

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Загубите на моќност (енергија) можат да бидат
 - технички
 - водови и електроенергетски трансформатори
 - сопствена потрошувачка на опремата и уредите во трансформаторските станици
 - сопствена потрошувачка на броила и мерни трансформатори кај потрошувачите
 - точност на мерењата (броилата и мерните трансформатори)
 - комерцијални
 - неисправност или не функционирање на броилата
 - нерегистрирана потрошувачка (кражби -- „неовластено преземање на електрична енергија“)
 - финансиски (неплатени фактури/сметки)
- Загубите не можат да се елиминираат
 - техничките загуби можат да се намалат само до прифатливи (економски) граници
 - комерцијалните можат практично да се сведат на минимум
- Пресметката на загубите е комплексен проблем иако вкупните загуби се пресметуваа многу едноставно
 - вкупните загуби во еден ДС (технички и комерцијални) лесно се пресметуваат како разлика помеѓу енергијата внесена во ДС (од преносната мрежа и од дистрибуираните производители) и предадената електрична енергија на потрошувачите
 - една равенка со две непознати (технички и комерцијални загуби)
 - техничките загуби проценуваат со анализа на мрежата (водови и трансформатори)
 - комерцијалните се пресметуваат како разлика помеѓу вкупните загуби и проценетите технички загуби

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Техничките загуби на моќност зависат од повеќе фактори
 - оптовареноста на елементите на мрежата
 - неусогласеност на капацитетите на елементите со нивното оптоварување
 - тековите на реактивни моќности и напонската регулација
 - постои директна зависност помеѓу процентуалната загуба на напон и процентуалната загуба на моќност
 - начин на функционирање и управување со мрежата
 - напонски прилики
 - конфигурација на мрежата
 - густината на оптоварување
- Трошоците за набавка на електричната енергија за загубите можат да се намалат со (други трошоци)
 - Намалувањето на техничките загуби е најчесто поврзано со зголемени трошоци
 - нови инвестиции во елементи (опрема)
 - зголемени оперативни трошоци
- Трошоците на ДСО се регулирани од страна на регулаторните тела
 - треба да се направи оптимален однос на трошоците за набавка на загубите и трошоците за нивно намалување
 - според актуелната регулатива на РКЕ признатиот процент на загуби изнесува 14%
- Комерцијалните загуби најчесто се намалуваат со мерки за кои не се неопходно дополнителни трошоци
 - подобра организација на работата на ДСО
 - подобра законска рамка
 - нова мерна опрема (потребни се инвестиции)

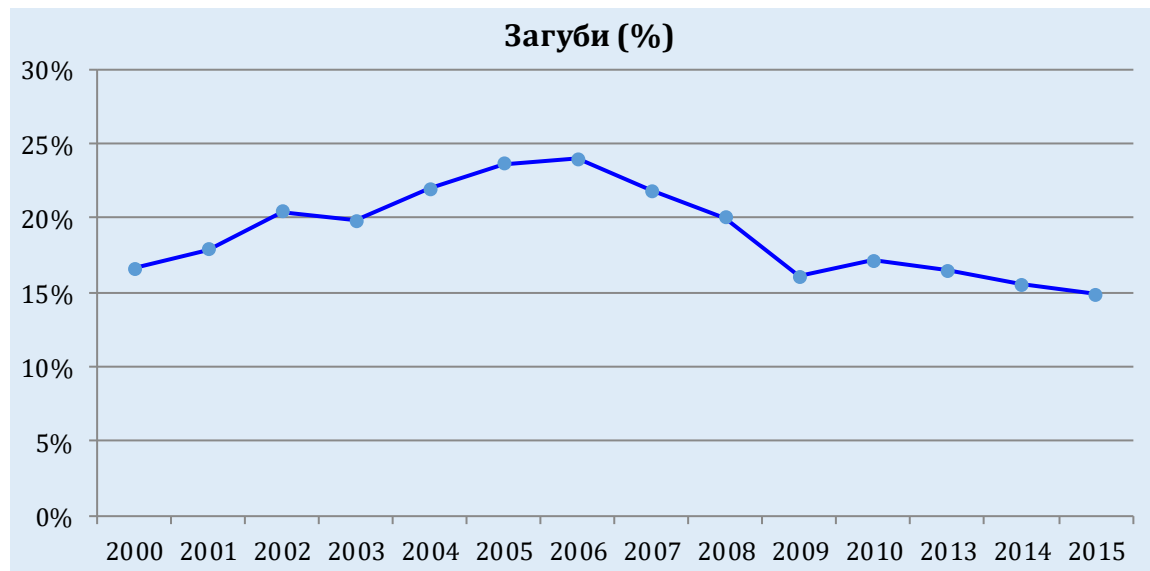
НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Загубите во ДМ вообичаено се искажуваат како процент од вкупно електричната енергија што влегува во ДС
 - во добро проектирани и одржувани мрежи техничките загуби се околу 5 до 10%
 - во добро организирани (правни) држави комерцијалните загуби (кражбите) се многу мали (помалку од 1%)

Помалку од 6%	Финска, Луксембург, Белгија, Холандија, Германија
Помеѓу 6 и 8%	Италија, Данска, Швајцарија, Франција, Австрија, Словенија
Помеѓу 8 и 10%	Шведска, Англија, Шпанија, Португалија, Норвешка, Ирска, Грција, Чешка, Словачка
Помеѓу 10 и 12%	Естонија, Летонија, Литванија
Помеѓу 12 и 14%	Хрватска, Полска, Унгарија, Романија
Помеѓу 14 и 16%	Бугарија, Црна Гора
Повеќе од 16%	Турција, Србија, Босна и Херцеговина, Албанија

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

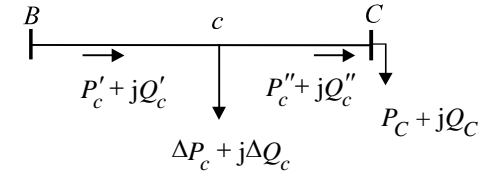
- Загубите во ДМ во Република Македонија (во системот на ЕВН Македонија) се значително повисоки
 - иако ЕВН Македонија во последниве десет години значително ги намали загубите, сепак се чини дека во вкупните загуби комерцијалните не можат да се занемарат
 - со определени законски измени во последниве години, кражбите на електрична енергија се кривично дело (како и во најголем број држави во светот)
 - сепак постојат правни пречки како кражбата правилно да се санкционира
 - судовите бараат докази (физички) со кои операторот ќе ја докаже кражбата



НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Вкупните загуби во една мрежа со NG елементи (гранки) во периодот T точно ќе се пресметаат со следната формула

$$\Delta W_T = \sum_{c=1}^{NG} Z_c \cdot \int_0^T \frac{P_c''^2(t) + Q_c''^2(t)}{U_c^2(t)} dt$$



$$\Delta W_T \cong \sum_{c=1}^{NG} Z_c \cdot \sum_{t=1}^{nt} \frac{P_c''^2(t) + Q_c''^2(t)}{U_c^2(t)} \cdot \Delta t, \quad \Delta t = \frac{T}{nt}$$

$$\Delta P_T \cong \sum_{c=1}^{NG} R_c \cdot \sum_{t=1}^{nt} \frac{P_c''^2(t) + Q_c''^2(t)}{U_c^2(t)} \cdot \Delta t$$

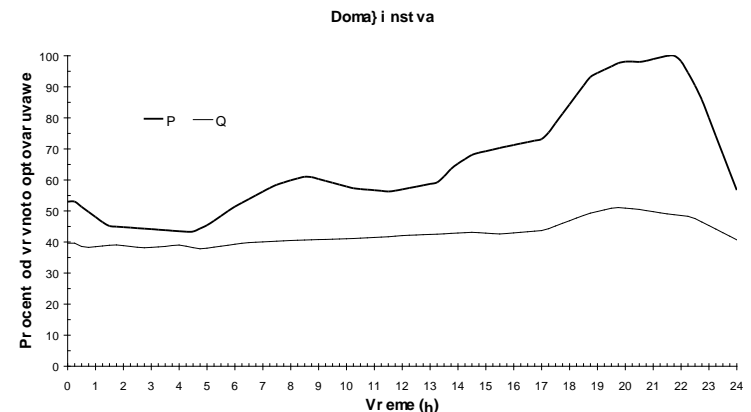
- формулата бара познавање на оптоварувањата во секој јазол во периодот T
 - најчесто се оперира со часовни или 15-минутни оптоварувања \Rightarrow за период од една година $nt = 8760$, односно $nt = 35040$
 - не е разумно да се користи точна формула, ако влезните податоци се познаваат со голема непрецизност (дијаграми на оптоварување на сите потрошувачи)
 - многу често со значително поголема точност се знае (може да се прогнозира) врвното оптоварување на сите потрошувачи и вкупната енергија за периодот T

