

# **PLANIRANJE RAZVOJA PRENOSNE MREŽE**

**5. Kompletno planiranje razvoja  
prenosnih mreža**

## 5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža

### 5.1. Opšti principi

- Prenosna mreža u većini EES-ova predstavlja kombinaciju međusobno povezanih mreža više naponskih nivoa. U Srbiji su to mreže 110 kV, 220 kV i 400 kV.
- Osnovi zahtevi koji se postavljaju pred svaku prenosnu mrežu su:
  - Prenosna mreža mora zadovoljiti potrebe EES-a pri svim mogućim angažovanjima
  - Prenosne mreže 220 kV i 400 kV pored osnovne funkcije moraju da omoguće tranzite električne energije
  - Prenosne mreže 110 kV mogu istovremeno imati ulogu razdelnih i distributivnih mreža.
  - Prenosne mreže moraju biti tako projektovane da ispunjavaju sve zakonom i standardima propisane uslove
  - Prenosne mreže moraju zadovoljiti sva predviđena tehnička ograničenja u pogonu koja se odnose i na normalna i na havarijska stanja:
    - Ograničenja opsega promene napona
    - Dozvoljena opterećenja elemenata
    - Standardizacija elemenata
    - Nivoi struja (ili snaga) kratkog spoja

## **5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža**

### **5.1. Opšti principi**

- U procesu globalnog planiranja razvoja prenosnih mreža posmatra se ceo EES.
- Planerski modeli su složeniji u odnosu na modele kod planiranja izvora.
- Pored zadate lokacije izvora i potrošača, kao nezavisne promenljive, moraju se uvažiti aktuelna topologija postojeće mreže, raspoloživi koridori za prolaz novih vodova i dozvoljene lokacije za nova postrojenja.
- Dimenzionalnost problema je veća nego kod planiranja izvora.
- Ograničenja pri planiranju mreža su složenija i često se izražavaju preko nelinearnih relacija (npr. naponska ograničenja) ili čak preko nelinearnih diferencijalnih jednačina (ograničenja tranzijentne stabilnosti).
- U cilju prevazilaženja ovih problema, planiranje prenosnih mreža se u opštem slučaju deli u dve faze:
  - Formiranje i
  - Analiza šeme razvoja prenosne mreže.

## **5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža**

### **5.1. Opšti principi**

- U fazi formiranja šeme zadatak je da se definišu jedna ili više opcija sa performansama koje zadovoljavaju zahteve sigurnosti i pouzdanosti sistema.
- U fazi analize, zadatak je da se izvrši tehnička i ekomska ocena predloženih šema razvoja, putem proračuna tokova snaga, kratkih spojeva, stabilnosti, pouzdanosti i ekonomije.
- Na osnovu rezultata ovih proračuna donosi se konačna odluka i predlaže usvajanje najbolje šeme.

## **5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža**

### **5.2. Standardizacija elemenata prenosne mreže**

- Pojedinačna optimizacija izbora osnovnih parametara prenosne mreže nije put za dobijanje globalnog optimuma za ceo EES, jer bi to rezultiralo velikim brojem naponskih nivoa, poprečnih preseka, itd.
- Ovo bi bilo nepovoljno sa gledišta rezervnih delova, alata i pribora kao i ekipa za održavanje.
- Zbog toga postoji interes da se uradi standardizacija.
- Preko nacionalnih propisa i standarda (JUS, IEC, VDE, GOST, BS, ASA, NEMA i drugih) preporuka međunarodnih profesionalnih organizacija (EPS, EDF, ENEL, NERC i drugih) sprovedena je standardizacija:
  - Napona
  - Materijala i poprečnih preseka provodnika
  - Snaga i parametara transformatora
  - Parametara za izbor prekidača

## 5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža

### 5.2. Standardizacija elemenata prenosne mreže

- Izvod iz skale standarnih napona po IEC-u

| Najviši dozvoljeni<br>linijski napon<br>za opremu<br>[kV] | Nominalni napon<br>[kV] | Primedba               |
|---|-------------------------|------------------------|
| 0,4   | 0,38*                   | prelazi se na 0,40 kV  |
| 3,6   | 3,0                     |                        |
| 7,2   | 6,0*                    | samo za motorne pogone |
| 12,0  | 10,0*                   |                        |
| 24,0  | 20,0*                   |                        |
| 38,0  | 35,0*                   |                        |
| 72,5  | 60,0                    |                        |
| 123,0   | 110,0*                  |                        |
| 145,0   | 132,0                   |                        |
| 165,0   | 150,0                   |                        |
| 245,0   | 220,0*                  |                        |
| 330,0   | 300,0                   |                        |
| 420,0   | 400,0*                  |                        |
| 525,0   | 500,0                   |                        |
| 785,0   | 750,0                   |                        |
| 1260,0  | 1150,0                  |                        |

