

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес  
акционерлік қоғамы

Ә. Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

Сәрсенбай Мәди Назаралыұлы

Тақырыбы «Аккумуляторлық зауыттың электрмен жабдықтау жүйесін бағалау»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B07101-«Энергетика» мамандығы

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә. Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ  
ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Кафедра меңгерушісі  
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»  
Институт энергетики  
и машиностроения  
ФНД, қауымдастырылған профессор  
Е.А. Сарсенбаев  
«12» 06 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Аккумуляторлық зауыттың электрмен жабдықтау жүйесін бағалау»

6B07101-«Энергетика» мамандығы

Орындаған

Сәрсенбай Мадина Назаралыұлы

Пікір беруші

«Мухаметжан Тынышбаев атындағы  
АЛТ Университеті» АҚ

PhD, Энергетика кафедрасының ассистент-  
профессоры Ж.Ж.Калиев

(қолы)  
«09» 06 2025 ж.

Ғылыми жетекші  
профессор

А.Б. Бекбаев

(қолы)

«12» 06 2025 ж.

Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

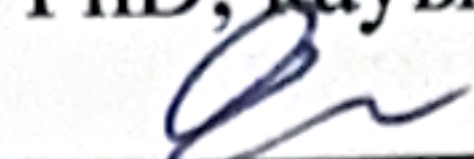
«Энергетика» кафедрасы

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

**«БЕКІТЕМІН»**

Кафедра меңгерушісі

PhD, қауымдастырылған профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«30» 01 2025 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Студент Сарсенбай Мади Назаралыұлы

Тақырыбы: «Аккумуляторлық зауыттың электрмен жабдықтау жүйесін бағалау»

Университеттің Ғылыми кеңесі бекіткен. №8 «18» қараша 2024 ж.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «19» мамыр 2025 ж.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер тізімі:

а) «Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауытының сипаттамасы;

б) «Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауытында орнатылған негізгі қондырғылардың тиімділігі мен сенімділігі;

в) «Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауытының дамуына мүмкіндіктер;

Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1 Шевченко, В. М. Электр жабдықтарының сенімділігі мен қауіпсіздігі. – Алматы: «Энергетика», 2016.

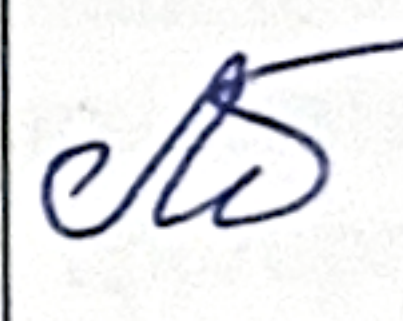
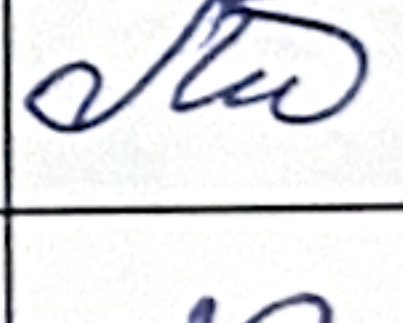
2 Қасымов, С. С. Энергетикалық жүйелер мен электрмен жабдықтау. – Астана: «Қазақ университеті», 2020.

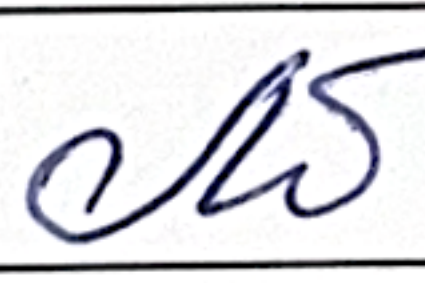
3 Галкин, В. В. Электр станциялары мен жабдықтары. – Санкт-Петербург: «Энергия», 2015.

Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

| Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі                                                     | Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері | Ескерту |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------|
| «Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауытының сипаттамасы                                                  | 10.02.2025 ж.                                      | жоқ     |
| «Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауытында орнатылған негізгі қондырғылардың тиімділігі мен сенімділігі | 24.03.2025 ж.                                      | жоқ     |
| «Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауытының дамуына мүмкіндіктер                                         | 14.04.2025 ж.                                      | жоқ     |

Аяқталған жұмысқа қойылған  
кеңесшілер мен норма бақылаушының  
қолтаңбалары

| Бөлім атауы                                                                                         | Ғылыми жетекші, кеңесшілер             | Қол қойылған күні | Қолы                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| «Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауытының сипаттамасы                                                  | Бекбаев А.Б. профессор                 | 12.06.25          |  |
| «Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауытында орнатылған негізгі қондырғылардың тиімділігі мен сенімділігі | Бекбаев А.Б. профессор                 | 12.06.25          |  |
| «Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауытының дамуына мүмкіндіктер                                         | Бекбаев А.Б. профессор                 | 12.06.25          |  |
| Норма бақылау                                                                                       | Ә. О. Бердібеков, магистр, аға оқытушы | 09.06.2025        |  |

Жоба жетекші  /А.Б. Бекбаев /  
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған студент  / М.Н. Сәрсенбай /  
(қолы)

Күні « 12 » 06 2025

## **АҢДАТПА**

Бұл дипломдық жұмыста Алматы облысы, Талдықорған қаласында орналасқан «Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауытының электрмен жабдықтау жүйесі зерттеледі. Жұмыстың негізгі мақсаты – зауыттың электр жүктемесін есептеп, сенімді, қауіпсіз және энергия үнемдейтін электрмен жабдықтау жүйесін жобалау. Жүктеме сипаттамаларына сәйкес трансформаторлар мен кабельдер таңдалып, қорғаныш құрылғылары мен резервтік қуат көздері қарастырылды. Сонымен қатар, электр энергиясын тұтынудың тиімділігі мен үнемдеу шараларының экономикалық тиімділігі талданды. Жүйенің сенімділігі мен апаттық жағдайларға төзімділігіне ерекше назар аударылды.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной дипломной работе исследуется система электроснабжения аккумуляторного завода ТОО «Кайнар-АКБ», расположенного в городе Талдыкорган Алматинской области. Целью работы является расчет электрических нагрузок и проектирование надежной, безопасной и энергоэффективной системы электроснабжения предприятия. В соответствии с характеристиками нагрузки были выбраны трансформаторы, кабели и защитные устройства, рассмотрены источники резервного питания. Также выполнен экономический анализ энергоэффективности и мероприятий по энергосбережению. Особое внимание уделено надежности системы и устойчивости к аварийным ситуациям

## **ANNOTATION**

This thesis investigates the power supply system of the “Kainar-ACB” battery plant located in Taldykorgan, Almaty region. The main objective is to calculate the electrical loads and design a reliable, safe, and energy-efficient power supply system. Based on load characteristics, appropriate transformers, cables, and protection devices were selected, and backup power sources were considered. The study also includes an economic analysis of energy consumption and efficiency improvement measures. Special attention is given to system reliability and resilience against emergency situations.

## МАЗМҰНЫ

|       |                                                                 |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------|----|
|       | Кіріспе                                                         | 7  |
| 1     | Зауыт туралы жалпы мәлімет                                      | 8  |
| 1.1   | Жалпы зауытқа шолу және технологиялық процесс                   | 8  |
| 1.2   | Зауыттың электрмен жабдықтау жүйесі                             | 10 |
| 1.3   | Аккумулятор зауытының есептік және жарықтану жүктемесін есептеу | 13 |
| 1.4   | Басты төмендеткіш қосалқы станцияның орналасуын анықтау         | 19 |
| 1.5   | ГПП трансформаторларының саны мен қуатын таңдау                 | 21 |
| 1.5.1 | ГПП өткізгіш кабельді таңдау                                    | 23 |
| 1.5.2 | ГПП үшін сақтандырғышты таңдау                                  | 25 |
| 1.5.3 | ГПП үшін айырғышты таңдау                                       | 25 |
| 1.5.4 | ГПП 0,4 кВ үшін ажыратқыштарды таңдау                           | 27 |
| 2     | Жүйенің техникалық күйі мен тиімділігі                          | 32 |
| 2.1   | Жүктеме анализі                                                 | 32 |
| 2.2   | Электрмен жабдықтау сенімділігіне баға беру                     | 35 |
| 2.3   | Резервті қорек көздерін есептеу                                 | 37 |
| 2.4   | Трансформатордың техникалық жағдайына талдау                    | 40 |
| 3     | Энергия үнемдеу және экономикалық талдау                        | 43 |
| 3.1   | Қуат үнемдеу технологияларын енгізу мүмкіндіктері               | 43 |
| 3.2   | Жиілік түрлендіргіштер                                          | 47 |
| 3.3   | Жарықтандыру жүйелері және автоматты түрде бақылау              | 48 |
| 3.4   | Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану                         | 50 |
|       | Қорытынды                                                       | 52 |
|       | Пайдаланылған әдебиеттер тізімі                                 | 54 |

## КІРІСПЕ

Қазақстандағы ірі аккумулятор зауыттарының бірі – «Қайнар-АКБ» ЖШС. Бұл кәсіпорын түрлі типтегі аккумуляторларды жасап шығарады және ішкі нарықпен қатар шет елдерге де өнім экспорттайды. Зауыттың өндірістік қуаты жылына миллиондаған аккумулятор шығаруға бағытталған, сондықтан электрмен жабдықтау жүйесінің сенімділігі мен тиімділігі – басты мәселелердің бірі болып табылады.

*Жұмыстың мақсаты:* Зауыттың электр энергиясын тарату мен тұтыну жүйелерін жобалау, есептеу және талдау. Жұмыс барысында жүктеме сипаттамаларына сәйкес электрмен жабдықтау жүйесінің сұлбасы жасалып, негізгі техникалық есептеулер жүргізіледі. Сондай-ақ қауіпсіздік, энергия тиімділігі мен экономикалық тиімділік тұрғысынан талдау жасалады.

*Зерттеудің негізгі міндеттері:*

- Зауыттың негізгі электр жүктемесін анықтау;
- Сенімді электрмен жабдықтау сұлбасын таңдау;
- Трансформатор типі мен қуатын анықтау;
- Энергия үнемдеу мен тиімділік бойынша ұсыныстар енгізу

## **1 Зауыт туралы жалпы мәлімет**

### **1.1 Жалпы зауытқа шолу және технологиялық процесс**

«Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауыты Қазақстандағы аккумулятор өндірісінің ірі және жетекші кәсіпорындарының бірі болып табылады. Зауыттың өнімдері тек ішкі нарыққа ғана емес, сонымен қатар ТМД елдеріне де экспортталады, бұл кәсіпорынның өндірістік қуатын және сенімділігін көрсетеді. Зауытта күніне мыңдаған аккумуляторлар шығарылады, бұл жоғары қуатты тұтынуды талап ететін өндірістік процесстерді қажет етеді.

Зауыт Алматы облысының Талдықорған қаласында орналасқан. Бұл кәсіпорын 1975 жылы өз жұмысын бастаған және аккумулятор шығару саласында көптеген жетістіктерге жеткен. Зауытта жеңіл және жүк автокөліктеріне, локомотивтерге, ауыл шаруашылығы техникаларына арналған аккумуляторлар мен батареялар шығарылады. Өндірістік процесс жоғары технологиялармен жабдықталған, бұл зауытқа жоғары сапалы өнімдер шығаруға мүмкіндік береді.

Зауыттың өндірістік циклін толық жүзеге асыру үшін қажетті барлық құрылғылар мен жабдықтар өзінде өндіріліп, дайын өнімнің сапасына кепілдік беріледі. Құрамдас бөлшектерден бастап, дайын аккумуляторды жинақтау мен қаптауға дейінгі барлық кезеңдер қатаң бақылауда болады. Өндірістің барлық процесі ISO 9001–2001 және TS 16949–2001 халықаралық сапа менеджменті стандарттарына сәйкес жүзеге асырылады, бұл өнімдердің сапасы мен сенімділігін қамтамасыз етеді.

Зауытта шығарылған өнімдердің ішкі нарықтағы үлесі үлкен болса да, оның 60%-дан астамы экспортқа шығарылады. Өндіріс көлемі жыл сайын артып, өз өнімдерін Еуропа мен ТМД нарықтарына ұсынудағы табысқа жетуде. Бұл өнімнің халықаралық сапа стандарттарына сәйкестігін, тиімділігін және нарыққа бейімделуін көрсетеді. Сонымен қатар, зауыт қорғасын мен пластмассаны экологиялық таза әдістермен қайта өңдеу жүйесін енгізген, бұл қоршаған ортаға зиян келтірмеуге және қалдықтарды тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

Зауыттың құрылымына бірнеше өндірістік және көмекші бөлімдер кіреді. Оның ішінде негізгі өндірістік цехтар, қоймалар, зертхана, әкімшілік-тұрмыстық корпус, қосалқы инженерлік инфрақұрылымдар бар. Зауыттың өнімдері сапа бақылауының барлық кезеңдерінен өтеді, сондықтан дайын өнім тек жоғары сапа көрсеткіштеріне ие болады.

Өндірістік процесстердің кезеңдері:

1) Қорғасын қорытпасы мен пластиналарды құю. Бұл процесс зауыттың ең қуат тұтынатын кезеңдерінің бірі болып табылады. Қорғасын арнайы электр пештерінде қорытылып, аккумулятор пластиналарына арналған қалыптарға құйылады. Қорғасын балқытудың жоғары температурада жүруі электр энергиясының көп шығынын талап етеді. Бұл кезеңде қажетті жоғары қуаттар үзіліссіз берілуі тиіс.

2) Пластиналарды қалыптау және кептіру. Құйылған пластиналар химиялық ерітінділермен өңделіп, арнайы камераларда кептіріледі. Бұл кезеңде пластиналар қаттырақ болып, ұзақ қызмет ету мерзімін қамтамасыз ететін механикалық қасиеттерге ие болады. Қуат тұтыну деңгейі жоғары емес болғанымен, тұрақты электр энергиясының жеткізілуі маңызды, себебі осы сәтте пластиналардың сапасы анықталады.

3) Жинақтау және дәнекерлеу. Бұл кезеңде аккумулятордың негізгі элементтері, яғни теріс және оң пластиналар, араларына сепараторлар орналастырылады және арнайы дәнекерлеу аппараты арқылы біріктіріледі. Бұл кезеңде жоғары дәлдік пен тұрақты электр қуаты қажет, себебі барлық қосылулар сапалы және сенімді болуы тиіс.

4) Электролитпен толтыру және алғашқы заряд. Аккумуляторлар күкірт қышқылы ерітіндісімен толтырылып, арнайы зарядтау құрылғыларында алғашқы зарядтаудан өтеді. Бұл кезеңде электр энергиясын көп тұтыну қажет, себебі зарядтау процесі үлкен токтарды талап етеді. Жоғары ток күштері аккумуляторлардың жұмысын қамтамасыз ету үшін пайдаланылады, осы кезеңде электр тұтынудың ең жоғары деңгейі байқалады.

5) Сынақ және сапаны бақылау. Әрбір дайын аккумулятор арнайы сынақ стендтерінде тексеріліп, оның техникалық сипаттамалары (кернеу, ток беру мүмкіндігі, ішкі қарсылық) өлшенеді. Бұл кезеңде сапасыз өнімдер өндірістен шығарылады, ал жақсы өнімдер арнайы таңбалау мен қаптаманы алып, қоймаларға жөнелтіледі.

6) Қаптама және қоймаға өткізу. Сапалы өнімдер арнайы қаптамаға салынып, қоймаға жіберіледі. Бұл кезеңде аккумуляторлардың сыртқы түрі мен қауіпсіздігі тексеріліп, қапталады.

7) Зауыттың барлық өндірістік кезеңдерінде үздіксіз электрмен жабдықтау өте маңызды. Қорғасын құю пештері мен зарядтау қондырғылары сияқты қуатты тұтынатын жабдықтар үшін электр энергиясы үзіліссіз және тұрақты түрде берілуі қажет. Осыған байланысты электрмен жабдықтау жүйесіне қойылатын талаптар да өте жоғары болады: сенімділік, резервтік қорек көздері, апаттық өшулерден қорғау және энергияның тиімді таралуы.

8) Зауыттың электрмен жабдықтау жүйесі 10/0,4 кВ трансформаторлық қосалқы станциясымен жүзеге асырылады. Электр энергиясы сыртқы 10 кВ желісі арқылы келеді, ал ішкі тұтынушыларға бұл қуат 0,4 кВ кернеумен таратылады. Трансформаторлық қосалқы станцияның қуаты зауыттың барлық өндірістік және көмекші құрылымдарын толықтай қамтамасыз етеді, ал резервтік қорек көздері мен апаттық өшулерден қорғау жүйесі электр энергиясының үздіксіз және тұрақты жеткізілуін қамтамасыз етеді.

