

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI**

**ABU RAYXON BERUNIY NOMLI TOSHKENT
DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

«Kasb ta'limi (energetika) va elektrotexnika» kafedrası

Oliy ta'limning bakalavr yo'nalishi uchun
«ELEKTROTEXNIKANING NAZARIY ASOSLARI» fanini «Nochiziqli
magnit zanjirlarini hisoblash» bo'limi bo'yicha hisob-grafik ishi bajarish
yuzasidan uslubiy ko'rsatma

TOSHKENT 2008

Oliy ta'limning bakalavr yo'nalishi uchun «Elektrotexnikaning nazariy asoslari» fanini «Nochiziqli magnit zanjirlarini hisoblash» bo'limi bo'yicha hisob-grafik ishi bajarish yuzasidan uslubiy ko'rsatma

Tuz. Abidov Q.G., Ernst I.V. Toshkent, ToshDTU, 2008. 32 b.

Uslubiy ko'rsatma «5520200 – Elektr energetikasi» va «5521300 – Elektr texnika, elektr mexanika va elektr texnologiyalar» bakalavr yo'nalishida ta'lim oluvchi talabalarga mo'ljallangan.

Nochiziqli magnit zanjirlari bo'yicha amaliy hisoblar bajarish bo'yicha nazariy tushunchalar keltirilgan.

Ko'rsatmada hisob-grafik ishi bo'yicha variantlar jadvali va masalalar echish namunasi, tavsiya etiladigan adabiyotlar ro'yxati berilgan.

A.R.Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy uslubiy kengashi qarori bilan nashr etildi.

Taqrizchilar:

TATU «Elektr zanjirlar
nazariyasi» kafedrası mudiri
t.f.d., professor

Alimxodjaev K.T.

TDTU « Radiotexnika va
kasb ta'limi » kafedrası
mudiri t.f.n., dosent

Nazarov A.M.

QISQACHA NAZARIY MA'LUMOTLAR

1. Magnit zanjiri, tarkibida ferromagnit element bo'lgan qurilmalar majmuasidan iborat bo'lib, magnito'tkazgichdan iborat yopiq tizimni hosil qiladi va energiya manbai bo'lgan holda magnit o'qimi hosil bo'ladi. Magnit zanjirida energiya manbai sifatida w chilg'amlar soniga ega bo'lgan g'altak bo'lib, undan I tok o'tadi. Magnito'tkazgichda joylashgan tok o'tuvchi g'altakni chulg'amlar soni har qancha bo'lishi mumkin. G'altakdan tok o'tishi natijasida magnit yurituvchi kuchni F (MYK) hosil bo'ladi. Magnito'tkazgichdagi tokli g'altaklar soni ham bir qancha bo'lishi mumkin.

Elektr va magnit zanjirlarni formal o'xshashligi ularda o'tuvchi fizikaviy jarayonlarni bir xil usullar bilan ko'rib chiqishga imkon beradi.

Elektr va magnit zanjirlaridagi asosiy tenglamalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Elektr va magnit zanjirlari orasidagi o'xshashlik

Elektr kattaliklari	Magnit kattaliklari
Elektr yurituvchi kuch (EYK) $e = \oint \mathbf{E} d\mathbf{L} = \sum E_i$	Magnit yurituvchi kuch (MYK) $F = \oint \mathbf{H} d\mathbf{l} = \sum I_i w_i$
Elektr toki $I = \oint_S \mathbf{J} d\mathbf{S}$	Magnit oqimi $\Phi = \oint_S \mathbf{B} d\mathbf{S}$
Elektr qarshiligi $R = \frac{l}{\gamma S}$	Magnit qarshiligi $R_m = \frac{l}{\mu_a S}$
Kuchlanish ("a" va "b" nuqtalar orasidagi potentsiallar farqi)	Skalyar magnit potentsial-larining farqi ("a" va "b" nuqtalar orasidagi magnit kuchlanishi) $U_{mab} = \int_a^b \mathbf{H} d\mathbf{l} = \varphi_{ma} - \varphi_{mb}$ Magnit induksiyasi

$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$ Tok zichligi J Elektr maydon kuchlanganligi E Nisbiy o'tkazuvchanlik γ Om qonuni $I = \frac{U}{R}$ Kirxgofni birinchi qonuni $\sum I_i = 0$ (tugundagi) Kirxgofni ikkinchi qonuni $\sum U_i = 0$ yoki $\sum I_i R_i = \sum E_i$	B Magnit maydon kuchlanganligi H Absolyut magnit kirituvchanligi μ_a Om qonuni $\Phi = \frac{U_M}{R_M}$ Kirxgofni birinchi qonuni $\sum \Phi_i = 0$ (tugundagi) Kirxgofni ikkinchi qonuni $\sum U_{m_i} = 0$ yoki $\sum \Phi_i R_{m_i} = \sum F_i$
--	---

Elektr va magnit zanjirlari uchun yozilgan tenglamalar orasidagi o'xshashlik elektr zanjirlariga qo'llaniladigan hisoblash usullarini magnit zanjirlari uchun tadbiq etishga imkon beradi.

Tarmoqlangan magnit zanjirlarni hisoblash, tegishli ko'rinishda yozilgan Kirxgof qonunlarini tadbig'iga asoslanadi.

Magnit zanjirlarini hisoblashni asosiy murakkabligi magnitlanish egri chizig'ini $B(H)$ nochiziqliyli bo'lib, bu nisbiy magnit kirituvchanligining μ_r miqdorini doimiy emasligidandir. Ferromagnit elementning magnitlanish xarakteri yoki magnitlanish egri chizig'i $B(H)$ elektr zanjirining mos keluvchi $U(I)$ vol'tamper xarakteristikasini aks ettiradi.

Magnitlanish $B(H)$ xarakteristika nochiziqli bo'lganligi uchun magnit zanjiri ham nochiziqli bo'ladi. Magnit zanjirini hisoblashda chiziqli va nochiziqli ikki

qutublikka ega elektr zanjirlarida qo'llaniladigan usullardan foydalanish mumkin.

Po'latdan tayyorlangan magnit zanjiri tarmoqlari har xil uzunlikka va yuzaga ega bo'lishiga ko'ra magnitlanish egri $B(H)$ chizig'i xam xar xil ko'rinishga va hususiyatlarga ega bo'ladi.

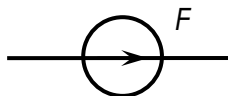
Magnit zanjirini shaxobchalari ekvivalent zanjirda nochiziqli qarshilik R_m sifatida ko'rsatiladi.

Agar magnit tarmoqda uzilish bo'lsa, havo oralig'i δ hamda uzunligi l_δ (yoki l_h) beriladi. Havo oralig'i magnit zanjirining chiziqli qismi hisoblanadi va ekvivalent zanjirda chiziqli qarshilik $R_{m,h}$ bilan ko'rsatiladi.

Real magnit zanjiri (1-rasm) unga ekvivalent zanjir ko'rinishiga keltirilib, so'ngra hisoblashlar amalga oshiriladi (masalan 2-rasm).

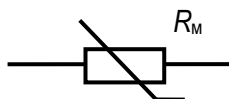
Magnit zanjirini ekvivalent sxemasining elementlari quyidagi ko'rinishda tasvirlanadi:

MYK manbai F :



(aylana diametri 10 mm, strelka uzunligi 5 – 6 mm);

Magnit qarshiligi R_m



(to'g'ri burchak 10 x 4 mm; qiya chiziq 45°, yozilish chizig'i to'g'ri burchakdan 10 mm masofada, tayoqchalar uzunligi 4 mm);

Xavo oralig'i δ chiziqliy qarshilik bilan ko'rsatiladi:



(to'g'ri burchak 10 x 4 mm);

Magnit oqimini Φ yo`nalishi quyidagi ko`rinishda tasvirlanadi:



Magnit kuchlanishi U_m yo`nalishi quyidagicha tasvirlanadi
изображается вогнутой стрелкой:



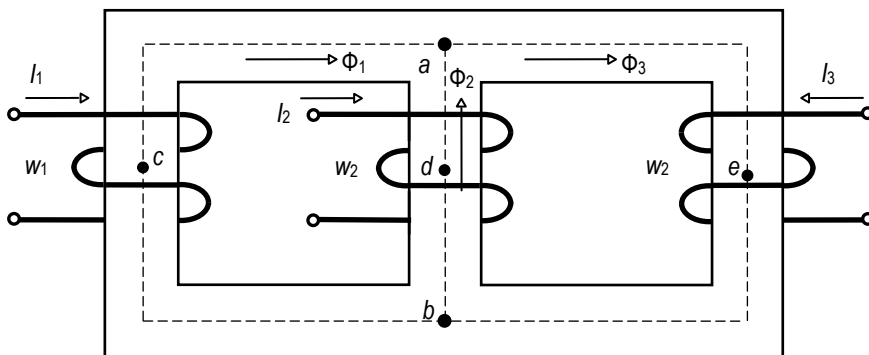
Magnit zanjiri hisoblanishida masala to`g`ri va teskari qo`yilishi mumkin.

Masalani to`g`ri qo`yilishida magnit zanjiridagi F MYK ni berilgan qiymatlari asosida Φ magnit oqimi topiladi.

Masala teskari qo`yilganda magnit zanjiridagi magnit oqimini berilgan miqdori bo`yicha Φ magnitlovchi I tok yoki F MYK topiladi.

Teskari qo`yilgan masalani echish to`g`risiga nisbatan onson. Uslubiy ko`rsatmada xisob-grafik ishini bajarish yuzasidan shunday masalani echish na`munalari keltirilgan.

