

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»

Кафедра меңгерушісі

Калиева К.Н. Т.ғ.к. доцент  
(аты – жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

«    »    20    ж.

(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: Аз қуатты тұрақты токтың электр  
машинасын есептеу

58071800 электр энергетика мамандығы бойынша

Орындаған: Әмірбек Н.К. ЭАТр-14-1  
(аты-жөні) (тобы)

Жетекші: Ғалиев К.О., доцент, к.т.н  
(аты – жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Білім «25» 05 2018 ж.  
(қолы)

Кеңесшілер:

Экономикалық бөлім бойынша:

к.э.н. проф. Шакупов А.А.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты – жөні)

Шакупов А.А. «23» 05 2018 ж.  
(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

аға оқытушы Бегимбетова А.С.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты – жөні)

Бегимбетова А.С. «23» 05 2018 ж.  
(қолы)

Пікір жазушы:

\_\_\_\_\_ (ғылыми дәрежесі, атағы, аты – жөні)

«    »    20    ж.

(қолы)

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электрэнергетика және электртехника институты  
58071800 - электрэнергетика мамандығы  
Электр машиналары және электржетегі кафедрасы

жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Әмірбек Шәнібек  
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Аз қуатты тұрақты тоқтық электр  
машинасын есептеу

ректордың «20» 10.2017 №155 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «25» 05.18 2018 ж.

Жұмысқа бастапқы деректер (талап етілетін жұмыс нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

Тұрақты ток машинасы - генератор  
Пайдалы қуаты -  $P_n = 20$  Вт  
Номиналды кернеуі -  $U_n = 230$  В  
Айналу жиілігі -  $n_n$ , айн/мин  
Қоздырылуы - параллель  
Жұмыс істеу ренжімі -  $\delta 1$ , үздіксіз

Диплом жұмысындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жұмысының қысқаша мазмұны:

1. Машинаның негізгі өлшемдері
2. Якорь орамасының параметрлері
3. Тістердің, қоздырдың және якорь орамасының аткізгіш-терінің өлшемдері
4. Коллектор және шеткілік құрылымы
5. Тұрақты ток машинасының магниттік нүдесі
6. Қоздыру орамасын есептеу
7. Тұрақты ток машиналарының шығындары және ПӘК
8. Аз қуатты тұрақты ток машинасының нәтижесі

**Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі**

1. Поңгелек пішіні паз якорі
2. Трапециялы пішіндегес якоры
3. Тұрақты ток машинасының коллекторы
4. Тұрақты ток машинасының магниттік нұсқасы
5. Тұрақты ток машинасының өтпелі сипаттамасы
6. Тізбектей қоздырылған қозғалқыштың жұмыстық сипаттамасы
7. Параллельді қоздырылған генератордың сыртқы сипаттамасы

**Негізгі ұсынылатын әдебиеттер**

1. Ермолин Н.П. Электрические машины малой мощности. М.: Высшая школа, 1967.
2. Сергеев П.С., Виноградов Н.В., Горяинов Ф.А. Проектирование электрических машин М.: Энергия, 1969
3. Проектирование электрических машин / И.П. Копылов, Ф.А. Горяинов, Б.К. Клоков и др.; Под ред. И.П. Копылова. : Высшая школа, 1980
4. Проектирование электрических машин / О.Г. Гольдберг, Э.С. Гулин, У.С. Свиряченко; Под ред. О.Г. Гольдберга М.: Высшая школа, 1984.
5. Искулин Н.В. Справочник по электротехническим материалам

**Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер**

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	қолы
Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі	Бегимбетова А.С	23.05.2018	
Экономикалық бөлім	Накупов А.А	23.05.2018	
Арнайы бөлім	Галч. К.О	25.05.2018	

ДИПЛОМ ЖҰМЫСЫН ДАЙЫНДАУ  
КЕСТЕСІ

№ p/c	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	Машинаның негізгі өлшемдері	21. 11. 2017.	<i>Ким</i>
2.	Якорь орамасының параметрлері	5. 12. 2017	<i>Ким</i>
3.	Тістердің, паздардың және якорь орамасының өткізгіш- тердің өлшемдері	17. 01. 2018.	<i>Ким</i>
4.	Коллектор және шөттілік іңірлығы.	20. 01. 2018.	<i>Ким</i>
5.	Тұрақты ток машинасының магниттік иңіресеі.	20. 02. 2018.	<i>Ким</i>
6.	Қоздыру орамасын есептеу	27. 02. 2018.	<i>Ким</i>
7.	Тұрақты ток машиналары- ның шығындары және ПАК	14. 03. 2018.	<i>Ким</i>
8.	Аз қуатты тұрақты ток машинасының жылуды	24. 04. 2018.	<i>Ким</i>

Тапсырманың берілген уақыты « 20 » қараша 2017 ж.

Кафедра меңгерушісі \_\_\_\_\_  
(қолы) \_\_\_\_\_ (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жұмыс жетекшісі \_\_\_\_\_  
*Ким* \_\_\_\_\_ Гали Р. О.  
(қолы) \_\_\_\_\_ (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы  
кабылдаған студент \_\_\_\_\_  
*Дар* \_\_\_\_\_ Әмірбек Нәнібек  
(қолы) \_\_\_\_\_ (аты -жөні)

## Аңдатпа

Дипломдық жұмыс «Аз қуатты тұрақты токтың электр машинасын есептеу» тақырыбына жазылған. Оған келесі бөлімдер кіреді: арнайы бөлім, өміртіршілік қауіпсіздігі және экономикалық бөлім.

Арнайы бөлімінде құрылымдық элементтердің өлшемдерін есептеудің әдістері, тұрақты ток машиналарының параметрлері және жұмыстық сипаттамалары қарастырылған. Машиналарды қоздыру үшін тұрақты ток магниттерінің өлшемдерін оңтайлы есептеу әдістемесі, сондай-ақ оңайлатылған жылу есептеулері жүргізілді.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде жерге тұйықтау және табиғи жарықтандыру есептеулері жүргізілген.

Экономикалық бөлімінде капиталды шығындарға, базалық және жобаланған нұсқа бойынша қолдану шығындарына есеп жүргізілген, сонымен қатар жобаның экономикалық тиімділігімен ағымдағы таза құны есептелген.

## **Аннотация**

Дипломная работа выполнена на тему «Расчет электрических машин постоянного тока малой мощности». В него входят следующие разделы: специальная часть; безопасность жизнедеятельности; экономическая часть.

В специальной части представлены методы расчета геометрии конструктивных элементов, параметров и рабочих характеристик машин постоянного тока. Расчеты оптимальных размеров магнита постоянного тока для возбуждения машин, а также упрощенный тепловой расчет.

В части безопасности жизнедеятельности произведен расчеты заземление и расчеты естественного освещения.

В экономической части проекта был произведен расчет капитальных расходов и эксплуатационных затрат по базовому варианту и проектируемому, также была рассчитана экономическая эффективность проекта и чистая нынешняя цена.

## **Annotation**

The diploma project is devoted to the theme «Calculation of electric machines of direct – current of small- yield ». It includes the following sections: a special section, a section on the safety of life and the division of the economy.

In a special part methods of calculation of geometry of structural elements, parameters and performance data of cars of a direct current are presented. Calculations of the optimum sizes of a magnet of a direct current for excitement of cars and also the simplified thermal calculation.

Regarding health and safety it is made calculations grounding and calculations natural lighting.

In an economic part of the project calculation of capital expenses and operational expenses for basic option has been made and projected, the economic efficiency of the project and the net present price have also been calculated.

## Мазмұны

КІРІСПЕ	8
1 Негізгі бөлім	10
1.1 Машинаның негізгі өлшемдері	10
1.2 Якорь орамасының параметрлері	15
1.3 Тістердің, паздардың және якорь орамасының өткізгіштерінің өлшемдері	16
1.4 Коллектор және шөткелік құрылғы	22
1.5 Тұрақты ток машинасының магниттік жүйесі	25
1.6 Қоздыру орамасын есептеу	31
1.7 Тұрақты ток машиналарының шығындары және ПӘК	33
1.8 Аз қуатты тұрақты ток машиналарының жылуын есептеу	37
1.9 Тұрақты ток машиналарын қоздыру үшін тұрақты магнитті есептеу	39
1.9.1 Сыртқы магнит тізбегімен тұрақты магниттердің жұмысы	42
1.10 Тұрақты ток машинасын есептеу	49
2 Өмір тіршілік қауіпсіздігі	60
2.1 Еңбек жағдайына анализ	60
2.2 Жарықтандыруды есептеу	61
2.3 Жерге тұйықтауды есептеу	63
3 Экономикалық бөлім	68
3.1 Экономикалық негіздемесі	68
3.2 Берілген шығынның есептелуі	69
3.3 Пайдалану шығындарды есептеу	70
3.4 Жалпы шығынын есептеу	76
Қорытынды	78
Әдебиеттер тізімі	79
Қосымша 1	80
Қосымша 2	82
Қосымша 3	83
Қосымша 4	84
Қосымша 5	84
Қосымша 6	84
Қосымша 7	85
Қосымша 8	85
Қосымша 9	86
Қосымша 10	87
Қосымша 11	87
Қосымша 12	87
Қосымша 13	88
Қосымша 14	88



## КІРІСПЕ

Электр машиналарын (ЭМ) жобалауға құрастыру мен есептеуді қамтиды. Электр машиналарын есептеу математикалық белгісіз тапсырмалар болады, яғни анықтауды қажет ететін белгісіздер саны теңдеулер санынан асады. Сондықтан есептеу кезінде ұқсас машиналардың тәжірибелері мен тәжірибелік мәліметтерін пайдалана отыра кейбір шамаларды есептеуге тура келеді. Есептеу кезінде бірнеше нұсқаларын қарастырып, соңында тиімдісін қабылдайды.

Электр машиналарын жобалауға келесі кезеңдер кіреді:

1. Техникалық тапсырманы құрастыру. Электр машинасына тапсырыс беруші қоятын негізгі талаптар мен техникалық шарттарға немесе мемлекеттік стандарттарға сәйкестігі анықталады.

2. Электр машиналарының негізгі өлшемдеріне алдын ала есептеу жүргізу және олардың техникалық тапсырмаға сәйкес болуы.

3. Машиналардың сипаттамаларын алдын ала есептеу мен оның қыздыруын бағалау. әр түрлі нұсқалардың есептеу нәтижелері талданады және оңтайлылық критерийіне сәйкесінше таңда жүргізіледі.

4. Алдыңғы кезең нәтижелерін негізге ала отырып, электр машиналарын құрылысын нақтылау. Алынған материалдар машиналардың нобайлық жобасын жасау үшін негіз болып табылады.

5. Электр машиналар үлгілерін сынау және дайындау.

6. Сынақ нәтижелерін ескере отырып, машиналардың параметрлері мен өлшемдерін, есептеудерін түзету және техникалық жобасын құру.

7. Электр машиналарының сынаққа арналған легін шығару және техникалық құжаттамаға сәйкес құрастыру.

Жұмыстың көрсетілген кезеңдерімен бір мезгілде технологиялық құжаттамаға әзірлеу жүргізіледі, пайдаланылатын материалдар мен жасақтаушы бұйымдарға қойылатын талаптар айқындалады. Бұл ретте конструкторлық бюроның технологиялық бөлімі технологиялық процестегі бар қондырғыға байланыстыруды жүзеге асырады немесе технологиялық қондырғыға тапсырма әзірлейді.

ЭМ есептеу нәтижесі орташа және үлкен қуатты машиналарды жобалау кезінде тәжірибемен жақсы сәйкес келеді. Бұл жағдайда, есептік және тәжірибелік мәліметтердің айырмашылығы орта есеппен 10% - дан аспайды. Машиналар үшін қуаттылығы аз, бұл қателік біршама көп және есептеу мен тәжірибе мәліметтерінің арасындағы айырмашылық 40% жетуі мүмкін.

Жобалау үшін бастапқы мәліметтер мынадай: пайдалы қуаты  $P_n, \text{Вт}$ ; номинал кернеу  $U_n, \text{В}$ ; айналу жиілігі  $n_n$  айн/мин; қоздыру тәсілі – тізбектей, параллель, тұрақты магниттер; жұмыс режимдері – ұзақ, қысқа мерзімді (өткінші), қайталама-қысқа мерзімді; орындау – жабық, қорғалған.

Жобаланатын машиналардың есептік формуляры қамтуы тиіс: деректер жобалау үшін бастапқы мәліметтерді, есептеу мәліметтерін және графикалық бөлікті.

Графикалық бөлік машинаның жалпы түрін және қимасын, статор мен якордың жапырақшаларының нобайын, оқшаулама мен орама қимасындағы паздың нобайы, якор орамасының сұлбасын, ЭМ жұмыс сипаттамаларын қамтиды. ТТМ сипаттайтын параметрлер мен шамалардың габаритін есептеу СИ жүйесін пайдалана отырып жүргізіледі.

## 1 Негізгі бөлім

### 1.1 Машинаның негізгі өлшемдері

Қуаты аз ТТМ якорь магнитөткізгіштігінің магниттік шығынын азайту үшін қалыңдығы 0,2, 0,35 и 0,5 мм болатын, электротехникалық болаттан жасалатын штампиланған беттерден жиналады. Якорь өлшемі машиналар қуатымен, айналу жиілігімен және оның жұмыс режимдерімен анықталады.

1. Якорь өлшемін анықтау үшін якорь орамасының ЭҚК тәуелді есептік қуатты (электрмагниттік) пайдаланады.

Тұрақты ток қозғалтқышы үшін

$$P_a = EI_a = U - I_a^2 R_a - \Delta U_{\text{щ}} I_a = \frac{P_H}{\eta_H} (\Delta P_M + \Delta P_{\text{щ}}), \quad (1.1.1)$$

мұндағы  $E$ ,  $I_a$  – ЭҚК және якорь орамасының тогы;

$U$  – қозғалтқышқа берілетін кернеу;

$\Delta U_{\text{щ}}$  – шөткетарға түсетін кернеу;

$P_H$  – қозғалтқыштың номинал қуаты;

$\eta_H$  – қозғалтқыштың номинал ПӘКі;

$\Delta P_M$ ,  $\Delta P_{\text{щ}}$  – номинал ток кезіндегі қозғалтқыш қылшығындағы және якорь тізбегіндегі шығындар.

Ұзақ режим үшін якорь орамасындағы және қылшығындағы шығындарды қозғалтқыштың жалпы шығынының  $2/3$  тең деп қабылдауға болады:

$$\Delta P_M + \Delta P_{\text{щ}} \approx \frac{2}{3} \Delta P_{\Sigma} = \frac{2}{3} \frac{P_H}{\eta_H} (1 - \eta_H), \quad (1.1.2)$$

мұндағы  $\Delta P_{\Sigma}$  – қозғалтқыштың қосынды шығыны.

Бұл жағдайда қозғалтқыштың есептік қуаты келесідей өрнекпен анықталады:

$$P_a = \frac{1 + 2\eta_H}{3\eta_H} P_H. \quad (1.1.3)$$

Электр қозғалтқыштарда қайталама-қысқа мерзімді немесе қысқа мерзімді жұмыс режимінде мыс орамалары мен щеткалардағы шығындар

орта есеппен жалпы шығынның 3/4 құрайды. Сондықтан есептік қуатын анықтау келесі өрнек пайдаланылады.

$$P_a = \frac{1+3\eta_H}{4\eta_H} P_H. \quad (1.1.4)$$

Тұрақты генераторларында ұзақ режим кезінде мыс орамалары мен щеткалардағы шығындар орта есеппен жалпы шығынның жартысын құрайды. Осындай машиналардың есептік қуаты келесідей есептеледі

$$P_a = EI_a = UI_a + UI_B + I_a^2 R_a + \Delta U_{щ} I_a, \quad (1.1.5)$$

мұндағы  $I_B$  – генератордың қоздыру тогы.

Бұл өрнекті түрлендірсек

$$P_a = \frac{1+\eta_H}{2\eta_H} P_H. \quad (1.1.6)$$

Жұмыс режимдері мен қуаттын тәуелді болатын генератор мен қозғалтқыш ПӘК мәні 1.1 кестеге енгізілген.

1.1 кесте - Тұрақты ток машиналарының ПӘК мәні, %

P <sub>H</sub> , Вт	Режимдер		P <sub>H</sub> , Вт	Режимдер	
	Ұзақ	Қысқа мерзімді		Ұзақ	Қысқа мерзімді
10	38	30	200	63	52
20	45	38	300	66	56
30	50	42	400	70	58
40	53	45	500	72	60
50	55	47	600	74	62
60	57	48	700	75	63
70	58	49	800	76	64
80	59	50	900	77	65
90	60	51	1000	78	66
100	60	51			

Келтірілген ПӘК шамалары болжамдық болып саналады және ТТМ габариттеріне әлсіз әсер етеді. ПӘК нақты мәнін оның толық есептеулерінен кейін алады.

2. Якор тогының шамасы келесі өрнек бойынша анықталады:

а) тізбектей қоздырылатын қозғалтқыш үшін

$$I_a = \frac{P_H}{U\eta_H}; \quad (1.1.7)$$

б) параллель қоздырылатын қозғалтқыш үшін

$$I_a = \frac{P_H}{U\eta_H} - I_B; \quad (1.1.8)$$

в) параллель қоздырылатын генератор үшін

$$I_a = \frac{P_H}{U} - I_B. \quad (1.1.9)$$

қоздыру тогының алдын ала (болжамды) мәні толық ток шамасынан 10 – 20% тең деп қабылдауға болады, тіпті қуаты аз машиналар үшін үлкен мән.

Якорь орамының ЭҚК бұрын табылған есептік қуаты арқылы есептеледі:

$$E = \frac{P_a}{I_a}. \quad (1.1.10)$$

3. Машина тұрақтысы мына теңдеу бойынша есептеледі

$$C = \frac{6,0}{\alpha B_\delta AS}, \quad (1.1.11)$$

мұндағы  $\alpha$  – полюстік доғаның коэффициенті,  $\alpha = 0,6 - 0,7$ ;

$B_\delta$  – ауа саңылауындағы магниттік индукция, Тл;

$AS$  – якордың желілік жүктемесі, А/м.

Магниттік индукция және сызықтық жүктеме шамалары машина якорінің айналу жылдамдығы мен қуатынан тәуелді. Осы шамалардың алдын ала (болжамды) шамаланған мәндері 1.2 кестеде берілген.

Машина габаритін магниттік индукция және желілік жүктеме анықтайды: бұл шамалар қаншалықты көп болса, оның мөлшері аз болады. Алайда, магниттік индукциясының шамадан тыс мәнінде машиналардың магнитөткізгіштігінде күшті қанығуы болуына алып келеді. Яғни, қоздыру орамасының МҚК өседі, сәйкесінше машинаның өлшемі де ұлғаяды. Сонымен қатар, магнитөткізгіштер интенсивті қыздыру жүреді және машинаның ПӘК төмендейді.

1.2 кесте - Қуаты аз тұрақты ток машиналары үшін магниттік индукция және желілік жүктеме

$\frac{P_H}{n_H}$ , Вт айн/мин	Магниттік индукция, Тл		Желілік жүктеме, А/м	
	Ұзақ	Қысқа мерзімді	Ұзақ	Қысқа мерзімді
$1 \cdot 10^{-3}$	0,22	0,245	40 – 50	80
$2 \cdot 10^{-3}$	0,26	0,29	50 – 60	100
$3 \cdot 10^{-3}$	0,275	0,33	60 – 68	115
$4 \cdot 10^{-3}$	0,30	0,34	63 – 73	122
$5 \cdot 10^{-3}$	0,31	0,35	68 – 80	130
$6 \cdot 10^{-3}$	0,32	0,36	70 – 82	139
$7 \cdot 10^{-3}$	0,33	0,37	71 – 82	143
$8 \cdot 10^{-3}$	0,335	0,38	72 – 82	148
$9 \cdot 10^{-3}$	0,34	0,39	85-88	152
$1 \cdot 10^{-2}$	0,35	0,41	90	155
$2 \cdot 10^{-2}$	0,37	0,44	110	162
$4 \cdot 10^{-2}$	0,40	0,47	115	175

$6 \cdot 10^{-2}$	0,43	0,49	118	183
$8 \cdot 10^{-2}$	0,45	0,51	120	195
$10 \cdot 10^{-2}$	0,46	0,53	121	202
$12 \cdot 10^{-2}$	0,465	0,54	123	207
$14 \cdot 10^{-2}$	0,47	0,55	125	212
$16 \cdot 10^{-2}$	0,47	0,55	125	219

Желілік жүктеменің шамадан тыс мәндері кезінде жалғанатын секциялар реактивті ЭҚК артады, нәтижесінде ТТМ бірігуінің (коммутациясынын) нашарлауына алып келеді.. Бұдан басқа, якордың көлденең реакциялар ағыны айтарлықтай өсуінің салдарынан полюстердің асқын магниттелуі орын алуы мүмкін. Бұл құбылыс орын алмау үшін машиналардың ауалық саңылауы мен қоздыру орамасының габариттерін ұлғайтуға керек. Ірі ТТМ үшін магниттік индукциясының мәні 0,5-1,0 Тл құрайды, желілік жүктеме 10000 – 60000 А/м дейін.

Якорь ұзындығының  $l_0$  оның  $D_a$  диаметріне қатынасы кең диапазонда өзгереді:

$$\xi = l_0 / D_a = 0,4 - 1,6 .$$

Егер машинаның сериясы бір диаметрмен есептелсе, онда бұл қатынас 2,0 – 2,5 жетуі мүмкін. Көбінесе  $\xi$  шамасы 0,8 – 1,2 тең деп алынады.

$\xi$  шамасын таңдау кезінде қысқа машиналарда реактивті ЭҚК шамасы азаятынын ескеру қажет, сәйкесінше коммутация жағдайлары жақсарады. Алайда, экономикалық тұрғыдан сүйене отырып қарасақ, якордың салыстырмалы ұзындығын ұлғайтуға тырысады коллектор мен мойынтіректердің, құны іс жүзінде машинаның ұзындығынан тәуелді емес, ал якорь орамасының мыс минимумы  $\xi$  жақындаған кезде 1,5 жетеді. Егер машина якоры төмен инерция моментіне ие болса, онда салыстырмалы ұзындықты жоғарыда көрсетілген мәндер бойынша қабылдауға тура келеді.

$\xi$  шамасын таңдап, якорь диаметрін есептейміз:

$$D_a = \sqrt[3]{\frac{CP_a}{\xi n_H}} . \quad (1.1.12)$$

Онда якорь ұзындығы

$$l_0 = \xi D_a . \quad (1.1.13)$$

Алынған мәндерді стандарты типтік өлшемдерге дейін жуықтаймыз (қосымша, 1 кесте).

4. Якорьдың айналу жылдамдығы

$$V_a = \pi D_a n_H / 60 . \quad (1.1.14)$$

Қуаты аз ТТМ айналу жылдамдығы 20 – 25 м/с жетуі мүмкін.

5. Полюстік бөлу

$$\tau = \pi D_a / 2p . \quad (1.1.15)$$

Қуаты аз машиналарда полюстердің саны, әдетте, екіге тең деп қабылданады.  $P_n \geq 200$  қуат кезінде магниттік жүйеге төрт полюсті орындау тиімдірек. Бұл жағдайда полюс ағыны, сонымен қатар машинаның магнит өткізгіштігінің салмағы мен қимасы азаяды. Сондай-ақ, якорь орамасының беттік (алдыңғы беттер) ұзындығын азайту салдарынан якордың мыс салмағы да азаяды. Осының нәтижесінде машинаның белсенді материалдар шығыны төмендейді. Сонымен қатар, полюстер санының өсуіне байланысты, машинаның бөлшектерінің өлшемдерін кішірейту салдарынан машинаны дайындау үшін еңбек сыйымдылығы артады. Сонымен бірге, коллекторлық табақшалар (пластиналар) арасындағы кернеу ұлғаяды, бұл коллекторлық табақшалар (пластиналар) санын және коллектор диаметрін ұлғайту қажет екенін көрсетеді. Дегенмен де, қазіргі уақытта қуаты аз машиналармен салыстырмалы түрде төрт полюсті машиналар орындау көп байқалуда.

Есептік полюстік доға

$$b_o = \alpha \tau. \quad (1.1.16)$$

Есептік полюстік доғаның  $\alpha$  коэффициентін ұлғайту машинаның габаритінің азаюына әкеледі. Алайда, полюсер арасындағы арақашықтық азаяды коммутация аймағында бас полюстерден магниттік өрістердің ұлғаюына және коммутация процесінің нашарлауына алып келуі мүмкін.

6. Якорь болатының аса магниттелуі жиілігі

$$f = \frac{\rho n_n}{60}. \quad (1.1.17)$$

7. Аз қуаты ТТМ ауалық саңылауы мүмкіндігінше минималды болып таңдалады. Алайда, полюстік доға кезінде магнит өрісі таңбасын (белгісін) өзгертпеу үшін келесі шарштарды қанағаттандыруы тиіс:

$$AS b_o \leq (F_{\delta_n} + F_{z_n}), \quad (1.1.18)$$

мұндағы  $F_{\delta_n}$  және  $F_{z_n}$  – номинал ток кезіндегі ауалық саңылаудың МҚК және ТТМ тістік аймақтары.

Болжамды түрде қабылдасақ,

$$F_{z_n} = (0,15 \div 0,25) F_{\delta_n} \quad (1.1.19)$$

және ауалық саңылауда магнит индукциясы мен МҚК байланыстыратн қатынасты ескеретін болсақ, алатынымыз:

ұзақ жұмыс режимді кезіндегі электр қозғалтқыштары үшін

$$\delta = 0,25 \frac{\tau AS}{B_\delta} 10^{-6}; \quad (1.1.20)$$

Қысқа мерзімді жұмыс режимдері кезіндегі электр қозғалтқыштары үшін

$$\delta = 0,15 \frac{\tau AS}{B_\delta} 10^{-6}; \quad (1.1.21)$$

генераторлар үшін

$$\delta = 0,4 \frac{\tau AS}{B_{\delta}} 10^{-6}. \quad (1.1.22)$$

## 1.2 Якорь орамасының параметрлері

Аз қуатты ТТМ  $2p = 2$  кезінде қарапайым ілмекті орамалар және  $2p = 4$  кезінде қарапайым толқындық орамалар қолданылады. Сонымен қатар, аз қуатты машиналар үшін қоздыру тогының болмауы есебінен желіден тұтынатын қуатты азайтуға мүмкіндік беретін тұрақты магниттерді қолдану өте қолайлы, ПӘК артады.

8. Машинаның бір полюсінің пайдалы ағыны

$$\Phi = B_{\delta} b_o l_o. \quad (1.2.1)$$

9. Якорь орамасындағы өткізгіштер саны

$$N = \frac{60 a E}{\rho n_H \Phi}, \quad (1.2.2)$$

мұндағы  $a$  – машинаның якорь орамасының параллел орам (тармақтар) саны (әдетте, аз қуатты машиналар үшін  $a = 1$ ).

10. паздар санын таңдау кезінде басшылыққа алу қажет. Паздардың саны аз болса, машиналардың ЭҚК елеулі пульсациясына алып келсе, ал керісінше, паздар саны үлкен болса, тістер енінің кішіреюіне және олардың қанығуына алып келеді. Тістер санын ұлғайту паздар ауданын тиімсіз қолдануға әкеп соқтыратынын ескеру керек, сонымен қатар, паздардың өлшемін азайтсақ, ауданы бұрынғы атқаратын оқшаулаумен қалады.

Артықшылық тақ санға беріледі, бұл жағдайда коммутацияны нашарлататын, айнымалы ЭҚК пайда болуына мүмкіндік беретін, полюс бойында өріс пульсациясы азаяды. Алайда, паздардың тақ санында, машинаның якорь орауы қиындай түседі. Қуаты аз, ТТМ якорь паздарының саны

$$Z = (3 \div 4) D_a, \quad (1.2.3)$$

мұндағы якорь диаметрі сантиметрмен алынған.

11. Коллекторлық табакшалар (пластиналар) саны төмендегі қатынастан шығатын қарапайым паздар санына тең болатындай етіп таңдап алынады.:

$$K = Z_{\Theta} = u_{II} Z, \quad (1.2.4)$$

мұндағы  $u_{II}$  – нақты паздардағы қарапайым паздар саны, коллекторлық табакшалар арасындағы ориаша кернеу рұқсат етілетін мәндерден аспайтындай етіп таңдалады:

$$U_{ксп} = \frac{2pU}{K} \leq 25 - 30 \text{ В.}$$

Әдетте,  $u_{II} = 2 - 3$ . Толқындық орама жағдайында якорь пазының саны тақ болуы керек, сонмен қатар, тек осындай жағдайда, толық қадамды симметриялы ораманы орындауға болады.

12. Якорь орамасының секциясында орам саны

$$W_c = \frac{N}{2K}. \quad (1.2.5)$$

Секциядағы орам саны тұтас болуы керек. Сондықтан, (1.2.5) бойынша есептелген мән жуықталады, ал якорь орамасының өткізгіштерінің мәні сәйкесінше түзетіледі.  $m_{II}$  және  $W_c$  соңғы мәндері коммутацияны тексергеннен кейін қабылданады, яғни, коммутация процесінің сипатын анықтайтын реактивті ЭҚК шамасы санына  $W_c$  пропорционал болады. Якорь орамасының қадамдарының қарапайым ілмекті орамалары үшін

$$y_1 = \frac{K}{2p} \pm \varepsilon; \quad y_2 = y_1 - 1; \quad y = 1; \quad y_k = 1; \quad (1.2.6)$$

қарапайым ілмекті орамалары үшін

$$y_k = \frac{K \pm 1}{2p}; \quad y = y_k; \quad y_1 = y_2 = y/2, \text{ егер } y - \text{жұп сан болса};$$

$$y_1 = \frac{y+1}{2}; \quad y_2 = \frac{y-1}{2}, \text{ егер } y - \text{тақ сан болса}.$$

Якорь орамасының параметрлерін анықтағаннан кейін айналып өту кестесі және оның сұлбасы сызылады.

14. Якордің желілік жүктемесі якорь орамасының түзетілген өткізгіштер санын ескере отырып қабылданады.

$$AS = \frac{N I_a}{2\pi D_a}. \quad (1.2.7)$$

Желілік жүктеменің алынған шамасы алдында қабылданған шамадан айырмашылық 5% артық аспауы тиіс. Олай болмаған жағдайда,  $AS$  бастапқы мәндері ретінде (1.2.7) бойынша табылған мән қабылданады және есептеу қайта жүргізіледі.

