

# ILM FAN XABARNOMASI

## Ilmiy elektron jurnali

### QUVVAT VA ELEKTR ENERGIYANI O'LCHOVCHI ZAMONAVIY TEXNIK VOSITALAR

*Mamadjanov Baxodir Djuraxanovich t.f.n.*

*Andijon mashinasozlik instituti*

*“Elektrotexnika, elektromexanika va elektrotexnologiyalar” kafedrası professori*

*Email: [bm02717272@gmail.com](mailto:bm02717272@gmail.com)*

*Mannobboyev Shuxratbek Soyibjon o'g'li*

*Andijon mashinasozlik instituti*

*“Elektrotexnika, elektromexanika va elektrotexnologiyalar” kafedrası katta o'qituvchisi.*

*[shuxratbekmannobboyev@gmail.com](mailto:shuxratbekmannobboyev@gmail.com), +998934164047*

**ANNOTATSIYA:** Ushbu maqolada elektrodinamik vattmetrlar o'zgarmas tok va chastotasi bir necha ming gersgacha bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun qo'llanilishi. Ferrodinamik vattmetrlar asosan sanoat chastotasidagi o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun qo'llanilishi haqida fikr va mulohazalar keltirilgan.

**АННОТАЦИЯ:** В данной статье электродинамические ваттметры используются для измерения мощности в цепях постоянного и переменного тока частотой до нескольких тысяч герц. Приводятся мнения и соображения, что ферродинамические ваттметры в основном применяются для измерения мощности в цепях переменного тока промышленной частоты.

**ANNOTATION:** In this article, electrodynamic wattmeters are used to measure power in DC and AC circuits with frequencies up to several thousand hertz. Opinions and considerations are given that ferrodinamic wattmeters are mainly used to measure power in AC circuits with industrial frequency.

**Kalit so'zlar:** bilvosita usul, ampermetr-voltmetr usulining yuklamaga bog'liqligi, bir va ko'p diapazonli volmetrlar, vattmetr bo'linmasi qiymati, elektrodinamik va ferrodinamik, quvvat o'lchash sxemalari, o'lchash diapazonini kengaytirish, induksion hisoblagich, elektron hisoblagich, hisoblagichlarni zanjirga ulanishi, reaktiv quvvat va energiya.

**Ключевые слова:** косвенный метод, зависимость от нагрузки амперметр-вольтметрического метода, одно и многодиапазонные вольтметры, цена деления ваттметра, электродинамические и ферродинамические, схемы измерения мощности, расширение диапазона измерения, индукционный счетчик, электронный счетчик, соединение цепей счетчиков, реактивная мощность и энергия.

**Key words:** indirect method, load dependence of the ammeter-voltmeter method, single and multi-range voltmeters, wattmeter division value, electrodynamic and ferrodinamic, power

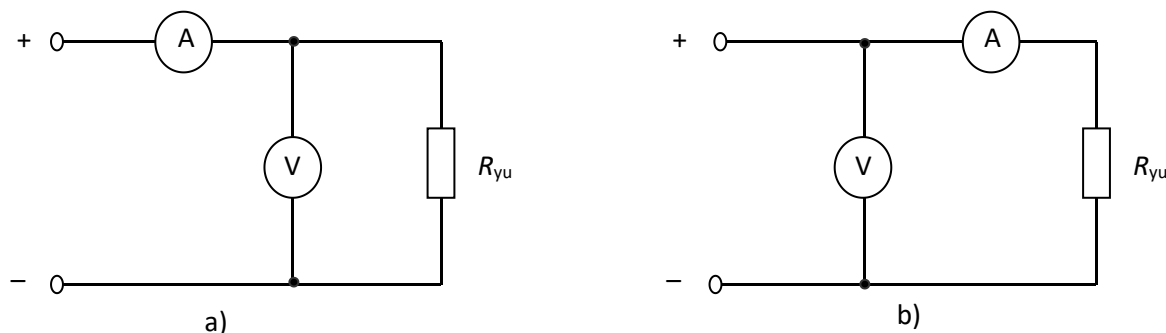
measurement circuits, measurement range expansion, induction meter, electronic meter, meter chain connection, reactive power and energy.

O'zgaras tokda quvvat ifodasi  $P = UI$  ga ko'ra quvvatni voltmetr va ampermetr yordamida bilvosita usul bilan o'lchash mumkin. Bu o'lchashlarda magnitoelektrik tizimidagi voltmetr va ampermetrni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi.