2. Hisoblashni bajarish uchun 1- rasmda ko`rsatilgan magnit zanjiri (magnito`tkazgichi, magnit tizimi, o`zak) berilgan.



1-rasm. Magnit o`tkazgichini ko`rinishi

Chizmadagi magnit zanjiri Π -shaklli bo'lib, uch tarmoqdan iborat va ularga w_1 ; w_2 ; w_3 chulg'amlar o'ralgan ikki konturli yopiq sistema. Magnit zanjiri tarmoqlari har xil magnit xususiyatiga ega bo'lgan materiallardan tayyorlanishi mumkin (masalan elektr mashinalarni magnit tizimi), unda magnitlanish egi chizig'i turli bo'ladi yoki bir hil ferromagnit materialdan yasalgan ham bo'ladi (transformatorning magnit o'zaklari).

G'altakning o'zakka qanday o'ralganligi va tok chulg'amlardan o'tish yo'nalishlari faqlanadi:

– w_1 va w_2 chulg'amlar soat strelkasini yo'nalishiga teskari qilib o'ralgan, toklar I_1 , I_2 ham shu yo'nalishda. U holda parmani shu yo'nalishda o'rasak u g'altakdan chiqib boradi deb hisoblaymiz, shuning uchun MYKlar F_1 va F_2 yuqoriga a tugunga yo'naladi;

– w_3 chulg'am soat atrelkasi yo'nalishida o'ralgan, tok I_3 ham shu yo'nalishda. U holda parmani shu yo'nalishda o'rasak u g'altakka kirib boradi deb hisoblaymiz, shuning uchun MYK F_3 pastga b tugunga yo'naladi;

Chulg'amlarni o'ralish yo'nalishi, undan tokni I o'tish yo'nalishi va u hosil qilgan MYK F bir birlari bilan parmani o'ng yo'nalishi qonuni bilan bog'langan (parmaning o'ng tomonga o'ralishi).

1-rasmda ko'rsatilgan magnit zanjirida a va b tugunlar bo'lib, Kirxgofning birinchi qonunini yozish mumkin:

Tugundagi magnit oqimlarining algebrik yig'indisi nolga teng:

$$\sum \Phi_i = 0.$$

Magnit oqimi to'g'ri yo'nalishi tanlash elektr tokini musbat yo'nalishi kabi aniqlanadi.

Tugunga kiruvchi magnit oqimi «musbat», tugundan chiquvchi magnit oqimi «manfiy» qilib olinsa, a tugun uchun Kirgofning birinchi qonuniga asosan tenglama yozamiz:

$$\Phi_1 + \Phi_2 - \Phi_3 = 0.$$

G'altakdan o'tuvchi I tokni chulg'amlar w soniga ko'paytmasi magnita yurituvchi kuch (MYK) deb nomlanadi va quyidagicha belgilanadi F :

$$F = Iw.$$

1- rasmdagi magnit zanjiri uchta MYK ega bo'lib, bu chulg'amlardan o'tuvchi toklar tasirida hosil bo'ladi:

$$F_1 = I_1 w_1,$$

$$F_2 = I_2 w_2,$$

$$F_3 = I_3 w_3.$$

Magnit zanjirida uchta tarmoqni ajratib olamiz (1-rasm):

- “acb” bunda, L_1 magnit tarmog'ini o'rtacha uzunligi va S_1 ko'ndalang kesim yuzasi;
- “adb” bunda, L_2 magnit tarmog'ini o'rtacha uzunligi va S_2 ko'ndalang kesim yuzasi;
- “aeb” bunda, L_3 magnit tarmog'ini o'rtacha uzunligi va S_3 ko'ndalang kesim yuzasi;

Qulaylik uchun ularni 1, 2, 3 deb belgilaymiz.

Magnit zanjirini L uzunligi bo'yicha yo'nalgan magnit maydon kuchlanganligini H chiziqli integrali shu tarmoqni magnit kuchlanishi U_m deb ataladi va to'la tok qonuni bilan aniqlanadi (1-jadvalga qaralsin).

Masalan 1-rasmdagi “adb” tarmoq uchun quyidagini yozish mumkin:

$$U_{m\,adb} = U_{m\,ab\,2}$$

va

$$U_{m\,adb} = U_{m\,ab\,2} = \int_a^b \mathbf{H} \, d\mathbf{l} = \int_a^b H_2 \, dl$$

Agar “adb” tarmoqda magnit maydon kuchlanganligi o'rtacha uzunlik bo'ylab o'zgarmas deb hisoblansa va $d\mathbf{l}$ uzunlikdagi element bilan mos yo'nalgan bo'lsa, integrallash orqali “adb” oraliq uchun magnit kuchlanishi tenglamasini yozish mumkin:

$$U_{m\,2} = H_2 L_2.$$

MYK F va magnit kuchlanishi U_m amperda o'lchanadi.

Magnit zanjirida (1-rasm) uchta konturni ajratib olamiz:

- birinchi kontur “aebca” ,
- ikkinchi kontur “adbca” ,
- uchinchi kontur “aebda” .

To'la tok qonuniga ko'ra ($\oint \mathbf{H} \, d\mathbf{L} = i$ yoki $HL = iw$) Kirxgofning ikkinchi qonunining ta'rifi kelib chiqadi:

Yopiq konturdagi g'altaklar MYK larini algebraik yig'indisi shu konturning alohida olingan bo'laklaridagi magnit kuchlanishlar algebraik yig'indilariga teng

$$\sum F_i = \sum U_{m\,i}.$$

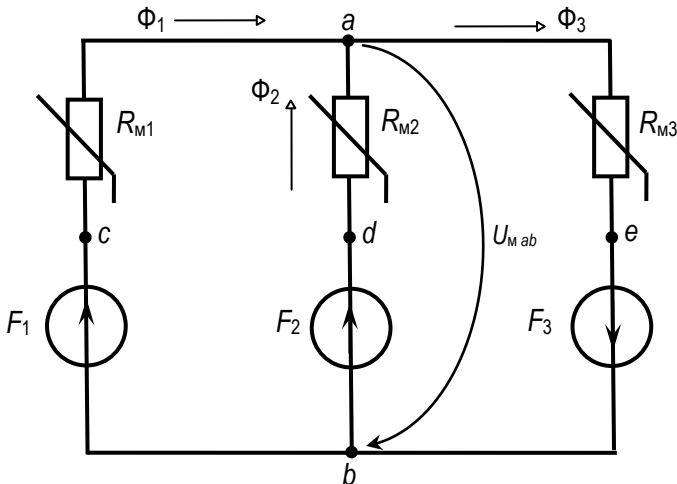
Konturni tanlangan yo'nalishi MYK yo'nalishi bilan mos kelsa, MYK «musbat» ishorada, qarama-qarshi bo'lsa, «manfiy» ishorada olinadi.

Magnit oqimini yoʻnalishi konturni aylanma yoʻnalishi bilan mos kelsa, magnitaviy kuchlanish $U_m = H L$ «musbat» ishora bilan, agar qarama-qarshi boʻlsa, «manfiy» ishorada yoziladi

Yuqorida etilganlarga asosan magnit zanjirini ekvivalent almashinish sxemasini (ekvivalent zanjir) chizish mumkin (1-rasm):

- tokli gʻaltakni MYK lar F_1, F_2, F_3 bilan almashtiramiz;
- magnit zanjiri qismlarini magnit qarshiliklari R_{m1}, R_{m2}, R_{m3} bilan almashtiramiz. R_m elementdagi magnit kuchlanishini tushuvi:

$$U_m = H \cdot L.$$



2-rasm. Magnit zanjirini almashinish sxemasi

Kirxgof qonunlari asosida 2-rasmdagi nochiqli zanjir uchun tenglamalar tuzamiz (kontur yoʻnalishi soat strelkasi yoʻnalishiga mos):

- Kirxgofning birinchi qonuniga asosan

$$\Phi_1 + \Phi_2 - \Phi_3 = 0.$$
- Kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan

$$H_1 L_1 - H_2 L_2 = F_1 - F_2 \quad (\text{kontur "adbca"}),$$

$$H_2 L_2 + H_3 L_3 = F_2 + F_3 \quad (\text{kontur "aebda"}).$$

Tuzilgan tenglamalar yordamida nom`alum miqdorlarni topish mumkin.

XISOB-GRAFIK ISHI BAJARISH YUZASIDAN TOPSHIRIQ

1. Magnit zanjiri III shaklga ega (1-rasm).
2. Magnit zanjirini geometrik o`lchamlari:  $l_v; L_1; L_2; L_3; S_1; S_2; S_3$  va varinatlar eskizlar bilan jadval ko`rinishida 26-30 betlarda ko`rsatilgan.
3. G`altakni chudg`amlar soni $w_1; w_2; w_3$ va toklar ham nix $I_1; I_2; I_3$ shu jadvalda keltiriladi;

Ilova:

a) variant nomeri o`qituvchi tomonidan beriladi, jadvalda biror qiymatga chiziqcha qo`yilib berilmagan bo`lsa, demak magnit zanjirida chizilgan shu element hisobga olinmaydi;

b) hisoblashni onsonlashtirish uchun qo`shimcha shartlar berilgan bo`ladi (masalan, variant 39 da: $\Phi_2 = \Phi_3$; variant 17 da: magnit oqimini sonli qiymati berilgan $\Phi_2 = 70 \cdot 10^{-5} \text{ Vb}$ i t.d.)

v) hamma variantlar uchun ferromagnit materialning magnitlanish egri chizig`i $B(H)$ 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

H	A/m	0	20	40	60	80	120	200	400	600	800	1200
B	Tl	0	0,22	0,75	0,93	1,02	1,14	1,28	1,47	1,53	1,57	1,6

4. Aniqlanish lozim bo`lgan qiymatlar varinatlar jadvalida ko`rsatiladi.
5. Hisob-grafik ishini bajarishdan oldin quyida keltirilgan §21-3 [10] adabiyotlar va uslubiy ko`rsatmadagi 1- va 2- na`munaviy masalalar bilan tanishib chiqilsin.

