

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты  
Энергетика кафедрасы

Баянай Ақбота Ақжолқызы

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

«АЖК трансформаторларының энергияны тиімді пайдалануын есептеу»  
тақырыбына

5В071800 Электроэнергетика

Алматы 2019

**Дипломдық жұмысты даярлау  
КЕСТЕСІ**

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Жетекшіге өткізу мерзімі	Ескерту
Кіріспе	10.04.2019ж.	<i>Асық</i>
Теориялық-есептік бөлім	10.04.2019ж.	<i>Асық</i>
Техника – экономикалық бөлімі	05.04.2019ж.	<i>Асық</i>

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика бөлімі	Дюсембекова Н.К. ғылыми жетекші Ph.D	08.05.2019	<i>Н.К. Дюсембекова</i>
Электрқауіпсіздік	Дюсембекова Н.К. ғылыми жетекші Ph.D	08.05.2019	<i>Н.К. Дюсембекова</i>
Норма бақылау	Бердібеков А.О. лектор	08.05.2019	<i>А.О. Бердібеков</i>

Ғылыми жетекші *Н.К. Дюсембекова* (Дюсембекова Н. К.)

Студент тапсырманы орындауға алды *Баяна* (Баяна Н.А.)

Күні " 1 " 04 2019 ж.

**ПІКІР**

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрінің атауы)

Баянай Ақбота Ақжолқызы

(білім алушының Т.А.Ә.)

5B071800 – Электр энергетикасы

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: АЖК трансформаторларының энергияны тиімді пайдалануын есептеу

Орындалды:

түсініктеме 56 бет

Баянай А.А. дипломдық жұмысы Алматы қаласындағы АҚ «АЖК» компаниясының қосалқы станцияларындағы трансформаторларының энергияны тиімділігін пайдалануы қарастырылған. «Қазіргі уақытта екі трансформаторлық қосалқы станцияларда төмен жүктеме» мәселесі өзекті тақырыптардың бірі болып табылады. Бұл жұмыс осы мәселені шешуге арналған. Сол үшін орындалған жұмыс практикалық маңызға ие.

**ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ**

Жұмысқа келесідей ескертулер жасалды:

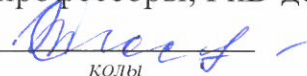
- Жұмыстың практикалық тәжірибелерде пайдалану жолы көрсетілмеген.

**ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ**

Дипломдық жұмыс тапсырмаға сәйкес толық орындалған және «өте жақсы» (97%) бағаға бағалап, ал жұмыстың авторы Баянай Ақбота Ақжолқызы 5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша техник және технологиялар бакалавры академиялық дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

**Ғылыми жетекші**

«Энергетика» кафедрасының  
профессоры, PhD докторы

  
қолы

Н.К.Дюсембекова

«8» мамыр 2019 ж.

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Баянай Ақбота Ақжолқызы

**Название:** АЖК трансформаторларының энергияны тиімді пайдалануын есептеу.doc

**Координатор:** Ерлан Сарсенбаев

**Коэффициент подобия 1:** 1,7

**Коэффициент подобия 2:** 0

**Тревога:** 55

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

08.05.2019

Дата



Подпись Научного руководителя



**Протокол анализа Отчета подобия**

**заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Баянай Акбота Акжолкызы

**Название:** АЖК трансформаторларының энергияны тиімді пайдалануын есептеу.doc

**Координатор:** Ерлан Сарсенбаев

**Коэффициент подобия 1:**1,7

**Коэффициент подобия 2:**0

**Тревога:**55

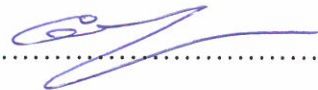
**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

10.05.2019г



Дата

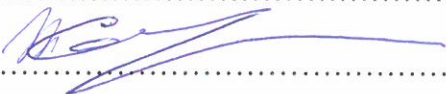
Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

*допустить к защите*

*10.05.2019*



Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

## РЕЦЕНЗИЯ

### Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрінің атауы)

Баянай Ақбота Ақжолқызы

(білім алушының Т.А.Ә.)

5B071800 – Электр энергетикасы

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: АЖК трансформаторларының энергияны тиімді пайдалануын есептеу

Орындалды:

түсініктеме 55 бет

Баянай А.А. дипломдық жұмысы Алматы қаласындағы АҚ «АЖК» компаниясының қосалқы станцияларындағы трансформаторларының энергияны тиімділігін пайдалануы қарастырылған. «Қазіргі уақытта екі трансформаторлық қосалқы станцияларда төмен жүктеме» мәселесі өзекті тақырыптардың бірі болып табылады. Бұл жұмыс осы мәселені шешуге арналған. Сол үшін орындалған жұмыс практикалық маңызға ие.

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Жұмысқа келесідей ескертулер жасалды:

- дипломдық жұмыста электр жабдықтар 2000-жылғы анықтамадан таңдалған;
- халықаралық тәжірибе көрсеткіштері жеткіліксіз.

### ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жұмыс тапсырмаға сәйкес толық орындалған және «өте жақсы» (95%) бағаға бағалап, ал жұмыстың авторы Баянай Ақбота Ақжолқызы 5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша техник және технологиялар бакалавры академиялық дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

### РЕЦЕНЗЕНТ

АЭЖБУ, «Электр машиналары және электр жетегі» кафедрасының профессоры, техн. ғыл. докторы

П.И. Сагитов

«8» мамыр 2019 ж.



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты  
Энергетика кафедрасы



**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

«АЖК трансформаторларының энергияны тиімді пайдалануын есептеу»  
тақырыбына  
071800 Электроэнергетика

Орындаған:

Баянай А.А.

Пікір беруші

профессор, техн.ғыл.докторы

П.И. Сагитов

« 8 » 05 2019 ж.

Ғылыми жетекші

доктор Ph.D, профессор.

Дюсембекова Н.К.

« 8 » май 2019 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты  
Энергетика кафедрасы



**БЕКІТЕМІН**

Энергетика кафедрa меңгерушісі  
асс.профессор, PhD  
Е.А. Сарсенбаев  
« 28 » 01 2019 ж.

Дипломдық жұмысты даярлауға  
**ТАПСЫРМА**

Студентке Баянай Ақбота Ақжолқызына  
Жобаның тақырыбы «АЖК трансформаторларының энергияны тиімді пайдалануын есептеу»

Университет ректорының 2019 жылғы «01» 04 №1912-б бұйрығымен бекітілген.

Орындалған жобаның өткізу мерзімі « 29 » сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Арнайы бөлім
- б) Теориялық-есептік бөлім
- в) Техника – экономикалық салыстыру бөлімі
- г) Электрқауіпсіздігі бөлімі

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Сызбалық материалдар 13 слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 11 атау

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1.	Арнайы бөлім	9
1.1.	Трансформатор туралы жалпы түсінік	9
1.2.	Трансформаторлардың мақсаты	9
1.3.	Трансформатордың жұмыс істеу принципі	9
1.4.	Трансформаторлардың конструкциялары	10
1.5.	Трансформаторлардың түрлері	11
1.6.	Трансформаторлардың жұмыс режимдері	11
1.6.1.	Бос жүріс режимі	12
1.6.2.	Қысқа тұйықталу режимі	12
1.6.3.	Жүктеме режимі	12
1.7.	Трансформатордағы шығындар түрлері	12
1.7.1.	Бос жүрістің шығындары	13
1.7.2.	Бос жүрістің шығынын төмендету	14
1.7.3.	Қысқа тұйықталу шығындары	15
1.7.4.	Қысқа тұйықталу шығынын төмендету	16
1.8.	Жүктеме коэффициенті	16
2.	Үш орамды трансформатордағы қуат пен энергия шығындары есептеу	17
2.1.	ТДТН-25000 кВт қуатты трансформаторының активті, реактивті қуат және энергия есептеу	19
2.2.	ТДТН-25000 кВА қуатты трансформаторының толық қуатын (пайыздық есеппен) есептеу	47
3.	Техникалық-экономикалық бөлім	50
3.1.	ТМН 2500 кВт қуатты трансформатордың өзін-өзі ақтайтын мерзімін есептеу	50
4.	Электрқауіпсіздігі	52
4.1.	Электр қауіпсіздігі шаралары	52
4.2.	Трансформаторларды пайдалану кезіндегі қауіпсіздік шаралары	53
4.3.	Жұмысты орындау кезіндегі қауіпсіздік талаптары	54
	Қорытынды	55
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	56

## КІРІСПЕ

Қазіргі адам затының электр энергетикасыз өмірі мүмкін емес. Электр адам өмірін жақсы, жарқын және таза етеді. Бірақ жоғары вольтты ЭБЖ сымдары бойынша жүрмес бұрын, содан кейін үйлер мен кәсіпорындарға бөлмес бұрын электр энергиясын электр станциясы генерациялауы тиіс. Электр қуаты пайда болғанға дейін адамдар үйлерді, көшелер мен шеберханаларды жарықтандыру үшін өсімдік майын, балауыз шамдарын, май, керосинді, газдандырылған көмірді өртеді. Электр қуаты таза, қауіпсіз, жарқын жарық беруге мүмкіндік берді, ол үшін бірінші электр станциясы салынды.

Қазақстанда электр энергиясын таратумен 20 өңірлік электр энергетикалық компания және шамамен 150 шағын тарату компаниясы айналысады. Халық пен ел экономикасын энергиямен жабдықтауды 180 энергиямен жабдықтаушы компания қамтамасыз етеді.

Электростанция құрамына қосалқы станциялар кіреді. Трансформаторлық шағын станциялар да мамандар ҚС – деп қысқартып аталады. ҚС электр энергиясын түрлендіреді немесе оның желілердегі кернеуін төмендетеді, содан кейін оны кәбілдік арналар, ауа арқылы тұтынушыларға дейін өтетін желілер бойынша бөледі.

Қазіргі уақытта "КЕГОК" электр желілерін басқару жөніндегі қазақстандық компанияның балансында 297 электр беру желісі және 76 қосалқы станциясы бар, бұл 24,5 мың км жуық желіні құрайды.

"АЖК" АҚ аймағында Алматы мен Алматы облысында 35 кВ жоғары қосалқы станциялар саны 300 – ге жуық.

2014 жылы Қазақстанның электр энергетикалық жүйесі 91,6 млрд.кВт/сағ электр энергиясын өндірді, 2013 жылға қарағанда 2,2% - ға артық. 2014 жылы тұтыну 2013 жылға қарағанда 2% өсіммен 91,6 млрд.кВт/сағ жуық құрады. Қазақстанда 2018 жылдың қаңтар-қарашасында электр энергиясын өндіру көлемі 97,043 млрд киловатт-сағатты құрады, бұл 2017 жылдың сәйкес кезеңіне қарағанда 4,4% - ға артық.

Берілген дипломдық жұмыстың таңдалған тақырыбы «Қазіргі уақытта екі трансформаторлық қосалқы станцияларда төмен жүктеме» мәселесі өзекті тақырыптардың бірі. Бір түрлендіргішті пайдалансаңыз, көрсеткішті көтеруге болады. Бірақ мұндай жағдайда істен шығу немесе жөндеу кезінде тұтынушылар электр энергиясынсыз қалады.

Қосалқы станциялардың құрамдас бөліктерінің бірі – трансформаторлар. Трансформатор-электр техникадағы алмастырылмайтын құрылғы. Онсыз Қазақстанның энергожүйесі қазіргі түрде бола алмайтын еді.

Трансформаторлардың қуаты 75-85% - ға (орташа көрсеткіш) жүктелуі тиіс. Егер апаттан кейінгі режимде жүктеме коэффициенті берілген шектерден асып кеткен жағдайда, бұл жұмыста қалған трансформатордың жүктелуі артатынын білдіреді. Сонда III санатты тұтынушылардың бір

бөлігін желіден ажырату қажет. Жазғы режимде трансформаторлар көп жүктелмеуі мүмкін. Бұл жағдайда қосалқы станциядағы бір трансформатор ажыратылады.

Дипломдық жұмыста зерттеу объектісі ретінде қосалқы станциялар, трансформаторлар және де жүктеме коэффициенті болады.

Зерттеу нысаны трансформатордың жұмыс жасау принципі, құрылысы, мақсаты, жұмыс режимдері және трансформатордың жүктеме коэффициентінің маңыздылығы болып табылады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – трансформатордағы шығындарды есептеу, олардың сипаттамаларын тұрғызу, техникалық – экономикалық есептеулер жүргізу.



## **1 Арнайы бөлім**

### **1.1 Трансформатор туралы жалпы түсінік**

Трансформатор – кернеуді түрлендіру үшін қолданылатын элемент. Ол трансформаторлық қосалқы станцияның құрамына кіреді. Оның міндеті-электр жабдықтары жұмысының барлық режимдерін қамтамасыз ету үшін жеткілікті көлемде тұтынушыларға қоректендіретін желіден ауа немесе кабельдік жолмен электр энергиясын беру. Трансформаторлар дербес аспаптар түрінде де, басқа электротехникалық құрылғылардың құрамдас элементтері ретінде де пайдаланылады.

### **1.2 Трансформаторлардың мақсаты**

Трансформаторлардың әртүрлі түрлері іс жүзінде электр құралдарын қоректендірудің барлық схемаларында және электр энергиясын үлкен қашықтыққа беру кезінде қолданылады. Электр станциялары 220, 380, 660В шағын кернеу тогын шығарады.

Трансформаторлар шамамен мың киловольт мәндеріне дейін кернеуді арттыра отырып, электр энергиясын үлкен қашықтыққа беру кезінде шығындарды айтарлықтай төмендетуге, сонымен қатар ЭБЖ сымдарының қимасының ауданын азайтуға мүмкіндік береді.

Тұтынушыға (мысалы, әдеттегі үй розеткасына) түсер алдында ток тікелей төмендетуші трансформатор арқылы өтеді. Дәл осылай біз үйреншікті 220 вольтты аламыз.

Трансформаторлардың ең көп тараған түрі–күштік трансформаторлар. Олар электр тізбектеріндегі кернеуді түрлендіруге арналған. Түрлі электронды аспаптарда күштік трансформаторлардан басқа:

- импульстік трансформаторлар;
- қуатты трансформаторлар;
- ток трансформаторлары.

### **1.3 Трансформатордың жұмыс істеу принципі**

Трансформаторлар бір фазалы және көп фазалы, бір, екі немесе көп орамалы болады. Қарапайым бірфазалы трансформатордың мысалында трансформатордың жұмыс істеу принципі мен схемасын қарастырайық.

