

Mathematical Problems of Electric Power Systems

WEEK 2 - DEFINITION OF EQUIVALENT CIRCUITS FOR INDIVIDUAL POWER SYSTEM ELEMENTS.

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi

Lecturer

(Shohin Jurazoda)

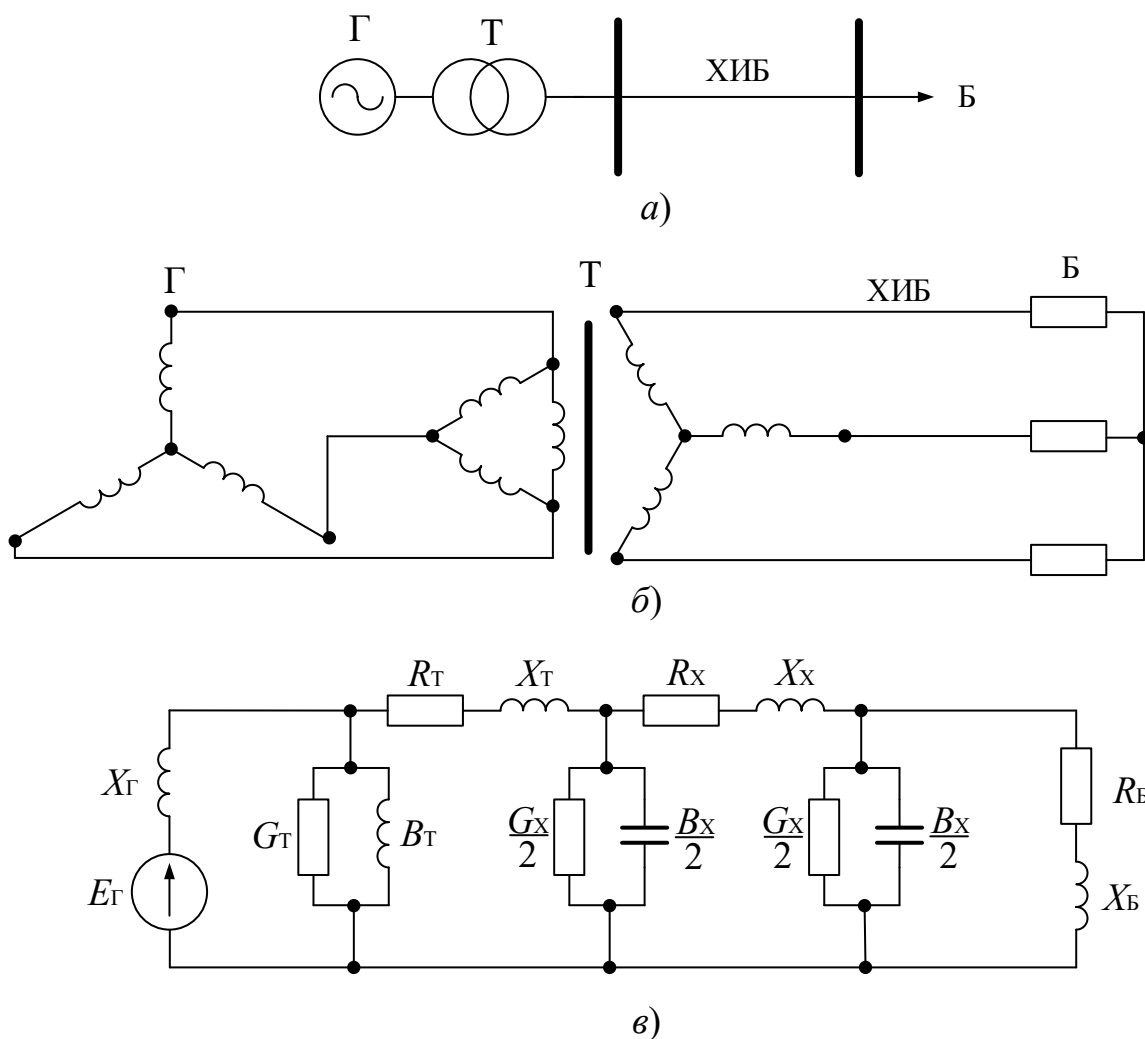
**МУАЙЯН НАМУДАНИ НАҚШАҲОИ
БАДАЛИИ ЭЛЕМЕНТҲОИ АЛОҲИДАИ
СИСТЕМАИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКӢ**