\* Usvojeni naponski nivoi u Srbiji i nekadašnjoj SFRJ

## 5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža

### 5.2. Standardizacija elemenata prenosne mreže

- Prosečni parametri prenosnih vodova standardnih naponskih nivoa u opsegu 110-1150 kV

| Naponski<br>nivo<br>[kV] | Karakteristična<br>impedansa voda<br>[Ω] |     |     |     |     | Prirodna snaga<br>[MW] |      |      |   |      | Maksimalna<br>daljina prenosa<br>[km] |
|--------------------------|--|-----|-----|-----|-----|------------------------|------|------|---|------|---------------------------------------|
|                          | 1  | 2   | 3   | 4   | 6   | 1                      | 2    | 3    | 4 | 6    |                                       |
| 110                      | 375                                      |     |     |     |     | 33                     |      |      |   |      | 50–100                                |
| 220                      | 375                                      | 300 | 275 |     |     | 130                    | 160  | 175  |   |      | 100–400                               |
| 330                      |  | 295 | 280 |     |     | 370                    | 390  |      |   |      | 300–700                               |
| 400                      |  | 295 | 280 | 260 |     | 540                    | 570  | 615  |   |      | 600–1000                              |
| 500                      |  | 305 | 280 | 260 |     | 820                    | 895  | 960  |   |      | 900–1200                              |
| 750                      |  |     | 290 | 275 |     |                        | 1940 | 2045 |   |      | 1500–2200                             |
| 1150                     |  |     |     |     | 240 |                        |      |      |   | 5500 | >2500                                 |

## 5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža

### 5.2. Standardizacija elemenata prenosne mreže

- Parametri vazdušnih vodova napona 110 kV, 220 kV i 400 kV

| Materijal i<br>oznaka<br>provodnika | D    | V <sub>n</sub> | Broj i presek<br>žica u užetu<br>[mm <sup>2</sup> ] |         | Računski presek<br>[mm <sup>2</sup> ] |       |        | Podužni parametri   |   |  | I <sub>th</sub><br>[A] |
|-------------------------------------|------|----------------|---|---------|---------------------------------------|-------|--------|---|---|--|------------------------|
|                                     | [mm] | [kV]           | Al  | Če      | Al                                    | Če    | Σ      | r <sub>v</sub><br>$\left[ \frac{\Omega}{\text{km}} \right]$ | x <sub>v</sub><br>$\left[ \frac{\Omega}{\text{km}} \right]$ | b <sub>v</sub><br>$\left[ \frac{\mu\text{S}}{\text{km}} \right]$ |                        |
| AČ 120/20                           | 15,5 | 110            | 26x2,44   | 7x1,90  | 121,6                                 | 19,5  | 141,4  | 0,237   | 0,426   | 2,673  | 410                    |
| AČ 150/25                           | 17,1 | 110            | 26x2,70   | 7x2,10  | 148,9                                 | 24,2  | 173,1  | 0,194   | 0,422   | 2,698  | 470                    |
| AČ 240/40                           | 21,9 | 110            | 26x3,45   | 7x2,68  | 243,0                                 | 39,5  | 282,5  | 0,119   | 0,406   | 2,808  | 645                    |
| AČ 360/57                           | 22,6 | 220            | 26x4,20   | 19x1,96 | 360,2                                 | 57,3  | 417,5  | 0,080   | 0,436   | 2,606  | 820                    |
| AČ 490/65                           | 30,6 | 220            | 54x3,40   | 7x3,40  | 490,3                                 | 63,6  | 553,9  | 0,059   | 0,412   | 2,805  | 975                    |
| AČ 2x490/65                         |      | 400            |   |         | 980,6                                 | 127,2 | 1107,8 | 0,029   | 0,341   | 3,371  | 1950                   |
| AČ 2x490/110                        |      | 400            |   |         | 975,6                                 | 222,4 | 1198,0 | 0,023   | 0,330   | 3,454  | 1950                   |