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Пресметките (анализите) на напоните и тековите на моќност најчесто се прават за карактеристични состојби во мрежата (момент на време)
 - максимално оптоварување (максимален режим)
 - најголемо оптоварување на елементите
 - минимално оптоварување (минимален режим)
 - повисоки напони
- Ако треба да се прават анализа за подолг временски период пресметките се усложнуваат заради промената на оптоварувањето со тек на време (крива на оптоварување)
 - електричната енергија што потрошувачите ја преземаат во определен временски период може да се определи од факторот на оптоварување
 - загубите на електрична енергија не зависат линеарно од оптоварувањето на потрошувачите (струјата во елементите) и нивната проценка во определен временски период не е едноставна

$$f_{\text{опт.}} = \frac{W_T}{T \cdot P_{\text{врв.}}} = \frac{T_{\text{врв.}} \cdot P_{\text{врв.}}}{T \cdot P_{\text{врв.}}} = \frac{T_{\text{врв.}}}{T}$$

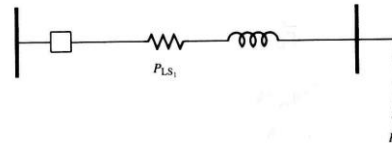
$$f_{\text{опт.}} = \frac{W_T}{T \cdot P_{\text{врв.}}} = \frac{T \cdot P_{\text{ср.}}}{T \cdot P_{\text{врв.}}} = \frac{P_{\text{ср.}}}{P_{\text{врв.}}}$$



НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

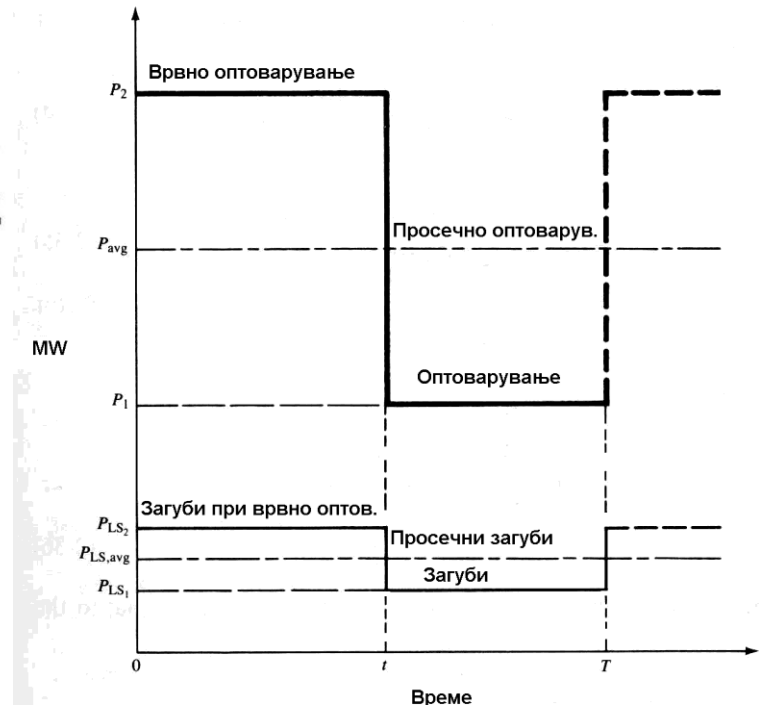
- Проценка на вкупните загуби на енергија во определен временски период можат да се направи преку факторот на загуби кој најчесто се дефинира како однос помеѓу загубите на моќност при просечно оптоварување и загубите на моќност при максимално оптоварување
 - факторот на загуби се користи како индикатор за состојбата и за квалитетот на мрежата со која се напојува одредена група на потрошувачи
 - овој фактор може да се пресмета според претходната формула, но тоа се потребни дополнителни мерења и анализи
- Факторот на оптоварување се пресметува многу поедноставно
 - постои зависност помеѓу факторот на оптоварување и факторот на загуби

$$f_{\text{заг.}} = \frac{T \cdot \Delta P_{\text{avg.}}}{T \cdot \Delta P_{\text{max}}} = \frac{\Delta P_{\text{avg.}}}{\Delta P_{\text{max}}}$$



$$f_{\text{опт.}} = \frac{P_{\text{avg.}} \cdot T}{P_{\text{max}} \cdot T} = \frac{P_{\text{avg.}}}{P_2} = \frac{P_2 \cdot t + P_1 \cdot (T - t)}{T \cdot P_2}$$

$$f_{\text{опт.}} = \frac{t}{T} + \frac{P_1}{P_2} \cdot \frac{T - t}{T}$$



НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Фактор на загуби

$$f_{\text{заг.}} = \frac{\Delta P_{\text{avg.}}}{\Delta P_{\text{max}}} = \frac{\Delta P_{\text{avg.}}}{\Delta P_2}$$

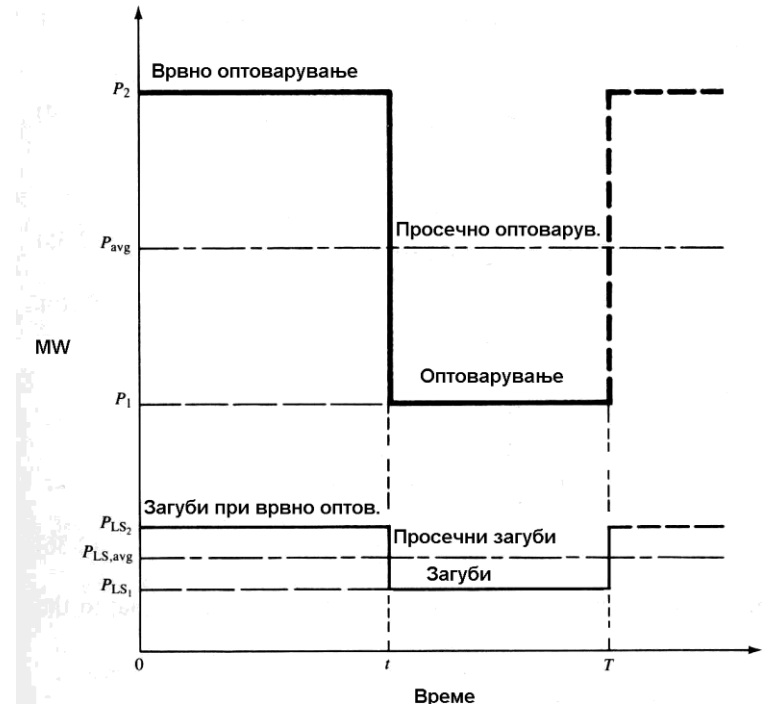
$$\Delta P_{\text{avg.}} = \frac{\Delta P_2 \cdot t + \Delta P_1 \cdot (T - t)}{T}$$

$$f_{\text{заг.}} = \frac{\Delta P_{\text{avg.}}}{\Delta P_2} = \frac{\Delta P_2 \cdot t + \Delta P_1 \cdot (T - t)}{\Delta P_2 \cdot T}$$

$$\Delta P = k \cdot P^2$$

$$f_{\text{заг.}} = \frac{k \cdot P_2^2 \cdot t + k \cdot P_1^2 \cdot (T - t)}{k \cdot P_2^2 \cdot T}$$

$$f_{\text{заг.}} = \frac{t}{T} + \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^2 \cdot \frac{T - t}{T}$$



НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Факторот на загуби зависи од факторот на оптоварување
 - оваа зависност е во многу широки граници

$$f_{\text{опт.}}^2 < f_{\text{заг.}} < f_{\text{опт.}}$$

- 1. приближна формула (Buller и Woodrow, 1928)

$$f_{\text{заг.}} = a_p \cdot f_{\text{опт.}} + (1 - a_p) \cdot f_{\text{опт.}}^2$$

