विद्युत वाहिनी

त्रैमासिक राजभाषा पत्रिका

चौदहवाँ अंक, जनवरी, 2026

विशेषांक: ग्रिड प्रबंधन एवं वितरण प्रणाली

केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण

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 हज़ार 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,

सप्रेम नमस्कार।

मुझे यह कहते हुए अत्यंत हर्ष हो रहा है कि हमारी राजभाषा पत्रिका 'विद्युत् वाहिनी' का यह चौदहवां अंक **'ग्रिड प्रबंधन एवं वितरण प्रणाली'** विशेषांक के रूप में प्रकाशित हो रहा है। विद्युत वाहिनी पत्रिका का यह विशेषांक "ग्रिड प्रबंधन एवं वितरण प्रणाली" जैसे अत्यंत समसामयिक एवं प्रासंगिक विषय पर केंद्रित है, जो वर्तमान एवं भविष्य की चुनौतियों तथा संभावनाओं को समझने का एक सशक्त माध्यम प्रदान करता है।

विगत वर्षों में भारत ने विद्युत उत्पादन क्षमता में उल्लेखनीय वृद्धि की है। पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों के साथ-साथ नवीकरणीय ऊर्जा–विशेषकर सौर एवं पवन ऊर्जा–का तीव्र एकीकरण हमारे ग्रिड प्रबंधन के समक्ष नई तकनीकी चुनौतियाँ प्रस्तुत कर रहा है।

आज की विद्युत प्रणाली केवल उत्पादन और उपभोग तक सीमित नहीं रह गई है। इसमें रियल-टाइम डेटा, स्वचालन, साइबर सुरक्षा, पूर्वानुमान आधारित संचालन और उपभोक्ता भागीदारी जैसे अनेक नए आयाम जुड़ चुके हैं। ग्रिड प्रबंधन अब एक सतत निर्णय प्रक्रिया बन गया है, जहाँ मांग और आपूर्ति के सूक्ष्म संतुलन के साथ-साथ नेटवर्क की सुरक्षा और लचीलापन सर्वोपरि है।

इस विशेषांक में शामिल लेख इन जटिलताओं को व्यावहारिक अनुभवों, नवीन अनुसंधान और क्षेत्रीय अध्ययन के माध्यम से प्रस्तुत करते हैं।

दूसरी ओर विद्युत वितरण

प्रणाली उपभोक्ता और विद्युत क्षेत्र के बीच सबसे महत्वपूर्ण कड़ी है। विद्युत वाहिनी का यह विशेषांक ग्रिड प्रबंधन एवं वितरण प्रणाली से जुड़े तकनीकी, नीतिगत एवं परिचालन पहलुओं पर सारगर्भित लेखों के माध्यम से पाठकों को समग्र दृष्टि प्रदान करेगा।

मुझे विश्वास है कि यह अंक विद्युत क्षेत्र में नवाचार एवं उत्कृष्टता को प्रोत्साहित करेगा।

मैं इस विशेषांक के सफल प्रकाशन हेतु संपादकीय मंडल, लेखकों एवं सभी सहयोगियों को हार्दिक शुभकामनाएँ देता हूँ। आइए, हम सभी मिलकर एक सशक्त, विश्वसनीय एवं सतत विद्युत भविष्य के निर्माण में अपना योगदान दें।

मैं चाहता हूँ कि आगामी अंकों को भी आपका भरपूर प्यार, सहयोग और स्नेह मिले। इन्हीं शब्दों के साथ आपका,

घनश्याम प्रसाद

अध्यक्ष (केविप्रा)

मुख्य संपादक की कलम से

आदरणीय पाठकगण,

विद्युत वाहिनी पत्रिका का यह विशेषांक **"ग्रिड प्रबंधन एवं वितरण प्रणाली"** एक ऐसे विषय पर केंद्रित है, जो न केवल तकनीकी दृष्टि से महत्वपूर्ण है, बल्कि देश के विकास पथ से भी सीधे जुड़ा हुआ है। इस विशेषांक का संपादन करते हुए यह अनुभव अत्यंत प्रेरक रहा कि विद्युत क्षेत्र से जुड़े विभिन्न स्तरों पर कार्यरत विशेषज्ञ किस समर्पण और दूरदृष्टि के साथ इस परिवर्तनशील क्षेत्र को सुदृढ़ बनाने में लगे हुए हैं।

भारत की विद्युत प्रणाली आज जिस जटिलता और व्यापकता तक पहुँची है, उसमें प्रभावी ग्रिड प्रबंधन और सक्षम वितरण व्यवस्था की भूमिका निर्विवाद है। आधुनिक तकनीकों, बेहतर नियोजन और सतत प्रयासों के माध्यम से यह क्षेत्र निरंतर प्रगति कर रहा है। इस विशेषांक में सम्मिलित लेख न केवल वर्तमान व्यवस्थाओं की स्पष्ट तस्वीर प्रस्तुत करते हैं, बल्कि भविष्य की दिशा और संभावनाओं पर भी प्रकाश डालते हैं। यह इस अंक की सबसे बड़ी विशेषता है कि इसमें अनुभव और ज्ञान का सुंदर संतुलन देखने को मिलता है।

हम इस अवसर पर सभी लेखकों के प्रति हार्दिक आभार व्यक्त करते हैं, जिन्होंने अपने बहुमूल्य समय और विशेषज्ञता को साझा कर इस विशेषांक को समृद्ध बनाया। साथ ही, समीक्षकों और तकनीकी सहयोगियों का योगदान भी सराहनीय रहा है, जिनके मार्गदर्शन से सामग्री को और अधिक परिष्कृत किया जा सका।

यह विशेषांक केवल सूचना का संकलन नहीं, बल्कि ज्ञान के आदान-प्रदान और सकारात्मक संवाद का एक मंच है। हमें विश्वास है कि इसमें प्रस्तुत विचार और अनुभव विद्युत क्षेत्र में कार्यरत अभियंताओं, प्रशासकों तथा शोधकर्ताओं के लिए उपयोगी सिद्ध होंगे और उन्हें अपने कार्यक्षेत्र में नवाचार एवं सुधार के लिए प्रेरित करेंगे।

अंत में, हम अपने पाठकों का भी धन्यवाद करना चाहेंगे, जिनका निरंतर सहयोग और विश्वास *विद्युत वाहिनी* की सबसे बड़ी शक्ति है। आपकी जिज्ञासा और सहभागिता ही हमें सार्थक एवं प्रासंगिक विषयों पर कार्य करने के लिए प्रेरित करती है। आशा है कि यह विशेषांक आपके लिए ज्ञानवर्धक सिद्ध होगा और भारत के विद्युत क्षेत्र को और अधिक सक्षम बनाने की दिशा में एक सकारात्मक योगदान देगा।

पुनः हार्दिक शुभकामनाओं के साथ आपके अप्रतिम सहयोग का आकांक्षी !

Vidyutvahini-cea@gov.in
rajbhashacea@gmail.com

संदीप मलिक
मुख्य संपादक एवं राजभाषा प्रभारी

संपादक मंडल

संरक्षक

श्री घनश्याम प्रसाद
अध्यक्ष (केविप्रा)

संपादक

श्री सुरता राम,
मुख्य अभियंता
(उभरती प्रौद्योगिकी और नवाचार प्रभाग (ईटी एवं आई))

संपादक

सौमित्र मजूमदार,
मुख्य अभियंता
(आईटी सेल एवं प्रोक्योरमेंट प्रभाग)

मुख्य संपादक

श्री संदीप मलिक,
राजभाषा प्रभारी व मुख्य अभियंता (मानव संसाधन विकास प्रभाग-एचआरडी)

उप संपादक

श्री जितेन्द्र कुमार मीणा, निदेशक (एकीकृत संसाधन योजना प्रभाग - आईआरपी)

सहायक संपादक

सुश्री अर्पिता उपाध्याय, उप निदेशक (जल परियोजना आयोजन एवं अन्वेषण प्रभाग - एचपीपीआई)

श्रीमती शेफ़ाली दुष्यन्त, सहायक निदेशक (रा.भा.) प्रभारी, राजभाषा अनुभाग

सुश्री दिव्या माँदीवाल, कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी, राजभाषा अनुभाग

श्री विकास कुमार, आशुलिपिक, राजभाषा अनुभाग

श्री शरद कुमार, आशुलिपिक, राजभाषा अनुभाग

कुल गीत (थीम सॉन्ग)

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 आगाज़
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---------

******

अनुक्रमणिका

क्रम सं.	लेख (लेखक)	पृष्ठ सं.
1.	भारत की ऊर्जा आपूर्ति श्रृंखला में ग्रिड संचालन और वितरण की वर्तमान स्थिति श्री शुभेन्द्र सिंह, उप निदेशक, सदस्य (GO&D) का कार्यालय	08
2.	भारतीय विद्युत प्रणाली में क्षेत्रीय विद्युत समितियों (आरपीसी) की भूमिका श्री मनीष मौर्य, उप निदेशक, पी.एस.पी.ए.- II प्रभाग	09
3.	भारतीय ग्रिड का संचालन श्री एम एम धकाते, मुख्य अभियंता (आर.पी.एम)	13
4.	ग्रिड संचालन एवं वितरण श्री ओम प्रकाश सुमन, निदेशक, ग्रिड प्रबंधन अनुभाग	14
5.	ग्रिड संचालन, पारेषण एवं वितरण श्रीमती सुमन बाला, निदेशक, एचआरडी	21
6.	भारत के स्मार्ट ग्रिड में स्वचालित वितरण की भूमिका श्रीमती स्नेहा, उप निदेशक, डीपी एंड टी	28
7.	भारतीय विद्युत प्रणाली में फेज़र इकाई आधारित वाइड एरिया मॉनिटरिंग: आवश्यकता, अनुप्रयोग और नीतिगत पहल श्री पंकज कुमार वर्मा, उप निदेशक, पी.एस.ई.टी.डी. प्रभाग	30
8.	देश में स्मार्ट मीटरों की स्थापना में तेजी लाने के लिए विद्युत मंत्रालय द्वारा उठाए गए कदमों की एक झलक श्री करन सरीन, उप निदेशक, वितरण नीति एवं निगरानी (डी.पी. एवं एम.) प्रभाग	33
9.	विद्युत (उपभोक्ता अधिकार) नियम, 2020 और उसके बाद के संशोधनों का संक्षिप्त अवलोकन श्रीमती रीता नागदेवे, उप निदेशक, थर्मल इंजीनियरिंग और प्रौद्योगिकी विकास प्रभाग	39
10.	भारतीय ग्रिड प्रणाली में वितरित जनन संसाधनों (DGR) के एकीकरण हेतु मानकों की आवश्यकता श्री जितेन्द्र कुमार मीणा निदेशक (आईआरपी)	42
11.	ग्रिड संचालन और वितरण: भारत के विद्युत क्षेत्र की रीढ़ को मजबूत बनाना श्री रोमित शर्मा, सहायक निदेशक-I, टीईएंडटीडी प्रभाग	53
12.	भारत में विद्युत वितरण सुधार: वर्तमान स्थिति और भविष्य की दिशा श्रीमती आरती, उप निदेशक, वितरण नीति और प्रबोधन प्रभाग	59
13.	पावर ग्रिड एवं संचालनः प्राथमिक भूमिका एवं समाज में उपयोग श्री विकास कुमार, आशुलिपिक, राजभाषा अनुभाग	62
14.	भारत की विद्युत ग्रिड प्रणाली सुश्री दिव्या माँदीवाल, कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी, राजभाषा अनुभाग	64
15.	जो कागज ना होता श्री गौरव कुमार, सहायक निदेशक, जल परियोजना आयोजन एवं अन्वेषण प्रभाग (एचपीपी एंड आई)	65
16.	ख़ुदी की खोज श्री गिरीश रंजन, सहायक निदेशक - II, जलविद्युत योजना एवं निगरानी (एचपीएम) प्रभाग	66
17.	जीवन का सफर श्रीमती पुष्पा रानी राव, पीएसओ	67
18.	फोटो फीचर एवं उपलब्धियां	68

भारत की ऊर्जा आपूर्ति श्रृंखला में ग्रिड संचालन और वितरण की वर्तमान स्थिति

शुभेन्द्र सिंह, उप निदेशक, सदस्य (GO&D) का कार्यालय

भारत की विद्युत प्रणाली विश्व की सबसे बड़ी और जटिल ग्रिड व्यवस्थाओं में से एक है, जो देश के तीव्र औद्योगिक विकास और ऊर्जा संक्रमण को दर्शाती है। मार्च 2025 तक देश की कुल स्थापित विद्युत उत्पादन क्षमता लगभग **475.21 गीगावाट (GW)** तक पहुँच चुकी थी। केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (CEA) के नवीनतम आंकड़ों के अनुसार, वर्ष 2024-25 के दौरान देश में कुल विद्युत उत्पादन लगभग **1829 अरब यूनिट (BU)** रहा, जो पिछले वर्ष की तुलना में लगभग **5.2 प्रतिशत** अधिक है। आगामी वित्त वर्ष 2025-26 के लिए CEA ने **1,850 अरब यूनिट (MU)** की ऊर्जा आवश्यकता और **269 गीगावाट (GW)** की उच्चतम मांग का अनुमान लगाया है । ये आँकड़े दर्शाते हैं कि भारत की बिजली की माँग निरंतर बढ़ रही है, जिसका मुख्य कारण औद्योगिक विस्तार, शहरीकरण, डिजिटलीकरण और घरेलू विद्युतीकरण है।

हालाँकि, इस प्रगति के बावजूद भारतीय विद्युत ग्रिड कई परिचालनिक चुनौतियों का सामना कर रहा है। सबसे बड़ी चुनौती **नवीकरणीय ऊर्जा (Renewable Energy)** के एकीकरण से जुड़ी है। भारत ने 2030 तक **500 GW गैर-जीवाश्म ईंधन आधारित क्षमता** प्राप्त करने का लक्ष्य रखा है, जिसमें सौर और पवन ऊर्जा प्रमुख भूमिका निभा रही हैं। किंतु इन स्रोतों की अस्थिरता के कारण ग्रिड संतुलन (Grid Balancing) में कठिनाइयाँ उत्पन्न होती हैं। दोपहर में सौर उत्पादन चरम पर होता है, जबकि मांग शाम को बढ़ती है—यह अंतर ग्रिड की आवृत्ति और वोल्टेज को प्रभावित करता है। इस समस्या से निपटने के लिए सटीक उत्पादन पूर्वानुमान, लचीले उत्पादन स्रोत और ऊर्जा भंडारण आवश्यक हैं। जून 2025 तक भारत में **490 मेगावाट-घंटा (MWh)** की ऊर्जा भंडारण क्षमता स्थापित की जा चुकी है, जो नवीकरणीय ऊर्जा को स्थिर रूप से ग्रिड में जोड़ने की दिशा में एक महत्त्वपूर्ण कदम है।

(Source:https://www.mercomindia.com/product/india-energy-storage-landscape-1h-2025?utm_source=chatgpt.com)

प्रेषण (Transmission) और वितरण (Distribution) हानियाँ अब भी भारत के ऊर्जा क्षेत्र की बड़ी समस्या बनी हुई हैं। तकनीकी हानियाँ पुराने उपकरणों और ओवरलोडेड ट्रांसफॉर्मरों से उत्पन्न होती हैं, जबकि वाणिज्यिक हानियाँ चोरी, गलत बिलिंग और बकाया वसूली से जुड़ी हैं। इन हानियों का सीधा असर **वितरण कंपनियों (DISCOMs)** की वित्तीय स्थिति पर पड़ता है, जो पहले से ही घाटे में हैं और नेटवर्क उन्नयन में निवेश करने में असमर्थ हैं।

वितरण क्षेत्र की वित्तीय सेहत देश की विद्युत आपूर्ति की विश्वसनीयता को निर्धारित करती है। यद्यपि सरकार ने 'उदय योजना (UDAY)' और **Revamped Distribution Sector Scheme (RDSS)** जैसी पहलें शुरू की हैं, फिर भी अधिकांश डिस्कॉम वित्तीय दबाव में हैं। सब्सिडी की देरी, लागत से कम टैरिफ और उच्च बकाया दरें उनकी स्थिति को और कमजोर करती हैं। परिणामस्वरूप, वे स्मार्ट मीटरिंग, स्वचालन (Automation) और डिजिटल निगरानी जैसे आधुनिक उपायों में पर्याप्त निवेश नहीं कर पा रहे हैं।

CEA के अनुमानों के अनुसार, अगले पाँच वर्षों में देश की **उच्चतम विद्युत मांग (Peak Demand)** लगभग **7 प्रतिशत की वार्षिक वृद्धि दर (CAGR)** से बढ़ेगी। ग्रीष्म 2025 में देश की मांग लगभग **270 GW** तक पहुँचने की संभावना जताई गई थी। इतनी बड़ी मांग को पूरा करने के लिए न केवल उत्पादन, बल्कि ट्रांसमिशन और वितरण स्तर पर समन्वय आवश्यक है। विशेष रूप से, "ग्रीन एनर्जी कॉरिडोर" जैसी योजनाएँ उत्पादन-समृद्ध और मांग-समृद्ध क्षेत्रों के बीच संतुलन बनाए रखने में मदद कर रही हैं।

इन चुनौतियों से निपटने के लिए सरकार और विद्युत कंपनियाँ कई कदम उठा रही हैं। ग्रिड आधुनिकीकरण के तहत देश-भर में **स्मार्ट मीटर** स्थापित किए जा रहे हैं, जिससे बिलिंग पारदर्शिता और उपभोक्ता-स्तरीय ऊर्जा निगरानी में सुधार हो रहा है। **SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)** और **Energy Management Systems (EMS)** के माध्यम से वास्तविक समय में नेटवर्क की निगरानी और दोष-पहचान संभव हो रही है। पुराने कंडक्टरों की जगह **High-Temperature Low-Sag (HTLS)** लाइनों का उपयोग, उच्च दक्षता वाले ट्रांसफॉर्मरों की स्थापना और वितरण स्तर पर स्वचालन तकनीकें भी हानियाँ घटाने में सहायक हैं।

वित्तीय एवं नीतिगत सुधार भी उतने ही आवश्यक हैं। टैरिफ का तार्किक निर्धारण (Tariff Rationalization) करके, और लक्षित उपभोक्ताओं को **प्रत्यक्ष लाभ अंतरण (DBT)** के माध्यम से सब्सिडी देने से डिस्कॉम की वित्तीय स्थिति सुधर सकती है। निजी क्षेत्र की भागीदारी, प्रदर्शन-आधारित प्रोत्साहन और प्रभावी नियामक निगरानी से वितरण प्रणाली अधिक उत्तरदायी और कुशल बन सकती है। साथ ही, स्मार्ट ग्रिड और डिजिटल प्रणालियों के बढ़ते उपयोग के चलते **साइबर सुरक्षा (Cybersecurity)** भी एक प्रमुख आवश्यकता बन गई है। नियमित ऑडिट, डेटा एन्क्रिप्शन और साइबर खतरों से सुरक्षा तंत्र अब विद्युत ग्रिड की मजबूती का अभिन्न हिस्सा हैं।

ग्रामीण और अंतिम-मील (Last-Mile) कनेक्टिविटी में सुधार भी एक प्रमुख प्राथमिकता बनी हुई है। यद्यपि लगभग सभी घर अब विद्युत ग्रिड से जुड़े हैं, ग्रामीण क्षेत्रों में आपूर्ति की गुणवत्ता और निरंतरता में असमानता बनी हुई है। इसके समाधान के लिए **छोटे सौर माइक्रोग्रिड**, **रूफटॉप सोलर सिस्टम** और **स्थानीय ऊर्जा भंडारण** को प्रोत्साहन दिया जा रहा है। साथ-साथ, **मांग-पक्ष प्रबंधन (Demand-Side Management)** और **समय-आधारित टैरिफ (Time-of-Day Pricing)** जैसे उपाय उपभोक्ताओं को पीक समय में कम बिजली उपयोग के लिए प्रेरित कर रहे हैं, जिससे संपूर्ण ग्रिड पर दबाव घटता है।

अंततः, सन् 2025 का भारत एक ऐसे ऊर्जा तंत्र का प्रतीक है जो तीव्र गति से आधुनिकता की ओर बढ़ रहा है। **475 GW** से अधिक की स्थापित क्षमता और निरंतर बढ़ती मांग के साथ, भारत का लक्ष्य केवल बिजली की उपलब्धता बढ़ाना नहीं, बल्कि एक **विश्वसनीय, लचीला और वित्तीय रूप से सुदृढ़ विद्युत ग्रिड** स्थापित करना है। नवीकरणीय ऊर्जा का संतुलित समावेशन, वितरण हानियों में कमी, डिस्कॉम सुधार और नेटवर्क आधुनिकीकरण जैसे उपाय इस दिशा में निर्णायक भूमिका निभाएँगे। नीतिगत स्थिरता, तकनीकी नवाचार और निवेश-आधारित दृष्टिकोण के माध्यम से भारत एक **स्मार्ट, हरित और सुरक्षित ग्रिड** की ओर अग्रसर है, जो उसकी आर्थिक प्रगति और जलवायु-लक्ष्यों की आधारशिला बनेगा।

******

भारतीय विद्युत प्रणाली में क्षेत्रीय विद्युत समितियों (आरपीसी) की भूमिका

मनीष मौर्य, उप निदेशक, पी एस पी ए - II प्रभाग

1. परिचय

भारतीय विद्युत प्रणाली दुनिया के सबसे बड़े और सबसे जटिल विद्युत नेटवर्क में से एक है। कई उत्पादन कंपनियों, पारेषण उपयोगिताओं और विभिन्न क्षेत्रों में काम करने वाली राज्य-स्तरीय संस्थाओं के साथ, समन्वय, विश्वसनीयता और दक्षता की आवश्यकता हमेशा सर्वोपरि रही है। इसे प्राप्त करने के लिए, भारत ने क्षेत्रीय विद्युत समितियों (आरपीसी) की स्थापना की - ऐसे संस्थान जो क्षेत्रीय स्तर पर बिजली प्रणाली के संचालन, योजना और प्रदर्शन के समन्वय में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। ये समितियां पहले के क्षेत्रीय विद्युत बोर्डो (आरईबी) से विकसित हुई

थीं और आज भी विद्युत क्षेत्र शासन संरचना का एक अनिवार्य हिस्सा बनी हुई हैं।

2. ऐतिहासिक पृष्ठभूमि

आरपीसी की उत्पत्ति स्वतंत्र भारत के शुरुआती दशकों में हुई थी, जब बिजली क्षेत्र का प्रबंधन मुख्य रूप से राज्य बिजली बोर्डों (एसईबी) द्वारा किया जाता था। सन 1960 और 1970 के दशक के दौरान यह महसूस किया गया कि इष्टतम प्रणाली संचालन के लिए एक राज्यों के मध्य एक समन्वित दृष्टिकोण आवश्यक था। इस समन्वय को सुविधाजनक बनाने के लिए, सिंचाई और विद्युत मंत्रालय, भारत सरकार द्वारा क्षेत्रीय विद्युत (आपूर्ति) अधिनियम, 1948 के प्रावधानों के तहत विद्युत बोर्ड (आरईबी) की स्थापना की गई थी।

आरईबी और उनकी रचना का संक्षिप्त विवरण इस प्रकार है।

क्र.सं.	आर.ई.बी.	मुख्यालय	संकल्प पत्र दिनांक	आरईबी के सदस्य
1.	दक्षिणी क्षेत्रीय विद्युत बोर्ड	बंगलौर	7 फरवरी, 1964	i) अध्यक्ष, आंध्र प्रदेश राज्य विद्युत बोर्ड ii) अध्यक्ष, केरल राज्य विद्युत बोर्ड iii) अध्यक्ष, मद्रास राज्य विद्युत बोर्ड iv) अध्यक्ष, मैसूर राज्य विद्युत बोर्ड v) केन्द्रीय विद्युत प्राधिकरण का एक प्रतिनिधि vi) सदस्य-सचिव
2.	उत्तरी क्षेत्रीय विद्युत बोर्ड	नई दिल्ली	13 फरवरी, 1964	i) सिंचाई और बिजली मंत्री जम्मू और कश्मीर ii) अध्यक्ष, पंजाब राज्य बिजली बोर्ड iii) अध्यक्ष, राजस्थान राज्य विद्युत बोर्ड iv) अध्यक्ष, यूपी राज्य विद्युत बोर्ड v) अध्यक्ष, दिल्ली विद्युत आपूर्ति समिति vi) मुख्य सचिव, हिमाचल प्रदेश vii) केन्द्रीय विद्युत प्राधिकरण का एक प्रतिनिधि viii)सदस्य-सचिव
3.	पूर्वी क्षेत्रीय विद्युत बोर्ड	पटना, भुवनेश्वर और कलकत्ता में, 2 साल के लिए रोटेशन में	6 मार्च 1964	i) अध्यक्ष, बिहार राज्य विद्युत बोर्ड ii) अध्यक्ष, दामोदर घाटी निगम iii) अध्यक्ष, उड़ीसा राज्य विद्युत बोर्ड iv) अध्यक्ष, पश्चिम बंगाल राज्य विद्युत बोर्ड v) एक प्रतिनिधि यदि कोई हो, जिसे पश्चिम बंगाल, बिहार और उड़ीसा की प्रत्येक सरकार द्वारा समय-समय पर नामित किया जा सकता है। vi) केन्द्रीय विद्युत प्राधिकरण का एक प्रतिनिधि vii) सदस्य-सचिव
4.	उत्तर -पूर्वी क्षेत्रीय विद्युत बोर्ड	शिलोंग	12 मार्च, 1964	i) विद्युत मंत्री, असम ii) विद्युत मंत्री, मणिपुर; iii) सलाहकार, एनईएफए; iv) विद्युत मंत्री, त्रिपुरा

5.	पश्चिमी क्षेत्रीय विद्युत बोर्ड	बॉम्बे	28 मार्च, 1964	i) अध्यक्ष, गुजरात राज्य विद्युत बोर्ड ii) अध्यक्ष, मध्य प्रदेश राज्य विद्युत बोर्ड iii) अध्यक्ष, महाराष्ट्र राज्य विद्युत बोर्ड iv) गुजरात सरकार के स्वास्थ्य और उद्योग विभाग के सचिव v) महाराष्ट्र उद्योग और श्रम विभाग सरकार के सचिव vi) मध्य प्रदेश सरकार के सचिव, लोक निर्माण विभाग vii) केन्द्रीय विद्युत प्राधिकरण का एक प्रतिनिधि viii) सदस्य-सचिव

प्रत्येक आरईबी, भारत के पांच विद्युत क्षेत्रीय ग्रिडों में से एक का प्रतिनिधित्व करता था - उत्तरी, पश्चिमी, दक्षिणी, पूर्वी और उत्तर-पूर्वी।

राज्य बिजली बोर्डों के अध्यक्ष को हर साल वर्णमाला क्रम में रोटेशन द्वारा अपने संबंधित क्षेत्रीय बिजली बोर्ड का अध्यक्ष बनाया जाता था।

क्षेत्रीय विद्युत बोर्ड के सचिवालय का नेतृत्व एक मुख्य अभियंता पद के अधिकारी जिन्हें सदस्य सचिव कहा जाता था द्वारा किया जाता था, जिसे केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण द्वारा सचिवालय के अन्य कर्मचारियों के साथ नियुक्त किया गया था। पूर्वोत्तर आरईबी के लिए सचिवालय का नेतृत्व कार्यकारी अभियंता के रैंक के एक अधिकारी द्वारा किया गया था, जिसे सचिवालय के लिए अन्य कर्मचारियों के साथ केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण द्वारा नियुक्त किया गया था।

आरईबी का मुख्य उद्देश्य सदस्य राज्यों और केंद्रीय उपयोगिताओं के बीच सिस्टम संचालन, उत्पादन शेड्यूलिंग, रखरखाव योजना और ऊर्जा लेखांकन का समन्वय करना था। आरईबी ने उपयोगिताओं के बीच सहयोग और चर्चा के लिए मंच के रूप में प्रभावी ढंग से कार्य किया और क्षेत्रीय बिजली प्रणालियों के प्रदर्शन और विश्वसनीयता में सुधार में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई।

3. आरईबी से आरपीसी में परिवर्तन

विद्युत अधिनियम, 2003 के अधिनियमन ने भारत में विद्युत क्षेत्र सुधारों के एक नए युग को चिह्नित किया। अधिनियम में विद्युत क्षेत्र में दक्षता, प्रतिस्पर्धा और पारदर्शिता को बढ़ावा दिया गया है। इसने विद्युत (आपूर्ति) अधिनियम, 1948 को भी निरस्त कर दिया, जिसके तहत आरईबी का गठन किया गया था। आरईबी की कानूनी नींव के विघटन के साथ, सरकार ने क्षेत्रीय समन्वय जारी रखने के लिए एक नए संस्थागत तंत्र की आवश्यकता को मान्यता दी। विद्युत मंत्रालय ने विद्युत अधिनियम, 2003 की धारा 2 (55) और 29 (4) के प्रावधानों के तहत 2005 में क्षेत्रीय विद्युत समितियों (आरपीसी) की स्थापना की । इन समितियों को आरईबी के उद्देश्यों को आगे बढ़ाने के साथ -साथ नियामक वातावरण में बढ़ी हुई गुंजाइश और वैधानिक वैधता के लिए डिज़ाइन किया गया था ।

4. आरपीसी का गठन और संरचना

विद्युत् मंत्रालय के 25 मई 2005 के संकल्प पात्र द्वारा पांच आरपीसी स्थापित किए गए, नई दिल्ली में उत्तरी (एनआरपीसी), मुंबई में पश्चिमी (डब्ल्यूआरपीसी), बेंगलुरु में दक्षिणी (एसआरपीसी), कोलकाता में पूर्वी (ईआरपीसी) और शिलांग में उत्तर-पूर्वी (एनईआरपीसी)। प्रत्येक आरपीसी में राज्य ट्रांसमिशन और वितरण उपयोगिताओं, एनटीपीसी और एनएचपीसी जैसे केंद्रीय उत्पादन स्टेशनों, पावर ग्रिड कॉरपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (पीजीसीआईएल), क्षेत्रीय लोड डिस्पैच सेंटर

(आरएलडीसी) जैसी ट्रांसमिशन एजेंसियों और निजी उत्पादन कंपनियों के प्रतिनिधि शामिल हैं।

5. उद्देश्य और अधिदेश

आरपीसी का प्राथमिक उद्देश्य क्षेत्रीय विद्युत प्रणालियों के समन्वित, विश्वसनीय और आर्थिक संचालन को सुनिश्चित करना है। आरपीसी के अधिदेश में ग्रिड अनुशासन को बढ़ावा देना, प्रणाली के प्रदर्शन की समीक्षा करना और विभिन्न हितधारकों के बीच संचार और सहयोग की सुविधा शामिल है। आरपीसी के विशिष्ट लक्ष्यों में संसाधनों के इष्टतम उपयोग के लिए क्षेत्रीय संचालन का समन्वय करना, सिस्टम विश्वसनीयता और स्थिरता बनाए रखना, भारतीय बिजली ग्रिड कोड (आईईजीसी) का पालन सुनिश्चित करना, उत्पादन और संचरण विस्तार के लिए संयुक्त योजना की सुविधा प्रदान करना, और पुनरावृत्ति को रोकने के लिए सिस्टम गड़बड़ी की निगरानी और विश्लेषण करना शामिल है।

6. क्षेत्रीय विद्युत समितियों के कार्य

आरपीसी परिचालन, योजना और सलाहकार डोमेन में फैले कार्यों की एक विस्तृत श्रृंखला का प्रदर्शन करते हैं। कुछ कार्यों का उल्लेख निम्न प्रकार है ।

i) **परिचालन समन्वय:** क्षेत्रीय ग्रिड के दिन-प्रतिदिन के संचालन का समन्वय करना, ग्रिड प्रदर्शन मापदंडों की समीक्षा करना, और नियोजित आउटेज को मंजूरी देना।

ii) **सिस्टम प्लानिंग एंड डेवलपमेंट:** पूरे क्षेत्र में ट्रांसमिशन और उत्पादन विस्तार योजनाओं में सामंजस्य स्थापित करना और भीड़भाड़ वाले बिंदुओं की पहचान करना।

iii) **ग्रिड अनुशासन और विश्वसनीयता:** भारतीय विद्युत ग्रिड कोड के अनुपालन की निगरानी करना और सुधारात्मक उपायों की सिफारिश करना ।

iv) **ऊर्जा लेखांकन और निपटान:** क्षेत्रीय ऊर्जा खातों (आरईए) को तैयार करना और विचलन निपटान तंत्र (डीएसएम) के कार्यान्वयन की निगरानी करना।

v) **विक्षोभ विश्लेषण:** ग्रिड विक्षोभ की जांच करना और निवारक उपायों की सिफारिश करना ।

vi) **सलाहकार भूमिका:** परिचालन मुद्दों और ग्रिड प्रदर्शन पर विद्युत मंत्रालय, सीईए और सीटीयू को सलाह देना ।

7. उपलब्धियां और वर्तमान भूमिका

अपनी स्थापना के बाद से, क्षेत्रीय विद्युत समितियों ने भारत के ग्रिड प्रबंधन ढांचे को मजबूत करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। उनके समन्वित प्रयासों ने क्षेत्रीय ग्रिड के सिंक्रनाइज़ेशन का समर्थन किया है, जिसकी परिणति 2013 में राष्ट्रीय ग्रिड के गठन में हुई। आरपीसी ने हितधारकों के बीच संचार में सुधार किया है, बेहतर आउटेज योजना सुनिश्चित की है, और समग्र ग्रिड विश्वसनीयता को बढ़ाया है। वे विचलन निपटान तंत्र (डीएसएम) को लागू करने, सिस्टम अनुशासन में सुधार करने और समन्वित शेड्यूलिंग और पूर्वानुमान तंत्र के माध्यम से ग्रिड में नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों को एकीकृत करने में भी महत्वपूर्ण रहे हैं।

8. निष्कर्ष

क्षेत्रीय विद्युत समितियों (आरपीसी) का विकास एक एकीकृत और कुशल बिजली प्रणाली की दिशा में भारत की यात्रा में एक महत्वपूर्ण मील के पत्थर का प्रतिनिधित्व करता है। पहले के क्षेत्रीय बिजली बोर्डों से उभरते हुए, आरपीसी क्षेत्रीय समन्वय, परिचालन योजना और प्रदर्शन समीक्षा के लिए महत्वपूर्ण मंच बन गए हैं। अपनी सहयोगी और सलाहकार भूमिका के माध्यम से, उन्होंने क्षेत्रीय- और अब राष्ट्रीय-ग्रिड के सुरक्षित, विश्वसनीय और किफायती संचालन को सुनिश्चित किया है। संक्षेप में, आरपीसी भारत के बिजली नेटवर्क की स्थिरता में योगदान करते हुए केंद्रीय, राज्य और निजी संस्थाओं के बीच सद्भाव को बढ़ावा देते हैं।

******

भारतीय ग्रिड का संचालन

एम एम धकाते, मुख्य अभियंता (आर.पी.एम)

भारत के एकीकृत राष्ट्रीय ग्रिड का संचालन का प्रबंधन ग्रिड कंट्रोलर ऑफ इंडिया लिमिटेड (पूर्व में POSOCO) राष्ट्रीय भार प्रेषण केंद्र और पाँच क्षेत्रीय भार प्रेषण केंद्रों का द्वारा किया जाता है।

राज्य भार प्रेषण केंद्र (एसएलडीसी) एक सर्वोच्च निकाय है जो किसी भी भारतीय राज्य में विद्युत प्रणाली के एकीकृत, सुरक्षित और किफायती वास्तविक समय संचालन को सुनिश्चित करने के लिए जिम्मेदार है । यह राज्य के भीतर सभी उत्पादन, पारेषण और वितरण गतिविधियों के लिए नियंत्रण केंद्र के रूप में कार्य करता है।

विद्युत ग्रिड के हितधारको के द्वारा अनुशासन को बनाए रखना इसके सुरक्षित, आर्थिक और स्थिर संचालन के लिए आवश्यक है। भारत में पिछले दो दशकों के दौरान, स्थापित क्षमता में उल्लेखनीय वृद्धि हुई है। बढ़ी हुई उत्पादन क्षमता अलग-अलग आवृत्ति, मांग और आपूर्ति में फरक आदि, ग्रिड प्रचालन की चुनौतियों को और बढ़ा देती है। दो - तीन दशकों पहले भारतीय ऊर्जा प्रणाली की समस्या केवल बिजली की कमी नहीं थी, बल्कि प्रचलित प्रणाली में अनुशासनहीनता के कारण ग्रिड संचालन में बहुत बड़ी कठिनाई थी। कमी की समस्या का एकमात्र सहारा लोड शेडिंग और ओवरड्रॉल को कम करना था। हालांकि, कम मांग की अवधि के दौरान अतिरिक्त उत्पादन भी लगातार होता था जिससे सभी या कुछ क्षेत्रों में आवृत्ति में वृद्धि होती थी । इस समस्या के समाधान के रूप में, भारतीय बिजली क्षेत्र में 'उपलब्धता आधारित टैरिफ (एबीटी)' की शुरूआत हुई जिसके "अनिर्धारित इंटरचेंज (यूआई)" अवधारणा से ग्रिड के अनुशासन मे सुधार आया। इसके अलावा, वास्तविक उत्पादन के बजाय उत्पादन की उपलब्धता के आधार पर क्षमता शुल्क और वास्तविक उत्पादन के बजाय स्केजूल के आधार पर ऊर्जा शुल्क से भी उत्पादकों और डिस्कॉम की अनुशासनहीनता कुछ हद तक दूर हुई।

विद्युत अधिनियम, 2003 के लागू होने से विद्युत क्षेत्र में कई बदलाव आए, जैसे पारेषण में खुली पहुँच, उत्पादन क्षमता में वृद्धि, स्वतंत्र विद्युत उत्पादक (आईपीपी) आदि। इस प्रकार, बिजली आपूर्ति मे काफी सुधार आया। विभिन्न ग्रिडों को आपस में जोड़ने के लिए पारेषण अवसंरचना स्थापित करने हेतु बड़े पैमाने पर निवेश किया गया। 2013 के अंत मे, एकल राष्ट्रीय (सिंगक्रनस) ग्रिड का निर्माण हो गया, जिससे सभी राज्य एक ग्रिड में आ गए एवं पूरे देश में निर्बाध बिजली हस्तांतरण संभव हो गया।

एक बड़े राष्ट्रीय ग्रिड का संचालन करना भी बहोत बड़ी चुनौती है, लेकिन ऊर्जा लेखांकन और निपटान के लिए एकीकृत नियम और प्रक्रियाएँ स्थापित करने, नियमित परामर्श के माध्यम से इस समस्या का भी समाधान किया गया। अब तक, भारत ने शानदार प्रदर्शन किया है और अब इसका लक्ष्य एक अंतरराष्ट्रीय ग्रिड बनाना है। वर्तमान में, सीमा पार बिजली की सुविधा के लिए ग्रिड का विस्तार राष्ट्रीय सीमाओं से बाहर भी किया जा रहा है। अभी बिजली की आपूर्ति पर्याप्त है, हालाँकि पूरी तरह से अधिशेष नहीं है। अब हमारी महत्वाकांक्षा दुनिया भर में बिजली के आदान-प्रदान के लिए "एक सूर्य, एक विश्व, एक ग्रिड" (ओएसओडब्ल्यूओजी) स्थापित करने की है।

ऊर्जा मिश्रण में नवीकरणीय ऊर्जा के समावेश ने हमें ग्रिड की प्रणालियों और प्रक्रियाओं में बदलाव लाने के लिए बाध्य किया है। नवीकरणीय ऊर्जा के उच्च मात्रा को एकीकृत करने के लिए, वाणिज्यिक विवाद मुक्त निपटान प्रक्रिया मे नवाचार के साथ