Трансформатор айнымалы ток көзіне қосылған кезде, оның бастапқы орамында  $I$  шамасымен айнымалы ток ағады. Бұл жағдайда  $\Phi$  магнит

ағыны пайда болады, ол екі орамға да еніп және оларға ЭҚК-ні индукциялайды. Екінші орам жүктемеге жалғанбаған жайғдай болады. Трансформатордың мұндай жұмыс режимі бос жүріс режимі деп аталады. Сәйкесінше, егер екінші орам қандай да бір тұтынушыға қосылған болса, онда ЭҚК әсерінен пайда болатын  $I_2$  тогы ағады. Орамдарда пайда болатын ЭҚК шамасы әрбір орамның орамдарының санына тікелей байланысты. Бірінші және екінші орамда индукцияланған ЭҚК қатынасы трансформация коэффициенті деп аталады және тиісті орамдардың орамдарының санына тең.

Тұрақты ток катушкасы арқылы өткен кезде электромагниттік өріс параметрлері өзгермейді және ол екінші катушкада ЭҚК тудыруға қабілеті жетпейді. Сондықтан трансформаторлар айнымалы кернеумен ғана жұмыс істейді. Кернеуді түрлендіру сипатына біріншілік және екіншілік орамдағы орамдар санының қатынасы әсерін тигізеді. Оны «К<sub>Т</sub>» – трансформация коэффициенті деп белгілейді.

$$K_T = \frac{w_1}{w_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

мұндағы:  $w_1, w_2$  - бірінші және екінші орамдардағы орамдардың саны;  
 $U_1, U_2$  – шығысындағы кернеулер.

Демек, егер бірінші орамда орамдар көп болса, онда екінші орамдағы кернеу төмен. Мұндай аппаратты төмендеткіш деп атайды, мұндай жағдайда  $K_T \geq 1$ . Егер орамдар саны екіншілік катушкада көп болса, кернеу жоғарылайды және оны жоғарылататын деп аталады,  $K_T \leq 1$  болады.

#### 1.4 Трансформаторлардың конструкциялары

Қарапайым күштік трансформатордың конструкциясына ферромагнитті материалдардан, негізінен жапырақты электр техникалық болаттан жасалатын магнит өткізгіш кіреді. Магнит өткізгіш өзекшелерінде бірінші және екінші орамдар орналасады. Біріншілік орам айнымалы ток көзімен қосылады, ал екіншілік орам тұтынушыға қосылады. Сондықтан конструкцияға мынадай негізгі талаптар қойылады: механикалық беріктігі, қызуға төзімділігі, ылғалға төзімділігі және электрлік беріктігі. Бұдан басқа, трансформаторлар қолданылатын аппаратураның мақсатына байланысты соңғылардың ең аз массасы немесе ең аз көлемі немесе ең аз құны болуы тиіс. Бұл техникалық-экономикалық талаптар трансформаторлардың конструкциясына айтарлықтай әсер етеді. Сонымен қатар, тағы бір маңызды талап — трансформаторлар конструкциясының технологиялылығы, яғни оларды неғұрлым үнемді технологиялық процестерді қолдана отырып дайындау мүмкіндігі.

## 1.5 Трансформаторлардың түрлері

Трансформаторлар өзінің қолданылуына және сипаттамаларына байланысты бірнеше түрі болады. Мысалы, елді мекендердің, өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр желілерінде күштік трансформаторлар қолданылады, олардың негізгі міндеті тораптағы кернеуді жалпы қабылданған – 220 В дейін төмендету болып табылады.

Егер трансформатор токты реттеуге арналған болса, ол Ток трансформаторы деп аталады, ал егер құрылғы кернеуді реттесе – онда кернеу трансформаторы.

Кәдімгі желілерде бір фазалы трансформаторлар қолданылады, үш желілі сымдар (фазаны, нөлді, жерге тұйықтау) үш фазалы трансформатор қажет.

Тұрмыстық трансформатор, 220В тұрмыстық техниканы кернеудің ауытқуынан қорғауға арналған. Дәнекерлеу трансформаторы дәнекерлеу және күштік желілерді бөлуге, тораптағы кернеуді дәнекерлеу үшін қажетті шамаға дейін төмендетуге арналған. Май трансформаторы кернеуі 6 000 Вольттан жоғары желілерде пайдалануға арналған. Трансформатордың конструкциясына мыналар кіреді: магнитөткізгіш, орамалар, бак, сондай-ақ енгізулері бар қақпақтар.

Магнитөткізгіш электртехникалық болаттан 2 парақтан тұрады, олар бір-бірінен оқшауланған, орамдар әдетте алюминий немесе мыс сымынан жасалады. Кернеуді реттеу қосқышпен қосылатын тармақтау арқылы жүргізіледі.

Сонымен қатар, трансформатордың сыртқы желіден ажыратылуынан кейін жүктемені ауыстырып қосудың екі түрі бар: жүктемемен ауыстырып қосу — РПН (жүктемемен реттеу), сондай-ақ жүктемесіз, трансформатордың сыртқы желіден ажыратылуынан кейін (ПБВ, немесе қозусыз ауыстырып қосу). Кернеуді реттеудің екінші тәсілі кеңінен таралған. Трансформаторлардың түрлері туралы айтатын болсақ, электронды трансформатор туралы айтпауға болмайды. Электронды трансформатор үлкен қуатта 220В в 12 (24)В кернеуді түрлендіру үшін қызмет ететін мамандандырылған қуат көзі болып табылады. Электронды трансформатор әдеттегі жүктеме параметрлерінде әлдеқайда аз.

## 1.6 Трансформаторлардың жұмыс режимдері

### 1.6.1 Бос жүріс режимі

Біріншілік орам ток көзіне қосылған, ал екінші реттік тізбек үзілген. Мұндай қосылу кезінде катушкада негізінен магниттеудің реактивті тогын білдіретін бос жүріс тогы ағады. Трансформатордың үш жұмыс режимі бар:

бос жүріс, қысқа тұйықталу режимі, жұмыс режимі. "Бос жүрістегі" трансформатордың екінші орамының шығысы жүктемеге жалғанбаған режимді айтамыз. Егер трансформатордың өзекшесі магнитті жұмсақ материалдан жасалған болса, онда бос жүріс тогы трансформаторда өзекшені магниттендіруге және құйынды токтарда қандай шығындар болатынын көрсетеді.

### *1.6.2 Қысқа тұйықталу режимі*

Екінші орамның шығыстары жүктемесіз (қысқа) тұйықталады, сондықтан тізбектегі ток тек оның кедергісімен шектеледі. Бірінші контактілерге екінші орамның тізбегіндегі ток номиналдан аспайтындай кернеу беріледі. Қысқа тұйықталу режиміндегі екінші орамның қорытындылары бір-бірімен қысқа жалғанады, ал бастапқы орамаға қысқа тұйықталу тогы трансформатордың номиналды тогына тең болатындай есеппен шағын кернеу беріледі. Егер екінші орамдағы кернеуді қысқа тұйықталу тогына көбейтетін болса, шығын шамасын (қуатын) есептеуге болады. Трансформатордың мұндай режимі өлшеу трансформаторларында өзінің техникалық қолданылуын табады.

### *1.6.3 Жүктеме режимі*

Бұл жағдайда екіншілік орамның шығыстарына тұтынушы жалғанған болады. Егер жүктемені екінші орамға қоссаңыз, онда бірінші орамдағы магниттік ағынға қарама-қарсы бағытталған индукциялайтын магниттік ағын пайда болады. Енді ЭҚК бірінші орамындағы қуат көзі және ЭҚК қуат индукциясына тең емес, сондықтан біріншілік орамдағы ток магнит ағыны бұрынғы мәнге жеткенше артады.

## **1.7 Трансформатордағы шығындар түрлері**

Трансформатордағы шығындар-магнит жүйесінде, яғни трансформатор болатында пайда болатын энергия шығыны. Трансформатордың орамдарында пайда болатын электр шығындары. Трансформаторда механикалық шығындар жоқ, себебі онда жылжымалы бөлшектер жоқ. Демек, электр энергиясы механикалық түрлендірілмейді.

Трансформатордағы шығын деңгейі (және ПӘК-тің төмендеуі) негізінен "трансформаторлық темір" (электротехникалық болат) сапасы, конструкциясы мен материалына байланысты. Болат шығындары  $P_c$  негізінен өзекшені қыздыруға, гистерезистегі және құйынды токтардағы шығындардан тұрады.

Трансформатордағы шығындар, мұнда " темір " монолитті, трансформатордан әлдеқайда көп, ол көптеген секциялардан құралған (себебі бұл жағдайда құйынды токтардың саны азаяды). Тәжірибеде монолитті өзекшелер қолданылмайды. Трансформатордың магнит өткізгішіндегі шығындарды төмендету үшін магнит өткізгіш темірдің электр тогына меншікті кедергісін арттыратын кремний қосылған трансформаторлық болаттың арнайы сұрыптарынан жасалуы мүмкін, ал пластиналар бір-бірінен оқшаулану үшін лакталады.

Электр шығындары-мыстағы шығындар  $P_m$ -трансформатордың орамдарында пайда болады және олар бойынша электр тогының өтуі кезінде олардың қызуына байланысты. Электр шығындары орамдардың қарсыласу шамасына және ток күшіне байланысты.

### *1.7.1 Бос жүрістің шығындары*

Трансформатор болатындағы шығындар бос жүріс тәжірибесі арқылы анықталады. Яғни, екі орамды трансформатордың екінші орамына жүктеме қосылмаған. Бұл трансформатордың жүктеме режиміне байланысты емес. Яғни бос жүріс тогы екі құрамдас бөлікке бөлінеді. Біріншісі екінші орамның өтетін магниттік ағынын тудырады. Ал екіншісі болаттың шығындарына жұмсалады. Бұл шығындар өзекшедегі құйынды токтармен байланысты. Сондай-ақ энергия гистерезиске жұмсалады.

Бос жүрістің шығындары болаттың магниттелуінен және құйынды токтардың шығындарынан тұрады. Оларды азайту үшін құрамында аз көміртегі бар электр техникалық болат және арнайы қоспалар, ыстыққа төзімді оқшаулағыш жабыны бар қалыңдығы 0,3 мм суықтай басылған болат қолданылады.

$$P_{xx} = P_{\Gamma} + P_{vx} + I^2 * r$$

мұндағы  $P_{\Gamma}$  – гистерезистегі шығындар;

$P_{vx}$  – құйынды токтардағы шығындар;

$I$  – бірінші орамдағы ток;

$r$  – бірінші орамның кедергісі.

Трансформатордың жүктемесінің өзгеруіне байланысты магнит ағыны өзгеріссіз қалады. Демек, магниттеуші токта өзгермейді. Өзекшедегі шығындар да өзгеріссіз, себебі олар өзекшенің жасалған болат маркасына байланысты. Әр түрлі құрылғыларда бос жүрісті шығындардың негізгі себептері арасында келесі факторларды бөліп көрсетуге болады:

1) Трансформаторлардың металл элементтеріндегі коррозиялық процестер. Металдағы коррозия қорғаныш лак қабатының бұзылуынан пайда



болады, осыған байланысты жабдықта құйынды токтар ұлғаяды және металл пластиналардың айтарлықтай қызуы болады.

2)Құйынды тұйықталу орамаларындағы, олардың пайда күшті, секірулі кернеу.

3)Төмен сапалы оқшаулау.

4)Металл элементтердегі магниттік саңылаулар.

5)Орама орамдарының тым үлкен немесе тым аз саны.

6)Трансформаторлық жабдық элементтерінің қызуы.

Бұл мамандар жиі кездесетін бос жүрісті жоғалтудың ең негізгі себептері ғана. Басқа да факторлар бар, себебі бос жүріс шығынының шамасы рұқсат етілген шектерден асып кетуі мүмкін, соның салдарынан электр жүйелерін пайдаланудың өзіндік құны өседі. Жеке трансформаторда шығын себептерін анықтау үшін меншік иесіне кәсіби электр өлшеу қызметтеріне тапсырыс беру қажет.

### *1.7.2 Бос жүрістің шығынын төмендету*

Құрылғының тиімділігін арттыру туралы айтқанда, бірінші кезекте бос жүріс шығынын төмендету мүмкіндігі қарастырылады. Болаттағы шығындарды азайтудың бірнеше жолы бар:

1)Магнит ағыны шамасының төмендеуі. Бірақ бұл тиімсіз жол, өйткені көп материалды пайдалану керек. Мысалы, ЭҚК құру үшін орамдардағы орамдардың санын арттыру қажет, демек, шығын көп мыс немесе алюминий сымдарын жұмсайды.

2)Гистерезис жоғары қарсылық пен төмен шығындар бар электротехникалық болаттарды қолдану. Бұл жол біріншіден тиімді, өйткені магнит ағынын азайта отырып, құйынды токтарды азайту үшін материалдар пайдаланылады.

3)Магниттік жүйені жасау үшін жұқа оқшауланған пластиналарды пайдалану. Бұл құйынды токтардан шығындарды айтарлықтай азайтады.

4)Пластиналардың қиғаш жіктері бар және белсенді болаттағы тесіксіз магнит өткізгіштердің құрылымдарын пайдалану.

Күштік трансформаторларды құрастыратын шеберлер үшін өндірістік операцияларды орындау сапасына болаттағы жоғалтулар да байланысты екенін білу маңызды. Қазір көптеген трансформаторларда суықтай басылған болат қолданылады. Бұл материал механикалық әсерлерге өте сезімтал, бұл оның магниттік сипаттамаларының нашарлауына әсер етеді. Кесу аймағында пластиналарды кесу және қалыптау кезінде болаттың магниттік қасиеттері нашарлайды. Сондай-ақ кристалдардың бағдарын бұзады және магниттеуші қуат пен пластиналардың иілу және болат бойынша соққы үлес шығындарын арттырады. Пластина магнитті өткізгішті құрастыру жүргізілгенге дейін міндетті түрде материалдың магнитті қасиеттерін қалпына келтіретін пештерде болатты жоғары температуралы күйдіру жүргізіледі. Күштік

трансформаторларды пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, болат шығындары трансформаторлардың бастапқы материалына қарағанда 1,3-1,5 есе жоғары. Бірақ бұл құрылғыны құрастыру сапасына байланысты. Жақсы құрастыру механикалық өңдеу басталғанға дейін трансформатор болатының шығындарынан магнит жүйесіндегі жоғалтулардың 25-30% артуын қамтамасыз етеді.