9) Зауыттағы электрмен жабдықтау жүйесі заманауи техникалық шешімдермен жабдықталған, бұл оның сенімділігін, қауіпсіздігін және тиімділігін арттырады. Бұл жүйе электр энергиясының үздіксіз жеткізілуін қамтамасыз етіп, өндірістің барлық кезеңдерінде жоғары сапалы аккумуляторлар шығаруға мүмкіндік береді (1 - сурет).



1 - сурет – Зауыттың ішкі көрінісі

## 1.2 Зауыттың электрмен жабдықтау жүйесі

Зауыттың электрмен жабдықтау жүйесі заманауи және сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін бірнеше маңызды құрамдас бөліктен тұрады. Бұл жүйенің әрбір элементі зауыттың үздіксіз жұмысын қамтамасыз етуге бағытталған.

Негізгі қорек көзі: зауыттың негізгі қорек көзі ретінде қалалық 35/10 кВ қосалқы станциядан электр қуаты беріледі. Бұл қосалқы станция Талдықорғаны қаласының электр желісіне қосылған және оның қуаты зауыттың барлық өндірістік және көмекші құрылғыларын жабдықтауға жеткілікті. Қосалқы станциядан алынған электр қуаты 0,4 кВ деңгейіне дейін төмендетіліп, зауыттың ішкі жүйелеріне таратылады.

Резервті қорек көзі: негізгі қорек көзіне қосымша ретінде зауытта дизель генераторы орнатылған. Бұл генератор резервті қорек көзі ретінде қызмет етеді және кез келген авариялық жағдайларда немесе қуат өшкен кезде электр қуатын қамтамасыз етеді. Дизель генераторының қуаттылығы зауыттың барлық қажеттіліктерін жабуға мүмкіндік береді және олардың жұмысын үздіксіз қадағалап отыру арқылы электр энергиясының үздіксіздігі сақталады.

Трансформаторлар: зауыттың электрмен жабдықтау жүйесінде 2 дана ТМ-1000/10/0,4 кВ трансформаторы орнатылған. Бұл трансформаторлар 10 кВ кернеуін 0,4 кВ-қа дейін төмендетеді, осылайша зауыттың негізгі тұтынушыларына қажетті қуатты жеткізеді. Трансформаторлардың қуаты және сенімділігі жүйенің жұмысын қамтамасыз етудің маңызды бөлігі болып табылады (2 - сурет).

Тарату жүйесі: зауыттағы тарату жүйесі электр қуатын барлық өндірістік цехтарға, қоймаларға, зертханаларға және басқа да нысандарға таратады, олардың әрқайсысы белгілі бір өндірістік бөлімшеге қажетті қуатты қамтамасыз етеді. Бұл жүйе қажеттіліктерді өтеу үшін икемді және тиімді, әрі тоқтаусыз жұмыс істеуді қамтамасыз етеді.

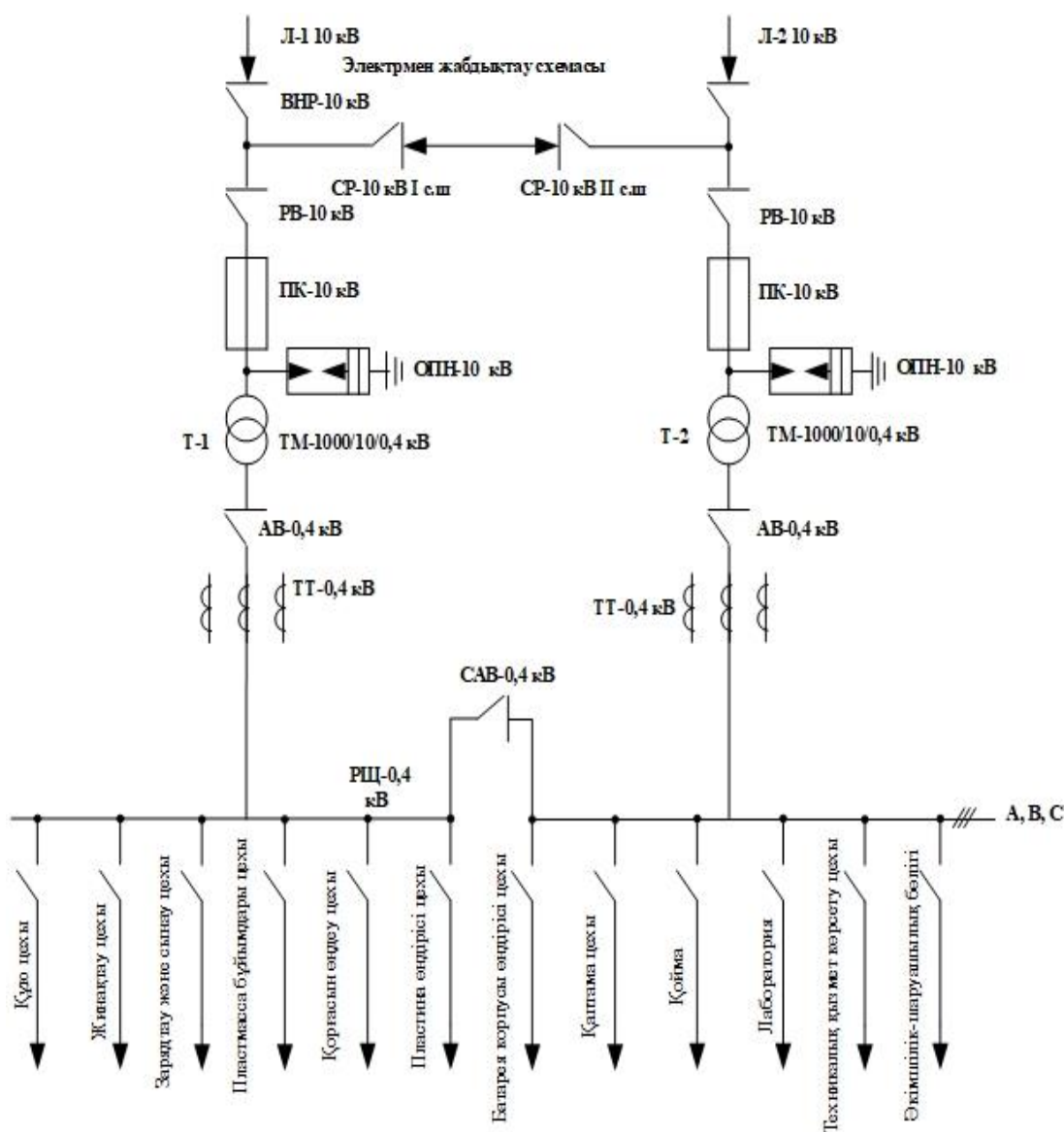
Зауыттың барлық негізгі өндірістік бөлімдеріндегі жабдықтардың саны мен орнатылған қуаттары көрсетілген (1 кесте). Кестедегі деректер зауыттың жалпы электрлік жүктемелерін есептеу үшін қолданылуы мүмкін.

1 - кесте - Зауыттың өндірістік және әкімшілік цехтары

| Цех/Бөлім<br>атауы           | Жабдық<br>атауы                    | ЭҚ<br>саны,<br>п | Орнатылған<br>қуат, кВт |                  |
|------------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                              |                                    |                  | P <sub>н</sub>          | Σ P <sub>н</sub> |
| Құю цехы                     | Қорғасын<br>балқыту пеші           | 2                | 60                      | 120              |
|                              | Құю<br>машиналары                  | 4                | 15                      | 60               |
|                              | Механикалық<br>өңдеу станоктар     | 5                | 5                       | 25               |
|                              | Шаңсорғыш<br>жүйелері              | 2                | 10                      | 20               |
| Жинақтау<br>цехы             | Жинақтау<br>желілері               | 6                | 7                       | 42               |
|                              | Пісіру<br>жабдықтары               | 4                | 10                      | 40               |
|                              | Пресс<br>жабдықтары                | 3                | 8                       | 24               |
|                              | Вентиляция<br>жүйелері             | 2                | 8                       | 16               |
| Зарядтау<br>және сынау цехы  | Зарядтау<br>стендтері              | 10               | 3                       | 30               |
|                              | Сынау<br>құрылғылары               | 5                | 2                       | 10               |
| Пластмасса<br>бұйымдары цехы | Қалыптау<br>машиналары             | 3                | 12                      | 36               |
|                              | Шикізат<br>дайындау<br>құрылғылары | 2                | 8                       | 16               |
| Қорғасын<br>өңдеу цехы       | Қорғасын<br>ұсақтау станогы        | 2                | 15                      | 30               |
|                              | Бөлшектеу<br>құрылғылары           | 2                | 10                      | 20               |

1 - кесте - жалғасы

| Цех/Бөлім<br>атауы                  | Жабдық атауы               | ЭҚ<br>саны,<br>п | Орнатылған<br>қуат, кВт |                  |
|-------------------------------------|----------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                                     |                            |                  | P <sub>н</sub>          | Σ P <sub>н</sub> |
| Пластина<br>өндірісі цехы           | Пресс<br>жабдықтары        | 4                | 10                      | 40               |
|                                     | Кесу<br>құрылғылары        | 3                | 7                       | 21               |
| Батарея<br>корпусы өндірісі<br>цехы | Қалыптау<br>құрылғылары    | 2                | 9                       | 18               |
|                                     | Кесу<br>құрылғылары        | 2                | 6                       | 12               |
| Қаптама<br>цехы                     | Қаптама<br>желісі          | 2                | 8                       | 16               |
| Лаборатория                         | Анализаторлар              | 4                | 2                       | 8                |
| Қойма                               | Жүк көтергіш<br>крандар    | 3                | 5                       | 15               |
|                                     | Вентиляция<br>жүйелері     | 1                | 6                       | 6                |
| Техникалық<br>қызмет көрсету        | Жөндеу<br>жабдықтары       | 3                | 8                       | 24               |
|                                     | Дәнекерлеу<br>құрылғылары  | 2                | 6                       | 12               |
| Әкімшілік<br>бөлігі                 | Офис<br>техникасы. желдету |                  |                         | 20               |
| Барлығы                             |                            | 78               | 240                     | 681              |



2 - сурет - Зауыттың электрмен жабдықтау жүйесі

### 1.3 Аккумулятор зауытының есептік және жарықтану жүктемесін есептеу

Электрмен жабдықтау жүйесін жобалаудың бірінші кезеңі — электр жүктемелерін анықтау болып табылады. Электр жүктемелерінің мәніне қарай электрмен жабдықтау жүйесінің электр жабдықтары таңдалып, тексеріледі, қуат пен электр энергиясының шығындары есептеледі. Күтілетін жүктемелерді дұрыс бағалау — электрмен жабдықтау жүйесіне жұмсалатын капиталды шығындар, пайдалану шығындары және электр жабдықтарының жұмыс сенімділігіне тікелей әсер етеді.

Есептеу орнатылған қуат пен сұраныс коэффициенті бойынша жүргізіледі. Осы әдіс бойынша есептік жүктемелерді анықтау үшін электр қабылдағыштар тобының орнатылған қуатын, осы топтың қуат және сұраныс коэффициенттерін

білу қажет, олар анықтама материалдары бойынша анықталады. Бірдей жұмыс режиміндегі қабылдағыштар үшін есептік жүктеме келесі формулалар арқылы анықталады:

Активті есептік жүктеме, кВт

$$P_p = K_c \cdot P_{ном} \quad 1)$$

мұнда  $K_c$  – сұраныс коэффициенті;

$P_{ном}$  – Цехтың электр қабылдағыштарының жалпы номиналдық қуаты, кВт.

Реактивті есептік жүктеме, кВар

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad 2)$$

мұнда  $\operatorname{tg} \varphi$  – реактивті қуат коэффициенті, ол электр қабылдағыштар тобының  $\cos$  мәніне сәйкес келеді.

Қуат коэффициентінің тангенсі:

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1} \quad 3)$$

мұнда  $\cos \varphi$  – қуат коэффициенті.

Зауыттың электрмен жабдықтау жүйесі 10/0,4 кВ трансформаторлық подстанция арқылы жүзеге асырылады және екі 1000 кВА қуат трансформаторын пайдалану арқылы зауыттың энергетикалық қажеттіліктерін толықтай қамтамасыз етеді. Жүйе өндірістік процестердің үздіксіз жұмысын. энергияның үнемді пайдаланылуын және экологиялық талаптарға сәйкестікті қамтамасыз етеді.

Зауыттың өндірістік және әкімшілік цехтары бойынша электр жүктемелері туралы мәліметтер төменде келтірілген . Әрбір цехтағы негізгі электр жабдықтарының белгіленген қуаттары ескеріліп, жалпы электр жүктемесі есептелді. Бұл мәліметтер зауыттың электрмен жабдықтау жүйесін жобалау және жүктемені дұрыс бөлу үшін негіз ретінде алынды.

Электр жарығының есептік жүктемесі келесі формула бойынша анықталады, кВт

$$P_{p.o} = P_{н.o} \cdot K_{c.o} \quad 4)$$

мұнда  $K_c$  – жарықтандыру құрылғысына сұраныс коэффициенті (цехтарда

әрдайым барлық шамдар 100% бір уақытта жанбайды, сондықтан

$K_c = 0,8$  сияқты мән қабылданады);

$P_{н.о}$  – жарықтандыру жүктемесінің жалпы номиналдық қуаты, кВт.

Жарықтандыру жүктемесінің жалпы номиналдық қуаты келесі формула бойынша анықталады:

$$P_{н.о} = F \cdot \rho_o \quad 5)$$

мұнда  $F$  – цехтың жалпы ауданы (3 - сурет), м<sup>2</sup>;

$\rho_o$  – меншікті жарықтану жүктемесі ғимараттың өндірістік алаңының 1 м<sup>2</sup> жеріне қажет жарықтандыру жүктемесін ескере отырып есептеледі, кВт/м<sup>2</sup>;

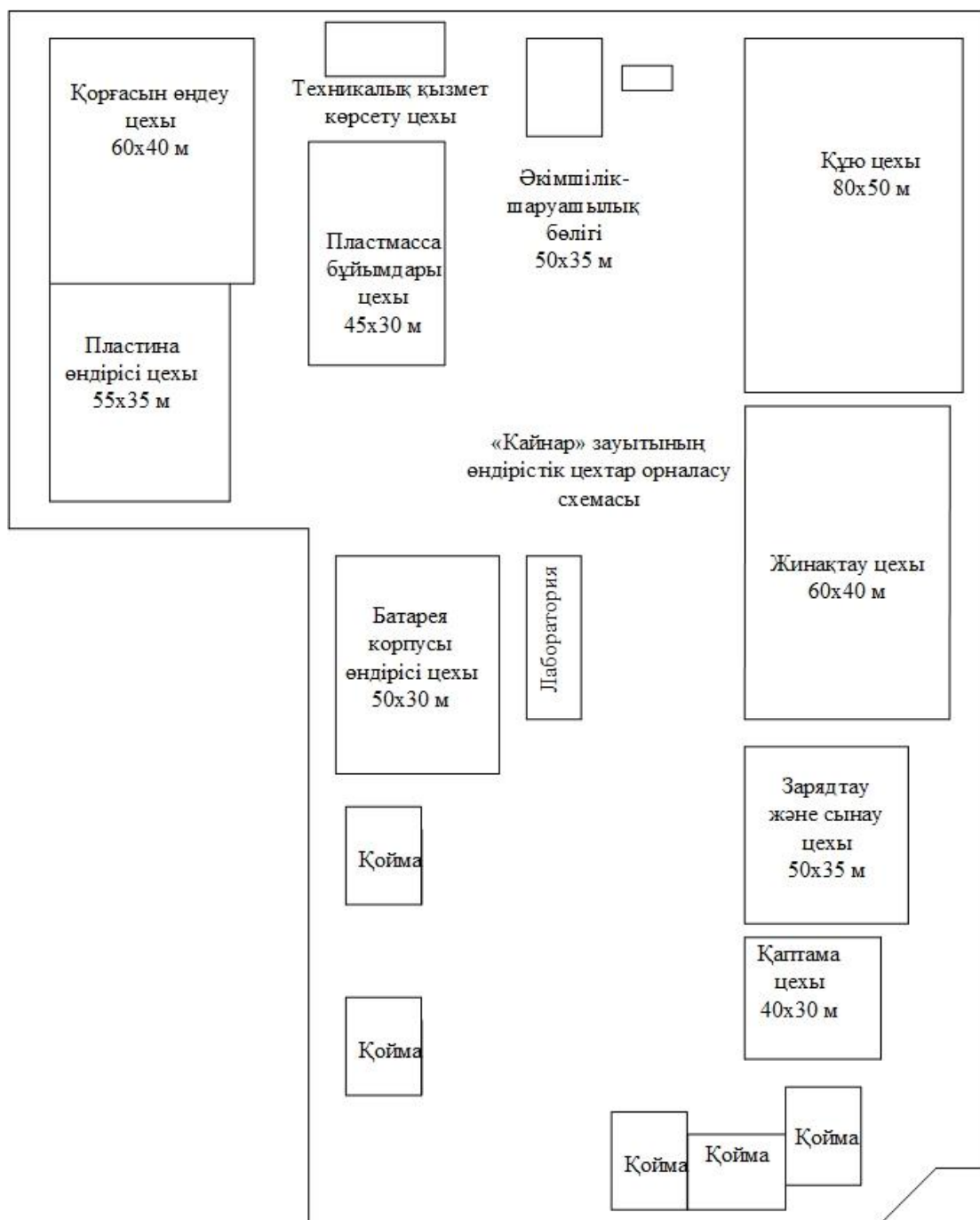
Меншікті жарықтану жүктемесі ( $\rho_o$ ) өндірістік және қоғамдық ғимараттардың жарықтандыру талаптарына сәйкес анықталады. Бұл мәндер нақты ғимараттың мақсатына және жарықтандыру стандарттарына байланысты әртүрлі болады. Мысалы. өндірістік цехтар мен өндірістік алаңдар үшін меншікті жарықтану жүктемесі әдетте 0,01 кВт/м<sup>2</sup> мен 0,02 кВт/м<sup>2</sup> аралығында белгіленеді, ал әкімшілік және қоғамдық ғимараттар үшін бұл мәндер жоғарырақ болуы мүмкін.