- Според Т. Gönen

- градски подрачја $a_p = 0.3$
- рурални подрачја $a_p = 0.16$

$$f_{\text{заг.}} = 0.3 \cdot f_{\text{опт.}} + 0.7 \cdot f_{\text{опт.}}^2$$

$$f_{\text{заг.}} = 0.16 \cdot f_{\text{опт.}} + 0.84 \cdot f_{\text{опт.}}^2$$

$$\Delta W_T = \Delta P_{\text{avg.}} \cdot T = f_{\text{заг.}} \cdot \Delta P_{\text{max}} \cdot T$$

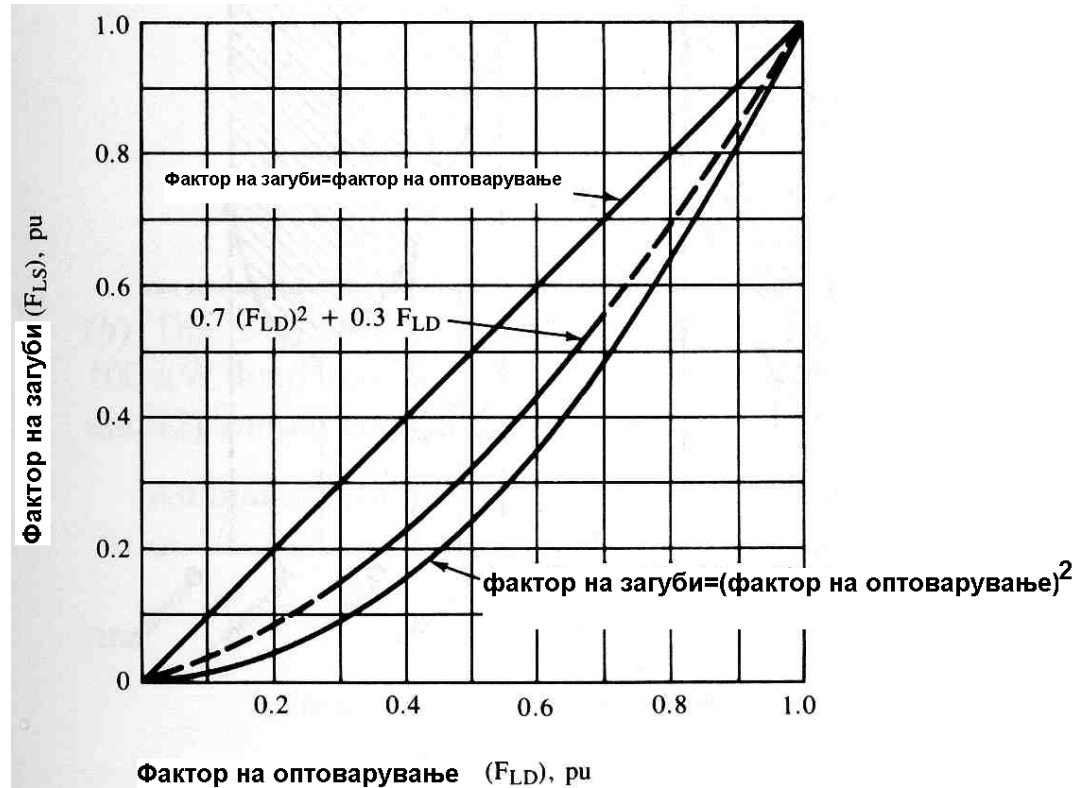
- 2. приближна формула (Веников)

$$\Delta W_T = \Delta P_{\text{max}} \cdot \tau_{\text{max}} \quad \tau_{\text{max}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{max}}}{10000} \right)^2 \cdot T \quad T_{\text{max}} \cdot P_{\text{max}} = W_T$$

$$\tau_{\text{max}} = f_{\text{заг.}} \cdot T \quad f_{\text{заг.}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{max}}}{10000} \right)^2$$

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

$$f_{\text{заг.}} = 0.3 \cdot f_{\text{опт.}} + 0.7 \cdot f_{\text{опт.}}^2$$



$$f_{\text{опт.}} = \frac{T_{\text{max}}}{T} = \frac{5400}{8760} = 0.616$$

$$f_{\text{заг.}} = 0.3 \cdot f_{\text{опт.}} + 0.7 \cdot f_{\text{опт.}}^2 = 0.45 \quad f_{\text{заг.}} = \left(0.124 + \frac{T_{\text{max}}}{10000} \right)^2 = \left(0.124 + \frac{5400}{10000} \right)^2 = 0.441$$

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Споредба на резултатите добиени со точни пресметки и со факторот на загуби

$$\Delta P_T \cong \sum_{c=1}^{NG} R_c \cdot \sum_{t=1}^{nt} \frac{P_c''^2(t) + Q_c''^2(t)}{U_c^2(t)} \cdot \Delta t$$

Тест случај	Коефициент a_p	Грешка во однос на точните пресметки (%)
A010	0.15 0.30	15 8
A011	0.15 0.30	22 15
A012	0.15 0.30	27 27
A130	0.15 0.30	12 5
A131	0.15 0.30	20 14
A132	0.15 0.30	25 19

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Постојат едноставни методи со кои со една пресметка на напоните (со просечни моќности на потрошувачите) да се проценат релативно точно загубите во период T

$$\Delta P_T \cong \sum_{c=1}^{NG} R_c \cdot \sum_{t=1}^{nt} \frac{P_c^{n2}(t) + Q_c^{n2}(t)}{U_c^2(t)} \cdot \Delta t$$

- „Метод на сумирање на енергии“

– потребни податоци

- врвни оптоварувања на потрошувачите
- податоци за мрежата
- **типски дневни дијаграми и припадност на секој потрошувач кон еден (или повеќе) типски дијаграми**

Тест случај	Грешка во однос на точните пресметки (%)			
		Струи во гранките	Загуби во гранките	Загуби во мрежата
A010	max	3.3	0.0	-0.4
	avg.	0.9	1.2	0.9
	min	-2.9	-3.4	-1.8
A130	max	7.0	0.0	-1.0
	avg.	2.0	2.4	2.0
	min	-5.8	-7.5	-4.2
A001	max	2.2	0.4	0.2
	avg.	0.4	0.1	0.1
	min	-1.6	0.0	0.1
A011	max	0.2	0.8	0.5
	avg.	0.1	0.1	0.3
	min	-0.5	0.0	0.1
A131	max	0.3	1.6	1.0
	avg.	0.2	0.2	0.5
	min	-1.1	0.0	0.3
A012	max	2.6	3.2	2.3
	avg.	0.9	1.1	1.1
	min	-2.8	0.0	0.6
A112	max	2.6	3.2	2.3
	avg.	0.8	1.1	1.1
	min	-2.8	0.0	0.6
A132	max	4.4	6.1	4.5
	avg.	1.6	1.9	2.2
	min	-5.4	0.0	1.1
B010	max	2.5	0.0	-0.3
	avg.	0.7	0.7	0.6
	min	-2.2	-2.8	-1.2

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Загубите на активна моќност можат да се намалат
 - изградба на нови елементи во мрежата
 - реконструкција на постојните елементи
 - зголемување на нивниот капацитет
 - намалување на тековите на реактивна моќност
 - компензација на реактивна моќност
 - „оптимално оптоварување“ на елементите
 - „пеглање“ на дијаграмот на оптоварување
 - природни текови на струја во елементите
 - ова може да се постигне само во затворени мрежи
 - оптимална конфигурација на радијалните мрежи
- Дистрибутивните мрежи работат радијално, но се градат така што во нив постојат определен број спојници (резервни водови) кои ако се затворат ќе формираат контури (1 спојница = 1 контура)
 - изборот која гранка од мрежата ќе има функција на резервен вод (спојница) може многу да влијае врз загубите на активна моќност
- Намалувањето на загубите на активна моќност со определување на оптималната конфигурација е решение што бара најмалку инвестиции, но подразбира поголеми оперативни трошоци
 - трошоци за работна сила (манипулациите главно се изведуваат рачно)
 - трошоци за одржување на комутационата опрема

