Chapter 5: Operating Reserve

Operating Reserve به همه سرویسها و رزروهای گردانی گفته می شود که برای حفظ قابلیت اطمینان سیستم نیاز است.

Operating Reserve = Spinning Reserve + Standby (ready) Reserve

$$\text{Spinning Reserve (SR)} = \sum_{i=1}^{n} P_{i\,\max} - L$$

Standby Reserve: (NonSpinning Reserve)

- **Rapid Start Unit Reserve**
- **Hot Reserve Unit**
- **Interruptible Load**
- **Assistant from Interconnected System**

Islamic Azad University - Lahijan Branch

Health: وقتی سیستمی در شرایط **Health** کار می کند فرض بر آن است سیستم مفروض به اندازه کافی رزرو دارد. در چنین شرایطی وقتیکه یکی از پیشامدهای غیراحتمالی مانند خارج شدن یک واحد از سیستم رخ می دهد، مشکلی برای سیستم پیش نمی آید.

Margin: نمایانگر سیستمی است که به اندازه کافی رزرو نداشته و اگر یکی از واحدها از سیستم خارج شود، سیستم در شرایط ریسک قرار می گیرد.

Risk: سیستم دچار مشکل شده است.

Islamic Azad University - Lahijan Branch

فرض می شود برای واحدهای تولید دو حالته، LT واحدهای تولید T باشد. بنابراین واحدهایی که در مدار نیستند به T ساعت، زمان نیاز دارند که وارد مدار شوند، احتمال خرابی واحد تولید برابر است با:

$$P_{Dn}(T) = \frac{\lambda}{\lambda+\mu} - \frac{\lambda}{\lambda+\mu} e^{-(\lambda+\mu)T}$$

اگر فرآیند تعمیر در مدت زمان T رخ ندهد (زمان برای تعمیر خیلی کوچک باشد) یعنی $\mu = 0$:

$$P_{Dn}(T) = 1 - e^{-\lambda T} = 1 - (1 - \lambda T + \frac{(-\lambda T)^2}{2!} - \cdots)$$

چون λ مقدارش خیلی کوچک است:

$$P_{Dn}(T) = \lambda T = \text{ORR}$$

Islamic Azad University - Lahijan Branch

Islamic Azad University - Lahijan Branch

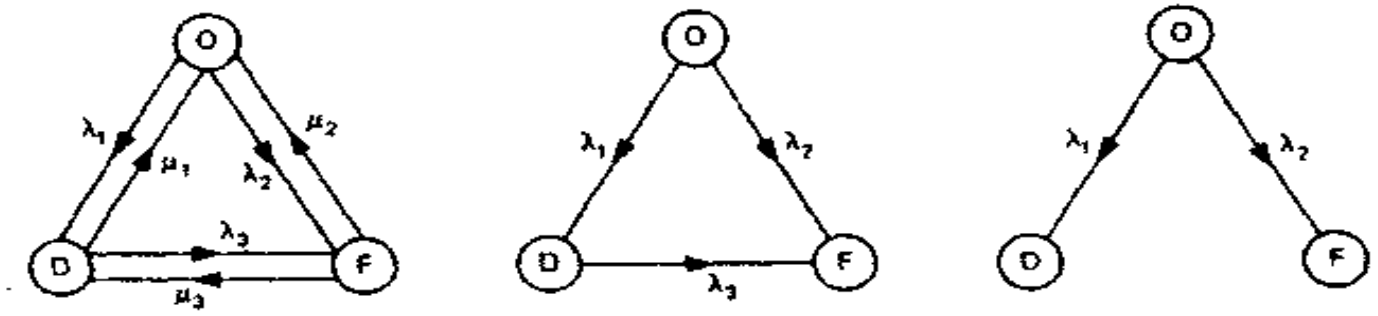
: Unit Commitment Risk

در این روش براساس تعداد واحدهای تولید در دسترس و بار سیستم، جدول **COPT** براساس **ORR** تشکیل می شود. جاییکه رزرو برابرصفر می شود،ریسک محاسبه می گردد.

$$\lambda T \uparrow \Rightarrow ORR \uparrow \Rightarrow Risk \uparrow$$

: Derated

در این مطالعه فرض رفتن واحد به تعمیرات را کنار بگذاریم، چون واحد در شرایط بهره برداری کار خود را شروع کرده، یک اتفاق بیشتر نمی تواند رخ دهد یا به **Derated** می‌رود یا **Failure** می کند.



$$P(\text{down}) \simeq \lambda_2 T \qquad P(\text{derated}) = \lambda_1 T \qquad P(\text{operating}) \simeq 1 - (\lambda_1 + \lambda_2) T$$

Consider a committed generating system (System A) consisting of 2 x 10 MW units, 3 x 20 MW units and 2 x 60 MW units. Let each be a thermal unit having the failure rates shown in Table 5.1. The ORR of each unit for lead times of 1, 2 and 4 hours are also shown in Table 5.1.

