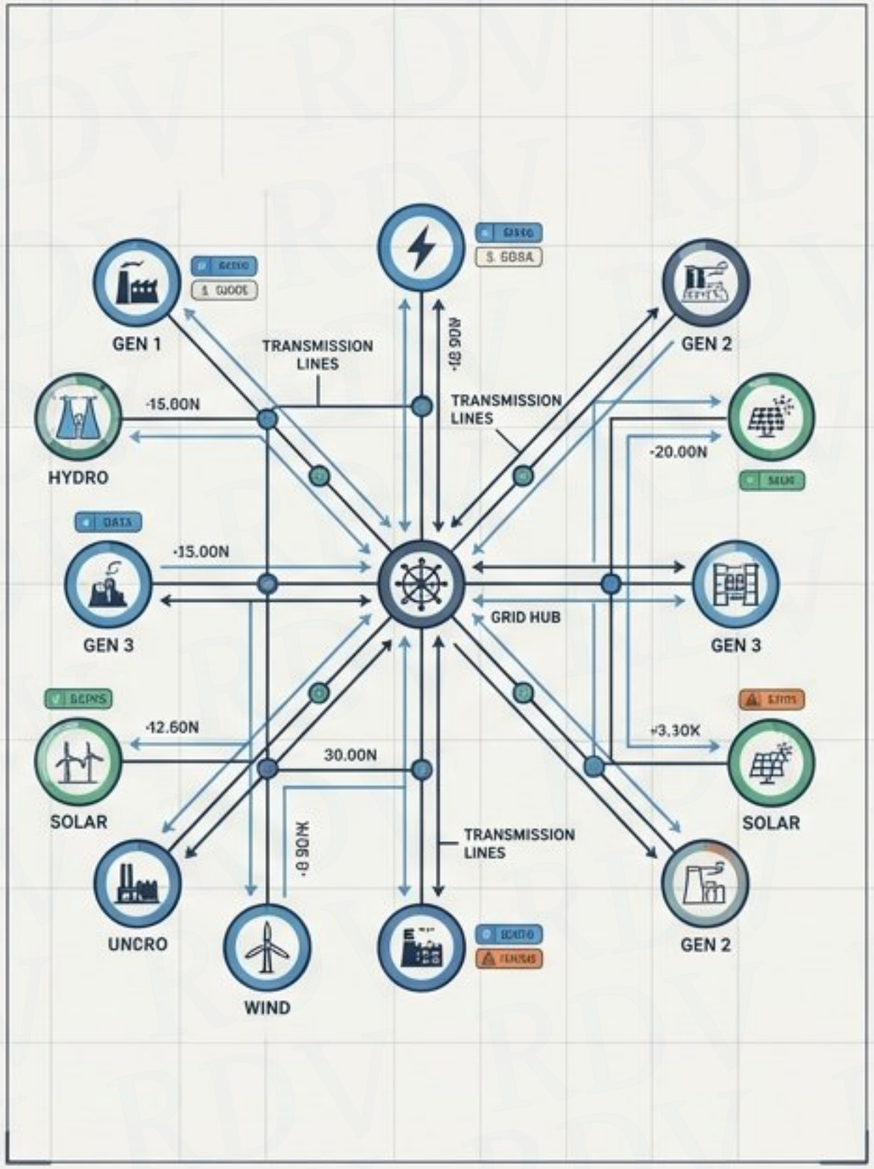
ઈકોનોમિક લોડ ડિસ્પેચ

પાવર ગ્રીડનું ઑપ્ટિમાઈઝેશન: ન્યૂનતમ ખર્ચે મહત્તમ કાર્યક્ષમતા

સમાન લોડ વહેંચણી (Equal Sharing) થી સ્માર્ટ ડિસ્પેચ સુધીની ગાણિતિક સફર.



Gemini Notebook

શા માટે આપણને ELD ની જરૂર છે?

