

Mathematical Problems of Electric Power Systems

WEEK 1 - INTRODUCTION. GENERAL INFORMATION ON EQUIVALENT CIRCUITS

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi

Lecturer

(Shohin Jurazoda)

**МУҚАДДИМА. МАЪЛУМОТҲОИ
УМУМӢ ОИДИ НАҚШАҲОИ БАДАЛӢ**

Мундариҷаи лексия:

1. Муқаддима.
2. Маълумотҳои умумӣ оиди нақшаҳои бадалӣ.
3. Вариантҳои тасвири нақшаи бадалии системаи электроэнергетикӣ.
4. Адабиёт.

Муқаддима. Системаҳои электроэнергетикии (СЭЭ) муосир – сохтори мураккаб дошта, барои бо барқ таъмин намудани қариб тамоми соҳаҳо зарур аст. Аз ин сабаб ҳангоми лоиҳакашӣ, истифодабарӣ ва таҷдиди СЭЭ бисёр масъалаҳои тавсифи амалӣ ва ҳисобидоштаро ҳал намудан зарур мебошад, аз он ҷумла:

1. Ҳисоби речаҳои барқароршуда (РБ);
2. Таҳқиқи равандҳои гузарандаи электромагнитӣ (ҳисоби ҷараёнҳои расиши кутох, фузуншиддатӣ);
3. Таҳқиқи равандҳои гузарандаи электромеханикӣ (таҳлили устувории статикӣ ва динамикии СЭЭ, ҳисоби речаҳои асинхронӣ);
4. Оптималӣ намудани речаҳои системаи энергетикӣ (муайян намудани тақсимои оптималии тавоноии ғаёол байни неругоҳҳо, оптималӣ намудани речаи шабакаи электрикӣ бо тавоноии реактивӣ ва бо коэффитсиенти тавоноӣ, ҳисоби тартиби оптималии таҷҳизоти кор иҷронамуда);
5. Ҳисоби эътимодияти элементҳои СЭЭ;
6. Аз нав кор карда баромадани ахбороти амалиётӣ ва ғайраҳо.
Асбобҳои муҳимтарин барои ҳалли ин масъалаҳо инҳо мебошанд:
 1. Моделсозии математикӣ;
 2. Техникаи ҳисоббарор.

Маҷмӯи формулаҳои математикӣ ва ё муодилаҳое, ки алоқаи байни параметрҳои речаи СЭЭ муайян менамоянд, модели математикии СЭЭ ном дорад. Барои ҳамон як система вобаста аз тасвияи масъала ва фарзияҳои қабулнамуда, моделҳои математикии шаклҳои гуногун ва мураккабро тартиб

додан мумкин мебошад. Зарурияти моделсозии математикӣ ба он алоқаманд мебошад, ки амалан тартиб додани бисёр речаҳо аз ҷиҳати техникӣ, иқтисодӣ ва бехатарӣ ғайримумкин мебошад. Ба ғайр аз ин, ин гуна речаҳо барои таҳқиқот муҳим аст ва бавҷуд овардани амалии онҳо дар СЭЭ реалӣ ғайриимкон аст, зеро дар ин ҳолат он ба ҳодисаҳои номатлуб оварда мерасонад. Аз ин рӯ, ба истифода аз асбобҳои назоратӣ ченкунанда ва қайдкунанда оиди речаҳои гуногуни элементҳои гуногуни СЭЭ ахбороти омории зиёд захира карда мешавад. Аммо, ин ахборотҳо барои пешбинӣ намудани рафтори системаи энергетикӣ дар бисёре аз речаҳо кам мебошанд [1].

Зарурияти техникаи ҳисоббарор дар он мебошад, ки техникаҳои ҳисоббарори муосир қобилияти бисёр зуд ва дақиқ иҷро намудани ҳисобҳои пайдарҳамии мураккабро доранд. Барои ҳамин ҳам модели математикӣ дар техникаи ҳисоббарор тартиб дода шуда имкон медиҳад, ки масъалаҳои фарох бо назардошти шумораи бисёри факторҳои муҳим фавран ҳал карда шаванд. Ба ғайр аз ин, техникаи ҳисоббарор имконияти дар намуди зоҳирӣ тасаввур намудани модели математикӣ СЭЭ – ро медиҳад.