Жарықтандыру жүктемесінің нақты мәндері салалық стандарттарға, құрылыс ережелеріне және өндірістік қажеттіліктерге негізделгендіктен. олар әртүрлі болуы мүмкін. Жарықтандыру жүктемесінің әрбір типі мен оның есептелуі цехтың немесе ғимараттың ерекшеліктеріне, өндірістік процестеріне және қауіпсіздік талаптарына байланысты анықталады.

Цехтың толық есептік жүктемесі электр энергиясының барлық түрлерін (активті және реактивті қуат) ескере отырып анықталады. Бұл көрсеткіш цехтағы барлық электр жабдықтарының қажетті қуат мөлшерін көрсетеді, оның ішінде жарықтандыру, қозғалтқыштар, құрал-жабдықтар және басқа да электр қабылдағыштар есепке алынады.

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o}^2) + Q_p^2} \quad 6)$$

Цехтар бойынша қуатты жабдықтың жалпы орнатылған қуаты бастапқы деректерде келтірілді. Коэффициенттер ( $\cos$ ,  $K_c$ ,  $K_{c.o}$ ) технологиялық процесс пен цехтардың жұмыс режиміне байланысты анықтама кестелері бойынша таңдалады (2, 3 кесте). [1] .



3 - сурет – Зауыттың өндірістік цехтарының орналасу схемасы

2 – кесте - Зауыттың өндірістік және әкімшілік цехтарының жарықтық жүктемесі

| Өнеркәсіп<br>цехтарының атауы     | Ғимарат<br>өлшемдері,<br>м | Ауданы,<br>м <sup>2</sup> | Меншікті<br>жарықтану<br>жүктемесі,<br>$\rho_0$ , кВт/м <sup>2</sup> | Сұраныс<br>коэф, $K_{c.o}$ | Жарықтанудың<br>орнатылған<br>қуаты $P_{н.о}$ , кВт | Жарықтану<br>жүктемесінің<br>есептің қуаты<br>$P_{p.o}$ , кВт |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Құю цехы                          | 80 × 50                    | 4000                      | 0,015                                                                | 0,8                        | 60                                                  | 48                                                            |
| Жинақтау цехы                     | 60 × 40                    | 2400                      | 0,015                                                                | 0,8                        | 36                                                  | 29                                                            |
| Зарядтау және сынау<br>цехы       | 50 × 35                    | 1750                      | 0,015                                                                | 0,8                        | 26                                                  | 21                                                            |
| Пластмасса<br>бұйымдары цехы      | 45 × 30                    | 1350                      | 0,015                                                                | 0,8                        | 20                                                  | 16                                                            |
| Қорғасын өңдеу<br>цехы            | 60 × 40                    | 2400                      | 0,015                                                                | 0,8                        | 36                                                  | 29                                                            |
| Пластина өндірісі<br>цехы         | 55 × 35                    | 1925                      | 0,015                                                                | 0,8                        | 29                                                  | 23                                                            |
| Батарея корпусы<br>өндірісі цехы  | 50 × 30                    | 1500                      | 0,015                                                                | 0,8                        | 23                                                  | 18                                                            |
| Қаптама цехы                      | 40 × 30                    | 1200                      | 0,015                                                                | 0,6                        | 18                                                  | 11                                                            |
| Лаборатория                       | 40 × 10                    | 400                       | 0,015                                                                | 0,5                        | 9                                                   | 5                                                             |
| Қойма                             | 40 × 30                    | 1200                      | 0,015                                                                | 0,6                        | 20                                                  | 12                                                            |
| Техникалық қызмет<br>көрсету цехы | 25 × 15                    | 375                       | 0,015                                                                | 0,6                        | 15                                                  | 9                                                             |
| Әкімшілік-<br>шаруашылық бөлігі   | 50 × 35                    | 1750                      | 0,015                                                                | 0,5                        | 26                                                  | 13                                                            |

3 – кесте - Зауыттың өндірістік және әкімшілік цехтарының күштік жүктемесі

| Өнеркәсіп цехтарының атауы        | $\Sigma P_n$ ,<br>кВт | Сұраныс<br>коэф, $K_c$ | Күштік жүктемесінің<br>есептік қуаты |                 | $\cos\varphi$ | $\operatorname{tg}\varphi$ | Жалпы қуат                |                            |                |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------|
|                                   |                       |                        | $P_p$ ,<br>кВт                       | $Q_p$ ,<br>кВар |               |                            | $P_p + P_{p.o.}$ ,<br>кВт | $Q_p + Q_{p.o.}$ ,<br>кВар | $S_p$ ,<br>кВА |
| Құю цехы                          | 225                   | 0,8                    | 180                                  | 87              | 0,9           | 0,48                       | 206                       | 76                         | 244            |
| Жинақтау цехы                     | 122                   | 0,8                    | 98                                   | 47              | 0,9           | 0,48                       | 114                       | 41                         | 135            |
| Зарядтау және сынау цехы          | 40                    | 0,8                    | 32                                   | 15              | 0,9           | 0,48                       | 49                        | 14                         | 55             |
| Пластмасса бұйымдары цехы         | 52                    | 0,8                    | 42                                   | 20              | 0,9           | 0,48                       | 53                        | 18                         | 61             |
| Қорғасын өңдеу цехы               | 70                    | 0,8                    | 56                                   | 27              | 0,9           | 0,48                       | 78                        | 24                         | 89             |
| Пластина өндірісі цехы            | 61                    | 0,8                    | 49                                   | 24              | 0,9           | 0,48                       | 66                        | 21                         | 76             |
| Батарея корпусы өндірісі цехы     | 30                    | 0,8                    | 24                                   | 12              | 0,9           | 0,48                       | 39                        | 10                         | 44             |
| Қаптама цехы                      | 16                    | 0,8                    | 13                                   | 6               | 0,9           | 0,48                       | 26                        | 5                          | 24             |
| Лаборатория                       | 8                     | 0,8                    | 6                                    | 3               | 0,9           | 0,48                       | 13                        | 3                          | 11             |
| Қойма                             | 21                    | 0,8                    | 17                                   | 8               | 0,9           | 0,48                       | 27                        | 6                          | 30             |
| Техникалық қызмет көрсету<br>цехы | 36                    | 0,8                    | 29                                   | 14              | 0,9           | 0,48                       | 37                        | 12                         | 40             |
| Әкімшілік-шаруашылық бөлігі       | 20                    | 0,8                    | 16                                   | 8               | 0,9           | 0,48                       | 35                        | 7                          | 30             |
| Жалпы                             |                       |                        |                                      |                 |               |                            | 561                       | 271                        | 840            |

#### 1.4 Басты төмендеткіш қосалқы станцияның орналасуын анықтау

Басты төмендеткіш қосалқы станция (ГПП) – кез келген кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесіндегі негізгі буындардың бірі болып табылады. Электрмен жабдықтау жүйесін жобалау кезінде ГПП -ның орналасуын анықтау үшін кәсіпорынның бас жоспарына жүктеме картограммасы түсіріледі.

Кәсіпорынның жүктеме картограммасы деп электр энергиясын тұтынатын қабылдағыштардың жүктеме таралуының орташа қарқындылығын көрсететін жоспарды айтады. Жүктеме картограммасы электр қабылдағыштарының цех ішіндегі орналасу жоспары бойынша да, бүкіл өндірістік кәсіпорынның бас жоспары бойынша да жасалады. Егер картограмма кәсіпорынның бас жоспары бойынша құрылса, онда электр қабылдағыш ретінде жеке құрылғылар емес, тұтас цехтар қарастырылады.

Жүктемелердің таралуының орташа қарқындылығын геометриялық түрде бейнелеу әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылады. Ең қарапайым тәсілдердің бірі – қабылдағыштардың жүктеме қарқындылығын шеңберлер арқылы бейнелеу. Бұл тәсіл келесі принципке негізделген:

Шеңбердің орталығы ретінде электр жүктемесінің орталығы (ЭЖО) таңдалады, ал шеңбердің радиусы – электр қабылдағыштың есептік қуатымен байланыстырылады.

Әр шеңбердің ауданы есептік қуатқа сәйкес масштабпен анықталады. Сонымен қатар, шеңбер ішіндегі сектор арқылы жарықтандыру жүктемесінің үлесі де көрсетілуі мүмкін. Шеңбер радиусы келесі формуламен анықталады:

$$R = \sqrt{\frac{P_p + P_{p.o}}{m \cdot \pi}} \quad 7)$$

мұнда  $P_p + P_{p.o}$  – цехтың есептік және жарықтық жүктемесі, кВт;

$m$  – шеңбер ауданына сәйкес масштаб, кВт/мм<sup>2</sup>.

Электрлік жүктемелер картограммасы зауыт аумағы бойынша жүктемелердің көрнекі таралуын көрсетеді. Жарықтық жүктеме шеңбердің секторы түрінде бейнеленеді. Шеңбер секторының бұрышы  $\alpha$  цехтың белсенді жалпы жүктемесі мен жарықтық жүктеменің арақатынасы бойынша анықталады.

$$\alpha = \frac{P_{p.o}}{P_p} \cdot 360 \quad 8)$$

Электрлік жүктемелердің орталығын анықтағанда, жүктеме цех аумағына біркелкі таралған деп есептеледі. Мұндай жағдайда цехтың жүктеме орталығы бас жоспардағы цехты бейнелейтін фигураның ауырлық центрімен сәйкес келеді.

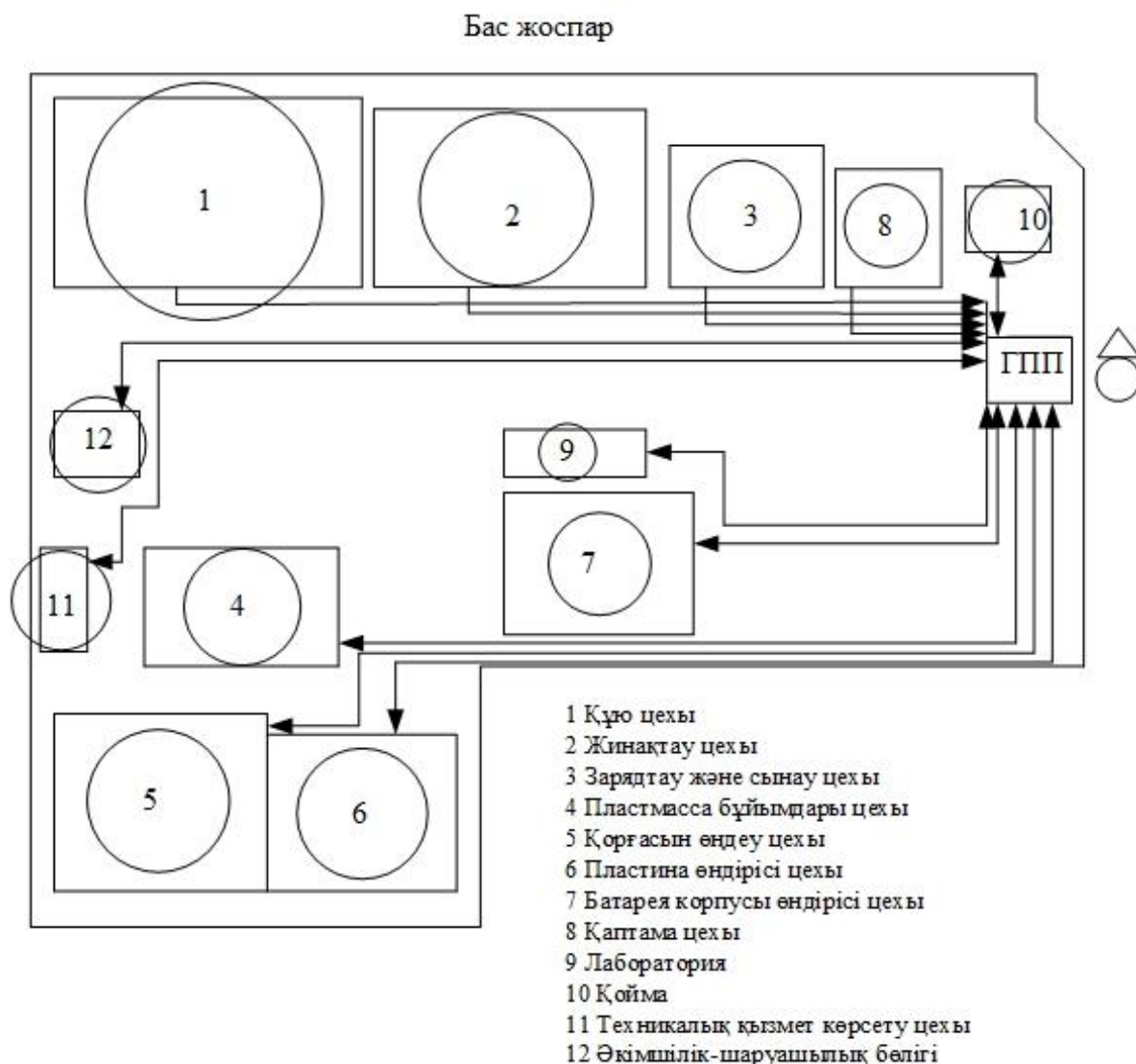
Әрбір шеңберді секторларға бөлуге болады, олардың аудандары тиісінше

жарықтық және күштік жүктемелерге тең болады. Мұндай жағдайда картограмма тек жүктемелердің мәнін ғана емес, сонымен қатар олардың құрылымын да көрсетеді.

12 цехтан тұратын өнеркәсіптік кәсіпорын үшін белсенді жүктемелердің картограммасы келтірілген (4 кесте) және бас жоспар (4 - сурет).

4 – кесте - Зауыттың өндірістік және әкімшілік цехтарының электрлік жүктемелер картограммасы

| Өнеркәсіп<br>цехтарының<br>атауы    | $P_p$<br>+ $P_{p.o.}$<br>кВт | $P_{p.o.}$<br>кВт | m      | R,<br>мм | $\alpha$ |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| Құю цехы                            | 20<br>6                      | 48                | ><br>3 | 15,<br>4 | 96       |
| Жинақтау<br>цехы                    | 11<br>4                      | 29                | ><br>3 | 11,<br>5 | 10<br>6  |
| Зарядтау<br>және сынау цехы         | 49                           | 21                | ><br>3 | 7,4      | 23<br>6  |
| Пластмасса<br>бұйымдары<br>цехы     | 53                           | 16                | ><br>3 | 7,8      | 14<br>0  |
| Қорғасын<br>өңдеу цехы              | 78                           | 29                | ><br>3 | 9,4      | 18<br>5  |
| Пластина<br>өндірісі цехы           | 66                           | 23                | ><br>3 | 8,7      | 17<br>0  |
| Батарея<br>корпусы өндірісі<br>цехы | 39                           | 18                | ><br>3 | 6,6      | 27<br>0  |
| Қаптама<br>цехы                     | 26                           | 14                | ><br>3 | 5,0      | 30<br>4  |
| Лаборатория                         | 13                           | 7                 | ><br>3 | 3,4      | 25<br>3  |
| Қойма                               | 27                           | 14                | ><br>3 | 5,5      | 26<br>0  |
| Техникалық қызмет<br>көрсету цехы   | 37                           | 12                | ><br>3 | 6,3      | 11<br>3  |
| Әкімшілік-<br>шаруашылық<br>бөлігі  | 35                           | 21                | ><br>3 | 5,5      | 29<br>5  |



4 - сурет – Зауыттың электрлік жүктемелер картограммасы

### 1.5 ТПП трансформаторларының саны мен қуатын таңдау

Кәсіпорындардың электрмен жабдықтау жүйелерінде күштік трансформаторлардың қуаты қалыпты жағдайда барлық электр қабылдағыштарын қоректендіруді қамтамасыз етуі тиіс. Сенімділік екі трансформаторды орнату арқылы қамтамасыз етіледі — олар бөлек жұмыс істейді. Бұл жағдайда келесі талап орындалады: кез келген бір трансформатор (екіншісі ажыратылған жағдайда) тұтынушылардың толық қуатын қамтамасыз етуі керек.