प्रौद्योगिकी के उपयोग द्वारा ग्रिड की मजबूती या सुदृढ़ता सुनिश्चित करना आवश्यक है। जलवायु परिवर्तन एक वास्तविकता है और भारत अपनी ऊर्जा प्रणालियों को कार्बन-मुक्त करने के लिए प्रतिबद्ध है। अपनी परिवर्तनशीलता, उत्पादन मे अनिश्चितता और अनिवार्य संचालन की स्थिति के कारण, नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन परिचालन संबंधी चुनौतियाँ उत्पन्न कर रहा है और इसकी कम सी यू एफ के कारण पारेषण परिसंपत्तियों का भी पूरी तरह से उपयोग नहीं हो रहा।

परंपरागत रूप से, मांग वक्रों को बदलते हुए माना जाता था, लेकिन आजकल मांग पैटर्न में बहुत तेज़ी से बदलाव देखने को मिल रहा है। कुल मिलाकर, मांग का पूर्वानुमान लगाना एक बहुत ही गंभीर कार्य बन गया है, क्योंकि अगर मांग पूर्वानुमान गलत है, तो इससे मांग को पूरा करने के लिए संसाधनों, खासकर नवीकरणीय ऊर्जा पर दबाव बढ़ रहा है। इस वजह से ग्रिड के सही प्रचालन हेतु डिस्कॉम, राज्य, क्षेत्रीय और राष्ट्रीय स्तर पर वास्तविक समय के मौसम संबंधी आंकड़े, डेटा वैज्ञानिक, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, पैटर्न पहचान आदि की महत्वपूर्ण भूमिका आन पड़ी है।

सिस्टम में पीक डिमांड बहुत कम समय तक रहती है, लेकिन इसे पूरा करना बेहद महंगा होता है। ऐसे पीक लोड को पूरा करने के लिए क्षमता बढ़ाना, जो बहुत कम समय के लिए होता है, कोई अच्छा समाधान नहीं है। विभिन्न उपभोक्ताओं की मांग का स्वचालित तरीके से बदलाव करना या ग्रिड ऑपरेटरों द्वारा वैकल्पिक उपभोक्ता लोड को नियंत्रित करना पीक डिमांड को पूरा करने से जुड़ी समस्या को कम करने का एक बेहतरीन तरीका होना चाहिये।

बड़े-बड़े स्थापित नवीकरणीय क्षमता से विभिन्न राज्यों में लोड केंद्रों के बीच कई लंबी ट्रांसमिशन लाइनें भी अपने नुकसान और गैर-उत्पादन घंटों के दौरान इनकी क्षमता का उपयोग ना होने के कारण अलाभकारी हैं। ऐसे नवीकरणीय क्षमता से समृद्ध कॉरीडोर में रिएक्टिव ऊर्जा की आवश्यकता भी इनके उपायों की स्थापना की आवश्यकता पैदा करती है जो फिर से अलाभकारी संचालन की ओर ले जाती है। हाइब्रिड सह-स्थित परियोजनाओं के कार्यान्वयन से कुछ हद तक ऐसी समस्या को दूर किया जा सकता है। इसके अलावा, कुछ बड़े बिजली संयंत्रों में बिजली उत्पादन की बजाय कई छोटे स्थानीय ऊर्जा स्रोतों की प्रणाली, जो इसके स्रोत के पास खपत होते हैं, एक आर्थिक रूप से व्यवहार्य समाधान हो सकता है। हालांकि, बड़ी आरई परियोजनाओं के लिए लागू विभिन्न मानकों जैसे रिएक्टिव ऊर्जा क्षतिपूर्ति, हार्मोनिक्स, वास्तविक समय डेटा साझाकरण आदि को प्रोज्यूमर पर लागू किया जाना चाहिए ताकि संबंधित एसएलडीसी की दृश्यता में सुधार हो सके।

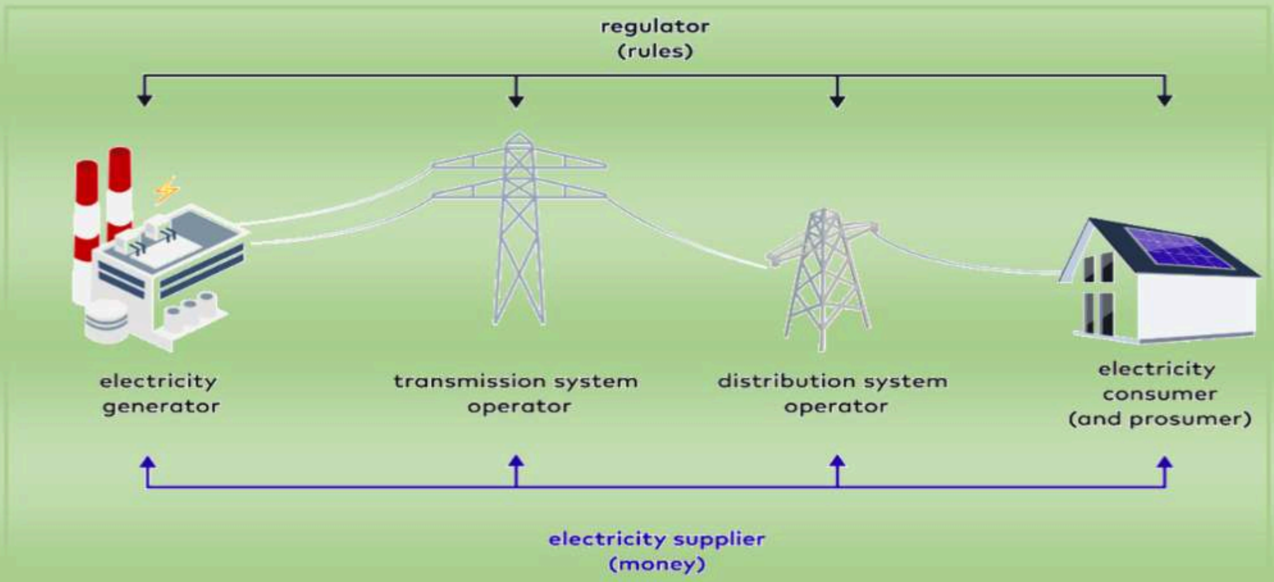
******

ग्रिड संचालन एवं वितरण

ओम प्रकाश सुमन, निदेशक, ग्रिड प्रबंधन अनुभाग

ग्रिड ऑपरेटर बिजली के संचरण और वितरण का प्रबंधन करते हैं, ग्रिड स्थिरता सुनिश्चित करने के लिये, आपूर्ति और मांग में संतुलन बनाए रखते हैं, और नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों को कुशलतापूर्वक एकीकृत करते हैं।

ग्रिड ऑपरेटर क्या हैं?



ग्रिड ऑपरेटर ऊर्जा क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं, और बिजली संयंत्रों से उपभोक्ताओं तक बिजली पहुँचाने वाली संचरण और वितरण प्रणालियों की देखरेख करते हैं। ये संस्थाएँ पावर ग्रिड की विश्वसनीयता और दक्षता बनाए रखने, उपभोक्ता माँग के साथ बिजली आपूर्ति के संतुलन के जटिल कार्य का प्रबंधन करने और संपूर्ण ग्रिड प्रणाली के सुरक्षित संचालन को सुनिश्चित करने के लिए ज़िम्मेदार हैं। इन तकनीकी कार्यों के अलावा, ग्रिड ऑपरेटर बिजली बाजार में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं, लेन-देन को सुगम बनाते हैं और यह सुनिश्चित करते हैं कि बाजार कुशलतापूर्वक संचालित हो, और प्रतिस्पर्धी कीमतों पर मांग को पूरा करने के लिए ग्रिड के बुनियादी ढांचे का उपयोग करें। इसमें थोक बाजारों का प्रबंधन शामिल है जहाँ उपयोगिताएँ, बिजली उत्पादक और अन्य संस्थाएँ बिजली खरीदती और बेचती हैं। इन बाजारों की देखरेख करके, ग्रिड ऑपरेटर संसाधन आवंटन को अनुकूलित करने में मदद करते हैं, यह सुनिश्चित करते हुए कि बिजली का उत्पादन और वितरण कुशलतापूर्वक हो। प्रणाली की विश्वसनीयता बनाए रखने के लिए सहायक सेवाओं का उपयोग करते हैं। सहायक सेवाओं की खरीद वास्तविक समय में आपूर्ति और मांग के संतुलन के लिए महत्वपूर्ण है, खासकर जब ग्रिड अधिक नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों को एकीकृत करता है, जो रुक-रुक कर और परिवर्तनशील हो सकते हैं।

ग्रिड ऑपरेटर, जिन्हें कभी-कभी ट्रांसमिशन सिस्टम ऑपरेटर (टीएसओ) या स्वतंत्र सिस्टम ऑपरेटर (आईएसओ) के रूप में जाना जाता है, ऐसे संगठन हैं जिनका कार्य विद्युत शक्ति प्रणाली के संचालन का समन्वय, नियंत्रण और निगरानी करना है। वे ग्रिड के दैनिक संचालन को संभालते हैं, जिसमें जनरेटर से वितरण नेटवर्क तक बिजली का संचरण भी शामिल है जहाँ इसे अंतिम उपयोगकर्ताओं तक पहुँचाया जाता है। ये ऑपरेटर बिजली के भौतिक प्रवाह के प्रबंधन और बिजली कटौती को रोकने तथा आपात स्थितियों का प्रबंधन करने हेतु पावर ग्रिड की स्थिरता बनाए रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

बाजार संचालन के संदर्भ में, ग्रिड ऑपरेटर सहायक सेवाओं का भी प्रबंधन और उपयोग करते हैं, जो ग्रिड स्थिरता बनाए रखने के लिए आवश्यक हैं। सहायक सेवाएँ सहायक सेवाएँ हैं जो पावर ग्रिड के विश्वसनीय संचालन को सुनिश्चित करती हैं। इनमें शामिल हैं:

आवृत्ति विनियमन: ग्रिड की आवृत्ति को एक निर्दिष्ट सीमा के भीतर बनाए रखने के लिए जनरेटर के विद्युत उत्पादन को समायोजित करना।

वोल्टेज समर्थन: ग्रिड में वोल्टेज के स्तर को बनाए रखने के लिए प्रतिक्रियाशील शक्ति का प्रबंधन करना।

आरक्षित बिजली: मांग में अप्रत्याशित वृद्धि या आपूर्ति की अचानक कमी को पूरा करने के लिए अतिरिक्त उत्पादन क्षमता उपलब्ध कराना।

ग्रिड संचालक इन सेवाओं को बाज़ार तंत्र के माध्यम से प्राप्त करते हैं, जहाँ विभिन्न सेवा प्रदाता अपनी क्षमताएँ प्रदान करने के लिए बोली लगाते हैं। सहायक सेवाओं की खरीद वास्तविक समय में आपूर्ति और मांग के संतुलन के लिए महत्वपूर्ण है, खासकर जब ग्रिड अधिक नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों को एकीकृत करता है, जो रुक-रुक कर और परिवर्तनशील हो सकते हैं।

ग्रिड संचालक ग्रिड स्थिरता और दक्षता बनाए रखने के लिए कई महत्वपूर्ण कार्य भी करते हैं। प्राथमिक ज़िम्मेदारियों में से एक आपूर्ति की गई बिजली और उपभोक्ताओं की मांग के बीच एक निरंतर संतुलन सुनिश्चित करना है। इसमें मांग का पूर्वानुमान लगाना, विभिन्न बिजली संयंत्रों से उत्पादन का समय निर्धारित करना और असंतुलन से बचने के लिए वास्तविक समय में समायोजन करना शामिल है जिससे सिस्टम विफलताएँ हो सकती हैं। परिष्कृत नियंत्रण प्रणालियों का उपयोग करते हुए, ग्रिड संचालक वास्तविक समय में ग्रिड के प्रदर्शन की निगरानी करते हैं। इसमें बिजली प्रवाह, स्थिरता मापदंडों और संभावित व्यवधानों का अवलोकन शामिल है। वे निरंतर सेवा और सिस्टम अखंडता सुनिश्चित करने के लिए परिचालन रणनीतियों को गतिशील रूप से समायोजित करते हैं।ग्रिड संचालक पारेषण बुनियादी ढांचे के रखरखाव और उन्नयन के लिए भी जिम्मेदार होते हैं। यह न केवल विश्वसनीयता के लिए, बल्कि भविष्य की बिजली आवश्यकताओं और नए ऊर्जा स्रोतों, विशेष रूप से नवीकरणीय ऊर्जा, के एकीकरण के लिए भी आवश्यक है, जिसके लिए परिवर्तनशील आउटपुट को संभालने के लिए ग्रिड संवर्द्धन की आवश्यकता हो सकती है।

ऊर्जा क्षेत्र पर ग्रिड संचालकों का प्रभाव

ऊर्जा क्षेत्र पर ग्रिड संचालकों का प्रभाव गहरा है, मुख्यतः बिजली के कुशल और विश्वसनीय वितरण को सुनिश्चित करने में। प्रभावी भार संतुलन और व्यापक प्रणाली निगरानी के माध्यम से, ग्रिड संचालक संभावित अस्थिरताओं और व्यवधानों से ग्रिड की सुरक्षा करते हैं, इस प्रकार सभी उपयोगकर्ताओं को विश्वसनीय बिजली वितरण सुनिश्चित करते हैं। इसके अलावा, ऊर्जा बाजारों को सुगम बनाकर, ग्रिड संचालक यह सुनिश्चित करने में मदद करते हैं कि बिजली का वितरण वहाँ हो जहाँ इसकी सबसे अधिक आवश्यकता है और उत्पादन संसाधनों का कुशलतापूर्वक उपयोग किया जाए, जिससे कम ऊर्जा लागत और उच्च सेवा विश्वसनीयता को बढ़ावा मिलता है।

जैसे-जैसे ऊर्जा मिश्रण तेजी से हरित होता जा रहा है, ग्रिड संचालक नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों को प्रणाली में एकीकृत करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहे हैं। वे चुनौतियों का प्रबंधन करते हैं।

ग्रिड ऑपरेटर, जिन्हें सिस्टम ऑपरेटर भी कहा जाता है, ऊर्जा क्षेत्र में आवश्यक संस्थाएँ हैं जो विद्युत ग्रिड में बिजली के वास्तविक समय प्रवाह के प्रबंधन के लिए ज़िम्मेदार हैं।

विद्युत ग्रिड संचालक स्थिर और विश्वसनीय विद्युत आपूर्ति बनाए रखने, मांग को संतुलित करने और ग्रिड में बिजली के प्रवाह को प्रबंधित करने के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण हैं। यह ब्लॉग उनकी महत्वपूर्ण भूमिका, उनके सामने आने वाली चुनौतियों और उनके कार्य का ऊर्जा मूल्य निर्धारण और ऊर्जा उद्योग के भविष्य पर पड़ने वाले प्रभाव पर प्रकाश डालता है।

आज के जटिल ऊर्जा परिदृश्य में, विद्युत ग्रिड संचालक की भूमिका पहले से कहीं अधिक महत्वपूर्ण है। ये संचालक पर्दे के पीछे के गुमनाम नायक हैं, जो यह सुनिश्चित करते हैं कि बिजली संयंत्रों से विद्युत पारेषण लाइनों के माध्यम से घरों और व्यवसायों तक विश्वसनीय रूप से पहुँचे। जैसे-जैसे ऊर्जा उद्योग नवीकरणीय संसाधनों और उन्नत ऊर्जा प्रौद्योगिकियों के एकीकरण के साथ विकसित हो रहा है, ऊर्जा के भविष्य में रुचि रखने वाले किसी भी व्यक्ति के लिए विद्युत ग्रिड संचालकों की ज़िम्मेदारियों और चुनौतियों को समझना अत्यंत महत्वपूर्ण है।

विद्युत ग्रिड संचालक कई प्रकार के कार्य करते हैं, उनकी प्राथमिक भूमिकाओं में शामिल हैं:

ब्लैकआउट को रोकने के लिए बिजली आपूर्ति और मांग के बीच संतुलन बनाए रखना।

विद्युत शक्ति प्रणाली के संचालन का समन्वय, नियंत्रण और निगरानी करना।

उत्पादकों से उपभोक्ताओं तक बिजली का सुरक्षित, विश्वसनीय और कुशल संचरण और वितरण सुनिश्चित करना।

बिजली की मांग का पूर्वानुमान: किसी भी समय कितनी बिजली की आवश्यकता होगी, इसका अनुमान लगाना। वास्तव में, वे जनरेटर से पर्याप्त आपूर्ति सुनिश्चित करने के लिए प्रतिदिन प्रति घंटे बिजली की मांग का पूर्वानुमान लगाते हैं।

बिजली उत्पादन का समय निर्धारण: यह तय करना कि मांग को पूरा करने के लिए कौन से बिजली संयंत्र संचालित होने चाहिए।

ट्रांसमिशन लाइनों का प्रबंधन: उच्च-वोल्टेज ट्रांसमिशन लाइनों में बिजली का सुरक्षित और कुशल प्रवाह सुनिश्चित करना, लाइन हानियों से बचने के लिए हर संभव प्रयास करना।

आउटेज का जवाब देना: बिजली आपूर्ति में किसी भी व्यवधान का शीघ्र समाधान करना। ये कार्य विद्युत ग्रिड के सुचारू संचालन के लिए आवश्यक हैं, जो आधुनिक समाज की आवश्यक ऊर्जा अवसंरचना की रीढ़ है।

ऊर्जा उद्योग में ग्रिड संचालक की भूमिका:

विद्युत ग्रिड संचालक, उत्पादन स्रोतों से अंतिम उपयोगकर्ताओं तक बिजली के निरंतर और विश्वसनीय परिवहन को सुनिश्चित करके ऊर्जा उद्योग में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। इसके अलावा, ग्रिड संचालक नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण से जुड़ी जटिलताओं का प्रबंधन करके स्वच्छ ऊर्जा स्रोतों में ऊर्जा संक्रमण को सुगम बनाने में तेज़ी से शामिल हो रहे हैं। इसमें पवन और सौर ऊर्जा की परिवर्तनशीलता को संभालना और यह सुनिश्चित करना शामिल है कि ग्रिड रूफटॉप सौर पैनल, वाणिज्यिक ऊर्जा भंडारण प्रणालियाँ और इलेक्ट्रिक वाहनों जैसे वितरित ऊर्जा संसाधनों को समायोजित कर सके।

विद्युत संचालकों के प्रकार और उनकी भूमिकाएँ

विद्युत ग्रिड संचालकों को कई प्रकारों में वर्गीकृत किया जा सकता है, जिनमें से प्रत्येक की ऊर्जा प्रणाली के भीतर अलग-अलग भूमिकाएँ और ज़िम्मेदारियाँ होती हैं। इनमें ट्रांसमिशन सिस्टम ऑपरेटर (टीएसओ), वितरण प्रणाली ऑपरेटर (डीएसओ), क्षेत्रीय ट्रांसमिशन संगठन (आरटीओ) और स्वतंत्र सिस्टम ऑपरेटर (आईएसओ) शामिल हैं। आइए नीचे इन सभी भूमिकाओं पर विस्तार से चर्चा करें।

टीएसओ (ट्रांसमिशन सिस्टम ऑपरेटर)

एक ट्रांसमिशन सिस्टम ऑपरेटर (टीएसओ) उच्च-वोल्टेज ट्रांसमिशन लाइनों के माध्यम से लंबी दूरी तक बिजली के परिवहन के लिए ज़िम्मेदार होता है। टीएसओ, थोक बिजली प्रणाली की विश्वसनीयता और स्थिरता सुनिश्चित करते हैं और विभिन्न विद्युत ग्रिडों और क्षेत्रों में बिजली प्रवाह का प्रबंधन करने के लिए पड़ोसी ग्रिड ऑपरेटरों के साथ समन्वय करते हैं। वे बड़े पैमाने पर, अक्सर पूरे राज्यों या देशों में, बिजली की आपूर्ति और मांग को संतुलित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

डीएसओ (वितरण प्रणाली ऑपरेटर)

एक वितरण प्रणाली ऑपरेटर (डीएसओ) निम्न-वोल्टेज वितरण नेटवर्क का प्रबंधन करता है जो घरों और व्यवसायों को सीधे बिजली पहुँचाते हैं। डीएसओ, जो अक्सर स्थानीय उपयोगिता कंपनियाँ होती हैं, वितरण अवसंरचना के रखरखाव और उन्नयन, स्थानीय ग्रिड स्थितियों के प्रबंधन और सौर पैनलों और ऊर्जा भंडारण प्रणालियों जैसे वितरित ऊर्जा संसाधनों (डीईआर) को एकीकृत करने के लिए ज़िम्मेदार होती हैं। जैसे-जैसे ग्रिड अधिक विकेन्द्रीकृत होता जा रहा है, स्थानीय ऊर्जा प्रवाह के प्रबंधन और ग्रिड की लचीलापन सुनिश्चित करने में डीएसओ की भूमिका लगातार महत्वपूर्ण होती जा रही है।

आरटीओ (क्षेत्रीय पारेषण संगठन)

क्षेत्रीय पारेषण संगठन (आरटीओ) कई राज्यों या क्षेत्रों में पारेषण ग्रिड का संचालन करते हैं। वे ग्रिड के कुशल और विश्वसनीय संचालन को सुनिश्चित करने, थोक बिजली बाजारों को सुगम बनाने और भविष्य की पारेषण आवश्यकताओं की योजना बनाने के लिए ज़िम्मेदार हैं। आरटीओ यह सुनिश्चित करने के लिए काम करते हैं कि थोक बिजली बाजार निष्पक्ष और पारदर्शी रूप से

संचालित हो, जिससे बिजली आपूर्तिकर्ताओं, उपयोगिता कंपनियों और उपभोक्ताओं दोनों को लाभ हो।

आईएसओ (स्वतंत्र सिस्टम ऑपरेटर)

एक स्वतंत्र सिस्टम ऑपरेटर (आईएसओ) एक आरटीओ के समान होता है, लेकिन आमतौर पर एक ही राज्य या एक छोटे भौगोलिक क्षेत्र में संचालित होता है। आरटीओ की तरह, आईएसओ भी पारेषण ग्रिड का प्रबंधन करते हैं, बिजली की आपूर्ति और मांग को संतुलित करते हैं, और थोक बिजली बाजारों के संचालन की देखरेख करते हैं। वे उन क्षेत्रों में महत्वपूर्ण हैं जहाँ बिजली बाजार को विनियमन-मुक्त कर दिया गया है, जिससे बिजली आपूर्तिकर्ताओं के बीच प्रतिस्पर्धा संभव हो सके।

ऊर्जा विभाग सबस्टेशन सबस्टेशन उत्पादन, पारेषण और वितरण नेटवर्क को जोड़ने वाले महत्वपूर्ण नोड्स के रूप में काम करते हैं। जबकि कई अलग-अलग सिस्टम कार्यों के लिए सबस्टेशन का उपयोग किया जाता है, अधिकांश आपूर्ति श्रृंखला के साथ विभिन्न वोल्टेज आवश्यकताओं से मेल खाने के लिए वोल्टेज को समायोजित करने के लिए विद्युत शक्ति ट्रांसफार्मर का उपयोग करते हैं। एक राज्य, स्थानीय, आदिवासी और क्षेत्रीय कार्यक्रम | 1 सबस्टेशन में आम तौर पर ट्रांसफार्मर, सुरक्षात्मक उपकरण (रिले और सर्किट ब्रेकर), उच्च वोल्टेज कनेक्शन को नियंत्रित करने के लिए स्विच, वितरण फीडर, सिस्टम के प्रदर्शन की निगरानी और डेटा रिकॉर्ड करने के लिए इलेक्ट्रॉनिक उपकरण और अग्निशमन उपकरण होते हैं। ट्रांसमिशन नेटवर्क बिजली ट्रांसमिशन नेटवर्क में उच्च वोल्टेज ट्रांसमिशन लाइनें शामिल होती हैं जो विभिन्न क्षेत्रों और मांग केंद्रों को आपस में जोड़ती हैं। कुछ क्षेत्रों में, व्यक्तिगत उपयोगिताएँ अपने स्वयं के ट्रांसमिशन नेटवर्क संचालित करती हैं। देश के अन्य हिस्सों में व्यक्तिगत निवेशक-स्वामित्व वाली उपयोगिताओं (IOUs) को राज्य सार्वजनिक उपयोगिता आयोगों (PUCs) द्वारा विनियमित किया जाता है, जबकि RTO और ISO को संघीय ऊर्जा नियामक आयोग (FERC) द्वारा विनियमित किया जाता है, लेकिन वे राज्य विनियमन के अधीन भी हो सकते हैं। बिजली ट्रांसमिशन नेटवर्क को उच्च वोल्टेज पर बिजली संचारित करके लंबी दूरी पर बिजली के नुकसान को कम करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। बिजली संयंत्र आम तौर पर कम वोल्टेज (5 34.5 किलोवोल्ट (kV)) पर बिजली का उत्पादन करते हैं। लंबी दूरी पर ट्रांसमिशन की अनुमति देने के लिए उत्पन्न बिजली के वोल्टेज को बढ़ाने के लिए "स्टेप अप" सबस्टेशन का उपयोग किया जाता है। विशिष्ट ट्रांसमिशन वोल्टेज में 115 kV, 138 kV, 230 kV, 345 kV, 500 kV और 765 kV शामिल हैं ट्रांसमिशन नेटवर्क में विभिन्न बुनियादी ढाँचे के घटक शामिल होते हैं, जिनमें स्टील सुपरस्ट्रक्चर, उच्च-वोल्टेज कंडक्टर केबल और उच्च-वोल्टेज सबस्टेशन शामिल हैं। स्टील सुपरस्ट्रक्चर का आकार समर्थित ट्रांसमिशन लाइनों की पावर रेटिंग पर निर्भर करता है ।

विद्युत पारेषण और वितरण अवसंरचना के लिए खतरे

पारेषण और वितरण नेटवर्क को नुकसान के परिणामस्वरूप ग्राहकों के लिए बिजली कटौती हो सकती है, जो स्थानीय पड़ोस की कटौती से लेकर व्यापक, बहु-राज्यीय घटनाओं तक हो सकती है। बिजली कटौती आर्थिक गतिविधियों को प्रभावित कर सकती है और महत्वपूर्ण अवसंरचना और आवश्यक सेवाओं, जैसे अस्पतालों और जल उपचार संयंत्रों को बाधित कर सकती है।

विद्युत पारेषण और वितरण अवसंरचना के लिए खतरों में प्राकृतिक/पर्यावरणीय खतरे शामिल हैं, जैसे तूफान, गरज के साथ बारिश, सर्दियों के तूफान (बर्फ और/या हिमपात), अत्यधिक गर्मी, सूखा, जंगल की आग, बाढ़, समुद्र के स्तर में वृद्धि, भूकंप, भू-चुंबकीय (सौर) तूफान, और वन्यजीवों और वनस्पतियों के संपर्क में आना; और मानवीय खतरे, जैसे बर्बरता या साइबर हमले।

व्यक्तिगत उपयोगिताएँ और ट्रांसमिशन लाइन ऑपरेटर, सिस्टम की विश्वसनीयता बनाए रखने और सुधारने के लिए इलेक्ट्रिक ग्रिड के खतरों का प्रबंधन करते हैं और इसके लिए वे सख्त उपाय अपनाते हैं जो बुनियादी ढाँचे की खतरों के प्रति संवेदनशीलता को कम करते हैं, और रखरखाव और

शमन उपायों के माध्यम से जो ऑपरेटरों की व्यवधानों की पहचान करने और उनका जवाब देने की क्षमता में सुधार करते हैं। ग्रिड ऑपरेटर जोखिम मूल्यांकन का उपयोग करते हैं ताकि विश्वसनीयता बढ़ाने के लिए जोखिम प्रबंधन समाधानों और तकनीकों का लागत-प्रभावी डिज़ाइन और परिनियोजन किया जा सके।

निवेशक-स्वामित्व वाली उपयोगिताओं के लिए, निवेश, जिसमें एनईआरसी मानकों से परे लचीलापन निवेश भी शामिल हैं, का मूल्यांकन राज्य पीयूसी द्वारा उपयोगिता दर मामलों के भाग के रूप में किया जाता है। ऊर्जा लचीलापन परियोजनाओं के लिए वित्तपोषण संघीय कार्यक्रमों जैसे कि फेमा के बिल्डिंग रेसिलिएंट इंफ्रास्ट्रक्चर कम्युनिटीज (ब्रिक) या खतरा शमन अनुदान कार्यक्रम (एचजीएमपी) निधियों और ऊर्जा विभाग के द्विदलीय इंफ्रास्ट्रक्चर कानून निधियों से भी उपलब्ध है। इन अवसरों के लिए, राज्य ऊर्जा और/या आपातकालीन अधिकारी उद्योग भागीदारों के साथ सहयोग या समन्वय करेंगे। संचालन और रखरखाव नियमित रखरखाव से ऑपरेटरों की व्यवधानों की पहचान करने और उनका जवाब देने की क्षमता में सुधार हो सकता है, जिससे मरम्मत और/या शमन उपायों में तेज़ी लाकर आउटेज की अवधि कम हो सकती है। कुछ उदाहरण नीचे दिए गए हैं। वनस्पति प्रबंधन बड़े तूफानों के दौरान वितरण लाइनें और खंभे मुख्य रूप से हवा के सीधे प्रभाव के बजाय गिरे हुए पेड़ों के कारण टूटते हैं। वितरण प्रणालियों के लिए उपयोगिताएँ नियमित रूप से वनस्पति प्रबंधन करती हैं

जिसमें ओवरहैंग साफ़ करना और मृत या मरते हुए पेड़ों को हटाना शामिल है। जहाँ संभव हो, उपयोगिताएँ वितरण बुनियादी ढाँचे के लिए मौजूदा अधिकार-मार्ग (ROW) का विस्तार करने का प्रयास कर सकती हैं ताकि अतिरिक्त

वनस्पति प्रबंधन की अनुमति मिल सके। नई सुदूर संवेदन तकनीकों, जैसे प्रकाश संसूचन और परासरण (LiDAR) का उपयोग अधिक प्रभावी वनस्पति प्रबंधन को सक्षम करने के लिए किया जा सकता है।

स्वचालित वितरण प्रबंधन प्रणालियाँ

स्मार्ट ग्रिड रिमोट सेंसर और फाइबर-ऑप्टिक संचार तकनीकों का उपयोग उपयोगिताओं को बाधाओं का शीघ्रता से पता लगाने और उनका पता लगाने और स्वचालित या मैन्युअल सुधारात्मक कार्रवाइयों को सुविधाजनक बनाने में सक्षम बनाता है, जैसे प्रभावित ग्राहकों की संख्या को कम करने के लिए क्षतिग्रस्त उपकरणों को अलग करना, या बिजली को अक्षतिग्रस्त सर्किट और फीडरों तक पुनर्निर्देशित करना। कृत्रिम बुद्धिमत्ता, मशीन लर्निंग, और वास्तविक समय के डेटा के साथ पूर्वानुमानित मॉडलिंग जैसी नई तकनीकों का उपयोग संभावित उपकरण विफलता और गिरे हुए तारों, दोनों के प्रारंभिक चेतावनी संकेतों की पहचान करने के लिए किया जा सकता है।

संपत्ति निरीक्षण के लिए ड्रोन

ट्रांसमिशन और वितरण बुनियादी ढांचे के निरीक्षण के लिए ड्रोन का उपयोग सुरक्षित और अधिक लगातार निरीक्षण, बेहतर संपत्ति जानकारी, कम परिचालन लागत और विफलता दर, और बढ़ी हुई संपत्ति का जीवनकाल संभव बनाता है। तूफानों और अन्य आपदाओं के बाद बुनियादी ढांचे के निरीक्षण के लिए ड्रोन का उपयोग विघटनकारी घटनाएँ क्षति आकलन और संसाधनों की तैनाती में तेज़ी ला सकती हैं, जिससे पुनर्स्थापना की समयसीमा कम हो जाती है।

उन्नत मीटरिंग अवसंरचना (AMI)

AMI स्मार्ट मीटर, संचार नेटवर्क और डेटा प्रबंधन प्रणालियों की एक एकीकृत प्रणाली है जो उपयोगिताओं और ग्राहकों के बीच द्वि-दिशात्मक संचार को सक्षम बनाती है। स्मार्ट मीटर ग्राहकों की बिजली कटौती की लगभग वास्तविक समय में दृश्यता प्रदान कर सकते हैं और उपयोगिताओं को संसाधनों और पुनर्स्थापना गतिविधियों को अधिक कुशलता से आवंटित करने में मदद कर सकते हैं।

ग्रिड सुदृढ़ीकरण उपाय

प्रणाली सुदृढ़ीकरण का अर्थ है संचरण और वितरण अवसंरचना को खतरों से होने वाली क्षति या विफलता के प्रति कम संवेदनशील बनाना। सामान्य सुदृढ़ीकरण उपायों में शामिल हैं:

भूमिगतीकरण

बिजली लाइनों को दफनाने से लाइनें बाहरी खतरों से सुरक्षित रहती हैं, जिनमें तेज़ हवाएँ और गिरती हुई शाखाएँ, जंगल की आग, अत्यधिक गर्मी या ठंड, बर्फ़ जमना, गंदगी/धूल/नमक का जमाव और जानवर शामिल हैं; लेकिन स्थान के आधार पर बाढ़ का खतरा बढ़ सकता है। यद्यपि भूमिगत करने से बिजली गुल होने की आवृत्ति कम हो जाती है, परंतु जब कोई व्यवधान होता है, तो समस्याओं की पहचान करने, खुदाई करने और क्षतिग्रस्त उपकरणों को फिर से दफ़नाने में लगने वाले अतिरिक्त समय के कारण बिजली गुल होने की अवधि बढ़ सकती है। यद्यपि व्यापक रूप से संचरण और वितरण अवसंरचना को भूमिगत करना महंगा है, फिर भी कुछ उपयोगिताएँ महत्वपूर्ण अवसंरचना की सेवा करने वाली लाइनों को दफ़ना सकती हैं और तेज़ हवाओं या जंगल की आग के उच्च जोखिम वाले क्षेत्रों में स्थित चुनिंदा बैकबोन सर्किटों को दफ़ना सकती हैं।

संरचनात्मक उन्नयन

खंभों और अन्य संरचनाओं को मज़बूत सामग्रियों से उन्नत करने से उन्हें तूफ़ान के प्रभावों का सामना करने में मदद मिल सकती है।वितरण खंभों को लकड़ी से स्टील में और संचरण संरचनाओं को एल्युमीनियम से गैल्वेनाइज्ड स्टील जाली या कंक्रीट में उन्नत किया जा सकता है। कम खर्चीले विकल्पों में क्रॉसआर्म सामग्री को उन्नत करना या गाइ वायर, ट्रस या अन्य संरचनात्मक समर्थन जोड़ना शामिल है। बाढ़-प्रवण क्षेत्रों में संचरण और वितरण संरचनाओं के लिए गाइ वायर से संरचनाओं को सुरक्षित करना आवश्यक हो सकता है।

डेड-एंड ट्रांसमिशन टावर

उच्च-वोल्टेज ट्रांसमिशन लाइनों को ट्रांसमिशन टावर नामक संरचनाओं द्वारा समर्थित किया जाता है।

सस्पेंशन टावरों का उपयोग आमतौर पर तब किया जाता है जब ट्रांसमिशन लाइन एक सीधे रास्ते पर चलती रहती है।

डेड-एंड टावर (जिन्हें एंकर टावर या एंकर पाइलॉन भी कहा जाता है) स्व-सहायक संरचनाएँ होती हैं जो सस्पेंशन टावरों की तुलना में भारी सामग्री से बनी होती हैं। डेड-एंड टावरों का उपयोग ट्रांसमिशन लाइन के अंत में किया जाता है; जहाँ ट्रांसमिशन लाइन एक बड़े कोण पर मुड़ती है; किसी प्रमुख क्रॉसिंग जैसे कि बड़ी नदी, घाटी या राजमार्ग के प्रत्येक ओर; और अतिरिक्त सहारा प्रदान करने के लिए सीधे खंडों के साथ अंतराल पर। जब कमज़ोर सस्पेंशन टावर क्षतिग्रस्त हो जाते हैं या गिर जाते हैं, तो मज़बूत डेड-एंड संरचनाएँ डोमिनोज़ प्रभाव को रोक सकती हैं जो कई टावरों को गिरा देता है। डेड-एंड संरचनाओं के बीच की दूरी कम करने से डोमिनोज़ प्रभाव विफलताओं के प्रभावों को सीमित किया जा सकता है।

ब्रेकअवे सर्विस कनेक्टर

एक ब्रेकअवे सर्विस कनेक्टर को इस तरह से डिज़ाइन किया गया है कि जब वह जिस बिजली लाइन से जुड़ा होता है वह किसी गिरते हुए टुकड़े या अन्य मलबे से खिंच जाती है, तो वह डिस्कनेक्ट हो जाती है। इससे उस नुकसान से बचा जा सकता है जो तब होता है जब सर्विस तार को इस तरह से नीचे खींचा जाता है जिससे मीटर रिसेप्टेबल क्षतिग्रस्त हो जाता है। हालाँकि बिजली का मीटर आमतौर पर बिजली कंपनी के स्वामित्व में होता है, लेकिन मीटर को घर से जोड़ने वाले मीटर रिसेप्टेबल्स बिजली कंपनी के स्वामित्व में नहीं होते हैं, और पहले मरम्मत के लिए एक निजी इलेक्ट्रीशियन की ज़रूरत होती है, जिससे सेवा बहाल होने में देरी होती है।

बाढ़ से होने वाले जल क्षति का विद्युत उपकरणों, विशेष रूप से विद्युत सबस्टेशनों पर गंभीर और दीर्घकालिक प्रभाव पड़ सकता है। खारे पानी से होने वाली क्षति लंबे समय तक संपर्क में रहने पर क्षरण का कारण बन सकती है, और सफाई विशेष रूप से लंबी और श्रमसाध्य होती है। निचले या बाढ़-प्रवण क्षेत्रों में सबस्टेशनों पर बाढ़ सुरक्षा को सबस्टेशनों को ऊँचे प्लेटफ़ॉर्म पर ऊँचा करके, पानी के प्रवेश को रोकने के लिए शीट पाइल फ्लडवॉल या अन्य अवरोध स्थापित करके, बाढ़ के लिए प्राकृतिक अवरोधों को संरक्षित करने के लिए पर्यावरण प्रबंधन करके, तूफानी जल पंप स्थापित करके, सबमर्सिबल

उपकरण स्थापित करके, या बाढ़-प्रवण क्षेत्रों के बाहर संपत्तियों को स्थानांतरित करके बढ़ाया जा सकता है।

अग्नि सुरक्षा

देश के कुछ क्षेत्रों में, उपयोगिताएँ ग्रिड उपकरणों को जंगल की आग से होने वाले नुकसान से बचाने और उपकरणों को जंगल की आग शुरू करने से रोकने के लिए निवेश कर रही हैं। अग्नि-सुरक्षा उपायों में अग्निरोधी स्टील के खंभे, मिश्रित क्रॉसआर्म और ढके हुए कंडक्टर लगाना, या जंगल की आग के पास स्थित संपत्तियों का अग्निरोधी कोटिंग से पूर्व उपचार करना या संपत्तियों को अग्निरोधी आवरणों में लपेटना शामिल हो सकता है। संपत्तियों को आग लगने से बचाने के लिए, उपयोगिताएँ लाइन-ब्रेक सुरक्षा प्रणालियाँ स्थापित कर सकती हैं ताकि टूटी हुई बिजली लाइनों या रीकंडक्टर तारों को स्वचालित रूप से बंद किया जा सके और ट्रांसमिशन क्षमता बढ़ाई जा सके, जिससे उच्च भार और लाइन सैग की प्रवृत्ति कम हो सके।

भौतिक सुरक्षा

सबस्टेशनों पर मानवीय खतरों (जैसे, अतिक्रमण, बर्बरता, तोड़फोड़, आदि) से सुरक्षा को एक स्तरित सुरक्षा रणनीति और भौतिक सुरक्षा उपायों के माध्यम से मजबूत किया जा सकता है, जैसे सामान्य चेन-लिंक बाड़ को इंजीनियर्ड परिधि अवरोधों में अपग्रेड करना; कैमरे, घुसपैठ का पता लगाने वाली प्रणालियाँ और अन्य सुरक्षा उपकरण लगाना; और बैलिस्टिक शील्डिंग लगाकर या सबस्टेशनों में दृष्टि रेखाओं को अस्पष्ट करके, जिससे महत्वपूर्ण सबस्टेशन घटकों को गोलियों से निशाना बनाना अधिक कठिन हो जाता है।