જનરેટર A (કોલસો)

ઉત્પાદન ખર્ચ: ઓછો

જનરેટર B (ગેસ)

ઉત્પાદન ખર્ચ: મધ્યમ

જનરેટર C (ડીઝલ)

ઉત્પાદન ખર્ચ: વધુ

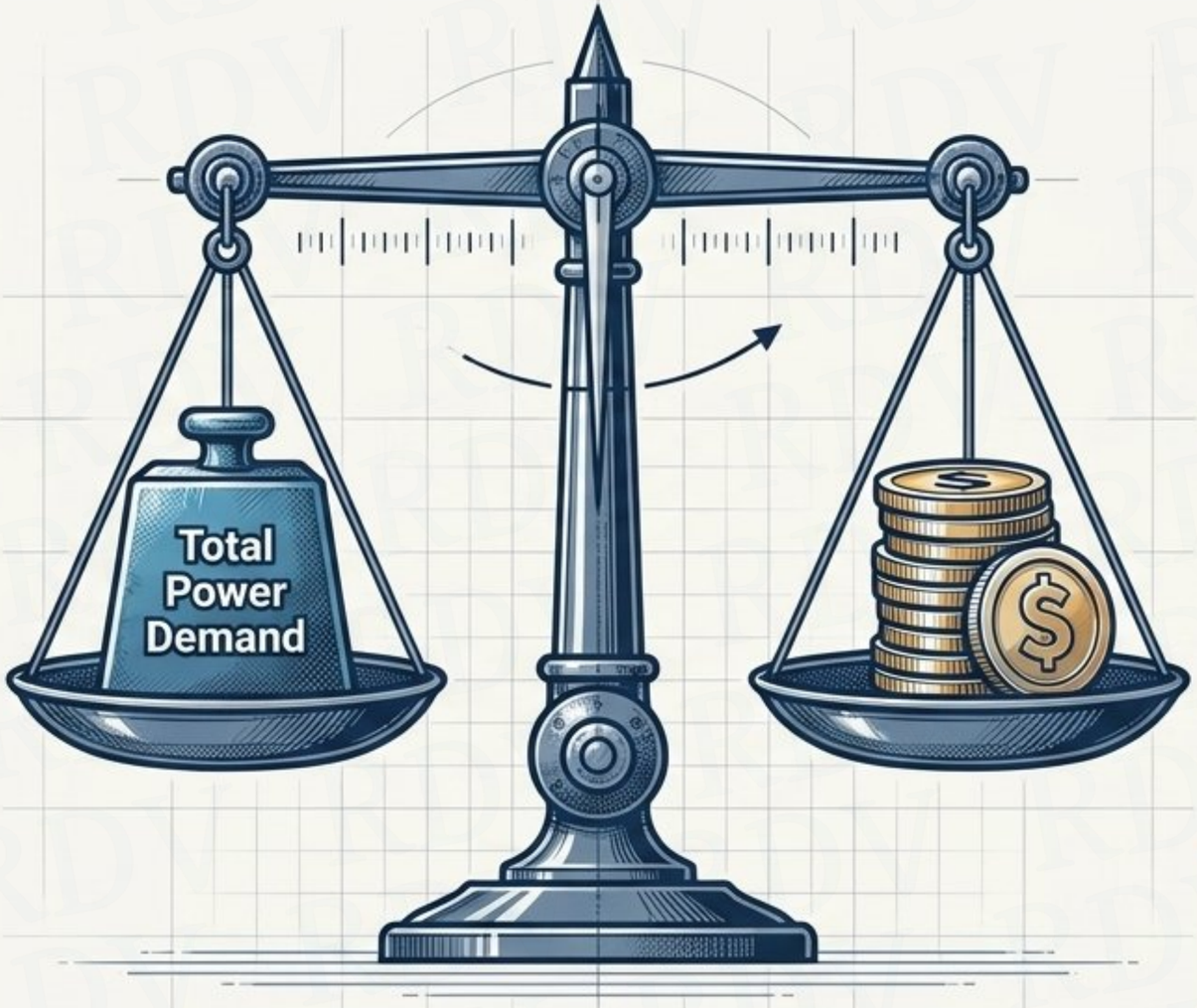
જો બધા જનરેટર્સ સમાન રીતે (Equal Sharing) લોડ વહેંચે, તો કુલ ખર્ચ બિનજરૂરી રીતે વધી જાય છે. વિવિધ ઈંધણ ખર્ચ અને કાર્યક્ષમતાને કારણે સ્માર્ટ વહેંચણી જરૂરી છે.

Gemini Notebook

ઈકોનોમિક લોડ ડિસ્પેચ શું છે?