Орама сымдарының қимасының ұлғаюы құрылғы жүктемесінің тоқынан орамдардағы трансформатордың шығынын азайтуға мүмкіндік береді. Бірақ бұл орамдар мен магнит өткізгіштің өлшемдерінің ұлғаюына байланысты экономикалық тиімсіз болады, бұл белсенді материалдар массасының ұлғаюына және бос жүрістің жоғалуына әкеледі. Сондықтан орама сымдарының мөлшерін көбейту сирек жүргізіледі, егер бұл ораманың механикалық беріктігін талап етсе ғана.

Бірақ бұл трансформатордың орамындағы шығындарды төмендетудің жалғыз жолы емес. Орамдарда жүктемеден басқа қосымша шығындар да бар. Мұндай шығындар құрылғының тиімділігін азайтып қана қоймай, сонымен қатар трансформатордың жекелеген элементтерінің қызып кетуіне әкеледі, себебі шығындар оларға шоғырланады. Қауіпті қыздыру көбінесе қысқыш сақиналарда, орамдардың төменгі және жоғарғы орамдарында, трансформатор бағында және жармалық арқалықтарда пайда болады.

### *1.7.3 Қысқа тұйықталу шығындары*

Электр шығындары қысқа тұйықталу тәжірибесі арқылы анықталады. Ол үшін трансформатордың бастапқы орамына төменгі кернеу әкеледі. Осы трансформатор үшін екінші орамда қысқа тұйықталу кезінде, бастапқы номиналды мәндегі ток ағады. Демек, токтар номиналдан аспайды және трансформатордың зақымдануы болмайды.

Қысқа тұйықталу шығыны трансформатордың орамалары мен конструкцияларындағы жүктеме тогының өтуі кезіндегі орамдардағы шығындардан тұрады. Қосымша шығындар орамның шеткі орамдарында және трансформатордың конструкцияларында (бактың қабырғалары, жармалық арқалықтар және т.б.) құйынды токтарды жасайтын шашыраудың магниттік өрістерінен туындайды. Олардың орамдарын төмендету үшін көп желілі транспонирленген сыммен орындалады, ал бактың қабырғалары магниттік шунттармен экрандалады.

$$P_{\Sigma} = \beta^2 * P_{нн}$$

мұндағы:  $\beta$  – трансформатордың жүктеме коэффициенті.

Бұл жағдайда барлық энергия орамдардағы шығындарды жабуға жұмсалады. Бірінші орамдағы кернеу аз болғандықтан, индукция номиналды

мәннен айтарлықтай төмен, өзекшедегі шығынларды елемеуге болады.

Орамдардағы шығындар трансформатордың жүктеме режиміне байланысты. Неғұрлым жүктеме артық болса, соғұрлым сым бойымен ағатын токтар жоғары болады демек, шығындар сондай-ақ жоғары болады.

#### *1.7.4 Қысқа тұйықталу шығынын төмендету*

Трансформатордағы қысқа тұйықталу шығынын азайтуға орамдағы ток тығыздығын азайту арқылы қол жеткізуге болады. Өткізгіш қимасының азаюымен ток тығыздығы азаяды. Егер орамдарды өндіру үшін мыстан ұлғайтылған қималы сым қолданылса, онда бұл массаның ұлғаюына және орамалардың қымбаттауына әкеледі.

Осыған байланысты орамаларды дайындау үшін жиі алюминийден сым қолданылады. Сондай-ақ қысқа тұйықталу тогы пайда болғанда сым қимасы ұлғайған кезде ораманың механикалық беріктігі артады. Бұл құрылғының магнитті емес құрылымдық элементтерін пайдалану кезінде өте маңызды.

### **1.8 Жүктеме коэффициенті**

$K_z$  – трансформатордың жүктелу коэффициенті – бұл аппараттың номиналды қуатына максималды режимде тұтынылатын қуаттың қатынасы.

Жүктеменің негізсіз төмендетілген коэффициентімен жұмыс істеу экономикалық тиімді емес. Тұтынушылар үшін электрмен жабдықтаудың үздіксіздік санатына байланысты коэффициенттер ұсынылады:

#### **1–кесте-Тұтынушылар категориясына байланысты жүктеме коэффициенті**

Тұтынушы категориясы	Жүктеме коэффициенті
I	0,65-0,7
II	0,7-0,8
III	0,9-0,95

Кесте бойынша жүктеме коэффициенті бір трансформатордың басқа трансформатордың немесе оның қоректендіргіш желісінің істен шығуы кезінде оған өтетін қосымша жүктеменің алынуын ескереді. Бірақ ол трансформатордың шамадан тыс жүктелуін шектейді.

## 2 Үш орамды трансформатордағы қуат пен энергия шығындары есептеу

Трансформатордың активті қуат шығынын есептейміз, кВт.

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{НОМ}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{НОМ}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{НОМ}}\right)^2$$

мұндағы  $n$  – трансформаторлар саны;

$\Delta P_{XX}$  - бос жүріс шығыны;

$\Delta P_{KB}$  - жоғары кернеудегі қысқа тұйықталу шығыны;

$S_{MAXBA}, S_{MAXCA}, S_{MAXHA}$  - тұтынушылардың жоғарғы, орташа, төменгі тұтынылған қуат мәні;

$S_{НОМ}$  - трансформатордың номиналды қуаты;

$\Delta P_{KC}$  - орташа кернеудегі қысқа тұйықталу шығыны;

$\Delta P_{KH}$  - төменгі кернеудегі қысқа тұйықталу шығыны.

Трансформатордың реактивті қуат шығынын есептейміз.

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{НОМ}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{НОМ}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{НОМ}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{НОМ}}$$

мұндағы  $I_{X.X.}$  - бос жүріс тогы;

$U_{K.BH}, U_{K.CH}, U_{K.HH}$  - трансформатордың жоғарғы, орташа, төменгі қысқа тұйықталу шығыны.

Трансформатордың энергия шығынын есептейміз.

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{НОМ}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{НОМ}}\right)^2 * \tau_{CH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{НОМ}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

мұндағы  $T$  — трансформатордың жұмыс ұзақтығы;

$\tau_{BH}, \tau_{CH}, \tau_{HH}$  — ең жоғары шығындардың ұзақтығы  $T_{max}$  ең жоғары жүктемесін пайдалану ұзақтығына байланысты қисық бойынша анықталады.

$$U_{KB} = 0,5 * (U_{KBС} + U_{KBH} - U_{КСH});$$

$$U_{КС} = 0,5 * (U_{KBС} + U_{КСH} - U_{KBH});$$

$$U_{KH} = 0,5 * (U_{KBH} + U_{КСH} - U_{KBС});$$

$$P_{KB} = 0,5*(P_{KBC} + P_{KBH} - P_{KCH});$$

$$P_{KC} = 0,5*(P_{KBC} + P_{KCH} - P_{KBH});$$

$$P_{KH} = 0,5*(P_{KBH} + P_{KCH} - P_{KBC})$$

## 2-кесте - Трансформаторлардың техникалық деректері

Трансформатор түрі	Номиналды қуаты, МВА	Номиналды кернеу,кВ			Қуат шығындары, кВт		Қ.Т.%Кернеуі			Бос жүріс тогы %
		ВН	СН	НН	Х.Х.	К.З.	ВН-НН	ВН-СН	СН-НН	
ТДТН 25000	25	115	38,5	6,6; (11)	25	140	10,5	17,5	6,5	0,3
ТДТН 40000	40	115	38,5	6,6 (11)	35	200	10,5	17,5	6,5	0,3
ТМТН 6300	6,3	115	38,5	6,6; (11)	10	52	17	10,5	6,0	0,5
ТМН 6300	6,3	35		6,3; 11	7,4	40	7,5			0,85
ТМН 2500	2,5	115		11	2,0	18	10,5			1,2



## 2.1 ТДТН-25000 кВА қуатты трансформаторының активті, реактивті қуат және энергия есептеу

Жүктеме коэффициенті 5% болған кездегі активті қуат шығыны:

1)  $K_3=5\%$

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left( \frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}} \right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left( \frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}} \right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left( \frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}} \right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left( \frac{1,25}{25} \right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left( \frac{1}{25} \right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left( \frac{0,25}{25} \right)^2 = 50,3 \text{ кВт}$$

Жүктеме коэффициенті 5% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (1,25)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (1)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (0,25)^2}{100 * 25} = 0,15 \text{ кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 5% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left( \frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}} \right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left( \frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}} \right)^2 * \tau_{CH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left( \frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}} \right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left( \frac{1,25}{25} \right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left( \frac{1}{25} \right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left( \frac{0,25}{25} \right)^2 * 5000 = 439470$$

Жүктеме коэффициенті 10% болған кездегі активті қуат шығыны:

2)  $K_3=10\%$

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left( \frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}} \right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left( \frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}} \right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left( \frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}} \right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left( \frac{2,5}{25} \right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left( \frac{1,5}{25} \right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left( \frac{1}{25} \right)^2 = 51 \text{ Вт}$$

Жүктеме коэффициенті 10% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (2,5)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (1,5)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (1)^2}{100 * 25} = 0,17 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 10% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} +$$

$$+ \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{2,5}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{1,5}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{1}{25}\right)^2 * 5000 = 473560$$

Жүктеме коэффициенті 15% болған кездегі активті қуат шығыны:

3) Кз=15%

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{3,75}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{2,5}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{1,25}{25}\right)^2 = 52,4 \text{Вт}$$

Жүктеме коэффициенті 15% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (3,75)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (2,5)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (1,25)^2}{100 * 25} = 0,203 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 15% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} +$$

$$+ \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{3,75}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{2,5}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{1,25}{25}\right)^2 * 5000 = 450250$$

Жүктеме коэффициенті 20% болған кездегі активті қуат шығыны:

4)  $K_3=20\%$

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{3}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{2}{25}\right)^2 = 54,2 Bm$$

Жүктеме коэффициенті 20% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (5)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (3)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (2)^2}{100 * 25} = 0,239 kVar$$

Жүктеме коэффициенті 20% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{3}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{2}{25}\right)^2 * 5000 = 459280$$

Жүктеме коэффициенті 25% болған кездегі активті қуат шығыны:

5)  $K_3=25\%$

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6,25}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{4}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{2,25}{25}\right)^2 = 56,7 Bm$$

Жүктеме коэффициенті 25% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (6,25)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (4)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (2,25)^2}{100 * 25} = 0,294 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 25% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6,25}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{4}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{2,25}{25}\right)^2 * 5000 = 471670$$

Жүктеме коэффициенті 30% болған кездегі активті қуат шығыны:

б) Кз=30%

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{7,5}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{2,5}{25}\right)^2 = 62,1 \text{Вт}$$

Жүктеме коэффициенті 30% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (7,5)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (5)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (2,5)^2}{100 * 25} = 0,363 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 30% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{7,5}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{2,5}{25}\right)^2 * 5000 = 487000$$

Жүктеме коэффициенті 35% болған кездегі активті қуат шығыны:

7)  $K_3=35\%$

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{8,75}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6,75}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{2}{25}\right)^2 = 64,1 \text{ Вт}$$

Жүктеме коэффициенті 35% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (8,75)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (6,75)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (2)^2}{100 * 25} = 0,475 \text{ кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 35% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{8,75}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6,75}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{2}{25}\right)^2 * 5000 = 508630$$

Жүктеме коэффициенті 40% болған кездегі активті қуат шығыны:

8)  $K_3=40\%$

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{10}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{4}{25}\right)^2 = 67 \text{ Вт}$$



Жүктеме коэффициенті 40% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S^2_{MAXBA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S^2_{MAXCA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S^2_{MAXHA}}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (10)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (6)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (4)^2}{100 * 25} = 0,506 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 40% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} +$$

$$+ \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{10}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 *$$

$$* \left(\frac{4}{25}\right)^2 * 5000 = 523120$$

Жүктеме коэффициенті 45% болған кездегі активті қуат шығыны:

9) Кз=45%

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{11,25}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6,25}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 = 71,3 \text{Вт}$$

Жүктеме коэффициенті 45% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S^2_{MAXBA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S^2_{MAXCA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S^2_{MAXHA}}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (11,25)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (6,25)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (5)^2}{100 * 25} = 0,585 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 45% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} +$$

$$+ \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{11,25}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6,25}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 * 5000 = 544750$$

Жүктеме коэффициенті 50% болған кездегі активті қуат шығыны:

10)  $K_3=50\%$

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{12,5}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{7,5}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 = 76,6 \text{ Вт}$$

Жүктеме коэффициенті 50% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (12,5)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (7,5)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (5)^2}{100 * 25} = 0,707 \text{ кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 50% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{12,5}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{7,5}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 * 5000 = 571000$$

Жүктеме коэффициенті 55% болған кездегі активті қуат шығыны:

11)  $K_3=55\%$

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 \quad \Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{12,5}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{7,5}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 = 76,6 \text{ Вт}$$

Жүктеме коэффициенті 55% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (13,75)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (8)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (5,75)^2}{100 * 25} = 0,814 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 55% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} +$$

$$+ \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{13,75}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{8}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 *$$

$$* \left(\frac{5,75}{25}\right)^2 * 5000 = 598230$$

Жүктеме коэффициенті 60% болған кездегі активті қуат шығыны:

12) Кз=60%

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{15}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{11}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{4}{25}\right)^2 = 90,5 \text{Вт}$$

Жүктеме коэффициенті 60% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (15)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (11)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (4)^2}{100 * 25} = 1,066 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 60% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} +$$

$$+ \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{15}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{11}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{4}{25}\right)^2 * 5000 = 640720$$

Жүктеме коэффициенті 65% болған кездегі активті қуат шығыны:

13)  $K_3=65\%$

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{16,25}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{10}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6,25}{25}\right)^2 = 95,1 Bm$$

Жүктеме коэффициенті 65% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (16,25)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (10)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (6,25)^2}{100 * 25} = 1,105 kVar$$

Жүктеме коэффициенті 65% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{16,25}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{10}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6,25}{25}\right)^2 * 5000 = 663750$$

Жүктеме коэффициенті 70% болған кездегі активті қуат шығыны:

14)  $K_3=70\%$

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{17,5}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{10}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{7,5}{25}\right)^2 = 110,2 Bm$$