1-rasmda o'zgaras tok zanjirida quvvatni o'lchash uchun ampermetr va voltmetrning ikki xil ulanishi sxemalari keltirilgan. Asboblarning sxemalarda ikki xil ulanishi o'lchovlarda yo'l qo'yiladigan uslubiy xatoliklar bilan belgilanadi.

Quvvatni o'lchashda, agarda yuklamaning qarshiligi voltmetrning qarshiligiga nisbatan kichik bo'lsa 8.1, a-rasmdagi sxema va yuklamaning qarshiligi nisbatan katta bo'lsa 8.1, b-rasmdagi sxema qo'llaniladi.

Ampermetr va voltmetr usulining ko'rinishi soddaligiga qaramasdan quvvatni o'lchashda kam qo'llaniladi. Sababi, ushbu usulda ikki asbobning ko'rsatishini bir vaqtda sanab olishni va keyinchalik quvvatni hisoblab chiqarish talab etiladi. Bu esa o'lchash jarayonini murakkablashtiradi va o'lchash natijasi aniqligi past bo'ladi.



**1-rasm. O'zgaras tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun asboblarning ulanishi sxemalari.**

O'zgaras va bir fazali o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchashda elektrodinamik va ferrodinamik vattmetrlar qo'llaniladi. Laboratoriya amaliyotida asosan aniqlik sinfi 0,1; 0,2; 0,3 va 0,5 bo'lgan elektrodinamik vattmetrlar qo'llaniladi. Sanoatda texnik o'lchashlarda aniqlik sinfi 1,0; 1,5 va 2,5 bo'lgan ferrodinamik vattmetrlar keng qo'llaniladi. Vattmetrlar bir diapazonli va ko'p diapazonli turda ishlab chiqariladi. Bir diapazonlikda asbobning shkalasi o'lchanadigan kattalik qiymatlarida graduirovka qilingan bo'ladi (vatt, kilovatt va hokazo). Ko'p diapazonli asboblarda laboratoriyada qo'llanilib graduirovka qilinmagan shkalaga ega bo'ladi. Bularni qo'llashdan oldin ma'lum nominal qiymatlar  $I_n$  va  $U_n$  hamda shkalaning bo'linmalari soni  $\alpha_{shk}$  da bo'linmaning qiymatini  $S_n$  aniqlab olish kerak.

$$C_H = \frac{U_n I_n}{\alpha_{shk}} \quad (1)$$

# ILM FAN XABARNOMASI

## Ilmiy elektron jurnali

U holda vattmetr o'lchayotgan quvvatning qiymati quyidagicha topiladi:

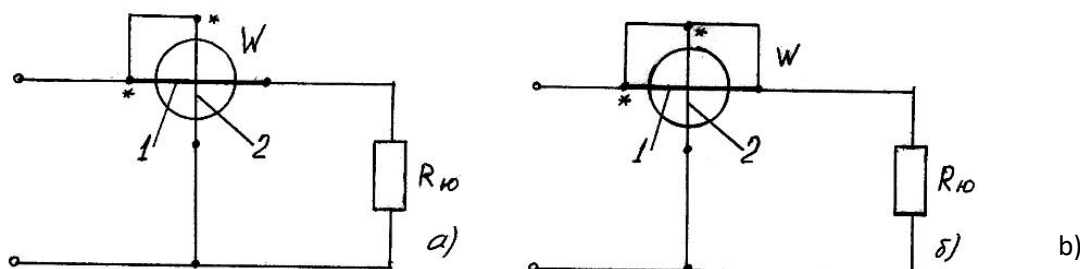
$$P = C_n \alpha \quad , \quad (2)$$

bu yerda,  $C_n$  - tanlab olingan diapazon uchun shkala bo'linmasining qiymati;  $\alpha$  - shkaladan sanab olingan bo'linmalar soni.

Elektrodinamik vattmetrlar o'zgarmas tok va chastotasi bir necha ming gersgacha bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun qo'llaniladi. Ferrodinamik vattmetrlar asosan sanoat chastotasidagi o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun qo'llaniladi.

