत्र में अक्षय उर्जा का इंटीग्रेशन/ समावेश एक महत्वपूर्ण विषय बना हुआ है। पिछले २० सालों में प्रति व्यक्ति बिजली खपत 592 किलोवाटऑवर से बढ़कर 1.33 मेगावाटऑवर तक पहुंच चुकी है। मई, 2024 में 250 गीगावॉट की अधिकतम मांग दर्ज़ हुई है। दिनों दिन बढ़ती हुई उर्जा मांग के बीच भारत ने साल 2030 तक अपनी उर्जा आवश्यकता का 50 % अक्षय उर्जा से पूरा कर पाने का लक्ष्य रखा है, जिससे हमारी उर्जा प्रोफइल भी तेज़ी से बदलने वाली है । अब तक हमारा पावर ग्रिड अपने व्यापक एचवी ट्रांसमिशन अवसंरचना के कारण नवीकरणीय उर्जा के वर्तमान स्तर को अवशोषित करने में सक्षम रहा है। पर साल 2030 और 2070 के अपने 500 गीगावॉट के महत्वाकांक्षी लक्ष्य को पूरा करने के लिए ग्रिड फ्लेक्सिबिलिटी के और स्रोतों की बहुत ज्यादा ज़रूरत पड़ने वाली है।

इसे ध्यान में रखते हुए राष्ट्रीय विद्युत योजना, एन ई पी-2023 ने साल 2029-30 तक 208.25 गीगा वाटऑवर भंडारण क्षमता की आवश्यकता का अनुमान दिया है। अगर सिर्फ बैटरी स्टोरेज की बात करे, तो मतलब होगा कि अगले सात वर्षों तक हर साल लगभग 6 गीगावॉट होगा नयी बैटरी स्टोरेज लानी होगी। भारत में उर्जा भंडारण के वर्तमान और भावी बाजार का आकलन भी के.वि.प्रा. ने अपनी पालिसी में किया है, जिसके आधार पर विभिन्न उर्जा भंडारण प्रौद्योगिकियों की आपूर्ति श्रृंखला और कुल लागत का अंदाजा लगाया जा सकता है। भारतीय परिवेश के लिए कौन सी उर्जा भंडारण प्रौद्योगिकी सबसे उपयुक्त हैं, ग्रिड में कब उनकी आवश्यकता है, इन प्रौद्योगिकियों के घरेलू विकास के लिए किस तरह की नीतियां लानी चाहिए, इन सारे सवालों का जवाब ढूंढ़ना ज़रूरी है।

इस विद्युत योजना के अनुमानानुसार, साल 2026-२7 तक 82.37 गीगावाट-ऑवर उर्जा भंडारण क्षमता की आवश्यकता (पीएसपी से 47.65 गीगावाट-ऑवर, बैटरी स्टोरेज /बीईएसएस से 34.72 गीगावाट-ऑवर) पड़ेगी। वर्ष 2047 तक यह आवश्यकता बढ़कर 2380 गीगावाट-ऑवर (पीएसपी से 540 गीगावाट-ऑवर और बीईएसएस से 1840 गीगावाट-ऑवर) होने की उम्मीद है। 2070 के निर्धारित नेट शून्य उत्सर्जन लक्ष्यों के मद्देनजर बड़ी मात्रा में अक्षय उर्जा जुड़ने से उर्जा भण्डारण में काफी बढ़ोतरी होगी । उर्जा भंडारण दायित्व, यानि ईएसओ, के लिए विद्युत मंत्रालय ने एक दीर्घकालिक ट्रेजेक्टरी भी अधिसूचित की है, ताकि यह सुनिश्चित किया जा सके कि संस्थाओं के पास पर्याप्त भंडारण क्षमता उपलब्ध है। इस ट्रेजेक्टरी के अनुसार 2023-24 में 1% ईएसओ से बढ़कर 2029-30 तक 4% ईएसओ हो जाएगा, जिसमें 0.5% प्रतिवर्ष वृद्धि होगी। इस साथ ही इसके अंतर्गत दायित्व को तभी पूरा माना जाएगा जब कुल संग्रहित ऊर्जा का कम से कम 85% अक्षय उर्जा स्रोतों से आएगा।

जहाँ उर्जा भण्डारण प्रौद्योगिकी के कुछ विकल्प पहले से ही इस्तेमाल हो रहे हैं, वहीं बाकियों पर शोध जारी है। इनमे से कुछ विकल्प निम्नवत हैं:

1. पम्प्ड स्टोरेज प्रोजेक्ट/पीएसपी : पीएसपी ग्रिड स्तर की उर्जा भंडारण के कुछ बेहतरीन विकल्पों में आती है। ये गीगावाट- गीगावाटऑवर स्तर पर भंडारण करती है। इसका सबसे बड़ा फायदा यह है कि यह ग्रिड स्तर पर 6 घंटे या उससे ज्यादा बिजली दे सकती है। इसके अलावा, ऑपरेटर इस प्रौद्योगिकी से पहले से परिचित हैं, जिससे ग्रिड संचालन में इस्तेमाल में रहती है । प्रति किलोवाट लागत और केडब्ल्यू स्तर पर भंडारण लागत

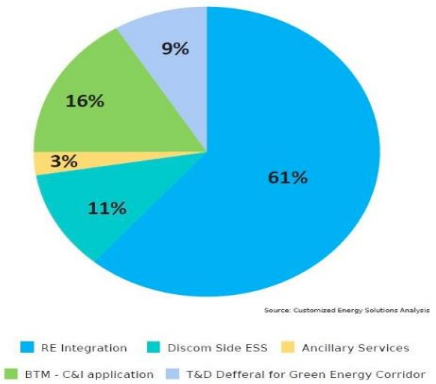
(एलसीओ) भी बहुत ज़्यादा नहीं है (रु. 35,000/ किलोवाट और रु. 3.91/ किलोवाटऑवर)। पीएसपी की आपूर्ति श्रृंखला भी मूलतः स्वदेशी है।
आज भारत में 4.7 गीगावॉट की पीएसपी क्षमता है। इसके अलावा विभिन्न राज्यों में कई परियोजनाएं विकास के विभिन्न चरणों में हैं।

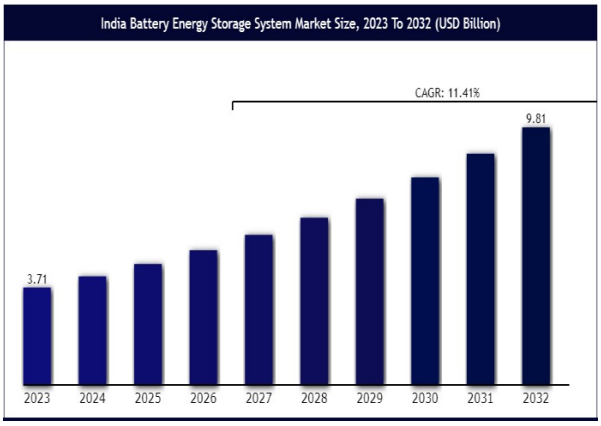
2. हाइड्रोजन उर्जा भंडारण: हाइड्रोजन में अक्षय उर्जा स्रोतों (आर ई एस) के साथ मिलकर उर्जा उत्पादन को डीकार्बोनाइज़ करने की अतिरिक्त क्षमता है। हालाँकि, मौजूदा फ्यूल सेल्स की सीमित क्षमता के कारण इसका प्रयोग सुचारु तरीके से नहीं हो पता है । एक इलेक्ट्रोलाइज़र का पूंजीगत व्यय 78,375/- रूपए प्रति किलोवाट है जिसमे हाइड्रोजन की लागत 330-453 रूपए प्रति किलो है। बड़े पैमाने पर इस्तेमाल करने पर ये मूल्य घटकर 14,025 रुपये प्रति किलोवाट तक आ सकता है, और हाइड्रोजन उत्पादन लागत 82.5 रुपये/किलोग्राम तक हो सकती है।

3. थर्मल ऊर्जा भंडारण: थर्मल ऊर्जा भंडारण /टीईएस के कुल आठ सौर ऊर्जा संयंत्र/ सीएसपी चालू हैं, जिनकी कुल क्षमता लगभग 500 मेगावाट है। 150 मेगावाट की नॉमिनल क्षमता और 18 घंटे तक के टीईएस वाले एक केंद्रीय टॉवर रिसीवर का अनुमानित कैपेक्स 15 से 37 करोड़ रुपये प्रति मेगावाट के बीच पड़ता है ।

4. बैटरी भण्डारण: ग्रिड स्तर पर, बीईएसएस की स्थापना कुछ सौ मेगावाट के स्तर तक की गई है। अब तक, दुनिया की सबसे बड़ी बैटरी उर्जा भंडारण प्रणाली यू.एस.ए. की मॉस लैंडिंग एनर्जी स्टोरेज फैसिलिटी द्वारा ४०० मेगावट/1,६०० मेगावाटऑवर की क्षमता की बनाई गई है। बैटरी-समन्वित ग्रिड-स्केल स्टोरेज के लिए परिनियोजन रणनीति में आवृत्ति विनियमन, पीक-डिमांड और लोड जैसी आवश्यकताओं का आकलन ज़रूरी है । बैटरी-स्टोरेज की आपूर्ति श्रृंखला के संबंध में हम मुख्य रूप से चीन, हांगकांग और वियतनाम से सेल और पैक के रूप में तैयार लिथियम-आयन बैटरी आयात करते हैं। इसे ध्यान में रखते हुए सरकार अपनी विभिन्न योजनाओं और पहलों, जैसे PLI योजना 2021 के द्वारा इसके घरेलू निर्माण पर जोर दे रही है। बैटरियों के अलावा, बीईएसएस के अन्य घटक, जैसे प्रोटेक्शन सर्किट बोर्ड, रिले, सेमीकंडक्टर चिप्स, कैपेसिटर और रेसिस्टर, ताइवान, यूएसए और जापान से आयात होते हैं। इन बैटरियों के निर्माण और परीक्षण के लिए आवश्यक मशीनरी और उपकरण भी चीन से आयात होते हैं। लीथीयम-आयन बैटरी की लागत लगभग 13,600-20,000 रुपये/ किलोवाटऑवर है जो साल 2030 तक घटकर 5,500 रुपये/ किलोवाट-ऑवर तक पहुंचने की उम्मीद है।

Fig 1: Energy Storage Target Projection by 2030





आईआईटी- रूड़की द्वारा मौजूदा उर्जा भंडारण माध्यमों का एक तुलनात्मक विश्लेषण किया गया है:

ऊर्जा भंडारण प्रौद्योगिकी	पंप हाइड्रो भंडारण	बैटरी ऊर्जा भंडारण	थर्मल ऊर्जा भंडारण	हाइड्रोजन ऊर्जा भंडारण
प्रौद्योगिकी तत्परता स्तर	9	9	5-9	7- 9

क्षमता (MWh)	50 MW- 1000+ MW, (900 MW - पुरुलिआ , भारत में)	400MW/ 1600 MWh	200 to 1010 MWh , (1010 MWh भारत में)	60,000- 100,000
डिस्चार्ज समय	घंटों से- दिनों तक	4-8 घंटे	16 घंटे	9 to 10 घंटे
लाइफटाइम	18,000 - 27,000 साइकिल (50 सालों में)	2,000- 4,000+ साइकिल	20 to 25 साल	5 - 7 साल
शक्ति घनत्व	0.1-0.2 W/l	40-60 W/kg	1 MW/m^3	1.4-5 W/cm^2
ऊर्जा घनत्व	0.2-2 Wh/l	160- 350 Wh/kg	0.05 to 0.55 MWh/m^3	0.4370 W/kg
राउंड ट्रिप दक्षता (%)	80%	85-95% (सेल स्तर), 60-75% (सिस्टम स्तर)	70-90 %	-
कैपेक्स (₹)	35,000 -55,000 / kW	13,600 - 20,000 / kWh	240,000 /kW	56,000- 112,000/kW
एल सी ओ एस (₹/kWh)	3.91	10.16	8.65	-
जी डब्लू पी (kg CO2 eq/MWh)	120	162	185	-
भारत की विनिर्माण क्षमता	*सिविल कार्यों की लागत 70%*	अभी तक आयातित; स्वदेशी विनिर्माण को बढ़ावा देने के लिए पीएलआई योजना लागू	प्रयोगशाला पैमाने पर (भारत) 250 GWh स्थापित क्षमता (वैश्विक)	5 MMT/year (वर्ष 2030 तक लक्षित)
कच्चे माल की उपलब्धता	सिविल कार्यों के लिए	आयातित	हाँ	पीजीएम और दुर्लभ मृदा धातुएं
ऊर्जा भंडारण प्रौद्योगिकी का स्रोत	ईएंडएम कार्यों के केवल 30% घटकों को प्रतिष्ठित निर्माताओं से आयात किया जा सकता है। यूरोप और जापान में निर्माण	चीन, हांगकांग, वियतनाम, सिंगापुर, कोरिया, जापान	यूरोप में निर्माण	दक्षिण अफ्रीका, जर्मनी, स्विटजरलैंड आदि