વ્યાખ્યા

દરેક જનરેટરે કેટલી પાવર ઉત્પન્ન કરવી જોઈએ જેથી કુલ વીજળીની માંગ સૌથી ઓછા ઓપરેટિંગ ખર્ચે પૂરી થઈ શકે?



પ્રાથમિક ઉદ્દેશ્યો

1. કુલ ઈંધણ ખર્ચ (Fuel Cost) ઘટાડવો.
2. જરૂરી લોડ ડિમાન્ડ પૂરી પાડવી.
3. જનરેટર્સને તેમની સુરક્ષિત ઓપરેટિંગ મર્યાદામાં ચલાવવા.

સ્માર્ટ ઈનસાઈટ: સસ્તા જનરેટર્સને વધુ લોડ અને મોંઘા જનરેટર્સને ઓછો લોડ ફાળવવો.

Gemini Notebook

ઈંધણ ખર્ચનું ગણિત: દ્વિઘાત સમીકરણ

$$F(P) = a + bP + cP^2$$

a (ફિક્સ્ડ કોસ્ટ)

આ ખર્ચ હંમેશા રહે છે, ભલે પાવર ઉત્પન્ન ન થતો હોય (દા.ત. બોઈલર વોર્મ-અપ, સ્ટાફ).

bP (લિનિયર કોસ્ટ)

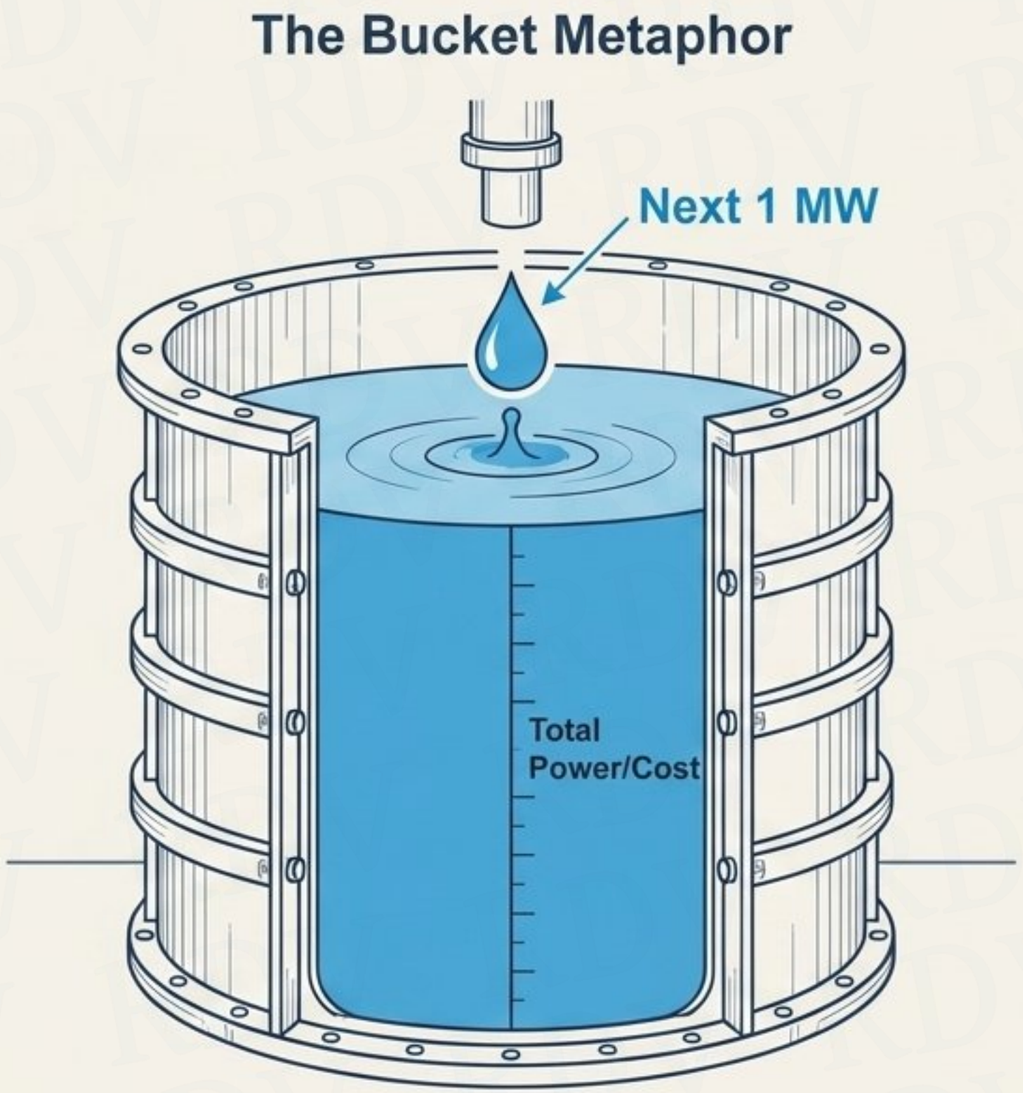
પાવર (MW) સાથે સીધો વધતો ખર્ચ. વધારાના દરેક MW માટે જરૂરી ઈંધણ.