2-rasmda vattmetrning zanjirga ulanish sxemalari keltirilgan. Bu yerda, 1- asbobning qo'zg'almas g'altagi bo'lib, yuklama zanjiriga ketma-ket ulanadi va vattmetrning ketma-ket zanjiri yoki tok chulg'ami deb yuritiladi; 2- asbobning qo'zg'aluvchan g'altagi bo'lib, yuklamaga parallel ulanadi va parallel zanjir yoki kuchlanish chulg'ami deb yuritiladi.

G'altaklarda yulduzchalar bilan belgilab qo'yilgan qismlari generator qismlari deyiladi. Tok chulg'amining generator qismasi manba tarafga ulanadi. Kuchlanish chulg'amining generator qismasi agarda yuklamaning qarshiligi nisbatan katta bo'lsa manba tarafga (2, a-rasm) va nisbatan kichik bo'lsa yuklama (2, b-rasm) tarafga ulanadi.



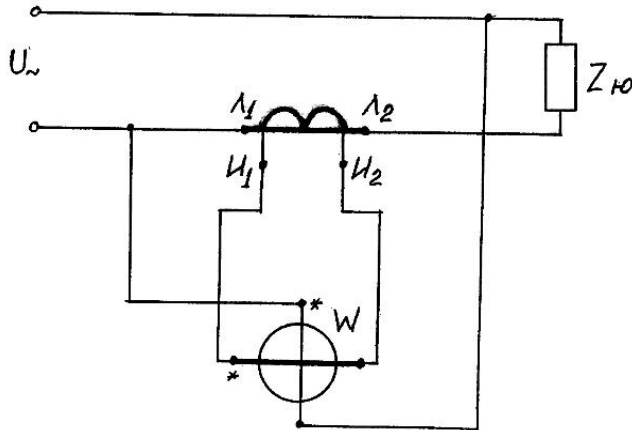
2-rasm. Vattmetrning zanjirga ulanish sxemasi.

O'zgaruvchan tok zanjirlarida vattmetrlarning barcha qo'llanishida o'lchash dapazonini kengaytirish uchun tok va kuchlanish o'lchov transformatorlaridan foydalaniladi.

8.3-rasmda vattmetrni tok o'lchov transformatori orqali ulanishi sxemasi keltirilgan. bu yerda o'lchanilayotgan quvvatning qiymati quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$P = P_w K_{I_n} \quad (3)$$

bu yerda,  $P_w$  - vattmetrning ko'rsatishi;  $K_{I_n}$  - o'lchov transformatorining transformatsiyalash koeffitsiyentining nominal qiymati.



3-rasm. Vattmetrni tok o'lchov transformatori orqali

bir fazali zanjirga ulanishi sxemasi.

Bizga elektrotexnikaning nazariy asoslari fanidan ma'lumki uch fazali elektr zanjirlari uchun aktiv quvvatning formulasi umumiy holda (nosimmetrik yuklama) quyidagicha yoziladi:

$$R = R_A + R_B + R_C = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C, \quad (4)$$

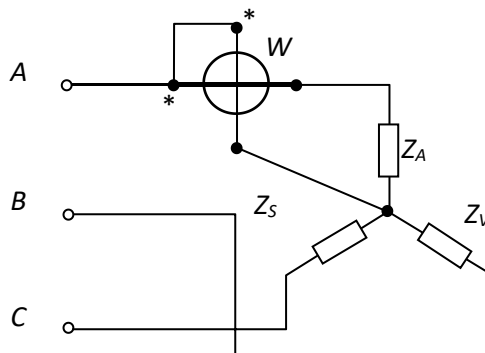
agarda simmetrik yuklama bo'lsa:

$$R = 3R_f, \quad \text{chunki} \quad R_A = R_B = R_C. \quad (5)$$

Bundan ko'rinadiki simmetrik yuklamali uch fazali elektr zanjirlarida bitta vattmetr bilan har qanday fazasi quvvati o'lchanib uchlansa uch fazali zanjir quvvati topiladi. Buni bitta vattmetr usuli deyiladi. 8.4-rasmda iste'molchilari yulduz ulangan sxema keltirilgan.

