

## Лекція 20-22

### Розрахунок простої замкненої місцевої мережі

#### 1 Загальні положення

Проста замкнута мережа є кільцевою мережею, яка містить один контур, в одному вузлі якого розташований центр живлення, а в інших вузлах - навантаження. Метою розрахунку є визначення параметрів режиму мережі, напруг у всіх вузлах, розподілу потужностей по ділянках, втрат потужності. Для розрахунку усталеного режиму проста замкнена мережа розрізається по центру живлення, розгортається і представляється у вигляді мережі з двостороннім живленням від джерел А і В.

Вихідними даними є розрахункові потужності навантажень  $S_i$  у вузлах 1, 2, ... n, опори ліній ділянок мережі  $Z_{A1}, Z_{12}, \dots Z_{nB}$  та напруга центру живлення  $U_A = U_B$ .

Розрахунок виконують на основі послідовних наближень. В якості першого наближення приймають напруги у всіх вузлах такими, що дорівнюють номінальній і визначають поточкорозподіл на окремих ділянках мережі без урахування втрат у ній. Друге наближення полягає у визначенні втрат потужності і напруги у вузлах мережі.

Порядок розрахунку простої замкненої мережі:

- визначають попередній поточкорозподіл в мережі без врахування втрат потужності;
- визначають вузол поточкорозділу;
- розмикають мережу в точці поточкорозділу на дві розімкнуті схеми;
- для кожної з розімкнутих схем розраховують точний поточкорозподіл і напруги у вузлах.

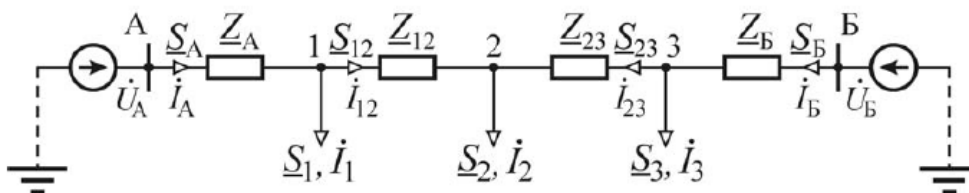
У загальному випадку напруга джерел різна:  $U_A \neq U_B$ .

Електричний режим мережі з однаковими по модулю і фазі напругами джерел ( $U_A = U_B$ ) розглядається як частковий випадок, відповідний замкнутій одноконтурній мережі у разі роз'єднання її за джерелом живлення.

Вихідними даними є розрахункові потужності навантажень у вузлах 1, 2, ... n, напруга центру живлення  $U_A = U_B$ , опори ліній мережі  $Z_{A1}, Z_{12}, \dots Z_{nB}$ . Потрібно розрахувати поточкораспределение в кільцевої мережі і напруги в її вузлах 1, 2, ... n.

#### 2 Правило моментів для струмів

Розглянемо мережу з двостороннім живленням. Навантаження вузлів 1, 2, 3 задано комплексними значеннями розрахункових струмів. Напруги вузлів А і В однакові ( $\dot{U}_A = \dot{U}_B$ )



струм головної ділянки А:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{I}_1 Z_{1B} + \dot{I}_2 Z_{2B} + \dot{I}_3 Z_{3B}}{Z_{AB}}$$

Для мережі, що має  $n$  вузлів навантаження:

$$I_A = \frac{I_1 Z_{1B} + I_2 Z_{2B} + \dots + I_n Z_{nB}}{Z_{AB}} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{I}_i Z_{iB}}{Z_{AB}}$$

Аналогічно для струму на головній ділянці Б (але моменти струмів визначають відносно вузла А):

$$I_B = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{I}_i Z_{iA}}{Z_{AB}}$$

Отримані вирази називають **правилом моментів для струмів**.

Для обчислення струму джерела А розраховують моменти струмів по відношенню до протилежного джерела Б.

Для перевірки правильності розрахунків потоків головних ділянок перевіряють баланс струмів:

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B = \sum_{i=1}^n \dot{I}_i$$

Ці вирази аналогічні виразам для визначення реакції  $R_A$ ,  $R_B$  опор безконсольної балки при дії на неї зосереджених механічних навантажень (сил)  $P_i$ :

$$R_A = \frac{\sum_{i=1}^n P_i L_{iB}}{L_{AB}}, \quad R_B = \frac{\sum_{i=1}^n P_i L_{iA}}{L_{AB}}$$

Струми в вузлах виступають в ролі механічних навантажень, а опори віток від точки під'єднання навантаження до вузла Б (або А) – в ролі плеча.

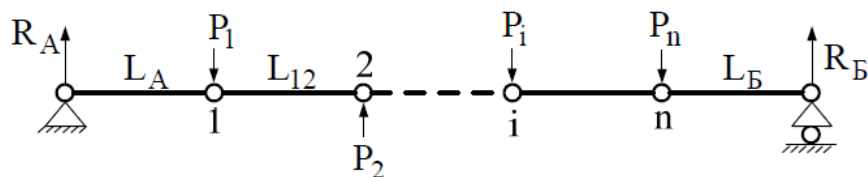


Рис. Розрахункова схема безконсольної балки

### Визначення попереднього поточкорозподілу в мережі з двостороннім живленням

Для визначення поточкорозподілу в мережі з двостороннім живленням, насамперед визначають потужності, що виходять з пунктів живлення (на головних ділянках). Для цього користуються правилом моментів для потужностей.