### 1.3. Тістердің, паздардың және якорь орамасының өткізгіштерінің өлшемдері

Аз қуатты тұрақты ток машинасында дөңгелек, сопақ және трапеция түріндегі паздар жиі қолданылады. Ең технологиялық және қарапайым ойықтар дөңгелек пішіндес шығаруымендіру. Сондықтан, дөңгелек паздың ауданы есептеумен сәйкес келсе, онда барлық басқа тең жағдайлар үшін дөңгелек ойыққа артықшылық беріледі. Сопақ және трапецеидальдық пішінді паздар оның аймағын, диаметрі бар дөңгелек пішіндегі ойық пазға қарағанда ұлғайтады.

Паздардың якорінің ауданы якорь орамасының өткізгіштерінің санына және көлденең қимасына байланысты. Сәйкесінше, өткізгіштің көлденең қимасы станоктың жұмыс істеу режиміне, салқындату әдісіне, окшаулау сыныбына, жылу беру коэффициентіне байланысты якорь тогы шамасының және рұқсат етілген тығыздығының көмегімен анықталады.



15. Тұрақты ток машиналарын қыздыру қарқындылығы арнайы жылу жүктемесі (Вт / м<sup>2</sup>) бойынша анықталады, ол ұзақ мерзімді жұмыс түрінде жазылады

$$q = \Theta_M \alpha (1 + 0,1 V), \quad (1.3.1)$$

мұндағы,  $\Theta_M$  – оқшаулау сыныбымен анықталатын қоршаған ортаның температурасынан жоғары рұқсат етілетін температура. Қоршаған ортаның температурасы 400 С деп есептеледі;

$\alpha$  – Тұрақты ортадағы якорь бетінің жылу беру коэффициенті желдеткішсіз жабық типтегі машиналар үшін 14 – 18 Вт/(К м<sup>2</sup>) және желдеткішпен қорғалған конструкция машиналарына арналған 36 – 44 Вт/(К м<sup>2</sup>) тең.

$V$  – желдеткішсіз машиналарда якорьдің айналдыру жылдамдығы,  $V = V_a$ .

Ішкі желдеткіштің жұмысы салқындатқыш ауа ағынының ұлғаюына және тиісінше, оның қозғалыс жылдамдығын жоғарылатуына алып келеді  $V$ :

$$V = (V_a^2 + V_B^2)^{1/2}, \quad (1.3.2)$$

мұндағы  $V_B$  - желдеткіштің қалақшаларының айналымдық жылдамдығы,

$$V_B = \pi D_B n_H / 60; \quad (1.3.3)$$

$D_B$  – ортадан тепкіш желдеткіштің айналымдық диаметрі,

$$D_B = (1,25 \div 1,4) D_a.$$

Қысқа мерзімді жұмыс режимі үшін меншікті жылу жүктемесі

$$q = \frac{\Theta_M \alpha (1 + 0,1V)}{f(t_p / T_p)}, \quad (1.3.4)$$

мұндағы  $t_p$  - қозғалтқыштың жұмыс уақыты, с,

$T_p$  - айналымалы якорь үшін жылу уақытының тұрақты мәні, с,

$$T_p \approx \frac{936 D_a}{\alpha (1 + 0,1V)} 10^3. \quad (1.3.5)$$

$$f(t_p / T_p) = 1 - \exp(-t_p / T_p). \quad (1.3.6)$$

Қысқа уақыт режимінде қайта жұмыс істейтін тұрақты ток машиналары үшін,

$$q = \frac{\Theta_M \alpha (1 + 0,1V)}{f(t_p / T_p) \Psi(t_p / T_p)}, \quad (1.3.7)$$

мұндағы  $\Psi(t_p / T_p)$  функциясы машинаның уақытша тәуелділігі мен үзілісімен анықталады:

$$\Psi(t_p / T_p) = 1 + \exp(-a_1 t_p / T_p) + \exp(-2 a_1 t_p / T_p) + \dots + \dots \exp[-(n-1) a_1 t_p / T_p], \quad (1.3.8)$$

мұндағы  $n$  - жұмыс циклдерінің саны,

$$a_1 = \left( 1 + \frac{T_p}{T_n} \frac{t_n}{t_p} \right); \quad (1.3.9)$$

$T_{II}$  – жылжымайтын якорьдің салқындату уақытының тұрақты мәні, с;  
 $t_{II}$  – үзіліс уақыты, с.

16. Желілік өткізгіштердегі желілік жүктеме мен ток тығыздығы арқылы машинаның якорь тізбегіндегі шығындарды білдіре отырып, берілген желілік жүктеме үшін ағымдағы тығыздықты және рұқсат етілген температура көтерілуін  $\Theta_M$  білдіреді:

а) Тұрақты ток машинасы үшін  $2p = 2$  кезінде  $n < 5000$  айн/мин

$$J_a = \frac{17q}{AS} 10^6; \quad (1.3.10)$$

$5000 \leq n \leq 10000$  айн/мин кезінде

$$J_a = \frac{14q}{AS} 10^6; \quad (1.3.11)$$

$10000 \leq n \leq 15000$  айн/мин кезінде

$$J_a = \frac{12q}{AS} 10^6; \quad (1.3.12)$$

б) Тұрақты ток машинасы үшін  $2p = 4$  кезінде  $n < 5000$  айн/мин

$$J_a = \frac{13q}{AS} 10^6; \quad (1.3.13)$$

$5000 \leq n \leq 10000$  айн/мин кезінде

$$J_a = \frac{11q}{AS} 10^6; \quad (1.3.14)$$

$10000 \leq n \leq 15000$  айн/мин кезінде

$$J_a = \frac{10q}{AS} 10^6. \quad (1.3.15)$$

17. Якорь орамдарының өткізгіштерінің алдын-ала қимасы.

$$S_a = \frac{I_a}{2J_a}. \quad (1.3.16)$$

Сымның диаметрі алынған секциядан (ең жақын мән таңдалады), маркасымен қажетті оқшаулау сыныбынан (қосымша, 1.2кесте) есептеледі. Таңдалған сым үшін якорь орамындағы көлденең қима және нақты ток тығыздығы анықталады.

18. Паздың аймағының алдын ала өлшемі.

$$S_{II} = \frac{S_{a.ок} N_{II}}{K_{з.п}}, \quad (1.3.17)$$

мұнда  $N_{II}$  – якорьдің пазындағы өткізгіштердің саны,

$$N_{II} = N / Z; \quad (1.3.18)$$

$S_{a.ок}$  – оқшауланған якорь өткізгішінің қимасы,

$$S_{a.ок} = \pi d_{ок}^2 / 4, \quad (1.3.19)$$

$d_{ок}$  – якорь орамасының оқшауланған өткізгіштің диаметрі;

$K_{з.п}$  – алдын ала құнын 0,30-0,46 деп болжайтын паздың толтыру коэффициенті.  $K_{з.п}$  -ның төменгі мәндерінде, паздың толтырылуы «жұмсақ» болады, яғни. орамның өткізгіштері жылжымалы болады.  $K_{з.п}$  -ның мәндері

үшін орам мүмкін болмайды, яғни, қажетті сымдарды пазға орналастыруға болмайды.

19. Паздың және тістердің өлшемдері. Паздың аймағын есептеу кезінде, оның өлшемін анықтау қажет. Ең технологиялық дөңгелек паз болғандықтан, оны жүзеге асыру мүмкіндігі тексеріледі. Дөңгелек паздың диаметрі

$$d_{\text{п}} = (4 S_{\text{п}} / \pi)^{0,5}. \quad (1.3.20)$$

Сонымен қатар, орамның өткізгіштері салынған паздағы слоттың болуын ескеру қажет. Саңылаулардың биіктігі әдетте 1,0 - 1,5 мм аспайды, ал ені  $b_{\text{щ}} = (2 - 8) d_{\text{из}}$  және жұқа сымдар үшін үлкенірек. Көрсетілген өлшемдерді қабылдағаннан кейін және паздардың санын және олардың диаметрін анықтағаннан кейін, масштабтағы якорь парағының сызбасын сызады (1.3.1-сурет).

Егер талап етілетін паздардың саны якорь парағына қойылса, үш қимаға арналған тістердің мөлшері анықталады.

Якорь тістерін бөлу

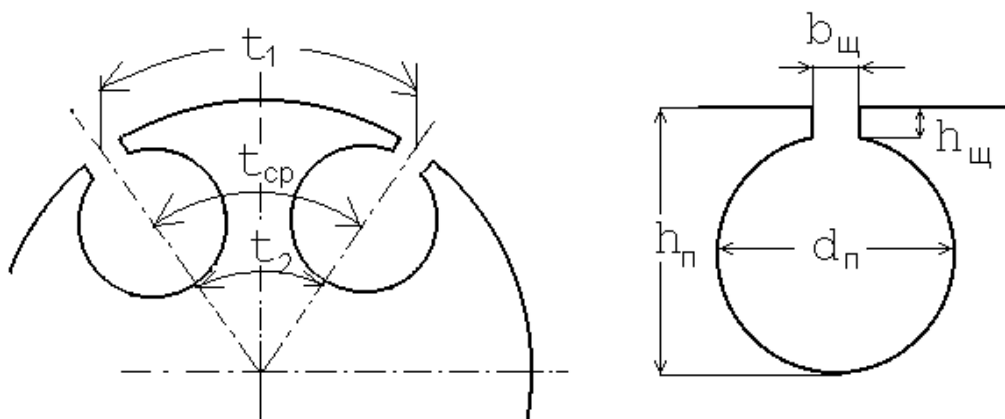
$$t_z = \pi D_a / Z. \quad (1.3.21)$$

Максималды тіс ені

$$b_{z1} = t_z - b_{\text{щ}}. \quad (1.3.22)$$

Паздың негізіндегі тіс ені

$$b_{z2} = t_2 = \frac{\pi [D_a - 2(d_{\text{п}} + h_{\text{щ}})]}{Z}. \quad (1.3.23)$$



1.3.1 сурет - Дөңгелек пішінді паз якорь

Орташа қимадағы паздың ені

$$b_{z_{\text{cp}}} = t_{\text{cp}} - d_{\text{п}} = \frac{\pi [D_a - (d_{\text{п}} + h_{\text{щ}})]}{Z} - d_{\text{п}}. \quad (1.3.24)$$

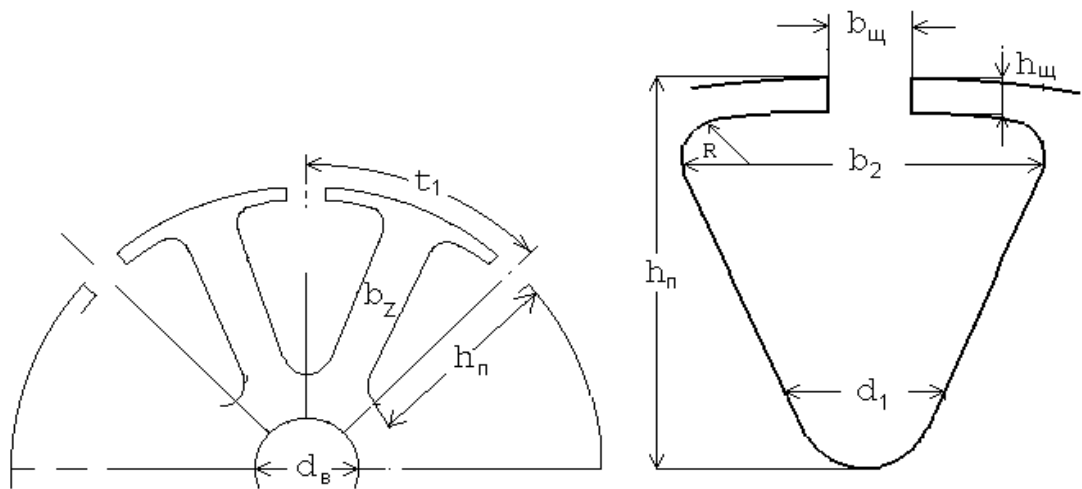
Осы бөлімдегі тістің минималды енін магниттік индукция шамасы тұрғысынан тексеру керек, өйткені тістің бүкіл ағымы тіс арқылы өтеді:

$$B_{z_m} = \frac{B_\delta t_z}{b_{z_{cp}} K_{3.c}}, \quad (1.3.25)$$

Мұнда,  $K_{3.c}$  – болат құю коэффициенті. Оның мәні қағаздың қалыңдығына және оқшаулау түріне байланысты. Қазіргі заманғы болаттар үшін өлшемі  $K_{3.c}=0,95-0,97$  (1.3.1 кестеде көрсетілген).

Төмен қуатты тұрақты ток машиналарының тістеріндегі магниттік индукцияның максималды мәні 1,8 Тл-дан аспайды, ал штамповканың техникалық жағдайына сәйкес якорь тістерінің ені кемінде 1,5 мм болуы керек.

Іс жүзінде талап етілетін аймақтың дөңгелек пазды жүзеге асыру мүмкін емес. Осылайша, жиі кездесетін якорь сопақ немесе трапецеидальдың паздары бар (2-сурет), бұл кішігірім ені бар паздың едәуір учаскелерін алуға мүмкіндік береді. Бұл пазды якорьлардың маңызды артықшылығы, алдыңғы жағдайдағы сияқты якорь тістерінің тұрақты ені болып табылады, ол кемінде 1,5 мм болуы тиіс.



1.3.2 сурет - Трапециялы пішіндес якорь паздары

Тістің ені магниттік индукция  $B_z$  өрнектің (1.3.25) рұқсат етілген мәндерінен есептелуі мүмкін.

Үлкен көлемде ойықтың өлшемін анықтау үшін якорь парағы көрсетіледі. Паздардың сандары белгілі болғанда якорьдің шеңбері секторлардың тиісті санына бөлінеді, ось бойымен қажетті ені бар якорь сол масштаб бойынша бейнеленеді.

Паздың шамамен биіктігі өрнекпен есептеледі

$$h_n = (D_a - d_b - 2 h_a), \quad (1.3.26)$$

$$h_n = (0,22 \div 0,3) D_a.$$

Тұрақты ток машиналарының білігінің диаметрі

$$d_b = (0,18 \div 0,24) D_a.$$

Якорь артының биіктігі осы бөлімдегі магниттік индукцияның рұқсат етілген мәндерінен таңдалады:

$$h_a = \frac{\alpha \tau B_\delta}{2 K_{3,c} B_a}, \quad (1.3.27)$$

Мұнда  $B_a$  – якорьдің артқы жағындағы магниттік индукция, оның ең жоғарғы мәні 1,5 Тл-дан аспауы керек.

Осылайша біліктің диаметрін, якорьдің артқы жағын және якорьдің диаметрін біетінімізді ескере отырып, паздың  $h_{п}$  биіктігін анықтай аламыз.

Сопак паздың максималды және минималды ені мынадай өрнектермен анықталған:

$$b_{п\text{ макс}} = \frac{3,14(D_a - 2h_{щ}) - b_z Z}{Z + 3,14}, \quad (1.3.28)$$

$$b_{п\text{ мин}} = \frac{3,14(D_a - 2h_{п}) - b_z Z}{Z - 3,14}, \quad (1.3.29)$$

паздың ортаңғы бөлігінің биіктігі

$$h_{12} = h_{п} - h_{щ} - b_{п\text{ макс}} / 2 - b_{п\text{ мин}} / 2. \quad (1.3.30)$$

Паздың үлгісіне сәйкес оның ауданы есептеледі, ол өткізгіштерді пазға орналастыру жағдайына қарай түзетіледі. Мәселен трапециалды паз үшін

$$S_{п} = h_{12} \left( \frac{b_{п\text{ макс}} + b_{п\text{ мин}}}{2} \right) + \frac{3,14}{8} \left( b_{п\text{ макс}}^2 + b_{п\text{ мин}}^2 \right). \quad (1.3.31)$$

Осыдан кейін, якорь тісінің өлшемін, атап айтқанда оның енін көрсете аламыз. Тістің енін жоғарылату оның магниттік индукциясының төмендеуіне әкеліп соғады, осылайша болат тістерінде жоғалудың төмендеуі, ЭҚК-нің орамасының қозуын азайтуға әкеліп соғады, және салмағы мен өлшемдерінің.

20.  $2p = 2$  кезінде якорь орамдарының өткізгіштерінің орташа ұзындығы

$$l_a = l_o + 1,2D_a \quad (1.3.32)$$

$2p = 4$  кезінде

$$l_a = l_o + 0,8D_a \quad (1.3.33)$$

21. Жылытылған күйде якорь орамасының кедергісі

$$R_a = K_{\Theta} \frac{N I_a}{4 \gamma_M S_a}. \quad (1.3.34)$$

Бұл өрнекпен  $\gamma_M = 57 \cdot 10^6 (Ом \cdot м)^{-1}$  – қоршаған ортаның температурасында мысдың электр өткізгіштігі. Мыстың температуралық коэффициенті

$$K_{\Theta} = 1 + 0,004 (\Theta - \Theta_{окр}), \quad (1.3.35)$$

Мұнда  $\Theta$  - жұмыстық температура,

$\Theta_{окр}$  – қоршаған ортаның температурасы,  $\Theta_{окр} = 20^{\circ}C$ .

22. Якорь орамасындағы кернеудің төмендеуі

$$\Delta U_a = I_a R_a. \quad (1.3.36)$$

$\Delta U_a$  мәні әдетте номиналды кернеудің 10 - 20% құрайды. Төменгі мәндер үздіксіз режимде жұмыс істейтін  $U_{ан} > 110$  В жоғары номиналды кернеулі машиналарға қатысты.

#### 1.4. Коллектор және шөткелік құрылғы

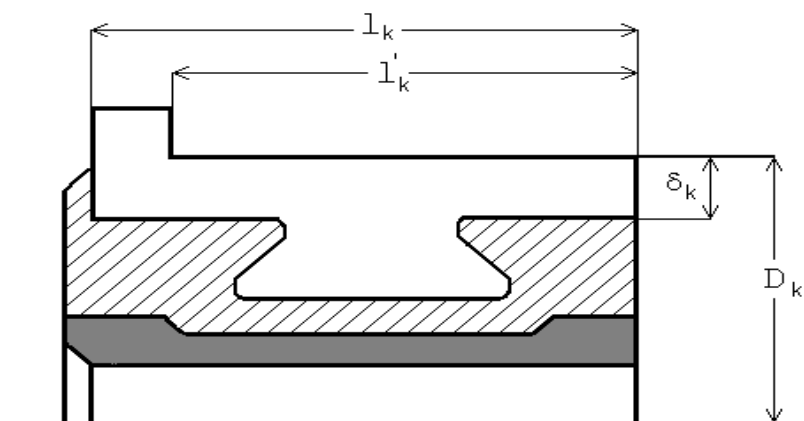
Қазіргі уақытта аз қуатты машиналарды пластикалық оқшаулаумен жасайды. Коллекторлық пластиналар «қарлығаш ұясы» түрінде қатты бұрғыланған мыстан, трапецея тәріздес қуыстары бар қимадан жасалады (1.4.1 сурет).

Кейбір коллекторлық пластиналар қалыңдығы 0,6-0,8 мм болатын тығыздағыштармен оқшауланады, көбінесе оқшаулау пластикалық коллекторлық пластиналарды бекіту үшін қолданылады.

Мыстың бүтін табақшаларын немесе мыс ұнтақтарының қолдану арқылы коллекторларды өндірудің неғұрлым озық технологиялары төмен қалдықтарға ие болып табылады.

Коллекторлық сақина қалыңдығы коллектордың тозуы мен одан кейінгі тесілуін және жасалуын ескере отырып таңдалады:

$$\Delta_k = (0,1 \div 0,2) D_k .$$



1.4.1 сурет - Тұрақты ток машинасының коллекторы

Коллектор машина білігінен оқшаулануға тиіс. Ол үшін оқшаулағыш пластик пайдаланылады.

Шөткелер мен қысымды серіппе, көп жағдайда, түтікшелі немесе қорапшалық шөтке ұстағыштарға орналасады.

Радиалды және реактивті шөтке ұстағыштар деп бөлінеді. Рационалды шөткеде шөткелер коллектордың бетіне перпендикуляр, ал реактивті шөткеде - сенімді қарым-қатынасты қамтамасыз ететін, коллектордың айналу бағыты бойымен орналасады. Айналысуға арналған шөтке ұстағыштары, әдетте, айналу бағыты бойынша қайтарылмайтын машиналарда қолданылады.

23. Коллектордың алдын-ала диаметрі

$$D_K = (0,5 \div 0,9) D_a.$$

24. Төмен қуаттағы машиналарда  $b_K$  жинағының пластинасының ені 2-5 мм деп есептеледі. Коллекторлық пластиналар оқшаулаудың қалыңдығы  $b_{из} = 0,6 - 0,8$  мм.

Коллекторлық бөлу

$$t_K = \frac{\pi D_K}{K}. \quad (1.4.1)$$

Дұрыс жобаланған коллектор үшін, мына теңдік қолдану қажет

$$t_K = b_K + b_{из}. \quad (1.4.2)$$

Коллекторлық табақтың (пластина) ені МемСТ 4134-75 сәйкес болуы керек.  $t_K$  анықталғаннан кейін коллектордың диаметрін (4.1) арқылы анықтайды.

Коллектордың айналу жылдамдығы

$$V_K = \pi D_K n / 60. \quad (1.4.3)$$

25. Төмен қуатты тұрақты ток машинасында коммутацияны жақсарту үшін қатты мыс-графит немесе электрографитті шөтке жиі пайдаланылады. Бұл машиналардың сенімділігін арттырады және тозуы аз.

Шөткелердің өлшемдері шөткенің әр түрі үшін рұқсат етілген тығыздық негізінде таңдалады, ол кең аралықтарда: 4,0 – 20,0 А/см<sup>2</sup> (көбінесе 10,0 – 15,0 А/см<sup>2</sup>). Содан кейін, шөткелер түрін таңдап, олар үшін ағымдағы тығыздықты  $J_{щ}$  анықтайды, шөткелер ауданын есептеуге болады:

$$S_{щ} = \frac{I_a}{\rho J_{щ}}. \quad (1.4.4)$$

Екінші жағынан,

$$S_{щ} = a_{щ} b_{щ}, \quad (1.4.5)$$

мұндағы  $a_{щ}$  – шөткенің осьтік ені;

$b_{щ}$  – коллектордың айналасындағы шөткенің ені, шамамен  $b_{щ} = (2 \div 3) b_K$ .

Шөткенің ені стандартты өлшемін таңдап алынады  $b_{щ}$  (МемСТ 122322.1-77), қажетті аймақты қанағаттандыратын шөткенің осьтік өлшемін  $a_{щ}$  анықтайды. Шөткенің осьтік ұзындығы да көрсетілген стандартты сақтауы керек. Шөткенің мөлшерін анықтағаннан кейін алынған ток тығыздығы (1.4.4) өрнегінің көмегімен анықталады. Тығыздығы таңдаулы түрдегі шөтке үшін рұқсат етілген мәннен аспауы керек.

26. Білік осі бойынша активті коллектордың ұзындығы

$$l'_K = (1,5 \div 2,0) a_{щ}.$$

Коллектордың толық ұзындығы

$$l_K = l'_K + (3 \div 5) d_a,$$

мұндағы  $d_a$  – якорь орамасының оқшауланбаған өткізгішінің диаметрі.

27. Коммутацияны тексеру. Төмен қуатты тұрақты ток машинасында ешқандай қосымша полюстер жасалмайды және шөтке тек геометриялық бейтарап сызыққа орнатылады. Соның салдарынан коммутациялық секцияда реактивті ЭҚК-і  $e_R$  және якорь өрісінен ЭҚК реакциясы  $e_a$

енгізіледі, ол да коммутация процесін баяулатады. Бұл ЭҚК-нің болуы шөткеледің жүгіру шетіндегі ток тығыздығын арттыруға алып келеді, демек, ұшқынның өсуіне де. Ұшқынның қарқындылығы коммутацияланған секциядағы жалпы ЭҚК-і шамасына байланысты,

$$e_p = e_R + e_a,$$

ол белгілі бір мәннен аспауы керек.

Реактивті ЭҚК-нің коммутациялық секциядағы орташа мәні берілген теңдеумен анықталады

$$e_R = 2 W_C \lambda AS l_0 V_a. \quad (1.4.6)$$

Сопақ және трапециялы формалы паздардың шашырау ағындарының үлестік магниттік өткізгіштігі  $\lambda$  келесі формуламен анықталады:

$$\lambda = \left[ 0,6 \frac{2h_{п1}}{b_{п1} + b_{п2}} + \frac{l_a - l_0}{l_0} + 0,92 \lg \left( \frac{\pi t_1}{b_{щ}} \right) \right] 10^{-6}, \quad (1.4.7)$$

мұнда  $b_{п1}$  мен  $b_{п2}$  – максималды және минималды паздың ені

Шөткені геометриялық бейтараптың желісіне орнатқан кезде якорь реакциясының ЭҚК-і

$$e_a = \frac{\mu_0 W_C AS \tau l_0 V_a}{\delta_a}, \quad (1.4.8)$$

мұнда  $\delta_a$  – аралық полюстік кеңістіктегі магнит өрісінің желісінің орташа ұзындығы,

$$\delta_a = \frac{\tau - b_0}{2}. \quad (1.4.9)$$

Төмен қуатты тұрақты ток машиналарының қолайлы түрде коммутациялау үшін, коммутациялық секциядағы нәтижелендіруші ЭҚК-і  $e_p$  1,5 В аспауы керек. Егер бұл шара орындалмаса, ауадағы айырмашылықтағы магниттік индукцияны ұлғайту арқылы немесе секциядағы орамдардың санын азайту немесе машинаның өлшемдерін сақтай отырып, желілік жүктемені азайту керек.

Коммутация процесіне полюстердің магнит өрісі әсер етеді, олардың коммутациялық аймағындағы мәні теория жүзіндегі нөлге тең болуы керек. Алайда, егер коммутация аймағының ені іргелес полюстердің полюстері арасындағы қашықтыққа жақын болса, олардың магнит өрісінің әсері коммутация аймағында сезіледі. Бұл әсерді болдырмау үшін,  $b_k$  коммутация аймағының енін белгілі бір өлшемдерге шектеу керек:

$$b_k = b'_{щ} + \left[ u_{п1} + \left| \frac{K}{2\rho} - y_1 \right| - \frac{a}{\rho} \right] t'_k, \quad (1.4.10)$$

мұнда  $b'_{щ}$  – якорьдың айналасына келтірілген шөткенің ені,

$$b'_{щ} = b_{щ} \frac{D_a}{D_k}; \quad (1.4.11)$$

$t'_k$  – коллектордың қадамы, якорьдің диаметріне келтірілген,



$$t'_k = t_k \frac{D_a}{D_k} . \quad (1.4.12)$$

Қолайлы коммутация үшін,

$$b_k \leq 0,8 (\tau - b_0). \quad (1.4.13)$$

### 1.5 Тұрақты ток машинасының магниттік жүйесі

Төмен қуатты тұрақты ток машиналардың магниттік тізбегі, әдетте, электртехникалық болаттан жасалады және полюстері статордың мойынтұрағымен бірге жасалады. Статордың магнитөткізгіштігі төменгі көміртекті болаттан тұтас түтікше арқылы жасалады. Бұл жағдайда машинаның полюстері бөлек дайындалады, сондай-ақ жұмсақ төмен көміртекті болаттан жасалады. Соңғы кезде полюстер ұнтақ ферромагниттік материалдардан басылады. Якорьдің магниттік өткізгіштігі төмендетілген кремнийлі электртехникалық болаттардан барлық жағдайында пайдаланылады, ол шығынды азайту үшін.

28. Геометриялық өлшемдерді анықтау.

Ауа ағыны:

$$\delta' = K_\delta \delta , \quad (1.5.1)$$

$K_\delta$  – ауаның саңылау коэффициенті (Картер коэффициенті),

$$K_\delta = \frac{t_z + 10\delta}{b_{z1} + 10\delta} . \quad (1.5.2)$$

Жүрекшенің полюсінің биіктігі  $h_{пл}$  алдын ала  $(0,24 \div 0,4) D_a$  тең деп алынады. Орамды орналастыру үшін терезенің қажетті аумағынан шығатын алынған  $h_{пл}$  мән қоздыру орамасын есептегеннен кейін оны нақтылай түсу керек.

Әдетте, аз қуатты тұрақты ток машиналары үшін полюстің осьтік ұзындығы якорь ұзындығына тең:

$$l_{пл} = l_0.$$

Полюстік жүрекшедегі магниттік индукция ұзақ режимде жұмыс істейтін машиналар үшін 1,2 - 1,5 Тл, қысқа уақыт жұмыс істейтін машиналарға 1,4 - 1,6 Тл деп есептеледі. Осы мәндерге сүйене отырып, полюстік өзекшенің көлденең қимасы

$$S_{пл} = \frac{\Phi_0 \sigma}{B_{пл}} , \quad (1.5.3)$$

мұнда  $\sigma$  – шашырау ағыны полюстік өзекшеден өтетінін ескергендегі, магнит ағынының шашырау коэффициенті. Бұл коэффициенттің мәні 1,08 – 1,12.

Полюсті өзекшенің ауданын есептегеннен кейін, оның енін анықтаймыз:

$$b_{пл} = \frac{S_{пл}}{l_{пл} K_{з.с}} . \quad (1.5.4)$$

Егер полюс тұтас болып орындалса, онда оның болатты толтыру коэффициенті  $K_{3.c} = 1,0$  тең.

Станинаның магнит сымының қимасы сол бөлімде рұқсат етілген магнит индукциясының  $B_{ст}$  мәні арқылы есептеледі және ол ұзақ уақыт режимінде жұмыс істейтін машиналар үшін 1,2 - 1,4 Тл, ал қысқа уақыт режимінде жұмыс істейтін машиналар үшін 1,5 Тл дейін алынады. Станина арқылы тұйықталатын магнит ағыны полюстің жарты ағынына тең, осыдан

$$S_{ст} = 0,5 \frac{\Phi_0 \sigma}{B_{ст}}. \quad (1.5.5)$$

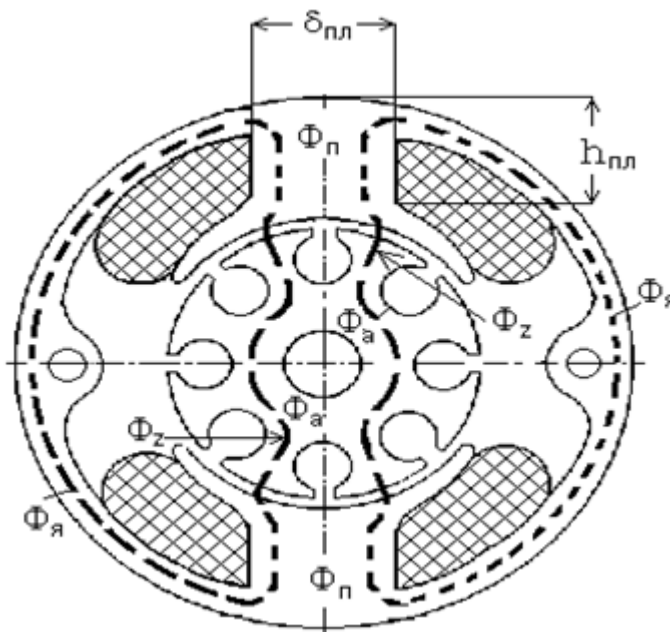
Қысқа уақыт жұмыс істейтін машиналарда үлкен индукциялық мәндер ұсынылады.