Table 5.1 Failure rates and ORR

		ORR for lead times of		
Unit (MW)	λ *(f/yr)*	*1 hour*	*2 hours*	*4 hours*
10	3	0.000342	0.000685	0.001370
20	3	0.000342	0.000685	0.001370
60	4	0.000457	0.000913	0.001826

System B — basically the same as System A but with one of the 60 MW thermal units replaced by a 60 MW hydro unit having a failure rate of 1 f/yr (equivalent to an ORR of 0.000228 for a lead time of 2 hours). Generally hydro units have much smaller failure rates than thermal units.

System C — a scheduled system of 20 x 10 MW units each having an ORR equal to that of the 10 MW units of System A.

Islamic Azad University - Lahijan Branch

Table 5.2 Capacity outage probability tables

Capacity		Cumulative probability				
		System A and lead times of			System B	System C
Out (MW)	In (MW)	1 hour	2 hours	4 hours	2 hours	2 hours
0	200	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
10	190	0.002620	0.005238	0.010455	0.004556	0.006829
20	180	0.001938	0.003874	0.007740	0.003192	0.000021
30	170	0.000915	0.001829	0.003665	0.001145	
40	160	0.000914	0.001826	0.003654	0.001142	
50	150	0.000914	0.001825	0.003648	0.001141	
60	140	0.000914	0.001825	0.003648	0.001141	
70	130	0.000002	0.000007	0.000028	0.000004	
80	120	0.000001	0.000005	0.000018	0.000002	
120	80		0.000001	0.000003		

In order to illustrate the deduction of unit commitment risk, consider System A and an expected demand of 180 MW. From Table 5.2, the risk is 0.001938, 0.003874 and 0.007740 for lead times of 1, 2 and 4 hours respectively.

The risk in Systems B and C for a lead time of 2 hours and the same load level are 0.003192 and 0.000021 respectively.

Islamic Azad University - Lahijan Branch

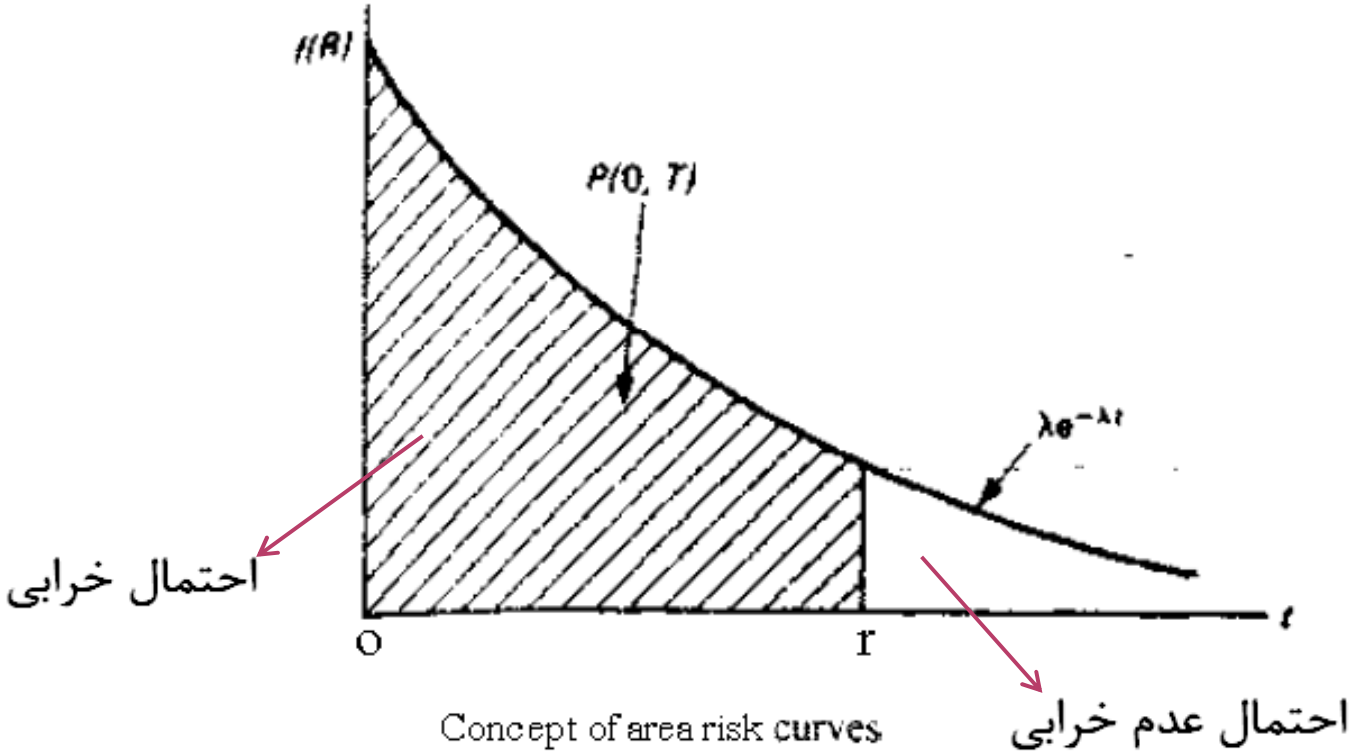
It is necessary in a practical system to first define an acceptable risk level in order to determine the maximum demand that a particular committed system can meet. Consider, for example, that a risk of 0.001 is acceptable. If additional generation can be made available in System A within 1 hour, the required spinning reserve is only 30 MW and a demand of 170 MW can be supplied. If the lead time is 4 hours, however, the required spinning reserve increases to 70 MW and a demand of only 130 MW can be supplied. It is therefore necessary to make an economic comparison between spinning a large reserve and reducing the lead time by maintaining thermal units on hot reserve or investing in rapid start units such as hydro plant and gas turbines.