Masalani xisoblash tartibi va na`munasi.

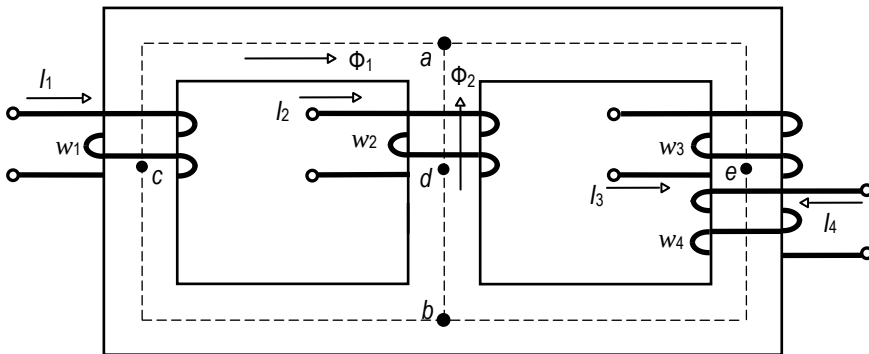
Hisoblash tartibi.

1. Magnit zanjirini ekvivalent zanjiri ko'rishidagi almashinish sxemasiga keltirib, tarmoqlarda mavjud bo'lgan magnit oqimlari Φ va MYK yo'nalishlari qo'yilsin.
2. Qabul qilingan magnit oqimi Φ va MYK yo'nalishlari uchun Kirxgof qonunlari asosida tenglamalar sistemasi tuzilsin.
3. Magnit zanjiri hisoblanib qidirilayotgan qiymatlar topilsin.

1-NA`MUNA

Berilgan:

3- rasmdagi magnit zanjiri.



3-rasm. 1-na`muna uchun magnit zanjiri

g'altaklarni chulg'amlar soni:

$$\begin{aligned}w_1 &= 38; \\w_2 &= 275; \\w_3 &= 300; \\w_4 &= 200,\end{aligned}$$

g'altaklardan o'tuvchi toklar:

$$I_1 = 0,5 \text{ A};$$
$$I_3 = 0,2 \text{ A};$$

$$I_4 = 0,1 \text{ A.}$$

Magnit zanjirini geometrik o'lchamlari:

barinchi tarmoq "bca" (bu tarmoqni xarakterlovchi kattaliklar «1» indeksi bilan belgilanadi):

$$L_1 = 30 \text{ sm} = 0,3 \cdot 10^{-1} \text{ m};$$

$$S_1 = 4 \text{ sm}^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2,$$

ikkinchi tarmoq "adb" (indeks «2»):

$$L_2 = 10 \text{ sm} = 1 \cdot 10^{-1} \text{ m};$$

$$S_2 = 7 \text{ sm}^2 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2,$$

uchinchi tarmoq "aeb" (indeks «3»):

$$L_3 = 30 \text{ sm} = 0,3 \cdot 10^{-1} \text{ m};$$

$$S_3 = 10 \text{ cm}^2 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad .$$

Qo`shimcha shartlar:

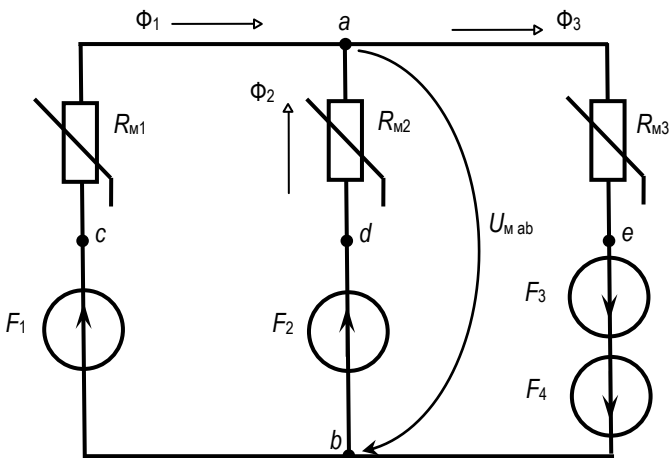
$$\Phi_1 - \Phi_2 = 20 \cdot 10^{-5} \text{ Vb.}$$

Topish kerak:

- w_2 chulg`amdagi I_2 tok;
- Φ_2 magnit oqimi ("adb" tarmoqdagi magnit oqimi).

Echish.

1. 3-rasmdagi magnit zanjirini ekvivalent nochiziqli elektr zanjiri ko`rinishiga keltiramiz (4-rasm).



4-rasm. Magnit zanjirini ekvivalent sxemasi
1-na`muna uchun

MYK F_1 ; F_2 ; F_3 yo`nalishlari o`ng tomonga aylanuvchi parma yo`nalishi bilan aniqlanadi.  $\Phi_1$  va  $\Phi_2$  magnit oqimlari yo`nalishlari topshiriq bo`yicha berilgan (3-rasm).  $\Phi_3$  yo`nalishi ixtiyoriy tanlangan.

2. G`altaklarni MYK kattaliklarini aniqlaymiz:

$$F_1 = I_1 \cdot w_1 = 0,5 \cdot 38 = 19 \text{ A},$$

$$F_2 = I_2 \cdot w_2 - \text{topish kerak},$$

$$F_{34} = I_3 \cdot w_3 + I_4 \cdot w_4 = 0,2 \cdot 300 + 0,1 \cdot 200 = 80 \text{ A}.$$

3. Kirxgof qonunlari asosida tenglamalar tuzamiz. 4-rasmdagi zanjir ikki tugundan va uchta konturdan iborat. Demak, bitta birinchi qonun asosida va ikkita ikkinchi qonun asosida tenglamalar tuzamiz:

$$\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi_3, \quad (\text{Kirxgofni I- qonuniga asosan})$$

$$H_1 \cdot L_1 - H_2 \cdot L_2 = F_1 - F_2, \quad (\text{Kirxgofni II- qonuniga asosan})$$

$$H_2 \cdot L_2 + H_3 \cdot L_3 = F_2 + F_{34}. \quad (\text{Kirxgofni II- qonuniga asosan})$$

4. Bu shakldagi magnit zanjirini hisoblash uchun ikki tugun usulini qo'llash mumkin.

a) 1,2,3 tarmoqlardagi magnit kuchlanishlar ("a" va "b" tugunlar orasidagi magnit kuchlanishlar) 4- rasmga asosan o'zaro teng:

$$U_{m\ ab} = U_{m\ ab\ 1} = U_{m\ ab\ 2} = U_{m\ ab\ 3}.$$

b) R_{m1} , R_{m2} , R_{m3} elementlardagi U_m magnit kuchlanishlarini tushuvi mos holda quyidagicha bo'ladi:

$$U_{m1} = H_1 \cdot L_1,$$

$$U_{m2} = H_2 \cdot L_2,$$

$$U_{m3} = H_3 \cdot L_3.$$

v) magnit tarmoqdagi MYK "a" va "b" tugunlar orasidagi $U_{m\ ab}$ magnit kuchlanishi kelib chiqadi u R_m elementida hosil bo'luvchi U_m magnit kuchlanishi tushuvini muvozanatlash uchun sarf bo'ladi. Shuning uchun:

$$\left. \begin{aligned} U_{m\ ab\ 1} + U_{m1} &= U_{m\ ab\ 1} + H_1 \cdot L_1 = F_1, \\ U_{m\ ab\ 2} + U_{m2} &= U_{m\ ab\ 2} + H_2 \cdot L_2 = F_2, \\ U_{m\ ab\ 3} - U_{m3} &= -U_{m\ ab\ 3} + H_3 \cdot L_3 = F_{34}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

g) Tenglamalar sistemasini $U_{m\ ab}$ nisbatan qayta yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} U_{m\ ab\ 1} &= F_1 - H_1 \cdot L_1, \\ U_{m\ ab\ 2} &= F_2 - H_2 \cdot L_2, \\ U_{m\ ab\ 3} &= -F_{34} + H_3 \cdot L_3. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

5. Qo'shimcha shart bo'yicha $\Phi_2 - \Phi_1 = 20 \cdot 10^{-5}$ Vb MYKlar F_1 va F_3 uchun ikkinchi tarmoqdagi magnit oqimi Φ_2 :

$$\Phi_2 = \Phi_1 + 20 \cdot 10^{-5} \text{ Vb.} \quad (3)$$

Umumiy holda magnit oqimlari quyidagiga teng:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_1 &= B_1 \cdot S_1 = 4 \cdot 10^{-4} \cdot B_1, \text{ Vb} \\ \Phi_2 &= B_2 \cdot S_2 = 7 \cdot 10^{-4} \cdot B_2, \text{ Vb} \\ \Phi_3 &= B_3 \cdot S_3 = 10 \cdot 10^{-4} \cdot B_3, \text{ Vb} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Demak, MYK berilgan miqdorlari bo'yicha B_1, B_2, B_3 magnit induksiya qiymatlari topilishi kerak, shundagina Φ_1, Φ_2, Φ_3 oqimlar uchun qo'shimcha shartlar (3) va Kirxgofning birinchi qonuni bajariladi.