Ҳалли ҳар як масъалаи дар боло зикргардида дар асоси усулҳои муайяни ин ё он қисми математикаи классикӣ ва амалӣ иҷро карда мешаванд. Масалан, ҳангоми ҳисоби речаи барқароршуда ҳисобкунии матритсавӣ, усулҳои ҳалли системаҳои муодилаҳои алгебравии хаттӣ ва ғайрихаттӣ васеъ истифода мешаванд. Таҳлили равандҳои гузарандаи электромагнитӣ ва устуворӣ дар усулҳои шуморавии ҳалли муодилаҳои дифференциалӣ асоснок карда мешаванд. Ҳалли масъалаҳои бо эътимодияти системаҳо алоқаманд буда, ба амалҳои математикӣ назарияи эҳтимолият асоснок карда мешаванд.

Яке аз масъалаҳои электроэнергетикӣ, ки барои ҳалли он техникаи ҳисоббарор васеъ истифода карда мешавад, масъалаи ҳисоби речаи барқароршуда мебошад. Ҳисоби речаи барқароршуда, муҳимтарин масъала мебошад, чунки он яке аз зинаҳои ҳалли дигар масъалаҳои электроэнергетикӣ мебошад:

1. Интихоби нақшаи нормалии шабакаи электрикӣ;

2. Таҳлили ҷоизнокии нақшаҳои таъмирӣ;

3. Муайян намудани масоҳати буриши арзии ноқилҳо ва кабелҳо, иқтидорҳои трансформаторҳо ва автотрансформаторҳо ҳангоми интиҳоби таҷҳизотҳои электрикии асосӣ;

4. Ҳангоми ташкили чорабиниҳо ҳисоби сатҳи шиддат дар гиреҳҳо ва дар элементҳои шабака, ки нигоҳ доштани шиддатро дар ҳудудҳои ҷоиз таъмин менамоянд;

5. Ҳалли саволҳои речаӣ, ки бо ворид намудани объектҳои нав алоқаманд мебошанд. Аз он ҷумла муайян намудани борнокии элементҳои шабака ва мувофиқ будани қобилияти гузаронандагии шабака ҳангоми зиёд шудани сели тавоноӣ;

6. Оптималӣ намудани речаҳои СЭЭ, аз он ҷумла, муайян намудани талафи тавоноӣ ва нуруи электрикӣ барои баҳодихии кори сарфаноки шабака ва самаранокии усулҳои кам кардани талаф;

7. Ҳисоби чараёнҳои расиши кӯтоҳ (ҚРК) ҳангоми интиҳоби таҷҳизот, баҳодихии мувофиқияти дастгоҳҳои насбкардашуда бо назардошти дар оянда зиёдшавии қимати ҚРК ва муайян намудани чорабиниҳо барои кам намудани қимати ҚРК;

8. Таҳлили устувории статикӣ ва динамикии СЭЭ.

СЭЭ – қисми системаи энергетикӣ мебошад, ки аз маҷмӯи қисмҳои электрикии нуругоҳҳо, шабакаҳои электрикӣ ва истеъмолкунандагони нуруи электрикӣ иборат буда, бо раванди ягонагии истеҳсол, интиқол, тақсимот ва истеъмоли нуруи электрикӣ ҳангоми идоракунии ғаврии марказикунонидашуда алоқаманд мебошад.

Речаҳои СЭЭ – маҷмӯи равандҳо мебошанд, ки дар дилхоҳ лаҳзаи вақт ҳолати параметрҳои речаро муайян менамоянд. Параметрҳои реча инҳо мебошанд: басомад; шиддат дар гиреҳҳо; чараёнҳо ва сели тавоноӣҳо дар шохаҳо; афтиши шиддат дар элементҳо; талафи тавоноӣ дар элементҳо.

Элементҳои СЭЭ – ро ба гуруҳҳои зерин тақсим намудан мумкин аст:

1. Истеҳсолкунандаи энергияи электрикӣ – генераторҳои нерӯгоҳҳо, компенсаторҳои синхронӣ ва ғайраҳо;
2. Табдилдиҳанда – трансформаторҳо;
3. Интиқолдиҳанда – хатҳои интиқоли барқи чараёни тағйирёбанда ва доимии 330 кВ ва аз он зиёд;
4. Тақсимкунанда – хатҳои интиқоли барқи шабакаҳои тақсимоти истифодабарии умумии шиддаташон 110 – 500 кВ, ХИБ шабакаҳои электротабминкунии истеъмолкунандагони алоҳида (деҳотӣ – то 35 кВ, шаҳрӣ – то 110 кВ, корхонаҳои саноатӣ – то 220 кВ).