Жүктеме коэффициенті 70% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S^2_{MAXBA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S^2_{MAXCA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S^2_{MAXHA}}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (17,5)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (10)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (7,5)^2}{100 * 25} = 1,216 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 70% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} +$$

$$+ \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{17,5}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{10}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{7,5}{25}\right)^2 * 5000 = 697000$$

Жүктеме коэффициенті 75% болған кездегі активті қуат шығыны:

15) Кз=75%

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{17,85}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{12,75}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6}{25}\right)^2 = 111,6 \text{Вт}$$

Жүктеме коэффициенті 75% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S^2_{MAXBA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S^2_{MAXCA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S^2_{MAXHA}}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (18,75)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (12,75)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (6)^2}{100 * 25} = 1,504 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 75% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} +$$

$$+ \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{18,75}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{12,75}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6}{25}\right)^2 * 5000 = 746070$$

Жүктеме коэффициенті 80% болған кездегі активті қуат шығыны:

16) Кз=80%

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{20}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{15}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 = 122,8 \text{ Bm}$$

Жүктеме коэффициенті 80% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (20)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (15)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (5)^2}{100 * 25} = 1,81 \text{ kVar}$$

Жүктеме коэффициенті 80% болған кездегі активті қуат шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{20}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{15}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 * 5000 = 802000$$

Жүктеме коэффициенті 85% болған кездегі активті қуат шығыны:

17) Кз=85%

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{21,25}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{17}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{4,25}{25}\right)^2 = 135 \text{ Bm}$$

Жүктеме коэффициенті 85% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S^2_{MAXBA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S^2_{MAXCA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S^2_{MAXHA}}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (21,25)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (17)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (4,25)^2}{100 * 25} = 2,133 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 85% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} +$$

$$+ \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{21,25}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{17}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{4,25}{25}\right)^2 * 5000 = 866230$$

Жүктеме коэффициенті 90% болған кездегі активті қуат шығыны:

18) Кз=90%

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{22,5}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{14,5}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{8}{25}\right)^2 = 137,4 \text{Вт}$$

Жүктеме коэффициенті 90% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S^2_{MAXBA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S^2_{MAXCA}}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S^2_{MAXHA}}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (22,5)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (14,5)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (8)^2}{100 * 25} = 2,032 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 90% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} +$$

$$+ \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{22,5}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{14,5}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{8}{25}\right)^2 * 5000 = 875080$$

Жүктеме коэффициенті 95% болған кездегі активті қуат шығыны:

19) Кз=95%

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{23,75}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{17}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6,75}{25}\right)^2 = 150,6 Bm$$

Жүктеме коэффициенті 95% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (23,75)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (17)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (6,75)^2}{100 * 25} = 2,405 kVar$$

Жүктеме коэффициенті 95% болған кездегі энергия шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{23,75}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{17}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{6,75}{25}\right)^2 * 5000 = 941230$$

Жүктеме коэффициенті 100% болған кездегі активті қуат шығыны:

20) Кз=100%

$$\Delta P_a = n * \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2$$

$$\Delta P_a = 2 * 25 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{25}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{15}{25}\right)^2 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{10}{25}\right)^2 = 173,2 Bm$$



Жүктеме коэффициенті 100% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta Q_a = n * \frac{I_{X.X.} * S_{HOM}}{100} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.BH} * S_{MAXBA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.CH} * S_{MAXCA}^2}{100 * S_{HOM}} + \frac{1}{n} * \frac{U_{K.HH} * S_{MAXHA}^2}{100 * S_{HOM}}$$

$$\Delta Q_a = 2 * \frac{0,3 * 25}{100} + \frac{1}{2} * \frac{10,5 * (25)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{17,5 * (15)^2}{100 * 25} + \frac{1}{2} * \frac{6,5 * (10)^2}{100 * 25} = 2,38 \text{кВар}$$

Жүктеме коэффициенті 100% болған кездегі реактивті қуат шығыны:

$$\Delta W_a = n * \Delta P_{XX} * T + \frac{1}{n} * \Delta P_{KB} * \left(\frac{S_{MAXBA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{BH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KC} * \left(\frac{S_{MAXCA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{CH} + \frac{1}{n} * \Delta P_{KH} * \left(\frac{S_{MAXHA}}{S_{HOM}}\right)^2 * \tau_{HH}$$

$$\Delta W_a = 2 * 25 * 8760 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{25}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{15}{25}\right)^2 * 5000 + \frac{1}{2} * 140 * \left(\frac{5}{25}\right)^2 * 5000 = 970000$$

$$U_{KB} = 0,5 * (10,5 + 17,5 - 6,5) = 10,75;$$

$$U_{KC} = 0,5 * (10,5 + 6,5 - 17,5) = 0;$$

$$U_{KH} = 0,5 * (17,5 + 6,5 - 10,5) = 6,75;$$

$$P_{KB} = 0,5 * (140 + 140 - 140) = 70;$$

$$P_{KC} = 0,5 * (140 + 140 - 140) = 70;$$

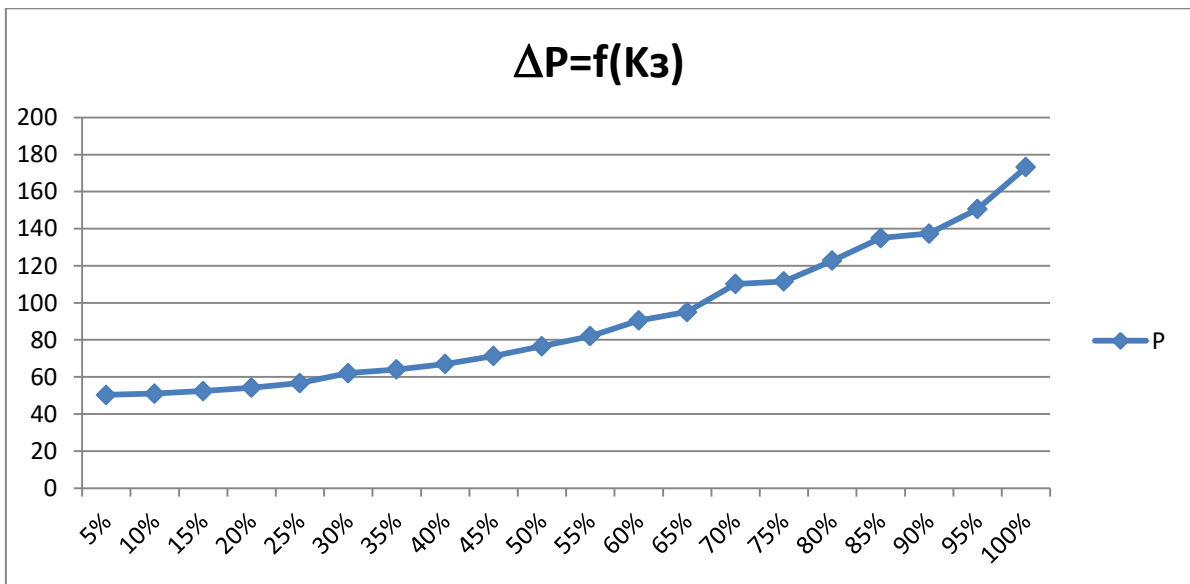
$$P_{KH} = 0,5 * (140 + 140 - 140) = 70;$$

Есептеулерден алынған мәндерді 3-кестеге енгіземіз.

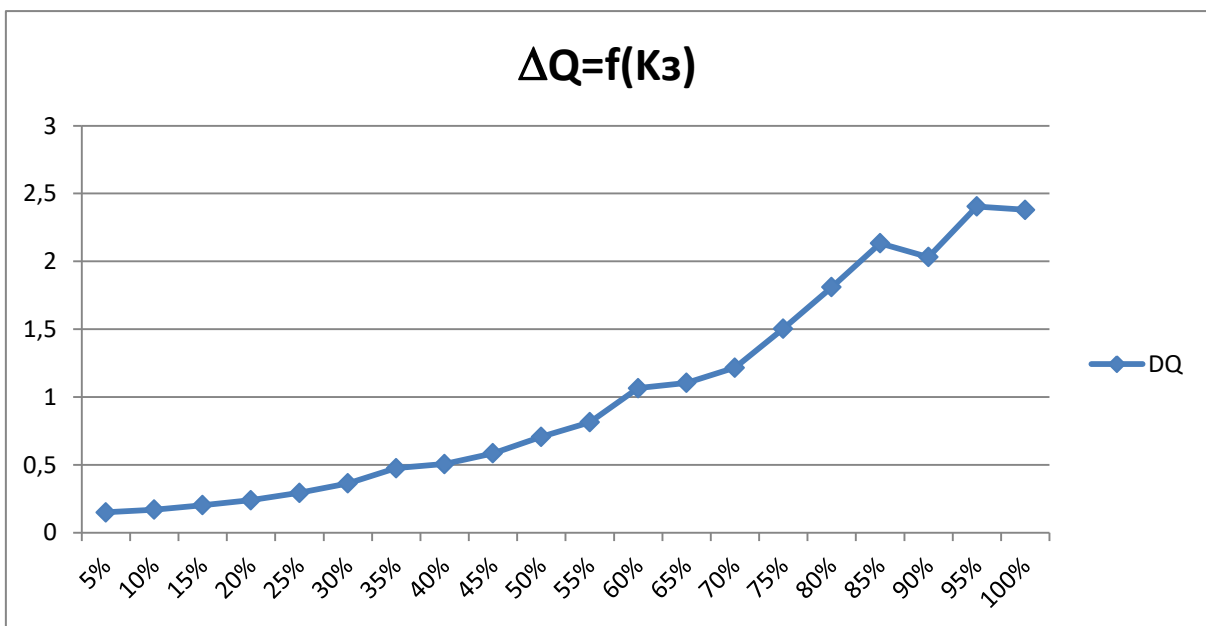
**3-кесте - ТДТН 25000 кВА трансформатордың есептеуден кейін алынған нәтижелері**

Трансформатор түрі	Жүктеме коэффициенті																			
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
ТДТН 25000	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
$\Delta P_a$ , кВт	50,3	51	52,4	54,2	56,7	62,1	64,4	66,7	71,3	77,6	82,5	90,1	95,1	100,2	105,1	110,2	115,3	120,4	125,5	130,6
$\Delta Q_a$ , кВт ар	0,15	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54
$\Delta S_a$ , кВт А	50,3	51	52,4	54,2	56,7	62,1	64,4	66,7	71,3	77,6	82,5	90,1	95,1	100,2	105,1	110,2	115,3	120,4	125,5	130,6
$\Delta W_a$ , кВт Т*с ағ	439,470	443,500	447,530	451,560	455,590	459,620	463,650	467,680	471,710	475,740	479,770	483,800	487,830	491,860	495,890	499,920	503,950	507,980	512,010	516,040

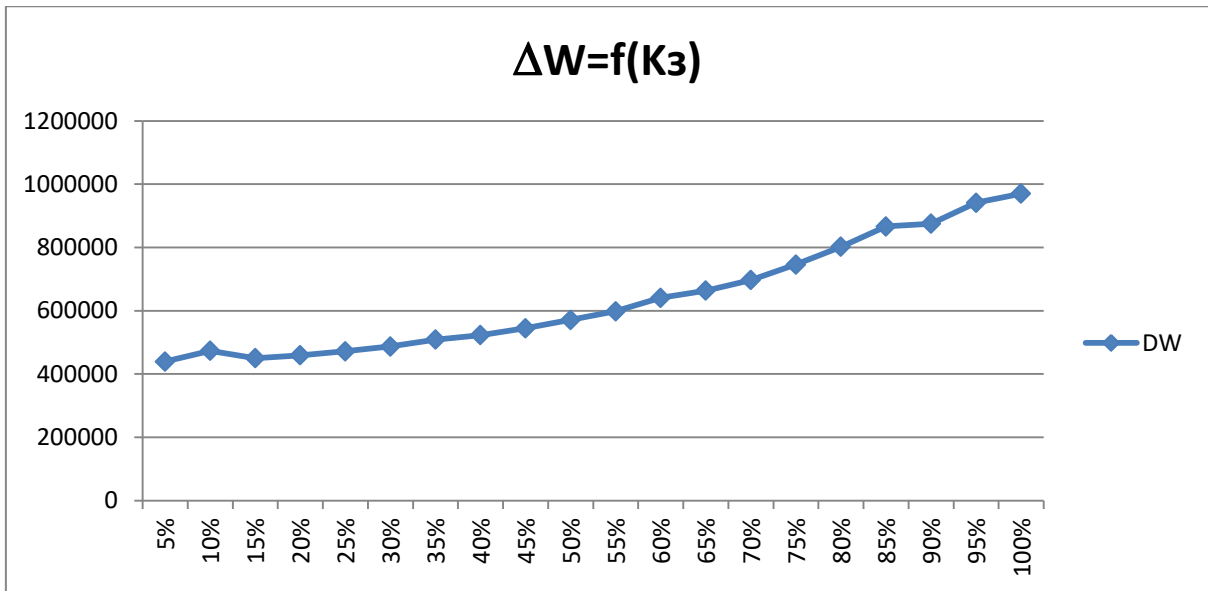
3-кесте бойынша жүктеме коэффициентінің қуат шығындарына және энергия шығындарына байланысты тұрғызылғын сипаттамалары 1, 2, 3 – суреттерде көрсетілген.