\* Podužna otpornost voda  $r_v$ , pri temperaturi od +20°C

\*\* Podužne reaktanse  $x_v$  i susceptanse  $b_v$ , približno su date za geometrijski raspored provodnika za portalne stubove

\*\*\* Dozvoljna trajna struja provodnika  $I_{th}$  pri ambijentalnoj temperaturi od +35°C i zagrevanju provodnika na +70°C

## 5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža

### 5.2. Standardizacija elemenata prenosne mreže

- Osnovni podaci o transformatorima koji se koriste u prenosnim mrežama 110 kV, 220 kV i 400 kV

| Pravidna snaga<br>[MVA] | Tip   | Prenosni odnos<br>[kV/kV/kV] | Sprega                                       | Napon kratkog spoja primar–sekundar [%] | Hlađenje* |
|-------------------------|---|------------------------------|--|---|-----------|
| 20/20/6,67              | Sa razdvojenim namotajima                       | 110±10x1,5%/36,75/10,5       | Y <sub>0</sub> y <sub>0</sub> d <sub>5</sub> | 10–12                                   | ONAF      |
| 31,5/31,5/10,5          | Sa razdvojenim namotajima                       | 110±10x1,5%/36,75/10,5       | Y <sub>0</sub> y <sub>0</sub> d <sub>5</sub> | 10–12                                   | ONAF      |
| 63/63/21                | Sa razdvojenim namotajima                       | 110±10x1,5%/36,75/10,5       | Y <sub>0</sub> y <sub>0</sub> d <sub>5</sub> | 10–12                                   | ONAF      |
| 150/150/21              | Autotransformator                               | 220±12x1,25%/115/10,5        | Y <sub>0</sub> d <sub>5</sub>                | 10,5–12,5                               | ONAF/OFAF |
| 250/250/ 50             | Autotransformator                               | 220±12x1,25%/115/10,5        | Y <sub>0</sub> d <sub>5</sub>                | 11–12                                   | ONAF/OFAF |
| 150/150/50              | Sa razdvojenim namotajima ili autotransformator | 400±2x2,5%/115/31,5          | Y <sub>0</sub> y <sub>0</sub> d <sub>5</sub> | 11–12                                   | ONAF/OFAF |
| 300/300/100             | Sa razdvojenim namotajima ili autotransformator | 400±2x2,5%/115/31,5          | Y <sub>0</sub> y <sub>0</sub> d <sub>5</sub> | 11,5–12,5                               | ONAF/OFAF |
| 400/400/100             | Autotransformator                               | 400±5%/231/31,5              | Y <sub>0</sub> d <sub>5</sub>                | 12–13                                   | ONAF/OFAF |

\* O – ulje, A – vazduh, N – prirodno hlađenje, F – prinudno hlađenje

## 5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža

### 5.2. Standardizacija elemenata prenosne mreže

- Maksimalno dozvoljene snage i struje kratkog spoja u VN mrežama, koje se koriste za izbor prekidača

| Naponski nivo<br>mreže<br>[kV] | Dozvoljena snaga<br>kratkog spoja<br>[MVA] | Dozvoljena struja<br>kratkog spoja<br>[kA] |
|--------------------------------|--|--|
| 6                              | 150  | 14,4                                       |
| 10                             | 250/350                                    | 14,4/20,2                                  |
| 20                             | 500  | 14,4                                       |
| 35                             | 600/800                                    | 9,9/13,2                                   |
| 110                            | 3800/6000/7500                             | 20,0/31,5/40,0                             |
| 220                            | 15250                                      | 40,0                                       |
| 400                            | 27700                                      | 40,0                                       |

## **5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža**

### **5.2. Standardizacija elemenata prenosne mreže**

- Ako se posmatraju standardni poprečni preseci vidi se da se u Srbiji za pojedine naponske nivoe koriste jedan ili dva standardna poprečna preseka.
- Takođe, koristi se nekoliko standardnih snaga za transformatore.
- Ova praksa može na prvi pogled da izgleda kao da ruši ekonomski efekti pojedinačne optimizacije elemenata.
- Međutim, to nije slučaj jer se pokazalo da su u većini slučajeva optimalni troškovi pojedinih elemenata malo osetljivi na promenu osnovnih parametara (poprečni presek, nominalna snaga TR).
- Prema tome, efekat udaljavanja od tačke optimuma je relativno mali.