Станинаның өзекшесінің биіктігі

$$h_{ст} = \frac{S_{ст}}{l_{ст} K_{3.c}}. \quad (1.5.6)$$

Станинаның ұзындығы  $l_{ст}$  шихталған станиналы машинаның якорь ұзындығына тең деп алынады және полюсті машиналар үшін  $l_{ст} = l_0 + (3 - 5)$  мм. Құйылған болаттын жасалған станина үшін  $K_{3.c} = 1,0$ .

Берілген өлшемдерді есептегеннен кейін, масштабта магнит тізбегінің сызбасын сызады, сол арқылы магнит тізбегінің жеке бөлшектерінің ұзындығын анықтайды (4 сурет).



4 сурет- Тұрақты ток машинасының магниттік жүйесі

29. Тұрақты ток машинасының магнитқозғаушы күшін (МҚК) есептеу.

Ауалық саңылаудың МҚК-і

$$AW_{\delta} = 2 \frac{B_{\delta}}{\mu_0} \delta K_{\delta}. \quad (1.5.7)$$

Тістің аймағындағы МҚК, тістің бүкіл магниттік ағыны тіс арқылы өтеді деген болжам бойынша есептеледі. Егер бұл жағдайда тіктөртбұрышты пішіндегі паздар қолданылса, тістің ені айнымалы және магниттік индукция әр бөліктерде әр түрлі болады. Бұл жағдайда МҚК тістің үш түрлі қимасы - максималды, орташа және минималды үшін есептеледі:

$$B_{z_{\text{мин}}} = \frac{B_{\delta} t_z}{b_{z1} K_{3.c}}; \quad (1.5.8)$$

$$B_{z_{\text{ор}}} = \frac{B_{\delta} t_z}{b_{z_{\text{ср}}} K_{3.c}}; \quad (1.5.9)$$

$$B_{z_{\text{макс}}} = \frac{B_{\delta} t_z}{b_{z2} K_{3.c}}; \quad (1.5.10)$$

Электр болаттан таңдалған дәрежедегі магниттелген қисықтан магниттік индуктивтілік мәндерін есептеу (қосымшада) магнит өрісінің күштерінің сәйкес мәндерін анықтайды  $H_{z_{\text{мин}}}$ ,  $H_{z_{\text{ор}}}$ ,  $H_{z_{\text{макс}}}$ .

Тістерді МҚК-ін есептеу кезінде, олардың енін магниттік индукцияның максималды мәні 1,8 Т-дан аспайтындай етіп түзету қажет.

Тістің аймағы МҚК-і Симпсон формуласымен анықталады:

$$AW_z = 2 \frac{H_{z_{\text{мин}}} + 4H_{z_{\text{ор}}} + H_{z_{\text{макс}}}}{6} h_{\text{п}}. \quad (1.5.11)$$

Мұнда тістің биіктігі паздың биіктігіне тең деп есептеледі.

Аз қуатты машиналарға сопақ немесе трапецеидальды паздар жиі қолданылады. Бұл жағдайда барлық учаскелердегі тістің ені бірдей және есептеулер әлдеқайда қарапайым, өйткені магниттік индукция және тістің қандай да бір бөлігінде магнит өрісінің беріктігі бірдей:

$$B_{z_{\text{макс}}} = \frac{B_{\delta} t_z}{b_z K_{3.c}}; \quad (1.5.12)$$

$$AW_z = 2 H_z h_{\text{п}}. \quad (1.5.13)$$

Якорь жүрекшесіндегі МҚК-і. Якорь жүрекшесіндегі магнит индукциясының анықталған мәні

$$B_a = \frac{\Phi_o}{2h_a l_o K_{3.c}}. \quad (5.14)$$

Есептелген мән бойынша бөліктің якорьдің артқы жағындағы магнит өрісінің кернеу шамасы және сол бөліктегі МҚК-і электрлік болаттың магниттік индукциясы және магниттелген қисықтың есептік мәніне сәйкес, келесідей анықталады.

$$AW_a = H_a L_a, \quad (1.5.15)$$

мұндағы күштік магнит желісінің орташа ұзындығы

$$L_a = \pi \frac{(D_a - 2)(h_{\text{п}} - h_a)}{2p} + h_a. \quad (1.5.16)$$

Полус өзекшенің магниттік индукцияның шамасы келесі өрнекпен анықталады:

$$B_{\text{пл}} = \frac{\Phi_0 \sigma}{b_{\text{пл}} l_{\text{пл}} K_{3.c}}. \quad (1.5.17)$$

Полюстің материалының магниттелу қисығы және магниттік индукцияның алынған мәндері бойынша магнит өрісінің беріктігі анықталады және машинаның полюстерінің МҚК мәні есептеледі:

$$AW_{\text{пл}} = 2 H_{\text{пл}} h_{\text{пл}}. \quad (1.5.18)$$

Станинаның МҚК-і. Станинадағы магнит индукциясы

$$B_{\text{ст}} = \frac{\Phi_0 \sigma}{2 h_{\text{ст}} K_{3.c}}. \quad (1.5.19)$$

Станинадағы магнит өрісінің желісінің орташа ұзындығы

$$L_{\text{ст}} = \pi \frac{D_a + 2\delta + 2h_{\text{пл}}}{2\rho}. \quad (1.5.20)$$

Магниттік индукция  $B_{\text{ст}}$  есептелген мәні және станина материалының магниттелу қисықтары бойынша  $H_{\text{ст}}$  магнит өрісінің кернеулілігі және сәйкес келетін МҚК-і анықталады:

$$AW_{\text{ст}} = H_{\text{ст}} L_{\text{ст}}. \quad (1.5.21)$$

Егер полюстер жинақталған түрінде болса, станина мен өзекше полюстің арасындағы арақашықтық  $\delta_{\text{ст}} = (0,035 \div 0,05)$  мм болады. Бұл жағдайда осы айырмашылықты анықтайтын ЭҚК-ін анықтау қажет:

$$AW_{\delta_{\text{ст}}} = 2 \frac{B_{\text{пл}}}{\mu_0} \delta_{\text{ст}}. \quad (1.5.22)$$

Бос жүріс режимінде машинаның полюстер жұбы үшін нәтижелі МҚК:

$$AW_{\text{в}} = AW_{\delta} + AW_z + AW_a + AW_{\text{пл}} + AW_{\text{ст}} + AW_{\delta_{\text{ст}}}. \quad (1.5.23)$$

30. Тұрақты ток машиналары үшін бос жүріс сипаттамалары (б.ж.с.) - бұл өзгеріссіз айналу жиілігі мен якорь тогының болмаған кезінде қоздыру МҚК-нен якорь орамасының ЭҚК тәуелділігі.

Б.ж.с. есептеуі келесі ретпен жүзеге асырылады:

- $E$  якорь орамасының ЭҚК-нің еркін мәндері беріледі;
- магниттік ағынның сәйкес келетін мәндері есептеледі

$$\Phi_0 = \frac{60 E a}{p N n}; \quad (1.5.24)$$

- (2.1) өрнегі арқылы ауа ағынындағы магниттік индукцияның сәйкес келетін мәндері есептеледі;

- Магниттік тізбектің барлық бөліктері үшін МҚК-інің мәндері және жұп полюстердің қозғалысының жалпы МҚК-і мәні 29 пункттағы өрнекке сәйкес есептеледі.

31. Якорь реакциясының МҚК. Тұрақты ток машиналарының жүктемемен жұмысы кезінде орам өткізгіштері айналасында және якорь орамасы бойынша якорь өрісі деп аталатын магнит өрісі пайда болады. Тұрақты ток машиналарының жұмыс сипаттамалары машиналар арасындағы саңылаудан нәтижелік магниттік өрісі арқылы анықталады, яғни якорь өрісіне де тәуелді болады.

Қоздыру орамасы тудырған негізгі машина өрісіне якорьдің магнит өрісінің әсерін якорь реакциясы деп атайды.

Якорьдің магнит өрісін ескеру үшін, якорь реакциясының көлденең және бойлық реакциясының МҚК-ін қосып қарастыру ұсынылады.

Бұдан басқа, бір параллель тармақтан басқа құрылғыға магнит өрісіне ауысқанда, якорь секцияларында ағып жатқан токтарға әсер етеді. Коммутациялық токтардың МҚК-і баяулатылған немесе жылдамдатылған коммутациясы кезінде бойлық сипатқа ие болады.

Қанықпаған машинада көлденең МҚК магнит өрісінің шамасын өзгертпей-ақ, магнит өрісін бұзады. Машина қаныққан кезде якорьдің көлденең реакциясының МҚК-і магнит өрісін әлсіретеді.

Тұрақты ток машиналар белгілі бір және басқа да қаныққан дәрежеде қаншалықты жұмыс жасаса, тұрақты ток машинасының (қозғалтқыш немесе генератор) жұмыс істеу режиміне қарамастан, якорьдің көлденең реакциясы магниттелмеген сипатқа ие болады есептей аламыз.

Шөткеларды геометриялық бейтарап сызыққа орнатқан кезде якорьдің бойлық МҚК-і нөлге тең. Дегенмен, нақты машиналарда геометриялық бейтарап сызыққа шөткелар орнатылмайды; олар машинаның айналуы жүрісі бойынша ауысады. Осының нәтижесінде, генераторларда магниттелмейтін және қозғалтқыштарда магниттелетін сипатқа ие болатын, ескерілмейтін бойлық МҚК пайда болады. Тұрақты ток машиналарында қосымша полюссіз коммутациялық процесс баяу болып шығады, коммутациялық МҚК бойлық болып табылады, яғни машинаны қозғалтқыш режимінде магниттейді және генераторлық режимде магниттемейді. Қоздыру орамасы якорь реакциясы өрісін толтыруы керек болғандықтан, якорь реакциясының МҚК-і келесідей есептеледі:

қозғалтқыш үшін:

$$AW_R = AW_{aq} - AW_{ad} - AW_k, \quad (1.5.25)$$

генератор үшін:

$$AW_R = AW_{aq} + AW_{ad} + AW_k, \quad (1.5.26)$$

мұндағы  $AW_{aq}$  – көлденең якорь реакциясының МҚК;

$AW_{ad}$  – бойлық якорь реакциясының МҚК;

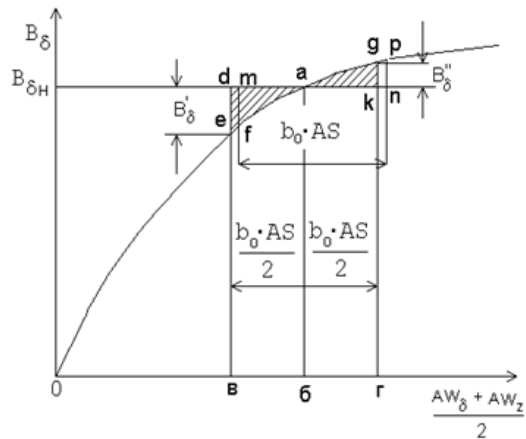
$AW_k$  – коммутациялық МҚК.

Көлденең магнит ағыны тіс аймағы мен машинаның ауалық саңылау арқылы тұйықталады, якорьдің көлденең реакциясын анықтау үшін магниттелудің өтпелі қисығы пайдаланылады (5сурет):

$$B_\delta = f(AW_\delta + AW_z)/2.$$

Осы қисық бойынша ординат осінің бойымен ауалық саңылауда магниттік индукцияның номиналды мәні (нүкте а) белгіленеді және сәйкес номиналды МҚК (нүкте б) анықталады. Бұл нүктенің сол және оң жағына якорьдің көлденең реакцияның МҚК-ін бейнелейтін бв және бг кесінділері МҚК масштабымен салынады:

$$|бв| = |бг| = AS \ b_0 / 2. \quad (1.5.27)$$



1.5.1 сурет - Тұрақты ток машинасының өтпелі сипаттамасы

Сондай-ақ, бв және бг сегменттерінің мәндері есептелген полюстік доғаның мәніне пропорционал, ал ординаттары магниттік индукцияға пропорционал болғандықтан, аде және агк қисықсыздықты үшбұрыштарының аудандары сәйкесінше якорь реакциясы азайғанда, магнит ағынының полюстің бір шетінде кемиді және оның екінші шетінде ұлғаяды. Осы үшбұрыштың аудандарындағы айырмашылық якорьдің көлденең реакциясының әсерінен машинаның магниттік ағынының азаюын анықтайды. Бұл магниттелмей әрекетін толтыру үшін қоздыру орамасының МҚК келесідей анықталған белгілі бір шамаға ұлғайту қажет. Тіктөртбұрыш оң жаққа қарай F және N үшбұрыштарының аудандары тең болғанға дейін жылжиды. Сонда якорьдің көлденең реакциясын өтейтін полюстердің әрбір жұбы үшін МҚК-тің шамасы келесі өрнекпен анықталады:

$$AW_{aq} = 2 mn.$$

Бұл мәнді басқа жолмен табуға болады. Симпсон формуласына сәйкес қисық сыздықты үшбұрыштар ауданын өрнектей отыра, алынған өрнектерді теңдестіру арқылы біз якорьдің көлденең реакциясының МҚК мәнін анықтай аламыз:

$$AW_{aq} \approx \frac{B'_\delta - B''_\delta}{6(B'_\delta + B''_\delta)} AS b_0. \quad (1.5.28)$$

Якорьдің бойлық реакциясының МҚК-і геометриялық бейтарап сызығынан шөткелердің жылжуына тәуелді және келесі өрнекпен анықталады:

$$AW_{ad} = 2 b_\beta AS, \quad (1.5.29)$$

$b_\beta$  – машинаны дайындау кезіндегі қателіктерге байланысты геометриялық бейтараптың сызығынан шөткелердің жылжуы  $b_\beta = 0,15 - 0,3$  мм болады.

Баяу коммутация кезінде пайда болатын бойлық коммутациялық МҚК коммутацияланатын ток шамасымен, индукцияланатын секциялардың индуктивтілігімен, шөткелердің өтпелі кедергісімен және якорьдің

бұрыштық жылдамдығымен анықталады. Машинаның номиналды тогы және номиналды айналу жиілігі кезінде коммутациялық МҚК-тің шамасы келесі өрнекпен жуықтап шығарғанда, төмендегідей болады:

$$AW_K = \frac{b_K AS_H}{1 + K_K} \left( 1 + \frac{0,2\pi\tau}{\delta_a \lambda} 10^{-6} \right), \quad (1.5.30)$$

мұндағы  $b_K$  – коллекторлық табақтың (пластинаның) ені;  
 $AS_H$  - якорьдің номиналды токтарындағы желілік токтың жүктемесі;  
 $K_K$  – шөткелерде кернеудің төмендеуін ескеретін коэффициент.

$$K_K = \frac{1,7\Delta U_{\text{ш}}}{4W_c V_a \lambda AS_H I_o}. \quad (1.5.31)$$

Жүктеме кезінде тұрақты ток машиналарының қоздыруда толық МҚК:

$$AW_{\Sigma \text{НАГР}} = AW_{\delta} + AW_z + AW_a + AW_{\text{пл}} + AW_{\text{ст}} + AW_{\delta \text{СТ}} + AW_R. \quad (1.5.32)$$

Электр қозғалтқыштар үшін якорь ЭҚК басында қозғалтқыштар мен параллель қоздырылған генераторлар үшін келесідей анықталады:

$$E = U - \Delta U_a - \Delta U_{\text{ш}} \quad (1.5.33)$$

және генераторлар үшін

$$E = U + \Delta U_a + \Delta U_{\text{ш}}. \quad (1.5.34)$$

Бос жүріс қисығы бойынша нәтижелік МҚК-  $AW_{\Sigma \text{КЫЗУ}}$  анықталады, содан кейін якорь реакциясын ескере отырып жалпы МҚК есептеледі:

$$AW_{\Sigma \text{КЫЗУ}} = \underline{AW_{\Sigma \text{КЫЗУ}}} + AW_R. \quad (1.5.35)$$

## 1.6 Қоздыру орамасын есептеу

### 6.1. Тізбектей қоздырылған электрқозғалтқышы

#### 32. Бір полюстегі қоздыру орамасының орамдар саны

$$W_B = \frac{AW_{\Sigma \text{КЫЗУ}}}{2I_a}. \quad (1.6.1)$$

#### 33. Қоздыру орамасы үшін алдын ала орамалық сымның қимасы

$$S_B = I_a / j_B, \quad (1.6.2)$$

мұндағы  $j_B$  - қоздыру орамасындағы ток тығыздығы. 1.6.1 - кестеге сәйкес номиналды моментке сәйкес таңдалады.

$$M_H = 9,55 P_H / n_H. \quad (1.6.3)$$

Сымның қимасын есептегеннен кейін МемСТ бойынша номиналды қима мен сымның диаметрі таңдалады, содан кейін қоздыру ток тығыздығының нақты мәнін есептейміз:

$$j_B = I_a / S_B. \quad (1.6.4)$$

#### 34. Қызған күйдегі ораманың қоздыру кедергісі

$$R_B = K_B \frac{2\rho W_B l_{cp}}{\gamma_M S_B}, \quad (1.6.5)$$

мұндағы  $l_{op}$  – орамның орамасының орташа ұзындығы, полюстік өзекшедегі орамның орналасу үлгісімен анықталады. Машинаның полюстері бекітілген кезде, айналымның орташа ұзындығы ( $b_0 - b_{пл}$ ) шамасында ұлғайтылуы керек.

35. Қоздыру орамасындағы кернеудің төмендеуі

$$\Delta U_B = I_a R_B. \quad (1.6.6)$$

36. Жүктеме кезіндегі якорь қозғалтқышының тізбектей қоздыру кезіндегі шамасы

$$E = U_H - \Delta U_a - \Delta U_{щ} - \Delta U_B. \quad (1.6.7)$$

Алынған ЭҚК-тің мәні алдын-ала таңдалған мәннен 3% -дан артық болмауы керек. Үлкен айырмашылық болған кезде қоздыру орамдарының орам санын реттеу керек. Осы мақсатта, қоздыру орамасының МҚК бос жүріс сипаттамасы бойынша және табылған ЭҚК мәні арқылы анықтайды, номиналды жүктеме кезінде якорь реакциясының МҚК-ін қосады, қоздыру орамдарының орам санын, оның кедергісін, кернеудің төмендеуін және  $E_a$  машинасының ЭҚК-ін мәнін нақтылайды.

1.6.1 кесте – Аз қуатты тұрақты токтың қоздыру орамасындағы ток тығыздығы ( $\times 10^6$  А/м<sup>2</sup>)

Номиналды момент $M_H$ , Нм	Жұмыс режимдері		Номиналды момент $M_H$ , Нм	Жұмыс режимі	
	Ұзақ мерзімді	Қысқа мерзімді		Ұзақ мерзімді	Қысқа мерзімді
Жабық орындау					
0,01	8,0	16,0	0,2	4,6	11,0
0,02	7,5	15,0	0,4	4,3	10,0
0,03	7,0	14,2	0,6	4,0	9,5
0,04	6,5	13,5	0,8	3,8	9,2
0,05	6,2	12,7	1,0	3,5	9,0
0,06	5,8	12,2	1,2	3,4	8,8
0,07	5,5	11,7	1,4	3,2	8,5
0,08	5,2	11,3	1,6	3,0	8,2
0,09	5,0	11,2	1,8	2,8	8,0
0,1	4,8	11,0	2,0	2,7	7,8
желдеткішпен орындау					
0,01	11,5	21,5	0,2	9,4	16,8
0,02	10,8	20,8	0,4	9,0	16,5
0,03	10,5	20,0	0,6	8,4	15,8
0,04	10,2	19,5	0,8	8,0	15,2
0,05	9,8	19,0	1,0	7,6	14,8



0,06	9,7	18,6	1,2	7,2	14,2
0,07	9,6	18,1	1,4	7,0	13,9
0,08	9,5	17,7	1,6	6,8	13,6
0,09	9,5	17,2	1,8	6,6	13,2
0,1	9,5	17,0	2,0	6,5	13,0

37. Қоздыру орамасын орналастыру үшін терезенің ауданы

$$S'_{\text{тер}} = \frac{W_B d_{B.ок}^2}{f_0}, \quad (1.6.8)$$

мұндағы  $f_0$  – өткізгіштер мен сымды оқшаулау арасындағы айырмашылықтарды ескеретін технологиялық коэффициент,  $f_0 = 0,8 - 0,84$ .

Қоздыру орамасы үшін терезенің нақты ауданын ықтимал орамдау қателіктерді есепке алу үшін 10 - 20% -ға көбеюі керек.

Терезе ауданының алынған мәні арқылы полюстік өзекшенің биіктігі көрсетіледі және қоздыру орамасының енін станина мен полюстің арасындағы терезеде қозу орамасы еркін орналасатындай етіп анықтайды.

6.2. Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток машиналары

Бұл жағдайда қоздыру орамасын есептеу мынадай ретпен асырылады:

38. Қоздыру тогының шамасы беріледі

$$I_B \approx (5 \div 10)\% I_a.$$

Қуаты төмен машиналар үшін токтың үлкен шамалары алынады.

Тұрақты ток машиналарының жұмыс істеу режиміне және оның жұмысына негіздей отыра, 3 кестеге сәйкес, қоздыру орамындағы  $j_k$  рұқсат етілген ток тығыздығының мәні таңдалады. Бұдан кейін қоздыру орамасының сымның көлденең қимасы келесі өрнекпен есептеледі:

$$S'_k = I_k / j_k. \quad (1.6.9)$$

$S'_k$ -дің табылған мәніне сүйене отырып, МемСТ-қа сәйкес келетін қоздырушы орамның маркасы, көлденең қимасы және диаметрі таңдалады.

39. Номиналды жұмыс режимі үшін қоздырғыштың МҚК білгеннен кейін  $AW_{\Sigma НАГР}$ , бір полюс үшін қоздыру орамасының орам санын есептейді:

$$W_B = \frac{AW_{\Sigma НАГР}}{2I_B}. \quad (1.6.10)$$

40. Өрнекке (1.6.5) сәйкес қыздырылған күйдегі қоздыру орамасының кедергісі есептеледі, желінің номиналды кернеулігінен - қоздыру тогының көрсетілген мәндері және бұрын қабылданған мәнге жақын болуы тиіс тығыздығы есептеледі.

Қоздыру орамасын орналастыру үшін қажетті терезе ауданын тізбектей қоздырылатын машиналарының ауданы сияқты есептеледі.

## 1.7 Тұрақты ток машиналарының шығындары және ПӘК-і

Тұрақты ток машиналарында шығынның келесі түрлерін қарастырады:

- якорь орамдары мен қоздыру шығындары;
- шөткелердегі шығындар;
- якорь болатындағы шығындар;
- механикалық шығындар;
- қосымша шығындар.

41. Якорь мен қоздыру орамдарының шығындары төмендегідей есептеледі:

Тізбектей қоздырылған тұрақты ток машиналары үшін

$$\Delta P_{\text{ма}} = I_a^2 R_a; \quad (1.7.1)$$

$$\Delta P_{\text{мв}} = I_a^2 R_B; \quad (1.7.2)$$

Параллель қоздырылатын машиналар үшін

$$\Delta P_{\text{мв}} = U_H I_B. \quad (1.7.3)$$

42. Шөткелердегі шығындар

$$\Delta P_{\text{ш}} = \Delta U_{\text{ш}} I_a. \quad (1.7.4)$$

43. Якорь болатындағы шығындарға якорь өзекшесінің және якорь тістеріндегі шығындар кіреді.

Болат якорьларының салмағы

$$G_{\text{с.а}} = 7800 [\pi (D_a - 2 h_{\text{п}})^2 l_0] / 4. \quad (1.7.5)$$

Якорь тістерінің салмағы

$$G_{\text{с.з}} = 7800 Z b_{\text{з.ор}} h_{\text{п}} l_0. \quad (1.7.6)$$

Якорь өзекшесінің болатындағы шығындар

$$\Delta P_{\text{с.а}} = p_{\text{менш}} B_a^2 f^{1.3} G_{\text{с.а}}. \quad (1.7.7)$$

Якорь тістеріндегі шығындар

$$\Delta P_{\text{с.з}} = p_{\text{менш}} B_z^2 f^{1.3} G_{\text{с.з}}. \quad (1.7.8)$$

Бұл өрнектерде болат топтары бойынша меншікті шығындар 1.5-тен 1.8-ге дейін ұлғаяды.

Статор болатындағы шығындар

$$\Delta P_{\text{с}} = \Delta P_{\text{с.а}} + \Delta P_{\text{с.з}}. \quad (1.7.9)$$

44. Жалпы механикалық шығындарға коллектордағы шөткелердің үйкеліс шығындары, мойынтіректердегі үйкеліс шығындары және ауадағы үйкеліс шығындары жатады.

Коллектордағы шөткелердің үйкеліс шығындары

$$\Delta P_{\text{үй}} = 9,81 K_{\text{үй}} P_{\text{ш}} S_{\text{ш}} V_{\text{к}}, \quad (1.7.10)$$

мұнда  $K_{\text{үй}}$  – коллектордағы шөткетардың үйкеліс коэффициенті,  $K_{\text{үй}} = 0,2 - 0,25$ .

$P_{\text{ш}}$  – шөткелердің меншікті басылу,  $P_{\text{ш}} = 1,96 - 2,35 \text{ Н/м}^2$  көмір мен көмір-графит щеткелер үшін;  $P_{\text{ш}} = 2,0 - 4,0 \text{ Н/м}^2$  электрграфитталған шөткелер үшін;  $P_{\text{ш}} = 1,5 - 2,0 \text{ Н/м}^2$  мысты-графитталған шөткелер үшін;  $P_{\text{ш}} = 1,7 - 2,2 \text{ Н/м}^2$  қола-графитталған шөткелер үшін.

$S_{\text{ш}}$  – барлық шөткенің беті;

$V_{\text{к}}$  – коллектордың айналу жылдамдығы.

Мойынтірекердегі үйкеліс шығындары

$$\Delta P_{\text{үй.мой}} = K_{\text{ш}} G_a n \cdot 10^{-3}. \quad (1.7.11)$$

Аз қуатқа арналған мойынтірекері бар электр машиналары үшін  $K_{\text{ш}} = 1 - 3$ . Үлкен мәндер төменгі қуатты машиналарына жатады.

Якорьдің  $G_a$  салмағы келесі формуламен есептеледі:

$$G_a = 1000 \pi (D_a^2 l_o \gamma_a + D_k^2 l_k \gamma_k) / 4. \quad (1.7.12)$$

Бұл өрнекте якорьдің орташа салмағы  $\gamma_a = 7800 \text{ кг/м}^3$ , коллектордың көлемдік салмағы  $\gamma_k = 8900 \text{ кг/м}^3$ .

Айналу жиілігі 12000 айн/мин болатын төмен қуатты машиналар үшін ауа үйкелісінде шығындар келесі формула бойынша есептелуі мүмкін:

$$\Delta P_{\text{үй.ай}} = 2 D_a^3 n^3 l_o 10^{-6}; \quad (1.7.13)$$

$n > 12000$  айн/мин кезінде

$$\Delta P_{\text{үй.ай}} = 0,3 D_a^5 (1 + l_o / D_a) n^3 \cdot 10^{-6}. \quad (1.7.14)$$

Толық механикалық шығындар

$$\Delta P_{\text{мех}} = \Delta P_{\text{үй.щ}} + \Delta P_{\text{үй.мой}} + \Delta P_{\text{үй.ай}}. \quad (1.7.15)$$

45. Машинадағы толық шығындар

$$\Delta P_{\Sigma} = \zeta_o (\Delta P_{\text{ма}} + \Delta P_{\text{мв}} + \Delta P_{\text{щ}} + \Delta P_{\text{с}} + \Delta P_{\text{мех}}), \quad (1.7.16)$$

Мұндағы  $\zeta_o = 1,1 - 1,2$  коэффициенті қосымша шығындарды ескереді.

46. Номиналды жүктеме кезінде қозғалтқыштың ПӘК-і:

$$\eta_{\text{н}} = \frac{U_{\text{н}} I_{\text{н}} - \Delta P_{\Sigma}}{U_{\text{н}} I_{\text{н}}} 100\%. \quad (1.7.17)$$

Генератор үшін ПӘК-і:

$$\eta_{\text{н}} = \frac{U_{\text{н}} I_{\text{н}}}{U_{\text{н}} I_{\text{н}} + \Delta P_{\Sigma}} 100\%. \quad (1.7.18)$$

(7.17), (7.18) өрнектерінде тізбектей қоздырылған қозғалтқыштар үшін –

$I_{\text{н}} = I_a$ , параллель қоздырылған қозғалтқыштар үшін -  $I_{\text{н}} = I_a + I_B$ ; параллель қоздырылған генераторлар үшін -  $I_{\text{н}} = I_a - I_B$ .

Егер электрқозғалтқыштың номиналды қуаты  $P_{\text{н}} = U_{\text{н}} I_{\text{н}} - \Delta P_{\Sigma}$  берілген мәннен өзгеше болса, онда номиналды ток якорьінің өлшемін қайта есептеу керек:

$$I_a = 0,5 A - (0,25 A^2 - B). \quad (1.7.19)$$

Тізбектей қоздырылған электрқозғалтқыштары үшін

$$A = \frac{U / \xi_o - \Delta U_{\text{щ}}}{R_a + R_B}; \quad B = \frac{P / \xi_o + \Delta P_{\text{с}} + \Delta P_{\text{мех}}}{R_a + R_B}; \quad (1.7.20)$$

параллель қоздырылған қозғалтқыштар үшін

$$A = \frac{U / \xi_o - \Delta U_{\text{щ}}}{R_a}; \quad B = \frac{P / \xi_o + \Delta P_{\text{с}} + \Delta P_{\text{мех}} + U I_B (1 - 1 / \xi_o)}{R_a}. \quad (1.7.21)$$

Токтын жаңа мәнін анықтағаннан кейін, шығын мәндерін  $\Delta P_{\text{ма}}$ ,  $\Delta P_{\text{мв}}$ ,  $\Delta P_{\text{щ}}$ ,  $\Delta P_{\Sigma}$  қайта есептеу керек, сондай-ақ қозғалтқыштың ПӘК мәнін есептеу қажет.