Ko'rib chiqilayotgan magnit zanjiri chiziqli bo'lganda, noma'lum kattaliklarni topish qiyinchilik tug'dirmas edi, lekin magnit zanjiri nochiziqli bo'lganligi sababli masala analitik usul bilan hisoblanadi.

6. Hisoblashni davom ettiramiz.

Magnit zanjirining birinchi tarmog'ida MYK F ta'sirida ma'lum kuchlanganlikka ega H magnit maydoni hosil bo'ladi va bu kuchlanganlikka mos keluvchi magnit induksiyasi B yuzaga keladi. Magnit tarmog'ini chetlarida (magnit zanjirini "a" va "b" tugunlarida) U_{mab} magnit kuchlanish hosil bo'ladi va qismalardagi magnit potentsiallar farqini muvozanatlashga harakat qiladi, buning natijasida Φ magnit oqimi o'ta boshlaydi.

Shuning uchun Φ magnit oqimini magnit kuchlanishi U_{mab} funksiyasi deb hisoblasak bo'ladi:

$$\Phi = \Phi(U_{mab}).$$

$B(H)$ magnitlanish egri chizig'i nochiziqliy bo'lganligida $\Phi = \Phi(U_{mab})$ funksiya ham nochiziqli bo'ladi, shu sababdan barcha Φ_i oqimga tegishli nochiziqli ifodalar ustidagi amallar (qo'shish, ayirish) grafikaviy bajariladi.

Ko'rib chiqilayotgan masalada $\Phi_i = \Phi_i(U_{mabi})$ egri chiziqni qurish lozim, buning uchun nochiziqli $\Phi_1(U_{mab1})$ egri chiziqdan $\Phi_3(U_{mab3})$, egri chiziqni ordinatalar o'qiga nisbatan grafikaviy ayirish orqali $\Phi_2(U_{mab2})$ xarakteristikani qursa bo'ladi.

Lekin $\Phi_2 = \Phi_2(U_{mab2})$ egri chizig'ini qurish shart emas, buning uchun magnit zanjiri uchun "A" ishchi nuqtasini aniqlash kifoya, chunki bu nuqta MYKlarni berilgan qiymatlari uchun qo'shimcha shartni va Kirxgofning birinchi

qonuni qanoʻatlantiradi. “A” nuqtadagi (MYK berilgan qiymatlari asosida) Φ_2 miqdori topilgandan soʻng yuqorida keltirilgan tenglamalar yordamida I_2 tokni aniqlash mumkin.

7. Magnit oqimlari Φ_1 , Φ_3 bilan birinchi va uchinchi tarmoqlardagi magnit kuchlanishlar $U_{m\ ab\ 1}$, $U_{m\ ab\ 3}$ orasidagi bogʻlanishlarni koʻrsatuvchi ifodalarni yozamiz. Bular yuqorida keltirilgan tenglamalar asosida yoziladi:

$$\Phi_1(U_{m\ ab\ 1}) = \Phi_1(F_1 - H_1 \cdot L_1) = \Phi_1(19 - 0,3 \cdot H_1) \text{ Vb}, \quad (5)$$

$$\Phi_3(U_{m\ ab\ 3}) = \Phi_3(-F_{34} + H_3 \cdot L_3) = \Phi_3(-80 + 0,3 \cdot H_3) \text{ Vb}. \quad (6)$$

Qidirilayotgan Φ_2 kattalikni aniqlash uchun (3) Kirxgofning birinchi qonuni asosida yozilgan tenglamaga shuni qoʻyib, qoʻshimcha egri chiziqni Φ_3 ga nisbatan ($U_{m\ ab\ 1}$) qurishimiz mumkin:

$$\Phi_3 = 2 \cdot \Phi_1 + 20 \cdot 10^{-5} = (2 \cdot \Phi_1 + 2) \cdot 10^{-4} \text{ Vb}. \quad (7)$$

Asosiy (6) egri chiziq Φ_3 ($U_{m\ ab\ 1}$) bilan qoʻshimcha egri chiziqlarni (7) tutashuv nuqtasi ishchi nuqta boʻlib, 3 punktdagi shartlarni qanoatlantiradi.

8. Hisoblashlarni jadval koʻrinishida olib boramiz, 3-jadval.

3-jadvaldagi birinchi va ikkinchi satrlarda $B(H)$ magnitlanish egri chizigʻini qiymatlari berilgan (2-jadvalni takrorlanishi hisoblanadi). Bu hamma variantlar uchun umumiy boʻlib, hisoblashlarda magnit zanjirini hamma nuqtalari uchun H va B miqdorlar shu asosida olinadi.

Uchinchi, toʻrtinchi va beshinchi satrlarda Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 magnit oqimlari (3) ga asosan hisoblangan.

Oltinchi va ettiinchi satrlarda R_{m1} , R_{m3} elementlardagi magnit kuchlanishini tushuvlari $U_{m1}=H_1 \cdot L_1$ va $U_{m3}=H_3 \cdot L_3$ topilgan.

Sakkizinchi va toʻqqizinchi satrlarda (4) va (5) asosan magnit kuchlanishlarni egri chiziqlari hisoblangan.

Yigʻinchi satrda (6) ga asosan Φ_3 magnit oqimi uchun yordamchi egri chiziq qiymatlari hisoblangan.

9. 3- jadvalga asosan 5- rasmda Φ ; $U_{m\ ab}$ koordinatalar bo'yicha $\Phi_1(U_{mab1})$ 3- va 8- satrlar, $\Phi_3(U_{mab3})$ 5- va 9-satrlar, $\Phi_3=(2\cdot\Phi_1+2)\cdot 10^{-4}(U_{mab1})$ 10- va 8- satrlar bo'yicha egri chiziqlar quriladi.

$\Phi_3(U_{mab3})$ va $\Phi_3=(2\cdot\Phi_1+2)\cdot 10^{-4}(U_{mab})$ xarakteristikalarini kesishish nuqtasi "A" ishchi nuqta bo'ladi.

10. 5- rasmdan "A" nuqta uchun $U_{mab1}=-35$ A aniqlanadi va mos holda $\Phi_1 = 5 \cdot 10^{-4}$ Vb va $\Phi_3 = 12 \cdot 10^{-4}$ Vb oqimlar topiladi.

11. Aniqlanishi lozim bo'lgan oqimlar

$$\Phi_2 = \Phi_3 - \Phi_1 = 12 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ Vb.}$$

12. w_2 chulg'amdagi I_2 tokni aniqlaymiz.

Ikkinchi tarmoqdagi induksiya (ikkinchi tarmoqdagi nuqta) :

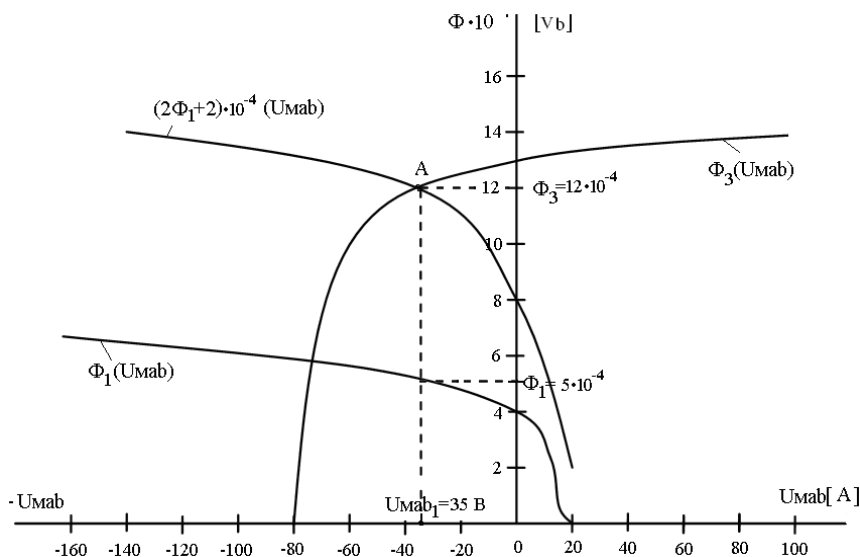
$$B_2 = \frac{\Phi_2}{S_2} = \frac{7 \cdot 10^{-4}}{7 \cdot 10^{-4}} = 1 \text{ Tl.}$$

2-jadval asosida 6-rasmda ko'rsatilgan $B(H)$ magnitlanish egri chizig'ini quramiz va $B_2 = 1$ Tl miqdor uchun kuchlanganlik $H_2 = 75$ A/m qiymatini so'ngra (1) ga asosan I_2 tok hisoblanadi.

