

**Fundamentals of Electrical Engineerings**

**WEEK 15 - CALCULATION OF THREE-PHASE CIRCUITS WITH  
ASYMMETRIC PROCEDURES**

**Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi**

**Lecturer**

**(Saidjon Ismoilov)**

**ҲИСОБИ ЗАНЧИРҶОИ СЕФАЗА ҲАНГОМИ РЕҶАҶОИ  
ҒАЙРИСИММЕТРИ**

## Мундариҷаи лексия:

1. Хусусиятҳои асосии занҷирҳои сефазаи ғайрисимметрӣ;
2. Гармоникаҳои олі дар занҷирҳои сефаза;
3. Адабиёт.

### Хусусиятҳои асосии занҷирҳои сефазаи ғайрисимметрӣ

Системаҳои ҚЭХ – и сефазаи пайдарпаии мустақим ва баръакс, системаҳои симметрӣ мебошанд. Фарқияти онҳо танҳо дар пайдарпаии ивазшавии фазаҳо мебошад. Хусусияти асосии ҳисоби занҷирҳои сефазаи ғайрисимметрӣ дар пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳо аст. Аз ин рӯ, якчанд хусусиятҳои фарқкунандаи занҷирҳои сефазаи ғайрисимметро дида мебароем:

1. *Шиддатҳои ҳаттӣ пайдарпаии нулии ивазшавии фаза надорад.*

Ҳангоми пайвасти ситора, шиддатҳои ҳаттӣ ба фарқи геометрии шиддатҳои фазавӣ баробар аст:

$$\begin{cases} \dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B; \\ \dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C; \\ \dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A; \end{cases} \quad (15.1)$$

Мувофиқи усули ташкидиҳандаҳои симметрӣ ва бо истифода аз системаи муодилаҳои (15.1) меёбем:

$$\begin{cases} \dot{U}_A = \dot{U}_{A_1} + \dot{U}_{A_2} + \dot{U}_{A_0} \\ \dot{U}_B = a^2 \cdot \dot{U}_{A_1} + a \cdot \dot{U}_{A_2} + \dot{U}_{A_0}; \\ \dot{U}_A - \dot{U}_B = (1 - a^2) \cdot \dot{U}_{A_1} + (1 - a) \cdot \dot{U}_{A_2} \end{cases} \quad (15.2)$$

Ҳангоми пайвасти фазаҳои печай генератор бо намуди секунҷа, контури сарбаст ҳосил мешавад (расми 15.1).

ҚЭХ –и натиҷавии контур ба суммаи геометрии ҚЭХ – ҳои контур баробар аст, пас, барои пайдарпаии мустақими ивазшавии фазаҳо:

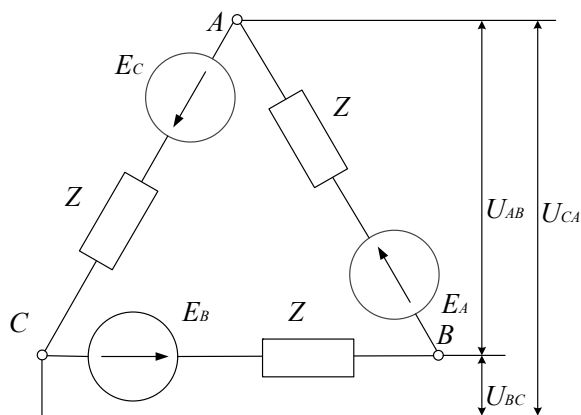
$$\dot{E}_{A_1} + \dot{E}_{B_1} + \dot{E}_{C_1} = \dot{E}_{A_1} + a^2 \cdot \dot{E}_{A_1} + a \cdot \dot{E}_{A_1} = \dot{E}_{A_1} \cdot (1 + a + a^2) = 0 \quad (15.3)$$