ТПП трансформаторларының техникалық жағынан тиімді қуаты келесі формула бойынша анықталады, кВ·А:

$$S_T \geq \frac{S_{p.o}}{K_3 \cdot n_m} = \frac{840}{0.7 \cdot 2} = 600 \text{ кВА} \quad 9)$$

мұнда  $S_T$  – бір трансформатордың номиналды қуаты, кВА;  
 $K_3$  – қор коэффициенті (әдетте 0,7–1,3 шамасында);  
 $n_m$  – трансформатор саны.

Кәсіпорынның ГПП-сына әрқайсысының номиналды қуаты 1000 кВ·А болатын 2 трансформатор орнатылады (5 кесте). Бұл таңдау тұтынушылардың барлық электр жүктемесін сенімді және үздіксіз қамтамасыз ету үшін жасалады. Трансформаторлар жеке-жеке жұмыс істеуі көзделеді, яғни біреуі істен шыққан жағдайда екіншісі толық қуатпен жұмыс істей алады.

Трансформаторлардың қалыпты және апаттан кейінгі режимдегі жүктелу коэффициенттері кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесінің сенімділігі мен тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді.

$$K_3^{н.р} = \frac{S_{p.o}}{S_T \cdot n_m} = \frac{840}{1000 \cdot 2} = 0,42 \leq 0,7 \quad 10)$$

$$K_3^{а.р} = \frac{S_{p.o}}{S_T} = \frac{840}{1000} = 0,84 \leq 1,4 \quad 11)$$

5 - кесте - ТМ-1000/10-0,4 трансформаторына арналған каталогтық мәліметтер

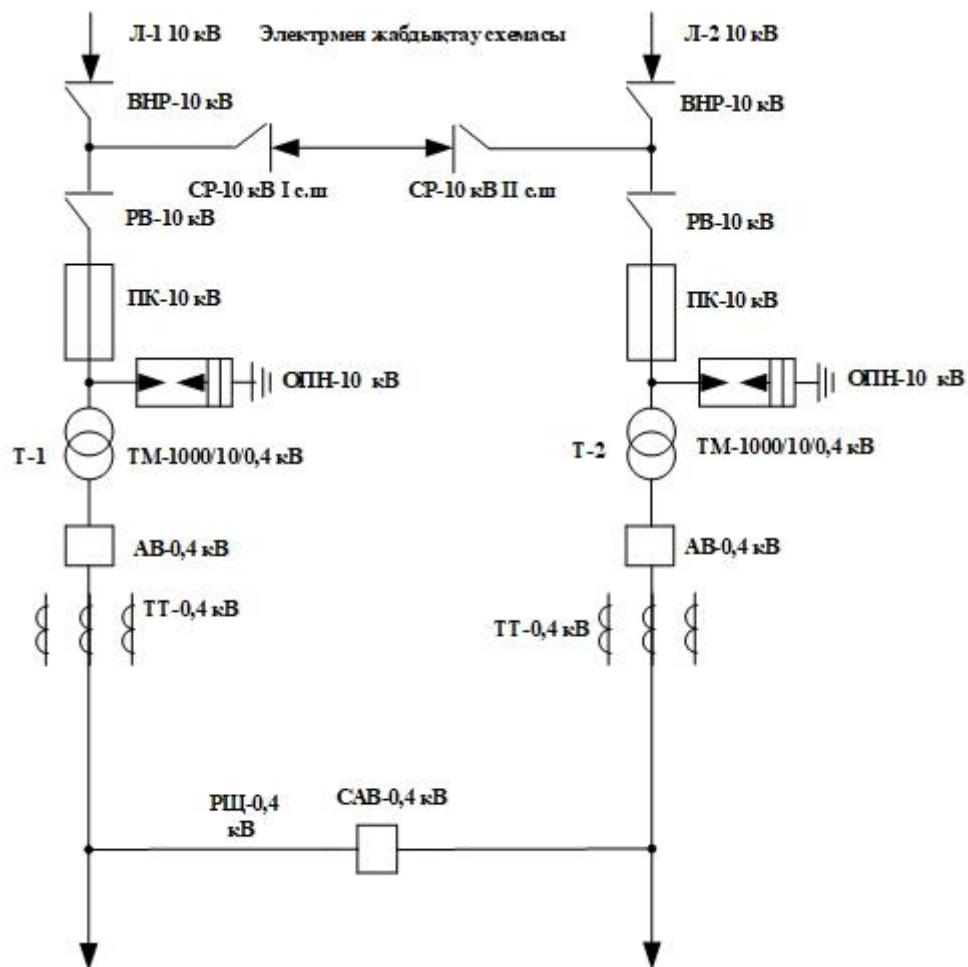
| Параметр                                | Мәні                            |
|-----------------------------------------|---------------------------------|
| Трансформатордың түрі                   | ТМ-1000/10-0,4                  |
| Номиналды қуат ( $S_{ном}$ )            | 1000 кВА                        |
| Кернеу ВН-НН, кВ                        | 10/0,4 кВ                       |
| Шығындары, кВт                          | $P_{xx}$ : 1,15; $P_{кз}$ : 9,9 |
| Қысқа тұйықталу коэффициенті ( $U_k$ )  | 6,0 %                           |
| Трансформатордың бағасы                 | ~7 350 млн тг.                  |
| Фазалық кернеу ВН                       | 10 кВ                           |
| Фазалық кернеу НН                       | 0,4 кВ                          |
| Жиілік                                  | 50 Гц                           |
| Кернеу реттеу                           | $\pm 2 \times 2,5$ %            |
| Салқындату түрі                         | табиғи май айналымы             |
| Трансформатордың массасы (маймен бірге) | ~2350 кг                        |
| Габариттер                              | 1500×1100×1600 мм               |

### 1.5.1 ГПП өткізгіш кабельді таңдау

Қарастырылып отырған аккумулятор зауыты — орта қуатты нысандар қатарына жатады. Мұндай нысандар үшін, әдетте, электрмен жабдықтау сұлбалары бір қабылдау пунктімен (ГПП) қарастырылады.

Жобалық тапсырмаға сәйкес, электрмен жабдықтау 10,5/0,4 кВ екі орамды трансформаторлары бар энергия жүйесінің қосалқы станциясынан жүзеге асырылады.

Техникалық-экономикалық салыстыру жүргізу үшін 10 кВ кернеулі кабельдік желі арқылы жүзеге асырылатын электрмен жабдықтау нұсқасы таңдалады (5 - сурет).



5 - сурет – Зауыттың электржабдықтарының сұлбасы

Сұлба бойынша жабдықтар таңдалады. КЛ – 10,5 кВ. ЛЭП-да өтетін толық қуаты:

$$S_p = 840 \text{ кВа}$$

Желіден өтетін есептеу тогы:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{840}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 46 \text{ А} \quad 12)$$

Апаттық режимдегі ток:

$$I_a = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 46 = 92 \text{ А} \quad 13)$$

Экономикалық тоқтың тығыздығына байланысты сым қимасын анықталады:

$$S_c = \frac{I_p}{j} = \frac{46}{1,1} = 41,8 \text{ мм}^2 \quad 14)$$

мұнда  $j = 1,1 \text{ А/мм}^2$  тоқтың экономикалық тығыздығы,

$T_m = 6000 \text{ сағ}$  және алюминий сымы.

46 А токты өткізу қабілеті бар кабель маркасы ААШв  $3 \times 70 \text{ мм}^2$  болып табылады, ол алюминий өткізгіштермен және полиэтилен оқшаулауымен келеді. Бұл кабель 10 кВ кернеуіне және ашық алаңда қолдануға арналған. Қосымша қорғау қабаты бар, бұл оны ылғал мен механикалық зақымданудан қорғайды.

Берілген ток бойынша таңдалған сым тексеріледі:

$$I_{\text{доп}} = 170 \text{ А} > I_p = 46 \text{ А} \quad 15)$$

Апаттық режим бойынша:

$$I_{\text{доп.а}} = 1,3 \cdot 170 \text{ А} = 221 \text{ А} > I_p = 92 \text{ А} \quad 16)$$

### *1.5.2 ГПП үшін сақтандырғышты таңдау*

Берілген шарттар бойынша трансформатор үшін сақтандырғышты таңдау кезінде келесі талаптарды сақтау қажет:

Сақтандырғыш номиналды тоқты және жүктеме кезінде туындайтын артық жүктемені көтеруі тиіс: сақтандырғыш трансформатордың номиналды тоғын және мүмкін болатын 1,3–1,4 еселенген артық жүктемені шыдатуы қажет.

$$I_{н.п} = 1,3 \cdot I_T = 1,3 \cdot 57,7 = 75 \text{ A} \quad 17)$$

Қосу тоғы: Қосу кезінде пайда болатын импульстік ток сақтандырғыш элементін 0,1 секундтан аз уақытта ерітіп жібермеуі керек.

$$I_{п.т} = 7 \cdot I_p \quad 18)$$

Қысқа тұйықталу тоғы: қысқа тұйықталу тоғы сақтандырғыштың максималды өшіру тоғынан аз болмауы және минималды өшіру тоғынан жоғары болуы қажет. Бұл сақтандырғыштың ақау кезінде уақытылы жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

Осы шарттарды ескере отырып, трансформатордың номиналды қуатына сәйкес рекомендетелетін сақтандырғыш тоғы арнайы кестелер бойынша таңдалады.

Трансформатордың номиналды қуаты – 1000 кВА;

Трансформатордың номиналды бастапқы тоғы – 57,7 А;

Сақтандырғыштың номиналды ток өткізу қабілеті – 80 А, яғни ол шамадан тыс токқа дейін қалыпты жұмыс істей алатын ең үлкен ток мәні.

### *1.5.3 ГПП үшін айырғышты таңдау*

ГПП үшін айырғышты таңдау кезінде бірнеше маңызды факторларды ескеру қажет. Біріншіден, айырғыш номиналды ток өткізу қабілеті трансформатордың немесе жүктеменің номиналды тоғынан жоғары болуы қажет.

$$I_{раз} = 2 \cdot I_T \quad 19)$$

1000 кВА трансформатор үшін айырғыш номиналды ток мөлшері 160 А болуы керек. Бұл токтан асатын жүктемелер болмауы керек, өйткені ол айырғыш дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

РВ(з)-10 айырғыш — бұл үш полюсті айырғыштың ең қарапайым түрі. Номиналды кернеуі 10 кВ болатын бұл айырғыштар сонымен қатар 20 кВ кернеуде де шығарылады.

Айырғыштар негізінен рама, тірек изоляторлары, контактілі жүйе, тартқыш изоляторлар және жерге қосқыштардан тұрады. Айырғыштың рамасында контакт пышақтарын басқаруға арналған рычагтармен бірге жетек вал орналасқан.

Бұл маркадағы айырғыштар 160 А-дан 2000 А-ға дейінгі токтармен шығарылады және тек үш полюсті орындалуда, жалпы рамада орналасады.

Таңдалған айырғыштың шартты белгіленуі: РВ(з)-10/160 УХЛ2

мұнда Р — айырғыш;

В — ішкі орнату үшін;

(з) — жерге қосқыш пышақтармен;

I (II, III) — жерге қосқыш пышақтарының орналасуы: I — жоғарыда, II — төменде, III — екі жағынан;

10 — номиналды кернеу, кВ;

160 — номиналды ток, А (160 А-дан 2000 А-ға дейін);

УХЛ2 — климаттық орындалу және орнату категориясы (көшеде шатыр астында орнатуға рұқсат етіледі).

Жүктеме ажыратқыштары тек қана орнатылған номиналды токтарды қосу және ажырату үшін арналған аппараттар болып табылады. Жүктеме ажыратқыштары ВНА, ВНР және ВНРВ 10 кВ типті маркалары бар. Қысқа тұйықталу және артық жүктеме токтарын ажыратуды жоғары вольтты сақтандырғыштар жүзеге асырады, олар жүктеме ажыратқышымен тізбектей қосылады. Жүктеме ажыратқышы дугасөндіргіш құрылғысына ие, ол номиналды токтарды және трансформаторлардың және әуе электр жеткізу желілерінің бос жүру токтарын қосу және ажырату үшін есептелген.

Коммутацияланған токтардың рұқсат етілген деңгейі бойынша жүктеме ажыратқыштары айырғыштармен салыстырғанда аралық орын алады, өйткені айырғыштарда жүктеме астында коммутация жасауға тыйым салынады (трансформаторлар желісін бос жүрісте қосуға рұқсат етіледі) және ажыратқыштармен (вакуумды, ауа, электромагнитті, элегазды) салыстырғанда, олар номиналды жүктеме токтарын және авариялық режимдердегі токтарды ажыратуға қабілетті.

Жүктеме ажыратқыштары, сонымен қатар, қуат трансформаторларын, әуе және кабельді желілерді артық жүктемелерден және қысқа тұйықталудан қорғау үшін қолданылатын сақтандырғыштармен біріктірілген.

ВНА және ВНР жүктеме ажыратқыштары конструкциялық айырмашылықтарға ие. Екі түрі де қолмен басқарылатын приводтар мен оператордың бұлшық ет күшін пайдаланып қосылады және ажыратылады, бірақ ВНА жүктеме ажыратқышының қосылу және ажыратылу жылдамдығы приводты басқару жылдамдығына тәуелсіз болса, ВНР жүктеме ажыратқышының қосылу жылдамдығы оператордың жұмыс жылдамдығына байланысты.

ВНА-П(Л)-I(II)(III)-10/160-20з(зп) УХЛ2

В - ажыратқыш;

Н - жүктеме;

А - автогазды;

П, Л - оң жақ (сол жақ) жетегі;

I, II, III - жерлестіргіш пышақтардың орналасуы: үстіңгі, астыңғы, екі жағынан;

10 - номиналды кернеу, кВ;

160 - номиналды ток, А;

20 - шекті ағып кету тогы, кА;

з, зп - жерлестіргіш пышақтарымен және сақтандырғыштармен;

УХЛ2 - климаттық орындау және орналастыру категориясы.

#### 1.5.4 ГПП 0,4 кВ үшін ажыратқыштарды таңдау

Автоматты ажыратқыштарды таңдау шарттары:

$$\begin{aligned} I_{н.ва} &\geq I_{дл} \\ I_{ном.расц} &\geq I_{дл} \\ I_{сраб.эл.расц} &\geq 1,25I_{пуск} \end{aligned} \quad 20)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{840}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 1509 \text{ А} \quad 21)$$

Апаттық режимдегі ток:

$$I_a = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 1509 = 3018 \text{ А} \quad 22)$$

Номиналды токты есептеу нәтижесінде, жалпы ток шамамен 1509 А болып шықты. Автоматтық қорғаныс құрылғысын таңдау кезінде, номиналды токтан 10-15% жоғары таңдау ұсынылады, себебі қосымша резерв пен жұмыстың сенімділігін қамтамасыз ету керек. Осылайша, 1509 А-дан жоғары номиналды токты қамтамасыз ететін автоматты қорғаушы құрылғыны таңдаған жөн. 2000 А номиналдық токқа ие автомат таңдалып, ол жүйенің толық жүктемесіне және қысқа тұйықталу жағдайларына сәйкес қорғаныс функцияларын қамтамасыз етеді.

2000 А номиналды токқа арналған автоматтың артықшылығы оның үлкен жүктемелер мен қысқа тұйықталу кезіндегі қорғауды тиімді жүзеге асыруында. Бұл автомат жүйенің қауіпсіз жұмысын қамтамасыз етіп, токтың кез келген жоғарылауы немесе қысқа тұйықталу кезінде тез арада тоқтату әрекетін

орындайды. Осылайша, таңдалған автомат құрылғысы жүйенің ұзақ мерзімді және қауіпсіз жұмысын қамтамасыз ету үшін ең дұрыс шешім болып табылады.



6 - сурет – Зауыттың электржабдықтарының сұлбасы

Зауытта 0,4 кВ жүктеме үшін EKF VA45-2000/2000 автоматты ажыратқышының орнатылған (6 кесте). Автоматты ажыратқышы өнеркәсіптік және өндірістік объектілерде кеңінен қолданылатын құрылғы болып табылады. Оның негізгі қызметі — электр жүйелерін қысқа тұйықталу мен артық жүктемеден қорғау (6 - сурет).