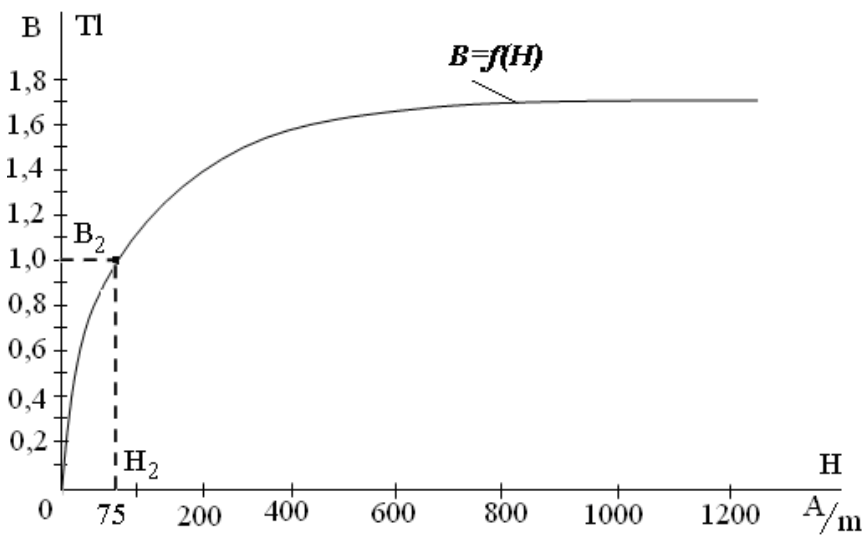
3-jadval

1200	1,6	6,4	11,2	16	360	360	-341	280	14,8
------	-----	-----	------	----	-----	-----	------	-----	------

1	H	A/m	0	20	40	60	80	120	200	400	600	800
2	B	Tl	0	0,22	0,75	0,93	1,02	1,14	1,28	1,47	1,53	1,57
3	$\Phi_1 \cdot 10^{-4} = V_1 \cdot S_1$	Vb	0	0,88	3	3,72	4,08	4,56	5,12	5,88	6,12	6,28
4	$\Phi_2 \cdot 10^{-4} = V_1 \cdot S_1$	Vb	0	1,54	5,25	6,51	7,14	7,98	8,96	10,29	10,71	10,99
5	$\Phi_3 \cdot 10^{-4} = V_1 \cdot S_1$	Vb	0	2,2	7,5	9,3	10,2	11,4	12,8	14,7	15,3	15,7
6	$U_{m(1)} = H_1 \cdot L_1 = 0,3 H_1$	A	0	6	12	18	24	36	60	120	180	240
7	$U_{m(3)} = H_3 \cdot L_3 = 0,3 H_3$	A	0	6	12	18	24	36	60	120	180	240
8	$U_{mag(1)} = F_1 - H_1 \cdot L_1$	A	19	13	7	1	-5	-17	-41	-101	-161	-221
9	$U_{mag(3)} = -F_{34} + H_3 \cdot L_3$	A	-80	-74	-68	-62	-56	-44	-20	40	100	160
10	$\Phi_3 = (2\Phi_1 + 2) \cdot 10^{-4}$	Vb	2	3,76	8	9,46	10,16	11,12	12,24	13,76	14,24	14,56



5-rasm. 1- masala uchun gravfikaviy xarakteristikalar.



6-rasm. $B(H)$ magnitlanish egri chizig`ini xarakteristikasi.

$$I_2 = \frac{H_2 L_2 + U_{\text{mab1}}}{w_2} = \frac{75 \cdot 0,1 - 35}{275} = -0,1 \text{ A}$$

Manfiy ishora w_2 chulg`amdagi  $I_2$  tok va MYK  $F_2$  real zanjirda tanlangan yo`nalishga qarama-qarshi ekanligini bildiradi.

Javob: w_2 chulg`amdagi tok: $I_2 = -0,1 \text{ A}$,

ikkinchi o`zakdagi magnit oqimi : $\Phi_2 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ Vb}$.

2-NA`MUNA

Berilgan:

Ikki chulg`amli magnit zanjiri 7-rasm.

Magnit zanjiri o`zagida uzilish bor, havo oralig`i L_δ .

G`altaklarni chulg`amlar soni:

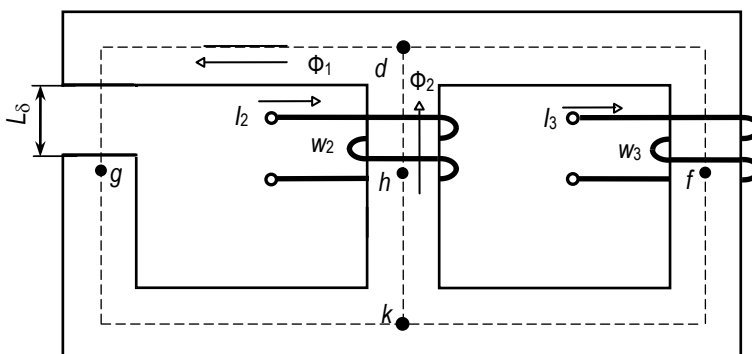
$$w_2 = 500;$$

$$w_3 = 500,$$

G`altaklardan o`tuvchi toklar:

$$I_2 = 0,2 \text{ A};$$

$$I_3 = 0,3 \text{ A}.$$



7-rasm. 2-na`munaga tegishli magnit zanjiri.

Magnit zanjiri tarmoqlarini geometrik o'lchamlari:
 birinchi tarmoq "d_{gk}" (bu tarmoqni xarakterlovchi kattaliklar "1" indeksi bilan belgilanadi):

$$L_1 = 20 \text{ sm} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m};$$

$$S_1 = 8 \text{ sm}^2 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2,$$

$$\text{bunda: } L_1 = L_1' + L_1'' - L_\delta = 19,99 \text{ sm} \approx 2 \cdot 10^{-1} \text{ m},$$

$$L_\delta = 0,1 \text{ mm} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m},$$

ikkinchi tarmoq "d_{hk}" (indeks "2"):

$$L_2 = 7 \text{ sm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m};$$

$$S_2 = 2 \text{ sm}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2,$$

uchinchi tarmoq "d_{fk}" (indeks "3"):

$$L_3 = 20 \text{ sm} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m};$$

$$S_3 = 1,78 \text{ cm}^2 = 1,78 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

Topish kerak:

magnit zanjiri tarmoqlaridagi Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 oqimlarini.

Echish.

1. 7-rasmda berilgan magnit zanjirini unga ekvivalent nochiziqli zanjir bilan almashtirilishi lozim (8-rasm.). Buning uchun MYK va magnit oqimlar yo'nalishlarini 7-rasmdagi tasvirga asosan qo'yiladi.

2. MYK qiymatlarini hisoblaymiz

$$F_2 = I_2 w_2 = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ A},$$

$$F_3 = I_3 w_3 = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ A}.$$

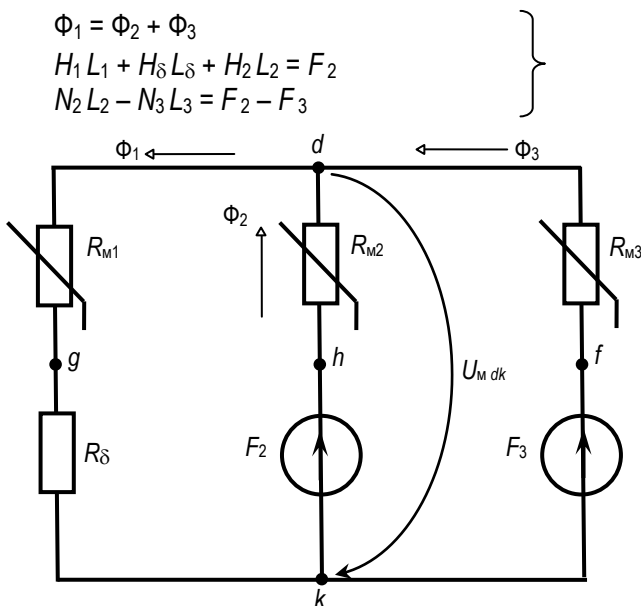
3. Havo oralig'idagi magnit kuchlanganligi quyidagicha topiladi

$$H_\delta = \frac{B_\delta}{\mu_0} = B_\delta \frac{1}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 80 \cdot 10^4 \cdot V_\delta \text{ A/m}.$$

Havo oralig'idagi magnit kuchlanishini tushuvi

$$H_\delta L_\delta = 80 \cdot 10^4 \cdot B_\delta L_\delta, \text{ A}.$$

4. 8-rasmdagi nochiqlik zanjir uchun Kirxgof qonunlari asosida tenglamalar yozamiz:



8-rasm. 2-masala uchun magnit zanjirini almashinish sxemasi

5. Bu masalada ham ikki tugun usulidan foydalanamiz. “d” va “k” tugunlar orasidagi $U_{m\ dk}$ magnit kuchlanish tarmoqlar orasidagi magnit kuchlanishlar tushuvi $H_i L_i$ va F_i MYKlarga bogʻliq boʻlganligi uchun quyidagi tenglamalar sistemasini yozishimiz mumkin:

$$\left. \begin{aligned} H_1 L_1 + H_\delta L_\delta - U_{m\ dk\ 2} &= 0, \\ H_2 L_2 + U_{m\ dk\ 2} &= F_2, \\ H_3 L_3 + U_{m\ dk\ 3} &= F_3. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Teglamalarni (8) $U_{mdk}=U_{mdk1}=U_{mdk2}=U_{mdk3}$ tugun kuchlanishiga nisbatan qayta yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} U_{m\,dk\,1} &= H_1 L_1 + H_{\delta} L_{\delta} , \\ U_{m\,dk\,2} &= F_2 - H_2 L_2 , \\ U_{m\,dk\,3} &= F_3 - H_3 L_3 . \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

6. Zanjir tarmoqlaridagi magnit Φ_i oqimlarini mos holdagi magnit induksiya B_i orqali ifodalaymiz:

$$\begin{aligned} \Phi_1 &= B_1 S_1 = 8 \cdot 10^{-4} \cdot B_1 \quad \text{Vb}; \\ \Phi_2 &= B_2 S_2 = 2 \cdot 10^{-4} \cdot B_2 \quad \text{Vb}; \\ \Phi_3 &= B_3 S_3 = 1,78 \cdot 10^{-4} \cdot B_3 \quad \text{Vb}. \end{aligned}$$