Барои пайдарпаии баръакси ивазшавии фазаҳо:

$$\dot{E}_{A_2} + \dot{E}_{B_2} + \dot{E}_{C_2} = \dot{E}_{A_2} + a \cdot \dot{E}_{A_2} + a^2 \cdot \dot{E}_{A_2} = \dot{E}_{A_2} \cdot (1 + a + a^2) = 0 \quad (15.4)$$

Барои пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳо:

$$\dot{E}_{A_0} + \dot{E}_{B_0} + \dot{E}_{C_0} = \dot{E}_{A_0} + \dot{E}_{A_0} + \dot{E}_{A_0} = 3 \cdot \dot{E}_{A_0} \quad (15.5)$$



Расми 15.1. Нақшаи пайвасти печаҳои генератор бо намуди секунҷа бо нишондоди муқовимати дохилии печаҳои он

Дар асоси муодилаҳои (15.3) – (15.5) ҚЭҲ – и натиҷавиро муайян кардан мумкин аст, ки он дар печаҳои генератор ҷараёни тавосикунандаи  $\dot{I}_0$  – ро ҳосил менамояд, ки ҳатто дар речаи гашти ҳолӣ низ печаҳои генераторро гарм мекунад:

$$\dot{I}_0 = \frac{3 \cdot \dot{E}_{A_0}}{3 \cdot Z} = \frac{\dot{E}_{A_0}}{Z} \quad (15.6)$$

дар ин ҷо,  $Z$  – муқовимати дохилии печаҳои генератор мебошад.

Шиддати ҳаттӣ бошад:

$$\dot{U}_{AB_0} = \dot{E}_{A_0} - \dot{I}_0 \cdot Z = \dot{E}_{A_0} - Z \cdot \frac{\dot{E}_{A_0}}{Z} = 0 \quad (15.7)$$

Барои дилхоҳ намуди пайвасти печаҳои генератор  $\dot{U}_{AB} + \dot{U}_{BC} + \dot{U}_{CA} = 0$ . Ташкилдиҳандаи пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳо ба сифр баробар аст (муодилаи 15.7), аз ин рӯ дар шиддатҳои ҳаттии генератор пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳо вучуд надорад.

2. Ҳангоми пайвасти “ситора-ситора” бо ноқили нейтралӣ ҷараёни ноқили нейтралӣ танҳо аз ташкилдиҳандаҳои нулии ивазшавии фазаҳо иборат аст:

$$\begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_{A_1} + \dot{I}_{A_2} + \dot{I}_{A_0} \\ \dot{I}_B = a^2 \cdot \dot{I}_{A_1} + a \cdot \dot{I}_{A_2} + \dot{I}_{A_0}; \\ \dot{I}_C = a \cdot \dot{I}_{A_1} + a^2 \cdot \dot{I}_{A_2} + \dot{I}_{A_0} \end{cases} \quad (15.8)$$

аз ин ҷо,

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 3 \cdot \dot{I}_{A_0} \quad (15.9)$$

3. Ҳангоми пайвасти борҳо бо намуди “ситора” бе ноқили нейтралӣ дар чараёнҳои хаттӣ, ташиқдиҳандаи пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳои чараён вуҷуд надорад.

Мувофиқи қонуни якуми Кирхгоф  $I_A + I_B + I_C = 0$  аст. Суммаи чараёнҳои пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳо мувофиқи қонуни якуми Кирхгоф ба сифр баробар намешавад, ки мувофиқи ин қонун дуруст нест, пас дар чараёнҳои хаттӣ ҳангоми ин намуди пайваст чараёни ин пайдарпай вуҷуд надорад.

4. Ҳангоми пайвасти борҳо бо намуди “ситора” бе ноқили нейтралӣ ва ғайрисимметрӣ будани борҳо дар шиддатҳои хаттӣ, ташиқдиҳандаи пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳои шиддат вуҷуд надорад.

5. Ҳангоми пайвасти борҳо бо намуди “ситора” бе ноқили нейтралӣ ва ғайрисимметрӣ будани борҳо аз ҳисоби ташиқдиҳандаҳои пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳо, шиддати кӯчиши нейтралӣ ба вуҷуд меояд.