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Оптимална конфигурација може да се определи со решавање на следниот минимизационен проблем

$$\min \sum_{i=1}^{NG} \alpha_i \cdot R_i \cdot I_i^2$$

$$I_i \leq I_{i_{\max}}, \quad i = 1, \dots, NG$$

$$U_{\min} \leq U_j \leq U_{\max}, \quad j = 1, \dots, nj$$

$$\mathbf{A}^T \cdot \underline{\mathbf{I}} = \underline{\mathbf{J}}_{\text{пот.}}$$

$$\sum_{i=1}^{NG} \alpha_i = nj \begin{cases} \alpha_i = 1, \text{ гранката е во погон} \\ \alpha_i = 0, \text{ гранката е вон погон} \end{cases}$$

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Еден од начините е
 - 1) мрежата се претвора во затворена мрежа со мал број на контури
 - 2) се пресметуваат напоните во јазлите и инјектираните струи во јазлите за затворената мрежа
 - 3) врз основа на инјектираните струи од пресметани во чекорот 2) се пресметува оптималната распределба на струите во затворената R-мрежа
 - R-мрежата претставува модел на мрежата во кои гранките се претставени само со своите редни отпорности
 - 4) од множеството на гранки што припаѓаат на контурите се одбира гранката со најмала струја (пресметана во чекорот 3) и таа се прогласува за спојница
 - во оваа фаза се врши проверка на ограничувањата што произлегуваат од трајно дозволените струи во гранките
 - ако со изборот на спојницата ги нарушува ограничувањата, таа конфигурација се напушта и се одбира нова конфигурација дефинирана со отворање на гранката со следната најмала струја од оптималната распределба
 - 5) се менува конфигурацијата на мрежата со отворање на соодветната контура и пресметките продолжуваат со чекорот 2) се додека не се постигне радијална структура
- Радијалната конфигурација определена на следниот начин ќе има најмали загуби на моќност (и подобри напонски прилики) од сите други можни радијални конфигурации
 - загубите ќе бидат повисоки отколку во затворената мрежа

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Радијална мрежа 12.66 kV со 32 гранки од стеблото и 5 спојници

– спојници

- E – AB
- J – W
- K – Q
- N – X
- T – AF

– U_{\min} : 0.913091

– $\underline{S}_{\text{брuto}}$ (kVA): (3917.677 + j2435.141)

– $\underline{S}_{\text{нето}}$ (kVA): (3715.000 + j2300.000)

– $\Delta \underline{S}$ (kVA): (202.677 + j135.141)

- 5.5% + j5.9%

- Затворена мрежа

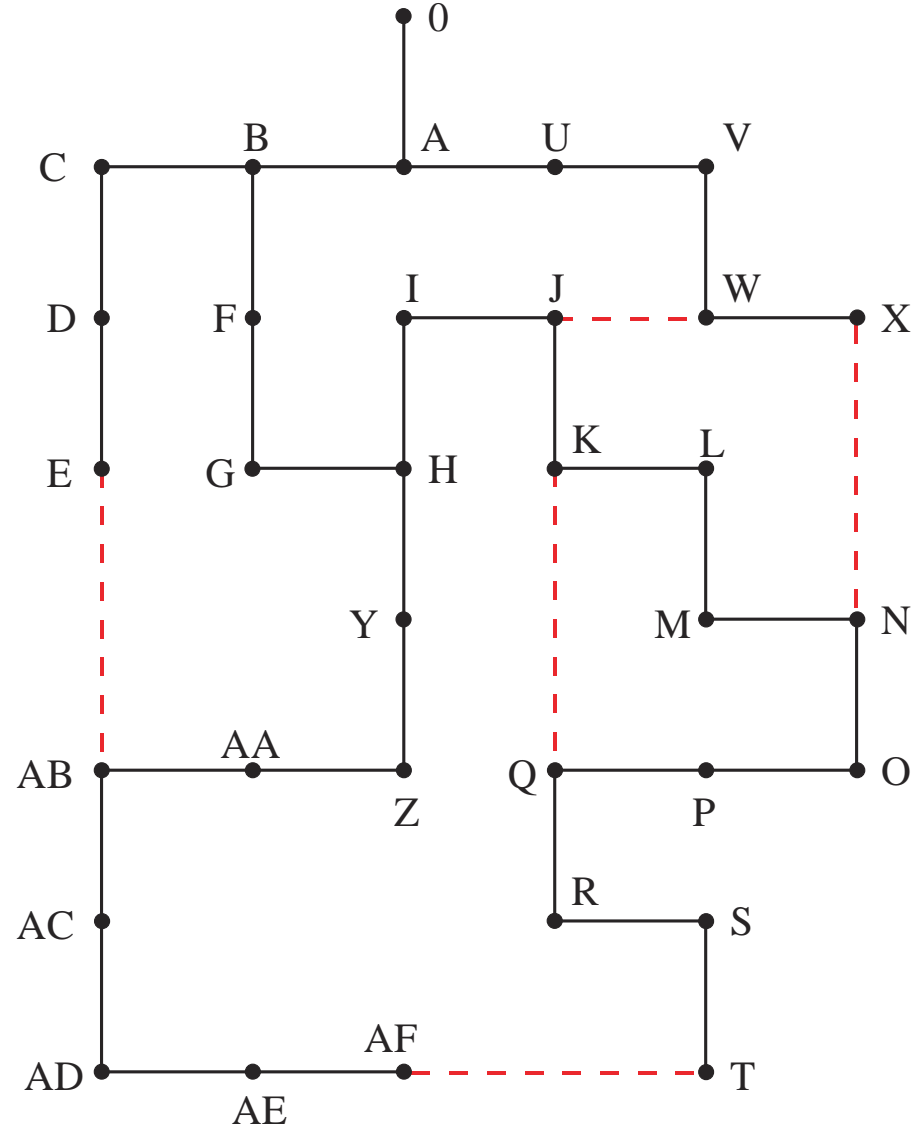
– U_{\min} : 0.953278

– $\underline{S}_{\text{брuto}}$ (kVA): (3838.291 + j2387.922)

– $\underline{S}_{\text{нето}}$ (kVA): (3715.000 + j2300.000)

– $\Delta \underline{S}$ (kVA): (123.291 + j87.922)

- 3.3% + j3.8%



НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Оптимална конфигурација

- спојници

- E – AB
- I – J
- K – L
- Q – P
- AE – AF

- U_{\min} : 0.937819

- U_{\min} : 0.913091

- $\underline{S}_{\text{брuto}}$ (kVA): (3854.551 + j2402.305)

- $\underline{S}_{\text{нето}}$ (kVA): (3715.000 + j2300.000)

- $\Delta \underline{S}$ (kVA): (139.551 + j102.305)

- 3.8% + j4.4%

- $\Delta \underline{S}$ (kVA): (202.677 + j135.141)