Demak, zanjir tarmoqlari uchun shunday magnit induksiya topish kerakki u Kirxgofni birinchi qonuni asosida tuzilgan tenglamani qanoatlantirishi lozim:

$$\Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_3 .$$

7. Bu masalada ham yordamchi xarakteristikalarni hisoblash va qurish kerak:

$$\begin{aligned} \Phi_1(U_{m\,dk\,1}) &= \Phi_1(H_1 L_1 + H_{\delta} L_{\delta}) = \Phi_1(0,2 \cdot H_1 + 80 \cdot B_1); \\ \Phi_2(U_{m\,dk\,2}) &= \Phi_2(F_2 - H_2 L_2) = \Phi_2(100 - 0,07 \cdot H_2); \\ \Phi_3(U_{m\,dk\,3}) &= \Phi_3(F_3 - H_3 L_3) = \Phi_3(150 - 0,2 \cdot H_3), \end{aligned}$$

tugun kuchlanishlar tengli sababli

$$U_{m\,dk} = U_{m\,dk\,1} = U_{m\,dk\,2} = U_{m\,dk\,3} .$$

Kirxgofning birinchi qonunini quyidagicha yozish mumkin

$$\Phi_1(U_{m\,dk\,1}) = \Phi_2(U_{m\,dk\,2}) + \Phi_3(U_{m\,dk\,3})$$

8. Yordamchi xarakteristikani quramiz

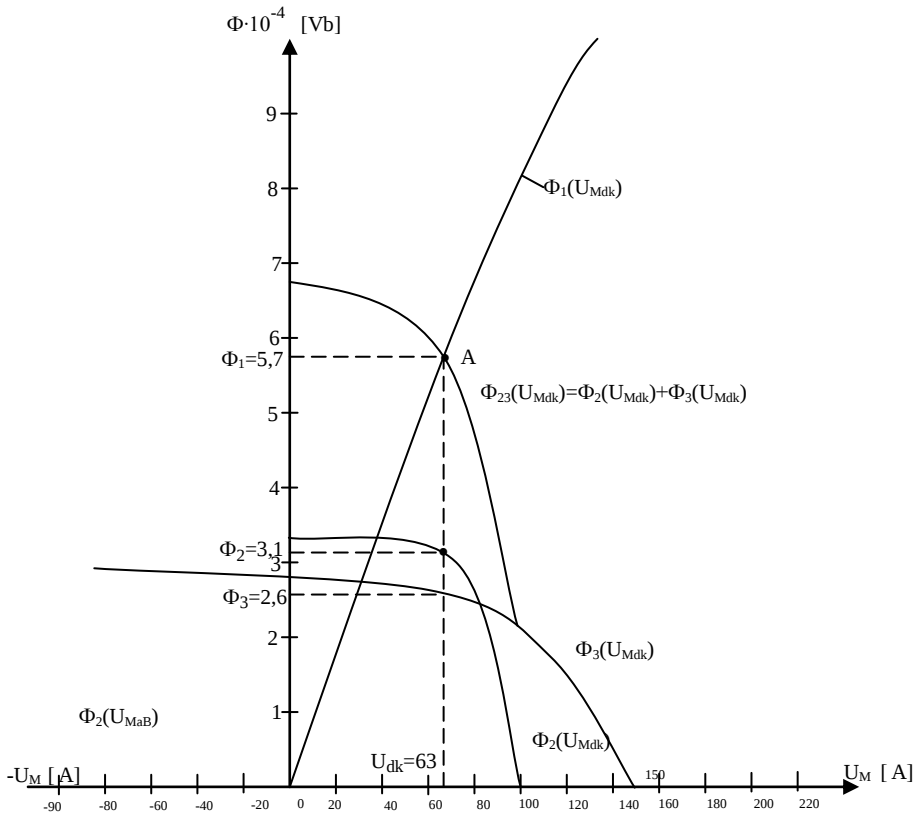
$$\Phi_{23}(U_{m\,dk}) = \Phi_2(U_{m\,dk\,2}) + \Phi_3(U_{m\,dk\,3})$$

$\Phi_2(U_{m\ dk\ 2})$ va $\Phi_3(U_{m\ dk\ 3})$ xarakteristikalarni ordinata o'qi bo'yicha qo'shish yordamida $\Phi_{23}(U_{m\ dk})$ quramiz, bu egri chiziq bilan $\Phi_1(U_{m\ dk\ 1})$ kesishish nuqtalari "A" ishchi nuqtani aniqlaydi.

4-jadval

	0	20	40	60	80	120	200	400	600	800	1200
Alm	0										
Tl	0	0,22	0,75	0,93	1,02	1,14	1,28	1,47	1,53	1,57	1,6
Vb	0	1,76	6	7,45	8,16	9,12	10,24	11,76	12,24	12,56	12,8
Vb	0	0,44	1,5	1,86	2,04	2,28	2,56	2,94	3,06	3,14	3,2
Vb	0	0,39	1,34	1,66	1,81	2,03	2,28	2,62	2,72	2,79	2,85
A	0	17,6	60	74,5	81,6	91,2	102,4	117,6	122,4	125,6	128
A	0	4	8	12	16	24	40	80	120	160	240
A	0	21,6	68	86,4	97,6	115,4	142,4	197,6	242,4	285,6	368
A	0	1,4	2,8	4,2	5,6	8,4	14	28	42	56	84
A	0	4	8	12	16	24	40	80	120	160	240
A	0	21,6	68	86,4	97,6	115,4	142,4	197,6	242,4	285,6	368
A	180	98,6	97,2	95,8	94,4	91,6	86	72	58	44	16
A	150	146	142	138	134	126	110	70	30	- 10	-90

1	H
2	B
3	$\Phi_1 \cdot 10^{-4} = B_1 \cdot S_1$
4	$\Phi_2 \cdot 10^{-4} = B_1 \cdot S_1$
5	$\Phi_3 \cdot 10^{-4} = B_1 \cdot S_1$
6	$H_\delta L_\delta = 80 \cdot 10^{-4} \cdot B_\delta \cdot L_\delta$
7	$H_1 L_1 = 0,2 \cdot H_1$
8	$U_{m(1)} = H_1 L_1 + H_\delta L_\delta$
9	$U_{m(2)} = H_2 L_2$
10	$U_m(3) = H_3 L_3$
11	$U_{m\delta k(1)} = H_1 L_1 + H_\delta L_\delta$
12	$U_{m\delta k(2)} = F_2 - H_2 L_2$
13	$U_{m\delta k(3)} = F_2 - H_\delta L_3$



9-rasm. 2-masalaga tegishli grafikaviy egri chiziqlar

9. Hisoblashlarni jadval ko`rinishida olib boramiz va 4- jadvalga kiritamiz.

10. Olingan qiymatlar bo'yicha 9-rasmdagi xarakteristikalar quriladi. 9-rasmdan $U_{m\,dk} = 63\text{ A}$ topiladi va magnit oqimlar aniqlanadi:

$$\Phi_1 = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ Vb},$$

$$\Phi_2 = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ Vb},$$

$$\Phi_3 = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ Vb}.$$

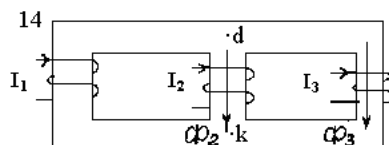
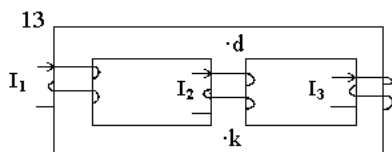
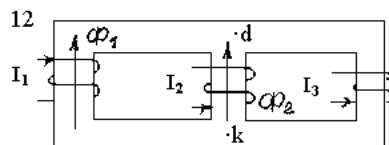
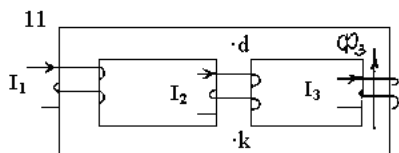
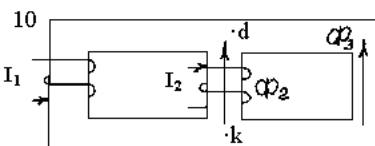
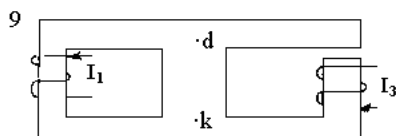
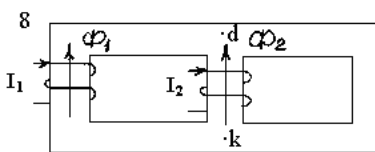
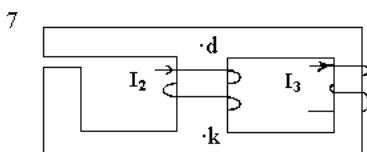
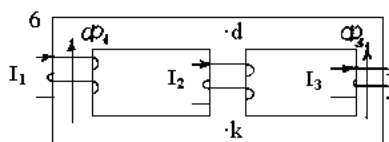
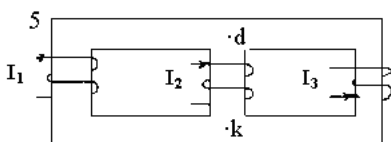
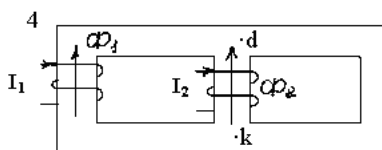
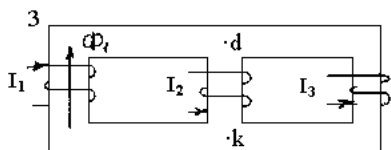
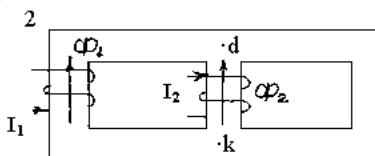
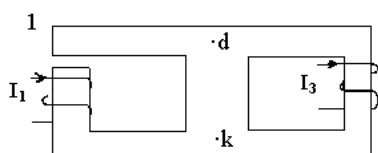
Variatlar jadvali