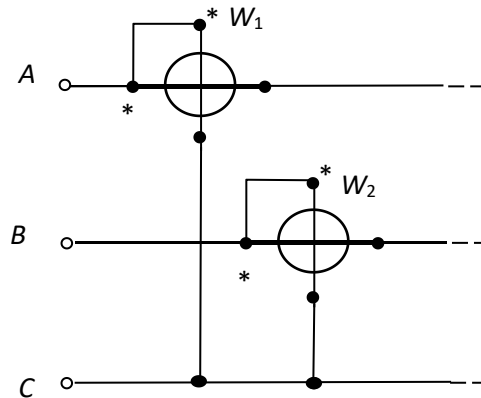
Ko'p hollarda neytral nuqtaga yoki uchburchakning tomonlariga vattmetrni ulashga mumkin bo'lmay qoladi. Bunday hollarda vattmetr sun'iy neytral nuqta orqali ulanadi. Uch fazali zanjirning quvvatini aniqlash uchun vattmetr ko'rsatgan quvvat  $R_w$  uchga ko'paytiriladi.

$$R = 3R_w. \quad (6)$$

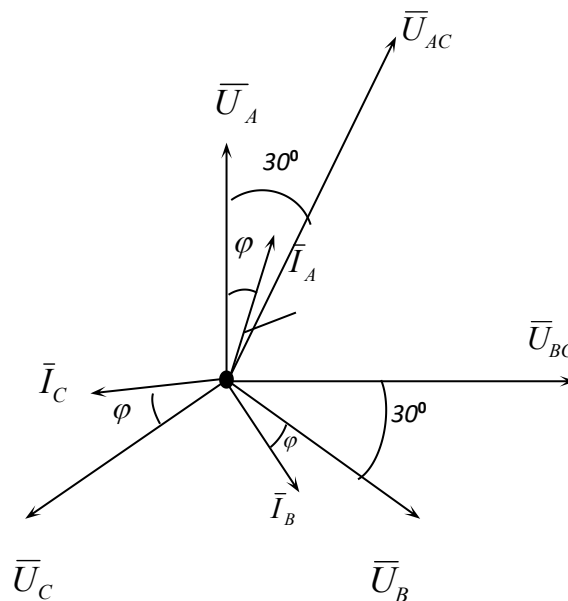


4-rasm. Simmetrik yuklamali uch fazali zanjirda faol quvvatni o'lchash sxemasi.

Nosimmetrik yuklamali uch fazali zanjirlarda aktiv quvvatni o'lchash uchun: uch simli bo'lsa ikkita vattmetr usuli; to'rt simli bo'lsa uchta vattmetr usuli qo'llaniladi. Ikkita vattmetr qo'llash usulini sxemasi 5-rasmda keltirilgan.



5-rasm. Nosimmetrik yuklamali uch simli uch fazali zanjirdagi aktiv quvvatni o'lchash sxemasi



6-rasm. 5-rasmdagi sxemaning vektor diagrammasi.

Ikkita vattmetrli sxemalarda aktiv quvvat vattmetrlarni ko'rsatishlari  $R_{w1}$  va  $R_{w2}$  ning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi:

$$R = R_{w1} + R_{w2}. \quad (7)$$

Bu ifodani to'g'riligini isbotlash uchun 8.6-rasmda keltirilgan 8.5-rasm sxemasining vektor diagrammasidan foydalanamiz. Yuklamalarni simmetrik deb faraz qilamiz va vattmetrlar quvvatlari uchun quyidagi ifodalarni hosil qilamiz:

# ILM FAN XABARNOMASI

## Ilmiy elektron jurnali

$$R_{w1} = U_{AC} I_{AC} \cos(30^\circ - \varphi) = U_1 I_1 \cos(30^\circ - \varphi), \quad (8)$$

$$R_{w2} = U_{BC} I_{BC} \cos(30^\circ + \varphi) = U_1 I_1 \cos(30^\circ + \varphi). \quad (9)$$

• u formulani (8.7) ga qo'yamiz:

$$R = R_{w1} + R_{w2} = U_1 I_1 \cos(30^\circ - \varphi) + U_1 I_1 \cos(30^\circ + \varphi),$$

bundan

$$R = U_1 I_1 2 \cos 30^\circ \cos \varphi, \quad \text{yoki} \quad R = \sqrt{3} U_1 I_1 \cos \varphi,$$