Речаҳои СЭЭ ба ду гуруҳ чудо мешаванд:

1. Барқароршуда – речаест, ки дар он қиматҳои амалкунандаи чараён, шиддат ва тавоноииҳои элементҳои СЭЭ, инчунин басомад вобаста ба вақт тағйир намеёбанд ва ё дар ягон ҳудуди муайян тағйир меёбад;
2. Гузаранда – речаест, ки дар он параметрҳои номбаршудаи реча, доимӣ наменонанд.

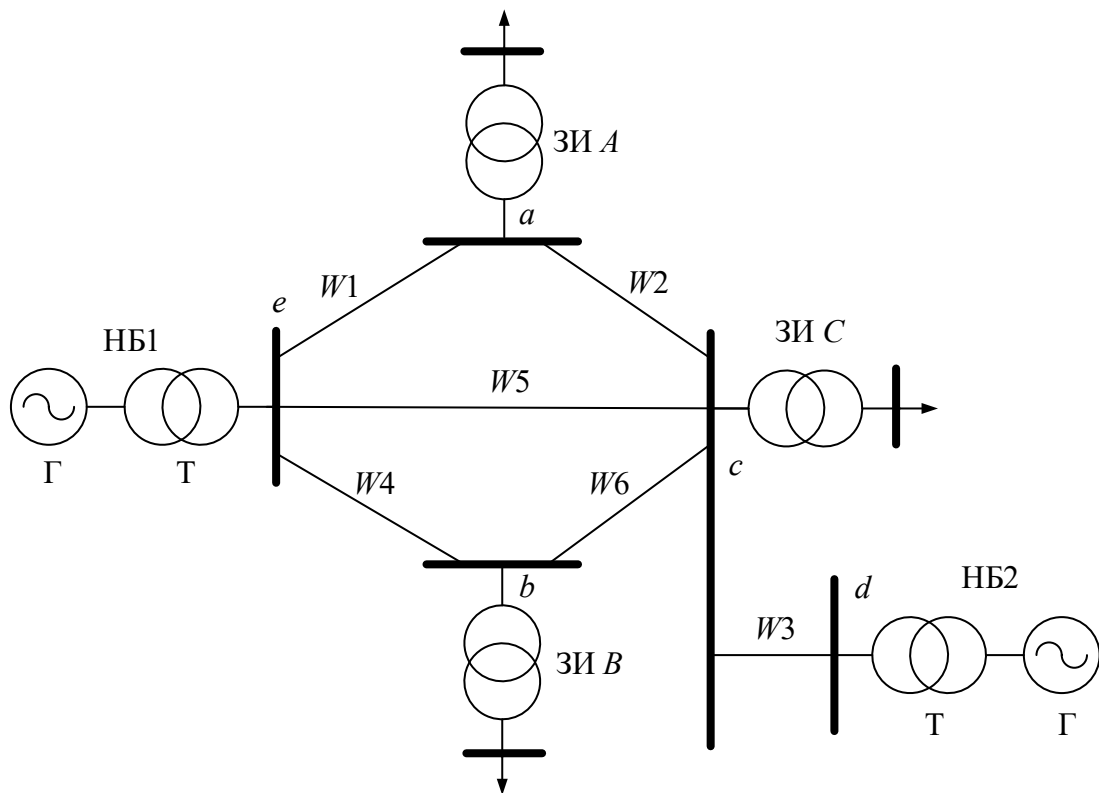
Параметрҳои речаи СЭЭ реалӣ мебошанд ва дар ягон ҳолат идеалӣ – доимӣ буда наметавонанд. Аммо агар тағйирёбии онҳо наонқадар зиёд мебошанд, аз ин рӯ ин тағйирёбиҳоро ба назар нагирифтани мумкин аст ва ин речаро ҳамчун речаи барқароршуда ҳисобидан мумкин аст.

Речаи барқароршудаи (РБ) системаи сефаза ҳамчун симметрӣ (чараёнҳо ва шиддатҳои фазаҳои гуногуни як элемент баробар қабул карда мешаванд) муоина карда мешавад. Ҳисоби РБ барои як фаза аз рӯйи нақшаи бадалии якхаттаи пайдарпаии мустақим иҷро карда мешавад ва ба ҳалли муодилаҳои, ки дар асоси қонуни якум ва дуҷуми Кирхгоф тартиб дода шудаанд, оварда мешаванд. Қимматҳои чараён ва шиддати ду фазаи дигар мувофиқ ба фазаи якум гирифта мешаванд, аммо чараён ва ё шиддати фазаҳои дигар нисбат ба фазаи якум мутаносибан таҳти кунҷҳои 120^0 ва -120^0 фарқ мекунад.