**1-сурет-Жүктеме коэффициентінің активті қуат шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta P = f(K_3)$**



**2-сурет-Жүктеме коэффициентінің реактивті қуат шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta Q = f(K_3)$**

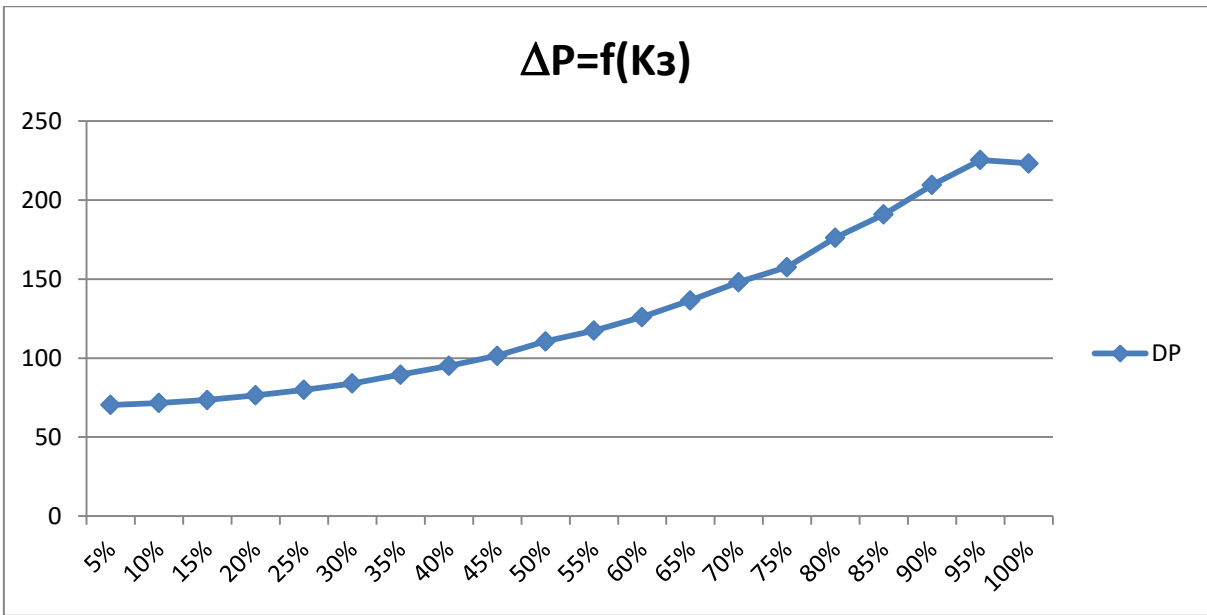


**3-сурет-Жүктеме коэффициентінің энергия шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta W = f(K_z)$**

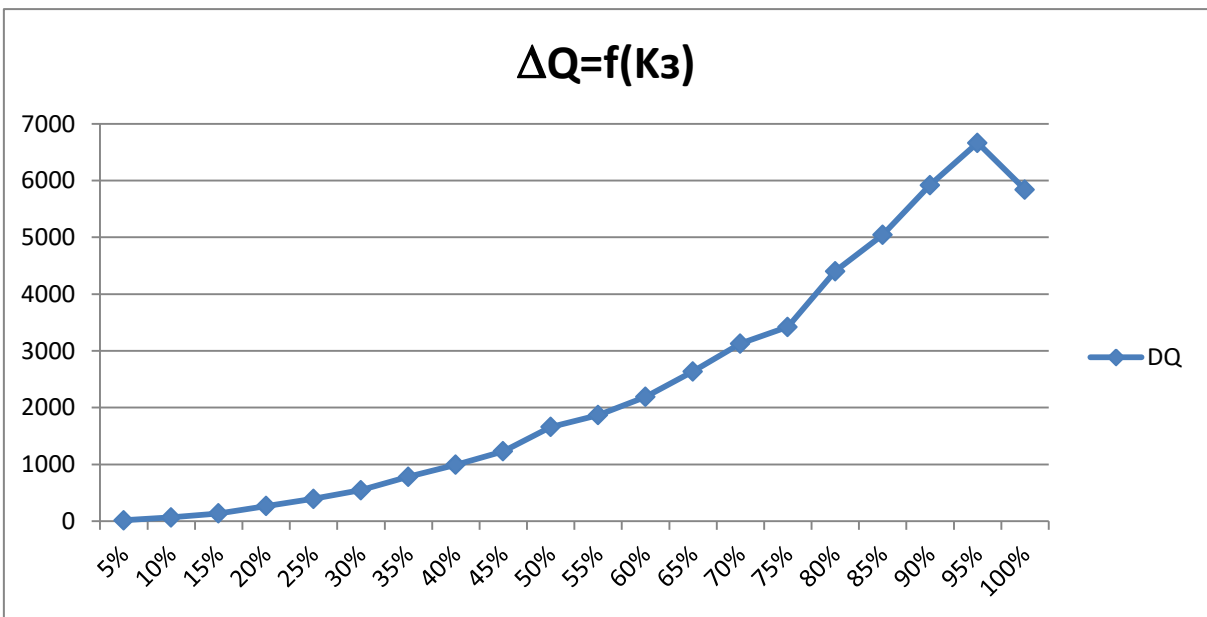
**4-кесте. ТДТН 40000 кВт трансформатордың есептеуден кейін алынған нәтижелері**

Трансформатор түрі	Жүктеме коэффициенті									
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
ТДТН 40000										
$\Delta P_a$ , кВт	70,4	71,6	73,5	76,5	79,9	84	89,5	95,1	101,5	110,6
$\Delta Q_a$ , кВар	16,84	66,64	137	265,84	393,44	547,44	782,64	993,84	1231,44	1660,24
$\Delta S_a$ , кВА	72,38	97,813	155,4	276,62	401,47	402,30	787,74	998,37	1235,61	1663,91
$\Delta W_a$ ,	615231	621325	634450	645700	662575	683200	710700	738825	770700	816325

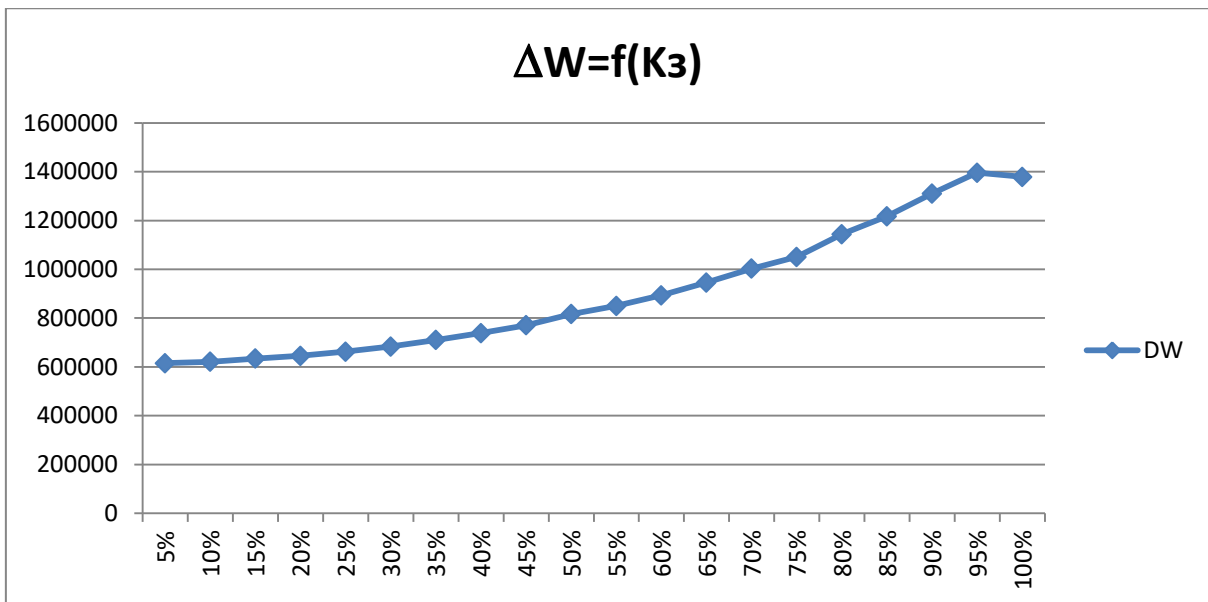
Трансформатор түрі	Жүктеме коэффициенті									
	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
ТДТН 40000										
$\Delta P_a$ , кВт	117,4	126	136,5	148	157,5	176,1	190,8	209,3	225,2	223,1
$\Delta Q_a$ , кВар	1867,84	2189	2637	3129,84	3420,24	4401,84	5043	5918,64	6663,44	5840,24
$\Delta S_a$ , кВА	1871,52	2192,6	2640,53	3133,33	3423,86	4405,37	5046,60	5924	6666,86	5843,63
$\Delta W_a$ ,	850075	893200	945700	1003200	1050700	1143825	1217575	1310700	1395700	1378825



**4-сурет-Жүктеме коэффициентінің активті қуат шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta P = f(K_3)$**



**5-сурет-Жүктеме коэффициентінің реактивті қуат шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta Q = f(K_3)$**



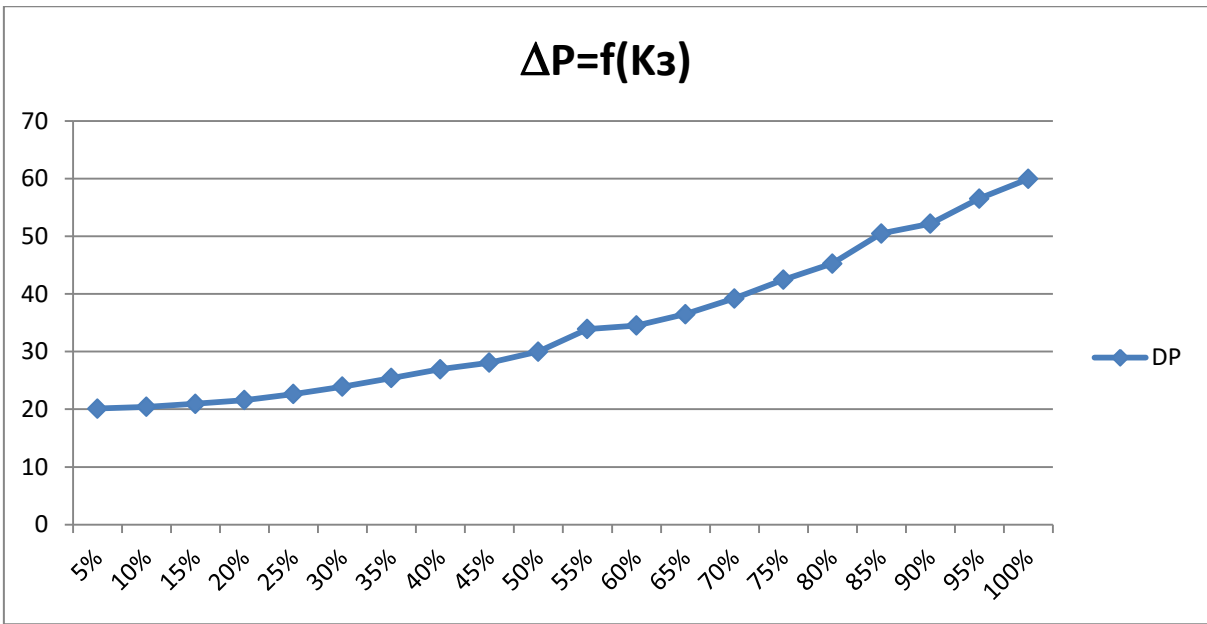
**6-сурет-Жүктеме коэффициентінің энергия шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta W = f(K_3)$**

**5-кесте. ТМТН 6300 кВТ трансформатордың есептеуден кейін алынған нәтижелері**

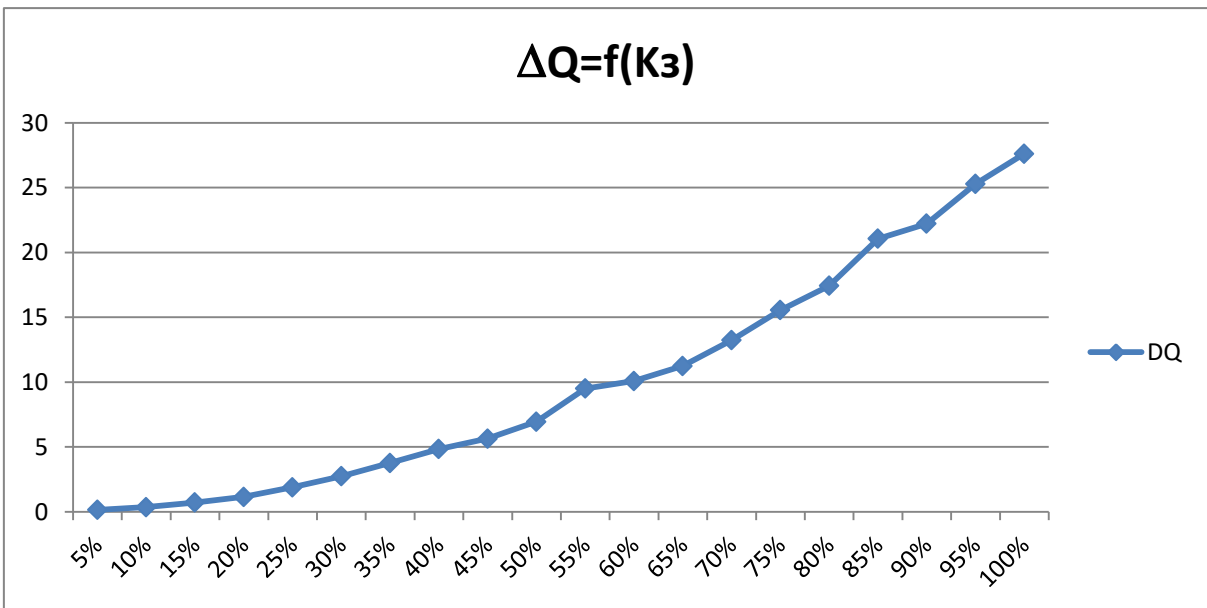
Трансформатор түрі	Жүктеме коэффициенті									
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
ТМТН 6300										
$\Delta P_a$ , кВт	20,12 41	20,43 484	20,94 531	21,58 214	22,64 769	23,91 356	25,41 49	26,95 744	28,08 918	29,98 665
$\Delta Q_a$ , кВар	0,145 945	0,361 422	0,714 627	1,151 451	1,885 108	2,748 794	3,769 245	4,837 745	5,641 026	6,949 451
$\Delta S_a$ , кВА	20,12	20,43	20,94	21,59	22,65	23,92	25,41	26,95	28,1	29,99
$\Delta W_a$ ,	17582 0,5	17737 4,2	17992 6,5	18311 0,7	18843 8,4	19476 7,8	20227 4,5	20998 7,2	21564 5,9	22513 3,2

Трансформатор түрі	Жүктеме коэффициенті									
	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
ТМТН 6300										
$\Delta P_a$ , кВт	33,9 0234	34,5 2751	36,4 8046	39,2 2402	42,469 95	45,261 86	50,468 97	52,169 38	56,527 38	59,9465 9
$\Delta Q_a$ , кВар	9,50 995	10,0 9128	11,2 5048	13,2 3414	15,557 52	17,428 85	21,058 02	22,220 41	25,281 43	27,6088 1
$\Delta S_a$ , кВА	33,9	34,7	36,5	39,2	42,50	45,27	50,48	52,17	56,52	59,94
$\Delta W_a$ ,	2447 11,7	2478 37,5	2576 02,3	2713 20,1	28754 9,8	30150 9,3	32754 4,8	33604 6,9	35783 6,9	374932, 9