Мундариҷаи лексия:

1. Нақшаи бадалии системаи электроэнергетикӣ.
2. Нақшаи бадалии хати интиқоли барқ.
3. Нақшаи бадалии трансформаторҳо (автотрансформаторҳо).
4. Адабиёт.

Нақшаи бадалии системаи электроэнергетикӣ. Системаи электроэнергетикӣ (СЭЭ) аз элементҳои фаёл ва ғайрифаёл иборат мебошад. Ба элементҳои ғайрифаёл хати интиқоли барқ (ХИБ), трансформаторҳои пасткунанда ва баландкунанда, истеъмолкунандагони энергияи электрикӣ (бор) ва ғайраҳо дохил шуда, ба элементҳои фаёл бошад, манбаҳои энергияи электрикӣ шомил мешавад [1]. Барои таҳқиқи речаи барқароршудаи СЭЭ сефаза (расми 2.1а ва 2.1б) онро ба намуди нақшаи якфаза ва ё худ якхатта (расми 2.2в) тасаввур намудан лозим аст, ки дар он элементҳои алоҳидаи ЭЭС дар намуди муқовимат ва ё манбаъ (нақшаи бадалӣ) нишон дода шудаанд.

Нақшаи бадалии хати интиқоли барқ. Дар шабакаҳои электрикӣ хати интиқоли барқ (ХИБ) (шиддати 110 кВ ва аз он боло) ҳамчун нақшаи бадалии П – монанд, ки дар он муқовиматҳои фаёли R_X (талафи иқтидори фаёл барои гарм намудани ноқилҳо) ва индуктивии X_X (барои пайдо намудани майдони электромагнитӣ ҳангоми интиқоли энергияи электрикӣ) пайдарпай ва ноқилиятҳои фаёл $G_X/2$ ва ғунҷоишии $B_X/2$, ки мувозӣ пайваст шудаанд, тасаввур намудан мумкин аст. Бузургии G_X чараёни таровиши (ток утечки) байни ноқил ва замин ва талафи иқтидор дар тоҷро ба назар мегирад. Ноқилияти B_X ғунҷоишии байни ноқилҳои хати интиқол ва ё ноқилҳо ва заминро нишон медиҳад. Дар шабакаҳои электрикии 35 кВ ва аз он паст бошад, хати интиқол ҳамчун пайвасти пайдарпаии муқовиматҳои фаёл (R_X) ва индуктивӣ (X_X) тасвир карда мешавад [2, 3].