The results shown in Table 5.2 indicate that the risk, for a given level of spinning reserve and lead time, is less for System B than for System A, although the systems are identical in size and capacity. This is due solely to the smaller failure rate of the hydro plant. It follows therefore that it is not only beneficial to use hydro plants because of their reduced operational costs but also because of their better reliability.

Islamic Azad University - Lahijan Branch

منحنی های ناحیه ریسک:

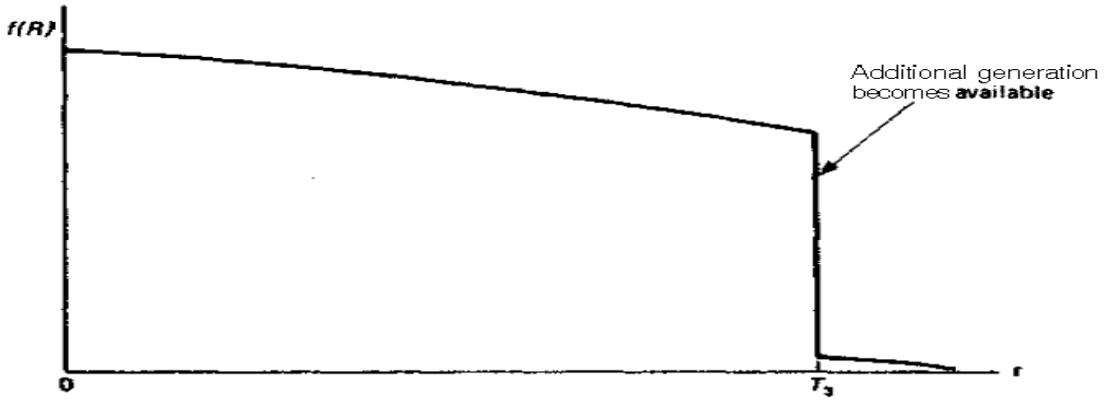
$$f(R) = \frac{dP}{dt} = \lambda e^{-\lambda t} \longrightarrow P(0,T) = \int_0^T \lambda e^{-\lambda t} dt$$



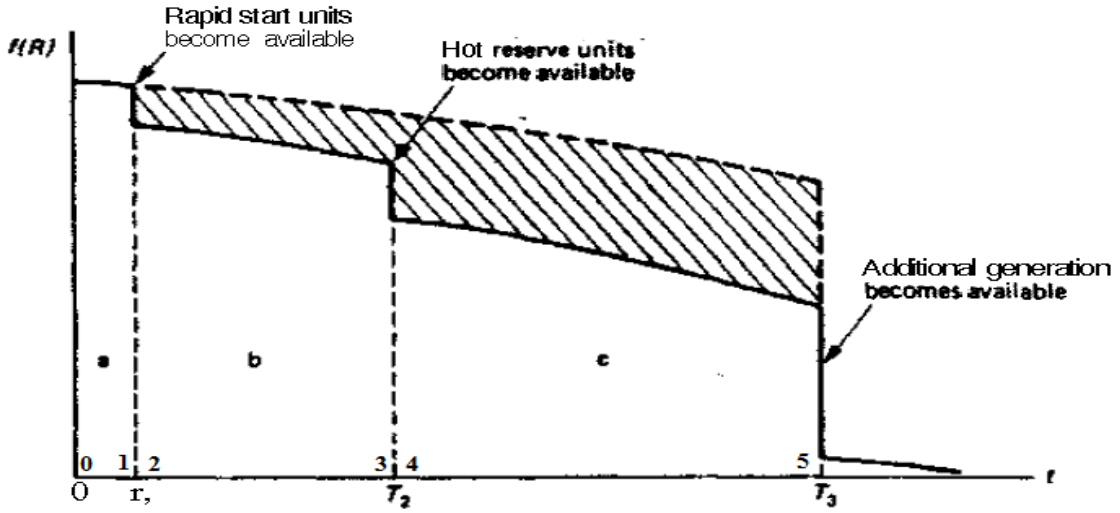
Concept of area risk curves

Islamic Azad University - Lahijan Branch

در صورتیکه رزروها فقط **spinning reserve** باشد:



کاهش ریسک با ورود واحدهای رزرو گازی (**rapid start unit**) و واحدهای ذخیره گرم (**hot reserve**):



Total Risk = Ra + Rb + Rc = (R1 - R0) + (R3 - R2) + (R5 - R4)

R0 = 0

Islamic Azad University - Lahijan Branch

Islamic Azad University - Lahijan Branch

در محاسبه R_1:

COPT برای واحدهای سنکرون براساس λT_1 (به عنوان مثال $T_1 = 10\ min$) تشکیل می دهیم که شامل N واحد **SR** در زمان T_1 می باشد.

در محاسبه R_2:

لحظه ورود واحدهای گازی بوده و احتمال ورود و خروج واحدهای گازی در نظر گرفته می‌شود. **COPT** جدید در این حالت با ورود N واحد گازی تشکیل می شود.

$$N_s\ (\lambda \times 10min)\ +\ N_{RSU\ (part\ 2)}$$

در محاسبه R_3:

COPT جدید با در نظر گرفتن ۵۰ دقیقه برای بخش ۳ تشکیل می شود.

$$N_s\ (\lambda \times 10min)\ +\ N_{RSU\ (part\ 3)}$$

در محاسبه R_4:

شامل همان جدول **COPT** در بخش R_3 بعلاوه **hot reserve** است که تازه وارد شده‌اند.

$$N_s\ (\lambda \times 1\ hr) + N_{RSU\ (part\ 4)} + N_{HRU\ (part\ 4)}$$

در محاسبه R_5:

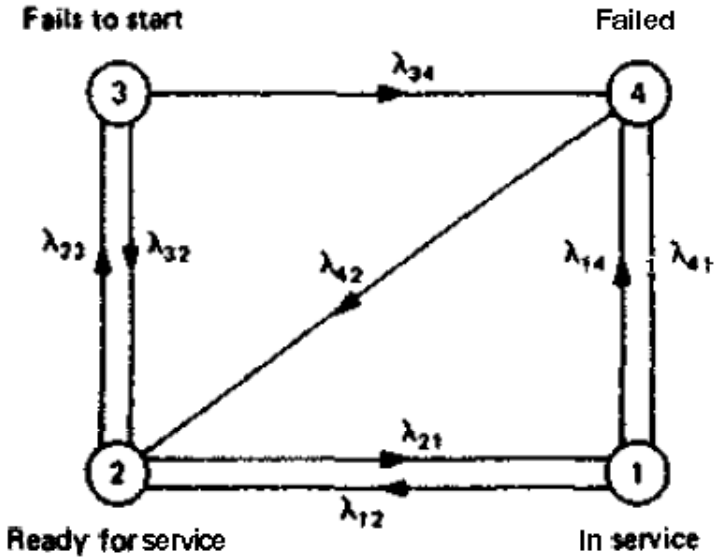
$$N_s\ (\lambda \times T) + N_{RSU\ (part\ 5)} + N_{HRU\ (part\ 5)}$$

در هر جدول یک ریسک محاسبه می شود سپس از جمع ریسکها در هر ناحیه، کل ریسک بدست می آید.

Islamic Azad University - Lahijan Branch

: Modeling rapid start unit

برای نمایش یک واحد **rapid start** مانند توربین های گازی و نیروگاه آبی، از یک مدل ۴ حالته استفاده می شود:



$$\lambda_{ij} = N_{ij} / T_i$$

λ_{ij} = transition rate from state i to state j

N_{ij} = number of transitions from state i to state j during the period of observation

T_i = total time spent in state i during the same period of observation.

برای نمایش یک واحد **rapid start** مانند توربین های گازی و نیروگاه آبی، از یک مدل ۴ حالته استفاده می شود:

۲: طبق منحنی تحلیل ریسک در بخش (۱-۰) قرار داشته و هنوز واحد تولید **rapid start** روشن نشده است. پس از ۱۰ دقیقه یا به ۱ می رود یا به ۴.