## 5.3. Radna ograničenja

### 5.3.1. Ograničenja po naponima

- Dozvoljeni opseg promene napona u čvorovima prenosne mreže definiše se za normalne i havarijske radne režime.
- Dozvoljeni opseg definiše se minimalnim i maksimalnim naponima u čvorovima mreže:

$$U^{\min} \leq U_i \leq U^{\max}, i = 1, 2, \dots, N$$

- Vrednosti minimalnih i maksimalnih napona za pojedine naponske nivoe, za normalni radni režim su:

$$U^{\min} = 380 \text{ kV}, 208 \text{ kV i } 97.6 \text{ kV}$$

$$U^{\max} = 420 \text{ kV}, 242 \text{ kV i } 123 \text{ kV}$$

- Za slučaj poremećaja u sistemu, definiše se samo minimalni dozvoljeni napon, dok je maksimalni isti kao i za normalni radni režim. Te minimalne vrednosti su:

$$U^{\min} = 360 \text{ kV}, 198 \text{ kV i } 93 \text{ kV}$$

## 5.3. Radna ograničenja

### 5.3.2. Dozvoljena opterećenja prenosne mreže

- Za vazdušne vodove koji se koriste u Srbiji dozvoljena opterećenja u zimskim uslovima su data u tabeli.

| Vod              | Presek                      | $I_f$ [A] | $S_{3f}$ [MVA] |
|------------------|-----------------------------|-----------|----------------|
| Nadzemni 400 kV  | 2x490/65 mm <sup>2</sup> Ač | 1600      | 1110           |
| Nadzemni 220 kV  | 360/60 mm <sup>2</sup> Ač   | 675       | 257            |
|                  | 490/65 mm <sup>2</sup> Ač   | 800       | 305            |
| Nadzemni 110 kV  | 120/20 mm <sup>2</sup> Ač   | 340       | 65             |
|                  | 150/25 mm <sup>2</sup> Ač   | 400       | 76             |
|                  | 240/40 mm <sup>2</sup> Ač   | 525       | 100            |
|                  | 360/60 mm <sup>2</sup> Ač   | 670       | 128            |
|                  | 490/65 mm <sup>2</sup> Ač   | 800       | 153            |
|                  | 300 mm <sup>2</sup> Cu      | 600       | 115            |
| Kablovski 110 kV | 500 mm <sup>2</sup> Cu      | 720       | 137            |
|                  | 1000 mm <sup>2</sup> Al     | 800       | 153            |

## 5.3. Radna ograničenja

### 5.3.2. Dozvoljena opterećenja prenosne mreže

- U havarijskim uslovima (ispad nekog elementa), dozvoljena trajna opterećenja su za 20% veća od napred navedenih vrednosti.
- Za transformatore trajno dozvoljeno termičko opterećenje određeno je njihovim prividnim nazivnim snagama ( $S_n$ ), odnosno odgovarajućom strujom pri nazivnom naponu.
- U havarijskim uslovima dozvoljava se privremeno strujno opterećenje transformatora od 25%.
- Za transformatore sa regulacijom može se propisati i dozvoljeni opseg promene odnosa transformacije.
- Pored termičkih granica, prenosnim elementima mogu se propisati granice razlike faznih uglova između fazora napona na krajevima rednih elemenata, koje su mera rezerve staticke stabilnosti.
- Obično su ti granični uglovi  $\theta_{ij} \leq 45^\circ\text{C}$  za normalna i  $\theta_{ij} \leq 60^\circ\text{C}$  za havarijska stanja.

## **5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža**

### **5.4. Proračun KS u fazi planiranja razvoja**

- Proračuni KS u elektroenergetskim mrežama spadaju u grupu čestih aktivnosti, kako u periodu planiranja, tako i u eksploataciji.
- Proračuni vezani za planiranje imaju za cilj da se nađu maksimalni nivoi snaga (ili struja) KS u pojedinim etapama budućeg razvoja sistema.
- Na osnovu izračunatih vrednosti sprovodi se izbor snage uključenja/isključenja prekidača, proračun uzemljenja postrojenja i proračun termičkih i dinamičkih naprezanja aparata i opreme.
- Ovi proračuni okarakterisani su relativno malom preciznošću ulaznih podataka koji se odnose uglavnom na napoznatu konfiguraciju mreže i parametre budućih generatora, trasformatora i vodova, mnogo godina unapred.
- S druge strane, proračuni KS za potrebe eksploatacije su znatno precizniji jer je tu otklonjen najveći deo neizvesnosti. Ovi poračuni su neophodni za određivanje aktuelnog nivoa snaga i struja KS, radi provere opreme i njihovog rada