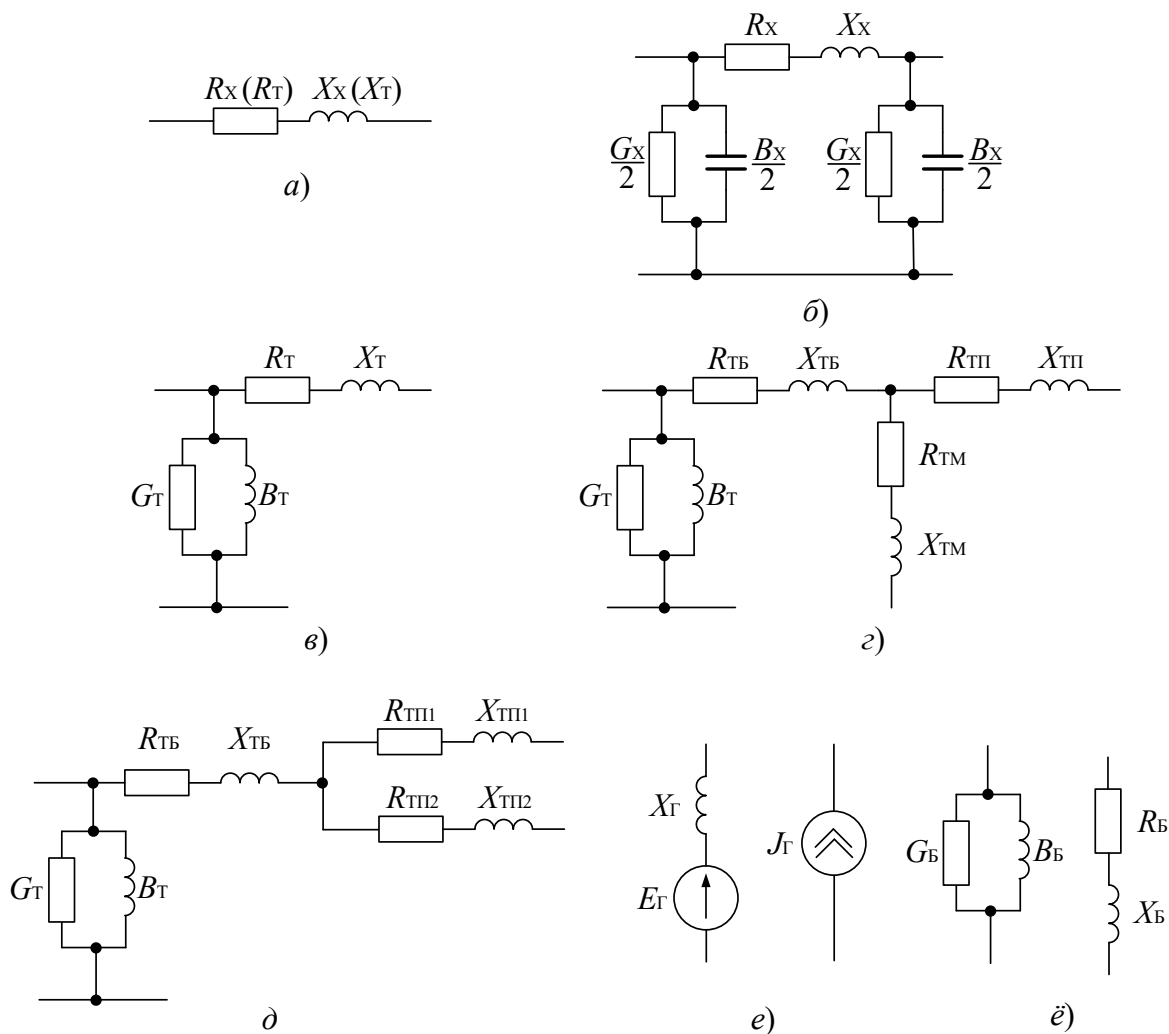
Расми 2.1. Намунаи нақшай системаи электрикӣ (*a*) ва нақшай бадалии сефаза (*б*) ва якфазаи он (*в*) (Г – манбаи энергияи электрикӣ (генератор); Т – трансформатор; ХИБ – хати интиқоли барқ; Б – бор)

Расми 2.2. Нақшай бадалии элементҳои алоҳидаи системаи электроэнергетикӣ: *a*) хатти интиқоли барқ ва трансформатори дупечакаи шабакаҳои маҳаллӣ; *б*) хатти интиқоли шабакаҳои ноҳиявӣ; *в*) трансформатори дупечаи шабакаҳои ноҳиявӣ; *г*) трансформатори сепечакаи; *д*) трансформатори печай пасташ ҷудокардашуда; *е*) манбаи энергияи электрикӣ; *е*) бор

Параметрҳои нақшай бадалии ХИБ мувофиқи формулаҳои зерин муайян карда мешаванд:

$$\begin{cases} R_X = r_0 \cdot l_X, \\ X_X = x_0 \cdot l_X, \\ G_X = g_0 \cdot l_X, \\ B_X = b_0 \cdot l_X \end{cases} \quad (2.1)$$

дар ин ҷо, r_0 , x_0 , g_0 ва b_0 – муттаносибан муқовиматҳои фаъол ва индуктивӣ, ноқилиятҳои фаъол ва ғунҷоишии хоси хатти интиқол (барои 1 км ХИБ); l_X – дарозии хатти интиқол.