- 5.5% + j5.9%

- Затворена мрежа

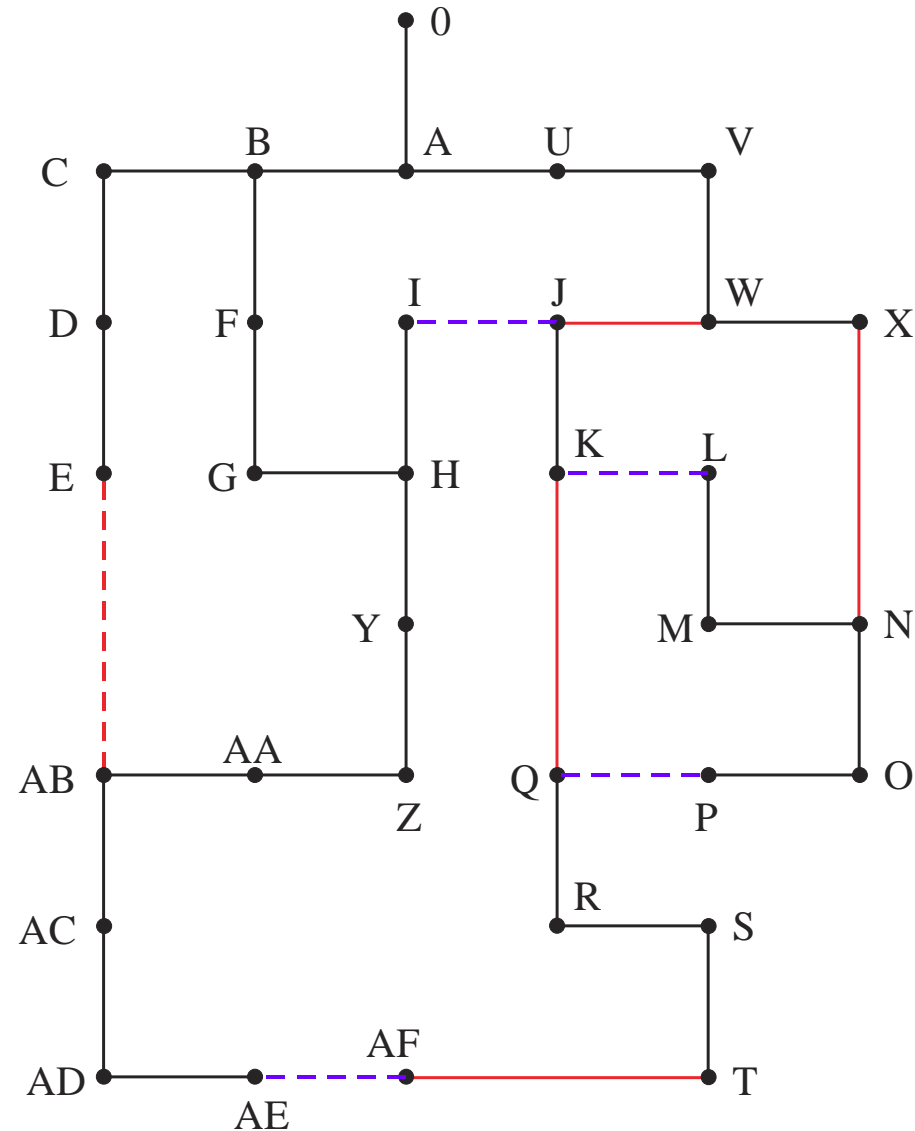
- U_{\min} : 0.953278

- $\underline{S}_{\text{брuto}}$ (kVA): (3838.291 + j2387.922)

- $\underline{S}_{\text{нето}}$ (kVA): (3715.000 + j2300.000)

- $\Delta \underline{S}$ (kVA): (123.291 + j87.922)

- 3.3% + j3.8%



НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Повисоките напони во оптималната конфигурација во многу ретки случаи можат да доведат и до повисоки загуби на моќност???
- Зависност на оптоварувањата на потрошувачите од погонскиот напон на кој што работат

$$\underline{S}_k = P_k + jQ_k = P_{k_0} \cdot (A_{0_k} + A_{1_k} \cdot U_k + A_{2_k} \cdot U_k^2) + jQ_{k_0} \cdot (B_{0_k} + B_{1_k} \cdot U_k + B_{2_k} \cdot U_k^2)$$
$$A_{0_k} + A_{1_k} + A_{2_k} = B_{0_k} + B_{1_k} + B_{2_k} = 1$$

- За повисоките номинални напони (>35 kV) оптоварувањата, најчесто, не зависат од напонот

$$\underline{S}_k = P_k + jQ_k = P_{k_0} + jQ_{k_0}$$

- За пониските номинални напони треба да се земе предвид оваа зависност
- Претходната постапка има недостатоци
 - оптималното решение се добива ако сумата на напоните во контурите е еднаква на нула (Кирхофов закон за напони)
 - ако во мрежата постојат контури што не се **автономни**, отворањето на една контура ги нарушува тековите на струите во останатите контури

$$\sum_{l \in NS} R_l \cdot \underline{I}_l = 0$$

- Постојат други (поедноставни) методи што следат слична логика
 - методи со „замена на гранки“ (*branch exchange*)

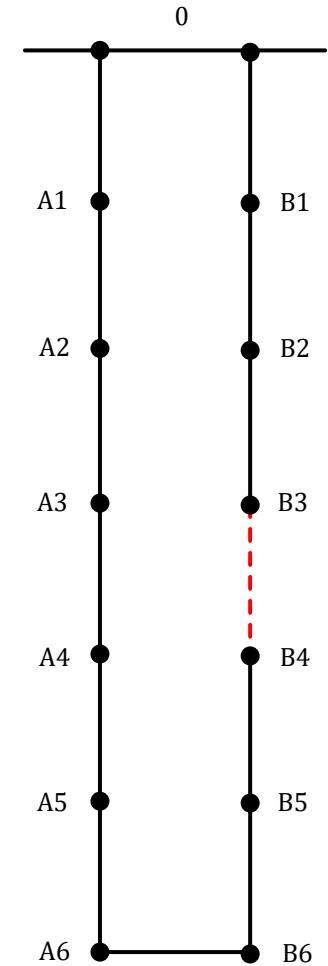
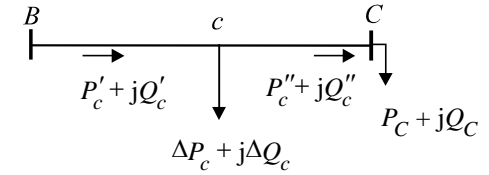
НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Постапка со замена на гранки

- приближна пресметка

- напонот во јазлите е еднаков на номиналниот (10 kV)
- уважени P, Q, R и X

$$\Delta P_T \cong R_c \cdot \frac{P_c'^2 + Q_c'^2}{U_n^2}$$



granka	P	Q	P'	ΔP	P''	Q'	ΔQ	Q''	Qvod	Δu%	Σdu%	Δp%	dp/du
0-A1	380.0	124.9	3,566.4	42.5	3,523.9	813.7	16.5	817.6	40.8	1.19%	1.19%	1.21%	0.983
A1-A2	380.0	124.9	3,143.9	33.1	3,110.8	713.1	12.9	720.6	40.8	1.05%	2.23%	1.07%	0.983
A2-A3	380.0	124.9	2,730.8	25.1	2,705.7	616.1	9.7	626.8	40.8	0.91%	3.15%	0.93%	0.983
A3-A4	380.0	124.9	2,325.7	18.2	2,307.5	522.3	7.1	535.6	40.8	0.78%	3.92%	0.79%	0.983
A4-A5	380.0	124.9	1,927.5	12.6	1,914.9	431.1	4.9	446.6	40.8	0.65%	4.57%	0.66%	0.983
A5-A6	380.0	124.9	1,534.9	8.0	1,526.9	342.2	3.1	359.5	40.8	0.51%	5.08%	0.52%	0.983
A6-B6	380.0	124.9	1,146.9	4.5	1,142.5	255.0	1.7	273.6	40.8	0.39%	5.47%	0.39%	0.983
B6-B5	380.0	124.9	762.5	2.0	760.5	169.1	0.8	188.8	40.8	0.26%	5.73%	0.26%	0.983
B5-B4	380.0	124.9	380.5	0.5	380.0	84.3	0.2	104.5	40.8	0.13%	5.86%	0.13%	0.983

139.5

0-B1	380.0	124.9	1,146.9	4.5	1,142.5	255.0	1.7	273.6	40.8	0.39%	0.39%	0.39%	0.983
B1-B2	380.0	124.9	762.5	2.0	760.5	169.1	0.8	188.8	40.8	0.26%	0.64%	0.26%	0.983
B2-B3	380.0	124.9	380.5	0.5	380.0	84.3	0.2	104.5	40.8	0.13%	0.77%	0.13%	0.983

6.9

146.4

3.2%

НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Постапка со замена на гранки
 - замена на гранките B3-B4 и B2-B3

granka	P	Q	P'	ΔP	P''	Q'	ΔQ	Q''	Qvod	$\Delta u\%$	$\Sigma du\%$	$\Delta p\%$	dp/du
0-A1	380.0	124.9	3,999.7	53.3	3,946.4	918.5	20.7	918.2	40.8	1.33%	1.33%	1.35%	0.983
A1-A2	380.0	124.9	3,566.4	42.5	3,523.9	813.7	16.5	817.6	40.8	1.19%	2.52%	1.21%	0.983
A2-A3	380.0	124.9	3,143.9	33.1	3,110.8	713.1	12.9	720.6	40.8	1.05%	3.56%	1.07%	0.983
A3-A4	380.0	124.9	2,730.8	25.1	2,705.7	616.1	9.7	626.8	40.8	0.91%	4.48%	0.93%	0.983
A4-A5	380.0	124.9	2,325.7	18.2	2,307.5	522.3	7.1	535.6	40.8	0.78%	5.25%	0.79%	0.983
A5-A6	380.0	124.9	1,927.5	12.6	1,914.9	431.1	4.9	446.6	40.8	0.65%	5.90%	0.66%	0.983
A6-B6	380.0	124.9	1,534.9	8.0	1,526.9	342.2	3.1	359.5	40.8	0.51%	6.41%	0.52%	0.983
B6-B5	380.0	124.9	1,146.9	4.5	1,142.5	255.0	1.7	273.6	40.8	0.39%	6.80%	0.39%	0.983
B5-B4	380.0	124.9	762.5	2.0	760.5	169.1	0.8	188.8	40.8	0.26%	7.06%	0.26%	0.983
B4-B3	380.0	124.9	380.5	0.5	380.0	84.3	0.2	104.5	40.8	0.13%	7.19%	0.13%	0.983