cP^2 (ક્વાડ્રેટિક કોસ્ટ)

ઉચ્ચ પાવર આઉટપુટ પર જનરેટર્સની ઘટતી કાર્યક્ષમતા. મેક્સિમમ કેપેસિટી નજીક પહોંચતા બળતણનો ખર્ચ ઝડપથી (Parabolic રીતે) વધે છે.

Gemini Notebook

ઈન્ક્રીમેન્ટલ ફ્યુઅલ કોસ્ટ (dF/dP): આગામી મેગાવોટની કિંમત



એક વધારાનો MW (Megawatt) પાવર ઉત્પન્ન કરવા માટે જરૂરી વધારાનો ઈંધણ ખર્ચ. આ ELD નો સૌથી મહત્વપૂર્ણ ખ્યાલ છે.

જો મૂળ ખર્ચ:

$$F(P) = 500 + 5P + 0.01P^2$$

તો ઈન્ક્રીમેન્ટલ ખર્ચ (વિકલન કરવાથી):

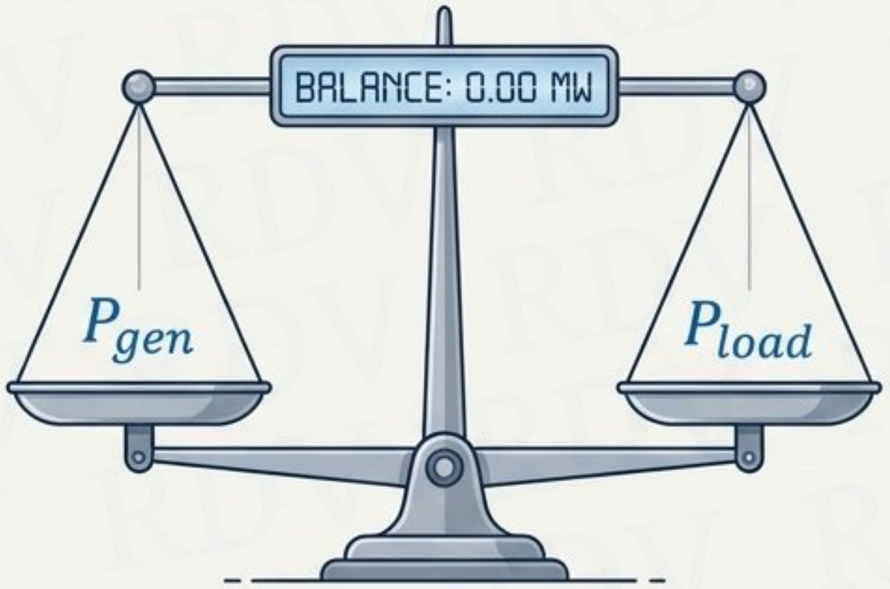
$$\frac{dF}{dP} = 5 + 0.02P$$

⚠ ઈનસાઈટ: આ સમીકરણ આપણને જણાવે છે કે આપેલ ક્ષણે જનરેટર પર વધુ લોડ નાખવો કેટલો મોંઘો પડશે.