47. Тұрақты ток қозғалтқышының жұмыс сипаттамалары.  $I = f(M)$ ;  $P_1 = f(M)$ ;  $P_2 = f(M)$ ;  $n = f(M)$ ;  $\eta = f(M)$  тәуелділіктері жұмыс сипаттамалары деп аталады.

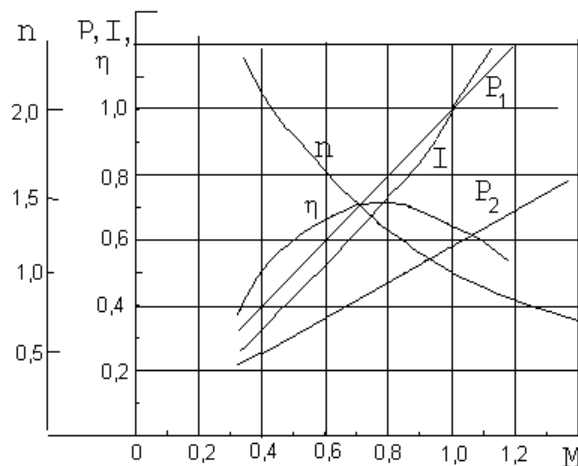
Электрмагниттік моменттің шамасы келесі өрнекпен есептеледі

$$M = \frac{\rho N}{2a\pi} \Phi I. \quad (1.7.22)$$

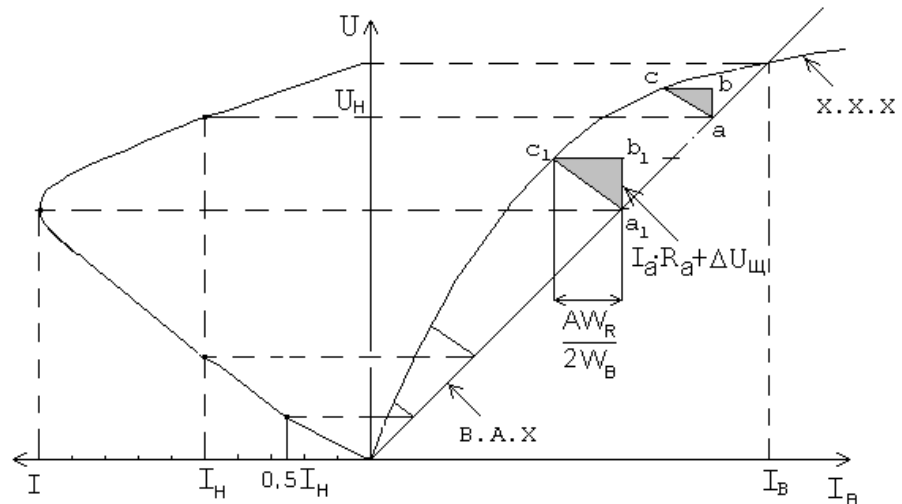
48. Параллельді қоздырылған тұрақты ток генераторы үшін сыртқы сипаттамалар тұрғызылады - кернеудің ток жүктемесіне тәуелділігі  $U = f(I)$  кезінде  $R_k = \text{const}$ .

Параллель қоздырылған генератордың сыртқы сипаттамасын тұрғызу үшін қоздыру орамасының орамаларының белгілі саны үшін  $E = f(AW_k)$  қисық бойында сызылған  $E = f(I_k)$  бос жүріс сипаттамасы болуы керек. Сонымен бірге, осьтерде бос жүріс сипаттамасымен бірге қоздыру тізбегінің  $U_k = I_k R_k$  вольт-амперлік сипаттамасы тұрғызылады.

Осы сипаттамалардың қиылысуында (1.7.1 сурет) бос жүріс режиміне ие болады, якорь тогы  $I_a$  нөлге тең болғанда, ал кернеу  $U_0$  бос жүріс кернеуіне тең болады. Көрсетілген нүкте генератордың сыртқы сипаттамасының бірінші нүктесі болып табылады. Якорь тогы көтерілген сайын, якорь тізбегіндегі кернеу  $\Delta U_a = I_a R_a + \Delta U_{ш}$  және якорь реакциясының МҚ көбейеді төмендейді. Бұл шамалар сипаттамалық деп аталатын  $\Delta ABC$  тікбұрышты үшбұрыштың катеттері болып табылады. Оның жоғары нүктелерінің бірі (А нүктесі) бос жүріс сипаттамасына жатады, ал басқа нүктесі (С нүктесі) қоздыру тізбегінің вольт-амперлі сипаттамасында жатады және сонымен қатар берілген якорь тогы үшін генератордың кернеуінің мәнін анықтайды.



1.7.1 сурет – Тізбектей қоздырылған қозғалтқыштың жұмыстық сипаттамасы



1.7.2 сурет - Параллель қоздырылған генератордың сыртқы сипаттамасы

Сыртқы сипаттамасы келесідей тұрғызылады:

- номиналды якорь тоғы үшін якорь тізбегіндегі  $\Delta U_a = I_a R_a + \Delta U_{\text{щ}}$  кернеуінің және якорь реакциясына эквивалентті қоздыру тоғы  $AW_R / (2 W_{\kappa})$  төмендеуі, яғни сипаттамалық үшбұрыштың катеті анықталады;

- алынған үшбұрышты бос жүріс сипаттамаларының қисықтарының және вольт-амперлі сипаттамалардың қисықтарының арасына, оның бастары осы қисықтарға жататындай етіп орналастырады;

- сипаттамалық үшбұрышты тұрғызу кезінде өменгі шыңының ординатына тең кернеу мәні, номиналды токқа сәйкес келетін сыртқы сипаттаманың келесі нүктесі алынады;

- токтардың басқа мәндеріне сәйкес келетін сыртқы сипаттамалардың нүктелері токтардың берілген мәндеріне пропорционалды сипаттамалы үшбұрыштарды салу кезінде ұқсас жолмен табады.

### 1.8 Аз қуатты тұрақты ток машинасының жылуын есептеу

Электр машиналарының элементтеріндегі шығындар жылуға ауысады, бұл олардың қызуын және қоршаған кеңістікте таратылуын тудырады. Машина бөлшектерінің температурасы арта бастағанда олардың жылу бөлінуі де артады, соның салдарынан температура шексіздікке ұласпайды, бірақ тұрақты мәнді қабылдайды. Бұл жағдайда, машинадан шығатын жылу қоршаған ортаға толығымен ауысады. Тұрақты күйдегі температураның мәні машина өлшемдері мен шығындардың қуатымен анықталады және оқшаулаудың жылу тұрақтылығына сәйкес болуы керек. Төмен қуатты машиналарда жылудың барлық факторларын және жылу беру жағдайларын нақты есепке алу қиын болғандықтан, машина элементтерінің қоршаған ортаның температуралық жоғарылауын есептеу шамамен жуықтау әдістерімен жүзеге асырылады.

49. Якорьдің температурасының артуы. Есептеу кезінде якорь орамасында пайда болатын барлық жылу якорь болатының оқшауламасы арқылы беріледі деп есептеледі. Сондықтан, ауа үйкелісінен болатын шығындар, якорь болатындағы, орамдағы шығындармен анықталатын якорьдің жалпы шығыны оның бетіндегі ауаны салқындату арқылы жойылады.

Орныққан күй жағдайында якорь орамасының орташа температуралық көтерілуі келтірілген өрнекпен анықталады:

$$\Theta_a = \frac{\left(1 + \alpha_a b_{z1} \frac{\beta}{\lambda' \Pi}\right) w_{m.a} + w_{c.a} + w_{тр.в}}{\alpha_a b_{z1}}, \quad (1.8.1)$$

мұндағы  $\alpha_a$  – якорьдің сыртқы бетінен алынған нәтижелік жылу беру коэффициенті, Вт/(м<sup>2</sup>·К),

$$\alpha_a = \alpha' (1 + 0.1 V_a), \quad (1.8.2)$$

$\alpha'$  – бекітілген якорьдің сыртқы бетінің жылу беру коэффициенті, жабық типтегі машиналар үшін  $\alpha' = 14 - 18$  Вт/(м<sup>2</sup>·К); қорғалған желдеткішті машиналары үшін  $\alpha' = 36 - 44$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$b_{z1}$  – якорьдің жоғарғы тісінің ені;

$\beta$  – мыстан бастап паз қабырғасына дейінгі оқшаулаудың жалпы қалыңдығы;

$$\beta = \beta_1 + \beta_2, \quad (1.8.3)$$

мұндағы  $\beta_1$  – пазды оқшауламаның қалыңдығы және оқшауламаның бір жақты өткізгішінің қалыңдығы;

$\beta_2$  – паздағы өткізгіштердің орам аралық баламасы;

$$\beta_2 = \frac{m_a d_{a.из}}{4 K_c}; \quad (1.8.4)$$

мұндағы  $m_a$  – орташа ені бойынша бірқатар өткізгіштердің саны;

$d_{a.из}$  – оқшауланған өткізгіштің диаметрі;

$K_c$  – келесі өрнекпен анықталатын коэффициент.

$$K_c = 1 + 4 (d_a / d_{a.из} - 0,4); \quad (1.8.5)$$

мұндағы  $\lambda'$  – пазды оқшаулама және орамдар арасындағы жылу өткізгіштік коэффициенті;

$$\lambda' = (0,12 - 0,13) \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$$

$\Pi$  – паздың периметрі;

$w_{m.a}$  – бірлік ұзындықта якорь орамасындағы мыстың меншікті шығындары.

$$w_{m.a} = \frac{\Delta P_{m.a}}{Z l_a}; \quad (1.8.6)$$

$w_{c.a}$  – бірлік ұзындықта болат якорьдің меншікті шығындары;

$$w_{c.a} = \frac{\Delta P_c}{Z l_o}; \quad (1.8.7)$$

$w_{\text{үй.в}}$  - якорьдің бірлік ұзындығына, ауадағы якорьдің меншікті үйкеліс шығыны;

$$w_{\text{тр.в}} = \frac{\Delta P_{\text{үй.в}}}{Z l_0}. \quad (1.8.8)$$

50. Коллектор температурасының асып кетуі. Коллектордағы жалпы шығындар

$$\Delta P_K = \Delta P_{\text{ш}} + \Delta P_{\text{үй.ш}}. \quad (1.8.9)$$

Коллекторды салқындату беті

$$S_{\text{к.сал}} = \pi D_K l_K. \quad (1.8.10)$$

Қоршаған ортаның температурасы бойынша коллектордың орташа температурасының көтерілуі

$$\Theta_K = \frac{\Delta P_K}{\alpha_K (1 + 0,1 V_K) S_{\text{к.сал}}}, \quad (1.8.11)$$

Мұндағы  $\alpha_K$  – коллектордың жылу беру коэффициенті,  $\alpha_K = 40 - 70$  Вт/(м<sup>2</sup> · К).

51. Қоздыру орамасы температурасының асып кетуі. Бір катушкадағы қоздыру орамасынданың шығындары

$$w_{\text{м.в}} = \Delta P_{\text{м.в}} / 2p. \quad (1.8.12)$$

Жылжымалы полюстері бар машина үшін бір катушкалы қоздыру орамасының салқындатқыш беті

$$S_{\text{к.сал}} = 2 (b_{\text{ПЛ}} + l_{\text{ПЛ}} + 4 \delta_K) h_K + 2 (b_{\text{ПЛ}} + 2 \delta_K) \delta_K, \quad (1.8.13)$$

шихталған станинасы бар машиналарға арналған

$$S_{\text{к.сал}} = (b_0 + b_{\text{ПЛ}} + 2l_{\text{ПЛ}} + 8 \delta_K) h_K + (b_0 + b_{\text{ПЛ}} + 4 \delta_K) \delta_K. \quad (1.8.14)$$

Мына теңдеулерде:  $b_{\text{ПЛ}}$  және  $l_{\text{ПЛ}}$  - полюстік өзекшенің ені мен ұзындығы;

$\delta_K$  и  $h_K$  – қоздыру орамасы катушкаларының ені мен биіктігі.

Қоршаған ортаның температурасынан ораманың орташа температурасының көтерілуі

$$\Theta_B = \frac{w_{\text{м.в}}}{\alpha'_0 S_{\text{к.сал}}}, \quad (1.8.15)$$

мұндағы  $\alpha'_0$  - қоздыру орамасының катушкаларының жылу беру коэффициенті, жабық орындалған машиналар үшін  $\alpha'_0 = 26 - 30$  Вт/(м<sup>2</sup> · К); қорғалған желдеткішті машиналары үшін  $\alpha'_0 = 52 - 60$  Вт/(м<sup>2</sup> · К).

Электр машиналарының элементтерінің қоршаған ортаның температурасынан ( $\Theta_{\text{окр}} = 40^0$  С) жоғары температура шектері үшін есептелген мәндері таңдалған оқшаулама класы үшін рұқсат етілген мәннен аспауға тиіс.

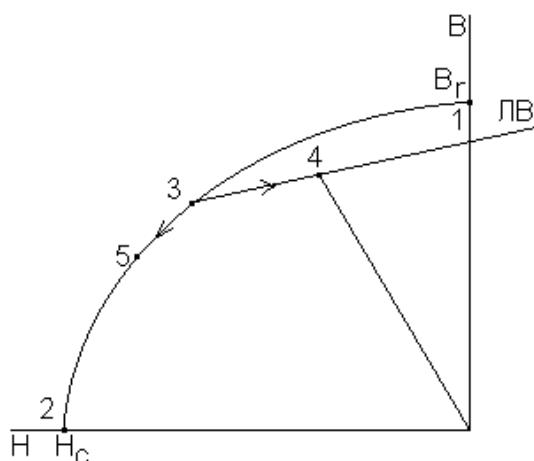
## 1.9 Тұрақты ток машиналарын қоздыру үшін тұрақты магнитті есептеу

Тұрақты ток машинасында тұрақты магниттерді пайдалану

машиналардың мөлшерін азайтуға және олардың ПӘК арттыруға өте тиімді болып табылады.

Тұрақты ток магниті бар тұрақты ток машинасын есептеу қоздыру орамалары бар машиналар сияқты әдістермен жүзеге асырылады. Есептеудің ерекшелігі магнит өлшемдерін оның белгілі параметрлері кезінде дұрыс таңдау болып табылады.

Тұрақты магнит тұйық магнитөткізгіштік үлгілері үшін алынатын магниттелмеудің қисық сызығымен сипатталады, 1.9.1 суретте көрсетілген.



1.9.1 сурет -Тұрақты магниттің магниттелмеу қисығы

Егер магниттелмеу болмаса, магниттің жұмыс режимі магниттелмеу қисығы бойынша 1 нүктеде ( $B_r, 0$ ) анықталады. Бұл нүктеде магниттік индукцияның мәні қалдық индукция  $B_r$  деп аталады.

Магнитті магниттемеу үшін қажет болатын магнит өрісінің максималды кернеулігі үшін қажетті магнит өрісінің максималды қарқындылығы мәжбүрлі күш  $H_c$  деп аталады, ал бұл жағдайда магниттің жұмыс режимі 2- нүктеде ( $0, H_c$ ) анықталады. Егер тұрақты магнитте ауалық саңылауға ие болса, онда саңылаудағы магниттік индукция және магниттің өзінде де магниттік индукциясы қалдықтан аз болады, өйткені оның магнит қозғалтқыш күші магнит өзекшесімен және саңылау арасында таралады. Ауалық саңылаудың болуы ағымның орамасының магниттелмеу әрекетіне тең. Тұрақты магниттің саңылаумен жұмыс жасау орны магниттелмеу қисық сызығында 3 нүктеде орын алады.

Қайта магниттелу кезінде пайда болатын қайтымсыз процестерге байланысты магниттелу негізгі қисық бойымен емес, жеке айналада (3,4 нүктелер) болады. Есептеулер үшін жеке циклдар қайтару сызығы(ҚС) деп аталатын түзу сызықпен ауыстырылады. Магниттің магниттелмеу процестерінің сипаты магниттелмеудің магнит қозғалтқыш күшінің шамасымен анықталады. Магнит қозғаушы күштерінің төменгі мәндерінде магниттелмеу қайта оралу сызығының 3 нүктесінде жүреді.

Егер магнит қозғаушы күші айтарлықтай болса, онда магниттелмеу процесі алдымен қайтару сызығының 3 нүктесінде орын алады, содан кейін



негізгі магниттелмеу қисығы бойымен (5 нүкте) өтеді. Кейінгі жағдайда орын алатын магниттелу режимдері қайтудің жаңа сызығында 5 нүкте пайда болады.

Тұрақты ток машинасының магниттік сұлбасы жұмыс нүктесі тік қайтудың ортасында орналасатындай етіп есептеледі және магнит қозғаушы күшінің ықтимал тербелісі оны қайтару сызығынан тыс жүргізбейді.

Қайтару сызығының көлбеуі қайтарудың магнит өткізгіштігі арқылы анықталады:

$$\mu B = \Delta B / \Delta H. \quad (1.9.1)$$

$\mu B$  мәні - ( $B_r, 0$ ) нүктедегі магниттелмеу қисығына қатысты көлбеумен жеткілікті дәлдікпен анықталады.

Магниттелмеу қисығы бойынша әр түрлі нүктелеріне магниттің меншікті нергиясының да әртүрлі мәндері сәйкес келеді:

$$W_M = 0,5 B H. \quad (1.9.2)$$

Меншікті энергияның магнит кернеулілігінен тәуелділігі 1.9.2 суретте көрсетілген. Суретте көрсетілгендей,  $H_0$  кернеулілігі кейбір мәндерде ( $B_0, H_0$ ) координатындағы А нүктесінде меншікті энергияның максимумы байқалады. Магниттік жүйе магниттің жұмыс режимі максималды нүктеге жақын болу үшін жобалану керек.

Тұрақты магниттері бар магниттік жүйелерді есептеу үшін, магниттелмеу қисығының аналитикалық сипаттамасы болуы керек.

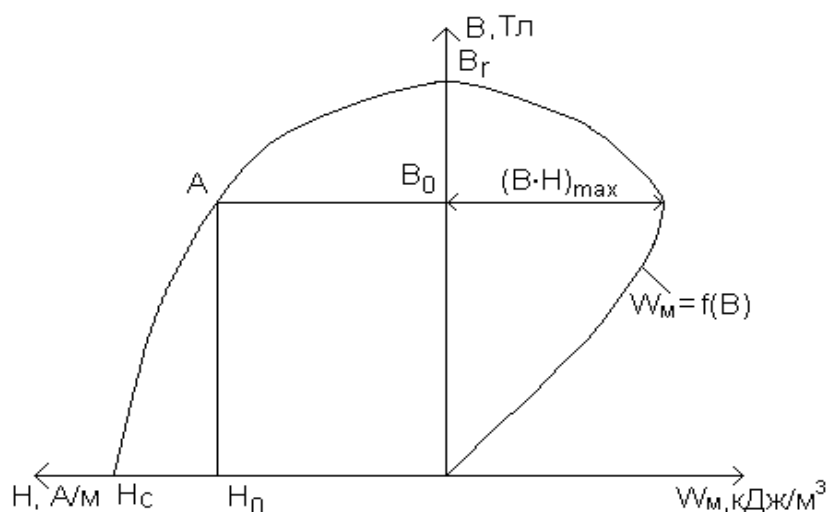
Көбінесе, бұл тәуелділік гиперболаның түрінде көрсетіледі:

$$B = B_r \frac{H_c - H}{H_c - a H}. \quad (1.9.3)$$

Бұл өрнекте «а» коэффициенті магниттелмеу қисық сызығына тәуелді және  $\gamma$  коэффициенті бойынша өрнектеліп көрсетілген:

$$a = \frac{B_R}{B_S} = \frac{2\sqrt{\gamma} - 1}{\gamma}, \quad (1.9.4)$$

мұндағы  $\gamma = \frac{B_0 H_0}{B_r H_c}.$

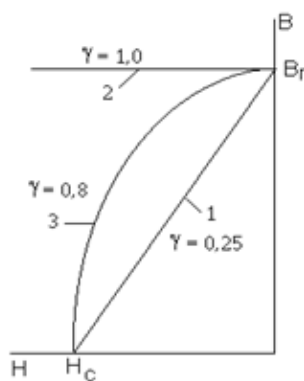


1.9.2 – сурет Тұрақты магниттің меншікті энергиясы

$B_0$  және  $H_0$  - магниттелмеу қисық сызығындағы тұрақты магнит энергиясының максимумына сәйкес келетін нүктенің координаты.

Тұрақты магниттердің магниттелмеу қисығының коэффициенттер шамасы  $0,25 \leq \gamma \leq 0,9$ .  $\gamma = 0,25$  коэффициенті кезінде  $a = 0$ .

$$B = B_r \frac{H_c - H}{H_c} \quad (1.9.6)$$



1.9.3 сурет- Тұрақты магниттің магниттелмеу қисығы

$\gamma = 1$  коэффициенті кезінде  $a = 1$  және гипербола  $B = B_r$  түрге ие болады.

Яғни, магниттелмеу қисығына тәуелді, көлденең түзуге ие болады.

$\gamma = 0,5$  коэффициенті кезінде  $a = 0,8$  және гипербола шеңберге жақын болады (1.9.3 суретте, 3 қисық).

Магниттелмеу қисығының коэффициенті тұрақты магнит материалымен анықталады және барий магниттері үшін  $\gamma = 0,316 - 0,390$ , метоллокерамика үшін  $\gamma = 0,36 - 0,64$ , ЮНДК қорытпалары үшін  $\gamma = 0,5 -$

0,9, жердің сирек элементтеріне негізделген магниттер үшін  $\gamma = 0,27 - 0,3$  тең.

### 1.9.1 Сыртқы магнит тізбегімен тұрақты магниттердің жұмысы

Ең қарапайым магниттік сұлба тұрақты магниттен, екі ауалық саңылаудан және сыртқы магнитөткізгіштерден тұрады.

Тұрақты магнитпен туған магниттік ағын ауалық саңылау мен сыртқы магниттік сұлбадан өтетін негізгі ағыннан, сондай-ақ, магнит полюстері арасында ауа арқылы тұйықталатын, шашырау ағынынан тұрады.

Магнитке қатысты бұл ағындар сыртқы болып табылады және олардың қосындысы тұрақты магнит ағынына тең болуы керек.

$$\Phi_M = \Phi_{\text{сырт}} = \Phi_\delta + \Phi_\sigma. \quad (1.9.7)$$

Шашырау ағынының шамасы магниттің МҚК пропорционалды деп саналады:

$$\Phi_\sigma = \lambda_\sigma F_M. \quad (1.9.8)$$

Магнит тізбегі үшін жалпы ток заңына сәйкес, келесі қатынас дұрыс болып саналады:

$$2 H_M l_M + 2 H_\delta \delta + 2 H_{\text{СТ}} l_{\text{СТ}} = 0. \quad (1.9.9-1.9.10)$$

Мұндағы  $I_M$  және  $I_{\text{СТ}}$  - сыртқы магнитөткізгішінің магнитінің ұзындығының жартысы.

Олай болса,

$$F_M = - (F_\delta + F_{\text{СТ}}) \text{ немесе модульмен } |F_M| = |F_\delta + F_{\text{СТ}}|. \quad (1.9.11)$$

Магнит ағыны магниттік индукцияға пропорционалды болғандықтан, магнит өрісінің қарқындылығы, МҚК, тұрақты магниттің дмагниттелмеу қисығы ( $\Phi$ ,  $F$ ) координат осьтерінде бейнеленуі мүмкін. Сол осьтерде тәуелділіктерді құруға болады.  $\Phi_\delta = f(F_{\text{сырт}})$  және  $\Phi_\sigma = f(F_M)$ :

$$F_{\text{сырт}} = \Phi_\delta \left( \frac{\delta}{\mu_0 S_\delta} + \frac{l_{\text{СТ}}}{\mu_{\text{СТ}} S_{\text{СТ}}} \right), \quad (1.9.12)$$

Осыдан:

$$\Phi_\delta = \frac{F_{\text{сырт}}}{\frac{\delta}{\mu_0 S_\delta} + \frac{l_{\text{СТ}}}{\mu_{\text{СТ}} S_{\text{СТ}}}}.$$

(1.9.13)

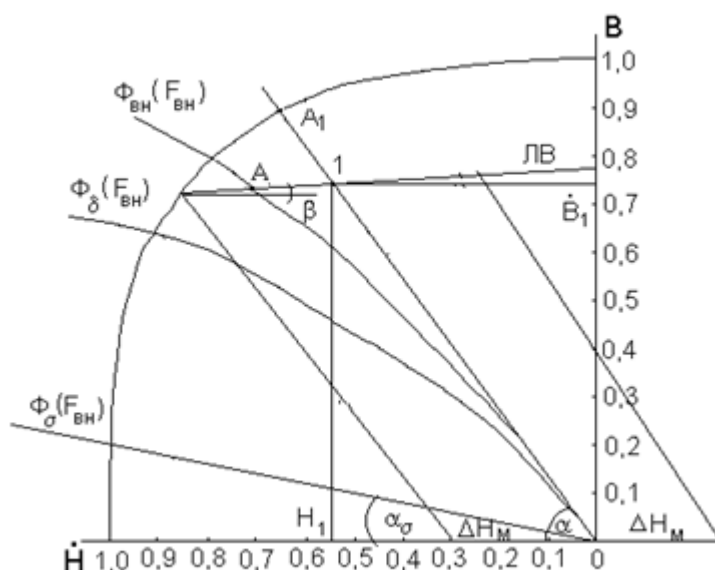
Алынған тәуелділік сызықты емес, себебі сыртқы магниттік тізбектің магниттік индукциясымен оның магнит өткізгіштігі төмендейді ( $\Phi_\delta = f(F_{\text{сырт}})$  қисық) 11 сурет).

(1.9.7) шартты қанағаттандырған кезде, шашырау ағыны сыртқы МҚК пропорционал:

$$\Phi_\sigma = \lambda_\sigma F_M = \lambda_\sigma F_{\text{сырт}}, \quad (1.9.14)$$

және бұл тәуелділікті бірдей координат осінде құрастыруға болады ( $\Phi_\delta = f(F_{\text{сырт}})$  қисық) 1.9.3 сурет).

Осы қисықтардың ординаттарын жинақтай отырып, (9.7) тәуелділікті ескере отыра



1.9.3 сурет - Сыртқы магнит тізбегімен тұрақты магниттің бірлескен жұмысы

$$\Phi_{\text{сырт}} = \Phi_{\delta} + \Phi_{\sigma} = f(F_{\text{сырт}}).$$

Тұрақты магнит пен сыртқы магниттік тізбектің бірге жұмыс істеуі магниттік ағындардың (1.9.7) және (1.9.10) сәйкес келуі (А нүктесі, 1.9.3сурет).

Сыртқы магнит тізбегі қанықпаған жағдайларда, вебер-ампер сипаттамасы бұрыштан абсцисса осіне қатысты жүргізілген түзу сызықпен бейнеленеді.

$$\alpha = \arctg \lambda_{\text{сырт}} = \arctg \frac{1}{\frac{\delta}{\mu_0 S_{\delta}} + \frac{l_{\text{ст}}}{\mu_{\text{ст}} S_{\text{ст}}}}, \quad (1.9.15)$$

мұндағы  $\lambda_{\text{сырт}}$  - сыртқы магниттік контурдың магниттік өткізгіштігі.

Магнит пен сыртқы тізбектің бірлескен жұмысы ( $H_1$ ,  $B_1$ ) координатадағы 1 нүктедегі сәйкес келеді. Егер магнит тізбегі ток ағып өтетін ток орамасына ие болса, онда магниттің МҚК ораманың МҚК  $\Delta F$  барып қосылады. Бұл МҚК сыртқы магнит тізбегінің сипаттамаларына әсер етпейді. Сондықтан, оған әсер ету үшін, сыртқы тізбектің вебер-ампер сипаттамасын  $\Phi_{\text{сырт}} = f(F_{\text{сырт}})$  өзімен параллель  $\Delta F$  шамасына оның полярлығына байланысты ауыстыру жеткілікті. Магниттелмеу жағдайлары 1.9.3суретте көрсетілген.

Ораманың МҚК тұрақты магниттің магниттелмеуіне жол бермеуін қамтамасыз ету үшін оның шамасын шектеу керек:  $\Delta F < F_{\text{магн}}$ .

Осыдан кейін, магниттік тізбекті есептеу тапсырмасы тұрақты магнит сипаттамаларын білу, сыртқы магнит тізбегінің және ораманың магниттелмейтін МҚК мәнін білу, максималды энергияны қамтамасыз

ететін жұмыс нүктесінің орнын немесе басқаша айтқанда магниттің ең аз көлемін таңдау болып табылады.

9.3 Тұрақты магниттің тиімді параметрлерін есептеу

Тұрақты магниттің магниттелмеу қисығы берілсін:

$$B = B_r \frac{H_c - H}{H_c - aH},$$

$B_r$ ,  $H_c$ ,  $a$  белгілі параметрі берілген.

Салыстырмалы шамасын енгізейік:

$$\dot{B} = \frac{B}{m_B}; \dot{H} = \frac{H}{m_H}; \dot{\mu} = \frac{\mu}{m_\mu}; \dot{\Phi} = \frac{\Phi}{m_\Phi}; \dot{F} = \frac{F}{m_F}; \dot{\lambda} = \frac{\lambda}{m_\lambda}; \dot{W} = \frac{W}{m_W},$$

Мұндағы масштаб түрінде таңдап алынғандары  $m_B = B_r$ ;  $m_H = H_c$ ;  $m_\mu = B_r / H_c$ ;  $m_\Phi = B_r S_M$ ;  $m_F = H_c l_M$ ;  $m_\lambda = m_\Phi / m_F$ ;  $m_W = B_r H_c / 2$ .