निष्कर्ष

विद्युत ग्रिड के संचालन और वितरण में ग्रिड ऑपरेटर–टीएसओ, डीएसओ, आरटीओ और आईएसओ–केंद्रीय भूमिका निभाते हैं। वे न केवल विद्युत उत्पादन और उपभोक्ता मांग के बीच निरंतर संतुलन बनाए रखते हैं, बल्कि ग्रिड की स्थिरता, विश्वसनीयता और सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए सहायक सेवाएँ, वास्तविक-समय निगरानी, तथा बाजार संचालन भी समन्वित करते हैं। जैसे-जैसे नवीकरणीय और वितरित ऊर्जा स्रोत बढ़ रहे हैं, ग्रिड ऑपरेटरों की चुनौतियाँ – आवृत्ति और वोल्टेज नियंत्रण, भंडारण और लचीलापन, साइबर व भौतिक सुरक्षा, तथा प्राकृतिक आपदाओं के प्रति तैयारी – और जटिल होती जा रही हैं।

इसलिए एक टिकाऊ और लचीला ग्रिड के लिए निम्न बिंदु आवश्यक हैं: उन्नत निगरानी व कंट्रोल सिस्टम (स्मार्ट ग्रिड, AMI), ऊर्जा भंडारण और लचीले संसाधनों का समेकन, पारेषण व वितरण अवसंरचना का सुदृढ़ीकरण (भूमिगतकरण, संरचनात्मक उन्नयन), पूर्वानुमान और जोखिम मूल्यांकन का प्रभावी उपयोग, ड्रोन/दूरसंवेदी निरीक्षण और स्वचालित वितरण प्रबंधन, तथा साइबर-भौतिक सुरक्षा उपायों का सख्त क्रियान्वयन।

अंततः, सरकारें, ग्रिड ऑपरेटर, उपयोगिताएँ, उद्योग और समुदाय मिलकर निवेश, नीति और तकनीकी नवाचारों पर काम करें तो ग्रिड न केवल वर्तमान खतरों का सामना कर सकेगा, बल्कि भविष्य के हरित, विकेन्द्रीकृत और अधिक प्रतिस्पर्धी ऊर्जा परिदृश्यों के लिए सक्षम और भरोसेमंद आधार भी बन जाएगा।

******

ग्रिड संचालन, पारेषण एवं वितरण

सुमन बाला, निदेशक, एचआरडी

ग्रिड संचालन और वितरण का अर्थ बिजली उत्पादन से लेकर अंतिम उपभोक्ता तक पहुंचाने वाली प्रणालियों को प्रबंधित करना है। इसमें बिजली को लंबी दूरी तक संचारित करने (संचालन) और फिर उसे विभिन्न क्षेत्रों और उपभोक्ताओं तक सुरक्षित, कुशल और विश्वसनीय तरीके से पहुंचाने (वितरण) का काम शामिल है।

ग्रिड संचालन (Grid Operation)

- **उच्च-वोल्टेज संचरण:** बिजली को बिजली उत्पादन संयंत्रों से सबस्टेशनों तक लंबी दूरी तक संचारित करने के लिए उच्च वोल्टेज का उपयोग किया जाता है, जिससे ऊर्जा हानि कम होती है।
- **क्षेत्रीय और राष्ट्रीय निगरानी:** यह ग्रिड के सभी क्षेत्रों की निगरानी और पर्यवेक्षण करता है।
- **अधिशेष से घाटे वाले क्षेत्रों में बिजली का हस्तांतरण:** ग्रिड संतुलन बनाए रखने के लिए, अधिक बिजली वाले क्षेत्रों से कम बिजली वाले क्षेत्रों में बिजली भेजी जाती है।

ग्रिड वितरण (Grid Distribution)

- **सबस्टेशनों पर वोल्टेज में कमी:** सबस्टेशनों पर, ट्रांसफार्मर का उपयोग करके वोल्टेज को कम किया जाता है ताकि इसे स्थानीय वितरण के लिए सुरक्षित बनाया जा सके।
- **उपभोक्ताओं तक पहुंचाना:** बिजली को ट्रांसमिशन लाइनों के माध्यम से वितरण नेटवर्क में भेजा जाता है और अंततः घरों और व्यवसायों तक पहुँचाया जाता है।
- **वितरण कंपनियों की भूमिका:** डिस्कॉम (वितरण कंपनियाँ) बिजली खरीदकर उसे उपभोक्ताओं तक पहुंचाती हैं, जो आपूर्ति श्रृंखला का एक महत्वपूर्ण हिस्सा हैं।

ग्रिड संचालन और वितरण का एकीकरण

- **समकालिक संचालन:** ग्रिड लगभग हमेशा समकालिक होते हैं, जिसका अर्थ है कि वे एक ही आवृत्ति पर सिंक्रनाइज़ होकर काम करते हैं, जिससे पूरे क्षेत्र में निर्बाध बिजली आपूर्ति संभव होती है।
- **आधुनिक तकनीकें:** डिजिटल ट्विन जैसी प्रौद्योगिकियाँ ग्रिड की विश्वसनीयता और स्थिरता में सुधार करती हैं।
- **सुरक्षा और जोखिम:** साइबर खतरे और भौतिक घुसपैठ ग्रिड के लिए जोखिम पैदा कर सकते हैं, इसलिए सुरक्षा एक महत्वपूर्ण पहलू है।

स्मार्ट ग्रिड की विशेषताएं

स्मार्ट ग्रिड में कई सकारात्मक विशेषताएं हैं जो उपभोक्ताओं को प्रत्यक्ष लाभ देती हैं:

- वास्तविक समय में निगरानी।
- स्वचालित आउटेज प्रबंधन और तीव्र बहाली।
- गतिशील मूल्य निर्धारण तंत्र.
- मूल्य निर्धारण संकेतों के आधार पर उपभोक्ताओं को दिन के विभिन्न समयों के दौरान उपयोग में परिवर्तन करने के लिए प्रोत्साहित करें।
- बेहतर ऊर्जा प्रबंधन।
- इन-हाउस डिस्प्ले।
- वेब पोर्टल और मोबाइल ऐप।
- ऊर्जा उपयोग पर नज़र रखें और उसका प्रबंधन करें।
- बिजली की खपत कम करने और संरक्षण करने के अवसर आदि।

स्मार्ट ग्रिड, वितरित उत्पादन, विशेष रूप से छत पर सौर ऊर्जा उत्पादन को भी सुगम बनाएगा, क्योंकि इससे नियंत्रण प्रणालियों और नेट मीटरिंग का उपयोग करके दोनों दिशाओं में ऊर्जा की आवाजाही और माप की अनुमति मिलेगी, जिससे "प्रोज्यूमर्स" अर्थात ऐसे उपभोक्ताओं को, जो बिजली का उत्पादन और उपभोग दोनों करते हैं, सुरक्षित रूप से ग्रिड से जुड़ने में मदद मिलेगी।

स्मार्ट ग्रिड परिनियोजन के लाभ

स्मार्ट ग्रिड कार्यान्वयन से समाज के कई समूहों को अनेक लाभ प्राप्त होते हैं। इनमें उपयोगिता सेवा प्रदाता, ग्राहक और नियामक शामिल हैं, और कुछ लाभ इस प्रकार हैं:

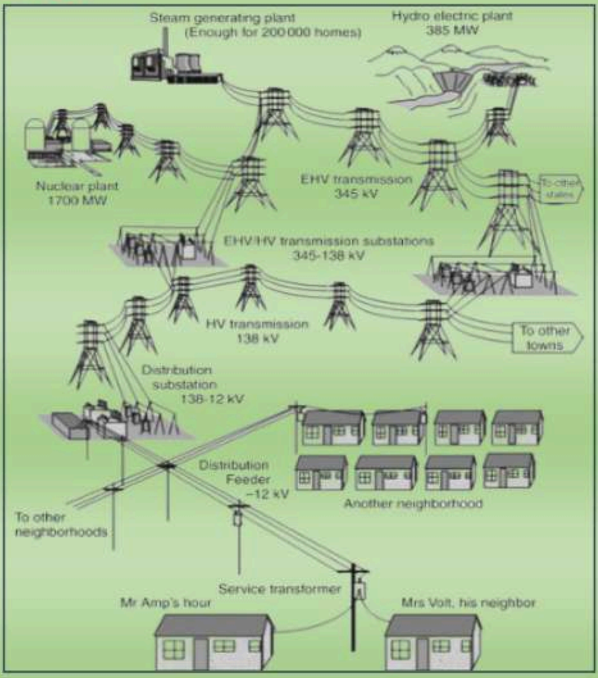
- टी एंड डी घाटे में कमी।
- पीक लोड प्रबंधन, बेहतर QoS और विश्वसनीयता।
- बिजली खरीद लागत में कमी।
- बेहतर परिसंपत्ति प्रबंधन।
- ग्रिड दृश्यता में वृद्धि और स्व-उपचार ग्रिड।
- नवीकरणीय एकीकरण और बिजली तक पहुंच।
- टीओयू टैरिफ, डीआर कार्यक्रम, नेट मीटरिंग जैसे विकल्पों में वृद्धि।
- संतुष्ट ग्राहक और वित्तीय रूप से सुदृढ़ उपयोगिताएँ आदि।

विद्युत संचरण और वितरण , विद्युत ग्रिड की रीढ़

बिजली एक महत्वपूर्ण सेवा है। यह घरों, उद्योगों, बुनियादी ढांचे, साथ ही कई आधुनिक तकनीकी

प्रगति को ऊर्जा प्रदान करती है। विचार करने के लिए एक महत्वपूर्ण पहलू बिजली वितरण है, और ग्रिड प्रणाली का आविष्कार यह सुनिश्चित करने के लिए किया गया था कि बिजली को न्यूनतम अपशिष्ट के साथ वितरित किया जा सके। यह लेख उन प्रक्रियाओं और घटकों पर गहराई से चर्चा करेगा जो बिजली संचरण और वितरण को शामिल करते हैं, साथ ही आम तौर पर सामना की जाने वाली चुनौतियों की ओर इशारा करते हैं और यह स्पष्ट करते हैं कि यह बिजली ग्रिड की रीढ़ की हड्डी के रूप में कार्य करता है।

संचरण और वितरण के बीच असमानताओं की व्याख्या



पारेषण एवं वितरण प्रणाली कैसे संचालित की जाती है?

टीएंडडी प्रणाली सबस्टेशनों, ट्रांसफार्मरों और उच्च-वोल्टेज और निम्न-वोल्टेज लाइनों की एक श्रृंखला के माध्यम से बिजली को उत्पादन संयंत्रों से उपभोक्ताओं तक ले जाने की दिशा में कार्य करती है। बल्क ट्रांसमिशन सिस्टम ऊर्जा हानि को कम करने के लिए कम वोल्टेज पर लंबी दूरी तक बिजली पहुंचाता है। बिजली के पास के क्षेत्र में पहुंचने के बाद, सबस्टेशनों में ऐसे ट्रांसफार्मर लगे होते हैं जो आगे की रिहाई के लिए इसे कम करने के लिए वर्तमान वोल्टेज को कम करते हैं। वितरण नेटवर्क विभिन्न सुसज्जित उपकरणों के माध्यम से घरों, उद्योगों और व्यवसायों तक पहुँचने के लिए कम वोल्टेज लाइनों का विस्तार करता है जो सुरक्षित और भरोसेमंद वितरण को सक्षम करते हैं। यह विधि गारंटी देती है कि सैकड़ों मील दूर से उत्पन्न बिजली ग्राहकों तक प्रभावी ढंग से पहुंचाई जाती है।

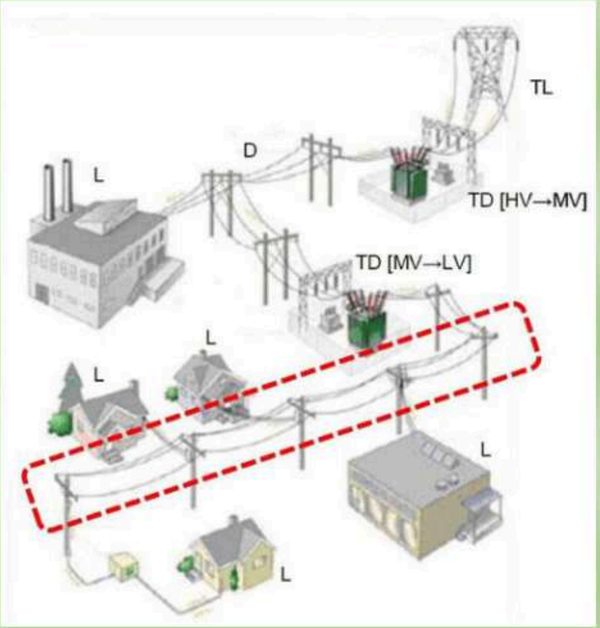
ट्रांसमिशन में बिजली के उद्देश्य का विश्लेषण

बिजली का संचरण बिजली उत्पादन और वितरण का एक महत्वपूर्ण घटक है। इसका उद्देश्य बिजली संयंत्रों से लंबी दूरी पर उच्च-वोल्टेज बिजली को बिजली की खपत के क्षेत्र के करीब साझा सबस्टेशनों तक तर्कसंगत रूप से स्थानांतरित करना है। ट्रांसमिशन लाइनें उच्च लोड वोल्टेज स्तर के माध्यम से लंबी दूरी पर होने वाली ऊर्जा हानि को कम करने की अनुमति देती हैं, जिससे ट्रांसमिशन तंत्र अधिक विश्वसनीय और कुशल बन जाता है। संरचना ट्रांसमिशन लाइनों और सबस्टेशनों के संयोजन पर निर्भर करती है, जो सिस्टम की स्थिरता और बिजली की मांग के विभिन्न स्तरों पर क्षेत्रों में बिजली की उपलब्धता को बढ़ाती है।

वितरण प्रणाली का महत्व क्या है?

वितरण प्रणाली एक बहुत ही महत्वपूर्ण कार्य करती है क्योंकि यह सबस्टेशनों से अंतिम उपयोगकर्ताओं तक बिजली पहुंचाने में अंतिम चरण के रूप में कार्य करती है और इसलिए, उपभोक्ताओं, घरों, वाणिज्यिक उद्यमों और उद्योगों की एक विस्तृत श्रृंखला को आवश्यकता पड़ने पर बिजली प्राप्त करने की सुविधा प्रदान करती है। यह उच्च और निम्न-वोल्टेज ट्रांसमिशन सिस्टम और उपभोक्ताओं के नेटवर्क के बीच एक कड़ी के रूप में भी कार्य करता है, जिससे सुरक्षित और उपयोग करने योग्य बिजली मिलती है। अन्यथा, लोगों के पास बिजली की विश्वसनीय डिलीवरी को सक्षम करने के लिए एक कुशल वितरण प्रणाली के बिना सब कुछ काम करने के लिए पर्याप्त विकास नहीं होगा। इस तरह की प्रणाली को कितनी अच्छी तरह से डिज़ाइन और बनाए रखा जाता है, यह आउटेज में पर्याप्त कमी और ऊर्जा आपूर्ति की स्थिरता को सक्षम बनाता है।

ग्रिड के माध्यम से बिजली एक स्थान से दूसरे स्थान तक कैसे प्रवाहित होती है?



विद्युत संचरण और वितरण के संबंध में ट्रांसमिशन लाइनों का कार्य

ट्रांसमिशन लाइनें और सबस्टेशन पावर ग्रिड की संरचना का अभिन्न अंग हैं क्योंकि वे बिजली उत्पादन संयंत्रों से सबस्टेशनों तक लंबी दूरी की बिजली हस्तांतरण की सुविधा प्रदान करते हैं। ट्रांसमिशन के दौरान ऊर्जा हानि को कम करने के लिए ग्रिड बहुत उच्च वोल्टेज ट्रांसमिशन लाइनों के साथ काम करता है। सबस्टेशनों पर, विभिन्न फर्मों या घरों में भेजे जाने से पहले वोल्टेज को कम करने के लिए ट्रांसफार्मर का उपयोग किया जाता है।

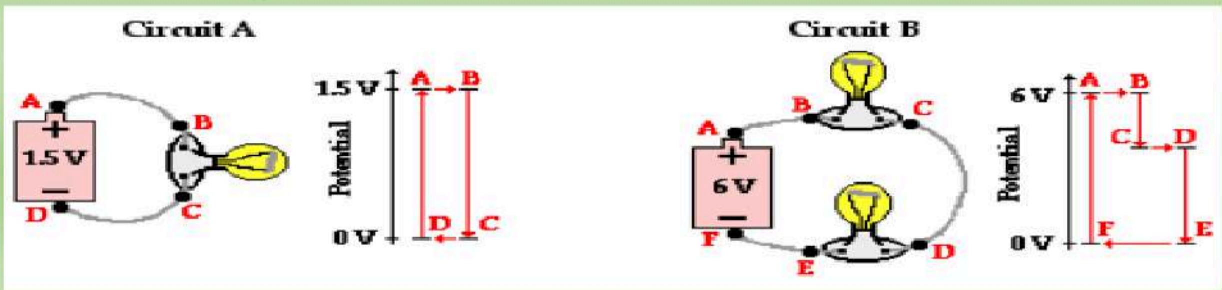
ट्रांसफार्मर के संचालन के दौरान विनियामक वोल्टेज के स्तर को कैसे बनाए रखते हैं

ट्रांसफार्मर में, बिजली अलग-अलग चुंबकीय कोर के माध्यम से एक वोल्टेज स्तर से दूसरे में परिवर्तित होती है, जिससे विद्युत सर्किट में सिस्टम समायोजित होते हैं। यह प्रक्रिया ट्रांसफार्मर के चुंबकीय कोर में वाइंडिंग के माध्यम से प्रेरण द्वारा होती है। एक प्राथमिक कुंडल एक निश्चित वोल्टेज पर ऊर्जा को एक अलग वोल्टेज पर एक द्वितीयक कुंडल में निर्देशित विद्युत धारा में परिवर्तित करता है। यदि आवश्यक वोल्टेज को स्टेप-अप ट्रांसफार्मर के माध्यम से बढ़ाया जाता है, तो लंबी दूरी का संचरण पूरा हो जाता है, और घरेलू या व्यावसायिक उपयोग के लिए, वोल्टेज को उचित स्तर तक कम करने के लिए स्टेप-डाउन ट्रांसफार्मर का उपयोग किया जाता है। यह बिजली संचरण के दौरान सुरक्षा सुनिश्चित करते हुए ऊर्जा की बर्बादी को काफी कम करता है।

विद्युत संचरण नेटवर्क के विद्युत प्रवाह की व्याख्या

विद्युत संचरण नेटवर्क में विद्युत प्रवाह में उच्च-वोल्टेज आधुनिकीकरण विद्युत तारों और वितरण प्रणालियों के माध्यम से स्रोतों से अंतिम ग्राहकों तक विद्युत शक्ति का परिवहन शामिल है। बिजली की आपूर्ति बिजली सुविधाओं से शुरू होती है, जो बिजली संयंत्र हैं, जहाँ बिजली उत्पन्न होती है और फिर उच्च वोल्टेज पर शुरू होती है। इसके बाद, उस बिजली को बनाए रखा जाता है और बिजली संचरण लाइनों के माध्यम से ट्रांसफॉर्मर तक पहुँचाया जाता है– ऑफसाइट जल प्रदूषण निर्माण में बिना सर्किट वाले विद्युत उपकरण, जो लंबी दूरी पर उच्च वोल्टेज से उत्पन्न बिजली का उपयोग करते हैं। व्यवसाय, निवास इकाइयाँ और कंपनियाँ सबस्टेशनों पर स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर की तुलना में कम वोल्टेज का उपयोग करना हमारे लिए सुरक्षित मानती हैं। सिस्टम को विश्वसनीय बनाने के लिए पावर फ्लो मैनेजमेंट किया गया है; ऊर्जा हानि को कम किया जाता है, वैकल्पिक मांग को पूरा किया जाता है, और निरंतर वोल्टेज और आवृत्ति विनियमन किया जाता है।

विद्युत संचरण वितरण प्रणालियों का रखरखाव



अब कई तकनीकें बिजली आपूर्ति और वितरण को बेहतर बना रही हैं। इनमें से कुछ हैं:

- **स्मार्ट ग्रिड:** ये वास्तविक समय ऊर्जा निगरानी और नियंत्रण तंत्र को भौतिक उपकरणों के साथ एकीकृत करते हैं, जिससे बिजली वितरण अनुकूलित होता है और कटौती की स्थिति में त्वरित प्रतिक्रिया संभव होती है।
- **एचवीडीसी:** उच्च वोल्टेज प्रत्यक्ष धारा (एचवीडीसी) पैरामीटर लंबी दूरी तक ऊर्जा की आपूर्ति और ग्रिड पर ऊर्जा के अतिरिक्त स्रोतों के उपयोग को सुविधाजनक बनाने के लिए आर्थिक रूप से लाभप्रद साबित हुए हैं।
- **ऊर्जा भंडारण प्रणाली:** ये प्रौद्योगिकियां ग्रिड संचालकों को अधिशेष ऊर्जा प्राप्त करने तथा अधिकतम मांग के दौरान उसे वितरित करने में सक्षम बनाती हैं, जिससे उस अवधि के दौरान उपलब्धता सुनिश्चित होती है।
- **एमी** - एएमआई में योग्य स्मार्ट बिजली मीटर शामिल हैं जो उपयोगिताओं और उपभोक्ताओं को उनके विद्युत ऊर्जा उपयोग के बारे में बताने की अनुमति देते हैं, जिससे ऊर्जा मांग और लोड संतुलन के बारे में पूर्वानुमान में वृद्धि होती है।
- **डीएलआर** - डीएलआर प्रौद्योगिकी एक गतिशील लाइन माप है जो गतिशील आधार पर ट्रांसमिशन लाइनों की क्षमता की निगरानी करती है, और परिवर्तनीय लोड स्थितियों या समशीतोष्ण वातावरण के तहत लाइन उपयोग में सुधार करती है।

ये सभी विकास मिलकर ग्रिडों की लचीलापन और स्थिरता के साथ-साथ उनके रखरखाव और प्रबंधन में सुधार करने में महत्वपूर्ण योगदान देते हैं।

बिजली वितरण पर नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का प्रभाव

सौर और पवन ऊर्जा स्रोतों के उपयोग से होने वाला विचरण और विकेंद्रीकरण ग्रिड पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालता है। ऐसा इसलिए है क्योंकि पारंपरिक ऊर्जा जनरेटर के विपरीत जो उत्पादन के लिए पूरी तरह से पर्यावरणीय परिस्थितियों पर निर्भर करते हैं, सौर और पवन ऊर्जा ऐसा करती है, और यह उत्पादन में उतार-चढ़ाव की अनुमति देती है। इसलिए, उचित ऊर्जा भंडारण और वितरण के माध्यम से मांग और आपूर्ति को संतुलित करना आवश्यक है। वितरित ऊर्जा संसाधनों को शामिल करने के लिए ग्रिड नेटवर्क के बुनियादी ढांचे में अतिरिक्त वृद्धि की भी आवश्यकता होती है ताकि दो-तरफ़ा बिजली प्रवाहित हो सके और ऊर्जा की वास्तविक समय की निगरानी संभव हो सके। हालाँकि ये प्रस्तावित परिवर्तन पूरा करना मुश्किल लगता है, लेकिन वे ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन के निम्न स्तर की ओर ले जाते हैं जो एक अधिक दीर्घकालिक टिकाऊ ऊर्जा लक्ष्य की ओर ले जाता है।

विद्युत पारेषण लाइनों और वितरण प्रणालियों में गुणवत्ता को बढ़ावा देना

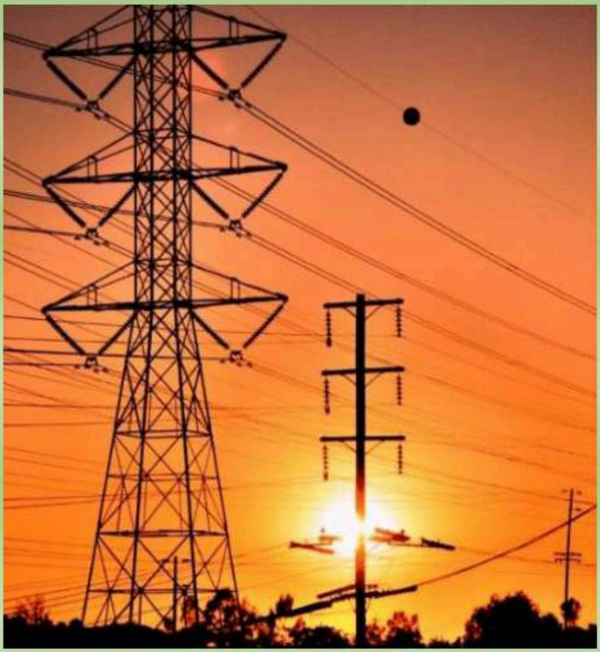
बिजली के संचरण और वितरण की प्रक्रिया में, कई उपकरणों और दृष्टिकोणों की सहायता से बिजली की गुणवत्ता को संरक्षित किया जाता है। शुरू करने के लिए, उचित और समान वोल्टेज उतार-चढ़ाव सुनिश्चित करने के लिए ट्रांसफार्मर और कैपेसिटर जैसे उपकरणों को शामिल किया जाता है। कुछ हार्मोनिक्स को फ़िल्टर करने के लिए परिष्कृत फ़िल्टरिंग तकनीकों का उपयोग दूसरे चरण के रूप में सिस्टम विकृति को कम करने में मदद करता है। सर्किट ब्रेकर और रिले, जो सुरक्षात्मक उपकरण हैं, ब्लैकआउट या विद्युत उपकरणों को नुकसान को रोकने के लिए सिस्टम को असामान्यताओं पर तुरंत प्रतिक्रिया करने की अनुमति देते हैं। इसके अलावा, निगरानी प्रणाली ऑपरेटरों को वास्तविक समय में विद्युत दोषों को देखने और दोषों के अधिक गंभीर होने से पहले कार्रवाई करने की अनुमति देती है। ये सभी एकीकृत उपाय बिजली प्रणाली की विश्वसनीयता और प्रभावशीलता को बढ़ाते हैं और उपभोक्ताओं को लगातार बिजली की आपूर्ति करते हैं।

विद्युत पारेषण एवं वितरण में क्या समस्याएं आती हैं?

लंबी दूरी के प्रसारण की चुनौतियों पर काबू पाना

विद्युत शक्ति के लंबी दूरी के संचरण में कुछ समस्याएं हैं जो सिस्टम की विश्वसनीयता और दक्षता को प्रभावित करती हैं। ऐसी ही एक समस्या है संचरण चरण के दौरान ऊर्जा का अपव्यय,

जिसका कारण कंडक्टरों द्वारा उत्पन्न प्रतिरोध है, जो दूरी पर निर्भर है। उच्च-वोल्टेज संचरण लाइनों को तैनात करने के लिए विशेष बुनियादी ढांचे की आवश्यकता होती है, लेकिन यह उन नुकसानों के लिए अनिवार्य है। एक अन्य प्रमुख झटका ग्रिड स्थिरता हाइड्रा है, उच्च दूरी के परिणामस्वरूप, मांग में बदलाव या अप्रत्याशित घटनाओं के कारण बिजली प्रणाली अधिक स्टोकेस्टिक हो जाती है। इसके अलावा, पर्यावरण और भूमि उपयोग प्रतिबंध संचरण लाइन निर्माण के लिए अधिकार प्राप्त करना मुश्किल बना सकते हैं। इन मुद्दों को उन्नत तकनीकों के साथ हल किया जा सकता है, जिसमें वास्तविक समय की निगरानी के लिए एचवीडीसी सिस्टम और स्मार्ट ग्रिड समाधान शामिल हैं, लेकिन यह सीमित नहीं है, जबकि आवश्यक बुनियादी ढांचे के साथ संक्रमण को संतुलित करने के लिए उचित योजना बनाई जाती है।



विद्युत आपूर्ति और विद्युत उपयोगिता से उत्पन्न होने वाले मुद्दों का प्रबंधन

एचवीडीसी या उच्च वोल्टेज प्रत्यक्ष धारा प्रणाली संचरण दक्षता और विश्वसनीयता को बढ़ाएगी, और ऐसी प्रणालियों पर निर्माण करके, मैं बिजली आपूर्ति और विद्युत उपयोगिता समस्याओं को हल कर सकता हूं। स्मार्ट ग्रिड सिस्टम को शामिल करने से सक्रिय निगरानी और किसी भी बदलाव के लिए अनुकूली प्रतिक्रियाओं के लिए वास्तविक समय एकीकरण की सुविधा होगी। अधिकार-मार्ग को सुरक्षित करने के लिए हितधारकों के साथ काम करने और पर्यावरण और भूमि विकास के निहितार्थों पर विचार करने की आवश्यकता होगी ताकि विकास और स्थिरता का संतुलन हासिल किया जा सके।

ट्रांसमिशन, वितरण और बिजली के उपयोग पर स्मार्ट ग्रिड प्रौद्योगिकियों का प्रभाव

स्मार्ट ग्रिड तकनीक का उपयोग सिस्टम के भीतर अधिक ऊर्जा स्थानांतरित करने के लिए कम ऊर्जा का उपयोग करके ट्रांसमिशन और वितरण को बहुत अधिक प्रभावित करता है, जिससे समग्र दक्षता में वृद्धि होती है। स्मार्ट ग्रिड सिस्टम कुछ प्रक्रियाओं के स्वचालन के साथ-साथ मीटरिंग उपकरण और डेटा संग्रह और विश्लेषण का उपयोग करते हैं, जो सिस्टम के वास्तविक समय के प्रदर्शन का लगातार आकलन करते हैं और समस्याओं से इस तरह से निपटते हैं कि डाउनटाइम कम से कम हो, जिससे सिस्टम की विश्वसनीयता बढ़ जाती है। स्मार्ट ग्रिड सौर और पवन ऊर्जा सहित किसी भी प्रकार की ऊर्जा जैसे परिवर्तनशील ऊर्जा स्रोतों को प्रभावी ढंग से प्रबंधित करके अधिक नवीकरणीय ऊर्जा संसाधनों को एकीकृत करने में सक्षम बनाते हैं। इसके अलावा, स्मार्ट ग्रिड द्वारा समर्थित मांग प्रतिक्रिया की प्रणालियाँ मांग के अनुसार आपूर्ति को समायोजित करके आपूर्ति अधिशेष की समस्या को कम करने में सहायता करती हैं। सामान्य तौर पर, पारंपरिक नेटवर्क सिस्टम अपडेट किए जाते हैं और ऊर्जा वितरण को इस तरह से अनुमति देते हैं जो अधिक लचीला, पर्यावरण के अनुकूल और मजबूत होता है।

विद्युत पारेषण एवं वितरण नेटवर्क का विद्युत क्षेत्र पर क्या प्रभाव पड़ता है?

विद्युत उत्पादन के लिए यह संयंत्र इसकी प्रमुख सुविधा है।

ऊर्जा उत्पादन के लिए संयंत्र पूरे सिस्टम का एक महत्वपूर्ण हिस्सा हैं, जो कोयला, प्राकृतिक गैस, परमाणु पदार्थ, या पवन और सौर जैसे ऊर्जा संसाधनों को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं। ये सुविधाएँ बिजली बनाने के लिए कई तरह के तरीकों का इस्तेमाल करती हैं, जिनमें से ज़्यादातर में जनरेटर से जुड़ी टर्बाइनों को चालू करना शामिल है। जब बिजली पैदा होती है, तो उसे हाई वोल्टेज

ओवरहेड लाइनों द्वारा लंबी दूरी पर कई सबस्टेशनों तक ले जाया जाता है जो उपभोक्ताओं को वितरित किए जाते हैं। उपयोगिता कंपनियाँ एक विश्वसनीय और व्यापक ऊर्जा क्षमता प्रदान करती हैं, जिसकी घरों और व्यवसायों को आवश्यकता होती है, जिसमें आवासीय, औद्योगिक और वाणिज्यिक शामिल हैं। बिजली संयंत्रों की प्रभावशीलता को प्रभावित करने वाले कारक सीधे बिजली उत्पादन में इस ऊर्जा स्रोत के चयन और इसकी पर्यावरणीय और लागत-प्रभावशीलता को प्रभावित करते हैं।

ऊर्जा भंडारण प्रणालियों का प्रयोग कैसे किया जाता है

ऊर्जा भंडारण प्रणालियों को विद्युत उपयोगिता नेटवर्क के साथ-साथ स्थापित किया जा सकता है ताकि विश्वसनीयता में सुधार हो, ऊर्जा दक्षता को बढ़ावा मिले और अक्षय ऊर्जा प्रौद्योगिकियों के एकीकरण की अनुमति मिले। ऐसी प्रणालियाँ उच्च माँग के समय उपयोग के लिए आवश्यक होने पर अतिरिक्त ऊर्जा संग्रहीत कर सकती हैं, जैसे कि कम उत्पादन की अवधि के दौरान जब मौसम की स्थिति बादलदार होती है या हवा शांत होती है। एकीकरण में आमतौर पर भंडारण प्रणालियों के विभिन्न रूपों, जैसे बैटरी, पंप किए गए हाइड्रो स्टोरेज, साथ ही थर्मल ऊर्जा भंडारण को सबस्टेशनों के माध्यम से मौजूदा इलेक्ट्रिक ग्रिड से या सीधे इलेक्ट्रिक पावर उत्पादन सुविधाओं से जोड़ना शामिल होता है। वे बिजली ग्रिड के स्थिरीकरण की सुविधा प्रदान करते हैं, अपशिष्ट ऊर्जा को कम करते हैं और आपूर्ति और मांग के बीच बेमेल को सुचारू करके सिस्टम की मजबूती को बढ़ाते हैं।

वैश्विक विद्युत पारेषण और वितरण उद्योग, जो कि मुख्य रूप से बुनियादी ढाँचे पर आधारित है, अधिक संधारणीय भविष्य की ओर बढ़ने के लिए गतिशील ऊर्जा आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए बदल रहा है। कुछ रुझानों में वृद्धि देखी गई है जिसमें सेवा के रूप में स्मार्ट ग्रिड शामिल हैं, जहाँ प्रौद्योगिकी में समग्र सुधार है जो निरंतर निगरानी और दक्षता की अनुमति देता है। इसके अलावा, पवन और सौर जैसे नवीकरणीय स्रोतों के आगे एकीकरण के कारण उत्पादन में बढ़ते विकेंद्रीकरण और परिवर्तनशीलता के कारण ग्रिड का प्रबंधन करने के लिए परिष्कृत प्रणालियों की और भी अधिक तैनाती है। इसके अलावा, उद्योग ग्रिड में अधिक लचीलापन जोड़ने के लिए ऊर्जा भंडारण प्रणालियों के विकास पर एक मजबूत ध्यान केंद्रित कर रहा है। बिजली नेटवर्क की सुरक्षा और सुरक्षा में एक अन्य महत्वपूर्ण घटक खराब मौसम और साइबर हमलों का सामना करने के लिए ट्रांसमिशन लाइनों को मजबूत करना रहा है।

******

भारत के स्मार्ट ग्रिड में स्वचालित वितरण की भूमिका

स्नेहा, उप निदेशक, डीपी एंड टी

भारत का विद्युत वितरण क्षेत्र लंबे समय से विद्युत आपूर्ति श्रृंखला की सबसे महत्वपूर्ण कड़ी माना जाता रहा है, फिर भी यह तकनीकी हानियों, आपूर्ति व्यवधानों, अकुशल मैनुअल संचालन और सीमित रियल-टाइम निगरानी जैसी लगातार चुनौतियों का सामना करता रहा है। जैसे-जैसे देश एक आधुनिक और बुद्धिमान विद्युत प्रणाली की ओर बढ़ रहा है, डिस्ट्रीब्यूशन ऑटोमेशन (DA) पारंपरिक नेटवर्क को अधिक स्मार्ट और अधिक

लचीले स्मार्ट ग्रिड में बदलने के लिए एक महत्वपूर्ण साधन के रूप में उभर रहा है।

डिस्ट्रीब्यूशन ऑटोमेशन का अर्थ डिजिटल प्रौद्योगिकियों, उन्नत सेंसरों, संचार नेटवर्कों और स्वचालित नियंत्रण प्रणालियों के एकीकरण से है, जो वितरण नेटवर्क की रियल-टाइम निगरानी और बुद्धिमान प्रबंधन की अनुमति देता है। स्वचालित स्विच, रिमोट टर्मिनल यूनिट, फीडर मॉनिटरिंग सिस्टम और विश्लेषणात्मक सॉफ्टवेयर प्लेटफॉर्म के उपयोग से DA उपयोगिताओं को तुरंत दोषों का पता लगाने, प्रभावित हिस्सों को अलग करने, तेजी से आपूर्ति बहाल करने और ऊर्जा प्रवाह को अनुकूलित करने में सक्षम बनाता है। मानवीय, प्रतिक्रियात्मक संचालन से स्वचालित और पूर्वानुमान आधारित प्रबंधन का यह बदलाव भारत की विद्युत वितरण प्रणाली की विश्वसनीयता, दक्षता और मजबूती को बढ़ाने के लिए अत्यंत आवश्यक है।

भारत में स्वचालित वितरण की आवश्यकता कई संरचनात्मक चुनौतियों से उत्पन्न होती है। कई वितरण कंपनियाँ (DISCOMs) अब भी उच्च एग्रीगेट टेक्निकल एंड कमर्शियल (AT&C) हानियों से जूझ रही हैं, जिनका कारण चोरी, पुराना बुनियादी ढांचा और अकुशल प्रक्रियाएँ हैं। बार-बार होने वाले आउटेज और लंबा पुनर्स्थापन समय उपभोक्ता संतोष और औद्योगिक उत्पादकता को प्रभावित करते हैं। इसके अलावा, रूफटॉप सोलर, इलेक्ट्रिक वाहनों और स्थानीय ऊर्जा भंडारण प्रणालियों जैसे वितरित ऊर्जा संसाधनों की तेज़ वृद्धि वितरण ग्रिड पर नई माँगें डाल रही है, जिसके लिए रियल-टाइम दृश्यता और उन्नत नियंत्रण क्षमताओं की आवश्यकता है। स्वचालन इन चुनौतियों को दूर करने के लिए आवश्यक तकनीकी आधार प्रदान करता है।

स्वचालित वितरण (डिस्ट्रीब्यूशन ऑटोमेशन) के कई घटक इसकी रीढ़ बनाते हैं। सुपरवाइजरी कंट्रोल एंड डेटा एक्विजिशन (SCADA) सिस्टम उपकेंद्रों और फीडरों की केंद्रीकृत निगरानी सक्षम करते हैं, जिससे ऑपरेटर किसी भी असामान्यता पर तुरंत प्रतिक्रिया दे सकते हैं। स्वचालित फीडर स्विच जल्दी से दोषों को अलग करने में मदद करते हैं, जिससे सेवा की विश्वसनीयता और बहाली की गति में सुधार होता है। उन्नत मीटरिंग इन्फ्रास्ट्रक्चर (AMI), जो स्मार्ट मीटरों पर आधारित है, उपयोगिताओं को अपने नकदी प्रवाह का अधिक कुशल प्रबंधन करने में सक्षम बनाता है, जिससे AT&C हानियों में वास्तविक कमी संभव हो पाती है। स्मार्ट मीटरिंग के माध्यम से सक्षम दो-तरफा संचार से प्राप्त डेटा उपयोगिताओं को लोड पूर्वानुमान में सुधार करने, बिजली खरीद को अनुकूलित करने और आपूर्ति की लागत को कम करने में मदद करता है। इसके अतिरिक्त, जियोग्राफिक इन्फॉर्मेशन सिस्टम (GIS) और आउटेज मैनेजमेंट सिस्टम (OMS) नेटवर्क डेटा, फील्ड जानकारी और प्रणाली विश्लेषण को एकीकृत करके योजना, निगरानी और बहाली प्रक्रियाओं में सुधार करते हैं। साथ मिलकर, ये प्रणालियाँ वितरण क्षेत्र को अधिक पारदर्शी, कुशल और उपभोक्ता-केंद्रित बनाती हैं।