Gemini Notebook

ગ્રીડના કડક નિયમો: સમાનતા અને અસમાનતા (Operating Constraints)

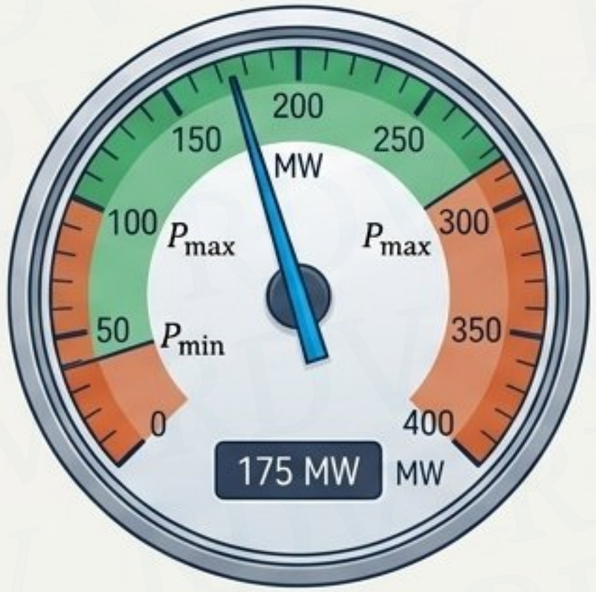
સમાનતા પ્રતિબંધ (Equality Constraint)



નિયમ: કુલ ઉત્પન્ન થતો પાવર ગ્રાહકોની કુલ માંગ જેટલો જ હોવો જોઈએ.

$$P_1 + P_2 + \ldots + P_n = P_D$$

અસમાનતા પ્રતિબંધ (Inequality Constraint)

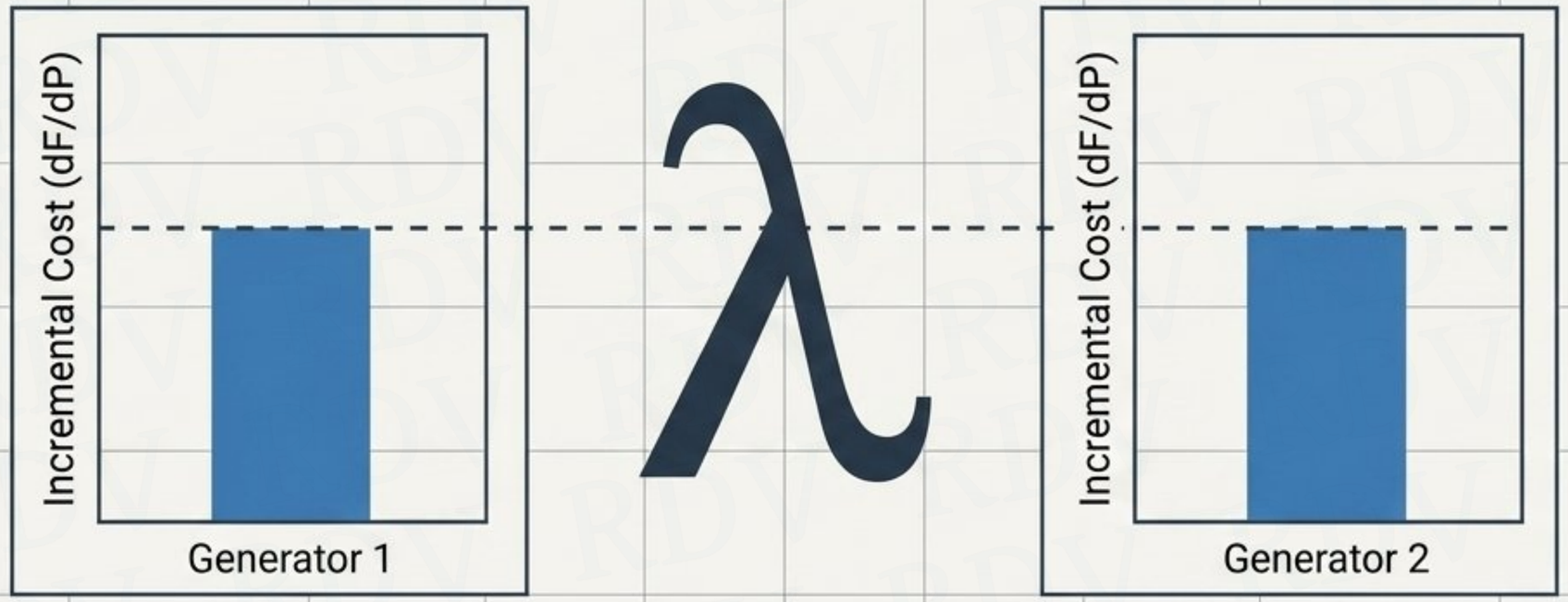


નિયમ: દરેક જનરેટર તેની નિર્ધારિત ન્યૂનતમ (P_{min}) અને મહત્તમ (P_{max}) મર્યાદામાં જ ચાલવું જોઈએ.