Ба ҷои B_X дар амалия ҳангоми ҳисоб, инчунин иқтидори зарядиро истифода мебаранд, ки мувофиқи ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$Q_C = b_0 \cdot l_X \cdot U_M^2, \quad (2.2)$$

дар ин ҷо, U_M – шиддати миёнаи хатти интиқол аст.

Шиддати миёна барои синфҳои шиддатҳо ба 6,3; 10,5; 13,8; 15,75; 18; 20; 24; 37; 115; 154; 230; 340; 515 кВ ва ғайраҳо мебошанд.

Талафот дар оиқи ноқили хатти интиқол ва талафот дар тоҷ бениҳоят хурд аст, аз ин $r_{\text{ў}}$ дар амалия ҳангоми ҳисоб дар шабакаҳои шиддаташон то 330 кВ ноқилияти фаъоли хатти интиқолро (расми 2.2б) ба назар мегиранд, яъне $g_x = 0$. Барои хатҳои интиқоли ҳовоии шиддаташон то 10 кВ ноқилияти ғунҷоиширо (b_x) (расми 2.2а) ва барои хатҳои кабелӣ ин шиддат бошад, муқовимати индуктивиро (x_x) сарфи назар намудан мумкин аст.

Нақшаи бадалии трансформаторҳо (автотрансформаторҳо). Барои трансформатори дупечака вобаста ба он ки дар кадом шабака дахл доранд, нақшаҳои бадалии зеринро қабул намудан мумкин аст [2, 3]:

1) дар шабакаҳои маҳаллӣ – шабеҳи хатти интиқоли шабакаҳои маҳаллӣ, ҳамчун муқовиматҳои фаъол (r_T) ва индуктивӣ (x_T), ки пайдарпай пайваस्त шудаанд. Ин муқовиматҳо муттаносибан талафи иқтидори фаъолро барои гарм намудани печакҳои трансформатор ва талафи иқтидори ғайрифакторро (индуктивӣ), ки барои сели парокандашавӣ сарф мешавад, нишон медиҳанд. Одатан ҳангоми ҳисоби речаҳои гузаранда ва дар баъзе мавридҳо ҳангоми ҳисоби речаҳои барқароршуда, барои осон намудани ҳисоб, талафот дар дилак (талафи гашти холи) ва чараёни гашти холии трансформаторро ба назар намегиранд;

2) дар шабакаҳои ноҳиявӣ – одатан нақшаи бадалии Γ – монанд (расми 2.2в) ва барои трансформаторҳои сепечака ва печакҳои шиддати пасташон ба ду қисм чудо карда шуда, муттаносибан нақшаҳои расми 2.2г ва расми 2.2д – ро истифода мебаранд. Дар нақшаи бадалии Γ – монанд ба фарқ аз нақшаи расми 2.2а ноқилияти фаъоли трансформатор (g_T), ки талафи иқтидори фаъолро дар дилаки он барои магнитнок намудан (гистерезис) ва инчунин талафот аз чараёнҳои гирдбодиро нишон медиҳад ва ноқилияти ғайрифактор (b_T), талафи иқтидори ғайрифакторро барои ба вучуд овардани сели магнитӣ сарф мешавад, ба инобат гирифта мешавад.