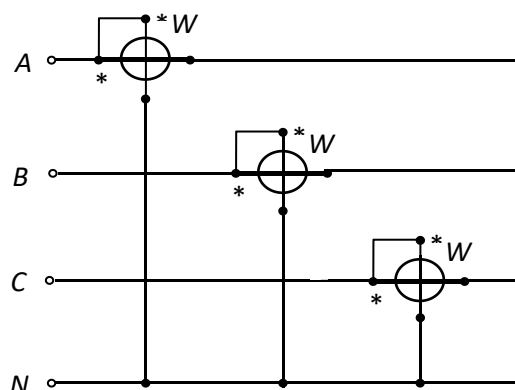
ya'ni

$$R = R_{w1} + R_{w2} = \sqrt{3} U_1 I_1 \cos \varphi. \quad (10)$$

Shunday qilib vattmetrlar ko'rsatishlari algebraik yig'indisi uch fazali zanjir quvvati ekan. (10) ifodaning tahlilidan ko'rinib turibdiki, har bir vattmetrning ko'rsatishi faza siljish burchagi  $\varphi$  ning qiymati va ishorasiga qarab manfiy yoki musbat bo'lishi mumkin. Bundan tashqari  $\varphi = +60^\circ$  bo'lganda  $R_{w2}$ ,  $\varphi = -60^\circ$  bo'lganda  $R_{w1}$  qiymatlari nolga teng bo'ladi.  $\varphi = 0$  bo'lganda, ya'ni yuklama aktiv qarshilik bo'lganda  $W_1$  va  $W_2$  vattmetrlarning ko'rsatishlari bir xil bo'ladi.

7-rasmda to'rt simli uch fazali zanjirlarda aktiv quvvatni o'lchashni uchta vattmetrli sxemasi keltirilgan. Bu usulda zanjir quvvati uchta vattmetrning ko'rsatishlarini arifmetik yig'indisiga teng bo'ladi.

$$R = R_{w1} + R_{w2} + R_{w3}. \quad (11)$$



7-rasm. Nosimmetrik yuklamali to'rt simli uch fazali zanjirda

aktiv quvvatni o'lchash sxemasi.

Amalda uch simli uch fazali zanjirlarda ikki elementli va to'rt simli zanjirlarda uch elementli vattmetrlar qo'llaniladi. Bu vattmetrlarni elementlarini zanjirga ulanishi xuddi alohida-alohida ulangan bir fazali vattmetrlar ulanish kabi bo'ladi.

O'zgaruvchan tok zanjirlarida aktiv energiyani o'lchash uchun induksion mexanizmlili va elektron hisoblagichlar (schetchiklar) qo'llaniladi.

Induksion mexanizmlili asboblarning ishlash prinsipi ikki yoki bir nechta o'zgaruvchan magnit oqimlari alyumin plastinani kesib o'tganda uyurma toklarni induksiyalaydi, shu toklar bilan magnit oqimlari o'zaro ta'siriga asoslanadi. Induksion mexanizmida hosil qilinadigan aylantiruvchi  $M$  momentning ifodasi quyidagidan iborat:

$$M = c f F_1 F_2 \sin \psi, \quad (12)$$

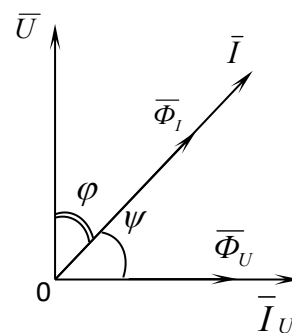
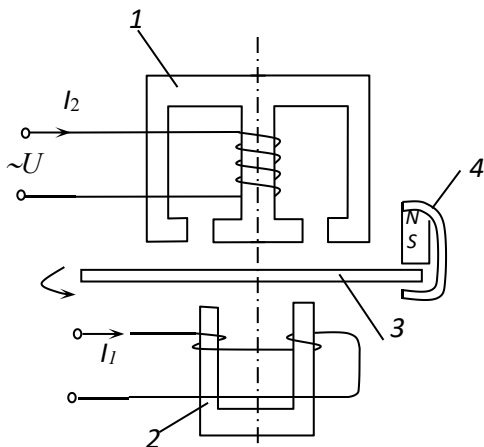
bu yerda  $s$  - proporsionallik koeffitsiyenti;  $F_1$  va  $F_2$  - alyumin disk (lappak)ni kesib o'tuvchi o'zgaruvchan magnit oqimlar;  $f$  -  $F_1$  va  $F_2$  oqimlarning o'zgarish chastotasi;  $\psi$  -  $F_1$  va  $F_2$  oqimlar orasidagi fazalar siljishi burchagi.