## **5. Kompletno planiranje razvoja prenosnih mreža**

### **5.5. Metode planiranja prenosnih mreža**

- Postupci planiranja prenosnih mreža mogu se sa praktičnog aspekta grubo podeliti u dve grupe: statičke i dinamičke.
- Statički postupci rešavaju problem izbora strukture prenosne mreže za neku određenu godinu (ili nekoliko godina) budućeg vremenskog perioda.
- Tu se ne vodi računa o problemima prelaza od sadašnjeg na to buduće stanje tj. ovi postupci ne daju vremenski plan izgradnje novih prenosnih vodova i postrojenja, koji će sistem prevesti iz sadašnjeg stanja u stanje u horizont godini.
- Iz tih razloga kod ovog postupka pri poređenju troškova ne vrši se njihova aktualizacija.
- Postupak postaje dinamičan kada se u problem uključuju i vremenski planovi izgradnje pojedinih vodova i postrojenja, počev od početnog pa do konačnog stanja u horizont godini.
- Druga podela metoda planiranja prenosnih mreža je podela na heurističke metode i metode matematičke optimizacije.

## 5.5. Metodi planiranja prenosnih mreža

### 5.5.1. Statički postupci planiranja razvoja prenosnih mreža

- Prenosna mreža se mora tako planirati da zadovolji kriterijume pouzdanosti i adekvatnosti. Sa gledišta eksploatacije u stacionarnom stanju tipični kriterijumi planiranja razvoja su:
  - Mreža u svakom normalnom režimu eksploatacije ne sme imati ni jedan vod trajno opterećen iznad svoje termičke granice, niti elemente opreme optrerećene iznad svojih nominalnih kapaciteta.
  - Dozvoljene varijacije napona u čvorovima u normalnom režimu ne smiju biti veće od  $\pm 5\%$  (izuzetno  $\pm 10\%$ ) u odnosu na normalni napon.
  - U normalnom stanju ni jedan vod ne sme biti opterećen tako da mu je nekompenzovani ugao snage prenosa veći od  $45^\circ$ .
  - U slučaju jednostrukih poremećaja (ispad jednog generatora, voda ili transformatora) prenosna mreža mora zadovoljiti potrebe svih potrošača, uz dozvoljeno smanjenje napona u čvorovima najviše od 5-10% u odnosu na nominalni napon. Pri tome ni jedan vod ne sme biti opterećen iznad svog maksimalnog kratkotrajnog termičkog opterećenja (trajanja 10-15 min). Takođe nekompenzovani ugao snage prenosa tada ne sme biti veći od  $60^\circ$ .

## 5.5. Metodi planiranja prenosnih mreža

### 5.5.2. Heuristički metodi planiranja razvoja prenosnih mreža

- Heuristički metodi baziraju se na iskustvu i intuiciji planera.
- Oni su bliski načinu mišljenja inženjera-planera, pa se rešenja koja daju baziraju na njihovom iskustvu i iterativnoj primeni standardnih postupaka analize prenosnih mreža.
- Iz ovih razloga, oni u matematičkom smislu nisu striktno optimizacioni.
- Međutim, zbog svoje jasnoće, jednostavne primene, elastičnosti, brzine računanja i lakog uključivanja planera u proces odlučivanja našli su široku praktičnu primenu.
- Ovi postupci sadrže tri osnovna dela:
  1. **Provera opterećenja.** U fazi formiranja topološke šeme prenosne mreže ključno pitanje je da li sve grane imaju adekvatni prenosni kapacitet, odnosno da li postoje preopterećeni elementi. Zbog toga se mora sprovesti provera tokova snaga, da bi se utvrdilo da li ima preopterećenih grana u normalnom pogonu i pri jednostrukim poremećajima (koncept sigurnosti "n-1"). U tu svrhu se obično koriste programski paketi za analizu sigurnosti koji počivaju na linarnom DC modelu za proračun tokova snaga.