Параметрҳои нақшаи бадалии трансформатори дупечаро бо ёрии формулаҳои зерин муайян намудан мумкин аст:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_T = \frac{U_H^2 \cdot \Delta P_{PK}}{S_H^2}, \\ X_T = \frac{U_H^2 \cdot U_{PK}}{100 \cdot S_H}, \\ G_T = \frac{\Delta P_{GX}}{U_H^2}, \\ B_T = \frac{S_H \cdot I_{GX}}{100 \cdot U_H^2} \end{array} \right. \quad (2.3)$$

дар ин чо, U_H – шиддати номиналии печай шиддати баланди трансформатор (кВ); S_H – иқтидори пурраи трансформатор (МВА); ΔP_{PK} – талафи иқтидори фаъоли речаи расиши кӯтоҳ (кВт); U_{PK} – шиддати речаи расиши кӯтоҳ (%); ΔP_{GX} – талафи иқтидори фаъол дар речаи гашти холӣ (кВт); I_{GX} – чараёни речаи гашти холӣ (%) мебошанд.

Ҳамаи параметрҳои номбаршуда дар шиносномаи техникий таҷҳизот дода шудаанд.

Дар амалия ноқилиятҳои шунтии трансформаторро (g_T ва b_T) бо талафи иқтидор дар гашти холӣ иваз намудан мумкин аст:

$$\Delta S_{GX} = \Delta P_{GX} + j\Delta Q_{GX}, \quad (2.4)$$

дар ин чо,

$$\Delta Q_{GX} = \frac{I_{GX} \cdot S_H}{100} \quad (2.5)$$

Трансформаторҳои сепечака ҳангоми ҳисоби речаи барқароршуда, дар намуди ситораи сенура (расми 2.2з) бо ноқилиятҳои фаъол ва ғайрифавол, ки одатан аз тарафи печас, ки ба манбаъ пайваст аст, тасвир карда мешаванд. Параметрҳои нақшаи бадалии он ба монанди трансформаторҳои дупечака муайян карда мешаванд. Барои муайян намудани муқовиматҳои печасҳои алоҳидаи он, шиддат ва талафи расиши кӯтоҳ ба намуди зерин муайян карда мешаванд:

$$\begin{cases} U_{PK}^B = 0,5 \cdot (U_{PK}^{B-M} + U_{PK}^{B-\Pi} - U_{PK}^{M-\Pi}), \\ U_{PK}^M = 0,5 \cdot (U_{PK}^{B-M} + U_{PK}^{M-\Pi} - U_{PK}^{B-\Pi}) = U_{PK}^{B-M} - U_{PK}^B, \\ U_{PK}^\Pi = 0,5 \cdot (U_{PK}^{B-\Pi} + U_{PK}^{M-\Pi} - U_{PK}^{B-M}) = U_{PK}^{B-\Pi} - U_{PK}^B \end{cases} \quad (2.6)$$

$$\begin{cases} \Delta P_{PK}^B = \Delta P_{PK}^{B-M}, \\ \Delta P_{PK}^M = \Delta P_{PK}^\Pi = 0,5 \cdot \Delta P_{PK}^B \end{cases} \quad (2.7)$$

дар ин чо, U_{PK}^{B-M} , $U_{PK}^{B-\Pi}$, $U_{PK}^{M-\Pi}$, – муттаносибан шиддати расиши кӯтоҳи печаҳои шиддатҳои баланду миёна, баланду паст ва миёнаву паст (%); ΔP_{PK}^{B-M} , $\Delta P_{PK}^{B-\Pi}$, $\Delta P_{PK}^{M-\Pi}$ – муттаносибан талафи иқтисори фаъол ҳангоми расиши кӯтоҳ дар печаҳои шиддатҳои баланду миёна, баланду паст ва миёнаву паст (кВт) мебошанд.