Fails to start: معرف خرابی در زمان روشن شدن واحد است یعنی تصمیم گرفته شد که واحد تولید روشن شود، اما روشن نشد (همانند یک حالت گذرا)

استفاده از مدل مارکوف برای تعیین احتمال زمانی وقوع هر حالت:

$$[P(t)] = [P(0)][P]^n$$

where

$[P(t)]$ - vector of state probabilities at time t
$[P(0)]$ = vector of initial probabilities
$[P]$ = stochastic transitional probability matrix
n = number of time steps used in the discretization process.

$$n = \frac{T-tr}{dt} \therefore = \frac{1hr-10min}{10min}$$

The stochastic transitional probability matrix for the model

$$[P] = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1-(\lambda_{12}+\lambda_{14})dt & \lambda_{12}dt & — & \lambda_{14}dt \\ \lambda_{21}dt & 1-(\lambda_{21}+\lambda_{23})dt & \lambda_{23}dt & — \\ — & \lambda_{32}dt & 1-(\lambda_{32}+\lambda_{34})dt & \lambda_{34}dt \\ \lambda_{41}dt & \lambda_{42}dt & — & 1-(\lambda_{41}+\lambda_{42})dt \end{bmatrix} \end{array}$$

The value of dt in $[P]$ must be chosen judiciously; it must not be so small that the number of matrix multiplications, i.e. n, becomes too large, but it must not be so large that the error introduced in the values of probabilities becomes too large. A value of 10 minutes is usually satisfactory for most systems.

Islamic Azad University - Lahijan Branch

$$[P(0)] = \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ [P_{10} & 0 & 0 & P_{40}] \end{matrix}$$

where

P_{40} = probability of failing to start (P_{fs}), i.e. probability of being in state 4 given that it was instructed to start at $t = 0$.

$$P_{fs} = \frac{\text{total number of times units failed to take up load}}{\text{total number of starts}}$$

$$= N_{23}/(N_{21} + N_{23})$$

$$= \lambda_{23}/(\lambda_{21} + \lambda_{23})$$

$$P_{10} = 1 - P_{fs}$$

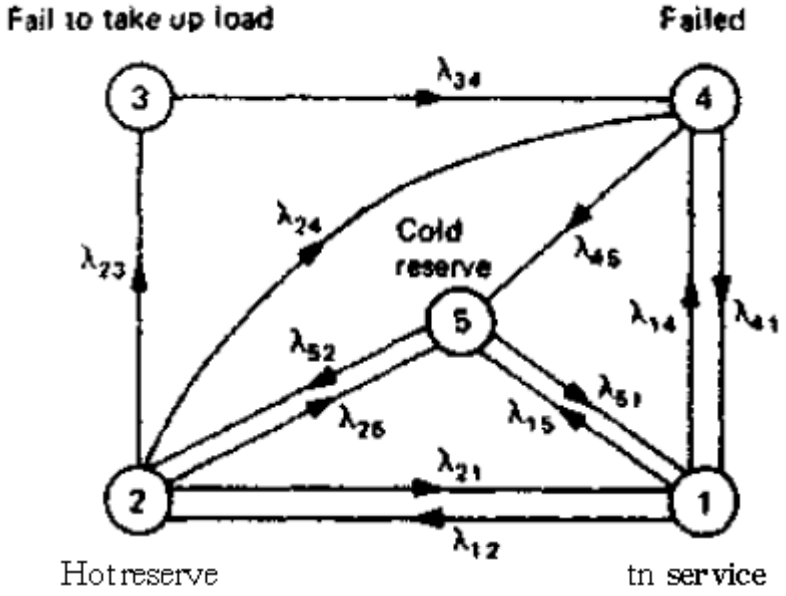
$$P(\text{down}) = \frac{P_3(t) + P_4(t)}{P_1(t) + P_3(t) + P_4(t)}$$

$$P(\text{up}) = 1 - P(\text{down})$$

$$= \frac{P_1(t)}{P_1(t) + P_3(t) + P_4(t)}$$

Islamic Azad University - Lahijan Branch

: Modeling hot reserve unit



$$[P(0)] = [P_{10} \quad 0 \quad 0 \quad P_{40} \quad 0] \qquad \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix}$$

rapid start units with the modification that state

$$P(\text{down}) = \frac{P_3(t) + P_4(t) + P_5(t)}{P_1(t) + P_3(t) + P_4(t) + P_5(t)}$$

$$P(\text{up}) = \frac{P_1(t)}{P_1(t) + P_3(t) + P_4(t) + P_5(t)}$$

Islamic Azad University - Lahijan Branch

Considering example of System A, In addition to the previously scheduled on-line generation, let a 20 MW gas turbine be available at $t = 0$, having a start-up time of 10 minutes and state transitions per hour of $\lambda_{12} = 0.0050$, $\lambda_{21} = 0.0033$. $\lambda_{14} = 0.0300$, $\lambda_{41} = 0.0150$, $\lambda_{23} = 0.0008$, $\lambda_{32} = 0.0000$, $\lambda_{34} = 0.0250$, $\lambda_{42} = 0.0250$. Consider a total lead time of 1 hour and an expected demand oT 180 MW. There are two periods to consider: before the gas turbine becomes available (0. 10 minutes) and after it becomes available (10 minutes, 1 hour).