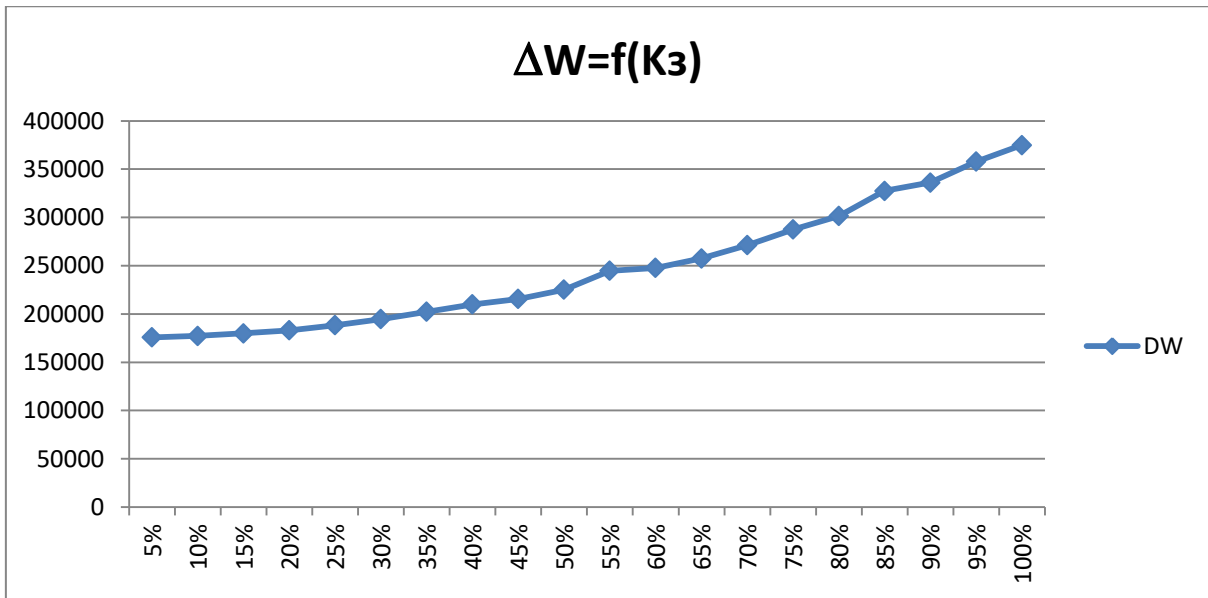




**7-сурет-Жүктеме коэффициентінің активті қуат шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta P = f(K_3)$**



**8-сурет-Жүктеме коэффициентінің реактивті қуат шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta Q = f(K_3)$**

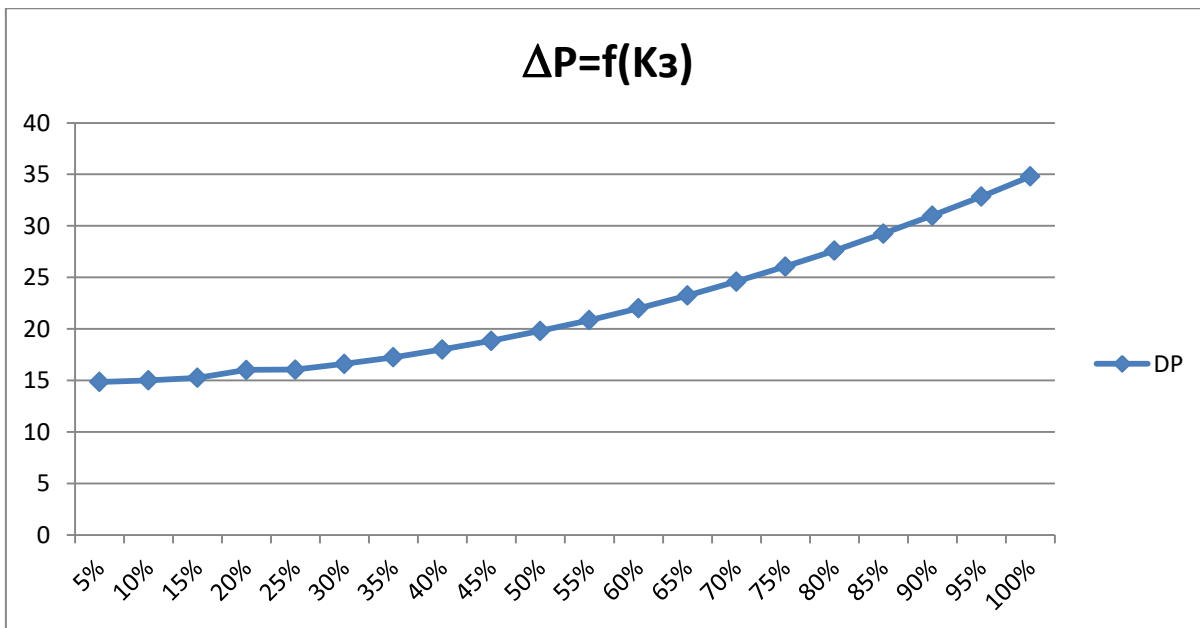


**9-сурет-Жүктеме коэффициентінің энергия шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta W = f(K_3)$**

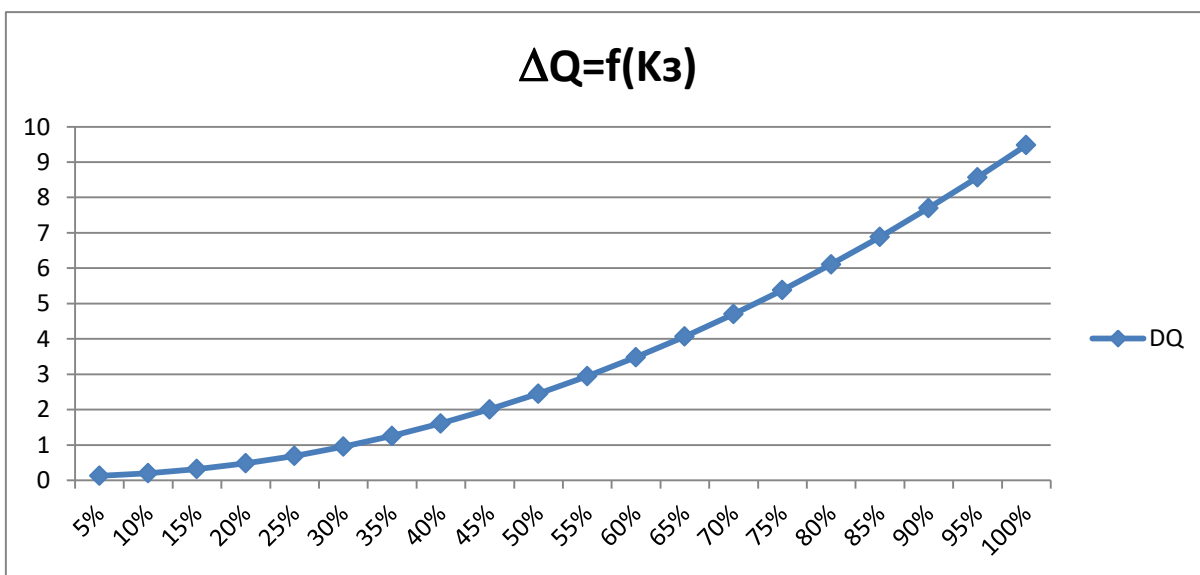
**6-кесте. ТМН 6300 кВТ трансформатордың есептеуден кейін алынған нәтижелері**

Трансформатор түрі	Жүктеме коэффициенті									
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
ТМН 6300										
$\Delta P_a$ , кВт	14,85	15	15,25	16,01 703	16,04 208	16,6	17,25	18	18,85	19,8
$\Delta Q_a$ , кВар	0,130 542	0,200 868	0,318 077	0,482 171	0,689 433	0,951 009	1,255 753	1,607 382	2,005 894	2,451 291
$\Delta S_a$ , кВА	14,85	15	15,26	16,03	16,05	16,6	17,25	18	18,93	19,8
$\Delta W_a$ ,	12989 8	13064 8	13189 8	13364 8	13585 8,4	13864 8	14189 8	14564 8	14989 8	15464 8

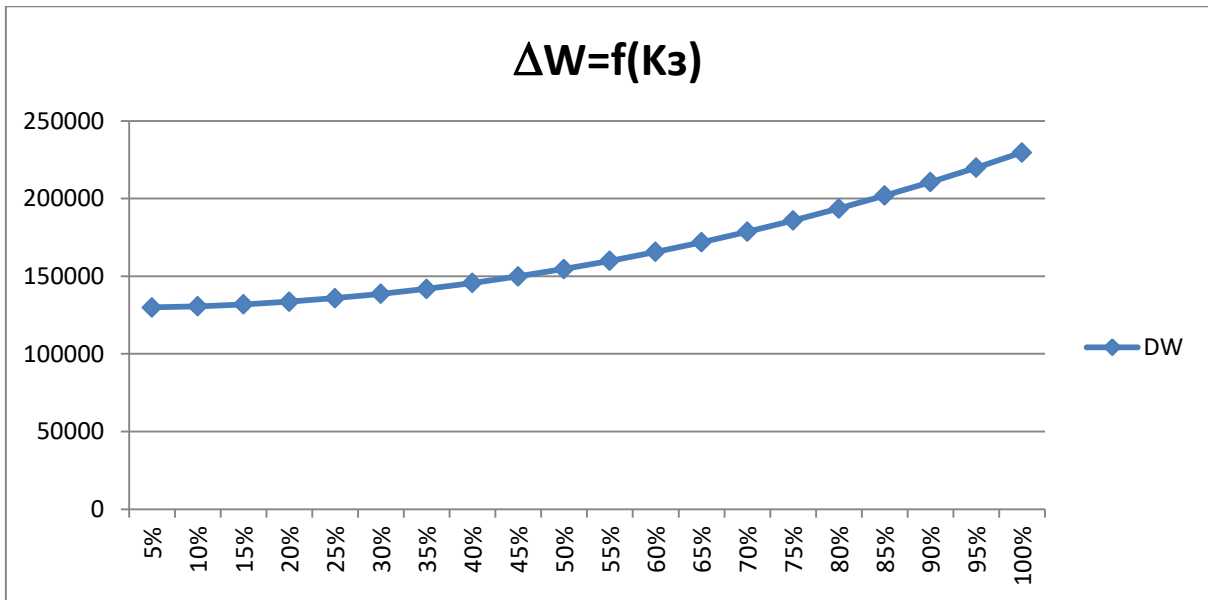
Трансформатор түрі	Жүктеме коэффициенті									
	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
ТМН 6300										
$\Delta P_a$ , кВт	20,8 5	22	23,2 5	24,6	26,05	27,6	29,25	31	32,85	34,8
$\Delta Q_a$ , кВар	2,94 3571	3,48 2735	4,06 8782	4,70 1714	5,3815 29	6,1082 28	6,8818 11	7,7022 78	8,5696 28	9,48386 3
$\Delta S_a$ , кВА	25,6	26	27,6	28,9	31,01	32	33,8	36,2	39,3	42,5
$\Delta W_a$ ,	1598 98	1656 48	1718 98	1786 48	18589 8	19364 8	20189 8	21064 8	21989 8	229648



**10-сурет-Жүктеме коэффициентінің активті қуат шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta P = f(K_3)$**



**11-сурет-Жүктеме коэффициентінің реактивті қуат шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta Q = f(K_3)$**

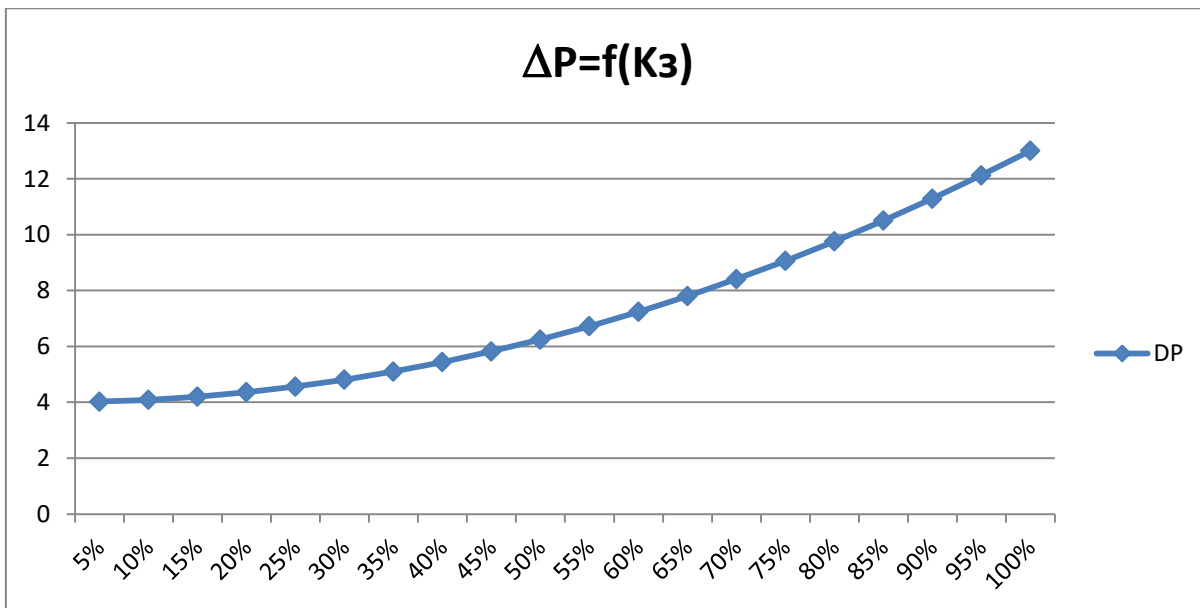


**12-сурет-Жүктеме коэффициентінің энергия шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta W = f(K_3)$**

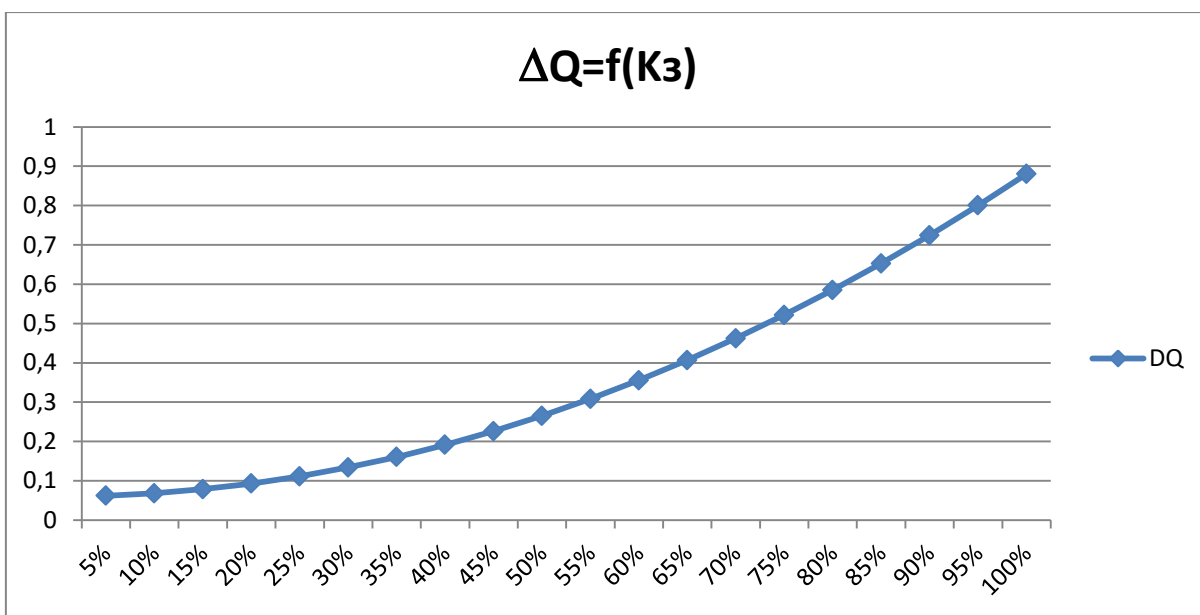
**7-кесте. ТМН 2500 кВТ трансформатордың есептеуден кейін алынған нәтижелері**