Маълумотҳои умумӣ оиди нақшаҳои бадалӣ. Таҳлили шароитҳои кори системаи электроэнергетикӣ, ҳисоби речаи барқароршудаи онро талаб менамояд, ки мақсади он муайян намудани параметрҳои реча ба мисоли

шиддат дар гиреҳҳо, ҷараён ва тавоноии аз элементҳои алоҳидаи он гузаранда мебошад. Барои иҷро намудани чунин ҳисобҳо тартиб додани нақшаи бадалии системаи электроэнергетикӣ зарур мебошад. Нақшаи бадалии системаи электроэнергетикӣ вобаста ба нақшаҳои бадалии элементҳои алоҳидаи он тартиб дода мешавад [1].

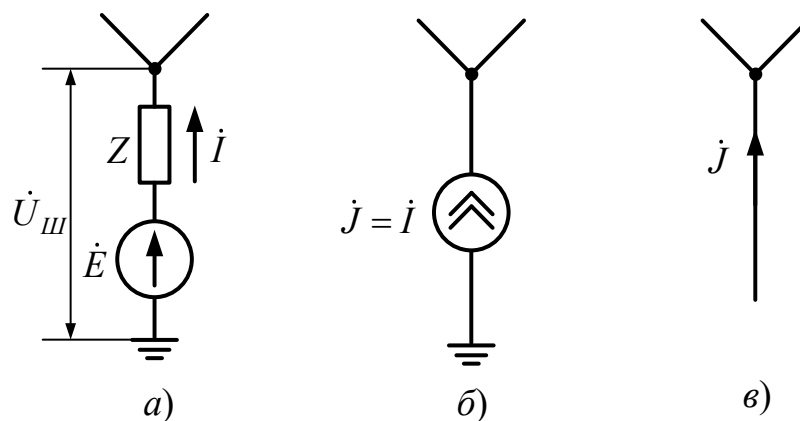
Дар расми 1.1 нақшаи принципалии системаи электроэнергетикии нисбатан оддӣ, ки дорои ду нерӯгоҳи электрикӣ (НЭ 1, НЭ 2) ва се зеристгоҳи шиддатпасткунанда (A , B , C) мебошад, оварда шудааст. Нерӯгоҳҳо ва зеристгоҳҳо байни ҳам бо шаш хатҳои интиқоли барқи ($W1 - W6$) шиддати номиналиашон якхела пайваст карда шудаанд. Бори умумии истеъмолкунандагон шартан бо тирчаҳо нишон дода шудаанд.



Расми 1.1. Нақшаи принципалии системаи электроэнергетикӣ

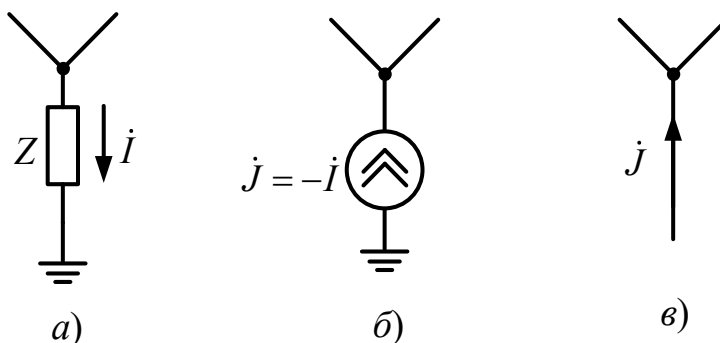
Дар ҳисобҳои речаҳои барқароршуда, элементҳои алоҳидаи системаи электроэнергетикӣ бо нақшаҳои бадалӣ ифода мешаванд, ки аз элементҳои занҷири электрикӣ (манбаҳои шиддат ё ин ки ҷараён ва муқовимат) иборат

мебошанд. Ҳангоми дида баромадани речаҳои барқароршудаи системаи чараёни тағйирёбандаи сефазаи симметрӣ, ҳамаи бузургҳо, ки элементҳои нақшаи бадалии онро тавсиф менамоянд бо ададҳои комплексӣ муайян карда мешаванд. Бо вуҷуди нақшаҳои бадалӣ барои як фаза бо нейтрал тартиб дода мешаванд.