Мувофиқи қонуни якуми Кирхгоф  $I_A + I_B + I_C = 0$  аст. Суммаи чараёнҳои пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳо мувофиқи қонуни якуми Кирхгоф ба сифр баробар намешавад, ки мувофиқи ин қонун дуруст нест, пас дар чараёнҳои хаттӣ ҳангоми ин намуди пайваст чараёни ин пайдарпай вуҷуд надорад.

### **Гармоникаҳои оӣ дар занҷирҳои сефаза**

Системаи ҚЭҲ – ҳои ғайрсинусоидалӣ дар қатори Фуре ҷо ба ҷо мешавад.

Гармоникаҳои тартиби  $k = 3 \cdot n + 1$ , ки дар ин ҷо  $n = 0; 1; 2; 3; \dots$  аст, пайдарпаии мустакими ивазшавии фазаҳоро ташкил медиҳад, яъне системаи ҚЭҲ – ҳои симметрии муқаррарӣ, вале бо басомади дигар аст.

Гармоникаҳои тартиби  $k = 3 \cdot n - 1$ , ки дар ин ҷо  $n = 0; 1; 2; 3; \dots$  аст, пайдарпаии баръакси ивазшавии фазаҳоро ташкил медиҳад, шабеҳи пайдарпаии мустаким, вале фазаҳои  $B$  ва  $C$  ҷойҳои худро иваз менамоянд.

Гармоникаҳои тартиби  $k = 3 \cdot n$ , ки дар ин ҷо  $n = 0; 1; 2; 3; \dots$  аст, пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳоро ташкил медиҳад, ки байни векторҳои он лағжиш нест.

Ҳангоми таҳқиқи занҷирҳои сефазаи ҷараёни ғайрисинусоидалӣ усули гузоришро истифода мебаранд. Ҳисоби нақшаҳои пайдарпаиҳои мустақим ва баръакси ивазшавии фазаҳо дар занҷирҳои ғайрисинусоидалӣ аз ҳисоби занҷирҳои дорои системаи ҚЭҲ – ҳои симметрии фарқ намекунад, аммо ҳисоби пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳо фарқият дорад.

Ин фарқиятҳоро дида мебароем:

1. Шиддати ҳаттӣ гармоникаҳои ба се каратӣ, яъне гармоникаҳои пайдарпаии нулии ивазшавии фазаҳо надорад.

2. Дар занҷирҳои сефазаи сеноқила ҷараёнҳои ҳаттӣ дорои гармоникаҳои ба се каратӣ нестанд.

3. Дар занҷирҳои сефазаи сеноқила шиддатҳои фазавии бор дорои гармоникаҳои ба се каратӣ нестанд.

4. Ҳангоми пайвасти борҳо бо намуди “ситора” бе ноқили нейтралӣ ва ғайриҳаттӣ будани борҳо аз ҳисоби гармоникаҳои ба се каратӣ шиддати кӯчиши нейтралӣ ба вуҷуд меояд.

5. Ҳангоми пайвасти “ситора-ситора” бо ноқили нейтралӣ дар ноқили нейтралӣ ҷараёнҳои гармоникаҳои ба се каратӣ ҳам мешаванд.

6. Ҳангоми пайвасти фазаҳои печҳои генератор ба намуди секунҷа дар контури секунҷа (расми 9.58) ҷараёни тавосикунанда, ки аз ҳисоби гармоникаҳои ба се каратӣ пайдо шудааст, ҷорӣ мешавад.

*Масъалаи 2.11.1.* Нишондодҳои асбобҳои ченкунандаи занҷири электрикии сефазаи расми 15.2 – ро муайян намоед, агар ҚЭҲ – и фазаи  $A$  ба  $e_A = E_{1m} \cdot \sin(\omega \cdot t) + E_{3m} \cdot \sin(3 \cdot \omega \cdot t) + E_{5m} \cdot \sin(5 \cdot \omega \cdot t) + E_{7m} \cdot \sin(7 \cdot \omega \cdot t) + E_{9m} \cdot \sin(9 \cdot \omega \cdot t)$  бошад.