<u>चुनौतियाँ:</u>

उर्जा भण्डारण के मौजूदा प्रावधानों के विश्लेषण से यह देखा जा सकता है कि पंप स्टोरेज, ग्रिड-स्केल बैटरी स्टोरेज, सोलर थर्मल एनर्जी स्टोरेज, ईंधन सेल और इलेक्ट्रोलाइज़र से जुड़े बिजली उत्पादन संयंत्रों की स्थापना के लिए विनियामक

प्रावधान तो मौजूद हैं। पर ये नियम मुख्य रूप से इन प्रौद्योगिकियों के उत्पादन और इससे जुड़े हुए अन्य पहलुओं पर ही बात करते हैं, जिनमें अक्षय ऊर्जा के भंडारण सम्बन्धी विशिष्ट प्रावधानों का अभाव है।

ट्रांसमिशन, उत्पादन और वितरण कंपनियों के जैसे सीईआरसी/ एसईआरसी द्वारा ऊर्जा भंडारण स्वामित्व के पारितोषिक नियम भी स्पष्ट रूप से परिभाषित नहीं है। प्रत्येक यूटिलिटी के लिए भंडारण के लिए निश्चित/ फिक्स्ड शुल्क और ऊर्जा शुल्क स्पष्ट होने चाहिए। जैसे कोई एक जनरेटर बिजली को उर्जा आर्बिट्रेज संसाधन के रूप में बाजार में बेच सकता है, उसी तर्ज़ पर वितरण कंपनियों को भी रिलायबिलिटी के लिए, मांग प्रबंधन के लिए या अन्य जनरेटरों को बिजली बेचने के लिए भंडारण रखने की अनुमति दी जा सकती है।

निष्कर्ष:

बिजली क्षेत्र में निवेशकों के लिए अनिश्चितता को कम करने के लिए सीईआरसी / एसईआरसी विनियमों द्वारा बिजली क्षेत्र के विभिन्न खंडों की भूमिकाओं और स्वामित्व मॉडल को औपचारिक बनाने की आवश्यकता ज़रूरत है। मौजूदा विनियम छोटे पैमाने की परियोजनाओं के लिए तो पर्याप्त हो सकते हैं, पर बड़े ग्रिड-स्केल परियोजनाओं के लिए विशेष प्रावधानों की आवश्यकता है। इसलिए, ऐसे उपयुक्त विनियम जो विशेष रूप से अक्षय उर्जा प्रौद्योगिकियों के भंडारण को संबोधित करते हैं, का समावेश और विकास आवश्यक है। ऐसा करने से ही भंडारित उर्जा का सही उपयोग और अच्छा प्रबंधन सुनिश्चित किया जा सकेगा।

****

नवीकरणीय समावेश : विद्युत प्रणाली में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (एआई) की भूमिका

- *चेतन शर्मा, उप निदेशक, स्वच्छ ऊर्जा और ऊर्जा परिवर्तन प्रभाग*

जितनी अधिक बिजली की आवश्यकता होती है, पूर्वानुमान, समन्वय और आपूर्ति प्रबंधन की उतनी ही अधिक मांग होती है। और यही वह है जो आप आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (कृत्रिम बुद्धिमत्ता) से प्राप्त कर सकते हैं आधुनिक ऊर्जा प्रणाली के लिए! एआई के अनेक अनुप्रयोग हैं, जिनमें स्मार्ट ग्रिड से लेकर प्रबंधन प्रणाली और विफलता की भविष्यवाणी तक शामिल हैं। उदाहरण के लिए, बिजली प्रदाता विफलताओं और खतरों का कारण बनने से पहले दोषों का पता लगा सकते हैं।

ऊर्जा क्षेत्र में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) के अवसर - और चुनौतियाँ क्या है?

ऊर्जा क्षेत्र विभिन्न प्रकार के उपयोग-मामलों के लिए एआई (AI) का लाभ उठा सकता है। कम कार्बन वाली ऊर्जा का प्रचलन बढ़ गया है। सेवा प्रदाता अब जीवाश्म ईंधन और परमाणु ऊर्जा के संयुक्त उपयोग से ज़्यादा अक्षय ऊर्जा क्षमताएँ स्थापित करते हैं। इस प्रक्रिया के लिए भंडारण वितरित करना और अक्षय ऊर्जा के लिए एक सूक्ष्म नेटवर्क प्रणाली प्रदान करना आवश्यक है। AI द्वारा संचालित तथाकथित स्मार्ट उपभोग उपकरण भी उपभोक्ताओं के ऊर्जा उपयोग और बचत के तरीके को बदलते हैं।

विकेंद्रीकृत पावर ग्रिड के निर्माण के साथ, पहले से एकत्रित डेटा का उपयोग करके ऊर्जा इनपुट और आउटपुट को संतुलित करना संभव है। अर्थव्यवस्था के विद्युतीकरण, अक्षय (नवीकरणीय) विद्युत वृद्धि, बढ़ती मांग, अनिश्चित मौसम की घटनाओं के बढ़ते खतरे और अन्य जलवायु परिवर्तन से संबंधित घटनाओं के संयोग से मौजूदा ग्रिड पर दबाव पड़ रहा है क्योंकि विद्युत की मांग और आपूत की अनिश्चित और परिवर्तनशील प्रकृति को पूरा करने के लिए इसकी सीमाएं हैं।

सभी के लिए स्वच्छ, सस्ती, विश्वसनीय, दृढ़ और सुरक्षित बिजली के प्रावधान को विकसित करने के लिए विद्युत ग्रिड अवसंरचना का आधुनिकीकरण और डीकार्बोनाइजेशन और मजबूत ग्रिड प्रबंधन महत्वपूर्ण है। यह हमारे ऊर्जा क्षेत्र के एसडीजी लक्ष्य "सभी के लिए स्वच्छ और किफायती ऊर्जा" की दिशा से मेल खाता है।

इस संबंध में, उत्सर्जनों को कम करने और सभी को वहनीय और विश्वसनीय बिजली प्रदान करने के लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए यह आवश्यक है कि "अनिश्चित और परिवर्तनीय नवीकरणीय ऊर्जा" (variable Renewable Energy) को अधिकाधिक समायोजित

कर पाये जिसके लिए AI की प्राथमिकता वाले उपयोग के मामलों की पहचान ग्रिड प्रबंधन के चार व्यापक क्षेत्रों जैसे **'ग्रिड नियोजन', ' विनियामक अनुमोदन और परमिट', 'ग्रिड प्रचालन और विश्वसनीयता' तथा 'ग्रिड दृढ़ता'** में की जा सकती है !

क्लीन पावर ग्रिड के अलावा, एआई पर उभरते अनुप्रयोग के कारण **अन्य क्रॉस-कटिंग विषयों जैसे परिवहन, उद्योग, भवन, कृषि और खनन, तेल और गैस अन्वेषण आदि एकीकृत क्षेत्रों में "स्वच्छ ऊर्जा अर्थव्यवस्था" (Clean Energy Economy)** के लिए अवसर का सृजन कर सकती है !

एआई क्षमताओं में हालिया प्रगति ने एकीकृत ऊर्जा उद्योग में कुशल प्रबंधन के लिए एआई के उपयोग के मामलों की विस्तार को काफी बढ़ावा दिया है। पावर ग्रिड के सेंसर, मीटर और उद्यम के मौजूदा वितरित नेटवर्क के माध्यम से उपलब्ध डेटा के विशाल पूल का उपयोग शोधकर्ताओं और ऊर्जा उद्योग द्वारा मूल्यवान निष्कर्ष निकालने के लिए किया जा सकता है।

इसके अलावा, उन्नत AI मॉडल को "डीप लर्निंग" मॉडल फ्रेमवर्क पर विकसित किया जा सकता है, जिसे आम तौर पर फाउंडेशन मॉडल के रूप में जाना जाता है। इन मॉडलों को व्यापक डेटा पर प्रशिक्षित किया जाता है और आम तौर पर संदर्भों/कार्यों की एक विस्तृत श्रृंखला में लागू किया जाता है। इस तरह के फाउंडेशन मॉडल को मशीन लर्निंग मॉडल (ML) (AI का एक उपक्षेत्र जिसमें मशीनों को स्पष्ट रूप से प्रोग्राम किए बिना डेटा से जानना सिखाया जाता है) की मदद से विकसित किया जा सकता है। इसे "भारत AI मिशन" के तहत लिया जा सकता है, जिसमें भारत AI इनोवेशन सेंटर (IAIC) को स्वदेशी बड़े मल्टीमॉडल मॉडल (LMM) और डोमेन-विशिष्ट मॉडल पर विशेष जोर देने के साथ इष्टतम दक्षता के लिए एज और वितरित कंप्यूटिंग का लाभ उठाते हुए फाउंडेशनल मॉडल के विकास और तैनाती का नेतृत्व करने की परिकल्पना की गई है। उदाहरण के लिए: - **'एकीकृत ग्रिड का डोमेन-विशिष्ट फाउंडेशन मॉडल'** ग्रिड से जुड़े संसाधनों के विविध समूह में ऊर्जा और सूचना के बहु-दिशात्मक प्रवाह को प्रबंधित करने के लिए भविष्य के ग्रिड की आवश्यकता को पूरा करने में सहायता कर सकता है।

भविष्य में, बड़े केंद्रीकृत बिजली जनरेटर जैसे अलग-अलग स्तर पर थोक बिजली उत्पादकों को सौर फोटोवोल्टिक्स (पीवी), पवन संचालित टर्बाइन आदि जैसे छोटे, वितरित और परिवर्तनीय जनरेटर द्वारा प्रतिस्थापित किया जाएगा। इष्टतम उत्पादन क्षमता मिश्रण पर सीईए रिपोर्ट के अनुसार वर्ष 2029-30 के लिए (Optimal Generation Mix report for 2029-30), सौर और पवन की कुल क्षमता मैं भागीदारी मौजूदा 29.4% (मई 2024 तक) से बढ़कर 50.5% होने की उम्मीद है, जिससे नए ग्रिड बुनियादी ढांचे के अनुकूलन और फास्ट-ट्रैकिंग और अनिरंतर ऊर्जा का बेहतर पूर्वानुमान और प्रबंधन करने के लिए उपकरण विकसित करने की आवश्यकता होगी। वित्त वर्ष 2023-24 में देश में जल विद्युत उत्पादन में पिछले वर्ष की तुलना में अचानक 17% की कमी आई, यह जलवायु परिवर्तन के कारण ऊर्जा उत्पादन में अनिश्चितता को दर्शाता है।

इसके अलावा, वितरण नेटवर्क में, बिजली ग्राहक ग्रिड डायनेमिक्स में सक्रिय भागीदार बन रहे हैं, जो लाखों ग्रिड-कनेक्टेड डिवाइस (जैसे, मीटर के पीछे अक्षय ऊर्जा उत्पादन, बैटरी, स्मार्ट थर्मोस्टेट, स्मार्ट उपकरण, ईवी) का उपयोग कर रहे हैं। ये डिवाइस बिजली ग्राहकों को अपने स्वयं के बिजली उपयोग प्रोफाइल को उत्पन्न करने, बेचने, संग्रहीत करने और अनुकूलित करने में सक्षम बना सकते हैं और अधिक अनिरंतर आने वाली अक्षय ऊर्जा को संतुलित करने और मौसम और जलवायु से संबंधित झटकों के प्रति लचीलापन बढ़ाने के लिए बड़े अवसर पैदा कर सकते हैं।

एआई वास्तविक समय में साइबर खतरों का पता लगाकर और उनका जवाब देकर और साइबर हमलों से महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचे की रक्षा करके ग्रिड साइबर सुरक्षा को भी बढ़ा सकता है। इस प्रकार, डेटा-संचालित शासन सुनिश्चित करने और एआई-आधारित नवाचार और अनुसंधान को उत्प्रेरित करने के लिए सार्वजनिक क्षेत्र के डेटासेट की पहुँच, गुणवत्ता और उपयोगिता बढ़ाने के साथ-साथ निर्णय लेने को बढ़ाने के लिए बिजली क्षेत्र में एआई का लाभ उठाया जा सकता है।

परन्तु देश में एआई इकोसिस्टम के सतत विकास के लिए विश्वसनीय ऊर्जा को उपलबध कराना जरूरी है। अभी एआई भारत में बहुत प्रारंभिक चरण में है पर देखा जा सकता है कि डेटा सेंटर हॉटस्पॉट उभर कर सामने आ रहे हैं जो काफी बिजली खपत कर रहे हैं, इसलीए देश में सार्थक पैमाने पर एआई के अस्तित्व और लालन

पालन बहुत हद तक निर्भर करेगा विश्वसनीय ऊर्जा उपलब्धता पर और एआई के बिना वैरिएबल रिन्यूएबल्स को शामिल कर विश्वसनीय निरंतर स्वच्छ ऊर्जा पाना अपने आप में मुश्किल है, इस तर्क देने का अभिप्राय बस इतना है कि एआई को लेकर पहली प्राथमिकता क्या हो इसमें कोई संशय ना रह जाए।

****

"तापीय विद्युत संयंत्रो का लचीला संचालन"
[अक्षय ऊर्जा एकीकरण में अनियमितता का एक महत्वपूर्ण समाधान]