$$P_{min} \leq P_i \leq P_{max}$$

Gemini Notebook

સુવર્ણ નિયમ: લઘુત્તમ ખર્ચ માટેની શરત (λ)



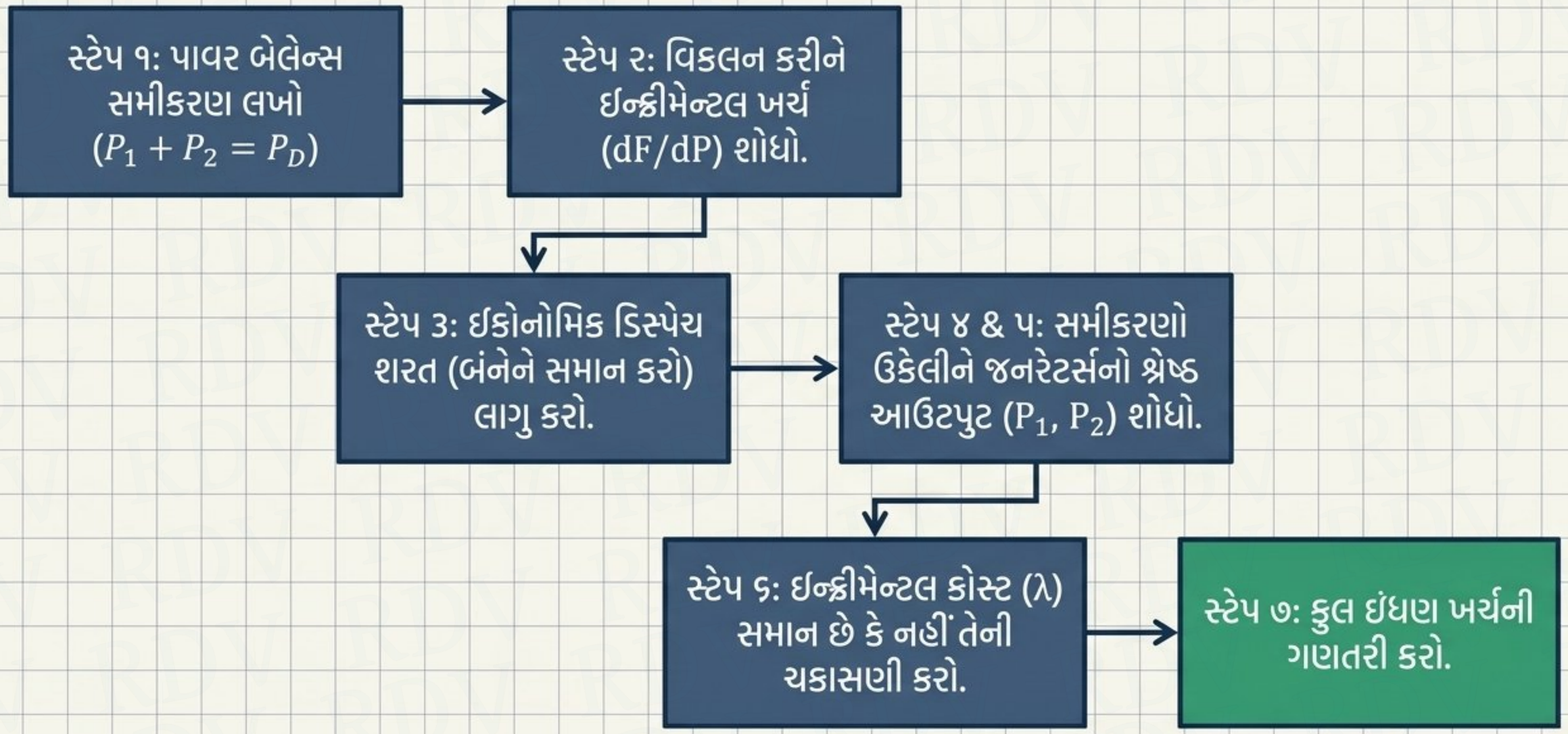
ન્યૂનતમ ઓપરેટિંગ ખર્ચ માટે, બધા જનરેટર્સનો ઈન્ક્રીમેન્ટલ ખર્ચ એકસમાન હોવો જોઈએ.