स्वचालित वितरण के लाभ व्यापक हैं। स्वचालित निगरानी और स्विचिंग आउटेज की आवृत्ति और अवधि को कम करके विश्वसनीयता सूचकांकों में उल्लेखनीय सुधार करती है। मानवीय हस्तक्षेप में कमी और रिमोट संचालन के चलते परिचालन दक्षता बढ़ती है। जैसे-जैसे भारत में नवीकरणीय ऊर्जा की हिस्सेदारी बढ़ रही है, DA वोल्टेज स्थिरता, लोड संतुलन और द्वि-दिशीय ऊर्जा प्रवाह का समर्थन करता है—जो भविष्य के ऊर्जा परिदृश्य के लिए आवश्यक है। उपभोक्ताओं के लिए, ऑटोमेशन बेहतर सेवा गुणवत्ता, समय पर आउटेज जानकारी, सटीक बिलिंग और उन्नत टैरिफ संरचनाओं की संभावनाएँ प्रदान करता है।

फिर भी, भारत में स्वचालित वितरण (डिस्ट्रीब्यूशन ऑटोमेशन) को अपनाना चुनौतियों से मुक्त नहीं है। सेंसर, संचार नेटवर्क और नियंत्रण अवसंरचना के लिए आवश्यक प्रारंभिक पूंजी निवेश काफी बड़ा हो सकता है, विशेषकर वित्तीय रूप से कमजोर DISCOMs के लिए। कई मौजूदा नेटवर्क पुराने हैं और ऑटोमेशन लागू करने से पहले बड़े पैमाने पर उन्नयन की आवश्यकता होती है। विभिन्न विक्रेताओं के उपकरणों के बीच अंतःसंचालन की

समस्या, आधुनिक प्रणालियों को संचालित और बनाए रखने के लिए कुशल मानव संसाधन की कमी, तथा डेटा गोपनीयता और साइबर सुरक्षा से संबंधित चिंताएँ भी महत्वपूर्ण बाधाएँ हैं। इन चुनौतियों को दूर करने के लिए निरंतर निवेश, प्रभावी नीतिगत समर्थन और क्षमता निर्माण आवश्यक हैं।

रीवैम्प्ड डिस्ट्रीब्यूशन सेक्टर स्कीम (RDSS) जैसे सरकारी कार्यक्रम भारत में डिस्ट्रीब्यूशन ऑटोमेशन को बढ़ावा देने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहे हैं। RDSS स्मार्ट मीटरिंग, SCADA प्रणाली, फीडर आधुनिकीकरण और यांत्रिक मैपिंग पर विशेष ध्यान केंद्रित करता है—जो DA के प्रमुख तत्व हैं। स्मार्ट ग्रिड मिशन और UDAY जैसी पूर्व योजनाओं के तहत की गई पहल ने भी वितरण नेटवर्क के आधुनिकीकरण के लिए आवश्यक वित्तीय और परिचालन परिस्थितियों में सुधार करने में योगदान दिया है। ये नीतिगत उपाय प्रौद्योगिकी-संचालित सुधारों के माध्यम से वितरण क्षेत्र को बदलने के प्रति व्यापक राष्ट्रीय प्रतिबद्धता को दर्शाते हैं।

जैसे-जैसे भारत स्मार्ट ग्रिड, इलेक्ट्रिक मोबिलिटी, नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण और बढ़ती डिजिटलीकरण के माध्यम से भविष्य की ओर बढ़ रहा है, यह स्वचालित वितरण इस परिवर्तन का मूल आधार बनेगा। कृत्रिम बुद्धिमत्ता, IoT-आधारित सेंसर, प्रेडिक्टिव एनालिटिक्स और एज कम्प्यूटिंग जैसी उभरती प्रौद्योगिकियाँ स्वचालित वितरण प्रणालियों की क्षमताओं को और सुदृढ़ करेंगी। ये प्रौद्योगिकियाँ उपयोगिताओं को दोषों का पहले से पूर्वानुमान करने, लोड का अधिक कुशल प्रबंधन करने, प्रसुमर्स को ग्रिड में जोड़ने और अधिक विश्वसनीय तथा सतत ऊर्जा आपूर्ति प्रदान करने में सक्षम बनाएँगी।

अंत में, स्वचालित वितरण भारत के लिए अधिक उपयोगी और लचीली विद्युत प्रणालियों की ओर संक्रमण का एक महत्वपूर्ण मार्ग प्रस्तुत करता है। रियल-टाइम निगरानी, स्वचालित नियंत्रण और डेटा-आधारित निर्णय-निर्धारण को सक्षम करके, DA नेटवर्क की विश्वसनीयता में सुधार करता है, हानियों को कम करता है और उपभोक्ता संतुष्टि बढ़ाता है। यद्यपि वित्तीय, तकनीकी और परिचालन चुनौतियाँ बनी हुई हैं, निरंतर नीतिगत समर्थन और तकनीकी नवाचार भारत को महत्वपूर्ण प्रगति करने के लिए सक्षम बनाते हैं। स्वचालित वितरण (डिस्ट्रीब्यूशन ऑटोमेशन) का व्यापक प्रयोग न केवल वितरण क्षेत्र को सुदृढ़ करेगा बल्कि ऊर्जा दक्षता, नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण और सतत विकास जैसे राष्ट्र के व्यापक लक्ष्यों को प्राप्त करने का मार्ग भी प्रशस्त करेगा।

******

भारतीय विद्युत प्रणाली में फेज़र इकाई आधारित वाइड एरिया मॉनिटरिंग: आवश्यकता, अनुप्रयोग और नीतिगत पहल

पंकज कुमार वर्मा, उप निदेशक, पी.एस.ई.टी.डी. प्रभाग

भारत का विद्युत ग्रिड विश्व के सबसे बड़े ग्रिडों में से एक है, जो विभिन्न क्षेत्रों में फैला हुआ है जहाँ माँग के स्वरूप, उत्पादन के स्रोत और संचरण तंत्र अलग-अलग हैं। भारतीय ग्रिड में नवीकरणीय ऊर्जा (Renewable Energy - RE), विशेषकर सौर और पवन ऊर्जा की बढ़ती हिस्सेदारी ने विद्युत उत्पादन में परिवर्तनशीलता (variability) और अप्रत्याशितता (unpredictability) को बढ़ा दिया है। ऐसे परिदृश्य में ग्रिड में फेज़र मापन इकाइयों (Phasor Measurement Units - PMUs) की आवश्यकता अत्यंत महत्वपूर्ण हो जाती है।

फेज़र मापन इकाई, वाइड एरिया मॉनिटरिंग सिस्टम (WAMS) का एक अत्यावश्यक उपकरण हैं। ये इकाइयाँ प्रसारण तंत्र के चुने गए स्टेशनों पर वोल्टेज और करंट की परिमाण (amplitude) एवं फेज़ (phase) को मापती हैं। ग्लोबल पोज़िशनिंग सिस्टम (जीपीएस)/

नेविगेशन विद इंडियन कॉन्स्टिलेशन (नविक) के द्वारा उच्च-सटीकता समय समंवय से विभिन्न उपकेंद्रों से प्राप्त मानों (Synchrophasors) की तुलना की जा सकती है, जिससे ग्रिड की स्थिति एवं डायनेमिक घटनाओं जैसे पावर स्विंग आदि का विश्लेषण किया जा सकता है।

फेज़र मापन इकाई एक ऐसा उपकरण है जो वोल्टेज और/या करंट संकेतों से सिंक्रीकृत फेज़र, फ्रीक्वेंसी और फ्रीक्वेंसी में परिवर्तन दर (ROCOF) के अनुमान प्रदान करता है। फेज़र मापन इकाई उच्च सैंपलिंग दर पर करंट और वोल्टेज को रिकॉर्ड करता है जिससे सटीक फेज़र का अनुमान लगाया जा सके। प्रत्येक फेज़र मापन इकाई में डेटा को जीपीएस/ नविक रिसीवर के माध्यम से समय-सिंक किया जाता है और फिर इसे फेज़र डेटा कंसेंट्रेटर (PDC) में एकत्र किया जाता है। इस प्रकार विभिन्न नोड्स से लिए गए स्नैपशॉट्स के माध्यम से सिस्टम की स्थिर (steady state) और गतिशील (dynamic state) स्थिति का अवलोकन संभव होता है।

फेज़र मापन इकाई, वाइड एरिया मॉनिटरिंग सिस्टम (WAMS) के मूलभूत घटक हैं। नवीकरणीय ऊर्जा की बढ़ती हिस्सेदारी के कारण उत्पादन में अस्थिरता और अनिश्चितता बढ़ रही है, ऐसे में फेज़र मापन इकाई वास्तविक समय में पावर सिस्टम के व्यवहार का चित्र प्रस्तुत करते हैं। इन्हें पोस्ट-डिस्पैच विश्लेषण में भी व्यापक रूप से उपयोग किया जा रहा है।

भारत में सिंक्रोफेज़र प्रौद्योगिकी और WAMS विश्लेषण को बढ़ावा देने वाले प्रमुख कारक

सभी कारण जिससे भारतीय विद्युत ग्रिड मे फेज़र मापन इकाइयों की आवश्यकता बढ जाती है उनको निम्नाकित कारणो मे शामिल किया जा सकता है।

(a) नवीकरणीय ऊर्जा का एकीकरण: इन्वर्टर आधारित संसाधनों (IBRs) से उत्पन्न परिवर्तनशीलता:

भारत की नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता (बड़े हाइड्रो सहित) 31.10.2025 तक 250 गीगावाट हो चुकी है, जिसमें से सौर और पवन ऊर्जा की संयुक्त क्षमता 183.5 गीगावाट है। इन्वर्टर आधारित संसाधनों की इस उच्च भागीदारी से ग्रिड में परिवर्तनशीलता बढ़ी है और जड़त्व (inertia) कम हुआ है। पारंपरिक SCADA सिस्टम अचानक हुए परिवर्तनों से उत्पन्न मिलीसेकंड स्तर की गतिशीलता को दर्ज नहीं कर सकते। फेज़र मापन इकाई आवृत्ति, फेज़ एंगल, और वोल्टेज में उतार-चढ़ाव की वास्तविक समय में निगरानी करने में सक्षम हैं, जिससे ग्रिड ऑपरेटर तुरंत स्थिरता का आकलन कर सकते हैं। ये डायनेमिक स्टेट एस्टीमेशन और एडैप्टिव प्रोटेक्शन स्कीम को भी सहायता प्रदान करते हैं, जिससे नवीकरणीय स्रोतों का एकीकरण बिना विश्वसनीयता प्रभावित किए किया जा सकता है।

(b) बढ़ती बिजली की माँग: बड़े डेटा केंद्र और केंद्रित भार से ग्रिड पर दबाव:

डेटा लोकलाइजेशन और डिजिटल इन्फ्रास्ट्रक्चर के विकास के कारण भारत में डेटा सेंटर, ईवी चार्जिंग हब और औद्योगिक क्लस्टर तेजी से बढ़ रहे हैं, जिससे स्थानीय उच्च माँग वाले क्षेत्र बन रहे हैं। ऐसे भार केंद्र वोल्टेज डिप, फ्रीक्वेंसी विचलन और लाइनों पर तापीय दबाव उत्पन्न कर सकते हैं। ऐसे केंद्रों के पास स्थापित फेज़र मापन इकाइयां लगातार सिस्टम पैरामीटर मापते रहते हैं और संभावित ओवरलोड या वोल्टेज अस्थिरता के प्रति ऑपरेटरों को सचेत करते हैं, जिससे निवारक नियंत्रण क्रियाएँ समय रहते की जा सकें।

(c) विद्युत गुणवत्ता संबंधी समस्याएँ: वोल्टेज सैग, हार्मोनिक्स और अस्थिरता:

गैर-रेखीय (non-linear) एवं इन्वर्टर आधारित भारों के बढ़ने से पावर क्वालिटी का ह्रास (हार्मोनिक्स, फ्लिकर, असंतुलन) एक गंभीर मुद्दा बन गया है। हालाँकि फेज़र मापन इकाई मुख्यतः फेज़र मापन के लिए बनाए गए हैं, फिर भी वे त्वरित ट्रांज़िएंट्स और हार्मोनिक विकृतियों के रुझान को दर्ज कर सकते हैं। फेज़र मापन इकाई डेटा वोल्टेज सैग और ऑसिलेशन का पता लगाने में सहायक होता है, जिससे लोड डिस्पैच सेंटर (LDC) समय रहते सुधारात्मक कदम उठा सकते हैं। इससे औद्योगिक बिजली आपूर्ति की विश्वसनीयता बढ़ती है और

उपकरण क्षति से होने वाले आर्थिक नुकसान कम होते हैं।

(d) दोलन (Oscillations): परस्पर जुड़ी प्रणालियों में स्थानीय और अंतर-क्षेत्रीय दोलन:

भारत का ग्रिड राष्ट्रीय ग्रिड के माध्यम से पाँच क्षेत्रीय ग्रिडों (उत्तर, पश्चिम, पूर्व, दक्षिण, उत्तर-पूर्व) से जुड़ा है। इतनी बड़ी सिंक्रोनाइज़्ड प्रणाली में कम-आवृत्ति वाले अंतर-क्षेत्रीय दोलन विशेष रूप से बड़ी घटनाओं या पावर ट्रांसफर के बाद उत्पन्न हो सकते हैं। फेज़र मापन इकाई उच्च-रिज़ॉल्यूशन में फेज़ एंगल और आवृत्ति अंतर का डेटा प्रदान करते हैं, जिससे:

- वास्तविक समय में दोलन की शुरुआत का पता लगाया जा सकता है,
- अस्थिरता के स्रोत की पहचान की जा सकती है, और
- FACTS उपकरणों या उत्पादन समायोजन के माध्यम से डैम्पिंग नियंत्रण लागू किया जा सकता है।
  फेज़र मापन इकाई आधारित ऑसिलेशन मॉनिटरिंग उपकरण ग्रिड की स्थिरता और समकालिकता बनाए रखने में अत्यंत आवश्यक हैं।

(e) लचीलापन (Resilience) संबंधी चुनौतियाँ: तीव्र फॉल्ट पहचान और पुनर्प्राप्ति की आवश्यकता: भारत के ग्रिड में प्राकृतिक आपदाओं, उपकरण विफलताओं और साइबर-भौतिक खतरों के कारण बार-बार व्यवधान उत्पन्न होते हैं। फेज़र मापन इकाई ग्रिड की लचीलापन बढ़ाते हैं:

- उच्च गति फॉल्ट पहचान और लोकेशन,
- वाइड एरिया स्थिति की जागरूकता, और
- घटना के बाद विश्लेषण के माध्यम से सीख और रोकथाम में सहायता करते हैं। किसी भी गड़बड़ी (जैसे लाइन ट्रिपिंग या जनरेटर हानि) के दौरान फेज़र मापन इकाई डेटा रियल-टाइम सिस्टम रिस्टोरेशन में मदद करता है और ब्लैक स्टार्ट कोऑर्डिनेशन को समर्थन देता है।
- AI/ML आधारित भविष्यवाणी विश्लेषण (Predictive Analytics) के साथ एकीकृत होने पर ये अर्ली वार्निंग सिस्टम को और मजबूत बनाते हैं।

इस प्रकार, फेज़र मापन इकाइयां ग्रिड संचालन को प्रतिक्रियात्मक (Reactive) प्रबंधन से पूर्वानुमानित (Predictive) प्रबंधन की दिशा में रूपांतरित कर सकते हैं।

भारत में फेज़र मापन इकाइयों की तैनाती की यात्रा

भारत में फेज़र मापन इकाइयों की तैनाती 2008-2010 के दौरान एक पायलट प्रोजेक्ट के रूप में शुरू हुई, जो आगे चलकर एक बड़े पैमाने के वाइड एरिया मॉनिटरिंग सिस्टम (WAMS) - "यूनिफाइड रियल टाइम डायनेमिक स्टेट मेज़रमेंट (URTDSM)" - के रूप में विकसित हुई। इसे दो चरणों में लागू करने का प्रस्ताव रखा गया था।

URTDSM फेज़-I परियोजना (2014-2021) के अंतर्गत फेज़र मापन इकाइयों के स्थानों का चयन सभी पाँच क्षेत्रीय ग्रिड योजनाओं की संयुक्त बैठक (दिनांक 05.03.2012) में तय दर्शन और उपकेंद्रों पर उपलब्ध वाइड-बैंड संचार के आधार पर किया गया। वर्तमान में फेज़र मापन इकाई डेटा 40 मिलीसेकंड (25 फ्रेम प्रति सेकंड) के रिज़ॉल्यूशन पर उपलब्ध है।

URTDSM फेज़-I के अनुभव और Grid-India (पूर्व में POSOCO) द्वारा के.वि.प्रा./ केंद्रीय विद्युत विनियामक आयोग एवं हितधारकों को दी गई प्रतिक्रिया के आधार पर नए फेज़र मापन इकाइयों के नये स्थानों और अतिरिक्त विश्लेषणात्मक क्षमताओं की आवश्यकता महसूस की गई। इसके लिए सितंबर 2021 में के.वि.प्रा. के नेशनल पावर कमेटी (NPC) डिवीजन द्वारा गठित समिति ने "URTDSM फेज़-II के तहत फेज़र मापन इकाई प्लेसमेंट और एनालिटिक्स पर रिपोर्ट" तैयार की, जिसे NPC की 13वीं बैठक (05.07.2023) में स्वीकृति दी गई।

इसके साथ ही, के.वि.प्रा. ने केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (विद्युत संयंत्रों और विद्युत लाइन के निर्माण के लिए तकनीकी मानक) विनियम 2022 में फेज़र मापन इकाइयों की तैनाती को अनिवार्य प्रावधान के रूप में शामिल किया (दिसंबर 2022 में अधिसूचित)। इस विनियम के विनियमन 48(6)

के अनुसार, 400 के.वी. एवं उससे अधिक वोल्टेज स्तर के उपकेंद्रों तथा 220 के.वी. एवं उससे अधिक वोल्टेज स्तर के जनरेटिंग स्टेशनों के स्विचयार्ड में फेज़र मापन इकाइयां स्थापित करना अनिवार्य है। इस विनियमन के अनुसार:

फेज़र मापन इकाइयाँ

(क) फाइबर ऑप्टिक कनेक्टिविटी, ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम रिसीवर और संचार उपकरण के साथ फेज़र मापन इकाइयों का उपयोग करते हुए सिंक्रोफेजर माप वास्तविक समय के आधार पर पूरे अंतर्संयोजित ग्रिड की निगरानी के लिए, 400 केवी और उससे अधिक वोल्टेज स्तर के सब स्टेशन, 220 केवी और उससे अधिक वोल्टेज स्तर के उत्पादन केंद्रो के स्विचयार्ड, , उच्च वोल्टेज डायरेक्ट करंट केन्द्रों के कनवर्टर बे का अल्टरनेटिंग करंट साइड और 50 मेगावाट और उससे अधिक के अक्षय ऊर्जा उत्पादन केंद्रो के पूलिंग पॉइंट और 50 मेगावाट और उससे अधिक की बैटरी एनर्जी स्टोरेज सिस्टम पर प्रदान किया जायेगा।

(ख) फेज़र मापन इकाइयां आईएस 60255-118-1-2018 का अनुपालन करेंगी।

(ग) विक्षेपित फेज़र मापन इकाइयां राज्य, प्रादेशिक और राष्ट्रीय स्तर पर कुछ सामरिक स्थानों पर संस्थापित फेज़र डेटा कॉन्सेंरेटर (PDC) के साथ संवाद करेंगे।

इसके अलावा, केंद्रीय विद्युत विनियामक आयोग ने 19.01.2024 को अपने आदेश द्वारा "इंटरफेस आवश्यकताओं पर दिशा-निर्देश" जारी किए, जो फेज़र मापन इकाइयों से टेलीमेटर किए जाने वाले पैरामीटरों पर केंद्रित थे।

बाद में, फेज़र मापन इकाइयां स्थापना से संबंधित सभी आवश्यकताओं को एकीकृत करने के लिए, के.वि.प्रा. के सदस्य (पावर सिस्टम) की अध्यक्षता में एक समिति गठित की गई। समिति ने विस्तृत विचार-विमर्श के बाद "भारतीय ग्रिड में फेजर मापन इकाई (पीएमयू) की स्थापना के लिए एकीकृत दर्शन पर दिशानिर्देश" तैयार किया जिसे के.वि.प्रा के पत्र दिनांक 19.03.2025 द्वारा जारी किया गया । अतः वर्तमान में भारत में फेज़र मापन इकाइयां की तैनाती इन्हीं व्यापक और अनुकूलित दिशानिर्देशों के अनुरूप की जा रही है।

******

देश में स्मार्ट मीटरों की स्थापना में तेजी लाने के लिए विद्युत मंत्रालय द्वारा उठाए गए कदमों की एक झलक

करन सरीन, उप निदेशक, वितरण नीति एवं निगरानी (डी.पी. एवं एम.) प्रभाग

भारत सरकार ने जुलाई 2021 में, देश में वित्तीय रूप से टिकाऊ और परिचालन रूप से कुशल वितरण क्षेत्र के माध्यम से उपभोक्ताओं को बिजली आपूर्ति की गुणवत्ता और विश्वसनीयता में सुधार लाने के उद्देश्य से संशोधित वितरण क्षेत्र योजना (आरडीएसएस) शुरू की। इस योजना के तहत, हानि न्यूनीकरण अवसंरचना और स्मार्ट मीटरिंग कार्यों हेतु परियोजनाओं को मंजूरी दी गई है। विद्युत मंत्रालय विभिन्न वितरण कम्पनियों द्वारा स्मार्ट मीटर लगाने की प्रगति की नियमित समीक्षा कर रहा है और आवश्यक कदम उठा रहा है।

केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (मीटरों की स्थापना और संचालन) विनियमों के अनुसार, संचार नेटवर्क वाले क्षेत्रों में सभी उपभोक्ताओं को प्रासंगिक भारतीय मानकों के अनुरूप स्मार्ट मीटर के साथ बिजली की आपूर्ति की जाएगी।

स्मार्ट मीटरों की स्थापना निम्नलिखित कारणों से प्रभावित हुई है:

- स्मार्ट मीटर एक नई अवधारणा होने के कारण, निविदाएँ जारी करने और भुगतान के लिए प्रत्यक्ष डेबिट सुविधा तंत्र की स्थापना में देरी हुई।
- उपभोक्ता सूचीकरण के लिए डेटा का संग्रह और सत्यापन।

- क्षेत्र स्थापना और एकीकरण परीक्षण, कारखाना स्वीकृति परीक्षण आदि जैसे परीक्षण और अनुमोदन में लगने वाला समय।

स्मार्ट मीटरों को प्रासंगिक तकनीकी और गुणवत्ता मानकों का पालन करना आवश्यक है और उनके पास वैध परीक्षण और बीआईएस (भारतीय मानक ब्यूरो) प्रमाणपत्र होना आवश्यक है। शिकायत निवारण के लिए, वितरण कंपनियों द्वारा एक हेल्पलाइन नंबर उपलब्ध कराया गया है।

भारत सरकार ने स्मार्ट मीटर लगाने और आवश्यक सेवाएँ प्रदान करने के लिए उन्नत मीटरिंग अवसंरचना सेवा प्रदाता की सेवाएँ लेने हेतु मानक बोली दस्तावेज़ (एसबीडी) जारी किया है। एसबीडी के खंड 2.5, धारा 6 में आसान रिचार्ज विकल्प प्रदान करने और उपभोक्ता शिकायतों के दर्ज/समाधान हेतु उपयोगकर्ता इंटरफ़ेस बनाने का प्रावधान है।

देश में स्मार्ट मीटरों की स्थापना में तेजी लाने के लिए मंत्रालय द्वारा निम्नलिखित कदम उठाए गए हैं या उठाए जा रहे हैं:

- स्मार्ट मीटरों के लिए मानक संचालन प्रक्रिया (एसओपी) जारी की गई है, जिसमें बहु-रिचार्ज विकल्प उपलब्ध कराने, उपभोक्ता फीडबैक तंत्र, प्रभावी शिकायत समाधान तंत्र और व्यापक उपभोक्ता सहभागिता अभियान आदि के प्रावधान शामिल हैं।
- स्मार्ट मीटर फीडबैक संग्रह इकाइयों की स्थापना के लिए निर्देश जारी किए गए हैं।
- वितरण कम्पनियों को बिजली की खपत पर नियमित रूप से नज़र रखने और एकाधिक रिचार्ज प्रदान करने के लिए स्मार्ट मीटर मोबाइल ऐप की तैयारी सुनिश्चित करने के लिए कहा गया है।
- प्रीपेड स्मार्ट मीटरिंग को बढ़ावा देने के लिए राज्यों को प्रीपेड उपभोक्ताओं को 5% तक की छूट प्रदान करने की सलाह दी गई है।
- स्मार्ट मीटर कार्यों की निविदा और आवंटन तथा उनके लगने पर राज्यों और वितरण उपयोगिताओं के साथ प्रगति की नियमित समीक्षा।
- वितरण कम्पनियों को स्थापित स्मार्ट मीटरों के 5% तक के लिए चेक मीटर लगाने की सलाह दी गई है तथा स्मार्ट मीटरों से संबंधित शिकायतों के मामले में इसे अनिवार्य किया गया है।
- सरकारी प्रतिष्ठानों, सरकारी कॉलोनियों, औद्योगिक एवं वाणिज्यिक श्रेणी के उपभोक्ताओं और अन्य बल्क उपभोक्ताओं में स्मार्ट मीटर लगाने को प्राथमिकता देने के लिए परामर्श जारी किया गया है। उपरोक्त श्रेणी के उपभोक्ताओं में सफल प्रदर्शन के आधार पर, अन्य उपभोक्ताओं के लिए भी स्मार्ट मीटर लगाने की प्रक्रिया शुरू की जा सकती है। साथ ही, परामर्श में स्मार्ट मीटर के संबंध में नियमित उपभोक्ता सहभागिता प्रक्रिया का भी प्रावधान है ताकि उपभोक्ताओं का विश्वास बढ़ाया जा सके।

इसके अलावा, 31 अक्टूबर 2025 तक स्मार्ट उपभोक्ता मीटरिंग की स्थिति नीचे दी गई है:

31 अक्टूबर 2025 तक स्मार्ट उपभोक्ता मीटरिंग की स्थिति

क्र. सं.	राज्य	वितरण कंपनी	योजना	कुल स्वीकृत	अवॉर्ड	संचयी उपलब्धि
1	आंध्र प्रदेश	एपीएसपीडीसीएल (APSPDCL)	आरडीएसएस	23,02,644	23,08,432	6,97,807
2	आंध्र प्रदेश	एपीसीपीडीसीएल (APCPDCL)	आरडीएसएस	20,50,962	21,07,391	6,58,192
3	आंध्र प्रदेश	एपीईपीडीसीएल	आरडीएसएस	12,55,240	12,55,240	5,46,034

		(APEPDCL)				
4	उत्तराखंड	यूपीसीएल (UPCL)	आरडीएसएस	15,87,870	15,87,870	3,43,912
5	गुजरात	डीजीवीसीएल (DGVCL)	आरडीएसएस	40,78,120	16,88,251	6,72,806
6	गुजरात	एमजीवीसीएल (MGVCL)	आरडीएसएस	32,99,991	32,99,991	6,80,790
7	गुजरात	पीजीवीसीएल (PGVCL)	आरडीएसएस	55,83,509	55,68,509	3,73,699
8	गुजरात	यूजीवीसीएल (UGVCL)	आरडीएसएस	35,25,480	35,25,480	11,21,312
9	हिमाचल प्रदेश	एचपीएसईबीएल (HPSEBL)	आरडीएसएस	28,00,945	13,97,242	5,67,206
10	झारखंड	जेबीवीएनएल (JBVNL)	आरडीएसएस	13,41,306	13,41,306	4,42,954
11	केरल	केएसईबीएल (KSEBL)	आरडीएसएस	1,32,48,923	1,95,730	47,631
12	केरल	टीसीईडी (TCED)	आरडीएसएस	40,438	0	0
13	मध्य प्रदेश	मप्र-पूर्व (MP-East)	आरडीएसएस	51,44,451	20,57,397	13,10,968
14	मध्य प्रदेश	एमपी-सेंट्रल (MP-Central)	आरडीएसएस	39,55,918	19,16,575	4,38,909
15	मध्य प्रदेश	मप्र-पश्चिम (MP-West)	आरडीएसएस	38,79,733	10,63,603	8,32,120
16	महाराष्ट्र	एमएसईडीसीएल (MSEDCL)	आरडीएसएस	2,24,88,866	2,37,57,766	64,09,334
17	महाराष्ट्र	बेस्ट (BEST)	आरडीएसएस	10,75,881	10,75,890	4,59,435
18	पुदुचेरी	पीईडी (PED)	आरडीएसएस	4,03,767	4,03,767	0
19	पंजाब	पीएसपीसीएल (PSPCL)	आरडीएसएस	87,84,807	0	0
20	अंडमान और निकोबार	इडीएनई (EDANI)	आरडीएसएस	83,573	0	0
21	अरुणाचल प्रदेश	अरुणाचल पीडी (Arunachal PD)	आरडीएसएस	2,87,446	2,87,446	40,042
22	असम	एपीडीसीएल (APDCL)	आरडीएसएस	57,44,698	58,39,998	36,90,382
23	असम	एपीडीसीएल (APDCL)	गैर-आरडीएसएस से आरडीएसएस	6,20,100	6,20,100	6,20,100

24	बिहार	एनबीपीडीसीएल (NBPDCL)	गैर-आरडीएसएस से आरडीएसएस	10,30,000	10,30,000	8,26,148
25	बिहार	एसबीपीडीसीएल (SBPDCL)	गैर-आरडीएसएस से आरडीएसएस	13,20,000	13,20,000	11,12,037
26	छत्तीसगढ	सीएसपीडीसीएल (CSPDCL)	आरडीएसएस	59,62,115	70,70,288	29,01,650
27	गोवा	गोवा पीडी (Goa PD)	आरडीएसएस	7,41,160	7,41,160	0
28	जम्मू और कश्मीर	जेपीडीसीएल (JPDCL)	आरडीएसएस	7,21,346	7,21,346	1,58,365
29	जम्मू और कश्मीर	केपीडीसीएल (KPDCL)	आरडीएसएस	6,85,699	6,85,700	1,51,431
30	मणिपुर	एमएसपीडीसीएल (MSPDCL)	आरडीएसएस	1,54,400	1,54,400	19,638
31	मेघालय	एमईपीडीसीएल (MePDCL)	आरडीएसएस	4,60,000	4,60,000	0
32	मिजोरम	मिजोरम पीडी (Mizoram PD)	आरडीएसएस	2,89,383	2,89,383	17,358
33	नगालैंड	नागालैंड पीडी (Nagaland PD)	आरडीएसएस	3,17,210	3,17,210	25,064
34	राजस्थान	एवीवीएनएल (AVVNL)	आरडीएसएस	54,32,231	54,32,231	3,76,309
35	राजस्थान	जेडीवीवीएनएल (JdVVNL)	आरडीएसएस	40,80,082	40,89,733	1,85,153
36	राजस्थान	जेडीवीवीएनएल (JdVVNL)	आरडीएसएस	47,62,643	47,67,772	4,67,336
37	सिक्किम	सिक्किम पीडी (Sikkim PD)	आरडीएसएस	1,44,680	1,44,680	76,325
38	तमिलनाडु	टीएनगइडीको (TANGEDCO)	आरडीएसएस	3,00,00,000	0	0
39	त्रिपुरा	टीएसईसीएल (TSECL)	आरडीएसएस	4,47,489	4,15,647	1,07,775
40	उत्तर प्रदेश	डीवीवीएनएल (DVVNL)	आरडीएसएस	53,54,069	53,54,069	10,85,991
41	उत्तर प्रदेश	केस्को (KESCO)	आरडीएसएस	6,25,000	6,25,000	69,831
42	उत्तर प्रदेश	एमवीवीएनएल (MVVNL)	आरडीएसएस	75,28,737	75,28,737	10,35,824

43	उत्तर प्रदेश	पीवीवीएनएल (PVVNL)	आरडीएसएस	61,43,261	61,43,261	9,28,804
44	उत्तर प्रदेश	पुवीवीएनएल (PuVVNL)	आरडीएसएस	73,27,988	73,27,988	16,25,471
45	पश्चिम बंगाल	डब्ल्यूबीएसईडीसीएल (WBSEDCL)	आरडीएसएस	2,07,17,969	37,14,273	5,25,505
46	अंडमान और निकोबार	इडीएनई (EDANI)	आईपीडीएस	36,800	36,800	36,800
47	अंडमान और निकोबार	इडीएनई (EDANI)	डीडीयूजीजेवाई	38,400	38,400	38,400
48	आंध्र प्रदेश	एपीईपीडीसीएल (APEPDCL)	यूटिलिटी ओन्ड	2,000	2,000	2,000
49	असम	एपीडीसीएल (APDCL)	यूटिलिटी ओन्ड	70,000	70,000	70,000
50	असम	एपीडीसीएल (APDCL)	यूटिलिटी ओन्ड	1,34,000	1,34,000	1,34,000
51	असम	एपीडीसीएल (APDCL)	यूटिलिटी ओन्ड	1,34,000	1,34,000	1,34,000
52	असम	एपीडीसीएल (APDCL)	यूटिलिटी ओन्ड	32,276	32,276	10,157
53	बिहार	एनबीपीडीसीएल (NBPDCL)	यूटिलिटी ओन्ड	1,02,90,000	1,02,90,000	43,86,667
54	बिहार	एसबीपीडीसीएल (SBPDCL)	यूटिलिटी ओन्ड	45,10,339	45,10,000	16,21,702
55	बिहार	एसबीपीडीसीएल (SBPDCL)	यूटिलिटी ओन्ड	40,500	40,500	40,500
56	बिहार	आईपीसीएल (IPCL)	यूटिलिटी ओन्ड	17,100	17,100	17,100
57	बिहार	बीईडीसीपीएल (BEDCPL)	यूटिलिटी ओन्ड	1,000	1,000	1,000
58	चंडीगढ़	सीईडी (CED)	एनएसजीएम (NSGM)	29,433	29,433	24,214
59	दिल्ली	एनडीएमसी (NDMC)	यूटिलिटी ओन्ड	65,000	65,000	65,000
60	दिल्ली	टीपीडीडीएल (TPDDL)	यूटिलिटी ओन्ड	1,95,000	1,95,000	1,95,000
61	गुजरात	यूजीवीसीएल (UGVCL)	आईपीडीएस (SG Pilots)	23,760	23,760	23,760

62	हरियाणा	डीएचबीवीएनएल (DHBVNL)	यूटिलिटी ओन्ड	5,00,000	5,00,000	3,70,789
63	हरियाणा	यूएचबीवीएन (UHBVNL)	यूटिलिटी ओन्ड	5,00,000	5,00,000	4,76,678
64	हिमाचल प्रदेश	एचपीएसईबीएल (HPSEBL)	आईपीडीएस	75,712	75,712	75,712
65	हिमाचल प्रदेश	एचपीएसईबीएल (HPSEBL)	यूटिलिटी ओन्ड	76,028	76,028	76,028
66	जम्मू और कश्मीर	जेपीडीसीएल (JPDCL)	पीएमडीपी-चरण-I	67,650	67,650	66,015
67	जम्मू और कश्मीर	जेपीडीसीएल (JPDCL)	पीएमडीपी-चरण-II	3,00,000	2,69,333	2,62,024
68	जम्मू और कश्मीर	केपीडीसीएल (KPDCL)	पीएमडीपी-चरण-I	59,400	59,400	59,400
69	जम्मू और कश्मीर	केपीडीसीएल (KPDCL)	पीएमडीपी-चरण-II	3,00,000	2,69,334	2,58,347
70	झारखंड	जेबीवीएनएल (JBVNL)	झारखंड विद्युत प्रणाली सुधार परियोजना	3,71,243	3,71,243	3,60,281
71	झारखंड	जेबीवीएनएल (JBVNL)	राज्य निधि	1,51,516	1,51,516	1,16,587
72	केरल	सीपीटी (CPT)	आईपीडीएस ST&D	805	805	805
73	लद्दाख	लद्दाख पीडी	राज्य विकास पैकेज	58,930	58,930	55,580
74	मध्य प्रदेश	मप्र-पश्चिम (MP-West)	आईपीडीएस	1,24,477	1,24,477	1,24,477
75	मध्य प्रदेश	मप्र-पश्चिम (MP-West)	यूटिलिटी ओन्ड	2,20,986	2,20,986	1,29,969
76	मध्य प्रदेश	मप्र-पश्चिम (MP-West)	आईपीडीएस ST&D	1,18,836	1,18,836	1,18,836
77	मिजोरम	मिजोरम पीडी (Mizoram PD)	यूटिलिटी ओन्ड	656	656	656
78	ओडिशा	ओपीटीसीएल (OPTCL)	यूटिलिटी ओन्ड	4,000	4,000	4,000
79	ओडिशा	पारादीप पोर्ट ट्रस्ट	यूटिलिटी ओन्ड	500	500	500
80	पंजाब	पीएसपीसीएल (PSPCL)	आईपीडीएस	88,107	88,107	88,107
81	पंजाब	पीएसपीसीएल	यूटिलिटी ओन्ड	23,59,593	23,59,593	17,03,145

		(PSPCL)				
82	राजस्थान	एवीवीएनएल (AVVNL)	आईपीडीएस	68,673	68,673	68,673
83	राजस्थान	जेवीवीएनएल (JVVNL)	आईपीडीएस	2,40,820	2,40,820	2,40,820
84	राजस्थान	जेवीवीएनएल (JVVNL)	यूटिलिटी ओन्ड	40,962	40,962	33,444
85	राजस्थान	जेवीवीएनएल (JVVNL)	एनएसजीएम (NSGM)	1,49,089	1,49,089	1,45,343
86	राजस्थान	जेवीवीएनएल (JVVNL)	यूटिलिटी ओन्ड	70,000	70,000	70,000
87	राजस्थान	जेडीवीवीएनएल (JdVVNL)	आईपीडीएस	56,027	56,027	56,027
88	तमिलनाडु	टीएनगइडीको (TANGEDCO)	यूटिलिटी ओन्ड	1,40,849	1,40,849	1,29,641
89	तेलंगाना	टीएसएसपीडीसीएल (TSSPDCL)	आईपीडीएस (SG Pilots)	8,882	8,882	8,882
90	उत्तर प्रदेश	एमवीवीएनएल (MVVNL)	यूटिलिटी ओन्ड	9,04,000	9,04,000	3,80,731
91	उत्तर प्रदेश	पीवीवीएनएल (PVVNL)	यूटिलिटी ओन्ड	11,63,000	11,63,000	1,98,726
92	उत्तर प्रदेश	डीवीवीएनएल (DVVNL)	यूटिलिटी ओन्ड	6,29,000	6,29,000	1,47,991
93	उत्तर प्रदेश	पुवीवीएनएल (PuVVNL)	यूटिलिटी ओन्ड	11,47,225	11,47,225	3,21,433
94	उत्तर प्रदेश	केस्को (KESCO)	यूटिलिटी ओन्ड	1,56,000	1,56,000	1,38,072
95	पश्चिम बंगाल	सीईएससी (CESC)	यूटिलिटी ओन्ड	10,000	10,000	10,000
96	पश्चिम बंगाल	डब्ल्यूबीएसईडीसीएल (WBSEDCL)	यूटिलिटी ओन्ड	4,80,790	0	0
97	असम	एपीडीसीएल (APDCL)	यूटिलिटी ओन्ड	1,86,255	1,86,255	1,72,407
	कुल:			**224279749**	**145538019**	**44920074**