- *राजीव कुमार मित्तल, निदेशक, टी.ई. & टी.डी. प्रभाग*

परिचय:

मानव गतिविधियों के कारण वायुमंडल में ग्रीनहाउस गैसों की मात्रा में लगातार वृद्धि हो रही है, जिसके कारण वैश्विक ऊष्मीकरण(ग्लोबल वार्मिंग)पूरी दुनिया के लिए एक समस्या बन गयी है। ग्रीनहाउस प्रभाव के कारण वैश्विक औसत तापमान में वृद्धि से विभिन्न पारिस्थितिकी प्रणालियों के लिए गंभीर परिणाम होने की संभावना है। कार्बन-डाइऑक्साइड(CO_2) प्राथमिक ग्रीनहाउस गैस है, जो ग्लोबल वार्मिंग के लिए मुख्य अपराधी है। जीवाश्म ईंधन (कोयला, तेल और गैस) वैश्विक जलवायु परिवर्तन में अब तक का सबसे बड़ा योगदानकर्ता हैं, जो वैश्विक ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन के 75% से अधिक और सभी कार्बन-डाइऑक्साइड उत्सर्जन के लगभग 90% के लिए जिम्मेदार हैं। ग्लोबल वार्मिंग की समस्या पर काबू पाने के लिए, भारत सरकार ने 2050 तक कार्बन-डाइऑक्साइड उत्सर्जन को 50 प्रतिशत कम करने और 2070 तक शुद्ध शून्य तक पहुंचने की प्रतिबद्धता जताई है।

विद्युत क्षेत्र कुल कार्बन-डाइऑक्साइड उत्सर्जन में लगभग एक-तिहाई का योगदान देता है, इसलिए जीवाश्म ईंधन आधारित विद्युत ऊर्जा के लिए नवीकरणीय ऊर्जा पर स्विच करना भारत सरकार के कार्बन-डाइऑक्साइड स्तर को कम करने के उपरोक्त लक्ष्यों को प्राप्त करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है। इस उद्देश्य के लिए, भारत सरकार ने 2030 तक 500 गीगावाट अक्षय ऊर्जा क्षमता का लक्ष्य रखा है। लेकिन केवल अक्षय ऊर्जा हमारे देश के विकास और बढ़ती आबादी की बढ़ती मांग को पूरा नहीं कर सकती है। इसलिए घरों, व्यवसायों और उद्योगों में विद्युत आपूर्ति सुनिश्चित करने के लिए विद्युत ग्रिड में अक्षय ऊर्जा स्रोतों (जैसे सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, जल-विद्युत ऊर्जा, बायोमास ऊर्जा और भूतापीय ऊर्जा, आदि) तथा जीवाश्म ईंधन आधारित पारम्परिक ऊर्जा स्रोतों दोनो का साथ-साथ शामिल होना आवश्यक है। अक्षय ऊर्जा स्रोतों को पारम्परिक ऊर्जा स्रोतों के साथ-साथ मौजूदा विद्युत ग्रिड में शामिल करने की प्रक्रिया **"अक्षय ऊर्जा एकीकरण"** कहलाती है।

भारतीय विद्युत ग्रिड कोड (आई.ई.जी.सी.) ने अक्षय ऊर्जा स्रोतों को "आवश्यक संचालन" (Must Run) का दर्जा प्रदान किया है। इसका मतलब है कि किसी भी व्यावसायिक कारणों से अक्षय ऊर्जा स्रोतों से बिजली की कटौती नहीं की जा सकती, जिसके कारण पारम्परिक ऊर्जा स्रोतों, विशेषकर तापीय विद्युत संयंत्रों को विद्युत मांग के अनुसार अपने उत्पादन में बार-बार बदलाव करने के लिए मजबूर होना पड़ता है। इसलिए अक्षय ऊर्जा एकीकरण में कुछ चुनौतियो का सामना करना पड़ रहा है। अक्षय ऊर्जा के एकीकरण में सबसे बड़ी चुनौती **"अक्षय ऊर्जा की अस्थिरता और अनियमितता"**(Variability and Intermittency) है।

अक्षय ऊर्जा के एकीकरण में अनियमितता के कारण:

1. मौसम की स्थिति: सौर और पवन ऊर्जा जैसे अक्षय ऊर्जा स्रोत पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों के विपरीत मौसम पर निर्भर होते हैं। उदाहरण के लिए, सौर ऊर्जा का उत्पादन सूर्य द्वारा उत्सर्जित ऊष्मा पर निर्भर करता है। इसी प्रकार, पवन ऊर्जा का उत्पादन हवा की गति और दिशा के साथ बदलता रहता है, जिससे उत्पादन क्षमता में उतार-चढ़ाव होता रहता है।

2. मौसमों में परिवर्तन: मौसमों में परिवर्तन के साथ ऊर्जा की मांग और आपूर्ति बदलती रहती हैं, जिससे विद्युत उत्पादन की नियमितता प्रभावित होती है।

3. समय के साथ मांग में परिवर्तन: ऊर्जा की मांग समय के साथ बदलती रहती है, जैसे सुबह और शाम के समय मांग चरम पर होती है, जबकि सौर ऊर्जा उत्पादन दिन में दोपहर के समय चरम पर होता है। इस प्रकार विद्युत उत्पादन में अनियमितता होती है।

अक्षय ऊर्जा के एकीकरण में अनियमितता के प्रभाव:

1. ग्रिड अस्थिरता:अक्षय ऊर्जा स्रोतो से प्राप्त ऊर्जा उत्पादन की अनियमितता से ग्रिड के लिए विद्युत मांग और आपुर्ति के बीच संतुलन बनाए रखने तथा ग्रिड आवृत्ति व वोल्टेज को स्थिर बनाए रखने में कठिनाई पैदा होती है।

2. अक्षय ऊर्जा सीमितता: विद्युत की मांग कम होने के दौरान, पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों से अतिरिक्त ऊर्जा उत्पादन के कारण अक्षय ऊर्जा स्रोतों का उत्पादन सीमित हो सकता है, जो अक्षय ऊर्जा स्रोतों के "आवश्यक संचालन" को प्रभावित कर सकता है।

3. विद्युत आपूर्ति विश्वसनीयता: अक्षय ऊर्जा स्रोतो से प्राप्त ऊर्जा उत्पादन की अनियमितता से विश्वसनीय विद्युत आपूर्ति सुनिश्चित करने में कठिनाई पैदा हो सकती है तथा साथ ही यह विद्युत गुणवत्ता समस्याओं का कारण भी बन सकती है।

अक्षय ऊर्जा के एकीकरण में अनियमितता के संभावित समाधान:

1. ऊर्जा भंडारण: बड़े पैमाने पर बैटरी, जैसे लिथियम-आयन बैटरियां, ऊर्जा को उच्च उत्पादन के समय ऊर्जा का भंडारण करके, कम उत्पादन के समय आवश्यकता पड़ने पर आपूर्ति कर सकती हैं।

2. पंप-भंडारण हाइड्रो : इस तकनीक द्वारा पानी को ऊंचाई पर पंप करके ऊर्जा का संग्रहण किया जाता है और आवश्यकता पड़ने पर इस संग्रहित पानी को छोड़कर बिजली उत्पन्न की जाती है।

3. ग्रिड आधुनिकीकरण: स्मार्ट ग्रिड प्रौद्योगिकी के उपयोग से बिजली के प्रवाह की निगरानी और प्रबंधन बेहतर ढंग से किया जा सकता है, जिससे अक्षय ऊर्जा के उतार-चढ़ाव को संभालना आसान हो जाता है।

4. डिमांड रिस्पॉन्स प्रोग्राम: इस प्रोग्राम के तहत उपभोक्ताओं को ऊर्जा की अधिक मांग के समय कम उपयोग करने के लिए प्रोत्साहित किया जाता है, जिससे मांग और आपूर्ति का बेहतर तालमेल बैठता है।

5. टाइम-ऑफ-डे टैरिफ: समय-आधारित टैरिफ लागू करने से उपभोक्ताओं को ऊर्जा का उपयोग गैर-पीक समय में करने के लिए प्रोत्साहित किया जा सकता है।

6. उन्नत मौसम पूर्वानुमान: बेहतर मौसम और उत्पादन पूर्वानुमान उपकरण अक्षय ऊर्जा उत्पादन की सटीक भविष्यवाणी करने में मदद करते हैं, जिससे ग्रिड संचालको को संचालन प्रबंधन में सहायता मिलती है।

7. हाइब्रिड अक्षय परियोजनाएं: सौर, पवन, और बैटरी भंडारण को मिलाकर बनी परियोजनाये अधिक स्थिर पावर सप्लाई प्रदान करती हैं, जो बिजली की मांग और आपूर्ति के उतार-चढ़ाव को संतुलित करने में मदद करती हैं।

8. ग्रीन हाइड्रोजन: ग्रीन हाइड्रोजन (अक्षय ऊर्जा से उत्पादित हाइड्रोजन) लंबे समय तक ऊर्जा भंडारण के रूप में काम कर सकती है। इसे बाद में बिजली उत्पादन, औद्योगिक उपयोग या परिवहन के लिए ईंधन के रूप में उपयोग किया जा सकता है।

9. तापीय विद्युत सन्यंत्रो का लचीला संचालन:
अक्षय ऊर्जा के एकीकरण में अनियमितता की चुनौती को दूर करने के लिए तापीय विद्युत संयंत्रों का लचीला संचालन महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है। तापीय विद्युत संयंत्रों के लचीले संचालन का अर्थ है कि ये संयंत्र विभिन्न समय-अंतराल में अक्षय ऊर्जा की उपलब्धता तथा उपभोगताओ द्वारा विद्युत की मांग में बदलाव के अनुसार अपनी विद्युत उत्पादन क्षमता को समायोजित कर सकते हैं।

तापीय विद्युत संयंत्रो के लचीले संचालन के मुख्य पहलू:

1. चालू और बंद करना: विद्युत संयंत्रो को शीघ्रता से चालू और बंद करने की क्षमता।
2. अंश भार संचालन: संयंत्र की पूर्ण क्षमता से कम पर संचालन करने की क्षमता।
3. न्यूनतम उत्पादन स्तर: विद्युत संयंत्रो द्वारा सबसे कम विद्युत उत्पादन स्तर, जिस पर संयंत्र बंद हुए बिना काम कर सकता है।
4. उच्च रैंप दर: संयंत्रो द्वारा विद्युत उत्पादन को तेजी से बढ़ाने या घटाने की क्षमता।
5. ग्रिड आवृत्ति प्रतिक्रिया: ग्रिड आवृत्ति को स्थिर बनाए रखने के लिए विद्युत उत्पादन को समायोजित करने की क्षमता।

तापीय विद्युत संयंत्रो के लचीले संचालन में चुनौतियाँ और समाधान:

कोयला आधारित तापीय विद्युत संयंत्र, अतीत में जल-विद्युत या गैस आधारित उत्पादन से पीकिंग सपोर्ट के साथ बेस लोड पर संचालन के लिए ग्रिड में शामिल किए गए थे। इन संयंत्रों में सहायक और उप- प्रणालियाँ आम तौर पर विद्युत उत्पादन में बदलाव (उतार-चढाव) के प्रति निष्क्रिय होती हैं। नियमित आधार पर बिजली उत्पादन के बडे बदलावों को अपनाने के लिए तापीय विद्युत संयंत्र का संचालन बॉयलर, टर्बाइन और कोयला हैंडलिंग सिस्टम के साथ-साथ इसके विभिन्न सहायक उपकरणों पर दबाव डाल सकता है। इसके अलावा कोयला आधारित तापीय विद्युत उत्पादको को विद्युत उत्पादन में बार-बार उतार-चढाव के कारण कुछ वाणिज्यिक मुद्दो का भी सामना करना पडता है।
तापीय विद्युत संयंत्रो के लचीले संचालन में चुनौतियो को दूर करने के लिए कुछ समाधान निम्नलिखित हैं:

1. आधुनिक नियंत्रण प्रणालियों व लचीली संचालन प्रौद्योगिकियों के साथ मौजूदा संयंत्रों को उन्नत बनाना।
2. लचीले संचालन को प्रोत्साहित करने वाले बाजार तंत्रों को लागू करना।
3. उन्नत संचालन रणनीतियों और प्रशिक्षण कार्यक्रमों को विकसित करना।

केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण(कोयला आधारित ताप विद्युत उत्पादित इकाइयों का लचीला संचालन)विनियम, 2023:

अक्षय ऊर्जा के एकीकरण में अनियमितता की चुनौती को दूर करने के लिए तापीय विद्युत संयंत्रों के लचीले संचालन की महत्वपूर्ण भूमिका के मद्देनज़र, केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण ने जनवरी,2023 में कोयला आधारित ताप विद्युत उत्पादित इकाइयों के लचीले संचालन के लिए विनियम जारी किये, जो केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण की वेबसाइट पर उपलब्ध हैं। ये विनियम केंद्रीय सरकार, राज्य सरकारों के स्वामित्व या नियंत्रण में या ग्रिड से जुड़ी किसी भी प्राइवेट कंपनी के स्वामित्व वाली सभी कोयला आधारित ताप विद्युत उत्पादन इकाइयों और भार प्रेषण कंद्रो पर लागू होंगे। इन विनियमो के मुख्य बिंदु निम्नलिखित हैं:

1. कोयला आधारित ताप विद्युत उत्पादन इकाइयों में चालीस प्रतिशत के न्यूनतम विद्युत स्तर का लचीला संचालन क्षमता होगा।

2.(i) कोयला आधारित ताप विद्युत उत्पादन इकाइयों में अधिकतम निरंतर विद्युत रेटिंग के सत्तर प्रतिशत से सौ प्रतिशत के बीच उनके संचालन के लिए न्यूनतम तीन प्रतिशत प्रति मिनट की रैंप दर क्षमता होगी और अधिकतम निरंतर विद्युत रेटिंग के पचपन प्रतिशत से सत्तर प्रतिशत के बीच उनके संचालन के लिए न्यूनतम दो प्रतिशत प्रति मिनट की रैंप दर क्षमता होगी।

(ii) कोयला आधारित ताप विद्युत उत्पादन इकाइयां अधिकतम निरंतर विद्युत रेटिंग के चालीस प्रतिशत से पचपन प्रतिशत के बीच उनके संचालन के लिए न्यूनतम एक प्रतिशत प्रति मिनट की रैंप दर क्षमता प्राप्त करेंगी।

निष्कर्ष:

भारतीय परिवेश में अक्षय ऊर्जा की अनियमितता पारम्परिक ऊर्जा स्रोतों के साथ अक्षय ऊर्जा स्रोतों के एकीकरण में एक जटिल समस्या व चुनौती है। लेकिन वैश्विक ऊष्मीकरण(ग्लोबल वार्मिंग)की समस्या पर काबू पाने के लिए, भारत सरकार की 2070 तक कार्बन-डाइऑक्साइड उत्सर्जन को शुद्ध शून्य तक पहुंचने की प्रतिबद्धता के मद्देनज़र, इस चुनौती का समाधान करना अत्यंत महत्वपूर्ण है। ऊर्जा भंडारण, ग्रिड आधुनिकीकरण, मांग-पक्ष प्रबंधन और ग्रीन हाइड्रोजन जैसी नवाचार प्रौद्योगिकियो के साथ-साथ, तापीय विद्युत संयंत्रो द्वारा लचीले संचालन को अपनाकर, इस चुनौती का सामना सफलतापूर्वक किया जा सकता है। इस उद्देश्य को पूरा करने के लिए, भारत सरकार के साथ-साथ राज्य सरकारो, विद्युत नियामको, उपयोगिताओं और हितधारकों के समन्वित प्रयासों की आवश्यकता होगी, ताकि एक स्वच्छ, विश्वसनीय और अधिक टिकाऊ व सशक्त ऊर्जा प्रणाली बनाई जा सके जो उच्च स्तर की अक्षय ऊर्जा को पारम्परिक ऊर्जा स्रोतों के साथ प्रभावी ढंग से एकीकृत करने में सक्षम हो।

****

नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण

- सुमन बाला, उप निदेशक, टीपीपी एंड डी

नवीकरणीय एकीकरण क्या है?

नवीकरणीय एकीकरण, ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोतों को विद्युत ग्रिड में जोड़ने की प्रक्रिया है। नवीकरणीय स्रोत स्वयं-पुनःपूर्ति करने वाले संसाधनों - जैसे हवा, धूप और पानी - से ऊर्जा उत्पन्न करते हैं और स्वच्छ भविष्य को शक्ति प्रदान करने के लिए पर्याप्त ऊर्जा प्रदान कर सकते हैं । ऊर्जा के ये स्रोत जीवाश्म-आधारित ऊर्जा स्रोतों से बहुत अलग हैं, जो ग्रिड के साथ नवीकरणीय ऊर्जा को एकीकृत करते समय चुनौतियाँ पैदा कर सकते हैं। इन चुनौतियों पर काबू पाना नवीकरणीय एकीकरण को बढ़ाने और स्वच्छ ऊर्जा भविष्य को प्राप्त करने की कुंजी है।

नवीकरणीय ऊर्जा के स्रोत, जैसे पानी और भूतापीय , बेसलोड बिजली की जरूरतों को पूरा करने के लिए स्थिर और सुसंगत ऊर्जा उत्पन्न कर सकते हैं, जो कि किसी भी समय ग्रिड के लिए आवश्यक बिजली की न्यूनतम मात्रा है। ये नवीकरणीय जीवाश्म ईंधन संयंत्रों के समान कार्य करते हैं जो बदलती ग्राहक मांगों को पूरा करने के लिए विश्वसनीय बिजली प्रदान करने में सक्षम हैं। हालांकि, अन्य नवीकरणीय स्रोतों जैसे पवन और सौर स्रोतों से उत्पन्न ऊर्जा की मात्रा पूरे दिन, मौसम और विभिन्न स्थानों में काफी भिन्न हो सकती है। ऐसा इसलिए है क्योंकि ये नवीकरणीय संसाधन - पवन और धूप - पर निर्भर करते हैं, जो उतार-चढ़ाव करते हैं और हर समय हर जगह उपलब्ध नहीं होते हैं। यह एक महत्वपूर्ण विचार है क्योंकि ग्रिड में दी जाने वाली बिजली की मात्रा हमेशा ग्रिड में इस्तेमाल की जाने वाली या निकाली जाने वाली बिजली की मात्रा के बराबर होनी चाहिए।

ग्रिड के साथ नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण को बढ़ाने के स्पष्ट लाभ हैं। नवीकरणीय ऊर्जा कार्बन और अन्य वायु प्रदूषकों के उत्सर्जन को कम कर सकती है और स्वयं पुनःपूर्ति करती है। वे वितरित ऊर्जा प्रणालियों का समर्थन करते हैं जो ग्रिड पर बिजली की मांग को कम करते हैं, लागत कम करते हैं, और अस्पतालों जैसे महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचे की विश्वसनीयता और सुरक्षा को बढ़ाते हैं। ये लाभ तभी पूरी तरह से महसूस किए जा सकते हैं जब नवीकरणीय ऊर्जा तब और जहाँ इसकी आवश्यकता हो, सुलभ हो, यही कारण है कि नवीकरणीय एकीकरण अनुसंधान का एक महत्वपूर्ण क्षेत्र है।

ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोत कार्बन उत्सर्जन को कम करते हैं और ग्रिड के लचीलेपन और ऊर्जा सुरक्षा पर सकारात्मक प्रभाव डालते हैं। शोधकर्ता मौजूदा पावर ग्रिड में नवीकरणीय ऊर्जा को एकीकृत करने से जुड़ी चुनौतियों को दूर करने के लिए काम कर रहे हैं, ताकि स्वच्छ ऊर्जा भविष्य की ओर बढ़ा जा सके। माइक्रोग्रिड, जो आमतौर पर इस एनीमेशन में दिखाए गए अनुसार सौर और/या पवन द्वारा संचालित होते हैं, बैटरी चार्ज करने के लिए अतिरिक्त बिजली का उपयोग करते हैं, साथ ही बैकअप के लिए एक जनरेटर भी। (सारा लेविन द्वारा एनीमेशन /

नवीकरणीय एकीकरण का संक्षिप्त इतिहास

मनुष्य ने पूरे इतिहास में ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोतों का लाभ उठाया है - जैसे कि जहाजों को चलाने के लिए हवा का उपयोग करना और अनाज पीसने के लिए पानी का उपयोग करना। 19वीं शताब्दी में औद्योगिक क्रांति और बिजली के उदय के बाद ही समाज ने बिजली पैदा करने के लिए जीवाश्म ईंधन - और बाद में परमाणु ऊर्जा - पर बहुत अधिक निर्भर होना शुरू किया। तब से, जीवाश्म ईंधन ऊर्जा का प्रमुख स्रोत रहा है, लेकिन प्राकृतिक संसाधनों की शक्ति का बेहतर उपयोग करने के लिए नवीकरणीय और नई तकनीकों के विकास में हमेशा रुचि रही है।

अक्षय ऊर्जा के आधुनिक दृष्टिकोण 1800 के दशक की शुरुआत में ही सामने आए, जिसमें 1839 में पहला हाइड्रोजन ईंधन सेल , 1883 में पहला सौर-या फोटोवोल्टिक-सेल और 1890 के दशक में पवन चक्कियों के लिए अधिक कुशल स्टील ब्लेड का आविष्कार शामिल था। पहला जलविद्युत संयंत्र 1882 में विस्कॉन्सिन में बनाया गया था और पहला भूतापीय संयंत्र 1921 में कैलिफोर्निया में बनाया गया था। 1930 और 1970 के दशक के बीच, संयुक्त राज्य अमेरिका में कई जलविद्युत बांध बनाए गए और आज भी संयुक्त राज्य अमेरिका में जलविद्युत ऊर्जा अक्षय ऊर्जा का प्रमुख स्रोत बनी हुई है।

1970 के दशक में ऊर्जा की कमी और तेल संकट ने ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोतों में नाटकीय रूप से रुचि बढ़ाई और 1980 के दशक के दौरान कैलिफोर्निया में पहले बड़े पैमाने पर पवन फार्म और सौर ऊर्जा संयंत्रों के निर्माण का नेतृत्व किया । कार्बन उत्सर्जन और जलवायु परिवर्तन के बारे में बढ़ती चिंताओं ने पिछले 20 वर्षों में नवीकरणीय ऊर्जा के उपयोग को और तेज़ कर दिया है। 2020 में, कुल अमेरिकी ऊर्जा खपत का 12% नवीकरणीय ऊर्जा का उपयोग करके पूरा किया गया था और अमेरिकी ऊर्जा सूचना प्रशासन का अनुमान है कि 2050 तक नवीकरणीय ऊर्जा की खपत बढ़ जाएगी , जो ग्रिड के साथ बेहतर नवीकरणीय एकीकरण की आवश्यकता को रेखांकित करता है।

नवीकरणीय एकीकरण क्यों महत्वपूर्ण है?

कार्बन उत्सर्जन जलवायु परिवर्तन को बढ़ावा देता है - सदी के अंत तक वैश्विक तापमान में 2 डिग्री सेंटीग्रेड तक की वृद्धि होने का अनुमान है और इससे और भी अधिक चरम मौसम की घटनाएँ और क्षेत्रीय जलवायु में परिवर्तन होंगे। ऊर्जा के अधिक नवीकरणीय स्रोतों का उपयोग करके कार्बन उत्सर्जन को कम करना शून्य कार्बन भविष्य के लिए महत्वपूर्ण है। अंतर्राष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी का अनुमान है कि 2050 तक शुद्ध-शून्य उत्सर्जन तक पहुँचने के लिए वैश्विक बिजली का अधिकांश हिस्सा नवीकरणीय ऊर्जा का उपयोग करके उत्पन्न किया जाना चाहिए। अमेरिका ने 2035 तक 100% स्वच्छ बिजली पैदा करने का लक्ष्य रखा है और कई राज्यों ने कम उत्सर्जन के लिए लक्ष्य लागू किए हैं - इन सभी के लिए नवीकरणीय ऊर्जा पर निर्भरता बढ़ाने की आवश्यकता होगी। अमेरिका में, 2010 से नवीकरणीय ऊर्जा का उपयोग काफी बढ़ गया है, लेकिन 2050 तक शुद्ध-शून्य अर्थव्यवस्था प्राप्त करने के लिए नवीकरणीय एकीकरण के उच्च स्तर की भी आवश्यकता होगी।

नवीकरणीय एकीकरण के लाभ

नवीकरणीय एकीकरण शुद्ध-शून्य भविष्य का एक महत्वपूर्ण तत्व है जो जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता को कम करेगा और कार्बन उत्सर्जन को कम करेगा, जिसके समाज के लिए दूरगामी लाभ हैं। पवन और सौर ऊर्जा का उपयोग करके केवल 35 प्रतिशत अमेरिकी बिजली का उत्पादन करने से कार्बन उत्सर्जन में 45 प्रतिशत तक की कमी आएगी ।

नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण संयुक्त राज्य अमेरिका में रोजगार सृजन का समर्थन करता है। 2022 में, ऊर्जा क्षेत्र में रोजगार वृद्धि समग्र अमेरिकी रोजगार से आगे निकल गई , जिसमें नवीकरणीय और हरित ऊर्जा क्षेत्रों में 3 मिलियन से अधिक नई नौकरियां जोड़ी गईं। शुद्ध शून्य अर्थव्यवस्था में संक्रमण से देश की आर्थिक प्रतिस्पर्धात्मकता का समर्थन करते हुए एक मिलियन नई नौकरियों की शुद्ध वृद्धि होने का अनुमान है। वास्तव में, अमेरिका द्वारा निवेश किए जाने वाले प्रत्येक मिलियन डॉलर के लिए, नवीकरणीय ऊर्जा जीवाश्म ईंधन की तुलना में 2 गुना अधिक रोजगार पैदा कर सकती है।

नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण प्रदूषण को कम करके बेहतर वायु गुणवत्ता और स्वास्थ्य परिणामों का समर्थन कर सकता है। ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोतों पर बढ़ती निर्भरता वायु प्रदूषण को कम करेगी और खराब वायु गुणवत्ता से जुड़ी सैकड़ों हज़ारों अकाल मौतों को खत्म कर सकती है।

नवीकरणीय एकीकरण वितरित ऊर्जा प्रणालियों के विकास का भी समर्थन करता है, जो छोटे पैमाने पर बिजली उत्पादन और भंडारण विकल्प हैं। इसमें सौर पैनल जैसी चीजें शामिल हैं जो व्यक्तिगत घरों या स्थानीय माइक्रोग्रिड को बिजली दे सकती हैं जो क्षेत्रीय ग्रिड से स्वायत्त रूप से संचालित हो सकती हैं, पीक समय के दौरान बिजली की मांग को कम कर सकती हैं और लागत कम कर सकती हैं। वितरित ऊर्जा प्रणालियाँ दूरदराज के क्षेत्रों और महत्वपूर्ण बुनियादी ढाँचे, जैसे कि अस्पतालों या आपातकालीन प्रतिक्रिया सेवाओं को ऊर्जा प्रदान करके समग्र ऊर्जा विश्वसनीयता और सुरक्षा को भी बढ़ा सकती हैं।

अंत में, नवीकरणीय ऊर्जा टिकाऊ होती है। जीवाश्म ईंधन के विपरीत, हवा, धूप और पानी, स्वयं-पुनःपूर्ति करने वाले संसाधन हैं जो स्वच्छ भविष्य के लिए पर्याप्त ऊर्जा प्रदान कर सकते हैं।

नवीकरणीय एकीकरण के समक्ष चुनौतियाँ

मौजूदा इलेक्ट्रिक ग्रिड में ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोतों को प्लग करना किसी आउटलेट में कॉर्ड प्लग करने जितना आसान नहीं है। ग्रिड में नवीकरणीय ऊर्जा के उच्च प्रतिशत को एकीकृत करने के लिए कई विचार और तकनीकी चुनौतियाँ हैं जिन्हें दूर किया जाना चाहिए। इसमें नवीकरणीय ऊर्जा को ग्रिड से जोड़ने के लिए बुनियादी ढाँचा और तकनीक विकसित करना, कई स्रोतों से बिजली उत्पादन का समन्वय करना, स्थानीय बिजली पर क्षेत्रीय और बाज़ार की माँगों के प्रभावों का प्रबंधन करना और ग्रिड स्टोरेज विकल्पों को आगे बढ़ाना शामिल है।

नवीकरणीय एकीकरण 2050 तक शुद्ध-शून्य उत्सर्जन तक पहुंचने का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है।

ग्रिड के साथ नवीकरणीय ऊर्जा के उच्च स्तर का एकीकरण ग्रिड संचालकों के लिए एक चुनौती है, जिन्हें ग्रिड में बिजली की आपूर्ति और मांग को संतुलित करना होगा। जल और भूतापीय ऊर्जा जैसे नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत निरंतर, बेसलोड बिजली प्रदान करते हैं, जिसे आवश्यकता पड़ने पर बिजली की मांग को पूरा करने के लिए तेज़ी से बढ़ाया जा सकता है। पवन और सौर जैसे अन्य नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों में स्वाभाविक रूप से उतार-चढ़ाव होता है। दिन के समय, मौसम, स्थान और मौसम के आधार पर, परिवर्तनशील नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों द्वारा उत्पादित ऊर्जा बदल सकती है। नवीकरणीय ऊर्जा के उच्च स्तर का समर्थन करते हुए बिजली की मांग को पूरा करने के लिए अत्यधिक लचीले ग्रिड संचालन की आवश्यकता होगी। उदाहरण के लिए, कुछ बाज़ारों में सौर ऊर्जा दिन के दौरान अधिकांश ऊर्जा आवश्यकताओं की आपूर्ति कर सकती है। लेकिन जब शाम को सूरज ढल जाता है और बिजली की मांग अधिक रहती है, तो संचालकों को तुरंत अन्य ऊर्जा स्रोतों पर स्विच करना चाहिए। ऊर्जा के अन्य स्रोतों को बढ़ाने में समय लग सकता है, जो ग्रिड संचालकों के लिए एक चुनौती है। एक और चुनौती सटीक मौसम पूर्वानुमान लगाना है। चूँकि मौसम सीधे प्रभावित करता है कि कुछ नवीकरणीय ऊर्जा कितनी ऊर्जा उत्पन्न करती है और कितनी बिजली की खपत होती है, इसलिए पूर्वानुमान ग्रिड संचालकों के लिए स्थिर बिजली बनाए रखने के लिए एक आवश्यक उपकरण है। हवा की स्थिति का पूर्वानुमान लगाना काफी मुश्किल है, जो

पवन ऊर्जा पर उच्च निर्भरता वाले क्षेत्रों में एक महत्वपूर्ण विचार है।

क्षेत्रों के बीच बिजली का संचरण ग्रिड के साथ नवीकरणीय एकीकरण के उच्च स्तर को प्राप्त करने में एक और बाधा है। नवीकरणीय ऊर्जा हमेशा वहां उत्पन्न नहीं होती जहां बिजली की मांग अधिक होती है। पूरे देश में स्थिर नवीकरणीय ऊर्जा प्रदान करने के लिए बेहतर ऊर्जा संचरण और भंडारण विकल्पों की आवश्यकता होती है ताकि एक स्थान पर नवीकरणीय ऊर्जा से उत्पन्न ऊर्जा को उन स्थानों पर ले जाया जा सके जहां कोई नवीकरणीय संसाधन नहीं हैं या जहां बिजली की मांग नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन से अधिक है।

ग्रिड ऊर्जा भंडारण इन चुनौतियों में से कई का समाधान प्रदान करता है, जब नवीकरणीय ऊर्जा प्रचुर मात्रा में होती है, जब कुछ नवीकरणीय ऊर्जा आसानी से उपलब्ध नहीं होती है। लेकिन उच्च नवीकरणीय एकीकरण का समर्थन करने के लिए ग्रिड भंडारण विकल्पों को भी आधुनिक बनाने की आवश्यकता है। ग्रिड ऊर्जा भंडारण के लिए कई संभावित विकल्प हैं - जिसमें बैटरी, हाइड्रोजन, पंप स्टोरेज हाइड्रोपावर और अन्य शामिल हैं - लेकिन इन भंडारण विकल्पों को ग्रिड पैमाने पर, लंबी अवधि के भंडारण के लिए और उचित लागत पर लागू करना बड़ी चुनौतियां बनी हुई हैं। ग्रिड स्टोरेज लॉन्चपैड इन चुनौतियों का समाधान करने और ग्रिड ऊर्जा भंडारण प्रौद्योगिकियों की अगली पीढ़ी को आगे बढ़ाने पर केंद्रित है, जो बढ़े हुए नवीकरणीय एकीकरण का समर्थन करेगा।

बिजली आपूर्ति और मांग को संतुलित करने से जुड़ी चुनौतियों के अलावा, अनुमतियों और प्राधिकरणों , पर्यावरण और समुदायों पर संभावित प्रभावों और भविष्य के नवीकरणीय एकीकरण के लिए कार्यबल विकास से संबंधित विचार हैं। समुदायों के लिए समान नवीकरणीय ऊर्जा विकास के लिए स्पष्ट मार्ग स्थापित करना एक लचीले ग्रिड की कुंजी होगी जो अधिक लोगों को स्वच्छ, विश्वसनीय ऊर्जा प्रदान कर सके।

नवीकरणीय एकीकरण में विकास

इन चुनौतियों का समाधान खोजने के लिए स्थान-विशिष्ट ऊर्जा आवश्यकताओं और विभिन्न बाजारों को संबोधित करने के लिए कई मोर्चों पर प्रगति की आवश्यकता है। अनुसंधान के कुछ प्रमुख क्षेत्रों में ऊर्जा भंडारण और संचरण, चुस्त ग्रिड संचालन, और भविष्य की ऊर्जा आवश्यकताओं को पूरा करने वाली योजना और प्रबंधन का समर्थन करने के लिए कम्प्यूटेशनल और मॉडलिंग कार्य शामिल हैं।

ऊर्जा भंडारण और संचरण नवीकरणीय ऊर्जा से जुड़ी कुछ चुनौतियों पर काबू पाने के लिए महत्वपूर्ण हैं। मांग को पूरा करने के लिए अतिरिक्त ऊर्जा संग्रहीत करने से ऑपरेटरों को बाद में उस ऊर्जा का उपयोग करने की अनुमति मिलती है जब मांग अधिक होती है लेकिन आपूर्ति कम होती है - जिससे ग्राहकों को स्थिर बिजली मिलती है। साथ ही, यह पहचानना कि सिस्टम में लचीलापन कहाँ है और बिजली की मांग को टालना - जैसे कि स्वचालित बिल्डिंग नियंत्रण लागू करना जो पानी को गर्म करते हैं या ऑफ-पीक घंटों के दौरान कार्यालयों को ठंडा करते हैं - सिस्टम की मांग के साथ नवीकरणीय बिजली की आपूर्ति को बेहतर ढंग से मिलाने के लिए महत्वपूर्ण उपकरण हैं।

उच्च ऊर्जा उत्पादन वाले क्षेत्रों से उच्च ऊर्जा मांग वाले क्षेत्रों तक ऊर्जा संचरण में सुधार करने से सभी ग्राहकों को विश्वसनीय नवीकरणीय ऊर्जा उपलब्ध कराने में आने वाली कुछ भौगोलिक और परिचालन संबंधी बाधाओं को दूर करने में मदद मिलेगी।

अन्य दृष्टिकोणों में अधिक लचीले संचालन और भविष्य में नवीकरणीय एकीकरण को बढ़ाने की योजना बनाना शामिल है। उदाहरण के लिए, बिजली के लिए कई नवीकरणीय स्रोतों पर निर्भर रहने से किसी एक नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत में उतार-चढ़ाव को संतुलित किया जा सकता है। पानी और भूतापीय स्रोत लगातार ऊर्जा प्रदान करते हैं जिसे बिजली की मांग बढ़ने पर तेज़ी से बढ़ाया जा सकता है, जिससे नवीकरणीय ऊर्जा पर निर्भर रहने से जुड़ी चुनौतियाँ कम हो जाती हैं। इसी तरह, पूरे दिन बिजली की मांग को प्रबंधित करने के लिए रचनात्मक समाधान ढूँढना और लचीली रैंपिंग क्षमताएँ प्रदान करना ऑपरेटरों को ग्राहक की मांग के साथ नवीकरणीय बिजली की आपूर्ति को बेहतर ढंग से मिलाने में मदद कर सकता है - जैसे कि पीक ऑवर्स के दौरान मांग को कम करने वाले प्रोत्साहन या लचीले ग्रिड संचालन का समर्थन करने वाली पहल हैं ।

स्मार्ट ग्रिड ऊर्जा स्रोत

स्मार्ट ग्रिड अक्षय ऊर्जा स्रोतों का उपयोग करता है, जिसे हरित ऊर्जा के रूप में भी जाना जाता है, जो

सौर, पवन, भूतापीय, परमाणु या जैव ऊर्जा जैसे प्राकृतिक स्रोतों से प्राप्त होता है , हरित ऊर्जा को कभी-कभी पर्यावरण के अनुकूल ऊर्जा भी कहा जाता है। परमाणु ऊर्जा परमाणु संलयन के माध्यम से प्राप्त की जा सकती है, जो रासायनिक यौगिकों के अलग-अलग परमाणुओं को एक साथ जोड़ने की प्रक्रिया है, परमाणु विखंडन, जो यौगिकों के व्यक्तिगत परमाणुओं को अलग करने की प्रक्रिया है, या परमाणु क्षय, जो अत्यधिक प्रतिक्रियाशील यौगिकों के टूटने की प्रक्रिया है। बायोएनर्जी की अवधारणा को शुरू में कार्बन-आधारित जीवाश्म ईंधन के प्रत्यक्ष विकल्प के रूप में माना गया था। दोनों में किसी न किसी तरह के ईंधन की खपत की आवश्यकता होती है। दूसरी ओर, बायोएनर्जी को जलाने से कार्बन-आधारित जीवाश्म ईंधन इसका उपयोग विभिन्न देशों में नवीकरणीय ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए किया जाता है, और यह उन देशों के लिए कुछ हद तक सहायक भी है, क्योंकि यह उत्पादित स्वच्छ ऊर्जा की एक बड़ी मात्रा के लिए जिम्मेदार है।