Расми 1.2. Нақшаи бадалии манбаи энергияи электрикӣ

Манбаҳои нерӯи электрикӣ дар намуди манбаи шиддат бо қувваи электроҳаракатдиҳандаи (ҚЭХ) E ва бо муқовимати дохилии Z (расми 1.2а), ё ин ки дар намуди манбаи чараён J , ки қиммати он ба чараёни речаи барқароршуда I баробар мебошад (расми 1.2 б,в) ифода карда мешаванд.



Расми 1.3. Нақшаи бадалии бори электрикӣ

Нақшаи бадалии бор (истеъмолкунандагони нерӯи электрикӣ) ё дар намуди муқовимати Z (расми 1.3а) ва ё дар намуди манбаи чараён J (расми 1.3б,в) тасвир мешавад. Хатҳои интиқоли барқ, трансформаторҳои зеристгоҳҳо ва неругоҳҳо дар нақшаҳои бадалӣ дар намуди муқовимат тасвир мешаванд [2].

Вариантҳои тасвири нақшаи бадалии системаи электроэнергетикӣ.

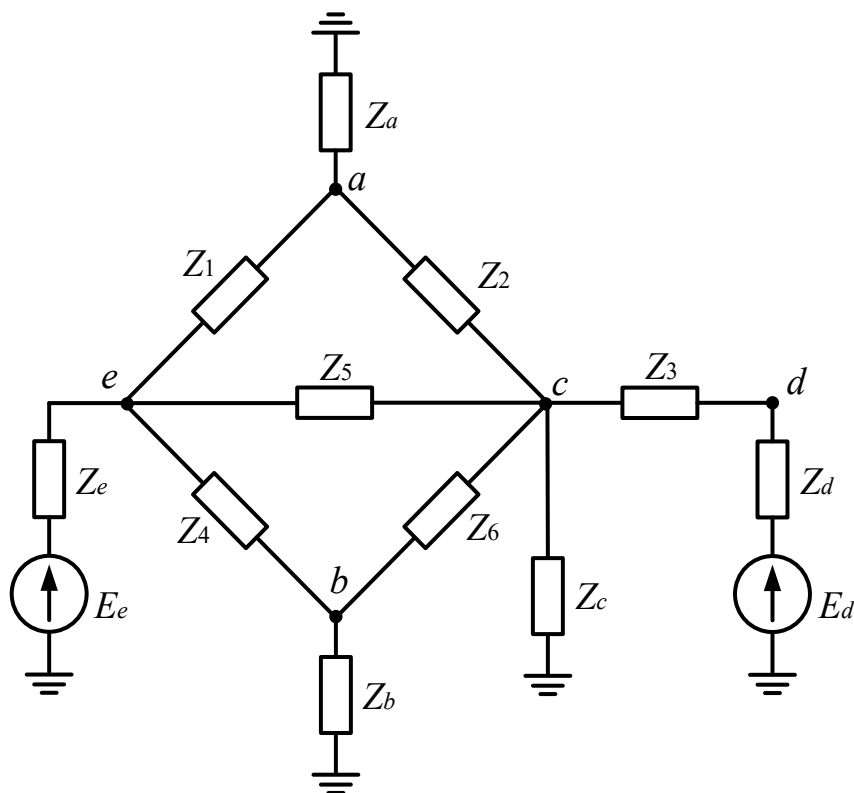
Яке аз вариантҳои нақшаи бадалии системаи электроэнергетикии дар расми 1.1 тасвир шуда, дар расми 1.4а оварда шудааст, ки дар он нерӯгоҳҳои электрикӣ бо манбаҳои шиддат ва зеристгоҳҳо (трансформаторҳо ва борҳо) бо муқовиматҳо тасвир мешаванд. Варианти дигари нақшаи бадалии системаи электроэнергетикии расми 1.1 дар расми 1.4б оварда шудааст, ки дар он ҳам нерӯгоҳҳои электрикӣ ва ҳам зеристгоҳҳо бо чараёнҳои додашуда ифода ёфтаанд. Интихоби ин ё он варианти нақшаҳои бадалӣ бо мақсадҳои ҳисоб ва маълумотҳои ибтидоӣ муайян карда мешавад.

Ҳамин тариқ, нақшаи бадалии системаи электроэнергетикӣ, ки барои ҳисоби речаҳои барқароршуда истифода бурда мешавад, ҳамчун занҷири электрикӣ тасаввур намудан мумкин аст. Ин маънои онро дорад, ки ба нақшаи бадалии системаи электроэнергетикӣ чунин мафҳумҳои тавсифдиҳандаи занҷири электрикӣ хос мебошанд: *шоха*, *гиреҳ* ва *контур*.