$$dF_1/dP_1 = dF_2/dP_2 = \ldots = dF_n/dP_n = \lambda$$

ઈનસાઈટ: જ્યાં સુધી આ શરત સંતોષાય નહીં, ત્યાં સુધી આપણે મોંઘા જનરેટર પરથી સસ્તા જનરેટર પર લોડ શિફ્ટ કરીને નાણાં બચાવી શકીએ છીએ. λ એ Lagrange multiplier છે.

Gemini Notebook

ELD અલ્ગોરિધમ: કંટ્રોલ રૂમની પ્રક્રિયા



Gemini Notebook

સિમ્યુલેશન ટેસ્ટ: ૧૮૦ MW ની કુલ માંગ

ધારો કે એક પાવર પ્લાન્ટમાં બે યુનિટ છે અને કુલ ડિમાન્ડ 180 MW છે. આપણે શોધવાનું છે કે શ્રેષ્ઠ આર્થિક બચત કઈ રીતે થશે.

યુનિટ 1 ઈંધણ ખર્ચ
$F_1 = 0.2P_1^2 + 40P_1 + 120$ (Rs./h)

યુનિટ 2 ઈંધણ ખર્ચ
$F_2 = 0.25P_2^2 + 30P_2 + 150$ (Rs./h)

પડકાર: જો આપણે બંને જનરેટર્સને સમાન લોડ (૯૦ MW - ૯૦ MW) આપીએ, તો શું ખર્ચમાં નુકસાન થશે? ચાલો ગણતરી કરીએ.

Gemini Notebook

ડાયગ્નોસ્ટિક રિપોર્ટ: સમાન વહેંચણી વિ. ELD

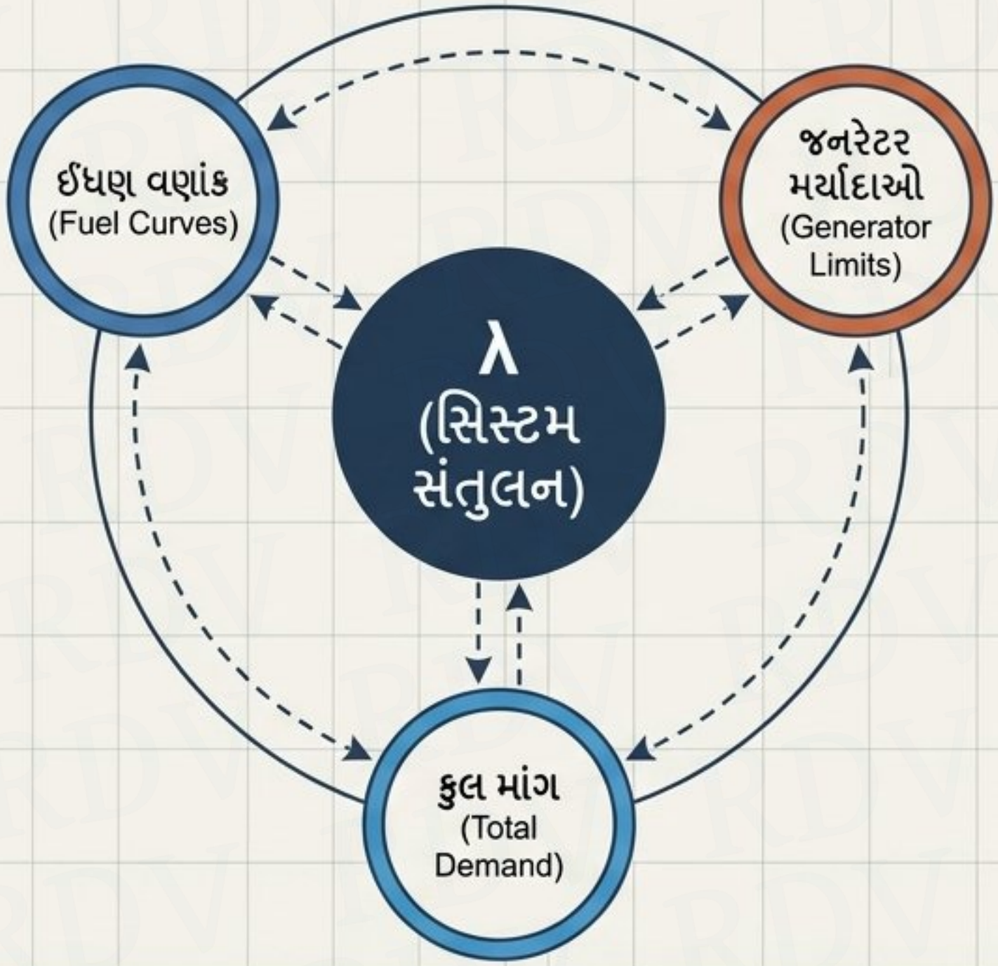
સામાન્ય પદ્ધતિ: સમાન વહેંચણી	સ્માર્ટ પદ્ધતિ: ઈકોનોમિક ડિસ્પેચ
લોડ ફાળવણી: P_1 = 90 MW, P_2 = 90 MW	લોડ ફાળવણી: P_1 = 88.89 MW, P_2 = 91.11 MW
કુલ ઉત્પાદન ખર્ચ: ₹ 10,215 / કલાક	**કુલ ઉત્પાદન ખર્ચ: ₹ 10,214.43 / કલાક**