Для мережі, що має  $n$  вузлів навантаження:

$$\dot{S}_A = \frac{1}{Z_{AB}} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{S}_i \cdot Z_{iB};$$

$$\dot{S}_B = \frac{1}{Z_{AB}} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{S}_i \cdot Z_{iA},$$

де  $\dot{S}_i$  - потужність  $i$ -того пункту;

$Z_{iB}, Z_{iA}$  - повний опір від пункту "i" відповідно до пунктів живлення В і А відповідно;

$Z_{AB}$  - сумарний повний опір мережі.

У випадку однорідної мережі та однакового конструктивного виконання ділянок:

$$\dot{S}_A = \frac{1}{L_{AB}} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{S}_i \cdot L_{iB} ;$$

$$\dot{S}_B = \frac{1}{L_{AB}} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{S}_i \cdot L_{iA} ,$$

де  $L_{iB}, L_{iA}$  – довжина ділянки від  $i$ -го пункту до пунктів живлення В і А відповідно;

$L_{AB}$  - сумарна довжина мережі.

Для перевірки правильності розрахунків потоків головних ділянок перевіряють баланс потужностей в електричній мережі:

$$\dot{S}_A + \dot{S}_B = \sum_{i=1}^n \dot{S}_i .$$

Після обчислення потужності  $\dot{S}_A$  і  $\dot{S}_B$  на головних ділянках визначають потужність на інших ділянках мережі з урахуванням попередньо прийнятого умовного напрямку перетоків потужностей. При цьому, для всіх точок дотримуються першого закону Кірхгофа.

В результаті розрахунку на розрахунковій схемі вказують фактичні напрями потужності на окремих ділянках (вони можуть співпадати або не співпадати з прийнятими умовними напрямками).

Точка мережі, яка живиться одночасно з двох сторін, називається точкою потокорозділу.

Точку потокорозділу за активною потужністю позначають затушованим трикутничком  $\blacktriangledown$ . Точку потокорозділу за реактивною потужністю – прозорим трикутничком  $\nabla$ . Точки потокорозділу активних і реактивних потужностей можуть не збігатися.

На початкових етапах розрахунку мережі параметри ЛЕП, які саме підлягають вибору, є невідомими. Тому попередній розрахунок потокорозподілу виконують в такій послідовності:

- припускають, що мережа є однорідною;
- виконують розрахунок потокорозподілу по L-схемі та визначають точку потокорозділу;
- з урахуванням отриманих значень потужностей на головних ділянках мережі визначають напругу мережі, наприклад, за формулою Іларіонова:

$$U_{ном} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} .$$

Отримане значення округлюють до стандартного значення;

- на основі отриманого потокорозподілу визначають розрахункові струми ділянок:

$$I_{pi} = \frac{S_{pi}}{n\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{P_{pi}^2 + Q_{pi}^2}}{n\sqrt{3} \cdot U_{ном}};$$

- вибирають ЛЕП та розраховують їх параметрів для кожної ділянки.

- виконують розрахунок поточкорозподілу по Z-схемі та визначають точку поточкорозділу.

Відмінність результатів розрахунку потужностей на головних ділянках не повинна перевищувати 1–2%.

## Часткові випадки розрахунку мереж з двостороннім живленням

### 1. Однорідна лінія

Нехай на всій довжині лінії проводи розміщені на опорах однаково і мають теоретично постійні відношення реактивного і активного опорів:

$$\frac{X}{R} = m = const,$$

Отже можемо записати:

$$\dot{S}_A = \frac{\sum_1^n \dot{S}_i \cdot Z_{iB}^*}{Z_{AB}^*} = \frac{\sum_1^n \dot{S}_i \cdot (R_{iB} + jX_{iB})}{R_{AB} + jX_{AB}}$$

Підставивши:

$$\begin{aligned} X &= R \cdot m \\ X_{AB} &= R_{AB} \cdot m \end{aligned}$$

Отримаємо:

$$\dot{S}_A = \frac{\sum_1^n \dot{S}_i \cdot (1 + jm) \cdot R_{iB}}{(1 + jm) \cdot R_{AB}} = \frac{\sum_1^n \dot{S}_i \cdot R_{iB}}{R_{AB}} = \frac{\sum_1^n P_i \cdot R_{iB}}{R_{AB}} - j \frac{\sum_1^n Q_i \cdot R_{iB}}{R_{AB}}$$

Тоді розрахунок виконують по активних опорах окремо для дійсної та уявної частини:

$$\begin{aligned} P_A &= \frac{\sum_1^n P_i \cdot R_{iB}}{R_{AB}} \\ Q_A &= \frac{\sum_1^n Q_i \cdot R_{iB}}{R_{AB}} \end{aligned}$$

Аналогічно для джерела Б.

### 2. Однорідна лінія з постійним перерізом проводів

Нехай переріз проводів однорідної лінії однаковий:

$$r_0 = const$$

Отже:

$$R_i = r_0 \cdot L_{iB}$$

$$R_{AB} = r_0 \cdot L_{AB}$$

де  $L_{iA}$  – відстань від відповідних навантажень до пункту Б, а  $L_{AA}$  – довжина всієї лінії, отримаємо:

$$\dot{S}_A = \frac{\sum^n P_i \cdot r_0 \cdot L_{iB}}{r_0 \cdot L_{AB}} - j \frac{\sum^n Q_i \cdot r_0 \cdot L_{iB}}{r_0 \cdot L_{AB}}$$

або

$$P_A = \frac{\sum^n P_i \cdot r_0 \cdot L_{iB}}{r_0 \cdot L_{AB}}$$

$$Q_A = \frac{\sum^n Q_i \cdot r_0 \cdot L_{iB}}{r_0 \cdot L_{AB}}$$

В цьому випадку розрахунок можна вести по довжинам, знаючи окремо розподіл активних та реактивних навантажень.

Аналогічно для джерела Б.