*Ҳал:*

Волтметр дар фазаи генератор пайваст шудааст. Маълум аст, ки ҳангоми пайвасти секунҷа шиддатҳои ҳаттӣ ва фазавӣ бо ҳам баробаранд ва гармоникаҳои ба се каратӣ дар онҳо вуҷуд дошта наметавонанд, пас

$$U_V = \sqrt{E_1^2 + E_5^2 + E_7^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{E_{1m}^2 + E_{5m}^2 + E_{7m}^2}.$$

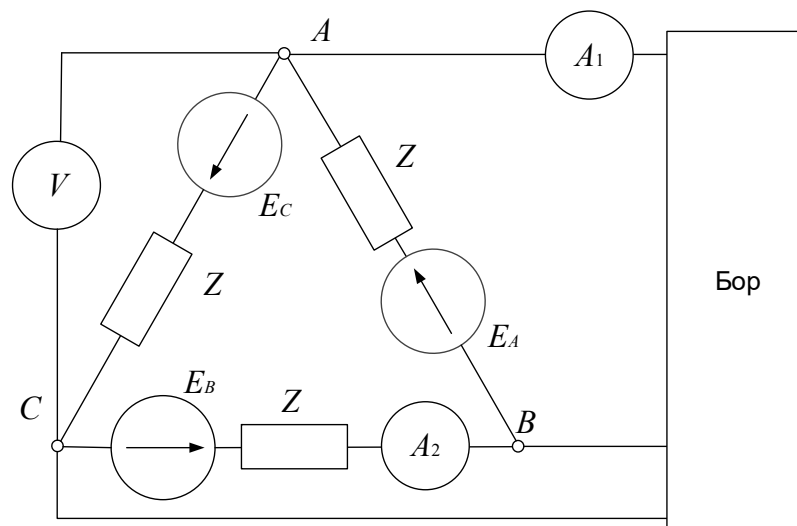
Аз сабаби он ки занҷир сеноқила аст, пас дар ҷараёнҳои хаттӣ гармоникаҳои ба се қаратӣ вучуд надоранд.

Амперметри яқум қимати амалқунандаи ҷараёни хаттии фазаи  $A$  – ро нишон медиҳад:

$$I_{A_1} = \sqrt{I_1^2 + I_5^2 + I_7^2}.$$

Амперметри дуҷум бошад, ҷараёни тавосиқунандаи контуре, ки фазаҳои генератор ба вучуд овардаанд, чен менамояд. Ҷараёни тавосиқунанда аз гармоникаҳои ба се қаратӣ иборатанд:

$$I_{A_2} = \sqrt{I_3^2 + I_9^2}.$$



Расми 15.2 – Нишондодҳои асбобҳои ченқунандаи занҷири электрикии сефаза

#### Адабиёт:

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. Воспитаи таълимӣ – Москва: Высшая школа, 1996, 529 с.

2. Ҷӯраев Ш.Ҷ., Исмоилов С.Т. Электротехника (қисми 2). Занҷирҳои электрикии якфаза ва сефазаи ҷараёни синусоидалӣ. Воспитаи таълимӣ – Душанбе: ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, 2021, 196 сах.

3. Луғати истеҳсолоти соҳаи энергетика (русӣ-тоҷикӣ). Муаллифон П. Раҷабов, Д. Давлатшоев, У.Т. Хочаева, М. Каримов. Нашри комбинати полиграфии Вазорати фарҳанги ҶТ. – Душанбе, 2004.

4. Р.А. Ҷалилов, Р.З. Икромов, М.И. Здержикова. «Практикуми лабораторӣ аз ҷанни асосҳои назариявии электротехника». Қисми 1. Душанбе, Матбааи ДТТ, 2010с.