Салыстырмалы бірліктердегі магниттелмеу қисығы келесі түрде жазылады:

$$\dot{B} = \frac{1 - \dot{H}}{1 - a\dot{H}}. \quad (1.9.16)$$

Магниттің жұмыс нүктесін, оның жағдайын анықталуы керек деп есептесек, онджағдайы кері қайту сызығының қиылысу нүктесіне және сыртқы тізбектің вебер-ампер сипаттамасына сәйкес келеді. Қанықтылық болмаған кезде, оның соңғы көлбеу бұрышы келесідей анықталады:

$$\operatorname{tg} \alpha = \lambda_{\text{сырт}}. \quad (1.9.17)$$

Қайту сызығының бұрышы

$$\beta = \operatorname{arctg} \dot{\mu}_B, \quad (1.9.18)$$

қайтудың салыстырмалы өткізгіштік қатынасы магниттелмеудің қисық түріне байланысты

$$\dot{\mu}_B = 1 - a. \quad (1.9.19)$$

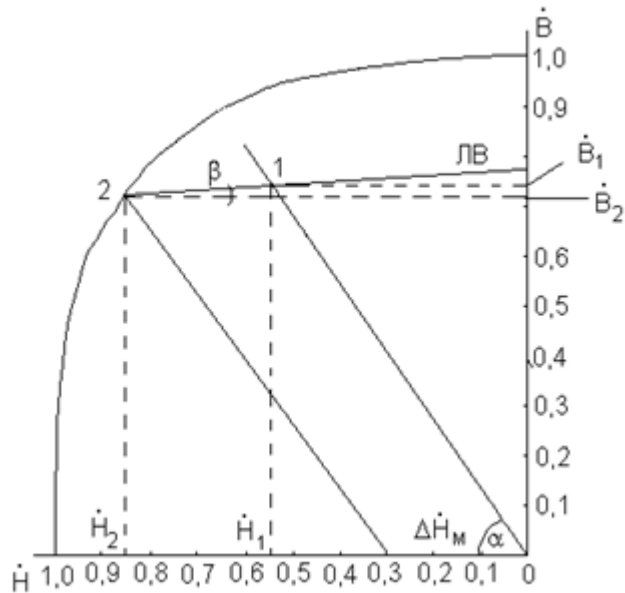
Максималды магниттелмеудің МКҚ және оған сәйкес келетін магнит өрісінің кернеулігі  $\Delta H_M$  берілсін.

Жұмыс нүктесін координаттар нүктесінің 2 нүктесі арқылы 1 нүктесін бейнелей отыра, демагнитизация қисығы бойынша алынған өрнектерді (9.16) магниттелмеу теңдеуіне қоя отырып және оны индукцияға қатысты шешіп, соңындағы аламыз:

$$\dot{B}_1 = \frac{1 - \dot{B}_1 \lambda_{\text{сырт}}^{-1} - \Delta \dot{H}_M}{1 - a \dot{B}_1 \lambda_{\text{сырт}}^{-1} - a \Delta \dot{H}_M} + \Delta \dot{H}_M \dot{\mu}_B. \quad (1.9.20)$$

Жұмыс нүктесінде магниттің меншікті энергиясын анықтаймыз:

$$\dot{W}_1 = \dot{B}_1 \dot{H}_1 = \frac{\dot{B}_1^2}{\lambda_{\text{сырт}}}. \quad (1.9.21)$$



1.9.4 сурет - Тұрақты магниттің тиімді өлшемдерін тұрақты ток кезіндегі есептеу

(1.9.20) мен (1.9.21) қою арқылы, экстремум үшін алынған функцияны зерттей отырып, магнит энергиясының максималды энергиясына сәйкес келетін сыртқы тізбектің тиімді магнит өткізгіштігін анықтаймыз:

$$\lambda_{\text{сырт.тиім}} = \frac{a^{-1} + \Delta \dot{H}_M \dot{\mu}_B}{a^{-1} - \Delta \dot{H}_M}. \quad (1.9.22)$$

(1.9.13) теңдеуін қолдану арқылы, сыртқы магниттік тізбектердің өлшемдерін  $\lambda_{\text{сырт.тиім}}$  жазамыз:

$$\lambda_{\text{сырт.тиім}} = \frac{K_{\sigma} H_C l_M}{B_R S_M \left( \frac{\delta}{\mu_0 S_M} + \frac{l_{CT}}{\mu_{CT} S_M} \right)}. \quad (1.9.23)$$

Осылайша белгілі магнит ауданы кезінде оның ұзындығы табылды:

$$l_M = \lambda_{\text{сырт.тиім}} \frac{1}{\dot{\mu}_0} \frac{\delta}{K_{\sigma}} \left( \frac{S_M}{S_{\delta}} + \frac{S_M l_{CT}}{S_{CT} \delta} \frac{\mu_0}{\mu_{CT}} \right). \quad (1.9.24)$$

Егер сыртқы магниттік тізбектегі магниттік құлдырауын елемейтін болсақ, яғни  $\mu_{CT} = \infty$ , онда алынған нәтиже жеңілдетіліп, келесі түрге ие болады:

$$\frac{l_M}{\delta} = \lambda_{\text{сырт.тиім}} \frac{1}{\dot{\mu}_0} \frac{S_M}{S_{\delta}}. \quad (1.9.25)$$

Егер магнит өрісінің және магниттің аудандары бірдей болса, онда

$$\frac{l_M}{\delta} = \lambda_{\text{сырт.тиім}} \frac{1}{\dot{\mu}_0}. \quad (1.9.26)$$

Тұрақты магниттің тиімді режимі бойынша салыстырмалы магнит индукцияның мәні келесідей жазылады:

$$\dot{B}_1 = \left( a^{-1} - \Delta \dot{H}_M \right) \lambda_{\text{сырт.тиім}} - \sqrt{\lambda_{\text{сырт.тиім}} \left[ \left( a^{-1} \right)^2 - a^{-1} \right]}, \quad (1.9.27)$$

және бұл жағдайда магнит өрісінің салыстырмалы кернеулігі

$$\dot{H}_1 = \frac{\dot{B}_1}{\lambda_{\text{сырт.тиім}}} \quad (1.9.28)$$

ЮНДК қорытпасынан дайындалған тұрақты магнит келесі сипаттамаларға ие:  $B_r = 1,02$  Тл;  $H_c = 110$  кА/м;  $\gamma = 0,6417$ . Магниттелмейтін магнит өрісінің салыстырмалы кернеулігінің шамасы  $\Delta \dot{H}_M = 0,3$ . Сыртқы магниттік тізбектің магнит өткізгіштігі шексіздікке тең, ал магнит пен саңылаудың көлденең қимасының ауданы бірдей.

Тиімді таңдаған жұмыс нүктесі үшін ауалық саңылау ұзындығына магнит ұзындығының қатынасын анықтаймыз.

Магниттелмеу қисығын сипаттайтын коэффициент:

$$a = \frac{2\sqrt{0,6417} - 1}{0,6417} = 0,938.$$

Қайтудың салыстырмалы өткізгіштігі

$$\dot{\mu}_B = 1 - a = 0,062.$$

Сыртқы тізбектің салыстырмалы бірліктеріндегі тиімді өткізгіштігі

$$\lambda_{\text{сырт.тиім}} = \frac{a^{-1} + \dot{\mu}_B \Delta \dot{H}_M}{a^{-1} - \Delta \dot{H}_M} = \frac{1/0,938 + 0,062 \cdot 0,3}{1/0,938 - 0,3} = 1,4158.$$

Магнит өткізгіштігінің масштабы

$$m_\mu = B_r / H_c = 1,02 / (110 \cdot 10^3) = 9,2727 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м.}$$

Магниттік өткізгіштігі ауа саңылауының қатынасы, салыстырмалы бірлікте:

$$\dot{\mu}_0 = \frac{\mu_0}{m_\mu} = \frac{1,256 \cdot 10^6}{9,2727 \cdot 10^{-6}} = 0,1354.$$

Магнит ұзындығының ауа саңылауының ұзындығына қатынасы:

$$\frac{l_M}{\delta} = \frac{\lambda_{\text{сырт.тиім}}}{\dot{\mu}_0} = \frac{1,4158}{0,1354} \approx 14,6.$$

Салыстырмалы магниттік индукция:

$$\begin{aligned} \dot{B}_1 &= \left( a^{-1} - \dot{H}_M \right) \lambda_{\text{сырт.тиім}} \sqrt{\lambda_{\text{сырт.тиім}} \left[ \left( a^{-1} \right)^2 - a^{-1} \right]} = \left( \frac{1}{0,938} - 0,3 \right) 1,4158 - \\ &\quad - \sqrt{1,4158 \left[ \left( \frac{1}{0,938} \right)^2 - \frac{1}{0,938} \right]} = 0,768. \end{aligned}$$

Магнит өрісінің салыстырмалы кернеулігі:

$$\dot{H}_1 = \frac{\dot{B}_1}{\lambda_{\text{сырт.тиім}}} = \frac{0,76}{1,4158} = 0,5428$$

Магниттің салыстырмалы нақты энергиясы:

$$\dot{W}_1 = 0,5 \dot{B}_1 \dot{H}_1 = 0,5 \cdot 0,76 \cdot 0,5428 = 0,208$$

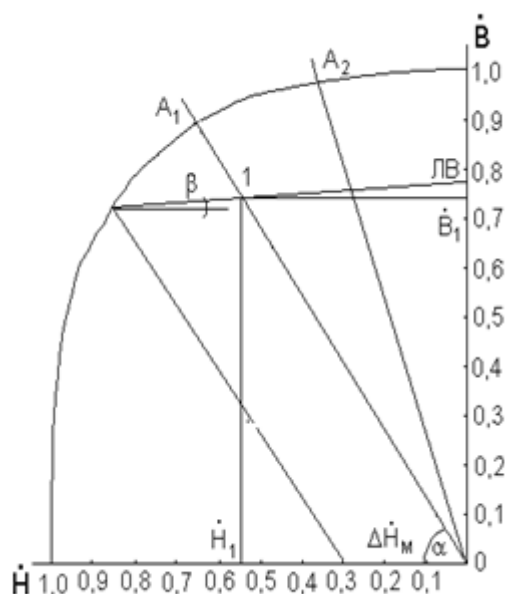
Есепті шешудің сызбалық тұрғызылуы 13 суретте көрсетілген.

Сыртқы магниттелмеудің берілген мәнінде  $\Delta \dot{H}_M$  1 нүктеде магниттің жұмыс режимі тиімді болады.

Сыртқы тізбектің магнит өткізгіштігінің тиімді мәннен жоғарылатқанда, жоғары магниттің меншікті энергиясы азаяды. Сыртқы тізбектің магнит өткізгіштігінің берілген мәні кезінде магниттік индукциясының салыстырмалы мәндері және магниттің меншікті энергиясы сәйкесінше тең:

$$B_1 = 0,75; H_1 = 0,28; W_1 = 0,5; B_1 H_1 = 0,105.$$

Сыртқы тізбектің магнит өткізгіштігінің төмендеуіне жол берілмейді, себебі бұл жағдайда  $\Delta \dot{H}_M$  шамасы төмендейді.



1.9.5 сурет - Сызбалық тұрғызылуы

Сыртқы магниттік тізбек және сыртқы магниттелмеу жоғарыдай параметрлер мен мәндерге ие. Магниттің ұзындығының ауалық саңылау ұзындығына қатынасын анықтаңыз, егер біз сирек кездесетін жер элементтеріне КС 37А сәйкес болатын магнит мәндерін қолдансақ:

$$B_r = 0,82 \text{ Тл}; \quad H_c = 560 \text{ кА}; \quad \gamma = 0,28.$$

Магниттелмеу қисығының түрін сипаттайтын коэффициент:

$$a = \frac{2\sqrt{\gamma} - 1}{\gamma} = \frac{2\sqrt{0,28} - 1}{0,28} = 0,208.$$

Салыстырмалы магнит өткізгіштігі

$$\mu_B = 1 - a = 1 - 0,208 = 0,792.$$

Сыртқы тізбектің тиімді магниттік өткізгіштігі

$$\lambda_{\text{сырт.тиім}} = \frac{a^{-1} + \mu_B \Delta \dot{H}_M}{a^{-1} - \Delta \dot{H}_M} = \frac{\frac{1}{0,208} + 0,792 \cdot 0,3}{\frac{1}{0,208} - 0,3} = 1,119.$$

Ауа саңылауының салыстырмалы өткізгіштігі

$$\mu_0 = \frac{H_c}{B_r} = \frac{1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 560 \cdot 10^3}{0,82} = 0,857.$$



Магнит ұзындығының ауа саңылауының ұзындығына қатынасы:

$$\frac{l_M}{\delta} = \frac{\lambda_{\text{сырт.тиім}}}{\mu_0} = \frac{1,119}{0,857} = 1,306.$$

ЮНДК магниттерін сирек кездесетін элементтер магниттерімен салыстыра отыра, байқағанымыз басқа шарттармен көлемі жағынан 11 есе аз екенін көреміз. Бұл жағдайдың меншікті энергиялардың мәнінің үлкен болуымен түсіндірілуі.

### 1.10. Тұрақты ток машинасын есептеу

Есептеу үшін берілген мәндер:

Тұрақты ток машинасы – генератор;

Пайдалы қуаты –  $P_H = 80$  Вт;

Номиналды кернеуі –  $U_H = 230$  В;

Айналу жиілігі –  $n_H$ , айн/мин;

Қозудырылуы – параллель;

Жұмыс істеу режимі – S1, үздіксіз;

Орындалу - жабық.

1.10.1 кесте - Машинаның негізгі өлшемдері

реті №	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
1	Саңылаудағы магнит индукциясы	1.2.1 кесте	$B_\delta = 0,45$ Тл
2	Желілік токтың жүктемесі	2 кесте	$AS = 8000$ А/м
3	Полюстік доғаның коэффициенті	1 бөлім, 3 тармақ	$\alpha = 0,65$
4	Якорь ұзындығының оның диаметріне қатынасы	1 бөлім, 3 тармақ	$\xi = 1,4$
5	Генератордың ПӘК-і (алдын-ала)	1 кетсе	$\eta_H = 0,59$
№ п/п	Есептелетін шама	Қолданылған ақпарат	Есептеу нәтижелері
6	Машина тұрақтысы	(1.11)	$C = \frac{6}{0,65 \cdot 0,45 \cdot 8000} = 2,564 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / (\text{Вт} \cdot \text{с})$
7	Есептелетін қуат	(1.6)	$P_a = 80 \cdot \frac{1+0,59}{2 \cdot 0,59} = 107,8$ Вт
8	Якорь диаметрі	(1.12)	$D = \sqrt[3]{\frac{2,564 \cdot 10^{-3} \cdot 107,8}{1,4 \cdot 3000}} = 0,04$ м
9	Якорь ұзындығы	(1.13)	$l_0 = 1,4 \cdot 0,04 = 0,056$ м

1.10.1 кестенің соңы

10	Айналу жылдамдығы	(1.14)	$V_a = 3,14 \cdot 0,04 \cdot 3000 / 60 = 6,283 \text{ м/с}$
11	Полюстер саны		$2 p = 2$
12	Полюстік бөліну	(1.15)	$\tau = 3,14 \cdot 0,04 / 2 = 0,0628 \text{ м}$
13	Есептелетін полюстік доға	(1.16)	$b_0 = 0,65 \cdot 0,0628 = 0,0408 \text{ м}$
14	Асқын магниттелу жиілігі	(1.17)	$f = 1 \cdot 3000 / 60 = 50 \text{ Гц}$
15	Ауалық саңылау	(1.22)	$\delta = 0,4 \cdot 0,0628 \cdot 8000 / 0,45 = 4,46 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ , кабылдаймыз $\delta = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$

1.10.2 кесте - Якорь орамасын есептеу

№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
16	Магнит ағыны	(1.1)	$\Phi = 0,45 \cdot 0,0408 \cdot 0,056 = 1,028 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$
17	Якорь тогы	(1.9)	$I_a = 1,1 \cdot 80 / 230 = 0,382 \text{ А}$
18	Параллель тармақтардың саны		$2 a = 2$
19	Якорь орамасының өткізгіштерінің саны	(1.10), (1.2.2)	$N = \frac{60 \cdot 1 \cdot 282,2}{1 \cdot 3000 \cdot 1,028 \cdot 10^{-3}} = 5490$
20	Якорь паздарының саны	(1.2.3)	$Z \approx 4 \cdot 0,04 \cdot 100 = 16$
21	Коллекторлық табақшалар саны	(1.2.4)	$K = 3 \cdot 16 = 48$
22	Орама бөліктеріндегі орам саны	(1.2.5)	$W_c = 5490 / (2 \cdot 48) = 57,16$ ; $W_c = 56$ кабылдаймыз.
23	Якорь өткізгішінің белгіленген саны		$N = 2 \cdot 48 \cdot 56 = 5376$
24	Паздағы өткізгіштер саны		$N_{\text{п}} = 5376 / 16 = 336$
№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
25	Якорь орамдарының қадамдарын есептеу		Қарапайым ілмекті орама қабылданды
26	Қарапайым паздар саны	(1.2.4)	$Z_{\text{э}} = 3 \cdot 16 = 48$
27	Коллектор бойынша қадам	(1.2.6)	$y_k = 1$
28	Якорь бойынша қадам	(1.2.6)	$y = y_k = 1$
29	Бірінші жартылай қадам	(1.2.6)	$y_1 = 48 / (2 \cdot 1) = 24$
30	Екінші жартылай қадам	(1.2.6)	$y_2 = 1 - 24 = -23$

1.10.3 кесте - Якорьдің орамдарының өткізгіштерін, тістердің өлшемдерін, якорь пазын есептеу

№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
27	Якорь орамасының шектік қызып кету температурасы		$\Theta_M = 90^\circ \text{C}$
28	Якорь бетінің жылу беру коэффициенті		$\alpha = 18 \text{ Вт}/(\text{К}\cdot\text{м}^2)$
29	Меншікті жылу жүктемесі	(1.3.1)	$q = 90 \cdot 18 (1 + 0,1 \cdot 6,28) = 2637,4 \text{ Вт}/\text{м}^2$
30	Якорь орамасындағы рұқсат етілген ток тығыздығы	(1.3.10)	$j_a = 17 \cdot 2637,4 \cdot 10^6 / 8175,3 = 5,48 \cdot 10^6 \text{ А}/\text{м}^2$
31	Якорь орамасының өткізгіш қимасы	(1.3.16)	$q_{\text{пр}} = 0,382 / (2 \cdot 5,48 \cdot 10^6) = 0,0348 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$
32	Оқшауланбаған сымдардың диаметрі (алдын-ала)	Қосымшалар, 1.2, 1.3 кесте	$d_{\text{от}} = 0,21 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ; ПЭТВ-1 маркалы сымды қабылдаймыз: оқшауланбаған сымның диаметрі $d_{\text{от}} = 0,21 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ; оқшауланған сымның диаметрі $d_{\text{ок}} = 0,235 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ; өткізгіш қимасы $q_{\text{от}} = 0,0346 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$
33	Нақтыланған ток тығыздығы		$j_a = 0,382 / (2 \cdot 0,0346 \cdot 10^{-6}) = 5,52 \cdot 10^6 \text{ А}/\text{м}^2$
34	Оқшауланған сымның қимасы	(1.3.19)	$q_{\text{от.ок}} = 3,14 \cdot 0,235^2 \cdot 10^{-6} / 4 = 0,0434 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$
35	Оқшауланған сыммен алынған аудан		$S_{\text{пп}} = 0,0434 \cdot 10^{-6} \cdot 336 = 14,57 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$
36	Біліктің диаметрі	1.3 бөлім, 19 тармақ	$d_{\text{в}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
37	Сопақ пішінді якорьдің қабылданған пазы	2 сурет	
38	Якорь өзекшесінің индукция кезіндегі биіктігі 1,6 Тл	(3.27)	$h_a = \frac{0,65 \cdot 0,0628 \cdot 0,45}{2 \cdot 0,95 \cdot 1,6} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
39	Паз биіктігі	(3.26)	$h_{\text{п}} = (40 - 2 \cdot 0,45 - 6 - 2 \cdot 6) \cdot 10^{-3} = 11 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
40	Паз ойығының өлшемі	3 бөлім, 19 тармақ	$h_{\text{щ}} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}; b_{\text{щ}} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
41	Тістің индукция ені $B_z = 1,8 \text{ Тл}$	(3.21), (3.25)	$b_z = 7,854 \cdot 10^{-3} \cdot 0,45 / (0,95 \cdot 1,8) \approx 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
42	Паздың максималды ені	(3.28)	$b_{\text{п.макс}} = [3,14 \cdot (40 - 2 \cdot 0,5) - 2,1 \cdot 16] / (16 + 3,14) = 4,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
43	Паздың минималды ені	(3.29)	$b_{\text{п.мин}} = [3,14 \cdot (40 - 2 \cdot 11) - 2,1 \cdot 16] / (16 - 3,14) = 1,78 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

1.10.3 кестенің жалғасы

44	Паздың ортаңғы бөлігінің биіктігі	(3.30)	$h_{12} = 11 - 0,5 - 4,64/2 - 1,78/2 = 7,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
45	Мөртаңбадағы (штамп) паздың ауданы	(3.31)	$S_{\text{п}} = 7,25 \cdot (4,64 + 1,78)/2 + 3,14 \cdot 4,64^2/8 + 3,14 \cdot 1,78^2/8 = 32,96 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$
46	Пазды толтыру коэффициенті	(3.17)	$K_{3,\text{п}} = 14,57/32,96 = 0,442$
47	Якорь орамасының өткізгіштің ұзындығы	(3.32)	$l_a = 0,056 + 1,2 \cdot 0,040 = 0,104 \text{ м}$
48	$t = 90$ °С кезіндегі орамның қарсылығы	(3.34), (3.35)	$R_a = \frac{1,28 \cdot 5376 \cdot 0,14}{4 \cdot 57 \cdot 10^6 \cdot 0,0346 \cdot 10^{-6}} = 90,7 \text{ Ом}$
49	Якорь орамасындағы кернеудің төмендеуі	(3.36)	$\Delta U_a = 0,382 \cdot 90,7 = 34,65 \text{ В}$

1.10.4 кесте - Коллектор және шөткелік құрылғы

№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
50	Коллектордың диаметрі	4 бөлім, 23 тармақ	$D_k = 0,5 \cdot 0,04 = 0,02 \text{ м}$
№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
51	Коллектор қадамы	(4.1)	$t_k = 3,14 \cdot 0,02/48 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
52	оқшаулау қалыңдығы	4 бөлім, 24 тармақ	$b_{\text{ок}} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
53	Профиль жағының қалыңдығы	(4.2)	$b_{\text{к.п}} = (1,3 - 0,5) \cdot 10^{-3} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
54	Қабылд. қалыңдық		$b_{\text{к.п}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
55.	Коллекторлық қадам	(4.2)	$t_k = (1,0 + 0,5) \cdot 10^{-3} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
56	Коллектор диаметрі	(4.1)- дан	$D_k = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 48/3,14 = 22,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
57	Коллектор жылдамдығы	(4.3)	$V_k = 3,14 \cdot 22,9 \cdot 10^{-3} \cdot 3000/60 = 3,6 \text{ м/с}$
58	Таңдалатын электрграфиттелген шөткелер ЭГ-14	14 кесте	$J_{\text{ш}} = 10^5 \text{ А/м}^2, \Delta U_{\text{ш}} = 2,5 \text{ В}$
59	Коллектор шеңберінің айналасындағы шөткелер ені	4 бөлім, 25 тармақ	$b_{\text{ш}} \approx 3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$ қабылдаймыз $b_{\text{ш}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
60	Шөтке ауданы	(4.5)	$S_{\text{ш}} = 0,382/10^5 = 0,382 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$
61	Коллектордың осы бойымен шөткелік ұзындығы		Шөткенің ауданы шамалы, сондықтан осьтік өлшем номиналды МемСТ 122321.1-77 өлшемінен таңдалады $a_{\text{ш}} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$
62	Коллектордың активті ұзындығы	4 бөлім, 26 тармақ	$l_{\text{к.а}} = 1,5 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
63	Коллектордың толық ұзындығы	4 бөлім, 26 тармақ	$l_k = 12 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 0,26 \cdot 10^{-3} \approx 14 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

1.10.5 кесте - Коммутацияны тексеру

№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
64	Паздың меншікті магниттік өткізгіштігі	(4.7)	$\lambda_{\text{п}} = \left[ 0,6 \cdot \frac{2 \cdot 11}{4,64 + 1,78} + \frac{0,104 - 0,056}{0,056} + 0,92 \cdot \log \left( \frac{3,14 \cdot 7,85}{1,3} \right) \right] \times 10^{-6} =$ $= 4,089 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$
65	Аралық полюсті кеңістікте күштік магнит желінің ұзындығы	(4.9)	$\delta_0 = (0,0628 - 0,0408)/2 = 0,011 \text{ м}$
66	Реактивті ЭҚК-і	(4.6)	$e_R = 2 \cdot 56 \cdot 4,089 \cdot 10^{-6} \cdot 8175 \cdot 0,056 \cdot 6,28 =$ $= 1,317 \text{ В}$
67	Якорь реакциясының ЭҚК-і	(4.8)	$e_a = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 56 \cdot 8175 \cdot 0,0628 \cdot 0,056 \cdot 6,28}{0,011}$ $= 1,155 \text{ В}$
68	Нақтыланған секцияның нәтижесінде алынған ЭҚК	4 бөлім, 27 тармақ	$e_p = 1,317 + 1,155 = 2,472 \text{ В} < 2,5 \text{ В},$ <p>бұл рұқсат етілген</p>
69	Якорь шеңберіне дейін азайтылған шөткенің ені	(4.11)	$b'_{\text{ш}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 0,04/0,0229 =$ $1,747 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
70	Якорь айналасына келтірілген коллектордың қадамы	(4.12)	$t_k' = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,04/0,0229 = 2,62 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
71	Коммутация аймағының ені	(4.10)	$b_{\text{ком}} = 1,747 \cdot 10^{-3} + [3 +  48/2 - 24  - 1/1] \cdot 2,62 \cdot 10^{-3} = 8,796 \cdot 10^{-3} \text{ м} < 0,8 \cdot (\tau - b_0) = 11 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

1.10.6 кесте - Магниттік тізбекті есептеу

№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
72	Ауа саңылауының нақтыланған мәні	(1.22)	$\delta = 0,4 \cdot 0,0628 \cdot 8175 / 0,45 = 0,45 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
73	Якорь жүрекшесінің магнит сызығының ұзындығы	(5.16)	$L_a = 3,14(40 - 2 \cdot 11 - 6)/2 + 6) \cdot 10^{-3} =$ $= 24,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
74	Полюс өзекшесінің биіктігі	5 бөлім, 28 тармақ	$h_{\text{пл}} = 0,3 \cdot 0,04 = 0,012 \text{ м}$
75	Станинадағы магниттік сызықтың ұзындығы	(5.20)	$L_{\text{ст}} = 3,14(40 + 2 \cdot 0,45 + 2 \cdot 12) \cdot 10^{-3} / 2 = 0,102 \text{ м}$

1.10.6 кестенің жалғасы

76	Ауа саңылауының коэффициенті	(5.2)	$K_{\delta} = \frac{7,8 + 10 \cdot 0,45}{7,85 - 1,3 + 10 \cdot 0,45} = 1,117$
№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
77	Ауа саңылауының МҚК-і	(5.7)	$AW_{\delta} = \frac{2 \cdot 0,45 \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} \cdot 1,117}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7}} = 360 \text{ А}$
78	Якорь тісіндегі магниттік индукция	(5.12)	$B_z = \frac{0,45 \cdot 7,85}{0,95 \cdot 2,1} = 1,77 \text{ Тл}$
79	Якорь тісіндегі магнит өрісінің кернеулігі		Электротехникалық болат 2012 магниттелу қисығы бойынша $H_z = 1340 \text{ А/м}$
80	Тіс аймағы МҚК-і	(5.13)	$AW_z = 2 \cdot 1340 \cdot 11 \cdot 10^{-3} = 29,5 \text{ А}$
81	Якорь өзекшесінің магнит индукциясы	(5.14)	$B_a = \frac{1,028 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 56 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95} = 1,61 \text{ Тл}$
82	Якорь өзекшесіндегі магнит өрісінің кернеулігі		Электротехникалық болаттын магнитизациялау қисығынан 2012 $H_a = 753 \text{ А/м}$
83	Якорь өзекшесіндегі МҚК-і	(5.15)	$AW_a = 753 \cdot 24,85 \cdot 10^{-3} = 18,7 \text{ А}$
84	Полюстегі магниттік индукция (бағытталған)		$B_{п} = 1,5 \text{ Тл}$
85	Полюстің ені	(5.4)	$b_{пл} = \frac{1,028 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1}{0,95 \cdot 1,5 \cdot 0,056} = 14,17 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$ қабылдаймыз $b_{пл} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
86	Полюстегі магниттік индукцияның нақтыланған мәні	(5.17)	$B_{пл} = \frac{1,028 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3}}{0,95 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 0,056} = 1,42 \text{ Тл}$
87	Полюстегі магнит өрісінің кернеулігі		Электротехникалық болаттын 2012 магниттелу қисығы бойынша $H_{пл} = 420 \text{ А/м}$
88	Полюстердің МҚК-і	(5.18)	$AW_{пл} = 2 \cdot 420 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 12,6 \text{ А}$
89	Станинадағы магнит индукциясы (бағытталған.)		$B_{ст} = 1,4 \text{ Тл}$
90	Станинаның өзекшесінің биіктігі	(5.6)	$h_{ст} = \frac{1,028 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1}{2 \cdot 0,056 \cdot 1,4 \cdot 0,95} = 7,95 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$ қабылдаймыз $h_{ст} = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
91	Станинадағы индукцияның нақтыланған мәні	(5.19)	$B_{ст} = \frac{1,028 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1}{2 \cdot 0,056 \cdot 7,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95} \approx 1,4 \text{ Тл}$
№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
92	Станинадағы магнит өрісінің кернеулігі		Электротехникалық болаттын 2012 магниттелу қисығы бойынша $H_{ст} = 400 \text{ А/м}$