(i) ***Period (0, 10 minutes)***

The ORR at a lead time of 10 minutes for the 10 and 20 MW units is 0.000057 and for the 60 MW units is 0.000076. Combining these units as in gives the generation model shown in Table 5.5. The risk in the first period is

$R_a = 0.000323$

Table 5.5 Generation model for on-line units at 10 minutes

Capacity out (MW)	*Capacity in (MW)*	*Cumulative probability*
0	200	1.000000
10	190	0.000437
20	180	0.000323
30	170	0.000152
40	160	0.000152
50	150	0.000152
60	140	0.000152

Islamic Azad University - Lahijan Branch

(ii) ***Period (10 minutes, 1 hour)***

From Equation (5.11), the gas turbine has values of

$$P_{fs} = 0.0008/(0.0033 + 0.0008) = 0.195122 \quad \text{and} \quad 1 - P_{fs} = 0.804878$$

Combining this unit with the generation model shown in Table 5.5 gives the generation model for all units at 10 minutes shown in Table 5.6.

From the above values of P_{fs}, the vector of initial probabilities (Equation (5.10)) of the gas turbine is

$$[P(0)] = [0.804878 \quad 0 \quad 0 \quad 0.195122]$$

Also the stochastic transitional probability matrix (Equation (5.9)) using the specified transition rates and discretizing the period into 10 minute intervals is

Table 5.6 Generation model for all units at 10 minutes

Capacity out (MW)	*Capacity in (MW)*	*Cumulative probability*
0	220	1.000000
10	210	0.195474
20	200	0.195382
30	190	0.000208
40	180	0.000185
50	170	0.000152
60	160	0.000152
70	150	0.000030
80	140	0.000030

Islamic Azad University - Lahijan Branch

$$[P] = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.994167 & 0.000833 & — & 0.005000 \\ 0.000550 & 0.999317 & 0.000133 & — \\ — & 0.000000 & 0.995833 & 0.004167 \\ 0.002500 & 0.004167 & — & 0.993333 \end{bmatrix} \end{array}$$

Using the vector $[P(0)]$, the matrix $[P]$ and the matrix multiplication concept of Equation (5.8) gives the following sequential state probability vectors for the gas turbine

$$[\text{P(10 minutes)}] = [0.800670 \quad 0.001484 \quad 0.000000 \quad 0.197846]$$

$$[P(20\,\text{minutes})] = [0.796496 \quad 0.002974 \quad 0.000000 \quad 0.200530]$$

$$[\text{P(30 minutes)}] = [0.792353 \quad 0.004471 \quad 0.000000 \quad 0.203176]$$

$$[\text{P(40 minutes)}] = [0.788241 \quad 0.005975 \quad 0.000001 \quad 0.205783]$$

$$[P(50\,\text{minutes})] = [0.784161 \quad 0.007485 \quad 0.000002 \quad 0.208352]$$

From $[P(50\,\text{minutes})]$ and Equations (5.12) and (5.13)

$$P(\text{down}) = 0.209925$$

$$P(\text{up}) = 0.790075$$

Islamic Azad University - Lahijan Branch

Combining the gas turbine having these values of state probabilities with the generation model of System A for a lead time of 1 hour as shown in Table 5.2 give the generation model at a time of 1 hour. This is shown in Table 5.7.

From Tables 5.6 and 5.7, the risk in the second period is

$$R_b = 0.001129 - 0.000185 = 0.000944$$

and the total risk for a period of 1 hour is

$$R = 0.000323 + 0.000944 = 0.001267$$

This value compares with a risk of 0.001938 (Table 5.2) if the gas turbine is not brought into service.

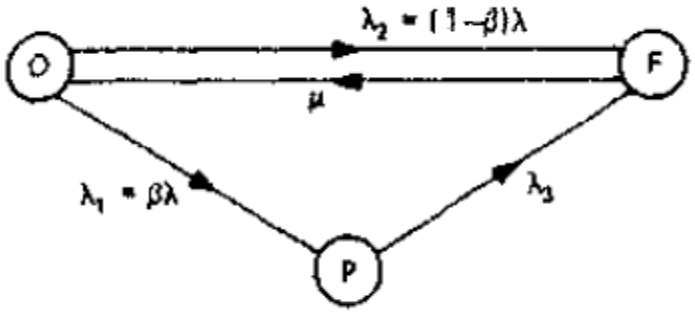
Tabie 5.7 Generation model for all units at I hour

Capacity out (MW)	*Capacity in (MW*.*	*Cumulative probability*
0	220	1.000000
10	210	0.211995
20	200	0.211456
30	190	0.001273
40	180	0.001129
50	170	0.000914
60	160	0.000914
70	150	0.000193
80	140	0.000192

Islamic Azad University - Lahijan Branch

به تاخیر انداختن قطعی ها (Postponable Outage)

گاهی اوقات این امکان وجود دارد که از یک واحد خراب تا مدتی از زمان خرابی بتوان استفاده نمود. در این وضعیت یک بخش از نرخ گذر از **o** به **f** می‌رود را از **o** به **p** منتقل نموده است. حالت **up** هم در **o** است هم در **p**.