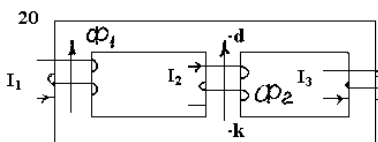
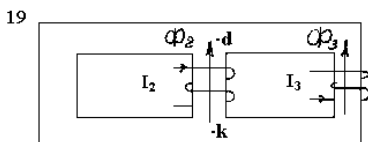
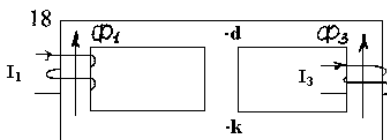
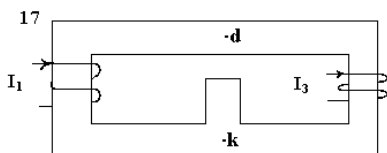
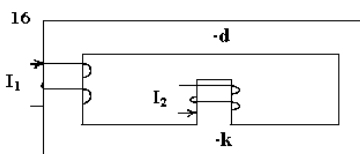
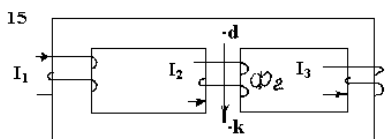
Varian №	Rasm №	Berilgan														Qo'shimcha shart $\Phi \cdot 10^5 \text{ Vb}$	Topish kerak
		L_1	S_1	w_1	l_1	L_2	S_2	w_2	l_2	L_3	S_3	w_3	l_3	$L\delta$			
		sm	sm ²	–	A	sm	sm ²	–	A	sm	sm ²	–	A		sm		
1	1	20	4	413	1,1	12	6,06	–	–	38	4,05	250	1	0,5	–	Φ_1, Φ_2	
2	2	80	5,7	300	0,6	25	3,9	200	–	80	9,5	–	–	–	$\Phi_1 = \Phi_2$	l_2, Φ_1	
3	5	20	4	100	0,3	10	8	300	–	30	5,6	250	0,21	–	$\Phi_2 = 0$	l_2, Φ_3	
4	6	33,5	7,6	500	0,21	12	12	600	0,05	45	11,3	975	–	–	$\Phi_3 - \Phi_1 = 20$	l_3, Φ_1	
5	9	45	15,4	300	1	22	10,4	–	–	40	15	400	0,5	1	–	Φ_1, Φ_2	
6	10	45	44	300	0,5	15	14,2	–	0,3	35	13,7	–	–	–	$\Phi_2 = \Phi_3$	w_2, Φ_1	
7	13	20	3,9	215	1	10	4,8	–	0,1	26	4,6	500	0,2	–	$\Phi_2 = 0$	w_2, Φ_3	
8	14	17	7,9	615	0,1	5	4,8	420	0,05	26	4,4	150	–	–	$\Phi_2 - \Phi_3 = 20$	l_3, Φ_2	
9	17	60	60	400	0,65	20	84	–	–	60	60	400	0,575	1,25	–	Φ_1, Φ_2	
10	18	50	25	500	0,7	28	51	–	–	50	50	300	–	–	$\Phi_1 = \Phi_3$	l_3, Φ_1	
11	3	12	2	100	–	4	1	500	0,04	12	1,2	196	0,1	–	$\Phi_1 = 25$	l_1, Φ_3	
12	4	40	3	300	0,2	12	5	390	–	40	8	–	–	–	$\Phi_2 - \Phi_1 = 20$	l_2, Φ_2	
13	7	20	8	–	–	7	2	500	0,2	20	1,78	500	0,3	0,1	–	Φ_2, Φ_3	
14	8	25	5,3	100	0,5	10	5	–	0,2	32	10,2	–	–	–	$\Phi_1 = \Phi_2$	w_2, Φ_1	
15	11	30	8	1450	0,1	12	14	204	0,25	35	7	2000	–	–	$\Phi_3 = 98$	l_3, Φ_2	
16	2	25	3,8	76	0,25	12	7,6	275	–	32	10,1	160	0,5	–	$\Phi_2 = \Phi_1 = 20$	l_2, Φ_1	
17	15	15	7,2	135	0,47	8	4,8	–	0,1	20	2,9	70	0,2	–	$\Phi_2 = 70$	Φ_1, w_2	
18	16	85	100	3000	0,1	33	200	500	0,7	85	100	–	–	0,52	–	Φ_1, Φ_2	
19	19	45	12	–	–	15	12	550	0,4	25	9	520	–	–	$\Phi_2 = \Phi_3$	l_3, Φ_3	
20	20	30	9	350	0,05	10	7,8	–	0,2	45	15	1175	0,1	–	$\Phi_2 - \Phi_1 = 30$	w_2, Φ_1	
21	1	30	4	300	0,52	10	6	–	–	30	4	100	2,5	0,5	–	Φ_2, Φ_1	
22	2	100	6,15	600	0,3	33	4,2	200	–	100	10	–	–	–	$\Phi_1 = \Phi_2$	l_2, Φ_3	
23	5	30	4,3	300	0,1	12	6	300	–	20	4,8	125	0,42	–	$\Phi_2 = 0$	Φ_3, l_2	
24	6	30	7,3	105	1	11,5	12,3	100	0,3	22,5	10	975	–	–	$\Phi_3 - \Phi_1 = 20$	l_3, Φ_1	
25	9	32	14,4	400	0,75	25	10,5	–	–	40	15	200	1	1	–	Φ_2, Φ_3	
26	10	40	42	375	0,4	13	14	–	0,3	40	15	–	–	–	$\Phi_2 = \Phi_3$	w_2, Φ_3	
27	13	30	4,2	430	0,5	10	4,8	–	0,1	32	4,9	200	0,5	–	$\Phi_2 = 0$	w_2, Φ_1	
28	14	19	8,1	400	0,154	6,5	5,1	210	0,1	15	3,2	150	–	–	$\Phi_2 - \Phi_3 = 20$	l_3, Φ_1	
29	17	55	55	260	1	18	84	–	–	57	57	230	1	1,25	–	Φ_2, Φ_3	
30	18	55	25,3	700	0,5	25	50	–	–	47	45,5	300	–	–	$\Phi_1 = \Phi_3$	l_3, Φ_3	
31	3	11	1,95	100	–	3,5	0,956	400	0,05	13	1,25	66	0,3	–	$\Phi_1 = 25$	l_1, Φ_2	
32	4	35	2,9	240	0,25	10	4,75	390	–	45	8,33	–	–	–	$\Phi_2 - \Phi_1 = 20$	l_2, Φ_1	
33	7	13,5	7,5	–	–	4,33	1,9	100	1	19,8	1,75	300	0,5	0,1	–	Φ_3, Φ_1	
34	8	3	5,6	250	0,2	15	5	200	–	18	8,9	–	–	–	$\Phi_1 = \Phi_2$	l_2, Φ_3	
35	11	28	7,95	290	0,5	11,5	13,8	51	1	37	7,1	2000	–	–	$\Phi_3 = 98$	l_3, Φ_2	
36	12	28	3,9	38	0,5	8	6,8	275	–	38	9,9	320	0,25	–	$\Phi_2 - \Phi_1 = 20$	l_2, Φ_2	