6 - кесте - Автоматты ажыратқыштың негізгі техникалық параметрлері

| Параметрлер                                                                     | ВА-45/2000 |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Номиналды жұмысқа арналған ең үлкен ажырату қабілеттілігі $I_{cs}$ , кА (эф.)   | 400        |
| Номиналды шекті ең үлкен ажырату қабілеттілігі $I_{cu}$ , кА (эф.)              | 400        |
| Номиналды ең үлкен қосу қабілеттілігі $I_{cm}$ , кА (уд.)                       | 400        |
| Номиналды қысқа тұйықталуды ұстап тұратын ток $I_{cw}$ , кА (эф.) 1 секундта    | 400        |
| Механикалық тозуға төзімділік, циклдар В-О (қызмет көрсетуі бар)                | 30 000     |
| Механикалық тозуға төзімділік, циклдар В-О (қызмет көрсетуі жоқ)                | 15 000     |
| Электрлік тозуға төзімділік, циклдар В-О                                        | 400        |
| Электрлік тозуға төзімділік, циклдар В-О                                        | 690        |
| Номиналды изоляция кернеуі айнымалы токтың жиілігі 50Гц, $U_i$ , В              | 1 000      |
| Номиналды импульсқа төзімді кернеу, $U_{imp}$ , В                               | 12 000     |
| Жаңа ажыратқыштарды тексеру кезіндегі сынақ кернеуі, айнымалы ток 50Гц, 1 минут | 3 500      |

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| Ажырату уақыты, мс      | 25 – 30           |
| Қосу уақыты, ең көп, мс | 70                |
| Жіберу түрі             | Микропроцессорлық |

6 - кесте - жалғасы

|                                              |                                          |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|
| Параметрлер                                  | ВА-45/2000                               |
| Қосқыштың бұрышты орналасуы                  | Артқы көлденең                           |
| Полюстер саны (стандарт)                     | 3Р                                       |
| Тапсырыс бойынша орындалуы                   | 3Р+N                                     |
| Қолдану категориясы ГОСТ Р 50030.2           | В                                        |
| Ажыратқыштың ашық орнатылу қорғаныс дәрежесі | IP30 беттің панелінен, IP00 шығу жағынан |
| Жұмыс температурасының диапазоны, °С         | -5-тен +60-қа дейін                      |
| Климаттық орындау                            | УХЛ3.1                                   |
| Теңіз деңгейінен биіктік, м                  | 2000                                     |
| Қызмет ету мерзімі, кем дегенде, жылдар      | 15                                       |

Өнеркәсіп цехтарына таңдалған қорғаныш құрылғылары арналған автоматты ажыратқыштарды таңдау шарттары (7 кесте):

$$I_p = \frac{P_{\text{ц}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 406 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{н.ва}} &\geq I_{\text{дл}} \\ I_{\text{ном.расц}} &\geq I_{\text{дл}} \\ I_{\text{сраб.эл.расц}} &\geq 1,25 I_{\text{пуск}} \end{aligned}$$

Кернеу түсуін есептеу формуласы:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) \cdot L$$

мұнда  $\Delta U$  – кернеу түсуі (В);

$R$  – кабельдің меншікті кедергісі, Ом/км);

$X$  – реактивті кедергі индуктивтілік, Ом/км;

$L$  – кабельдің ұзындығы, 320 м

3х240 мм<sup>2</sup> мыс кабель үшін кедергілер:  $R=0.0754$  Ом/км,  $X=0.08$  Ом/км

Есептеу:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 406 \cdot (0,754 \cdot 0,9 + 0,08 \cdot 0,435) \cdot 0,32 = 23,5 \text{ В}$$

$$\Delta U = \frac{23,5}{400} \cdot 100\% = 5.75\%$$

Кабельдің белгіленуі: ВВГ 3х240+1х185, 1 кВ

В – өткізгіш жілінің оқшаулауы поливинилхлорид (ПВХ) пластикатынан жасалған;

В – сыртқы қабықшасы жануға төзімділігі төмен ПВХ пластикатынан жасалған;

Г – қорғаныс қабаттары жоқ (бронясыз);

3х240 – үш негізгі жила, әрқайсысының көлденең қимасы 240 мм<sup>2</sup>;

1х185 – бір қорғаныш (нейтралды/жерге қосу) жила, қимасы 185 мм<sup>2</sup>;

1 кВ – номиналды кернеуі 1 киловольт.

Ток өткізетін мыс жила – жұмсақ мыс материалынан жасалған, электр тогын өткізуге арналған;

Оқшаулау (изоляция) – ПВХ пластикатынан, әр жиланы өзара қысқа тұйықталудан қорғайды;

Толтырма қабаты – ПВХ пластикатынан немесе вулканизацияланбаған резеңке қоспасынан, кабельдің дөңгелек пішінін сақтау үшін жилалар арасындағы бос орынды толтырады.

7 – кесте - Өнеркәсіп цехтарына тандалған қорғаныш құрылғылары

| Өнеркәсіп<br>цехтарының<br>атауы     | $\Sigma$<br>$P_n$ ,<br>кВт | $\cos$<br>$\varphi$ | $I_n$ ,<br>А | $K_{пуск}$ | $I_{пуск}$ ,<br>А | $1,25I_{пуск}$ ,<br>А | Қорғаныш<br>құрылғылар<br>ы |
|--------------------------------------|----------------------------|---------------------|--------------|------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Құю цехы                             | 225                        | 0,8                 | 406          | 3,5        | 142<br>1          | 1776                  | ВА 51-39-<br>630            |
| Жинақтау цехы                        | 122                        | 0,9                 | 220          | 3,5        | 770               | 963                   | ВА 51-39-<br>250            |
| Зарядтау және<br>сынау цехы          | 40                         | 0,9                 | 72           | 3,5        | 253               | 316                   | ВА 51-31-80                 |
| Пластмасса<br>бұйымдары цехы         | 52                         | 0,9                 | 94           | 3,5        | 328               | 410                   | ВА 51-31-<br>100            |
| Қорғасын өңдеу<br>цехы               | 70                         | 0,9                 | 126          | 3,5        | 442               | 553                   | ВА 51-33-<br>125            |
| Пластина<br>өндірісі цехы            | 61                         | 0,9                 | 110          | 3,5        | 385               | 482                   | ВА 51-33-<br>125            |
| Батарея корпусы<br>өндірісі цехы     | 30                         | 0,9                 | 54           | 3,5        | 189               | 237                   | ВА51-31-63                  |
| Қаптама цехы                         | 16                         | 0,9                 | 26           | 3          | 77                | 96                    | ВА 51-25-32                 |
| Лаборатория                          | 8                          | 0,9                 | 13           | 3          | 38                | 48                    | ВА 51-25-16                 |
| Қойма                                | 21                         | 0,9                 | 34           | 3          | 101               | 126                   | ВА51-31-40                  |
| Техникалық<br>қызмет көрсету<br>цехы | 36                         | 0,9                 | 58           | 3          | 173               | 217                   | ВА51-31-63                  |

7 – кесте - жалғасы

| Өнеркәсіп<br>цехтарының<br>атауы   | $\Sigma$<br>$P_n$ ,<br>кВт | $\cos$<br>$\varphi$ | $I_n$ ,<br>А | $K_{\text{пуск}}$ | $I_{\text{пуск}}$<br>, А | $1,25I_{\text{пуск}}$ ,<br>А | Қорғаныш<br>құрылғылар<br>ы |
|------------------------------------|----------------------------|---------------------|--------------|-------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Әкімшілік-<br>шаруашылық<br>бөлігі | 20                         | 0,9                 | 32           | 3                 | 96                       | 120                          | ВА 51-25-25                 |

## 2 Жүйенің техникалық күйі мен тиімділігі

### 2.1 Жүктеме анализі

Электрмен жабдықтау жүйесін жобалауда ең маңызды кезеңдердің бірі — тұтынушының нақты электр жүктемесін анықтау болып табылады. Бұл кезеңде орнатылған жабдықтардың қуаттары, олардың бір мезеттегі жұмыс істеу ықтималдығы, пайдалану коэффициенттері және электр тұтыну сипаты ескеріледі. Дәл жүктеме анализі арқылы трансформатор қуаты, кабель қимасы, қорғаныс аппараттары мен автоматтандыру құралдары дұрыс таңдалады.

Зауыттағы барлық электр жабдықтарының паспорттық қуаттарының жиынтығы:

$$P_{\text{ж}} = 681 \text{ кВт}$$

Бұл көрсеткішке технологиялық жабдықтар, желдеткіштер, жарықтандыру жүйелері, тұрмыстық жүктемелер мен қосалқы жабдықтар кіреді. Жалпы орнатылған қуат — барлық жабдықтар бір мезетте қосылған жағдайдағы шекті мән.

Орнатылған қуаттың толық пайдаланылмайтынын және жабдықтардың кезең-кезеңімен жұмыс істейтінін ескере отырып, есептік жүктеме келесідей қабылданды:

$$P_{\text{есеп}} = 561 \text{ кВт}$$

Есептік жүктеме — жүйенің қалыпты жұмыс режиміндегі орташа қуат тұтынуы, трансформаторды, кабельді және автоматты қорғаныс құралдарын есептеу үшін негіз ретінде алынады.

Қолдану коэффициенті (немесе қуат жүктемесін пайдалану коэффициенті) орнатылған қуаттың қаншалықты тиімді пайдаланылып жатқанын сипаттайды:

$$K_{\text{к}} = \frac{P_{\text{есеп}}}{P_{\text{ж}}} = \frac{561}{681} = 0,82 \quad 23)$$

Жоғары коэффициент зауыт жабдықтарының белсенді түрде пайдаланылатынын көрсетеді. Өнеркәсіптік нысандар үшін 0,6–0,85 аралығы қалыпты деп саналады. Кәсіпорынның электр жүктемесінің салыстырмалы түрде тұрақты екенін және күнделікті тұтыну деңгейінің жоғары екенін көрсетеді.

Электр тұтыну жүйесінде қуат коэффициенті  $\cos \varphi = 0,9$  деп қабылданды. Бұл мән зауытта реактивті қуатты компенсациялау шараларының бар екенін білдіреді.

Толық қуат былай анықталады:

$$S_T = \frac{P_{\text{есеп}}}{\cos \varphi} = \frac{561}{681} = 623 \text{ кВА} \quad 24)$$

Трансформатор мен кабельдерге түсетін толық қуат – 623,3 кВА. Кәсіпорында 2 дана ТМ-1000/10/0.4 трансформаторы орнатылған. Оның біреуі жұмыс режимінде, екіншісі толық резерв ретінде қарастырылған.

Жұмыс істеп тұрған трансформатордың жүктелу коэффициенті:

$$K_{\text{ж.т}} = \frac{S_T}{S_{\text{тр}}} = \frac{623}{1000} = 0,623 \quad 25)$$

62,3 % жүктеме, яғни трансформатор тиімді және қауіпсіз жүктемемен жұмыс істеуде. Мұндай жүктелу трансформатордың ұзақ әрі сенімді қызмет етуін қамтамасыз етеді. Ал екінші трансформатор резервтік рөл атқарып, негізгі трансформатор істен шыққан жағдайда немесе техникалық қызмет көрсету кезінде іске қосылады. Резервтік схема — электрмен жабдықтаудың сенімділігін арттырады, апаттық жағдайда зауыт жұмысын тоқтатпайды және болашақта өндіріс көлемін арттыруға дайындық ретінде қарастырылады.

Кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесін жобалауда жүктеменің тек жалпы көлемін ғана емес, сонымен қатар оның тәуліктік динамикасын да ескеру маңызды. Бұл трансформаторлардың, кабельдердің және автоматтандыру құрылғыларының тиімді жүктелуін қамтамасыз ету үшін қажет. Осы мақсатта кәсіпорынның бір тәуліктегі жүктеме өзгерісін сипаттайтын жүктеме графигі жасалды (7 - сурет).

Кәсіпорын бір ауысымдық режимде, таңғы 09:00–18:00 аралығында жұмыс істейді. Жүктеме сипаты келесідей бөлінеді:

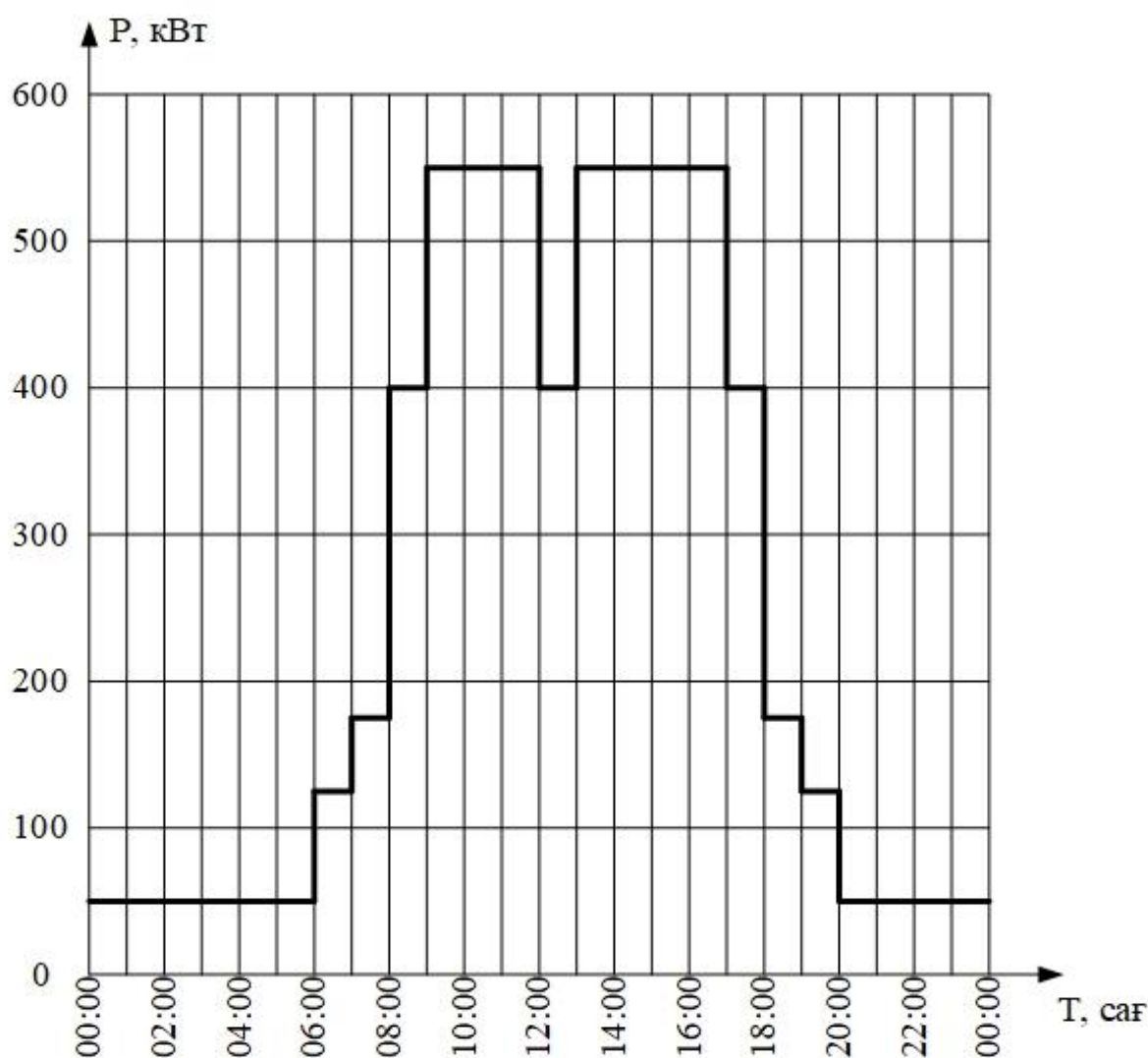
- 09:00–13:00 аралығында барлық негізгі өндірістік жабдықтар толық іске қосылып, кәсіпорынның электр жүктемесі ең жоғары деңгейге — 561 кВт-қа жетеді;

- 13:00–14:00 аралығында жұмысшылардың түскі үзілісіне байланысты аздаған төмендеу байқалады;

- 14:00–18:00 аралығында өндірістік белсенділік жалғасқанымен, жүктеме шамамен 80 % деңгейінде — 449 кВт көлемінде сақталады;

- 18:00-ден кейін өндірістік процесс тоқтап, тек қауіпсіздік, күзет, жарықтандыру сияқты жүйелер жұмыс істеп тұрады. Бұл уақытта жүктеме 561 кВт-тың 10–20 % аралығында сақталады;

- Түнгі уақыттарда (00:00–06:00) электр тұтыну ең төмен деңгейге түседі - шамамен 10 %, яғни 56 кВт шамасында ғана.



7 - сурет – Кәсіпорындағы жүктеменің графигі

Бұл график бойынша кәсіпорындағы жүктеменің ең жоғары деңгейі — күндізгі сағаттарда, ал ең төменгісі — түнгі уақытта болатындығы анық байқалады. Электр энергиясының тұтыну сипаты тұрақты және болжамды болғандықтан, трансформатор жүктемесін оңтайлы басқару және энергия үнемдеу шараларын ұйымдастыру жеңілдейді.