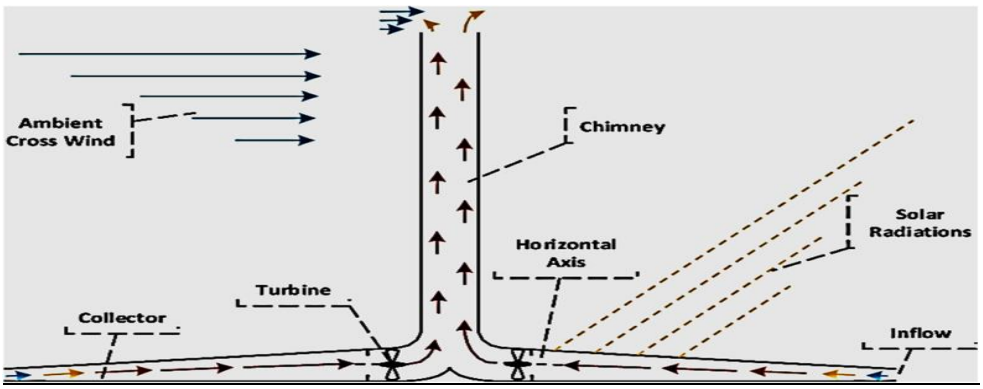
सौर और पवन ऊर्जा इस खंड का प्राथमिक केंद्र थे क्योंकि स्मार्ट ग्रिड के संचालन में उनकी महत्वपूर्ण भूमिका है। सौर ऊर्जा को दो श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है: सौर ऊर्जा उत्पादन, और सौर ऊर्जा ग्रिड से जुड़े मानदंड और मानक, जो केवल कुछ चुनिंदा देशों में ही लागू होते हैं।

- **सौर ऊर्जा उत्पादन**

केंद्रित सौर ऊर्जा (सीएसपी) एक प्रकार की सौर तापीय ऊर्जा है जिसका उपयोग एकल फोकस बिंदु में सूर्य के माध्यम से ऊर्जा एकाग्रता द्वारा बिजली स्थानांतरित करने में किया जाता है। सूर्य के प्रकाश की ऊर्जा का विद्युत ऊर्जा में यह रूपांतरण सीधे सौर फोटोवोल्टिक पैनलों (पीवी) के उपयोग के माध्यम से या सीएसपी के उपयोग के माध्यम से किया जा सकता है, जो सौर तापीय ऊर्जा का एक प्रकार है। इस विधि को अक्सर गर्मी और बिजली के उत्पादन के लिए सबसे आधुनिक, विश्वसनीय और उपयोगकर्ता के अनुकूल विकल्प के रूप में पहचाना जाता है । किए गए कई अध्ययनों में से एक के अनुसार, मिस्र उन देशों में से एक है जो महत्वपूर्ण मात्रा में सौर विकिरण प्राप्त करता है। सौर ऊर्जा के उत्पादन पर एक अध्ययन में यह पता चला था। यह निर्धारित किया गया था कि सूर्य का प्रत्यक्ष विकिरण, औसतन प्रति दिन कई अलग-अलग साइटों पर दर्ज किया गया था।

- **सौर चिमनी प्रणाली**

सौर चिमनी (एससी) प्रणाली के लिए ऊर्जा सूर्य से ऊर्जा को ऊष्मा की ऊर्जा में रूपांतरित करने से उत्पन्न होती है, जिसे फिर टरबाइन को घुमाने और बिजली पैदा करने के लिए गति की ऊर्जा में बदल दिया जाता है। सौर चिमनी बिजली संयंत्र (एससीपीपी) एक प्रकार का बिजली संयंत्र है जो इस प्रक्रिया को पूरा करने के लिए जिम्मेदार है। यह एक छत कलेक्टर से बना है जो आने वाली हवा को कवर करता है जो सूर्य के प्रकाश विकिरण से गर्म होती है और एक अपड्राफ्ट चिमनी होती है जो कलेक्टर के केंद्र में स्थित होती है। यह अपड्राफ्ट चिमनी उच्च तापमान पर हवा को चिमनी और संग्रह के निचले ग्लास कवर के माध्यम से यात्रा करने की अनुमति देती है। यह कोई आश्चर्य की बात नहीं होगी कि एससी सिस्टम में कई लाभ हैं, जिनमें कम परिचालन और रखरखाव लागत, लंबी उम्र और सीधा प्रबंधन शामिल है।



मेगावाट की उत्पादन क्षमता वाले बिजली संयंत्र के लिए प्राथमिक घटक और प्रासंगिक आँकड़े प्रस्तुत किए गए हैं टेबल -1 इस क्षमता में 120 मेगावाट उत्पादन क्षमता वाला एक गैस-चालित संयुक्त चक्र और 20 मेगावाट क्षमता वाली दो सौर पीवी प्रणालियां शामिल हैं।

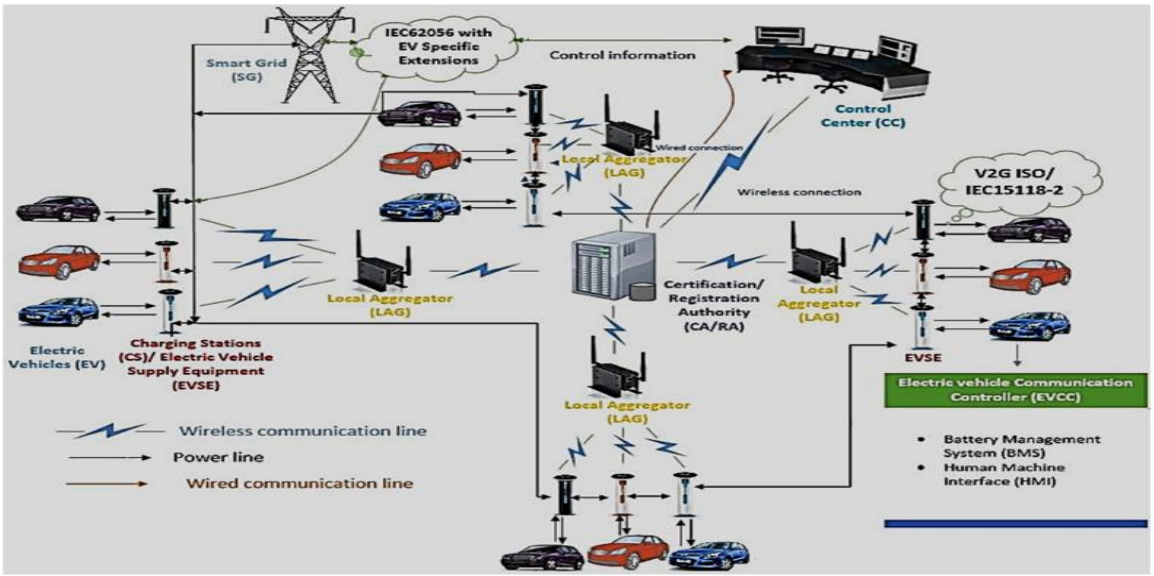
टेबल -1

सौर ऊर्जा संयंत्र के मुख्य भाग और डेटा।

पैरामीटर	**कीमत**
कुल सौर क्षेत्र	130800एम2
संग्राहकों की संख्या	160
लूप की संख्या	40 प्रति कलेक्टर
मॉड्यूल की संख्या	12 प्रति कलेक्टर
विकिरण का डिज़ाइन	700 डब्ल्यू/एम2
अधिकतम सौर ऊर्जा उत्पादन	61 मेगावाट
नाममात्र क्षमता	20 मेगावाट
सौर संसाधन	2154
रिसीवर इनलेट तापमान	293डिग्री सेल्सियस
रिसीवर आउटलेट तापमान	393डिग्री सेल्सियस

प्रौद्योगिकी में उपयोग के लिए सामग्री के चयन की प्रक्रिया में। अक्षय ऊर्जा संसाधनों (आरईएस) और इलेक्ट्रिक वाहनों (ईवी) का सर्वोत्तम उपयोग करना संभव बनाकर, सूर्य द्वारा संचालित सौर ऊर्जा ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन की मात्रा को कम करने में सफल रही है।

- स्मार्ट ग्रिड पर इलेक्ट्रिक वाहनों (ईवी) के प्रवेश के लाभ



- एसजी और वी2जी के तहत इलेक्ट्रिक वाहनों का स्मार्ट और इष्टतम चार्जिंग संचालन।

ग्रिड में आरईआर की शुरूआत से वोल्टेज में उतार-चढ़ाव और बिजली की हानि होती है; हालाँकि, इन

प्रभावों को वी2जी के माध्यम से बैटरी चार्ज करके कम किया जा सकता है। इसके परिणामस्वरूप, वी2जी बैटरी के जीवन को लंबा करने के लिए एक बुद्धिमान ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली का उपयोग आवश्यक है । ईवी चार्जिंग शेड्यूलिंग की तकनीक वाहन से ग्रिड और वाहन से वाहन तक ऊर्जा के निर्बाध प्रवाह को सुनिश्चित करने के उद्देश्य से पेश की जाती है। इन शेड्यूलिंग रणनीतियों के परिणामस्वरूप उपभोक्ता संतुष्टि, ऊर्जा उपयोग और एसजी पर बिजली की उपलब्धता सभी में सुधार होगा

निष्कर्ष में, ऊर्जा की आवश्यकता को पूरा करने के लिए, शोधकर्ताओं को ऊर्जा संचयन, भंडारण और प्रबंधन के लिए प्रौद्योगिकी विकसित करने पर अपने प्रयासों को केंद्रित करना चाहिए। एक भरोसेमंद और पर्यावरण के अनुकूल ऊर्जा स्रोत की खोज में, इस बात पर काफी ध्यान देने की आवश्यकता है कि किस तरह से अत्याधुनिक तकनीकों, जैसे कि कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) का उपयोग स्मार्ट घरों और इमारतों में उपयोगी जानकारी एकत्र करने और संवेदनाओं को संकेत देने के लिए किया जाता है।

निष्कर्ष:

ऊर्जा स्रोतों पर उपलब्ध सबसे हाल की जानकारी पर अपना ध्यान केंद्रित किया। स्मार्ट ग्रिड के व्यापक विश्लेषण और जांच के दौरान, यह पाया गया कि आरईआर और सौर ऊर्जा स्रोतों के एकीकरण में समस्याएं थीं। यह सर्वविदित है कि सौर ऊर्जा केवल तभी बिजली पैदा कर सकती है जब सूरज चमक रहा हो, और इसे विकसित होने के लिए काफी जगह की आवश्यकता होती है। ये कठिनाइयाँ, विशेष रूप से सौर प्रौद्योगिकी में उपयोग के लिए सामग्री के चयन की प्रक्रिया में, अभी तक हल नहीं हुई हैं। सौर ऊर्जा ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करने में बहुत प्रभावी रही है क्योंकि यह अक्षय ऊर्जा संसाधनों (आरईएस) और इलेक्ट्रिक वाहनों (ईवी) के अधिक कुशल उपयोग को सक्षम बनाती है। इसके परिणामस्वरूप, इलेक्ट्रिक वाहनों द्वारा स्मार्ट ग्रिड को आपूर्ति की जाने वाली ऊर्जा की मात्रा को बढ़ाने के लिए रणनीति तैयार करने की आवश्यकता है।

स्मार्ट ग्रिड ने स्मार्ट ऊर्जा व्यवसाय के साथ-साथ ऊर्जा प्रबंधन सेवाओं को भी बदल दिया है, और आवासीय सेटिंग्स में उनके अनुप्रयोगों की एक विस्तृत श्रृंखला है। इस वजह से, बुद्धिमान घरेलू प्रणालियों में रुचि बढ़ी है। तकनीकी आवश्यकताओं, वाणिज्यिक सुविधाओं और उन घटकों के भौगोलिक स्थानों के अनुसार विभिन्न बिजली प्रणाली घटकों के क्लस्टरिंग ने वर्चुअल पावर प्लांट की अवधारणा को जन्म दिया। VPPs ने अक्षय ऊर्जा स्रोतों, ऊर्जा भंडारण, नियंत्रित भार, संचार, प्रोसुमर्स और उपभोक्ताओं जैसे बिखरे हुए ऊर्जा संसाधनों को एकत्रित करके स्मार्ट ग्रिड पर RERs एकीकरण के परिणामस्वरूप इन चुनौतियों को कम करने की एक मजबूत क्षमता दिखाई है। इस क्षमता को अध्ययनों की एक श्रृंखला के माध्यम से प्रदर्शित किया गया है।

जैसा कि पहले कहा गया था, उन्नत ऊर्जा भंडारण प्रौद्योगिकियों के विकास में काफी प्रयास किए गए हैं। इन प्रौद्योगिकियों का उद्देश्य स्मार्ट ग्रिड के सुचारू संचालन के साथ-साथ अंतिम उपयोगकर्ताओं को ऊर्जा की पर्याप्त आपूर्ति की गारंटी देना है। फिर भी, भविष्य के स्मार्ट ग्रिड को एक विश्वसनीय संचार प्रणाली की आवश्यकता होगी जो स्मार्ट ग्रिड की दीर्घकालिक व्यवहार्यता और सुरक्षा में सुधार करने में सक्षम हो और साथ ही ऊर्जा उपभोक्ताओं की सबसे बुनियादी आवश्यकताओं को भी पूरा कर सके। इन आवश्यकताओं में एक उन्नत वोल्टेज प्रोफ़ाइल, कम बिजली हानि, कम हार्मोनिक विरूपण, निर्भरता और बढ़ी हुई ऊर्जा दक्षता शामिल है।

****

भारत में विद्युत क्षेत्र की संभावनाओं की खोज

- *दिव्या माँदीवाल, कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी, राजभाषा अनुभाग*