37	15	25	8	635	0,1	10	5	—	0,1	25	3	7	2	—	$\Phi_2 = 70$	Φ_3, w_2
38	16	70	97	750	0,4	35	220	250	1,4	70	92	—	—	0,57	—	Φ_2, Φ_3
39	19	43	11,9	—	—	14	11,5	200	1,1	48	9,1	520	—	—	$\Phi_2 = \Phi_3$	l_3, Φ_1
40	20	33	9,3	270	0,065	9	7,7	—	0,2	30	15,5	168	0,7	—	$\Phi_2 - \Phi_1 = 30$	Φ_2, w_2
41	1	25	4	505	0,9	14	6,15	—	—	25	3,9	625	0,4	0,5	—	Φ_3, Φ_2
42	2	90	6	360	0,5	30	4	200	—	90	9,7	—	—	—	$\Phi_1 = \Phi_2$	l_2, Φ_3
43	5	25	4,15	150	0,2	8	4	300	—	35	5,95	100	0,525	—	$\Phi_2 = 0$	l_2, Φ_1
44	6	40	8	210	0,5	22,5	14	300	0,1	30	10	975	—	—	$\Phi_3 - \Phi_1 = 0$	l_3, Φ_3
45	9	40	15	600	0,5	20	10,3	—	—	40	15	800	0,25	1	—	Φ_1, Φ_3
46	10	35	40	150	1	10	13,7	—	0,3	30	14,2	—	—	—	$\Phi_2 = \Phi_3$	w_2, Φ_2
47	13	35	4,3	215	1	10	4,8	—	0,1	20	4,4	1000	0,1	—	$\Phi_2 = 0$	w_2, Φ_1
48	14	16	7,8	205	0,3	5,5	4,9	300	0,07	23	4,2	150	—	—	$\Phi_2 - \Phi_3 = 20$	l_3, Φ_3
49	17	65	71	520	0,5	22	84	—	—	62	62	460	0,5	1,25	—	Φ_2, Φ_1
50	18	48	24,9	350	1	30	51,5	—	—	52	51,5	300	—	—	$\Phi_1 = \Phi_3$	l_3, Φ_2
51	3	13	2,05	100	—	3	0,94	100	0,02	11	1,18	132	0,15	—	$\Phi_1 = 25$	Φ_1, Φ_3
52	4	45	3,1	200	0,3	14	5,3	390	—	35	7,8	—	—	—	$\Phi_2 - \Phi_1 = 20$	l_2, Φ_2
53	7	19,5	7,7	—	—	10	2,1	200	0,5	24,2	1,8	750	0,2	0,1	—	Φ_2, Φ_1
54	8	18	4,9	200	0,25	10	5,8	—	0,2	25	9,5	—	—	—	$\Phi_1 = \Phi_2$	w_2, Φ_1
55	11	26	7,9	145	1	11	13,6	102	0,5	39	7,2	2000	—	—	$\Phi_3 = 98$	l_3, Φ_2
56	12	35	4,1	19	1	6	6,3	275	—	25	9,6	400	0,2	—	$\Phi_2 - \Phi_1 = 20$	l_2, Φ_3
57	15	20	7,7	107	0,59	9	4,9	—	0,1	15	2,6	20	0,7	—	$\Phi_2 = 70$	Φ_3, w_2
58	16	100	10,4	125	2,4	28	182	125	2,8	95	200	—	—	0,48	—	Φ_3, Φ_1
59	19	40	11,8	—	—	13	11	100	2,2	50	9,3	520	—	—	$\Phi_2 = \Phi_3$	l_3, Φ_2
60	20	34	9,5	175	0,1	12	8	—	0,2	28	15,6	47	2,5	—	$\Phi_2 - \Phi_1 = 30$	Φ_3, w_2
61	1	35	4,1	350	1,3	8	5,8	—	—	20	3,8	500	0,5	0,5	—	Φ_2, Φ_1
62	2	90	6	100	1,8	30	4	—	1,1	85	9,7	—	—	—	$\Phi_1 = \Phi_2$	w_2, Φ_2
63	5	15	3,8	60	0,5	6	2	300	—	20	4,8	350	0,15	—	$\Phi_2 = 0$	l_2, Φ_1
64	6	37,5	7,8	200	0,525	13	12,8	150	0,2	37,5	10,5	975	—	—	$\Phi_3 - \Phi_1 = 20$	l_3, Φ_2
65	9	35	14,6	900	0,3	18	10,2	—	—	40	15	1000	0,2	1	—	Φ_1, Φ_3
66	10	30	3,8	600	0,25	17	14,7	—	0,3	45	15,4	—	—	—	$\Phi_2 = \Phi_3$	w_2, Φ_3
67	13	25	4	1075	0,2	10	4,8	—	0,1	29	48	2000	0,05	—	$\Phi_2 = 0$	w_2, Φ_3
68	14	20	8,2	615	0,1	7	5,2	105	0,2	17	3,6	150	—	—	$\Phi_2 - \Phi_3 = 20$	l_3, Φ_1
69	17	58	58	200	1,3	19	84	—	—	55	55	575	0,4	1,25	—	Φ_2, Φ_1
70	18	45	24,7	700	0,5	27	50,4	—	—	48	47,5	300	—	—	$\Phi_1 = \Phi_3$	l_3, Φ_1
71	3	10	1,92	100	—	4,5	1,015	200	0,1	14	1,26	98	0,2	—	$\Phi_1 = 25$	l_1, Φ_2
72	4	38	2,97	400	0,15	11	4,9	390	—	43	8,25	—	—	—	$\Phi_2 - \Phi_1 = 20$	l_2, Φ_3
73	7	29,8	8,2	—	—	13	2,2	100	0,1	25	1,82	200	0,75	0,1	—	Φ_3, Φ_2
74	8	32	6	125	0,4	10	5	200	—	20	9	—	—	—	$\Phi_1 = \Phi_2$	l_2, Φ_2
75	11	32	8,1	725	0,2	12,5	14,1	170	0,3	33	6,9	2000	—	—	$\Phi_3 = 98$	l_3, Φ_1
76	12	30	4	38	0,5	10	7	275	—	30	10	400	6,2	—	$\Phi_2 - \Phi_1 = 20$	l_2, Φ_2
77	15	30	8,4	89	0,73	12	5,2	—	0,1	26	3	35	0,4	—	$\Phi_2 = 70$	Φ_1, w_2
78	16	110	10,5	600	0,5	27	177	175	2	100	240	—	—	0,46	—	Φ_2, Φ_1

79	19	48	12,1	—	—	16	12,9	220	1	43	8,8	520	—	—	$\Phi_2=\Phi_3$	l_3, Φ_1
80	20	26	8,6	125	0,14	13	8,1	—	0,2	22	14,7	25	4,7	—	$\Phi_2-\Phi_1=30$	Φ_1, w_2
81	1	40	4,1	455	1	10	6	—	—	40	4,15	125	2	0,5	—	Φ_1, Φ_3
82	2	85	5,9	200	0,9	25	3,9	—	1,1	95	9,9	—	—	—	$\Phi_1=\Phi_2$	w_2, Φ_3
83	5	30	4,3	200	0,15	10	8	300	—	20	4,8	150	0,35	—	$\Phi_2=0$	l_2, Φ_1
84	6	40	8	420	0,25	15	13	150	0,2	30	10	975	—	—	$\Phi_3-\Phi_1=20$	l_3, Φ_1
85	9	48	15,6	1500	0,2	20	10,3	—	—	40	15	800	0,25	1	—	Φ_2, Φ_3
86	10	38	41	500	0,3	12	13,8	—	0,3	50	15,8	—	—	—	$\Phi_2 = \Phi_3$	w_2, Φ_1
87	13	18	3,8	860	0,25	10	4,8	—	0,1	23	4,5	100	1	—	$\Phi_2 = 0$	w_2, Φ_3
88	14	18	8	205	0,3	6	5	210	0,1	20	4	150	—	—	$\Phi_2-\Phi_3=20$	l_3, Φ_2
89	17	63	66,5	650	0,4	21	84	—	—	65	65	200	1,15	1,25	—	Φ_2, Φ_3
90	18	52	25,2	1000	0,35	29	51	—	—	55	55,3	300	—	—	$\Phi_1 = \Phi_3$	l_3, Φ_2
91	3	14	2,07	100	—	5	1,03	100	0,2	10	1,14	392	0,05	—	$\Phi_1 = 25$	l_1, Φ_2
92	4	42	3,07	600	0,1	13	5,14	390	—	37	7,9	—	—	—	$\Phi_2-\Phi_3=20$	l_2, Φ_3
93	7	42,5	9	—	—	20	2,4	50	2	40,5	2	150	1	0,1	—	Φ_3, Φ_1
94	8	20	5	400	0,125	10	5	—	0,2	30	10	—	—	—	$\Phi_1 = \Phi_2$	w_2, Φ_1
95	11	34	8,3	290	0,5	13	14,2	255	0,2	31	6,8	2000	—	—	$\Phi_3 = 98$	l_3, Φ_2
96	12	32	4,06	76	0,25	14	8,3	275	—	35	10,4	800	0,1	—	$\Phi_2-\Phi_1=20$	l_2, Φ_3
97	15	22	7,8	635	0,1	15	5,5	—	0,1	28	3,1	28	0,5	—	$\Phi_2 = 70$	Φ_2, w_2
98	16	90	100	150	2	30	188	700	0,5	90	100	—	—	0,5	—	Φ_1, Φ_3
99	19	50	12,1	—	—	17	14	440	0,2	40	8,6	520	—	—	$\Phi_2 = \Phi_3$	l_3, Φ_2
100	20	25	8,5	250	0,07	14	8,2	—	0,2	23	14,9	98	1,2	—	$\Phi_2-\Phi_1=30$	Φ_2, w_2

Variantlarga tegishli rasmlar





ADABIYOTLAR

1. Каримов А.С. Назарий электротехника. Т.: ўитувчи, 2003.
2. Рашидов Й.Р., Абидов К.Ў., Колесников И.К. Электротехниканинг назарий асослари. III-ўисмлар. (Маъруза матинлари тоеплами), ТДТУ, 2002. – 250 б.
3. Рашидов Й.Р., Абидов К.Ў., Колесников И.К. Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по курсу “ТОЭ” часть III. ТГТУ, 2000. – 17 б.
4. Зайчик М.Г. Назарий электротехникадан масала ва машълар тўплами. Т.: ўитувчи, 1981. – 370 б.
5. Морозов А.Г. Электротехника, электроника и импульсная

- техника. М.: Высшая школа, 1987.
6. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М.: Энергоиздат. 1983.
 7. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Ч.1 и М.: Высшая школа, 1978. – 528 с.
 8. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Ч.1. М.: Энергия, 1976. – 592 с.
 9. Мажидов С.М. Электротехника. Т.: Ўзбекистон, 1994.
 10. Основы теории цепей /А.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. М.: Энергия, 1975. – 756 с.
 11. Теоретические основы электротехники: в 3-х тт. / К.С. Де-мирчян, Л.Н. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин. – СПб.: Питер, 2003.
 12. Интернет сайтлар:
<http://www.toehelp.ru/>
<http://fismat.ru/elect/ozonov/>
<http://electrofaq.com/TOE.htm>
<http://electcsys.chat.ru/>

MUNDARIJA

1.	Qisqacha nazariy ma'lumotlar.....	3
2.	Hisob-grafik ishi bajarish yuzasidan topshiriq.....	10
3.	1-na`muna	11
4.	2-na`muna	20
5.	Variantlar jadvali va rasmlar	26
6.	Adabiyotlar.....	30
7.	Mundarija.....	31