(8.12) ifodaning tahlilidan quyidagilarni aytish mumkin:

1) aylantiruvchi moment hosil qilish uchun o'zaro fazoviy va bo'shliqda siljirilgan eng kamida ikkita o'zgaruvchan magnit oqimlar yoki bitta oqimning ikkita tashkil etuvchisi bo'lishi kerak;

2)  $F_1$  va  $F_2$  magnit oqimlari fazalari siljish burchagi  $90^\circ$  ga teng bo'lganda ( $\sin \psi = 1$ ), aylantiruvchi moment maksimal qiymatiga ega bo'ladi;

3) aylantiruvchi moment  $F_1$  va  $F_2$  oqimlarning o'zgarish chastotasiga bog'liq.



8-rasm. Induksion schetchikni sxemasi.

9-rasm. Vektor diagramma.

Induksion schetchikning sxematik ko‘rinishi soddalashtirilgan holda 8.8-rasmda keltirilgan.

Induksion schetchikda uch o‘zakli 1 va P shaklli 2 qo‘zg‘almas elektromagnitlarning o‘zgaruvchan magnit oqimlari o‘qqa o‘rnatilib aylanish imkoniyatiga ega bo‘lgan alyumin disk 3 (lappak)ni kesib o‘tib diskda uyurma toklarni induksiyalaydi. Bu toklar bilan elektromagnit oqimlari o‘zaro ta’sirlashib aylantiruvchi momentni hosil qiladi va disk aylanadi. Diskning aylanish tezligiga proporsional bo‘lgan tormozlovchi momentni o‘zgarmas magnit 4 hosil qiladi.

Elektr energiyasi schetchigi yig‘uvchi (jamlovchi integrallovchi) asbob bo‘lib, ko‘rsatuvchi qismi prujina bilan cheklanmagandir. U biror vaqt davomida sarflangan elektr energiyasini hisobga oladi.

$$W_T = \int_0^T P dt \quad (13)$$

bu yerda  $T$  - vaqt davomi;  $R$  - aktiv quvvat;

Pastki P simon elektromagnit 2 ning chulg‘ami schetchikning nominal tokiga mos keladigan, ko‘ndalang kesimi nisbatan yo‘g‘on simdan o‘ralgan bo‘lib, tok chulg‘ami deb ataladi. U zanjirga ampermetr kabi ketma-ket ulanadi. Elektromagnit 1 ning chulg‘ami nisbatan ingichka simdan o‘ralib voltmetr kabi tarmoqqa parallel ulanadi va kuchlanish chulg‘ami deb ataladi. Tok chulg‘amidagi  $I_1$  tok magnit oqimi  $F_1$  ni hosil qiladi, kuchlanish chulg‘ami  $I_2$  kuchlanishga proporsional holda  $F_U$  oqimini hosil qiladi.

$F_1$  oqimi diskni 2 marta kesib o‘tadi,  $F_U$  oqimi esa elektromagnit 1 ning disk tagiga joylashtirilgan po‘lat xalqasi orqali bir marta kesib o‘tadi. (xalqa rasmda ko‘rsatilmagan).

$F_1$  oqim  $I_1=I$  tokiga proporsional  $F_U$  esa  $I_2=I_U$  tokiga proporsional bo‘ladi.  $I_U$  toki kuchlanish  $U$  dan faza bo‘yicha  $\pi/2$  burchakka ortda qoladi, chunki kuchlanish chulg‘amini toza induktivlik deb qabul qilish mumkin. 9-rasmda schetchikning soddalashtirilgan vektor diagrammasi keltirilgan. Diagrammadan  $\sin\psi = \cos\varphi$  ligi e‘tiborga olinsa 12 ni quyidagicha  $M=sfF_1F_U\sin\psi$  yozib turib aylantirish momenti uchun

$$M = KUI \cos\varphi = KR \quad (14)$$

ni hosil qilamiz. Ya’ni induksion schetchikning aylantiruvchi momenti schetchik ulangan zanjirdagi aktiv quvvatga proporsionalligini ko‘ramiz.

O‘zgarmas magnit 4 yordamida schetchik diskining aylanish tezligi  $n$  ga proporsional bo‘lgan tormozlovchi moment yuzaga keladi:

$$M_T = K_1 n. \quad (15)$$

Barqarorlashgan tezlikda  $M = M_T$  bo‘ladi, bundan



$$KR = K_1 n,$$

u holda

$$P = \frac{K_1}{K} n = Cn, \quad \frac{K_1}{K} = C. \quad (16)$$

(16) ifoda bo'yicha schetchikning aylanish tezligi, iste'molchining quvvatiga proporsional bo'ladi.