Трансформатор түрі	Жүктеме коэффициенті									
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
ТМН 2500	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
$\Delta P_a$ , кВт	4,022 5	4,09	4,202 5	4,36	4,562 5	4,81	5,102 5	5,44	5,822 5	6,25
$\Delta Q_a$ , кВар	0,062 051	0,068 203	0,078 457	0,092 813	0,111 27	0,133 828	0,160 488	0,191 25	0,226 113	0,265 078
$\Delta S_a$ , кВА	4,2	4,26	4,45	4,52	4,56	4,82	5,2	5,44	5,83	6,25
$\Delta W_a$ ,	35152 ,5	35490	36052 ,5	36840	37852 ,5	39090	40552 ,5	42240	44152 ,5	46290

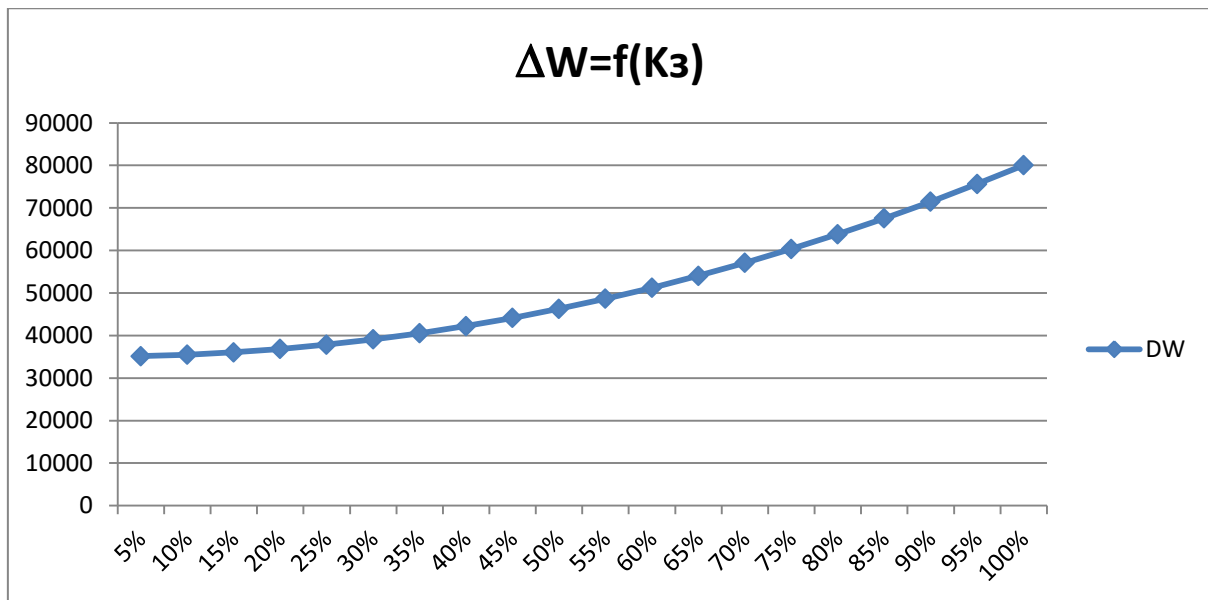
Трансформатор түрі	Жүктеме коэффициенті									
	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
ТМН 2500	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
$\Delta P_a$ , кВт	6,72 25	7,24	7,80 25	8,41	9,0625	9,76	10,502 5	11,29	12,122 5	13
$\Delta Q_a$ , кВар	0,30 8145	0,35 5313	0,40 6582	0,46 1953	0,5214 26	0,585	0,6526 76	0,7244 53	0,8003 32	0,88031 3
$\Delta S_a$ , кВА	6,72	7,25	7,9	8,9	9,3	10	10,9	11,5	12,35	13,8
$\Delta W_a$ ,	4865 2,5	5124 0	5405 2,5	5709 0	60352, 5	63840	67552, 5	71490	75652, 5	80040



**13-сурет-Жүктеме коэффициентінің активті қуат шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta P = f(K_3)$**



**15-сурет-Жүктеме коэффициентінің реактивті қуат шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta Q = f(K_3)$**



**16-сурет-Жүктеме коэффициентінің энергия шығынына қатынасының сипаттамасы  $\Delta W = f(K_z)$**

## 2.2 ТДТН-25000 кВА қуатты трансформаторының толық қуатын (пайыздық есеппен) есептеу

ТДТН 25000

$$1) K_z=5\% ; \Delta P_a=50,3 \text{ кВт}; \Delta Q_a=0,15 \text{ кВар}; \Delta S_a=50,3 \text{ кВА}$$

$$\Delta S_a \% = \frac{\Delta S_a}{K_z * S_{НОМ}} * 100 = \frac{0,05}{0,05 * 25} * 100 = 4\%$$

мұндағы  $\Delta S_a$  – трансформатордың толық қуат шығыны.

$$2) K_z=35\% ; \Delta P_a=64,1 \text{ кВт}; \Delta Q_a=0,475 \text{ кВар}; \Delta S_a=64,1 \text{ кВА}$$

$$\Delta S_a \% = \frac{\Delta S_a}{K_z * S_{НОМ}} * 100 = \frac{0,641}{0,35 * 25} * 100 = 7,3\%$$

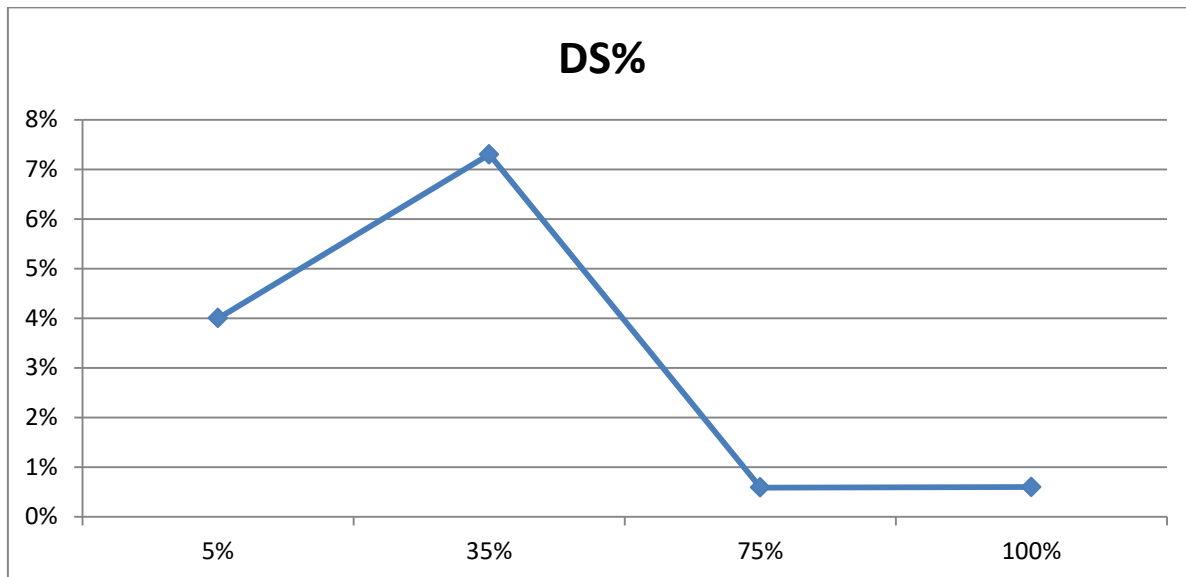
$$3) K_z=75\% ; \Delta P_a=111,6 \text{ кВт}; \Delta Q_a=1,5 \text{ кВар}; \Delta S_a=11,6 \text{ кВА}$$

$$\Delta S_a \% = \frac{\Delta S_a}{K_z * S_{НОМ}} * 100 = \frac{0,1116}{0,75 * 25} * 100 = 0,59\%$$

$$4) K_z=100\% ; \Delta P_a=173,2 \text{ кВт}; \Delta Q_a=2,38 \text{ кВар}; \Delta S_a=173,2 \text{ кВА}$$



$$\Delta S_a \% = \frac{\Delta S_a}{K_3 * S_{НОМ}} * 100 = \frac{0,173}{1 * 25} * 100 = 0,6\%$$



**17-сурет-Жүктеме коэффициентінің толық қуат шығынын (пайыздық есеппен) алғандағы сипаттамасы  $K_3=f(\Delta S\%)$**

ТДТН 40000

1)  $K_3=5\%$ ;  $\Delta P_a=70,4$  кВт;  $\Delta Q_a=16,8$  кВар;  $\Delta S_a=72,3$  кВА

$$\Delta S_a \% = \frac{\Delta S_a}{K_3 * S_{НОМ}} * 100 = \frac{0,0723}{0,05 * 40} * 100 = 3,6\%$$

2)  $K_3=55\%$ ;  $\Delta P_a=117,4$  кВт;  $\Delta Q_a=1867,84$  кВар;  $\Delta S_a=1871,52$  кВА

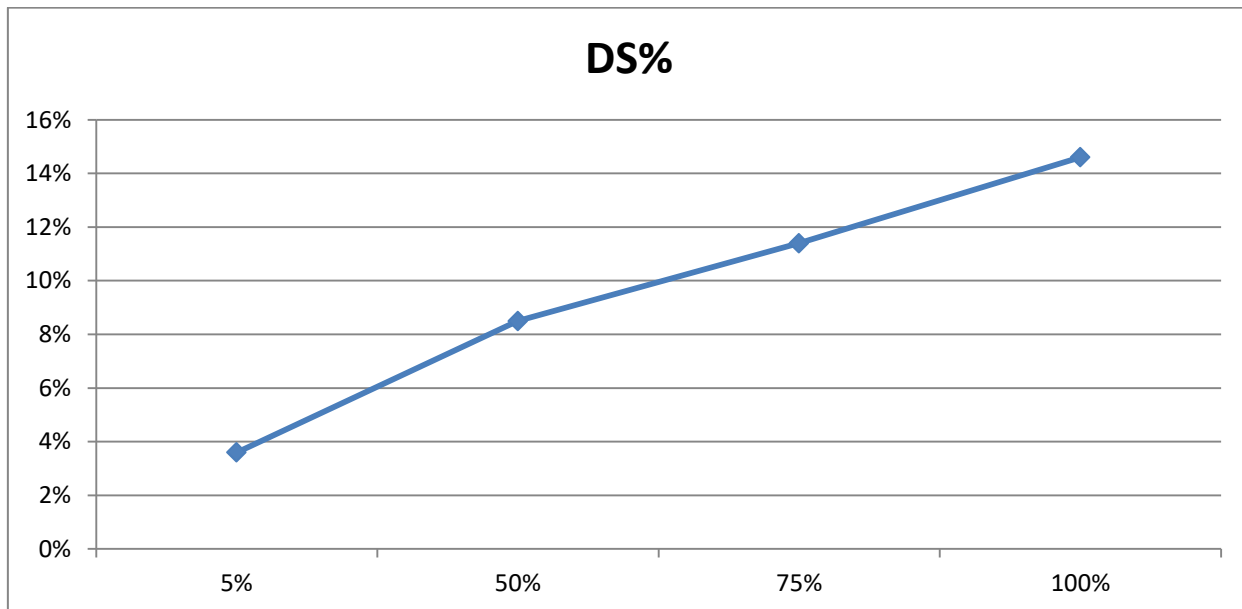
$$\Delta S_a \% = \frac{\Delta S_a}{K_3 * S_{НОМ}} * 100 = \frac{1,871}{0,55 * 40} * 100 = 8,5\%$$

3)  $K_3=75\%$ ;  $\Delta P_a=157,5$  кВт;  $\Delta Q_a=3420,24$  кВар;  $\Delta S_a=3424$ кВА

$$\Delta S_a \% = \frac{\Delta S_a}{K_3 * S_{НОМ}} * 100 = \frac{3,424}{0,75 * 40} * 100 = 11,4\%$$

4)  $K_3=100\%$ ;  $\Delta P_a=223,1$  кВт;  $\Delta Q_a=5840,24$  кВар;  $\Delta S_a=5844$  кВА

$$\Delta S_a \% = \frac{\Delta S_a}{K_3 * S_{НОМ}} * 100 = \frac{5,844}{1 * 40} * 100 = 14,6\%$$



**18-сурет-Жүктеме коэффициентінің толық қуат шығының (пайыздық есеппен) алғандағы сипаттамасы  $K_3=f(\Delta S\%)$**

### 3 Техникалық-экономикалық бөлім

#### 3.1 ТМН 2500 кВА қуатты трансформатордың өзін-өзі ақтайтын мерзімін есептеу

8-кесте – Үш фазалы майлы трансформаторлар, кернеу класы 110 кВ

Трансформатор атауы	Бағасы	Жеткізу (болжамды құны)
ТМН -2500/110/6,10	11 731 350 тг.	413 700 тг.