Муқовиматҳои индуктивии трансформаторҳои печайи шиддати пасташон ба ду қисм ҷудо кардашуда бошанд, бо ёрии формулаҳои зерин муайян карда мешаванд:

$$\begin{cases} X_{Tp}^{ШП1} = X_{Tp}^{ШП2} = \frac{U_{PK}^{ШП}}{100} \cdot \frac{U_{ШБ}^2}{S_H}, \\ X_{Tp}^{ШБ} = \frac{U_{PK}^{ШБ}}{100} \cdot \frac{U_{ШБ}^2}{S_H}. \end{cases} \quad (2.8)$$

дар ин чо,

$$\begin{cases} U_{PK}^{ШП1} = U_{PK}^{ШП2} = 1,75 \cdot U_{PK}^{B-\Pi}, \\ U_{PK}^{ШБ} = 0,125 \cdot U_{PK}^{B-\Pi}. \end{cases} \quad (2.9)$$

Ҳамин тавр, муқовимати индуктивии трансформаторҳои печайи шиддати пасташон ба ду қисм ҷудо кардашуда ба таври зерин муайян карда мешавад:

$$X_{Tp} = X_{Tp}^{ШБ} + \frac{X_{Tp}^{ШП1}}{2}. \quad (2.10)$$

Элементҳои фаъоли системаи электроэнергетикӣ ба намуди манбаи ҚЭҲ ва муқовимати индуктивӣ, ки пайдарпай пайдарпай пайваст шудаанд (расми 1.2а), тасвир карда мешаванд ва параметрҳои онҳо бо ёрии формулаи зерин муайян карда мешаванд:

- барои генератор:

$$\begin{cases} E_G = \frac{U_H}{\sqrt{3}}, \\ X_G = x_d'' \cdot \frac{U_H^2}{S_{HG}}. \end{cases} \quad (2.11)$$

дар ин чо, S_{HG} – иқтидори пурраи генератор; U_H – шиддати номиналии генератор ва x_d'' – муқовимати индуктивии нисбии генератор.

- барои системаи электроэнергетикӣ бошад:

$$X_C = \frac{U_H^2}{S_{PKC}^{(3)}} \quad (2.12)$$

дар ин чо, $S_{PKC}^{(3)}$ – иқтидори расиши кӯтоҳи сефазаи система.

Инчунин элементҳои фаъоли системаи электроэнергетикиро ба намуди чараёнҳои додашуда (расми 1.2в) низ тасаввур кардан мумкин аст:

$$J = I_{HG} = \frac{n_G \times S_{HG}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (2.13)$$

дар ин чо, n_G – шумораи генераторҳои нерӯгоҳ.

Бори электрикӣ дар нақшай бадалӣ ба намуди муқовимати фаъол ва индуктивӣ (расми 2.2ё), тасвир карда мешавад ва параметрҳои он бо ёрии формулаи зерин муайян карда мешаванд:

$$\begin{cases} R_{Бор} = \frac{U_H^2}{S_{Бор}} \cdot \cos \varphi_{Бор}, \\ X_{Бор} = \frac{U_H^2}{S_{Бор}} \cdot \sin \varphi_{Бор}. \end{cases} \quad (2.14)$$

дар ин чо, $\cos \varphi_{Бор}$ – коэффитсиенти тавонии бор ва $\sin \varphi_{Бор}$ – иқтидори пурраи бор.

Инчунин бори электрикиро ба намуди чараёнҳои додашуда (расми 1.3в) низ тасаввур намудан мумкин аст:

$$J = -I_{Бор} = -\frac{S_{Бор}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (2.15)$$

Адабиёт

1. Веников В.А. Математические задачи электроэнергетики: Учебник для студентов вузов / В.А. Веников, Э.Н. Зуев, И.В. Литкенс и др., под ред. В.А. Веникова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1981. – 288 с.
2. Филяев К.Ю. Математические задачи энергетики: Учебно-методический комплекс / К.Ю. Филяев – Челябинск: 2005. – 212 с.
3. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов / Идельчик В.И. – М.: Энергоатомиздат, 1989. — 592 с.