******

विद्युत (उपभोक्ता अधिकार) नियम, 2020 और उसके बाद के संशोधनों का संक्षिप्त अवलोकन

रीता नागदेवे, उप निदेशक, थर्मल इंजीनियरिंग और प्रौद्योगिकी विकास प्रभाग

विद्युत क्षेत्र में बिजली उपभोक्ता सबसे महत्वपूर्ण हितधारक हैं। उनकी वजह से ही यह क्षेत्र मौजूद है। सभी नागरिकों को बिजली प्रदान करना और उपभोक्ता संतुष्टि पर ध्यान देना महत्वपूर्ण है। इसके लिए, प्रमुख सेवाओं की पहचान करना, इन सेवाओं के संबंध में न्यूनतम सेवा स्तर और मानकों को निर्धारित करना तथा उपभोक्ताओं के अधिकारों के रूप में उन्हें पहचानना अनिवार्य है।

केन्द्र सरकार ने पहली बार विद्युत (उपभोक्ता अधिकार) नियम, 2020 और इसके बाद 2021, 2022, 2023 और 2024 में संशोधन के माध्यम से विद्युत उपभोक्ताओं के अधिकार तय किए। ये नियम इस मान्यता से निकले हैं कि विद्युत प्रणालियां उपभोक्ताओं की सेवा के लिए होती हैं और उपभोक्ता को विश्वसनीय सेवाएं और गुणवत्ता सम्पन्न बिजली पाने का अधिकार है।

1. **विद्युत (उपभोक्ता अधिकार) नियम में निम्नलिखित प्रमुख क्षेत्रों को कवर किया गया हैं:**

- उपभोक्ताओं के अधिकारों तथा वितरण लाइसेंसियों के दायित्व।
- नया कनेक्शन जारी करना तथा वर्तमान कनेक्शन में संशोधन।
- मीटरिंग प्रबंधन
- बिलिंग और भुगतान
- डिस्कनेक्शन और रिकनेक्शन
- सप्लाई की विश्वसनीयता
- प्रोज्यूमर के रूप में कन्ज्यूमर
- लाइसेंसी के कार्य प्रदर्शन मानक
- मुआवजा व्यवस्था
- उपभोक्ता सेवाओं के लिए कॉल सेन्टर
- शिकायत समाधान व्यवस्था

2. **अधिकार और दायित्व:**

- प्रत्येक वितरण लाइसेंसी का कर्तव्य है कि वे अधिनियम के प्रावधानों के अनुरूप किसी परिसर के मालिक या उस परिसर में रह रहे व्यक्ति के अनुरोध पर बिजली सप्लाई करें।
- वितरण लाइसेंसी द्वारा बिजली सप्लाई के लिए न्यूनतम सेवा मानक उपभोक्ता का अधिकार है।

3. **नए कनेक्शन जारी करना और वर्तमान कनेक्शन में संशोधन:**

- पारदर्शी, सरल तथा समयबद्ध प्रक्रियाएं।
- आवेदक के पास ऑनलाइन आवेदन का विकल्प होगा।
- नए कनेक्शन देने और वर्तमान कनेक्शन में संशोधन के लिए में अधिकतम समय-सीमा। नियमों के तहत नया बिजली कनेक्शन प्राप्त करने में लगने वाली समयावधि महानगरीय क्षेत्रों में सात दिन से घटाकर तीन दिन, अन्य नगर निगम क्षेत्रों में पंद्रह दिन से घटाकर सात दिन और ग्रामीण क्षेत्रों में तीस दिन से घटाकर पंद्रह दिन कर दी गई है। हालांकि, पहाड़ी इलाकों वाले ग्रामीण क्षेत्रों में नए कनेक्शन या मौजूदा कनेक्शन में संशोधन के लिए समयावधि तीस दिन ही रहेगी।

4. **मीटरिंग:**

- मीटर के बिना कोई कनेक्शन नहीं दिया जाएगा।
- मीटर स्मार्ट प्री-पेमेंट या प्री-पेमेंट मीटर होंगे।
- मीटरों के परीक्षण का प्रावधान।
- खराब या जला हुआ या चुराए गए मीटरों को बदलने का प्रावधान।

5. **बिलिंग और भुगतान:**

- उपभोक्ता शुल्क तथा बिलों में पारदर्शिता।
- उपभोक्ता को ऑनलाइन या ऑफलाइन भुगतान का विकल्प होगा।
- बिलों के अग्रिम भुगतान का प्रावधान।

6. **डिस्कनेक्शन तथा रिकनेक्शन प्रावधान**

7. **सप्लाई की विश्वसनीयता:**

- वितरण लाइसेंसी सभी उपभोक्ताओं को 24x7 बिजली सप्लाई करेगा, लेकिन आयोग कृषि जैसे कुछ श्रेणियों के उपभोक्ताओं के लिए आपूर्ति के कम घंटों को निर्दिष्ट कर सकता है।
- निगरानी तथा बिजली बहाल करने के लिए वितरण लाइसेंसी, जहां तक संभव हो, ऑटोमेटेड टूल्स के साथ एक व्यवस्था बनाएंगे।

8. **प्रोज्यूमर के रूप में कन्ज्यूमर:**

- प्रोज्यूमर, कन्ज्यूमर का दर्जा बनाए रखेंगे और उन्हें सामान्य उपभोक्ता की तरह ही अधिकार

होंगे। उन्हें स्वयं या सेवा प्रदाता के माध्यम से नवीकरणीय ऊर्जा (आरई) उत्पादन व्यवस्था स्थापित करने का अधिकार होगा, इसमें रूफ टॉप सोलर फोटोवॉल्टिक (पीवी) प्रणालियां शामिल हैं।

9. **कार्यप्रदर्शन मानक:**

- आयोग सभी वितरण लाइसेंसियों के लिए कार्यप्रदर्शन मानक अधिसूचित करेगा।
- कार्यप्रदर्शन मानकों के उल्लंघन के लिए वितरण लाइसेंसियो द्वारा उपभोक्ताओं को मुआवजा राशि का भुगतान किया जाएगा।

10. **मुआवजा व्यवस्था:**

- उपभोक्ताओं को ऑटोमेटिक रूप से मुआवजे का भुगतान किया जाएगा, जिसके लिए कार्यप्रदर्शन मानकों की दूर से निगरानी की जाएगी।
- कार्यप्रदर्शन मानकों में जिनके लिए मुआवजे का भुगतान वितरण लाइसेंसियों द्वारा किया जाएगा, उनमें निम्नलिखित शामिल हैं:-
  - आयोग यह निर्दिष्ट करेगा कि एक विशेष अवधि से आगे उपभोक्ता को सप्लाई नहीं की जाएगी।
  - आयोग द्वारा निर्दिष्ट सीमा से अधिक सप्लाई में बाधा संख्या।
  - कनेक्शन, डिस्कनेक्शन, रिकनेक्शन, शिफ्टिंग में लगने वाला समय।
  - उपभोक्ता श्रेणी, लोड परिवर्तन में लगने वाला समय।
  - उपभोक्ता ब्योरा में परिवर्तन के लिए लगने वाला समय।
  - खराब मीटरों को बदलने में लगने वाला समय।
  - समय-सीमा जिसके अंदर बिल दे दी जाएगी।
  - वोल्टेज से संबंधी शिकायतों के समाधान की अवधि तथा बिल संबंधी शिकायतें।

11. **उपभोक्ता सेवा के लिए कॉल सेन्टर:**

- वितरण लाइसेंसी एक केन्द्रीकृत 24x7 टोल फ्री कॉल सेन्टर स्थापित करेगा।
- लाइसेंसी कॉमन कस्टमर रिलेशन मैनेजर (सीआरएम) प्रणाली के माध्यम से सभी सेवाएं प्रदान करने का प्रयास करेगा।

12. **शिकायत समाधान व्यवस्था :**

- उपभोक्ता शिकायत समाधान फोरम (सीजीआरएफ) में कन्ज्यूमर और प्रोज्यूमर के प्रतिनिधि होंगे।
- उपभोक्ता शिकायत समाधान व्यवस्था को बहुस्तरीय बनाकर आसान बनाया गया है।
- लाइसेंसी समय-सीमा निर्दिष्ट करेगा, जिसके अंतर्गत विभिन्न स्तर के फोरमों द्वारा विभिन्न प्रकार की शिकायतों का समाधान किया जाएगा।
- शिकायतों के मामलों में अतिरिक्त मीटर की आवश्यक सुविधा ऐसे मामलों में जहां उपभोक्ता मीटर रीडिंग के उनकी वास्तविक बिजली खपत के अनुरूप नहीं होने की शिकायत करते हैं और वितरण लाइसेंसधारक को अब शिकायत मिलने की तिथि से पांच दिनों के भीतर एक अतिरिक्त मीटर स्थापित करना आवश्यक है। इस अतिरिक्त मीटर का उपयोग न्यूनतम तीन महीने की अवधि के लिए खपत को जांचने के लिए किया जाएगा, इस प्रकार उपभोक्ताओं को आश्वस्त किया जाएगा और बिलिंग में सटीकता सुनिश्चित की जाएगी।

13. **दिन के समय (टीओडी) टैरिफ की शुरुआत:**

- दिन के हर समय एक ही दर पर बिजली के लिए शुल्क लेने के बजाय, बिजली के लिए आपके द्वारा भुगतान की जाने वाली कीमत दिन के समय के अनुसार अलग-अलग होगी।
- टीओडी टैरिफ प्रणाली के तहत, सौर घंटों (राज्य विद्युत नियामक आयोग द्वारा निर्दिष्ट एक दिन में आठ घंटे की अवधि) के दौरान टैरिफ सामान्य टैरिफ से 10 से 20 प्रतिशत कम होगा, जबकि पीक घंटों के दौरान टैरिफ 10 से 20 प्रतिशत अधिक होगा।
- टाइम ऑफ डे (टीओडी) टैरिफ, बिजली उद्यो गों में विश्व स्तर पर एक महत्वपूर्ण डिमांड साइडमैनेजमेंट (डीएसएम) उपाय के रूप में मान्यता प्राप्त है, जिसका उपयोग उपभोक्ता ओं को अपने लोड के एक हिस्से को पीक स मय से ऑफपीक समय में स्थानांतरित करने के लिए प्रोत्साहित करने के साधन के रूप में किया जाता है। जिससे पीक अवधि के दौरान

सिस्टम पर मांग को कम करके सिस्टम लोड फैक्टर में सुधार होता है।

14. रूफटॉप सोलर सिस्टम की स्थापना करने में आसानी और तेजी

- उपभोक्ताओं के परिसर में रूफटॉप सोलर पीवी सिस्टम स्थापित करने में आसानी बढ़ाने और तेजी से स्थापना की सुविधा के लिए नियमों में संशोधन किए गए हैं।
- 10 किलोवाट क्षमता तक की प्रणालियों के लिए तकनीकी व्यवहार्यता अध्ययन की आवश्यकता से छूट दी गई है। 10 किलोवाट से अधिक क्षमता की प्रणालियों के लिए, व्यवहार्यता अध्ययन को पूरा करने की समयसीमा को बीस दिन से घटाकर पंद्रह दिन कर दिया गया है। इसके अलावा, यदि अध्ययन निर्धारित समय में पूरा नहीं होता है, तो अनुमोदन प्रदान किया गया, माना जाएगा।
- इसके अतिरिक्त, अब यह अनिवार्य कर दिया गया है कि 5 किलोवाट क्षमता तक की छत पर सौर पीवी प्रणालियों के लिए आवश्यक वितरण प्रणाली को मजबूत करने का काम वितरण कंपनी द्वारा अपनी लागत पर किया जाएगा।
- इसके अलावा, वितरण लाइसेंसधारकों के लिए रूफटॉप सोलर पीवी सिस्टम चालू करने की समयसीमा तीस दिन से घटाकर पंद्रह दिन कर दी गई है।

15. इलेक्ट्रिक वाहन चार्जिंग स्टेशनों के लिए अलग से कनेक्शन

- उपभोक्ता अब अपने इलेक्ट्रिक वाहनों (ईवी) को चार्ज करने के लिए अलग से बिजली कनेक्शन प्राप्त कर सकेंगे।
- यह देश के कार्बन उत्सर्जन को कम करने और वर्ष 2070 तक नेट ज़ीरो के लक्ष्य को हासिल करने के अनुरूप है।

16. आवासीय कॉलोनियों और फ्लैटों में उपभोक्ताओं के लिए अतिरिक्त अधिकार

- उपभोक्ताओं को चुनने की सुविधा देने और मीटरिंग एवं बिलिंग में अधिक पारदर्शिता को बढ़ावा देने के लिए नियमों में प्रावधान पेश किए गए हैं।
- सहकारी समूह हाउसिंग सोसाइटियों, बहुमंजिला इमारतों, आवासीय कॉलोनियों आदि में रहने वाले मालिकों के पास अब वितरण लाइसेंसधारकों के पास या तो सभी के लिए व्यक्तिगत कनेक्शन या पूरे परिसर के लिए एकल-बिंदु कनेक्शन चुनने का विकल्प होगा। इस विकल्प का प्रयोग वितरण कंपनी द्वारा किए जाने वाले पारदर्शी मतदान पर आधारित होगा। एकल-बिंदु कनेक्शन के माध्यम से बिजली की आपूर्ति पाने वाले उपभोक्ताओं और व्यक्तिगत कनेक्शन का लाभ उठाने वाले उपभोक्ताओं से लिए जाने वाले टैरिफ में भी समानता लाई गई है।
- मीटरिंग, बिलिंग और संग्रहण अलग से किया जाएगा: (i) वितरण लाइसेंसधारक से प्राप्त व्यक्तिगत बिजली की खपत, (ii) आवासीय संघ द्वारा आपूर्ति की गई बैकअप बिजली की व्यक्तिगत खपत, और (iii) ऐसे आवासीय संघों के कॉमन एरिया के लिए बिजली की खपत, जो वितरण लाइसेंसधारक से प्राप्त की जाती है।

17. सामान्य प्रावधान :

- अपनी वेबसाइट, वेब पोर्टल, मोबाइल ऐप तथा अपने क्षेत्रवार कार्यालयों द्वारा आवेदन प्रस्तुति, आवेदन की स्थिति की निगरानी, बिलों का भुगतान, शिकायतों की स्थिति आदि के लिए उपभोक्ताओं को ऑनलाइन एक्सेस होगा।
- वितरण लाइसेंसी वरिष्ठ नागरिकों को उनके घर पर आवेदन प्रस्तुतीकरण, बिलों का भुगतान जैसी सभी सेवाएं प्रदान करेंगे।
- उपभोक्ताओं को बिजली कटौती के समय की विस्तृत जानकारी दी जाएगी। अनियोजित कटौती या खराबी की सूचना उपभोक्ताओं को एसएमएस द्वारा या अन्य इलैक्ट्रॉनिक साधनों द्वारा दी जाएगी और बिजली बहाली का अनुमानित समय बताया जाएगा।

******

भारतीय ग्रिड प्रणाली में वितरित जनन संसाधनों (DGR) के एकीकरण हेतु मानकों की आवश्यकता

श्री जितेन्द्र कुमार मीणा निदेशक (आईआरपी)

1. परिचय

भारत में विद्युत वितरण कंपनियों (DISCOMs) की भूमिका तीव्र गति से परिवर्तित हो रही है, क्योंकि बढ़ते हुए वितरित जनन संसाधनों (Distributed Generation Resources - DGR) के समावेशन से विद्युत तंत्र अधिक जटिल होता जा रहा है। DGR वे संसाधन हैं जो प्रत्यक्ष रूप से वितरण नेटवर्क से जुड़े होते हैं, जैसे – वितरित जनन (विशेषतः छतों पर स्थापित सौर फोटोवोल्टिक प्रणाली), ऊर्जा भंडारण प्रणाली तथा विद्युत वाहनों में प्रयुक्त बैटरियाँ।

देश भर के DISCOM अब अनेक नई जिम्मेदारियाँ निभा रहे हैं और नई भूमिकाएँ ग्रहण कर रहे हैं – जिनमें प्रमुख हैं:

- DGR के माध्यम से पीक लोड प्रबंधन,
- प्रतिक्रियाशील शक्ति (Reactive Power) सहायता प्रदान कर ट्रांसमिशन सिस्टम ऑपरेटर को सहयोग देना,
- वोल्टेज समर्थन की बढ़ती आवश्यकता, तथा
- नेटवर्क जाम (Congestion) प्रबंधन।

भारत ने वर्ष 2030 तक 500 गीगावाट नवीकरणीय ऊर्जा परियोजनाओं की स्थापना का महत्वाकांक्षी लक्ष्य निर्धारित किया है। यद्यपि इस लक्ष्य की प्राप्ति में DGR का योगदान स्पष्ट है, तथापि नीतिगत एवं संस्थागत चुनौतियाँ अब भी इसकी तैनाती को धीमा करती हैं। भारत के हितधारकों ने इस तथ्य को स्वीकार किया है कि DGR क्षेत्र में स्थिर नीतियों एवं सभी हितधारकों के लिए प्रोत्साहनों पर विशेष ध्यान देना आवश्यक है।

बाज़ार संरचना, नियामक एवं तकनीकी आवश्यकताओं तथा DGR तकनीक की बाज़ार उपलब्धता – इन तीनों के बीच गहरा पारस्परिक संबंध है। भारत में DGR की बढ़ती संख्या के साथ इन तत्वों को प्रणाली की स्थिरता और विश्वसनीयता बनाए रखने हेतु गतिशील रूप से अनुकूलित होना पड़ेगा। DGR के अंतरसंपर्क (interconnection) और एकीकरण (integration) के लिए तकनीकी मानकों का विकास अत्यावश्यक है, ताकि विद्युत तंत्र का संचालन सर्वोत्तम एवं कुशल रूप में हो सके।

यह आलेख उन संभावित DGR प्रदर्शन आवश्यकताओं (performance requirements) का संकेत प्रस्तुत करेगा जो वर्तमान में विद्यमान कुछ चुनौतियों को कम करने तथा भविष्य में संभावित चुनौतियों के प्रभाव को घटाने में सहायक हो सकती हैं।

साथ ही, यह भी ध्यान देने योग्य है कि DGR संबंधी चुनौतियों के साथ-साथ कुछ अवसर (opportunities) भी उत्पन्न होते हैं – जैसे कि ग्रिड समर्थन सेवाओं के माध्यम से विद्युत तंत्र की स्थिरता को सुदृढ़ करना।

2. DGR एकीकरण से संबंधित सामान्य चुनौतियाँ

2.1 वोल्टेज विनियमन (Voltage Regulation)

भारतीय वितरण नेटवर्कों में, भार (लोड) स्थितियों के दौरान वोल्टेज प्रायः अंतिम वोल्टेज नियंत्रण बिंदु (सामान्यतः प्राथमिक उपकेंद्र) से उपभोक्ता तक घटता जाता है। किन्तु, जब वितरण फीडर पर पर्याप्त मात्रा में वितरित जनन संयंत्र (Distributed Generation Plants) जुड़े होते हैं और रिवर्स पावर फ्लो उत्पन्न होता है, तो वोल्टेज में वृद्धि देखी जाती है।

यह परिघटना विशेष रूप से उन क्षेत्रों में स्पष्ट रूप से देखी जाती है जहाँ डीजी (DG) का उच्च प्रवेश स्तर होता है।

प्रतिक्रियाशील शक्ति (Reactive Power) का नियंत्रित उपभोग इस वोल्टेज वृद्धि को आंशिक रूप से संतुलित कर सकता है। अतः यह आवश्यक है कि वितरित जनरेटर निर्दिष्ट प्रतिक्रियाशील शक्ति सीमा (सामान्यतः 0.85 अग्रगामी से 0.85 पश्चगामी Power Factor के बीच) में संचालन करने में सक्षम हों।

विभिन्न नियंत्रण मोड्स (control modes) विकसित किए गए हैं ताकि प्रतिक्रियाशील शक्ति का उपयोग केवल आवश्यकता के समय ही हो – जिससे ग्रिड स्थिरता पर प्रतिकूल प्रभाव न्यूनतम रहे।

2.2 फेज संतुलन (Phase Balance)

यदि लघु-स्तरीय वितरित जनन संयंत्र केवल एकल-फेज से जुड़े हों, तो तीन-फेज लाइनों में फेज असंतुलन (Phase Imbalance) उत्पन्न हो सकता है।

यह समस्या तब बढ़ती है जब DGR कनेक्शन तीनों फेजों में समान रूप से वितरित नहीं किए जाते। परिणामस्वरूप, यह असंतुलन वितरण नेटवर्क की दक्षता, उपकरण जीवनकाल और शक्ति गुणवत्ता पर नकारात्मक प्रभाव डाल सकता है।

2.3 प्रणाली जड़त्व में कमी (Decreasing System Inertia)

पावर सिस्टम में इन्वर्टर-आधारित जनन (Inverter-Based Generation) के बढ़ने से पारंपरिक सिंक्रोनस मशीनों का स्थान घटता जा रहा है, जिसके परिणामस्वरूप प्रणाली की जड़त्वीय प्रतिक्रिया (Inertial Response) और आवृत्ति नियंत्रण सेवाओं की उपलब्धता कम हो रही है।

यह स्थिति सिस्टम आवृत्ति स्थिरता (Frequency Stability) के ह्रास में योगदान दे सकती है।

इसके अतिरिक्त, इन्वर्टर-आधारित स्रोतों का दोष स्थितियों में करेंट योगदान पारंपरिक सिंक्रोनस जनरेटर की तुलना में काफी कम होता है। किसी स्थान पर प्रणाली की मजबूती (System Strength) उस स्थान के फॉल्ट स्तर (Fault Level) के अनुपाती होती है। अतः जिन क्षेत्रों में जनन प्रमुखतः इन्वर्टर आधारित है और जो सिंक्रोनस जनन केंद्रों से विद्युत रूप से दूर हैं, वे निम्न प्रणाली मजबूती (Low System Strength) वाले क्षेत्र बन जाते हैं।

निम्न प्रणाली मजबूती का अर्थ है कि वोल्टेज तरंगरूप को स्थिर बनाए रखने की क्षमता कम हो जाती है – चाहे वह सामान्य परिचालन अवस्था हो या किसी विक्षोभ (Disturbance) के बाद की अवस्था।

इससे संबंधित संभावित समस्याएँ हैं –

- गहरे वोल्टेज डिप्स,
- अधिक वोल्टेज ओवरशूट्स,
- विक्षोभ के बाद लंबा वोल्टेज पुनर्प्राप्ति काल,
- जनरेटर Fault Ride-Through क्षमता का ह्रास,
- संरक्षण उपकरणों (Protection Devices) का अनुचित या असफल संचालन।

2.4 विक्षोभ सहन क्षमता (Disturbance Withstand Capability)

यदि DGR प्रणालियों में Fault Ride-Through क्षमता नहीं होती, तो किसी भी ग्रिड विक्षोभ की स्थिति में अनेक DGR एक साथ डिस्कनेक्ट हो सकते हैं, जिससे ग्रिड की स्थिति और अधिक अस्थिर हो सकती है, यहाँ तक कि सिस्टम ब्लैकआउट की स्थिति उत्पन्न हो सकती है।

अनेक देशों में यह समस्या पहचानी जा चुकी है, और अब अधिकांश वितरित ऊर्जा संसाधन (DER) को इस प्रकार से डिज़ाइन किया जा रहा है कि वे नियत सीमा तक वोल्टेज और आवृत्ति में होने वाले विचलनों (Under/Over Voltage & Under/Over Frequency) को सहन कर सकें।

2.5 संरक्षण एवं नियंत्रण कार्यों का समन्वय (Protection and Control Function Coordination)

दोष विभेदन (Fault Discrimination)

DER की पैठ (penetration) बढ़ने के साथ-साथ विद्युत प्रणाली की संरक्षण योजना (Protection Scheme) एवं उनके समन्वय में चुनौतियाँ उत्पन्न हुई हैं।

ग्रिड में बड़े पैमाने पर उतार-चढ़ाव और रिवर्स पावर फ्लो के कारण, तथा विभिन्न प्रकार के DGR (जैसे विद्युत वाहन - EV) के जुड़ने से, DGR और ग्रिड के बीच बेहतर संरक्षण समन्वय (Protection Coordination) आवश्यक हो गया है।

संरक्षण मापन उपकरणों में पर्याप्त सटीकता की कमी के कारण उपकरणों का *अनावश्यक ट्रिपिंग (Nuisance Tripping)* हो सकता है, जिससे ग्रिड विक्षोभ की स्थिति और भी गंभीर हो सकती है।

2.6 शक्ति गुणवत्ता (Power Quality)

DER के बढ़ते हुए अनुपात के साथ, वितरण नेटवर्कों में शक्ति गुणवत्ता (Power Quality) से संबंधित समस्याएँ उत्पन्न हुई हैं – जैसे वोल्टेज उतार-चढ़ाव, ओवरवोल्टेज स्थिति तथा उच्च *हार्मोनिक करंट विकृति (Harmonic Distortion).* निम्न शक्ति गुणवत्ता से –

- उपकरणों को क्षति,
- परिसंपत्तियों (Assets) के जीवनकाल में कमी, तथा
- उपभोक्ता संतोष में गिरावट – जैसी समस्याएँ उत्पन्न हो सकती हैं।

2.7 साइबर सुरक्षा (Cyber Security)

DER प्रणालियों के *द्विदिश संचार (Bidirectional Communication)* की क्षमताएँ साइबर सुरक्षा जोखिमों को बढ़ाती हैं, जिससे उनकी गोपनीयता, अखंडता और उपलब्धता पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ सकता है।

इन प्रणालियों का *इंटरऑपरेबिलिटी इंटरफेस* संभावित साइबर-हमलों का मुख्य प्रवेश बिंदु होता है। अतः इसे बाहरी हस्तक्षेप से बचाने के लिए उपयुक्त सुरक्षा उपाय (Security Measures) आवश्यक हैं।

मुख्य जोखिम निम्नलिखित हैं:

- DGR के *रिमोट-कंट्रोल प्रोटोकॉल* (जैसे स्मार्ट इन्वर्टर) के माध्यम से प्रेषित संकेतों (Signals) को संशोधित या भ्रष्ट करने की संभावना।
- तृतीय-पक्ष उपकरण (जैसे नियंत्रण मॉड्यूल, मापन उपकरण, संचार गेटवे) यदि उचित रूप से सुरक्षित और एन्क्रिप्टेड नहीं हैं, तो साइबर जोखिम बढ़ सकता है।
- *नेट एनर्जी मीटरिंग (Net Energy Metering)* उपकरणों में छेड़छाड़ की संभावना, विशेष रूप से वित्तीय लाभ हेतु – जैसे मापन डेटा में परिवर्तन या हेरफेर।

2.8 निगरानी एवं संचार क्षमताओं की कमी (Lack of Monitoring and Communication Capabilities)

यदि DGR प्रणालियों में Fault Ride-Through क्षमता नहीं होती, तो किसी भी ग्रिड विक्षोभ की स्थिति में अनेक DGR एक साथ डिस्कनेक्ट हो सकते हैं, जिससे ग्रिड की स्थिति और अधिक अस्थिर हो सकती है, यहाँ तक कि सिस्टम ब्लैकआउट की स्थिति उत्पन्न हो सकती है।

अनेक देशों में यह समस्या पहचानी जा चुकी है, और अब अधिकांश वितरित ऊर्जा संसाधन (DER) को इस प्रकार से डिज़ाइन किया जा रहा है कि वे नियत सीमा तक वोल्टेज और आवृत्ति में होने वाले विचलनों (Under/Over Voltage & Under/Over Frequency) को सहन कर सकें।

2.9 DER पूर्वानुमान की सटीकता (DER Forecast Accuracy)

यदि दीर्घकालिक *ट्रांसमिशन* या *वितरण नियोजन* में असटीक DER पूर्वानुमान शामिल किए जाएँ, तो इसके गंभीर परिणाम हो सकते हैं।

- अल्प-पूर्वानुमान (Under-forecasting):

अनावश्यक जनन क्षमता और अवसंरचना के निर्माण से *अधिक लागत* और *अप्रभावी प्रणाली* बन सकती है।

- अधिक-पूर्वानुमान (Over-forecasting):

आवश्यक थोक जनन संसाधनों की कमी से *प्रणाली की विश्वसनीयता और लचीलापन* घट सकता है।

2.10 विद्युत वाहनों के एकीकरण की चुनौतियाँ (Challenges with Electric Vehicles Integration)

हाल के वर्षों में विश्वभर में विद्युत वाहनों (EVs) की हिस्सेदारी तीव्र गति से बढ़ी है, और इसके साथ ही ग्रिड पर उनका प्रभाव भी बढ़ा है।

चूँकि अधिकांश EV उपयोगकर्ता अपने वाहन घर या कार्यस्थल पर चार्ज करना पसंद करते हैं, अतः वितरण ग्रिड पर नई चुनौतियाँ उत्पन्न होती हैं।

मुख्य प्रभाव यह है कि EV चार्जिंग के लिए बड़ी मात्रा में ऊर्जा की आवश्यकता होती है, जिससे अत्यधिक वोल्टेज ड्रॉप और कुछ मामलों में शक्ति गुणवत्ता में गिरावट देखी जाती है।

एक और समस्या है – उच्च पीक लोड, क्योंकि अधिकांश EV उपयोगकर्ता शाम के समय अपने वाहनों को चार्ज करते हैं, जब ग्रिड पहले से ही अपने पीक लोड पर होता है। यदि स्मार्ट चार्जिंग रणनीतियाँ लागू नहीं की गईं, तो इससे लाइनों और

विशेष रूप से ट्रांसफॉर्मरों पर अत्यधिक भार पड़ सकता है।

वितरण कंपनियाँ अब यह समझ रही हैं कि उन्हें अपने ग्रिड की समीप से निगरानी करनी होगी, ताकि यह आकलन किया जा सके कि किन क्षेत्रों में नेटवर्क सुदृढ़ीकरण (Reinforcement) की आवश्यकता है, विशेषतः वहाँ जहाँ EV चार्जिंग पर नियंत्रण नहीं है (जैसे महानगरों के आवासीय क्षेत्र)। चूँकि EV चार्जिंग एक लचीला लोड (Flexible Load) है, इसलिए चार्जिंग प्रबंधन (Charging Management) के माध्यम से समस्या को नियंत्रित किया जा सकता है। यदि यह उपाय पर्याप्त न हो, तो ग्रिड का सुदृढ़ीकरण आवश्यक होगा।

शक्ति गुणवत्ता के दृष्टिकोण से, AC से DC रेक्टिफायर ग्रिड में हार्मोनिक्स उत्पन्न करते हैं। THD (कुल हार्मोनिक विकृति) उपकरण की गुणवत्ता और पावर फैक्टर पर निर्भर करती है। अनुसंधान दर्शाता है कि प्रायः EV चार्जिंग से उत्पन्न हार्मोनिक्स ग्रिड के लिए गंभीर नहीं होते, किन्तु सस्ते चार्जर यदि एक ही फीडर से जुड़े हों, तो स्थिति भिन्न हो सकती है।

3. स्थिर ग्रिड बनाए रखने हेतु DGR से संबंधित प्रभावों का सामना करने के लिए आवश्यक इन्वर्टर क्षमताएँ

वितरित जनन संसाधनों (Distributed Generation Resources - DGR) के बढ़ते हुए समावेशन के कारण विद्युत प्रणाली की स्थिरता और विश्वसनीयता सुनिश्चित करने के लिए, इन्वर्टरों में कुछ विशिष्ट प्रदर्शन क्षमताओं (Performance Capabilities) का होना अनिवार्य है। इन क्षमताओं का उद्देश्य यह सुनिश्चित करना है कि इन्वर्टर न केवल सामान्य परिस्थितियों में, बल्कि वोल्टेज या आवृत्ति में उतार-चढ़ाव के दौरान भी ग्रिड से जुड़े रहें और प्रणाली की सुरक्षा में सहायक सिद्ध हों।

3.1 आवृत्ति विचलन के दौरान जुड़े रहने की क्षमता (Capability to Stay Connected During Frequency Excursions)

इन्वर्टर को इस प्रकार सक्षम होना चाहिए कि वह आवृत्ति के विचलनों (Over/Under-frequency excursions) के दौरान भी प्रणाली से जुड़ा रहे, ताकि वितरित जनन की बड़ी मात्रा अचानक न खोई जाए। यदि ऐसा न हुआ, तो प्रणाली की सुरक्षा और स्थिरता (System Security and Stability) पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ सकता है।

3.2 वोल्टेज विचलन के दौरान जुड़े रहने की क्षमता (Capability to Stay Connected During Voltage Excursions)

इन्वर्टर को वोल्टेज विचलनों (जैसे, ट्रांसमिशन शॉर्ट-सर्किट) के समय भी प्रणाली से जुड़े रहने में सक्षम होना चाहिए। यह क्षमता निकटवर्ती वितरित जनन के अचानक विच्छेदन को रोकती है और समग्र ग्रिड सुरक्षा बनाए रखने में सहायक होती है।

3.3 आवृत्ति स्थिरता का समर्थन (Capability to Support Frequency Stability)

इन्वर्टर को इस प्रकार नियंत्रित किया जाना चाहिए कि:

- अधिक आवृत्ति (Over-frequency) की स्थिति में अपनी शक्ति उत्पादन को घटा सके, तथा
- न्यून आवृत्ति (Under-frequency) की स्थिति में शक्ति उत्पादन को बढ़ा सके।

दूसरी स्थिति मुख्यतः तब लागू होती है जब फोटोवोल्टिक (PV) संयंत्र करटेल्ड मोड में हो या जब बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रणाली (BESS) उपलब्ध हो।

3.4 प्रतिक्रियाशील शक्ति आपूर्ति/उपभोग की क्षमता (Reactive Power Capability)

इन्वर्टर को निर्दिष्ट सीमा के भीतर प्रतिक्रियाशील शक्ति (Reactive Power) का या तो उत्पादन करने या उपभोग करने की क्षमता होनी चाहिए। यह क्षमता वितरण नेटवर्कों में स्थिरावस्था वोल्टेज विचलनों (Steady-state Voltage Excursions) को संतुलित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

3.5 प्रतिक्रियाशील शक्ति नियंत्रण के विभिन्न मोड (Reactive Power Control Modes)

वोल्टेज नियंत्रण की स्थिति में इन्वर्टर का अनुकूल व्यवहार सुनिश्चित करने हेतु विभिन्न नियंत्रण विधियाँ अपनाई जाती हैं, जैसे –

- स्थिर पावर फैक्टर मोड (Constant Power Factor Mode):
  इन्वर्टर को परिभाषित प्रतिक्रियाशील शक्ति सीमा के भीतर एक निश्चित *पावर फैक्टर* पर कार्य करना चाहिए।
- वोल्टेज-आधारित प्रतिक्रियाशील शक्ति नियंत्रण [Q(U)]:
  इस मोड में प्रतिक्रियाशील शक्ति उत्पादन स्थानीय रूप से मापे गए वोल्टेज के फलन के रूप में नियंत्रित होता है।
- सक्रिय शक्ति-आधारित प्रतिक्रियाशील शक्ति नियंत्रण [Q(P)]:
  इस मोड में प्रतिक्रियाशील शक्ति आउटपुट इन्वर्टर द्वारा उत्पन्न सक्रिय शक्ति के फलन के रूप में निर्धारित किया जाता है।
- वोल्टेज-आधारित सक्रिय शक्ति नियंत्रण [P(U)]:
  यहाँ सक्रिय शक्ति उत्पादन स्थानीय वोल्टेज माप के अनुसार परिवर्तित होता है।

3.6 शक्ति उत्पादन परिवर्तन की अधिकतम दर (Ramp Rate Limitation)

इन्वर्टर के लिए शक्ति उत्पादन में वृद्धि या कमी की अधिकतम दर (Ramp Rate) को सीमित किया जाना चाहिए।

यह दर उपलब्ध प्राथमिक ऊर्जा स्रोत (जैसे सौर विकिरण या भंडारित ऊर्जा) पर निर्भर करेगी।

3.7 संचार नेटवर्क से जुड़ने की क्षमता (Communication Network Connectivity)

इन्वर्टर में ऐसी संचार क्षमताएँ (Communication Capabilities) होनी चाहिए जिससे वह:

- *सेट-पॉइंट्स* तथा पैरामीटर परिवर्तनों को प्राप्त कर सके,
- ग्रिड और विद्युत संयंत्र से संबंधित डेटा का संप्रेषण कर सके, तथा
- अनुपालन और निगरानी हेतु आवश्यक रिपोर्टिंग कर सके।

इस सुविधा के लिए संचार नेटवर्क अवसंरचना (Communication Network Infrastructure) आवश्यक होगी, जिसमें *मानकीकृत प्रोटोकॉल, साइबर सुरक्षा उपाय* तथा *रियल-टाइम डेटा विनिमय* की व्यवस्था शामिल होनी चाहिए।

4. भारतीय विद्युत प्रणाली (Indian Power System)

भारत की वर्तमान विद्युत प्रणाली अनेक चुनौतियों का सामना कर रही है – जिनमें प्रमुख हैं:
बढ़ती हुई विद्युत मांग, आपूर्ति की सुरक्षा, उत्सर्जन में कमी, तथा नवीकरणीय ऊर्जा और विद्युत वाहनों (EVs) का एकीकरण।

साथ ही, विद्युत उत्पादन को देश के तीव्र औद्योगीकरण, जनसंख्या वृद्धि और समग्र विकास की गति के अनुरूप बनाए रखना आवश्यक है। इन परिस्थितियों में वितरित जनन संसाधन (Distributed Generation Resources - DGR) एक अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकते हैं – न केवल इन चुनौतियों का समाधान प्रदान करने हेतु, बल्कि देश के नागरिकों के लिए सुरक्षित, किफायती एवं स्वच्छ ऊर्जा सुनिश्चित करने के लिए भी।

4.1 वितरण नेटवर्क में DGR एकीकरण का प्रभाव

वितरण नेटवर्क में DGR एकीकरण का प्रभाव सकारात्मक अथवा नकारात्मक दोनों हो सकता है, जो प्रणाली की परिचालन परिस्थितियों और DGR के प्रकार पर निर्भर करता है।

सकारात्मक प्रभावों में शामिल हैं –

- शक्ति गुणवत्ता और विश्वसनीयता में सुधार,
- पर्यावरणीय लाभ,
- शक्ति हानि (Power Losses) में कमी, तथा
- ट्रांसमिशन और वितरण ग्रिड को सहायता प्रदान करना।

हालाँकि, वितरण नेटवर्क में बड़ी संख्या में DGR के जुड़ने से विद्युत प्रवाह की एकदिशता (Unidirectional Nature) बदल सकती है। इससे प्रणाली की वोल्टेज विनियमन, दोष स्थितियों में व्यवहार, संरक्षण एवं सुरक्षा प्रक्रियाएँ प्रभावित होती हैं।

नकारात्मक प्रभावों में शामिल हैं –

- स्थिरता संबंधी समस्याएँ,
- Fault Ride-Through क्षमताओं का अभाव, तथा
- संरक्षण और नियंत्रण कार्यों के समन्वय की कमी।

ये सभी पहलू DGR को वितरण प्रणाली से जोड़ने में प्रमुख बाधाएँ उत्पन्न करते हैं।

4.2 DGR का भारतीय परिदृश्य और स्थापित क्षमता

वर्तमान समय में DGR का उत्पादन सीधे वितरण ग्रिड में जोड़ना आर्थिक रूप से व्यवहार्य और तकनीकी रूप से संभव हो चुका है। DGR आमतौर पर वितरण नेटवर्क में प्राथमिक या द्वितीयक वोल्टेज स्तर पर जोड़े जाते हैं, जिससे उपभोक्ताओं, उद्योगों तथा संपूर्ण ग्रिड प्रणाली – तीनों को लाभ प्राप्त होता है।

भारत में प्रमुख DGR प्रौद्योगिकियाँ हैं:

- सौर फोटोवोल्टिक (Solar PV) प्रणाली,
- बायोमास ऊर्जा प्रणाली, तथा
- लघु जलविद्युत (Small Hydropower) परियोजनाएँ।