બચત (Savings): ₹ 0.57 / કલાક.

ઈનસાઈટ: આ નાની રકમ માત્ર કલાકદીઠ છે. વાસ્તવિક મોટા પાવર પ્લાન્ટ્સમાં વર્ષો સુધી 24/7 ચાલતા અબજો રૂપિયાની બચત થાય છે!

Gemini Notebook

સંપૂર્ણ ચિત્ર: λ દ્વારા ઓપરેશનલ સંતુલન



	Holistic Takeaways:
1.	૧. **ડાયનેમિક ઈકોસિસ્ટમ:** ELD એ માત્ર એક સમીકરણ નથી, પરંતુ એક જીવંત પ્રણાલી છે.
2.	૨. જેમ માંગ (Demand) વધે છે, તેમ સિસ્ટમનો λ (ઈન્ક્રીમેન્ટલ કોસ્ટ) ઉપર જાય છે.
3.	3. દરેક જનરેટર પોતાની કાર્યક્ષમતા અને ઈંધણના ભાવ અનુસાર સિસ્ટમ સાથે તાલમેલ સાધે છે.
	૪. **પરિણામ:** સમગ્ર ગ્રીડ એક સિંગલ, અત્યંત કાર્યક્ષમ મશીન તરીકે કામ કરે છે.

Gemini Notebook

વાસ્તવિક દુનિયામાં ELD નો પ્રભાવ

ઈંધણના વપરાશ અને ઓપરેટિંગ ખર્ચમાં ધરખમ ઘટાડો.

પાવર પ્લાન્ટની કાર્યક્ષમતા અને ગ્રીડની વિશ્વસનીયતામાં સુધારો.

સ્ટીમ અને ગ્યાયતો ટર્બાઇન પાવર પ્લાન્ટ્સ

થર્મલ અને ગેસ ટર્બાઇન પાવર પ્લાન્ટ્સ (Thermal & Gas Plants).

હાઈડ્રોઈલેક્ટ્રિટક સ્ટેશનો (Hydroelectric Stations).

સ્માર્ટ ગ્રીડ્સ અને આધુનિક એનર્જી મેનેજમેન્ટ સિસ્ટમ્સ (EMS).

નિષ્કર્ષ: આધુનિક પાવર એન્જિનિયરિંગમાં ELD એ સુનિશ્ચિત કરે છે કે આપણી વીજળી માત્ર અવિરત જ નહીં, પણ આર્થિક રીતે સ્માર્ટ પણ છે.

Gemini Notebook