

Výpočty spolehlivost chodu sítí

Ing.Zdeněk Pistora, CSc.

Přehled používaných metod

- n Metody analytické
 - n Postupné zjednodušení
- n Metody simulační
 - n Monte Carlo

Metoda postupného zjednodušení

- n Vhodná zejména pro radiální sítě
- n Rozklad sítě na sério-paralelní cesty
- n Předpoklad exponenciálního rozložení neboli konstantní intenzity poruch v čase

Postupné zjednodušení
seriová kombinace prvků

Poruchové výpadky

$$I_{\text{výsl.}} = I_1 + I_2$$

$$t_{\text{výsl}} = \frac{I_{p1} * t_{p1} + I_{p2} * t_{p2}}{I_{p1} + I_{p2}}$$

Postupné zjednodušení – seriová kombinace

Údržbové odstávky

Četnost odstávek dána
nejčastěji udržovaným
prvkem

$$l_u = \max(l_{u1}, l_{u2})$$

Střední doba trvání při

$$l_1 \geq l_2$$

$$t_u = \frac{1}{2} * (t_1 + t_2) + \frac{l_2}{2 * l_1} * (t_2 - t_1)$$

Postupné zjednodušení – paralelní kombinace (Horká rezerva)

n Vhodným plánováním lze dosáhnout úplné eliminace údržbových odstávek (zatížení přebírá druhý prvek kombinace)

$$I_u = 0$$

$$t_u = 0$$

Postupné zjednodušení – paralelní kombinace
(Horká rezerva)
Poruchové výpadky

n Prvek 1 v údržbě, prvek 2 vypadne

$$I_{p2.u1} = \frac{1}{8760} * I_{u1} * t_{u1} * I_{p2}$$

Délka trvání výpadku

při $t_{p2} \geq t_{u1}$

$$t_{p2.u1} = \frac{1}{2} * t_{u1}$$

při $t_{p2} < t_{u1}$

$$t_{p2.u1} = t_{p2} - \frac{t_{p2}^2}{2 * t_{u1}}$$

Postupné zjednodušení – paralelní kombinace
(Horká rezerva)
Poruchové výpadky

n Celková četnost poruchových výpadků horké rezervy:

$$I_p = I_{p2.u1} + I_{p1.u2} + I_{p2.p1} + I_{p1.p2}$$

n Délka trvání = vážený průměr všech dílčích možností

Paralelní kombinace s ruční manipulací (Studená rezerva)

- n Jako u horké rezervy, odpadají údržbové prostoje
- n Navíc přibývá prostoj zaviněný manipulací:

$$l = l_{p1} \quad t_m = 0,5$$

- n Celková četnost poruchových výpadků studené rezervy

$$l_p = l_{p2.u1} + l_{p2.p1} + l_{p1}$$

- n Střední doba trvání = vážený průměr

Praktická aplikace (Excel)

VIPOCTY SPOLEHLIVOSTI METODOU POSTUPNEHO ZJEDNODUŠENI

Prepnuti pri SR [hod]: 0,5

Vstupni data:

Pozn:	V400		V220		V110		V22 KV		Kab 110 KV	Kab 22 KV	vyvod 400	vyvod 220	vyvod 110	vyvod 22	
	Tr 400/220	Tr 400/110	Tr 220/110	Tr 110/vn	Tr vn/nn	kV/100km	kV/100km	kV/100km	/100km	/ 100km	100 km	kV	kV	kV	kV
Lp	0,04	0,1	0,02	0,04	0,03	1,6	2,3	5,2	14	2	14,5	0,015	0,012	0,01	0,015
Tp	300	6500	30	1300	2500	7	6	3,5	3	50	215	250	150	100	30
Lu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Tu	120	240	360	120	60	170	200	400	200	0	0	36	36	30	16
POHOT.	0,9849315	0,8984018	0,9588356	0,9803653	0,984589	0,9793151	0,9755936	0,9522603	0,9723744	0,9885845	0,644121	0,9954623	0,9956849	0,9964612	0,9981221
NEPOH.	0,0150685	0,1015982	0,0411644	0,0196347	0,015411	0,0206849	0,0244064	0,0477397	0,0276256	0,0114155	0,355879	0,0045377	0,0043151	0,0035388	0,0018779

Spojenci:	Prvek 1	Prvek 2	0	0	SERIE	PARAL.	SR 1>2	SR 2>1
Pozn:			#DIV/0!	0				
Lp			0	0	0	0	0	0
Tp			#DIV/0!	0	0	0	0	0
Lu			0	#DIV/0!	0	0	0	0
Tu			0	0	0	0	0	0
POHOT.	1	1			1	1	1	1
NEPOH.	0	0			0	0	0	0

Simulační metody

- n Umožňují experimenty v praxi nerealizovatelné
- n Umožňují zrychlený běh času
- n Použitelné i ve složitých soustavách, kde je postupné zjednodušení nemožné
- n Vhodná metoda: Monte-Carlo

Simulační metody

n Používaná rozložení

- n Exponenciální = nejčastěji používané

$$I = const$$

- n Weibullovo – nejobecnější

$$I(t) = \frac{m}{t_0} * t^{(m-1)}$$

- n Rayleighovo – vhodné pro dožívání prvku

$$I(t) = t / S^2$$

Simulační metody

- n Používaná rozložení
 - n Vyzkoušena všechna
 - n Rozdíly zcela zanedbatelné
- n Generování náhodných veličin s exponenciálním rozložením:
(r .. Náhodné číslo)

$$x = -\frac{1}{\lambda} * \ln(1 - r)$$

Metoda postupných simulací

- n Na počátku všechny prvky sítě v chodu
- n Pro každý prvek se generuje okamžik výpadku
- n Vzniká „fronta očekávaných událostí“
- n Čas se posune na okamžik první události
- n Provede se změna příslušného prvku a generuje se okamžik jeho další změny
- n Zařadí se do fronty
- n Vyhodnotí se stav sítě, odpojené větve a uzly (spojitost grafu, chod sítě)
- n Čas se posune na další událost
- n Atd...

Metoda postupných simulací

- n Vyhodnocení výsledků
 - n Statistické hodnocení (významnost)
 - n Studentův t-test

Metoda postupných simulací využití

- n Výpočty spolehlivosti dodávky z Přenosové soustavy (ČEPS)
- n Výpočty spolehlivosti dodávky v síti SME –
prof. Ing. Stanislav Rusek, DrSc., VŠB Ostrava