Postponable outage mode!

کل نرخ خرابی $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$

درجه به تاخیر انداختن $\beta = \frac{\lambda_1}{\lambda}$

$$P(Dn) = MORR = (1-\beta)\lambda T = (1-\beta)ORR$$

ضریب β تعداد خرابی ها را که می توان تحمل نمود را مشخص می نماید.

Islamic Azad University - Lahijan Branch

: Response Risk

مباحث مطرح شده تا این بخش بر این موضوع تاکید داشت که برای دستیابی به ریسکی مشخص نیاز به A مگاوات SR می باشد. ولی اینکه این A مگاوات برای حفظ قابلیت اطمینان، بوسیله کدامیک از واحدها و به چه صورت بایستی تامین شود را **response risk** گویند.

دو دوره زمانی مناسب در ارتباط با پاسخ واحدهای SR وجود دارد:

زمان پاسخ دوره‌ای شامل یک زمان کوتاه مدت حدود ۱ دقیقه و یک زمان طولانی‌تر حدود ۵ دقیقه زمان پاسخ کوتاه می‌باشد. این امر منجر به تامین ظرفیت کافی برای حفظ فرکانس سیستم می‌شود. زمان پاسخ طولانی‌تر، دوره‌ای را نشان می‌دهد که نیاز به روشهای اضطراری نظیر جدا کردن بار می‌باشد.

Islamic Azad University - Lahijan Branch

توانایی پاسخ به تغییرات سیستم و برداشتن تقاضای بار، بستگی خیلی زیادی به نوع واحدهایی دارد که بصورت SR استفاده می شود. بطور نمونه، میزان این پاسخ ممکن است از حدود ۳۰ درصد کل ظرفیت بر حسب دقیقه برای نیروگاههای آبی تا فقط ۱ درصد بر حسب دقیقه برای انواع نیروگاههای حرارتی تغییر کند. در عمل معمولاً واحدها دارای نرخ پاسخ غیرخطی هستند. بعضی از انواع واحدهای سریع راه انداز نظیر توربین‌های گازی معمولاً می‌توانند خروجی کاملی بین ۵ دقیقه از حالت خاموش ارائه دهند.

با فرض در نظر گرفتن سیستم مفروض A (دو واحد ۱۰ مگاواتی، سه واحد ۲۰ مگاواتی و دو تا واحد ۶۰ مگاوات) و زمان پاسخ ۵ دقیقه، احتمال خرابی یک واحد در این دوره زمانی مطابق جدول زیر می باشد.

Unit (MW)	λ (f/yr)	Prob. Of failure in 5 minute	Response rate (MW/minute)
10	3	0.0000285	1
20	3	0.0000285	1
60	4	0.0000381	1

Islamic Azad University - Lahijan Branch

با در نظر گرفتن بار ۱۴۰ مگاواتی برای سیستم، مقدار SR برابر ۶۰ مگاوات می‌باشد. با توجه به نرخ پاسخ‌دهی واحدها در دوره ۵ دقیقه‌ای، تنها ۵ مگاوات از هر واحد می‌تواند تولید شود.

حالت اول: تمام SR توسط یکی از واحدهای حرارتی ۶۰ مگاواتی تامین می‌شود.

Dispatch A (all values in MW)

G	10	10	20	20	20	60	60
L	10	10	20	20	20	60	0
R	0	0	0	0	0	0	5

همانگونه که در جداول قبل نشان داده شده، ریسک در مدار قرار گرفتن واحد تحت این بار سیستم، برابر ۰/۰۰۱۸۲۵ می باشد. ریسک پاسخ ۵ دقیقه‌ای SR مطابق جدول زیر است.

Response risk for Dispatch A

Response (MW)	*Individual probability*	*Cumulative probability (risk)*
5	0.9999619	1.0000000
0	0.0000381	0.0000381

ریسک مربوط به این پخش بار خیلی بالاست.

Islamic Azad University - Lahijan Branch

Islamic Azad University - Lahijan Branch

ب: تاثیر توزیع SR مابین واحدهای حرارتی

(۱) پخش بار B، که در آن مقدار SR برابر ۶۰ مگاوات بطور مساوی مابین دو واحد ۶۰ مگاوات توزیع می‌شود.

Dispatch B (all values in MW)

G	10	10	20	20	20	60	60
L	10	10	20	20	20	30	30
R	0	0	0	0	0	5	5

(۲) پخش بار C، که در آن مقدار SR برابر ۶۰ مگاوات بطور مساوی مابین تمام واحدها توزیع می‌شود.