199.7

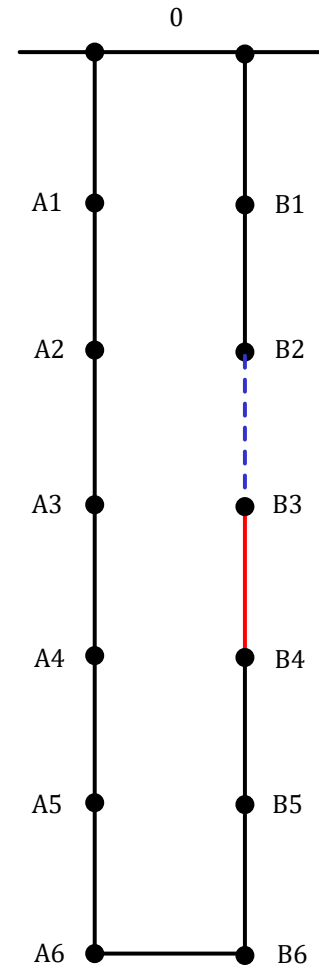
0-B1	380.0	124.9	762.5	2.0	760.5	169.1	0.8	188.8	40.8	0.26%	0.26%	0.26%	0.983
B1-B2	380.0	124.9	380.5	0.5	380.0	84.3	0.2	104.5	40.8	0.13%	0.39%	0.13%	0.983

2.5

202.2

4.4%

7.19%



НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Постапка со замена на гранки
 - замена на гранките B3-B4 и B4-B5

granka	P	Q	P'	ΔP	P''	Q'	ΔQ	Q''	Qvod	$\Delta u\%$	$\Sigma du\%$	$\Delta p\%$	dp/du
0-A1	380.0	124.9	3,143.9	33.1	3,110.8	713.1	12.9	720.6	40.8	1.05%	1.05%	1.07%	0.983
A1-A2	380.0	124.9	2,730.8	25.1	2,705.7	616.1	9.7	626.8	40.8	0.91%	1.96%	0.93%	0.983
A2-A3	380.0	124.9	2,325.7	18.2	2,307.5	522.3	7.1	535.6	40.8	0.78%	2.74%	0.79%	0.983
A3-A4	380.0	124.9	1,927.5	12.6	1,914.9	431.1	4.9	446.6	40.8	0.65%	3.38%	0.66%	0.983
A4-A5	380.0	124.9	1,534.9	8.0	1,526.9	342.2	3.1	359.5	40.8	0.51%	3.90%	0.52%	0.983
A5-A6	380.0	124.9	1,146.9	4.5	1,142.5	255.0	1.7	273.6	40.8	0.39%	4.28%	0.39%	0.983
A6-B6	380.0	124.9	762.5	2.0	760.5	169.1	0.8	188.8	40.8	0.26%	4.54%	0.26%	0.983
B6-B5	380.0	124.9	380.5	0.5	380.0	84.3	0.2	104.5	40.8	0.13%	4.67%	0.13%	0.983

103.9

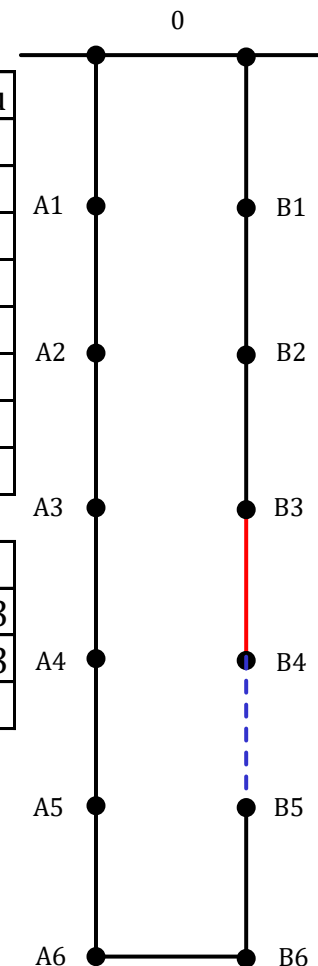
0-B1	380.0	124.9	1,534.9	8.0	1,526.9	342.2	3.1	359.5	40.8	0.51%	0.51%	0.52%	0.983
B1-B2	380	125	1146.9	4.47	1142.5	255	1.7	274	40.8	0.004	0.009	0.004	0.983
B2-B3	380	125	762.47	1.98	760.49	169	0.8	189	40.8	0.003	0.012	0.003	0.983
B3-B4	380.0	124.9	380.5	0.5	380.0	84.3	0.2	104.5	40.8	0.13%	1.29%	0.13%	0.983

14.9

118.8

2.6%

4.67%



НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Постапка со замена на гранки
 - замена на гранките B6-B5 и B3-B4

granka	P	Q	P'	ΔP	P''	Q'	ΔQ	Q''	Qvod	$\Delta u\%$	$\Sigma du\%$	$\Delta p\%$	dp/du
0-A1	380.0	124.9	3,566.4	42.5	3,523.9	813.7	16.5	817.6	40.8	1.19%	1.19%	1.21%	0.983
A1-A2	380.0	124.9	2,325.7	18.2	2,307.5	522.3	7.1	535.6	40.8	0.78%	1.69%	0.79%	0.983
A2-A3	380.0	124.9	1,927.5	12.6	1,914.9	431.1	4.9	446.6	40.8	0.65%	2.33%	0.66%	0.983
A3-A4	380.0	124.9	1,534.9	8.0	1,526.9	342.2	3.1	359.5	40.8	0.51%	2.85%	0.52%	0.983
A4-A5	380.0	124.9	1,146.9	4.5	1,142.5	255.0	1.7	273.6	40.8	0.39%	3.23%	0.39%	0.983
A5-A6	380.0	124.9	762.5	2.0	760.5	169.1	0.8	188.8	40.8	0.26%	3.49%	0.26%	0.983
A6-B6	380.0	124.9	380.5	0.5	380.0	84.3	0.2	104.5	40.8	0.13%	3.62%	0.13%	0.983

88.2

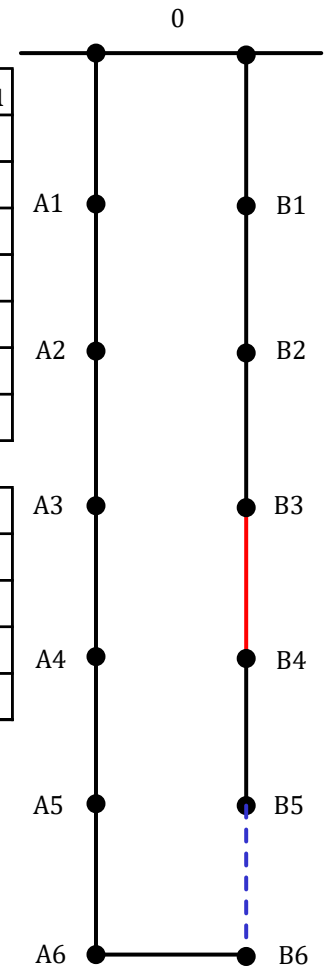
0-B1	380.0	124.9	1,927.5	12.6	1,914.9	431.1	4.9	446.6	40.8	0.65%	0.65%	0.66%	0.983
B1-B2	380.0	124.9	1,534.9	8.0	1,526.9	342.2	3.1	359.5	40.8	0.51%	1.16%	0.52%	0.983
B2-B3	380.0	124.9	1,146.9	4.5	1,142.5	255.0	1.7	273.6	40.8	0.39%	1.55%	0.39%	0.983
B3-B4	380.0	124.9	762.5	2.0	760.5	169.1	0.8	188.8	40.8	0.26%	1.80%	0.26%	0.983
B4-B5	380.0	124.9	380.5	0.5	380.0	84.3	0.2	104.5	40.8	0.13%	1.93%	0.13%	0.983