График жүктеме сипатының нақты сағаттық өзгерісін айқындап көрсетіп, энергетикалық жабдықтардың дұрыс таңдалуына және артық қуат резервтерін болдырмауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл мәліметтер энергетика жүйесін автоматты басқару мен диспетчерлік бақылау жүйелерінде пайдаланылады.

## 2.2 Электрмен жабдықтау сенімділігіне баға беру

«Кайнар» аккумулятор зауытының өндірістік құрылымы үздіксіз және технологиялық тұрғыдан тәуелді процестерден тұрады. Сондықтан электрмен жабдықтаудың сенімділігі кәсіпорын жұмысының тұрақтылығын қамтамасыз етудегі негізгі факторлардың бірі болып табылады.

ҚР қолданыстағы ЭҚЕ (Электр қондырғыларын пайдалану ережелері) және МемСТ 50571.5.54–2013 стандарттарына сәйкес, тұтынушылар электрмен жабдықтаудың сенімділігіне қарай үш категорияға бөлінеді:

I категория – кез келген үзіліс адамның өміріне немесе әлеуметтік маңызы жоғары жүйелердің жұмысына қауіп төндіретін объектілер;

II категория – өндірістік процестің үзілуі материалдық шығынға немесе технологиялық бұзылуға әкелетін объектілер;

III категория – қысқа уақытқа тоқтап қалуға рұқсат етілетін тұтынушылар.

«Кайнар» зауытының өндірістік жабдықтарының (күю пештері, зарядтау стендтері, пластина өндірісі, т.б.) тоқтауы материалдық шығын мен өндірістік циклдің бұзылуына себеп болатындықтан, негізгі өндірістік бөлімшелері II категория тұтынушыларына жатады. Ал қосалқы цехтар мен әкімшілік-тұрмыстық тұтынушылар III категория деңгейінде қарастырылады.

Жүктемелерді категориялар бойынша бөлу кәсіпорынды энергетикалық тұрғыдан тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

Зауыттың негізгі қорек көзі ретінде ТП-10/0,4 кВ трансформаторлық подстанциясы қызмет етеді. Электрмен жабдықтау сенімділігін арттыру үшін төмендегі инженерлік-техникалық шаралар қарастырылған:

- Екі тәуелсіз 10 кВ кабель арқылы қоректендіру – біреуі істен шыққанда, екіншісі автоматты түрде іске қосылады;

- Апаттық қосылу құрылғысы (АВР) – қорек көзі ауысуын автоматты режимде жүзеге асырады;

- Дизель генераторлық қондырғыны (ДГУ) енгізу – апат кезінде аса маңызды тұтынушыларды (зарядтау, вентиляция, жарықтандыру) резервтен қоректендіру үшін;

- Қоректендіру желілерінің сақиналы схемасы – зауыт ішіндегі жүктемелер бір желі істен шыққанда, екіншісі арқылы қоректені алады;

- Тұрмыстық және технологиялық тұтынушыларды бөлек қоректендіру – жүктемені оңтайлы бөлу және басқару үшін.

Сенімділікке нақты баға беру үшін соңғы жылдардағы жоспардан тыс тоқтап қалу жағдайлары талданды. 2022–2024 жылдар аралығында электрмен жабдықтауға байланысты өндірістің жоспардан тыс тоқтау жағдайлары төменде (8 кесте).

8 - кесте - Өнеркәсіптің жоспардан тыс тоқтау жағдайлары

| Жыл     | Тоқтап қалу саны | Жұмыс істемеген жалпы уақыт (сағат) |
|---------|------------------|-------------------------------------|
| 2022    | 6 жағдай         | 7,5 сағат                           |
| 2023    | 11 жағдай        | 13,2 сағат                          |
| 2024    | 5 жағдай         | 6,3 сағат                           |
| Барлығы | 22 жағдай        | 27 сағат                            |

Орташа бір тоқтап қалу уақыты – 1,2 сағат көлемінде.

Электрмен жабдықтау жүйесінің сенімділігін сандық түрде сипаттау үшін сенімділік коэффициенті қолданылады:

$$K_c = \frac{T_{\text{ж}}}{T_{\text{ж}} + T_{\text{апат}}} = \frac{8760}{8760 + 9} = 0,998 \quad (26)$$

мұнда  $T_{\text{ж}} = 8760$  сағ, бір жылдағы сағат саны.

Орташа апаттық тоқтап қалу уақыты – жылына:

$$T_{\text{апат}} = \frac{T_{\text{3жыл}}}{3} = \frac{27}{3} = 9 \text{ сағ} \quad (27)$$

99,8 % жоғары сенімділік деңгейін көрсетеді. Алайда, апаттық тоқтап қалулардың алдын алу және өндірістік процестердің үзіліссіздігін сақтау үшін электрмен жабдықтау жүйесін жаңғырту, қорғау құрылғыларын уақытылы тексеріп отыру және резервтік қорек көздерін тиімді қолдану қажет.

Аталған 2022–2024 жылдар аралығындағы тоқтап қалу жағдайларына техникалық талдау жүргізу нәтижесінде олардың негізгі себептері анықталды:

Сыртқы қорек желісіндегі апаттар (45 %) – аймақтық желілерде орын алған қысқа тұйықталу, кабельдің тозуы және найзағай әсерінен болатын үзілу;

Қорғаныс автоматикасының дұрыс істемеуі (20 %) – релелік қорғау құрылғыларының уақытында қосылмауы немесе жалған іске қосылуы;

Трансформаторлық жабдықтардың ақауы (15 %) – трансформатор майының қызып кетуі, суыту жүйесінің істен шығуы;

Ішкі кабельдік желілердегі оқшауламаның тозуы (10 %);

Адам факторы (10 %) – қате қосу, техникалық регламенттің бұзылуы.

Бұл себептер электрмен жабдықтау жүйесінің кейбір техникалық элементтерінің тозғанын және техникалық қызмет көрсету деңгейінің жеткіліксіз екенін көрсетеді.

Алдағы кезеңде «Кайнар» зауытының электрмен жабдықтау сенімділігін арттыру үшін келесі іс-шараларды орындау ұсынылады:

ТП-10/0,4 кВ трансформаторлық подстанцияның жаңғыртылуы;

Трансформаторды заманауи суыту жүйесімен жабдықтау;

Автоматты диагностика жүйесін орнату.

Қосымша резервтік дизель-генератор орнату (минимум 500 кВт қуаттылығымен) – апат кезінде негізгі өндіріс учаскелерінің үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету үшін.

SCADA жүйесін енгізу – электрмен жабдықтау жүйесінің диспетчерлік бақылауын және жылдам реакцияны қамтамасыз ету.

Жоспарлы-профилактикалық тексеру кестесін күшейту:

Ішкі кабельдік желілердің изоляция деңгейін жыл сайын тексеру;

Қорғаныс автоматикасын әр тоқсан сайын тестілеу.

Жергілікті персоналға оқыту және біліктілікті арттыру курстарын өткізу – апат кезінде жедел әрекет ету дағдыларын жетілдіру үшін.

Резервті қорек схемасын сақиналы жүйеге ауыстыру – бір желі істен шыққан жағдайда екінші желі автоматты түрде қоректендіруді қамтамасыз етеді.

### 2.3 Резервті қорек көздерін есептеу

Аккумуляторлық зауыттың электрмен жабдықтау жүйесінің резервті қорек көздерін таңдау өте маңызды процесс болып табылады. Бұл жүйе зауыттың үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету үшін қажет. Резервті қуат көздері өндірістік жабдықтардың ақаулығы немесе электр желілеріндегі тоқтап қалу жағдайында негізгі қуат көзінің орнын басуы керек. Осы тұрғыдан алғанда, резервті генераторлардың сенімділігі, қуаттылығы және ұзақ мерзімді жұмыс істеу мүмкіндігі басты назарда болуы тиіс.

Зауыттың толық қуаты 840 кВт болғандықтан, резервті қуат көзінің жалпы қуаты негізгі жүктеменің кемінде 20-30%-ын құрауы қажет.

$$P_{рез} = 0,3 \cdot P_p = 0,3 \cdot 840 = 252 \text{ кВт} \quad 28)$$

Бұл жағдайда резервті қуаттың қажеттілігі 252 кВт шамасында болады. Мұндай қуаттағы генераторлар кез келген ақау немесе авариялық жағдайлар кезінде зауыттың жұмысын тоқтатпай, оны қолдауды қамтамасыз етуге тиіс. Резервті қуат көздері өндірістегі маңызды жүйелердің, мысалы, жарықтандыру, жылу беру және негізгі технологиялық процестерді қамтамасыз ететін жабдықтардың үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

Резервті қорек көзін таңдауда ең бастысы оның сенімділігі мен тиімділігі болып табылады. Дизель генераторлары мен газ турбиналары — резервті қорек көздерінің кең таралған түрлері. Дизель генераторлары ұзақ уақыт бойы сенімді жұмыс істей алады, бірақ олар айтарлықтай қымбат болуы мүмкін және үнемі қызмет көрсету мен отынмен қамтамасыз ету қажет. Газ турбиналары, өз кезегінде, тиімділік пен экологиялық тұрғыдан жақсырақ, бірақ олар кейде жоғары бастапқы шығындар мен арнайы инфрақұрылымдарды талап етеді.

Резервті қуат көздерін таңдау кезінде қуат қажеттіліктері ғана емес, сонымен қатар экономикалық тиімділік, қызмет көрсету және қосалқы бөлшектердің қолжетімділігі де ескерілуі тиіс. Генератордың тиімді жұмыс істеуі үшін оның дұрыс орнатылуы және барлық жүйелермен үйлесімді жұмыс істеуі қажет. Сонымен қатар, резервті генераторлардың қызмет көрсету мен диагностикасы үшін арнайы білікті мамандар қажет. Сондықтан, қызмет көрсету орталықтарының жақын орналасуы мен сервистік қолдау көрсетудің жақсы деңгейі де маңызды фактор болып табылады.

Зауыттың жұмысын үздіксіз қамтамасыз ету үшін резервті қуат көздері қандай да бір уақыт аралығында негізгі жүйенің жұмысын қамтамасыз ете алу керек. Мұндай генераторлар әдетте бірнеше сағаттан бастап бірнеше күнге дейін жұмыс істей алады. Бұл да өз кезегінде резервті қуат көздерін таңдаудағы басты критерий болып табылады. Генератор автоматты түрде қосылуы және ажыратылуы керек, яғни негізгі жүйе ақаулыққа ұшыраған жағдайда резервті қорек көзінің іске қосылуы автоматты түрде орындалуы тиіс.

Қорек көзінің сенімділігі үшін резервті генераторлар жоғары сапалы бақылау және қорғау жүйелерімен жабдықталуы керек. Әрбір генераторда кернеу мен токтың тұрақтылығын бақылау үшін арнайы релелер мен басқару жүйелері болуы тиіс. Бұл, өз кезегінде, генератордың қауіпсіз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді және әртүрлі ақаулардың алдын алады.

Резервті қуат көзінің тағы бір маңызды аспектісі — оның экологиялық әсері. Қазіргі уақытта көп өндірушілер өздерінің генераторларын экологиялық тұрғыдан таза етуге тырысады. Көптеген дизель генераторларының шығарындылары төмендегенімен, олар әлі де экологиялық мәселелер тудыра алады. Сондықтан, егер мүмкін болса, жаңартылатын энергия көздерін пайдалану немесе экологиялық тиімділігі жоғары жабдықтарды таңдау қажет.

Резервті қорек көздері қымбат, бірақ олардың тиімділігі мен сенімділігі зауыттың үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету үшін өте маңызды. Сондықтан, таңдау кезінде тек қана бастапқы шығындар емес, сондай-ақ ұзақ мерзімді тиімділік пен қызмет көрсету мүмкіндіктері ескерілуі керек. Соңғы шешімді қабылдар алдында әртүрлі маркалар мен модельдер арасындағы салыстыруды жүргізіп, жүйенің жұмыс ерекшеліктерін, қуат қажеттіліктерін және қолда бар инфрақұрылымды ескерген жөн.

Кәсіпорындағы электр энергиясының сенімділігі мен апаттық жағдайда қорек үзілмеуін қамтамасыз ету мақсатында GSCO компаниясының GF2-YC250kVA+ATS маркалы дизель генератор қондырғысы (ДГУ) орнатылған (9 кесте). Бұл жабдық негізгі қорек көзі ажырағанда автоматты түрде іске қосылып, зауыттың маңызды объектілерін қоректендіру үшін резервтік қуат көзі ретінде қызмет атқарады (8 - сурет).

GF2-YC250kVA генераторы ATS блогы арқылы негізгі қорек көзі (10/0,4 кВ ТП) тоқтаған кезде автоматты түрде іске қосылады. ATS жабдығы электрмен жабдықтау үзілген сәттен бастап 5–10 секунд ішінде генераторды іске қосып, оны зауыттың ішкі желісіне қосады. Ал негізгі қорек қайта қалпына келгенде, генератор ажыратылып, жүктеме қайта тұрақты көзге ауыстырылады.



8 - сурет – Зауыттың электржабдықтарының көрінісі

9 – кесте - Өнеркәсіпте GF2-YC250kVA+ATS маркалы дизель генератор қондырғысы

| Көрсеткіш              | Мәні                                             |
|------------------------|--------------------------------------------------|
| Модель атауы           | GF2-YC250kVA+ATS                                 |
| Өндіруші компания      | GSCO (Global Smart Control Organization)         |
| Номиналды қуаты        | 250 кВА / 200 кВт                                |
| Қозғалтқыш түрі        | 4 тактілі, суыту жүйесімен жабдықталған дизельді |
| Кернеу / жиілік        | 400 В / 50 Гц                                    |
| Фазалар саны           | 3 фазалы                                         |
| Қозғалтқыш моделі      | YC6A245L-D20 немесе баламасы                     |
| Қуат коэффициенті      | 0,8 (cos φ)                                      |
| Жанармай түрі          | Дизель                                           |
| Жанармай багы          | 300 литр                                         |
| ATS (автоматты қосқыш) | Иә, 0–10 секунд ішінде ауыстырады                |
| Шу деңгейі             | 75–85 дБ (23 метрде)                             |
| Жұмыс температурасы    | –25 °C +50 °C аралығында                         |

Бұл генератор зауыттың барлық технологиялық жабдықтарын қоректендіруге жеткіліксіз, бірақ маңызды объектілерді: басқару және автоматтандыру жүйелерін, жарықтандыру, қауіпсіздік және күзет жүйелерін, қысымды ұстап тұру компрессорларын, серверлер мен байланыс желілерін

үздіксіз қоректендіру үшін толық жеткілікті.

Жүктемені есептеу негізінде шамамен 180–200 кВт-қа дейінгі тұтынушыларды жабуға мүмкіндік береді, бұл жалпы жүктеменің шамамен 30–35% құрайды.

- Жоғары сенімділік: генератор 250 кВА қуатқа дейін тұрақты түрде бере алады.

- ATS жүйесі: адам араласуынсыз автоматты ауыстырып-қосылу.

- Шағын габарит пен жеңіл орнату: зауыт ішіндегі резервтік аймаққа оңай орналастырылады.

- Үнемді отын шығыны: шамамен 45–50 л/сағ толық жүктемеде.

- Төмен шу деңгейі: дыбыс оқшаулағыш қаптамамен жабдықталған.

- Ұзақ мерзімді пайдалануға арналмаған – негізгі қорек көзі ретінде тек 8–10 сағаттық авариялық режимде қолдануға ыңғайлы.

- Жанармайға тәуелділік – отын жеткізілімінің тұрақтылығы маңызды.

- Техникалық қызмет қажет – әрбір 250–500 сағаттан соң техникалық тексеру мен май ауыстыру қажет.

GSCO компаниясының GF2-YC250kVA+ATS дизель генераторы «Кайнар» аккумулятор зауытының электрмен жабдықтау жүйесінде резервтік қуат көзі ретінде маңызды рөл атқарады. Ол негізгі қорек көзінің ажырау кезінде апаттық жағдайлардың алдын алуға, өндірістік процестің үздіксіздігін және жабдықтардың сенімді жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Мұндай генераторлық жүйенің болуы — зауыт электрмен жабдықтаудың II немесе III санатына жататын тұтынушылар қатарында екенін көрсетеді.

## **2.4 Трансформатордың техникалық жағдайына талдау**

Қазіргі уақытта кәсіпорында орнатылған негізгі қорек көзі — кеңестік кезеңде шығарылған, маймен толтырылған 1000 кВА қуатты күштік трансформатор. Бұл жабдықтың пайдалануға берілгеніне 30 жылдан астам уақыт өткен, ал бұл мерзім трансформатордың нормативті пайдалану шегінен асып кеткенін көрсетеді. Жүргізілген жоспарлы техникалық тексеріс нәтижелері оның бірқатар маңызды ақауларға ие екенін анықтады.