1.10.6 кестенің жалғасы

93	Станинаның МҚК	(5.21)	$AW_{ст} = 400 \cdot 0,114 = 45,6 \text{ A}$
94	Машинаның жалпы МҚК-і	(5.23)	$AW_{\Sigma} = 360 + 29,5 + 18,7 + 12,6 + 45,6 = 466,4 \text{ A}$
95	Бос жүріс қисығын есептелуі		Магнит ағынының, магниттік индуктивтіліктің және магниттік өрістердің механикалық элементтерінің, магниттік тізбектегі элементтерінің тиісті мәндерін есептегенде, якорьдің ЭҚК мәндерін ескере отырып, $E = f(AW_{\Sigma})$ тәуелділігін аламыз.
96	Бос жүріс қисығы $E = f(AW_{\Sigma})$ .		кесте мәліметтері бойынша құрылады
97	Якорь реакциясының көлденең МҚК-і	(5.28)	Жоғарыда сипатталған өтпелі сипаттамаға әдісіне сәйкес $AW_{aq} = \frac{0,37 - 0,12}{6 \cdot (0,37 + 0,12)} \cdot 8175 \cdot 0,0408 = 28,36 \text{ A}$
98	Бойлық якорь реакциясының МҚКі	(5.29)	$AW_{ad} = 2 \cdot 8175 \cdot 0,00015 = 2,45 \text{ A}$
99	Өтпелі кедергінің қарастыратын коэффициенті	(5.31)	$K_k = \frac{1,7 \cdot 2,5 \cdot 10^6}{4 \cdot 56 \cdot 6,28 \cdot 4,089 \cdot 8175 \cdot 0,056} = 0,1614$
100	Бойлық коммутациялық МҚК	(5.30)	$AW_{ком} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 8175}{1 + 0,1614} \cdot \left( 1 + \frac{0,2 \cdot 3,14 \cdot 0,068}{0,011 \cdot 4,089} \right) = 13,72 \text{ A}$
101	Генератор ЭҚК	(5.34)	$E = 230 + 29,3 + 2,5 = 261,8 \text{ B}$
102	Қоздыру МҚК		Бос жүріс қисықтары мен табылған ЭҚК мәніне сәйкес: $E = 261,8 \text{ B}$ $AW'_{\Sigma НАГР} = 415 \text{ A}$
№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
103	Якорь реакциясының жалпы МҚК-і	(5.26)	$AW_R = 28,36 + 2,45 + 10,46 = 41,27 \text{ A}$
104	Генератордың жалпы қоздыру МҚК-і	(5.35)	$AW_{\Sigma НАГР} = 415 + 41,27 = 456,27 \text{ A}$

1.10.7 кесте - Тұрақты ток генераторының бос жүрісінің қисығын есептеу

Өлшемдері	Якорь ЭКК-і					
	0,5 E	0,8 E	1,0 E	1,1 E	1,2 E	1,3 E
Магнит ағыны $\Phi \cdot 10^{-3}$ , Вб	0,538	0,771	1,028	1,130	1,234	1,336
Магнит индукциясы $B_{\delta}$ , Тл	0,235	0,337	0,45	0,494	0,539	0,584
Магнит индукциясы $B_z$ , Тл	0,924	1,326	1,77	1,945	2,124	2,300
Магнит индукциясы $B_a$ , Тл	0,842	1,207	1,61	1,770	1,930	2,090
Магнит индукциясы $B_{пл}$ , Тл	0,741	1,062	1,416	1,557	1,700	1,840
Магнит индукциясы $B_c$ , Тл	0,732	1,048	1,398	1,537	1,678	1,817
МҚК элементтері						
$AW_{\delta}$ , А	180	270	360	396	420	468
$AW_z$ , А	6,42	11,22	30,93	55,22	114,44	316,8
$AW_a$ , А	3,37	6,48	19,58	42,24	89,85	191,3
$AW_{пл}$ , А	3,27	6,19	12,48	20,34	34,50	79,20
$AW_c$ , А	12,20	23,14	45,60	69,30	122,00	264,50
$AW_{\Sigma}$ , А	205,26	317,0	468,60	583,10	780,75	1320

1.10.8 кесте - Қозу орамын есептеу

№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
105	Қоздыру тогы	1 бөлім, 2 тармақ	$I_b \approx 10\% I_a = 0,1 \cdot 0,382 = 0,0382$ А
106	Полюстік қоздыру орамаларының орамдар саны	(6.1)	$W_b = 456,3 / (2 \cdot 0,0382) = 5972,5$ , $W_b = 5970$ қабылдаймыз
107	Номиналды генератор моменті	(6.3)	$M_H = 9,55 \cdot 80 / 3000 = 0,255$ Нм
108	Қоздыру орамасы сымының қимасы (алдын ала)	4 кесте	Қоздырғыштың ток тығыздығы (4 кесте) $j_b = 4,5 \cdot 10^6$ А/м <sup>2</sup> ; $q_b = 0,0382 / (4,5 \cdot 10^6) = 0,0085 \cdot 10^{-6}$ м <sup>2</sup> ПЭТВ-1 сымын аламыз, $d_b = 0,106$ мм, $q_b = 0,00882 \cdot 10^{-6}$ м <sup>2</sup> , $d_{b,ок} = 0,12 \cdot 10^{-3}$ м
109	Қоздыру орамын орналастыру үшін қажетті аймақ	(6.8)	$S'_b = \frac{5970 \cdot 0,12^2}{0,82} \cdot 10^{-6} = 104,8 \cdot 10^{-6}$ м <sup>2</sup>
110	Терезенің нақты аумағы	6 бөлім, 37 тармақ	$S_b = 1,15 \cdot 104,8 \cdot 10^{-6} = 120,5 \cdot 10^{-6}$ м <sup>2</sup>
111	Қоздыру катушканың биіктігі		Магниттік жүйенің жобалауына сәйкес $h_{кв} = 0,012$ м.
112	Катушка жақтың ені	6 бөлім, 37 тармақ	$b_{кв} = 120,5 \cdot 10^{-6} / 0,012 = 0,01$ м. Катушка полюс ұшы мен станина арасындағы терезеге толығымен сияды.



1.10.8 кестенің соңы

113	Қоздыру катушқасының ені	6 бөлім, 37 тармақ	$b_B = 0,015 + (0,0408 - 0,015) / 2 = 0,028 \text{ м}$
114	Қоздыру катушқасының орамының орташа ұзындығы	Қоздыру катушкаларының орналасуы	$l_B = 2(0,056 + 0,028 + 2 \cdot 0,01) = 0,208 \text{ м}$
115	Қоздыру орамасының кедергісі	(6.5)	$R_B = 1,22 \frac{2 \cdot 0,208 \cdot 5970}{57 \cdot 10^6 \cdot 0,0082 \cdot 10^{-6}} = 6027 \text{ Ом}$
116	Шынайы қоздыру тогы	6 бөлім, 40 тармақ	$I_B = 230 / 6027 = 0,03816 \text{ А}$ , Шынайы ток өлшемі алдында қабылданған мәнге тең
117	Қоздыру орамасындағы ток тығыздығының нақты мәні	(6.2) ден	$j_B = \frac{0,03816}{0,00882 \cdot 10^{-6}} = 4,32 \cdot 10^6 \text{ А м}^2$ , бұл рұқсат етілгеннен аз.

1.10.9 кесте - Генератордың шығыны және ПӘК-і

№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
118	Якорь орамасындағы шығын	(7.1)	$\Delta P_{\text{ма}} = 0,382^2 \cdot 90,7 = 13,23 \text{ Вт}$
119	Қозу орамындағы шығындар	(7.2)	$\Delta P_B = 0,03816^2 \cdot 6027 = 8,78 \text{ Вт}$
120	Шөткелердегі шығындар	(7.4)	$\Delta P_{\text{ш}} = 2,5 \cdot 0,382 = 0,955 \text{ Вт}$
121	Болаттағы меншікті шығындар		2012 болаты үшін меншікті шығындар $P_{1,0/50} = 2,9 \text{ Вт/кг}$
122	Ярма якорьнің магнитөткізгіштік салмағы	(7.5)	$G_a = 7800 \cdot 3,14(0,04 - 2 \cdot 0,011)^2 \cdot 0,056 / 4 = 0,111 \text{ кг}$
123	Ярма якорь болатындағы шығындар	(7.7)	$\Delta P_{\text{ст.а}} = 2,3 \cdot 2,9 \cdot 1,61^2 \cdot 0,111 = 1,92 \text{ Вт}$
124	Якорь тістерінің салмағы	(7.6)	$G_z = 7800 \cdot 16 \cdot 0,011 \cdot 0,0021 \cdot 0,056 = 0,161 \text{ кг}$
125	Тіс болатындағы шығындар	(7.8)	$\Delta P_{\text{ст.з}} = 2,3 \cdot 2,9 \cdot 1,77^2 \cdot 0,161 = 3,364 \text{ Вт}$
126	Болаттағы шығындар	(7.9)	$\Delta P_{\text{ст}} = 1,92 + 3,36 = 5,28 \text{ Вт}$
127	Шөткелердің үйкеліс шығыны	(7.10)	$\Delta P_{\text{ш.үй}} = 2 \cdot 0,25 \cdot 4,0 \cdot 10^4 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 3,6 = 2,88 \text{ Вт}$
128	Коллектор мен якорь салмағы	(7.12)	$G_{a.к} = 3,14(7800 \cdot 0,04^2 \cdot 0,056 + 8900 \cdot 0,0229^2 \cdot 0,014) / 4 = 0,6 \text{ кг}$
129	Ұстағыштағы үйкеліс шығыны	(7.11)	$\Delta P_{\text{п.үй}} = 3,0 \cdot 0,6 \cdot 3000 \cdot 10^{-3} = 5,4 \text{ Вт}$

1.10.9 кестенің соңы

130	Ауадағы үйкеліс шығындары	(7.13)	$\Delta P_{в.тр} = 2 \cdot 0,04^3 \cdot 3000^3 \cdot 0,056 \cdot 10^{-6} = 0,193 \text{ Вт}$
131	Толық механикалық шығындар	(7.15)	$\Delta P_{мех} = 2,88 + 5,4 + 0,193 = 8,47 \text{ Вт}$
132	Генератордың толық шығыны	(7.16)	$\Delta P_{\Sigma} = 1,15(13,23 + 8,78 + 0,955 + 5,28 + 8,47) = 42,2 \text{ Вт}$
133	Ток генераторы	Разд.7, п.46	$I = 0,382 - 0,0382 = 0,344 \text{ А}$
134	Генератордың ПЭК-і	(7.18)	$\eta_H = \frac{230 \cdot 0,344}{230 \cdot 0,344 + 42,2} = 0,652$

1.10.10 кесте - Жылуды есептеу

№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
135	Сыртқы беткі қабаттың нәтижелі жылу беру коэффициенті	(8.2)	$\alpha_a = 18(1 + 0,1 \cdot 6,283) = 30,3 \text{ Вт/(К} \cdot \text{м}^2)$
136	Өткізгіштің жылу кедергісін жоғарылату коэффициенті	(8.5)	$K_c = 1 + 4 \left( \frac{0,21}{0,235} - 0,4 \right) = 2,97$
137	Якорь пазының орташа ені бойынша өткізгіштер саны		$m_a = \frac{4,6 + 1,78}{2 \cdot 0,235} = 13,65,$ қабылдаймыз $m_a = 14$
138	Балама винттармен оқшаулау	(8.4)	$\beta_2 = \frac{14 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 2,974} = 0,276 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
139	Мыстың паз қабырғасына дейінгі оқшауламаның жалпы қалыңдығы	(8.3)	$\beta = (0,2 + 0,276) \cdot 10^{-3} = 0,476 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
140	Орам арасындағы және паздық оқшаулаудың жылу өткізгіштік коэффициенті	8 бөлім, 49 тармақ	$\lambda' = 0,125 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$
141	Паз периметрі		$\Pi = 2 \cdot 0,011 + 0,00464 + 0,00178 = 28,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
142	Якорь мысындағы меншікті шығындар	(8.6)	$W_{м.а} = \frac{0,382^2 \cdot 90,7}{16 \cdot 0,104} = 7,95 \text{ Вт/м}$
143	Якорь болатының меншікті шығыны	(8.7)	$W_{ст.а} = \frac{5,28}{16 \cdot 0,056} = 5,89 \text{ Вт/м}$

## 1.10.10 кестенің соңы

144	Ауадағы үйкелістің меншікті шығыны	(8.8)	$W_{\text{тр.в}} = \frac{0,193}{16 \cdot 0,056} = 0,215 \text{ Вт/м}$
145	Якорь тісінің басының ені	(3.22)	$b_{\text{за}} = \frac{3,14 \cdot 0,04}{16} - 1 \cdot 10^{-3} = 6,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
146	Якорь орамасының орташа температураның көтерілуі	(8.1)	$K_a = 1 + 30,3 \cdot 6,85 \cdot 10^{-3} \frac{0,476}{0,125 \cdot 28,4} = 1,0278;$ $\Theta_a = \frac{1,0278 \cdot 7,95 + 5,89 + 0,215}{30,3 \cdot 6,85 \cdot 10^{-3}} = 68,8^\circ \text{C}$
147	Коллектордың жылу беру коэффициенті	Разд. 8, п.50	$\alpha_k = 50 \text{ Вт/(К}\cdot\text{м}^2)$
148	Коллектордың толық шығындар	(8.9)	$P_k = 0,955 + 2,88 = 3,835 \text{ Вт}$
149	Коллектордың салқындату беті	(8.10)	$S_k = 3,14 \cdot 0,0299 \cdot 0,014 = 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$
№ п/п	Есептелетін өлшем	Қолданылатын ақпарат	Есептеу нәтижелері
150	Коллектордың температурасының көтерілуі	(8.11)	$\Theta_k = \frac{3,835}{50(1+0,14,72)1,32 \cdot 10^{-3}} = 39,5^\circ \text{C}$
151	Қоздыру катушкасының жылу беру коэффициенті	8 бөлім, 51 тармақ	$\alpha'_o = 28 \text{ Вт/(К}\cdot\text{м}^2)$
152	Бір қоздыру катушкасындағы шығын	(8.12)	$w_{\text{м.в}} = 8,78/2 = 4,39 \text{ Вт}$
153	Салқындатқыш катушкалардың салқындату беті	(8.14)	$S_b = (0,0408 + 0,015 + 2 \cdot 0,015 + 8 \cdot 0,01) \cdot 0,012 + (0,0408 + 0,015 + 4 \cdot 0,010) \cdot 0,012 = 0,00314 \text{ м}^2$
154	Қозу орамасының температурасының артуы	(8.15)	$\Theta_b = \frac{4,39}{28 \cdot 0,00314} = 49,9^\circ \text{C}$
155			Якорьдің, коллектордың және қоздырушы катушкалардың температурасы таңдалған оқшаулағыш сынып үшін рұқсат етілген мәннен аспайды $90^\circ \text{C}$ -ге.

## 2 Өміртіршілік қауіпсіздігі

### 2.1 Еңбек жағдайына анализ

Алматы электр вагон жөндеу зауыты Алматы қаласының орта бөлігінде орналасқан. Емдеу орталықтары, балларға арналған аймақ, демалыс орындары, тұрғылықты үйлер бұл аймақта жоқ. Рельс бөлігі кәсіп орын ішіне кіргізілген ыңғайлы.

Жобаланатын тұрақты ток қозғалтқышы ПБСТ-62 «Алматы электро вагон жөндеу зауытында» Электр машина цехнда (ЭМЦ) жөнделеді. Цех аумағында 7 бөлім бар, әр бөлім өзінің технологиялық жабдықтарымен жабдықталған, нұсқаушылары бар және жұмыс операцияларын орындайды.

Тұрақты ток электр қозғалтқышының техникалық көрсеткіштері кестеде көрсетілген

2.1 кесте – Тұрақты ток электр қозғалтқышының техникалық көрсеткіштері

Атауы	ПБСТ-62 қозғалтқышы	
	Жұмыс режимі	
	сағат	Жалғасуы
Қуат, кВт	790	740
Айналу жиілігі, об/мин	890	915
Ток, А	880	820
Желдету	Тәуелсіз	Тәуелсіз
Кернеу, В		950
Салқындатқыш ауаның саны м/мин аз емес		105
Салмағы, кг	4350	

Цех және оның бөлімі электрлік машина жасау жұмысы МемСТ 32.34-83 ССБТ ережесімен орындалады. «Жылжу құрамын және өндірістің қосымша бөлімін жөндеу, қауіпсіздікті талап ету».

Негізгі техника қауіпсіз ережесі барлық бөлім жұмысы кезінде және электр машина цех бөліміндегі қызметкерлерге ережені сақтау міндетті. Сонымен қатар өндіріс цех аумағы ережелермен норма талаптарына сәйкес.

Жасалған бұйымдармен, құралдармен, материалдармен және басқада заттармен терезені және басқада жарық беруші орындарды жабуға қатаң тиым салынған.

Жасанды жарық беру жалпы түрде орындалған.

Күтпеген жерден жарық сөнгенде қосымша апатты жарық беріледі, желі қосылған шамдар, жарықтандыру S жұмыс желісіне тәуелсіз. Берілген

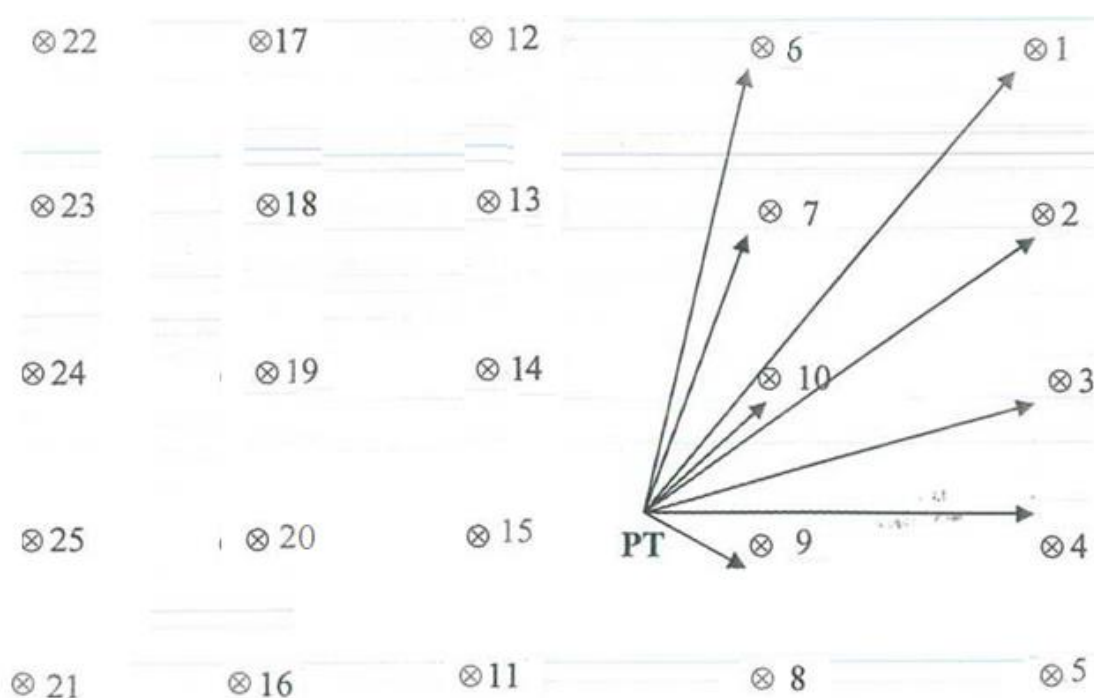
жарық жұмыстың жалағасуына қауіпсіз немесе цех аумағынан адамдардың шығуына қауіпсіз.

Жалпы жарықтандыру шамдары, еденнен 2,5 м төмен ілінген, және оларда кернеуі 36 В жоғары емес шамдар пайдаланылады.

Кернеуі 12-36 В шамдар бірінші реттік екінші реттік кернеу орамалары бөлінген, екінші орам шығысы жерге тұйықталған трансформатордан қорек көзін алады.

## 2.2 Жарықтандыруды есептеу

Есептеу үшін берілгендер 2.2.1 және 2.2.2 кестелерде берілген. Шамдардың орналасуы және жұмыс нүктелері 1 суретте көрсетілген.



2.2.1 сурет - Шамдардың орналасуы және жұмыс нүктелері

2.2.1 кесте

Орналасқан бөлік	V, М <sup>3</sup>	Шамдар саны	Шам түрі	Жұмыс бөлігі	Жұм.бетінің биіктігі, h <sub>p</sub> , м	Шаммен жабын ара-қашықтығы, h <sub>c</sub> .
Жетек бөлімі	27x48x12	25	ДРЛ-250	III, б	I	I

### 2.2.2 кесте - Шамнан жарықтың таралуы

Жарық күші I, α бұрыш бағытымен										
0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	90
431	390	380	340	305	297	185	101	80	40	7

Есептеу:

Жұмыс орнындағы жарықтандыру нүктелі әдіспен келесідей анықталады:

$$E_r = \frac{\Phi \cdot \mu \cdot \Sigma_{er}}{1000 \cdot K_3}, \quad (2.2.1)$$

мұндағы  $\Phi$  – шамның жарық ағыны;

$\mu$ - «алынған» шамдардың әсерін есепке алатын коэффициент (1.1 - 1.2 қабылданады);

$\Sigma_{er}$  – барлық қорек көзіндегі пайда болған жалпы жарықтандыру;

$K_3$  – қосымша коэффициент  $K_3 = 1.5$ .

Жарық ағыны берілген нұсқа бойынша таңдалады. Сол үшін жарық көзі ДРЛ-250 – доғалық разряд шам 250 Вт. Шамның жарық ағыны  $\Phi = 11000$  лм.

Жалпы жарықтандыру келесі формуламен анықталады:

$$\Sigma_{er} = \frac{I \cdot (\cos \alpha)^3}{h^2}, \quad (2.2.2)$$

мұнда  $h$  – жұмыс орнындағы ілу биіктігі келесі формуламен анықталады:

$$h = H - h_{\text{пн}} - h_c, \\ h = 12 - 1 - 1 = 10 \text{ м} \quad (2.2.3)$$

Жарықтандыруды есептеу. А

Шамдардың ара-қашықтықтары 1,7,22,25 берілген нүктеге дейінгі:

$$d_1 = \sqrt{18^2 + 7.5^2} = 19.5 \text{ м} \quad (2.2.4)$$

Жарықтың түсу бұрышы:

$$\text{tg}(\alpha_1) = \frac{d_1}{h} = \frac{19.5}{10} = 1.95 \text{ м} . \quad (2.2.5)$$

Берілгендер бойынша жарық күші:

$$I = 355 \text{ кг}. \quad (2.2.6)$$

Анықтаймыз  $e_r$ :

$$e_r = \frac{355 \cdot (\cos(62.8))^3}{10^2} = 0.35 \text{ лк}. \quad (2.2.7)$$

Жарықтандыру шарты, 4 шамдар тудырған (1,7,22,25):

$$e_r \cdot 4 = 4 \cdot 0.35 = 1.4 \text{ лк}. \quad (2.2.8)$$

Зерттелетін нүктеден 2,12,14,20 шамдар ара қашықтығы:

$$d_2 = \sqrt{12^2 + 7.5^2} = 14.15 \text{ м.} \quad (2.2.9)$$

Жарық түсу бұрышы:

$$tg(\alpha_2) = \frac{d_2}{h} = \frac{14.15}{10} = 1.41 \text{ м.} \quad (2.2.10)$$

Берілген бойынша жарық күші:

$$I = 370 \text{ кг.} \quad (2.2.11)$$

Анықтаймыз  $e_r$ :

$$e_r = \frac{370 \cdot (\cos(54.7))^3}{10^2} = 0.71 \text{ лк.} \quad (2.2.12)$$

4 шамдар (2,6,23,22) туғызған шартты жарықтандыру:

$$e_r \cdot 4 = 4 \cdot 0.71 = 2.84 \text{ лк.} \quad (2.2.13)$$

Зерттелетін нүктеге дейінгі 3,5,24,26 шамдар ара қашықтығы:

$$d_3 = \sqrt{6^2 + 7.5^2} = 9.6 \text{ м.} \quad (2.2.14)$$

Жарық түсу бұрышы:

$$tg(\alpha_3) = \frac{d_3}{h} = \frac{9.6}{10} = 0.96 \text{ м.} \quad (2.2.15)$$

Берілген бойынша жарық күші:

$$I = 375 \text{ кг.} \quad (2.2.16)$$

Анықтаймыз  $e_r$ :

$$e_r = \frac{375 \cdot (\cos(43.8))^3}{10^2} = 1.4 \text{ лк.} \quad (2.2.17)$$

4 шамдар туғызған (2,6,23,22), шартты жарықтандыру:

$$e_r \cdot 4 = 4 \cdot 1.4 = 5.6 \text{ лк.} \quad (2.2.18)$$

Зерттелетін нүктеге дейінгі 4,25 шамдар ара қашықтығы:

$$d_4 = \sqrt{7.5^2} = 7.5 \text{ м.} \quad (2.2.19)$$

Жарықтың түсу бұрышы:

$$tg(\alpha_4) = \frac{d_4}{h} = \frac{7.5}{10} = 0.75 \text{ м.} \quad (2.2.20)$$

Берілген бойынша жарық күші:

$$I = 388 \text{ кг.} \quad (2.2.21)$$

Анықтау  $e_r$ :

$$e_r = \frac{388 \cdot (\cos(36.86))^3}{10^2} = 1.98 \text{ лк.} \quad (2.2.22)$$

4 шамдар (4,25) туғызған шартты жарықтандыру:

$$e_r \cdot 4 = 4 \cdot 1.4 = 3.96 \text{ лк.} \quad (2.2.23)$$

Шамдар ара қашықтығы 8,14,15,21 зерттелетін нүктеге дейін:

$$d_8 = \sqrt{18^2 + 2.5^2} = 18.17 \text{ м} \quad (2.2.24)$$

Жарықтың түсу бұрышы:

$$tg(\alpha_8) = \frac{d_8}{h} = \frac{18.17}{10} = 1.817 \text{ м.} \quad (2.2.25)$$

Берілгені бойынша жарық күші:

$$I = 366 \text{ кг.} \quad (2.2.26)$$

Анықтау  $e_r$ :

$$e_r = \frac{366 \cdot (\cos(61.17))^3}{10^2} = 0.41 \text{ лк.} \quad (2.2.28)$$

4 шамдар туғызған (8,14,15,21), шартты жарықтандыру:

$$e_r \cdot 4 = 4 \cdot 0.41 = 1.64 \text{ лк.} \quad (2.2.29)$$

Зерттеу нүктесіне дейінгі 9,13,16,20 шамдар ара қашықтығы:

$$d_9 = \sqrt{12^2 + 2.5^2} = 12.25 \text{ м.} \quad (2.2.30)$$

Жарықтың түсу бұрышы:

$$tg(\alpha_9) = \frac{d_9}{h} = \frac{12.25}{10} = 1.225 \text{ м.} \quad (2.2.31)$$

Берілгендері бойынша жарық күші:

$$I = 382.25 \text{ кг.} \quad (2.2.33)$$

Анықтау  $e_r$ :

$$e_r = \frac{382.25 \cdot (\cos(50.77))^3}{10^2} = 0.96 \text{ лк.} \quad (2.2.34)$$

4 шамдар туғызған (9,13,16,20), шартты жарықтандыру:

$$e_r \cdot 4 = 4 \cdot 0.96 = 3.84 \text{ лк.} \quad (2.2.35)$$

Зерттелетін нүктеге дейінгі 10,12,17,19 шамдар ара қашықтығы:

$$d_{10} = \sqrt{6^2 + 2.5^2} = 6.5 \text{ м.} \quad (2.2.36)$$

Жарықтың түсу бұрышы:

$$tg(\alpha_{10}) = \frac{d_{10}}{h} = \frac{6.5}{10} = 0.65 \text{ м.} \quad (2.2.37)$$

Берілгендері бойынша жарық күші:

$$I = 386.5 \text{ кг.} \quad (2.2.38)$$

Анықтау  $e_r$ :

$$e_r = \frac{386.5 \cdot (\cos(33))^3}{10^2} = 2.28 \text{ лк.} \quad (2.2.39)$$

4 шамдар туғызған (1,2,3,4) шамдар ара қашықтығы:

$$e_r \cdot 4 = 4 \cdot 2.28 = 9.12 \text{ лк.} \quad (2.2.40)$$

Зерттелетін нүктеге дейінгі 11,18 шамдар ара қашықтығы:

$$d_{11} = \sqrt{2.5^2} = 2.5 \text{ м.} \quad (2.2.41)$$

Жарықтың түсу бұрышы:

$$tg(\alpha_{11}) = \frac{d_{11}}{h} = \frac{2.5}{10} = 0.25 \text{ м.} \quad (2.2.42)$$

Берілгендері бойынша жарық күші:

$$I = 410.5 \text{ кг.} \quad (2.2.43)$$

Анықтау  $e_r$ :

$$e_r = \frac{410.5 \cdot (\cos(14))^3}{10^2} = 3.75 \text{ лк.} \quad (2.2.45)$$

4 шамдар туғызған (1,2,3,4) шамдар ара қашықтығы:

$$e_r \cdot 4 = 4 \cdot 3.75 = 7.5 \text{ лк.} \quad (2.2.46)$$

Толық шартты жарықтандыруды анықтаймыз:

$$\Sigma e_r = 1.4 + 2.84 + 5.6 + 3.96 + 1.64 + 3.84 + 9.12 + 7.5 = 35.9 \text{ лк.} \quad (2.2.47)$$

Жұмыс орнындағы жарықты есептейміз:

$$E_r = \frac{13000 \cdot 1.2 \cdot 35.9}{1000 \cdot 1.5} = 373.36 \text{ лк.} \quad (2.2.48)$$

Келесі шарт орындалса онда жұмыс орнындағы жарық жеткілікті деп есептеледі:

$$E_r \geq E_H. \quad (2.2.49)$$

Жұмыстың орындалу разряды үшін III, б,  $E_H = 300$  лк.



Осы жағдайда мына шарт орындалады,  $E_r = 373.36 \text{ лк} > 300 \text{ лк}$ .

Әр шамдағы лампалардың жарық ағыны:

$$\Phi = \frac{1000 \cdot E_n \cdot K_3}{\mu \cdot \Sigma e_r},$$

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 300 \cdot 1.5}{1.2 \cdot 35.9} = 10445 \text{ лм.} \quad (2.2.50)$$

Сонымен қортындылай келе жасанды жарықтандыруды есептеу кезінде жарықтандырудың белгілі жарық жүйесі қалыпты. Сондықтан шамдарды қуаты жоғары шамдарға ауыстыру қажет емес.