भारत का विद्युत क्षेत्र तेजी से औद्योगिकीकरण, शहरीकरण और तकनीकी प्रगति से प्रेरित परिवर्तन के केंद्र में खड़ा है। बढ़ती आबादी और बढ़ती अर्थव्यवस्था के साथ, विद्युत की मांग लगातार बढ़ रही है, जो इस क्षेत्र के लिए अपार अवसर और

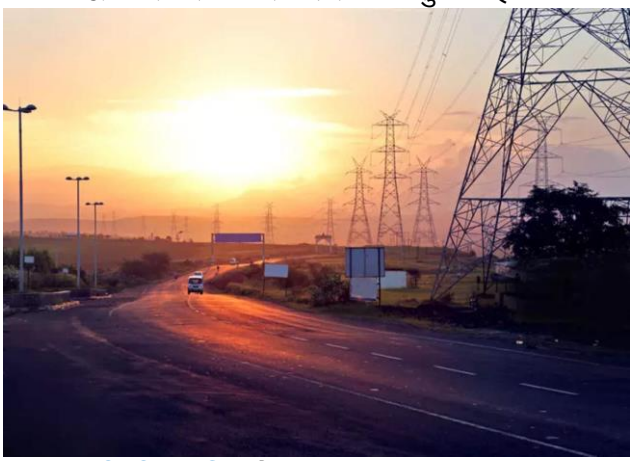
चुनौतियां पेश करती है। इस लेख में, हम भारत में विद्युत क्षेत्र की संभावनाओं पर चर्चा करेंगे, विकास के लिए प्रमुख चालकों, प्रवृत्तियों और संभावित मार्गों की जांच करेंगे।

1. बढ़ती ऊर्जा मांग: भारत में विद्युत क्षेत्र की संभावनाओं को चलाने वाले प्राथमिक कारकों में से एक ऊर्जा की बढ़ती मांग है। जैसे-जैसे देश अपने विकास लक्ष्यों की ओर बढ़ रहा है, विद्युत उद्योगों, व्यवसायों, घरों और बुनियादी ढांचा परियोजनाओं के लिए विद्युत की बढ़ती आवश्यकता है। मेक इन इंडिया, डिजिटल इंडिया और स्मार्ट सिटीज मिशन जैसी सरकार की महत्वाकांक्षी पहलों से ऊर्जा की मांग में और तेजी आने की उम्मीद है, जिससे विद्युत क्षेत्र में निवेश और विस्तार के व्यापक अवसर पैदा होंगे।

2. नवीकरणीय ऊर्जा क्रांति: नवीकरणीय ऊर्जा के प्रति भारत की प्रतिबद्धता विद्युत क्षेत्र के परिदृश्य में एक गेम-चेंजर के रूप में उभरी है। प्रचुर मात्रा में सौर विकिरण, पवन संसाधनों और पनविद्युत क्षमता के साथ, देश स्वच्छ और टिकाऊ ऊर्जा स्रोतों का दोहन करने के लिए अच्छी तरह से तैनात है। 2030 तक अक्षय ऊर्जा क्षमता के 450 गीगावाट प्राप्त करने का सरकार का महत्वाकांक्षी लक्ष्य हरित ऊर्जा संक्रमण के लिए अपनी अटूट प्रतिबद्धता को प्रदर्शित करता है। नवीकरणीय ऊर्जा की ओर यह बदलाव न केवल पर्यावरणीय लाभ प्रदान करता है बल्कि इस क्षेत्र में निवेश, नवाचार और रोजगार सृजन के नए रास्ते भी खोलता है।

3. बुनियादी ढांचा विकास: भारत में विद्युत क्षेत्र बढ़ती ऊर्जा मांग को पूरा करने और दक्षता में सुधार के लिए महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचे के विकास से गुजर रहा है। विद्युत आपूर्ति की विश्वसनीयता और स्थिरता को बढ़ाने के लिए ट्रांसमिशन और वितरण नेटवर्क, ग्रिड आधुनिकीकरण और स्मार्ट मीटरिंग सिस्टम में निवेश किया जा रहा है।

ग्रीन एनर्जी कॉरिडोर, नेशनल स्मार्ट ग्रिड मिशन और इंटर-स्टेट ट्रांसमिशन सिस्टम जैसी मेगा परियोजनाओं से विद्युत क्षेत्र की बुनियादी ढांचे की रीढ़ को मजबूत करने की उम्मीद है, जिससे देश भर में निर्बाध ऊर्जा संचरण और वितरण की सुविधा होगी।



4. तकनीकी प्रगति: प्रौद्योगिकी में प्रगति विद्युत क्षेत्र को नया आकार दे रही है, अनुकूलन, दक्षता बढ़ाने और लागत में कमी के नए अवसर प्रदान कर रही है। ऊर्जा भंडारण प्रणाली, माइक्रोग्रिड, उन्नत मीटरिंग बुनियादी ढांचे, और कृत्रिम बुद्धिमत्ता जैसे अभिनव समाधान विद्युत के उत्पादन, प्रेषित, वितरित और उपभोग के तरीके में क्रांति ला रहे हैं। इसके अलावा, डिजिटलीकरण और डेटा एनालिटिक्स भविष्य कहनेवाला रखरखाव, वास्तविक समय की निगरानी और मांग-पक्ष प्रबंधन को सक्षम कर रहे हैं, जिससे परिचालन दक्षता और ग्रिड लचीलापन में सुधार हो रहा है।

5. नीति समर्थन और नियामक सुधार: सरकार के नीतिगत समर्थन और नियामक सुधारों ने भारत में विद्युत क्षेत्र की क्षमता को अनलॉक करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। उज्जवल डिस्कॉम एश्योरेंस योजना (उदय), सौभाग्य योजना और अटल वितरण प्रणाली सुधार योजना (आदित्य) जैसी पहलों का उद्देश्य वितरण उपयोगिताओं को पुनर्जीवित करना, अंतिम-मील कनेक्टिविटी को बढ़ावा देना और सभी के लिए 24x7 विद्युत सुनिश्चित करना है। इसके अलावा, नवीकरणीय ऊर्जा, ऊर्जा दक्षता और विद्युत गतिशीलता के लिए

प्रगतिशील नीतियां, प्रोत्साहन और सब्सिडी इस क्षेत्र में घरेलू और विदेशी निवेश को आकर्षित कर रही हैं।

6. विद्युतीकरण और ग्रामीण सशक्तिकरण: ग्रामीण क्षेत्रों और दूरदराज के समुदायों का विद्युतीकरण भारत में विद्युत क्षेत्र के एक प्रमुख फोकस क्षेत्र के रूप में उभरा है। सरकार की प्रमुख योजनाओं जैसे दीन दयाल उपाध्याय ग्राम ज्योति योजना (डीडीयूजीजेवाई) और प्रधानमंत्री सहज विद्युत हर घर योजना (सौभाग्य) का उद्देश्य देश के हर घर तक विद्युत पहुंच प्रदान करना है। विद्युत की पहुंच को अंतिम मील तक बढ़ाकर, इन पहलों ने न केवल जीवन और उत्पादकता की गुणवत्ता में सुधार किया बल्कि ग्रामीण क्षेत्रों में सामाजिक-आर्थिक विकास और सशक्तिकरण को भी बढ़ावा दिया।

7. इलेक्ट्रिक वाहनों (ईवी) का एकीकरण: इलेक्ट्रिक वाहनों (ईवी) को अपनाने से परिवहन क्षेत्र में क्रांति आएगी और भारत में विद्युत क्षेत्र के लिए नए अवसर पैदा होंगे। 2030 तक 30% ईवी प्रवेश प्राप्त करने के सरकार के महत्वाकांक्षी लक्ष्य के साथ, बुनियादी ढांचे, ग्रिड एकीकरण और नवीकरणीय ऊर्जा अपनाने की बढ़ती आवश्यकता है। नवीकरणीय ऊर्जा और स्मार्ट ग्रिड प्रौद्योगिकियों के साथ ईवीएस का अभिसरण परिवहन क्षेत्र को डीकार्बोनाइज़ करने और जीवाश्म ईंधन निर्भरता को कम करने की दिशा में एक सहक्रियात्मक दृष्टिकोण प्रदान करता है।

अंत में, भारत में विद्युत क्षेत्र की संभावनाएं उज्ज्वल और आशाजनक हैं, जो बढ़ती ऊर्जा मांग, नवीकरणीय ऊर्जा क्रांति, बुनियादी ढांचे के विकास, तकनीकी प्रगति, नीति समर्थन, ग्रामीण विद्युतीकरण और ईवी एकीकरण जैसे कारकों से प्रेरित हैं। सरकार में, उद्योग हितधारकों और नागरिक समाज के ठोस प्रयासों के साथ, भारत में सतत ऊर्जा संक्रमण में एक वैश्विक नेता के रूप में उभरने की क्षमता है। अपने प्रचुर संसाधनों का लाभ उठाकर, नवीन तकनीकों का उपयोग करके और एक सहयोगी दृष्टिकोण को अपनाकर, भारतीय विद्युत क्षेत्र एक स्वच्छ, हरित और अधिक लचीला ऊर्जा भविष्य की दिशा में एक मार्ग तैयार कर सकता है।

****

भारत में उर्जा क्षेत्र में सुधार: सतत विकास का मार्ग प्रशस्त करना

- *शरद कुमार, आशुलिपिक, राजभाषा अनुभाग*

भारत में उर्जा क्षेत्र ने हाल के वर्षों में इस क्षेत्र के आधुनिकीकरण और मजबूती के उद्देश्य से महत्वपूर्ण सुधार किए हैं। इन सुधारों में विद्युत के उत्पादन, वितरण, पारेषण और उपयोग सहित विभिन्न पहलुओं को शामिल किया गया है। इन सुधारों का प्राथमिक उद्देश्य उर्जा क्षेत्र की क्षमता और दक्षता को बढ़ाना है, जिससे राष्ट्र के समग्र विकास और वृद्धि में योगदान हो। इस लेख में, हम भारतीय उर्जा क्षेत्र में किए गए प्रमुख सुधारों और उनके निहितार्थों के बारे में जानेंगे।

1. विद्युत अधिनियम, 2003 की शुरुआत: भारतीय उर्जा क्षेत्र में ऐतिहासिक सुधारों में से एक विद्युत अधिनियम, 2003 की शुरूआत थी। इस कानून का उद्देश्य उर्जा उद्योग को उदार बनाना, प्रतिस्पर्धा को प्रोत्साहित करना और निजी निवेश को आकर्षित करना था। इसने केंद्रीय विद्युत नियामक आयोग (सीइआरसी) और राज्य विद्युत नियामक आयोगों (एसइआरसी) जैसे नियामक निकायों की स्थापना का मार्ग प्रशस्त किया, जो इस क्षेत्र के कामकाज की देखरेख करते हैं और निष्पक्ष प्रथाओं को सुनिश्चित करते हैं।

2. राज्य विद्युत बोर्डों (एसईबी) का पृथकीकरण: एक अन्य महत्वपूर्ण सुधार राज्य विद्युत बोर्डों (एसईबी) को उत्पादन, पारेषण और वितरण के लिए अलग-अलग संस्थाओं में विभाजित करना था। इस अनबंडलिंग का उद्देश्य उर्जा क्षेत्र के संचालन में अधिक दक्षता, जवाबदेही और पारदर्शिता लाना था। इसने उर्जा मूल्य श्रृंखला के प्रत्येक खंड में विशेषज्ञता की अनुमति दी, जिससे बेहतर प्रदर्शन और सेवा वितरण हुआ।

3. नवीकरणीय ऊर्जा को बढ़ावा देना: सतत ऊर्जा स्रोतों की ओर वैश्विक बदलाव के अनुरूप, भारत ने अक्षय ऊर्जा को बढ़ावा देने पर जोर दिया है। सरकार ने

सौर, पवन, पनउर्जा और बायोमास जैसे नवीकरणीय स्रोतों के विकास और उपयोग को प्रोत्साहित करने के लिए विभिन्न नीतियों और योजनाओं को लागू किया है। राष्ट्रीय सौर मिशन और पवन ऊर्जा कार्यक्रम जैसी पहलें अक्षय ऊर्जा क्षेत्र में विकास को आगे बढ़ाने, कार्बन उत्सर्जन को कम करने और ऊर्जा सुरक्षा को बढ़ाने में सहायक रही हैं।

4. ट्रांसमिशन इन्फ्रास्ट्रक्चर में वृद्धि: उर्जा के ट्रांसमिशन से जुड़ी चुनौतियों का सामना करने के लिए, ट्रांसमिशन इंफ्रास्ट्रक्चर को बढ़ाने और आधुनिक बनाने में महत्वपूर्ण निवेश किए गए हैं। ग्रीन एनर्जी कॉरिडोर और इंटर-स्टेट ट्रांसमिशन सिस्टम जैसी परियोजनाएं ग्रिड नेटवर्क को मजबूत करने और क्षेत्रों में उर्जा के सुचारू हस्तांतरण की सुविधा के लिए शुरू की गई हैं। इसके अतिरिक्त, फ्लेक्सिबल अल्टरनेटिंग करंट ट्रांसमिशन सिस्टम (फैक्ट्स) और हाई वोल्टेज डायरेक्ट करंट (एचवीडीसी) जैसी उन्नत तकनीकों की शुरूआत ने ट्रांसमिशन सिस्टम की दक्षता और विश्वसनीयता में सुधार किया है।