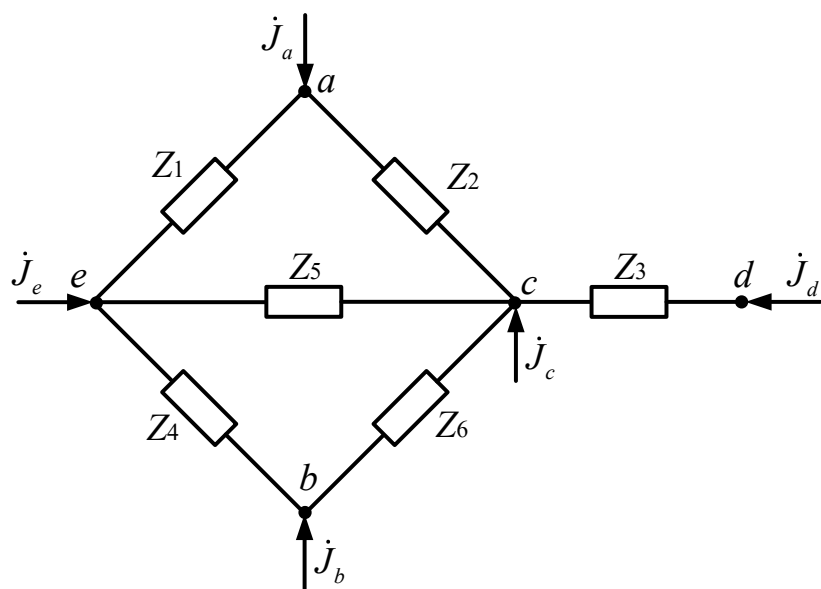
Шоха гуфта қитъаи занҷирро фаҳмидан мумкин аст, ки он аз ҚЭҲ ва муқовиматҳои пайдарҳам пайваस्तбуда (ё танҳо бо муқовиматҳо) иборат мебошад ва қад-қади он дар дилхоҳ лаҳзаи вақти додашуда чараён як қимматро доро мебошад. **Гиреҳ** гуфта, нуктаеро меғӯянд, ки дар он ду ва ё аз он зиёдаи шохаҳо пайваस्त мебошанд. **Контур** гуфта, қитъаи занҷирро фаҳмидан мумкин аст, ки дар он якчанд шохаҳо пайдарҳам пайваस्त мебошанд ва ибтидоӣ шохаи якуми контур бо шохаи охирини он дар як гиреҳ пайваस्त мебошад [2].

Нақшаи бадалии дар расми 1.4, а тасвиршуда аз 11 шоха ва 5 гиреҳ иборат мебошад: $a - e$ ва гиреҳи нейтрал (замин), ки потенциали нулӣ дорад. Шохаҳои (шохаҳои манбаҳо ва борҳо), ки бо гиреҳи нейтрал пайваस्त мебошанд, шохаҳои арзӣ ном доранд. Шохаҳои боқимонда – шохаҳои тулӣ ном гирифтаанд. Нақшаи бадалии дар расми 1.4, б овардашуда танҳо 6 шохаҳои тулӣ ва 5 гиреҳро доро мебошад, яъне дар он гиреҳи нейтралӣ вучуд надорад. Ҳарду нақшаҳои муоинашаванда контурҳоро доро мебошанд, масалан, хатҳои интиқоли $W1$, $W2$, $W5$ як контур ва хатҳои интиқоли $W4$, $W5$, $W6$ контури

дигарро ташкил медиҳанд ва барои ҳамин контури сарбаста ном доранд. Дар ҳолати вуҷуд надоштани контур, нақшаи бадалӣ кушода ном дорад.



a)



б)

Расми 1.4. Намудҳои гуногуни нақшаи бадалии системаи электроэнергетикӣ

Муқовиматҳои дар нақшаҳои бадалии системаи электроэнергетикӣ овардашуда, хангоми ҳисоби речаҳои барқароршудаи он одатан доимӣ гирифта мешаванд, яъне аз қиммати ҷараён ва шиддат вобаста намебошанд. Дар ин ҳолат нақшаи бадалии системаи электроэнергетикӣ ҳамчун занҷири электрикӣ хаттӣ ифода меёбад.

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. Ҷӯраев Ш.Ҷ., Раҳимов Ҷ.Б., Султонов Ш.М. Масъалаҳои математикӣ дар электроэнергетика. Восоити таълимӣ барои иҷрои корҳои мустақилона – Душанбе: ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, 2021, 94 саҳ.