Анықталған ақаулар мен кемшіліктер (9 - сурет):

- Радиаторлардан майдың ағуы – трансформатордың сыртқы қабаттарындағы дәнекерлеу жіктерінен май ағу фактілері тіркелді. Бұл жағдай салқындату тиімділігінің төмендеуіне және оқшаулағыш майдың ластануына әкеліп соғады.

- Шиналар тозған және тотығу белгілері бар – трансформатордың төменгі кернеу жағындағы (0,4 кВ) және жоғары кернеу жағындағы (10 кВ) шиналарда айтарлықтай тот және механикалық зақымданулар байқалды. Бұл контактілі қарсылықтың өсуіне және артық қызуға себеп болуы мүмкін.



9 - сурет – Зауыттың трансформаторынан анықталған ақаулар мен кемшіліктер

- Омдық кедергілердің нормативтен ауытқуы – орамалар арасындағы кедергі өлшемдері зауыттық паспорттық мәндерден 15-20 % ауытқып тұр. Бұл ораманың ішкі қысқа тұйықталу немесе оқшаулаудың қартаю белгілерін білдіреді.

- Герметика бұзылған – май толтыру жүйесі тығыз жабылмаған, атмосфералық ылғалдың енуі салдарынан май құрамында судың үлесі көбейіп кеткен. Бұл майдың диэлектрлік қасиеттерінің төмендеуіне әкеледі.

- Температуралық қорғаныс пен релелік автоматика жүйесі істен шыққан немесе жаңартуды қажет етеді.

Жүктелу жағдайы:

- Трансформатор максималды өндірістік жүктеме кезінде 62,3 % деңгейінде жүктеледі. Бұл мән техникалық тұрғыдан рұқсат етілгенмен, трансформатордың ескіруі мен салқындату тиімділігінің төмендігі жүктемелік тұрақсыздық пен апатты жағдайға алып келуі мүмкін (10 кесте) .

- Жұмыс режимінің ауытқуына байланысты трансформатор жиі қызып кетеді. Май температурасының 85 °С-тан жоғары көтерілуі тіркелген.

Техникалық күйдің әсері:

- Қуат шығындары трансформатор арқылы 3–5 % аралығында тіркелген, бұл нормативтен жоғары.

- Трансформатордың жөндеуаралық уақыты қысқарған – соңғы үш жылда 4 рет техникалық қызмет көрсету және 2 рет апаттық өшіру жағдайлары орын алған.

- Істен шығу ықтималдығы артқан, бұл зауыттың жалпы сенімділігіне және өндіріс тұрақтылығына тікелей әсер етеді.

- Электр желісіндегі жиі кернеу ауытқулары, әсіресе стартерлік жүктемелер кезінде, жабдықтардың мерзімінен бұрын тозуына әкелуі мүмкін.

10 – кесте - Қолданыстағы трансформатордың техника-экономикалық кемшіліктері

| Көрсеткіш                       | Қолданыстағы трансформатор | Қазіргі заманғы трансформатор |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Пайдалану мерзімі               | >30 жыл                    | 0–1 жыл                       |
| ПҚК (пайдалы әсер коэффициенті) | 91–92 %                    | ≥ 98 %                        |
| Май ағыны, техникалық жағдайы   | Ақаулы                     | Жаңа, герметикалы             |
| Кедергі ауытқуы                 | >15 %                      | ≤2 %                          |
| Салқындату жүйесі               | Ескі, тиімділігі төмен     | Автоматты, тиімді             |

Электр жабдықтарын жаңарту бағдарламасы аясында трансформаторды ауыстырумен қатар шиналарды, релелік қорғанысты, кернеу тұрақтандыру жүйесін және есептегіш құралдарын толық ауыстыру қарастырылуы тиіс.

### **3 Энергия үнемдеу мен жетілдіру жолдары**

#### **3.1 Қуат үнемдеу технологияларын енгізу мүмкіндіктері**

Энергия үнемдеу – бұл қазіргі өндіріс саласындағы басты талаптардың бірі болып табылады. Кәсіпорындардың электр энергиясын тиімді пайдалану және оның шығынын азайту экономикалық тұрғыдан тиімді болумен қатар, қоршаған ортаға да жағымды әсер етеді. Бұл тұрғыда қуат үнемдеу технологияларын енгізу мүмкіндіктері маңызды рөл атқарады. Зауыттардың электрмен жабдықтау жүйелерінде қуат үнемдеуді қамтамасыз ету үшін түрлі заманауи технологиялар мен әдістер қолданылады. Бұл технологиялар негізінен электр қуатын тиімді басқаруға, тұтынуды азайтуға және өндіріс процесін оңтайландыруға бағытталған.

Алғашқы маңызды қадамдардың бірі – жоғары тиімді трансформаторларды қолдану. Заманауи трансформаторлар энергия жоғалтуларын азайтуға, яғни олардың тиімділігін арттыруға бағытталған. Мұндай трансформаторларда орауыштар мен магниттік жүйелер жоғары сапалы материалдардан жасалады, олар электр энергиясын жақсы қабылдап, тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, төменгі шығындармен жұмыс істейтін трансформаторлар электр энергиясын тұтынуды айтарлықтай азайтуға көмектеседі. Осылайша, жаңа буын трансформаторларының қолданылуы зауыттың жалпы энергия тұтынуын төмендетуге және ұзақ мерзімді перспективада қаржылық үнемдеуге ықпал етеді.

Қазақстанда да жоғары тиімді трансформаторларды қолдану тәжірибесі кең тарала бастады, әсіресе электр энергиясын үнемдеу мен жүйенің тиімділігін арттыру мақсатында. Мысалы, "KEGOC" ұлттық компаниясы, еліміздің электр энергетикалық жүйесін басқарушы, өзінің электрмен жабдықтау инфрақұрылымын жаңарту және модернизациялау барысында жоғары тиімді трансформаторларды қолдану жобаларын жүзеге асыруда.

Қарағанды облысындағы «АрселорМиттал Теміртау» зауыты жоғары тиімді трансформаторларды орнату арқылы электр энергиясын тұтынуды азайтуға қол жеткізді. Осы шаралардың арқасында зауыт жалпы энергия тұтынуын 10%-ға дейін төмендетті. Мұнда орнатылған трансформаторлар дәстүрлі трансформаторларға қарағанда энергия жоғалтуларын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік берді. Бұл зауыттың тиімді жұмыс істеуіне және энергия шығындарын төмендетуге көмектесті.

Сондай-ақ, "АлматыЭнергоСбыт" компаниясы да қаладағы кейбір трансформаторлық подстанцияларда жоғары тиімді трансформаторларды енгізді. Бұл шара қаладағы электр желісінің жүктемесін төмендетіп, электр энергиясын тиімді пайдалануға ықпал етті. Трансформаторлармен қатар, компания энергия үнемдеу технологияларын енгізу үшін басқа да шараларды жүзеге асырды, мысалы, жарықтандыру жүйесін жаңарту және энергия басқару жүйелерін орнату.

"Қазэнерго" компаниясы да өзіне бағынышты кәсіпорындарда жоғары

тиімді трансформаторларды қолдануды бастады. Бұл компаниялар өздерінің электрмен жабдықтау жүйелерін жаңарту барысында тиімділік пен сенімділікті арттыру үшін осы трансформаторларды пайдалануда. Қуатты тиімді пайдалану арқасында компаниялар энергия шығындарын азайтып, өндірістік шығындарды төмендетуге қол жеткізді.

Осы тәжірибелер Қазақстанда жоғары тиімді трансформаторларды қолданудың пайдасын көрсетеді. Олар энергия үнемдеу, шығындарды азайту және экологиялық әсерді төмендету тұрғысынан тиімді шешім болып табылады.

Қазақстанда жоғары тиімді трансформаторларды өндіретін бірнеше зауыт бар, оларды тұтынушылар өз қажеттіліктеріне сәйкес ала алады. Мұндай трансформаторларды ұсынатын негізгі қазақстандық компаниялар мен зауыттар: «Алматы трансформатор зауыты» (АТЗ), «Шымкент трансформатор зауыты», «Энергия» трансформатор зауыты (Қарағанды облысы), «Сарыарқа трансформатор зауыты» (Көкшетау).

Бұл зауыттар жоғары тиімді трансформаторларды жобалау және өндіруде әртүрлі қуат параметрлерімен жұмыс істейді. Трансформаторларды таңдаған кезде, олардың техникалық сипаттамаларын, тиімділігін және энергетикалық талаптарды ескерген жөн. Әр зауыттың өнімдері Қазақстанның түрлі аймақтарына жеткізіледі, сондықтан қажетті трансформаторды сатып алу үшін тиісті зауытқа хабарласуға болады.

Қазақстанда жоғары тиімді трансформаторларды өндіретін зауыттарда әртүрлі маркалар мен түрлердегі трансформаторлар шығарылады. Әр марка өзінің техникалық сипаттамалары мен ерекшеліктеріне ие. Міне, Қазақстандағы негізгі маркалар мен олардың өнімдері:

ТМ сериялы трансформаторлар жиі пайдаланылады және олар электр энергиясын тиімді тарату үшін қолданылады. ТМ трансформаторлары жоғары тиімділігімен ерекшеленеді, олар өнеркәсіптік кәсіпорындарда және шағын электр желілерінде кеңінен қолданылатын қуат көзі болып табылады.

ТМД бұл трансформаторлар дәстүрлі ТМ сериясынан айырмашылығы, олар заманауи технологиялармен жабдықталған және олардың тиімділігі жоғары. Олар қуат шығындарын айтарлықтай төмендетеді және ұзақ мерзімді жұмысқа арналған.

Қазақстан нарығында шетелдік жоғары тиімді трансформаторлар да қолданылады. Олардың ішінде ең танымалдары:

Siemens (Германия) – жоғары тиімділікке ие трансформаторлар мен қуат жабдықтарын шығарады.

Schneider Electric (Франция) – электр энергиясын үнемдеуді қамтамасыз ететін трансформаторлар мен жүйелерді ұсынады.

ABB (Швеция) – жоғары сапалы трансформаторлар мен энергия үнемдеу шешімдерін шығарады.

Шетелдік трансформаторлар көбінесе жоғары тиімділікке ие, бірақ олардың бағасы қазақстандық модельдермен салыстырғанда айтарлықтай жоғары. Олар ұзақ мерзімді пайдалану мен энергия үнемдеуге қатысты жоғары

көрсеткіштер ұсынады.

Қазақстандық трансформаторлар бағасы жағынан әлдеқайда арзан, бірақ тиімділік деңгейі шетелдік модельдерден төмен болуы мүмкін. Дегенмен, олар жергілікті өндірушілерден болғандықтан, тапсырыс беру мен қызмет көрсету бойынша ыңғайлы болуы мүмкін.

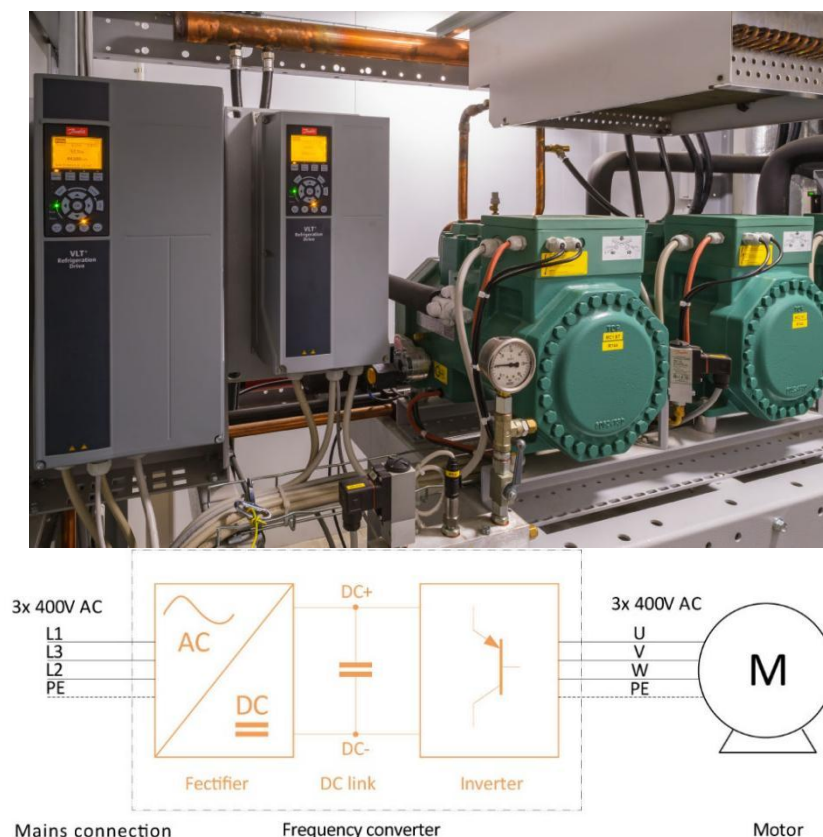
Егер қысқа мерзімді үнемдеу мен төмен баға маңызды болса, қазақстандық трансформаторларды таңдауға болады. Ал егер ұзақ мерзімді үнемдеу мен жоғары тиімділік басты талап болса, шетелдік маркалар тиімдірек болуы мүмкін.

11-кесте – Жоғары тиімді трансформаторларды салыстыру

| Модель                                        | Қуаты<br>(кВА) | Тиімділігі | Бағасы,<br>млн (KZT) | Қосымша ерекшеліктері                                                                                            | Қызмет<br>мерзімі | Энергия<br>үнемдеу<br>коэффици-<br>енті | Қуат<br>шығыны |
|-----------------------------------------------|----------------|------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------|----------------|
| Siemens 10 кВ<br>трансформаторы               | 1000           | 98%        | 2,5 – 3              | Жоғары тиімділік, аз энергия жоғалту, ұзақ қызмет мерзімі, экологиялық таза материалдар.                         | 20 жыл            | 0,98                                    | 2-3%           |
| Schneider Electric<br>20 кВ<br>трансформаторы | 1000           | 97,5%      | 2,2 – 2,7            | Автоматтандырылған басқару жүйесі, тиімді энергия пайдалану, кепілдік кезеңі, интеллектуалды бақылау жүйесі.     | 15 жыл            | 0,975                                   | 3-4%           |
| ABB 35 кВ<br>трансформаторы                   | 1000           | 98,5%      | 3 – 3,5              | Интеллектуалды бақылау жүйесі, шағын көлемде жоғалту, ұзақ мерзімді кепілдік, жоғары сенімділік.                 | 25 жыл            | 0,985                                   | 1,5-2%         |
| ТМ-1000 кВА<br>(Қазақстан)                    | 1000           | 96%        | 1,2 – 1,5            | Стандартты жабдықтар, төмен баға, жергілікті өндіріс, қарапайым қызмет көрсету, сенімді жұмыс.                   | 10 жыл            | 0,96                                    | 5%             |
| КТП-1000/0,4 кВ<br>(Қазақстан)                | 1000           | 95-<br>96% | 1,5 – 1,8            | Трансформаторлық подстанция, экономикалық тиімді шешімдер, оңай орнату және қызмет көрсету, ұзақ қызмет мерзімі. | 12 жыл            | 0,95                                    | 4-5%           |
| Энергия-1000<br>кВА (Қазақстан)               | 1000           | 96,5%      | 1,3 – 1,6            | Жоғары сапалы металл және конструкциялар, оңай орнату, ұзақ қызмет көрсету мерзімі, қазақстандық өндіріс.        | 12 жыл            | 0,965                                   | 4%             |

### 3.2 Жиілік түрлендіргіштер

Қуат үнемдеудің тағы бір тиімді тәсілі – жиілік түрлендіргіштер (VFD) мен инверторларды қолдану. Жиілік түрлендіргіштер (Frequency Converters) – электрлік энергияны бір жиіліктен екінші жиілікке түрлендіруге арналған құрылғылар (10 - сурет). Олар көбінесе өндірістік және энергетикалық салаларда, сондай-ақ әртүрлі техникалық жүйелерде пайдаланылады. Жиілік түрлендіргіштері әртүрлі жиіліктер мен кернеулерге көшуге мүмкіндік береді, оларды негізінен үш фазалы жүйелерде қолданады.



10 - сурет – Жиілік түрлендіргіштер

Жиілік түрлендіргіштері электр қуатын түрлендіру үшін арнайы электронды схемалар мен технологияларды пайдаланады. Бұл құрылғылар екі негізгі процесс арқылы жұмыс істейді: алдымен айнымалы ток тұрақты токқа түрлендіріледі, кейін тұрақты ток қажетті жиілікте айнымалы токқа қайта өзгереді. Осы екі кезең жиілік түрлендіргіштердің жұмысын жүзеге асырады.