नीचे भारत में DGR की स्थापित क्षमता दी गई है:

वितरण जनन संसाधन (DGR)	स्थापित क्षमता (GW)	हिस्सेदारी (%)
सौर ऊर्जा - रूफटॉप	22.42	50.2%
फोटोवोल्टिक प्रणाली (ऑफ-ग्रिड)	5.45	12.2%
लघु जलविद्युत	5.16	11.6%
बायोमास (बैगास कोजनरेशन)	9.82	22.0%
बायोमास (गैर-बैगास कोजनरेशन / कैप्टिव पावर)	0.93	2.1%
अपशिष्ट से ऊर्जा (Waste to Power)	0.85	1.9%

अधिकांश DGR से प्राप्त ऊर्जा तभी उपलब्ध होती है जब अनुकूल प्राकृतिक परिस्थितियाँ (जैसे सूर्य का विकिरण, पवन वेग या वर्षा) मौजूद हों। DGR प्रणाली में *बीहाइंड-द-मीटर (Behind-the-Meter)* तथा *फ्रंट-ऑफ-द-मीटर (Front-of-the-Meter)* दोनों प्रकार की अंतरसंपर्क विधियाँ शामिल हो सकती हैं, जिनमें *बीहाइंड-द-मीटर* प्रणाली भारत में अधिक लोकप्रिय है।

DGR के साथ-साथ, बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रणाली (BESS) तथा विद्युत वाहन (EV) जैसे क्षेत्र भी तेजी से ग्रिड में समाहित हो रहे हैं, जिससे द्विदिशीय ऊर्जा लेन-देन (Bidirectional Energy Transactions) बढ़ रहे हैं।

4.3 तकनीकी मानक एवं विनियम (Technical Standards and Regulations)

भारत में DGR को वितरण प्रणाली से जोड़ने के लिए अनेक तकनीकी मानक और नियामकीय ढाँचे पहले से विद्यमान हैं।

हालाँकि, ये मौजूदा विनियम मुख्यतः रूफटॉप सौर फोटोवोल्टिक (PV) प्रणालियों पर केंद्रित हैं। विद्युत वाहन (EVs) तथा बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रणाली (BESS) जैसे उभरते परिदृश्यों को संबोधित करने हेतु संशोधन अपेक्षित हैं।

संबंधित प्रमुख तकनीकी मानक और विनियम इस प्रकार हैं:

- *वितरित जनन संसाधनों की ग्रिड से संयोजकता के लिए तकनीकी मानक, 2013 (तथा 2019 का संशोधन)*
- *केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (CEA) - विद्युत संयंत्रों और विद्युत लाइनों के निर्माण, संचालन और अनुरक्षण हेतु सुरक्षा आवश्यकताएँ, 2011*
- *CEA (ग्रिड मानक) विनियम, 2010 एवं उनके संशोधन*
- *केंद्रीय विद्युत नियामक आयोग (CERC) - भारतीय विद्युत ग्रिड कोड विनियम, 2010 एवं संशोधन*
- *चयनित राज्यों (गुजरात और केरल) के विद्युत ग्रिड कोड विनियम*
- *राज्य-स्तरीय ग्रिड संयोजकता विनियम (गुजरात और केरल)*
- *CEA - ग्रिड से संयोजकता के तकनीकी मानक विनियम, 2007*

वर्ष 2013 के मुख्य विनियम केवल उन जनन इकाइयों पर लागू थे जो 33 kV से नीचे वोल्टेज स्तर पर बिजली आपूर्ति करती थीं।

किन्तु 2019 के संशोधन में इसका दायरा बढ़ाकर उन सभी इकाइयों को सम्मिलित किया गया जो 33 kV से नीचे के विद्युत तंत्र से जुड़ी हैं या जुड़ने की इच्छुक हैं – जिनमें DGR स्वामी, EV चार्जिंग स्टेशन संचालक, प्रोज़्यूमर (Prosumer) आदि शामिल हैं।

इन संशोधनों में ऊर्जा भंडारण प्रणाली (Energy Storage System) की अवधारणा को भी सम्मिलित किया गया है।

भारत में CEA द्वारा जारी वितरित जनन संसाधनों की ग्रिड से संयोजकता हेतु तकनीकी मानक (2013 एवं 2019 संशोधन सहित) सौर PV और अन्य DER प्रणालियों की स्थापना हेतु श्रेष्ठ प्रथाओं (Best Practices) को परिभाषित करते हैं।

हालाँकि, पाया गया है कि अधिकांश तकनीकी मापदंड इन विनियमों में स्पष्ट रूप से निर्दिष्ट नहीं हैं।

साथ ही, कई राज्य-स्तरीय विनियम केवल CEA के विनियमों का संदर्भ देते हैं, अपने स्वतंत्र तकनीकी मानक निर्धारित नहीं करते।

4.4 भारतीय प्रणाली के संभावित भविष्यगत चुनौतियाँ (Challenges and Issues the Indian System May Face in the Future)

भारत में DGR को तीव्र गति से अपनाया जा रहा है, और निकट भविष्य में यह देश की विद्युत उत्पादन क्षमता का एक महत्वपूर्ण हिस्सा बन जाएगा।

DGR की बढ़ती हुई सुलभता (Affordability) और पर्यावरणीय लाभ (Environmental Benefits) ने इसे अत्यंत लोकप्रिय बना दिया है।

फिर भी, DGR प्रणाली संचालन, शक्ति गुणवत्ता और प्रमुख विद्युत मापदंडों (जैसे वोल्टेज एवं आवृत्ति) पर प्रभाव डालते हैं।

इनसे संबंधित प्रमुख तकनीकी चुनौतियाँ निम्नलिखित हैं –

(क) प्रणाली स्थिरता (Stability)

नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों और EV के बढ़ते हुए एकीकरण से नेटवर्क में अनिश्चितताएँ (Uncertainties) बढ़ रही हैं।

ये चुनौतियाँ मुख्यतः निम्न कारणों से उत्पन्न होती हैं:

- नवीकरणीय स्रोतों की अविरलता (Intermittency) – जैसे सौर विकिरण, पवन वेग, बादल संचलन, तूफान आदि।
- विद्युत वाहनों की अनियमित और सामूहिक चार्जिंग – विशेषकर रात्रिकालीन समय में।

इन कारकों से विद्युत उत्पादन और मांग के बीच असंतुलन उत्पन्न होता है, जिससे ग्रिड संचालन जटिल बन जाता है।

(ख) वोल्टेज विनियमन (Voltage Regulation)

वोल्टेज का स्तर मुख्यतः लोड और जनरेटर द्वारा प्रतिक्रियाशील शक्ति के अवशोषण या आपूर्ति पर निर्भर करता है।

नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण से वोल्टेज नियंत्रण में विशेष तकनीकी समस्याएँ उत्पन्न होती हैं।

जब किसी स्थानीय क्षेत्र में DGR का उत्पादन स्थानीय मांग से अधिक हो जाता है, तो रिवर्स पावर फ्लो (RPF) होता है, जिससे वोल्टेज बढ़ जाता है।

CEA (2013) के विनियमों के अनुसार DGR प्रणाली को ±5% से अधिक वोल्टेज उतार-चढ़ाव नहीं उत्पन्न करना चाहिए।

हालाँकि, वर्तमान प्रथाओं में RES क्षमता निर्धारण अक्सर ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग के आधार पर किया जाता है, न कि उपभोक्ता की वास्तविक ऊर्जा आवश्यकता के अनुसार। इससे कई बार ऐसा होता है कि उत्पन्न ऊर्जा मांग से अधिक हो जाती है, परिणामस्वरूप *रिवर्स पावर फ्लो* और *ओवरवोल्टेज* की समस्या उत्पन्न होती है।

इन समस्याओं के समाधान के लिए निम्न उपाय अपनाए जा सकते हैं –

- ऊर्जा भंडारण प्रणाली (Storage Systems) द्वारा अधिशेष शक्ति का अवशोषण,
- करंट नियंत्रण योजनाएँ (Current Control Schemes) जो *Point of Common Coupling* पर वोल्टेज को विनियमित करें,

- तथा इन्वर्टर आधारित VAR प्रतिपूर्ति (Var Compensation) – जो सबसे सरल और किफायती उपाय माना जाता है।

(ग) प्रतिक्रियाशील शक्ति से संबंधित मुद्दे (Reactive Power Issues)

यदि DGR प्रणाली प्रतिक्रियाशील शक्ति (Reactive Power) प्रदान कर सकती है, तो इसका समग्र नेटवर्क पर लाभकारी प्रभाव पड़ता है। विशेषतः, उच्च DGR पैठ के साथ नवीकरणीय स्रोतों (सौर एवं पवन) को वोल्टेज और प्रतिक्रियाशील शक्ति विनियमन में योगदान देना आवश्यक हो जाता है।

आधुनिक नवीकरणीय संयंत्र *स्व-नियंत्रित इलेक्ट्रॉनिक इंटरफेस* (Self-commutated Electronic Interfaces) से युक्त होते हैं, जिनमें उच्च गतिशील प्रतिक्रियाशील शक्ति विनियमन की क्षमता होती है।

यदि आवश्यक हो, तो इसे SVC (Static Var Compensator), STATCOM, या अन्य उपकरणों से और बढ़ाया जा सकता है।

सामान्यतः सौर PV और पवन टर्बाइन *यूनिटी पावर फैक्टर* पर कार्य करती हैं ताकि अधिकतम सक्रिय शक्ति उत्पन्न की जा सके।

परिणामस्वरूप, प्रतिक्रियाशील शक्ति की पूरी आवश्यकता अभी भी *यूटिलिटी* से पूरी की जाती है, जिससे ट्रांसफॉर्मरों की कार्यक्षमता घटती है।

CEA (2007) के विनियमों के अनुसार वितरण लाइसेंसधारी को यह सुनिश्चित करना चाहिए कि उनका पावर फैक्टर 0.95 या उससे अधिक रहे और वे ग्रिड पर प्रतिक्रियाशील शक्ति के लिए निर्भर न हों।

किन्तु बढ़ते हुए DGR एकीकरण के साथ, केवल यूटिलिटी द्वारा प्रतिक्रियाशील शक्ति की आपूर्ति *अतिरिक्त संसाधन एवं व्यय* की मांग करेगी। अतः यह अनुशंसित है कि DGR स्वयं प्रतिक्रियाशील शक्ति प्रदान करने में सक्षम हों, विशेषकर 1 kW से 100 kW तक की सौर ग्रिड-कनेक्टेड इन्वर्टर प्रणालियाँ।

(घ) आवृत्ति प्रतिक्रिया क्षमता/सक्रिय शक्ति नियंत्रण का अभाव (Lack of Frequency Response Capability/Active Power Control)

आधुनिक विद्युत ग्रिड में नवीकरणीय ऊर्जा के बढ़ते हुए समावेशन के परिणामस्वरूप पारंपरिक सिंक्रोनस जनरेटरों का स्थान पवन और सौर फोटोवोल्टिक (PV) संयंत्रों ने ले लिया है।

इससे प्रणाली की जड़त्वीय प्रतिक्रिया (System Inertia) तथा प्राथमिक आवृत्ति प्रतिक्रिया (Primary Frequency Response) दोनों में कमी आई है।

ग्रिड की विद्युत आवृत्ति को उसके *नाममात्र मान* (Nominal Frequency) के अत्यंत समीप बनाए रखना अनिवार्य होता है।

अत्यधिक आवृत्ति विचलन के कारण लोड शेडिंग, अस्थिरता, मशीन क्षति, अथवा ब्लैकआउट तक की स्थिति उत्पन्न हो सकती है।

वर्तमान में विद्युत उद्योग में यह चिंता बढ़ रही है कि बढ़ते हुए नवीकरणीय संयंत्रों और इन्वर्टर-संपृक्त (Inverter-Coupled) जनन के कारण प्राथमिक आवृत्ति प्रतिक्रिया कमजोर हो रही है, और EV चार्जिंग स्टेशनों की वृद्धि भी इस चुनौती को बढ़ा सकती है।

EV और चार्जिंग स्टेशनों की वृद्धि नेटवर्क में सक्रिय शक्ति की मांग (Active Power Demand) को बढ़ाती है।

इसलिए आवश्यक है कि एक प्रभावी मांग-पक्ष प्रबंधन प्रणाली (Demand-Side Management System) लागू की जाए, जिससे EV चार्जिंग उस अवधि में की जा सके जब नेटवर्क का भार न्यूनतम हो या जब DGR का उत्पादन पर्याप्त हो।

आवृत्ति विचलन मुख्यतः उपभोग और उत्पादन के असंतुलन से उत्पन्न होता है।

इसका समाधान अधिक गतिशील पावर नियंत्रण (Dynamic Power Control) और रियल-टाइम समन्वय के माध्यम से किया जा सकता है – जिसमें *लोड डिस्पैच केंद्रों* और *वितरण कंपनियों (DISCOMs)* के लोड प्रबंधन इकाइयों के बीच घनिष्ठ सहयोग आवश्यक है।

(ङ) फेज संतुलन (Phase Balance)

विद्युत ऊर्जा का अधिकांश प्रेषण और वितरण तीन-फेज प्रणाली में किया जाता है। हालाँकि, निम्न वोल्टेज स्तर पर वितरण अक्सर तीन स्वतंत्र एकल-फेज लाइनों के रूप में किया जाता है।

आदर्श स्थिति में तीनों फेजों पर भार समान होता है, किन्तु वास्तविकता में असंतुलन (Asymmetry) उत्पन्न हो जाता है – जैसे कि असमान लोड वितरण, असमान केबल लंबाई, या एकल-फेज DGR प्रणालियों (जैसे सौर PV या EV चार्जिंग) का असमान समावेशन।

इस फेज असंतुलन से विद्युत आपूर्ति की गुणवत्ता और दक्षता पर नकारात्मक प्रभाव पड़ता है। दीर्घकाल में इससे निम्नलिखित समस्याएँ उत्पन्न हो सकती हैं:

- उपकरणों का थर्मल एजिंग (Thermal Aging),
- जीवनकाल में कमी, तथा
- इंडक्शन मशीनों की क्षमता (Derating) में गिरावट।

यह समस्या विशेष रूप से निम्न वोल्टेज (LV) नेटवर्क में गंभीर होती है, जहाँ अधिकांश उपभोक्ता एकल-फेज लोड का उपयोग करते हैं। प्रारंभिक अवस्था में लोड तीनों फेजों पर संतुलित रूप से वितरित किया जाता है, परंतु समय के साथ यह संतुलन बिगड़ जाता है।

CEA (वितरित जनन संसाधनों की संयोजकता हेतु तकनीकी मानक, 2013) तथा इसके संशोधनों के अनुसार, किसी स्थान पर एकल-फेज या तीन-फेज DGR की अधिकतम क्षमता को पावर फ्लो असंतुलन के अध्ययन के आधार पर निर्धारित किया जाना चाहिए।

(च) शक्ति गुणवत्ता संबंधी मुद्दे (Power Quality Issues)

शक्ति गुणवत्ता (Power Quality) वह मापदंड है जो यह सुनिश्चित करता है कि किसी उपकरण को आपूर्ति की जाने वाली विद्युत उसकी डिज़ाइन की गई प्रदर्शन सीमा के भीतर हो, ताकि उसका कार्य और आयु प्रभावित न हों।

उच्च PV पैठ (High PV Penetration) वाले वितरण नेटवर्कों में शक्ति गुणवत्ता से संबंधित प्रमुख समस्याएँ हैं:

- हार्मोनिक विकृति (Harmonic Distortion),
- वोल्टेज उतार-चढ़ाव, तथा
- आवृत्ति में विचलन।

सौर PV इन्वर्टर, जो PV एरे को ग्रिड से जोड़ते हैं, हार्मोनिक करंट उत्पन्न करते हैं।

यदि नेटवर्क की श्रृंखला प्रतिबाधा (Series Impedance) कम हो तो वोल्टेज हार्मोनिक सीमित रहते हैं, परंतु उच्च-आदेश करंट हार्मोनिक प्रणाली में अनुनाद (Resonance) उत्पन्न कर सकते हैं। कुछ मामलों में इंटर-हार्मोनिक भी उत्पन्न होते हैं (विशेषकर 13वें हार्मोनिक से नीचे), जो निकटवर्ती लोड के साथ अंतःक्रिया कर सकते हैं।

द्वितीय हार्मोनिक (Second Harmonic) जैसी विषम हार्मोनिक धाराएँ तीन-फेज भारों में ऋणात्मक अनुक्रम धारा (Negative Sequence Current) उत्पन्न कर सकती हैं, जो अवांछनीय है। इसके अतिरिक्त, DC इंजेक्शन और फ्लिकरिंग जैसी घटनाएँ भी वितरण ट्रांसफॉर्मर में प्रवाहित होकर उपकरण क्षति का कारण बन सकती हैं।

(छ) फीडर की तापीय क्षमता (Thermal Capacity of Feeder)

DGR को वितरण ग्रिड में जोड़ने से प्रवाहित करंट का स्वरूप बदल जाता है, जिससे फीडर की थर्मल सीमा (Thermal Limit) प्रभावित हो सकती है।

किसी उपकरण की वर्तमान वहन क्षमता (Current-Carrying Capacity) उसकी थर्मल क्षमता द्वारा परिभाषित होती है।

यदि इस क्षमता से अधिक लोड प्रवाहित किया जाए, तो उपकरण को स्थायी क्षति पहुँच सकती है, या अत्यधिक ताप के कारण विस्फोट या आग जैसी घटनाएँ घट सकती हैं।

कई बार DGR की ऐसी संयोजक योजनाएँ (Connection Schemes) अपनाई जाती हैं जो *सुविधाजनक और अल्प-लागत* वाली होती हैं, परंतु वे नेटवर्क के कुछ हिस्सों में अधिक करंट घनत्व उत्पन्न कर सकती हैं – विशेषकर *अधिकतम उत्पादन और न्यूनतम लोड* की स्थिति में।

यदि किसी फीडर में जुड़े सौर संयंत्र की क्षमता स्थानीय कुल लोड से अधिक हो, तो यह फीडर की थर्मल क्षमता के लिए गंभीर खतरा बन सकती है। इसी प्रकार, अनधिकृत EV चार्जर स्थानीय भार को बढ़ाकर फीडर की तापीय क्षमता को प्रभावित कर सकते हैं।

(ज) फॉल्ट राइड-थ्रू क्षमताएँ (Fault Ride-Through Capabilities)

DER प्रणालियाँ ग्रिड से समकालिक रूप से जुड़कर ऊर्जा उत्पन्न करती हैं और उसे नेटवर्क में प्रविष्ट कराती हैं।

किन्तु, अधिकांश स्ट्रिंग इन्वर्टर (String Inverters) में ग्रिड दोष की स्थिति में जुड़े रहने की क्षमता नहीं होती।

जैसे ही वोल्टेज या आवृत्ति अपने मानक सीमाओं से विचलित होती है, ये इन्वर्टर स्वचालित रूप से डिस्कनेक्ट हो जाते हैं।

यह स्थिति प्रणाली की आवृत्ति स्थिरता को प्रभावित करती है, विशेषकर तब जब DGR उत्पादन मांग से अधिक हो।

इस परिस्थिति में आवृत्ति में वृद्धि होती है, जिससे प्रणाली असंतुलित हो सकती है।

(झ) विश्वसनीयता सूचकांक पर प्रभाव (Impact on Reliability Indices)

विश्वसनीयता (Reliability) को इस रूप में परिभाषित किया जाता है कि प्रणाली निर्दिष्ट परिस्थितियों में, निर्दिष्ट अवधि तक अपने कार्य को सफलतापूर्वक निष्पादित करने में कितनी सक्षम है।

किसी भी प्रकार की रुकावट उपभोक्ताओं को सीधे प्रभावित करती है, अतः वितरण प्रणाली में विश्वसनीयता सर्वोच्च प्राथमिकता रखती है।

भारत में वितरण प्रणाली सामान्यतः रेडियल प्रकृति (Radial Configuration) की होती है, जिसके कारण किसी एक खंड में दोष आने पर बड़ी संख्या में लोड प्रभावित हो सकते हैं।

विश्वसनीयता का आकलन प्रायः IEEE 1366 के अंतर्गत वर्णित सूचकांकों द्वारा किया जाता है, जैसे–

- SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)
- SAIDI (System Average Interruption Duration Index)
- CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

वितरण प्रणाली में DGR के एकीकरण से इन सूचकांकों के मानों में परिवर्तन देखा गया है – कुछ मामलों में सुधार तथा कुछ में गिरावट।

यह इस बात पर निर्भर करता है कि DGR का संचालन और ग्रिड से समन्वय किस स्तर तक प्रभावी है।

भारत में DGR को ग्रिड से जोड़ने से पूर्व नियमों के अनुपालन (Compliance) को सुनिश्चित करने की जिम्मेदारी DISCOMs पर होती है।

4.5 कार्यान्वयन के लिए अनुशंसित समयरेखा (Recommended Timeline for Implementation)

तकनीकी मानक प्रौद्योगिकी-निरपेक्ष (Technology-Neutral) होने चाहिए, तथा इनके क्रियान्वयन एवं प्रवर्तन की समयसीमा ऐसी नहीं होनी चाहिए कि वह ऐसे उत्पादों के लिए प्रशासनिक या तकनीकी अवरोध उत्पन्न करे जो अभी आवश्यक प्रमाणीकरण प्राप्त नहीं कर पाए हैं।

अंतरराष्ट्रीय अध्ययन से यह देखा गया है कि चयनित देशों में DGR तकनीकी मानक कई संशोधनों से गुज़रे हैं, और प्रत्येक संशोधन में नई तकनीकी आवश्यकताएँ जोड़ी गई हैं।

उदाहरण के लिए – जर्मनी, ऑस्ट्रेलिया और संयुक्त राज्य अमेरिका में लागू मानकों ने धीरे-धीरे ग्रिड समर्थन कार्यों और अन्य उन्नत क्षमताओं को शामिल किया है।

कुछ तकनीकी आवश्यकताएँ वर्तमान में प्रयुक्त नहीं होतीं, परंतु उन्हें भविष्य की आवश्यकता को ध्यान में रखते हुए प्रारंभिक रूप से ही सम्मिलित किया जाता है, ताकि बाद में फील्ड में स्थापित DGR को रीट्रोफिट (Retrofit) करने की आवश्यकता न पड़े।

भारत में भी, विशेषकर रूफटॉप सौर परियोजनाओं के तीव्र प्रसार को देखते हुए, यह अनुशंसित है कि

अंतरराष्ट्रीय सर्वोत्तम प्रथाओं के अनुरूप DGR तकनीकी मानकों को अद्यतन किया जाए।

इसके अंतर्गत DGR प्रदर्शन श्रेणियाँ (Performance Categories) परिभाषित की जानी चाहिए-

जिनमें प्रत्येक श्रेणी के लिए विशिष्ट तकनीकी आवश्यकताएँ निर्धारित होंगी, जैसे–

DGR पैठ स्तर	आवश्यक कार्यात्मकताएँ
निम्न पैठ (Low Penetration)	प्रतिक्रियाशील शक्ति क्षमता, एंटी-आइलैंडिंग सुरक्षा, शक्ति गुणवत्ता, मापन सटीकता
मध्यम पैठ (Moderate Penetration)	प्रतिक्रियाशील शक्ति नियंत्रण मोड, रैम्प रेट सीमा, वोल्टेज और आवृत्ति राइड-थ्रू, बुनियादी साइबर सुरक्षा
उच्च पैठ (High Penetration)	सक्रिय शक्ति नियंत्रण मोड, आवृत्ति ड्रूप, जड़त्वीय प्रतिक्रिया, वोल्टेज-फेज कोण स्थिरता, उन्नत साइबर सुरक्षा

प्रणाली नियोजकों को यह पहचानना होगा कि किन क्षेत्रों में कौन-सी प्रदर्शन श्रेणी लागू होगी और अनुपालन समयसीमा क्या होगी।

अंतरराष्ट्रीय प्रथाओं के अनुसार, उपकरण परीक्षण प्रक्रियाएँ प्रकाशित करने के पश्चात् DGR निर्माताओं को अपने उत्पादों में आवश्यक फर्मवेयर और हार्डवेयर संशोधन करने के लिए कम से कम एक वर्ष का समय दिया जाना चाहिए।

5. निष्कर्ष (Conclusion)

भारतीय प्रणाली में DGR तकनीकी आवश्यकताओं को अंतरराष्ट्रीय सर्वोत्तम प्रथाओं के अनुरूप पुनरीक्षित किया जाना चाहिए।

यह अनुशंसा की जाती है कि भारत में भी ऐसे तकनीकी कार्य और क्षमताएँ निर्धारित की जाएँ जिन्हें DGR प्रारंभिक अवस्था में ही अपना सकें– भले ही वे तत्काल उपयोग में न हों।

अंतरराष्ट्रीय मानकों में विभिन्न DGR पैठ स्तरों पर तकनीकी आवश्यकताओं की जो परिभाषा दी गई है, वही भारत में आगामी संशोधनों के लिए मार्गदर्शक हो सकती है।

विशेष रूप से निम्न और मध्यम DGR पैठ स्तरों पर लागू आवश्यकताओं को आगामी भारतीय मानक संशोधन में सम्मिलित करना अत्यंत आवश्यक है। आने वाले वर्षों में भारत में रूफटॉप सौर का तीव्र विस्तार अपेक्षित है।

इसलिए PV इन्वर्टर प्रणालियाँ सबसे अधिक प्रासंगिक DGR के रूप में मानी जाएँगी।

अधिकांश तकनीकी आवश्यकताएँ इन्वर्टर के फर्मवेयर अपडेट के माध्यम से लागू की जा सकती हैं, परंतु कुछ आवश्यकताएँ – जैसे इंटरऑपरेबिलिटी (Interoperability) और जड़त्वीय प्रतिक्रिया (Inertial Response) – के लिए अतिरिक्त घटकों की आवश्यकता हो सकती है।

इंटरऑपरेबिलिटी सुनिश्चित करने हेतु इन्वर्टरों को संचार प्रोटोकॉल से संगत बनाया जाना चाहिए, ताकि वे Discoms द्वारा निर्दिष्ट नेटवर्क से रियल-टाइम संवाद कर सकें।

यदि इन्वर्टर में अंतर्निहित संचार इंटरफेस उपलब्ध न हो, तो एक बाह्य संचार गेटवे उपकरण का उपयोग कर सिग्नल विनिमय सुनिश्चित किया जा सकता है।

******

ग्रिड संचालन और वितरण: भारत के विद्युत क्षेत्र की रीढ़ को मजबूत बनाना

रोमित शर्मा, सहायक निदेशक-I, टीईएंडटीडी प्रभाग, सीईए

सार:

भारतीय ऊर्जा क्षेत्र वर्तमान में अभूतपूर्व बदलाव के दौर से गुजर रहा है, जो तेज़ रफ्तार से नवीकरणीय ऊर्जा के समाकलन, डिजिटल आधुनिकीकरण, और उपभोक्ताओं की उच्च गुणवत्ता वाली बिजली आपूर्ति की बढ़ती अपेक्षाओं द्वारा चिह्नित है। यह क्षेत्र तेज़ तकनीकी विकास, बढ़ती ऊर्जा मांग, और सतत बिजली की वैश्विक परिवर्तन की चौराहे पर खड़ा है। इस विकास के केंद्र में इसके ग्रिड संचालन और वितरण प्रणाली हैं, जो राष्ट्रीय विकास की रीढ़ के रूप में कार्य करती हैं।

इस विस्तारित पारिस्थितिकी तंत्र में बिजली की विश्वसनीय, सुरक्षित और किफायती डिलीवरी सुनिश्चित करना मौलिक रूप से ग्रिड संचालन की मजबूती और वितरण नेटवर्क की प्रभावशीलता पर निर्भर करता है। कुशल ग्रिड संचालन और वितरण यह सुनिश्चित करता है कि बिजली भारत की विशाल और विविध भौगोलिक क्षेत्र में निर्बाध, सुरक्षित और विश्वसनीय रूप से प्रवाहित हो। देश की स्थापित उत्पादन क्षमता 500 गीगावाट से अधिक हो चुकी है और अक्षय ऊर्जा का हिस्सा लगातार बढ़ रहा है, इसलिए मजबूत ग्रिड संचालन तंत्र और आधुनिकीकृत वितरण बुनियादी ढांचे की आवश्यकता पहले से कभी अधिक महसूस नहीं हुई है।

यह लेख समकालीन ग्रिड संचालन प्रथाओं, नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण की चुनौतियों, उभरते तकनीकी हस्तक्षेपों, वितरण क्षेत्र में सुधारों, और एक सुदृढ़ और भविष्य के लिए तैयार राष्ट्रीय विद्युत प्रणाली बनाए रखने के लिए आवश्यक भविष्य की प्राथमिकताओं पर विस्तृत चर्चा प्रस्तुत करता है।

परिचय

एक विद्युत ग्रिड एक परस्पर जुड़े हुए नेटवर्क को कहा जाता है जो उत्पादन स्रोतों से शक्ति के निर्बाध प्रवाह को सुनिश्चित करता है, जटिल ट्रांसमिशन लाइनों, सबस्टेशनों के जाल के माध्यम से, और अंत में वितरण नेटवर्क के माध्यम से उपभोक्ताओं तक।

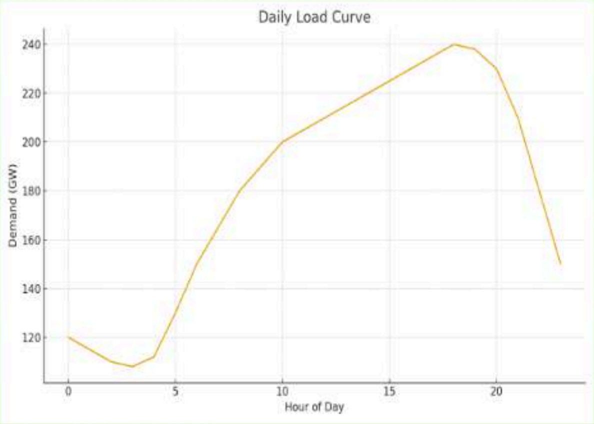
ऐतिहासिक रूप से, भारत का विद्युत ग्रिड अलग-अलग क्षेत्रीय प्रणालियों से विकसित होकर एक एकीकृत राष्ट्रीय नेटवर्क बन गया। 1990 के दशक से पहले, पाँच क्षेत्रीय ग्रिड–उत्तरी, पश्चिमी, दक्षिणी, पूर्वी और उत्तर-पूर्वी–स्वतंत्र रूप से काम करते थे और इनके बीच सीमित कनेक्शन थे। 2003 के विद्युत अधिनियम के तहत शुरू की गई सुधार पहल और पावर सिस्टम ऑपरेशन कॉर्पोरेशन (POSOCO), जो अब ग्रिड कंट्रोलर ऑफ़ इंडिया लिमिटेड (Grid-India) है, की स्थापना, एक सुसंगठित और समन्वित ग्रिड संचालन संरचना बनाने में महत्वपूर्ण मील के पत्थर साबित हुई।

भारत आज दुनिया के सबसे बड़े समन्वित बिजली ग्रिड में से एक का संचालन करता है, जो सभी राज्यों और केंद्र शासित प्रदेशों में 50 हर्ट्ज की नाममात्र आवृत्ति पर विस्तृत भौगोलिक और जलवायु क्षेत्रों में फैला हुआ है। इसका प्रबंधन एक बहु-स्तरीय संचालन ढांचे के माध्यम से किया जाता है, जिसमें नेशनल लोड डिस्पैच सेंटर (NLDC), पांच क्षेत्रीय लोड डिस्पैच सेंटर (RLDCs), और 33 राज्य लोड डिस्पैच सेंटर (SLDCs) शामिल हैं। यह संरचनात्मक पदानुक्रम उत्पादन, संचरण और मांग प्रबंधन के वास्तविक समय समन्वय को सुनिश्चित करता है, जो ग्रिड स्थिरता और विश्वसनीयता बनाए रखने के व्यापक लक्ष्य के अनुरूप है।

नवीनीकृत ऊर्जा उत्पादन का बढ़ता हिस्सा, उपभोक्ता भार की नई श्रेणियों का उदय, बढ़ती शहरीकरण, और तेजी से डिजिटलाइजेशन ने प्रणाली की परिचालन जटिलता को महत्वपूर्ण रूप से बढ़ा दिया है।

ग्रिड संचालन और वितरण प्रबंधन विद्युत गुणवत्ता, विश्वसनीयता बनाए रखने और नवीकरणीय ऊर्जा के सुचारू एकीकरण को सुनिश्चित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। केंद्रीय विद्युत

प्राधिकरण (CEA), जो कि ऊर्जा मंत्रालय के तहत कानूनन स्थापित संगठन है, देश के विद्युत क्षेत्र की योजना, मानकीकरण, तकनीकी समन्वय और निगरानी में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता रहता है। ग्रिड संचालन और वितरण की सफलता राष्ट्रीय महत्वाकांक्षाओं के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है–यह शहरीकरण, औद्योगिक विकास, नवीकरणीय एकीकरण, डिजिटल जीवनशैली और जलवायु लक्ष्यों का समर्थन करता है।



चित्र: दैनिक लोड वक्र

ग्रिड संचालन के मूल सिद्धांत

ग्रीड-इंडिया, जो कि ऊर्जा मंत्रालय के अंतर्गत काम करता है, राष्ट्रीय ग्रिड प्रबंधन का केंद्रीय केंद्र है। भारत में ग्रिड संचालन एक एकीकृत हायरार्की वाले लोड डिस्पैच केंद्रों के माध्यम से समन्वित किया जाता है। NLDC, बेहतर पावर ट्रांसफर और विश्वसनीयता मानकों के पालन को सुनिश्चित करता है। सुपरवाइजरी कंट्रोल और डेटा अधिग्रहण (SCADA) और एनर्जी मैनेजमेंट सिस्टम (EMS) के माध्यम से यह स्थिति की जानकारी, स्वचालित नियंत्रण और वास्तविक समय में निर्णय लेने की क्षमता प्रदान करता है। RLDCs और SLDCs इस सिस्टम को पूरा करते हैं और क्रमशः अंतरराज्यीय और अंतराज्यीय संचालन का प्रबंधन करते हैं। इनके कार्यों में यूनिट कमिटमेंट, शेड्यूलिंग, डिविएशन सेटलमेंट, और फ्रीक्वेंसी रिस्पांस लागू करना शामिल है, जैसे कि डिविएशन सेटलमेंट मैकेनिज्म (DSM) के तहत। यह बहु-स्तरीय समन्वय मॉडल लगातार जटिल और गतिशील ग्रिड में सुरक्षित संचालन सुनिश्चित करता है। ये संचालन भारतीय इलेक्ट्रिसिटी ग्रिड कोड (IEGC) और CEA के तकनीकी मानकों द्वारा परिभाषित नियामक संरचना के तहत किए जाते हैं।

राष्ट्रीय ग्रिड में थर्मल, हाइड्रो, न्यूक्लियर और नवीकरणीय उत्पादन संसाधनों का विविध मिश्रण शामिल है, जो व्यापक एसी और एचवीडीसी ट्रांसमिशन नेटवर्क के माध्यम से जुड़े हुए हैं।

मूल रूप से, कुशल ग्रिड संचालन के लिए आवश्यक है:

- **लोड-जनरेशन संतुलन: सटीक मांग पूर्वानुमान, आर्थिक वितरण, और आवृत्ति नियंत्रण तथा स्पिनिंग रिज़र्व जैसी सहायक सेवाओं के माध्यम से प्राप्त किया जाता है।**
- **आवृत्ति नियंत्रण: भारत का अनुमत आवृत्ति बैंड** 49.90-50.05 Hz **सटीक लोड-जनरेशन समन्वय की आवश्यकता को दर्शाता है, क्योंकि विचलन प्रणाली की स्थिरता और उपकरणों के प्रदर्शन को प्रभावित करते हैं।**
- **वोल्टेज प्रबंधन: रिएक्टिव पावर मुआवजा, वोल्टेज नियंत्रण उपकरणों और रणनीतिक सबस्टेशन संचालन के माध्यम से बनाए रखा जाता है।**
- **संचालन विश्वसनीयता: कंटिंजेन्सी विश्लेषण, आइलैंडिंग योजनाओं, और ट्रांसमिशन नेटवर्क में सुरक्षा समन्वय के माध्यम से सुरक्षित।**

आधुनिक ग्रिड संचालन में उन्नत पूर्वानुमान उपकरणों, वास्तविक समय की निगरानी और लचीले संसाधनों जैसे कि बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रणाली (BESSs) और पंपित हाइड्रो स्टोरेज (PSPs) के माध्यम से नवीकरणीय ऊर्जा की परिवर्तनशीलता को भी एकीकृत किया जाता है।

पैरामीटर	**मूल्य**
राष्ट्रीय ग्रिड आवृत्ति	50 **हर्ट्ज़**
एटी एंड सी हानि (राष्ट्रीय औसत) 2025	~15%
कुल नवीकरणीय क्षमता (2025)	~234GW
चोटी मांग (2025)	~241GW (**जून**)

तालिका: मुख्य ग्रिड पैरामीटर

भारतीय ग्रिड में तीन मुख्य खंड शामिल हैं: उत्पादन, संचरण, और वितरण।

- **विद्युत उत्पादन में पारंपरिक ईंधन (कोयला, प्राकृतिक गैस, जल, परमाणु) और नवीकरणीय ऊर्जा (सौर, पवन, बायोमास) वाले पावर प्लांट्स का उपयोग शामिल होता है।**
- **उच्च-वोल्टेज लाइनों (जिसमें HVDC कॉरिडोर शामिल हैं) के हजारों किलोमीटर तक विद्युत संचरण, न्यूनतम नुकसान के साथ बड़ी मात्रा में बिजली स्थानांतरित करना।**
- **वितरण उप-स्टेशन से अंतिम उपभोक्ताओं तक बिजली पहुंचाता है, वोल्टेज को नियंत्रित करता है और विश्वसनीयता सुनिश्चित करता है।**

ग्रिड को पाँच क्षेत्रीय क्षेत्रों (उत्तरी, पूर्वी, पश्चिमी, दक्षिणी, उत्तर-पूर्वी) में विभाजित किया गया है, जो एक एकल समकालिक नेटवर्क में एकीकृत हैं। 2013 से, सभी क्षेत्रीय ग्रिड आपस में जुड़ गए हैं, जिससे यह सुनिश्चित होता है कि कहीं भी उत्पादित बिजली देश भर की मांग को पूरा कर सके।

ट्रांसमिशन और वितरण नेटवर्क विकास

विद्युत पारेषण उत्पादन और उपभोग केंद्रों के बीच संयोजकता ऊतक का काम करता है। भारत का पारेषण बुनियादी ढांचा अब 220 kV और उससे अधिक पर 480,000 सर्किट किलोमीटर से अधिक है, जो अल्ट्रा-हाई वोल्टेज AC और ±800 kV HVDC लिंक द्वारा समर्थित है, जिससे विभिन्न क्षेत्रों में लंबी दूरी तक विद्युत संचरण संभव होता है। हरित ऊर्जा गलियारों (GEC) का विकास राजस्थान, गुजरात और तमिलनाडु जैसे नवीकरणीय ऊर्जा-समृद्ध राज्यों के लिए संपर्क को और मजबूत करता है, जिससे मांग केंद्रों तक नवीकरणीय ऊर्जा की आपूर्ति सुगम होती है।

हालाँकि, ग्रिड संचालन की सफलता वितरण नेटवर्क की मज़बूती पर भी बहुत हद तक निर्भर करती है– ग्रिड और उपभोक्ताओं के बीच अंतिम संपर्क। वितरण क्षेत्र, जिसका प्रबंधन मुख्यतः राज्य वितरण कंपनियों (DISCOMs) द्वारा किया जाता है, 90 प्रतिशत से अधिक बिजली प्रवाह का प्रबंधन करता है। कुशल वितरण के लिए समग्र तकनीकी और वाणिज्यिक (AT&C) हानियों को कम करना, सबस्टेशनों को मज़बूत करना, उन्नत मीटरिंग अवसंरचना (AMI) को लागू करना, और दोष पहचान और पुनर्स्थापना के लिए स्वचालन प्रणालियों को लागू करना आवश्यक है।