27.5

115.7

2.5%

3.62%



НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Постапка со замена на гранки
 - замена на гранките В3-В4 и А6-В6
 - оптимална конфигурација за овој пример!

granka	P	Q	P'	ΔP	P''	Q'	ΔQ	Q''	Qvod	$\Delta u\%$	$\Sigma du\%$	$\Delta p\%$	dp/du
0-A1	380.0	124.9	2,325.7	18.2	2,307.5	522.3	7.1	535.6	40.8	0.78%	0.78%	0.79%	0.983
A1-A2	380.0	124.9	1,927.5	12.6	1,914.9	431.1	4.9	446.6	40.8	0.65%	1.42%	0.66%	0.983
A2-A3	380.0	124.9	1,534.9	8.0	1,526.9	342.2	3.1	359.5	40.8	0.51%	1.94%	0.52%	0.983
A3-A4	380.0	124.9	1,146.9	4.5	1,142.5	255.0	1.7	273.6	40.8	0.39%	2.32%	0.39%	0.983
A4-A5	380.0	124.9	762.5	2.0	760.5	169.1	0.8	188.8	40.8	0.26%	2.58%	0.26%	0.983
A5-A6	380.0	124.9	380.5	0.5	380.0	84.3	0.2	104.5	40.8	0.13%	2.71%	0.13%	0.983

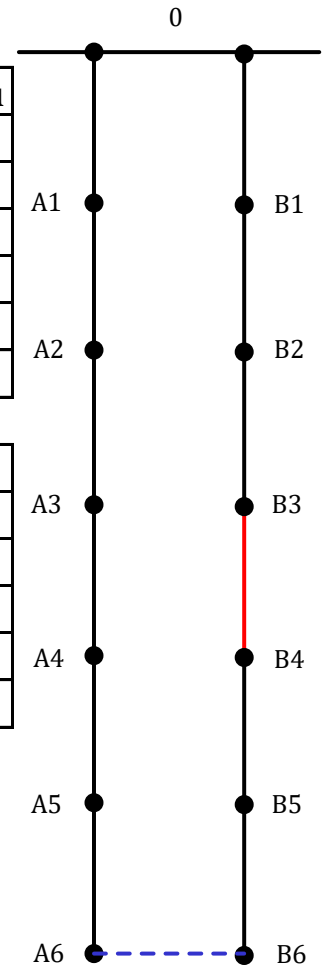
45.7

0-B1	380.0	124.9	2,325.7	18.2	2,307.5	522.3	7.1	535.6	40.8	0.78%	0.78%	0.79%	0.983
B1-B2	380.0	124.9	1,927.5	12.6	1,914.9	431.1	4.9	446.6	40.8	0.65%	1.42%	0.66%	0.983
B2-B3	380.0	124.9	1,534.9	8.0	1,526.9	342.2	3.1	359.5	40.8	0.51%	1.94%	0.52%	0.983
B3-B4	380.0	124.9	1,146.9	4.5	1,142.5	255.0	1.7	273.6	40.8	0.39%	2.32%	0.39%	0.983
B4-B5	380.0	124.9	762.5	2.0	760.5	169.1	0.8	188.8	40.8	0.26%	2.58%	0.26%	0.983
B5-B6	380.0	124.9	380.5	0.5	380.0	84.3	0.2	104.5	40.8	0.13%	2.71%	0.13%	0.983

45.7

91.4

2.0%

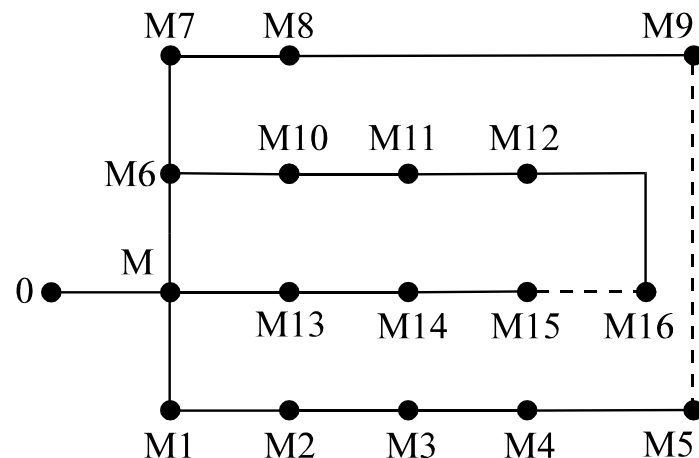
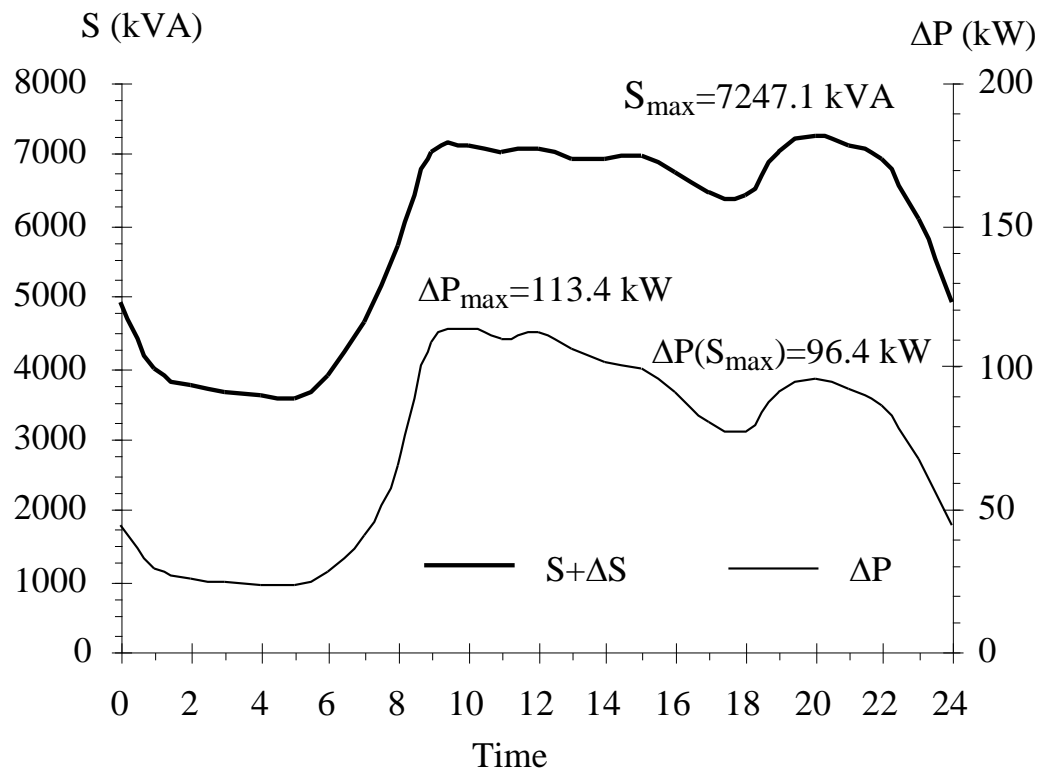


НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Оптималната конфигурација на мрежата определена врз основа на приликите во еден момент на време (максимален режим) не секогаш резултира со најмали загуби на енергија во период T
 - Промената на конфигурацијата е поврзана со активности (комутации со прекинувачи/раставувачи) и не е разумно да се прави често, особено во услови кога степенот на автоматизација е релативно низок
- Ако се комбинираат *методот за сумирање на енергии* и постапката со *замена на гранки* се добива метод со кој може да се определи оптимална конфигурација со минимални загуби на енергија за период T
 - вака определената конфигурација ќе има загуби на енергија помали или еднакви со загубите на енергија за оптималната конфигурација определена со минимални загуби на моќност
 - загубите на моќност во максималниот режим можат да бидат поголеми