Dispatch C (all values in MW)

G	10	10	20	20	20	60	60
I	0	0	0	15	15	55	55
R	5	5	5	5	5	5	5

مطابق جدول زیر نتیجه توزیع SR مابین واحدها، افزایش ظرفیت پاسخ دهی و کاهش سطح ریسک سیستم می باشد

Response risks for Dispatches B and C

Dispatch B		*Dispatch C*	
Response (MW)	*Cumulative risk*	*Response(MW*	*Cumulative risk*
10	1.0000000	35	1.0000000
5	0.0000762	30	0.0002187
0	0.0000000	25	0.0000000

ج: تاثیر واحدهای **Hydro-Electric** :

در این بخش تاثیر استفاده از واحدهای هیدرو که سرعت پاسخ دهی خیلی بالاتری نسبت به واحدهای حرارتی داشته و ارزانتر نیز می باشند مورد بررسی قرار می گیرد. بدین منظور بجای یک واحد حرارتی ۶۰ مگاواتی از یک واحد هیدرو ۶۰ مگاواتی با سرعت پاسخ ۲۰ مگاوات در دقیقه استفاده شد است. در نتیجه در ۵ دقیقه کل ظرفیت SR وارد می شود.

Islamic Azad University - Lahijan Branch

Islamic Azad University - Lahijan Branch

حالت اول:

Dispatch D (all values in MW)

G	10	10	20	20	20	*60* (Thl	60 (Hyd)
L	10	10	20	20	20	60	0
R	0	0	0	0	0	0	60

حالت دوم:

Dispatch E (all values in MW)

C	10	10	20	20	20	60 (Th)	60 (Hyd)
L	10	10	20	20	20	30	30
R	0	0	0	0	0	5	30

Response risks for Dispatches D and E

Dispatch D		*Dispatch E*	
Response (MW)	***Cumulative*** *risk*	*Response* ***(MW)***	*Cumulative risk*
60	1.0000000	35	1.0000000
0	0.0000095	30	0.0000476
		5	0.0000095
		0	0.0000000

تخصیص SR مابین چندین واحد و همچنین تخصیص تعدادی از واحدها به واحدهای آبی

Islamic Azad University - Lahijan Branch

تاثیر واحدهای Rapid Start:

در این بخش فرض می شود که واحدهای **rapid start** (دو واحد گازی ۳۰ مگاوات) داریم که در ۵ دقیقه می توانند وارد مدار شوند. برای بررسی وضعیت **dispatch** آنها دو حالت در نظر گرفته می شود:

الف: در هنگام شروع دچار خطا نشوند **(don't fail to start)**

در این وضعیت سطح پاسخ دهی بسیار بالاتری در سطح ریسکی مشابه قسمتهای قبل مشاهده می شود.

Modified response risk for **Dispatches** B and C

Dispatch B		*Dispatch C*	
Response (MW)	*Cumulative risk*	*Response (MW)*	*Cumulative risk*
70	1.0000000	95	1.0000000
65	0.0000762	90	0.0002187
60	0.0000000	85	0.0000000

ب: ممکن است در هنگام شروع دچار خطا شوند **(may fail to start)**

در این وضعیت به **response risk** وزن داده شده است.

risk = risk (given all rapid start units do not fail to **start**)

x prob. (all rapid start units not failing to start)

+ risk (given one rapid start unit fails to **start**)

x prob. (one unit failing to start) + • • •

+ risk (given all rapid start units fail to start)

A prob. (all units failing to start)

Again assume that two 30 MW gas turbines are available to the operator as in (a) above, each having a probability of failing to start of 20%. The risk tables associated with each condition, 'both units start,' 'one unit starts' and 'no units start,

Islamic Azad University - Lahijan Branch

برای dispatch در وضعیت مفروض B خواهیم داشت:

Response risks for each condition

Risk table for condition of:

No units Stan		*One unit starts*		*Both units starts*	
MW	*Probability*	*MW*	*Probability*	*MW*	*Probability*
10	0.9999238	40	0.9999238	70	0.9999238
5	0.0000762	35	0.0000762	65	0,0000762
0	**0.0000000**	30	0.0000000	60	**0.0000000**
		The conditional probabilities are:			
	0.04		0.32		0.64

Weighted response risk for Dispatch B

Response (MW)	*Cumulative risk*
70	1.0000000
65	0.3600488
40	0.3600000
35	0.0400244
10	0.0400000
5	0.0000030
0	0.0000000

نتایج بدست آمده معرف این است که سطح ریسک سیستم در این حالت نسبت به وضعیتی که هیچ توربین گازی در دسترس نیست، کاهش یافته است.

Islamic Azad University - Lahijan Branch