### 2.3 Жерге тұйықтауды есептеу

Жерге тұйықтау деген кернеу астында пайда болуы мүмкін, метал ток өтпейтін бөлікті жерге немесе оның эквивалентіне электрлі қосу. Қорғанысты жерге қосу дегеніміз қалыпсыз кернеу астындағы жабдықтың металл бөліктерін кернеу мәнін жерге қатысты қауіпсіз шамаға дейін төмендету қажет. Жерге қосылған жабдықты қорабына тұйықталу нәтижесінде жанасу кернеуі аз мәнге ие болады, яғни осымен қатар қорап пен жанасқан адамның денесінен өтетін ток та азаяды. Электр қондырғыларының алуан түрлі бөліктерінде оқшауламаның тесілуі және кабельдердің қабатына, қосқыштар, шамдар, электр қозғалтқыштардың метал қораптарына тұйықталуы болуы мүмкін. Осының нәтижесінде жалпы жағдайда кернеу астында болмайтын металл ток өткізгіш бөліктері ток астында болып, оларға адам жанасқанда үлкен қауіп төну мүмкіндігі мол. Кернеудің электр қондырғысының ток өтпейтін бөліктеріне өтуі кезінде токпен зақымданудан қорғаныс құралы болып, кедергісі  $R_{жер} = 4 \text{ Ом}$  тең қорғаныс жерлеме болып табылады.  $R_{жер}$  адам кедергісінен едәуір аз болғандықтан ( $R_{адам} = 1000 \text{ Ом}$ ), ток кедергісі аз тізбекпен жерге өтеді, сондықтан электр қозғалтқышының қорабына жанасу қаупін төндірмейді. Жерге қосу іске аспаған жағдайда және оқшауламаның зақымдануында электрқозғалтқыштың металл бөліктерімен кернеу астында болуы мүмкіндігі және адамдарға электрлік ажарақаттар алу қаупінің төну мүмкіндігі артады. Оқшаулама тесілген жағдайда адамға әсер ететін кернеуі шамамен  $U_{тес}$  адам денесі кедергісі бойынша  $R_{адам}$  және желі бойынша басқада екі фазаларының жерге қосу оқшауламалар кедергісіне  $R_{ок}$  тәуелді болады.

$$U_{тес} = \frac{U_{жс} * R_{адам}}{R_{ок} + R_{адам}}, \quad (2.3.1)$$

белгілі болғандай жерге тұйықтау вертикалды тұйықтағыштардан және горизонтальды тұйықтағыштардан және тұйықтау өткізгіштен

тұратынын білдік. Вертикальды тұйықтағыштар белгілі бір тереңдікке қағылады.

Горизонтальды тұйықтағыштар вертикалды тұйықтағыштармен өз-ара байланыстырылады. Тұйықтау өткізгішін электр өосқышына тәуелсіз тұйықтау контурымен байланыстырады.

Бұл тұйықтағыштардың өлшемі, сны және өз-ара ара қашықтықтары, жердің мешікті кедергісі – осы барлық материалдар жерге тұйықтаудың кедергісіне тәуелді болады.

Жерге қосу құрылғылары болып бірінші табиғи жерлемелер қолданылады:

- жер астына жүргізілетін су құбырлары;
- ғимараттардың жерге тұйықталып бекітілген металл құрылғылары;
- кабельдердің металл жабындары (алюминийден басқа);
- артезиандық бұрғылардың жағалықты құбырлары бойынша.

Табиғи жерге қосу желісі бойынша екі жерден жалғануы тиіс. Жасанды жерге қосу бойынша келесі шарттар қолданылады:

Ұзындықтары 2 – 3 м қабырғасының қалыңдығы 3,5мм болатты құбырлармен; қалыңдығы 4мм-ден аз емес болаттан; қалыңдығы 4 мм-ден аз емес бұрыштық болаттан; диаметрлері 10 мм-ден аз емес өзекті болат.

Жерге қосудың кедергісі 4 Ом-нан аспауы тиіс, қуаты 100 кВ.А трансформаторлар және генераторлар қорек алатын қондырғылардың кедергісі 10 Ом-нан аспауы қажет.

Жерге тұйықтауды есептеген кезде, жалпы кедергісі ПУЭ бойынша белгілі мәнге тең болатын электрод өзекшелерден, сызықтардың да саны есептеледі. Жерге тұйықтаудың есептелген кедергісі мен нақты кедергінің тең келуі жердің меншікті кедергі мәні нақты алынған жағдайда ғана болуы мүмкін.

Жерге тұйықтау аралығының арақашықтығы  $a=(1...2)$ , мұнда 1 – жерге тұйықтау ұзындығы, м.

Жерге тұйықтау санын анықтағанда оларды алдын ала жобада орналастырады. Тұйықтаудың соңғы саны:

$$n = \frac{R_{\text{есеп}} * K_m}{R_{\text{ж}} * \eta}, \quad (2.3.1)$$

мұндағы R есеп – жерлеменің есептік кедергісі, Ом;

$K_m$  - маусымдық коэффициент (1-1,75);

$R_{\text{ж}}$  – токтың жерге өту кедергісі, Ом;

$\eta$  – жерге тұйықтауды қолдану коэффициенті.

Жерге тұйықтауды қолдану коэффициенті өз-ара дәрежесін сипаттайды және тұйықтаудың көлеміне, пішініне және олардың өз-ара орналасуына байланысты негізделген. Келесі мәліметтер бойынша тік өзекті тұйықтаманың кедергісі келесідей анықталады:  $\rho=10^4$  Ом/м,  $l=250$

см,  $d=6$  см,  $t_0=70$  см ( $d$  - өзек диаметрі,  $t_0$  - өзектің жоғарғы ұшынан жерге дейінгі ара қашықтық). Жеке жерлеменің кедергісі

$$R_c = \frac{\rho}{2 \pi l} * \left\{ \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + l}{4t - l} \right\}. \quad (2.3.2)$$

Жер бетінен өзек ортасына дейінгі ара қашықтық:

$$t = \frac{1}{2} l + t_0;$$

$$t = \frac{1}{2} * 250 + 70 = 195 \text{ см},$$

бұл жерде

$$R_c = \frac{10^4}{2 * 3,14 * 250} * \left\{ \lg \frac{2 * 250}{6} + \frac{1}{2} * \lg \frac{4 * 195 + 250}{4 * 195 - 250} \right\} = 30,2 \text{ Ом}.$$

Тік өзекшелер ретінде орындалған ( $d=0,06$  м, тұйықтау жүйесін есептейміз, жер – топырақ  $\rho=100$  Ом .м. Тұйықтау құрылғыны  $20 \times 30$  м тік төртбұрыш ретінде орындаймыз. Өзекшелер өз-ара  $40 \times 4$  мм болат сызықпен жалғанады және  $t_0=0,7$  м тереңдікке қазылады. Маусымдық коэффициент  $K_m$

=1. Бір тік өзекті кедергісі:

$$R_c = \frac{100}{2 * 3,14 * 2,5} * \left\{ \lg \frac{2 * 2,25}{0,06} + \frac{1}{2} * \lg \frac{4 * 1,95 + 2,5}{4 * 1,95 - 2,5} \right\} = 30,3 \text{ Ом}.$$

Өзектер арасындағы ара қашықтықты жобалап есептейміз. Өзектер арасындағы ара қашықтық  $a = 5$  м деп қабылдаймыз. Жалғағыш сызықтың ұзындығы тік төртбұрыштың периметріне тең болады, яғни 100 м.

$$n_{\text{жоб}} = \frac{100}{5} = 20 \text{ өзек}.$$

Жалғағыш болат сызықтың кедергісі:

$$R_{\text{п}} = \frac{\rho}{2 \pi l} \lg \frac{2l_{\text{п}}^2}{d_3 * t_0}, \quad (2.3.4)$$

мұндағы  $l_{\text{п}}$  – жалғағыш сызықтың ұзындығы, м;  
 $d_3$  – эквивалентті диаметр,  $d_3=0,95$ .  $0,04 = 0,037 \approx 0,04$  м.

$$R_{\text{п}} = \frac{100}{2 * 3,14 * 100} \lg \frac{2 * 100^2}{0,04 * 0,7} = 19 \text{ Ом}.$$

Жерге тұйықтау жүйесінің қажетті кедергісі:

$$R = \frac{R_{\text{п}} * R_{\text{жер}}}{R_{\text{п}} + R_{\text{жер}}}, \quad (2.3.5)$$

$$R = \frac{19 * 4}{19 + 4} = 3,304 \text{ Ом}.$$

Жерге тұйықтау жүйесінің кедергісі рұқсат етілген шамадан аспайды, яғни қорғанысты жерге тұйықтау дұрыс есептелген.

### 3. Экономикалық бөлім

#### 3.1 Экономикалық негіздемесі

Техникалық және экономикалық көрсеткіштерді есептеу екі балама жүйелерін техникалық деректер арқылы салыстырмалы талдау негізінде жүзеге асырылады. Тоғы бар салыстырғанда жаңа жүйесі, қуат шығынын азайту, ТТҚ жұмыс істеу мерзімін ұзарту мотор қызмет мерзімін жақсарту және тұрақты мемлекеттік операциялар бойынша сыртқы факторлардың әсерін азайту. аз бастапқы шығындар, операциялық шығындар, электр энергиясының құны: Экономикалық бағалау ең аз төмендеген шығындарды принципіне негізделген. DC мотор қабылданған техникалық себептер бойынша ең орынды. балама ретінде, жүйе ESRD-ВР жүйесін таңдауға болады. Ерекшеліктер қозғалтқыштар жүйелері 1-кестеде көрсетілген.

3.1 кесте – Салыстырмалы жүйе қозғалтқыштардың техникалық мінездемесі

Г-Қ басқару жүйесі		ТТ-Қ басқару жүйесі	
Құрылғының атауы	Құрылғының бірлігіне баға, мың теңге	Құрылғының атауы	Құрылғының бірлігіне баға, мың теңге
ГПЭ-5 жетекті қозғалтқышы 100кВт	220	Тиристорлық түрлендіргіш (Т-153-332-1,75)	230
ТРМ-3	350	ПБСТ-62 қозғалтқышы 80кВт	165
ПӘК, %	0,90	ПӘК, %	0,91
cos φ	0,95	cos φ	0,90

### 3.2 Берілген шығынның есептелуі

Келтірілген шығын мына формула арқылы есептеледі:

$$Z_{\text{келт}} = E_n \cdot K + C_{\Sigma} .$$

Бастапқы шығындар электржетегі сметалық құны тұрады капитал салымдарының, резисторлар құнын, орнату шығындар, тасымалдау және сатып алу шығындары мен жоспарланған жинақталған есептеу арқылы анықталады.

Электр жетектің түрлендіргіштер ең қымбат компоненттері болып табылады. Осылайша, тұрақты ток генератор бағалау құны:

$$k_{\text{эж1}} = k_{T1} + k_{II} = 220000 + 350000 = 570000 ,$$

мұндағы  $k_{T1} = 220000$  – электрқозғалтқыштың бағасы (ТТҚ) теңге;

$$k_{II} = 350000 \text{ – түрлендіргіш бағасы, теңге.}$$

Тұрақты ток қозғалтқышының электр жетегі үшін:

$$k_{\text{эж1}} = k_{\text{э1}} + k_{T2} = 165000 + 230000 = 395000 \text{ теңге,}$$

мұндағы  $k_{\text{э2}} = 165000$  – электрқозғалтқыштың бағасы (ТТҚ), теңге;

$k_{T2} = 230000$  – түрлендіргіш бағасы, теңге.

Электржетектің түрлендіргіш құнының белгілі бір бөлігін (12%) ретінде анықталады.

Онда 1-ші нұсқа жетегі үшін:

$$k_{T1} = 0,12k_{T1} = 0,12 \cdot 350000 = 42000 \text{ теңге,}$$

2-ші нұсқа жетегі үшін:

$$k_{T2} = 0,12k_{T2} = 0,12 \cdot 450000 = 27600 \text{ теңге.}$$

Жұмыс механизмдері және жетек үшін жөндеу жұмыстарының құны жеке есептеледі. Электржетек үшін жөндеу жұмыстары 6% электржетек құнынан  $k_{\text{эТ}}$ , жұмыс механизмдері -5% электр жетек құнынынан, сонда бірінші жетек үшін жөндеу жұмыстарының құны:

$$k_{\text{мп1}} = (0,06 + 0,05)k_{\text{эТ1}} = (0,06 + 0,05) \cdot 570000 = 62700 \text{ теңге,}$$

2-ші нұсқа үшін жұмыс бағасы:

$$k_{\text{мп1}} = (0,06 + 0,05)k_{\text{эж2}} = (0,06 + 0,05) \cdot 395000 = 43450 \text{ теңге.}$$

Көлік және сатып алу шығындары жалпы электр құны және құны 1-ші

вариант үшін 2% құрайды:

$$k_{mp1} = (k_{эж1} + k_{mp1}) \cdot 0,02 = (570000 + 62700) \cdot 0,02 = 12654 \text{ тенге.}$$

2-ші нұсқа үшін шығындар:

$$k_{mp2} = (k_{эж2} + k_{mp2}) \cdot 0,02 = (395000 + 43450) \cdot 0,02 = 8769 \text{ тенге.}$$

Бұл бірінші нұсқада тасымалдау және сатып алу шығындары әлдеқайда жоғары, сондай-ақ орнату шығындар фактісі байланысты болып табылады.

3. 2 кесте - Капитал инвестицияларын есептеу

Шығын көздері	1 Нұсқа ТТГ	2 Нұсқа ТТҚ
	Бағасы, тенге.	Бағасы,тенге.
Электроқозғалтқыш	220000	165000
Түрлендіргіш	350000	230000
Реттеу аппараттары	42000	27600
Жөндеу жұмыстары	62700	43450
Жүк тасымалдары	12654	8769
Жалпы капиталдық инвестиция	570000	395000

### 3.3 Пайдалану шығындарды есептеу

Пайдалану құнын есептеу кезінде мерзім шамасы маңызды мәні болып табылады. Атқарушы салыстыру кезінде айнымалы және тұрақты ток 1 жыл мерзіміне шектелуге.

Жыл сайынғы операциялық шығындар -, яғни, жыл ішінде тетігін пайдалану және жылдық өндіру көлемі шығару үшін қажетті, жетек және операциялық механизмі жалпы құны болып табылады тетігін басқару құны. Жыл сайынғы операциялық шығындар, әдетте, тұтынылатын электр энергиясының құнын, амортизацияны және электр операциялық жылдық шығындарды қамтиды.

Энергия шығындары жылына арналған тұтынылатын энергия көлемі, қозғалтқыштың номиналды қуаты, сондай-ақ электр энергиясы үшін тариф ставкасы бойынша анықталады. Бір жылға тұтынылған энергияны есептеу үшін электржетектің бір жылдық толық жұмыс уақытын білу қажет, пайдалану коэффициенті арқылы анықталатын.

$$k_{op} = (KK \cdot t_{жұм.см}) / (t_{см} \cdot 100\%) = (100 \cdot 8) / (8 \cdot 100) = 1,$$

мұндағы КК- құрылғының қосылу уақыты, %;

$t_{жұм.см}$  - жұмыс ауысымының, сағ ұзақтығы орнату.; см - жұмыс уақытының

сағат саны.

$K_{op}$  - орындау коэффициентін біле отыра, жылдағы құрылғының жұмыс сағат санын білуге болады:

$$T_{\Gamma} = T_{жұм.к.} \cdot n_{жс} \cdot t_{жс} \cdot K_{op} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 1 = 2024 \text{сағ.},$$

$T_{жұм.к.}$  - жылдық жұмыс күндерінің саны;

$n_{жс}$  - тәуліктегі жұмыс кезең саны.

Жылға арналған тұтынылатын қуат 1-ші нұсқаға арналған формула арқылы анықталады:

$$\mathcal{E}_{\Gamma 1} = P_{к.н.1} \cdot \frac{T_{\Gamma}}{\eta_{н1}} = 100 \cdot \frac{2024}{0.90} = 224889 \text{кВт} \cdot \text{сағ.},$$

мұндағы  $P_{к.н.1}$ ,  $\eta_{н1}$  – ТТГ номиналды параметрлері (1 кесте).

2-ші нұсқа үшін:

$$\mathcal{E}_{\Gamma 2} = P_{к.н.2} \cdot \frac{T_{\Gamma}}{\eta_{н2}} = 80 \cdot \frac{2024}{0.91} = 177934 \text{кВт} \cdot \text{сағ.},$$

мұндағы  $P_{к.н.2}$ ,  $\eta_{н2}$  – ТТГ номиналды параметрлері (1 кесте).

Осылайша, 1-ші нұсқа үшін электр энергиясының құнын есептеуге болады:

$$C_{\mathcal{E}1} = \mathcal{E}_{\mathcal{E}1} \cdot C_{нег.}$$

Яғни,

$$C_{\mathcal{E}1} = \mathcal{E}_{\mathcal{E}1} \cdot C_{нег.} = 224889 \cdot 14.8 = 3328357 \text{тг.}$$

$C_{нег.}$  – тарифтік баға, теңге/ кВт · сағ., (жалпы төлем).

Сол сияқты, жұмсалған энергия шығындар бойынша 2-ші нұсқа үшін саны:

$$C_{\mathcal{E}2} = \mathcal{E}_{\mathcal{E}2} \cdot C_{нег.}$$

$$C_{\mathcal{E}2} = \mathcal{E}_{\mathcal{E}2} \cdot C_{нег.} = 177934 \cdot 14.8 = 2633423 \text{тг.}$$

Жетектің сметалық амортизациялық құны 9,5% -ға, 1-ші нұсқа үшін:

$$C_{a1} = 0.095 \cdot K_{ЭЖ1} = 0.095 \cdot 570000 = 54150 \text{тг.}$$

Мұндағы  $K_{ЭЖ1}$  – тұрақты ток электр жетегінің сметалық құны, теңге.  
2-ші нұсқа:

$$C_{a2} = 0.095 \cdot K_{ЭЖ2} = 0.095 \cdot 395000 = 37525 \text{тг.}$$

$K_{ЭЖ2}$  – ТТҚ электржетегінің сметалық құны, теңге.

Жабдықты пайдалану шығындар компоненттері көптеген құрылымдарды қамтиды.

Өз кезегінде жабдықтарды жөндеу және күтіп-ұстау ережесін күрделілігіне байланысты электр жабдықтарын жөндеу және техникалық қызмет көрсету жүзеге асыру үшін қажетті уақыт көлемінде, анықталады Жалақы қызмет көрсету қызметкерлері. мотор, инвертор, трансформаторлық және балласттық кедергілер: барлық электр жүйесі 4 негізгі бөлікке бөлуге болады. Осы бөліктердің әрқайсысы үшін жеке-жеке жөндеу және техникалық қызмет көрсету күрделілігі болып табылады. Содан кейін, барлық есептелген мәндер бірге қосылады. жөндеу циклының және жөндеу уақыт жоспарланған ұзақтығын анықтау үшін қажетті еңбек сыйымдылығын есептеу үшін, жылына жөндеу саны жәнет.б.

Жөндеу циклының жоспарлы жалғасуы үшін - жөндеу циклы (энергетикалық жабдықтың арасындағы уақыт, екі астананың арасындағы күнтізбелік уақыт жылдары білдірді жөндеу циклі) жоспарланған ұзақтығы тұрақты тоқтағы электрқозғалтқыш үшін:

$$T_{пл1.коз} = T_{табл1.коз} \cdot \beta_k \cdot \beta_p \cdot \beta_0 = 9 \cdot 0.75 \cdot 2 \cdot 0.85 = 11.5 \text{ жыл.}$$

Мұндағы  $T_{табл1.коз}$  – электрқозғалтқыштар үшін жөндеу циклының жалғасу уақыты;

$\beta_k$  – коллекторлық машиналардың жұмыс уақытының азаю коэффициенті;

$\beta_p$  – құрылғының жұмыс кезеңінің алмасуын анықтау;

$\beta_0$  – жалпы құрылғы қатарына жатқызылған машиналардың ремонттық циклының азаюын анықтайтын коэффициент.

Тұрақты ток қозғалтқыш:

$$T_{пл2.коз} = T_{табл.коз} \cdot \beta_p \cdot \beta_0 = 9 \cdot 2 \cdot 0.85 = 15.3 \text{ жыл.}$$

Трансформатор үшін:

$$T_{пл.тр} = T_{табл.тр} \cdot \beta_0 = 9 \cdot 0.85 = 6.8 \text{ жыл,}$$

мұндағы  $T_{пл.тр}$  – трансформатор үшін жөндеу циклі.

Тиристорлы түзеткіш үшін:

$$T_{пл.ор} = T_{табл.ор} \cdot \beta_0 = 10 \cdot 0.85 = 8.5 \text{ жыл,}$$

мұндағы  $T_{пл.ор}$  – тиристорлы түзеткіш үшін жөндеу циклін жалғастыру. Кернеу түзету үшін:

$$T_{пл.түз} = T_{табл.ор} \cdot \beta_0 = 6 \cdot 0.85 = 5.1 \text{ жыл,}$$

мұндағы  $T_{пл.түз}$  – кернеу түзеткіші үшін жөндеу циклының ұзақтығы.

Жөндеу аралығының жоспарлы жалғасу периоды (жөндеу аралық период – энергетика жабдықтарының жұмысы, екі аралық жоспарлы



жөндеу жұмыстарының айлық кесте уақыты) ТТГ үшін:

$$t_{нл1.ТТГ} = t_{табл.қоз} \cdot \beta_p \cdot \beta_0 = 9 \cdot 2 \cdot 0.85 \cdot 0.7 = 9.45 \text{ ай},$$

мұндағы  $t_{нл1.ТТГ}$  – ТТГ үшін аралық жөндеу шамасы.

ТТҚ үшін:

$$t_{нл2.қоз} = t_{табл.қоз} \cdot \beta_p \cdot \beta_0 = 9 \cdot 2 \cdot 0.7 = 12.6 \text{ ай}.$$

Трансформатор үшін:

$$t_{нл2mp} = t_{табл.mp} \cdot \beta_0 = 6 \cdot 0.7 = 4.2 \text{ ай}.$$

мұндағы  $t_{табл.mp}$  – трансформаторлар үшін аралық жөндеу периоды.

Тиристорлы түзеткіш үшін:

$$t_{нл.op} = t_{табл.op} \cdot \beta_0 = 24 \cdot 0.7 = 16.8 \text{ ай}.$$

мұндағы  $t_{табл.op}$  – тиристорлы түзеткіштер үшін аралық жөндеу периодының жалғасуы.

Кернеу түзеткіші үшін:

$$t_{нл.мүз} = t_{табл.түз} \cdot \beta_0 = 18 \cdot 0.7 = 12.6 \text{ ай},$$

мұндағы  $t_{табл.мүз}$  – кернеу түзеткіші үшін аралық жөндеу периодының жалғасуы.

Алынған шамалар арқылы 1 жылдық толық және аралық жөндеу жұмыстарын есептеуге болады. Бірінші толық жөндеу жұмыстары:

а) ТТГ үшін:

$$M_{кр1.қоз} = 1/T_{нл1.қоз} = 1/11.5 = 0.087 ,$$

б) ТТҚ:

$$M_{кр2.қоз} = 1/T_{нл2.қоз} = 1/15.3 = 0.065 ,$$

в) трансформатор үшін:

$$M_{кр1.mp} = 1/T_{нл1.mp} = 1/6.8 = 0.147 ,$$

г) түзеткіш үшін:

$$M_{кр1.op} = 1/T_{нл1.op} = 1/8.5 = 0.118 ,$$

д) кернеу түзеткіші үшін:

$$M_{кр1.мүз} = 1/T_{нл1.мүз} = 1/5.1 = 0.196.$$

1 жылдық аралық жөндеу жұмыстары анықталады:

$$M_{т.p.1.қоз} = 0.106 \cdot M_{т.p.2қоз} = 0.106 \cdot M_{т.p.mp} = 0.238 ,$$

$$M_{m.p.op} = 0.06 \cdot M_{m.p.op} = 0.06 \cdot M_{m.p.mp} = 0.079.$$

Электрлік машиналардың толық жөндеу жылдық еңбек сыйымдылығы ТТГ үшін келесідей анықталады:

$$T_{к.р1.ТТГ} = M_{к.р.1қоз.} \cdot H_{к.р.қоз.} \cdot \kappa_w \cdot \kappa_k = 0.087 \cdot 25 \cdot 1.1 \cdot 1.8 = 3.22 \text{ адам/сағ.}$$

мұндағы  $H_{к.р.қоз.}$  – берілген қуат бойынша толық жөндеу еңбек сыйымдылығы;

$\kappa_w$  – түзету коэффициенті, айналу жиілігіне қатысты;

$\kappa_k$  – коллекторлы машиналардың пайдалану еңбек сыйымдылығын ұлғайту коэффициенті.

ТТҚ үшін жылдық толық жөндеу еңбек сыйымдылығы келесідей анықталады:

$$T_{к.р2.қоз} = M_{к.р.2қоз.} \cdot H_{к.р.қоз.} \cdot \kappa_w = 0.087 \cdot 25 \cdot 1.1 = 1.79 \text{ адам/сағ.}$$

Трансформатор, тиристорлы түзеткіш және кернеу түзеткіштің жылдық еңбек сыйымдылығының толық жөнделуі келесідей:

$$T_{к.р.тр} = M_{к.р.тр.} \cdot H_{к.р.тр.} = 0.147 \cdot 88 = 12.94 \text{ адам/сағ.},$$

$$T_{к.р.ор} = M_{к.р.ор.} \cdot H_{к.р.ор.} = 0.118 \cdot 35 = 4.13 \text{ адам/сағ.},$$

$$T_{к.р.мүз.} = M_{к.р.мүз.} \cdot H_{к.р.мүз.} = 0.196 \cdot 50 = 9.8 \text{ адам/сағ.},$$

мұндағы  $H_{к.р.тр.}$  – трансформатор үшін толық жөндеу еңбек сыйымдылық нормасы;

$H_{к.р.ор.}$  – электржетек түзеткіштернің толық жөндеу еңбек сыйымдылық нормасы.

$H_{к.р.мүз.}$  – электржетек түзеткіштернің толық жөндеу еңбек сыйымдылық нормасы.

Барлық жабдықтардың жылдық еңбек сыйымдылығы анықталады.

$$T_{к.р1.қоз} = M_{т.р.1қоз.} \cdot H_{т.р.қоз.} \cdot \kappa_w \cdot \kappa_k = 0.106 \cdot 25 \cdot 1.1 \cdot 1.8 = 5.25 \text{ адам/сағ.}$$

$$T_{к.р2.қоз} = M_{т.р.2қоз.} \cdot H_{т.р.қоз.} \cdot \kappa_w = 0.08 \cdot 25 \cdot 1.1 = 2.2 \text{ адам/сағ.}$$

$$T_{т.р.тр} = M_{т.р.тр.} \cdot H_{т.р.тр.} = 0.238 \cdot 17 = 4.05 \text{ адам/сағ.},$$

$$T_{т.р.ор} = M_{т.р.ор.} \cdot H_{т.р.ор.} = 0.06 \cdot 10 = 0.6 \text{ адам/сағ.},$$

$$T_{т.р.мүз.} = M_{т.р.мүз.} \cdot H_{т.р.мүз.} = 0.079 \cdot 15 = 1.19 \text{ адам/сағ.},$$

мұндағы  $H_{т.р.қоз.}$ ,  $H_{т.р.тр.}$ ,  $H_{т.р.ор.}$  және  $H_{т.р.мүз.}$  – жабдықтардың әртүрлі түрлері үшін аралық жөндеу еңбек сыйымдылығы.

Реттеу аппараттарының жылдық жөндеу еңбек сыйымдылығы (аралық) 25% тең толық еңбек сыйымдылығын жөндеу, тұрақты токтың электржетегі үшін, түзеткіштер, трансформаторлар бойынша:

$$T_{n.p.k.p1} = 0.25 \cdot (T_{к.p1.қоз} + T_{к.p.mр} + T_{к.p.op}) = 0.25(3.22 + 12.94 + 4.13) = 5.07 \text{ адам/сағ.},$$

$$T_{n.p.m.p1} = 0.25 \cdot (T_{m.p1.қоз} + T_{m.p.mр} + T_{m.p.op}) = 0.25(5.25 + 4.05 + 0.6) = 2.47 \text{ адам/сағ.}$$

ТТҚ үшін:

$$T_{n.p.k.p2} = 0.25 \cdot (T_{к.p2.қоз} + T_{к.p.mр}) = 0.25(1.79 + 9.8) = 2.9 \text{ адам/сағ.},$$

$$T_{n.p.m.p2} = 0.25 \cdot (T_{m.p2.қоз} + T_{m.p.mр}) = 0.25(2.2 + 1.19) = 0.85 \text{ адам/сағ.}$$

Жабдықтарды техникалық қамтамасыздандыру еңбек сыйымдылығы 10% тең, ТТГ жылдық еңбек сыйымдылығын анықтаймыз:

$$T_{m.o1.қоз.} = 1 \cdot 12 \cdot H_{m.p.қоз.} = 0.1 \cdot 12 \cdot 7 = 8.4 \text{ адам/сағ.},$$

$$T_{m.o.mр.} = 1 \cdot 12 \cdot H_{m.p.mр.} = 0.1 \cdot 12 \cdot 17 = 20.4 \text{ адам/сағ.},$$

$$T_{m.o.op.} = 0.1 \cdot 12 \cdot H_{m.p.op.} = 0.1 \cdot 12 \cdot 10 = 12 \text{ адам/сағ.},$$

ТТҚ үшін:

$$T_{m.o.2mүз.} = 1.2 \cdot 12 \cdot H_{m.p.mүз.} = 0.1 \cdot 12 \cdot 15 = 18 \text{ адам/сағ.},$$

ТТГ үшін:

$$T_{n.p.m.o1} = 0.1 \cdot (T_{m.o1.қоз} + T_{m.o.mр} + T_{m.o.op}) = 0.1(8.4 + 20.4 + 12) = 4.08 \text{ адам/сағ.},$$

ТТҚ үшін:

$$T_{n.p.m.o2} = 0.1 \cdot (T_{m.o2.қоз} + T_{m.o.mүз}) = 0.1(8.4 + 18) = 2.64 \text{ адам/сағ.}$$

3.3.1 кесте – Қарастырылған нұсқалар жабдықтарының техникалық және жөндеу еңбек сыйымдылығын есептеу қорытындылары

Жабдық түрі	ТТГ	ТТҚ
Жылдық толық жөндеу еңбек сыйымдылығы		
Электрқозғалтқыш	3,22	1,79
Трансформатор	12,94	-
Түзеткіш	4,1	9,8
Реттеу аппараттары	5,64	3,03
Жылдық толық жөндеу еңбек сыйымдылығы, адам-сағ.		
Электрқозғалтқыш	5,25	2,2
Трансформатор	4,05	-

Түзеткіш	0,6	1,19
Реттеу аппараттары	2,47	0,85
Жылдық толық жөндеу еңбек сыйымдылығы, адам-сағ.		
Электрқозғалтқыш	8,4	8,4
Трансформатор	20,4	-
Түзеткіш	12	18
Реттеу аппараттары	4,08	2,64
ТТГ		ТТҚ
83,15		47,9

Жабдықтарды пайдалану жылдық еңбек сыйымдылығын ескеріп қызметкерлердің жөндеу жұмыстары бойынша еңбек ақыларын есептеп анықтау 1 нұсқа бойынша:

$$C_{з.п.1} = C_{тар} \cdot C_{нал} \cdot T_{тол.1},$$

$$C_{з.п.1} = 733 \cdot 1.6 \cdot 83.15 = 97518 \text{тг.}$$

Мұндағы  $C_{тар}$  – қызметкерлердің сағатына қойылған тарифтері, тг. (IV разряд);

$C_{нал}$  – жалақыға байланысты бөлінген налог төлемдерін анықтайтын коэффициент;

$T_{тол.1}$  – ТТГ жабдықтарын пайдалану толық еңбек сыйымдылығы.