Жиілік түрлендіргіштердің қолдану ауқымы кең. Олар көбінесе электр қозғалтқыштарын басқару үшін пайдаланылады. Өндірістік процестерде қозғалтқыштардың айналу жылдамдығын реттеу маңызды болғандықтан, жиілік түрлендіргіштер желдеткіштер, сорғылар, компрессорлар мен конвейерлер сияқты жабдықтарда кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, жиілік түрлендіргіштер энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл құрылғылар қажетті қуатты ғана тұтынып, энергия шығынын азайтуға

көмектеседі.

Жиілік түрлендіргіштері сондай-ақ әртүрлі технологиялық жабдықтарды басқару үшін пайдаланылады. Олар өндірістік жабдықтардың тиімділігін арттырады, бұл өз кезегінде өндірістік процестердің өнімділігін жоғарылатуға ықпал етеді. Жиілік түрлендіргіштер көлік саласында да қолданылуы мүмкін. Мысалы, электрлік пойыздарда, лифттерде және басқа да көлік құралдарында қозғалтқыштарды басқару үшін жиілік түрлендіргіштер пайдаланылады. Бұл құрылғылар күн энергиясы мен жел энергиясы жүйелерінде де қолданылады. Жиілік түрлендіргіштер осы жүйелерден алынған тұрақты токты желіге сәйкес айнymалы токқа түрлендіреді. Жиілік түрлендіргіштерді қолданып, электр жүйелерін біріктіруге және энергияны тиімді пайдалануға болады.

Жиілік түрлендіргіштердің бірнеше түрі бар. Статикалық жиілік түрлендіргіштер жартылай өткізгіш компоненттерді қолдана отырып электр энергиясын түрлендіреді. Олар жоғары тиімділікпен жұмыс істейді және аз жылу бөледі. Динамикалық жиілік түрлендіргіштерде роторлар мен генераторлар қолданылады, бірақ олардың тиімділігі статикалық түрлендіргіштерге қарағанда төмен болуы мүмкін. Инверторлық жиілік түрлендіргіштер тұрақты токты айнymалы токқа айналдыру үшін инверторларды пайдаланады.

Жиілік түрлендіргіштердің негізгі артықшылықтары – энергия үнемдеу, қуатты тиімді пайдалану, жабдықты қорғау және қоршаған ортаға әсерді азайту. Олар энергия шығынын айтарлықтай төмендетеді және жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жиілік түрлендіргіштер жоғары тиімді жұмыс істей отырып, өндірістік жүйелердің тиімділігін арттырады.

Дегенмен, жиілік түрлендіргіштердің кемшіліктері де бар. Олардың бастапқы құны дәстүрлі электр қозғалтқыштарына қарағанда жоғары болуы мүмкін. Сондай-ақ, оларды орнату және техникалық қызмет көрсету арнайы білім мен тәжірибені талап етеді. Кейбір түрлендіргіштер жоғары жиілікті шу немесе электромагниттік сәулелену тудыруы мүмкін, бұл олардың жұмыс істеуін кейбір жағдайларда шектеуі мүмкін.

### **3.3 Жарықтандыру жүйелері және автоматты түрде бақылау**

Жарықтандыру жүйелерінде жарықдиодты (LED) технологиялар соңғы жылдары үлкен танымалдыққа ие болды, себебі олар төмен энергия тұтынуымен, ұзақ қызмет мерзімімен және экологиялық тиімділігімен ерекшеленеді (11 - сурет). LED шамдары дәстүрлі шамдарға қарағанда 50%-дан 80%-ға дейін энергия үнемдейді. Бұл олардың энергия тұтынуын айтарлықтай төмендетіп, электр энергиясына жұмсалатын шығындарды азайтады. Сонымен қатар, LED шамдары жоғары тиімділікпен жұмыс істейді, яғни аз қуатпен көп жарық шығарады, бұл экономикалық тұрғыдан өте тиімді шешім болып табылады.



11 - сурет – Жарықдиодты жарықтандыру жүйелері

LED шамдарының тағы бір маңызды артықшылығы - ұзақ қызмет мерзімі. Олар дәстүрлі шамдарға қарағанда айтарлықтай ұзақ уақыт бойы жұмыс істейді. Мысалы, LED шамдарының қызмет ету мерзімі шамамен 50 000 сағат және одан да көп болуы мүмкін, ал дәстүрлі шамдар тек 1 000-2 000 сағат аралығында ғана қызмет етеді. Бұл ұзақ қызмет мерзімі жөндеу және ауыстыру жұмыстарына деген қажеттілікті азайтады, әрі қосымша шығындарды үнемдейді.

Жарықдиодты шамдар экологиялық тұрғыдан да қауіпсіз. Оларда сынап сияқты зиянды химикаттар жоқ, сондықтан оларды қайта өңдеу оңай және олар табиғи ресурстарды үнемдеуге ықпал етеді. Құрамында зиянды заттар болмағандықтан, LED шамдары экологиялық стандарттарға сай келеді.

LED шамдарының тағы бір ерекшелігі - олар тез қосылады және өшеді. Олар бірнеше секунд ішінде толық жарық бере алады, бұл оларды арнайы мақсаттарға, мысалы, қауіпсіздік жарықтандыруы немесе қозғалыс датчиктерімен бірге қолдануға ыңғайлы етеді. Дәстүрлі шамдармен салыстырғанда, LED шамдары өшкеннен кейін қайта қосылғанда уақыт жоғалтпайды.

Жарықдиодты технологиялар жоғары жарық сапасын қамтамасыз етеді. Олар жарықтың түс температурасын және жарық ағынын оңай реттеуге мүмкіндік береді. Бұл, әсіресе, кеңсе және тұрмыстық ғимараттарда жайлы және тиімді жарықтандыру жасау үшін маңызды фактор болып табылады.

LED шамдарының қолдану салалары өте кең. Олар өнеркәсіптік жарықтандыруда, көше жарықтарын орнатуда, сондай-ақ тұрмыстық және

коммерциялық ғимараттарда кеңінен қолданылады. Бұл технология көлік жарықтандыруында да тиімді, себебі ол жүргізушілерге жақсы көрініс жасауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, олардың ықшам өлшемдері мен түрлі дизайндары интерьерде жарықтандырудың жаңа мүмкіндіктерін ашады.

LED шамдарының бастапқы құны дәстүрлі шамдардан жоғары болуы мүмкін, бірақ олардың ұзақ мерзімді пайдалану мен төмен энергия тұтынуы шығындарды айтарлықтай азайтады. Осылайша, LED шамдары ұзақ уақытқа тиімді инвестиция болып табылады.

Қуат басқару жүйелерін енгізу өндірістік процесстерді автоматты түрде бақылауға және реттеуге мүмкіндік береді. SCADA сияқты қуат басқару жүйелері арқылы зауыттағы барлық электр жабдықтарын нақты уақытта бақылауға болады. Бұл жүйе қуат тұтынуды үнемдеу мақсатында қажетті шараларды қабылдауға мүмкіндік береді. Мысалы, электр қуатын қажетсіз тұтынуды болдырмау үшін белгілі бір уақыттарда энергия тұтынуын азайту немесе жабдықтардың жұмысын оңтайландыру мүмкіндігі бар. Мұндай жүйелер қуат шығындарын тиімді басқаруға және энергияны үнемдеуге көмектеседі.

### **3.4 Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану**

Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану – энергия үнемдеудің тағы бір тиімді жолы. Энергия үнемдеу және тұрақты дамуды қамтамасыз ету мақсатында қазіргі таңда жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК) өндірістік нысандарда пайдалану кеңінен қолға алынып отыр. Бұл технологиялар тек қоршаған ортаны қорғауға ғана емес, сонымен қатар ұзақ мерзімді экономикалық тиімділікке қол жеткізуге мүмкіндік береді (12 - сурет).



12 - сурет – Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану

Аккумулятор зауыты сияқты өндірістік кәсіпорындарда энергия тұтыну

көлемі өте жоғары болғандықтан, мұнда жаңартылатын энергия көздерін енгізу – өзекті мәселе. Күн панельдері мен жел генераторларын пайдалану арқылы электр энергиясының бір бөлігін өздігінен өндіруге болады. Мысалы, күн сәулесін пайдалану арқылы күндізгі уақытта кеңсе жарығы, құрал-жабдықтардың бір бөлігі және желдету жүйелері автономды түрде жұмыс істей алады.

Қазақстанда жаңартылатын энергия көздерін дамытуға ерекше назар аударылуда. 2024 жылғы деректерге сәйкес, елімізде ЖЭК арқылы өндірілген электр энергиясы көлемі 6,7 млрд кВт·сағ-ты құрады, бұл жалпы өндірістің 5%-ынан астамын құрайды. Бұл көрсеткіш жыл сайын артып келеді, себебі мемлекет тарапынан жеңілдетілген несие, тарифтік қолдау және инвестициялық жеңілдіктер қарастырылған.

Зауыттың электрмен жабдықтау жүйесіне жаңартылатын энергия көздерін қосу – резервті қуат көзі ретінде де маңызды. Апаттық жағдайларда немесе сыртқы желілерде кернеу түскенде, бұл жүйелер өндіріс тоқтап қалмауын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, ЖЭК арқылы өндірілетін энергияны аккумуляторлық жүйелерде жинақтап, кейін қажет болғанда тұтынуға болады.

Технико-экономикалық талдау көрсеткендей, бастапқыда жаңартылатын энергия көздерін орнату белгілі бір инвестицияны талап еткенімен, ұзақ мерзімде энергия шығындарын 20–30%-ға дейін азайтуға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде өнімнің өзіндік құнының төмендеуіне, бәсекеге қабілеттіліктің артуына және кәсіпорынның экологиялық жауапкершілігінің жоғарылауына ықпал етеді.

Қуатты тиімді басқару мен ұйымдастыру да маңызды рөл атқарады. Қызметкерлерді энергия үнемдеу бойынша оқыту бағдарламалары арқылы олардың энергияны тиімді пайдалануға деген жауапкершілігін арттыруға болады. Бұл шаралар қызметкерлердің энергия үнемдеу мәселелері бойынша дұрыс шешімдер қабылдауына ықпал етеді. Сонымен қатар, кәсіпорын ішінде қуатты тұтынуды реттеуге бағытталған ынталандыру жүйелерін енгізу, қызметкерлердің белсенділігін арттыруға және энергия үнемдеу мақсатында қосымша шаралар қабылдауға ықпал етеді.

Қуат үнемдеу технологияларын енгізу зауыттың электрмен жабдықтау жүйесін тиімді басқаруға, қуат тұтынуды азайтуға және қоршаған ортаға жағымды әсер етуге мүмкіндік береді. Жоғары тиімді трансформаторлар, жиілік түрлендіргіштер, жарықдиодты жарықтандыру жүйелері, қуат басқару жүйелері және жаңартылатын энергия көздерін пайдалану арқылы зауыттың энергетикалық тиімділігін арттыруға болады. Сонымен қатар, қалдық жылуды қайта пайдалану және қызметкерлерді оқыту сияқты ұйымдастырушылық шаралар да қуат үнемдеу процесіне қосымша оң әсер етеді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

«Қайнар-АКБ» ЖШС аккумулятор зауыты Қазақстандағы жетекші өндіріс орындарының бірі болып табылады. Зауыттың өнімдері тек ішкі нарыққа ғана емес, сондай-ақ ТМД елдеріне де экспортталады, бұл оның өндірістік қуаты мен сенімділігін айқындайды. Жыл сайын мыңдаған аккумуляторлар шығаратын бұл зауыттың өндірістік процесі жоғары технологиялармен қамтамасыз етілген, нәтижесінде жоғары сапалы өнімдер өндіріледі.

Зауыттың өндіріс циклі толықтай заманауи жабдықтармен жабдықталған және халықаралық сапа менеджменті стандарттарына сәйкес жүзеге асырылады. Сонымен қатар, зауыттың өнімдері ішкі нарықта үлкен сұранысқа ие болып, оның 60%-дан астамы экспортқа шығарылуда. Жыл сайын өндіріс көлемінің артуы және өнімнің халықаралық стандарттарға сәйкестігі бұл кәсіпорынның сенімділігі мен тиімділігін көрсетеді.

Дипломдық жұмыс барысында аккумулятор зауытының электрмен жабдықтау жүйесіне кешенді талдау жүргізіліп, оның қазіргі жағдайы, техникалық мүмкіндіктері және жетілдіру жолдары қарастырылды. Жұмыс барысында зауыттың нақты электр тұтыну режимі, трансформаторлық қосалқы станциялардың сипаттамалары, кабельдік желілердің жүктемесі және жарықтандыру жүйесінің тиімділігі жан-жақты зерттелді.

Ең алдымен, жүйенің жалпы құрылымына шолу жасалып, қолданыстағы трансформаторлар қуаты, олардың орналасу сұлбасы, қорек көзіне қосылу түрі қарастырылды. Қазіргі қолданыстағы ТП-10/0,4 кВ трансформаторлық қосалқы станциясынан келетін екі 10 кВ желі арқылы зауыттың негізгі тұтынушылары қоректенеді. Алайда жүйеде қуат шығындары орын алуда, трансформаторлардың ПӘК-і қазіргі заманғы талаптарға сай келмейді, ал кейбір желілерде жүктеменің теңгерімсіздігі байқалады.

Энергияны тиімді пайдалану мақсатында зауыт ішіндегі жарықтандыру жүйесі де есептеліп, бұрынғы люминесцентті шамдарды жарықдиодты (LED) шамдармен ауыстыру арқылы жылдық энергия тұтынуын 50–60%-ға дейін азайту мүмкіндігі анықталды. Сонымен қатар, өндірістік құрылғыларда жиілік түрлендіргіштерді қолдану арқылы электр қозғалтқыштардың қуат тұтынуын оңтайландыру ұсынылды.

Технико-экономикалық салыстырулар негізінде жоғары тиімділікке ие трансформаторларды (қуаты 1000 кВА) шетелдік және отандық өндірісте шығатын маркалар бойынша салыстырып, қазақстандық трансформаторлардың (мысалы, Alageum Electric өнімдері) техникалық және экономикалық тұрғыдан тиімді екенін көрсетті. Бұл өндіріс орнындағы шығындарды азайтып, ұзақмерзімді перспективада үнемділікті қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, жаңартылатын энергия көздерін – күн панельдері мен жел генераторларын енгізу мүмкіндігі қарастырылды. Мұндай қондырғылар электрмен жабдықтау жүйесінің сенімділігін арттырып қана қоймай, энергия тұтыну шығындарын төмендетіп, қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтады.

Жалпы алғанда, жүргізілген зерттеулер мен есептеулер нәтижесінде аккумулятор зауытының электрмен жабдықтау жүйесін жаңғырту мен жетілдіруге арналған бірқатар нақты ұсыныстар жасалды. Олар:

Жоғары тиімді трансформаторларды орнату;

Жарықдиодты жарықтандыру жүйесін енгізу;

Жиілік түрлендіргіштерді қолдану;

Жаңартылатын энергия көздерін тарту;

Жүйені автоматты басқару және мониторинг жүйелерімен жабдықтау.

Осы шараларды кешенді түрде іске асыру зауыттың энергия тиімділігін едәуір арттырып, өндірістің үнемді әрі тұрақты жұмыс істеуіне ықпал етеді. Сонымен қатар, бұл қадамдар Қазақстанның энергия үнемдеу және «жасыл экономика» қағидаттарына көшу бағытындағы жалпы мемлекеттік саясатына да толық сәйкес келеді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Жолдасбеков, Ә. Ә. Электрмен жабдықтау жүйелері. – Алматы: «Мектеп», 2018. – 245 б.
- 2 Қасымов, С. С. Энергетикалық жүйелер мен электрмен жабдықтау. – Астана: «Қазақ университеті», 2020. – 300 б.
- 3 Қошан, Б. Т. Электр қуатының сапасын бақылау және басқару. – Алматы: «Қаржы-қаражат», 2017. – 192 б.
- 4 ISO 9001:2001. Сапа менеджменті жүйелері. Талаптар. – Мәскеу: «Стандарт», 2002. – 54 б.
- 5 Галкин, В. В. Электр станциялары мен жабдықтары. – Санкт-Петербург: «Энергия», 2015. – 456 б.
- 6 Қазақстан Республикасының Электр энергетикасы туралы Заңы. Алматы, 2015.
- 7 TS 16949:2001. Автомобиль өнеркәсібінде сапа менеджменті жүйелері. Талаптар. – Токио: «JSA», 2002. – 75 б.
- 8 Шевченко, В. М. Электр жабдықтарының сенімділігі мен қауіпсіздігі. – Алматы: «Энергетика», 2016. – 310 б.
- 9 Розанов, А. А. Электрмен жабдықтау жүйесіндегі жаңартылған технологиялар. – Мәскеу: «Энергетика», 2014. – 208 б.
- 10 Павлов, И. П. Электр қуатын тарату жүйелерін жобалау. – Мәскеу: «Энергетика», 2018. – 278 б.
- 11 СТ КазННТУ – 09 – 2023. Работы учебные. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала.- КазННТУ.