ТМН пайдалану кезінде бір жыл ішінде электр энергиясын үнемдеу:

$$W = P_T * t$$

мұндағы  $P_T$  – трансформатордың қуаты, Вт;  $t$  – сағаттар саны, сағ.

$$P_T = S_T * \cos\varphi$$

мұндағы  $\cos\varphi = 0,9$

«АЖК» компаниясының тұтынушыларының жұмсайтын электр энергиясының тарифі 5.63 теңгені құрайды, кВт·сағ.

Ақшалай түрдегі жылдық үнемдеу:

$$\Delta = W * T_{\Delta}$$

мұндағы:  $T_{\Delta}$  – электр энергиясының тарифі, тг./кВт \* сағ.

Жылдық табыстың 14%-ы салық төлеуге, қызметкерлерге жалақы төлеуге кетеді.

Ал, 26 000 000 тг. тарату құрылғыларына төленген ақша.

ТМН 2500 кВА

1)  $K_3 = 10\%$

$$250 * 0,9 * 8760 * 5,63 = 11\,096\,730 \text{ тг.}$$

$$11\,096\,730 - 14\% = 9\,543\,187 \text{ тг.}$$

$$9\,543\,187 - 26\,000\,000 = -16\,456\,812 \text{ тг.}$$

Бұл жүктелу кезінде трансформатор өзін-өзі 4 жылда ақтап шығады.

2)  $K_3 = 40\%$

$$1000 * 0,9 * 8760 * 5,63 = 44\,386\,920 \text{ тг.}$$

$44\,386\,920 - 14\% = 38\,172\,751$  тг.

$38\,172\,751 - 26\,000\,000 = 12\,172\,751$  тг.

Бұл жүктелу кезінде трансформатор өзін-өзі 1 жылда ақтап шығады.

3)  $K_3=75\%$

$1875 * 0,9 * 8760 * 5,63 = 83\,225\,475$  тг.

$83\,225\,475 - 14\% = 71\,573\,908$  тг.

$71\,573\,908 - 26\,000\,000 = 45\,573\,908$  тг.

Бұл жүктелу кезінде трансформатор өзін-өзі 4 айда ақтап шығады.

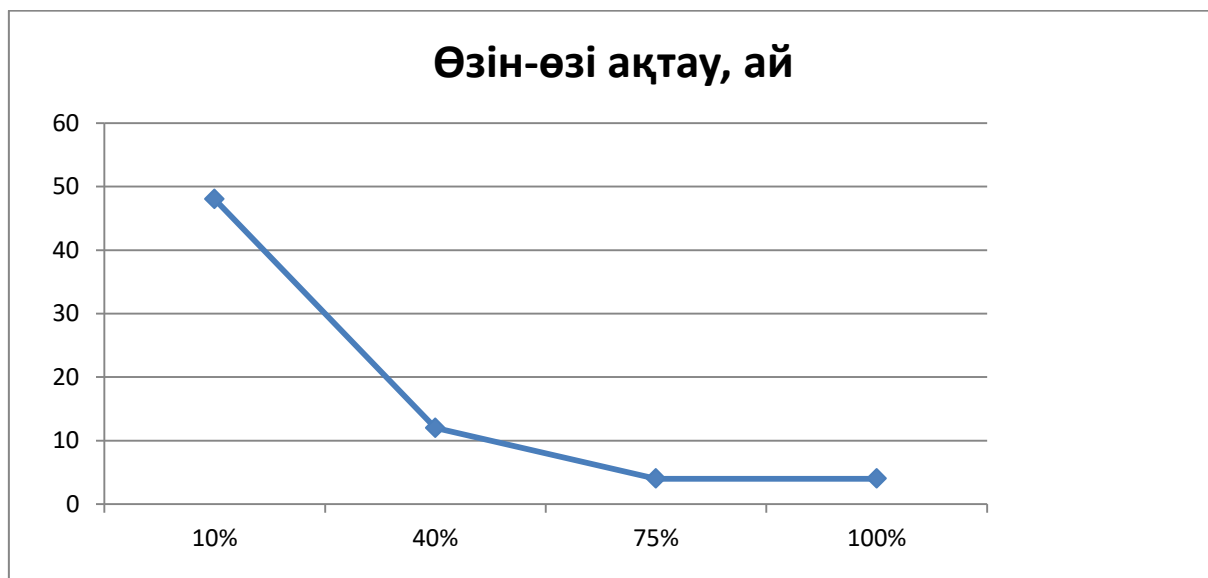
4)  $K_3=100\%$

$2500 * 0,9 * 8760 * 5,63 = 110\,967\,300$  тг.

$11\,096\,730 - 14\% = 95\,431\,878$  тг.

$95\,431\,878 - 26\,000\,000 = 69\,431\,878$  тг.

Бұл жүктелу кезінде трансформатор өзін-өзі 4 айда ақтап шығады.



**22 – сурет - Жүктеме коэффициентінің өзін-өзі ақтау уақытына байланысты (айлық есеппен) алғандағы сипаттамасы**

## 4 Электрқауіпсіздік

### 4.1 Электр қауіпсіздігі шаралары

Электр тогының зақымдануынан қорғау үшін корпусқа тұйықталу кезінде электр қауіпсіздігінің қорғаныс шаралары деп аталатын шаралар қолданылады, жерге тұйықтау, нөлдеу, потенциалдарды теңестіру, аз кернеу, оқшаулау, қорғаныс ажыратқыш, бөлгіш трансформаторлар, қоршаулар. Қауіпсіздікті жақсарту мақсатында жеке қорғаныс құралдары мен құрылғылар да қызмет етеді. Жабдықты баптау, пайдалану немесе жөндеу кезінде қандай да бір қорғаныс құралдарын қолдану қауіпсіздік техникасы ережелерімен және арнайы нұсқаулықтармен белгіленеді.

Жерге қосу-электр қабылдағыштардың барлық металл корпустарын және қауіпті кернеудегі оқшаулаудың зақымдануы салдарынан болуы мүмкін басқа да металл құрылымдарды жерге қосатын негізгі қорғаныс шараларының бірі. Қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін жеткілікті аз кедергісі бар жермен қосылу жарамды (адам денесінің кедергісінен көп есе аз). Бұл жағдайда ток жерге тұйықталу тогының негізгі бөлігі жер арқылы өтеді, ал адамның денесі арқылы өтетін ток аз болады және жерге тұйықталу корпусына жанасу қауіпі пайда болмайды. Электр қондырғыларының жерге тұйықталған бөліктерін жерге тұйықтағыштар мен жерге тұйықтағыш өткізгіштердің көмегімен жерге қосады. Нөлдеу жерге тұйықталған бейтарабы бар қондырғыларда қолданылады. Бұл ретте барлық металл корпусстар мен конструкциялар электрді нөлдік сым немесе арнайы қорғаныс өткізгіш арқылы трансформатордың

Жерге тұйықталған бейтарабына байланыстырады (үш фазалы қозғалтқышты қорғау кезінде — төртінші, бір фазалы қабылдағышты қорғау кезінде — үшінші), осының арқасында корпусқа кез келген тұйықталу қысқа тұйықталуға айналады және апаттық учаскеге сақтандырғышпен немесе автоматты ажыратқышпен ажыратылады.

Нөлдеу авариялық учаскедегі қысқа тұйықталу тогы жақын сақтандырғыштың балқытпа ендімесін балқытуға немесе жақын автоматты ажыратқышты ажыратуға жеткілікті болатындай етіп орындалуы тиіс.

Шартты түрде "фаза—нөл тізбегінің кедергісі" деп аталатын нөлденуі бар желідегі тұйықталу тізбегінің кедергісі қысқа тұйықталудың жеткілікті тогын жасау үшін соншалықты аз болуы тиіс. Қорғаныстық ажырату корпусқа немесе тікелей жерге тұйықталу кезінде, сондай-ақ кернеудегі бөліктерге жанасу жағдайында апаттық учаскенің немесе желінің тез әрекет ететін (әрекет ету уақыты 0,05 с және одан кем) ажыратылу жолымен қауіпсіздікті қамтамасыз етеді. Жоғары сезімталдықтың арқасында (көптеген қорғаныш ажыратқыштарының 5-30 мА іске қосылу тогы бар) қорғаныстық ажырату құрылғылары оқшаулама кедергісін төмендетуге де әсер етеді, егер ағу токтарының іске қосылу тогына жеткенде, яғни бір мезгілде оқшаулауды

бақылауды жүзеге асырады және сол арқылы өрттің туындауын болдырмайды.

#### **4.2 Трансформаторларды пайдалану кезіндегі қауіпсіздік шаралары**

1) Трансформаторларды пайдалану және сынау кезінде олардың бактары жерге қосылуы тиіс.

2) Трансформатор жұмысы кезінде бактың қақпағында болуға және құрал-саймандар мен басқа да заттарды бактың қақпағына көтеруге тыйым салынады.

3) Зақымданудың айқын белгілері бар кернеудегі трансформаторға жақындауға тыйым салынады: бөгде шу, оқшаулағыштардағы разрядтар, майдың қатты (ағысы) ағуы және т. б.

4) Кернеудегі трансформатордың РПН құрылғысының тұтқасымен ауыстырып – қосуға тыйым салынады.

5) Жұмыс істеп тұрған трансформаторда кіріктірілген ток трансформаторларының екінші орамдарының қысқыштары қысқыштар шкафындағы арнайы маңдайшалардың көмегімен немесе екінші реттік қорғаныс тізбектерінің, электр Автоматиканың және өлшеулердің жалғауларымен тұйықталуы тиіс.

6) Трансформатор багының ішінде монтаждау немесе жөндеу жұмыстарын орындау үшін трансформатор багын құрғақ таза ауамен үрлеу және жоғарғы және төменгі люктерді ашумен табиғи желдетуді қамтамасыз ету қажет. Жұмыстарды орындау барысында трансформатор багының ішіндегі адамдарды үздіксіз бақылауды жүзеге асыру қажет.

7) Трансформаторды маймен толтыру кезінде немесе май құю кезінде трансформатор багы және оның орамдарының шықпалары электростатикалық разрядтардың пайда болуын болдырмау үшін жерге тұйықталуы тиіс.

8) Трансформаторлық майдың теріге тиюінен және ұзақ әсер етуінен аулақ болу керек.

#### **4.3 Жұмысты орындау кезіндегі қауіпсіздік талаптары**

- Ашық трансформаторлық қосалқы станцияларда Тұманда, жел б балдан (12 м/с) жоғары болғанда, найзағай кезінде трансформаторларды монтаждау жұмыстарын орындауға тыйым салынады.

- Трансформаторда қоршалған таяныштармен, алаңшалары бар ормандар, тұғырықтар немесе басқыштармен жұмыс істеу керек.

- Трансформаторды ауыстыруды тоқтату кезінде тіреуіштердің (сыналардың) астына қою керек.

- Қол саусақтарын көтерілген трансформатор мен іргетасы (тірек) арасына оны нивелирлеу кезінде қоюға тыйым салынады.

-Трансформаторда немесе оның бөліктерінде оларды ауыстыру кезінде кез келген жұмыстарды орындауға және тұруға тыйым салынады.

-Трансформатордың көтерілген қақпағының астында жұмыс істеуге трансформатор қақпағы мен бағының арасында трансформатордың белсенді бөлігін сенімді ұстап тұратын сақтандырғыш төсемдер орнатылған жағдайда ғана рұқсат етіледі.

-Трансформатордың белсенді бөлігін ыстық маймен брезент костюмде, кеудешесі бар клеенкалы алжапқышта, былғары бәтеңкелер мен аралас қолғаптарда жуу керек.

-Трансформатордың бағын ішінен қараған кезде киімнің қалтасында ешқандай заттар болмауы тиіс.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмысымда мен Алматы қаласындағы АҚ «АЖК» компаниясының қосалқы станцияларындағы трансформаторларының энергияны тиімділігін пайдалануы қарастырылды. Трансформаторлардың шағын шолу жасалынды. Бұл жұмысымда трансформаторлардың активті, реактивті қуат шығындары, энергия шығындары есептелінді.

Қазіргі таңда қосалқы станциялардағы ең өзекті мәселелерінің бірі трансформаторлардың жеткілікті жүктелмеуі болып есептеледі. Қуаттары әр түрлі 5 трансформатор таңдадым. Олардың әрқайсысының жүктеме коэффициентін 100% - ға дейін жеткізе отырып, шығындарын есептедім. Және де трансформатор 5 % - ға жүктелген болса да, 75 % - ға жүктелсе де оның ішіндегі шығын бірдей болады. Сондықтан трансформаторларды ұзақ әрі тиімді жұмыс жасауы үшін жеткілікті түрде жүктеу керек деген пікірге тоқталамыз.

Техникалық – экономикалық бөлімде трансформаторлардың өзін – өзі қанша жылда, айда ақтайтынына есептеулер жүргіздім.

Қауіпсіздік бөлімінде трансформаторды пайдалану, жұмыс жасауы кезіндегі, авариялық түрде болған кездегі қауіпсіздік шаралары жайында жазылды.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Быстрицкий, Г.Ф., Кудрин, Б.И. Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов/Г.Ф. Быстрицкий, Б.И. Кудрин.- М.: Техическая литератра, 2003.- 176с.

2 Щеховцов, В.П., Электрическое и электромеханическое оборудование/В.П. Шеховцов.- М.: Издательство «Профессиональное образование», 2004.- 407с.

3 Сидоров И.Н., Скорняков С.В. Трансформаторы бытовой радиоэлектронной аппаратуры, Москва Радио и связь, 1994.198с.

4 <https://cyberleninka.ru/article/v/sposoby-povysheniya-energoeffektivnosti-silovyh-transformatorov>

5 <https://marketelectro.ru/content/tendencii-i-razvitiye-rynka-silovyh-transformatorov>

6 <http://www.norma-stab.ru/blog/chto-takoe-energoeffektivnyj-transformator/>

7 <http://www.uem.ru/portfolio/item/7/>

8 <https://azhk.kz/ru/>

9 <https://www.kegoc.kz/ru>

10 <https://www.elec.ru/library/directin/pue.html>

11 <https://kcs0.kz/wp-content/.pdf>