2-ші нұсқа:

$$C_{з.п.2} = C_{тар} \cdot C_{нал} \cdot T_{тол.2},$$

$$C_{з.п.2} = 733 \cdot 1.6 \cdot 47.9 = 56177 \text{тг.}$$

Мұндағы  $T_{тол.2}$  – ТТҚ жабдықтарын пайдалану толық еңбек сыйымдылығы.

Материалдар құндылығы және жабдықтарды қамтамасыздандыру 100% деп алынады, налогқа төленетін шығындарсыз қызметкерлердің жалақысына қатысты;

1-ші нұсқа:

$$C_{мат.1} = C_{тар} \cdot C_{қос.1} = 733 \cdot 83.15 = 60949 \text{тг.}$$

2-ші нұсқа:

$$C_{мат.2} = C_{тар} \cdot C_{қос.1} = 733 \cdot 47.9 = 35111 \text{тг.}$$

Жалпы цехтің шығынын 100% тең негізгі жалақының налогынсыз, Материалдар құндылығы және жабдықтарды қамтамасыздандыру.

$$C_{ц.1} = C_{мат.1} = 60949 \text{тг.},$$

$$C_{ц.2} = C_{мат.2} = 35111 \text{тг.}$$

Жалпы зауыт шығыны 50% -тең, налогсыз негізгі еңбек жалақысынан, жалпы цех шығындарының жартысын құрайды:

$$C_{з.1} = 0.5 \cdot C_{ц.1} = 0.5 \cdot 60949 = 30475 \text{тг.},$$

$$C_{з.2} = 0.5 \cdot C_{ц.2} = 0.5 \cdot 35111 = 17556 \text{тг.}$$

### 3.4 Жалпы шығынын есептеу

Қондырғылардың электрлік бөлігін пайдалану жылдық шығынын есептеу, жылдық пайдалану шығындарын анықталады екі нұсқа үшін:

$$C_{\text{экс.эж1}} = (C_{\text{з.п}} + C_{\text{мат}} + C_{\text{ц}} + C_{\text{з}}), \quad (3.4.1)$$

$$C_{\text{экс}} = (C_{\text{з}} + C_{\text{а}} + C_{\text{экс.эж}}).$$

$$C_{\text{экс.эж1}} = (97518 + 60949 + 60949 + 30475) = 249891 \text{ тг.},$$

$$C_{\text{экс.эж2}} = (56177 + 35111 + 35111 + 17556) = 143955 \text{ тг.},$$

$$C_{\text{экс1}} = (30475 + 54150 + 249891) = 334516 \text{ тг.}$$

$$C_{\text{экс2}} = (17556 + 37525 + 143955) = 1990366 \text{ тг.}$$

Жылдық пайдалану шығындары электржетекті салыстыру толық шығындарын анықтаймыз:

$$C_{\Sigma} = C_{\text{а}} + C_{\text{з}} + C_{\text{з.п}} + C_{\text{мат}} + C_{\text{ц}} + C_{\text{з}} + C_{\text{экс.эж}} + C_{\text{экс}}. \quad (3.4.2)$$
$$C_{\Sigma 1} = 54150 + 3328357 + 97518 + 60949 + 30475 + 249891 + 334516$$
$$= 4216805 \text{ тг.}$$

$$C_{\Sigma} = C_{\text{а}} + C_{\text{з}} + C_{\text{з.п}} + C_{\text{мат}} + C_{\text{ц}} + C_{\text{з}} + C_{\text{экс.эж}} + C_{\text{экс}}.$$
$$C_{\Sigma 2} = 37525 + 2633423 + 37886 + 35111 + 35111 + 17556 + 249811$$
$$+ 199036 = 3245539 \text{ тг.}$$

Келтірілген шығындарды есептеу

$$C_{\text{келт.}} = E_{\text{н}} \cdot K + C_{\text{мон.}} \quad (3.4.3)$$

Мұндағы  $E_{\text{н}}=0,15$  – дамыған елдер үшін .

$$C_{\text{келт.1}} = 0.15 \cdot 570000 + 4216805 = 4302305 \text{ тг.},$$

$$C_{\text{келт.1}} = 0.15 \cdot 395000 + 3245539 = 3304789 \text{ тг.}$$

Келтірілген есептеулерге сәйкес электржетектің екі альтернативті жүйесін салыстыру арқылы екінші нұсқаның ТТҚ-ң шығындары аздау екенін көруге болады, яғни екінші нұсқа тиімді.

## Қорытынды

ЭМ есептеу нәтижесі орташа және үлкен қуатты машиналарды жобалау кезінде тәжірибемен жақсы сәйкес келеді. Бұл жағдайда, есептік және тәжірибелік мәліметтердің айырмашылығы орта есеппен 10% - дан аспайды. Машиналар үшін қуаттылығы аз, бұл қателік біршама көп және есептеу мен тәжірибе мәліметтерінің арасындағы айырмашылық 40% жетуі мүмкін.

Жобалау үшін бастапқы мәліметтер мынадай: пайдалы қуаты  $P_n, \text{Вт}$ ; номинал кернеу  $U_n, \text{В}$ ; айналу жиілігі  $n_n$  айн/мин; қоздыру тәсілі – тізбектей, параллель, тұрақты магниттер; жұмыс режимдері – ұзақ, қысқа мерзімді (өткінші), қайталама-қысқа мерзімді; орындау – жабық, қорғалған.

Жобаланатын машиналардың есептік формуляры қамтуы тиіс: деректер жобалау үшін бастапқы мәліметтерді, есептеу мәліметтерін және графикалық бөлікті.

Графикалық бөлік машинаның жалпы түрін және қимасын, статор мен якордың жапырақшаларының нобайын, оқшаулама мен орама қимасындағы паздың нобайы, якор орамасының сұлбасын, ЭМ жұмыс сипаттамаларын қамтиды. ТТМ сипаттайтын параметрлер мен шамалардың габаритін есептеу СИ жүйесін пайдалана отырып жүргізіледі.

Келтірілген есептеулерге сәйкес электржетектің екі альтернативті жүйесін салыстыру арқылы екінші нұсқаның ТТҚ-ң шығындары аздау екенін көруге болады, яғни екінші нұсқа тиімді.

Жерге тұйықтау жүйесінің кедергісі рұқсат етілген шамадан аспайды, яғни қорғанысты жерге тұйықтау дұрыс есептелген.

## Әдебиеттер тізімі

1. Ермолин Н.П. Электрические машины малой мощности. М.: Высшая школа, 1967.
2. Сергеев П.С., Виноградов Н.В., Горяинов Ф.А. Проектирование электрических машин М.: Энергия, 1969.
3. Проектирование электрических машин / И.П. Копылов, Ф.А. Горяинов, Б.К. Клоков и др.; Под ред. И.П. Копылова. М.: Высшая школа, 1980.
4. Проектирование электрических машин / О.Д. Гольдберг, Я.С. Гурин, И.С. Свириденко; Под ред. О.Г. Гольдберга. М.: Высшая школа, 1984.
5. Никулин Н.В. Справочник по электротехническим материалам и изделиям. Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство, 1979.
6. Мишин Д.Д. Магнитные материалы. М.: Высшая школа, 1991.
7. Кекало И.Б., Самарин Б.А. Физическое металловедение прецизионных сплавов. М.: Металлургия, 1989.
8. Справочник по электротехническим материалам. Т.3. Л.: Энергоатомиздат, 1988.
9. Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств. М.: Высшая школа, 1988.
10. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. М.: Высшая школа, 1985.

Қосымша 1 - Қатардың номиналды диаметрі мен ұзындығы R5a, R10a, R 20a, R 40a

Қатар R 5a	Қатар R 10a	Қатар R 20a	Қатар R 40a
1,0	1,0	1,0	1,00
			1,05
		1,1	1,10
			1,15
	1,2	1,2	1,20
			1,30
		1,4	1,40
			1,50
1,6	1,6	1,6	1,60
			1,70
		1,8	1,80
			1,90
	2,0	2,0	2,00
			2,10
		2,2	2,20
			2,40
2,5	2,5	2,5	2,50
			2,60
		2,8	2,80
			3,00
	3,2	3,2	3,20
			3,40
		3,6	3,60
			3,80
4,0	4,0	4,0	4,00
			4,20
		4,5	4,50
			4,80
	5,0	5,0	5,00
			5,20
		5,5	5,50
			5,80
6,0	6,0	6,0	6,0
			7,0
		7,5	7,5
			8,0
	8,0	8,0	8,0
			8,5
		9,0	9,0
			9,5
Қатар R 5a	Қатар R 10a	Қатар R 20a	Қатар R 40a
10,0	10,0	10,0	10,0
			10,5
	11,0	11,0	
11,5			
	12,0	12,0	12,0



			13,0
		14,0	14,0
			15,0
16,0	16,0	16,0	16,0
			17,0
		18,0	18,0
			19,0
	20,0	20,0	20,0
			21,0
		22,0	22,0
			24,0
25,0	25,0	25,0	
		26,0	
	28,0	28,0	
		30,0	
32,0	32,0	32,0	
		34,0	
	36,0	36,0	
		38,0	
40,0	40,0	40,0	40,0
			42,0
		45,0	45,0
			48,0
	50,0	50,0	50,0
			52,0
		55,0	55,0
			58,0
60,0	60,0	60,0	60,0
			65,0
		70,0	70,0
			75,0
	80,0	80,0	80,0
			85,0
		90,0	90,0
			95,0
Қарап R 5	Қарап R 10	Қарап R 20	Қарап R 40
100,0	100,0	100,0	100,0
			105,0
		110,0	110,0
			115,0
	120,0	120,0	120,0
			130,0
		140,0	140,0
			160,0

Қосымша 2 - Орамдық сымның сипаттамасы

Сым маркасы	Сам маркасының сипаттамасы	Диаметр, мм	Шектік температур а, °С	Ыстыққа төзімділік сыныбы	Оқшаулағыш маркасы
ПЭВ –1, ГОСТ 7262–78	Аз қалыңдықты оқшаулаумен	0,02–2,5	105	А	Лак ВЛ–931 поливинил ацетал негізде
ПЭВ –2, ГОСТ 7262–78	Қалыпты қалыңдықты оқшаулаумен	0,05–2,5	105	А	Бұл да
ПЭТВ–1, ТУ 16–705.110–79	Ыстыққа төзімді, қалыңдығын төмендететін оқшаулағыштың жоғары беріктік эмаль қабаты	0,05–1,6	130	В	Полиэфирлі маркалы лактар ПЭ–943, ПЭ–939
ПЭТВ–р, ТУ 16 – 705.110–79	Жоғары беріктік эмаль қабатынан жасалған жылуға төзімді	0,02–0,2	130	В	Бұл да
ПЭТр–15 578, ТУ 16–705.048–	Ыстыққа төзімді, релелік, оқшаулау қалыңдығының төмендетілген	0,02–0,2	155	F	Полиэфиримду маркалы лак ПЭ–955
ПЭТВ–2, ОСТ 160. 505.001-80	Ыстыққа төзімді, жоғары беріктік эмаль қабатымен қапталған, қалыпты қалыңдықты	0,06–2,5	130	В	Бұл да
Сым маркасы	Сам маркасының сипаттамасы	Диаметр, мм	Шектік температур а, °С	Ыстыққа төзімділік сыныбы	Оқшаулағыш маркасы
ПЭТ–имид, ТУ 16 – 505.489–78	Өте қызуға төзімді, полиимидті оқшаулаумен қапталған	0,03–2,5	220	С	Полиимидті маркалы лак АД–9103, АД–9103ПС

Қосымша 3 - Мыс эмальданған сымдарның номиналды диаметрлері мен көлденең қималары

Оқшауланбаған сым диаметрі , мм	Оқшауланған сым диаметрі , мм	Оқшауланбаған сымның көлденең қимасы , мм <sup>2</sup>
0,20	0,23	0,0314
0,224	0,259	0,0394
0,25	0,285	0,0491
0,28	0,315	0,0616
0,315	0,35	0,0779
0,335	0,379	0,0881

0,355	0,395	0,099
0,375	0,415	0,1104
0,40	0,44	0,1257
0,45	0,49	0,159
0,50	0,545	0,1963
0,56	0,615	0,246
0,60	0,655	0,283
0,63	0,69	0,312
0,71	0,77	0,396
0,75	0,815	0,442
0,80	0,865	0,503
0,85	0,915	0,567
0,9	0,965	0,636
0,95	1,015	0,709
1,00	1,08	0,785
1,06	1,14	0,883
1,12	1,20	0,985
1,18	1,26	1,094
1,25	1,33	1,227
1,32	1,405	1,368
1,40	1,485	1,539
1,50	1,585	1,767
Оқшауланбаған сым диаметрі, мм	Оқшауланған сым диаметрі, мм	Оқшауланбаған сымның көлденең қимасы, мм <sup>2</sup>
1,60	1,685	2,011
1,70	1,785	2,27
1,80	1,895	2,54
1,90	1,995	2,83
2,00	2,095	3,14
2,12	2,22	3,53
2,24	2,34	3,94
2,36	2,46	4,36
2,50	2,60	4,91

Қосымша 4 - Сызықты оқшаулау әдісіне байланысты болатпен магнитті ағындардың орамасын толтыру коэффициенттері

Беттің қалыңдығы, мм	Оқшаулау әдісі	
	Оксидирлау, окалина	Лакирлау
0,5	0,97	0,95
0,35	0,95	0,93

Қосымша 5 - Тұрақты ток машиналарының монолитті машиналары үшін құйма болаттан жасалған сипаттамалары (3-бап)

В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>	0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72
	0,1	0,80	0,88	0,96	1,04	1,12	1,20	1,28	1,36	1,44
										1,52

0,2	1,60	1,68	1,76	1,84	1,92	2,00	2,08	2,16	2,24	2,32
0,3	2,40	2,48	2,56	2,64	2,72	2,80	2,88	2,96	3,04	3,12
0,4	3,20	3,28	3,36	3,44	3,52	3,60	3,68	3,76	3,84	3,92
0,5	4,00	4,08	4,17	4,26	4,34	4,43	4,52	4,61	4,70	4,79
В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
0,6	4,88	4,97	5,06	5,16	5,25	5,35	5,44	5,54	5,64	5,74
0,7	5,84	5,93	6,03	6,13	6,23	6,32	6,42	6,52	6,62	6,72
0,8	6,82	6,93	7,03	7,24	7,34	7,45	7,55	7,66	7,76	7,87
0,9	7,98	8,10	8,23	8,35	8,48	8,60	8,73	8,85	8,98	9,11
1,0	9,24	9,78	9,53	9,69	9,85	10,00	10,2	10,4	10,60	10,70
1,1	10,9	11,1	11,30	11,50	11,70	11,90	12,1	12,3	12,50	12,70
1,2	12,9	13,1	13,40	13,70	14,00	14,30	14,6	14,9	15,20	15,50
1,3	15,9	16,0	16,70	17,20	17,60	18,10	18,6	19,2	19,70	20,00
1,4	20,9	21,6	22,30	23,00	23,70	24,40	25,3	6,20	27,1	28,00
1,5	28,9	29,9	31,0	32,10	33,20	34,30	35,6	37,0	38,30	39,60
1,6	41,0	42,5	44,00	45,50	47,00	48,50	50,0	51,5	53,00	55,60

Қосымша 6 - Тұрақты ток машиналарының монолитті станиналы машиналарына шойынның сипаттамасы

В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
0,0	0	1,00	2,00	2,80	3,60	4,20	4,60	5,00	5,40	5,70
0,1	6,00	6,30	6,60	6,90	7,20	7,50	7,80	8,10	8,40	8,70
0,2	9,00	9,30	9,60	9,90	10,20	10,50	10,80	11,10	11,40	11,80
0,3	12,2	12,6	13,00	13,4	13,80	14,30	14,70	15,10	15,60	16,00
В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
0,4	16,4	16,9	17,50	18,0	18,60	19,10	19,70	20,20	20,80	21,40
0,5	22,0	22,6	23,50	24,0	24,70	25,50	26,20	27,00	27,80	28,60
0,6	29,4	30,3	31,30	32,2	33,20	34,20	35,20	36,20	37,20	38,20
0,7	39,2	40,5	41,80	43,2	44,60	46,00	47,50	49,10	50,70	52,30
0,8	54,0	55,7	57,50	59,3	61,10	63,00	65,00	67,10	69,30	71,40
0,9	73,6	75,0	77,80	80,0	83,00	86,00	89,00	92,00	95,00	98,00
1,0	101	105	108,0	112	116	120	124	128	132	136
1,1	140	144	149	154	159	165	170	175	181	186
1,2	192	198	204	211	218	225	232	240	247	255
1,3	262	270	278	286	294	303	312	321	330	339
1,4	348	359	370	382	392	409	423	436	450	464
1,5	478	494	510	526	545	562	580	600	617	632

Қосымша 7 - Ыстықтай илектелген әлсіз легіріленген электротехникалық болаттардың 1211, 1212, 1311 магнитизациясын сипаттау

В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
0,6	2,11	2,16	2,21	2,26	2,31	2,36	2,41	2,46	2,51	2,56
0,7	2,61	2,66	2,71	2,76	2,81	2,87	2,93	2,99	3,06	3,12

0,8	3,18	3,24	3,30	3,37	3,44	3,52	3,60	3,69	3,78	3,87
0,9	3,97	4,07	4,17	4,24	4,37	4,47	4,58	4,69	4,80	4,91
В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
1,0	5,02	5,15	5,30	5,45	5,55	5,70	5,85	6,05	6,20	6,35
1,1	6,5	6,65	6,80	7,01	7,20	7,39	7,59	7,79	8,00	9,21
1,2	8,43	8,66	8,91	9,18	9,46	9,76	10,1	10,4	10,70	11,0
1,3	11,4	11,81	12,10	12,60	13,0	13,4	13,8	14,2	14,8	15,3
1,4	15,8	16,45	17,1	17,8	18,7	19,5	20,5	21,5	22,6	23, 8
1,5	25,1	26,4	27,87	29,5	31,1	32,8	34,57	36,59	38,8	41,2
1,6	43,7	46,32	49,1	52,2	55,3	58,8	62,3	66,0	69,83	73,7
1,7	77,8	82,2	86,3	90,7	96,3	101,0	106,0	111,0	116,0	122,0
1,8	128,0	134,0	142,0	146,0	152,0	159,0	166,0	173,0	180,0	188,0
1,9	197,0	206,0	216,0	226,0	236,0	246,0	256,0	268,0	282,0	296,0
2,0	310,0	325,0	343,0	365,0	390,0	420,0	465,0	495,0	545,0	595,0
2,1	655,0	725,0	800,0	880,0	960,0	1040	1120	1200	1280	1300
2,2	1440	1520	1600	1680	1760	1840	1920	2000	2080	2160
2,3	2240	2320	2400	2480	2560	2640	2720	2800	2880	2960
2,4	3040	3120	3200	3280	3360	3440	3520	3600	3680	3760

Қосымша 8 - Жоғары легирленген ыстықтай илектелген электротехникалық болаттардың 1511, 1512, 1513 магнитизациясын сипаттау

В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
0,4	0,96	0,97	0,98	0,99	1,0	1,02	1,04	1,06	1,08	1,11
0,5	1,14	1,17	1,20	1,23	1,26	1,29	1,32	1,36	1,40	1,44
В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
0,6	1,48	1,52	1,56	1,60	1,64	1,68	1,72	1,77	1,82	1,87
0,7	1,92	1,97	2,02	2,08	2,14	2,20	2,26	2,33	2,40	2,47
0,8	2,54	2,61	2,68	2,75	2,82	2,89	2,96	3,03	3,1	3,17
0,9	3,25	3,33	3,41	3,49	3,58	3,67	3,76	3,85	3,94	4,04
1,0	4,14	4,24	4,35	4,46	4,58	4,70	4,83	4,96	5,10	5,24
1,1	5,38	5,53	5,69	5,86	6,04	6,23	6,43	6,64	6,85	7,07
1,2	7,3	7,54	7,8	8,1	8,4	8,7	9,0	9,4	9,8	10,3
1,3	10,8	11,3	12,0	12,7	13,4	14,1	14,9	15,9	16,0	17,2
1,4	19,4	20,6	22,0	23,4	25,0	27,0	29,2	31,4	33,7	36,0
1,5	38,5	40,6	42,9	45,2	47,6	50,0	53,0	56,5	60,0	63,5
1,6	67,0	71,0	76,0	81,0	86,5	93,0	100,0	107,0	114,0	122,0
1,7	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	190,0	200,0	210,0	220,0
1,8	230,0	240,0	250,0	260,0	270,0	280,0	290,0	300,0	312,0	325,0
1,9	340,0	355,0	370,0	385,0	405,0	425,0	450,0	510,0	570,0	630,0
2,0	700,0	770,0	845,0	920,0	1000	1080	1160	1240	1380	1400
2,1	1480	1560	1640	1720	1800	1880	1960	2040	2120	2200
2,2	2280	2360	2440	2520	2600	2680	2760	2840	2920	3000

Қосымша 9 - Суықтай илектелген электротехникалық болаттардың 2011,2013 магнитизациялау сипаттамасы

В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
0,6	0,70	0,705	0,71	0,72	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,77
0,7	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87
0,8	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97
0,9	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08
1,0	1,09	1,11	1,13	1,14	1,15	1,17	1,18	1,20	1,21	1,23
1,1	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,32	1,33	1,34	1,36	1,38
1,2	1,41	1,46	1,52	1,58	1,64	1,70	1,76	1,82	1,88	1,94
1,3	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90
1,4	3,00	3,20	3,50	3,80	4,10	4,30	4,60	5,00	5,40	5,80
1,5	6,20	6,70	7,80	8,90	10,00	11,30	12,40	13,50	14,60	15,80
1,6	17,00	18,60	20,20	21,80	23,40	25,00	27,00	28,00	30,00	32,00
1,7	34,00	37,00	40,00	43,00	47,00	50,00	54,00	58,00	62,00	66,00
1,8	70,00	75,00	80,00	85,00	92,00	100,0	106,0	112,0	118,0	124,0
1,9	130,0	136,0	142,0	148,0	156,0	165,0	173,0	181,0	189,0	198,0
2,0	207,0	226,0	244,0	263,0	281,0	300,0	360,0	420,0	480,0	540,0
2,1	600,0	670,0	740,0	810,0	880,0	950,0	1020	1090	1160	1230
2,2	1300	1380	1460	1540	1620	1700	1780	1860	1940	2020
2,3	2100	2180	2260	2340	2420	2500	2580	2660	2740	2820
2,4	2900	2980	3060	3140	3220	3300	3380	3460	3540	3620

Қосымша 10 - Суықтай басылған электротехникалық болаттардың 2311, 2312 магнитизациялау сипаттамасы

В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
0,6	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95
0,7	0,96	0,99	1,03	1,08	1,13	1,18	1,22	1,26	1,31	1,35
0,8	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85
0,9	1,90	1,95	2,00	2,05	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,35
1,0	2,40	2,46	2,52	2,58	2,64	2,70	2,76	2,82	2,88	2,94
1,1	3,00	3,10	3,20	3,30	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,90
1,2	4,00	4,10	4,20	4,30	4,40	4,60	4,70	4,80	5,00	5,20
1,3	5,50	5,80	6,10	6,50	6,90	7,30	7,80	8,30	8,80	9,40
1,4	10,0	10,6	11,2	11,8	12,4	13,0	13,6	14,2	14,8	15,4
1,5	16,0	17,5	19,0	20,5	22,0	23,5	25,0	27,0	29,0	31,0
1,6	34,0	36,0	38,0	41,0	44,0	47,0	53,0	59,0	65,0	71,0
1,7	77,0	82,0	89,0	94,0	100,0	106,0	111,0	117,0	122,0	128,0
1,8	134,0	140,0	146,0	152,0	158,0	164,0	170,0	176,0	182,0	188,0
1,9	194,0	200,0	218,0	237,0	257,0	278,0	300,0	322,0	344,0	366,0
2,0	388,0	410,0	434,0	460,0	480,0	521,0	577,0	597,0	641,0	689,0
2,1	740,0	800,0	860,0	920,0	980,0	1050	1120	1200	1280	1360
2,2	1440	1520	1600	1680	1760	1840	1920	2000	2080	2160
2,3	2240	2320	2400	2480	2560	2640	2720	280	2880	2960
2,4	3040	3120	3200	3280	3360	3440	3520	3600	3680	3760

Қосымша 11 - Суықтай басылған электротехникалық болаттардың 2411, 2412, 2413 магнитизациялау сипаттамасы

В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
0,4	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76
0,5	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,83	0,84	0,86	0,87	0,89
0,6	0,90	0,92	0,92	0,96	0,97	0,99	1,01	1,03	1,05	1,07
0,7	1,09	1,11	1,13	1,15	1,17	1,19	1,22	1,24	1,27	1,30
0,8	1,33	1,25	1,38	1,41	1,44	1,47	1,50	1,54	1,58	1,62
0,9	1,66	1,70	1,74	1,79	1,84	1,87	1,94	1,99	2,05	2,11
1,0	2,17	2,23	2,30	2,37	2,44	2,52	2,60	2,69	2,77	2,86
1,1	2,95	3,04	3,14	3,24	3,34	3,44	3,55	3,66	3,77	3,88
1,2	3,99	4,11	4,23	4,35	4,47	4,60	4,73	4,86	5,00	5,40
1,3	5,85	6,30	6,80	7,35	7,95	8,60	9,30	10,0	10,7	11,5
1,4	12,3	13,2	14,2	15,2	16,3	17,5	18,7	20,1	21,6	23,2
1,5	25,0	26,8	28,7	30,8	33,0	35,4	38,0	40,9	43,8	47,0
1,6	50,0	53,8	57,6	62,0	66,5	71,2	76,5	82,0	88,0	94,0
1,7	100,0	105,0	110,0	115,0	120,0	125,0	131,0	137,0	143,0	149,0
1,8	156,0	162,0	168,0	175,0	183,0	191,0	200,0	209,0	219,0	229,0
1,9	239,0	250,0	262,0	274,0	287,0	300,0	320,0	360,0	420,0	500,0
2,0	590,0	680,0	770,0	860,0	950,0	1040	1130	1220	1310	1400
2,1	1490	1580	1670	1760	1850	1940	2030	2120	2210	2300
2,2	2390	2480	2580	2660	2750	2840	2930	3020	3110	3200

Қосымша 12 - Суықтай илектелген электрлі болаттың 3411, 3412 магниттелгендіктің сипаттамасы

В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
1,0	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,90	2,00	2,00	2,10	2,10
1,1	2,20	2,20	2,30	2,35	2,40	2,40	2,50	2,60	2,60	2,70
1,2	2,80	2,90	3,00	3,10	3,20	3,20	3,30	3,40	3,50	3,60
1,3	3,70	3,80	4,00	4,10	4,20	4,30	4,50	4,60	4,70	4,80
1,4	5,00	5,20	5,40	5,60	5,80	6,00	6,20	6,40	6,60	6,80
1,5	7,00	7,30	7,60	7,90	8,20	8,50	8,80	9,10	9,40	9,70
1,6	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0
1,7	20,0	21,0	22,0	23,0	34,0	25,0	28,0	31,0	34,0	37,0
1,8	40,0	43,0	46,0	50,0	54,0	59,0	65,0	71,0	78,0	85,0
1,9	92,0	100,0	112,0	130,0	155,0	190,0	225,0	260,0	300,0	350,0
2,0	400,0	450,0	500,0	550,0	600,0	660,0	730,0	815,0	890,0	980,0

Қосымша 13 -. Суықтай илектелген электрлі болаттың 3413, 3414 магниттелгендіктің сипаттамасы

В, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Н, А/м · 10 <sup>2</sup>										
0,6	0,81	0,83	0,85	0,97	0,89	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99
0,7	1,1	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28
0,8	1,3	1,32	1,34	1,36	1,38	1,4	1,42	1,44	1,46	1,49

0,9	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,67	1,70	1,73	1,76	1,79
1,0	1,82	1,85	1,88	1,92	1,95	1,98	2,01	2,04	2,07	2,10
B, Тл	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
H, A/м · 10 <sup>2</sup>										
1,1	2,13	2,16	2,19	2,22	2,25	2,28	2,31	2,34	2,37	2,40
1,2	2,43	2,46	2,49	2,52	2,55	2,58	2,61	2,64	2,67	2,71
1,3	2,75	2,78	2,83	2,87	2,91	2,95	3,00	3,05	3,10	3,15
1,4	3,2	3,26	3,32	3,38	3,44	3,50	3,58	3,66	3,74	3,82
1,5	3,9	4,02	4,14	4,26	4,38	4,50	4,64	4,78	4,92	5,06
1,6	5,20	5,44	5,66	5,88	6,10	6,32	6,65	6,98	7,32	7,66
1,7	8,00	8,40	8,90	9,40	9,90	10,4	11,3	12,2	13,1	14,0
1,8	15,0	15,42	17,0	19,22	21,44	23,66	25,88	28,20	30,8	34,5
1,9	38,25	42,0	46,0	52,0	58,0	70,0	82,0	94,0	109,0	134,
2,0	160,0	200,0	250,0	300,0	–	–	–	–	–	–

Қосымша 14 - Шөткелердің номиналды өлшемдері, мм

Шөткелерді белгілеу түрлері	Коллектордың айналасындағы ені $b_{\text{ш}}$	Коллектордың осі бой. ұзындығы $a_{\text{ш}}$	Шөткенің биіктігі $h_{\text{ш}}$
Ф0	1,0	1,6	6,3
	1,6	2,0	5,0
			6,3
			8,0
2,0	2,5	6,3	
		10,0	
2,5	3,2	6,3	
		10,0	
Ф0		3,2	6,3
			10,0
	2,5	4,0	8,0
			10,0
			12,5
	3,2	4,0	8,0
10,0			
12,5			
Ф0	3,2	5,0	10,0
			12,5
	6,3	10,0	16,0
			12,5
16,0			
4,0	5,0	8,0	
		12,5	
		16,0	
Ф8-А1	5,0	6,3	
		10,0	
		12,5	
20,0			