वितरण नेटवर्क: महत्वपूर्ण उपभोक्ता इंटरफ़ेस

जहाँ पारेषण प्रणालियाँ व्यापक विद्युत हस्तांतरण सुनिश्चित करती हैं, वहीं वितरण नेटवर्क ही उपभोक्ताओं द्वारा अनुभव की जाने वाली आपूर्ति की गुणवत्ता, विश्वसनीयता और सामर्थ्य को निर्धारित करता है। भारत की वितरण संरचना में विभिन्न वोल्टेज स्तरों पर सबस्टेशनों का एक स्तरित नेटवर्क, 11 केवी फीडर, वितरण ट्रांसफार्मर और आवासीय, वाणिज्यिक और औद्योगिक भार को बिजली की आपूर्ति करने वाली निम्न-वोल्टेज लाइनें शामिल हैं। वितरण प्रदर्शन को सिस्टम औसत व्यवधान अवधि सूचकांक (SAIDI) और सिस्टम औसत व्यवधान आवृत्ति सूचकांक (SAIFI) जैसे संकेतकों के माध्यम से मापा जाता है।

पर्याप्त प्रगति के बावजूद, वितरण क्षेत्र ऐतिहासिक रूप से उच्च समग्र तकनीकी और वाणिज्यिक (एटीएंडसी) हानियों, अतिभारित फीडरों, पुराने बुनियादी ढाँचे, अपर्याप्त मीटरिंग और डिस्कॉम के भीतर वित्तीय तनाव जैसी चुनौतियों का सामना कर रहा है। विश्वसनीय अंतिम-मील वितरण सुनिश्चित करने और बिजली व्यवस्था की समग्र दक्षता में सुधार के लिए इन मुद्दों का समाधान आवश्यक है। वितरण कंपनियाँ (डिस्कॉम) उपयोगिताओं और उपभोक्ताओं के बीच अंतिम कड़ी हैं। प्रमुख चुनौतियों में शामिल हैं:

- पुरानी लाइनों और ट्रांसफार्मरों के कारण उच्च तकनीकी हानियाँ।
- चोरी और खराब बिलिंग दक्षता के कारण व्यावसायिक हानियाँ।
- फीडर स्तर पर वोल्टेज अस्थिरता।
- भार असंतुलन और खराब प्रतिक्रियाशील ऊर्जा प्रबंधन।
- ग्रामीण बुनियादी ढाँचे की सीमाएँ।

आरडीएसएस (पुनर्निर्मित वितरण क्षेत्र योजना) के अंतर्गत सुधारों में फीडर पृथक्करण, स्मार्ट मीटरिंग, प्रीपेड मीटरिंग, वितरण स्तर पर एससीएडीए,

भूमिगत केबलिंग और ट्रांसफार्मर निगरानी प्रणाली शामिल हैं।

वितरण योजना और वैज्ञानिक भार पूर्वानुमान

दीर्घकालिक वितरण योजना में शहरी विस्तार, औद्योगीकरण और इलेक्ट्रिक वाहन चार्जिंग इंफ्रास्ट्रक्चर जैसे उभरते मांग केंद्रों द्वारा संचालित भविष्य में लोड वृद्धि को समायोजित करना आवश्यक है। वैज्ञानिक लोड पूर्वानुमान विधियों में ऐतिहासिक खपत डेटा, सामाजिक-आर्थिक संकेतक, मौसम संबंधी सहसंबंध और एआई-संचालित पूर्वानुमान विश्लेषण शामिल हैं। सीईए के दिशानिर्देश डिस्कॉम को दीर्घकालिक पर्याप्तता सुनिश्चित करने, नुकसान को कम करने और विश्वसनीयता बनाए रखने के लिए नए सबस्टेशनों, फीडरों और ट्रांसफार्मरों की योजना बनाने हेतु एक संरचित ढाँचा प्रदान करते हैं। डिजिटल ट्विन्स, जीआईएस-आधारित नेटवर्क विज़ुअलाइज़ेशन और उन्नत सिमुलेशन टूल का उपयोग योजना की सटीकता और परिसंपत्ति अनुकूलन को बढ़ाता है।

ग्रिड और वितरण प्रणालियों में ऊर्जा भंडारण

ऊर्जा भंडारण, पारेषण और वितरण नेटवर्क दोनों में लचीलेपन के एक महत्वपूर्ण प्रवर्तक के रूप में उभरा है। बड़े पैमाने पर भंडारण आवृत्ति विनियमन, नवीकरणीय एकीकरण, आकस्मिक भंडार, रैंप प्रबंधन और पीक शेविंग का समर्थन करता है। वितरण स्तर पर, भंडारण प्रणालियाँ पूंजी निवेश को स्थगित करने, स्थानीय विश्वसनीयता में सुधार करने और बिजली कटौती के दौरान महत्वपूर्ण भार को संभालने में मदद करती हैं। जैसे-जैसे भारत नवीकरणीय ऊर्जा के उच्च स्तर की ओर बढ़ रहा है, बैटरी ऊर्जा भंडारण, पंपयुक्त जल भंडारण और उभरते दीर्घकालिक भंडारण समाधान जैसी तकनीकों की केंद्रीय भूमिका बढ़ने की उम्मीद है।

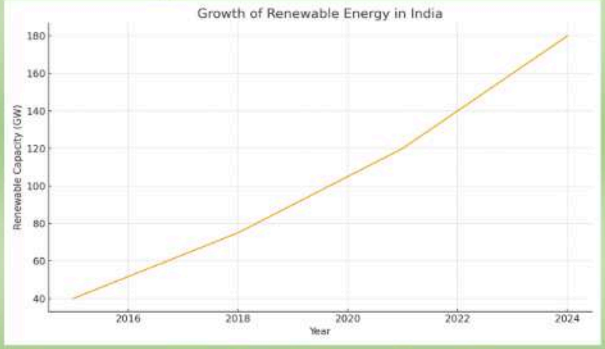
नवीकरणीय परिवर्तनशीलता को संतुलित करने और आपूर्ति विश्वसनीयता सुनिश्चित करने के लिए ऊर्जा भंडारण प्रणालियाँ (ईएसएस) महत्वपूर्ण होती जा रही हैं। लिथियम-आयन बैटरी प्रणालियाँ, फ्लो बैटरी और पंपयुक्त जल भंडारण सुविधाएँ जैसी प्रौद्योगिकियाँ आवृत्ति विनियमन, पीक शेविंग और ब्लैक-स्टार्ट क्षमता में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं।

भारत ने ग्रिड-स्तरीय भंडारण से जुड़ी कई पायलट परियोजनाएँ शुरू की हैं, जो नवीकरणीय ऊर्जा पार्कों के भीतर एकीकृत और उनसे स्वतंत्र दोनों हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता और मशीन लर्निंग में प्रगति के साथ, भंडारण-सक्षम संचालन से प्रेषण में सटीकता में सुधार होगा और जीवाश्म-आधारित संतुलन स्रोतों पर निर्भरता कम होगी।

वाहन-से-ग्रिड (V2G) एकीकरण, ब्लॉकचेन-आधारित ऊर्जा व्यापार और हाइब्रिड माइक्रोग्रिड जैसी उभरती प्रौद्योगिकियां भी विकेन्द्रीकृत, बुद्धिमान ऊर्जा प्रणाली वास्तुकला का मार्ग प्रशस्त कर रही हैं।

नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण और संबंधित चुनौतियाँ

भारत की महत्वाकांक्षी नवीकरणीय ऊर्जा परियोजना विशिष्ट परिचालन चुनौतियों को जन्म देती है। पवन और सौर ऊर्जा उत्पादन स्वाभाविक रूप से परिवर्तनशील होते हैं और मौसम संबंधी परिस्थितियों पर निर्भर करते हैं, जिसके कारण अचानक ऊर्जा उत्पादन में वृद्धि और बिजली की उपलब्धता में अनिश्चितताएँ पैदा होती हैं। नवीकरणीय ऊर्जा से समृद्ध राज्यों में अक्सर सुबह और शाम के समय अचानक बदलाव देखने को मिलते हैं, जिससे सिस्टम के लचीलेपन पर अतिरिक्त दबाव पड़ता है। इन्वर्टर-आधारित नवीकरणीय संसाधनों की बढ़ती हिस्सेदारी सिस्टम की जड़ता को भी कम करती है, जिससे व्यवधानों के दौरान आवृत्ति स्थिरता प्रभावित होती है।



आरेख: भारत में नवीकरणीय ऊर्जा का विकास

इसे प्रबंधित करने के लिए, ऑपरेटर उन्नत पूर्वानुमान मॉडलों पर निर्भर करते हैं जिनमें मौसम संबंधी आँकड़े, उपग्रह चित्र और कृत्रिम बुद्धिमत्ता

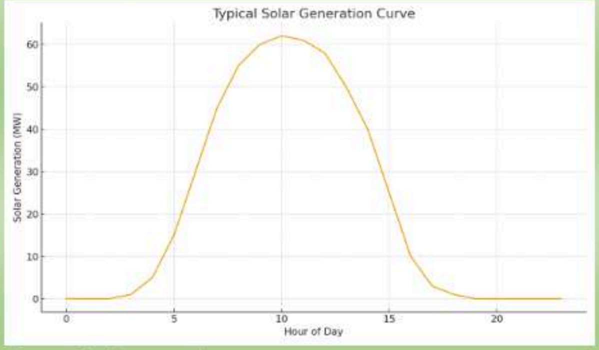
(एआई)-आधारित विश्लेषण शामिल होते हैं। प्रत्येक क्षेत्र में स्थापित नवीकरणीय ऊर्जा प्रबंधन केंद्र (आरईएमसी) विशिष्ट पूर्वानुमान, समय-निर्धारण और निगरानी सहायता प्रदान करते हैं, जिससे नवीकरणीय ऊर्जा एकीकरण की विश्वसनीयता बढ़ती है। हरित ऊर्जा गलियारों का सुदृढ़ीकरण, बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रणालियों (बीईएसएस) की स्थापना, और मौजूदा तापीय एवं जलविद्युत स्टेशनों का लचीला संचालन सामूहिक रूप से प्रणाली अनुकूलनशीलता में योगदान करते हैं। सिंक्रोनस कंडेनसर, बेहतर रैंपिंग क्षमता और विविध नवीकरणीय पोर्टफोलियो जैसे उपाय परिचालन लचीलेपन को और मजबूत करते हैं।

नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों (आरईएस) का तेज़ी से विकास ग्रिड संचालन के लिए नई चुनौतियाँ और अवसर प्रस्तुत करता है। 185 गीगावाट से अधिक नवीकरणीय क्षमता स्थापित होने और 2030 तक 500 गीगावाट गैर-जीवाश्म क्षमता के राष्ट्रीय लक्ष्य के साथ, ग्रिड संचालकों को मौसम की परिवर्तनशीलता के कारण उत्पादन में होने वाले उतार-चढ़ाव को समायोजित करना होगा।

एकीकरण रणनीतियों में शामिल हैं:

- पूर्वानुमान उपकरण: **सौर और पवन ऊर्जा उत्पादन पूर्वानुमानों को बेहतर बनाने के लिए उन्नत संख्यात्मक मौसम पूर्वानुमान मॉडल।**
- लचीले संसाधन: **ऊर्जा भंडारण प्रणालियों, लचीले तापीय संयंत्रों और मांग प्रतिक्रिया कार्यक्रमों का उपयोग, ताकि रुकावटों को कम किया जा सके।**
- **नवीकरणीय ऊर्जा प्रबंधन केंद्र (आरईएमसी): एनएलडीसी, आरएलडीसी और एसएलडीसी में स्थापित, नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन की लगभग वास्तविक समय दृश्यता प्रदान करने और परिचालन संबंधी निर्णय लेने में सहायता प्रदान करने के लिए।**
- गतिशील संतुलन तंत्र: **प्रतिक्रिया समय और आवृत्ति नियंत्रण में सुधार के लिए स्वचालित उत्पादन नियंत्रण (एजीसी) के तहत द्वितीयक और तृतीयक भंडारों का कार्यान्वयन।**

इन उपायों के माध्यम से, भारत का ग्रिड धीरे-धीरे लचीलेपन और लचीलेपन की ओर बढ़ रहा है, जिससे स्थिरता से समझौता किए बिना नवीकरणीय ऊर्जा का अधिक उपयोग संभव हो रहा है। भारतीय विद्युत ग्रिड संहिता (IEGC 2023) बेहतर पूर्वानुमान, समय-निर्धारण और विचलन निपटान तंत्र (DSM 5.0) को अनिवार्य बनाती है। ताप विद्युत संयंत्रों का लचीला संचालन, जिसमें 55% न्यूनतम भार और तेज़ रैंपिंग शामिल है, अब आवश्यक है।



चित्र: विशिष्ट सौर उत्पादन वक्र

वितरण सुधार और नीति ढांचा

भारत सरकार ने वितरण दक्षता और वित्तीय स्थिरता में सुधार के उद्देश्य से कई सुधार लागू किए हैं। प्रमुख पहलों में शामिल हैं:

- **उदय योजना (उज्ज्वल डिस्कॉम आश्वासन योजना): ऋण कम करने और दक्षता में सुधार को बढ़ावा देने के लिए वित्तीय पुनर्गठन।**
- **पुनर्गठित वितरण क्षेत्र योजना (आरडीएसएस): स्मार्ट मीटरिंग, फीडर पृथक्करण और प्रणाली सुदृढ़ीकरण के माध्यम से हानि में कमी पर केंद्रित।**
- **एकीकृत विद्युत विकास योजना (आईपीडीएस): शहरी क्षेत्रों में उप-संचरण और वितरण नेटवर्क को मजबूत करती है।**

इन कार्यक्रमों के माध्यम से सरकार का लक्ष्य एटीएंडसी हानियों को 12-15% से नीचे लाना तथा देश भर में बिजली की गुणवत्ता और उपभोक्ता संतुष्टि को बढ़ाना है।

स्मार्ट ग्रिड प्रौद्योगिकियों के माध्यम से आधुनिकीकरण

ग्रिड संचालन और वितरण का भविष्य डिजिटलीकरण और स्वचालन में निहित है। स्मार्ट

ग्रिड प्रौद्योगिकियाँ नेटवर्क के विभिन्न तत्वों में संचार, नियंत्रण और बुद्धिमत्ता को एकीकृत करती हैं, जिससे पारंपरिक रूप से निष्क्रिय ग्रिड इंटरैक्टिव ऊर्जा प्रणालियों में बदल जाते हैं।

प्रमुख घटकों में शामिल हैं:

• **उन्नत मीटरिंग अवसंरचना** (AMI): **उपयोगिताओं और उपभोक्ताओं के बीच दो-तरफ़ा संचार को सक्षम बनाता है, जिससे माँग-पक्ष प्रबंधन, दूरस्थ वियोग और वास्तविक समय उपभोग निगरानी में सुविधा होती है।**

• **वितरण स्वचालन प्रणालियाँ** (DAS): **फीडरों और सबस्टेशनों के दूरस्थ नियंत्रण की अनुमति देती हैं, जिससे आउटेज प्रबंधन और सेवा विश्वसनीयता में सुधार होता है।**

• **भौगोलिक सूचना प्रणाली** (GIS): **बेहतर नियोजन, रखरखाव और दोष स्थानीयकरण के लिए परिसंपत्तियों का स्थानिक दृश्य प्रदान करती हैं।**

• **इंटरनेट ऑफ थिंग्स** (IoT): **सेंसर और स्मार्ट उपकरण उपकरण निगरानी, पूर्वानुमानित रखरखाव और डेटा-संचालित अनुकूलन को बढ़ाते हैं।**

• **कृत्रिम बुद्धिमत्ता और विश्लेषण: डाउनटाइम को कम करने और परिचालन विश्वसनीयता में सुधार के लिए लोड पूर्वानुमान, स्थिति-आधारित रखरखाव और विसंगति का पता लगाने में सहायता करते हैं।**

स्मार्ट ग्रिड उपभोक्ताओं को नेट मीट्रिंग, समय-आधारित मूल्य निर्धारण और वितरित उत्पादन मॉडलों के माध्यम से ऊर्जा प्रबंधन में सक्रिय रूप से भाग लेने का भी अधिकार देते हैं।

केस स्टडीज: शहरी और ग्रामीण प्रगति

नयी दिल्ली: स्मार्ट ग्रिड नेतृत्व

नई दिल्ली: नई दिल्ली के वितरण उपयोगी उपकरण स्मार्ट मीटरिंग में अग्रणी हैं, जो आउटेज प्रबंधन, दूरस्थ निगरानी और डिमांड-साइड कार्यक्रमों को एकीकृत करते हैं। इन प्रयासों ने बिलिंग की सटीकता, ग्रिड की स्थिरता और उपभोक्ता जुड़ाव को बढ़ाया है।

उत्तर-पूर्व और बिहार: ग्रामीण विद्युतीकरण

उत्तर-पूर्व और बिहार तथा असम जैसे राज्यों में स्मार्ट मीटरों की आक्रामक तैनाती ग्रामीण विद्युतिकरण, बिलिंग दक्षता और आपूर्ति विश्वसनीयता पर ध्यान को उजागर करती है। ये राज्य स्मार्ट मीटर इंस्टॉलेशनों में शीर्ष पर हैं, जो RDSS (पुनरावृत्त वितरण क्षेत्र योजना) के तहत किए गए प्रयासों को दर्शाते हैं। बिहार: ग्रामीण विद्युतिकरण

स्थायी चुनौतियाँ

- **ट्रांसमिशन और वितरण (T&D) नुकसान:** प्रगति के बावजूद, वैश्विक तुलना में भारत के नुकसान अभी भी महत्वपूर्ण हैं। तकनीकी खामियों, चोरी और मीटरिंग अंतराल को दूर करना एक लगातार चलने वाली चुनौती है।
- **अस्थायी नवीकरणीय ऊर्जा का एकीकरण:** सौर और पवन ऊर्जा से उत्पन्न होने वाली अस्थिर जनरेशन संतुलन को जटिल बनाती है; उन्नत पूर्वानुमान और ग्रिड स्थिरीकरण आवश्यक हैं।
- **निवेश और वित्तीय स्थिरता:** वितरण उपक्रम अक्सर तरलता समस्याओं का सामना करते हैं। उधार संरचना सुधारने और परिचालन दक्षता बढ़ाने के लिए UDAY का उद्देश्य है।

आगे का रास्ता: 2047 के लिए दृष्टि

जैसे भारत 2047 तक विकसित राष्ट्र बनने के अपने दृष्टिकोण की ओर बढ़ रहा है, सुरक्षित, विश्वसनीय और टिकाऊ बिजली आपूर्ति आर्थिक और सामाजिक प्रगति की नींव बनाएगी।

भविष्य में ग्रिड संचालन स्वायत्तता, बुद्धिमत्ता, और लचीलापन पर जोर देगा। अंतर्निहित संसाधन योजना (IRP), उन्नत विश्लेषण, और उच्च नवीकरणीय परिवर्तनशीलता प्रबंधन की ओर संक्रमण के लिए नियामकों, सिस्टम ऑपरेटरों और उपयोगिताओं के बीच समन्वित कार्रवाई की आवश्यकता होगी। वन सन वन वर्ल्ड वन ग्रिड (OSOWOG) जैसी पहलों के तहत सीमा-पार इंटरकनेक्शन को मजबूत करना भी क्षेत्रीय ऊर्जा सुरक्षा और संसाधन अनुकूलन में योगदान देगा।

भविष्य के मार्ग और निष्कर्ष

भारत का विद्युत क्षेत्र आने वाले दशक में महत्वपूर्ण बदलाव के लिए तैयार है। 500 GW गैर-जीवाश्म क्षमता की राष्ट्रीय प्रतिबद्धता को प्राप्त करने के लिए, ट्रांसमिशन बुनियादी ढांचे का विस्तार, लचीले संसाधनों की तैनाती, पूर्वानुमान सटीकता में सुधार

और ग्रिड-फॉर्मिंग इनवर्टर तकनीकों को अपनाने में समन्वित प्रयासों की आवश्यकता होगी। वितरण प्रणाली डिजिटल रूप से सक्षम, उपभोक्ता-केंद्रित प्लेटफार्मों में विकसित होगी, जिसमें स्मार्ट मीटर, स्थानीय ऊर्जा बाजार, माइक्रोग्रिड और लाखों प्रोसमर्स को एकीकृत किया जाएगा। कृत्रिम बुद्धिमत्ता, ब्लॉकचेन-आधारित निपटान और डिजिटल ट्विन जैसी उभरती प्रौद्योगिकियां परिचालन ढांचे को पुनर्परिभाषित करेंगी।

ग्रिड संचालन और वितरण मिलकर भारत के बिजली क्षेत्र के सबसे महत्वपूर्ण घटकों का प्रतिनिधित्व करते हैं। कुशल संचालन वास्तविक समय की स्थिरता सुनिश्चित करता है, जबकि मजबूत वितरण हर उपभोक्ता को विश्वसनीय सेवा प्रदान करने की गारंटी देता है। नवीकरणीय ऊर्जा के प्रचार, नेटवर्क के डिजिटलीकरण और लगातार नीति विकास के साथ, भारत का पावर ग्रिड दुनिया के सबसे उन्नत ग्रिड में से एक बनने के लिए तैयार है।

तकनीक, क्षमता निर्माण और संस्थागत सुदृढ़ीकरण में लगातार निवेश इस दृष्टि को साकार करने की कुंजी होंगे। केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण के मार्गदर्शन में और चल रही सुधारों के समर्थन से, भारतीय विद्युत प्रणाली धीरे-धीरे एक लचीला, बुद्धिमान और उपभोक्ता-केंद्रित नेटवर्क बनने की दिशा में बदल रही है—जो सतत ऊर्जा द्वारा संचालित एक नए भारत की आकांक्षाओं को पूरा करने के लिए तैयार है।

******

भारत में विद्युत वितरण सुधार: वर्तमान स्थिति और भविष्य की दिशा

आरती सिंह, उप निदेशक, वितरण नीति और प्रबोधन प्रभाग

भारत में तेज आर्थिक विकास, शहरीकरण और बढ़ती जनसंख्या से ऊर्जा की मांग बढ़ रही है। बिजली की खपत, उद्योगों की वृद्धि, इलेक्ट्रिक वाहनों का बढ़ता उपयोग और डिजिटल सेवाओं की बढ़ती मांग से ऊपर उठ रही है। बिजली वितरण अवसंरचना को सुदृढ़ और आधुनिक बनाना भी उतनी ही जरूरी हो गया है। पुराने ग्रिड, ट्रांसमिशन नुकसान और असमान वितरण नेटवर्क अभी भी कई क्षेत्रों में एक चुनौती हैं। यही कारण है कि सुव्यवस्थित योजना ही विश्वसनीय, सुरक्षित और लागत-प्रभावी बिजली आपूर्ति सुनिश्चित कर सकती है, इसलिए डिस्ट्रिब्यूशन प्लैनिंग का महत्व और भी बढ़ जाता है।

इसी उद्देश्य से देशभर में स्मार्ट ग्रिड, उन्नत ट्रांसमिशन लाइनों और नवीकरणीय ऊर्जा आधारित प्रणालियों के विस्तार पर जोर दिया जा रहा है, ताकि बढ़ती मांग के अनुरूप सतत और गुणवत्तापूर्ण बिजली उपलब्ध कराई जा सके।

भारत में विद्युत मांग निरंतर बढ़ रही है, और केवल उत्पादन क्षमता बढ़ाना अब पर्याप्त नहीं है। यदि वितरण अवसंरचना मजबूत, संतुलित और भविष्य के अनुरूप न हो, तो नई उत्पादन क्षमता का लाभ उपभोक्ताओं तक पूर्ण रूप से नहीं पहुँच पाता। अपर्याप्त वितरण योजना के कारण फीडर एवं ट्रांसफॉर्मर ओवरलोड हो जाते हैं, वोल्टेज में उतार-चढ़ाव बढ़ता है, आउटेज की आवृत्ति अधिक होती है और AT&C हानियाँ नियंत्रण से बाहर हो जाती हैं।

कुशल प्लानिंग टीम : वितरण नेटवर्क की रीढ़

डिस्कॉम की सफलता केवल तकनीक पर नहीं, बल्कि एक सक्षम और विश्लेषण-आधारित प्लानिंग टीम पर निर्भर करती है। प्लानिंग टीम निम्नलिखित महत्वपूर्ण कार्य करती है:

- सटीक मांग पूर्वानुमान (Demand Forecasting) एवं लोड विश्लेषण
- पीक डिमांड और ऊर्जा आवश्यकता का वैज्ञानिक आकलन
- सबस्टेशन एवं फीडर की उचित क्षमता और स्थान का निर्धारण
- ओवरलोडेड ट्रांसफॉर्मर और फीडर का समय पर री-डिज़ाइन एवं अपग्रेडेशन
- N-1 कंटिन्जेंसी मानक का अनुपालन
- SCADA, DMS, OMS, AMI जैसे स्मार्ट ग्रिड एवं ऑटोमेशन सिस्टम का प्रभावी क्रियान्वयन

- चरणबद्ध CAPEX योजना और संसाधनों का इष्टतम उपयोग
- डिस्कॉम **को मिलने वाले लाभ**

1. नेटवर्क की विश्वसनीयता एवं फॉल्ट प्रबंधन में उल्लेखनीय सुधार
2. तकनीकी एवं व्यावसायिक हानियों में कमी
3. राजस्व में वृद्धि
4. ओवर-इन्वेस्टमेंट और अंडर-इन्वेस्टमेंट से बचाव
5. रियल-टाइम मॉनिटरिंग, स्वचालित स्विचिंग और तेज़ आउटेज प्रबंधन

उपभोक्ताओं के प्रत्यक्ष लाभ

- कम आउटेज और स्थिर वोल्टेज
- बेहतर पावर क्वालिटी
- नवीकरणीय ऊर्जा और EV चार्जिंग जैसी नई मांगों को संभालते हुए भी ग्रिड की स्थिरता
- फास्ट फॉल्ट पहचान और त्वरित शिकायत निवारण से उपभोक्ता संतुष्टि में वृद्धि

राष्ट्रीय परिप्रेक्ष्य में महत्व

अक्टूबर 2025 तक भारत की कुल स्थापित क्षमता लगभग 505 GW तक पहुँच चुकी है, जिसमें लगभग 51% नवीकरणीय/जल/न्यूक्लियर तथा 49% जीवाश्म ईंधन आधारित क्षमता शामिल है। इतनी विशाल क्षमता का पूर्ण उपयोग तभी संभव है जब वितरण प्रणाली तकनीकी रूप से उन्नत, स्मार्ट ग्रिड-सक्षम और भावी मांग के अनुरूप विकसित की जाए। चरणबद्ध नेटवर्क विस्तार और नियमित रखरखाव से ग्रिड स्थिरता बढ़ती है और कार्बन उत्सर्जन में कमी आती है।

भारत सरकार की योजनाएँ

भारत सरकार ने विद्युत वितरण अवसंरचना के सुदृढ़ीकरण हेतु विभिन्न योजनाएँ लागू की हैं। **DDUGJY** के माध्यम से सभी गाँवों का विद्युतीकरण एवं ग्रामीण वितरण नेटवर्क को मजबूत किया गया, जबकि **IPDS** का उद्देश्य शहरी क्षेत्रों में वितरण अवसंरचना का आधुनिकीकरण करना रहा है। वहीं **सौभाग्य योजना** के अंतर्गत प्रत्येक घर तक विद्युत कनेक्शन पहुँचाया गया। इन तीनों योजनाओं पर कुल मिलाकर लगभग **₹1.85 लाख करोड़** का निवेश किया गया। इसके पश्चात उपभोक्ताओं को गुणवत्ता युक्त, विश्वसनीय बिजली उपलब्ध कराने तथा वितरण क्षेत्र को वित्तीय और परिचालन रूप से सक्षम बनाने के उद्देश्य से **Revamped Distribution Sector Scheme (RDSS)** की शुरुआत की गई। यह योजना मुख्य रूप से **AT&C हानियों में कमी, नेटवर्क उन्नयन तथा सिस्टम ऑटोमेशन** पर केंद्रित है।

RDSS के प्रमुख प्रावधान:

RDSS योजना के अंतर्गत कुल **₹3,03,758 करोड़** का व्यय प्रस्तावित है, जिसमें से लगभग **₹97,631 करोड़** की केंद्रीय बजटीय सहायता (GBS) अनुमानित है। इस योजना का प्रमुख उद्देश्य **AT&C हानियों को 12-15% तक कम करना** तथा **ACS-ARR अंतर को समाप्त करना** है, ताकि वितरण क्षेत्र को वित्तीय रूप से टिकाऊ बनाया जा सके। RDSS के दो मुख्य घटक हैं– पहला, **प्री-पेड स्मार्ट मीटरिंग एवं सिस्टम मीटरिंग**, और दूसरा, **वितरण अवसंरचना का उन्नयन, क्षमता निर्माण तथा अन्य सक्षम गतिविधियाँ**। इसके अंतर्गत स्वीकृत परियोजनाओं में **बेयर कंडक्टर्स को कवर किए हुए कंडक्टर्स से बदलना, LT एरियल बंडल्ड केबल्स का निर्माण, ट्रांसफॉर्मर एवं सबस्टेशनों का उन्नयन, फीडर पृथक्करण तथा स्मार्ट मीटरिंग कार्य** शामिल हैं। इन सभी परियोजनाओं का कार्यान्वयन विभिन्न चरणों में प्रगति पर है।

बढ़ती मांग के अनुरूप वितरण नेटवर्क हेतु CEA की मार्गदर्शक भूमिका :

देश में तेजी से बढ़ती विद्युत मांग, नवीकरणीय ऊर्जा के बढ़ते एकीकरण, इलेक्ट्रिक वाहनों और डिजिटल लोड के विस्तार को ध्यान में रखते हुए केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (CEA) ने वितरण नेटवर्क की योजना और डिज़ाइन हेतु स्पष्ट एवं वैज्ञानिक दिशा-निर्देश निर्धारित किए हैं। CEA के *Distribution Planning Criteria* यह सुनिश्चित करते हैं कि वितरण प्रणाली सुरक्षित, विश्वसनीय, लचीली (resilient) और भविष्य-तैयार (future-ready) हो। इन मानकों के अंतर्गत सबस्टेशन, फीडर, वितरण ट्रांसफॉर्मर, LT/HT लाइनों तथा ऑटोमेशन सिस्टम की क्षमता का निर्धारण

दीर्घकालिक मांग पूर्वानुमान, पीक लोड विश्लेषण और N-1 कंटिन्जेंसी मानकों के अनुरूप किया जाता है। साथ ही, नेटवर्क में संतुलन, वोल्टेज प्रोफाइल सुधार, ओवरलोडिंग की रोकथाम और आउटेज में कमी पर विशेष बल दिया गया है। CEA की यह मार्गदर्शक भूमिका न केवल वितरण अवसंरचना के सुव्यवस्थित विकास में सहायक है, बल्कि स्मार्ट ग्रिड, नवीकरणीय ऊर्जा और भविष्य की उभरती मांगों के साथ ग्रिड स्थिरता बनाए रखने में भी महत्वपूर्ण योगदान देती है।

निष्कर्ष

भारत के ऊर्जा क्षेत्र में हो रहे तीव्र परिवर्तन के परिप्रेक्ष्य में यह स्पष्ट है कि विद्युत वितरण सुधार अब केवल एक तकनीकी आवश्यकता नहीं, बल्कि राष्ट्रीय विकास की अनिवार्य शर्त बन चुका है। बढ़ती विद्युत मांग, नवीकरणीय ऊर्जा का तीव्र एकीकरण, इलेक्ट्रिक वाहनों का विस्तार और डिजिटल अर्थव्यवस्था की आवश्यकताएँ तभी प्रभावी रूप से पूरी की जा सकती हैं, जब वितरण अवसंरचना मजबूत, संतुलित और भविष्य के अनुरूप विकसित हो।

केवल उत्पादन क्षमता बढ़ाने से उपभोक्ताओं तक विश्वसनीय बिजली पहुँचना सुनिश्चित नहीं किया जा सकता। इसके लिए सटीक मांग पूर्वानुमान, वैज्ञानिक वितरण प्लानिंग, सक्षम प्लानिंग टीम और चरणबद्ध निवेश रणनीति की भूमिका निर्णायक है। RDSS जैसी योजनाओं, स्मार्ट मीटरिंग, नेटवर्क ऑटोमेशन और CEA के वितरण प्लानिंग मानकों ने वितरण क्षेत्र को तकनीकी, वित्तीय और परिचालन रूप से सशक्त बनाने की ठोस दिशा प्रदान की है।

एक सुव्यवस्थित, स्मार्ट और resilient वितरण नेटवर्क न केवल AT&C हानियों में कमी, डिस्कॉम की वित्तीय स्थिरता और बेहतर राजस्व संग्रह सुनिश्चित करता है, बल्कि उपभोक्ताओं को स्थिर वोल्टेज, कम आउटेज और बेहतर पावर क्वालिटी भी प्रदान करता है।

अंततः, भविष्य-उन्मुख वितरण प्रणाली ही भारत की विशाल ऊर्जा क्षमता को वास्तविक सामाजिक और आर्थिक लाभ में परिवर्तित कर सकती है। CEA मानकों के अनुरूप योजनाबद्ध नेटवर्क विस्तार, स्मार्ट ग्रिड तकनीकों का प्रभावी उपयोग और कुशल मानव संसाधन के माध्यम से भारत एक सुरक्षित, सतत और उपभोक्ता-केंद्रित विद्युत वितरण व्यवस्था की ओर तेजी से अग्रसर हो सकता है।

******

पावर ग्रिड एवं संचालनः प्राथमिक भूमिका एवं समाज में उपयोग

विकास कुमार, आशुलिपिक, राजभाषा अनुभाग

ऊर्जा मानव जीवन, आर्थिक विकास तथा तकनीकी प्रगति का आधार है। आधुनिक समाज जिस सहजता से प्रकाश, संचार, परिवहन, औद्योगिक उत्पादन तथा डिजिटल सेवाओं का लाभ लेता है, उसके पीछे एक विशाल, जटिल तथा अत्यंत संवेदनशील व्यवस्था कार्य करती है–**पावर ग्रिड।** यह केवल बिजली के उत्पादन और उपभोग के बीच एक माध्यम नहीं है, बल्कि एक ऐसी नेटवर्क प्रणाली है जो पूरे देश के सामाजिक-आर्थिक ढाँचे को निर्बाध रूप से कार्य करने में सक्षम बनाती है। पावर ग्रिड का संचालन तकनीकी विशेषज्ञता, उन्नत नियंत्रण प्रणालियों और समन्वित प्रबंधन का परिणाम है। इस लेख में पावर ग्रिड की प्राथमिक भूमिका, उसके संचालन की जटिलताएँ तथा समाज पर उसके बहुआयामी उपयोग और प्रभाव का विस्तार से विश्लेषण किया गया है-

1. पावर ग्रिड की अवधारणाः

पावर ग्रिड एक व्यापक विद्युत नेटवर्क प्रणाली है, जिसमें तीन प्रमुख घटक शामिल होते हैं-

(i). उत्पादन (Generation), (ii). संचरण (Transmission) एवं (iii). वितरण (Distribution)

इन तीनों के समन्वय से ही बिजली उत्पन्न होकर उपभोक्ताओं तक सुरक्षित और विश्वसनीय तरीके से पहुँचती है। पावर ग्रिड की संरचना में उच्च वोल्टेज ट्रांसमिशन लाइनें, सबस्टेशन, ट्रांसफॉर्मर,

नियंत्रण केंद्र तथा अनेक संरक्षण एवं निगरानी उपकरण शामिल होते हैं। यह नेटवर्क देश के विभिन्न क्षेत्रों को आपस में जोड़ता है और विद्युत ऊर्जा को एकीकृत रूप में प्रबंधित करता है।

2. पावर ग्रिड की प्राथमिक भूमिकाः

(क) विश्वसनीय विद्युत आपूर्ति सुनिश्चित करना- पावर ग्रिड का प्रथम और सबसे महत्वपूर्ण उद्देश्य उपभोक्ताओं को निरंतर और स्थिर बिजली उपलब्ध कराना है। उत्पादन और मांग के बीच संतुलन बनाए रखना अत्यावश्यक होता है। थोड़ी-सी असंतुलन स्थिति-जैसे वोल्टेज में गिरावट या आवृत्ति में परिवर्तन-पूरे नेटवर्क को प्रभावित कर सकती है। इसलिए ग्रिड प्रणाली रियल-टाइम निगरानी और नियंत्रण पर आधारित होती है।

(ख) विद्युत भार प्रबंधन (Load Management)- ग्रिड ऑपरेटर लगातार यह सुनिश्चित करते हैं कि विद्युत भार मांग के अनुरूप ही बना रहे।

* पीक आवर्स में अतिरिक्त उत्पादन आपूर्ति से लिया जाता है।
* कम मांग के समय उत्पादन संयंत्रों को आंशिक रूप से बंद करके ग्रिड स्थिरता बनाए रखी जाती है।

इस भार प्रबंधन के बिना ओवरलोड या ब्लैकआउट जैसी समस्याएँ उत्पन्न हो सकती हैं।

(ग) ऊर्जा स्रोतों के एकीकरण का प्रबंधन- आज के समय में ऊर्जा स्रोत विविध हैं–कोयला, गैस, जलविद्युत, परमाणु ऊर्जा, सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा आदि। पावर ग्रिड इन सभी स्रोतों से प्राप्त बिजली का एकीकृत प्रबंधन करता है ताकि उपभोक्ता किसी एक स्रोत पर निर्भर न रहें। विशेषकर नवीकरणीय ऊर्जा की बढ़ती हिस्सेदारी के कारण ग्रिड को अधिक लचीला और उन्नत बनाना आवश्यक हो गया है।

(घ) सुरक्षा और संरक्षण (Protection Systems)- ग्रिड संचालन की प्राथमिक भूमिका में सुरक्षा अत्यंत महत्वपूर्ण है।

* फॉल्ट डिटेक्शन * ऑटोमैटिक कट-ऑफ * रिले प्रोटेक्शन* आइलैन्डिंग सिस्टम

इनके माध्यम से किसी भी तकनीकी खराबी को सीमित क्षेत्र में रोककर बड़ी दुर्घटनाओं से बचा जा सकता है।

(ङ) क्षेत्रों के मध्य ऊर्जा संतुलन- देश के कुछ हिस्सों में अधिक उत्पादन होता है, जबकि कुछ में मांग अधिक होती है। पावर ग्रिड इन क्षेत्रों के बीच ऊर्जा स्थानांतरित करके राष्ट्रीय ऊर्जा संतुलन बनाता है। यह सुविधा राज्यों के बीच ऊर्जा व्यापार को भी सक्षम बनाती है।

3. पावर ग्रिड संचालन का तंत्र- पावर ग्रिड का संचालन एक अत्यंत तकनीकी प्रक्रिया है, जिसमें कई स्तरों पर प्रबंधन शामिल होता है।

(क) नियंत्रण केंद्र (Load Dispatch Centers)- राष्ट्रीय, क्षेत्रीय और राज्य स्तर पर लोड डिस्पैच केंद्र ग्रिड की सभी गतिविधियों पर नज़र रखते हैं।

* रियल-टाइम डेटा विश्लेषण * मांग-आपूर्ति का पूर्वानुमान * आपातकालीन प्रतिक्रियाएँ

सभी निर्णय यहीं से लिए जाते हैं।

(ख) SCADA एवं स्मार्ट ग्रिड तकनीक- SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) प्रणाली के माध्यम से हजारों उपकरणों की ऑनलाइन निगरानी की जाती है। आधुनिक ग्रिड में स्मार्ट मीटर, डिजिटल सबस्टेशन, स्वचालित नियंत्रण तथा एआई आधारित प्रिडिक्टिव एनालिटिक्स का उपयोग भी बढ़ रहा है।