Iste'molchining quvvati  $R$  bo'lsa,  $t$  vaqt ichida sarflangan energiya inobatga olinganda quyidagiga teng bo'ladi:

$$\begin{aligned} Pt &= Cnt \\ W &= CN \end{aligned} \quad (17)$$

Bunda  $Pt=W-t$  vaqt ichida sarflangan energiya,  $nt=N-t$  vaqt ichida diskning aylanishlari soni,  $C$ - schetchik doimiysi.

Shunday qilib, sarflangan energiya schetchik diskining aylanishlari soni  $N$  ga proporsional bo'ladi.  $S$ - schetchik doimiysi deyiladi va uning son qiymati, schetchik diskining bir aylanishi ichida tarmoqqa sarflangan energiya miqdoriga teng.

Diskning aylanishlari sonini hisobga olib turish uchun schetchiklarga hisoblovchi mexanizm o'rnatiladi. Schetchik hisobga oluvchi energiyaning birligi ( $\text{кВт} \cdot \text{с}$ ) ga to'g'ri keladigan disk aylanishlari soni schetchikning uzatish soni deyiladi. Uzatish soni schetchikning siferblatida ko'rsatiladi, masalan

$$1 \text{ kVt} \cdot \text{s} = N_N [\text{ayl}]. \quad (18)$$

Bundan schetchikning nominal doimiysi  $S_N$  :

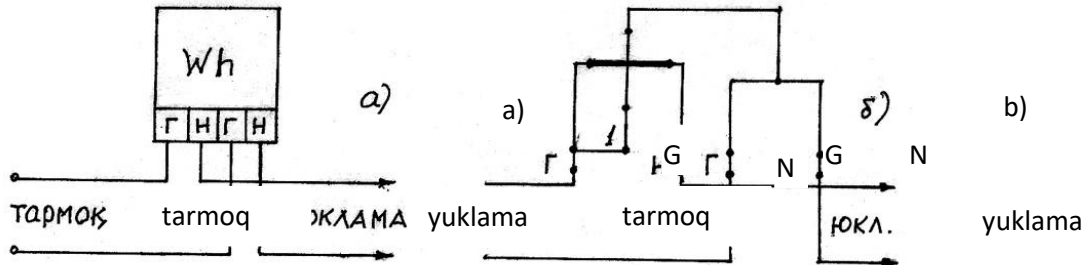
$$C_N = \frac{110^3 \cdot 3600}{N_N} \frac{\text{Vtsek}}{\text{ayl}}, \quad (19)$$

bu yerda  $N_N$  va  $S_N$  - konkret schetchik uchun nominal kattaliklar.

Uch fazali zanjirlarda aktiv energiyani o'lchash uchun ikki va uch elementli induksion schetchiklar qo'llaniladi. Ikki elementlilar uch simli uch fazali zanjirlarda, uchta elementlar to'rt simli uch fazali zanjirlarda qo'llaniladi.

Bir va uch fazali induksion schetchiklar aktiv energiyani o'lchash uchun xuddi aktiv quvvatni o'lchashda vattmetrlarning ulanishi kabi zanjirga ulanadi.

8.10-rasmda bir fazali induksion schetchikning zanjirga ulanishi sxemasi keltirilgan. Bu yerda G- qismalari manbaga ulanadi, N-qismalari yuklamaga ulanadi. G va N qismalarini belgisi generator va nagruzka soʻzlaridan olingan.



10-rasm. Induksion schetchikning ulanish sxemasi.

a) schetchik belgisi orqali; b) schetchik chulgʻamlari orqali.

Elektron energiya hisoblagichlar 8.11-rasmda elektron energiya hisoblagichlarning oddiy struktura sxemasi keltirilgan. Bu sxemada tok va kuchlanishning uzluksiz oniy qiymatlari diskret vaqt oraliqlariga oʻzgartiriladi hamda protsessor yordamida ularga ishlov beriladi. Buning uchun protsessorning kirishiga tok va kuchlanish oʻzgartkichlaridan zanjirdagi tok va kuchlanishlarga proporsional boʻlgan signallar beriladi. Bu signallarga P, Q, S va  $\varphi$  qiymatlarini hosil qilish maqsadida ishlov beriladi