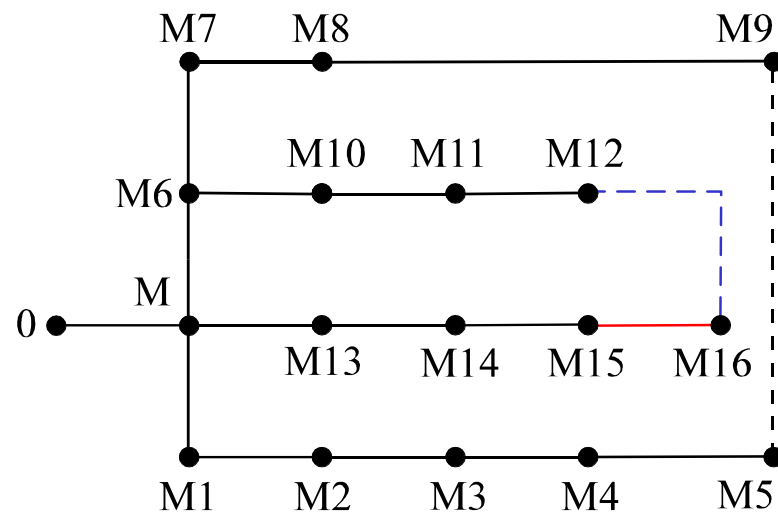
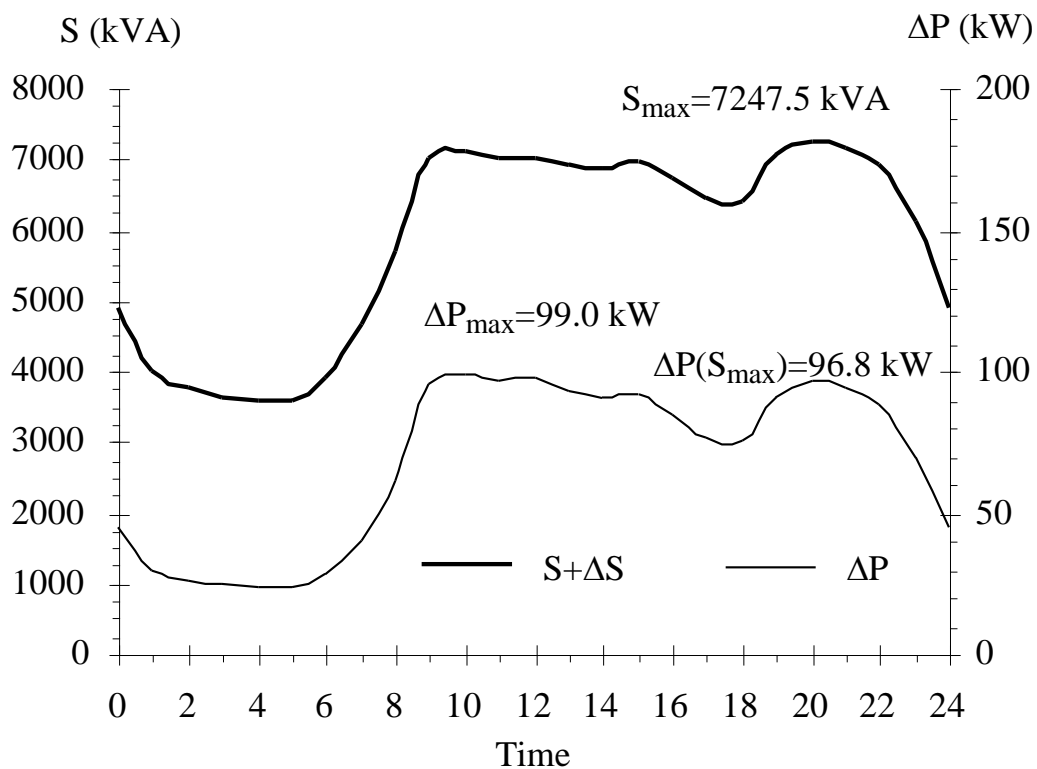
НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Пример со 10 kV мрежа
 - оптимална конфигурација со намали загуби на моќност во максимален режим (20:00)



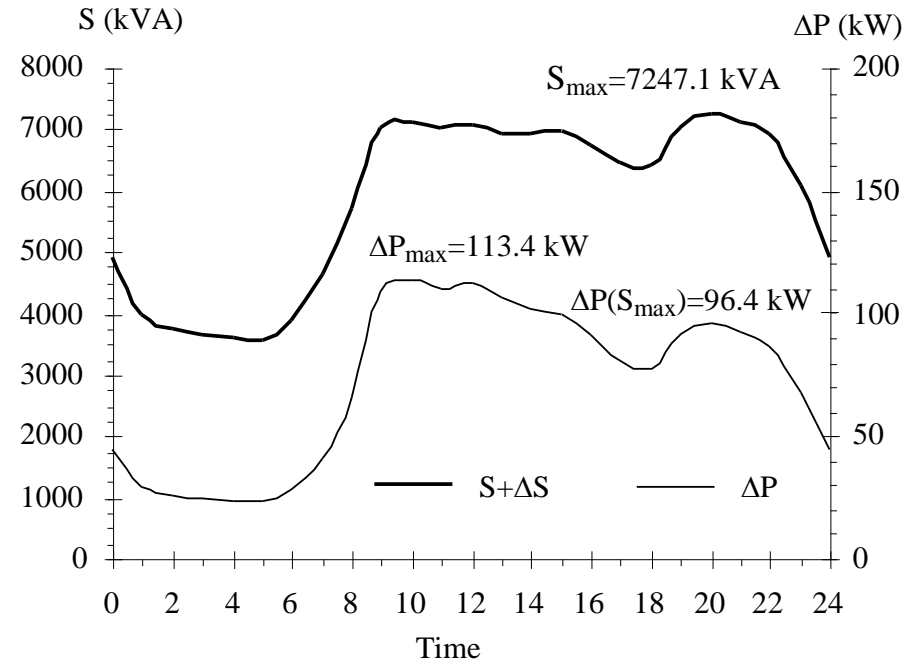
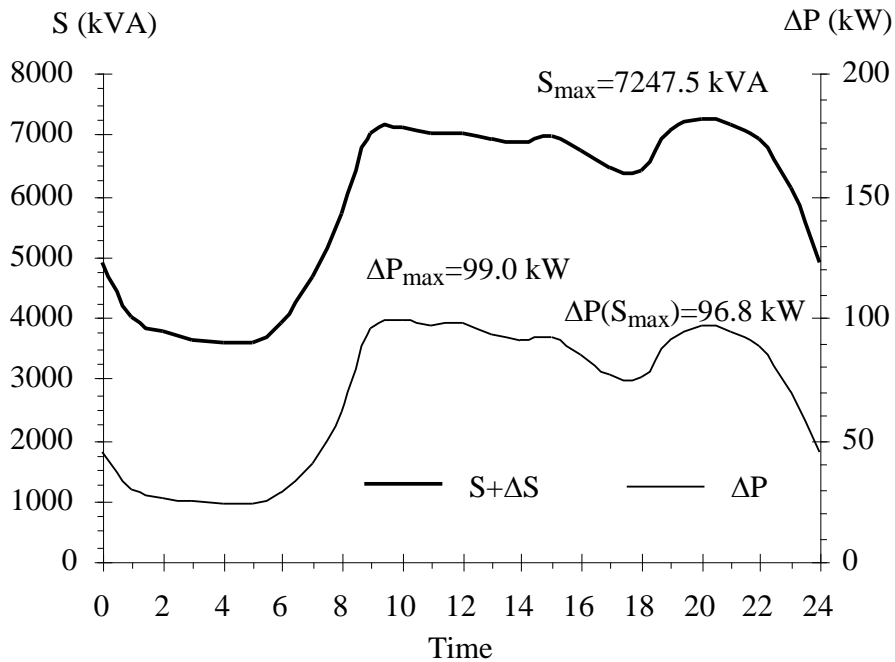
НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Пример со 10 kV мрежа
 - оптимална конфигурација со намали загуби на енергија во 24 часа



НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА МОЌНОСТ ВО ДМ

- Определувањето на оптимална конфигурација со минимални загуби на енергија нуди предности
 - помал број на комутации за постигнување оптимална конфигурација



Оптимизација	Спојници	Загуби во мрежата	
		kWh	kW
Загуби на енергија	M5-M9 M12-M16	1632.2	96.8
Загуби на моќност	M5-M9 M15-M16	1729.2	96.4