## 5.5. Metodi planiranja prenosnih mreža

### 5.5.2. Heuristički metodi planiranja razvoja prenosnih mreža

- 2. **Analiza osetljivosti.** Ako se pri proveri tokova snaga utvrди da je neka grana preopterećena, za odluku o proširenju prenosne mreže dodavanjem najefikasnijih novih grana (vodova) koji će otkloniti nađeno preopterećenje, koristi se analiza osetljivosti. Kriterijum izbora najefektivnije nove grane je minimum jediničnih investicija (investicije po km). U slučaju preopterećenja transformatora problem se lako rešava dodavanjem novih transformatorskih jedinica. Provera preopterećenja i analiza osetljivosti sprovodi se preko programa za analizu sigurnosti.
- 3. **Formiranje topološke šeme mreže.** Moguće opcije novih vodova (koji se dodaju na postojeću baznu mrežu) rangiraju se shodno kriterijumu efektivnosti određenom u postupku analize osetljivosti, tako da se proširenje prenosne mreže može sprovesti sekvencialno, dodajući jedan po jedan ili više vodova istovremeno na prethodno definisan plan razvoja, shodno redosledu na rang listi aktivnosti.
- Heuristički metodi okarakterisani su proširenjem mreže korak po korak, bez interakcije između odluka o dodavanju novih vodova. Zbog toga oni ne garantuju formalno matematički optimalno rešenje, što im je mana.

## **5.5. Metodi planiranja prenosnih mreža**

### **5.5.3. Planiranje mreža metodama matematičke optimizacije**

- Planiranje prenosnih mreža metodama matematičke optimizacije svodi se na formulisanje problema kao matematičkog modela planiranja.
- Ovakav model rešava se preko optimizacionog algoritma, čiji je rezultat optimalni plan razvoja, uz zadovoljenje postavljenih ograničenja.
- Matematički model se sastoji od optimizacionog kriterijuma, promenljivih i ograničenja.

#### **Optimizacioni kriterijum**

- To je funkcija promenljivih odlučivanja i stanja.
- Optimizacioni kriterijum uključuje investicije za izgradnju (proširenje) prenosne mreže i pogonske troškove.
- Kod dugoročnog planiranja kriterijum uvažava i aktualizaciju različitih izdataka tokom trajanja projekta, sa osnovnim ciljem da se minimizuju aktuelni troškovi.

## 5.5. Metodi planiranja prenosnih mreža

### 5.5.3. Planiranje mreža metodama matematičke optimizacije

#### Promenljive

- Imaju se dve grupe promenljivih.
- To su promenljive odlučivanja (kontrolne promenljive) i promenljive stanja.
- Pri planiranju razvoja prenosnih mreža, promenljive odlučivanja su celobrojne promenljive, koje određuju da li će se (i kada) neki vodovi i postrojenja graditi i na taj način definišu topologiju mreže.
- Promenljive stanja definišu radno stanje u mreži. To su naponi i fazni uglovi u čvorovima, tokovi snaga po granama, snage injektiranja u čvorovima itd. To su obično realne promenljive.

#### Ograničenja

- Uvažavaju konstrukcione i pogonske karakteristike opreme, granice nekih promenljivih odlučivanja i stanja, gornju i donju granicu fizičkih ograničenja promenljivih stanja, itd.
- U sadašnjem korišćenju optimizacionih metoda, za planiranje prenosnih mreža kao ograničenja uključuje se samo preopterećenja vodova i zadovoljenje jednačina tokova snaga, a vrlo retko naponska i ograničenja stabilnosti.

## 5.5. Metodi planiranja prenosnih mreža

### 5.5.3. Planiranje mreža metodama matematičke optimizacije

#### Tehnike rešavanja

- Ovako formulisani model može se rešavati nekom optimizacionom tehnikom.
- To su najčešće linearno programiranje (LP), nelinearno programiranje (NLP), dinamičko programiranje (DP), mešovito celobrojno programiranje (MCP), algoritam “Branch and Bound”, itd.
- Za razliku od heurističkih metoda planiranja prenosnih mreža, optimizacioni metodi uvažavaju interakciju između promenljivih, što daje veću preciznost ovih modela.
- Međutim, pošto je broj promenljivih u tim modelima jako veliki, a relacije koje opisuju ograničenja su obično vrlo složene, postojeći optimizacioni modeli planiranja nisu se pokazali pogodni u praktičnoj primeni, zbog kompleksnosti.
- Zbog toga su u njihovoј praktičnoј primeni ide na niz uprošćenja.
- Tendencija je da se ide ka kombinaciji heurističkih i optimizacionih metoda jer se tako štedi na vremenu odlučivanja i lakše dolazi do planerskih odluka.