(ग) ग्रिड स्थिरता (Grid Stability)- ग्रिड संचालन का मूलमंत्र है–आवृत्ति को स्थिर रखना। भारत जैसे देशों में मानक आवृत्ति 50 हर्ट्ज है।

यदि मांग अधिक हो जाए तो आवृत्ति कम होती है;यदि उत्पादन अधिक हो जाए तो आवृत्ति बढ़ती है।

ग्रिड ऑपरेटर उत्पादन इकाइयों और उपभोक्ता पक्ष दोनों पर समन्वय करके इसे संतुलित बनाए रखते हैं।

(घ) संकट प्रबंधन (Emergency Operations)- तूफान, बाढ़, आग, तकनीकी खराबी या अचानक मांग बढ़ने जैसी परिस्थितियों में पावर ग्रिड को तुरंत प्रतिक्रिया देनी होती है। त्वरित पुनर्स्थापन (Restoration) के लिए विशेष टीमों और ऑटोमैटिक टूल्स का इस्तेमाल किया जाता है।

4. समाज में पावर ग्रिड का उपयोग और महत्व- पावर ग्रिड अपने आप में तकनीकी बुनियादी ढांचा होने के साथ-साथ समाज की प्रगति का आधार है। इसका महत्व निम्न प्रकार से समझा जा सकता है:

(क) घरेलू जीवन की सुविधा- हमारे घरों में प्रकाश, पंखे, रेफ्रिजरेटर, एसी, वॉशिंग मशीन, डिजिटल उपकरण–सभी निर्भर हैं पावर ग्रिड पर।

बिजली की कुछ मिनट की कटौती भी जीवन की गति धीमी कर देती है, जिससे इसकी अनिवार्यता स्पष्ट होती है।

(ख) औद्योगिक एवं आर्थिक विकास

उद्योगों की उत्पादन क्षमता पूरी तरह स्थिर बिजली पर निर्भर है।

स्टील, सीमेंट, ऑटोमोबाइल, रसायन, टेक्सटाइल

इन सभी क्षेत्रों को निरंतर और उच्च क्षमता वाली विद्युत आपूर्ति की आवश्यकता होती है।

यदि ग्रिड विश्वसनीय न हो, तो राष्ट्रीय अर्थव्यवस्था गंभीर रूप से प्रभावित होती है।

(ग) कृषि क्षेत्र में योगदान- कृषि सिंचाई, कोल्ड स्टोरेज, खाद्य प्रसंस्करण तथा ग्रामीण उद्योग बिजली पर आधारित हैं। ग्रामीण क्षेत्रों में विद्युत ग्रिड की पहुँच ने कृषि उत्पादकता को अत्यधिक बढ़ाया है।

(घ) शिक्षा और स्वास्थ्य सेवाओं में उपयोग- आज डिजिटल शिक्षा, ऑनलाइन कक्षाएँ और स्मार्ट उपकरण विद्युत आपूर्ति पर निर्भर हैं।

स्वास्थ्य क्षेत्र में- * अस्पताल* ICU* ऑपरेशन थिएटर* चिकित्सीय मशीनें

इन सबमें ग्रिड की स्थिरता एक जीवन रक्षक भूमिका निभाती है।

(ङ) डिजिटल अर्थव्यवस्था में पावर ग्रिड का योगदान- इंटरनेट, मोबाइल नेटवर्क, डेटा सेंटर, क्लाउड सेवाएँ– ये सभी बिजली के बिना चल ही नहीं सकते।

डिजिटल भुगतान, ई-गवर्नेंस और ऑनलाइन सेवाओं के लिए भी विश्वसनीय पावर ग्रिड आवश्यक है।

(च) परिवहन और शहरी अवसंरचना- मेट्रो रेल, इलेक्ट्रिक वाहन, ट्रैफिक नियंत्रण प्रणाली–सबका संचालन बिजली पर आधारित है।

स्मार्ट सिटी परियोजनाओं में सौर ऊर्जा और स्मार्ट ग्रिड तकनीक के एकीकरण को विशेष महत्व दिया जा रहा है।

5. पावर ग्रिड से जुड़े वर्तमान चुनौतियाँ

(क) मांग व उत्पादन में असंतुलन- आर्थिक वृद्धि के साथ बिजली की मांग लगातार बढ़ रही है। उत्पादन क्षमता और ग्रिड अवसंरचना का समय पर विस्तार नहीं होने पर समस्याएँ उत्पन्न होती हैं।

(ख) नवीकरणीय ऊर्जा का एकीकरण- सौर और पवन ऊर्जा अनियमित होती हैं। इनके बड़े पैमाने पर एकीकरण से ग्रिड स्थिरता चुनौतीपूर्ण हो जाती है।

(ग) पुराने नेटवर्क का आधुनिकीकरण- कई स्थानों पर ट्रांसमिशन लाइनें और सबस्टेशन पुराने हैं, जिन्हें उन्नत तकनीक से अपग्रेड करना आवश्यक है।

(घ) साइबर सुरक्षा खतरे- डिजिटलीकृत ग्रिड साइबर हमलों के प्रति संवेदनशील होता है। इसके लिए मजबूत साइबर सुरक्षा और डेटा सुरक्षा रणनीतियाँ आवश्यक हैं।

6. भविष्य की दिशा

(क) स्मार्ट ग्रिड का विस्तार- स्मार्ट मीटर, स्वचालित फॉल्ट लोकेशन, स्मार्ट सबस्टेशन और एआई आधारित पूर्वानुमान तकनीक ग्रिड को अधिक विश्वसनीय बनाएँगी।

(ख) बैटरी स्टोरेज सिस्टम- भविष्य में बड़े पैमाने पर बैटरी स्टोरेज से नवीकरणीय ऊर्जा को प्रभावी ढंग से संचालित किया जा सकेगा।

(ग) हरित ऊर्जा कॉरिडोर- पवन और सौर ऊर्जा को देश के विभिन्न हिस्सों तक पहुँचाने के लिए विशेष ग्रिड कॉरिडोर विकसित किए जा रहे हैं।

(घ) विकेन्द्रीकृत ऊर्जा प्रणाली- रूफटॉप सोलर, माइक्रोग्रिड और ऊर्जा सहकारी समितियों से स्थानीय स्तर पर ऊर्जा आत्मनिर्भरता बढ़ेगी।

निष्कर्ष

पावर ग्रिड केवल एक तकनीकी ढाँचा नहीं है, बल्कि आधुनिक समाज की जीवन रेखा है। यह उत्पादन, संचार, स्वास्थ्य, शिक्षा, उद्योग और दैनिक जीवन के हर क्षेत्र को शक्ति प्रदान करता है। इसके संचालन में तकनीकी कुशलता, समन्वित प्रबंधन और उन्नत नियंत्रण प्रणालियाँ शामिल होती हैं। ऊर्जा मांग के बढ़ते दबाव, नवीकरणीय ऊर्जा के विस्तार और डिजिटल अवसंरचना के विकास के साथ पावर ग्रिड की भूमिका और भी महत्वपूर्ण होती जा रही है। भविष्य में स्मार्ट ग्रिड, ऊर्जा भंडारण और हरित तकनीकों के माध्यम से यह व्यवस्था और अधिक मजबूत, विश्वसनीय और पर्यावरण अनुकूल बनेगी।

इस प्रकार, पावर ग्रिड आधुनिक समाज की रीढ़ है–जो न केवल ऊर्जा प्रदान करता है, बल्कि मानव विकास की गति को निरंतर आगे बढ़ाता है।

******

भारत की विद्युत ग्रिड प्रणाली

सुश्री दिव्या माँदीवाल, कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी, राजभाषा अनुभाग

भारत में विद्युत् क्षेत्र न केवल आर्थिक विकास की रीढ़ है, अपितु सामाजिक समावेशन और सतत विकास का एक प्रमुख स्तंभ भी है। ग्रिड संचालन (Transmission) और वितरण (Distribution) इस क्षेत्र का वह हिस्सा है, जो उत्पादन और अंतिम उपभोक्ता खपत को जोड़ता है। इन दो स्तरों में दक्षता में सुधार न केवल बिजली की उपलब्धता और विश्वसनीयता बढ़ाता है, बल्कि वितरण हानियों को कम करके वित्तीय स्थिरता सुनिश्चित करने में भी मदद करता है। इस लेख में वर्तमान समय में भारत के ग्रिड संचालन और वितरण की स्थिति, आंकड़े, चुनौतियाँ और भविष्य की दिशा पर प्रकाश डाला गया है।

1. भारत का विद्युत ग्रिड : संरचना और महत्व

1.1 "एक राष्ट्र, एक ग्रिड, एक आवृत्ति" (One Nation, One Grid, One Frequency)

भारत का राष्ट्रीय विद्युत ग्रिड "एक राष्ट्र, एक ग्रिड, एक आवृत्ति" की अवधारणा पर आधारित है। इसका अर्थ है कि पूरे देश में विद्युत संचरण नेटवर्क समन्वित है और सभी हिस्सों में एक समान फ्रिक्वेंसी (उच्च वोल्टेज स्तरों पर) पर काम करता है।

यह समेकन विद्युत के लोड-शेयरिंग को सरल बनाता है, विभिन्न क्षेत्रों में विद्युत आपूर्ति में असंतुलन को दूर करता है और आपात स्थिति में बैक-अप सहायता की सुविधा देता है।

2. वितरण नेटवर्क (Distribution)

2.1 वितरण कंपनियों (DISCOMs) की भूमिका

वितरण (Distribution) वह चक्र है जिसमें पावर ग्रिड से आने वाली बिजली को अंत उपयोगकर्ताओं – घरेलू, वाणिज्यिक, औद्योगिक – तक पहुँचाया जाता है। भारत में ये काम **डिस्कॉम्स (DISCOMs)** द्वारा किया जाता है। हालाँकि, कई डिस्कॉम वित्तीय रूप से कमजोर हैं और उनकी कम वसूली, उच्च रिसाव (technical & commercial losses), और बिलिंग-कलैक्शन (billing & collection) समस्याएँ हैं।

2.2 डिजिटल मॉनिटरिंग और स्मार्ट मीटरिंग

- विद्युत् मंत्रालय की वार्षिक रिपोर्ट 2024-25 के अनुसार, **नेशनल फीडर मॉनिटरिंग सिस्टम** (NFMS) के माध्यम से लगभग **1.94 लाख (194,000) फीडर्स (33/22/11 kV)** को जोड़ लिया गया है, जो कुल लक्ष्य 2.5 लाख फीडर्स में से है।
- यह क्लाउड-आधारित प्रणाली डिस्कॉम्स को रियल-टाइम डेटा देती है, जिससे ट्रिपिंग, लोड असंतुलन और आपूर्ति डिस्टर्बेंस को समय रहते पहचान कर हल किया जा सके।

2.3 वित्तीय चुनौतियाँ

वितरण कंपनियों की वित्तीय सेहत एक बड़ी समस्या है: डिस्कॉम का घाटा (revenue gap) बहुत समय से बना हुआ है। विश्व बैंक की रिपोर्ट में बताया गया है कि डिस्कॉम्स का संयुक्त वार्षिक घाटा **₹ 678 अरब** (लगभग $8.1 अरब) है और उनका संचयी ऋण $83.5 अरब तक पहुंच चुका है। यह घाटा मुख्यतः निम्न कारणों से है:

- तकनीकी एवं वाणिज्यिक (AT&C) हानि: वायरिंग, ट्रांसफार्मर लॉस, चोरी (electricity theft) आदि।
- कम वसूली: ग्राहकों का बिल न चुकाना या बिल नहीं देना।
- सब्सिडी की देरी: सरकार द्वारा दी जाने वाली सब्सिडी का समय पर भुगतान न होना।
- पुरानी बिलिंग प्रणालियाँ।

3. नई नीतिगत पहलें और आधुनिकीकरण

3.1 ग्रिड आधुनिकीकरण

- विश्व बैंक ने भारत में कई ग्रिड आधुनिकीकरण परियोजनाओं में निवेश किया है। उदाहरण के लिए, **पश्चिम बंगाल विद्युत वितरण ग्रिड मॉडर्नाइजेशन प्रोजेक्ट** में स्मार्ट मीटर, SCADA, ERP जैसी तकनीकों का उपयोग किया गया है।

- इसके चलते दक्षता बढ़ी है, उपभोक्ताओं की संतुष्टि सुधरी है और वितरण कटौती (outages) कम हुए हैं।

3.2 सब्सिडी और वित्तीय सुधार

- डिस्कॉम की वित्तीय स्थिति सुधारने के लिए लागत वसूली-आधारित टैरिफ (cost-recovery tariff), लक्षित सब्सिडी (targeted subsidy), और बिलिंग-संग्रह सुधार (billing & collection reforms) की दिशा में कदम चलाए जा रहे हैं।
- साथ ही, डिजिटल निगरानी (जैसे NFMS) वितरण कंपनियों को ट्रिपिंग को पहचानने और समय पर सुधार करने में मदद कर रही है।

3.3 नवीकरणीय ऊर्जा एवं ग्रिड एकीकरण

- भारत ने नवीकरणीय ऊर्जा (Renewables) में तीव्र वृद्धि दिखाई है। विश्व बैंक रिपोर्ट के मुताबिक, 2024 में 24.5 GW सौर और 3.4 GW पवन ऊर्जा नई क्षमता के रूप में जुड़ी।
- दिसंबर 2024 तक कुल नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता 209.44 GW पहुंची।
- ट्रांसमिशन मास्टर प्लान (Central Electricity Authority) के मुताबिक, 2030 तक अंतर-राज्यीय ट्रांसमिशन नेटवर्क को मजबूत करने के लिए लगभग **$30** अरब का निवेश आवश्यक है।
- इसके अलावा, ऊर्जा भंडारण (storage) को बढ़ावा देने के लिए भारत ने हस्तक्षेप किया है। उदाहरण के लिए, ऊर्जा मंत्रालय ने बैटरी स्टोरेज सॉल्यूशनों और पंप स्टोरेज हाइड्रो प्रोजेक्ट्स के लिए अंतर-राज्यीय ट्रांसमिशन सिस्टम (ISTS) चार्ज में छूट की घोषणा की है।

4. चुनौतियाँ और जोख़िम

- डिस्कॉम्स का वित्तीय घाटा अभी भी बड़ा है। जब तक उनकी आर्थिक सेहत बेहतर नहीं होगी, निजी निवेशकों को इस क्षेत्र में निवेश करने में हिचक महसूस होगी।
- सब्सिडी भुगतान में देरी, लागत वसूली की असमानता और पुराने बिलिंग सिस्टम डिस्कॉम की स्वास्थ्यप्रदता में बाधा हैं।
- वितरण प्रणाली में AT&C हानि (तकनीकी + वाणिज्यिक हानि) अभी भी एक गंभीर समस्या है। तकनीकी हानि में ट्रांसमिशन और वितरण लाइनों का पुराना होना, सबस्टेशन की कार्यक्षमता में कमी आदि शामिल हैं। वाणिज्यिक हानि में बिजली चोरी, बिल न चुकाना आदि शामिल है।
- इन हानियों को कम करने के लिए स्मार्ट मीटरिंग, निगरानी और डिजिटलाइजेशन अनिवार्य हैं, लेकिन व्यापक रोल-आउट और निवेश की कमी हो सकती है।
- नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों की अनियमितता ग्रिड बैलेंसिंग की मुश्किलें पैदा करती है। दिन के कुछ हिस्सों में सौर उत्पादन बहुत अधिक हो सकता है, जबकि अन्य समयों में बहुत कम। यही कारण है कि ऊर्जा भंडारण और लोड-फोरकास्टिंग की आवश्यकता बढ़ गई है।
- उन्नत मॉडलिंग (जैसे टाइम-ग्रैन्युलैरिटी मॉडल) और स्मार्ट ग्रिड प्रौद्योगिकियों के बिना नवीकरणीय ऊर्जा का एकीकरण चुनौतीपूर्ण हो सकता है।

5. भविष्य की दिशा और सुझाव

5.1 ग्रिड विस्तार और निवेश

- भारत को न केवल वर्तमान ट्रांसमिशन और वितरण नेटवर्क का विस्तार करना चाहिए, बल्कि उसे मजबूत और अधिक लचीला बनाना चाहिए।
- जैसा कि ट्रांसमिशन मास्टर प्लान में प्रस्तावित है, 2030 तक ~$30 अरब के निवेश की आवश्यकता है ताकि अंतर-राज्यीय और राज्य-अंतर्गत ट्रांसमिशन नेटवर्क को बढ़ाया और अपग्रेड किया जा सके।
- डिस्कॉम्स को सब्सिडी और वित्तीय मॉडल में सुधार करना चाहिए ताकि उनकी आर्थिक स्थिति मजबूत हो सके और वे अधिक आत्मनिर्भर बन सकें।

5.2 स्मार्ट ग्रिड और डिजिटलाइजेशन को बढ़ावा

- एनएफएमएस जैसे मॉनिटरिंग टूल को और बढ़ाया जाना चाहिए। सभी फीडर्स को शीघ्रता से क्लाउड-आधारित या डिजिटल निगरानी प्रणाली से जोड़ने की दिशा में काम होना चाहिए।

- स्मार्ट मीटर रोल-आउट (Advanced Metering Infrastructure) हर राज्य और डिस्कॉम में तेज़ी से किया जाना चाहिए। इससे न केवल चोरी और हानि में कमी आएगी, बल्कि उपभोक्ताओं को भी उनकी खपत की जानकारी मिलेगी, जिससे उनकी बिजली-उपयोग की आदत में सुधार हो सकता है।

5.3 ऊर्जा भंडारण और लचीला ग्रिड

- नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के अनियमित उत्पादन को संतुलित करने के लिए ऊर्जा भंडारण (जैसे बैटरियाँ, पंप-स्टोरेज) को बढ़ाना अनिवार्य है।
- सरकार और नीति निर्माताओं को स्टोरेज परियोजनाओं पर प्रोत्साहन देना चाहिए – सब्सिडी, कर छूट या ट्रांसमिशन चार्ज में छूट जैसे उपायों के जरिए।
- लोड-फोरकास्टिंग और ग्रिड प्रबंधन को बेहतर बनाने के लिए एडवांसड मॉडलिंग (जैसे समय-ग्रैन्युलैरिटी मॉडल) और मांग-प्रतिक्रिया (demand response) को अपनाया जाना चाहिए। इस दिशा में शोध और पायलट प्रोजेक्ट्स को गति दी जानी चाहिए।

5.4 वित्तीय सुधार और नीति समर्थन

- डिस्कॉम्स की वित्तीय सेहत सुधारने के लिए बेहतर टैरिफ स्ट्रक्चर बनाया जाना चाहिए, जिसमें लागत वसूली और टिकाऊ सब्सिडी मॉडल दोनों शामिल हों।
- बिलिंग, कलेक्शन और परिचालन दक्षता में सुधार लाने हेतु सार्वजनिक-निजी भागीदारी (PPP) मॉडल अपनाए जा सकते हैं।
- नीति और नियामक ढांचे को और अधिक स्थिर और दीर्घकालिक बनाना चाहिए ताकि निवेशकों में भरोसा बने रहे और बड़े निवेश को आकर्षित किया जा सके।

निष्कर्ष

विद्युत् क्षेत्र में **ग्रिड संचालन और वितरण** न केवल भारत की ऊर्जा सुरक्षा और आर्थिक विकास के लिए बेहद महत्वपूर्ण है, बल्कि यह सामाजिक समावेशन, स्वच्छ ऊर्जा संक्रमण, और सतत विकास के लक्ष्यों को हासिल करने में भी अहम भूमिका निभाता है। हालाँकि भारत ने इस क्षेत्र में उल्लेखनीय प्रगति की है, जैसे- राष्ट्रीय ग्रिड की क्षमताओं का विस्तार, डिजिटल निगरानी, और नवीकरणीय ऊर्जा की उच्च जोड़, आदि – फिर भी चुनौतियाँ कम नहीं हैं। वित्तीय स्वास्थ्य, तकनीकी हानि, ऊर्जा भंडारण और वितरण दक्षता जैसी समस्याओं को हल करने के लिए राजनीतिक इच्छाशक्ति, नीति-समर्थन और निरंतर निवेश की ज़रूरत है।

भविष्य की दिशा में, यदि भारत अपने ग्रिड और वितरण नेटवर्क को स्मार्ट, लचीला और आर्थिक रूप से टिकाऊ बनाए रखता है, तो यह न केवल देश की ऊर्जा ज़रूरतों को पूरा करेगा, बल्कि हर नागरिक तक विश्वसनीय, सस्ती और स्वच्छ बिजली की पहुँच सुनिश्चित कर सकेगा।

******

'जो कागज ना होता'

गौरव कुमार, सहायक निदेशक, जल परियोजना आयोजन एवं अन्वेषण प्रभाग (एचपीपी एंड आई)

गर कागज कलम न होते, स्याही कैसे भर पाती?
कितने कल्पित हो जाते हम, पर कविता ना बन पाती।

सोचो तब कैसे तुलसीदास रामकथा लिख पाते ?
या प्रेमचंद के किस्सों का हम कैसे आनंद उठाते?
न होता तब इतिहास विषय, न पुस्तकालय बन पाता,
बच्चे होते खुश सोचकर–काश कभी ऐसा हो पाता।

न छपतीं किताबें, अख़बारे , ना पत्रिकाएँ बन पातीं,
चिट्ठी लेने-देने की सारी झंझट ख़त्म हो जाती ।
बस सुन-सुनकर सब पढ़ते, बोलकर परीक्षा देते,
स्कूल के बच्चों के बस्तों के बोझ भी हल्के होते।

पर आज ये हालत है कि उंगली पतली होती जाए,
लेखनी थकी हुई भी फिर, भावों को ढोती जाए ।
शायद कुछ ऐसा बन पाता–हम सोचते औ लिख जाता,
ना थकते तब बेचारे हाथ, और स्याही भी बच जाता।

बच जाते हम कितने श्रम से, भावों को सरल बताते,
शायद दुनिया बदली होती, हम कुछ अच्छा कर पाते।
हाथों का यूँ थकना, स्याही का यूँ ख़त्म हो जाना,
लगता है–बहुत हुआ लिखा, अब थक कर है सो जाना।
फिर हमने सोचा यह बाधा कैसे खत्म हो पाती ?
जब ना बनते कागज-दवात, हाँ तभी सही हो पाती |

पर इसी बात को सोच हम फिर उदास हैं होते -
तब कैसे बनते कवि,लेखक, यदि कागज ही ना होते ?
कागज के चित्रों की दुनिया से हर कोई दूर हो जाता,
इस मन के भावों को फिर कोई कैसे लिख पाता?

कुछ अजब सा लगता मुझको, मन यह फिर कहता है-
है सही अभी जो तुझे मिला, लिखने को दिल करता है |
उसके ही गीतों को शब्दों में, मैंने है बस बांधा ;
जो ना होती ये 'प्रिय लेखनी', तो मैं कैसे लिख पाता ?

******

ख़ुदी की खोज

गिरीश रंजन, सहायक निदेशक - II, जलविद्युत योजना एवं निगरानी (एचपीएम) प्रभाग

क्यों ख़ुदी की खोज में
हर रोज़ भटक जाता हूँ मैं।
इश्क़ भी ख़ुद से ही है,
और ख़ुदी से यारियाँ
फिर भी मिलने से पहले
क्यों बिछड़ जाता हूँ मैं?
क्यों ख़ुदी की खोज में
हर रोज़ भटक जाता हूँ मैं।

चलता हूँ उसी राह पर
जो मंज़िल तक जाती है,
फिर भी पाने से पहले
क्यों ठहर जाता हूँ मैं?
क्यों ख़ुदी की खोज में
हर रोज़ भटक जाता हूँ मैं।

भागता हूँ रोज़ ही
अपने पुराने कर्मों से,
फिर भी यादों की ज़ंजीरों से
क्यों लिपट जाता हूँ मैं?
क्यों ख़ुदी की खोज में
हर रोज़ भटक जाता हूँ मैं।

देखता हूँ सुंदर सपना,
नींद से आँखों को सजाकर,
फिर भी पूरा होने से पहले
क्यों जाग जाता हूँ मैं?
क्यों ख़ुदी की खोज में
हर रोज़ भटक जाता हूँ मैं।

******

'जीवन का सफर'

पुष्पा रानी राव, पीएसओ

जीवन का ये जो सफर है, बड़ा ही अनोखा सफर है,
अनजानी है मंज़िल, और अनजानी-सी डगर है,
सरल नहीं है ये डगर, अनेक अप्रत्याशित मोड़ों से है भरी हुई,
कभी तीव्र गति से भागती हुई, तो कभी लगती है ठहरी हुई,
अपेक्षा ना रखना किसी हमराही की, सफ़र तय करना होगा अकेले ही,
राह कठिन लगे कितनी भी, कठिनाइयों को लांघना होगा अकेले ही,
साहस है अगर चुनौतियों को स्वीकार करने का, तो चलो।

हर तरफ दिखते हैं यहां लोग ही लोग, जैसे लगा हो कोई मेला,
पर इंसानों की इस भीड़ में, वास्तव में हर शख़्स है अकेला,
चले जा रहे हैं सब, जाना कहाँ है, ये जानता नहीं कोई,
अक्सर देखते हैं एक-दूसरे को, पर पहचानता नहीं कोई,
पहचानने की इच्छा है अगर दूसरों को, तो पहले पहचानो ख़ुद को,
अपने अंतर्मन में झाँको, आत्मविश्वास जगाओ और मानो खुद को,
इरादा है अगर दुनिया जीतने का, तो स्वयं से जीतो, फिर चलो ।

जगाओ अपनी आंतरिक शक्ति को, अनजानी-अनिश्चित डगर पर बढ़ाओ कदम अकेले,
पर बिना किसी उम्मीद के, कि कोई समझे तुम्हारे भाव को, तुम्हारे एहसास को झेले,
कहीं प्रंशसा, तो कहीं निंदा मिलेगी, किसी से सहयोग, तो किसी से विरोध पाओगे,
कोई सराहना करेगा तुम्हारी, तो किसी की आंख की किरकिरी बन जाओगे,
पर उचित उद्देश्य, अथक प्रयासों के सबब से, तुम्हें अपनत्व और मान मिलेगा,
किसी से सम्मान मिलेगा, तो, संभवतः किसी से अपमान भी मिलेगा,
हौसला है अगर, प्रंशसा-निंदा, सम्मान-अपमान से परे सोचने का, तो चलो ।

लेकिन -
इरादे मज़बूत हों, तो कदम भी इरादों के कदम से कदम मिला ही लेंगे,
विकल्प रहित संकल्प हो, तो इरादे एक दिन लक्ष्य को पा ही लेंगे,
कितनी भी प्रतिकूल हों परिस्थितियां, तुम्हारे अनुकूल बन ही जाएंगी,
पराक्रम सहित पुरुषार्थ करोगे, तो मंजिल खुद-ब-खुद चलकर आएगी,
सद्भावना और व्यवहार-कुशलता से, लोगों के दिलों में भी स्थान मिलेगा,
साथ चलेंगी जब शुभकामनाएं और दुआएं, तो दुर्गम पथ भी आसान लगेगा,
और तब, साथियों से ही नहीं, विरोधियों से भी सम्मान मिलेगा....सम्मान मिलेगा।

******

केन्द्रीय विद्युत प्राधिकरण की उपलब्धियाँ, समाचार एवं फोटो फ़ीचर

केन्द्रीय विद्युत प्राधिकरण द्वारा **स्वच्छता ही सेवा अभियान 2025 "स्वच्छोत्सव"** 17 सितंबर से 2 अक्टूबर तक चलाया गया।

स्वच्छता ही सेवा अभियान 2025 का समापन समारोह दिनांक 01/10/2025 को केविप्रा मुख्यालय में आयोजित किया गया।
अध्यक्ष महोदय, श्री घनश्याम प्रसाद ने निबंध/अवशेष से निर्मित कला संस्थापन/ प्रश्नोत्तरी/ चित्रकला (5-10 वर्ष)/ चित्रकला (11-17 वर्ष) प्रतियोगिताओं के विजेताओं को पुरस्कार प्रदान किया।

समारोह के अंत में अध्यक्ष महोदय, केविप्रा द्वारा स्वच्छता के विषय पर संबोधन दिया गया।

स्वच्छता को संस्थागत करने और सरकारी दफ्तरों में होने वाली देरी को कम करने हेतु सरकार की पहलों के अनुरूप केविप्रा वर्ष 2021 से ही विशेष अभियानों में सक्रिय रूप से भागीदारी कर रहा है।

केविप्रा ने दिनांक 11/10/2025 को सीडब्ल्यूसी की लाइब्रेरी बिल्डिंग के सभागार में अपना 52वां स्थापना दिवस अपने दीर्घावधि उर्जा और जलवायू लक्ष्यों के अनुरूप देश में 2047 तक 100 गीगावाट परमाणु क्षमता के विकास के रोडमैप पर मंथन के उद्देश्य से मनाया।

श्री भगवान सहाय बैरवा, मुख्य अभियंता, केविप्रा ने पोखरा, नेपाल में 3-4 नवंबर, 2025 को विद्युत में सहयोग हेतु भारत-नेपाल संयुक्त तकनीकी दल की 17वीं बैठक में भारतीय पक्ष का नेतृत्व किया।

श्री घनश्याम प्रसाद, अध्यक्ष महोदय, केविप्रा ने दिनांक 16/10/2025 को नई दिल्ली में सीडीआरआई द्वारा आयोजित "तटीय क्षेत्रों में विद्युत क्षेत्र की परिवर्तनीयता निर्माण पर राष्ट्रीय कार्यशाला" के उद्घाटन सत्र में विशेष संबोधन दिया।

श्री इरफ़ान अहमद, मुख्य अभियंता, केविप्रा ने भी कार्यशाला के दौरान विद्युत मंत्रालय की आपदा प्रबंधन योजना पर अपनी प्रस्तुति दी।

राष्ट्रीय उर्जा संरक्षण दिवस 2025 के आयोजन के दौरान भारत की माननीय राष्ट्रपति, माननीय विद्युत मंत्री और माननीय विद्युत राज्य मंत्री के साथ श्री प्रवीण गुप्ता, सदस्य (तापीय), केविप्रा।

वन्दे मातरम के 150 वर्ष पूरे होने के उपलक्ष्य में आयोजित समारोह में केविप्रा के अधिकारियों/कर्मचारियों ने राष्ट्रप्रेम की भावना से एकत्रित होकर राष्ट्र गीत गाया।

इस गीत का कालातीत होना प्रत्येक भारतीय के लिए प्रेरणा का स्रोत है।

दिनांक 30 दिसंबर, 2025 को विज्ञान भवन में आयोजित नगर राजभाषा कार्यान्वयन समिति दक्षिण दिल्ली-2 की छठी छमाही बैठक में श्रीमती सुमन बाला, निदेशक (एच.आर.डी.) एवं श्रीमती शेफ़ाली दुष्यन्त, सहायक निदेशक (रा.भा.) प्रभारी, केविप्रा नें प्रतिभागिता की।

20 एवं 21 नवंबर, 2025 को तिरुपति में आयोजित माननीय संसदीय राजभाषा समिति की दूसरी उप-समिति की निरीक्षण बैठक में विद्युत मंत्रालय के प्रतिनिधि के रूप में केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण से श्री महीपाल सिंह, प्रधान मुख्य अभियंता-1 के द्वारा प्रतिभागिता की गयी।

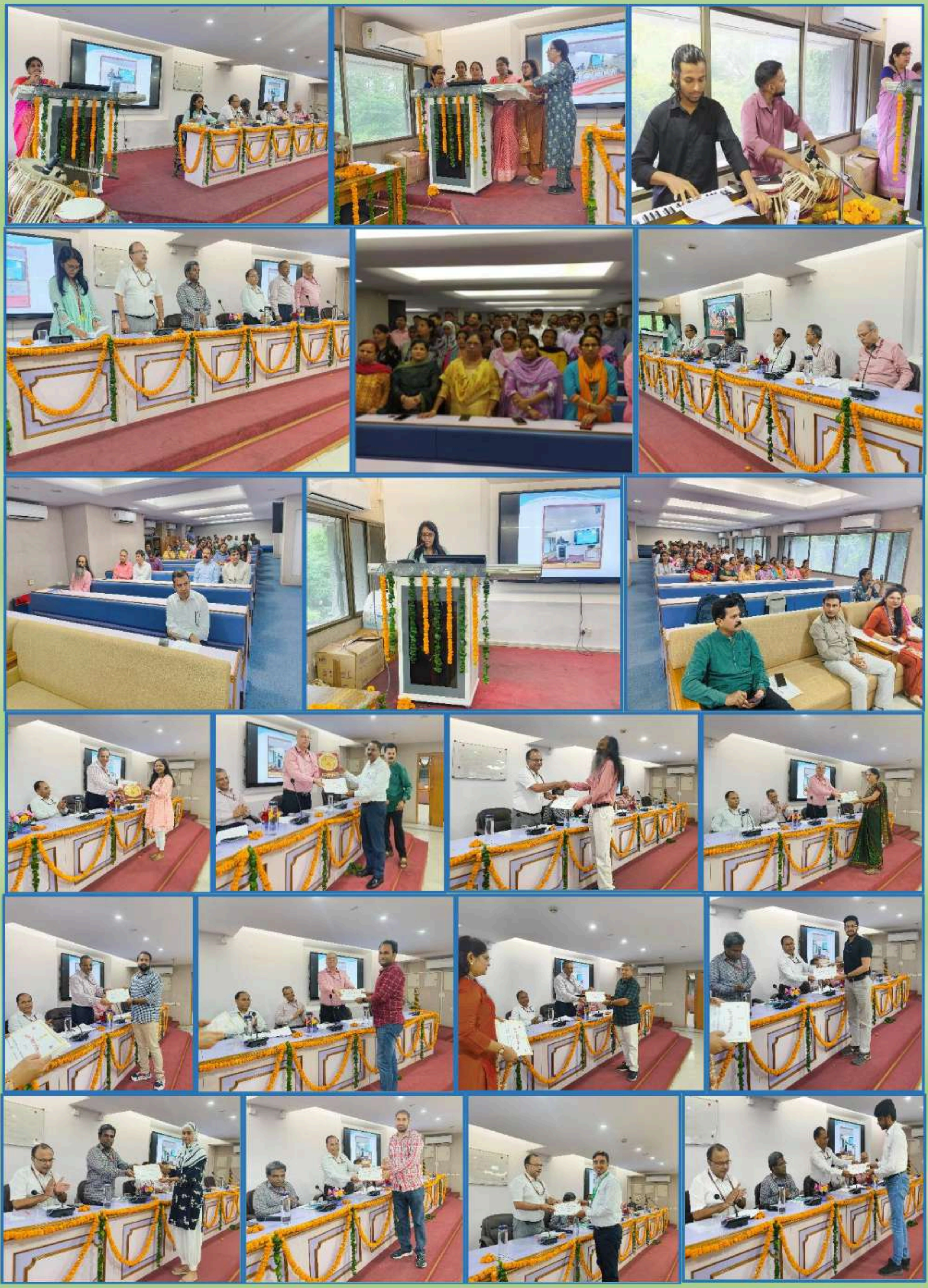
दिनांक 18 दिसंबर, 2025 को विद्युत मंत्रालय द्वारा संघ की राजभाषा नीति के संबंध में केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण का राजभाषायी निरीक्षण किया जिसमें मंत्रालय की ओर से श्री शमशेर सिंह, उप निदेशक (राजभाषा) एवं श्री अनिल कुमार, कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी द्वारा निरीक्षण किया गया।

दिनांक 29 दिसंबर, 2025 को केंद्रीय विद्युत प्रधिकरण मुख्यालय में राजभाषा अनुभाग द्वारा "पीएफएमएस, एलटीसी एवं टीए बिल भरने की प्रक्रिया एवं उसमें आने वाली कठिनाइयाँ" विषय पर हिंदी कार्यशाला का आयोजन व्याख्यान कर्ता श्री अंकित कुमार, सहायक लेखा अधिकारी, जी.आई.एफ.एम.आई.एस., सीजीए, नई दिल्ली द्वारा कराया गया।

पत्राचार:-

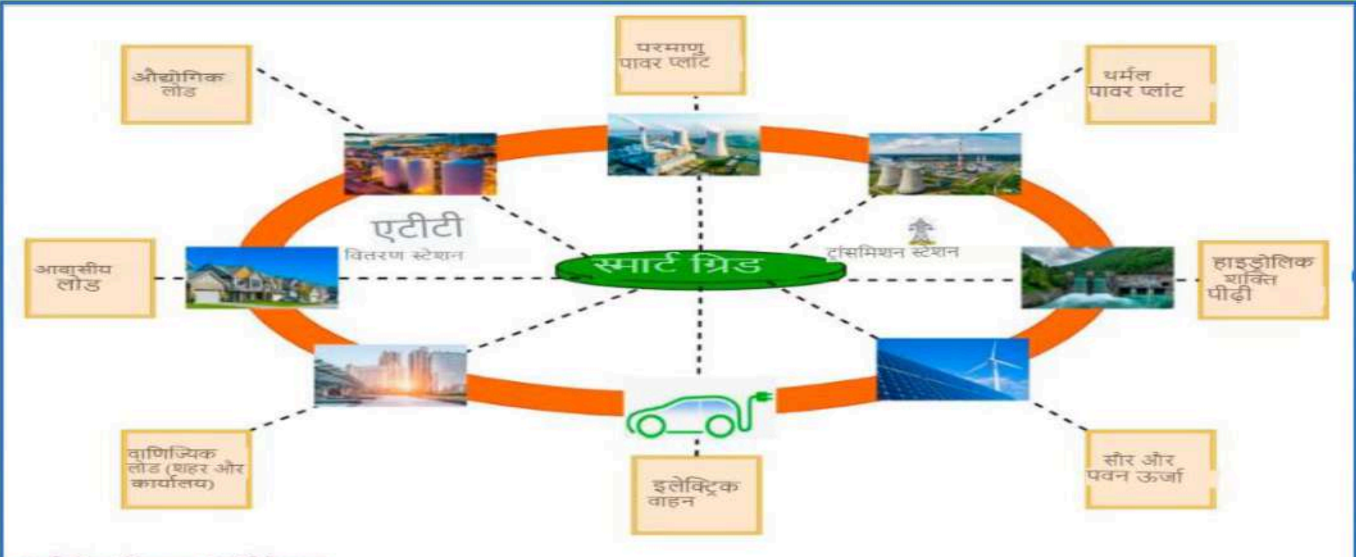
- तिमाही (जुलाई-सितम्बर, 2025) के दौरान "क", "ख", एवं "ग' क्षेत्र के साथ किए गए मूल पत्राचार का प्रतिशत क्रमश: 98.89, 98.36 एवं 93.82 प्रतिशत रहा।
- दिनांक 12 नवबंर, 2025 को अध्यक्ष, केविप्रा की अध्यक्षता में राजभाषा कार्यान्वयन समिति की बैठक का आयोजन किया गया।

हिंदी पखवाड़ा सितंबर, 2025 के दृष्य



केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण मुख्यालय में दिनांक 14-29 सितंबर, 2025 तक हिंदी पखवाड़े का आयोजन किया गया। जिसमें विभिन्न प्रकार की प्रतियोगिताओं का आयोजन किया गया, जिनकी कुछ झलकियाँ उपर्युक्त प्रस्तुत है। साथ ही प्रतियोगिता विजेताओं को पुरस्कार प्रदान करते हुए आदरणीय सदस्यगणों के छायाचित्र ऊपर दर्शाए गयें हैं।

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



स्मार्ट ग्रिड सिस्टम आर्किटेक्चर।

विद्युत क्षेत्र में विशेषकर संक्रमण के सन्दर्भ में उन चुनौतियों पर ध्यान देने की आवश्यकता है जो अपेक्षित आंकड़ों और अपेक्षाओं को प्राप्त करने में सामने आएँगी।

श्री घनश्याम प्रसाद
अध्यक्ष
केन्द्रीय विद्युत प्राधिकरण

सर्वाधिकार सुरक्षित-

प्रकाशकः

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