5. वितरण नेटवर्क में सुधार: वितरण नेटवर्क की दक्षता में सुधार भारत में उर्जा क्षेत्र के सुधारों का एक प्रमुख फोकस क्षेत्र रहा है। पुनर्गठित त्वरित विद्युत विकास एवं सुधार कार्यक्रम (आर-एपीडीआरपी) जैसी पहलों का उद्देश्य हानियों को कम करना, मीटरिंग और बिलिंग प्रणालियों को बढ़ाना तथा आपूर्ति की गुणवत्ता में सुधार करना है। स्मार्ट ग्रिड प्रौद्योगिकियों को अपनाने और डिजिटल समाधानों के एकीकरण ने वितरण नेटवर्क के अनुकूलन में और योगदान दिया है।

6. उपभोक्ताओं को सशक्त बनाना: उपभोक्ताओं को सशक्त बनाना और उर्जा बाजार में उनकी भागीदारी सुनिश्चित करना उर्जा क्षेत्र के सुधारों के अभिन्न पहलू रहे हैं। ओपन एक्सेस, नेट मीटरिंग नीतियों और उपभोक्ता शिकायत निवारण तंत्र की स्थापना जैसे उपायों ने उपभोक्ताओं को अधिक विकल्प, पारदर्शिता और उनकी उर्जा की खपत पर नियंत्रण प्रदान किया है। इसके अलावा, ऊर्जा संरक्षण और टिकाऊ प्रथाओं के बारे में उपभोक्ताओं को शिक्षित करने के लिए जागरूकता अभियान और आउटरीच कार्यक्रम आयोजित किए गए हैं।

7. ऊर्जा दक्षता को बढ़ावा देना: भारतीय उर्जा क्षेत्र सुधार एजेंडा में ऊर्जा दक्षता एक प्रमुख प्राथमिकता के रूप में उभरी है। सरकार ने उद्योगों, घरों और संस्थानों में ऊर्जा-कुशल प्रौद्योगिकियों और प्रथाओं को बढ़ावा देने के लिए प्रदर्शन, उपलब्धि और व्यापार (पीऐटी) योजना और ऊर्जा दक्षता सेवा लिमिटेड (इइएसएल) जैसी पहल शुरू की है। इन प्रयासों से न केवल ऊर्जा की महत्वपूर्ण बचत हुई है बल्कि लागत में कमी और पर्यावरणीय स्थिरता में भी योगदान दिया है।

अंत में, भारत में उर्जा क्षेत्र के सुधार देश के उर्जा परिदृश्य को बदलने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते रहे हैं। प्रतिस्पर्धा को बढ़ावा देकर, निवेश आकर्षित करके, नवीकरणीय ऊर्जा को बढ़ावा देकर और दक्षता बढ़ाकर, इन सुधारों ने सतत वृद्धि और विकास की नींव रखी है। तथापि, मौजूदा चुनौतियों का समाधान करने और समाज के सभी वर्गों के लिए विद्युत की समावेशी और समान पहुंच सुनिश्चित करने के लिए निरंतर प्रयासों की आवश्यकता है। चल रहे नवाचारों और नीतिगत हस्तक्षेपों के साथ, भारतीय उर्जा क्षेत्र एक स्वच्छ, सस्ती और परिवर्तनीय ऊर्जा भविष्य की ओर एक वैश्विक नेता के रूप में उभरने के लिए तैयार है।

****

कविता - अक्षय ऊर्जा ज्ञान

- ऊषा वर्मा, उप निदेशक (राजभाषा)

ऊर्जा तो ईश्वर ने अक्षय ही प्रदान की है
मनुष्य के ज्ञान चक्षु बंद रहे हैं
सदियों से सूर्य का ताप मिल रहा है
फिर ऊर्जा की कमी नहीं है
ऊर्जा तो ईश्वर ने अक्षय ही प्रदान की है
जल कल कल कल पर्वतों से बह रहा है
उसके बहाव में तेज गति है
फिर ऊर्जा की कमी नहीं है
मनुष्य के ज्ञान चक्षु खुल रहे हैं
ऊर्जा तो ईश्वर ने अक्षय ही प्रदान की है
सर्द, गर्म, नम सभी मौसमों में वायु का वेग प्रबल है
तीव्र, मंथर समीर में तेज गति है
फिर ऊर्जा की कमी नहीं है
मनुष्य ज्ञान चक्षु शीघ्रता से खोल रहा है
ऊर्जा तो ईश्वर ने अक्षय ही प्रदान की है
सागर की लहरों में तीव्र कंपन है
लहरों के उतार-चढ़ाव में तीव्र गति ही गति है
फिर ऊर्जा की कमी नहीं है
मनुष्य ज्ञान चक्षु से देख रहा है
ऊर्जा तो ईश्वर ने अक्षय ही प्रदान की है
धरा के भीतर प्रबल वेग है
कंपन करता चट्टानी लावा है
फिर ऊर्जा की कमी नहीं है
मनुष्य अपने ज्ञान चक्षु से ज्ञात कर रहा है
ऊर्जा तो ईश्वर ने अक्षय ही प्रदान की है
वातावरण में घुली हाइड्रोजन, कार्बन गैसें हैं
इनके विस्फोट में प्रबल वेग है
फिर ऊर्जा की कमी नहीं है
मनुष्य ज्ञन चक्षु से मानता है
ऊर्जा तो ईश्वर ने अक्षय ही प्रदान की है
पृथ्वी घूमती अक्ष और कक्ष में है
दोनों गतियाँ इसकी तीव्र प्रबल हैं
फिर ऊर्जा की कमी नहीं है
मनुष्य ज्ञान चक्षु से जान रहा है
ऊर्जा तो ईश्वर ने अक्षय ही प्रदान की है **********

कविता - 'प्रसन्नता मिलेगी'

- पुष्पा रानी राव, प्रधान स्टाफ अधिकारी

यूंही बैठे-बैठे एक दिन कहा मित्र से मैंने,
देश की उन्नति में चलो हम भी हाथ बंटाएं,
बड़े-बड़े कारनामे ना सही, छोटे-छोटे प्रयास ही सही,
अपने योगदान से समाज को खुशहाल बनाएं।
सुनकर बोला उसने हैरत से -
क्या हैं ये निरर्थक बातें और उससे हमें क्या मिलेगा?
सोचा एक पल मैंने, देखा उसकी ओर,
कुछ मिले न मिले, प्रसन्नता अवश्य मिलेगी।
प्रभाकर देता है रौशनी और ऊर्जा, उसको क्या मिला है,
निशाकर देता है शीतल चांदनी, क्या उसको कुछ मिला है,
झेलते हुए अनेक झंझावतों को प्रहरी बनकर पर्वत खड़ा है,
जीवनदायिनी नदियों को हमने क्या दिया है,
सब कुछ देने वाली प्रकृति को क्या हमसे कोई गिला है,
कुछ मिले ना मिले, प्रसन्नता अवश्य मिलेगी।
माँ बनकर पृथ्वी ने सबको अपनी गोद में संभाले हुआ है,
पिता की तरह आकाश संरक्षण की छत बना हुआ है,
वृक्ष ने ऑक्सीजन देने के लिए क्या कभी शुल्क लिया है,
पुष्प ने भी तो अपनी खुशबू देकर सबको महकाया है,
कुछ अच्छा करने से पहले क्यों हम ये सोचें कि हमको क्या मिलेगा,
कुछ मिले ना मिले, प्रसन्नता अवश्य मिलेगी।

लगाया आँगन में एक पेड़, तो फल न आज लगेगा,
गर लगाया फूलों का पौधा, तो तुरंत ना फूल खिलेगा,
पल-पल बढ़ते पेड़ को देखकर जीवन में उम्मीद बढ़ेगी,
नाज़ुक पत्तों को सहलाने से आँखों में चमक बढ़ेगी,
चिड़ियों को दाना खिलाने से उनका चहचहाना मिलेगा,
ठंड से कांपते-थिथुरते कुत्ते को कपड़ा ओढ़ाने से उसका मूक धन्यवाद मिलेगा,
कुछ मिले ना मिले, प्रसन्नता अवश्य मिलेगी।
मंदिर में नित दीप जलाने से ईश्वर मिलें न मिलें, आत्मिक शक्ति जरूर मिलेगी,
बड़ों के सम्मुख शीश झुकाने से वरदान मिले ना मिले, आशीर्वाद जरूर मिलेगा,
प्रतिदिन सैर पर जाने से मोटापा घटे ना घटे, तन को स्फूर्ति जरूर मिलेगी,
आईने के सामने खड़े होकर कहने से-
"मैं सुंदर हूं, मेरा मन सुंदर है, मेरी आत्मा सुंदर है",
आत्मबल मिलेगा, आत्मविश्वास बढ़ेगा, चेहरे पर मुस्कान खिलेगी,
कुछ मिले ना मिले, प्रसन्नता अवश्य मिलेगी...प्रसन्नता अवश्य मिलेगी

फोटो फ़ीचर

केंद्रीय मंत्री श्री मनोहर लाल खट्टर ने विद्युत अधिनियम, 2003 के तहत सीईए विनियमों का संग्रह लॉन्च किया।

जलतरंग टीम द्वारा केविप्रा का थीम साँग रिकॉर्ड किया गया

अध्यक्ष महोदय श्री घनश्याम प्रसाद ने भारत सरकार के सचिव (विद्युत) श्री पंकज अग्रवाल के साथ सीआईजीआरई पेरिस बैठक में भाग लिया।

श्री ए.के. राजपूत, सदस्य (पी.एस.), नई दिल्ली में आयोजित "सूर्यकॉन एंड डीकार्बोनाइज" कार्यक्रम में पुरस्कार वितरित करते हुए।

#एक_पेड़_माँ_के_नाम अभियान के अंतर्गत सेवा भवन परिसर मे वृक्षारोपण किया गया।

भारतीय खेल प्राधिकरण द्वारा आयोजित नराकास की बैठक में राजभाषा अनुभाग की प्रतिभागिता

राजभाषा अनुभाग की तिमाही बैठक

विद्युत मंत्रालय के तत्त्वाधान में विद्युत मंत्रालय के सभी नियंत्रणाधीन कार्यालयों के लिए आयोजित अखिल भारतीय राजभाषा सम्मेलन के कुछ दृश्य

DTU and CEA harbour NCEET for energy transition

Achieving Net Zero Emissions by 2070 presents a major challenge with rising energy demands. CEA and DTU joined hands to develop technologies, solutions, and policies. They aim to build a skilled workforce and support domestic manufacturing in renewable energy, hydrogen production, advanced batteries, etc.

केन्द्रीय विद्युत प्राधिकरण की उपलब्धियाँ व समाचार

- केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण के प्रभागों एवं अनुभागों द्वारा 30 जून, 2024 को समाप्त तिमाही में राजभाषा अधिनियम, 1963 की धारा 3(3) के अंतर्गत जारी कागजात, हिंदी में प्राप्त पत्रों के उत्तर, अंग्रेजी में प्राप्त पत्रों के उत्तर 'क', 'ख', 'ग' क्षेत्रों को भेजे गए मूल पत्रों तथा फाईलों पर हिंदी में कार्य की स्थिति के अनुसार मूल हिंदी पत्राचार का प्रतिशत क्रमशः 99.44, 97.26 तथा 97.56 प्रतिशत रहा है।
- सीईए और एएससीआई (भारतीय प्रशासनिक स्टाफ कॉलेज), हैदराबाद के बीच 28 अगस्त, 2024 को सदस्य (थर्मल), सीईए और संयुक्त सचिव (थर्मल), विद्युत मंत्रालय की गरिमामय उपस्थिति में "भारत में बायोमास उपलब्धता और संबंधित पहलुओं के आकलन के लिए मूल्यांकन अध्ययन" के संबंध में समझौता ज्ञापन पर हस्ताक्षर किए गए।
- केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (सीईए) और दिल्ली प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय (डीटीयू) के बीच ऊर्जा संक्रमण के माध्यम से नेट जीरो के रास्ते के सभी पहलुओं को कवर करने वाले "ऊर्जा संक्रमण में उत्कृष्टता का नोडल केंद्र (एनसीईईटी)" स्थापित करने के लिए सीईए में 18.07.2024 को समझौता ज्ञापन (एमओयू) पर हस्ताक्षर किए गए।
- दिनांक 28 जून, 2024 को **"साइबर सुरक्षा: विद्युत् क्षेत्र के लिए केविप्रा की पहल"** विषय पर कार्यालय के श्री लक्ष्मीकांत सिंह राठौड़, निदेशक,साइबर सुरक्षा द्वारा दिए गये व्याख्यान को सम्मिलित करते हुए हिंदी कार्यशाला का आयोजन किया गया।

सर्वाधिकार सुरक्षित

प्रकाशकः
केन्द्रीय विद्युत प्रधिकरण, सेवा भवन, आर. के. पुरम, नई दिल्ली-110066.